土研資料第1275号

土木研究所資料

デュアルモード・バス・システム

－車輌の走行特性に関する研究－

昭和52年8月

建設省土木研究所

土木研究所資料第一一七五号　デュアルモード・バス・システム

昭和五十二年八月　建設省土木研究所

建設省土木研究所
52.9.28
図書室

—車輌の走行特性に関する研究—

目　　次

第 1 分 冊

第一編　デュアルモード・バス・システムのソフトウェアに関する検討 …… 1
1. 序　　論 …… 4
2. 目　　的 …… 6
3. 分析の視点 …… 7
4. 分析の概念フローチャート …… 10
5. モデルの全体系 …… 13
6. メイン・モデル …… 15
7. サブ・モデル …… 24
8. 今後の検討課題 …… 45
第二編　デュアルモード・バス・システムのハードウェアに関する検討 …… 47
1. 基本構想 …… 49
2. 基本仕様 …… 54
3. 目標仕様 …… 55
4. あとがき …… 156

第 2 分 冊

Ⅰ　トータルシステムの検討 …… 1
1. トータルシステムの概要 …… 3
2. 開発要因の個別説明 …… 10
Ⅱ　第1次走行試験に関するガイドウェイ及び車両 …… 15
1. ガイドウェイ …… 23
2. 車　　輌 …… 27
Ⅲ　第1次走行試験計画書 …… 73
1. 試験の目的，範囲 …… 75
2. 試験項目及び方法 …… 75
3. 設備概要 …… 76

Ⅳ　誘導システムとしての通信方式の基礎試験計画書 …… 81
1. デュアルモード・バス・システムの通信方式概要 …… 83
2. 通信上の問題点 …… 83
3. 実験の目的と内容 …… 86
4. 実験用機材 …… 87
5. 実験スケジュール …… 88
Ⅴ　試験結果のとりまとめ …… 93
1. ガイドウェイ …… 95
2. 車　　輌 …… 99
3. 通　　信 …… 144

第 3 分 冊

Ⅰ　無人走行試験の位置づけ …… 3
Ⅱ　試験設備及び車輌 …… 7
1. ガイドウェイ …… 7
2. 車　　輌 …… 47
3. 通信保安装置 …… 121
4. 中央制御装置 …… 169
Ⅲ　実　　験 …… 205
1. 車輌一般確認 …… 205
2. 誘導性能試験 …… 208
3. 走行性能試験 …… 238
4. 制動性能試験 …… 257
5. 通信レベル試験 …… 270
6. 保安性能試験 …… 281
7. 遠隔操作試験 …… 291
8. 分岐輪検知器試験 …… 303
9. 補機動力装置特性試験 …… 307
10. 伝送遅れ時間測定 …… 319
11. 車速制御試験 …… 322
12. 追従制御試験 …… 332
13. 定位置停止制御試験 …… 343
14. 運行制御試験 …… 348
15. ま　と　め …… 369

はじめに

昭和４８年度より４カ年計画で始められた建設省総合技術開発プロジェクトによる「新交通システムの開発」では，道路と共存する新交通システムとして「デュアルモード・バス・システム」を開発の目標に選び，建設省土木研究所，㈶国土開発技術研究センターおよび民間団体（新日本製鉄㈱，日産自動車㈱，石川島播磨重工業㈱，東洋工業㈱，松下通信工業㈱，東京芝浦電気㈱），三者の共同研究のもとにほぼ実用化の目途を得ることができた。

デュアルモード・バス・システムに関する研究項目は次のとおりである。

Ⅰ　道路構造に関する研究開発

1. 車輌の走行特性に関する研究
2. 道路線形に関する研究
3. 耐磨耗性舗装道路の開発

Ⅱ　新道路交通システムの適応性に関する研究開発

1. 大規模住宅団地への適応性に関する研究
2. 中小都市への適応性に関する研究
3. 大都市圏域への適応性に関する研究

本報告書は，これらの研究項目のうち，車輌，ガイドウェイ，通信・制御装置など主としてハードウェアの研究開発を分担する「Ⅰ－1. 車輌の走行特性に関する研究」の４カ年の研究成果をとりまとめたものである。本研究は㈶国土開発技術研究センターえの委託研究となっており，本報告書は資料の逸散を防ぐため，４カ年の委託業務報告書を合本したものである。

報告書の内容は第１分冊（昭和４８年度分）デュアルモード・バス・システムの全体構想，第２分冊（昭和４９年度分）本システムの特徴であり，ハードウェアとして最も重要な部分である誘導・分岐分式，電磁誘導による通信・制御方式に関する基礎的な実験，第３分冊（昭和５０年度）個々のコンポーネントを組合せたシステム全体としての機能確認，コンピュータコントロールによる無人走行実験，第４分冊（昭和５１年度分）本システムの信頼性，耐久性を明確にし，実プロジェクトへ反影させるため，連続，長期間にわたる無人連続走行実験を主な内容として記述されている。

昭和５２年８月

機械研究室

室　長　本田宜史（現大臣官房建設機械課建設専門官）
主任研究員　後藤勇
研究員　岡崎治義（現下水道事業団東京支社）
〃　山田一彦
〃　長健次（現新交通システム研究室）
小室日出男（現大臣官房建設機械課）
岡本進

第 4 分 冊

Ⅰ まえがき …… 1

1. 無人走行試験の位置づけ …… 1

2. 無人走行試験用システムの概要 …… 1

Ⅱ 試験ならびに設計検討 …… 5

1. 連続走行試験の検討 …… 5

2. 設計検討 …… 7

Ⅲ 無人走行試験計画 …… 47

1. 試験の目的，範囲 …… 47

2. 試験スケジュール …… 49

3. 試験項目および方法 …… 49

4. 試験用設備 …… 58

5. 試験要員 …… 68

6. 試験実施スケジュール …… 70

7. 安全管理 …… 71

Ⅳ 実験結果 …… 73

1. 乗心地試験 …… 73

2. 一般道路操安性試験 …… 99

3. 車内騒音試験 …… 102

4. 集電装置試験 …… 109

5. 主バッテリ充放電試験 …… 126

6. 誘導輪・分岐輪試験 …… 141

7. 通信品質試験 …… 144

8. 分岐輪検知器試験 …… 166

9. ターゲット追従性試験 …… 170

10. ターゲット乗換試験 …… 176

11. 定位置停止制御試験 …… 180

12. 連続走行試験 …… 182

13. 公開実験 …… 198

Ⅴ エンジン・モータ駆動方式の検討 …… 203

1. 動力方式の概要 …… 203

2. エンジン・モータ方式の検討 …… 204

Ⅵ あとがき …… 215

まえがき

最近の新交通システム開発の進展は世界的に目覚しいものがあり、我国に於いても各省、各基幹産業を中心にこれに関する技術開発が盛んに行なわれている。

建設省においては昭和４８年度より「新道路交通システムの開発」を総合技術開発プロジェクトの一課題として取り上げ、デュアル・モード・バス・システムの研究開発を鋭意すすめることとなり、建設省土木研究所より当（財）国土開発技術研究センターに対し、「デュアル・モード・バス・システムの概要設計の研究開発」の委託が行なわれた。

この報告書はこの委託研究の報告であり、デュアル・モード・バス・システムのソフトウエア、ハードウエア両面について検討を行なったものである。

この報告のとりまとめにあたり御協力いただいた方々に心から謝意を表するものである。

目　　次

第一編　デュアル・モード・バス・システムのソフトウェアに関する検討 —— 1

1. 序論 —— 4

2. 目的 —— 6

3. 分析の視点 —— 7

4. 分析の概念フローチャート —— 10

5. モデルの全体系 —— 13

6. メイン・モデル —— 15

6. 1. 運行シミュレーション —— 15

6. 2. 社会的余剰極大化モデル —— 16

6. 3. 収支計算モデル —— 22

7. サブ・モデル —— 24

7. 1. 需要予測 —— 24

7. 2. 交通量配分モデル —— 27

7. 3. 混雑モデル —— 32

7. 4. 交通事故モデル —— 34

7. 5. 大気汚染モデル —— 36

7. 6. 騒音モデル —— 39

7. 7. 景観モデル —— 41

7. 8. 建設コスト、運営コスト算定のためのモデル —— 43

8. 今後の検討課題 —— 45

第二編　デュアル・モード・バス・システムのハードウェアに関する検討 —— 47
1. 基方構想 —— 49
1.1. 設計の前提条件 —— 49
1.2. システムの概念 —— 51
2. 基本仕様 —— 54
3. 目標仕様 —— 55
3.1. 車両 —— 55
3.1.1. 準拠規格 —— 55
3.1.2. 諸元および性能 —— 56
3.1.3. 車両構造概略 —— 66
3.2. ガイドウエイ —— 73
3.2.1. 目標、準拠規格 —— 73
3.2.2. 線形 —— 74
3.2.3. 荷重・たわみ —— 75
3.2.4. 構造 —— 83
3.2.5. スウィッチング機構 —— 93
3.3. 通信・制御 —— 94
3.3.1. 目標、準拠規格 —— 94
3.3.2. システム構成 —— 94
3.3.3. 通信系 —— 97
3.3.4. 通信機器 —— 108
3.3.5. 制御用機器 —— 115
3.4. バス・ターミナルおよびストップ —— 117
3.4.1. 必要な機能 —— 118
3.4.2. ターミナル（1） —— 120
3.4.3. ターミナル（2） —— 126
3.4.4. ストップ —— 154
4. あとがき —— 156

第　一　編

デュアル・モード・バス・システムのソフトウェアに関する検討

デュアル・モード・バス・システムのソフトウェアに関する検討を進めるにあたり、（社）日本交通計画協会の協力を得て、下記の方々により構成した委員会において、研究を進める上での基本的な項目について御意見、御示唆をいただいた。

以下に記述する報告の内容は、この研究の参考資料を取りまとめたものである。

「デュアル・モード・バス・システム」交通計画調査委員会

（敬称略・順不同）

委員長	八十島　義之助	東京大学
委　員	井　上　　孝	仝　上
	松　本　嘉　司	仝　上
	新　谷　洋　二	仝　上
	越　　正　毅	仝　上
	岡　　並　木	朝日新聞社
	水野上　晃　章	通商産業省
	武　石　　章	運　輸　省
	坂　田　期　雄	自　治　省
	久　本　礼　一	警　察　庁
	大　内　健　价	建　設　省
	佐　藤　秀　一	仝　上
	中　野　三　男	仝　上
	新　野　喜一郎	仝　上
	浅　井　新一郎	仝　上
	大　島　哲　男	仝　上
	藪　本　健　作	仝　上
	市　原　　蕉	仝　上
	三　浦　孝　雄	（財）国土開発技術研究センター
	谷　藤　正　三	（社）日本交通計画協会
	山　野　幸　吉	仝　上
	北　村　佑　弥	仝　上

1. 序　　論

旅客輸送という交通サービスは、距離の克服という本質的な側面の他に、時間性、安全性、快適性、便宜性などの属性の集合体としての特質をもっている。従って、需要側からみると選びうる代替性が存在する限り目的達成の手段間選択行動が生じるし、供給側からすれば、いかなる属性の集合体で供給するか、その経済的性格は何かというような問題が生ずる。

また、交通サービスは技術的制約条件、社会的選好条件の動的な変化を反映したいくつかの交通機関に依存している。交通機関（Mode）という概念は単に技術的条件によってのみ体系化されているのでなく、上記した属性の集合形式の異なったものの組み合わせや、利用のされ方で体系化されていると考えた方が一般的である。

デュアル・モード・バス・システムも全ての属性が在来機関と異るものではないし、その技術的側面は一部を除けば在来技術の延長であり、利用形態は現実の社会的選好条件によって規定される。従って、その適応性を検討する場合は、在来機関と独立に考察し得えないし、投資規模の大きさや公共投資という投資形態の性格から在来機関との協調と、資源の最適配分の観点から、投資の長期的な経済的合理性の確認が目的とされなければならない。

適応性検討のためのモデルは上記目的に相応するように構築される必要がある。検討の目的が単一であるか、多元的であるかは別としても、目的が存在する限り、目的達成の手段についての計画の論理が要求される。計画の論理は手段の目的達成にかかわる合理化性、あるいは効率に他ならないわけで、それは具体的には、目的達成の手段についての代替可能な選択対象の想定という形で表現できるはずである。代替可能な選択対象の存在条件は、正当化あるいは評価であり、正当化あるいは評価は選択という意思決定につながるものである。そこに至るプロセスは分析その他の情報の価値の繰り返しによって完結する。この意味からモデル構築上の留意点は相互依存体系の明確化と、繰り返し改良の可能性の余地を残しておくことであるといえる。

ところで、モデルを精密に構築すれば、大規模になる。それは分析対象範囲が大規模になることであり、費用がかかるという難点に加えて、正しいデータの入手の不確実性、手法論上の問題（交通問題では手法論の点で議論段階で、確立化

していないものが多い）があり、経済計画と交通計画、あるいは都市計画と交通計画などについて総合的に分析することは予想以上の困難が伴う。システム・ダイナミクスを提案したM. I. T. の J. Forrester がいうように「精度の高い値が正しい値とはかぎらない」という認識は、デュアル・モード・バス・システムの適応性の検討のためのモデル構築上も十分着目されるべきであろう。このことはモデル構築の際に分析プロセスの各ステップでの評価と分析対象範囲の相関に十分配慮されることが重要であることと、不必要なものについての精度の向上に固執することを避けることを意味する。

今回のデュアル・モード・バス・システムの適応性の検討のためモデルは前述した点を整理すると、

1) 交通サービスの属性を十分に配慮すること。
2) 在来機関と独立に検討することを避け、相互依存体系の明確化に留意すること。
3) 投資の長期的な経済的合理性の確認という目的に相応しうること
4) モデルの繰り返し改良の余地を残しておくこと
5) 分析プロセスの各ステップでの評価と分析対象範囲の相関に十分配慮すること。

が、システム・アナリシスの方法論である対象範囲の明確化や、目標設定といった一連のプロセスでの具体的事項に加えて要求される。

2. 目　　的

デュアル・モード・バス・システムの適応性を検討する。

これは次のような2つの角度からの適応性の検討を意味する。

1) デュアル・モード・バス・システムを検討対象地域に導入した場合に生ずる影響を社会的余剰極大化および採算性の2点から評価し、その結果に基づき各対象地域の優劣を比較する。

2) 検討対象地域にバスを導入した場合と、デュアル・モード・バスを導入した場合の比較を私的費用、混雑による外部不経済、環境汚染としてあらわれる外部不経済の大きさによっておこなう。これは1)と異なり、バスとデュアル・モード・バスでは需要曲線が異なり、同一の需要曲線を基準とした社会的余剰極大化のモデル（部分均衡モデル）は適用できないため、単に両者のもたらすコストの比較により評価をおこなう。

以上の項目はデュアル・モード・バスをある地域に導入しようとする場合に必ず検討しておくべきことであるが、どちらの観点からのモデルについても、要因のレベル、精度については十分吟味する必要があろう。

本報告書はモデルの概念（Concept）およびその構造について検討を加えることが目的であり、モデルの範囲、構造等は今後の分析に依存する。

モデルとしては

1) 多くの要因を同時にとり入れたマクロ的なモデル

2) デュアル・モード・バスの特性（メリット、デメリット）、特に定性的な要因分析を多く含んだミクロ的なモデル

の2つを考えており、このレポートではモデルの全体系を整理するため、1)に焦点を合わせてまとめており、2)については要因分析に多くの時間をかける必要がある。

3. 分　析　の　視　点

経済の持続的成長とそれに伴う所得水準の上昇は、経済活動の分化と、人口の集中により支えられている。その成長過程において交通は発達し、公共施設は完備し、企業は、その恩恵をうけて輸送費を節約し、情報コストを節約するという形で集積の効果を利用する。特に交通施設の完備あるいは効率化による経済距離の短縮が市場の拡大につながる。今回の分析は、この効果をとりあつかうのではなく、次のような2つの視点から交通に関わるコストを中心に分析を進め、後述するような社会的余剰極大化を目的とするものである。

(1)　私的費用と社会的費用の乖離

ある地域で経済活動の拡大、創出がすすむときに（人口、財貨の流入増大）都市公害、交通混雑等のマイナスの現象が発生する。都市化が過大になればなるほどこのような状況は無視できなくなる。これは利用者の支払う私的使用費用と社会的使用費用の乖離によって説明できる。

(2)　費用逓増の問題

都市物価の上昇や地方公共団体等が供給する公共サービスの費用増大（これは税負担の上昇あるいは地方の財政状態の悪化をもたらす）の現象は、外部不経済による私的費用と社会的費用の乖離の問題ではない。たとえば公共サービスの一つである交通サービス関連の費用はサービス水準がある程度までは逓減（これまでの段階では平均費用が限界費用を上まわっている）し、サービス量がある量（この点は平均費用と限界費用の関係が逆転する）を越えれば費用逓増のもとで供給されるようになるからである（費用逓増のところでは限界費用が平均費用を上まわっている）。

これらの問題を定式化するために、利用者側のもつ輸送機関選択条件、サービス提供者側による供給条件を整理すると、図3－1のようになる。利用者側(Demand)のもつ条件と、提供者側(Supply)のもつ条件の対応により、価格が決定される。基本的な私的費用(Private Cost)は走行時間、走行費用、アクセス時間、費用により構成され、混雑が進行するにともない新たに追加される費用としては、乗り換え時間、待ち時間の増大、混雑による疲労、不快感の発生、発着時間の不正確さによるロス等があげられる。費用としては混雑による外部不経済の増大以外に事故大気汚染、騒音、景観の悪化、日照阻害のような環境

14

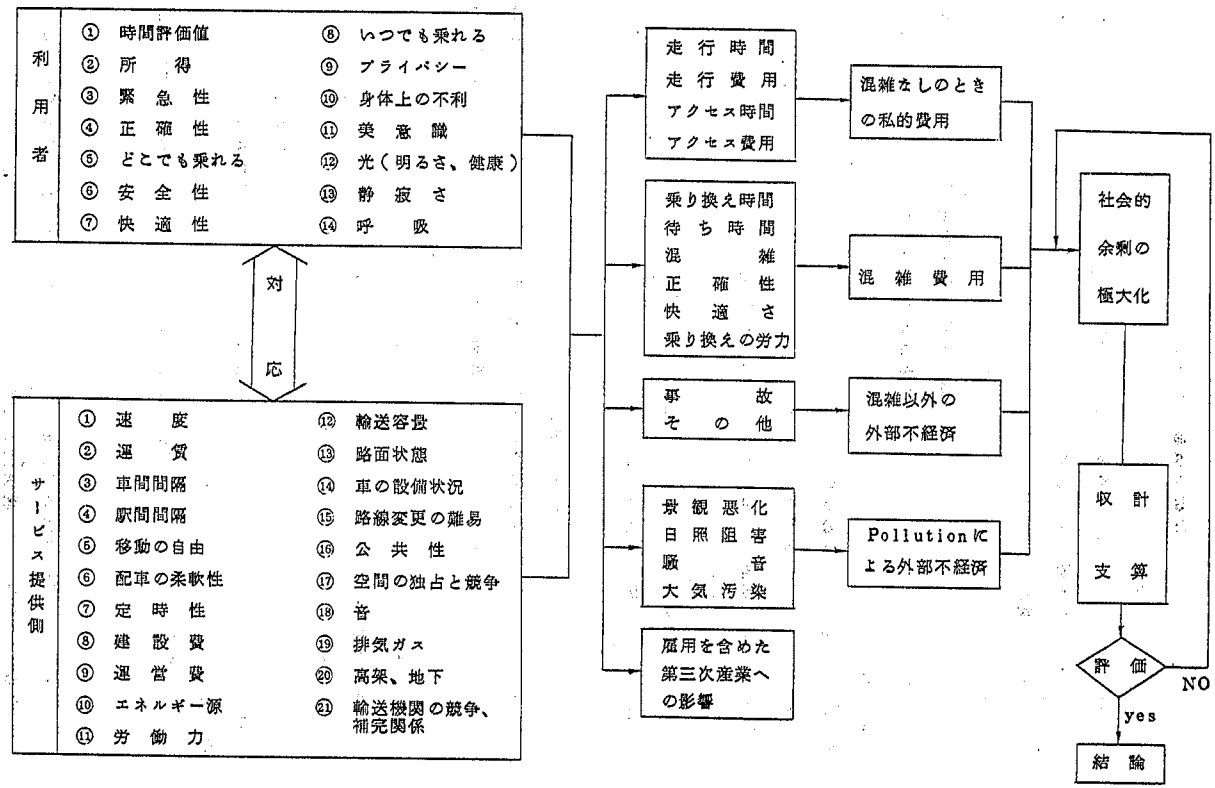
（道路周辺部の）汚染が含まれ、これを社会的費用として追加することが必要である。私的費用と社会的費用を同時に考慮することにより、新しい交通体系の地域への導入の是非が論じられるべきであろう。費用逓増問題も建設費、運営費を算定する際に組み込まれるべきものである。

私的費用と社会的費用の乖離、費用逓増については、社会的余剰極大化の項で詳細な説明を加える。

評価については、サービス提供者および利用者を含めた社会的余剰を極大化することを最も良い条件と考え、その時の運賃、交通量、交通容量を用い、収支計算をおこなうこととし、その収支の結果に基づき、デュアル・モード・バス・システムの適応性検討、導入予定地域の優先順位を決めるものとする。またここで決められた適地に対しては、ミクロ的なシステムの検討、例えば最適なシステムサイズ、運行計画を策定できるモデルを開発する。このモデルではシステムのレベルを均一化するために、とりあげる要素（私的費用、社会的費用を構成する要素）の範囲をある程度限定することもありうる。

モデルの開発にあたつては、可能なかぎり定量化（特に費用に換算する）を試み、定量化および総合指標化が困難な場合は、いろいろな視点（角度）から評価が可能となるようにする。

図３－１　分析の視点


利用者
① 時間評価値
② 所得
③ 緊急性
④ 正確性
⑤ どこでも乗れる
⑥ 安全性
⑦ 快適性
⑧ いつでも乗れる
⑨ プライバシー
⑩ 身体上の不利
⑪ 美意識
⑫ 光（明るさ、健康）
⑬ 静寂さ
⑭ 呼吸
対応
サービス提供側
① 速度
② 運賃
③ 車間間隔
④ 駅間間隔
⑤ 移動の自由
⑥ 配車の柔軟性
⑦ 定時性
⑧ 建設費
⑨ 運営費
⑩ エネルギー源
⑪ 労働力
⑫ 輸送容量
⑬ 路面状態
⑭ 車の設備状況
⑮ 路線変更の難易
⑯ 公共性
⑰ 空間の独占と競争
⑱ 音
⑲ 排気ガス
⑳ 高架、地下
㉑ 輸送機関の競争、補完関係
走行時間
走行費用
アクセス時間
アクセス費用
乗り換え時間
待ち時間
混雑
正確性
快適さ
乗り換えの労力
事故
その他
景観悪化
日照阻害
騒音
大気汚染
雇用を含めた第三次産業への影響
混雑なしのときの私的費用
混雑費用
混雑以外の外部不経済
Pollutionによる外部不経済
社会的余剰の極大化
収計
支算
評価
NO
yes
結論

4　分析の概念フローチャート（図4－1）

(1)　地域構造の分析

モデルにインプットする要因として沿線人口、土地利用等をとりあげる。またここでは旅客の発生、到着における集団化（単位）およびネットワーク設定が重要な課題である。

(2)　需要予測の方法論を確立する。

マクロモデルのようにGravity Model等の手法を適用しても、狭い地域に適用できる需要パターンを算出することは困難であるが、考え方としてはこの法則を応用する。

(3)　交通費配分モデルの開発

機関分担、ルート配分について多くのモデルが研究されているが、モデルの適用性をまず検討し、応用モデルの開発をおこなう。

(4)　混雑モデルの開発

交通量の変化と運行速度の変化の関係を明らかにし、新交通のメリット（待ち時間、乗り換え時間等にかかわるロスの解消）が十分反映できるモデルとする。

(5)　運行シミュレーション・モデル

ハードウェアの機能、地域構造から考えられるサービス・レベル（代替案）を考え、交通需要との関係から最も適当と考えられる運行計画を策定するのであるが、これはシミュレーション技術を利用して決定する。

(6)　事故モデルの開発

事故発生の頻度を算定するためのモデルである。

(7)　大気汚染モデルの開発

CO, NO_x, HC　の排出量を測定し、道路周辺部への影響の大きさは人口（人口密度）を一つの説明変数として加えることにより計算される。

(8)　騒音モデル

騒音発生量と周辺人口の状態を合わせたモデルとする（人口が一つの説明変数となる）。

(9)　景観モデル

高架にした場合の景観悪化を周辺の人口の状態と合わせて評価しうるモデルとする（人口が一つの説明変数となる）。

(10) 評価基準の開発

これは6)～9)までの外部不経済を社会的費用として表わすための換算指標を作成することを意味する。

(11) 建設コスト、運営コスト算定のためのモデル

5) により決定されたシステム・サイズに基づき建設コスト、運営コストを算定するモデル。

(12) 時間評価値の設定

地域構造、特に、所得、人口、年令、時間帯を考えて時間評価値の面からの利用者の集団化を試みる。

(13) 社会的余剰極大化モデル

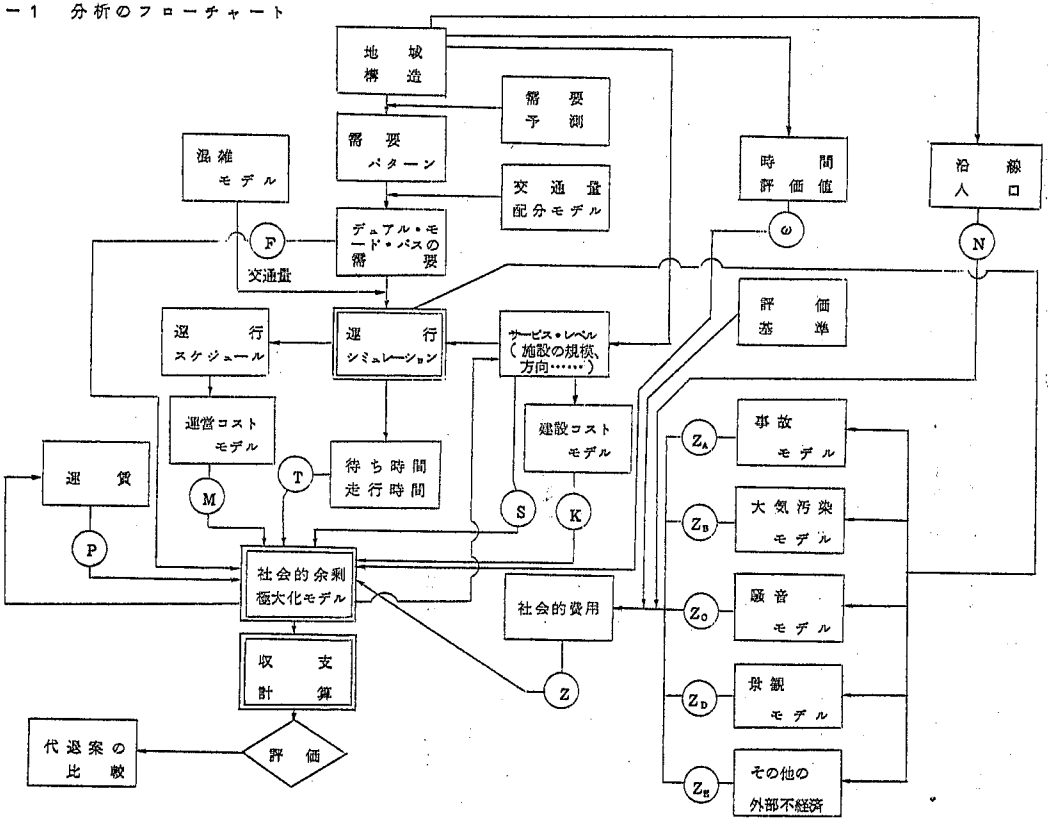
(1)～(12)のモデルで計算されるF(交通量)、S(交通容量)、T(時間)、Z_A(事故率)、Z_B(大気汚染量)、Z_C(騒音量)、Z_D(景観悪化)、Z_E(その他の外部不経済)、N(沿線人口)、評価基準(Z_A Z_B Z_C Z_D Z_EをZに換算)、K(建設コスト)、M(運営コスト)、ω(時間評価値)およびP(運賃)を変数(内生、外生)とした総合評価モデルである。

(14) 収支計算モデル

13)で評価された結果、すなわちF、S、P、K、Mを用いて収支を計算する。この結果が代替案の比較に用いられる。

18

図４－１　分析のフローチャート



5　モデルの全体系

モデルの全体系は図５－１のフローチャートに示すとおりである。

外生変数は ⬭ で図示してあり、◯ は内生変数をあらわす。

図中の記号を示すと次のようになる。

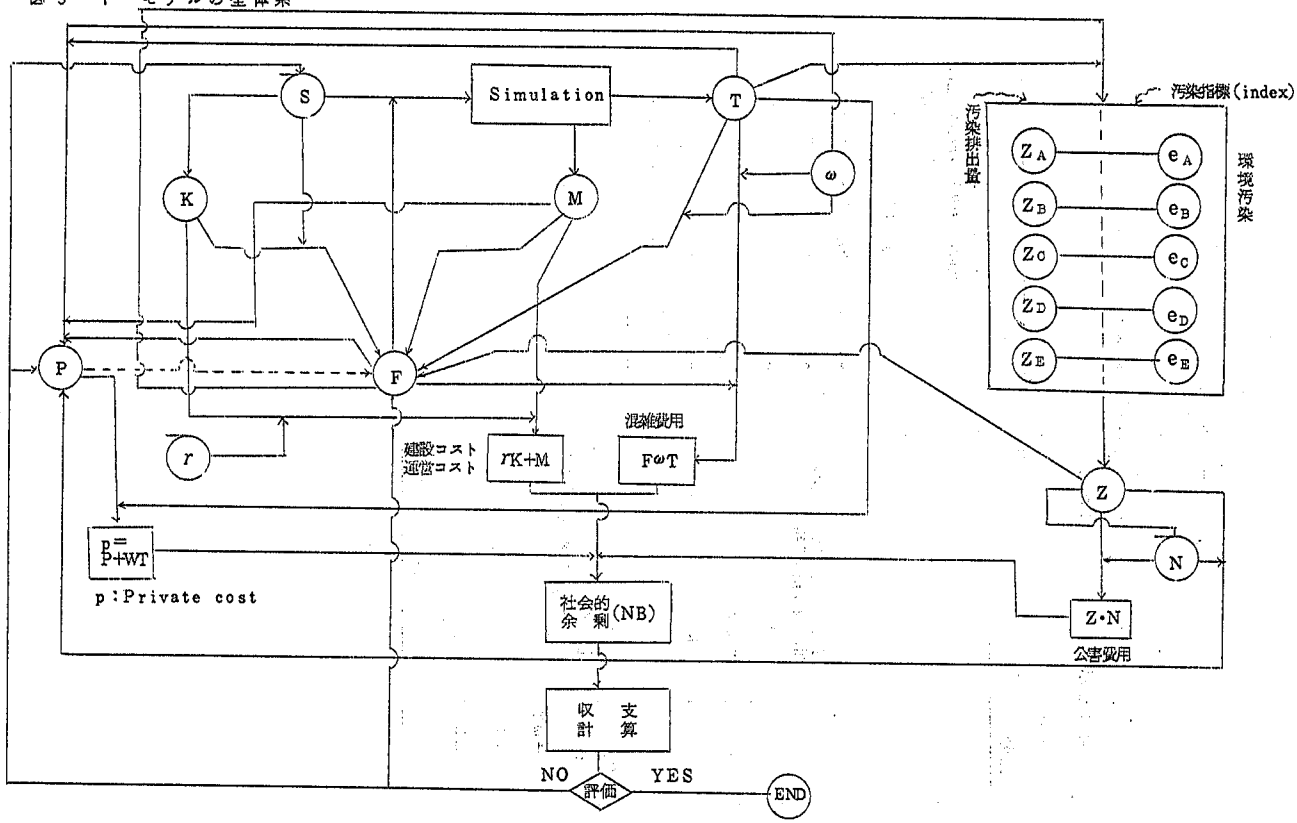
(1)　内生変数

記号	説明
F	交通量
P	運賃
M	運営コスト
K	建設コスト
T	時間（走行時間、待ち時間、乗り換え時間等）
Z_A	事故率
Z_B	大気汚染、排出量
Z_C	騒音量
Z_D	景観悪化率
Z_E	その他の外部不経済
Z	社会的費用（Z_A～Z_Eの費用換算）
$p=P+\omega T$	私的費用
$C_1=F\omega T$	混雑費用
$C_2=ZN$	公害費用
NB	社会的余剰

(2)　外生変数

記号	説明
S	サービス・レベル（施設、機関等の規模、配置）
r	利子率
ω	時間評価値
e_A	Z_A の費用換算基準
e_B	Z_B 〃
e_C	Z_C 〃
e_D	Z_D 〃
e_E	Z_E 〃
N	道路周辺人口（密度）

図 5－1　モデルの全体系


S
Simulation
T
K
M
ω
P
F
r
汚染排出量
汚染指標(index)
Z_A Z_B Z_C Z_D Z_E
e_A e_B e_C e_D e_E
環境汚染
混雑費用
建設コスト
運営コスト
rK+M
FωT
Z
N
Z·N
公害費用
$\bar{p}=\bar{P}+WT$
p：Private cost
社会的余剰(NB)
収支計算
NO
評価
YES
END

6　メイン・モデル

6.1.　運行シミュレーション

(1)　運行シミュレーションの必要性

いままでにないサービスレベルと機能をもつ交通システムはその提案されてくる段階でいろいろの特性が付加され、強調されてきている。ここで問題となるのは果してそれらの特性は実現可能なのであろうか、二つ以上の特性に直感的に理解できない相互関係はないであろうか、といった特性値を検証すること、およびそれら特性が生かされるのはどのような交通需要か（逆にいえばどのような交通需要に対応できるか）、システムサイズはどれくらいが適当であるか（これはサービスレベルと経済性とのトレードオフとしてとらえられる）等があり、これらを検討し、評価するには対象とされている交通システムの運行形態についての状況を再現し、予見することが必要となる。既存のシステムについてはデマンドが設定されれば、運行形態は過去の例から予測しうるが、新モードのシステムでは、これができないために実験的なシステムを作ってデータを得る必要がある。この一つの方法としてコンピューターを利用した運行シミュレーションモデルがある。

(2)　運行シミュレーションモデル

a）インプットされるもの

設定ネットワーク

ＯＤ別のデマンド発生分布

駅の構成

制御論理

運行方針（ルート選定論理、空車配分論理）

サービス論理（ＯＤ直交、乗合、高速道路連結走行）

b）パラメーター

車両数

車両定員

（車両速度）

c）アウトプット

旅客待ち時間（平均、最大、分布）

旅客トリップ時間（ＯＤ毎の平均、最大、分布）

車両キロ

旅客人キロ

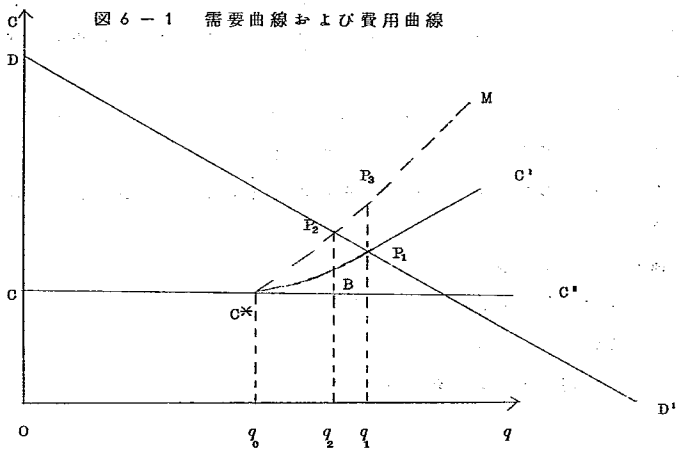
車両の利用率、回転率

平均乗車率

6.2 社会的余剰極大化モデル

(1) 混雑による外部不経済の発生

図６－１　需要曲線および費用曲線



２地点間Ａ、Ｂを移動する人々の需要曲線をＤＤ'とする。混雑の経済理論では費用曲線はサービスの消費主体の負担する１人あたりの費用すなわち使用費用であって、サービスの単位あたりの供給費用ではない。混雑が発生する前の状態は直線Ｃ C^{*}で表現され、C^{*}点を越える交通量（$q > q_0$）が発生すると、利用者が負う使用費用ないし不効用が加わる。この場合の個人の使用費用（Private Cost）は実際の運賃（ＯＣ＝Ｐ）に疲労、その他の不快感が加えられたものとなり、C^{*} C' 曲線で示される。

混雑現象において乗客が相互におよぼし合う外部不経済により、個人の平

23

均使用費用（ＡＣ）曲線と限界使用費用（ＭＣ）曲線の乖離が生ずる（平均使用費用曲線はＣC^{*}C'、限界使用費用曲線はＣC^{*}Ｍで示される）。

以上の関係を数式で表現すると

$q \leqq q_0$のとき、　ＡＣ＝ＭＣ＝Ｐ

（ＡＣ：平均使用費用、ＭＣ：限界使用費用、Ｐ：運賃）

$q > q_0$のとき、　ＰＣ＝Ｐ＋Ｃ（q）＞Ｐ

（ＰＣ：Private Cost、Ｃ（q）：道路容量を越えた交通量が発生したとき生ずる１人当りの平均混雑費用）

次にＡＣとＭＣの乖離について示す。

社会の総費用ＴＣは

$TC = P \cdot q + q \cdot C(q)$　　（q：交通量）

$q \leqq q_0$のとき　　$C(q) = 0$　　$\therefore TC = P \cdot q$

$q > q_0$のとき　　$C(q) > 0$

$C'(q) > 0$

$AC = TC/q = P + C(q)$

$MC = dTc/dq = P + C(q)\left(1 + \frac{q}{C(q)} \cdot \frac{dc(q)}{dq}\right) = P + C(q)\left\{1 + \frac{\frac{dc(q)}{C(q)}}{\frac{dq}{q}}\right\}$

$\therefore MC > AC$

限界使用費用曲線（ＭＣ）が平均使用費用（ＡＣ）と正の弾力性$\left(\frac{\frac{dc(q)}{C(q)}}{\frac{dq}{q}}\right)$の比率だけ乖離していることが証明された。

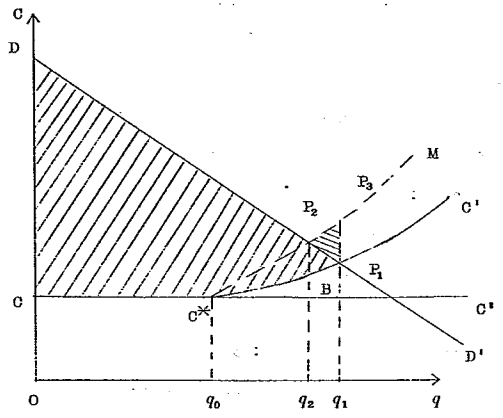
混雑現象はこのような形で社会的費用を発生している。

(2)　消費者余剰

混雑による外部経済を含めて消費者余剰を算定した場合を図６－２、６－３に示す。

図６－２は混雑をそのまま放置した場合の状態、図６－３は混雑税を付加した場合の状態である。

図６－２　放置した場合



1）放置した場合

正の余剰はＣＣ*Ｐ1Ｄの斜線部分、

負の余剰はＰ1Ｐ3Ｐ2の斜線部分であらわされる。

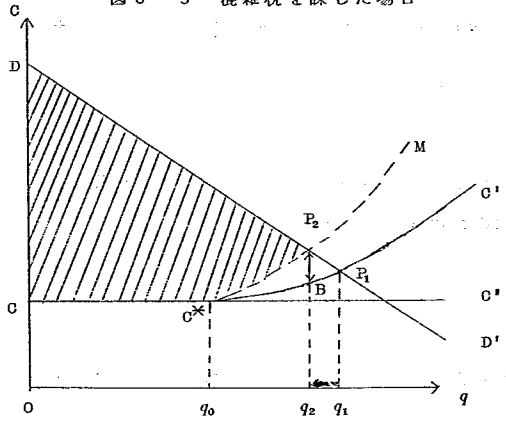
したがって総消費者余剰は

（ＣＣ*Ｐ1Ｄの面積）－（Ｐ1Ｐ3Ｐ2の面積）

である。

この場合は需給の均衡点はＰ1である。

図６－３　混雑税を課した場合



2）混雑税を課した場合

社会的費用（ＭＣ）をカバーする需要・供給の均衡点はＰ2である。Ｃ*Ｃ'というPrivate Cost にＣ*Ｂ Ｐ2の混雑税を加えることにより均衡する。

このときの消費者余剰はＣＣ*Ｐ2Ｄである。

1)、2）にあらわされた消費者余剰（ＮＢ）は数学的にＮＢ1（1)による）＜ＮＢ2（2)による）が証明されている。

2-

(3) 公共施設費用の逓増

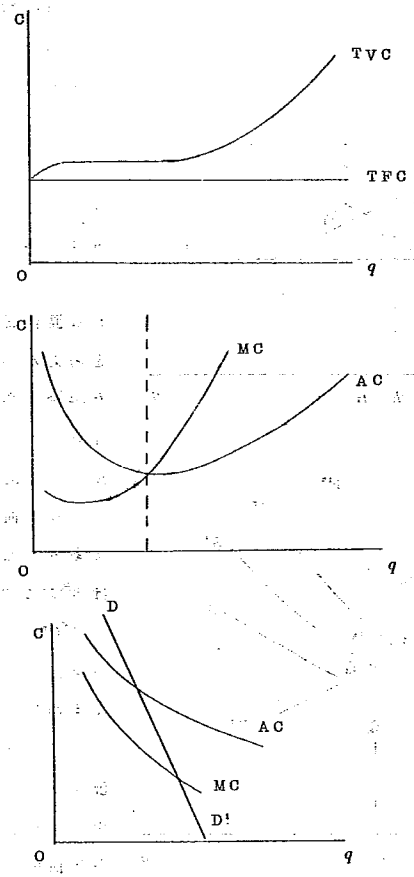


図 6 － 4

通常公共投資は私企業の投資の場合と比べて、固定費用（ＴＦＣ）が総費用（ＴＣ＝ＴＦＣ＋ＴＶＣ）に占める割合が特に大きく、可変費用（ＴＶＣ）のウェイトは低い。このような場合、ＡＣもＭＣもともに右下がりでＡＣ＞ＭＣとなり、$MC = {}^{dTC}/_{dq} = {}^{dTVC}/_{dq}$ をカバーする運賃を指定すると、総支出が総収入を超え、赤字が発生する。このようなケース（通常の公共投資）ではＡＣ＝Ｐとすれば採算がとれる。

一担過密等の（混雑も含め）現象が生ずると費用は逓増する。まずＭＣが上昇し、次いでＡＣが上昇する。たとえば交通混雑現象が起り始めるような状況では車両発生等による供給量増加方法は壁につきあたっているはずであり、安全確保等のための支出を考えれば、この費用逓増が明らかである。

(4) 供給費用逓増のときの混雑費用の分析

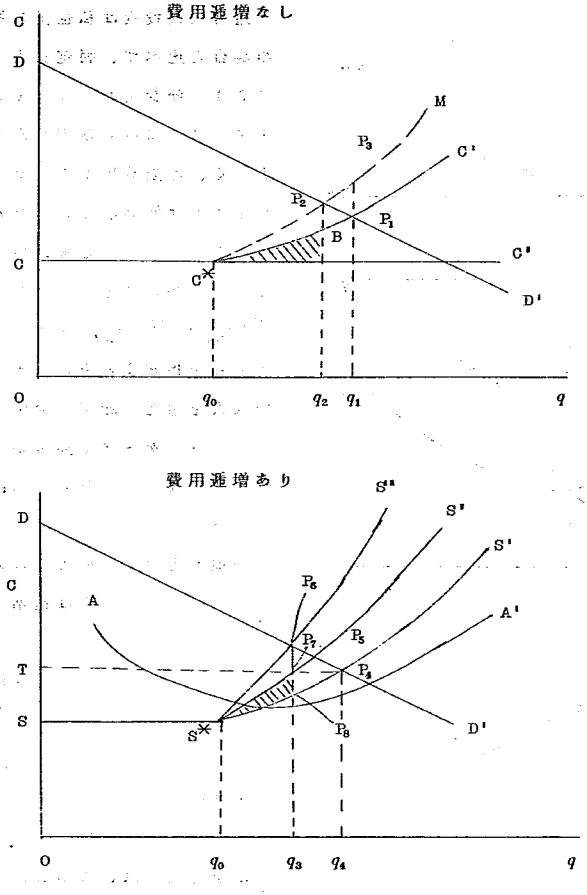


図 6 － 5

費用逓増のある場合、P_4が均衡点（SS'とDD'の交点）で、運賃はOT、交通量はOq_4である。ただしこれは混雑費用を考えなかった場合である。混雑費用を考慮した私的費用はS^*S'曲線であり、これはS^*S'にC^*C'とC^*C'のギャップ分を加えたものになっている。また混雑費用を考慮した社会的費用曲線（S^*S^m）は供給費用曲線S^*S'にC^*MとC^*C'とのギャップ分、いいかえるとS^*S'という混雑を加味した私的費用にC^*C'とC^*Mの差分（混雑による外部不経済）を加えたものである。

図から黒色部分が政府の混雑税、斜線部分（$S^*P_8P_7$）が混雑費用部分で、$SOq_3P_8S^*$が供給費用計である。したがってSS^*P_6Dが生産者余剰と消費者余剰を加えた社会的余剰である。

(5) 社会的余剰極大化

社会的余剰（ＮＢ）を極大化することは、次式の極大化と同じである。

（社会的余剰とは生産者余剰と消費者余剰の合計である。）

$$NB = \int_0^F f(q)\,dq - F\omega T(F,S) - rK(S) - M(F,S) - NZ(F,S)$$

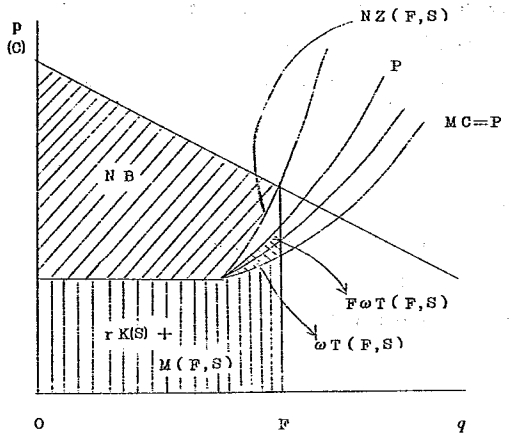


図６－６

$P = f(q)$

（利用者の Private Cost）

$P = P + \omega T(F,S)$

ω：時間評価値

T：時間

$\frac{\partial T}{\partial F} > 0, \frac{\partial T}{\partial S} < 0$

$\frac{\partial Z}{\partial S} < 0$，

r・K(S)；利子費用　（r：利子、K：資本ストック）＝

M(F,S)；運営費

NZ(F,S)；Pollution Cost（N：沿線人口、Z：Pollution）

ＮＢを Maximum にするための条件は

$$\left.\frac{\partial B}{\partial F}\right|_{S=Const.} = f(q) - \omega T(F,S) - F\omega\frac{\partial T}{\partial F} - \frac{\partial M}{\partial F} - N\frac{\partial Z}{\partial F} = 0 \quad \text{——①}$$

$$\left.\frac{\partial B}{\partial S}\right|_{F=Const.} = -F\omega\frac{\partial T}{\partial S} - r\frac{\partial K}{\partial S} - \frac{\partial M}{\partial S} - N\frac{\partial Z}{\partial S} = 0 \text{（投資基準）} \quad \text{——②}$$

①より　$P = F\omega\frac{\partial T}{\partial F} + \frac{\partial M}{\partial F} + N\frac{\partial Z}{\partial F}$ ——③

②より　$r\frac{\partial K}{\partial S} + \frac{\partial M}{\partial S} = -F\omega\frac{\partial T}{\partial S} - N\frac{\partial Z}{\partial S}$ ——④

③，④の条件を同時に満足するS,Fが最適交通容量および交通量である。

③式の右辺第一項 $F\omega\frac{\partial T}{\partial F}$ は所要時間に関する税、第三項 $N\frac{\partial Z}{\partial F}$ は公害税、第二項 $\frac{\partial M}{\partial F}$ は限界供給費用である。この式は交通料金（運賃）が Marginal Cost Pricing Principle（限界費用価格形成原理）を満たさねばならない条件である。

③④はFを与えればPとS、すなわち社会的余剰極大化からみた最適料金および最適容量（施設および運行規模）である。

またPを与えればFおよびS、Sを与えればPおよびFが求められる。

資料① 岡野行秀「外部不経済と費用逓増への処方箋」週刊東洋経済臨時増刊 3/10. S 4 7. 都市問題特集

② 岡野行秀「道路サービスの価格形成と道路財源の問題（3完）」 1968年1月 経済学論集

③ 坂下 昇「都市問題の局地解と一般解」 岡野①に同じ文献

6.3 収支計算モデル

社会的余剰を最大にするという意味で最適な交通料金と交通量から収支分析をおこなう。

収入（R）は

$$R = P \cdot F$$

③式を代入して

$$R = F^2\omega\frac{\partial T}{\partial F} + F\frac{\partial M}{\partial F} + N.F\frac{\partial Z}{\partial F}$$

支出（C）は

$$C = rK + M + N.Z$$

T,M,K,Z が同時関数であれば

$$\lambda^{\alpha}\omega T = \omega T(\lambda F, \lambda S)$$

$$\mu^{\beta}K = K(\mu, S)$$

$$\theta^{\gamma}M = M(\theta F, \theta S) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (M = M_0 F^{\theta_1} S^{\theta_2} \quad \theta_1 + \theta_2 = \gamma \quad \text{より} \quad \gamma : \text{推計})$$

$$\delta^{\eta}Z = Z(\delta F, \delta S)$$

オイラーの定理により

$$\alpha\ \omega T = F\omega\frac{\partial T}{\partial F} + S\omega\frac{\partial T}{\partial S}$$

$$\beta\ K = S\frac{\partial K}{\partial S}$$

$$\gamma\ M = S\frac{\partial M}{\partial S} + F\frac{\partial M}{\partial F}$$

$$\eta\ Z = S\frac{\partial Z}{\partial S} + F\frac{\partial Z}{\partial F}$$

④ × S より

$$\gamma S\frac{\partial K}{\partial S} + S\frac{\partial M}{\partial S} = -FS\omega\frac{\partial T}{\partial S} - NS\frac{\partial Z}{\partial S}$$

$$\therefore\ \gamma\beta K - \gamma M - F\frac{\partial M}{\partial F} = F^2\omega\frac{\partial T}{\partial F} - \alpha\omega T\ F + FM\frac{\partial Z}{\partial F} - \eta ZN$$

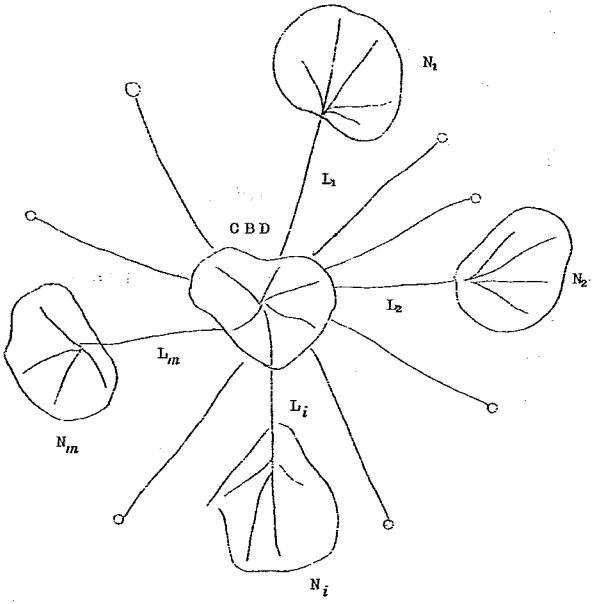
$$\underbrace{F^2\omega\frac{\partial T}{\partial F} + F\frac{\partial M}{\partial F} + FN\frac{\partial Z}{\partial F}}_{R\ (\text{収入})} - \underbrace{(\gamma K + M + NZ)}_{C\ (\text{支出})} = \alpha\omega TF + \gamma(\beta-1)K +$$

$$(\gamma-1)M + (\eta-1)NZ$$

生産者余剰 (R − C) $\geqq$ 0 であれば望ましい。

7 サ ブ ・ モ デ ル

7.1 需要予測



トリップ・パターン

N_i：居住地の端末輸送条件

L_i：幹線部における輸送条件

CBD：都心部における輸送条件

図 7 － 1

居住地と都心部（ＣＢＤ）の間の交通条件を分析するためゾーンを

1） 居住地内における端末輸送条件

2） 幹線部における輸送条件

3） ＣＢＤ内における端末輸送条件

に分割する。需要パターンは、居住地側端末については詳細な解析をおこない、幹線部の途中で発生する需要およびＣＢＤ内で発生する需要については概略をとらえる。また都心部（ＣＢＤ）からの逆輸送については地域特性が強く影響するため、分析にあたっては十分注意を要する。需要パターンは次のような分析視点から予測作業をおこなう。

1） トリップの発生・集中密度

2） トリップの方向性

3） トリップ長

4） トリップの時間分布

5） 断面交通量

(1) トリップ発生・集中密度

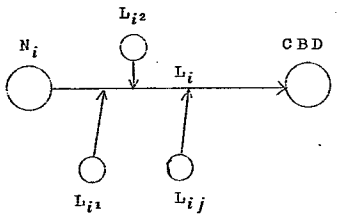


図７－２

トリップ発生・集中密度は居住地ブロック（Ni）（以下駅勢圏の意味）、幹線輸送沿線部（Li）、都心部（CBD）の各ブロック内では一様とする。

ただしこの場合居住地部分では人口密度により想定されるトリップ発生密度について、いくつかのレベルを設定する必要がある。幹線輸送沿線サービスについては、沿線サービスの有無、幹線輸送部路線長の評価のために、いくつかのレベルのトリップ発生密度の検討が望ましい。都心部からの逆輸送に関しては、トリップ発生密度に地域性が強く反映されており、実際のケースの検討の際に、モデルに組み込めるようにしておく必要がある。

(2) トリップの方向性

デュアル・モード・バスの運行形態は広域的都市流動に対応する一つのコリドー（放射流）としての流動に対応するものである。

従って居住地側の端末の発生交通量のうちのＣＢＤ方向への比率を決める必要がある。ニュータウンのＣＢＤ依存率の大きさは必ずしもＣＢＤ、ニュータウン間の距離、規模に依存するとは限らず、ニュータウンの特性、ＣＢＤの地域性が強く影響するであろう。

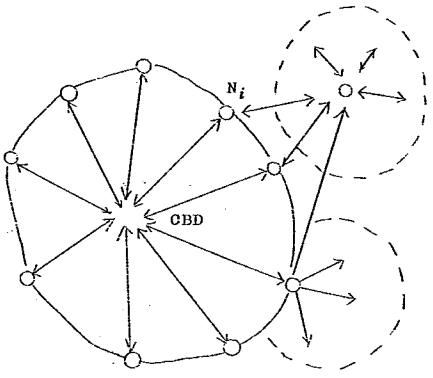


図７－３

(3) トリップ長

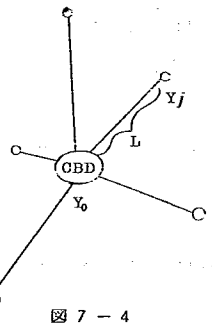


図７－４

トリップ長に関する一般的モデルとしてはグラビティーモデルがある。

ＣＢＤの規模、居住地の規模をY_0、Y_j両地区間距離をＬであらわすと

$$F = K\frac{Y_0^{\beta} \cdot Y_j r}{L^{\alpha}}$$ （Ｆ：交通量）

広域都市流動のトリップ長に対応するシステムの路線長は特に幹線輸送部のＣＢＤ－居住地間距離（Ｌ）に依存する。

現在の日本の都市圏からは３０～６０Km間の検討を十分におこなう必要がある。

(4) トリップの時間的分布

システムの評価は一日総需要量とラッシュ時必要容量の関係に大きく依存する。

システマティックはトリップ長（ＣＢＤ－居住地間距離）と時間帯別交通発生分布の関係の検討が必要である。

(5) 断面交通量

システムのモードとしての評価は、交通容量と路線長が主要なものといえる。前者に対応する需要の要素は主として幹線輸送部の断面交通量とそ

のピーク時集中率である。断面交通量を算定するために、ＣＢＤ規模、一コリドー当り必要容量、他の輸送機関との分担率がデータとして要求される。

（米国におけるライン・ホールシステムの評価のためのピーク時の交通容量は3,500人～40,000人/hである。）

7.2. 交通量配分モデル

同一の交通目的達成のために利用しうる交通手段が2種以上ある場合、各交通手段の分担率は各交通手段のもつ迅速性、低廉性、安全性、便利性等の特性の比較において利用者の選好により決定される。

この分担率を求める交通量配分モデルは、一般論として次の様に分類できる。

(1) 回帰分析型モデル

(2) 判別関数型モデル

(3) 確率分布型推定モデル

(4) 情報理論を応用したモデル（エントロピー法）

以下はモデルの概要である。

(1) 回帰分析型モデル

過去の実績値より何らかの法則を見い出すことによって、その法則が将来にわたって不変であるとの仮定のもとにモデルを構築する。

即ち、

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{P} a_i x_i \quad \text{あるいは} \quad Y = \alpha_0 \prod_{i=1}^{P} x_i^{d_i}$$

Ｙ：分担率　　x_i：要　因　　Ｐ：要因数

の回帰分析により分担率を求めようとするものである。

このモデルを交通量配分モデルに適用する場合は、電子計算機の使える現在では容易に数多くの要因を組み込める利点がある。

しかし機関分担率は本来的に相対量であり、前述したような式で単純に決定することは有意とならず、種々の工夫を必要とする。

また重回帰分析では、被説明変数（分担率）と説明変数（要因）との関係は線型であるが、現実の要因との関係は線型でないと考えられる。

(2) 判別関数型モデル

個々の人間が、どの輸送機関（あるいはルート）を選択するかを「ある基準」を作成することにより判別し、その結果として分担率を推定するものである。

「ある基準」の作成には過去の実績、即ち個々人の記録（アンケート調査のデータ）を必要とする。

分担率とは個々人の選択の累積結果であるから、この手法は現実の分担率決定過程を忠実に再現しているものであり、この点では高く評価できるが、一方で対象が個々人であるため、統計的に不安定となる傾向がある。

(3) 確率分布型推定モデル

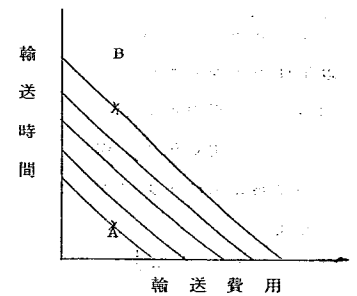
利用者の選好対象となる因子を時間と費用に総括整理し、時間を費用に組み込むことによって（時間評価値の設定）、利用者が支払う犠牲量に対する選好確率分布型を推定し、分担率を決定するものである。

一般に利用客がいずれの交通機関を利用するかは、各利用者が失われる貨幣と時間の比較によって決定されている。

次にこのモデルの基本的な考え方を述べる。

横軸に輸送費用、縦軸に輸送時間をとった図において、ある交通目的に対してある利用者が支払う犠牲量が、全体で同等と考えるような費用と時間の組み合わせの点の軌跡は右図のような曲線群（無差別曲線）となるであろう。右図のA点とB点では利用者にとってはA点の方が効用が大であるから、B点よりもA点が選好される。

この無差別曲線は固定的なものではなく、交通の目的・条件によっても異なろうし、また利用者の主体的条件（所得水準や嗜好等）によっても異なる。



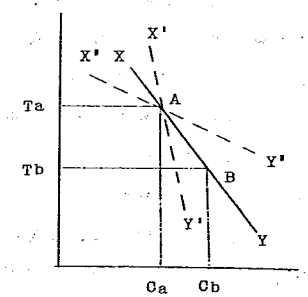


図7－5

いま、A、B２種の交通手段の輸送時間（Ta、Tb）および輸送費用（Ca、Cb）が図に示すような場合、点Aを通る個々の利用者の個々の交通に対する無差別曲線は、X'Y'のようにABよりも大きな勾配（限界代替率）をもつか、X'Y'のようにABよりも小さな勾配をもつであろう。そしてABよりも小さな勾配の無差別曲線をもつ場合にはAよりもBを選好し、無差別曲線の勾配がそれと一致する場合には両交通手段を同等に選好すると考えられる。（なお、時間評価値は限界代替率の逆数である）

個々の旅客が個々の交通に対してどのような無差別曲線をもつかはわからないが、時間と費用の限界代替率

$$Xab = \frac{Ta - Tb}{Ca - Cb}$$

をとった度数分布について見れば、確率分布をしているであろう。

例えば右図のような一種の確率分布(P)

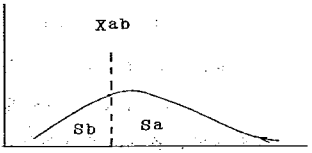


図７－６

限界代替率をXとおいたときの確率分布関数$f(X)$は

$$\int_0^{\infty} f(X)\,dX = 1$$

であり、前述の例についてB及びAの利用率をそれぞれSb、Saで表わすと

$$Sb = \int_0^{Xab} f(X)\,dX \quad , \qquad Sa = \int_{Xab}^{\infty} f(X)\,dX = 1 - Sb$$

である。確率分布関数$f(X)$は不明であるが、もしXabの値の変化に応ずるSbの変化についてのデータが多数得られて、SbをXabに関する関数として捉えることができるならば、これらのデータの属する母集団についての$f(X)$は、この関数を微分して得られる。

３種以上の交通手段の選好の問題も理論を拡張して理解できる。一般にこの確率分布型推定モデルでは、要因として運賃、時間、頻度、混雑度等々が用いられ、因子の型は通常、交通手段間の要因差であり、全ての要因が貨幣換算され、それに基づいて人は判断し、行動するという前提をとる。

このモデルは相異なるルート、もしくは輸送手段の間の輸送量配分の問題のみならず、運賃改訂やスピードアップ等による利用率の変化、逆に輸送力に応じて輸送量を配分するには、運賃差や時間差をどう決定すればよいかなど様々の利用法がある。

(4) 情報理論を応用したモデル

一般にエントロピー法と呼ばれている手法である。

情報には、その価値の高いものと低いものとがあるが、その事象の起る確率の高いものほど情報の価値は低く、確率の低いものほど情報の価値は高い。即ち輸送機関の選択の場合、ある機関を選択するという試行が決定的であるなら、料金がトリップ時間等の情報によってその決定的な選択という試行は左右されない。換言すると、情報の価値は低いといえる。

従って、情報の価値はその事象の起る確率に反比例するといえる。

情報の価値を計量するための関数として、log(1/確率)＝−log(確率)を規定すれば、n個の事象があって、それぞれの起る確率がP_1、P_2 ……、Pnであったとすると(各事象は背反である)、その場合の各々の情報の価値を計量化した情報量は、

$$-\log P_1 \ 、\ -\log P_2 \ 、\ \cdots\cdots\cdots\cdots 、\ -\log Pn 、$$

であって、各々の事象はP_1、P_2、……、Pn の確率で起るから平均情報量Hは

$$H = -P_1 \log P_1 - P_2 \log P_2 - \cdots - Pn \log Pn$$

$$= -\sum_{i=1}^{n} Pi \cdot \log Pi$$

となる。Hは試行のあいまいさの度合であり、通常試行Tのエントロピーと呼びH(T)で表現される。

試行Tのあいまい度H(T)が与えられたとき、事象の個数nを固定しておいて、実現確率P_1、P_2、……、Pn を変動させた時のH(T)の最大値は等確率の場合に実現され、log nとなる。

ここで等確率の場合は各事象の実現に関して何らの情報がないために等確率とおかざるを得ないとも考えられる。もしここにこれらの事象の実現に関して何らかの情報があれば、最早、等確率ではなくなって、それだけあいまいさは減少していると考えられる。

この意味からエントロピー最大ということは情報ゼロと同等であり、エントロピーの大か小かは情報の小か大かに対応しているといえる。

一般に T_1、T_2 の2つの試行があり、T_1によってm個の事象 A_1、A_2……、A_m が可能であり、T_2によってn個の事象 B_1、B_2、……、B_n が可能であるとする T_1 と T_2 とを同時に実行した結果、A_i と B_j とが実現する確率を $P(i,j)$ で表わすと、T_1 と T_2 とを複合したときのあいまいさは

$$H(T_1,T_2) = -\sum_{i,j} P(i,j) \log P(i,j)$$

で与えられる。

この T_1 と T_2 とを複合したときのあいまいさと、T_1 または T_2 のあいまいさの関係は

$$H(T_1,T_2) \leqq H(T_1) + H(T_2)$$

（等号が成立するのは T_1、T_2 が独立のとき）

なる不等式が成立する。

次に、試行 T_1 の結果を知って、試行 T_2 の実行に残されているあいまいさ（条件付エントロピー）は

$$H(T_2|T_1) = H(T_1,T_2) - H(T_1)$$

で表現できる。

7.3　混雑モデル

交通量(F)、交通密度(D)、時間(T)の関係を混雑現象を導入して考えたところが、このモデルの特徴である。

あるリンクＡＢの間の交通量をＦとし、ある与えられた時点における１Km当り走行自動車台数を交通密度(D)、ＡＢ間の走行時間をＴ、走行速度をＶとする。モデルの前提条件は、

1）車種はひとつである。

2）全自動車は同一の速度を有する。

3）この道路へ流入してくる自動車の台数が増減する場合、直ちに調整がおこなわれ、交通密度は道路のどの部分をとっても同じになるものとする。

ＡＢ間の走行時間は交通混雑の程度すなわち交通密度Ｄの関数である。

$$T = T(D) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

これは

① 微分不能である，

② $\frac{dT}{dD} > 0$ …… (2)

③ $\frac{d^2T}{dD^2} > 0$ …… (3)

④ $T(0) = t_0 = \frac{1}{v}$ …… (4)

⑤ $T(D_{max}) = \infty$ …… (5)

となる。

②は交通密度の増大により１Km当り所要時間が増大することを意味する。

③は交通密度の増大に比べて所要時間の増加が相対的に大きいことを示す。

④は交通密度ゼロの時すなわち全く自由に走行できるとき、１Km当り t_0分を要することをあらわす。

これはハードウェアのもつ走行性能ｖ（速度）に等しい。

⑤交通量が最大となると所要時間が無限大になることを示している。簡単に言えば道路が自動車により完全に充満してしまい全く動けなくなる状態をあらわしている。

ＡＢ間の交通量Ｆと、Ｄ、Ｖ、Ｔの関係は

$$F = D \cdot V = D \cdot T^{-1} = F(D)$$

$$(\because \quad T = V^{-1},\ T = T(D))$$

$F'(D) = 0$ のとき、Fは Max となる。

$$F'(D) = T^{-1} - DT\frac{-2dT}{dD} = T^{-1}\left(1 - \frac{D}{T}\frac{dT}{dD}\right) = 0$$

$$1 - \frac{D}{T}\frac{dT}{dD} = 0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

式(6)のとき交通費Fは最大である。

式(2)、(3)、(4)、(5)、(6)を図示すると図7－7、7－8のようになる。

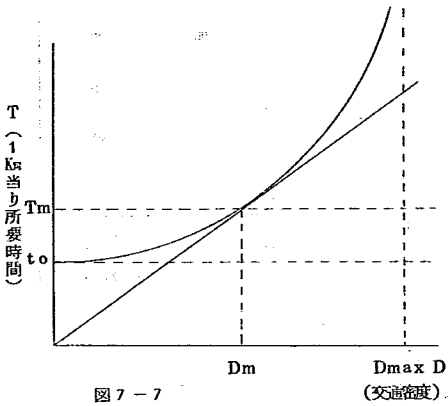


図7－7

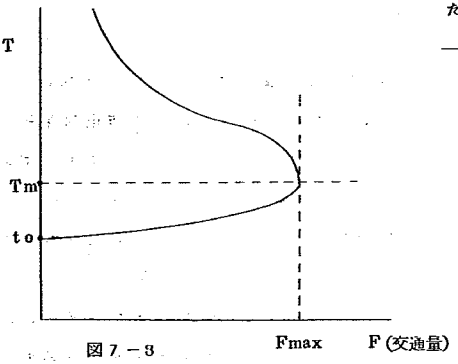


図7－8

$D = Dm$ のとき

$$\frac{T}{D} = \frac{dT}{dD}$$

従ってD＝Dmのとき、交通量Fが最大となる。

図7－8のようにFが Backward bending の曲線になっているのは交通密度が増大するとき、はじめのうちは交通量が増加し、密度が限界に近づくにつれて走行速度は急速に低下し、道路利用者はこの状態から脱却するため他のルートを利用するようになり、結果的に交通量FがFmax から徐々に減少するためである。

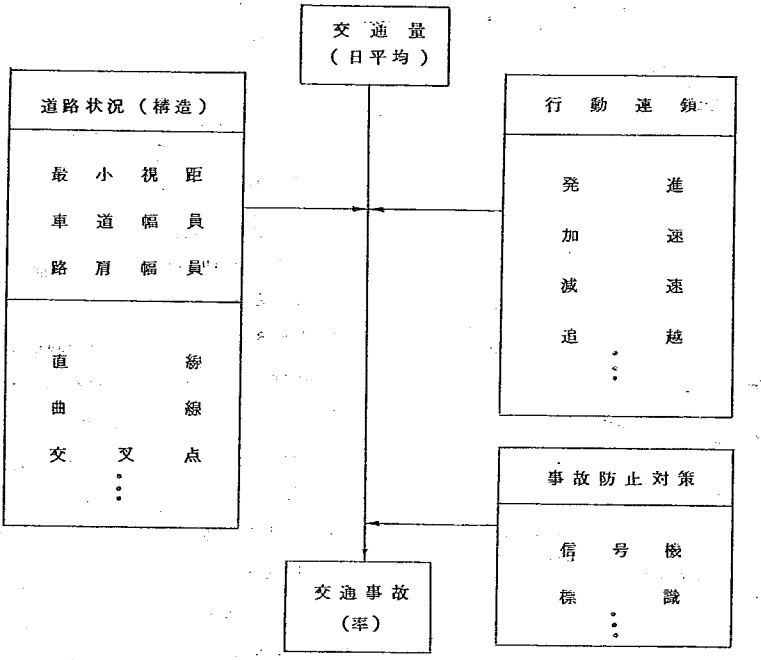
資料：岡部行秀「道路サービスの価格形成と道路財源の問題　」

1968年1月　経済学論集

7.4　交通事故モデル

交通事故率は道路構造と人間の行動パターンおよび事故防止対策の如何により左右される。

図７－９　事故と要因の関係



(1)　交通量と交通事故

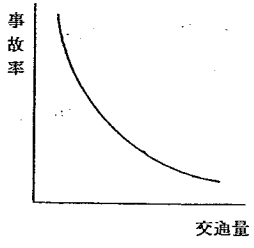


図７－１０

交通量と事故率は図のような関係にあるが、これは道路状況、事故防止対策等、行動の段階の各条件がすべて含まれており、３つの条件が同一のときの相関をあらわしているものではない。交通量の増大は速度の減少、安全対策の徹底等事故を減少させる二次的な効果を誘発し、結果としてこのようなカーブが描けるわけ

41

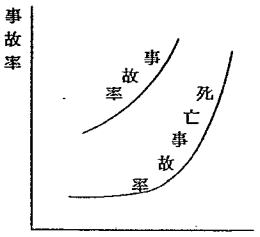


図７－１１

である。これは図７－１１から明らかである。高速道路と一般口道の違い、すなわち①交叉点を有しない、②歩行者がない、③往復分離されている、等の道路構造上の差が安全性に明らかに影響をもっている。

次に道路構造の代表的要因である平面地形、縦断勾配と事故率との関係をみる。

(2) 平面地形と事故率

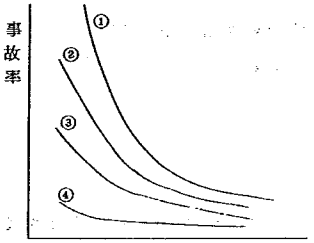


図７－１２

一般に円曲線半径(ℓ)と事故率Zaは

$$Za = \alpha \frac{1}{\ell}$$

で表示できる。

図の①，②，③，④は交通量(F)／容量(S)別の曲線をあらわしており

$(F/S)_① > (F/S)_② > (F/S)_③ > (F/S)_④$

という関係にある。交通量が容量に比べて過大になれば（混雑の度合が増すごとに）事故率は円曲線の半径にほとんど無関係になり、道路混雑があまりないときに、このような道路構造上の影響が強くあらわれる。

(3) 縦断勾配と事故率

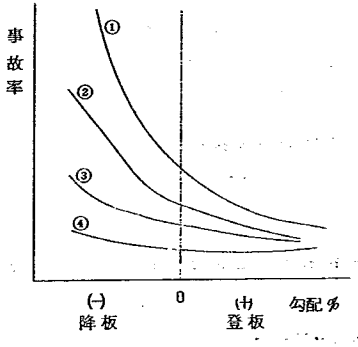


図７－１３

この場合も(2)と同様、道路混雑により道路構造上の特性が事故とほぼ関係なくなり、(1)のような混雑の進行が事故率を減少させる結果となっている。

以上のように交通事故率（Za）は

$$Za = f(F, S, Rc, Rp)$$

F ：交通量

S ：道路容量

Rc：道路構造を代表する特性

Rp：事故防止対策

であらわされる。

資料：1. 飯治、巻上、前田「高速道路の事故解析」交通工学 Vol.8 No.4

2. 「道路環境および交通特性が交通事故に及ぼす影響について」交通工学

3. 「交通事故の類型による分類について」 交通工学

4. 「行動分析による自動車事故防止対策の費用・効果分析の方法」交通工学

7.5 大気汚染モデル

モデルはマクロ的視点からとらえたものとミクロ的視点からとらえたものと2種類を考える。

(1) マクロ的視点からとらえたモデル

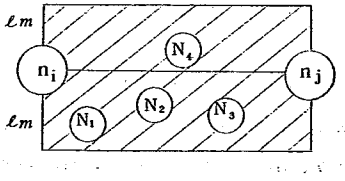


図7－14

ノード n_i, n_j 間を1時間当り平均速度 V Km/h で F 台の車が走行した場合、道路容量を S 台/Km・h 、排出原単位を u g/Km・台とすれば

1時間当り 交通密度は

$$D = FV$$

1時間当り排出量は

$$U = FV \cdot u$$

となる。

沿線で、道路より左右 ℓm 幅内に住む人口を N とすれば、大気汚染評価関数は

$$f(x) = f(F, V, u, N) = \alpha F \cdot V \cdot u \cdot N$$

43

となる。

自動車には大気汚染は主に NO_x , HC , CO であり、SO_2 は少いので無視する。これら3つの汚染因子の排出原単位(u)は表7－1のとおりである。

表7－1　排出原単位（g/Km）

車種＼因子	CO	HC	NO_x
乗用車（ガソリン）	17.8	3.50	2.22
乗用車（LPG）	13.2	3.44	4.27
貨物車（ガソリン）	33.4	5.82	4.73
軽乗用車(ガソリン)	23.5	15.4	0.41
バス（ディーゼル）	5.94	1.23	5.26

（東京都データより）

(2)　ミクロ的視点からとらえたモデル

モデルは2つの部分から成っている。1つは交通モデルであり、他の1つは排出等性モデルである。交通モデルは車の市街地走行をシミュレーションするモデルであり、その特性要因として、①走行速度、②加減速度、③交通量、④交通信号、⑤道路の構造があげられる。排出特性モデルは対象となる市街地の道路上を走行している自動車から排出される汚染物質の平均排出量を排握することである。その要因としては①車種②エンジンの大きさ、③走行速度、④エンジンの負荷のかかり方、等があげられる。交通モデルは汚染モデルの前段階ですでに盛り込まれるべき部分であるが、交通流と汚染との関係を明らかにするため、この項で簡単に説明する。

a）交通モデル

交通モデルは大きく分けて

①　個々の車両の動きを取り扱うもの

②　信号機によって断続される交通量を時間波形によって取り扱うモデル

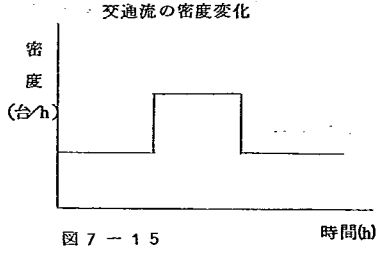


図7－15

この中には*数台の車両を一群として扱うもの

車両群を方形波で表わすもの

車両群を一般的時間関数で表わすもの

飽和流モデル

がある。

③ 巨視的な取り扱いをするモデル

高速道路、トンネル等に使われ、流体力学的取り扱いをする。

b) 排出等性モデル

このモデルは、一般道路上を走行している各種車両のエンジンの平均的な定常性能を知り、これを各種走行条件における排気管から排出される汚染物質を定量的に把握しようとするものである。

排気ガスは次の式により求められる。

空気過剰率を λ とすると

$\lambda \leq 1$ のとき　$A = \dfrac{\beta_1 \lambda + r_1}{\alpha_1 - \lambda} \quad G_K$

$\lambda > 1$ のとき　$A = (\alpha_2 \lambda - \beta_2) \cdot G_K$

A ： 排気ガス量

G_K ： 燃料消費量

λ ： 空気過剰率

＊ 車群論的方法は、方形波交通流モデルを用いて、交差点を通過する車を車群としてとらえ、その車群の走行、停止、発進の状況を時間－距離図上でシミュレートし、走行パターンを求めることである。

7.6 騒音モデル

騒音は睡眠妨害、会話障害、作業能率低下、情緒不安定等の生理的、心理的反応あるいは、これらに伴う二次的な健康障害、生活障害をもたらす。

自動車騒音は排気音を含めたエンジンなどの機械騒音とタイヤ騒音とに大別されるが、一般に加盟時および低速の定常走行時（乗用車で９０Km／h以下）では機械騒音が、高速の定常走行時ではタイヤ騒音が支配的である。機械騒音についてはエンジン関係、排気マフラーなどの改良により、さらに電気自動車により対処しうるが、タイヤ騒音については、トレッドパターンおよび路面からの騒音低下はほとんど期待しえないのが現状である。交通量をかなり制限しても自動車騒音の低下はわずかであり、道路から１００m離れてようやく１０ホン程度低下するにすぎない。

ここで都市地域の交通を考えてみる。都市地域は比較的トリップ長が短かい交通が多く、高い速度より、むしろ円滑な走行が要求されること。したがって問題のタイヤ騒音も低い速度により低い水準に抑えられることになり、都市内騒音の解決には機械騒音を減らすための電気自動車の導入が有利であろう。バッテリーを積んで走行するデュアル・モード・バスはこの点において既存のバスより有利であろう。

鉄道から生ずる騒音には列車の走行から生ずるもの、保守作業や入換作業等から生ずるもの等があるが、最も大きなものは走行騒音、特に新幹線の騒音である。現在までの実態調査によると、騒音の大きさは場所により異なるが、線路の中心から２５m離れた屋内で６０～７０ホン程度、屋外では８０～９０ホン程度である。

交通公害とは、第一に発生源の移動性およびその影響を受ける第三者にとって発生源がどの個体によるものか、因果関係が、はっきりできないことに特徴をもっている。次に一般人は交通公害を受ける被害者の立場にもあり、交通機関を利用する場合、交通公害を発生する加害者的立場に立つことにもなる。したがって地元の人が、交通機関を利用する便益が少く、被害者的立場に立つことが多い場合、大きな問題が発生する。

騒音レベルと影響を受ける側の感度分析をおこなった結果が、図７－１６のとおりである。

図７－１６　騒音レベルと交通騒音のやかましさ

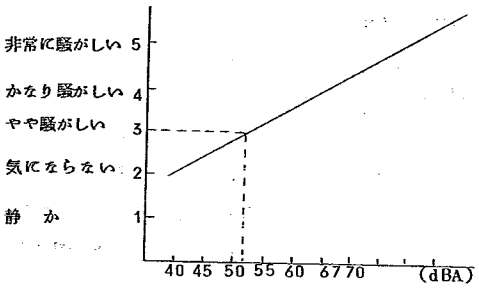
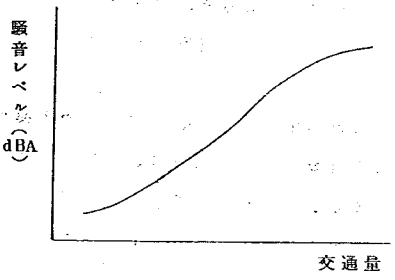


図７－１７　交通量と騒音レベル中央値



これは、日本音響学会「道路騒音調査報告書（昭３９－３）」（北村）によるものであるが、騒がしさの限界は大体５２ホン(A)である。日本家屋の遮音効果は大体１０ホン程度なので、屋外なら６３ホン(A)をこえるとはっきり影響がでてくる。

交通量と騒音レベルは図７－１７のように正の相関があり、また走行速度（車速）と騒音レベルも図７－１８のように正の相関を示している。交通量の増大とともに車速が減少し、車速による騒音への影響は小さくなるが、車の走行台数が増大したことによる影響は大きい。タイヤ騒音は車種、車速、

47

トレッドパターンが決ればほぼ計算しうる。ただしある実験結果からはタイヤ騒音のレベルは車速により殆ど説明できる。

$$Z_N = A \log V + C$$

Z_N：騒音レベル（dBA）

$\left.\begin{matrix} A \\ C \end{matrix}\right\}$：常数

V：車速（Km／h）

以上のことをまとめると、Z_Nは

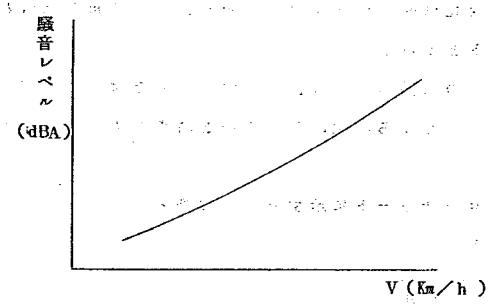
$Z_N = f(V, F, L)$

F：交通量

L：発生源からの距離

すなわち、車速と交通量、発生源からの距離で決まる。

図7－18　大型トラックのタイヤ騒音レベルと車速との関係



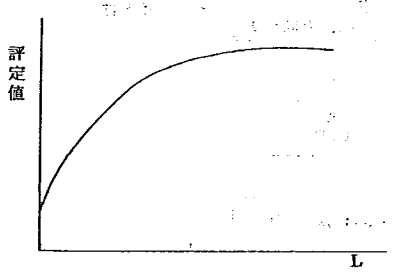
資料　①　望月「交通公害の実態(2)　騒音と振動　」交通工学（1972）

②　田付「交通公害の現状と対策」運輸と経済（1971）

③　山根「道路整備と環境問題」運輸と経済（1971）

7.7　景観モデル

図7－19　（高架道路からの距離）



構造物は機能空間をつくり出していると同時に情緒空間をつくり出している。近年地域住民からは高架道路設置等に対して情緒空間という観点からの批判も高まりつつあり、地

48

域の住民にとっての快適性を考慮した空間利用形態が望ましい。

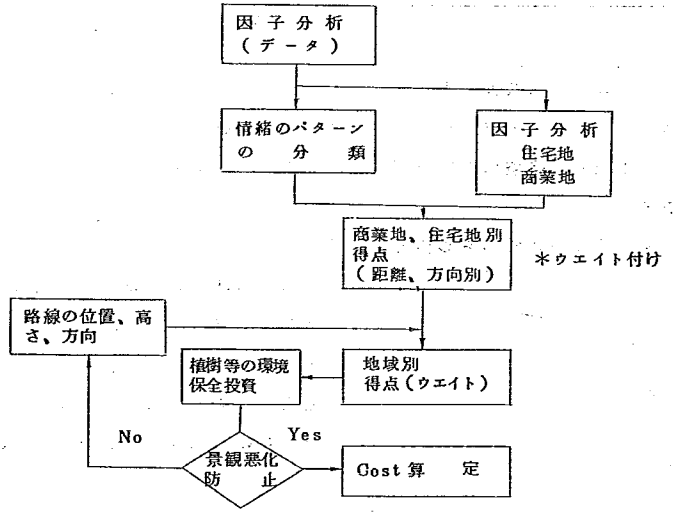
視覚心理的影響を調査する方法には、①現場で被験者に対象物を直接見せて調査する方法と、②実験室で現実をシミュレートして調査する方法とがある。後者の方法による実験結果が報告されている*が、計測方法としては、学力評価に使われている評定尺度法とSD法(Semantic Differential Method)(イメージ調査に用いられる)があり、ここではその中間方法を採用してある。

実験結果によれば、一般的に全体の景観の水準は歩いているときの周囲の景観があまり悪くない限り、高架道路に近づくにつれ、低下する傾向がある。景観に関する評定値は高架道路から30～50m間では変化が大きく、情緒空間としての高架道路が歩行者におよぼす視覚的影響が強い。100～200m間では評定値の変化はゆるやかになっており、200m以上離れると評定値の変化がフラットとなる。

このように景観に対しての人間の反応は、判断する人間と対象物(高架道路等)との空間距離(L)で説明しうる。距離Lは方向と高さをもったベクトルで表示される。

分析の手順は以下のフローチャートに示すとおりである。

図7－20　フローチャート



7.8　建設コスト、運営コスト算定のためのモデル

運営コスト（M）、建設コスト（K）は交通量配分モデルにより積算された交通量（F）と運行シミュレーションによって決定されるシステム・サイズ（S）によって決まる。コストモデルの構造は比較的単純であるが、従来存

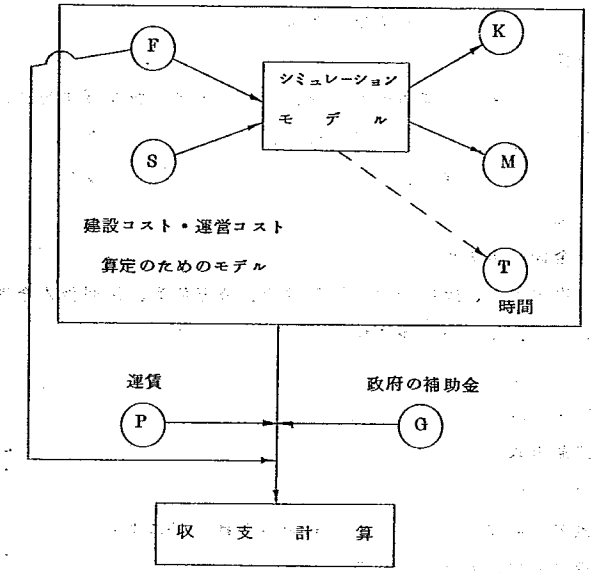


図7－21

在しなかった新しい交通機関、すなわち、ここでのデュアル・モード・バス・システムのハードウェアに関するコスト原単位を算定する困難がともなう。原単位の精度、将来の地域（対象地域）構造の予測レベル、交通量の計算精度等から考えて、モデルの構成要素を複雑化することは問題であろう。独立にとり出したデュアル・モード・バスと地域との対応において考えねばならないデュアル・モード・バスとは分析のための要素、精度は必然的に異なってくるものであり、この検討がモデルの有意性を決める上で重要な課題である。

モデルの構成要素であるコストの項目を参考のために列挙すると以下のようになるであろう。

50

(1) 建設コスト

① 調査・監督費、駅費、軌道費、電力線路費、変電所費、車両基地費、制御費、車両費、用地費

② 車両運搬具、土地取得、構築物、建物、機械装置、工具器具備品、ターミナル設備、架線・誘導ケーブル等路線設備取得

＊①、②は分類の基準を変えたもの。

(2) 経費

現場部門・管理部門の人件費、動力費・修理費等の運行費、固定資産税、都市計画税、不動産取得税、自動車取得税、自動車税等の諸税、自動車賠償責任保険、任意保険、建物等への保険料及び借入金支払利息、配当金

資金調達方法は

政府借入金、政府債券、開銀融資、公募債券、民間借入金等が考えられるが、このモデルの構造を決めるために

据置期間

償還期限

償還方式

利子率

の設定が必要である。費用の計測方式は以下による。

一般にn年間にわたる総費用は

$$C_1 = \sum_k K_k + \sum_{t=1}^{n} \frac{1}{(1+i)^t} \cdot E$$

K_k：固定資産Kの建設費

E：年間維持管理費

i：割引率

耐用年数が資産別に異なり、残存価値を考慮すると

$$C_2 = \sum_k K_k + \sum_{t=1}^{n} \frac{1}{(1+i)^t} \cdot \left(E + \sum_k \frac{K_k - S_k}{\sum_{t=1}^{t_k} (1+i)^t} \right) - \frac{\sum K_k}{(1+i)^n}$$

毎年の減価償却費は

$$D_p = \sum_k \frac{K_k - S_k}{\sum_{t=1}^{t_k} (1+i)^t}$$

計測期間終了後における残留価値（Sunk Stock）

$n \to \infty$ で 0

S_k：固定資産kの残存価値

t_k：固定資産kの耐用年数

51

減債基金法（sinking fund）

債券の償還に備えて、債券を発行しているうちから一定の金額を積みたてる。積み立て方法には毎期一定額を充てたり、利益の一定の割合で積み立てるなど諸々な方法があり、我国では社債の借り換え発行が一般化しているため、減債基金を積み立てるケースは少ない。

年賦償還法

年賦金とは、借入金、売買代金等の債務の償還が毎年一定額づつ分割して定期的に行われる場合における毎年の償還金であり、

毎年分割して償還する方法を年賦償還という。

$$\sum_{k} \frac{K_k - S_k}{\sum_{t=1}^{tk} (1+i)^t} = \sum_{k} \left\{ (K_k - S_k) \cdot \frac{i}{(1+i)^{tk} - 1} \right\}$$

定額法

$$\sum_{k} \frac{K_k \cdot S_k}{\sum_{t=1}^{tk} (1+i)^t} = \sum_{k} \left\{ \frac{K_k \cdot S_k}{tk} - i \left(\frac{K_k - S_k}{tk} \right) \right\}$$

8. 今後の検討課題

(1) 地域

分析の対象となる地域の範囲を限定する。

(2) 旅客の集団化

地域分布、目的、時間帯等を基準として、旅客の発生、到着、移動における集団化をおこなう。

(3) 交通量の機関配分

評価するケースとして、デュアル・モード・バス、バス、地下鉄、乗用車（特に自家用車）について、いくつかの組み合わせが考えられるが、その組み合わせの仕方に応じて交通量配分モデルの難易、性格もかなり変るであろう。この場合

1) どのケースにも有効なモデル

2) 各ケースごとに適合性のあるモデル

が考えられるが、1) の場合は、モデルを構成する要素は広範囲でマクロなものとなる。2) では、範囲を限定し、ミクロな分析をおこ

なうことになると同時に、ケースごとにモデルの要素が異なってくる可能性があり、作業量が膨大になる恐れがある。

(4) 時　間

交通機関の走行時間、待ち時間を計算する方法として、次の二つが考えられる。

1) 走行時間、待ち時間とも運行シミュレーションにより、技術的なアプローチを行ない、同時に計算する。

2) 走行時間は、$T = T_0 F^{\alpha_1} \cdot S^{\alpha_2}$ を用い、F．Sを与えることにより計算し、待ち時間のみを運行シミュレーションにより技術的に計算する。

いずれの方法を最終的に採用するかは、2)のパラメータの推定、シミュレーションの適応性の検討結果により決定する。

(5) 分析および評価の方法

1) 地域比較という観点から

デュアル・モード・バスの地域への適応性を評価する場合、大気汚染、事故等の要因は二次的なものであり、主として、運行中の混雑、乗り換えの状態等のミクロな分析が重要なウエイトをもってくる。モデルとしては、評価のために考えられるあらゆる要因を広範囲にとりあげるより、地域差が明確にあらわれる部分についての分析が中心となると思われる。ただし社会的余剰極大化を評価の一つの基準としており、大気汚染、事故等の外部不経済を全く排除することは好ましくない。

2) デュアル・モード・バスと他の機関との比較という観点から

例えば、バスと比較する場合、大気汚染、混雑、鉄道と比較する場合、騒音等の外部不経済が重要な要因としてクローズアップされ、1)に比べて要因が広範囲にわたる。デュアル・モード・バスと他の機関と比較する場合、二機関の需要曲線が異なり、同一の需要カーブを使った社会的余剰極大化の方法は使えなくなり、単に総費用（私的費用と社会的費用）が最小となるケースが有利とする評価になる。

分析および評価の方法、範囲およびレベルは、目的および評価するケースにより異なり、モデル構築にあたってはこの点に十分注意を払う必要がある。

53

第　二　編

デュアル・モード・バス・システムのハードウェアに関する検討

1. 基　本　構　想

1.1. 設計の前提条件

デュアル・モード・バス・システムは全国どこにでも適用可能なように配慮され、計画設計されるべきであると考えられるが、就中、新興住宅団地の交通問題は早急な手当が望まれているので、本システム開発の第一ステップとしては団地と鉄道駅または業務地とを結ぶ交通機関として最も適切な形をまず確立することとした。

○　適用地について

住宅団地などの新市街地は新都市基盤事業としても現在計画的に大規模に進められており、その規模は施行区域人口5万人以上が居住できるものとして定められている。新住宅市街地開発事業で見ると、大規模なものが次第にふえており、面積にして２００㏊以上のものが相当数あり、少なくとも上記のような規模の住宅団地をカバーできる輸送力およびその他の条件を確保することが必要であろう。

住宅団地の開発地域と最寄駅の距離はその着手年度が新しい程遠隔化しており、鉄道新線ができる場合を除き、２次交通手段が不可欠であると指摘されている。例えば４５年度着手のものでは最寄駅まで６Kmにおよぶものもある。このことから近い将来４～５Kmの距離はめずらしくなくなるものと考えられる。また母都市の中心部までの距離についても同様に年々増加の傾向にあり、すでに４０～５０Kmにもなっているので、通勤時間を１～１.５時間（片道）程度に抑えようとすれば、住戸から最寄駅まで２０分程度で到達できることが望ましく、車両の平均速度の確保とあわせて、歩行間隔や待ち時間を少くするためのきめの細かいサービスを必要とする。

○　路線について

デュアル・モード・バス・システムは少くとも在来のバス路線と同等の条件のルートに適用されるので、都市幹線街路、住区幹線街路とは一体とし得る性能をもたせ、またまれに住区分散街路にもルートを設定し得るように配慮したい。

住区分散街路は一般に道路構造令の４種３級程度で、設計速度はおおむね４０～５０Km／hrとなっている。したがって最大縦断勾配６％、最小曲線半径８０m程度であるが、住区幹線街路では通常最大縦断勾配３％を標準にさ

れているようであるので、これを基準として考える。

ガイドウエイはおおむね幹線道路に沿って計画されるが、幹線道路の交叉点では左折、右折をする必要があり、これらの特定の箇所では速度を制限するなどして、ガイドウエイの線形計画上、支障のないようにしたい。

ガイドウエイと一般道路をつなぐランプ部の勾配や曲率は構造をコンパクトにするためできる限り特別の配慮をおこなう。

○ サービスについて

二次交通手段として現在最も重用されているのはバスであるが、バスにはさまざまな問題があり、従来から種々の指摘がなされている。即ち、

1) ラッシュ時の輸送において路面混雑により、輸送効率が低下すること。

2) 短時間に輸送が集中し、郊外住宅地で輸送力が不足すること。

3) 運行速度の低下や定時性の確保が困難なこと。

4) 終電車の接続輸送等ができていないこと。

5) 合理化が限界にきて、経営が悪化していること。

等が指摘されており、バスを今後も交通システムの一部として役立てるためには、

1) 速くてわかりやすく、待たせず、かつ信頼性の高い輸送機関とすること。

2) 高速鉄道と乗り継ぎをよくすること。

3) 時間帯別に利用目的に合った系統運行をすること。

4) バス輸送網を再編成すること。

等が提案されている。

しかしバスでは輸送力がかならずしも充足できないこと、および他に交通機関のない地域の相当規模の宅地に対するバス路線は採算がとれないものが多い、との指摘もある。

デュアル・モード・バス・システムは少くともこれらの問題にこたえるように配慮しなければならない。デュアル・モード・バス・システムの特質は、

1) ガイドウエイによるシステムであるから、路面混雑の影響はうけにくいシステムであって、定時性の確保が容易であること。

2) 終夜運転についてもかなり対応できるし、合理化もバスに比べて

かなり期待できること。

3) デュアル・モードであることによって、直達性があって、かつきめの細かいサービスが可能であること。

4) マン・マシン・システムによる信頼性の向上。

等で、これらの基本的な特質はきわめて有効であろう。

このシステムの導入、運営にあたってはこれらの特質を充分にいかしたものとすべきであり、その研究の進展とあいまって、その長所はますます増大されてこよう。

1.2. システムの概念

専用バスが一般道路上とガイドウエイ上とを走行する二つのモードをもったシステムで、一般道路上は運転手により自由に走行し、ガイドウエイ上はコンピューター・コントロールにより無人運転で走行するシステムである。

(1) 一般道路

一般のバス同様にきめの細かいサービスを行う。さらに運行管理を中央で集中して行うこともできるので、いわゆる"団子運転"にならないように制御され、待ち時間の短縮や待ち時間の表示等のサービスが向上する。またオフピーク時にデマンド運行することもできるので、利用者、運営者双方のメリットが期待できる。

(2) バス・ターミナル

一般道路からガイドウエイに入るバス、または、逆にガイドウエイから出るバスはバス・ターミナルを通る。ガイドウエイに入るバスはターミナルのランプで、手動から自動への切替のための診断をうけ、運転手が確認する。自動運転の切替を確認すると運転手は降車し、バスはセンターのコンピューターの指令でガイドウエイ走行に自動的に移行する。運転手は控室で待機し、ガイドウエイから出る車に備える。

運転手の運用もセンターの総括管理で、無理なくスムーズに行なうことができる。

(3) ガイドウエイ

地上制御装置の指令により完全無人の自動運転を行う。曲線部や分

57

岐・合流部では安全性と乗心地をそこなわないように減速することもある。

定時性と交通容量を確保するため、ラン、カーブをまもり回復運転させる。

ガイドウエイはいわゆる閉塞制御を行って運行の安全を保っているが、これとあわせて車両以外の障害物も検出できるレーダーを装備し、高度な安全運転をできるように検討している。

(4) 鉄道駅

鉄道駅とは接続を配慮し、有機的にターミナルを設けることが重要である。ラッシュ時にはバスは１５秒間隔で発着するので、待ち合せの時間はない。深夜、早朝でもデマンド運行ができるので、待ち合せは非常に短い。

(5) ガイドウエイ・ストップ

ガイドウエイに沿ってところどころに設けるストップはオフライン構造で、ノンストップのバスの妨げにならないでストップサービスができる。このストップは無人なので、サービスは自動化されているが、保安のためにＩＴＶを用いてセンターより監視する。ただし本システムは乗合いシステムなので、ＰＲＴの場合のような防災、防犯上困難な問題はない。

(6) センター

センターには中央制御のためのコンピューターと運行監視制御装置を置き、運転指令者によって運転の総括管理、車両の運用、運転手の運用、電力設備の遠隔監視制御等を行う。

運行管理は制御が乱れたときなど、特別の場合を除き自動制御されているので、指令者が手動介入する必要はない。ただし一般道路上の運用はコンピューターにまかせるより手動介入する方が好ましいと考えている。

制御が乱れたときの回復は運転指令者にまかせられる。単に運行を保持するだけの機能はコンピューターがダウンしても保つように考えられているので、指令者の負荷はかなり軽い。

車両の運用および運転手の運用はオペレーターガイド方式でコンピ

55

ューターを利用し、別に運用指令者を設けることが望ましい。

(7) 保　全

バス等の現在とっているシステムを踏襲するのも可能である。また自動化を採用することも可能である。

(8) 防災・救難

一般道路および高速自動車道においてすでにとられているシステムに準じて考えることができる。

(9) 運　営

新しいシステムであるので、その特質をいかした運営方式がのぞましい。たとえば、データ・ベース・システムの採用、料金徴収のオンライン化や運行ダイヤ作成の機械化等である。

2. 基 本 仕 様

○モード	デュアル・モード
	（ガイドウェイ上自動走行、一般道路上手動走行）
○輸送力	5,000～10,000人／時
○車頭間隔	標準 15秒
○運行速度	40Km／時 （ガイドウェイ上）
○車両	
車体寸法	長 7～7.5m
	巾 2.2～2.3m
	高 3m
車両重量	5～6 ton
定員	40人（座席 10～15人 / 立席 20～25人）
推進駆動方式	電動機
動力源	地上電源（ガイドウェイ上）
	蓄電池（一般道路上）
支持方式	ゴムタイヤ
最高速度	50Km／時 以上
登坂性能	発進10%
最小回転半径	25m （ガイドウェイ上）
	7.5m （一般道路上）
常用加減速度	0.1g
緊急減速度	0.3g
○施設	
誘導方式	側方接触誘導
分岐方式	車上
ガイドウェイストップ	オフラインストップ
○運行制御	
運行	スケジュールおよびデマンド
制御	地上制御装置指示による
通信	電磁誘導方式

3. 目 標 仕 様

3.1. 車 両

本節ではデュアル・モード・バス車両の構造について記述する。ただし前章で述べたように本システムのもっとも大きな特徴となる「動力方式」、「誘導・分岐方式」等についてはいくつかの代替案が考えられ、現段階で最終案を一つに絞って提示することは困難である。さらに「室内配置」等の車体構造についても現在ずばりの対応法規が存在しないため、妥協的に設計すると窮屈なものとならざるを得ない。

以下に示す具体的設計は開発がさらに進展していくにつれて適宜、変更改良していくものとし、さらに関連法規も逐次整備されていくという大きな前提の下に実施されたものである。

本節の以下の本文において具体的検討を援ける目的からA、B二つの概略設設計例が記載されている。A、B二案の大きな差異は、A案は比較的自由に車体構造（特に扉関係）が設計されているのに対し、B案では現行法規の枠を十分考慮して設計されている点にある。

これらに付随して関連室内配置や、さらにいくつかの車両構造・機器配置等についてもそれぞれ違った角度から設計がなされている。しかしいずれの案にしても目標性能は同一であり、ガイドウエイ、ストップ・ターミナル等の他のサブシステムに対する要件も同じであって、あくまでも車両内部でのバリエーションである。

3.1.1. 準拠規格

一般道路上を自力走行し、ガイドウエイ上では外部から電力の供給を受けて走行する二重の性格を有するデュアル・モード・バス車両を対象とした適切な準拠規格はまだ存在していないが、車両計画設計時には以下の諸規格を参照にすることになろう。

1) ＪＩＳ規格（日本工業規格）
2) ＪＡＳＯ規格（自動車規格）
3) 道路運送車両の保安基準（附、検査規準）
4) ワンマンバス構造規格
5) ＩＳＯ規格（国際標準化規格）
6) ＳＡＥ推奨規格

7) ＭＶＳＳ基準（米国車両安全基準）

このほかＴＲＡ（タイヤ・リム協会）規格、ＡＳＴＭ規格、さらにＤＩＮ、ＢＳ等各国規格も適宜参考になる。

3.1.2. 諸元および性能

(1) 諸　元

項目			諸元 A案	諸元 B案
※寸法(mm)	車体	長さ	7100	7200（車体長 7000）
		幅	2250	2200
		高さ	2820（空車時 2850）	2800（空車時 2830）
	軸距		3800	3400
	輪距	前輪	1560	1690
		後輪	1500	1570
	最低地上高		195	195
	誘導輪踏面間隔		2900	2900
	室内	室長	6170（客室 5000）	5450
		室巾	2050	1950
		室高	1950	1900
	ステップ高さ	ガイドウェイ	760	800
		一般道路	350	350
重量および定員(kg)	車両重量	前輪	2000	2100
		後輪	3465	3645
		計	5465	5745
	乗車定員	座席	13人	14人
		立席	23人	26人
		乗務員（一般道路）	1人	1人
		計	37人	41人
	車両総重量	前輪	2700	3050
		後輪	4800	4950
		計	7500	8000

項目			諸元 A案	諸元 B案
主動力装置	主電動機	型式	直流複巻	直流直巻
		個数	1	1
		出力(定格)	45kW/3400rpm	40kW/4800rpm
		出力(最大)	70kW/1100rpm	100kW/2600rpm
		電圧	400 V	340 V
	制御装置形式		サイリスタチョッパ	サイリスタチョッパ
	主蓄電池	種類	鉛蓄電池	鉛蓄電池
		電圧	420 V	360 V
		容量	45 KWH	48 KWH
		重量	1200kg	1200kg
	給電電源(ガイドウェイ)		DC 400V	
諸装置	車輪配列	前輪	2輪	2輪
		後輪	駆動複2輪	駆動複2輪
	タイヤ	前輪	7.50−16−14pLT	7.50−16−14pLT
		後輪	7.50−16−14pLT	7.50 16−14pLT
	補機用電源		12V−100AH ×2ケ	24V−100AH
	通信・制御用電源		24V−40AH	24V−70AH
	動力・伝達装置	クラッチ	なし	なし
		前後進切換※	電動機逆回転式	電動機逆回転式
		変速機	なし	なし
		減速機 形式	ハイポイド・ギヤ	ハイポイド・ギヤ
		減速比	6.167	1.10
		差動機	バンジョ式直歯傘歯車	バンジョ式直歯傘歯車

※ ガイドウェイ上での後退(自動運転)は行わない

63

項目			諸元 A案	諸元 B案
諸装置	車軸形式	前	逆エリオット式	逆エリオット式
		後	全浮動式	全浮動式
	かじ取り装置歯車	形式	ホール循環式	ボール循環式
		歯車比	25.6	24～30（可変）
	誘導装置	方式	側方接触誘導	
		操能輪	前輪のみ	
		誘導輪位置	前側方および後側方	
		格納	一般道路では車幅内に格納	
	分岐装置	方式	キャッチレール式	
		分岐専用輪	2輪	
	制動装置	機械式ブレーキ 形式	油圧	油圧
		機械式ブレーキ 倍力装置	エアサーボ	エアサーボ
		電気式ブレーキ形式	発電制動	発電制動
		駐車ブレーキ形式	機械式推進軸制動	機械式推進軸制動
	懸架装置	懸架形式 前	半楕円板バネ	半楕円板バネ
		懸架形式 後	半楕円板バネ	半楕円板バネ
		スタビライザ	前輪および後輪	なし
	車わく		梯子形	梯子形
ドア装置	運転手用	位置	右前方面	右前方面
		形式	片開き式	片開き式
	乗客用 一般道路	位置	左側面ホイールベース間	左側面前車軸前および後車軸後
		形式	広幅引戸	折戸
	乗客用 ガウイェドイ	位置	左（一般道路兼用）および右側面，ホイールベース間	左側面ホイールベース間
		形式	広幅引戸	広幅引戸
	非常用	位置	後面	右側面ホイールベース間
		形形	片開き式	片開き式

64

(2) 性能（目標）

項目				性能
一般道路	動力性能	最高速度		50 Km／h 以上
		登坂性能	発進	10 %
			25 Km／h	6 %
			40 Km／h	3 %
		一充電走行距離		30 Km以上
	最小回転半径			7.3 m
ガイドウェイ	動力性能	最高速度		50 Km／h 以上
		登坂性能	発進	10 %
			25 Km／h	6 %
			40 Km－h	3 %
	減速度	通常		0.1 G
		緊急		0.3 G
	最小回転半径（ガイドウェイ中心）			25 m

以下に動力性能の計算結果例を示す。

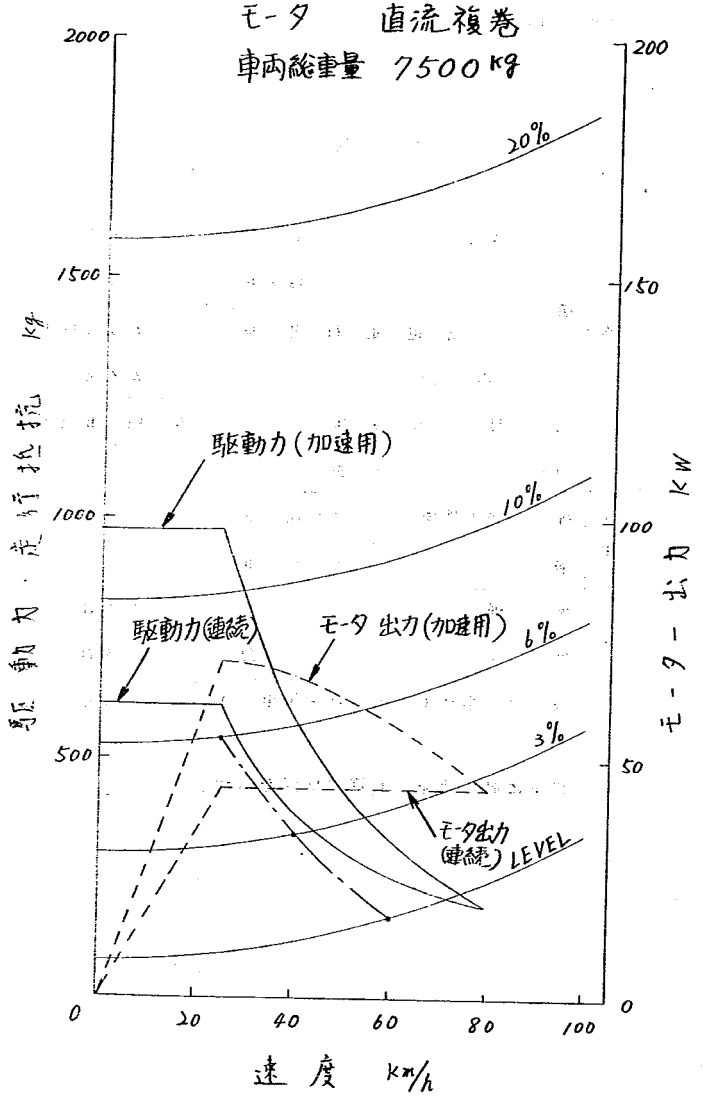


図 1-1　走行性能曲線（A案）

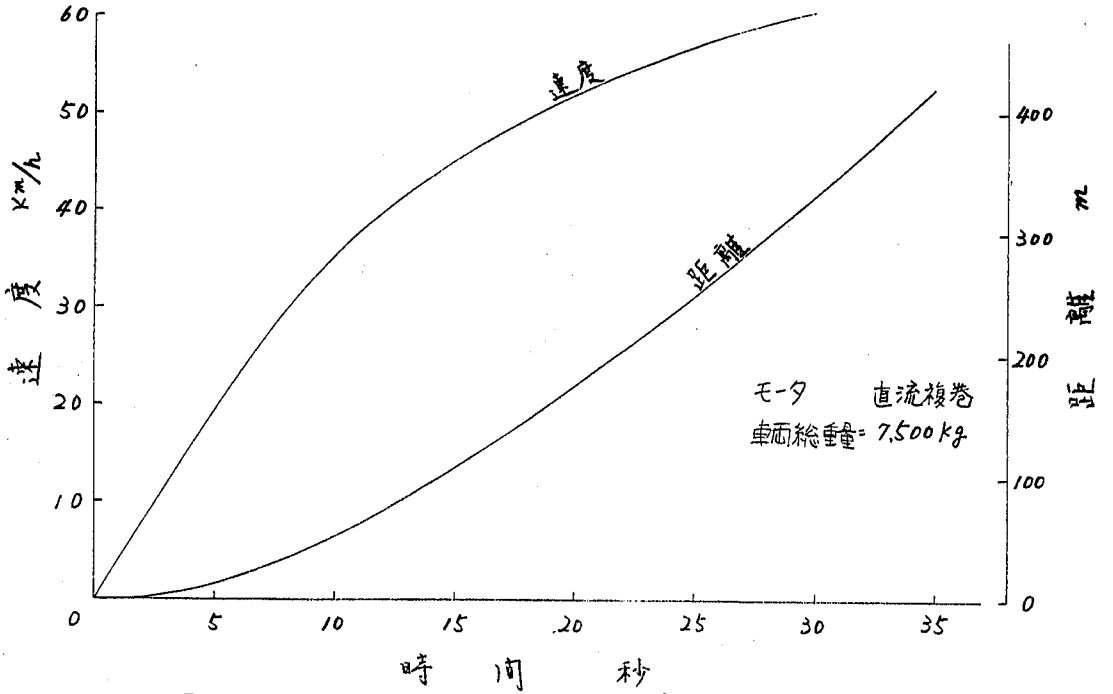


図 1-2 加速性能曲線 (A 案)

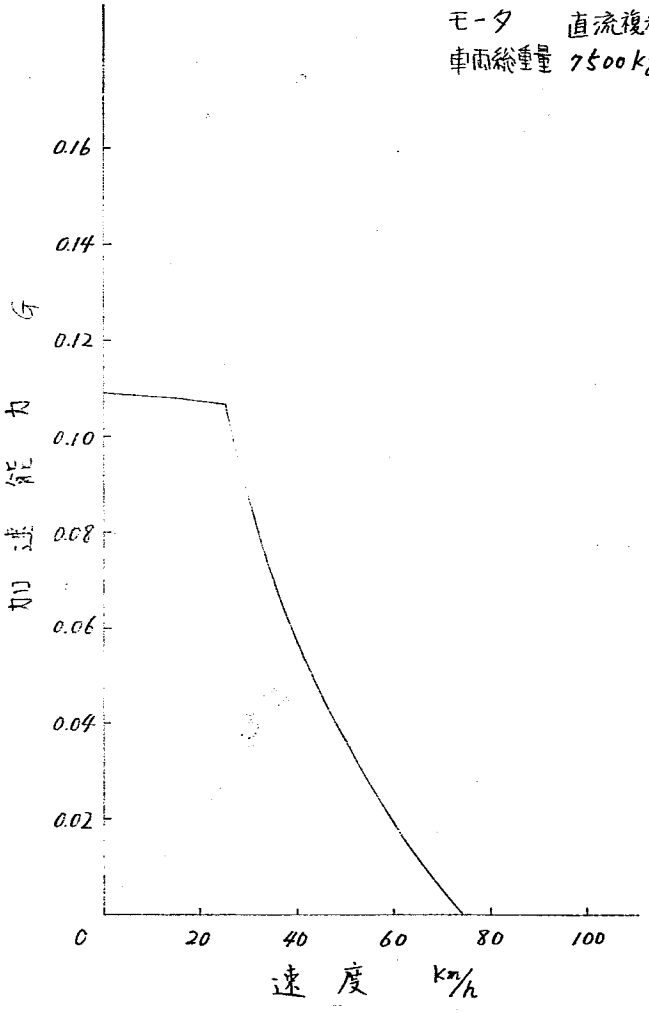

モータ　直流複巻
車両総重量 7500kg
加速能力 G
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0
20
40
60
80
100
速度 km/h

図 1-3 加速性能（A案）

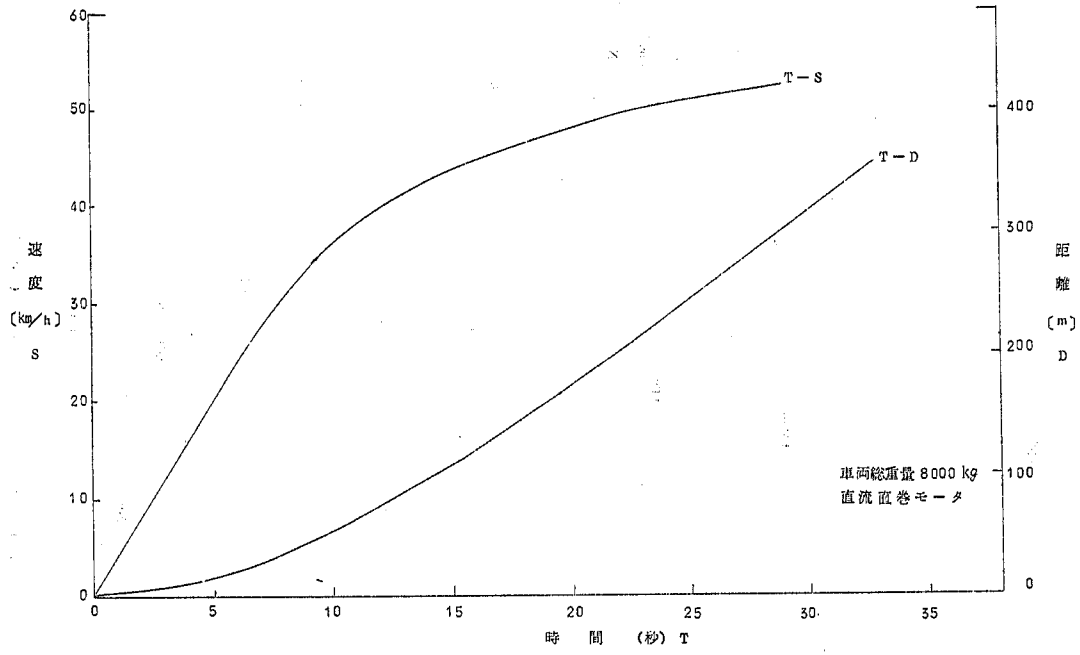


図 1 － 4　加速性能曲線　（ B 案 ）

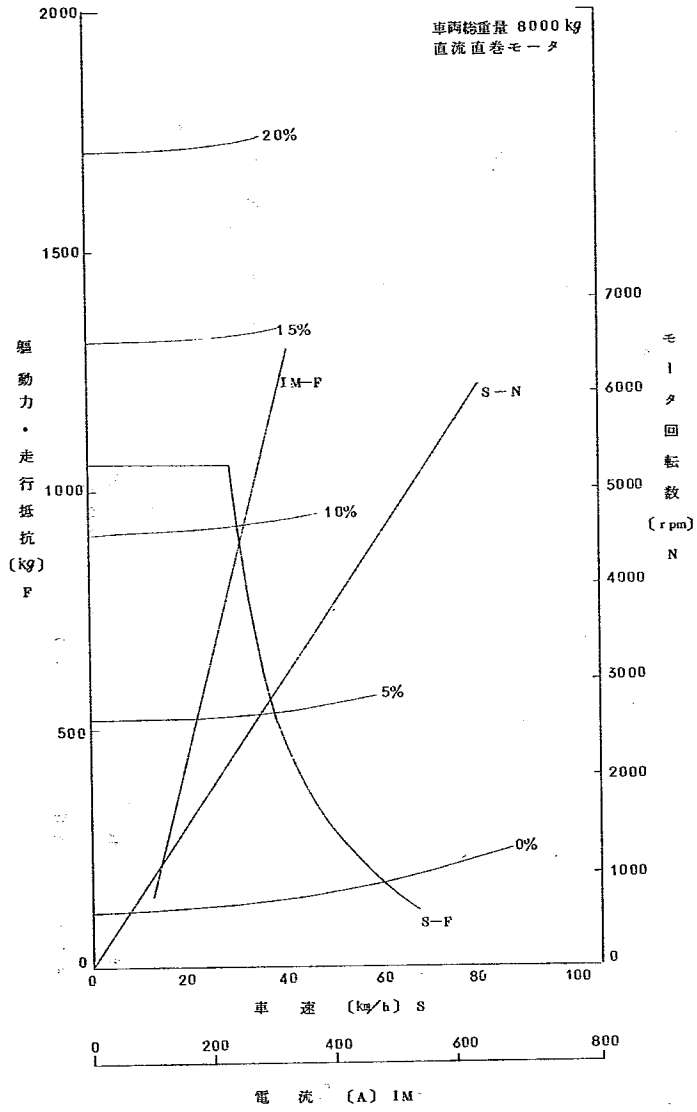


図 1 － 5　走行性能曲線　（B 案）

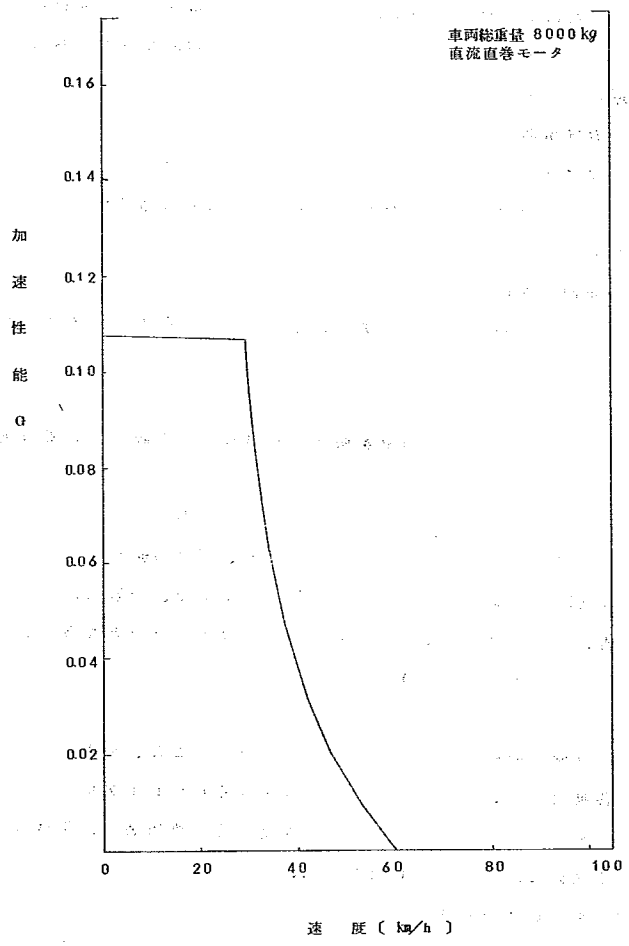


図 1－6　加速性能曲線　（B案）

3.1.3. 車両構造概略

本システムで車両に要求されている基本条件は一般道路ではワンマンで、ガイドウエイでは無人で走行するということである。

このため車両には一般道路走行用として蓄電池、モータの駆動装置、ガイドウエイ走行用として、集電装置、無人運転用として誘導装置、自動運転コントロール装置をそれぞれ搭載している。

一方運用面での条件では新しいシステムの乗物であるというイメージが必要であり、具体的には以下の機能をもたらせる。

なお一般道路で必要となるワンマンバス規定の諸条件も十分考慮されている。

(1) 車両の外観（図1－7、1－8）

新しい乗物に合つたデザインを取入れ、窓を大きくスマートな車体とする。

(2) 乗　降　口

現行ワンマンバス規定を厳守した場合には左側に2ケ所の乗降口が必要となる。

しかし乗車定員が比較的少いこと、乗降口が広いこと、および乗車券サービスを向上させていること等より、期定の緩和を想定すれば、2列乗降が可能な大きい開口巾をとつたドアで、一般道路では左側1ケ所、ガイドウエイでは左右各1ケ所の設定も可能となろう。

（図1－7、1－8）

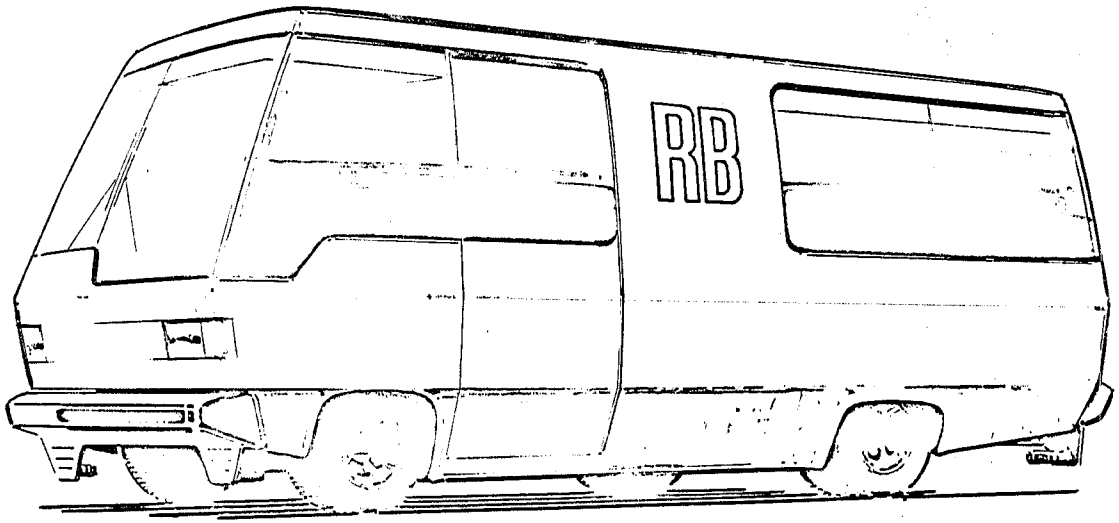
(3) 室　　内

座席の配置は、運行区間が比較的短かいこと、および室内での乗降移動性より、座席を少くし、立席を多くしたレイアウトとなっている。

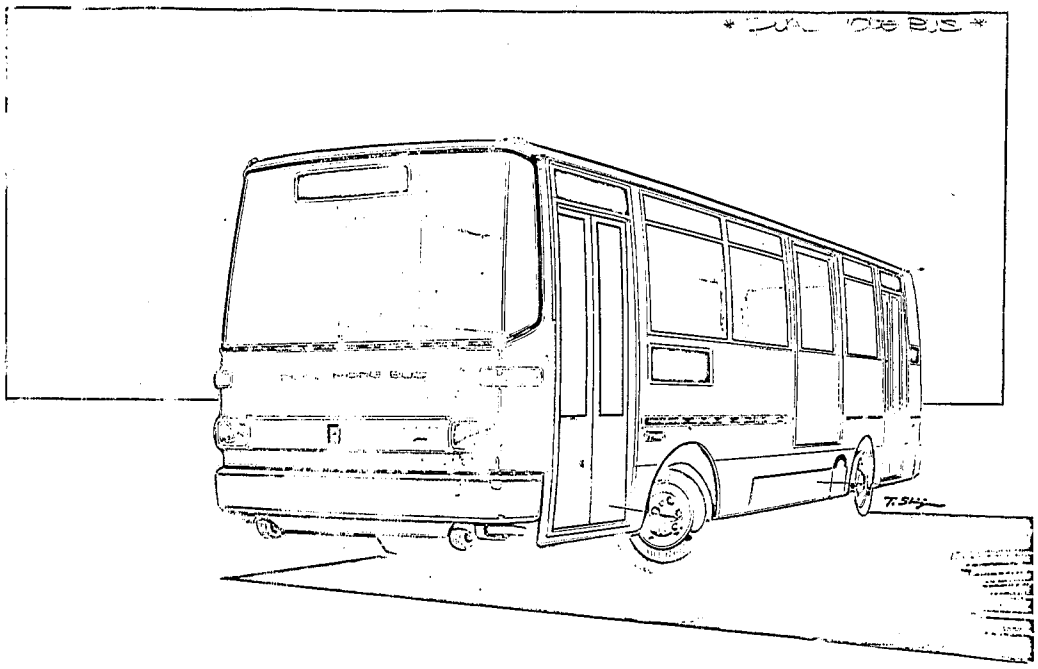
乗客サービス用として特に無人運転時の放送装置、非常時の各種安全装置を設置する。（図1－9、1－10、1－11、1－12）

(4) 乗務員サービス

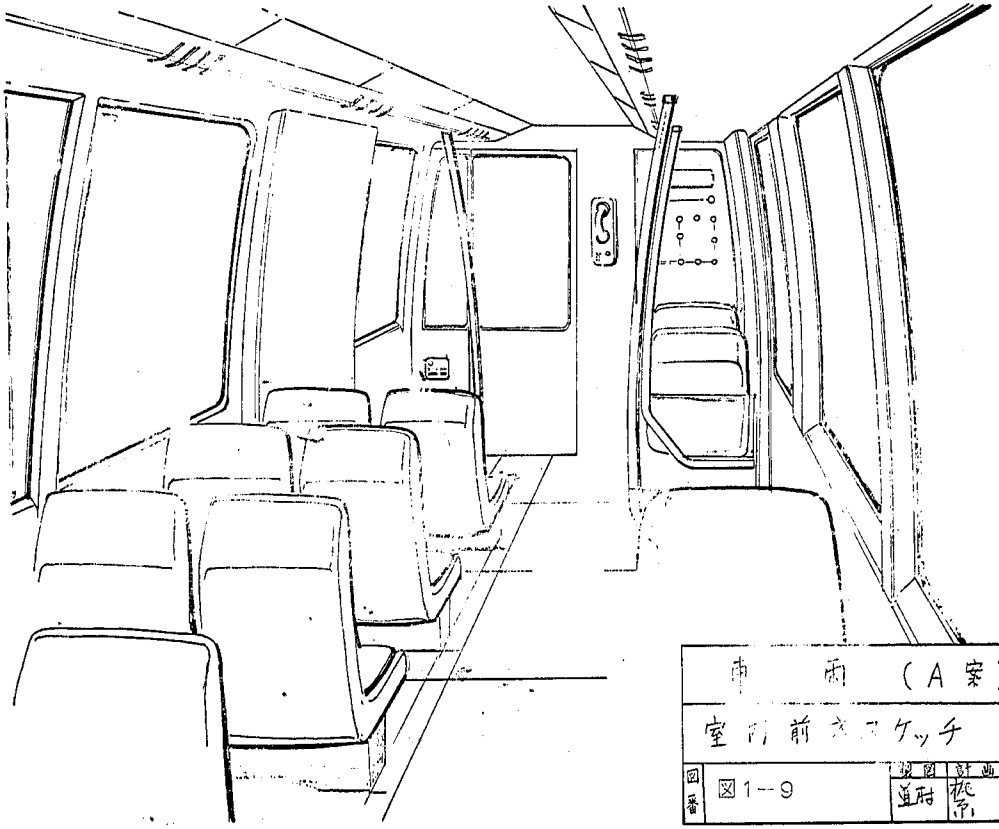
ガイドウエイ出入口等で運転手の乗降が容易であるように専用ドアを設け、また車両清掃が簡単になるように構造、部材等を考慮し、省力化が容易であるように配慮されている。



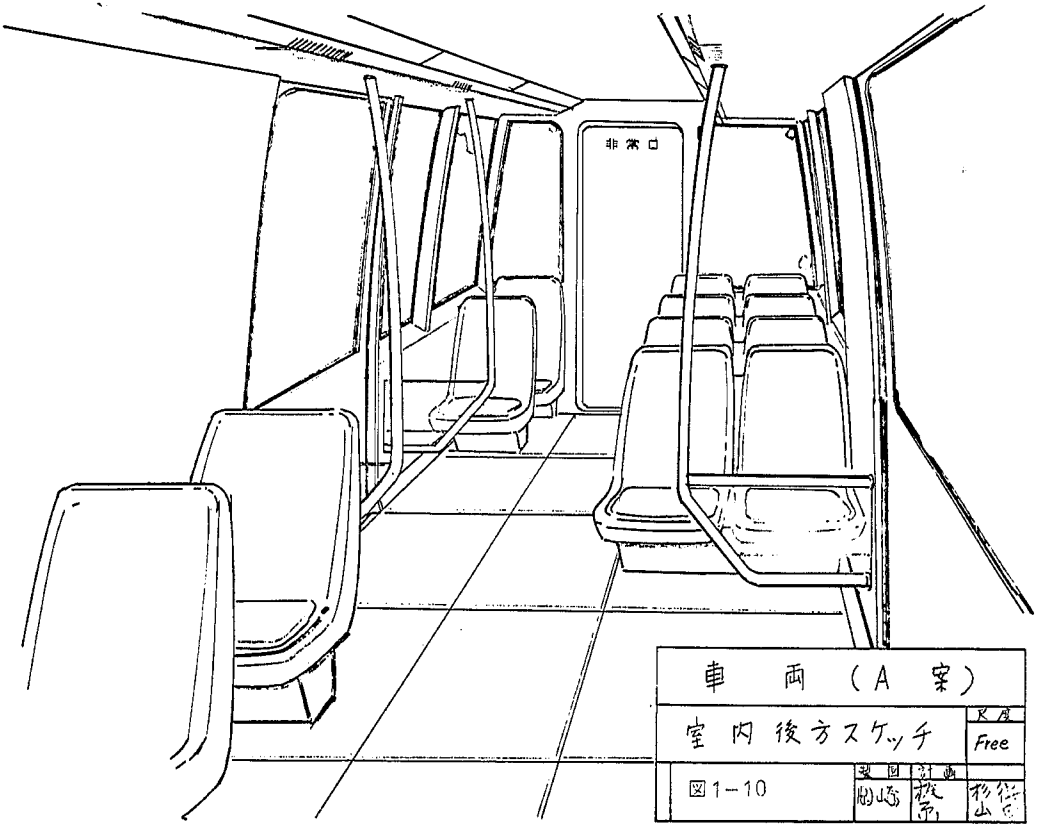
車　　両			
外観スケッチ			尺度 Free
図1－7	製図 高橋	計画 板倉	杉山 待田



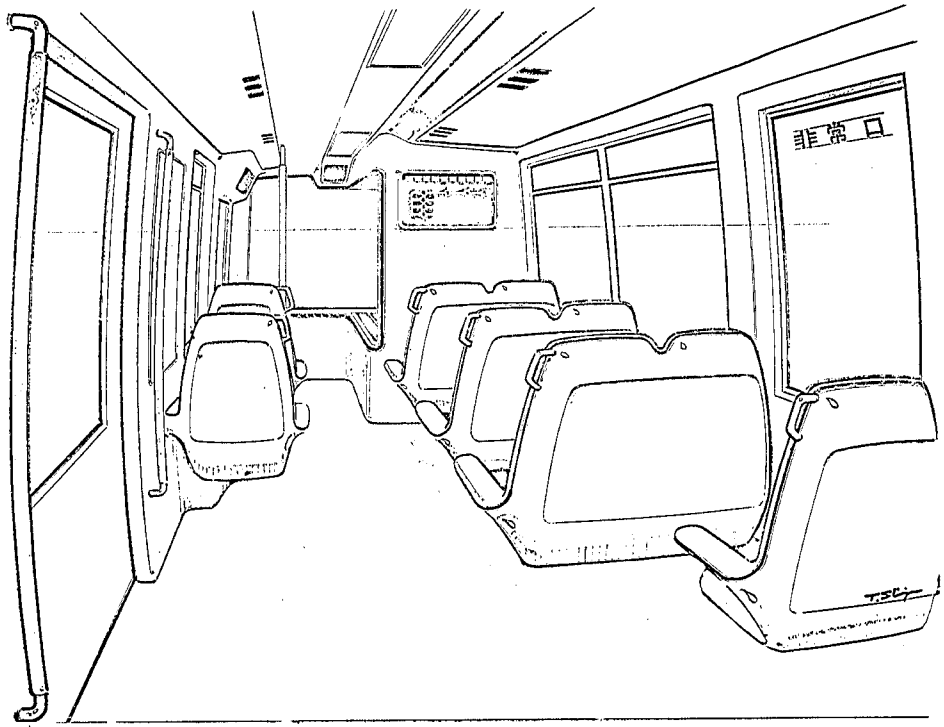
車　両　（B案）
車両外観図
図1-8



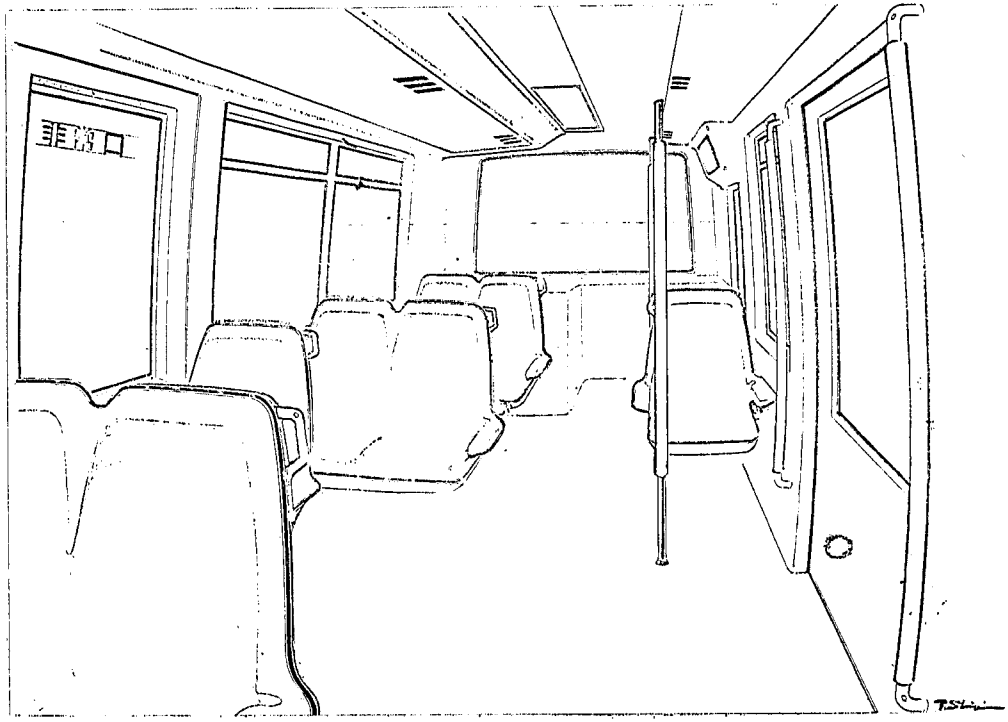
車両（A案）				
室内前方スケッチ				
図番	図1--9	設図	計画	
		重附	松系	杉山



車　両（A　案）	
室内後方スケッチ	尺度 Free
図1−10	製図 船山 / 計画 榎本 / 指導 杉山



車　両（B案）
室内前方図（スケッチ）
図1-11	製図 [illegible]



車両（B案）
室内後方図（マクラ）
図1-12 到着駅前面方向

3.2. ガイドウエイ

ガイドウエイはデュアル・モード・バス・システムの車両を自動運転する専用路の総称で、車両の自重を直接支持する構造物である。

バスの走行路として安全、快適、正確な走行を確保するとともに都市内の構造物として環境との調和をはかり、さらに建設時の迅速性と容易さを十分配慮したものでなければならない。

デュアル・モード・バス・システムはその基本となる考え方が道路と一体となるシステムであるから、ガイドウエイは特にその構造を十分に検討し、道路の基本計画に合致するように設計した。たとえばストップ部やランプ部はできるだけコンパクトになるように線形を考え、また主要道路の交叉点でガイドウエイの直角曲り部をとりうるように考えている。また桁高さもできるだけ少なくおさえ、桁下を大きくとれるように配慮した。また外観も道路と一体となしうる美麗なものになるように考えており、たとえばガイドウエイの下から車両の下部が直接見えないようにしたり、ピアをパイプ構造などにしたらよいと考えている。

3.2.1. 目標・準拠規格

(1) 目　標

ガイドウエイは地上側アンテナ、饋電線を内蔵、設置し、車輌を無人で安全、快適に走行させると同時に、次のような諸条件を満たすものであることを目標としたい。

1) 周囲との美的調和、あるいは美観を構成する要素となること。
2) 騒音の発生源にはならないこと。
3) 急速かつ大量の施工が可能であること。

以上の諸条件より、例えばガイドウエイとして以下のような構造が考えられる。

1) 鋼製の圧延材（H形鋼）を主材料としたもの。
2) 下路プレート・ガーダー形式にしたもの。
3) 走行路面にはグレーチングを用いたコンクリート床版構造としたもの。
4) 構造の標準化。

(2) 準拠規格

以下に示す規格、示方書等による。

1) 材料

ＪＩＳ規格

2) 設計、施工

道路構造令	（建　設　省）
道路橋示方書	（日本道路協会）
鋼構造設計基準	（建　築　学　会）
道路橋下部構造設計指針	（日本道路協会）
道路橋耐震設計指針	（日本道路協会）
コンクリート標準示方書	（土　木　学　会）

3.2.2. 線　形

(1) 線形一般

1) 平面線形

一般の線形に対しては設計速度を４０Km／hr とし、道路の交差点上に設ける場合のように直角に曲がる線形に対しては、設計速度を２０Km／hとして、表２－１に示すような線形とする。

表２－１

	設計速度 (Km/h)	曲率半径 m	片勾配 %	緩和曲線（クロソイド）
一般曲線部	40	50	10	最小緩和曲線長 L＝35m
		55	8	最小パラメーター A＝40m (P＝0.75m/sec³)
		60～95	6	
		100	0	片勾配すりつけ 1/150 以下
		200 以上	0	な　し
直角に曲がる場合	20	25	0	

80

2) 縦断線形

縦断勾配は

連続区間　　6％以下

局部区間　最大　10％

とする。

縦断曲線は表2－2に示す数値とする。

表2－2

設計速度㎞／h	最小曲率半径※ m	最小曲線長m
40	450	35
20	100	20

※凹形、凸形とも

(2) 線形例

1) ランプ部線形

一般道路とガイドウエイとの接続点となるランプ部の線形、プラットフォーム配置の一例を図2－1に示す。また車両の進入・進出の方法を図2－2に示す。

2) ストップ部線形

ストップ部の線形、プラットフォーム配置の一例を図2－3に示す。

3) ターミナル部線形

ターミナル部の線形、プラットフォーム配置の一例を図2－4に示す。

3.2.3. 荷重、たわみ

(1) 荷　重

1) 死荷重

示方書等にもとづき、表2－3のごとくとする。

表2－3

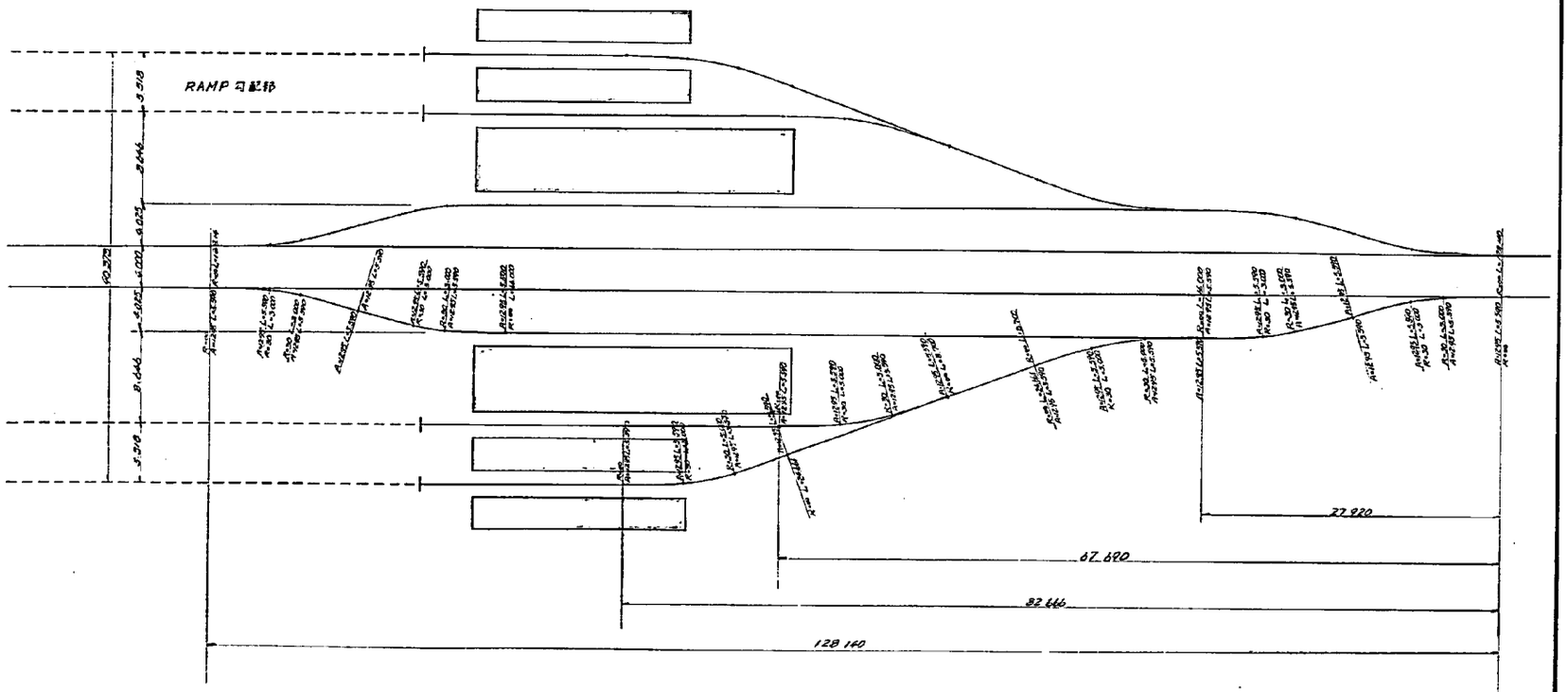
材　　料	単位重量kg／m³
鋼、鋳鋼、鍛鋼	7,850
グレーチングを用いたコンクリート床版※	2,700

※グレーチングのみは100kg／m²

また地上側アンテナ、鉄電線等の荷重を考慮する。

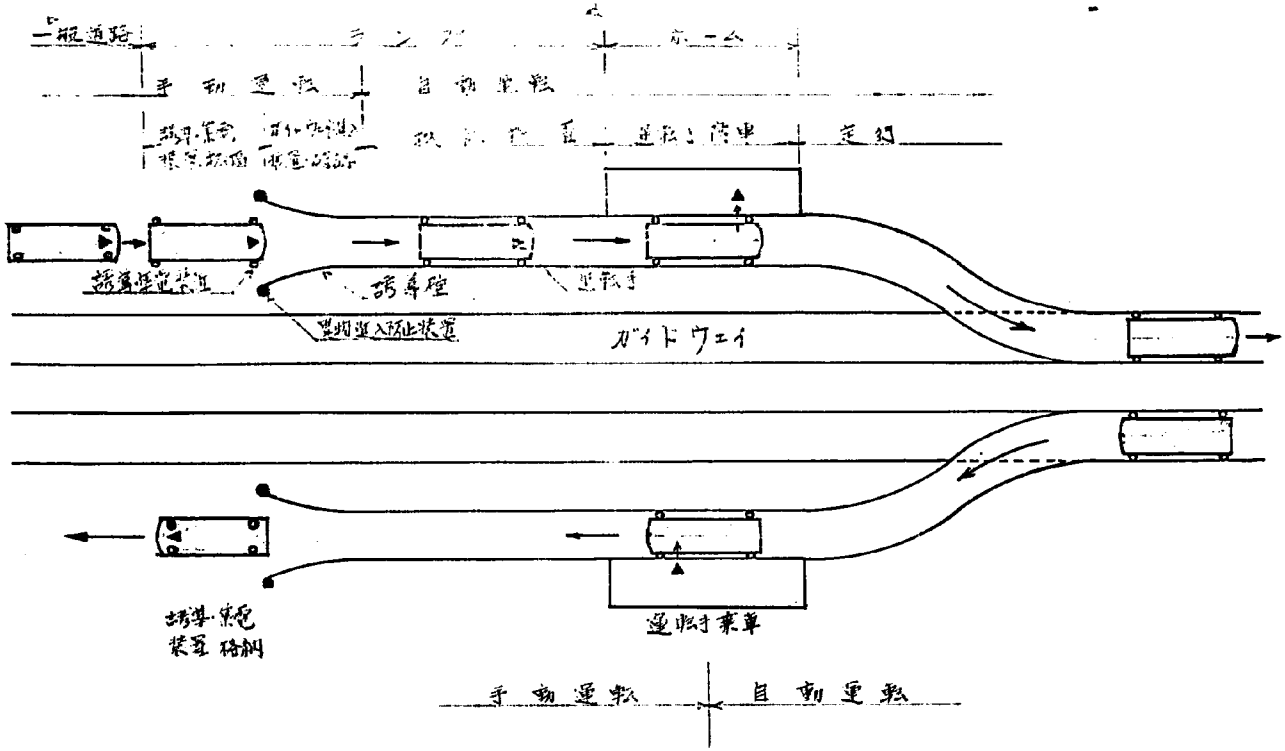
81

RAMP部線形図



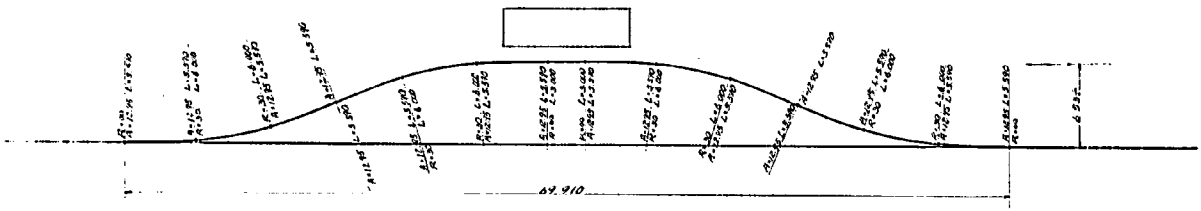
線形計画図	
ランプ部線形図	S=1:200
図2.1	

77~78



旅形計画図
ランプ部車輌運行図
図 2-2

ＳＴＯＰ部線形図

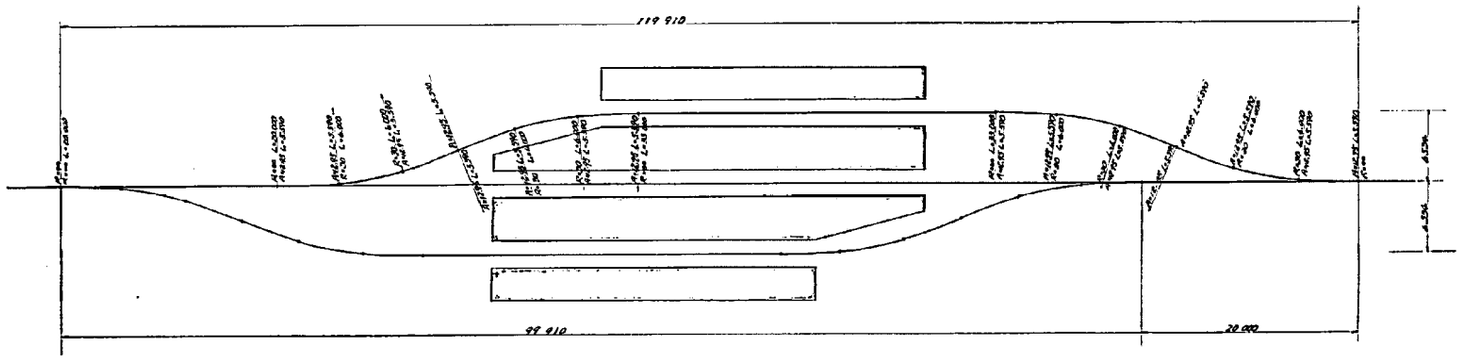


線形計画図

ストップ部線形図　S=1:200

図 2-3

TERMINAL部線形図



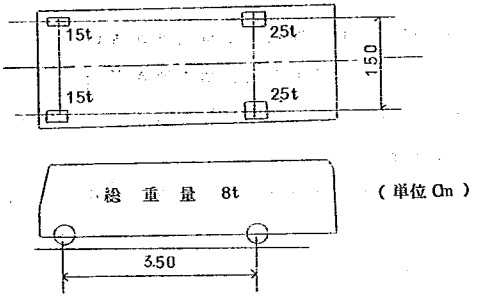
線形計画図
ターミナル部線形図 S=1:200
図 2-4

81~82

85

2） 活荷重

活荷重としては乗客満載状態の車両を考える。また閉塞区間長の関係より車両は1橋につき1台載荷するものとする。



（単位 Cm）

なお衝撃は道路橋示方書による。

3） 水平荷重

風荷重、地震等は各示方書、指針による。遠心荷重は1橋につき車両1台を考慮し、車両進行方向に直角に作用するものとする。

4） 制動荷重

1橋につき車両1台を考慮し、その大きさは車両総重量の10％が車両の進行方向に作用するものとする。

5） その他の荷重

各示方書、指針等に準拠する。

(2) たわみ

活荷重（衝撃を含まない）による主桁、床桁のたわみは活荷重を小さくとっていることを考慮して$\frac{L}{1000}$以下とする（L：支間）。

(3) その他特殊構造等

特殊構造物に対する荷重、たわみ等は各々の場合に該当する検討を行なう。

3.2.4. 構 造

(1) 構造一般

3.2.1(1)で記したような条件を満足する構造として、以下に示すような形式諸元を考えた。

1) 形　式

防音、側壁誘導、施工性、美観等を考慮すると、下路形式が好ましい。

また施工性を考慮すると、単純桁がよいだろう。

2) 標準支間および主桁形式

一般部の標準支間は３０ｍ程度がよい。

また主桁には大量生産性、加工性を考慮して、圧延Ｈ形鋼、またはこれに相当するＨ形断面の桁を用いることも考えられる。

3) 主桁の高さ

主桁の高さは車両の機能、美観等を考慮して、９００ｍｍ程度とする。

4) 走行路面

路面床版の材料はグレーチングを用いたコンクリート床版構造とし、単純化、および急速施工のできる構造とする。

5) 誘導機構

側壁誘導用のガイド機構を設ける。（図２－５）

6) 地上側アンテナ、饋電線

無人運転のための地上側アンテナおよび動力供給のための饋電線を設置する。

7) 一般部ピアーは鋼管製が考えられる。

(2) 構　造　例

1) 一般部構造および標準断面

標準断面の例を、図２－６に示す。

また一般部構造の例を図２－７に示す。

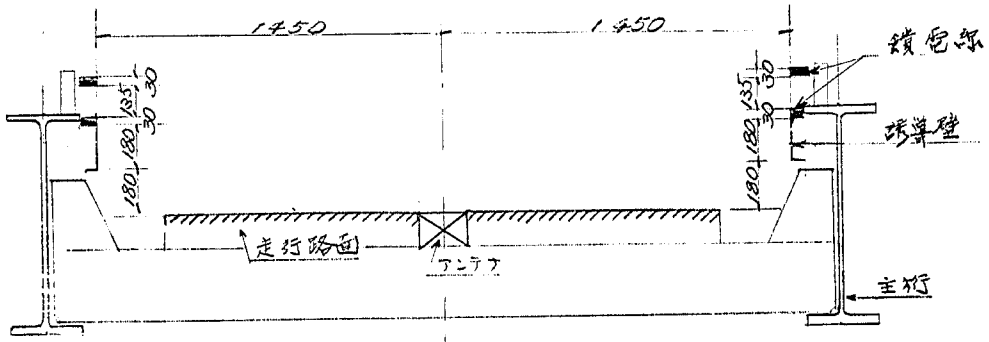
2) 分岐・合流部構造

ランプ部、ストップ部等の分岐・合流部分の構造の１例を図２－８に示す。

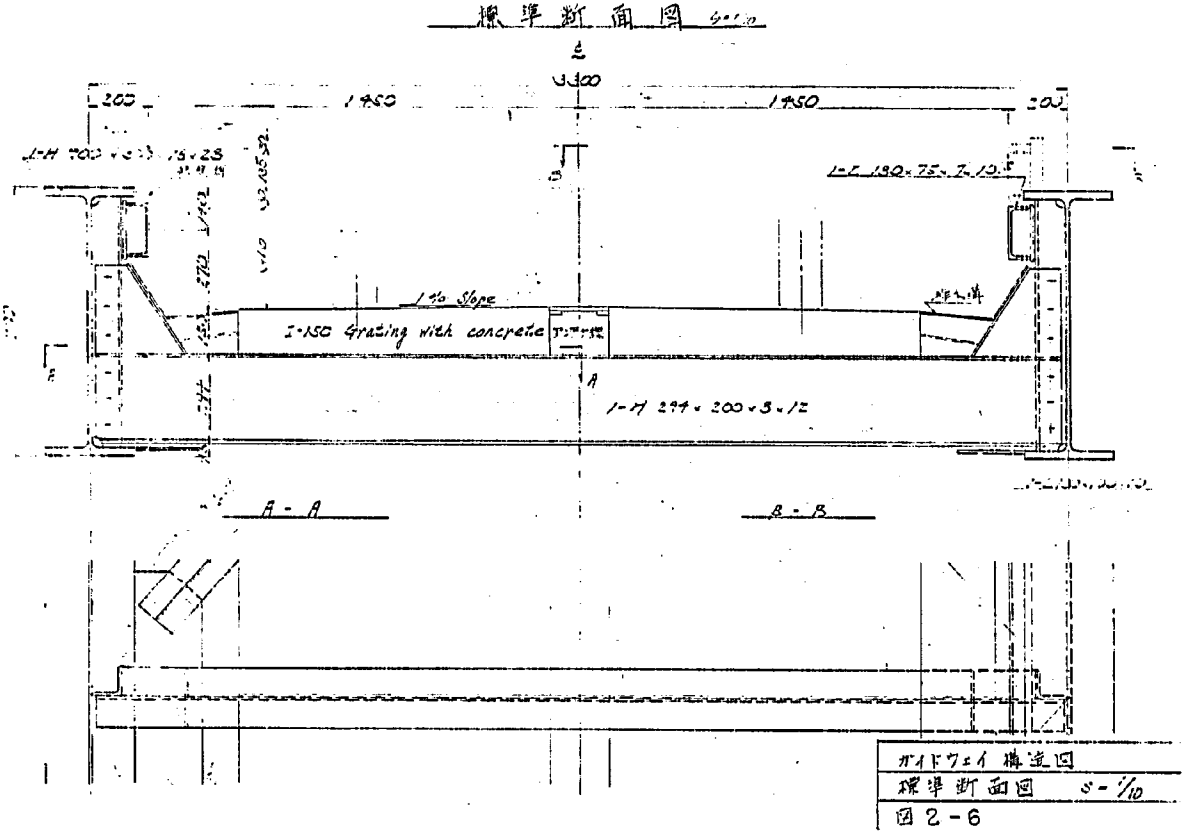
3) 直角曲がり部構造

直角に曲がる場合の構造の例を図２－９、２－１０に示す。

路面および各装置配置図

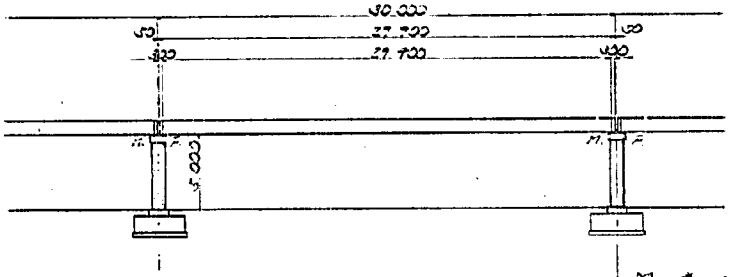


ガイドウェイ 構造図
路面および各装置配置図 S= 1/20
図 2-5

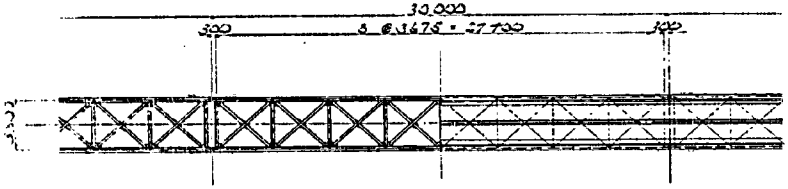


ガイドウェイ構造図
標準断面図 S=1/10
図 2-6

一般図 S=1/200



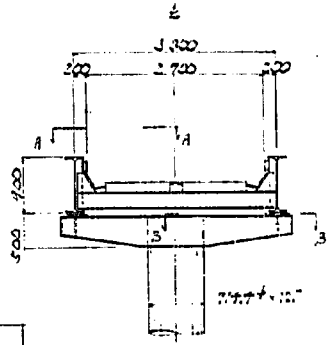
平面図



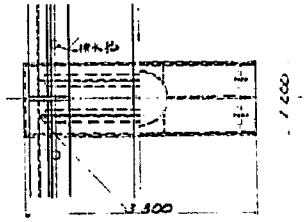
鋼重 (kg)

		1 span (30m 当り)	1 m 当り	
二主桁	鉄筋部	18,700	623	833
	ガードケーブ	6,300	210	
下部工		3,000	100	
合計		25,000	733	

断面図 S=1/50

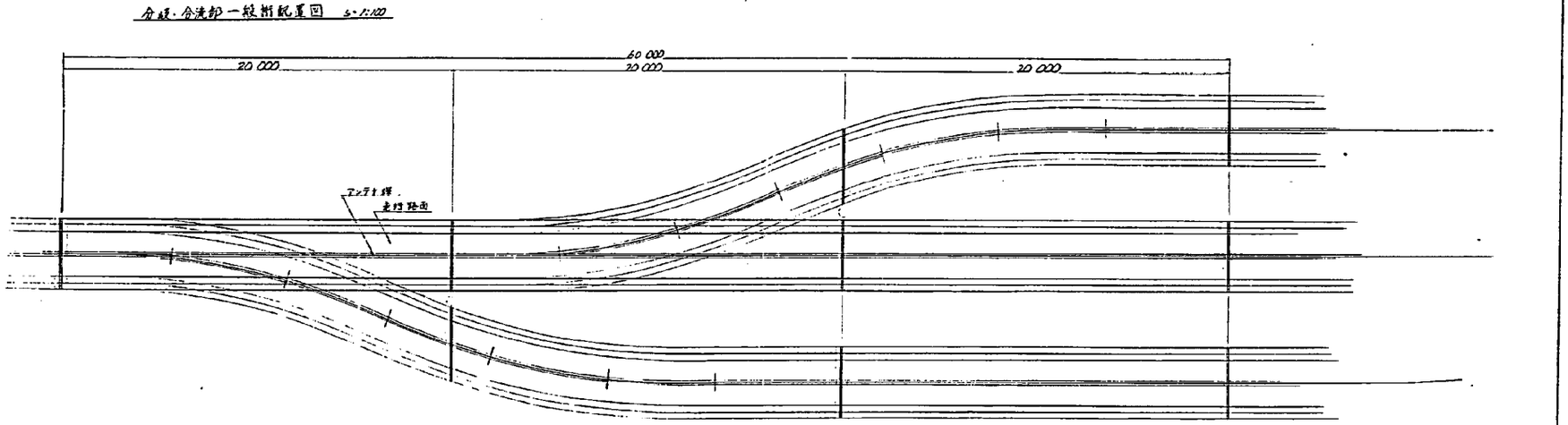


A-A　　B-B



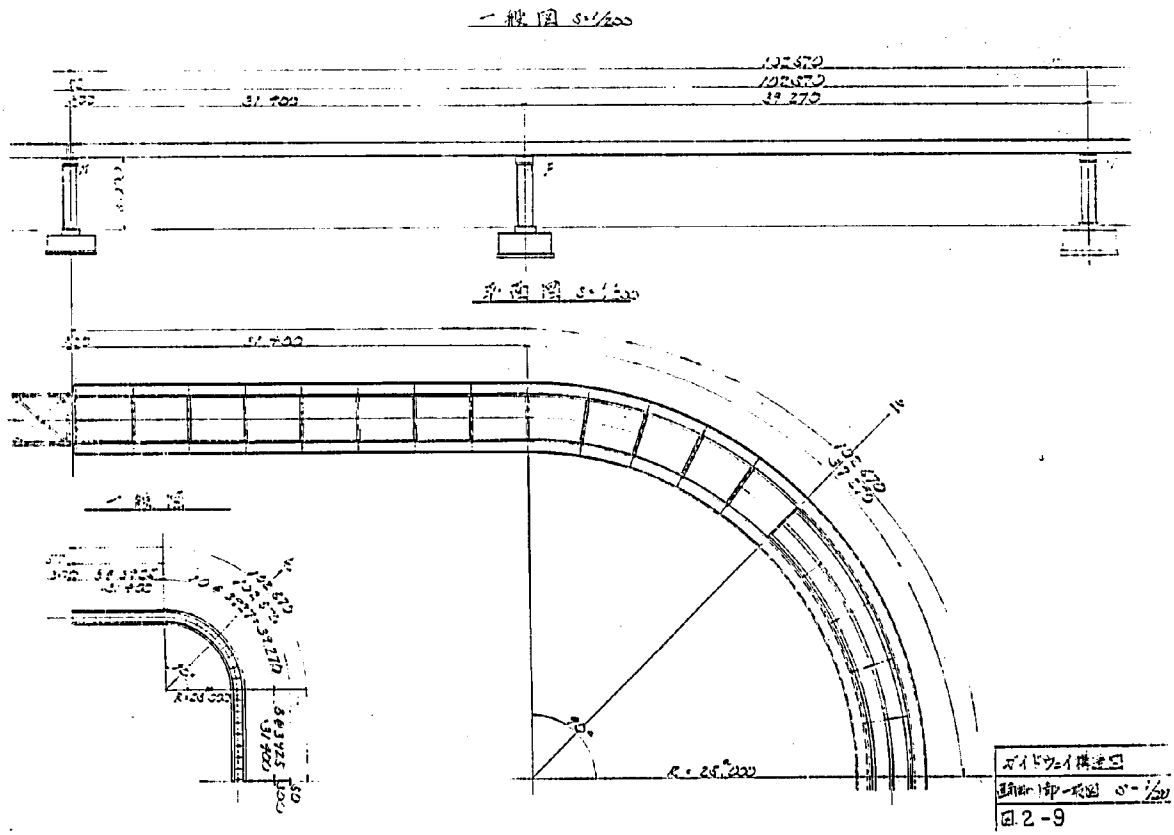
ガイドウェイ構造図
一般部 一般図 S=1/200, 1/50
図 2-7

90

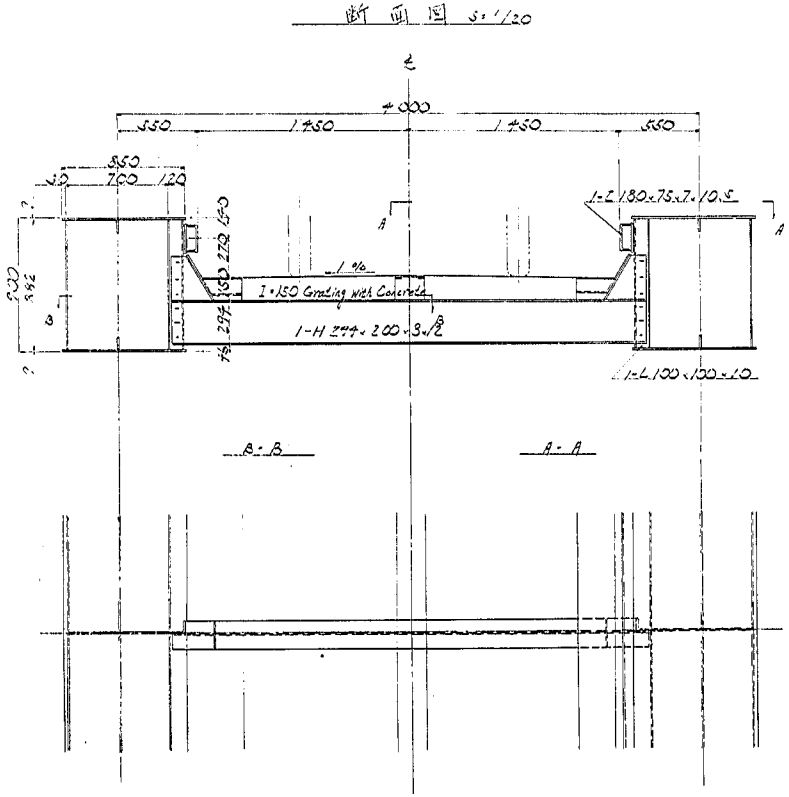


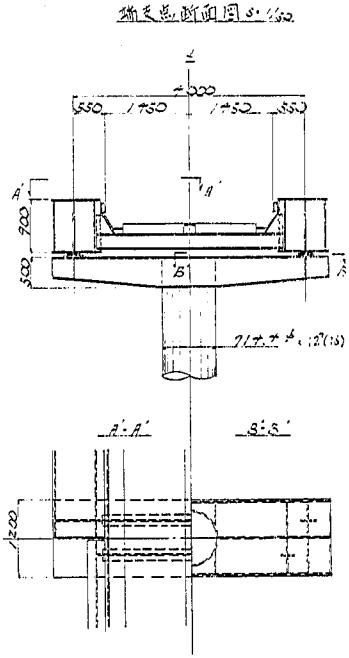
ガイドウェイ 構造図
分岐合流部一般断面図 S=1/100
図2-8

89~90



ガイドウェイ構造図
(曲線部一般図 S=1/200)
図 2-9





( ) 内は中間支点を示す。

ガイドウエイ構造図
直角曲がり部 断面図 S=1/20, 1/50
図. 2-10

93

3.2.5. スイッチング機構

ガイドウエイ上では車両の走行経路が幾通りかあるが、選択された方向へ車両を誘導するのがスイッチング機構である。ターミナル、ガイドウエイ・ストップなどのガイドウエイ分岐・合流部にはこの機構が設けられる。

スイッチング機構はキャッチレールにより構成される。

3.3. 通信・制御

3.3.1. 目標、準拠規格

デュアル・モード・バスの運転は一般道路上は運転手により行われ、ガイドウエイにおける運転は中央コンピーター制御のもとで自動運転され、安全管理される。また一般道路、ガイドウエイともに、その運行管理はすべてコンピューター制御によつて行う。

これらの制御、管理を行うために地上装置と車両の間、および地上装置と中央コンピューター制御室との間に情報伝達のための通信路を必要とする。特に地上と車両との間の通信は移動体間の通信となるため、情報伝送の品質が損われやすいので、品質の高い通信を実施するために特別な考慮を必要とする。

また機器の信頼性は直ちに運行の安全につながるので、信頼性の確保の上にも十分なる配慮を必要とする。

通信系の規格に関しては下記の技術規準に適合する設計とする必要がある。

(1) 無線系　　電波法

(2) 有線系

私設線　　有線電気通信法

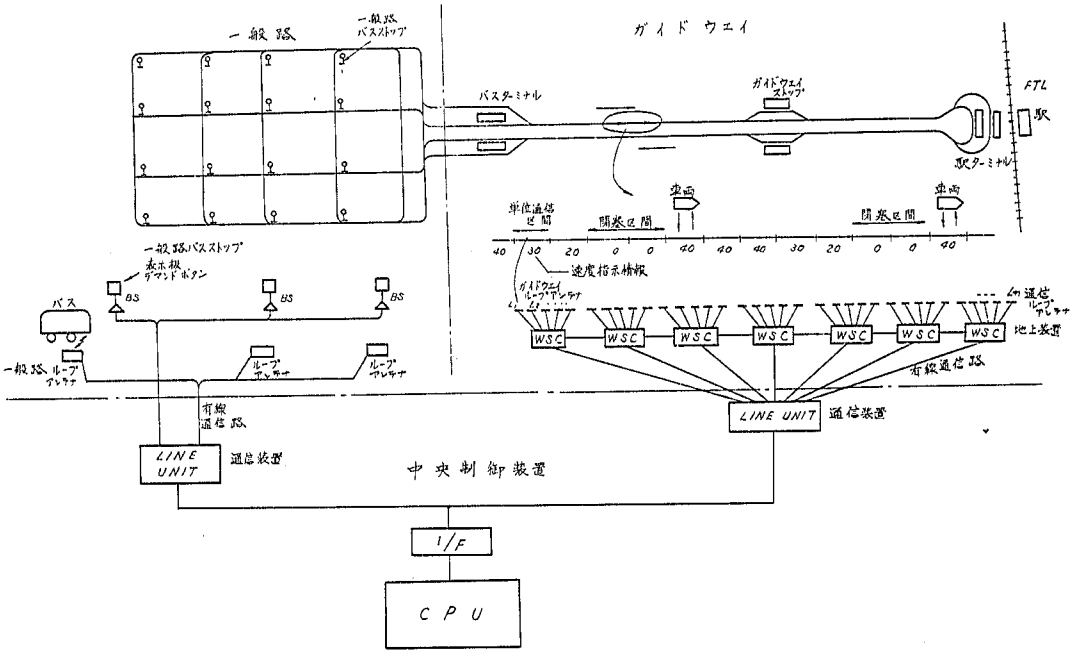
公社借用線　　日本電信電話公社
特定回線使用技術規準

3.3.2. システム構成

通信制御系の構成を、図3－1に示す。中央制御部、地上設備、車上設備に大別され、地域的には地上設備は一般道路とガイドウエイとに別けられ、さらにガイドウエイ・ストツプ、駅ターミナル、バス・ターミナル等にはそれぞれに特有の地上設備を持ち、いづれの地上設備も中央制御と有線通信路をもつて接続している。

車両と地上設備とは主として電磁誘導通信方式による通信路が設けられている。

一般道路上においては、バス・ストツプを主とした地点でのみ通信が可能で、運行管理に必要な情報の送受をバスがこの地点で、停車または通過した際にのみ符号通信にて行う。



通信・制御

通信制御系の構成図

図 3-1

96

一般道路上においてセンターとバスの間で音声による通信が必要な場合は、サービスエリヤ全般をカバーするようなＵＨＦまたはＶＨＦによる無線通信方式の採用が望ましいが、これには電波法による電波割当および使用免許を必要とする。

ガイドウエイ上はバス・ターミナル、バス・ストップ、駅・ターミナル等のガイドウエイ上全般にわたり通信ループが設けられていて、ほぼ連続的な通信が可能であり、車両の運行制御用のチヤンネルと緊急時等のための音声通話専用のチヤンネルとが設けられている。

制御通信用の通信路は、ガイドウエイ上のループ・アンテナの長さが細分されていて、適切な閉塞を構成するに必要な長さで区分してあり、車両の存在は、この単位通信区間上に車両が存在または通過したことで、ウエイザイド・コントローラー（ＷＳＣ）が識別する中央装置は各ＷＳＣの状態を監視することにより、各車両の位置を認識登録する。

車両に対する速度制御を行うには、予め各単位区間ごとに車速を指示する信号を与へて置くことにより、車両はその指示に従い車速を変更または維持して運行する。

車両の安全運行のための区間閉塞は上記の単位通信区間の整数倍をもつて閉塞区間を設定する。

また閉塞停止指示に至る以前の減速指示区分も各単位通信区間に指示し分ける。

上記の閉塞動作は中央制御系が故障の際もＷＳＣ独自の機能で、安全に必要な区間長をもつて閉塞指示することができる。また分岐・合流点におけるスイツチング動作中の車両進入阻止もＷＳＣと、スイツチング装置の連動により閉塞動作を行う。

ガイドウエイ・ストップ、駅・ターミナル、バス・ターミナル等の定位置停止および乗客乗降サービスを行う個所は、所定の位置停止運転に必要な位置信号および乗降サービス用信号の送受できる通信区間を設ける。

またガイドウエイ出入口の手動運転、自動運転のための切換を行う区間も、検査に適した信号が送受できる通信区間を設ける。

車両側では速度指示情報に従い、最終その速度になるような規定の加

（減）速を行う。

車両番号および車両の諸状態は通信系を通じて中央へ伝送され、監視制御の情報となる。

車両情報はＷＳＣにおける位置、時間より判断する。

中央装置は一般道路の地点情報、ガイドウエイの通信区間情報より各車両の現在位置を知り、これをデータとして登録把握する。

一般道路において経路、行先、停車、通過等の指示をバスへ送り、バスからは乗員数情報（満員、空席）等の情報を受ける。

一般道路のバス・ストップに対しては次のバス位置、待ち時間等の表示情報を送り、デマンド・サービス時はデマンドを中央に送る。

ガイドウエイ部の運行に関しては中央装置で行い、発進タイミング、車頭間隔、分岐・合流のスイッチングおよび待合せ、駅の停車、乗降等を自動制御する。

3.3.3. 通　信　系

(1) 概　　要

通信系には制御用と運用通信用の二系統がある。また一般道路とガイドウエイとではバスの運用形態が異なるために通信系も異なる。一般道路上では主としてバス運行管理およびサービスを目的とする通信が行われ、一方ガイドウエイ上ではバス運転制御、運行制御等の制御を行うために用いる通信と、緊急連絡等の情報伝達をするための通信との二系統がある。

通信方式は電磁誘導を応用した方式が、一般道路上およびガイドウエイ上共に適しているが、一般道路上で運行制御の即時性を必要とする場合は、ＵＨＦ電波を用いることも考えられる。

これらをまとめて表３－１に示す。

通信は、一般道路上ではバスとバス・ストップおよびバス・ストップとセンター間の相互に行われ、バスとセンターの間はバス・ストップを介して行う。いづれも双方向符号通信である。電波を用いる場合はセンターとバスが直接リンクされ、音声通信が行われる。

ガイドウエイ上では制御用はセンターとバスをＷＳＣを介してリンクし、閉塞区間長をもつ地上アンテナを用いてバスと結合する。通信

用はセンターとバスは全路線にわたり直接リンクされ、音声による通話を双方向に行う方式とする。

バスには緊急、防犯等の警報、連絡が行えるように設備し、通信回線によりセンターとバスをリンクする。

表　3　一　1

	一般道路上		ガイドウエイ上	
目的	運行管理用	サービス用	制御用	緊急通信用
対向	バス・ストップ—バスおよびバス・ストップ—センター間	乗客—バス・ストップ間およびセンター・バス・ストップ間	センター—WSCおよびWSC—バス間	センター—バス間
用途	運行調整	運行表示およびデマンド間	運転制御運行制御	緊急連絡情報伝達
形態	符号双方向（UHFの場合は音声）	符号双方向	符号双方向	音声双方向
方式	電磁誘導（UHF電波）	有線	電磁誘導	電磁誘導（UHF電波）

(2) 一般道路上の通信

1) 一般道路上における通信はバスの運行管理および乗客に対するサービスに用いることを主目的とする。

通信機器はバス、バス・ストップおよびセンターに設置する。走行するバスに対しては電磁誘導方式を用い、バス・ストップの近傍に設定した通信領域を通じて通信を行う。

センターでは走行するバスの信号をバス・ストップの中継により受信すると、その情報の処理を行い、記憶、表示および指令等の信号操作を行う。管理者は運行監視を行い、またバスに対する指令を送信する。指令信号はバス・ストップを介してバスに送られる。

デマンドの場合には、乗客はバス・ストップから押釦により発信できるようにする。

この場合センターからバス・ストップに対しては表示信号を、バスに対してはデマンド信号を発する。乗客の待つバス・ストップでは希望の経路のバスが近づく状態を表示する。

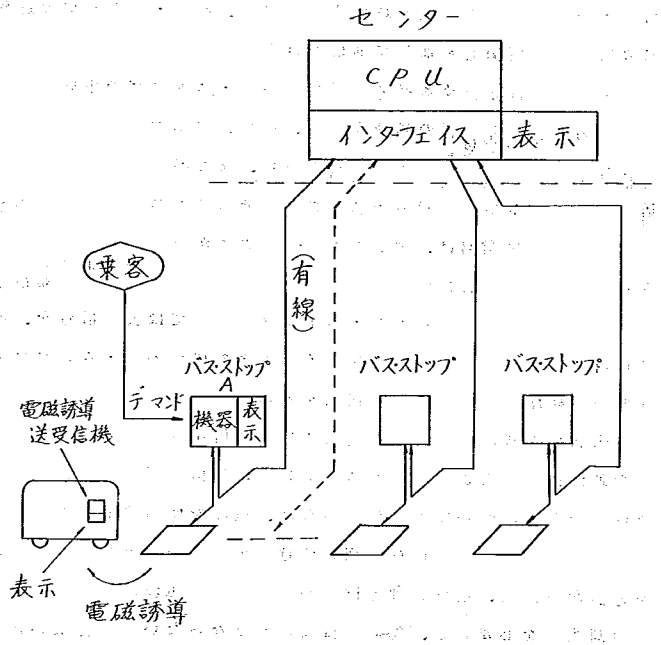
電磁誘導方式は限られた領域内で行う通信を特徴とするために、その通信領域外を走行するバスに対しては通信が行えない。従つて運行制御の即時性が要求される場合は、電波を使用する。この場合はセンターとバスとは任意時刻に任意の場所にいるバスと音声による通話が可能で、運行管理も行い易い。しかし電波法に基づく周波数の割当てを必要とし、免許を得なければならない。一方電磁誘導方式ではその必要はない。

以下で、電磁誘導のみによる方式の場合をCase A、電波との併用の方式をCase Bとする。

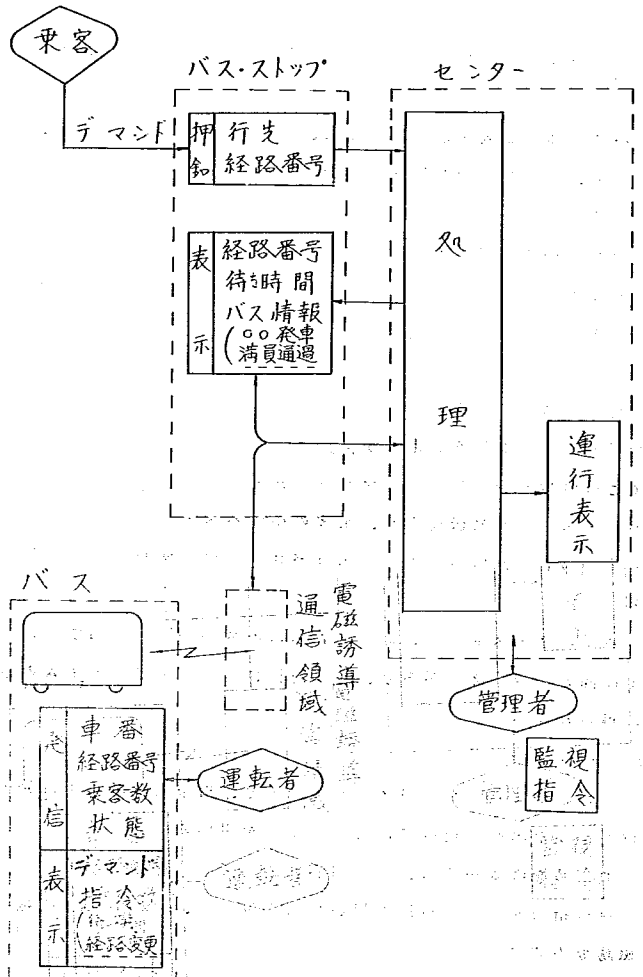
2) Case A

走行するバスとの通信はバス・ストップの近傍に設定した通信領域においてのみ行う。その領域の広さは設置するアンテナおよび機器の性能によつて決るが、概略の長さは10m以内、巾は3m以内である。

バス・ストップ間では走行するバスと通信は行えないが、特に必要な場所で機器を設置することにより行える。



通信・制御
一般道路通信系 Case A
図 3-2



通信・制御
一般道路通信内容 Case A
図 3-3

一般道路通信内容 Case A
図 3-3

通信系は図３－２のようになり、通信内容は図３－３に示すようなものとなる。

バスは通信領域を通過する度に、車番、経路番号、乗客数、状態（事故、渋滞等）を発信する。センターではその情報を処理し、記憶する。

センターではバス・ストップごとにバスの運行およびその状態を表示するので、運行監視ができる。バスの運行指令はこの情報および乗客のデマンドによつて行う。

乗客がデマンドを行う場合はバス・ストップから出され、センターではバス運行状態から、そのバス・ストップに対して待ち時間等を送り、表示を行う。走行するバスは最寄のバス・ストップの近傍でこの信号を受信して、デマンドを知る。同時にバスからの信号はバス・ストップに伝達され、乗客の待つバス・ストップではその接近状態の表示が出る。この表示はバスが通信領域を通過する毎に変る。

逆にバス・ストップにおける表示はバスが一区間通過するに要する時間だけ待つ必要があり、バス運行に対するリアルタイムの情報は得られない。

3) Case B

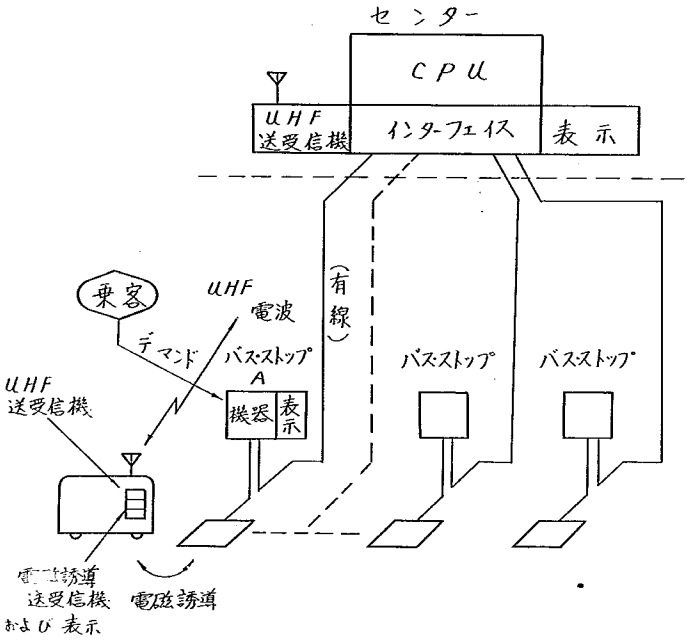
センターから直ちにバスと連絡をとり、指令を発し、運行制御を行うような場合の通信にはＵＨＦ電波を用いる。

通信系を図３－４に、通信内容に関して図３－５に示す。

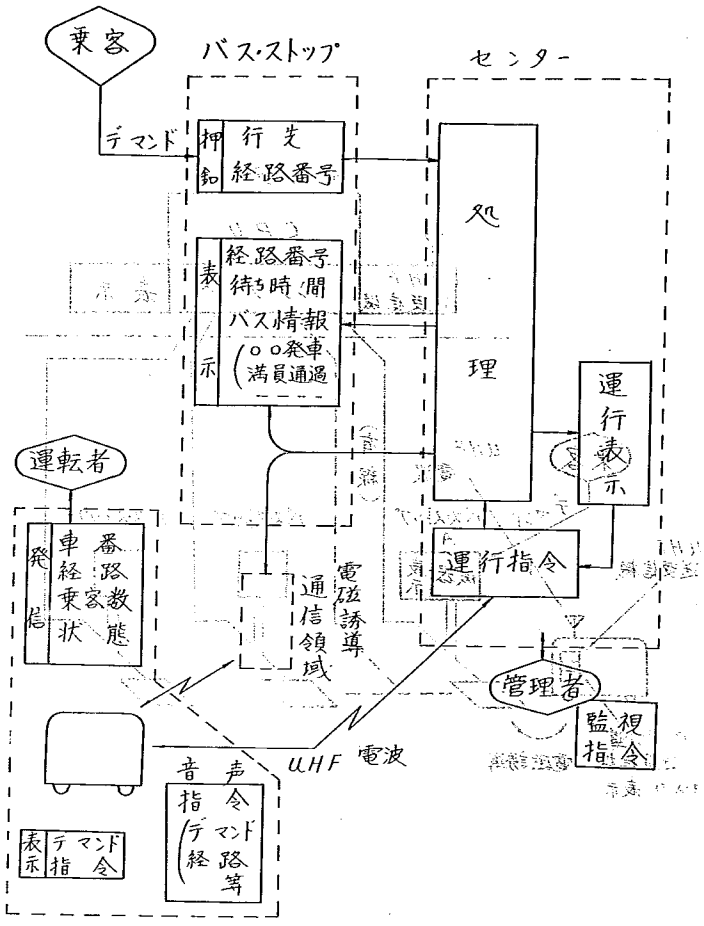
運行指令をＵＨＦ電波を用いて行う以外は、Case Aと同様に電磁誘導方式による。

バスからは車番、経路番号、乗客数等を発信し、バス・ストップでこれを中継してセンターに伝送する。センターではこの情報を処理し、記憶を行い、また運行管理用に表示を行う。

運行監視はＵＨＦ電波による通話情報と併用して行い、運行指令も表示と通話の双方の情報から行う。これは冗長にも考えられるが、ＵＨＦ電波による音声通信では長時間の占有が行えず、また表示や指令に管理者（無線従事者）の労力を要することから、電磁誘導方



通信・制御
一般道路通信系 Case B
図 3-4



通信・制御
一般道路通信内容 Case B
図 3-5

式との併用の方が好ましく、半自動システムの運用を行う。

(3) ガイドウエイ上の通信

ガイドウエイにおける通信はバスの自動運転に必要な制御信号の伝送に用いる系と、通信用の系との二様があり、それぞれ別回線を用いる。通信系および通信内容をそれぞれ図3－6および図3－7に示す。

1) 制　御　用

閉塞区間長毎に設置したアンテナを用いて符号伝送を行うが、バスからは車番、状態等の情報を発信し、センターではこれからバスの現在位置、速度、状態等を知る。これにより運行監視、指令を行う。

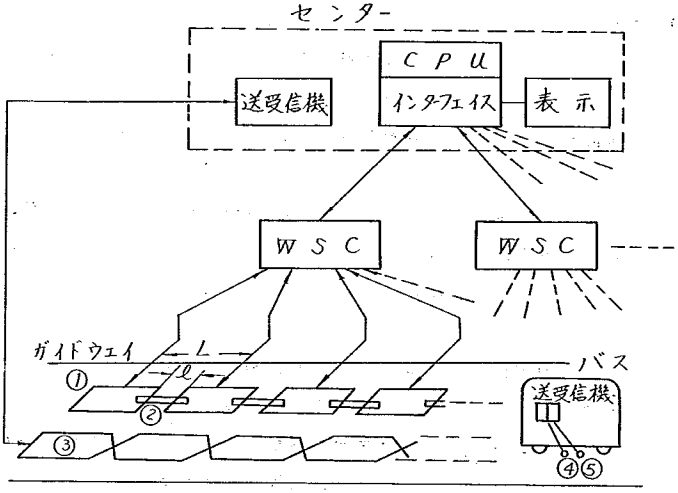
複数の閉塞区間毎にＷＳＣがあり、速度指示信号を発生する。速度パターンはセンターからの指令により変えて、運行制御を行う。ＷＳＣはセンターのバックアップ機能を有するので、センターがダウンしても固定パターンにより、安全運行が保たれる。

地上用アンテナは閉塞区間長毎に区切られて布設され、バス側の車載アンテナと電磁的に結合する。主アンテナは地面に水平に設置されるので、車載アンテナは垂直磁界に結合する向きに取付けられる。閉塞区間の境界では地上アンテナは隣接の閉塞区間のアンテナ間の結合を防ぐために、1m以上離して取付ける。バスの車載アンテナが偶々停車時にこの区切りのアンテナの空白部に来ると、制御が不可能になる。これを防ぐため、かつ主アンテナの冗長系としての意味をもたせて、二つの閉塞区間区分部に垂直方向に双方のアンテナを重複する程度の長さをもつアンテナを設置し、補助とする。これに対する車載アンテナは水平磁界に対応するものとする。

地上アンテナは平行2線ループ式とし、集電線がバス側面に配置されるため、バスの下面に対するように設置する。2線は平衡をとり、間隔は信号対雑音比を考慮して必要、かつ十分な狭さとする。（図3－12参照）

2) 緊急通話用

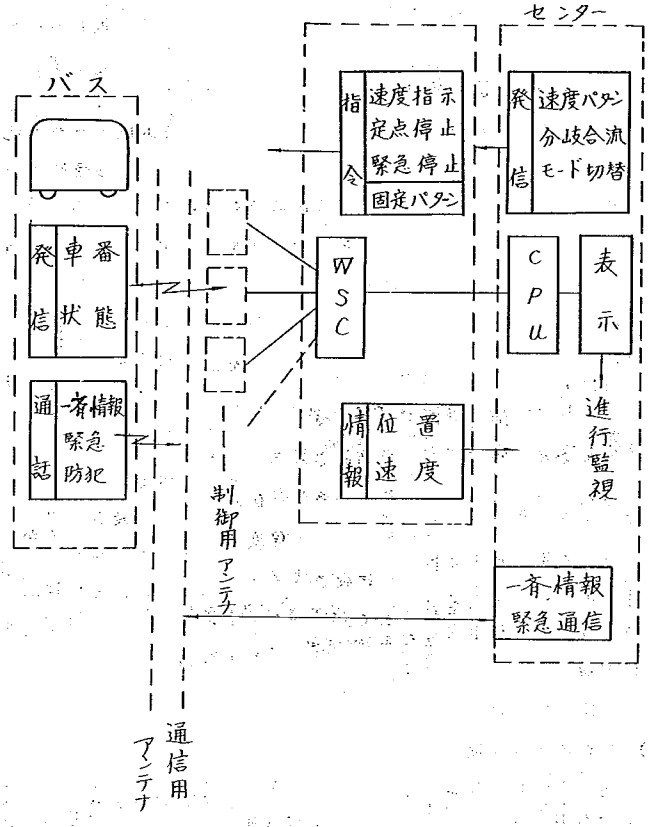
センターからバスに対して一斉情報伝達を行うことを主体に、通話ができる方式とする。



① 制御用 地上アンテナ (水平)
② 制御補助用地上アンテナ(垂直)
③ 通信用 地上アンテナ
④ 制御用 車載 アンテナ (十字型)
⑤ 通信用 車載 アンテナ (水平用)

L : 閉塞区間長
ℓ : 閉塞区分区間長
WSC: 路上機

通信・制御
ガイドウェイ通信系
図 3-6



通信・制御
ガイドウェイ通信内容
図 3-7

アンテナは全路線にわたつて設置されるが、必要区間毎に区切り、特に分岐部分では車線毎に分離して通話を行えるようにする。

センタでは全線一斉通話、あるいは一部区間を走行するバスに対して通話するように選択を行う。但し受信系は常に待ち受け状態で、バスからの呼出しに応じられる。

バスからの呼出しはセンターで確認されて、センターとのみ通話がなされる。必要とあればセンターで中継して全バス、あるいは必要区間のバスに対しての通話が行える。

バスからの送信は全バスが同一周波数を使用するために、同時に二局以上から発信すれば干渉を起す。しかし運用上このような事態の発生確率は極めて低いと判断される。

緊急時にはセンターからの一斉情報伝達を主体とする。

地上アンテナは1区間約100m程度の長さに布設されるが、送受信装置はその適当な位置に設置する。

アンテナは数10m間隔で交叉させて平衡をとる。これは一方バス車上で、この交叉点を磁界の零点として取出せば、速度チエツクの情報として利用できる。

3.3.4. 通信機器

(1) 機器構成

1) 全システム構成

一般道路およびガイドウエイ全体を通じてのシステム構成を図3－8に示す。

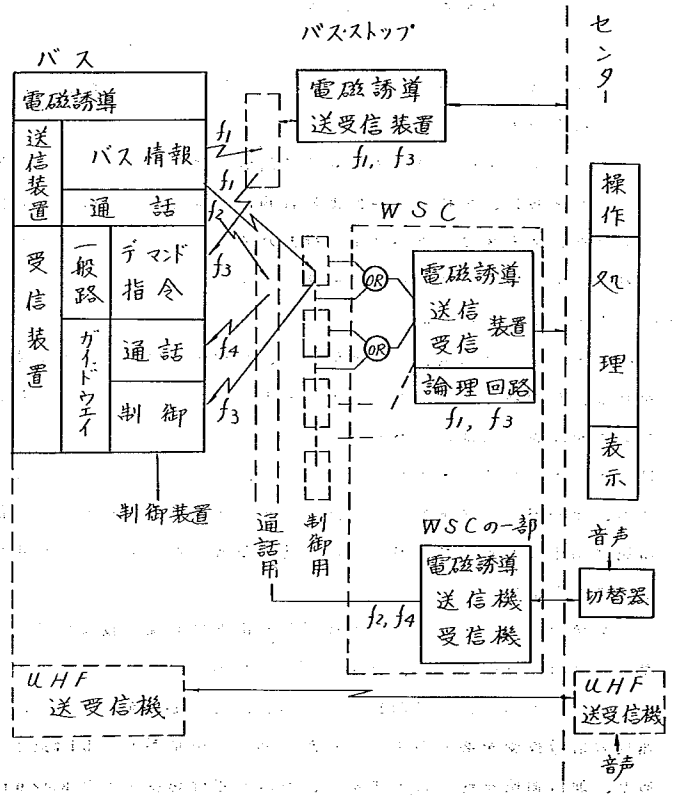
2) バス用通信機器

二系統の電磁誘導送受信装置および表示装置により構成される。一系統は一般道路におけるバスに関する情報伝送ならびにガイドウエイにおける制御に用いるもので、別の一系統は緊急等の通話用である。

バス情報と制御には異なる符号構成ならびに送信電力を使用するので、ガイドウエイの出入口で切替えを行う。

二系統で4周波数を使用する。

運転者の操作し易い場所に操作盤、および見易い位置に表示盤を



通信・制御
通信システム構成
図 3-8

設ける。操作盤には車番、経路番号、行先、乗客数等の情報コード設定用の操作釦がある。これらは乗客数を除いては発車時にセットする。

表示盤にはセンターからのデマンドの有無、行先、経路指示、待機等の指令を表示する。

ガイドウエイ走行中のバスに対する通信では緊急状態の表示、警報を行うと共に、スピーカーによる音声伝達も行う。一般の情報伝達アナウンスもスピーカーにより行われる。

バス用通信器の構成図を図３－９に示す。

3) バス・ストップ用機器

バス・ストップは電磁誘導通信装置、有線伝送用装置、表示装置を有し、かつバス・ストップの近傍の５０ｍ以内の適当な場所にアンテナを埋設またはオーバーヘッド式に取付ける。地上用アンテナはフエライトコイル・アンテナを使用し、埋設の場合は深さ２０cm以内、オーバーヘッドの場合は高さ５ｍ以下とし、それぞれの通信領域は路上に明示して、バスが必ずその領域内を通過または停止できるように配慮する。

アンテナとバス・ストップの機器収納部とは有線で接続する。また機器はセンターに対し、有線で接続される。

走行するバスと、比較的狭い通信領域内での通信を行うため、高速度の信号授受を必要とする。しかし必要情報量が５０ｂｉｔ以下であり、通信領域を約３ｍとすると、バスの走行速度を６０ km/hr（最大）と仮定しても、３００ボーの速度でよく、調歩同期、パリテイチエク等を行うとして、１２００ボーとすれば、一通信領域内での信号の授受は十分行える。

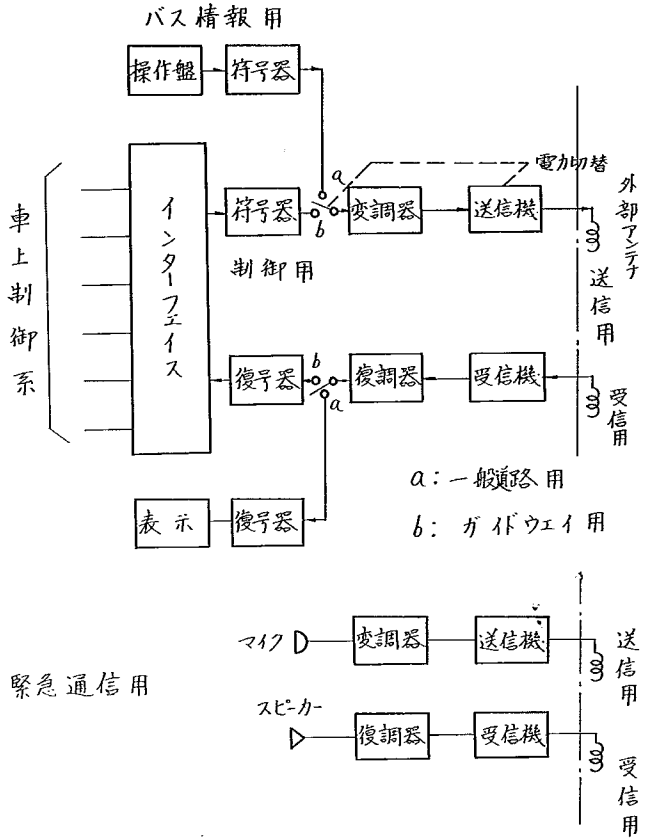
センターへの伝送は信号の速度変換後に有線で行う。

バス・ストップにおける通信機器構成を図３－１０に示す。また機器配置例を図３－１１に示す。

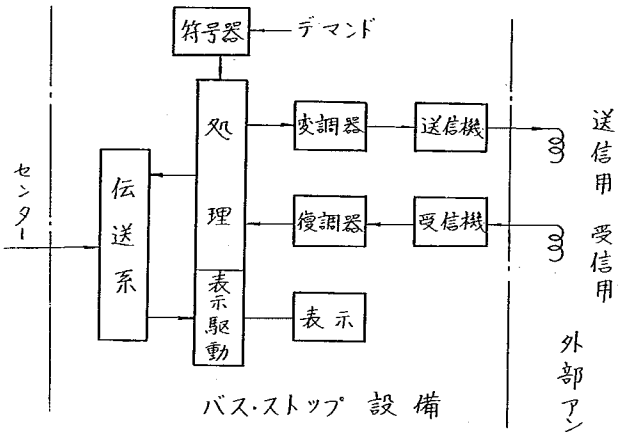
4) ＷＳＣ

電磁誘導送受信装置および信号処理用論理回路より成る。

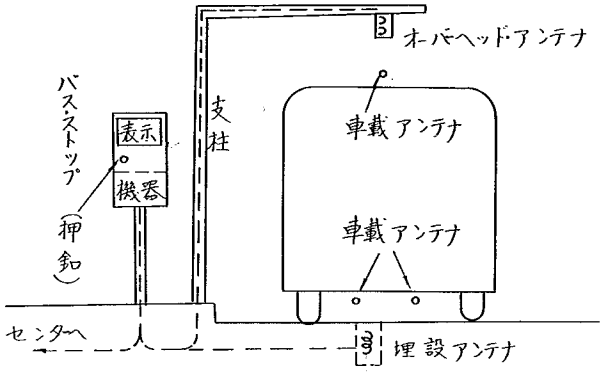
電磁誘導送受信装置には制御用と通話用の二系統があり、通話用は



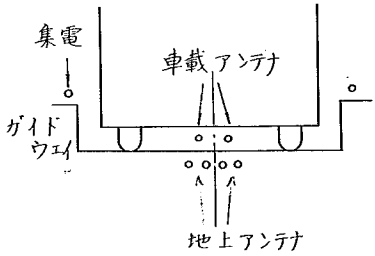
通信・制御
バス用通信機器構成
図 3-9



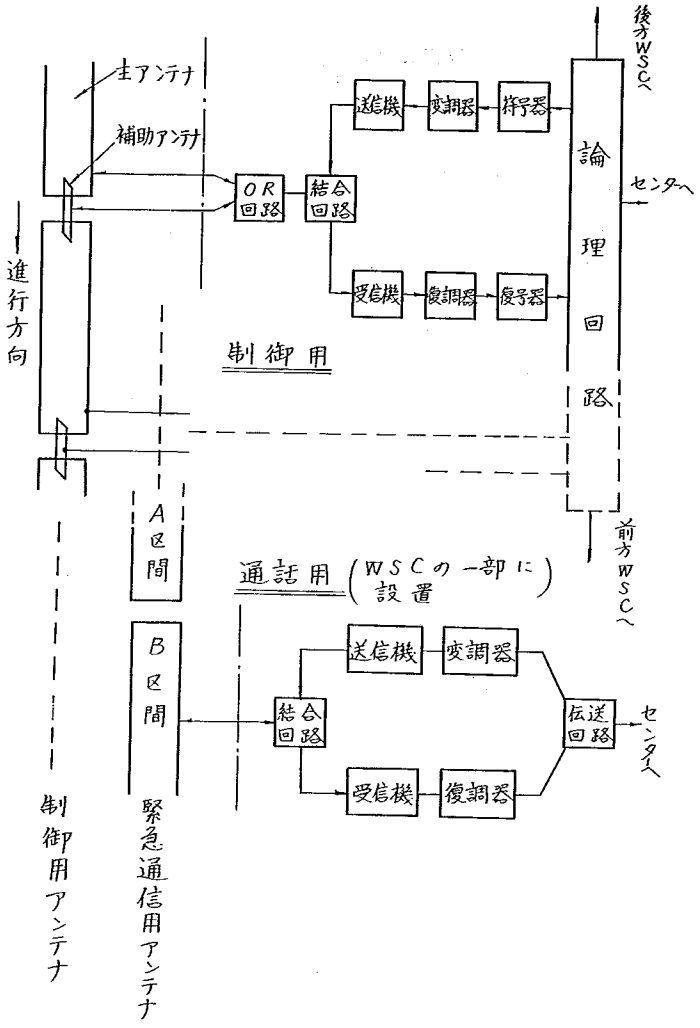
通信・制御
バス・ストップ用通信機器構成
図 3-10



通信・制御
バス・ストップ機器配置例
図 3-11



通信・制御
ガイドウェイ用地上アンテナの設置例
図 3-12



通信・制御
WSC通信機器構成
図 3-13

一部のＷＳＣに装備する。

制御用としてはガイドウエイの地上アンテナに対して、電磁誘導送受信機が各々接続されるが、この入出力は数閉塞長毎にまとめて１つのＷＳＣの論理回路に接続し、処理を行う。

通話用は区間毎に電磁誘導送受信機を接続するが、区間長は閉塞長より長いので、適当な場所のＷＳＣに機器を設置する。

センターからの切替操作により、全区間の送信機あるいは一部区間の送信機が動作し、該当する区間内を走行するバスの一斉通話が行われる。

ガイドウエイ上のアンテナは集電線がバス側面に位置するため、バスの下面で、できるだけ集電線の発生する磁界の影響を受けない位置ならびに配置を考慮する。設置例を図３－１２に示す。

ＷＳＣとセンター間は有線回線で結ぶ。電磁誘導送受信機の入・出力の一部は論理回路を経て前方あるいは後方のＷＳＣに接続し、隣接ＷＳＣとの連携動作を行わせる。

ＷＳＣにおける通信機器の構成を図３－１３に示す。

主アンテナと、その前方位置の補助アンテナとはＯＲ回路を用いて送受信機に接続する。

5) センター

センターにおける機能は運行の監視および指令であつて、通信機としては信号伝送用および音声指令用の通信装置が主要なものである。

制御用伝送回線は有線による。

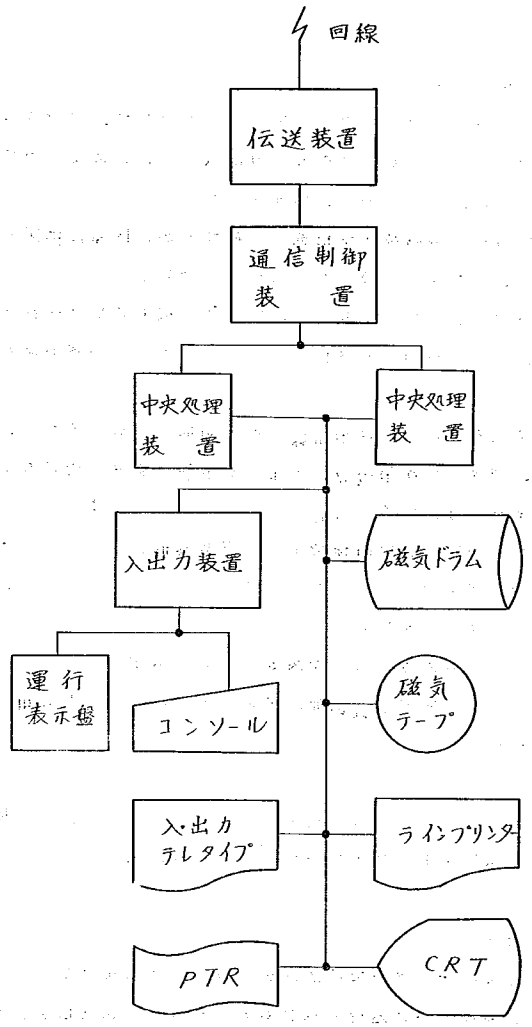
通話用の伝送にはセンターでは区間選択用の切替器を有する。

一般道路上におけるバス運行制御に対処したＵＨＦ送受信装置を必要とする場合は、センターに装置を設備し、広域通信に適する場所にＵＨＦアンテナを設置する。

3.3.5. 制御用機器

(1) 中　央　装　置

中央装置としては端末とのデータの送受信を行なう伝送装置、車両の運行制御を行なうための中央処理装置、およびその周辺装置、



通信・制御
中央装置ブロック・ダイアグラム
図 3-14

またオペレーターがコンピューターと対話するためのマン・マシン・インターフェイスとしてのコンソール・ブラウン管表示装置および運行表示盤等がある。これらについて装置の構成を図３－１４に示す。

中央処理装置の容量、性能に関してはシステムの規模によつて決定する。

表３－２　　中央装置構成表

名称	規格	数量	備考
伝送装置	TDM	1式	
通信制御装置		1式	
中央処理装置		2台	
磁気ドラム		1式	
磁気テープ		1式	
ラインプリンター		1台	
入・出力タイプライター			
PTR			
CRT			
入・出力装置			
コンソール			
運行表示盤			

3.4. バス・ターミナルおよびストップ

バス・ターミナルおよびストップはガイドウエイで乗降客にサービスを行なう設備である。

バス・ターミナルとストップは厳密な区分はなく、他との接合を主体とした利用者の多い大規模な施設をターミナル、利用者の少い簡易な施設をストップと呼ぶこととする。

バス・ターミナルもストップもデコアル・モード・バス・システムであるがゆえに生ずる検討項目は少く、一般のバス・ターミナル鉄道駅等の設計手法がそのまま利用できる。ただし省力化され、これら施設に配置される人員

は極めて少いことが考えられるので、サービス、安全、保安のための各種設備には十分な配慮が必要である。ここではバス・ターミナルの例として一般道路とガイドウエイを連絡するランプを有するターミナルと、鉄道等との接続が考えられるターミナルを、またストップの例として一般道路上に設けたものを考える。

3.4.1. 必要な機能

(1) ホーム

乗降客がバスに乗り降りするための設備で、巾員、長さ等は通常の設計手法で設計される。同時に停車できるバスの停車時分とバスの到着間隔から定まるが、ターミナル等では一つのホームに3台程度まで縦方向に停車させても著しい交通容量の低下はない。

また両側に乗降ドアのあるバスを用いるときにはガイドウエイの両側にホームを設ければ、利用車の乗降に要する時分は短縮できる。

ホームには安全確保のために、ＩＴＶ等の監視装置を設け、ガイドウエイに転落した乗客等の検出のための設備を設けておく。

(2) 自動出・改札機器

省力化のため、出・改札業務は自動化することとして計画し、定期券販売機、普通券販売機、集改札機、精算機、両替機などを考える。これらの機器は現在かなりの台数が実用に供されている。

(3) サービス設備

利用者に対するサービス設備として、案内表示パネル、案内放送設備、デマンド運行時のコールボタン等が設けられる。

(4) ランプ

ランプは一般道路からガイドウエイにバスをのせ、また逆にガイドウエイから一般道路におろす道路であるが、同時に手動運転から自動運転に、あるいは自動運転から手動運転に切替える部分でもある。

一般道路を手動運転で走行してきたバスはランプの入口で一旦停車し、格納していた誘導装置、集電装置を拡げ、徐行してランプに入る。ランプの入口部は側壁がラッパ状になっていて、進行するにつれて巾狭となり、誘導装置の誘導輪、集電装置の集電靴は所定の関係位置におさまる。地上側では誘導輪、集電靴が所定の位置にあるか否かをチエックし、

運転手に〝自動走行可〟のサインを出す。運転手はサインを確認し、手動一自動切替を行なう。自動切替後、さらにランプを走行する間に地上側より誘導装置、集電装置、通信装置、制御装置、駆動装置、制動装置の機能が検査される。機能検査の結果、完全なバスはホームで運転手が降り、ガイドウエイからの通信に従い、無人走行することとなる。

万一不完全部分の発見されたバスはホームで乗客をおろし、ガイドウエイより排除される。

またガイドウエイより一般道路におりる場合にはホームに自動で停車したバスに運転手が乗り、自動を手動に切替え、誘導装置、集電装置を格納、確認のうえ、走行することとなる。

ランプは延長を短かくし、また制御機器駆動装置の検査を行なうために勾配を１０％程度とし、低速で通過させるので、主たるターミナルでは２本設けることとなる。

ランプ出入口部は一般道路に接しており幼児、犬、猫等がガイドウエイに入る恐れもあるので、赤外線等によりバス以外のものの通過検出を行ない、アラームを発する等の処置を行なう。

(5) 中央制御室

中央制御室はかならずしもターミナル等に接してある必要はないが、このシステムの中枢であり、引き込まれるケーブル類もかなりの量となるので、中央のターミナルに併設し、従業員、車両、電力設備等の管理を一元的に行なう。中央制御室にはコンピーター通信機器等を置く機器室部分と、監視盤を中心とする指令室部とが必要であり、無人駅等に設けたＩＴＶもここで監視される。

(6) 電　気　室

走行用電力をガイドウエイに供給するための設備で、直流饋電方式であるので設けられ、原則として無人で中央制御室から遠隔操作される。

(7) 充　電　室

バッテリー充電のためのスペースで、オートチエンジヤーでバスからはずされたバッテリーはチャージヤーにより充電される。充電時に発生するガスのため、換気設備が必要である。

(8) メンテナンス・ショップ

点検、整備のためのスペースである。整備工場は別途設けることとして、仕様点検、軽整備程度を行なうこととする。

(9) 事務室および休憩室

運行管理のための事務室と運転手の休憩室で、特に運転手の運用からはターミナルに事務室および休憩室が接しているのが好ましい。

3.4.2. ターミナル(1)

デュアル・モード・バス・システムの中枢機能をもつた道路およびガイドウエイ連絡のターミナルの例である。(図4—1～図4—12)

(1) 想定利用者の数

システム全体のねらつている輸送量は5,000～10,000人/時間程度であるので、ここでは7,500人/時間を最大輸送量として計画する。

ターミナルの諸元は30分率で決めるものとして、30分集中は1時間集中の2/3位であるから、5,000人/30分が対象となる。

利用者は朝・夕のラッシュ時にはガイドウエイ沿線地区20%、住宅団地内のサービス地区80%とし、サービス地区の面積を300ha、勢圏を600mとすれば、ターミナル分は7%となるが、人口分布の偏りを考えると、15%すなわち750人/30分がラッシュ時の乗降客数である。

昼間のオフラッシュ時にはピークの1/5程度を想定すれば十分であるので、1,500人/時とし、ターミナルに1/2が乗降するものとすれば、750人/時間が乗降客数である。

(2) 出・改札設備

1) 普通券売機

普通券売機の通常の巾×奥行寸法は大略600×600mmであるが、背面通路、利用客流動を考えて、約100×1,500mmのスペースを要する。

処理能力は2秒/枚程度であるが、利用客が機械の前に立つてから立ち去るまでには3～4秒/人であるので、15～20人/分の

能力である。

一方ラッシュ時の定期券、定期券外の乗客の比率は８５：１５程度といわれており、オフ・ラッシュ時には約５０：５０である。

発売枚数は次の通りとなる。

ラッシュ時

７５０×0.１５＝１１３枚／３０分

（２２５枚／時間）

オフ・ラッシュ時

７５０×0.５０＝３７５枚／時間

発売機の設置数はオフ・ラッシュ時を対象に

３７５÷（１５×６０）＝0.４２台

予備機、短時間集中を考えて２台設備する。

2) 両　替　機

両替機は１台設置する。

3) 定期券販売機

定期券利用者はシステム全体の利用者を３万人として、これの７０％を定期券利用者とし、２５日間で均等に発売し、時間集中率を夕方ピーク率の１５％程度とし、ターミナルでこの半数を扱うものとすれば、発売枚数は

３0,０００×0.７０÷２５×0.１５

×0.５０＝６３枚／時間

処理能力は４０秒／枚程度であるので、１台設ける計画とする。

4) 自動改札機

定期券、普通券共用で改札、基札両用形とする。寸法は大略巾×長が1,０００×1,６００～1,８００ｍｍ程度である。

処理能力は１２０枚／分程度であるが、乗客の通過時間は約１秒を要するので、６０人／分で計画する。設置台数は

７５０÷３０÷６０＝0.４２台

出・入各１台、予備１台、計３台の計画とする。

5) 精　算　機

精算は利用者の１０％を対象とし、自動改札機の１台に精算機能

を付与してこれにあてる。

(3) ホーム構成

1) ホーム面数

ホーム面数は上下対象に配置することとする。ターミナル発客数はラッシュ時、750人／30分であり、平均40人を乗せれば、必要発車台数は

750人＋40人＝19台／30分

平均発車間隔は

30分／19台＝1.6分

となる。これは1面のホームの扱い能力が直列2バース、約45秒に較べて余裕があるので、ガイドウエイ沿線部のストップ発の客用のバスの半数をここから発車させることとすれば、沿線部ストップ発客は

5,000人×0.20＝1,000人／30分

必要発車台数は

1,000人＋40人／台＋2＝13台／30分

合計の平均発車間隔は

30分／(19＋13台)≒0.94分

≒56秒.

となる。

住宅団地内のサービス地区発は利用者数が

5,000×0.65＝3,250人／30分

このターミナルで、$^{2}/_{3}$を扱うとした場合に

3,250人＋40人／台×$^{2}/_{3}$＝55台／30分

がランプを通過する台数となり

30分＋55台≒0.55分＝33秒

ホームを2面として、発車間隔66秒とする。

なおサービス地区から発生し、このターミナルで扱わない利用者数、バス台数は

3,250人×$^{1}/_{3}$＝1,083人／30分

1,083人＋40人＝27台／30分

であり、主として通過扱いとする。

2) ホーム長

ホーム長はランプに接続しないホーム（自ターミナル発、沿線ストツプ発客扱い用のホーム）は平均発車間隔が５６秒であり、乗降に要する時間は２０～４０秒程度であるので、２バースで十分であるが、余裕を見込んで、３バースとする。

ランプに接続するホームは発車間隔６６秒であり、各１バースで十分であるが、発車タイミング待ちを考慮して、各２バースにする。各バースの長さは車体長７.５ｍ、停車間隔2.5ｍとして、１０ｍで計画する。

3) ホーム巾員

ホーム巾員は乗車必要巾、乗降客流動巾、ホーム縁端待避巾の合計とする。

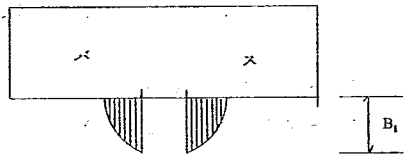
乗車必要巾は空車に４０人を乗車させる場合に

$$B_1 = \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{40}{1 \times 4.0}} = 3.1\ \mathrm{m}$$

ここに、4.0は群集密度であり、1はドア数である。また１０人程度であるならば

$$B_1 = \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{10}{1 \times 4.0}} = 1.3\ \mathrm{m}$$

である。



乗降客流動巾は

$$B2 = 0.73 \times 40 \div (1.6 \times 60) = 0.3\ \mathrm{m}$$

ここに、0.73は歩行密度1.25人／㎡、歩行速度1.1ｍ／秒の場合の単位巾当りの通過容量で、４０は乗車人員で、1.6×６０は平

均発車間隔である。

ホーム縁端距離は低速であるので

$B_3 = 0.7\ m$

とする。但し両側ドア扱いを考えて、この2倍を確保しておく。

従つてランプに接続しないホーム巾は

$B = B_1 + B_2 + 2B_3$

$= 3.1 + 0.3 + 2 \times 0.7$

$= 4.8\ m$

柱、ベンチ等を考えて、巾員6.0mとする。

ランプに接続するホームは

$B = 1.3 + 0.3 + 2 \times 0.7$

$= 3.0\ m$

となる。

4) 線形配置

別図に示すような配置とする。通過線1本、発着線1本、ランプに接続する線2本とし、両側利用可能なようにホームを置く。分岐と分岐の間は通過速度20km／時以下、横加速度0.1g以下、ジャーク0.1g／秒以下とし、緩和曲線を考えれば、分岐可能部分長さが18m程度となるので、20mはなすものとする。

(4) 電気室

走行用電力、バッテリー充電用電力を考える。

走行用電力は地形等が不明で、詳細は決めかねるが、バス1台の設備電力は

主機　70～100KW（短時間）

40～45 KW（連続）

補機・ヒーター　30KW

であり、ランプ登坂中のバスを2台、発進加速中のバス2台、走行中のバス20台（機電範囲片側1KMとして）を考えて、ラッシュを2時間とみれば

登坂中　（100＋30）　×2

加速中　（100×0.70＋30）×2

走　行　中　　（４５×０２０＋３０）×２０

合計、１２４０ＫＷであるので、定格は１２４０＋１５０＝８２７ＫＷで、また一時停電後の一斉面起動時には二分割起動とし

登　坂　中　　１３０×２＋２

加　速　中　　１０７×２２＋２

所要１３０７ＫＷ、定格は８７２ＫＷであるので、５００ＫＷ×２系列給電とする。

充電用はバッテリーの定格電流の１０％と計算し、定格を２５０Ａとし、同時充電個数５０個、効率８０％とし

４００Ｖ×２５０Ａ×０１０×５０

＋０８０＝６２５ＫＷ

となる。

５００ＫＷ程度の変圧機、整流機、操作盤は大略５ｍ×５ｍ程度の広さと５ｍ程度の天井高が必要であり、通路、作業スペースを考えて、１０×１５ｍとする。

(5)　中央制御室

機器室、運行監視室を中心に構成し、合せて３００M^2を準備する。機器室にはコンピューター、通信機器、電力遠制機器、各種記録機等を配置し、運行監視室には運行監視制御卓、電力監視制御卓、ＩＴＶ、案内放送装置等がおかれる。

(6)　充電室およびメンテナンスショップ

１日の運行パターンを次図のように仮定する。

最大輸送量はすでに３０分当り５,０００人と想定してあるが、一運行サイクルを３０分平均と考えれば、必要バスの台数は

５,０００人＋４０人／台×３０＋３０＝１２５台

となる。また夕方には平均３０人乗車として

１２５台×（１５＋２２５）×（４０＋３０）

＝１１２台

昼間は１０人程度の乗車として

１２５台×（２５÷２２５）×（４０＋１０）

（２２５は図４－１３参照）　　＝５６台

126

バッテリーの充電、ショップ入場駐車するバスは昼間使用せず、夕方使用する車

１１２－５６＝５６台

を対象にする。すなわち約５０％の入場となり、１時間程度の時間で収容するとすれば、約１分間隔となるので、斜路一線とする。

バッテリーの充電サイクルは一充電走行距離が約３０ＫＭと、朝夕走行分程度であるので、１日１回とすれば、充電個数は１２５個であることとするが、１台の交換に５分程度を要するので、全数入場時は直列作業とせず、一部出場時に、一部小運転をして交換するものとし、２台設備する。

チャージ・スペースはバッテリーを１.５×２.０ｍとし、４段積みとして、通路巾３ｍを見込み、３００^{M2}とする。

駐車スペースは入場車５６台、整備等３台とし、５３台を考え、２.５×８ｍのスペースを用意し、利用率３０％として

２.５^{M}×８.０^{M}×５３台÷０.３０≒３,５００$^{M^2}$

である。

3.4.3. ターミナル(2)

鉄道等のライン・ホール輸送機関との乗継ぎのためのターミナルの例である。（図２－４）

(1) 利用者の数の想定

前述のように朝のラッシュ時の３０分間の到着利用者数は５,０００人、１時間で７,５００人で、４０人乗車したバスが約１５秒毎に到着すると考える。夕方にはこれの$^{2}/_{3}$すなわち５,０００人／時間と考えて、８５％を定期券利用者とする。

オフ・ピーク時にはピークの２０％、１,５００人／時間として、これの$^{2}/_{3}$、１,０００人／時間とし、定期券利用者を５０％とする。

(2) 出改札設備

1) 普通券売機

利用者数は夕方のラッシュ時、オフ・ピーク時に各々次の通りとなる。

５,０００人×０.１５＝７５０人／時間

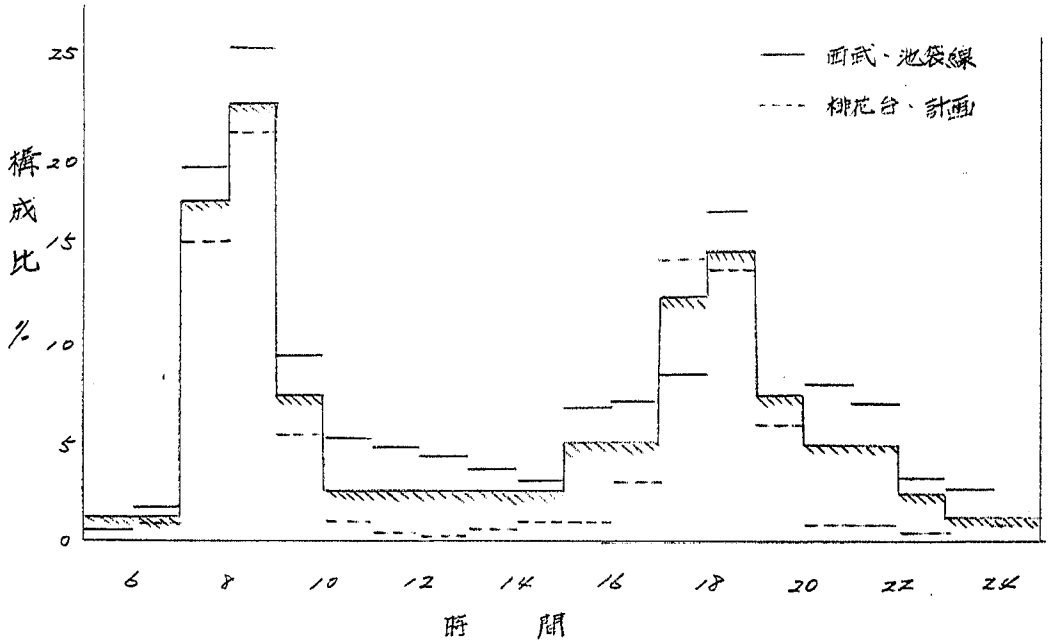
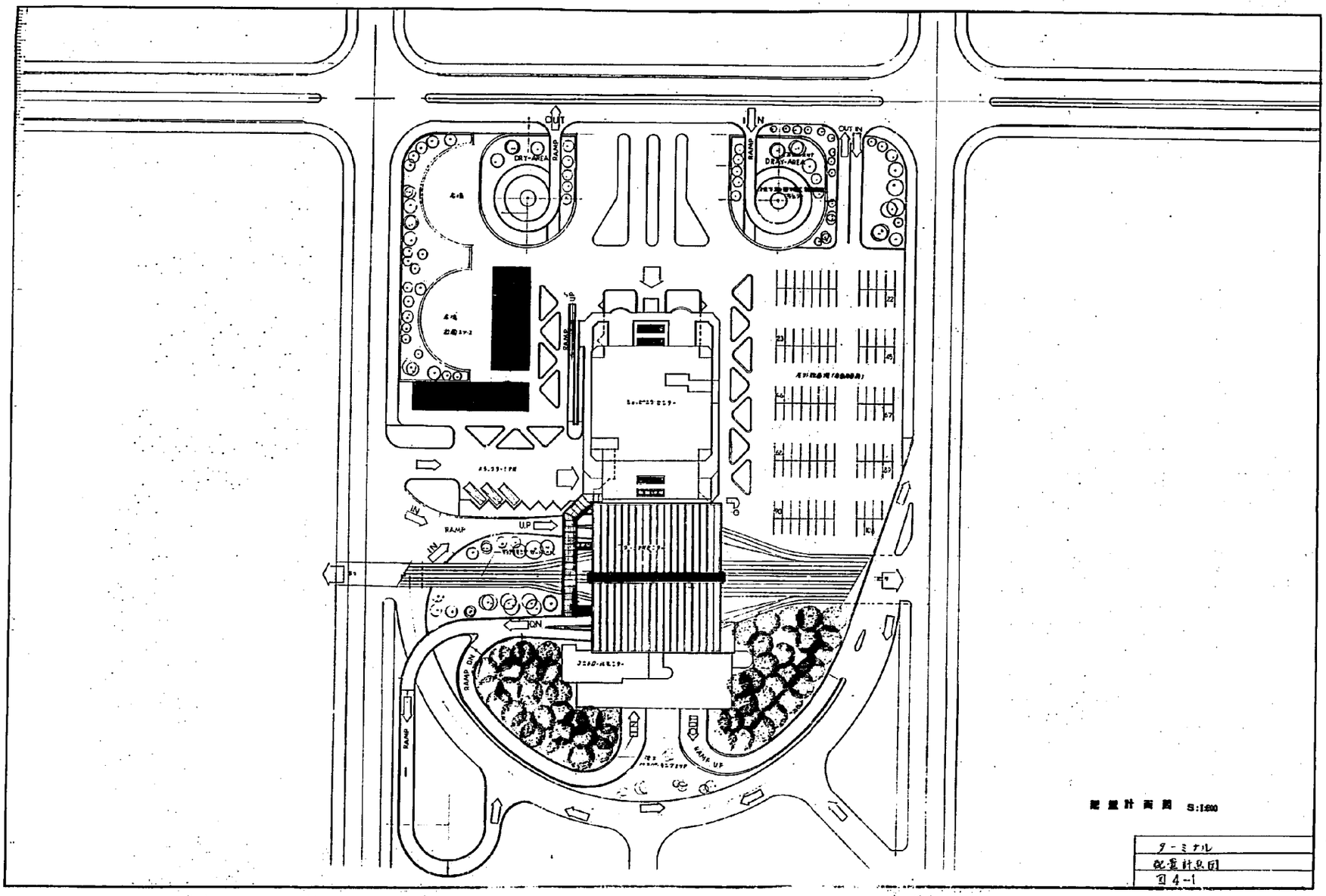


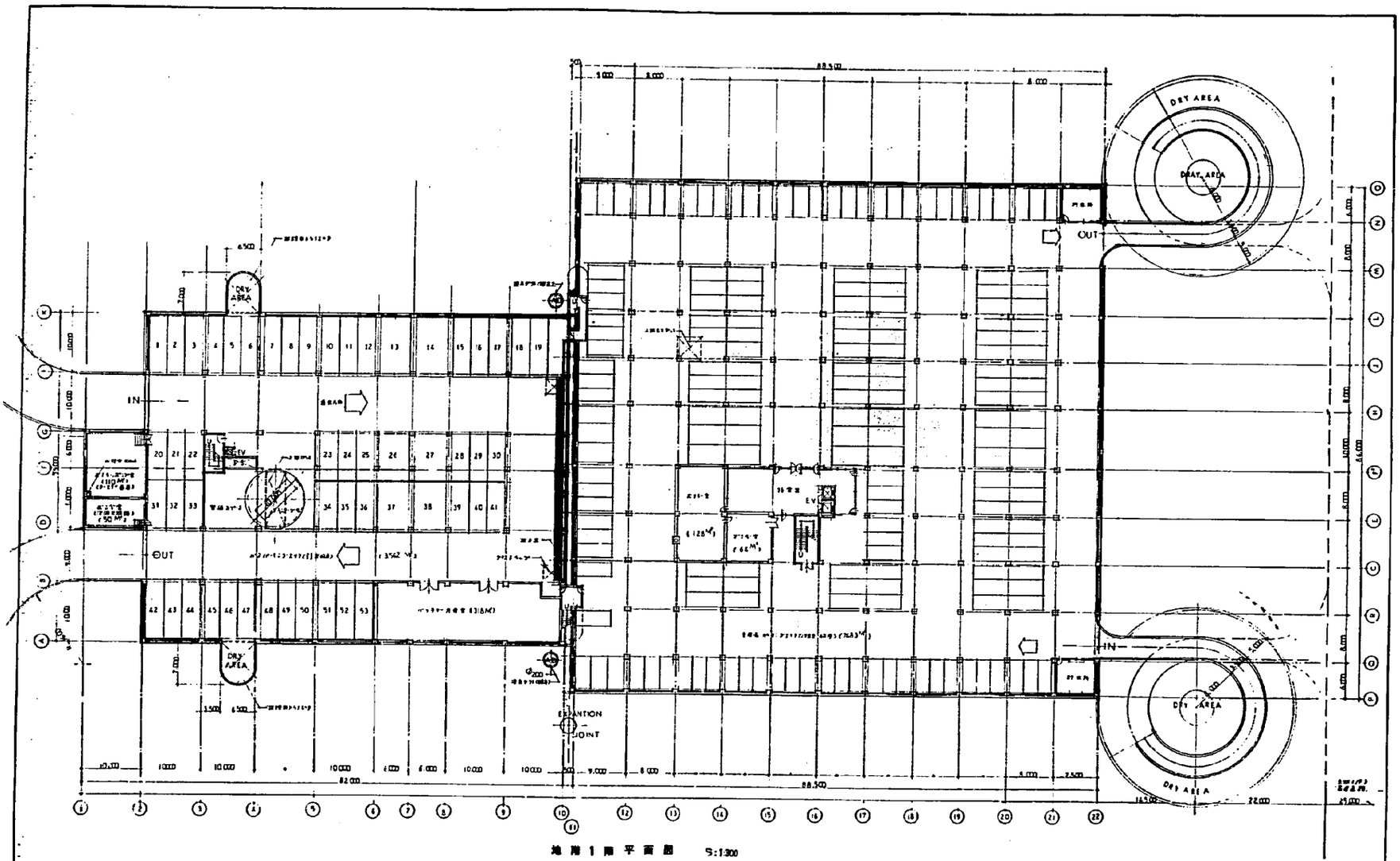
図4-13 時間帯別来降人員想定



配置計画図 S:1:500

ターミナル
配置計画図
図4-1

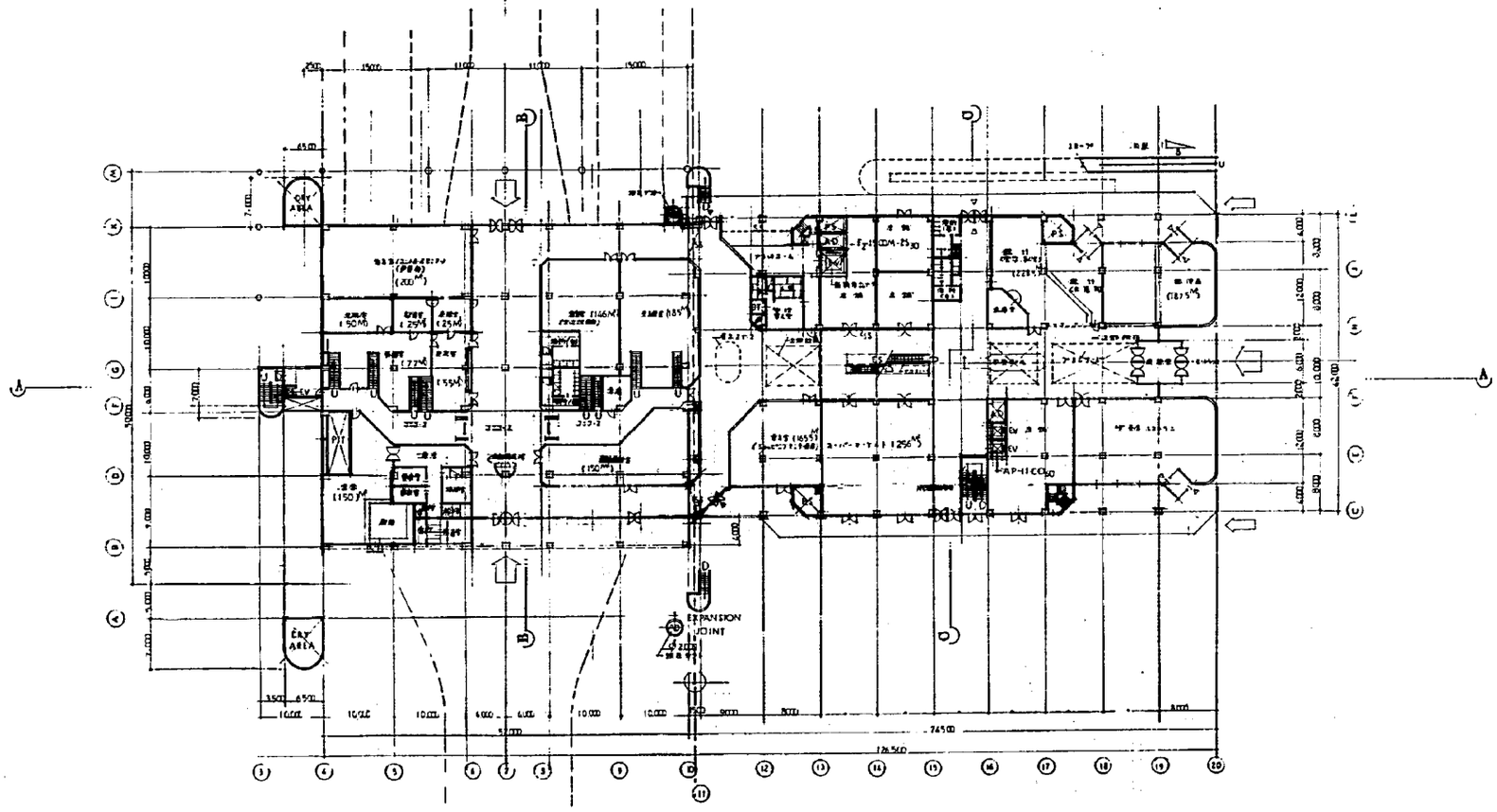
129~130



地階1階平面図 S:1:300

ターミナル
地階1階平面図
図 4-2

131~132

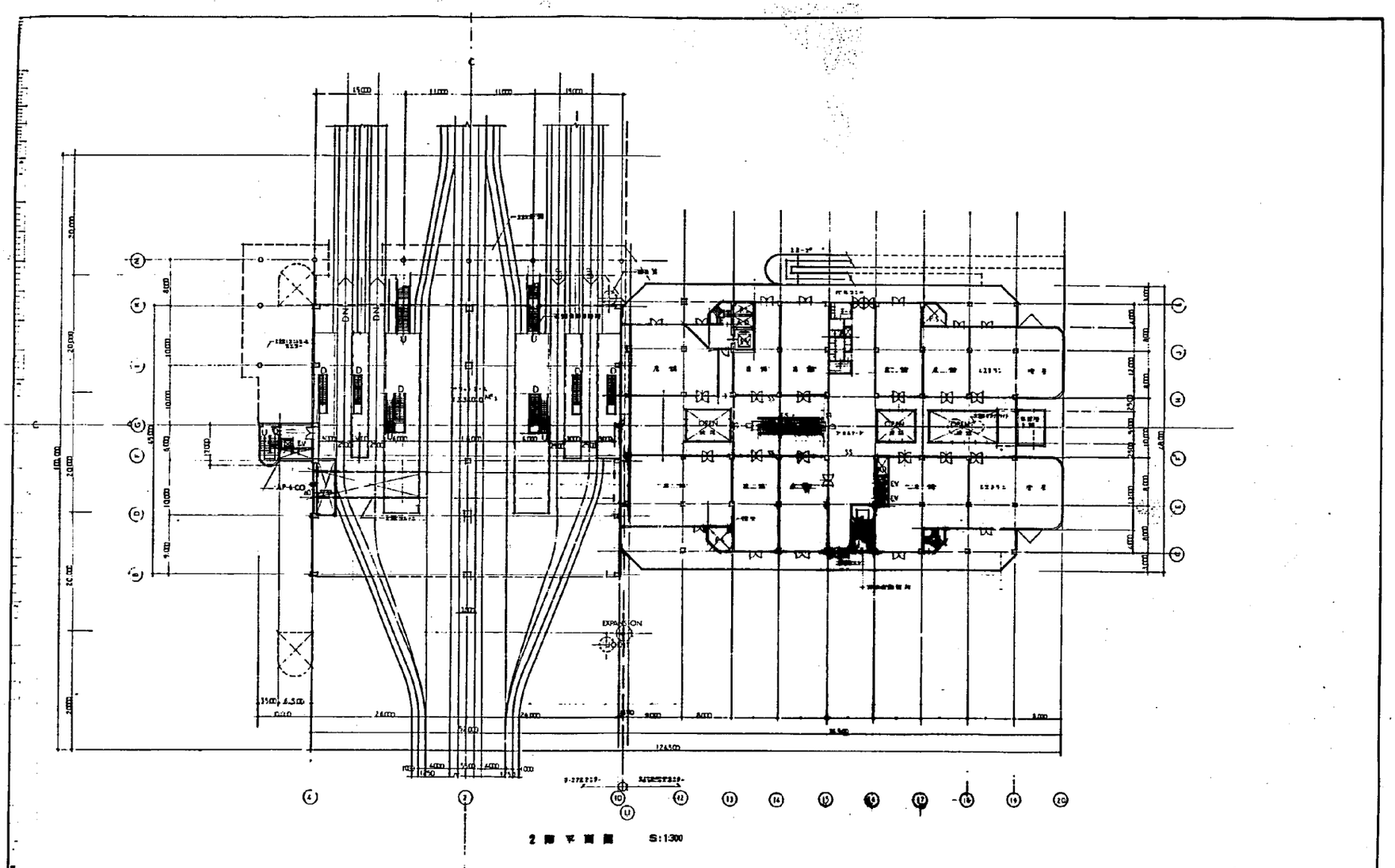


1階平面図 S:1:300

ターミナル
1階平面図
図 4-3

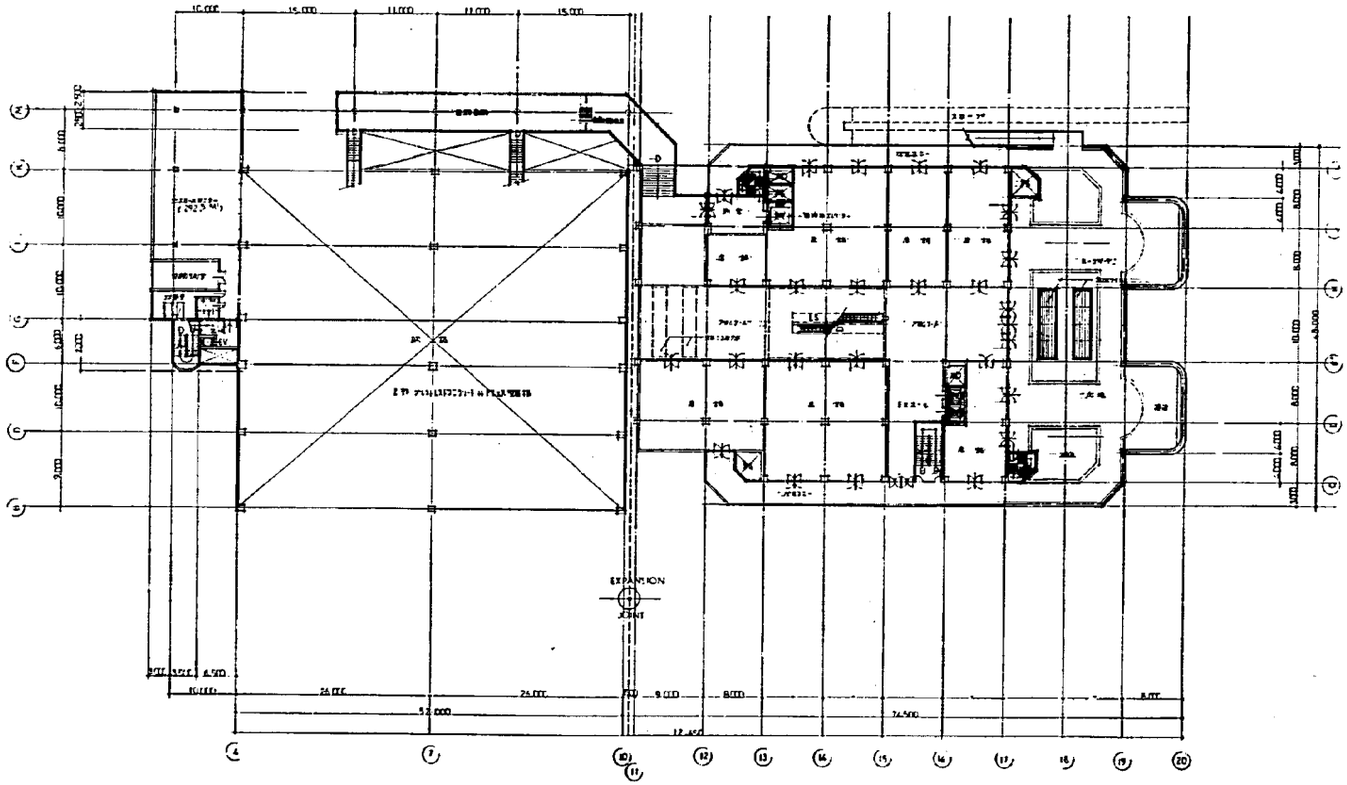
133~134

131



ターミナル
2階平面図
図 4-4

135-136

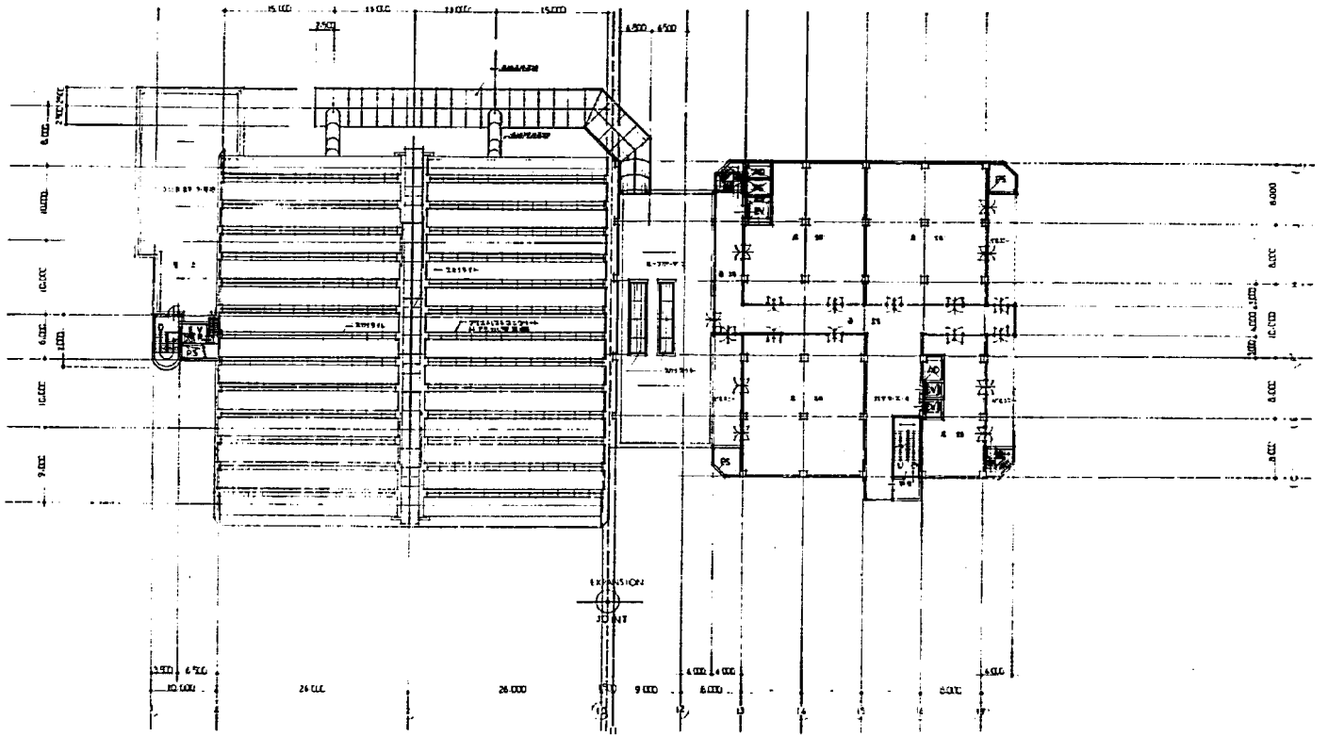


3階 平面図 S=1:300

ターミナル
3階平面図
図 4-5

137~138

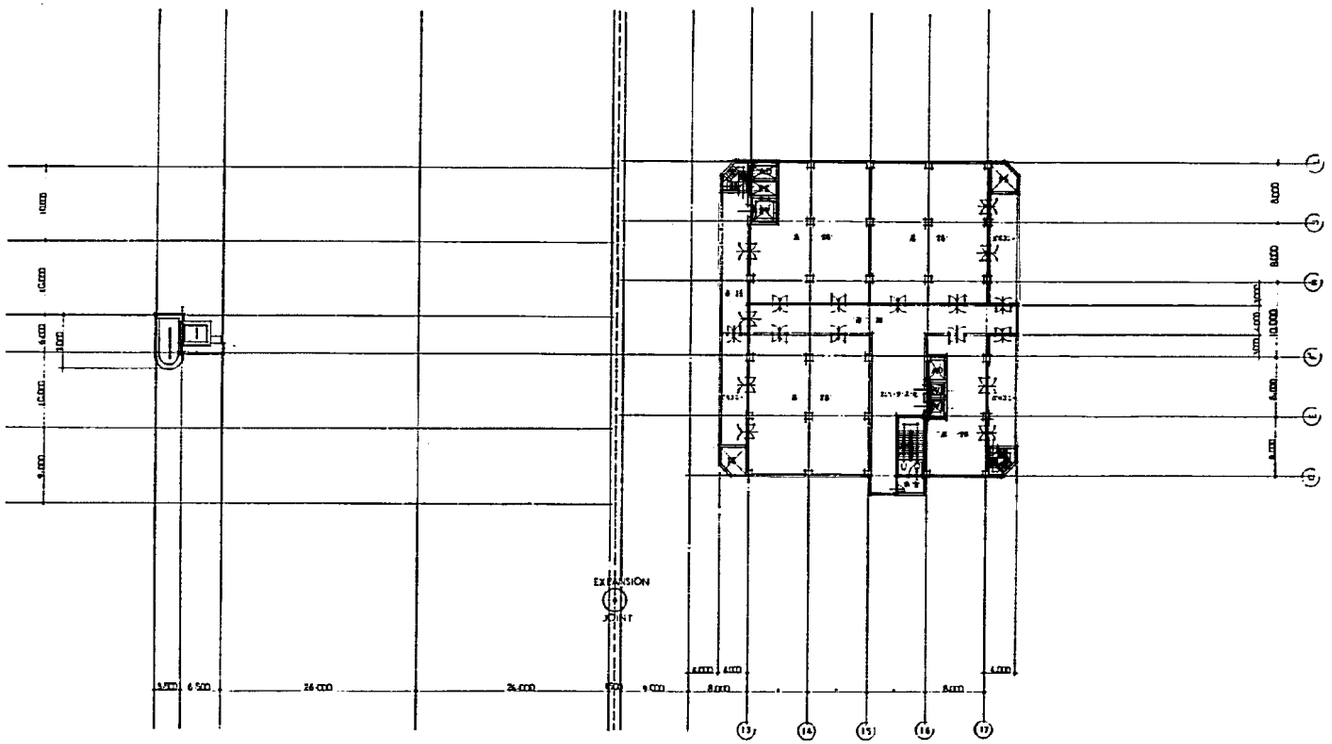
133



4階平面図　S:1:300

ターミナル
4階平面図
図 4-6

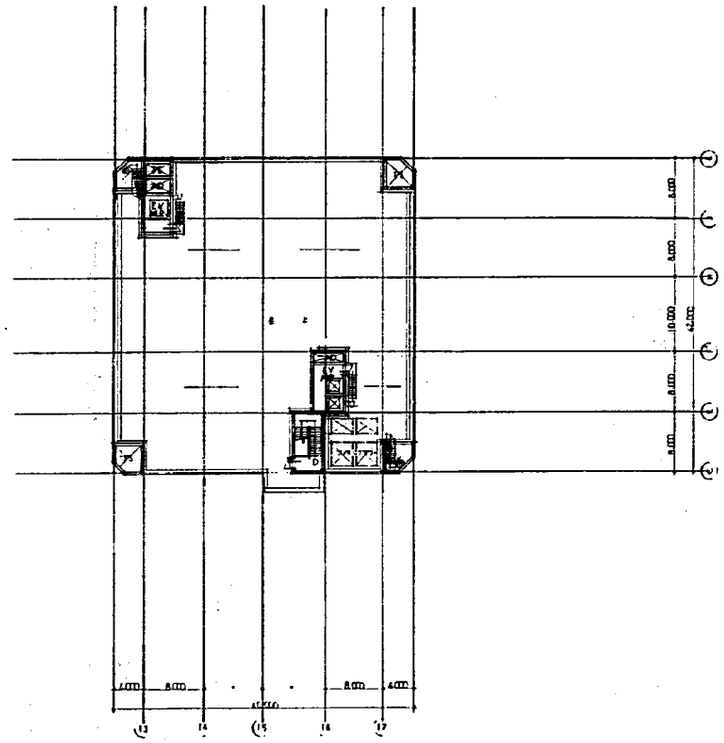
139~140



5 階 平 面 図　　S:1:300

ターミナル
5 階 平 面 図
図 4-7

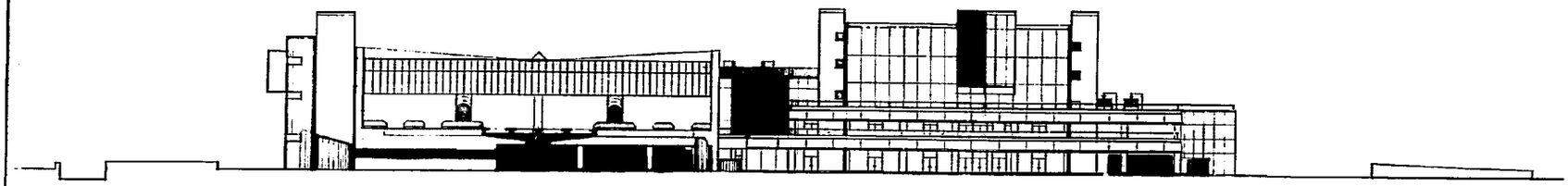
141~1



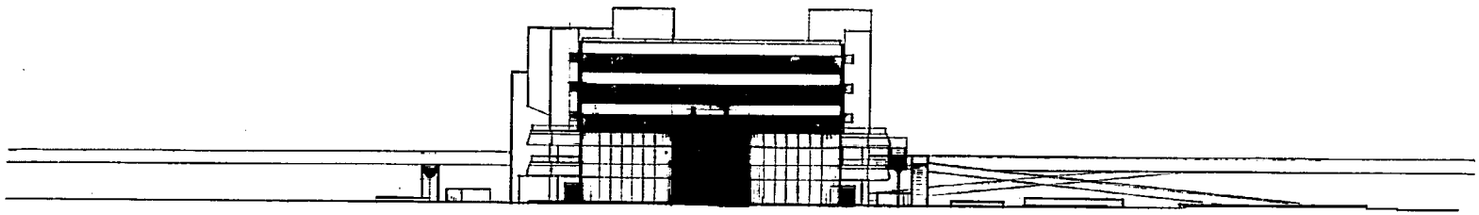
PH1階 平 面 図　　S:1:300

ターミナル
PH1階平面図
図 4-9

143~144

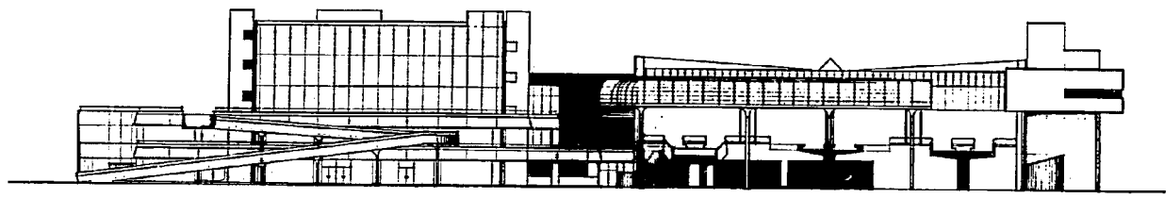


立 面 図　　S:1:300

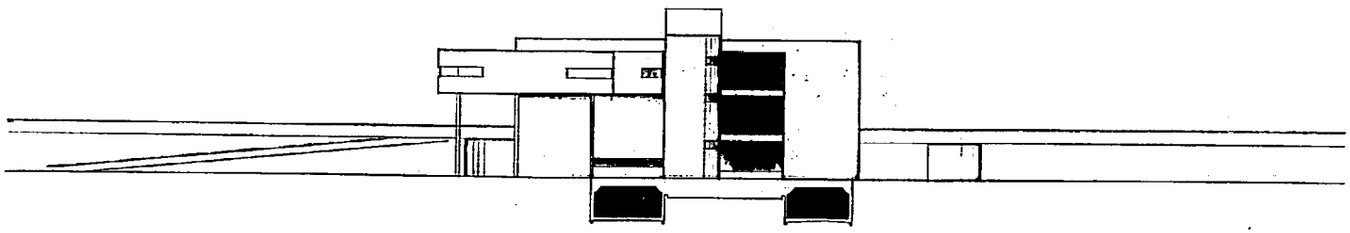


立 面 図　　S:1:300

ターミナル	145~146
立 面 図 (1)	
図 4-9	

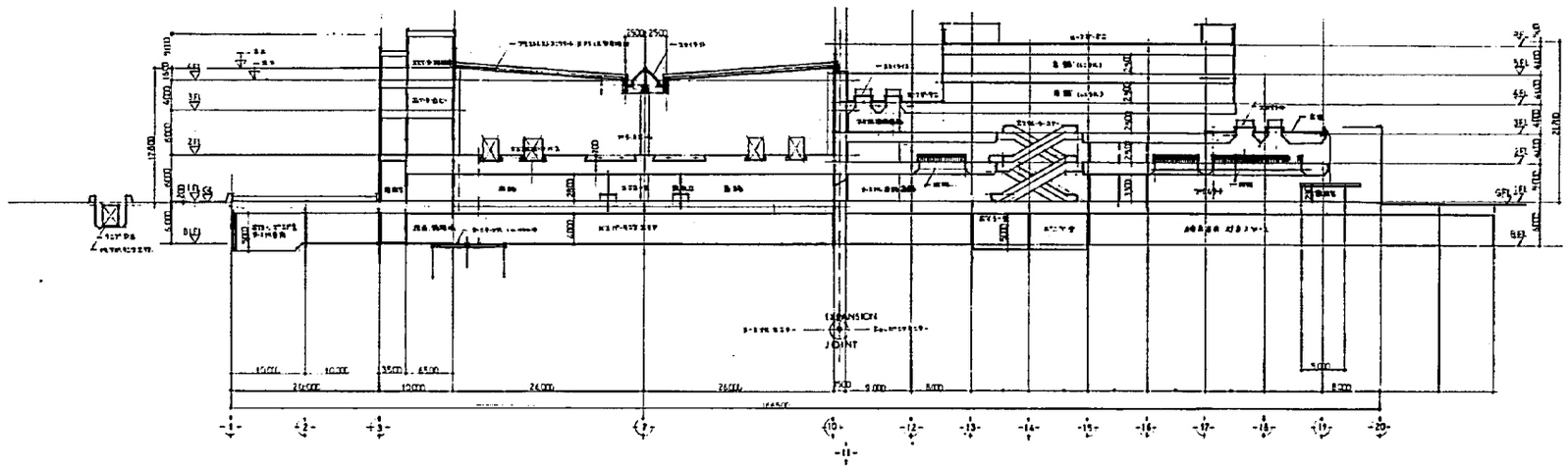


立 面 図　S:1:300



立 面 図　S:1:300

ターミナル	147~148
立面図 (2)	
図 4-10	

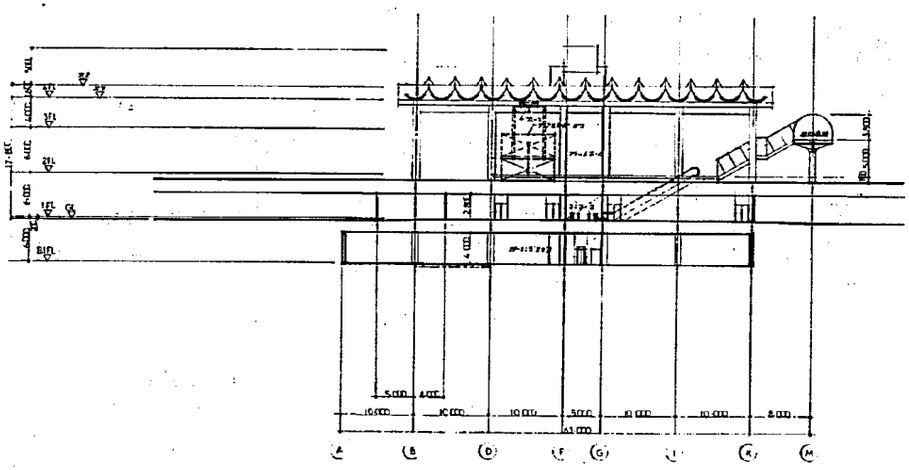


A-A 断面図 S:1:300

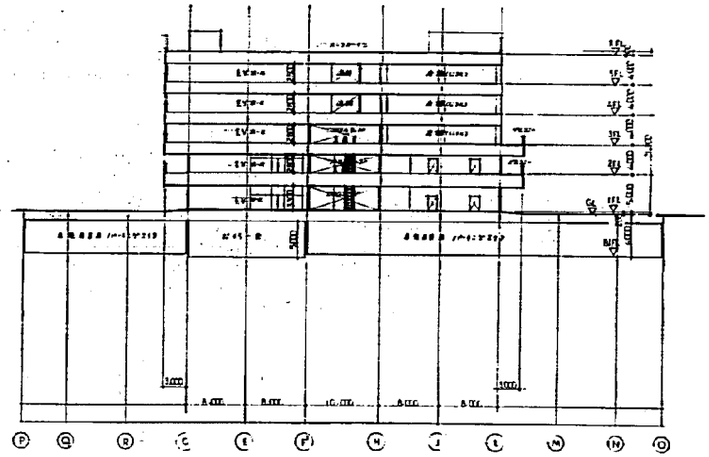
ターミナル
断面図 (1)
図 4-11

149~150

139



B-B 断面図 S:1:300



C-C 断面図 S:1:300

ターミナル	151~152
断面図 (2)	
図 4-12	

1,０００人×0.５０＝５００人／時間

処理能力１５人／分として、必要台数は

７５０＋（１５×６０）＝0.８３

設置台数は２台とする。

2) 両　替　機

両替機は１台設ける。

3) 定期券販売機

夕方のラッシュ時の利用者の半数が２５日間に均等に購入するとすれば

5,０００×0.５０＋２５＝１００枚／時間

１台ではやや不足するので、２台設置する。

4) 自動改札機

朝のピーク時に5,０００人／３０分を通過させることで計画する。毎分６０人の能力として、集札するのに必要な台数は

5,０００＋（６０×３０）＝2.７８台

改札用に１台、予備機１台として、合計５台を設置する。なお機器は集・改札両用とする。

5) 精　算　機

精算は利用者の１０％を対象として考える。利用者は

5,０００×0.１０＝５００人／３０分

通過所要時間は５秒程度であるので、毎分１０人の能力とし、必要台数は

５００＋（１０×３０）＝1.６７台

専用機１台、自動改札機２台に精算機能を付与してカバーする。

(3) ホーム構成

1) ホーム面数

ホーム面数は平均到着間隔１５秒であり、平均停車時間を４０秒、最長６０秒程度と考えれば、並列にバースを設けられるとすると、バース数は次のようになり

６０＋１５＋１＝５バース

巾が広くなりすぎるので、直列に配置し、ロスを1.３見込めば、6.5

バースとなるので、ホーム数を3とし、各2、3、2バースの配置とする。

2) ホーム巾員

夕方のラッシュ時の乗車客と朝のラッシュ時の降車客とで検討する。乗車必要巾は30人を乗せるものとして

$$B_1 = \sqrt{\frac{2}{\pi} \times \frac{30}{1 \times 4.0}} = 2.2\ m$$

乗客流動巾は平均発車間隔を1分（20秒×3）として

$$B_2 = 0.73 \times 30 + (1 \times 60) = 0.24$$

ホーム縁端距離0.7mを両側に設けて

$$B = 2.2 + 0.24 + .2 \times 0.7 = 3.9\ m$$

が夕方の乗車時のホーム必要巾であり、朝は降車客流動巾は平均到着間隔45秒（15×3）であるので

$$B_2 = 0.73 \times 40 + .45 = 0.65\ m$$

ホーム縁端距離を両側に設け、合計

$$B = 0.65 + 2 \times 0.7 = 2.1\ m$$

ホーム巾は夕方の乗車時で考えて、4.0mとする。

また片側ホーム部は同様に夕方で考えて

$$B = 2.2 + 0.24 + 0.7 = 3.14\ m$$

であるが、3mとする。

(4) 電気室

電気室は加速中2台、走行中20台に供電するものとし

107 KW × 2 = 214 KW

45 ×20 = 900 KW

合計1,114 KW であるので、定格は

1,114 + 150 = 743 KW

一斉再起動は二分割再起動として、500 KW × 3 を設け、2系列給電で、予備1台とする。

3.4.4. ストップ

一般道路上に設けられたストップの例である。

想定利用者数はラッシュ時に、250人／30分程度とする。これは最

大輸送量を5,０００人／３０分とし、その２０％を沿線のストップで扱うと考えた場合の1/4に相当している。

バスが２分半毎に停車するならば、１台には

$$250+30\times2.5=21\text{人}$$

乗り込むこととなり、運転間隔もあまり長くなく、バースも１バースで十分である。

ホーム巾員の乗降必要巾は

$$B_1=\sqrt{\frac{2}{\pi}\frac{21}{1\times4.0}}=1.85\text{M}$$

縁端距離0.７Ｍを加え、2.５Ｍとする。

出改札設備は普通券売機、自動改札機を予備機含みで、各２台設け、改札機の１台は精算機とする。ほとんどの時間が無人となるので、特に監視、案内設備には留意の要がある。例では上下方向独立に設けられているが、上下接近させ、出・改札設備を共同にすることも場合によれば可能である。（図２－３参照）

4. あとがき

デュアル・モード・バス・システムの構造、安全性、機能等について、本編各章にわたって検討してあるが、その中の基本仕様について（財）国土開発技術研究センターに設けた学識経験者、関係官庁の方々により構成された「デュアル・モード・バス・システムの技術開発委員会で討議した。その結果本文中、2、基本仕様について、説明を行ない、この趣旨により作業を進めることが了承された。

なお、いわゆる新交通システムと呼ばれているものの開発は世界で数多く行われているが、それらの優れた点を上手く取り込み、最もフレキシブルで、かつ最良の機器構成を考えるようにとの御助言をいただいた。

まえがき

建設省においては昭和４８年度より「新道路交通システムの開発」を総合技術開発プロジェクトの一課題として取り上げ，デュアルモード・バス・システムの研究開発を鋭意すすめてきた。昭和４９年度は建設省土木研究所，（財）国土開発技術研究センターおよびデュアルモードバスシステム研究会に属する新日本製鉄㈱，日産自動車㈱，石川島播磨重工業㈱，東洋工業㈱，松下通信工業㈱および東京芝浦電気㈱の民間６社の官民による共同研究により，ガイドウエイの建設，車輌の製作を行ない，走行実験を実施し，デュアルモード・バスの実用化を大きく推進した。

この報告書は上記共同研究の一環として建設省土木研究所より（財）国土開発技術研究センターに委託された「デュアルモードバス・システム　委託業務」のうちハードウエアに関する検討をとりまとめたものである。

この報告のとりまとめにあたり，熱心に調査，討議に参加された各委員および関係各位に対し心から謝意を表するものである。

昭和５０年３月

（財）国土開発技術研究センター

デュアルモード・バス・システムの技術開発委員会名簿

委員長	八十島　義之助	東京大学工学部土木工学科
委　員	藤　井　澄　二	東京大学工学部産業機械工学科
〃	井　口　雅　一	東京大学工学部産業機械工学科
〃	越　　正　毅	東京大学生産技術研究所
〃	岡　　並　木	朝日新聞社論説委員
〃	真　宅　正　博	日本国有鉄道技術開発室
〃	富　永　孝　雄	通商産業省機械情報産業局自動車課
〃	宇　野　則　義	運輸省自動車局整備部整備課
〃	佐　藤　秀　一	建設省大臣官房政策課
〃	上　東　公　民	建設省大臣官房建設機械課
〃	高　秀　秀　信	建設省大臣官房技術調査室
〃	並　木　昭　夫	建設省都市局都市交通調査室
〃	中　野　三　男	建設省都市局街路課
〃	浅　井　新一郎	建設省道路局企画課
〃	渡　辺　修　自	建設省道路局道路経済調査室
〃	藪　本　健　作	建設省道路局国道第１課
〃	坂　上　義次郎	建設省道路局国道第２課
〃	市　原　　薫	建設省土木研究所千葉支所
〃	石　戸　　明	建設省土木研究所千葉支所道路部
〃	桑　恒　悦　夫	建設省土木研究所千葉支所機械施工部

委員	杉山道彦	新日本製鉄株式会社エンジニアリング 事業本部開発部新交通システム開発室
〃	高木猛	日産自動車株式会社設計開発本部
〃	長谷場新二	石川島播磨重工業株式会社重機プラント事業本部油圧技術室
〃	松井雅隆	東洋工業株式会社研究開発本部自動車企画部
〃	河原滋	松下通信工業株式会社データ制御事業部
〃	山川重一	東京芝浦電気株式会社総合営業部
〃	三浦孝雄	(財)国土開発技術研究センター
〃	前川喜寛	(財)国土開発技術研究センター
幹事		
〃	椎名彪	建設省大臣官房政策課
〃	田中康之	建設省大臣官房建設機械課
〃	藤田喜行	建設省大臣官房技術調査室
〃	埜本信一	建設省道路局道路経済調査室
〃	藤田大二	建設省土木研究所千葉支所道路部道路研究室
〃	前島忠文	建設省土木研究所千葉支所道路部道路研究室
〃	本田宣史	建設省土木研究所千葉支所道路部機械研究室
〃	長健次	建設省土木研究所千葉支所道路部機械研究室
〃	山口隆康	新日本製鉄株式会社エンジニアリング事業本部新交通システム開発室
〃	得田与和	日産自動車株式会社中央研究所システム開発部
〃	松野三朗	(財)国土開発技術研究センター研究部

目　　次

Ⅰ　トータルシステムの検討 ―― 1

1. トータルシステムの概要 ―― 3

2. 開発要因の個別説明 ―― 10

2－1　システムの概略設計 ―― 10

2－2　プロトタイプシステムの設計・試作・実験 ―― 15

Ⅱ　第一次走行試験に関するガイドウエイ及び車輌 ―― 21

1. ガイドウエイ ―― 23

2. 車　輌 ―― 27

2－1　誘導装置の説明 ―― 27

2－2　車輌諸元表 ―― 61

2－3　図　面 ―― 61

2－4　誘導装置制御系の説明 ―― 67

2－5　車輌限界　建築限界 ―― 69

Ⅲ　第一走行試験計画書 ―― 73

1. 試験の目的　範囲 ―― 75

1－1　試験の目的 ―― 75

1－2　試験の範囲 ―― 75

2. 試験項目および方法 ―― 75

2－1　誘導壁作用力試験 ―― 76

2－2　誘導分岐試験 ―― 76

3. 設備概要 ―― 76

3－1　ガイドウエイ ―― 76

3－2　車　輌 ―― 78

3－3　通信装置 ―― 78

Ⅳ　誘導システムとしての通信方式の基礎試験計画書 ―― 81

1. デュアルモードバスシステムの通信方式概要 ―― 83

2. 通信上の問題点 ―― 83

3. 今回の実験の目的と内容 ―― 86

4. 実験用機材 ―― 87

5. 実験のスケジュール ―― 88
V 試験結果のとりまとめ ―― 93
1. ガイドウエイ ―― 95
1－1 誘導壁に作用する力 ―― 95
2. 車 輛 ―― 99
2－1 実験車の一般確認 ―― 99
2－2 ガイドウエイにかかる作用力 ―― 103
2－3 軌 跡 ―― 120
2－4 ガイドウエイの線形に対する車輛の感受性 ―― 136
2－5 総合考察 ―― 142
2－6 残された実験課題 ―― 144
3. 通 信 ―― 144
3－1 ループの磁界分布 ―― 145
3－2 ループのインピーダンス ―― 146
3－3 通信系測定のまとめ ―― 146

I　トータルシステムの検討

150.

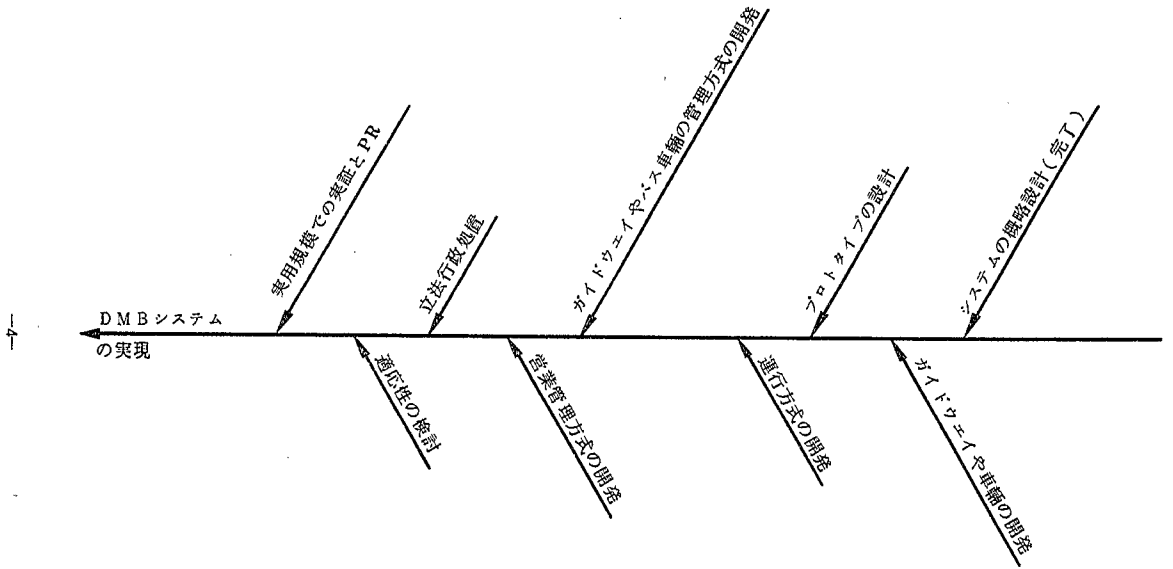
1. トータルシステムの概要

1—1 デュアルモード・バス・システムの開発要因の検討

新交通システムが実用されるためには，今後長い将来にわたって使用に耐える充分なる機能が備わっている必要がある。いうまでもなくその中心となるものは多数の制御対象車輌を有し，高度の省力化がなされ，効率の高い運行が行なわれ，利用者に満足のゆくサービスを提供することである。

また，安全，環境保全の面からも充分な検討がなされ，地域住民に抵抗なく受け入れられるようなものでなくてはならない。こういった条件をより充分に満たすために，デュアルモード・バス・システムはデュアルモードとしての特質を充分発揮する必要がある。デュアルモード・バス・システムは新しいシステムであるので，システム自体はもちろんこれを利用する側についても開発要因が潜在している。

これら要因を要因図的にまとめてみると図Ⅰ－1のごとくなる。またこれらの要因をさらに細分化したものを表Ⅰ－1に示した。



図Ⅰ－1．デュアルモード・バス・システム実現の要因図

表Ⅰ－1　開発要因の細分類

ガイドウエイや車輌の開発	プロトタイプの設計	運行制御方式の開発	ガイドウエイやバス車輌の管理方式の開発	営業管理方式の開発	立法行政処置	適応性の検討	実用規模での実証とPR
ガイドウエイ関係 (1) 自然環境対策装置 (2) 給電線・集電器構造 (3) 移動体通信方式 (4) 衝突防止装置 (5) バッテリーの自動交換充電 (6) 地上形障害物検知装置 バス車輌関係 (1) 非接触誘導分岐装置 (2) 車上制御による車間距離維持方式 (3) 車載電気品 (4) 障害物検知装置 (5) 空調設備 (6) 高性能バッテリー (7) 安全タイヤ (8) エンジンモータ方式 (9) 車上分岐式誘導装置	(1) 衝突防止方式 (2) 短時隔自動運転方式 (3) 通信・信号方式 (4) 自動検査方式 (5) モード切換方式 (6) システム全体の安全性，信頼性，機能特性，環境対策，ヒューマンファクター，についての設計・測定 (7) デザイン	(1) デマンド運行方式 (2) スケジュール運行方式 (3) 異常時対策 (4) 運転手割当方式 (5) 集中監視方式 (6) 乗客誘導通報方式	(1) ガイドウエイおよび附帯設備管理方式 (2) バス車輌管理方式 (3) 電力管理方式	(1) 自動出改札方式 (2) 料金管理方式 (3) 要員管理方式 (4) 事務管理方式 (5) 防災・防犯・救難方式 (6) 弱者救済方式	(1) 安全基準の設定 (2) 設置基準の設定 (3) 導入予定地調査 (4) 地方自治体への指導・助成 (5) 建設・開発への助成 (6) 運賃制度の確立 (7) 設計の標準化規格化	(1) 適応性検討モデルの作成 (2) 最適導入予定地の選定 (3) 最適システム仕様の検討 (4) 導入効果の推定	(1) デモンストレーションの実施 (2) 一般へのPRの強化 (3) 適用予定地住民へのPR (4) 安全性・信頼性の実証 (5) 建設に当たっての国の助成 (6) 長期交通計画の設定

1－1－1 ガイドウエイやバス車輌の開発

デュアルモード・バス・システムを構成するガイドウエイやバス車輌が個別にもっている開発要因は下に示すとおりである。

1) ガイドウエイ関係

(a) 自然環境対策装置

寒冷地における氷雪などに対するガイドウエイなどの機能保全のための，ヒーター，シェルターなどの検討など。

(b) 給電線，集電器構造

ガイドウエイおよびバスのデザインを簡単化させるために，上下動の小さい集電器支持装置，集電子材質を検討し，また絶縁材・導電材・支持材の検討により，少なくとも現状技術基準よりも小型な給電線の形状を開発する。

軽量・小型で，騒音の発生が少なく，長寿命で離線率の低いものであること。

(c) 移動体通信方式

符号誤り率，ＳＮ比，レベル変動の低い安定した通信品質の移動体通信方式，機器の検討

(d) 衝突防止装置

合流部，ターミナル部などにおける閉塞制御の機能低下をカバーしうる衝突防止装置の研究

(e) バッテリーおよびその充電システム

主バッテリーの充電のためにバスのバッテリーを自動交換させる装置およびガイドウエイ上での有効なる充電方式の検討

(f) 地上形障害物検知装置

ターミナル，ストップなどで用いる地上形障害物検知装置

2) バス車輌関係

(a) 非接触誘導分岐装置

電磁誘導など非接触による誘導方式，装置であり，特に信頼性の高いものであること。

(b) 車上制御による車間距離維持方式

車上での正確な車間距離の計測を基礎とするCAR FOLLOWING METHOD による車間制御方式の研究

(c) 車載電気品

小型で耐震・耐熱性の良い車載品の開発

インバーター，開閉装置，制御装置，ＳＣＲ，主電動機，コネクタ，ＩＣ，センサーなどを対象とする。

(d) 障害物検知装置

路上障害物の車上リモートセンシング

ガイドウエイなど構築物と障害物との判別をし，警報を発したり，ブレーキ指令の出せる装置

あるいはターミナル，ストップなどで用いる地上型障害物検知装置

(e) 空調装置

寒冷地での暖房，高湿地での冷房などバスの空調設備の検討。特に軽量・小型の車載用装置

(f) 高性能バッテリー

寿命を落さずに出力密度の高い二次電池の研究

(g) 安全タイヤ

走行用車輪のパンク時の変形を小さくおさえる方式，パンクの検出装置などの開発

誘導輪，分岐輪，バックアップ輪などのタイヤの小型化耐久性向上をねらう。

(h) エンジン・モーター方式

ハイブリット型デュアルモードバスとして，一般路では内燃機関で，ガイドウエイでは給電線よりの電力で走行するシステムの主として車輛・機器構成，レイアウトなどの検討

(i) 車上分岐式誘導装置

車輛構造を簡単にしうる軽量・小型で，信頼性が高くまた低コストで提供できるもの。誤動作にたいしてもバックアップ装置との間で，いわゆる，またざき現象をおこしたり，異方向に進行し構造物に激突したりしないこと。

1—1—2 プロトタイプの設計

システムを構成する主要なコンポーネントとしての各種装置機器はプロトタイプのシステムを設計・試作する過程で選択されさらに改良される。そしてプロトタイプシステムを運転

15

して装置・機器の個別の問題やシステムとしての問題が整理される。システムとして開発要因は以下に示す。

(1) 本線部，分岐部，合流部，ストップ部などで車輌が衝突することを防止する確実で経済的な方式の開発

(2) １５秒程度の短時隔で車輌を安全確実に自動運転する方式の開発

(3) 車輌の保安，自動運転，を行なうための通信・信号方式の開発

(4) 車輌の状態をセンターで集中監視する方式の開発

(5) 一般道路走行とガイドウエイ走行の二つのモードの切換とそれにともなう進入，退出時の制御および機器の自動チェックの方式の開発

1－1－3 運行制御方式の開発

車輌を効率良く，安全に運行するための方式の開発で次のものがある。

(1) 乗客からのデマンドにより効率の良い車輌の運行を行なう方式の開発

(2) 乗客の大量輸送を目的とするスケジュール運行方式の開発

(3) 異常時の車輌の運行方式（故障車退避，停車駅変更，スケジュール変更，再起動等）の開発

(4) 一般路走行のための運転手の効率の良い活用方法の開発

(5) 各システム機器のセンターでの集中監視方式の開発

(6) 乗客を安全に輸送するための種々の乗客管理方式の開発

1－1－4 ガイドウエイやバス車輌の管理方式の開発

ガイドウエイ，駅舎，路側機器，車輌などの管理を確実にかつ省力化するための種々の方式の開発

1－1－5 立法，行政処置

デュアルモード・バス・システムは従来の交通機関に無い新しい要素を数多くもっているのでその開発，実用化には多額の費用と数多くの困難が予想される。したがって立法，行政処置はシステム実現の主要な要因となりその内容としては次のものがある。

(1) 自動運転（無人）および省力化が行なわれるので安全に対しては充分な配慮が必要と

なる。したがって安全基準の制定が必要となる。

(2) デュアルモード・バス・システムの建設には利害の調整などについて住民との対話が必要である。このためにも設置基準，建設基準の制定が必要となる。

(3) 行政機関は候補地の詳細な事前調査を必要とする。

(4) 地方自治体が都市の開発計画にデュアルモード・バス・システムの導入を考慮できるよう指導し，または助成する必要がある。

(5) 建設開発に当っては多額の初期投資が必要となるのでこれに対する助成が必要である。

(6) デュアルモード・バス・システムの運営により適正利潤を確保できる運賃制度の確立が必要である。

(7) デュアルモード・バス・システムの主要な装置・機器の寸法・特性などを標準化・規格化する必要がある。

1−1−6 デュアルモード・バス・システム適応性の検討

デュアルモード・バス・システムの適用に当ってはこのシステムの適用が最適かどうかの検討が必要となる。この適応性の検討を行なうためには次の要因が必要となる。

(1) デュアルモード・バス・システムのためばかりでなく，一般の新交通システムの導入予定地に対する適応性を比較検討するためにも適応性検討モデルを作る必要がある。

(2) このモデルを用いて最適導入予定地を選定する。

(3) デュアルモード・バス・システムの仕様をこの導入地に対して適正なものにするために，モデルを用いて検討する。

(4) 導入によってその地域が得るさまざまな効果を推定して好ましいものか否かを検討する。

1−1−7 実用規模での実証とPR

いかに最適なシステムがあり，優秀なハードウエア，ソフトウエアができていてもデュアルモード・バス・システムに対する社会的信頼がなければ実現はされない。このためデモンストレーションの実施は不可欠でありその内容は以下のものを含む必要がある。

(1) マスコミなどを通じて一般的な概念をひろくPRする。

(2) 実用機を模したプロトタイプシステムを作り利用者のうけるサービスを具体的にPR

する。

(3) 適用予定地が決っている場合にはそこの住民に対し充分なる事前ＰＲを行なう。

(4) 実用規模でのシステムで安全性，信頼性を充分に実証する。

(5) 運営者が適正な利潤を得られることを示す。

(6) 国または地方自治体としての長期交通計画に適応したシステムたりうることを示す。

2． 開発要因の個別説明

2－1. システムの概略設計

現時点で実用可能なシステムを目的とするものでその基本思想は次の通りである。

1) デュアルモード・バス・システムの設計思想

全体のシステムの計画に当たっては，つぎの事項を基本としている。

(a) 安全性・信頼性がきわめて高いこと

(b) 運行・保守の面で，省力化を指向すること

(c) 低公害・省エネルギーであること

(d) 実用上支障のないコストで運営できるものであること

(e) 実用化の支障のない技術内容のものであること

さらにつけ加えるならば，かつて自動車や鉄道が技術の進歩とともに発展したように，デュアルモード・バス・システムも関連技術の進歩を遅滞なく取り入れ，より理想的なシステムになりうる素地を持つものとして考える。

システムのコンポーネントについてデュアルモード・バス・システムとして具備すべき条件は，大約下記のとおりである。

(1) ガイドウエイ関係（ガイドウエイ本線部，分岐・合流部，ストップ・ターミナル）

① 本 線 部

(a) 内部・外観ともに新しいシステムにふさわしいデザインであること

(b) 乗客のみならず，外部の人や物への安全に配慮されていること

(c) 乗客や沿線住民に不快な振動，騒音を発しないこと

158

② 分岐・合流部（本線部に準ずるほか以下のものを含む）

(a) 分岐・合流時の安全に考慮がはらわれていること

(b) 乗客の乗心地を害さない線形であること

③ ストップ・ターミナル

(a) 乗客のアクセス時間や利便性を考慮した配置であること

(b) 無人にすることへの十分な配慮と周辺の風致とのバランスの配置が十分なされていること

④ ガイドウエイストップ（上述のほか以下を含む）

(a) ストップ内での乗客の安全，居住性などにつき考慮がはらわれていること

(b) 客扱量に見合った容量を持つものであること

⑤ バスストップ（ストップ・ターミナル一般に準ずるほか以下を含む）

(a) 風雨，いたずらなどに対し十分な考慮がはらわれていること

(b) 簡易な構造で一般の交通を妨げないこと

(2) バス関係

① 車体

(a) 新交通システムにふさわしい外観・内装を有し，乗客の乗降について安全性の考慮が十分はらわれていること

(b) 空調・座席など，乗客の居住性に考慮がはらわれていること

(c) 老人・幼児・身体障害者の利用しやすい構造と施設を有すること

② 走行性能など

(a) 駆動源に対しては騒音・大気汚染などが少なく省エネルギー時代にふさわしいものであること

(b) 一般道路で他の交通の妨げとならない走行性能を持つこと

(c) ガイドウエイでの自動運転に適した安全で信頼性の高い制御方式であること

(d) 加減速度，ジャークなどは乗心地・安全に十分留意したものであること

(3) システム一般

① 自動運転についての安全

(a) フエールセーフ機能が十分考慮され，いかなる事故の場合にも車輌が安全に停止し，衝突しないこと

(b) ガイドウエイへ車輌が進入するとき，車輌の機能チェックを行なって不完全な状態の車輌の自動運転を行なわないこと

(c) 走行（車輌，ガイドウエイ）の状態およびストップの状態は，つねに監視され危険は未然に防止できること

② 運用管理

(a) ラッシュ時には，輸送力が十分確保でき，オフラッシュ時には利用者の待ち時間が短くなるような運行ができること

(b) 他の交通機関との接合が良好であること

(c) システムは，２４時間利用可能なこと

(d) 運用についての省力化が考慮されていること

③ 保全管理

(a) システムの信頼性が高く，またシステムダウン時の復旧が速かに行なえるよう考慮されていること

(b) 保守についての省力化が考慮されていること

④ 防 犯

∘車内やストップ内での犯罪防止に考慮がはらわれていること

2) デュアルモード・バス・システムの基本仕様

デュアルモード・バス・システムの基本的な仕様を以下に示す。

∘輸　送　力……5,000～10,000人／h

∘最小車頭間隔……標準　１５秒

∘モ　ー　ド……デュアル（一般道路走行・ガイドウエイ走行）

∘運行速度……４０km／h（ガイドウエイ上）

∘車　輌……車体寸法……長　１２m以内

幅　２.５m以内

高　８.８m以内

定　員……８０～５０人

支持方式……ゴムタイヤ

駆動方式……電動機

動力源……地上から給電（ガイドウエイ上）

蓄電池（一般道路上）

最高速度……６０ｋｍ／ｈ

登坂性能……発進１０％

最小回転半径……３０ｍ（ガイドウエイ上）

１２ｍ以下（一般道路上）

誘導方式……側方接触誘導

分岐方式……車上

- ガイドウエイストップ……オフラインタイプ
- 運行制御……運行方式……スケジュールおよびデマンド

制　御……地上制御装置指示による指示速度追従方式

（ガイドウエイ上）

常用加減速度……0.1ｇ

緊急減速度……0.3ｇ

デュアルモード・バス・システムは，全国どこにでも適用されるところから，その仕様は適用する条件によって種々考えられるが開発の第１ステップとしては，住宅団地と最寄りの鉄道駅や業務地との連絡に用いることを想定して表-Ⅰ－２のような範囲から前記の仕様を選定している。システムを構成するコンポーネントについても種々の組合せが考えられるが現在もっとも適切な方式として表Ⅰ－３のような組合せを選択した。

表Ⅰ－2　デュアルモード・バス・システムの仕様選定

1. 輸　送　力
   - 10,000～20,000人／h
   - **5,000～10,000人／h**
   - 2,000～ 5,000人／h

2. 車頭間隔（定員）
   - 標準　10 sec
   - **標準　15 sec ……30～50人**

3. 運行速度
   - **40 km／h（最高60 km／h）**
   - 80 km／h（最高120 km／h程度）

4. 車輌支持方式 ― **ゴムタイヤ支持方式**

5. 誘導方式
   - 非接触
     - 電磁波
     - 光
   - 接触
     - センサー
     - **機械式**

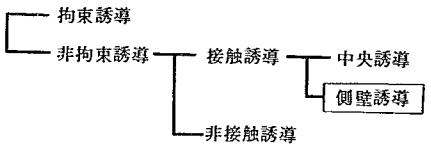
6. 動力方式
   - ガイドウエイ上
     - **給電**
     - 内燃機
   - 一般道路上
     - **バッテリー**
     - 内燃機

7. 制御方式
   - ガイドウエイ上 ― **完全自動運転・中央監視**
   - 一般道路上 ― **手動運転・中央の運行管理**

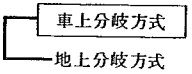
表Ⅰ－3　デュアルモード・バス・システムの設計概要

1. 車　　輛

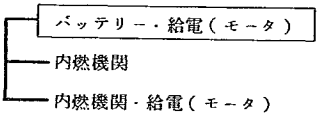
誘導装置



分岐方式

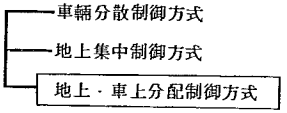


動力方式

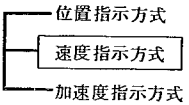


2. 制　　御

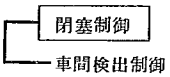
機器配置



走行指令方式



安　　全



2－2　プロトタイプシステムの設計・試作・実験

1）目　　的

デュアルモード・バス・システムに用いられている種々のコンポーネントは他の新交通システムと同様既存の技術で解決するものが用いられており，技術的に大きな開発要素をもったコンポーネントはないと考えて良い。しかし，これらのコンポーネントの組合せと

してのデュアルモード・バス・システムを考えた場合，そこに実験の必要性が生じてくる。

すなわち，このシステムが交通機関として用いられることを考えると，ハードウエアーのみに注目してもおよそ次の項目の実証が要求される。

(a) デュアルモード・バスに適した誘導・分岐機構（車上方式）の方式開発と安全性

(b) 自動走行の安全性と信頼性

このシステムをさらに実サイトに適用させ，実用化するためにはこの他に，次のような項目の実験，開発が必要である。

(c) 完成車による乗心地，客扱などの確認

(d) 騒音，日照権，美観などの確認

(e) 駅におけるマンマシンインターフエース確認

(f) 運行制御方式確認

(g) システム全体としての信頼性の確認

(h) 非常時対策

これらの項目をさらに試験項目に分類したものを表Ⅰ－4に示す。したがってデュアルモード・バス・システムを開発するにはこの表に示した試験を全て行なう必要がある。

表Ⅰ－4　開発試験項目

開発試験の目的	試験項目
コンポーネント単体の特性確認	誘導試験（操縦安定性） 車輛走行性能試験 通信方式基礎試験 バッテリー充放電試験 集電装置特性試験
コンポーネント単体の信頼性確認	車輛連続走行試験 重要保安部品耐久試験 通信制御機器耐久試験
システムの安全性確認	異常時の車輛走行試験 保安機能試験 電気系統保護回路機能試験
システムの性能確認	速度制御性能試験 運行制御性能試験 モード切替制御試験

表Ⅰ－4　開発試験項目（つづき）

開発試験の目的	試験項目
環境への影響の確認	車輛走行にともなう振動・騒音試験 電波障害試験
ヒューマンファクターの確認	車内の振動・騒音試験 乗降など利用上の利便性試験 乗心地試験

開発試験の区分としては開発の進行にしたがって次の3段階に分けて考え，これら3段階を通して表Ⅰ－4に示した開発試験を全て行なう。

Phase 1.　誘導試験

Phase 2.　無人走行試験

Phase 3.　確認先行試験

このうちPhase 3. は実サイトが決定した際にそのプロジェクトの先行試験として実サイトのシステムを一部先行製作し，試験を行なう。

2）内　容

試験の内容は次のようである。

(1) 誘導試験

誘導・分岐方式の開発に重点を置いた試験で，デュアルモード・バスに適した種々の方式から最も有力な2方式を選び確認試験を行なって方式を決定する。またこの時期に，無人走行試験に必要な通信装置の基礎実験もガイドウエイ上で併せ行なうこととし項目は次の通りである。

① 一般確認

(a) 各部動作チェック

(b) 誘導装置の特性チェック

② 操向性能

(a) 直進時操安性

(b) 旋回時操安性

(c) 分岐時操安性

(d) 異常時操安性

(e) 進入時操安性

165

③ 通信の基礎試験

(a) 地上アンテナ特性

(b) 車上アンテナ特性

(c) 地上－車上アンテナ組合せ（車上 $\overset{\rightarrow}{\leftarrow}$ 地上）

(d) 伝送試験（車上 $\overset{\rightarrow}{\leftarrow}$ 地上）

(2) 無人走行試験

自動運転それ自体は既に鉄道などで用いられている方式があるが，今回のものはショートヘッドウエイ（約１５秒間隔）であることとオフラインの駅を有することが異なっている。

種々のコンポーネントおよびサブシステムの機能が一応確認された段階で，自動走行システム全体を約１カ月間連続運行させ，その信頼性の確認を行なう。この実験によりシステムとしての信頼性配分の妥当性，将来の実施段階での信頼性の予想，システムとしての改良箇所の把握を行なうものである。

試験の項目としては次のものを考えている。

① 車輌試験

(a) 一般確認

(b) 操向性能

(c) 走行性能

(d) 制動性能

(e) 騒音特性（集電音など）

(f) 集電性能

② ガイドウエイ試験

(a) 車輌通過センサー試験

(b) 分岐輪位置検知用センサー試験

③ 通信試験

(a) 通信品質性能（ガイドウエイ上）

(b) 保安性能

④ 制御実験

(a) 追従制御性能の確認

(c) 定位置停止制御性能の確認

(d) A/M折換チェック性能の確認

(e) リモートコントロール性能の確認

(f) 総合実験

Ⅱ　第一次走行試験に関するガイドウエイ及び車輌

1. ガイドウエイ

1－1. 線形及び標準断面

ガイドウエイの線形は次の各部より構成されている。

(1) 最大速度５０㎞／Ｈで約３秒間走行出来る直線部

(2) 車輌の目標最小施回半径２５Ｍにやゝゆとりを加えた，半径３０Ｍの９０° 施回部

(3) 分岐合流部とオフライン・ストップ部

尚，各部は，次の前提で計算されている。

(1) 車輌加速度　　$\alpha = 0.1\,g$（3.53㎞／ｈ／Ｓ）

(2) 車輌最大減速度　　$\beta = 0.3\,g$（１０.５８㎞／ｈ／Ｓ）

(3) 超過遠心力　　0.1 g 積度

(4) 片勾配　　なし

(5) 緩和曲線　　クロソイド

以上の条件によって計画されたガイドウエイの線形図及び標準断面図は図Ⅱ－１に示す通りである。

1－2. 設計条件

ガイドウエイ設計に当ってその設計条件としたのは次の各項である。

(a) 荷　重　　走行路車輌総重量（４輪）１０Ｔ

後輪荷重　　3.5 Ｔ

誘導壁水平荷重

直線部　常　時　　0.1 Ｔ

異常時　　0.5 Ｔ

曲線部　常　時　　1.0 Ｔ

異常時　　2.0 Ｔ

分岐壁水平荷重

常　時　　1.0 Ｔ

異常時　　2.0 Ｔ

(b) 走行期間　　６ケ月

(c) 走行延回数　　約１０,０００回

(d) 走行軌跡　　ほぼ一定

(e) 最小半径　　３０ｍ

(f) 最大勾配　　横断水平　　縦断 1.0％

(g) 走行路線形　　1ケ所ストップ部を設ける。

(h) 舗　　装　　アスファルト舗装

(i) 準拠基準　　アスファルト舗装要綱　　（日本道路協会）

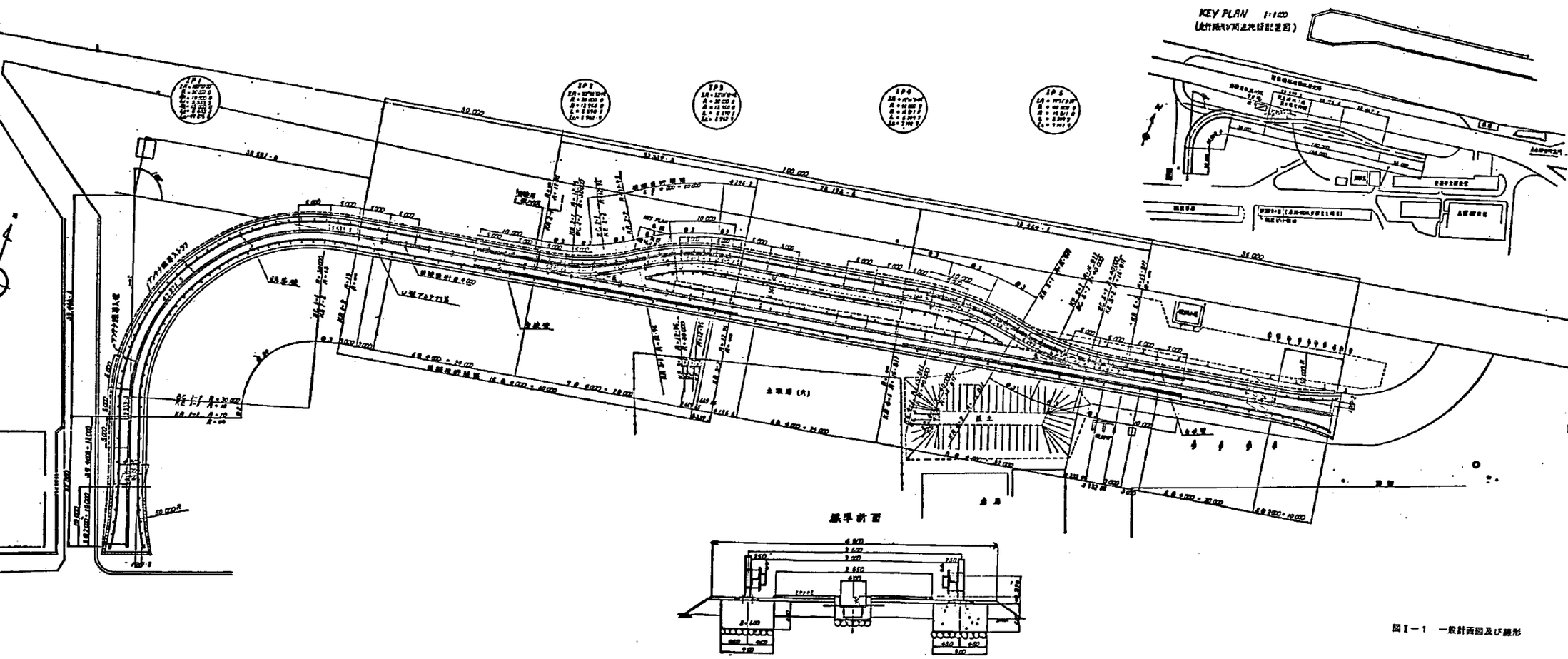
コンクリート標準示方書　（土木学会）

道路橋示方書　　（日本道路協会）

(j) 許容応力　　通常時　$\sigma ca = 1,400 \times 1.7 = 2,380 kg/cm^2$

異常時　$\sigma ca = 4,100 kg/cm^2$

異常時の残留変形は差しかえないという考え方である。



図Ⅰ－1　一般計画図及び標形

2. 車　輌

2－1　誘導装置の説明

2－1－1　誘導形式

a　デュアルモードバスシステムの誘導装置に要求される項目

デュアルモードバスシステムの誘導装置に要求される項目としては次のものが挙げられる。

(1)　走行安定性

ガイドウエイ上を無人運転で安全に走行するために各種の路面状態において安定した走行性が要求される。

デュアルモードバスシステムの誘導装置がシングルモードガイドウエイシステムの誘導装置と異なる点は，後者がガイドウエイ上の走行安定性のみを考慮すればすむのに対して，デュアルモードの名が示す通り一般道路上の走行も行なうので，一般道路上においても従来のバスと同程度の走行安定性ならびに操縦性が要求される点である。

(2)　誘導装置の伸張格納

デュアルモードバスシステムの車輌は一般道路上も走行するため，一般道路上において誘導装置を車体内に格納することを要求される。この誘導装置を伸張格納する機構には車輌の走行安定性を害することなく，安全，確実に作動および各状態を保持できることが必要である。

(3)　乗　心　地

デュアルモードバスシステムの乗客には立客も考えられるため，それらの安全を確保するに足る乗心地が要求される，とともに新しい交通システムとしての全般的な乗心地にも配慮を要する。

乗心地に対する誘導装置の影響は横方向の乗心地に大きく現われると考えられるが，これは走行安定性とも絡めて考慮する必要がある。

(4)　ガイドウエイとの関係

車輌の横方向および誘導装置の上下方向の変位は，ガイドウエイ横断面の構造やプラットフォームと車輌のすきまなどの建築限界に影響を与えるため，この変位量を少なくすることが要求される。

(5)　車輌としてのまとまり

デュアルモードバスシステムのバス車輌は現在の鉄道車輌やシングルモードガイドウエイシステムの車輌と異なり，一般道路上を従来のバスと同様に走行することが要

求される。すなわち，本システムの誘導装置は先に述べたような性能面での厳しい要求に加えて，車輌が通信装置，無人運転装置，補機動力装置など従来の車輌にはない多くの装置を車載するため．誘導装置装着のためのスペースや重量の面でも大きな制限を加えられることになる。このため，コンパクトかつ軽量であることが厳しく要求される。

b　実験車に採用した誘導形式

本実験に採用している側壁接触誘導方式には車輌の操舵輪と誘導装置を独立に配した誘導装置独立型式（図Ⅱ－２）と両装置を結合させ連動させる誘導装置連動型式（図Ⅱ－３）とがある。

両方式の主なる特長を以下に述べる。

(1)　誘導装置独立形式

①　誘導装置独立形式は原理的に誘導輪と車輌の相対変位がないため車輌の横ずれ量が少なく，特に車輌の前部，後部双方にこの形式を採用した場合は車輌限界，建築限界の巾方向の寸法を小さくすることが可能となる。

②　誘導装置連動形式を構成するに必要な誘導装置と前輪操舵装置を連動させる機構や，その連動機構を断続するための機構が本形式においては不要となり構造上の簡略化が図れる。

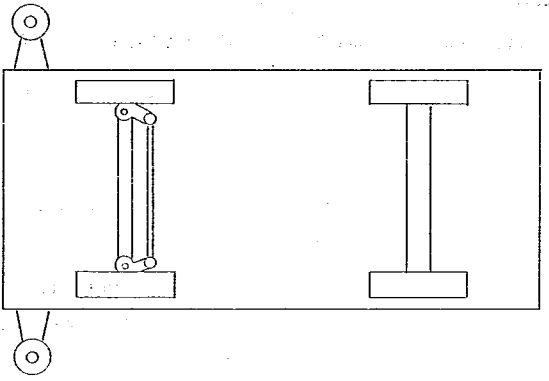
(2)　誘導装置連動形式

①　本形式は目標コースと車輌のずれにより前輪を操舵し車輌を誘導するという一般の自動車と同様の操向方式のため，低速から高速に到るまで自動車と同等の走行性能が得られる。

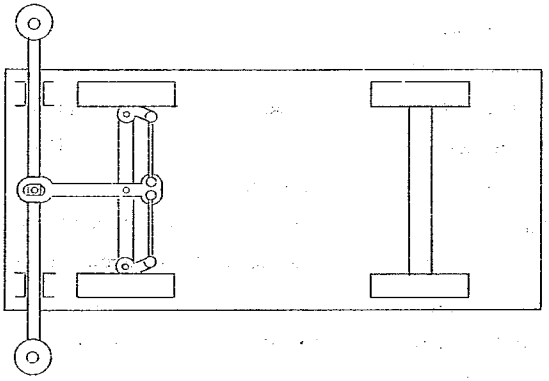
②　本形式での誘導装置にかかる荷重は，通常，前輪を操舵するに必要な力だけで良いため，誘導装置各部にかかる応力が少なくなり，誘導装置全体の軽量化が図れる。

(3)　実験車に採用した誘導形式

以上に述べた両誘導形式は互いに一長一短があるので本誘導実験においては両誘導形式の実験を行なうこととした。この実験のために製作した実験車は各々誘導装置独立形式のものを０１１号車，誘導装置連動形式のものを０１２号車と呼称した。



図Ⅱ－2　誘導装置独立形式



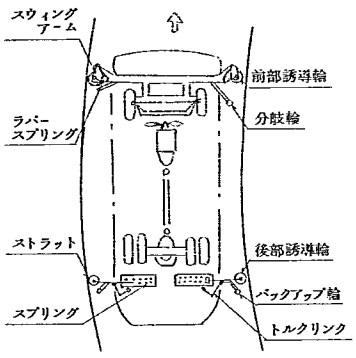
図Ⅱ－3　誘導装置連動形式

2－1－2　誘導装置独立形式車輌

a　誘導・分岐原理の説明

(1)　誘導分岐原理

本形式は車輌を目標コースに強制的に車体自身をそわせて誘導する方法である。



図Ⅱ－4　　誘導分岐装置

前車輪は，ハンドル操作をしないかぎり無抱束状態にあるが，車輌が走行を始めるとキャスター効果により前車輪は常に車輌の進行方向に自然と方向づけられる。

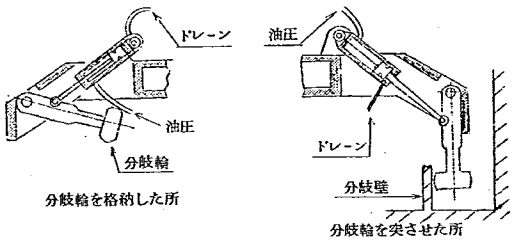
以下，図Ⅱ－4，Ⅱ－5に従って具体的に説明する。前車輪の前に，前車軸より出した腕に誘導輪及び分岐輪を設け，車両前部の横方向の変位を規制し，後部は後車軸より，後車輪の後部に設けた誘導輪，ストラット及び弱いスプリングとで車輌を常にガイドウエーの中央に向けて押しながら走行する形式である。

前部誘導輪は，ガイドウエー巾の建設誤差寸法と車輌姿勢の変化により生ずるガイドウエーとの間隙を吸収する為，スイングアームとラバースプリングにより常に外方に押し広げられて３０２０～２９６０㎜の間は補正している。

後部は車速および，ガイドウエーの曲率半径により変化する横方向の車輌とガイドウエーとの相対変位を許容する必要から誘導輪は内筒，外筒間で３０２０～２７００㎜の間ストローク出来る様に支持され弱いスプリングで押し広げられている。

又，後部誘導装置には，ストラットの内筒の回転を防止する為に外筒との間にトルクリンクが付けられている。

175



図Ⅱ－5　分岐輪作動説明図

次に分岐部分では，ガイドウエー上に設けられた分岐壁に右折する時は右側分岐輪を，左折する時は左側分岐輪を係合させるが，この操作は油圧シリンダーにより分岐輪を突出させて行う。

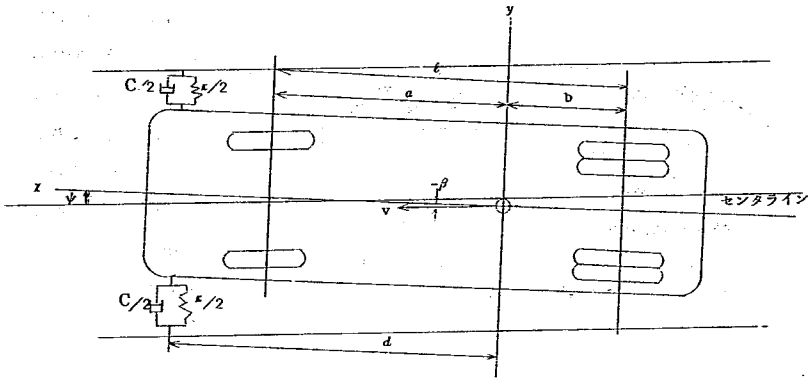
後部にも分岐輪と同一方式により右折する時は右側の，左折する時は左側のバックアップ輪を突出させ，非常の場合，分岐部において尻振りによってガイドウエーに激突することを防止している。

(2) 理論解析

前述した様に本方式は，車輌前部の中心が常にガイドウエーのほぼ中心に，バネとダンピングにより支持され，これを後部の駆動輪が押す形になっている。

これを図に示す力学モデルに置換え，理論解析により実用性を検討した。解析に当り次の前提条件を考慮した。

- タイヤ特性は線形としロールの影響はないものとする。
- 後部のバネ定数は通常の使用範囲では前部に比べて小さいのでこれを無視する。
- 前輪キャスター角を大きくとり，従ってセルフアライニングトルクが十分大きいため前輪は常に進行方向を向いている。



図Ⅱ－6　車輌モデル

使用記号

a：重心・前車軸間距離　2.37m

b：重心・後車軸間距離　1.18m

$C_{/2}$：誘導輪・減衰定数　kg S／m

C_2：後輪コーナリングパワー　420kg／deg

d：重心・誘導輪間距離　m

lz：ヨー慣性モーメント　1700kgm S²

k／2：誘導輪はね定数　kg／m

ℓ：ホイールベース　3.55m

M：車輌質量　612kg S²／m

V：車速　m／S

X：車輌固定座標

Y：　〃

β：重心位置横すべり角　rad

ψ：ヨー角　rad

177

① 運動方程式

イ) 横運動方程式

$$M\left(\frac{d^2y}{dt^2}+V\frac{d\psi}{dt}\right)=Y_1+Y_2 \qquad (1)$$

ロ) 回転運動方程式

$$Iz\frac{d^2\psi}{dt^2}=dY_1-bY_2 \qquad (2)$$

ハ) 関係式

$$Y_1=-C\left(d\frac{d\psi}{dt}+\frac{dy}{dt}+V\psi\right)-k\left(d\psi+y+V\int\psi dt\right) \qquad (3)$$

$$Y_2=-C_2\left(\beta-\frac{b}{v}\frac{d\psi}{dt}\right) \qquad (4)$$

$$\beta=\frac{1}{v}\frac{dy}{dt} \qquad (5)$$

② 安定性解析

(1)～(5)式をラプラス変換し整理すれば

$$\left\{MS^2+\left(\frac{C_2}{V}+C\right)S+k\right\}y+\left\{\left(MV+Cd-\frac{bC_2}{v}\right)S+\left(CV+dk\right)+\frac{kv}{s}\right\}\psi=0 \qquad (6)$$

$$\left\{\left(Cd-\frac{bC_2}{v}\right)S+dk\right\}y+\left\{IzS^2+\left(\frac{b^2C_2}{v}+Cd^2\right)S+CdV+d^2k+\frac{dkV}{s}\right\}\psi=0 \qquad (7)$$

よってこの系の特性方程式は次式で表わされる。

$$\begin{vmatrix}A_1 & A_2\\ A_3 & A_4\end{vmatrix}=0 \qquad (8)$$

ただし

$$\begin{cases}A_1=MS^2+\left(\frac{C_2}{V}+C\right)S+k\\ A_2=\left(MV+Cd-\frac{bC_2}{v}\right)S+CV+dk+kv\frac{1}{s}\\ A_3=\left(Cd-\frac{bC_2}{V}\right)S+dk\\ A_4=IzS^2+\left(\frac{b^2C_2}{V}+Cd^2\right)S+CdV+d^2k+dkV\frac{1}{S}\end{cases}$$

展開し整理して

$$P_0S^4+P_1S^3+P_2S^2+P_3S+P_4=0 \qquad (9)$$

ただし

$$\begin{cases}P_0=M\cdot Iz\\ P_1=M\left(\frac{b^2C_2}{V}+Cd^2\right)+Iz\left(\frac{C_2}{V}+C\right)\\ P_2=M\left(bC_2+d^2k\right)+Izk+\frac{CC_2}{V}(b+d)^2\\ P_3=CC_2(b+d)+\frac{kC_2}{V}(b+d)^2\\ P_4=C_2k(b+d)\end{cases}$$

178

(9)式にHurwitx の安定判別法を適用すれば次の安定条件を得る。

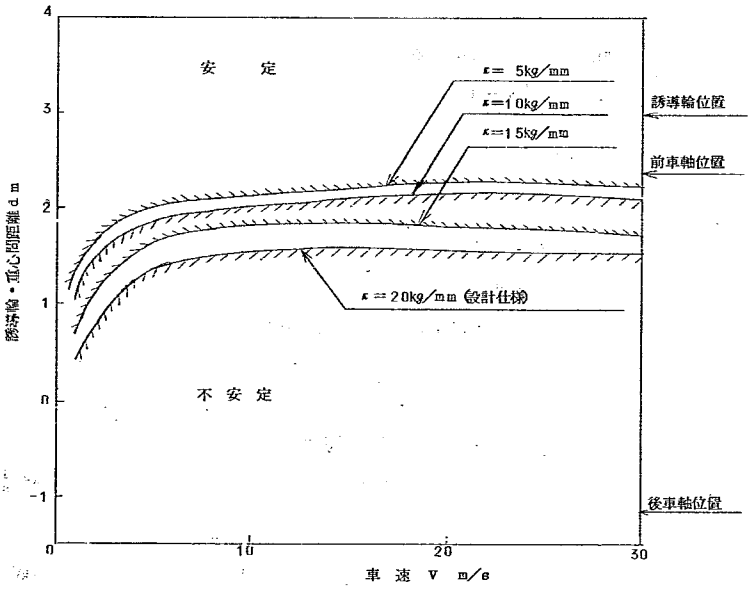
イ）　$b + d > 0$　　(10)

ロ）　$P_1 P_2 - P_0 P_3 > 0$　　(11)

ハ）　$P_1 P_2 P_3 - P_0 P_3^2 - P_4 P_1^2 > 0$　　(12)

(10)～(12)式をKをパラメータとしてV・d平面で図示すると 図Ⅱ－7 の安定領域が得られる。

Cは先端に 2.0 kg・S²/m の質量が付けられた場合、減衰比 $\zeta = 0.2$ となるように選んだ。



図Ⅱ－7　　安定領域

③ 検　討

以上の解析から結論される本方式の特徴は次のとうり。

イ）　高速で安定性が悪化せず極めて安定な方式である。

ロ）　バネ定数が大きいほど安定性がよくなる。

ハ）　誘導輪を前方におくほど安定性がよくなる。

179

設計仕様は k = 2 0 kg/mm. d = 3 m であり図Ⅱ－7 の安定な領域に入っている。

b 伸張 格納 作動の説明

伸張格納装置は前述の誘導分岐装置をガイドウエイでは，確実に伸張固定し，一般道路では格納して走行する装置で，信頼性の高いことが要求される為，飛行機のランデング装置を参考に設計したもので，図Ⅱ－8 に従って説明する。

(1) 前部伸張 格納装置

伸張状態においては，リンクCとリンクDはオーバーセンター状態（直線を若干越えて曲っている状態）でストッパーに当りスプリングにより固定される。

この為，リンクAとリンクBは直線となり，誘導アームを確実に固定し，誘導輪に大きな外力が作用しても曲ることはない。

この際，リトラクターシリンダーの油圧が万一切れる様なことが生じても，この状態は保持される。

次に格納は，バンジシリンダーが突出し，リンクDと同軸に付けられた，オーバーセンター解除アームを回転し，リンクCとリンクDとのオーバーセンターが解除され，リトラクターシリンダーにより油圧で引込められる。

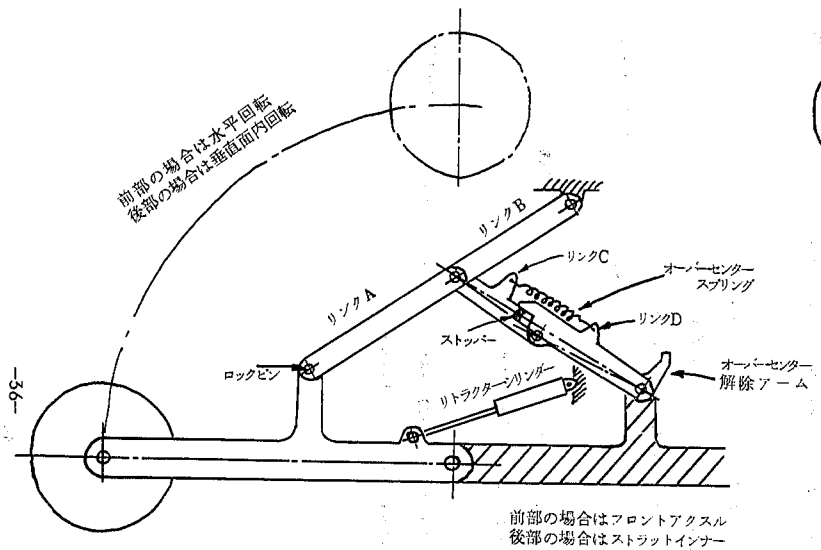
引込みが完了すると，ロックピンがロックアームに入りロックスプリングにより確実に格納される。

伸張開始時には，バンジシリンダーが引込まれてロックアームが回転し，ロックがはづれるとリトラクターシリンダーにより伸張される。

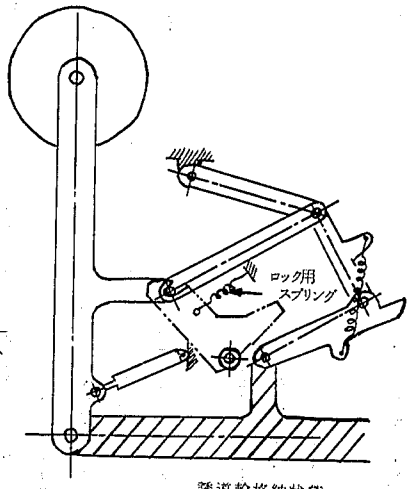
(2) 後部伸張格納装置

後部伸張格納装置はストラットの内筒に取付けられており前部の装置が水平面内で伸張格納するものを垂直面内で作動する様にしたもので，基本作動は同一なので説明は省略する。

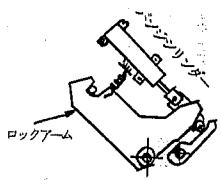
180



誘導輪伸張状態（ガイドウェー走行状態）



誘導輪格納状態
（一般路走行状態）



格納ロック、及び解除
伸張解除の機構

図Ⅱ－8　伸張格納作動の説明

2－1－3　誘導装置連動形式車輌

a　誘導・分岐原理の説明

(1)　誘導分岐原理

誘導装置連動形式とは車輌が目標コースからずれると，それに対応して誘導輪が車輌に対して相対変位を生ぜしめ，その変位を前輪操舵系に伝え前輪を操舵して車輌を誘導する形式である。

具体的には図Ⅱ－９において，誘導輪と車輌の相対変位はガイドメンバおよびセンターアームを介して，前輪の転舵角に変換せられ，通常の自動車における操舵効果をもたらすことがこの誘導の原理である。

次に後部誘導装置の役目は，車輌の横ずれ量が非常に大きな場合に車輌が誘導壁やその他のガイドウエイの施設と接触もしくは衝突を生ぜしめないように車輌を抱束するものである。この横ずれ量は，ある値に達するまでは車輌の乗心地の面より許している。

また，この後部誘導装置は後部分岐輪と分岐壁との相対位置関係を保たせる役目も有している。

次に分岐原理の説明を行なう。

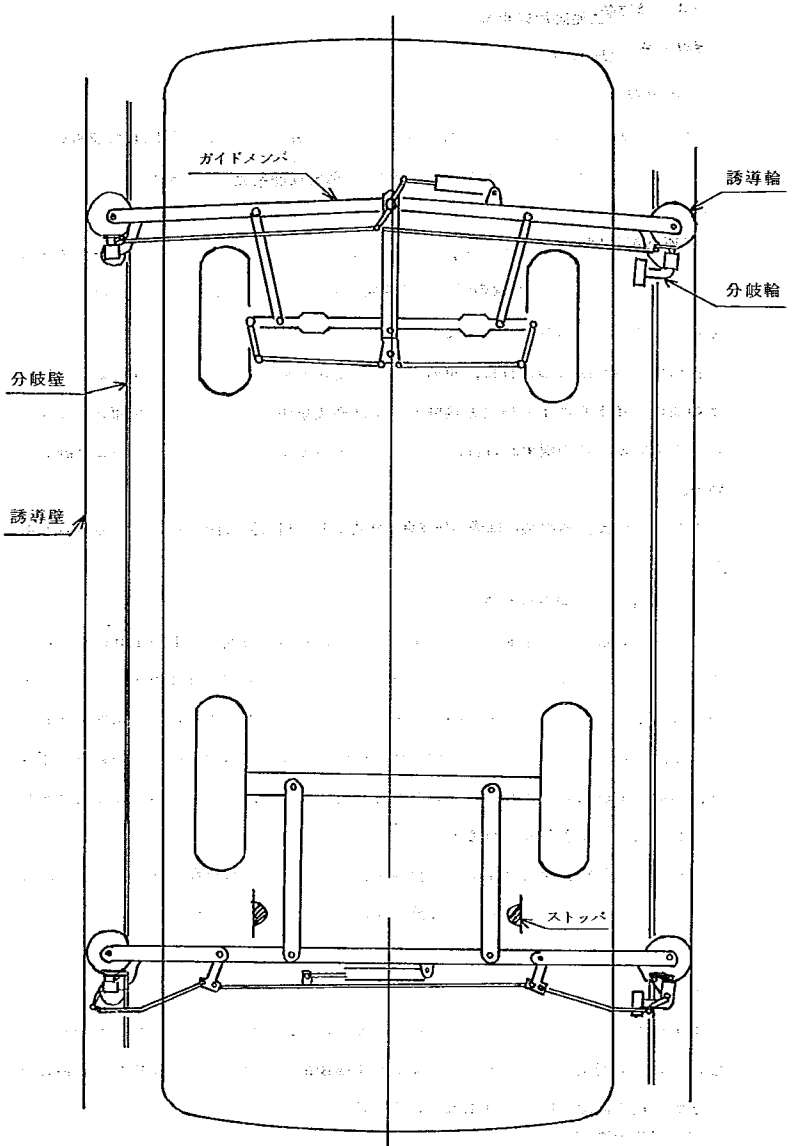
誘導輪に隣接してガイドアームに装着された左右の分岐輪は図Ⅱ－１０に見られるように分岐輪タイロッドと結合されていて，このタイロッドを分岐用アクチュエータで作動することにより分岐輪を一方は垂下の状態に，他方を水平の状態に作動させる。

いま，車輌が分岐部に入る前の位置で希望する方向に相当する側の分岐輪を垂下させ，路面に垂直に固定されている分岐壁と係合せしめて，分岐輪に誘導輪の役目を行なわせることにより分岐を行なう。

したがって分岐に伴なう車輌の走行運動は先に述べた誘導原理に従って行なわれる。

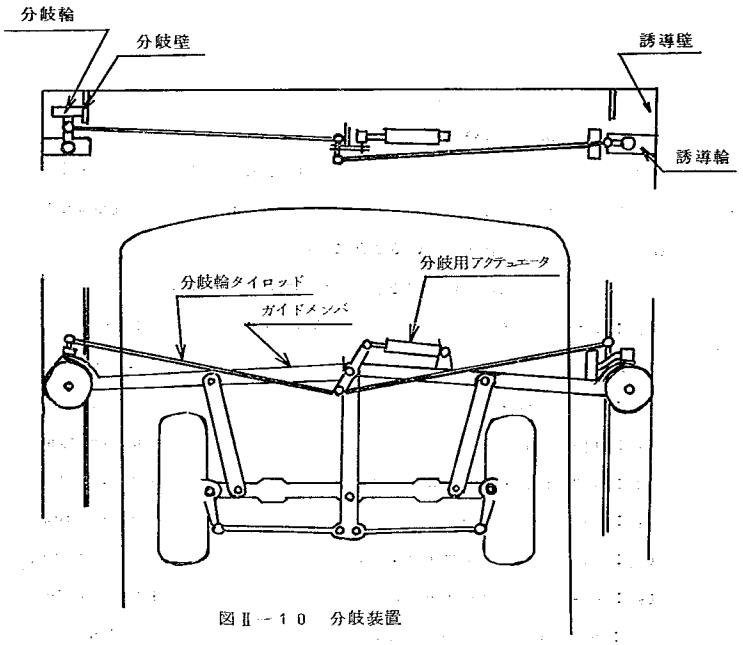
また，図Ⅱ－１０に採用している分岐装置は，左右の分岐輪が分岐輪タイロッドによりメカニカル結合されているためメカニカルインターロックが採られていることとなり分岐輪の作動を誤動作のないより確実なものにしている。

本実験車輌においては，さらに暴走，路面の凍結，走行路面上の汚れなどの異常状態においても安全な走行を約束されるよう車輌後部にも分岐輪が装着され，車輌と誘導壁が一定の間隙を保つよう工夫されている。



図Ⅱ－9　誘導装置連動形式

183



図Ⅱ－１０　分岐装置

(2)　理論解析

①　力学モデルと運動方程式

一般路におけるデュアルモードバスの走行運動に関しては既存のバスと異なるところはなく，安全な走行が実証されている。したがって問題はガイドウエイを無人運転される場合の車輌の走行運動が全体システムとして要求される車頭速度の範囲で安全かつ安定なものであるかどうかを確認することにある。

本節ではガイドウエイに設けられた誘導軌道面と接触を保つよう車体に取付けられた誘導装置と既存のバスで見られるような前輪操向装置とを連動させてバスの前輪を操舵するような所謂前輪操舵による誘導方式について力学モデルを設定し，かかる方式が理論的に所要の機能を十分に満足せしめる優れた方式であることを示す。

まず理論解析を進めるにあたってつぎのような前提を設ける。

イ）車輌は平且路を走行する。

ロ）タイヤ特性は線形とする。

ハ）車輌の走行速度は一定とする。

ニ）車体のロールの影響を省略する。

ホ）荷重移動は考えない。

これらの前提は公共輸送機関にあっては横加速度をできるだけ小さくしているところから十分容認される内容のものである。なお本プロジェクトでは車輌横加速度が0.1G以下となるよう設計されていることに注目したい。

つぎに以下の説明に用いる主な記号について説明しておく。

R：ガイドウエイの曲率半径（内側の誘導壁面）	30 m
W：ガイドウエイの幅員	3.0 m
V：車輌の走行速度	m/s
M：車輌の質量	800 kg S²/m
I：車輌の重心まわりのヨー慣性モーメント	2,000 kgmS²
C_1：前輪タイヤのコーナーリングパワー	90 kg/deg
C_A：前輪タイヤのセルファライニングパワー	3 kg m/deg
C_2：後輪タイヤのコーナーリングパワー	190 Kg/deg
a：車輌の重心から前車軸までの距離	2.0 m
b：車輌の重心から後車軸までの距離	1.2 m
d：誘導装置の車体側取付点から前車軸までの距離	0.1 m
ℓ：誘導輪から前車軸までの距離	0.55 m
r：誘導輪の誘導壁面に対する変位と前輪舵角との比	0.6 m/rad
t：時間	sec
β：進路角	rad
ψ：姿勢角	rad
θ：前輪舵角	rad
F：車体重心に作用する横力	Kg
T：車体重心まわりに作用する横力によるモーメント	kg・m
k：誘導輪のばね定数	2,000 Kg/m

車輌の運動を車輌重心の横すべりとヨー運動の2自由度系として表わすと，車輌

に対する横力の影響も含めて運動方程式をつぎのように記述できる。（図Ⅱ－11）

$$\frac{MV}{r}\frac{d\beta}{dt}+(G_0+C_2)\beta+\frac{G_0a-C_2b}{V}\frac{d\psi}{dt}-(G_0+C_2)\psi-G_0\theta=F \qquad (1)$$

$$(Ha-C_2b)\beta+\frac{Id^2\psi}{2dt^2}+\frac{Ha^2+C_2b^2}{V}\frac{d\psi}{dt}+(C_2b-Ha)\psi-Ha\theta=T \qquad (2)$$

ただし

$$G_0=C_1+CA/r \qquad (3)$$

$$H=C_1+CA(a+d)/r \qquad (4)$$

一方，車輌先端中央部A点のガイドウエイ中心からのずれmと誘導面の線形の間には，車輌重心の慣性系に対する座標を，(x, y) とすると

線形が円弧の場合

$$m=y\sin\psi-(x-R)\cos\psi-W/2-R\cos(\phi-\psi) \qquad (5)$$

$$R\sin(\phi-\psi)=(x-R)\sin\psi+(a+g)+y\cdot\cos\psi \qquad (6)$$

$$\frac{dx}{dt}=V\sin\beta \qquad (7)$$

$$\frac{dy}{dt}=V\cos\beta \qquad (8)$$

また線形が直線の場合

$$m=-(a+g)\tan\psi-x/\cos-W/2 \qquad (9)$$

なる幾何学的関係がある。

さらにガイドウエイから誘導輪に作用する反力と，前輪のセルフアライニングトルクは釣合うので

$$-E\beta+E\left(\psi-\frac{a}{V}\frac{d\psi}{dt}\right)+(1+E)\theta=m/l \qquad (10)$$

$$E=C_A/(kr^2) \qquad (11)$$

という力学的関係が求まる。

以上の検討から明らかなように車輌－軌道系の運動は式(1)，(2)，(10) から成る連立微分方程式を解いて求める。ただし式 (10)における m は軌道の線形に従って (5)，(6)あるいは(9)を用いなければならない。

② 限界速度と走行速度

運動方程式(1)，(2)，(10) の特性方程式は軌道が直線，あるいは曲線であるに拘らず，つぎのように表わすことができる。

$$A_4S^4+A_3S^3+A_2S^2+A_1S+A_0=0 \qquad (12)$$

ここでSはラプラス変換核を示し

$$A_4=\frac{MIV(1+E)}{4} \qquad (13)$$

$$A_3=-\frac{M}{2}\left\{Ha^2+C_2b^2(1+E)\right\}+\frac{I}{2}\left\{G_0+C_2(1+E)\right\} \qquad (14)$$

186

$$A_2 = V\left[\frac{M}{2}\left\{C_2 b\ (1+E) + Ha\ \left(\frac{a+g}{r} - 1\right)\right\} + \frac{IG_0}{2r}\right] + \frac{C_2}{V}(a+b)(Ha + G_0 b) \quad (15)$$

$$A_1 = \frac{C_2}{r}(a+b+g)(Ha+G_0 b) \quad (16)$$

$$A_0 = \frac{C_2}{r}(Ha+G_0 b) \quad (17)$$

さていま考えている運動系が漸近安定であるためには式(12)～(17)から得られるRouth の行列において，そのすべての要素が正値をとらなければならない。一方誘導輪が前車軸よりも前方に配置されている実験車のような場合には，式，(13)～(17) の右辺に含まれるパラメータがすべて正値をとるので

$$A_4 > 0,\quad A_3 > 0,\quad A_1 > 0,\quad A_0 > 0 \quad (18)$$

となって安定条件の一部が満たされている。

他の残りの条件は

$$A_2 > 0 \quad (19)$$

$$\Delta_1 > 0 \quad (20)$$

$$\Delta_2 > 0 \quad (21)$$

$$\Delta_3 > 0 \quad (22)$$

ただし

$$\Delta_1 = g_1 + \left\{\frac{2C_2}{M}\left(\frac{G_0 b}{Ha} + 1\right)(a+b)\right\}\frac{1}{V^2} \quad (23)$$

$$\Delta_2 = A_3\left\{\left(\frac{MVHa}{2}\right)g_2 + \frac{C_2(a+b)(Ha+G_0 b)}{V}\right\} \quad (24)$$

$$\Delta_3 = A_3 C_2 (Ha+G_0 b)\cdot\delta_3 \quad (25)$$

$$\delta_3 = \left\{\frac{MHa(a+b+g)}{2r}g_3\right\}V + \frac{A_1(a+b)}{V} \quad (26)$$

$$g_1 = \left(\frac{C_2 b}{Ha}\right)(1+E) + \left(\frac{a+g}{r}\right) + \left(\frac{IG_0}{MHar}\right) - 1 \quad (27)$$

$$g_2 = -\frac{IC_2(1+E)(a+b+g)}{2A_3 r}\left(\frac{G_0 b}{Ha} + 1\right) + g_1 \quad (28)$$

$$g_3 = g_2 - \frac{2A_2}{MHa(a+b+g)} \quad (29)$$

であるが

$$A_2 = \left(\frac{MHaV}{2}\right)\left\{\left(\frac{C_2 b}{Ha}\right)(1+E) + \left(\frac{a+g}{r}\right) - 1 + \left(\frac{IG_0}{MHar}\right) + \frac{2C_2}{M}\left(\frac{G_0 b}{Ha}+1\right)(a+b)\frac{1}{V^2}\right\} = \frac{MHaV}{2}\Delta_1 \quad (30)$$

および $\left(\frac{WHaV}{2}\right) > 0$ (31)

から，条件(19)は条件(20)のうちに含まれてしまうことがわかる。

一方 式 (27)，(28)，(29)から

$$g_1 > g_2 > g_3 \quad (32)$$

の関係が得られるので $g_3 \geqq 0$ (33)

ならば式(23), (24), (25)から安定条件(20), (21), (22)を満足している。

もし誘導装置の設計において

$$g_1 < 0 \qquad (34)$$

となるような場合には

$$\Delta_1 = 0 \qquad (35)$$

とするような速度 Vcr_1

$$Vcr_1 = \left[2C_2 \left(\frac{Gob}{Ha} + 1 \right) (a+b) \,/\, (-Mg_1) \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (36)$$

が存在して，それよりも車輌速度が高くなると

$$\Delta_1 < 0 \qquad (37)$$

となって車輌の走行は不安定となる。

同様に $g_2 < 0 \qquad (38)$

に対して

$$Vcr_2 = \left[2C_2 \left(\frac{Gob}{1+a} + 1 \right) (a+b) \,/\, (-Mg_2) \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (39)$$

$$g_3 < 0 \qquad (40)$$

に対して

$$Vcr_3 = \left[2C_2 \left(\frac{Gob}{Ha} + 1 \right) (a+b) \,/\, (-M g_3) \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (41)$$

が存在する。

すなわちこのような速度 Vcr_1 , Vcr_2 , Vcr_3 は車輌の安全な走行の1つの限界を示す物理量であって，この意味からこれらを“限界速度”と呼ぶことにする。したがって誘導装置の設計やガイドウエイの設計はもとより，全体システムの設計にあたっても，この限界速度は重要な意味をもつことが理解されよう。

さて限界速度が存在する場合は式(32), (36), (39), (41)から

$$Vcr_1 > Vcr_2 > Vcr_3 > 0 \qquad (42)$$

なる関係があるので，結局系が安定した走行をするためには

$$g_3 \geq 0 \qquad (33)$$

を満足するよう誘導装置の諸元を決めるか，それが不可能な場合には，車輌の設定速度が限界速度以下になるよう誘導装置に工夫をこらさなければならない。

デュアルモードバス実験車で前輪操舵による誘導方式をとった車輌については，Vcr_3 は時速２００Km程度となり，巡航速度４０Km/Hr に対し十分な余裕をもった設計になっている。

③ 直線軌道上の走行

デュアルモードバス車輌が直線軌道を走行する場合，車輌の走行安定に影響する主な外乱として横風力がありこれに対する検討を加えておけば十分である。

横風の作用の仕方については，ガイドウエイの周囲の状況に左右されるが，基本的なパターンとしてステップ状外力を考える。この外力は建物の陰から風の吹きさらす場所へ進入する場合，あるいはその逆の場合に相当する。

図Ⅱ－１２は横風の持続時間との影響を示すもので風速２０ｍ／ｓの横風を受ける場合

$\tau = 0.6,\ 0.8,\ 1.0,\ 1.2,\ 1.4$ sec

と長くなるに従って車輌の直線運動が大きく乱されるが$\tau = 1.0$で重心点移動量および誘導壁と車体の距離の変化が最大となる。横風力の持続時間が，車輌の応答特性に関連して大きな影響をもつことが分る。図Ⅱ－１３，Ⅱ－１４，Ⅱ－１５は車速の影響を示すものでそれぞれ車速Ｖ＝６０，５０，４０㎞／Ｈｒのときの応答である。いずれもコースのずれ量は重心位置で３０㎜を超えることがなく，誘導壁とのクリアランスも３００㎜以上保つことができるので，台風なみの横風を受けても安全な走行が可能である。

つぎに直線軌道上で問題になるのは曲線軌道から直線軌道に車輌が進入する際の過渡応答である，直線軌道への進入直前における車輌の運動状態は一様でないが，ここでは定常円旋回の状態にあるものとして検討する。

図Ⅱ－１６，Ⅱ－１７は曲率半径Ｒ＝３０ｍの円弧軌道上を車速１５㎞／ｒで定常円旋回していた車輌が直線軌道へ進入する場合の過渡応答を示す。グラフの横軸に時間をとり，縦軸には横加速度，ジャーク，ヨー速度，操舵角および横すべり角の大きさをとっている。

これらの応答はいずれも，後に示す直線軌道から円弧軌道への進入時の応答曲線に続くものであるが，図Ⅱ－１８，Ⅱ－１９の座標原点に図Ⅱ－１６，Ⅱ－１７の初期値を重ねるとほぼ，時間軸に関し対称となる。したがって円弧軌道への進入を検討することで，代替することも可能である。

④ 円弧軌道上の走行

無人誘導による交通システムが十分にその機能を発揮するためには車輌の安定な円旋回が可能でなければならないと同時に，円旋回に移る過渡状態が乗心地，コース追従性などについて過度にならないことが必要である。

まず曲率半径３０ｍの円軌道へ車輌速度Ｖ＝２１㎞／Ｈｒで進入するものとする

と，車体と誘導壁の間のすきま，舵角，車体の横すべり，横加速度の点から問題のない車輌の応答を示している。しかしジャークが0.17G／Sにも達し，乗心地の悪さが問題となる。いまその対策として車輌速度をV＝15㎞／hrまで低下せしめると図Ⅱ－18，Ⅱ－19のように上記の不具合が一応解決されうる。

もし全体システムの輸送能力の点から施回速度を横加速度0.1G相当に保つべく20㎞／Hrとするには軌道の線形が工夫されなければならない。図Ⅱ－20，Ⅱ－21はクロソイド・パラメータA＝14.313とするような緩和曲線をもって直線軌道と円軌道を接続する場合，車輌速度V＝20㎞／Hrで進入するときの車輌の応答に及ぼす影響の大きさを示す。

図から明らかなように緩和曲線の効果は車輌と側壁の間のすきま，舵角，車体の横すべり角，横加速度についてはその立上りに影響するが，定常値に対しては影響しない。しかし，ジャークに対しては非常に大きな効果を示し，図の例では乗心地の不具合を解決している。緩和曲線の効果については，車輌の誘導装置の設計だけではなく，全体システムの設計という観点から系統的な研究が今後とも必要である。

つぎに当該誘導方式によれば安定円施回が可能であることを理論的に証明する。

姿勢角ψが小さい間は

$$x = V\int_0^t \beta \, dt \qquad (43)$$

$$y = Vt - (a+g) \qquad (44)$$

とおけるので軌道の線形を(x_G, y_G)と表わせば

$$x_G = V\int_0^t \beta \, dt + (a+g)\psi + m \qquad (45)$$

$$y_G = \left\{ Vt - (a+g) \right\} + (a+g) \qquad (46)$$

$$x_G = R - \sqrt{R^2 - y_G^2} \qquad (47)$$

なる幾何学的関係が得られ，これらをまとめると，式(10)の右辺のmは

$$\begin{aligned} m &= R - \left\{ R^2 - (Vt)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \left\{ V\int_0^t \beta \, dt + (a+g)\psi \right\} \\ &= R \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{V}{R} t\right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \right\} - V\int_0^t \beta \, dt - (a+g)\psi \\ &= -V\int_0^t \beta \, dt + (a+g)\psi \Big\} \\ &\quad + R \left[\frac{\alpha}{2} t^2 + \frac{1}{2.4} \alpha t^4 + \frac{3}{2.4.6} \alpha^2 t^6 \cdots \right], \quad \alpha = \left(\frac{V}{R}\right)^2 \end{aligned} \qquad (48)$$

となる。

式(1)，(2)，(10)，(48)をまとめて

$$[\, \eta_{ij}(s) \,] \begin{pmatrix} Y_1(s) \\ Y_2(s) \\ Y_3(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ F(s) \end{pmatrix} \qquad (49)$$

と表わすと

$$\eta_{11}(S)=\frac{MV}{2}S^2+(G+C_2)S \qquad (50)$$

$$\eta_{12}(S)=\frac{Ga-C_2b}{V}S-(G+C_2) \qquad (51)$$

$$\eta_{13}(S)=-G \qquad (52)$$

$$\eta_{21}(S)=(Ha-C_2'b)S \qquad (53)$$

$$\eta_{22}(S)=\frac{1}{2}S^2+\frac{Ha^2+C_2b^2}{V}S+C_2b-Ha \qquad (54)$$

$$\eta_{23}(S)=-Ha \qquad (55)$$

$$\eta_{31}(S)=-ES+\frac{V}{r} \qquad (56)$$

$$\eta_{32}(S)=-\frac{Ea}{V}S+(E+\frac{a+g}{r}) \qquad (57)$$

$$\eta_{33}(S)=1+E \qquad (58)$$

$$Y_1(S)=\mathcal{L}\left(\int_0^t\beta\,dt\right) \qquad (59)$$

$$Y_2(S)=\mathcal{L}(\psi(t)) \qquad (60)$$

$$Y_3(S)=\mathcal{L}(\theta(t)) \qquad (61)$$

ただし，$\mathcal{L}(\ )$：ラプラス変換

$$F(S)=\mathcal{L}\left(\frac{m}{r}\right)=R\sum_{i=1}^{\infty}f_i(S) \qquad (62)$$

$$f_1(S)=\frac{a}{S^2} \qquad (63)$$

$$f_2(S)=\frac{3a^2}{S^3} \qquad (64)$$

$$f_i(S)=\frac{3}{2}\cdot\frac{5}{4}\cdot\frac{7}{6}\cdots\frac{(2i-3)}{8\cdots(2i)}(2i)\frac{a^i}{S^{2i}+1}\quad i=2,3,4,\cdots\cdots \qquad (65)$$

一方，式 (49) の行列 $[\eta_{ij}(S)]$ から得られる行列式の値 $D(S)$ は

$$D(S)=\det[\eta_{ij}(S)]=E_4S^4+E_3S^3+E_2S^2+E_1S+E_0 \qquad (66)$$

で与えられる（式 (12)～(17) 参照）ので

$$D(S)Y_1(S)=\left[\frac{IG}{2}S^2+\frac{C_2b(Ha+Gb)}{V}S+C_2(Ha+Gb)\right]\cdot F(S) \qquad (67)$$

$$D(S)\cdot Y_2(S)=\left\{\frac{MHaV}{2}S^2+C_2(Ha+Gb)S\right\}\cdot F(S) \qquad (68)$$

$$D(S)\cdot Y_3(S)=\left[\frac{MIV}{4}S^4+\left\{\frac{M}{2}(Ha^2+C_2b^2)+\frac{I}{2}(G+C_2)\right\}S^3+\left\{\frac{M}{2}(C_2b-Ha^2)V+C_2(Ha+Gb)(a+b)\right\}S^2\right]F(S) \qquad (69)$$

と解ける。

式 (68) から

$$\mathcal{L}(\psi(t))=SY_2(S)=\left\{\frac{MHaV}{2}S+C_2(Ha+Gb)\right\}/D(S)\times\left(\frac{V^2}{rR}\right)\left\{\frac{1}{S}+\frac{3a}{S^3}+3\cdot5a^2\frac{1}{S^5}+\cdots\cdots\right\} \qquad (70)$$

と表わすことができるから

$$Z(S)=\left[\frac{MHaV}{2}S+C_2(Ha+Gb)\right]/D(S) \qquad (71)$$

191

の逆変換を $\Phi(t)$ とすると相乗定理により

$$\Psi(t)=\int_0^t \Phi(t-\tau)\left(\frac{V^2}{fR}\right)\left\{1+\frac{3\alpha}{2!}t^2+\frac{3^2\cdot 5}{4!}\alpha^2 t^4 + \frac{\{3\cdot 5\cdot 7\cdots(2i-1)\}^2}{(2i)!}\alpha^i t^{2i}+\cdots\right\}d\tau$$

$$<\left(\frac{V^2}{fR}\right)\frac{1}{1-\frac{3\alpha}{2}t^2}\int_0^t \Phi(t-\tau)\,d\tau$$

$$<\left(\frac{V^2}{fR}\right)\int_0^t \Phi(t-\tau)\,d\tau \qquad (72)$$

つまり (71) で表わされる $\Phi(t)$ のインデシャル応答が安定であれば $\Psi(t)$ は安定となる。結局 (71) の特性式 D(S) が安定解をもてば、車輌の安定な円旋回が可能である。

⑤ まとめ

以上にみてきたように前輪を操舵して車輌の方向制御を行ない，誘導する方式では，適正な誘導装置を設計することにより，直線軌道上の走行はもとより円軌道での走行も安定で安全な挙動をもたらすことが容易で，この意味で優れた誘導方式ということができよう。ただ今後の課題として，緩和曲線の効果も含めて誘導面の線形と車輌の挙動との関連をシステマチックに追求することは，よりすぐれた交通システムを得る上に重要であることを強調したい。

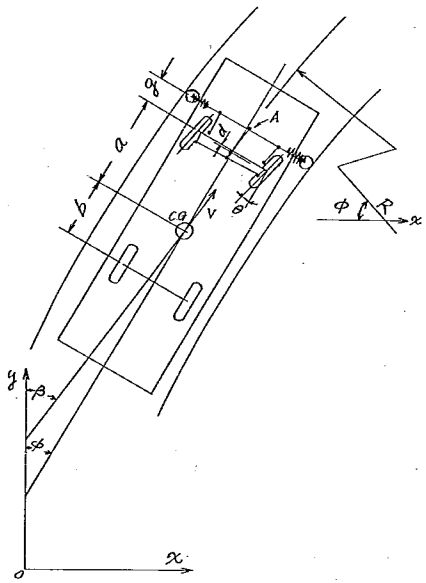
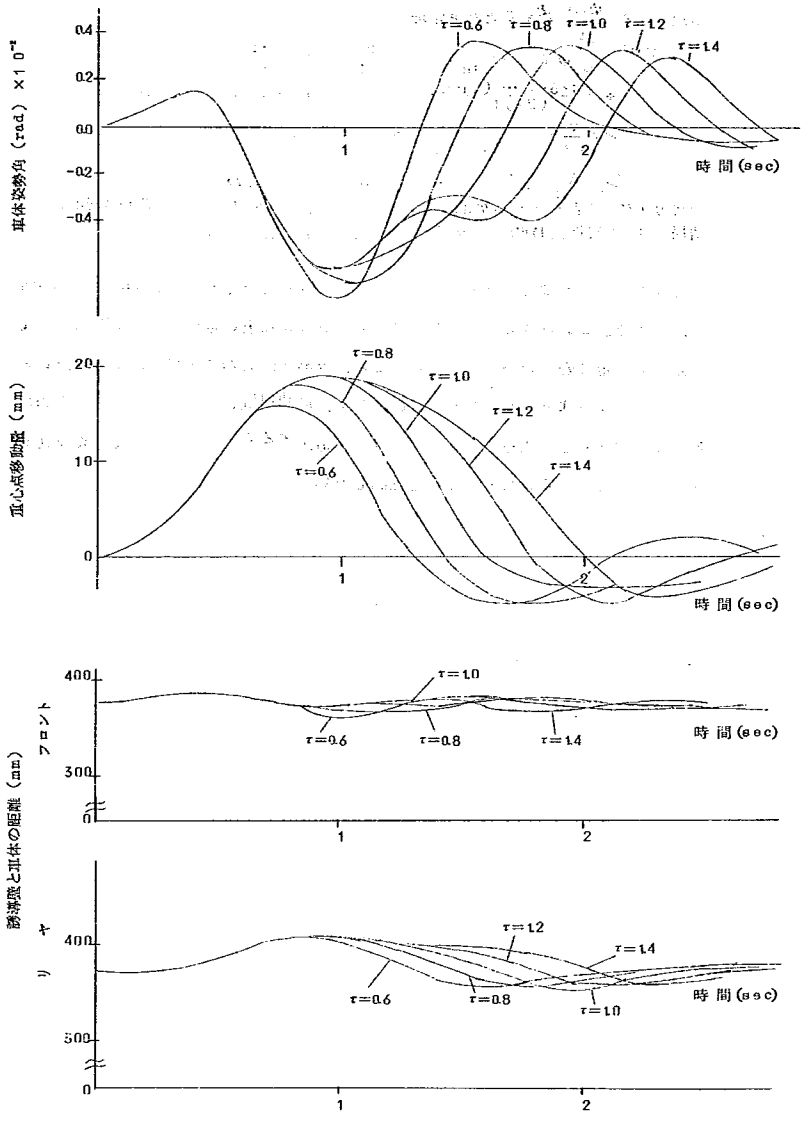
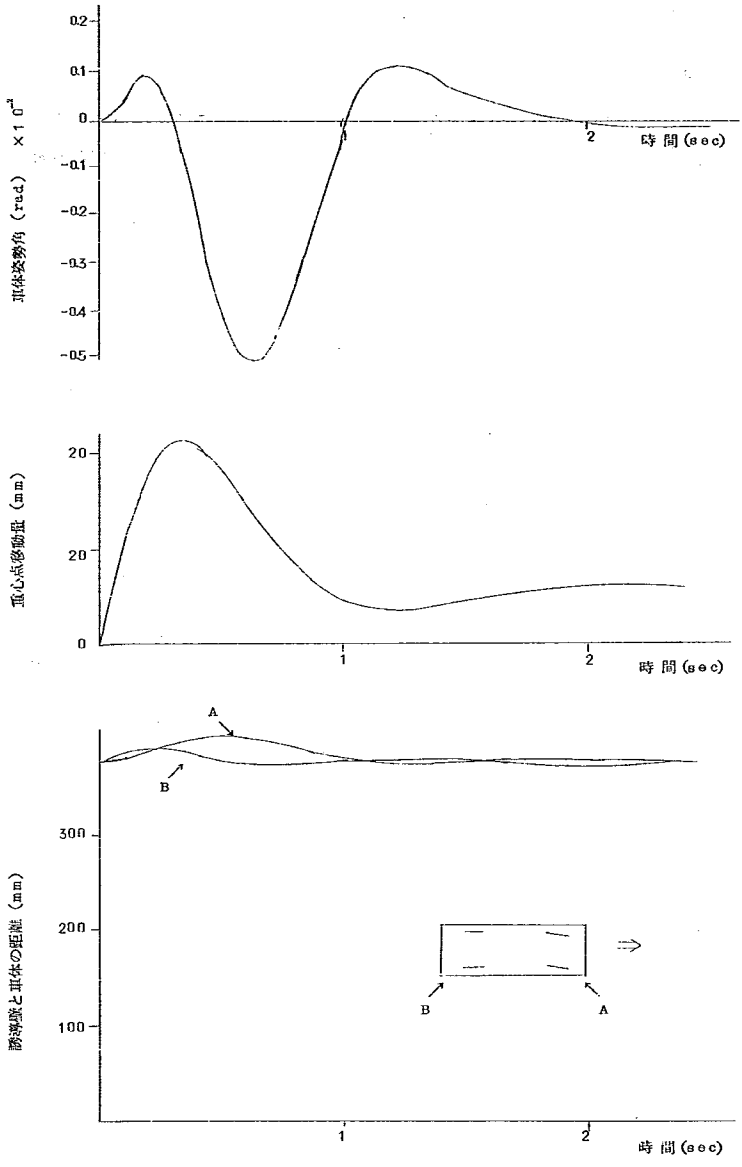


図 II－11　誘導装置追動形式車輌モデル

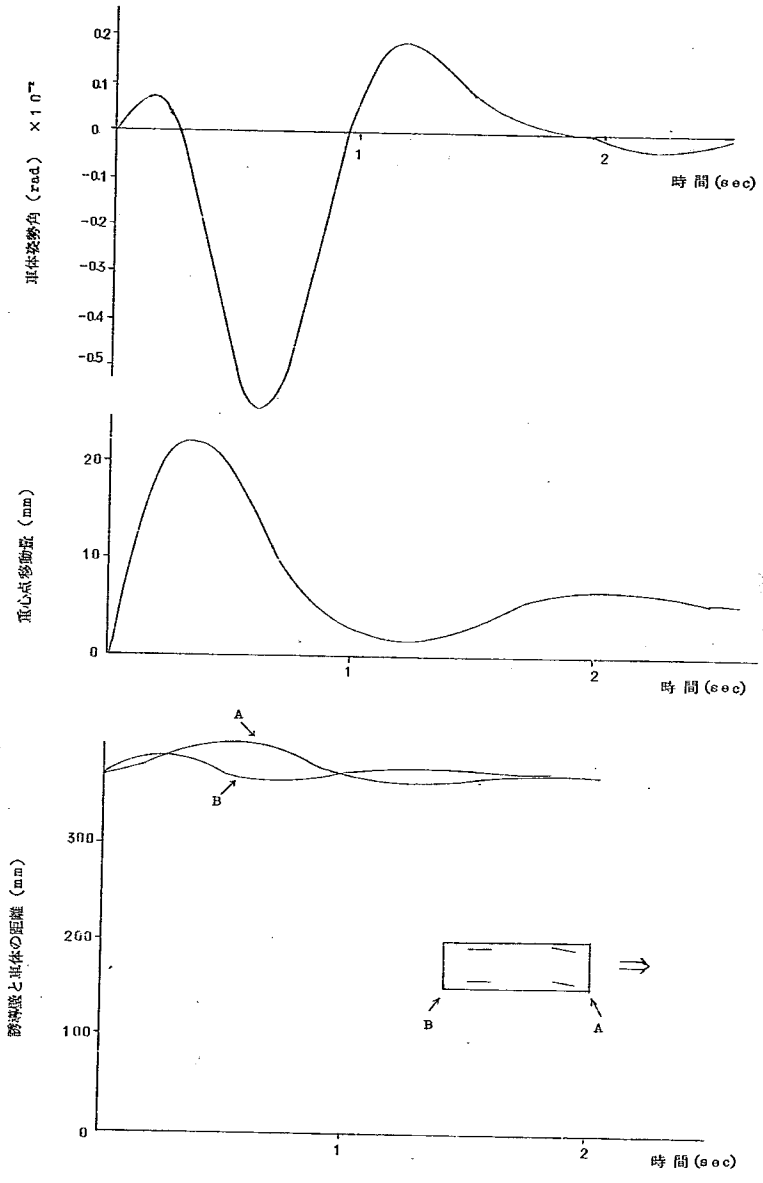


図Ⅱ－１２　横風作用時間の影響



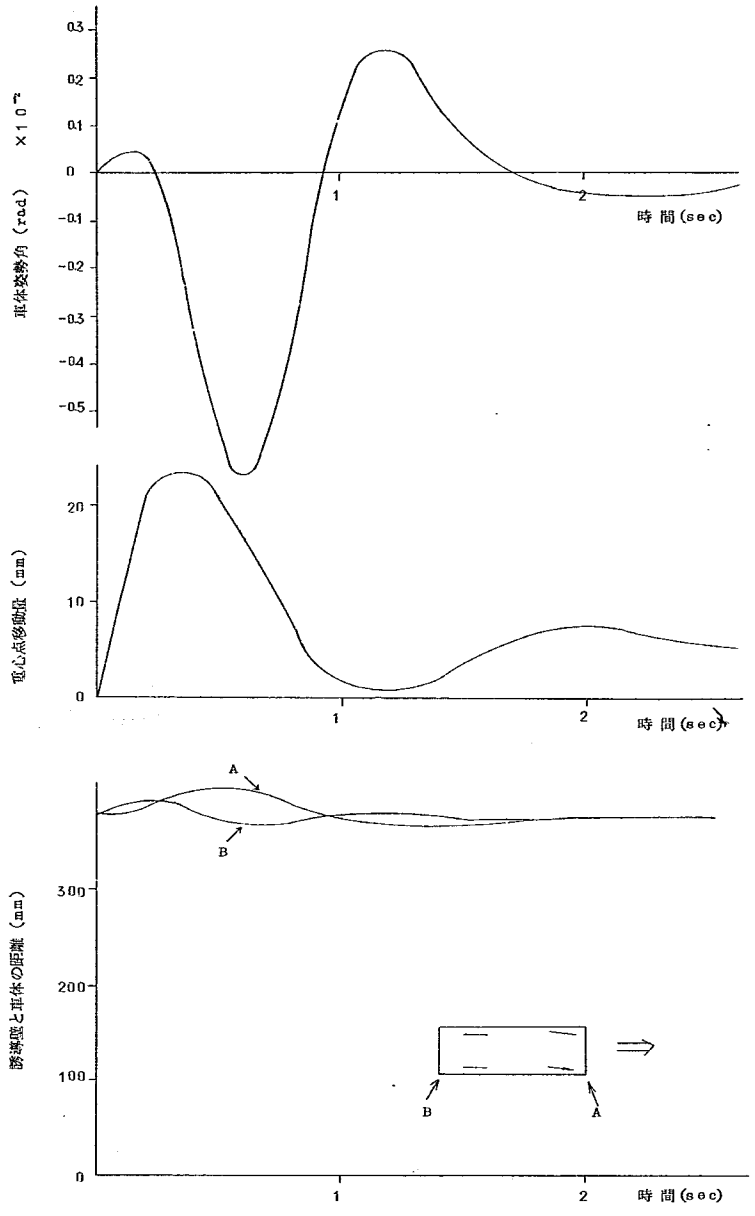
図Ⅱ－１３　横風の影響（Ｖ＝４０Km／ｈ）

194



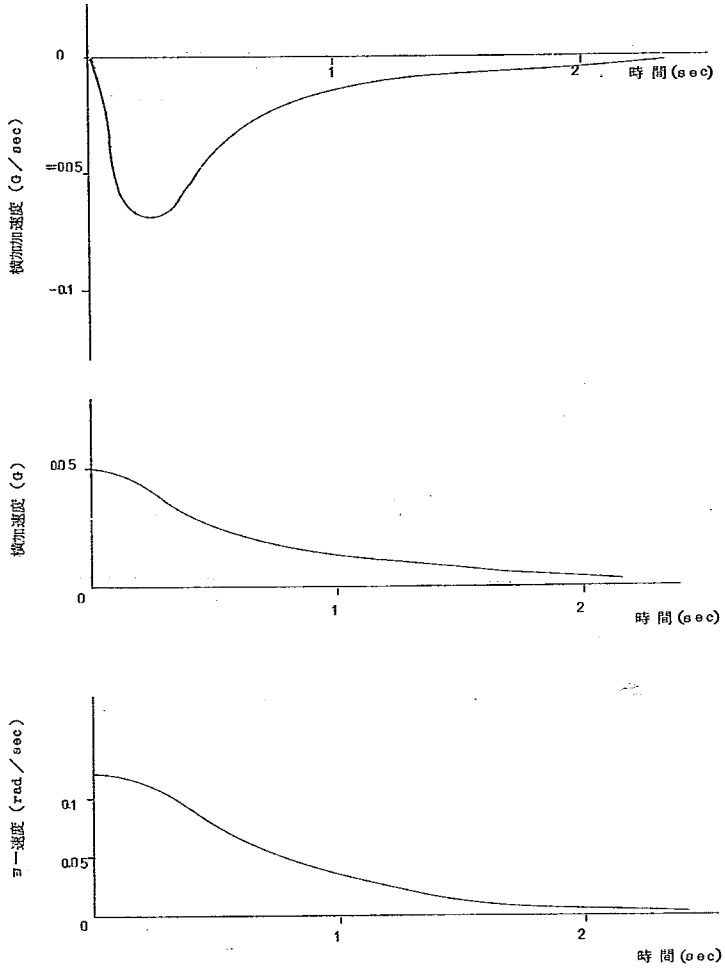
図Ⅱ－１４　横風の影響（Ｖ＝５０㎞／ｈ）

195



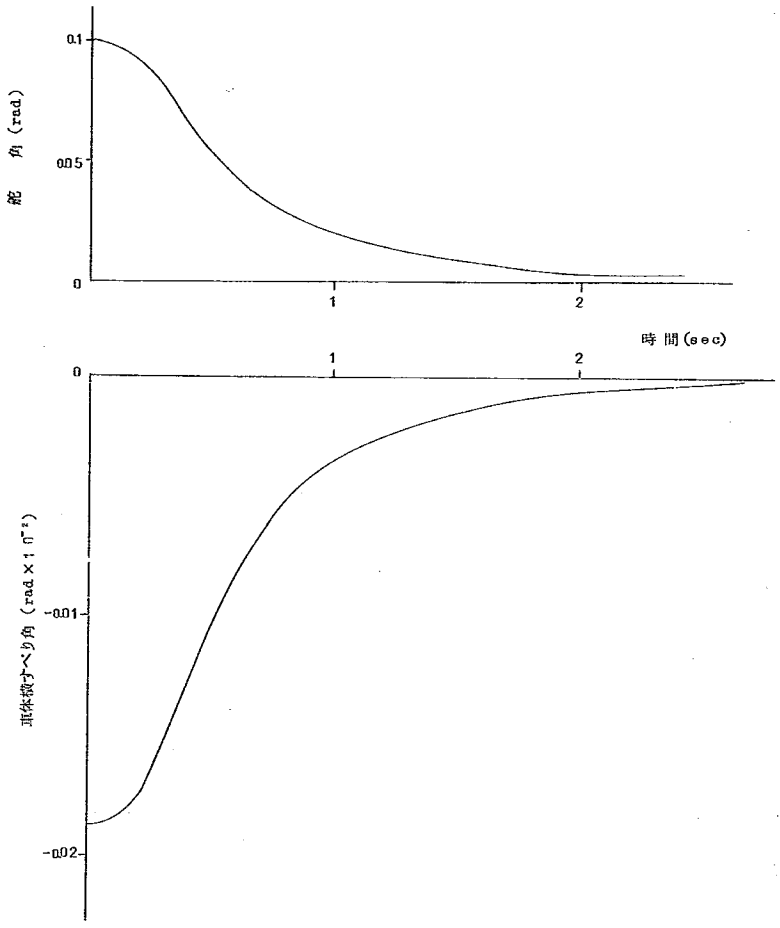
図Ⅱ－１５　横風の影響（Ｖ＝６０／ｈ）

196



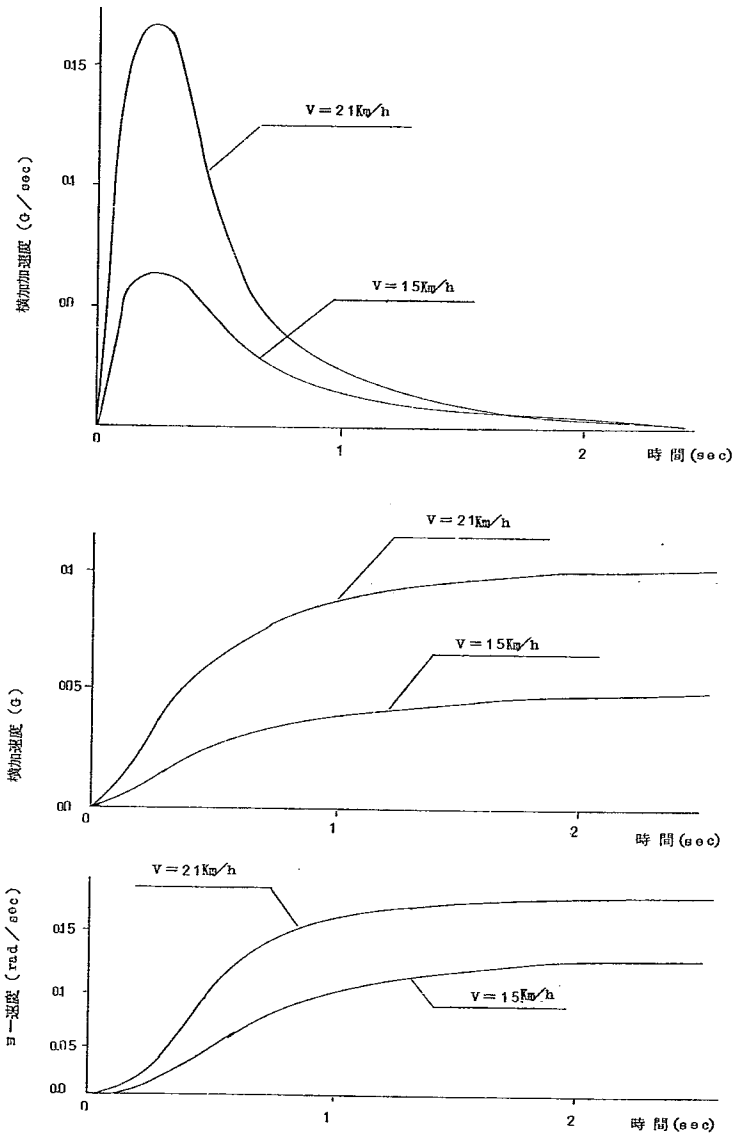
図Ⅱ－１６　直線路進入時の応答
ヨー速度・横加速度・横加加速度

187



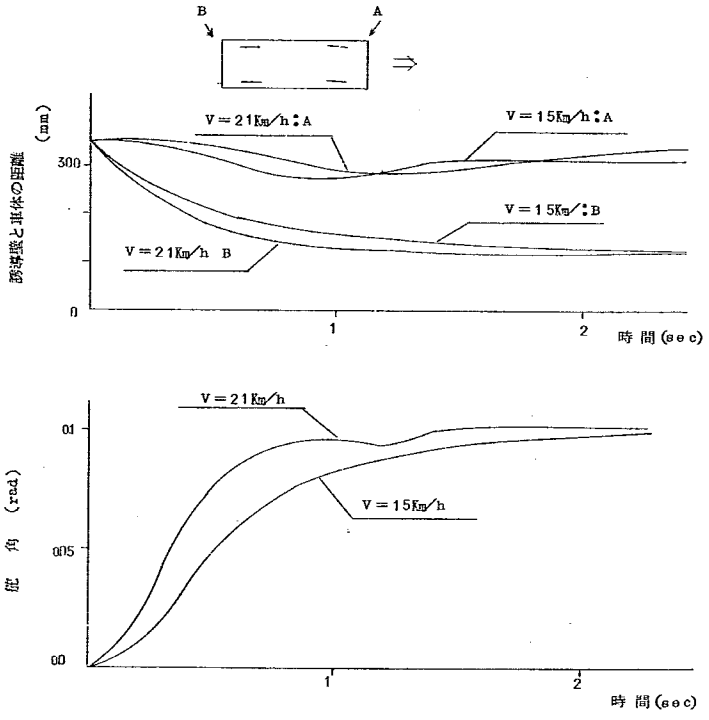
図Ⅱ－１７　直線路進入時の応答
車体横すべり角・舵角

198



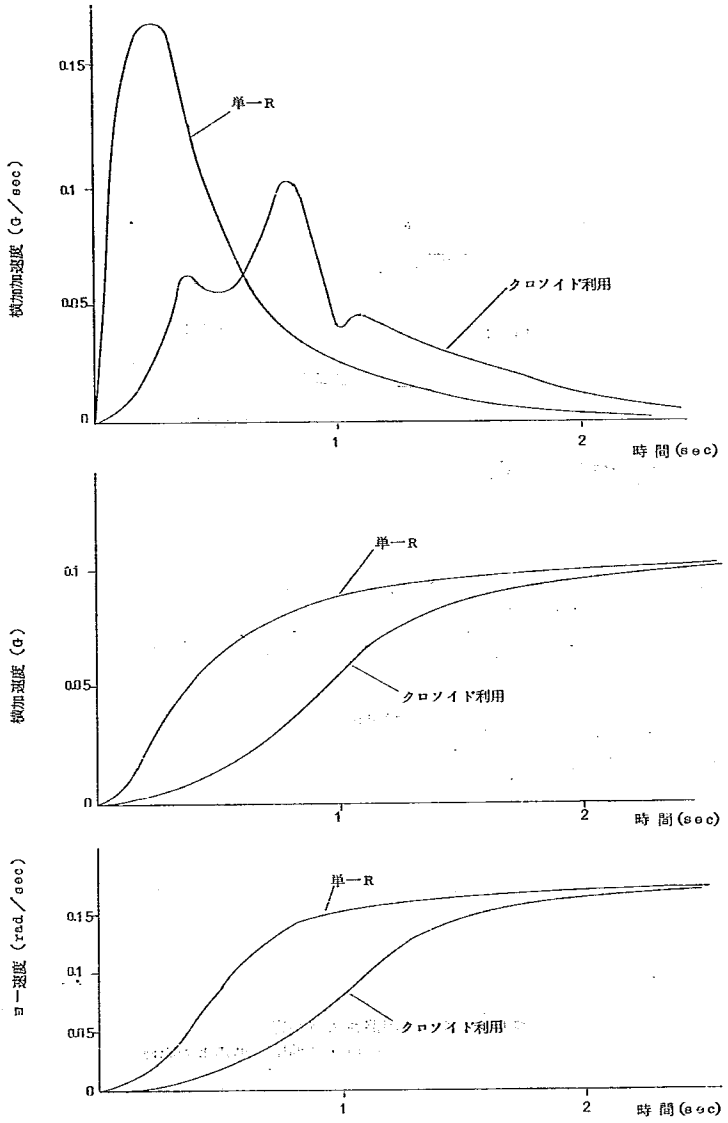
図Ⅱ－１８　曲線路進入時の応答
ヨー速度・横加速度・横加加速度

189



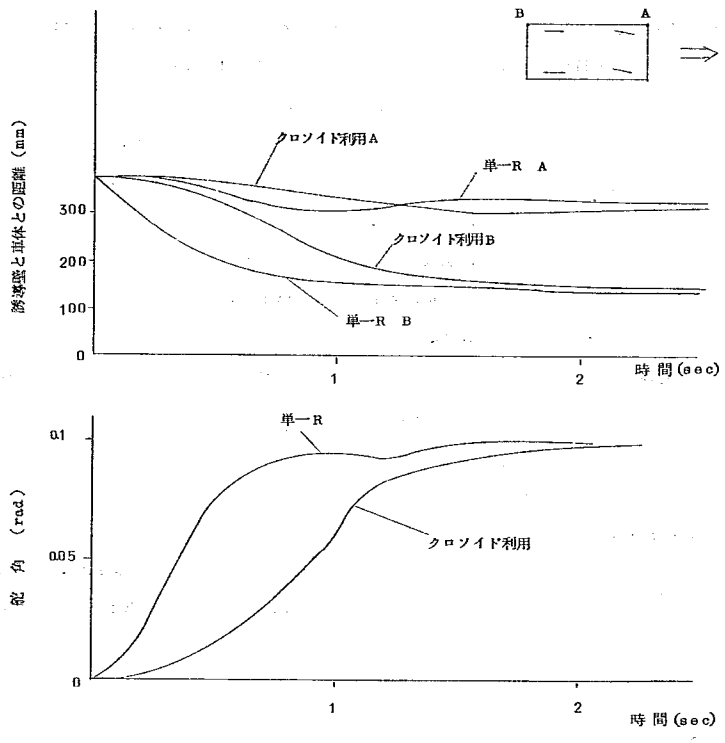
図Ⅱ－１９　曲線路進入時の応答
舵角・誘導壁と車体との距離

200



図Ⅱ－２０　クロソイドの影響
ヨー速度・横加速度・横加速度

201



図Ⅱ－２１　クロソイドの影響
舵角・誘導壁と車体との距離

b　伸張・格納作動の説明

誘導装置連動形式の伸張・格納装置は，デュアルモードシステム用誘導装置に要求される伸張・格納時の安全，確実さに加えて前輪操舵系への連動機構および一般道路上では他の車輌や歩行者に危害を加えないための，また，車輌の操縦性を損なわないよう連動機構を断つ機構が必要となる。これらの装置は限られた空間の中に収める必要があるためコンパクトでかつ軽量化するとともに確実に作動するものとしなければならない。

(1)　前部伸張格納装置

本実験車輌に用いた誘導装置は以上に述べた点を考慮して，誘導装置と前輪操舵系をつなぐリンケージを適切に配置することにより特に特別な連動機構断続装置を用いないで誘導装置の連動機構を成り立たせている。以下に図Ⅱ－２２により伸長状態から格納状態になるまでを説明する。

伸張状態より伸張格納用アクチュエータを作動させガイドアームのA点を車輌の後方へ引き込む。ガイドメンバ上のA点はセンターアーム上をスライドして後方へ引き込まれガイドメンバ上のA点がセンターアーム上のB点に重なる。この状態で誘導装置の誘導輪を含めた車輌より外に出ている部分が車体側面より内側に引き込まれ格納が完了する。

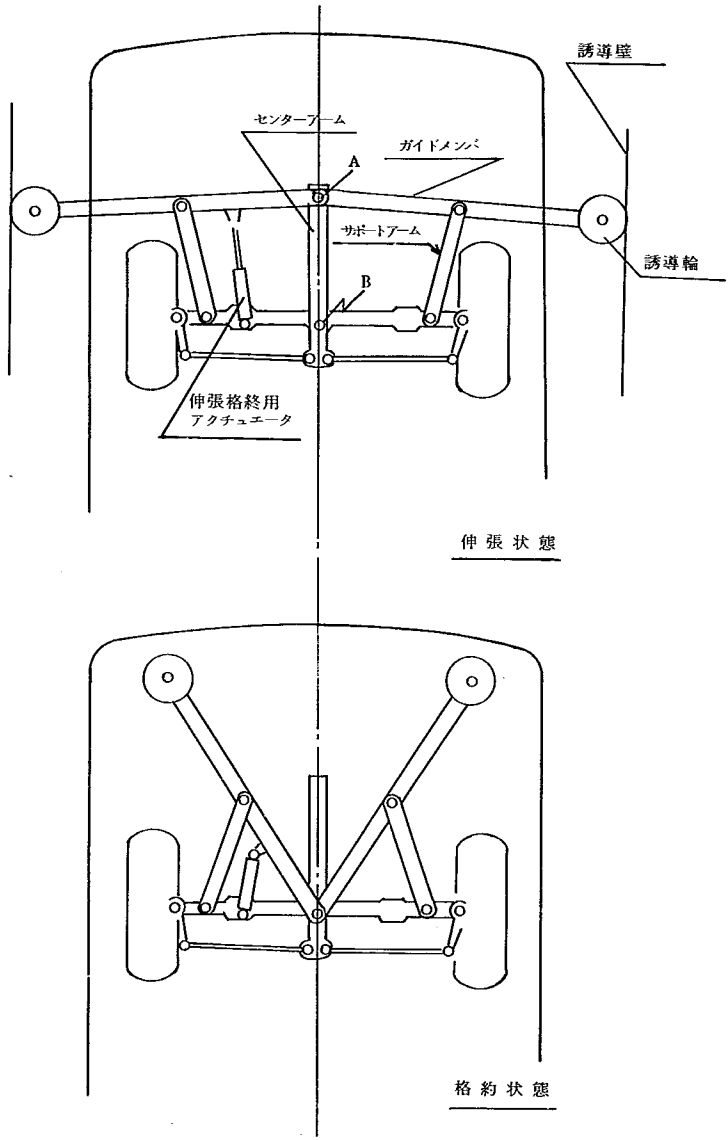
センターアームは誘導装置が伸張状態ではガイドメンバとの間に前輪操舵系との連動作用をなすが，格納状態ではセンターアームの回転中心であるB点上にガイドメンバのA点が来るため前輪操舵系は誘導装置とは関係なく自由に動くことができ連動が解除されたことになる。

次に図Ⅱ－２３は誘導装置が格納された状態において，分岐輪タイロッドが格納されたガイドメンバとの間に相対的な位置の変化を起し，自動的に左右の分岐輪を水平状態に引き上げることを示している。このように分岐用タイロッドによりメカニカルに分岐輪を格納することにより分岐輪の格納をより安全，確実なものとしている。

(2)　後部伸張格納装置

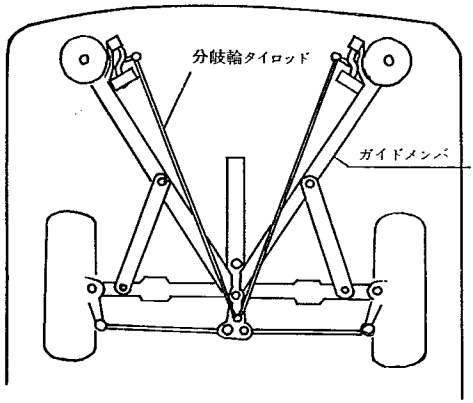
後部伸張格納装置の機構は前部のものと基本的に同様なリンケージ機構を採用しているため，前部の伸張格納の作動原理をほぼそのまま採用している。

分岐輪の格納も前部と同様な分岐輪タイロッドと誘導装置の格納機構を利用したメカニカルな格納方法を採用しているため伸張格納の作動ならびに各状態保持が安全かつ確実になされる。



図Ⅱ－２２　伸張格納作動説明

204



図Ⅱ－２３　分岐輪格納状態

2－2　車輌諸元表

		誘導装置独立形式実験車（０１１号車）	誘導装置連動形式実験車（０１２号車）
全長	mm	６６８０	７１６０
全巾	mm	２２５０	２２５０
全高	mm	２４１０	２５００
軸距	mm	３５５０	３２００
輪距	前輪 mm	１８００	１７２０
	後輪 mm	１５００	１５７０
※車両重量	前軸 kg	２０００	２９００
	後軸 kg	４０００	４９００
	計 kg	６０００	７８００
タイヤサイズ	前輪	750−16−12 P L.T	750−16−14 P L.T
	後輪	750−16−10 P L.T（復輪）	750−16−14 P L.T（復輪）
アプローチアングル※※		１４.5°（１１.5°）	１２°（１８.5°）
ランプアングル		１４.5°	２５°
ディパーチャアングル		１５°（１１°）	９°（１４°）
最低地上高	mm	１６５	１７０
ハンドル回転数		5.4	4.5
ステアリングギャレシオ		２５.６	２４.0～３０.0 可変
誘導装置	方式	側壁接触誘導	
	形式	誘導装置独立形式	誘導装置連動形式
	誘導壁基準巾 mm	３０００	
最小回転半径	一般道路上 m	7.2	7.5
	ガイドウエイ上 m	３０以下	

※　デッドウエイトにて調整後の重量。

※※誘導装置が格納状態。　　（）内は伸張状態。

2－3　図　面

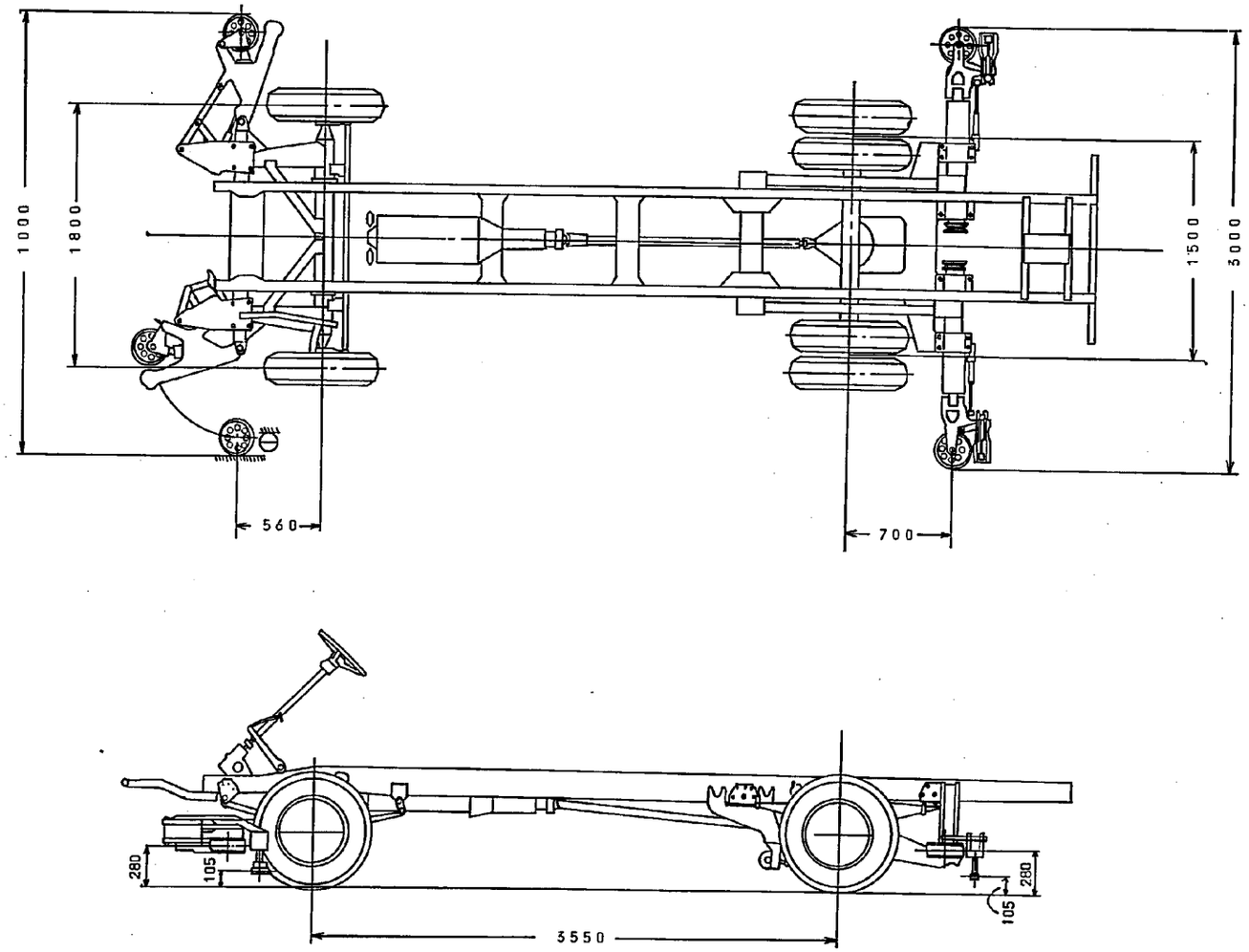
2－3－1　誘導装置独立形式実験車（０１１号車）

a　シヤシ図　　図Ⅱ－２４

2－3－2　誘導装置連動形式実験車（０１２号車）

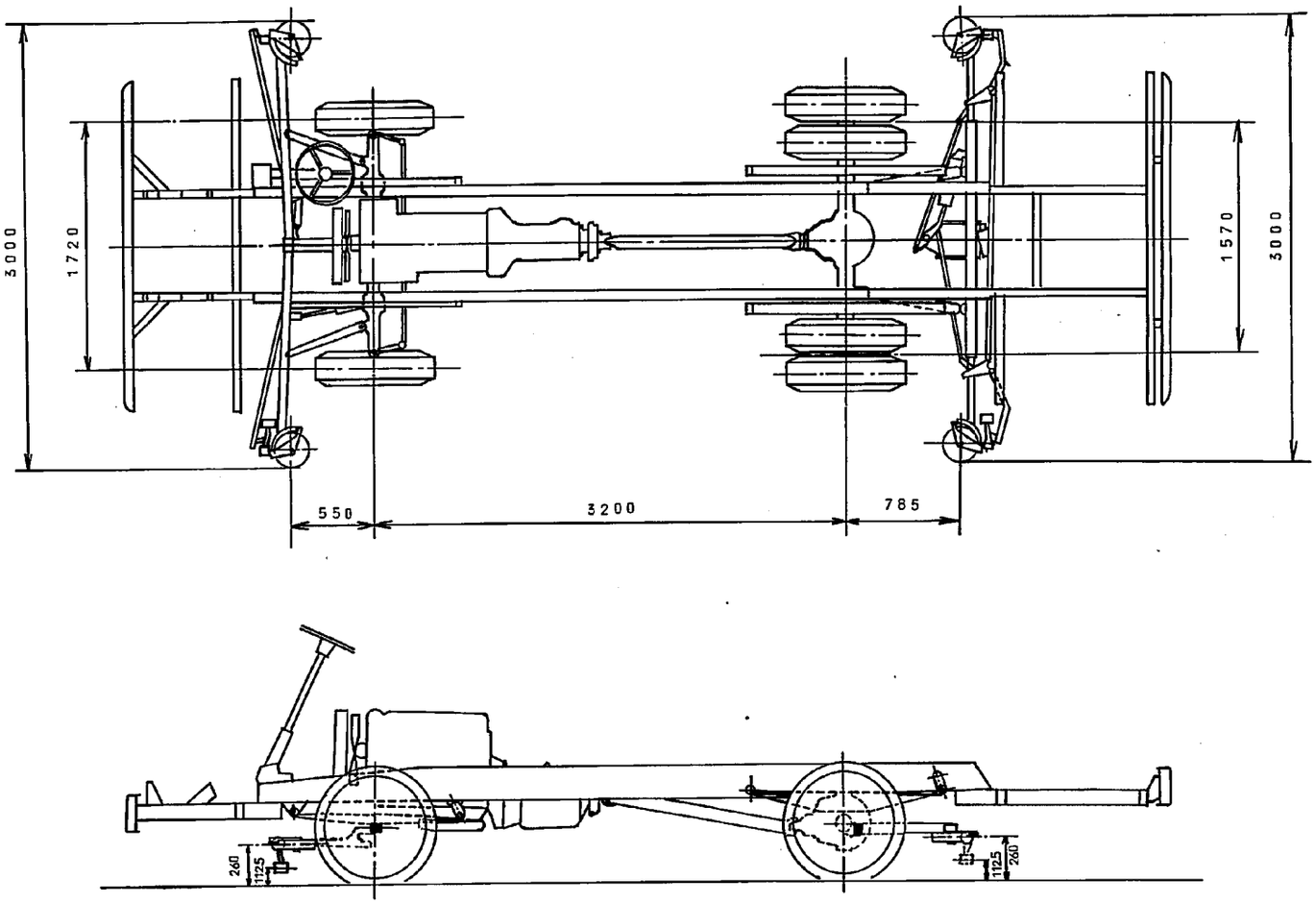
a　シヤシ図　　図Ⅱ－２５

206



図Ⅱ－２４　シャシ図　（０１１号車）

63~64



図Ⅱ－２５　シャシ図　（０１２号車）

208

2－4　誘導装置制御系の説明

2－4－1　誘導装置独立形式実験車

a　概　　要

o　０１１号車の誘導分岐装置の伸張・格納は油圧シリンダーにより作動する。

o　油圧シリンダーの作動は，運転席のスイッチ操作により電子回路が働き，ソレノイドバルブに信号を与え油圧の方向を切りかえる事によって制御される。

o　誘導分岐装置の作動はそれぞれの箇所に取付けられた確認センサーによりチエックされ，命令と一致していない場合には警報する。

b　油圧システム概要

o　ＡＣ２００Ｖのモータで，駆動される油圧ポンプによりアキュムレータに油圧が蓄圧される。

o　アキュムレータに蓄圧された油圧は減圧弁により調整され，コントロールユニットに供給される。

o　コントロールユニットにより電気信号に応じてバンジシリンダ．リトラクターシリンダー．スイッチングシリンダーへ油圧を供給し，シリンダーを作動させる。

c　電気制御システムの概要

o　０１１号車の電気制御システムの構成は次の３つに大別される。

(1)　自動モード

誘導装置の格納，伸張を一般路またはガイドウエイのスイッチを操作する事により，下記のシーケンスに従い自動的に制御する。

伸張時：

①　バンジシリンダーが働き誘導装置のロックを解除する。

②　リトラクターシリンダーが働き誘導装置を伸張させる。

③　誘導装置の伸張を確認した上で右のスイッチングシリンダーが伸張し右分岐輪を出す。

④　分岐信号に応じて左右のスイッチングシリンダーが伸張・圧縮し，分岐方向の分岐輪を出す。

格納時：

①　左右のスイッチングシリンダーが圧縮し分岐輪を格納する。

②　分岐輪の格納を確認した上でバンジシリンダーを働かせ誘導装置のロックを解除する。

③ リトラクターシリンダーが働き誘導装置を格納する。

(2) 手動モード

フロント及びリヤーのパンジシリンダー，リトラクターシリンダー，スイッチングシリンダーを個別に作動させる事ができる回路。

(3) 警報回路

o 誘導・分岐装置の作動確認及び警報，油圧機器の圧力・温度・液面の警報，インバータのオーバロードの警報を行なう回路。

o 警報方法は個別に正常時ランプ点灯，異常時ランプ消灯及び集中異常警報点滅ランプとブザーによる。

2－4－2 誘導装置連動形式実験車

a 概 要

o 012号車の誘導装置のアンロック・伸張・格納，分岐は空圧シリンダによる作動する。

o 空圧シリンダの作動は，運転席のスイッチ操作により，ソレノイドバルブに信号を与え空気の方向を切りかえる事によって制御される。

o 誘導装置の作動はそれぞれの箇所に取付けられた確認センサにより運転席の確認ランプが点燈されチエックされる。

b 空圧システム概要

o AC200Vのモータで駆動されるエアーコンプレッサによりエアータンクに空気が蓄積される。

o エアータンクに蓄積された空気は減圧弁により調圧され，エアーフィルタにより浄化され，オイラを通ってコントロールユニットに供給される。

o コントロールユニットにより電気信号に応じてアンロックシリンダ，伸張・格納シリンダ，分岐シリンダへ空気を供給し，シリンダを作動させる。

c 電気制御システムの概要

012号車の電気制御システムの構成を下記に示す。

(1) 伸張・格納モード

ガイドコントロールボックスの電源スイッチをオンにすることにより有効となるモードで，ガイドウエー出入口及びガイドウエー上での誘導装置，分岐装置の制御を以下に示す順序に従って行なう。

① 伸張時（ガイドウエー入口）

イ) ロックスイッチを"解"側に倒し，誘導装置のロックを解除する

ロ) ロックランプが"滅"した事を確認後，誘導のイッチを"伸張"側に倒し，伸張動作を行なう。

ハ) 伸張ランプが"点灯"した事を確認して，ロックスイッチを"閉"側に倒し誘導装置をロックする。

ニ) ロックランプが点灯した事を確認後，分岐スイッチを左(右)側倒し左(右)分岐輪を出す。

ホ) 左(右)分岐ランプが点灯しているか否かを確認する。

② ガイドウエー上

必要に応じ分岐スイッチを左右に操作する。分岐輪動作の確認は，前述の分岐ランプにより行なう。

③ 格納時（ガイドウエー出口）

イ) 分岐スイッチを"中立"にする。

ロ) 左右の分岐ランプが"滅"している事を確認後，ロックスイッチを"解"側に倒す。

ハ) ロックランプが"滅"した事を確認して，格納スイッチを"格納"側に倒す。

ニ) 格納ランプが点灯している事を確認後，ロックスイッチを"閉"側に倒す。

ホ) ロックランプが点灯しているか否かを確認する。

(2) 警報回路

誘導，分岐装置の作動状態，空圧装置の元圧の確認，電源電圧の監視を行なう回路。誘導，分岐装置の作動状態，元圧の確認はランプにより行ない，正常時，元圧ＯＫ時ランプ点灯とする。

空圧，電源電圧はメーター表示も行なっており，運転手がこれにより車輌状態を知る事が出来るようにもなっている。

(3) インターロック

ガイドウエー出入口ではスイッチを操作する回数が多い。従ってスイッチの操作手順を間違えて，誘導装置，分岐装置を破損する事も考えられる。

このようなミスによるトラブル防止の為，スイッチ操作の手順を間違えた場合にはそのスイッチ操作が無効となるような電気的インターロックをとり安全を図っている。

2．5 車輌限界．建築限界

1次実験車輌の車輌限界，建築限界を図Ⅱ－２６に示す。

211

実験車輌は２種類あり，それぞれ改造母体となった車輌寸法が異なるため，車輌外形寸法が若干異なっている。（車輌外形寸法を図の細線で示す。）外形寸法の大きい方の車輌を基準に車輌限界と建築限界を定めた。

2.. 5． 1　車輌限界

高さ

車輌標準高２４８０㎜に対して設計の変更，製作時のバラツキ合計１２０㎜をみこんだ。

幅

車体幅２２５０㎜，フエンダーミラー部の幅は２６００㎜であり，設計の変更，製作時のバラツキをみこんで２８００㎜とした。

誘導装置

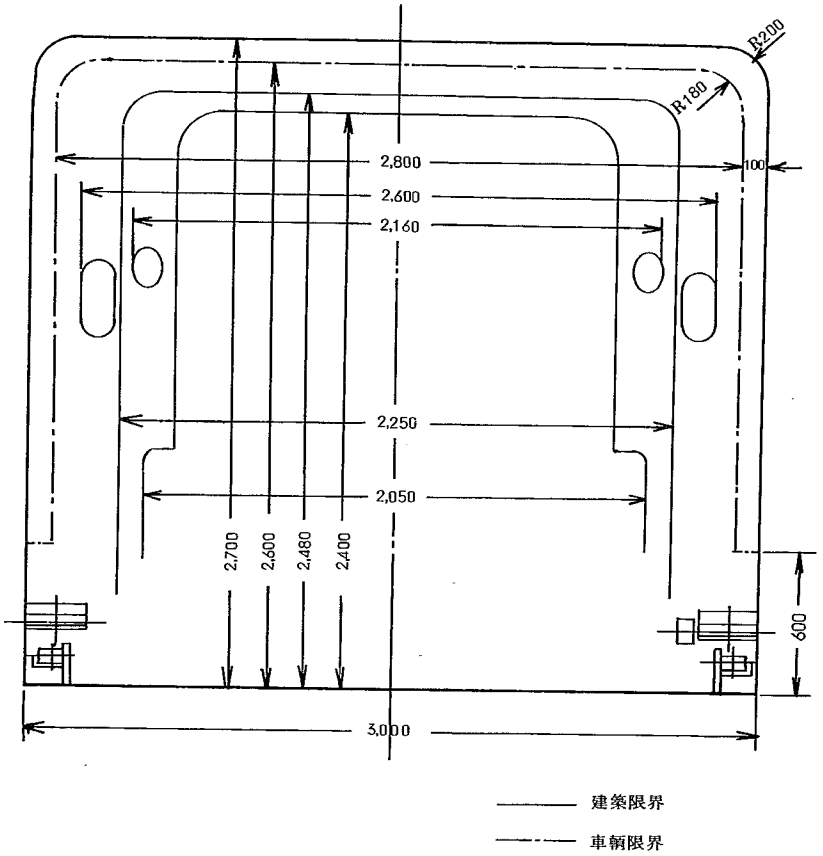
誘導装置は，ガイドウエイに接触する位置にあるため幅寸法３０００㎜必要である。この部分の高さは６００㎜以下におさえた。

2． 5． 2　建築限界

誘導装置より下の部分以外は，車輌限界と建築限界との間に１００㎜の余裕を設けた。車体のリバウンド，ローリング，ヨーイングに対しても充分である。

〔補　註〕

実用化プロジェクトの車輌限界，建築限界は，今回の実験車輌と寸法，形状が異なるので，当然限界も異なることになる。



図Ⅱ－２６　車輌限界　建築限界

213

Ⅲ　第一次走行試験計画書

1　試験の目的．範囲

1－1　試験の目的

D．M．Bシステムに用いられている種々のコンポーネントは他の新都市交通システムと同様既存の技術で解決するものが用いられており，技術的に大きな開発要素をもったコンポーネントはないと考えて良い。しかし，これらのコンポーネントの組合せとしてのD．M．Bシステムを考えた場合，これら各コンポーネントの集合体としての安全性，信頼性，経済性，保守性等照査する必要がある。即ち，このシステムが交通機関として用いられることを考えると，次の項目の実証が必要である。

- o　D．M．Bシステムに適した誘導・分岐機構の方式開発
- o　自動走行の安全性と信頼性の確認

勿論，このシステムを実サイトに適用させ，実用化するためには次のような項目の実験，開発が必要である。

- o　完成車による乗心地，客扱等の確認
- o　騒音，美観，地域分断問題の対策
- o　駅におけるマン・マシン，インターフエイスの確認
- o　運行制御方式確認
- o　システム全体としての信頼性の確認
- o　非常時対策
- o　その他

しかし，本試験では第一項の開発を主体に行なう。

1－2　試験．範囲

DMBシステム開発のための前述した実験は次の3段階に分けて考えるものとする。

すなわち

- o　Phase　1　誘導試験（前記第1項に相当）
- o　Phase　2　無人走行試験（前記第2項に相当）
- o　Phase　3　確認先行試験（前記第3項以下に相当）

ここではPhase　1　誘導試験に範囲を限定し機械的な誘導・分岐装置は二形式（いづれも側壁接触誘導方式でしかもガイドウエイに対する所要断面は同一の形状寸法のもの）を試作試験することとした。制御用通信装置については誘導無線方式とし地上アンテナの特性測定を中心に試験を行なう。

2　試験項目および方法

2－1　誘導壁作用力試験

実験車が走行中にガイドウエイに及ぼす水平力を測定し誘導壁の設計荷重を確認しようとするものである。２台の実験車のうち誘導装置連動形式車（０１２号車）は誘導装置独立形式車（０１１号車）に比して約 1/10 程度の荷重しか作用しないことが車輌設計段階より判っていたので測定は０１１号車についてのみ行なった。測定は誘導壁に貼付したストレインゲージの動的ひずみを誘導壁に静的な力を加えたときの力～ひずみ線図で較正することにより作用荷重を求めた。試験結果は“V試験結果のとりまとめ”に述べられている。

2－2　誘導分岐試験

誘導分岐試験は次の3項目の試験を含んでいる。すなわち

o　ガイドウエイにかかる作用力の確認

o　車輌の各部位の通過位置（軌跡）の確認

o　ガイドウエイの線形に対する車輌の感受性の確認

である。これらは“V試験結果のとりまとめ”において詳述されるが，概略をここに述べれば

o　ガイドウエイの設計荷重のうちの横方向に作用する荷重の大きさを速度，平面線形別に車輌側より計測し，併せて誘導分岐装置の強度，耐久性を確保しつつコンパクトかつ軽量化するためのデーターを得ること。

o　車輌・各部位（四隅，誘導分岐装置）の平面的通過位置の測定と誘導装置の上下変位の測定を行ない，車輌と誘導壁あるいはプラットフォーム等とのクリアランスを確認すること。

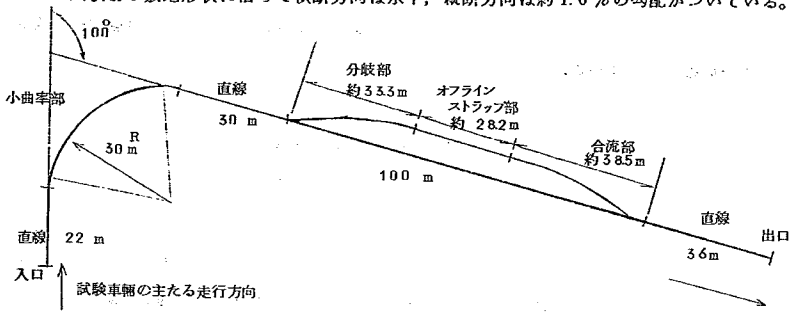
o　車輌の走行安定性，乗心地に与へるガイドウエイ線形および施工精度との関連の解明である。

勿論，これらの実験に先だち各々の車輌は各部が設計通りに作動するか否か，確認調整されることはいうまでもない。試験は誘導分岐機構が二形式であるので（各々，誘導装置独立形式実験車，誘導装置連動形式実験車と呼ばれる）細部はやゝ異にするか，いずれか実験車でも車上にストレインメーター及びテーターレコーダー又はオシログラフを載せ，各部にストレインゲージ，変位計取り付け，あるいはジャイロメーターを載せることにより測定を行なった。ただし車輌四隅の平面的通過位置の測定のみは車体に残跡装置を取りつけ，ガイドウエイ走行面の軌跡を測定して行なった。

3　設備概要

3－1　ガイドウエイ

ガイドウエイは前述したようにおゝよそ図Ⅱ－1の如き線形を有し全線はほぼ水平，正確には試験場の敷地形状に沿って横断方向は水平，縦断方向は約1.0％の勾配がついている。



図Ⅱ－1　　ガイドウエイの概略線形

線形としては直線部，小曲率半径部，分岐部，オフラインストップ部，合流部などにより構成され，ガイドウエイの入口部と出口部分の高低差は約2.7mである。その間は一様な勾配で結ばれている。

構造上の構成は，全線に亘って施設される舗装路面および誘導壁，通信装置を格納するU型溝，分岐，合流部にのみ設置される分岐壁などからなるが，本試験に用いる車輌はエンジン車であり，実験も主として操向性能の把握と通信方式の基礎的実験であるので，給電線の取りつけなど，特に車輌への電力供給のための設備は設けないものとする。

平面線形，断面構造，各部の構造など，ガイドウエイの仕様詳細については前述（Ⅱ－1参照）したが，ガイドウエイは車輌試験や通信基礎実験の必要に応じて，その構造形式や寸法などを変化出来るよう考慮して設計してある。

また，試験用車輌は良好な走路の走行を対象として設計してあり，ガイドウエイとしても実験上の基礎条件として，良好な施工精度が期待されるため，走行路面はアスファルト舗装とし，一般国道と同等以上の精度基準を設けて施工してある。誘導壁，分岐壁は鋼構造とし，試験途中での模様替え工事が容易な形式としたほか，特に接合部は車輌試験上の要件を満たすために「斜め継ぎ目（斜め目地）」を採用し，その施工精度も比較的きびしいものとした。

通信装置を設ける走行路面中央の溝の形式は，舗装施工上好ましいものではないが，試験上予想される寸法・形状などの変更や保守点検上の配慮から，上部開放型のU型溝とし，施工上は走行路面の精度基準を保持するために特殊な工法を採用してある。

以上，ガイドウエイ各部の構造形式はDMBシステムの実用路線にはいささか適用性に欠

217

ける面があるが，いずれも本試験の目的とする車輌の誘導分岐ならびに通信実験のための基礎的な条件を確保するために計画されたものであり，実用線については，本試験の結果を含めて今後の検討にゆづる。

3－2　車　輌

本車輌は誘導・分岐方式の開発に重点をおいた実験用車輌であり，トラックの部品を流用もしくは改造して製作したものである。原動機としては内燃機関が搭載してある。また，本車輌は無人走行試験に必要な通信装置の基礎実験にも使用出来るようになっている。

試験時ガイドウエイ上における進行方向の制御は，車載内燃機関を搭乗員がマニュアル操作することで行なう。集電は行なわない。ガイドウエイ上の横方向の制御は，誘導に関しては，車載の誘導装置が誘導壁に沿って自動的に行なう。分岐合流に関しては，搭乗員のマニュアル操作により，車載の分岐制御装置を経て，分岐輪と進行方向分岐壁との係合をなすことにより行なうようになっている。

一般道路走行時の誘導分岐装置の格納は搭乗員のマニュアル操作により，格納装置を作動させて行なう。操縦は従来型の自動車と同様である。

車体としては本格的なものは必要としないが，実験用計測器や重量調整用ウエイトなどの積載に対する配慮や，運転手用仮設キャビン，ヒーターなどの設置により雨天時，寒冷時の走行試験，さらに，灯火器類の装備により，夜間運転も可能にしてある。また，本車輌は良好な道路を走行することを目的として設計してあり，試験用ガイドウエイの走行路面は簡易舗装程度以上であることが期待されている。（悪路走行は対象としない）

なお，本試験のために用意する車輌は下記の2種（各1台）とする。

011号車 …… 誘導装置独立形式　1台

012号車 …… 〃　〃連動形式　1台

3－3　通信装置

通信装置は車輌の誘導分岐試験と併行して行なわれる通信方式の基礎試験に用いるもので実験に供する材器の主なものは次のようなものである。

o　制御用通信材器

車上用　1式

地上用　1式×2

o　緊急用通信材器

車上用　1式

地上用　1式

o　地上ループアンテナ

制御用　　6区間

緊急用　　2区間

詳細は“Ⅳ誘導システムとしての通信方式の基礎試験計画書”を参照されたい。

Ⅳ　誘導システムとしての通信方式の基礎試験計画書

1. デュアルモード・バスシステムの通信方式概要

デュアルモードバス・システムは一般道路とガイドウエイの二つの運転モードを持つバスを運行するものであるが，ガイドウエイ上ではセンターよりの電子計算機制御によって無人自動運転がなされる。

通信系の構成は図Ⅳ－1に示すようにセンターよりＷＳＣ（地上通信機）までは有線系で，ＷＳＣより車輌までは無線系で通信路が形成されている。特にＷＳＣと車輌との間は移動体通信となる。

図において電子計算機より出された車輌に対する指令はインタフェイス，通信装置を経てＷＳＣ（地上通信装置）へ送られる，ＷＳＣはガイドウエイ上に配置布設されている通信用地上ループアンテナより車輌に向けて電磁誘導通信方式による信号電波を送信し，車輌ではこれを受信して必要な制御指令信号を得る。

車輌よりセンターへ向けての通信も同様にガイドウエイ上のループアンテナを介して電磁誘導通信方式によりＷＳＣを経由してセンターへ送られる。

車輌はガイドウエイ運行中は常に電波を送信状態にして自車の存在を地上装置およびセンターに知らせる。従って地上装置およびセンター装置は常に地上ループを通じて個々の車輌の存在位置を検知把握でき，個々の車輌に対し指令を与えることができる。※

※　数個のループ区間で車輌の衝突防止のための関そく区間を構成し後続車輌の近接を由止する保安系となっている。

地上ループと車輌間の通信路には上記の制御に使用するものとは別に，緊急連絡用として音声通信のできる通信路を用意してあり，同じく電磁誘導方式を採用しているが，通信ループアンテナは制御用とは別のものを用いている。

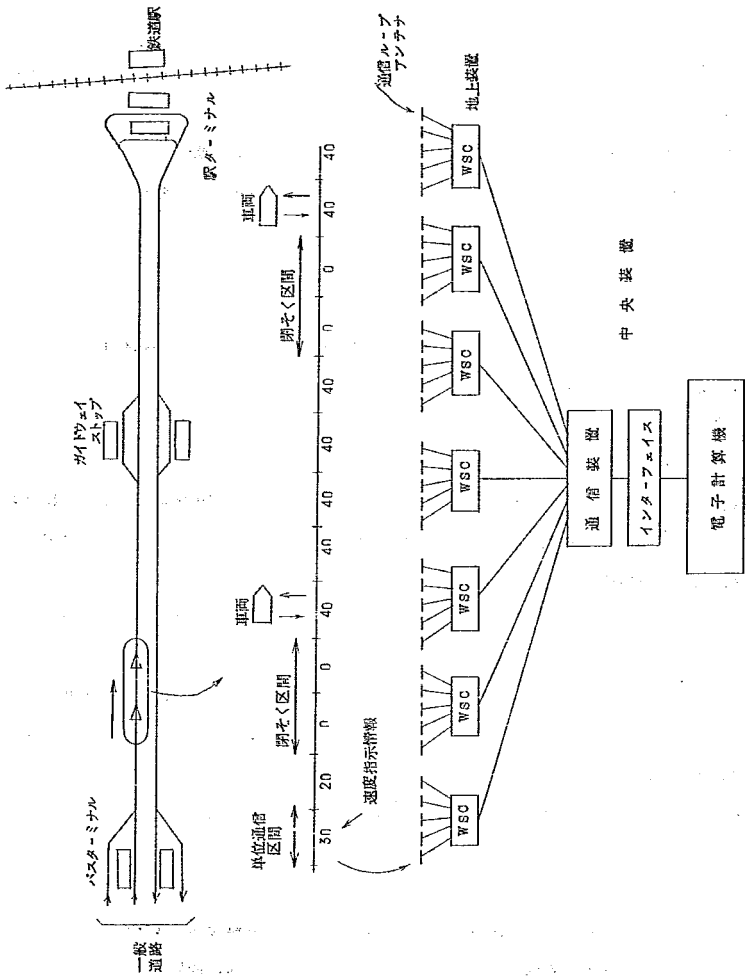
図Ⅳ－2はこのような車輌と地上との通信機器の接続を単一の地上ループ単位で示したものである。

2. 通信上の問題点

ガイドウエイ部での車輌の自動無人運転時にはすべて通信回線を通して制御が行なわれるから，通信の品質が直ちに運転の安全円滑化に影響を及ぼすので，高い通信品質と信頼度が要求される。特に地上と車上との間は移動体通信であり種々の外部的条件での制約もあるので通信系としては最も問題が集中し次に示す問題点がある。

(1) 地上ループと車上アンテナ間で構成される通信路は制御上必要な信号を送受するはかりでなく，地上でのループアンテナの一つの区間とそこを通過する車輌との間で空間的な配

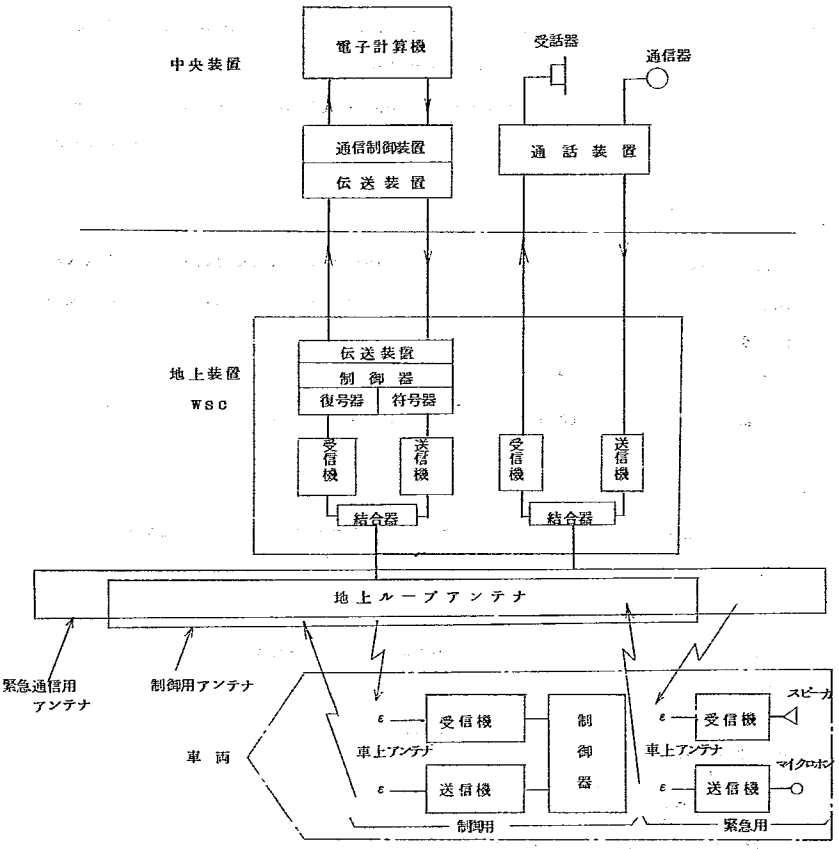
22/



図Ⅳ－1　通信制御系の構成図

222

デュアルモードバスシステム通信機器接続図



図Ⅳ－２　通信機器接続図

223

置せられた通信回線が車輌の移動に伴って順次移動して行くことになるので，地上のループ区間の個々はそれぞれ独立し他の区間との間で通信が確実に分離する必要がある。

(2) 1区間内においてはその区間内での車輌の走行，動揺等によっても変化の少い安定な通信状態を維持する必要がある。

(3) ガイドウエイ部の構造材は高架部分においては鉄材を主体として構築されるので通信ループアンテナに近接する金属材料の影響は無視できない。

(4) 車載アンテナも周囲の連体構造材の影響車輌動揺の影響等検討する必要がある。なお実際の場合の車輌は電動車であるから集電雑音，チョッパノイズ等の通信品質に対する影響を検討する必要がある。

3. 今回の実験の目的と内容

今回は車輌の誘導走行の実験が主体となるが通信関係では試験用走行路を使用して無人走行試験の際に用いる通信装置の基礎的特性を得ることを目的として下記の項目について実験を行なう。

(1) ガイドウエイ構造による影響

試験用ガイドウエイの直線部，曲線部，分岐部等における線路線形別に地上ループアンテナの一般的電気特性を測定する。

(2) ガイドウエイ構造材の影響

ガイドウエイの一部に高架構造となることを想定して擬似鉄材を配置してあるが，これら構造物の通信に及ぼす影響は調査する。

(3) 区間の相互干渉

相隣接したループアンテナ相互間の干渉および通信の分離特性を調査する。

(4) 制御用と緊急通信用との相互干渉

制御用ループと緊急用ループと並列に布設してあるが，これら相互の間の干渉，分離特性を調査する。

(5) 車輌アンテナの諸特性

車輌の構造材の影響

誘導走行用実験車に装着し，周囲構造材の影響を調査する。

車上アンテナ間の干渉

車上送受信アンテナ間の干渉を取付位置，構造材の影響について調査する。

但し車輌構造は誘導走行実験車と無人走行実験車とでは相違するので，これら車輌構造の影響は参考データを得るに止める。

(6) 車輌走行による動的特性

224

誘導走行実験車と地上間で通信を行ない車輌走用に伴い送受信状態の変化を調査する。

(7) 伝送特性

車上と地上との間の伝送試験として誘導走行実験車との間で走行に伴い信号レベル変化，信号対雑音比の測定を行う。

(8) ガイドウエイアンテナの布設方法

以上の実験を通しガイドウエイ部地上アンテナの最適配置，施工法等を確定する。

4. 実験用機材

4－1 ガイドウエイ地上ループアンテナ（図Ⅳ－3）

実験用走行路を区分し図に示すような位置に

制御用 ループアンテナ 6区間

緊急用 ループアンテナ 2区間

を設けた。

4－2 実験用通信機

(1) 実験前期

実験前期主としては地上アンテナの諸特性を測定する段階では，発振器および電子式電圧計，インピーダンスブリッヂ等の計測器を使用して基礎的データを測定する。

(2) 実験後期

実験後期，車輌を使用した走行特性，伝送特性の段階で下記の機器を使用する。

(イ) 車載用通信機

送信機 2台 （f 2，f 3 各1台）

受信機 2台 （f 1，f 4 各1台）

框 体 1台

車載アンテナ 8組 （1台4組 2台分）

実験用バッテリ1式

(ロ) 地上用通信機

送信機 3台 （f 1 2台 f 4 1台 ）

受信機 3台 （f 2 2台 f 3 1台 ）

結合機 3台

電力増幅器 1台

電源部 1台

框 体 1台

(4) 通信機仕様

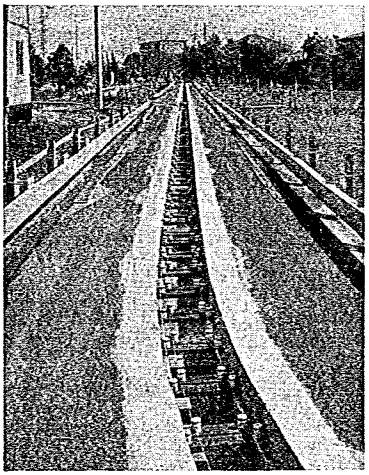
搬送周波数

f 1	1 1 5 kHz
f 2	1 3 5 kHz
f 3	1 7 6 kHz
f 4	2 0 2 kHz

変調方式	周波数変調
周波数推移	± 3 kHz
変調周波数	最大 3 kHz
出 力	1 W

（電力増幅器により１０Wまで増力可能）

ガイドウエイアンテナ布設状態



5. 実験のスケジュール

今回の実験は車輌の誘導走行実験が主体であるため，通信実験の実施は前期の基礎実験の段階で４９年度末近くより開始となっているので今期は充分なデータが得ることができないが以下に実験のスケジュールを記す。

5．1 地上アンテナ特性試験

予定期間　５０．３．１４　～　６月下旬

- o　一般特性　　３－(1)項
- o　干渉調査　　３－(3)，(4)項
- o　構造物影響　　３－(2)項
- o　誘起雑音の調査　　３－(8)項

５．２　伝送試験

予定期間　５０．４月下旬　～　６月下旬

- o　伝送予備実験
- o　走行時の受信レベル調査　　３－(6)項
- o　通信試験　　３－(7)項

５．３　車上アンテナ特性試験

予定期間　５０．４月下旬　～　６月上旬

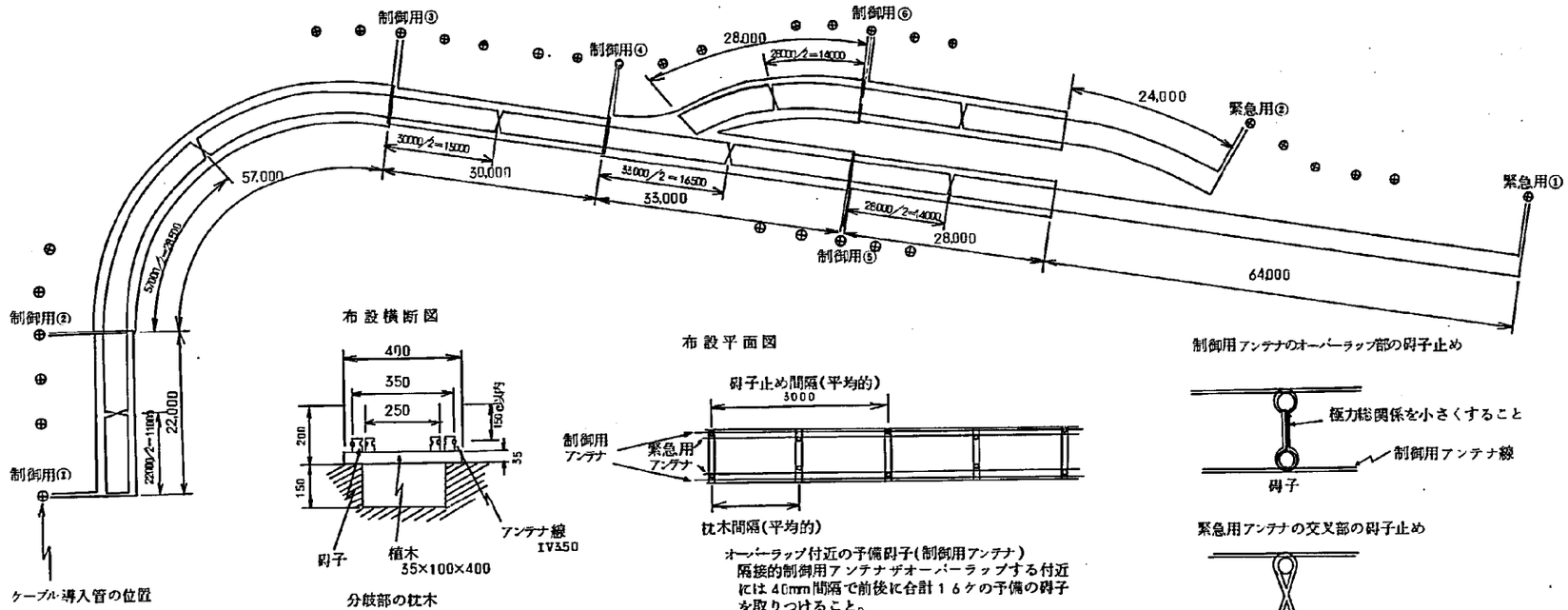
- o　車体の影響　　３－(5)項
- o　アンテナ間結合　　３－(5)項

227

アンテナ構成図

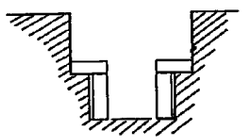
制御用アンテナ……６系統、線間隔 350mm、延長約 240m

緊急用アンテナ……２系統、線間隔 250mm、延長約 320m



布設横断図

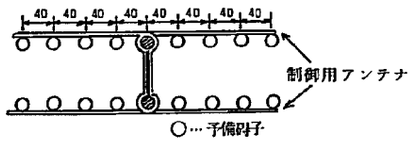
分岐部の枕木



布設平面図

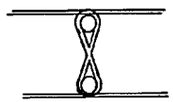
オーバーラップ付近の予備因子(制御用アンテナ)

隣接的制御用アンテナザオーバーラップする付近には40mm間隔で前後に合計１６ケの予備の因子を取りつけること。



制御用アンテナのオーバーラップ部の因子止め

緊急用アンテナの交叉部の因子止め



図Ⅳ－３　通信実験用アンテナ配置図

228

V　試験結果のとりまとめ

1. ガイドウエイ

1－1　誘導壁に作用する力

1－1－1　実験目的

誘導輪．分岐輪からガイドウエイにかかる作用力を把握する事であり，同時に車輌進行速度の変化が誘導壁．分岐壁に作用する横力に与える変化を把える事にある。

今回の試験には，誘導装置独立形式と誘導装置連動形式のものが用意されているが作用力の大きい独立形式のものについて誘導壁，（分岐壁）のひずみ測定を行い強度検討資料とするものである。

1－1－2　測定方法

a　測定位置　……図Ⅴ－1に示す

b　測定方法

(1)　実験車（誘導装置独立形式）の走行速度５．１０．２０㎞／Hの時のストレインの動的変化を測定する。

(2)　誘導壁に静的横力を加え，各荷重状態に於けるストレインを計測する。

1－1－3　測定結果

a　測定波形例　……　図Ⅴ－2に示す

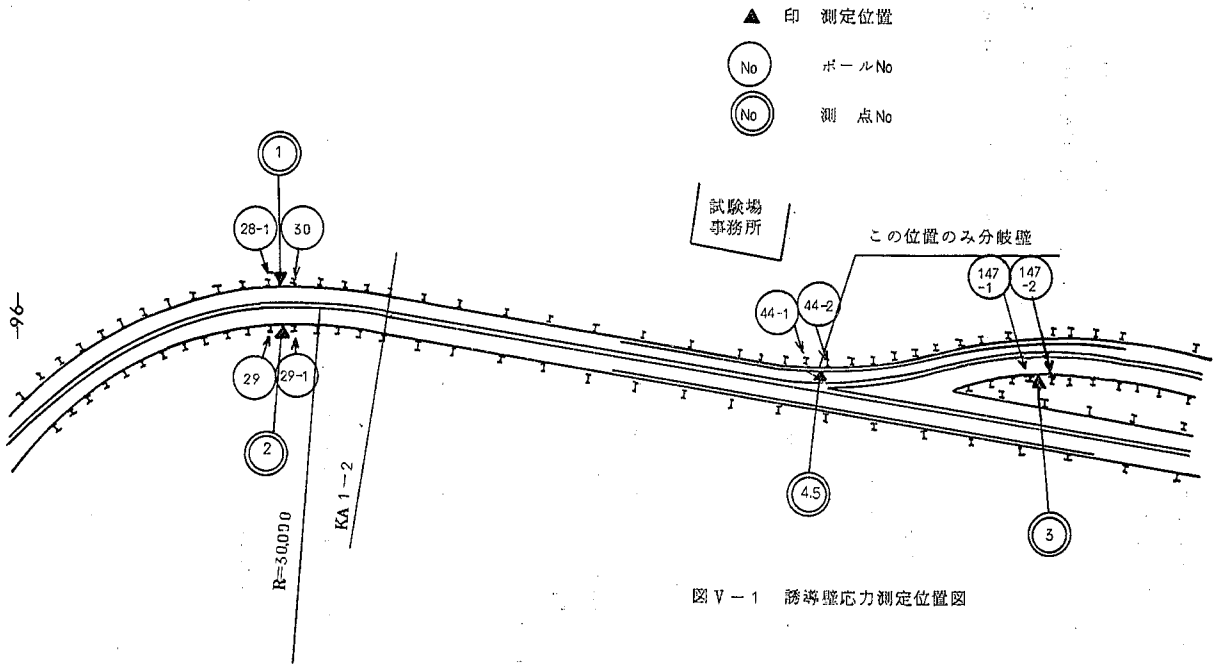
b　測定結果　……　表Ⅴ－1に示す

c　静的横力測定器機

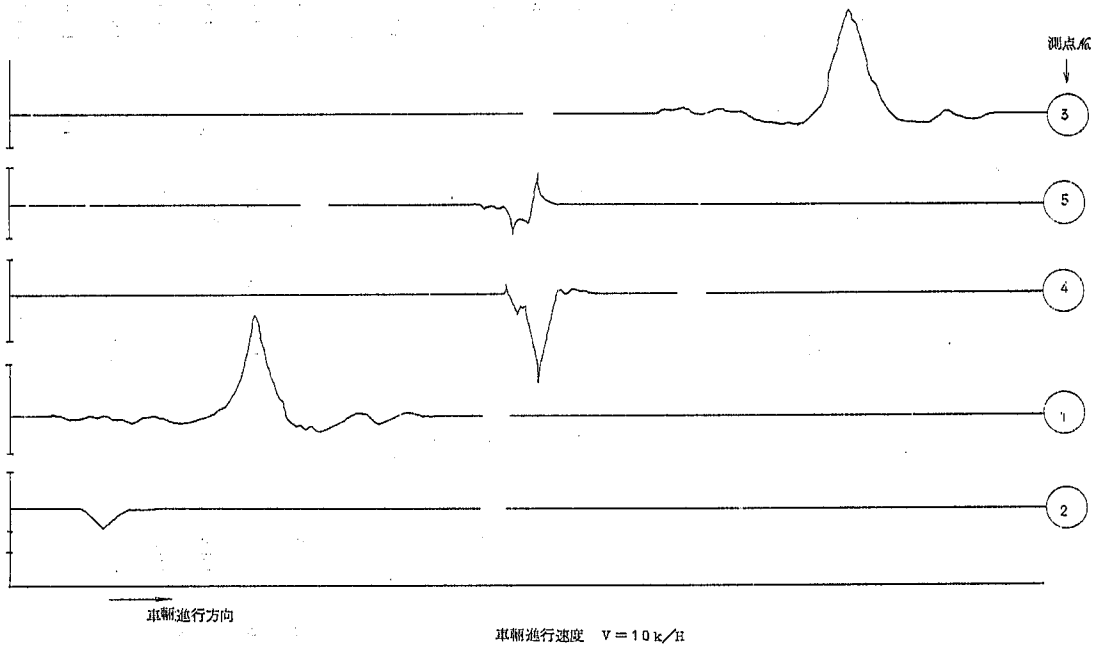
1－1－4　考　察

平面線形が曲線である部分の誘導壁と分岐壁合せて５点の測定を行なったが横荷重の大きさは設計荷重１tに対して４００～８００㎏と設計荷重の設定がほぼ適正であったことが判明した。

誘導壁に作用する力は速度の上昇とともに減少し車輪側の計測とも一致している。なお表Ⅴ－1には各計測の最大値が示されているが，いずれもこれはリア通過時の値である。また，分岐壁の作用力は力としてではなく応力で示してあるが，これは較正が出来ないためであるが，誘導装置の原理より考えて誘導壁に作用する力とほゞ同一と思われる。



図Ⅴ－1 誘導壁応力測定位置図



図Ⅴ－2　測定波形例

表 V－1　　誘導壁応力測定結果

速度	進入方向	① 横荷重 (kg)	② 横荷重 (kg)	④ 応力 ひづみ×10⁻⁶	④ 応力 kg/cm²	⑤ 応力 ひづみ×10⁻⁶	⑤ 応力 kg/cm²	③ 横荷重 (kg)
5 km/H	往路	0	590	−40.8	− 84	+10 −10	+21 −21	470
		0	567	− 61	−128	+25	+53	830
		0	620	− 72	−152	+31	+65	665
		0	590	− 72	−152	+20 −10	+42 −21	425
		0	567	− 61	−128	+15 −10	+32 −21	485
	復路	215	590	− 0	0	0	0	410
		215	590	0	0	0	0	685
		128	590	0	0	0	0	410
		184	590	−10	− 21	+ 5	+10	706
		184	590	0	0	0	0	410
		215	590	0	0	0	0	425
10km/H	往路	61	567	− 97	−204	+31 −31	+65 +65	446
		61	520	− 72	−151	+25 −25	+525 −525	600
		61	540	− 82	−173	+25 −25	+525 −525	466
	復路	275	540	− 41	− 86	+20 − 0	+42 − 0	425
		215	540	− 25	− 53	+15	+32	446
20km/H	往路	365	420	−128	−269	+41 −41	+86 −86	410
		398	420	−128	−269	+41 −41	+86 −86	410
		337	420	−163	−342	+56 −36	+118 −77	385
	復路	398	372	−260	−545	+87	+183	446
		430	420	−240	−505	+77	+162	446
		430	372	−229	−481	+77	+162	466

2. 車　輌

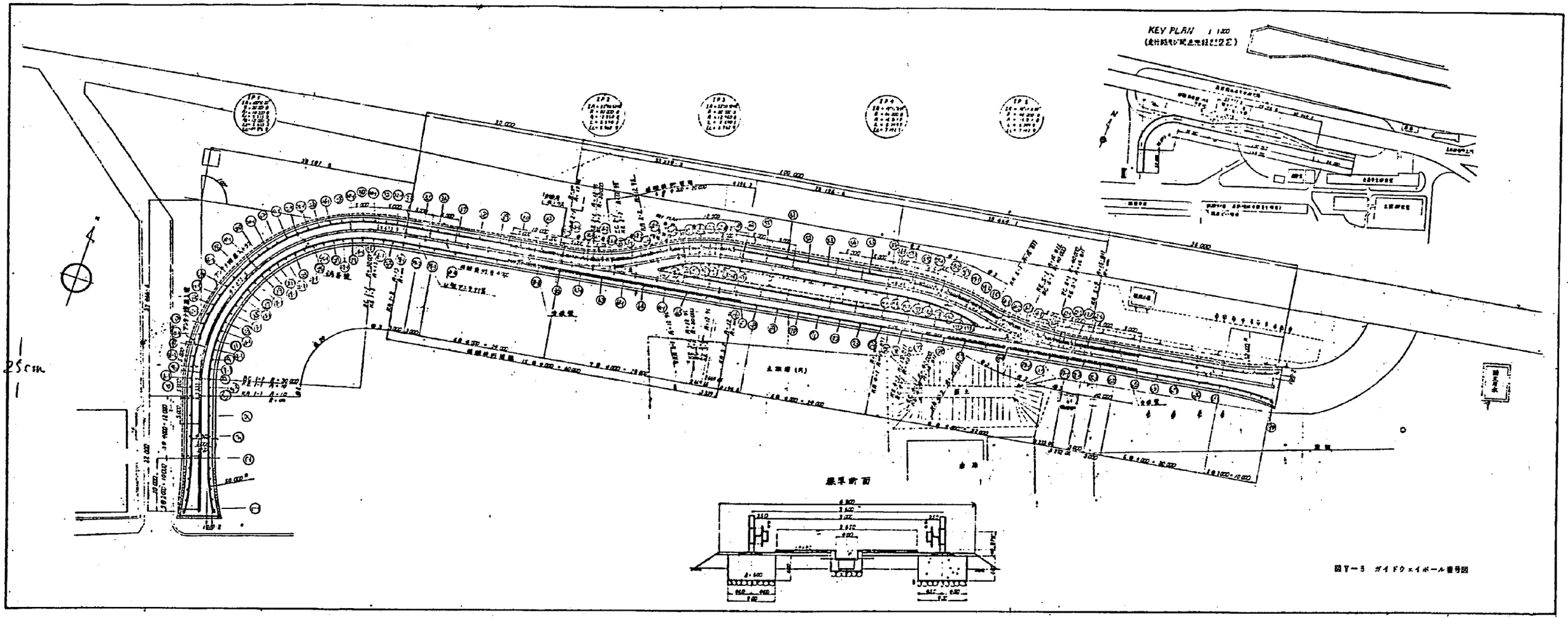
2－1　実験車の一般確認

誘導実験に先立ち，誘導装置各部の作動チエックとガイドウエイとのすり合せチエック，および調整を行った。下にこれらチエック内容を表にして示す。

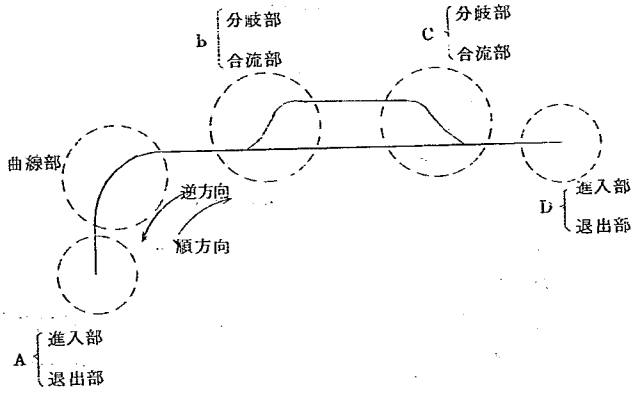
表Ⅴ－2　　誘導装置チエックリスト

NO	チエック　項　目	011号車	012号車
1	格納，伸張装置の作動	OK	OK
2	格納，伸張ロック装置の作動	OK	OK
3	分岐装置の作動	OK	OK
4	格納センサーの作動	OK	OK
5	伸張センサーの作動	OK	OK
6	空油圧装置配管漏れ	OK	OK
7	ガイドウエイと誘導装置の干渉	OK	OK
8	ガイドウエイと分岐装置の干渉	OK	OK
9	分岐壁からの分岐輪はずれ	OK	OK
10	誘導壁からの誘導輪はずれ	OK	OK
11	誘導輪転動状況	雨天時キュー音	低速時キュー音
12	分岐輪転動状況	OK	OK
13	タイヤの動き	OK	OK
14	走行中の異常振動	OK	OK

表Ⅴ－2に示したように目視等による初期チエックでは特に異常はない。チエック項目NO 11の誘導輪と誘導壁の滑りによるキュー音は本実験では問題とはならないが，解決しておきたい項目である。尚，以後の実験実施に当り，実験コースの呼称を以下のようにする。



図Ⅴ－5 ガイドウェイポール番号図



コース位置の詳細は図Ⅴ－3のボール番号で示すものとする。

2－2　ガイドウエイにかかる作用力

2－2－1　実験目的

ガイドウエイの建設コストは本システム全体の建設コストの大半を占めるため，ガイドウエイ構造の簡略化やガイドウエイ建設コストの低減化は，本システムを設計する際の大命題となる。

中でもガイドウエイにかかる作用力の大小は，ガイドウエイ構造の設計面に大きく影響するとともに，車輌の誘導装置をコンパクトかつ軽量に作る上にも影響を与える。

これらコスト低減化を図りつつ，強度面に於る信頼性を十分確保するために，また曲線部の線形，および分岐，合流部等の線形精度を検討するために誘導輪，分岐輪からガイドウエイにかかる作用力を把握する必要がある。

2－2－2　実験方法

a　実験条件

実験条件を下に示す

表 V － 3　　実験条件

		誘導装置独立形式 実験車（011号車）	誘導装置連動形式 実験車（012号車）
車輌重量	前輪荷重	2000kg	2900kg
	後輪荷重	4000kg	4900kg
	計	6000kg	7800kg
タイヤ左	前　輪	3.25kg/cm²	6.50kg/cm²
	後　輪	3.50kg/cm²	内　6.25kg/cm² 外　6.50
車速	直線部	5，10，20，30（35）Km/h	3，6，15，20，25，30 35，40 Km/h
	曲線部	5，10，20　Km/h	3，6，15，20，25 Km/h
	分岐，合流部	5．10，20　Km/h	3，6，15，20，25 Km/h
走行モード	直線部	順逆方向（B・C部間）	逆方向（B．C部通過時）
	曲線部	順逆方向	逆方向
	分岐，合流部	順逆方向B．C部	順方向 .B部分岐 C部合流
施設	ガイドウエイ精度	±5 m/m	±　5 m/m
	誘導部継目	斜め	斜　斜めめ
	分岐部継目	斜め	斜めめ
	路面状況	乾　燥	乾　燥

b　測定項目

(1)　誘導装置独立形式実験車　（０１１号車）

①　フロント左誘導輪作用力

②　リヤ左誘導輪作用力

③　フロント左分岐輪作用力

④　リヤ分岐輪作用力

(2)　誘導装置連動形式実験車　（０１２号車）

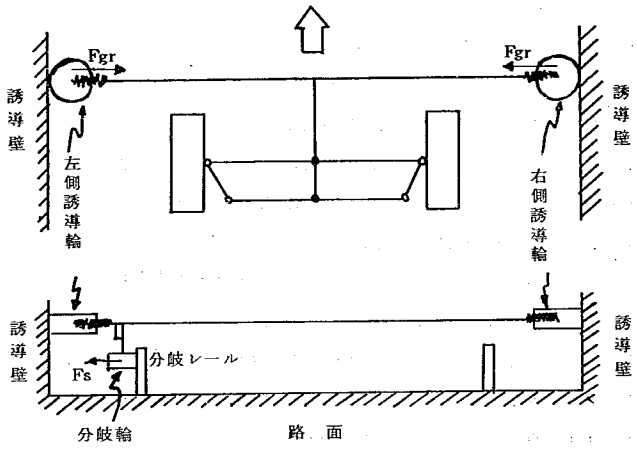
①　フロント右誘導輪作用力

②　フロント左誘導輪作用力

③　フロント分岐輪作用力

④　リヤ分岐輪作用力

作用する力の方向は図Ⅴ－4に示す。



図Ⅴ－4　作用する力の方向

c　実験方法

誘導輪．分岐輪よりガイドウエイに作用する力の検出は

(1)　誘導輪に関してはバンパーラバーケースあるいはリンク部にストレインゲージを貼付け，誘導輪からえた力と歪の較正により求める。

(2)　分岐輪から作用する力に関しても，分岐軸にストレインゲージを貼付け，力と歪の較正により求める。

の方法による。尚，記録については各ピックアップからストレインメーターを通し，データーレコーダーに記録してビジグラフに再生させる方法と，ストレインメーターより直接ペン書きオシロに書かせる方法による。

2－2－3　実験データ

図Ⅴ－5　位置－フロント左誘導輪作用力波形（０１１号車）
　　曲線部　　頃方向

図Ⅴ－6　位置－フロント左誘導輪作用力波形（　〃　）
　　直線部（Ｂ～Ｃ区間）頃方向

図Ⅴ－7　車速－フロント左誘導輪最大作用力（　〃　）

図Ⅴ－8　車速－リヤ左誘導輪最大作用力　（　〃　）

図Ⅴ－9　車速－フロント左分岐輪最大作用力（　〃　）

図Ⅴ－10　車速－リヤ分岐輪最大作用力　（　〃　）

図Ⅴ－11　時間－作用力波形　（０１２号車）
　　分岐部（Ｂ部）　頃方向

図Ⅴ－12　車速－フロント左誘導輪最大作用力（　〃　）

図Ⅴ－13　車速－フロント左分岐輪最大作用力（　〃　）

図Ⅴ－14　車速－リヤ分岐輪最大作用力　（　〃　）

表Ⅴ－4　フロント左誘導輪最大作用力　（０１１号車）

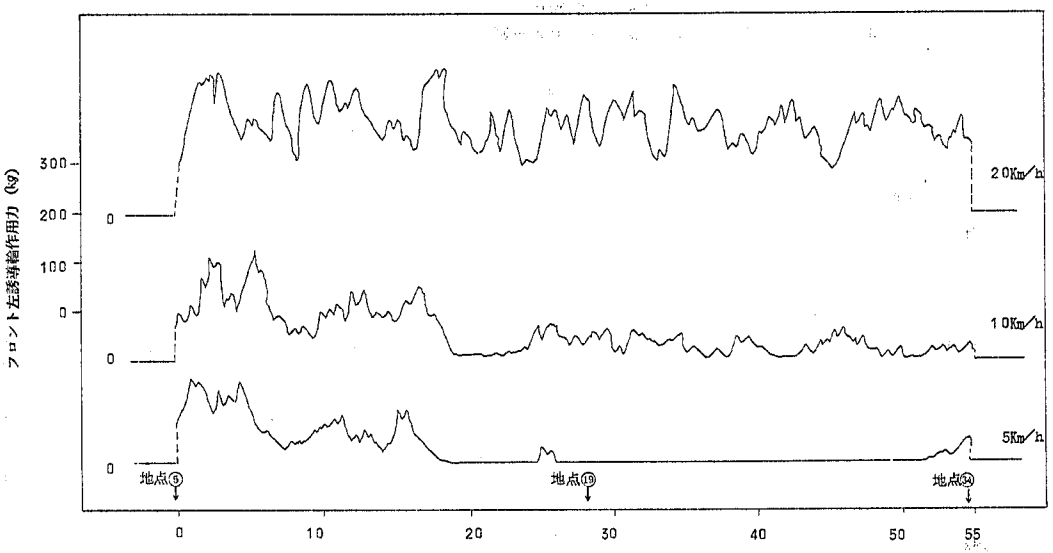
表Ⅴ－5　フロント左分岐輪最大作用力　（　〃　）

表Ⅴ－6　リヤ分岐輪最大作用力　（　〃　）

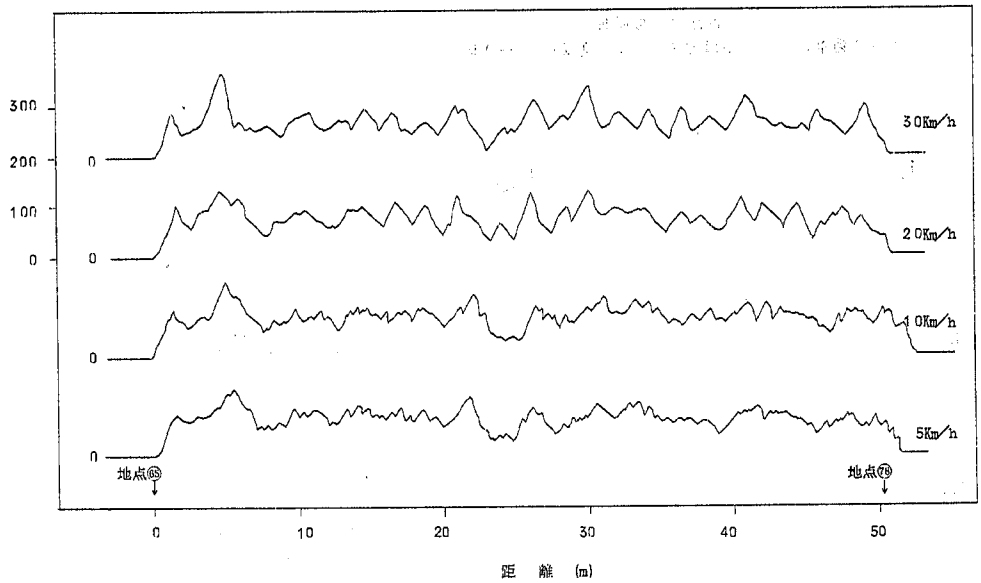
表Ⅴ－7　フロント誘導輪作用力　（０１２号車）

表Ⅴ－8　フロント分岐輪作用力　（　〃　）

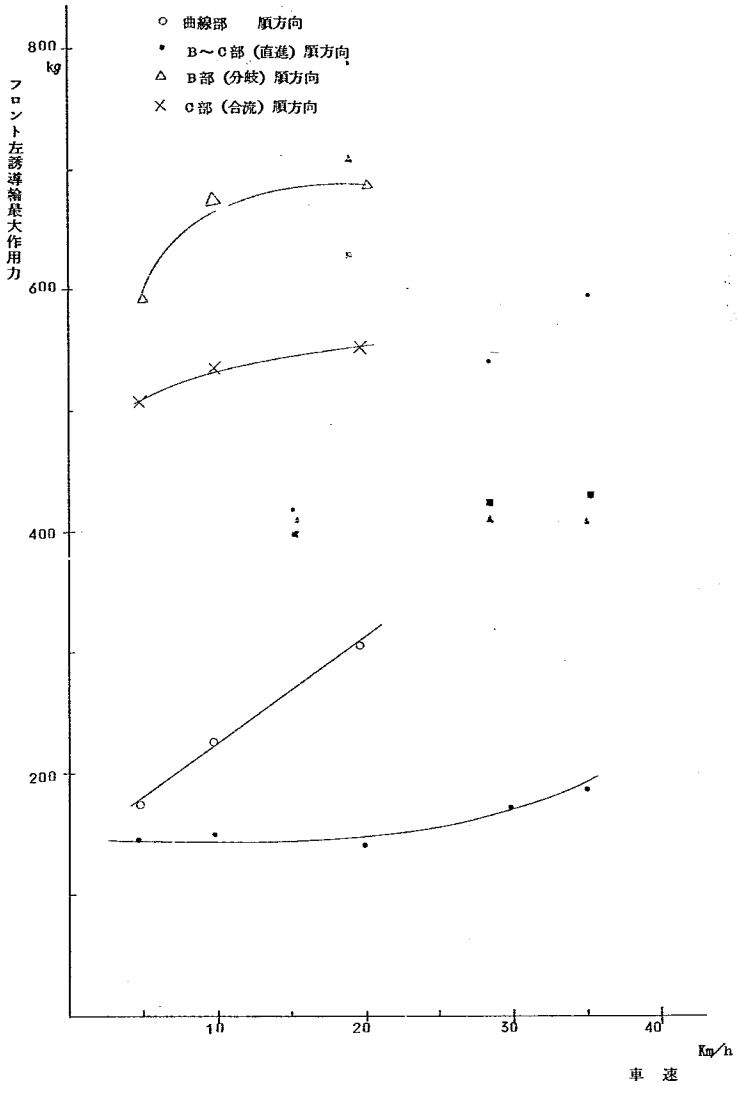
表Ⅴ－9　リヤ分岐輪作用力　（　〃　）



図Ⅴ－5　位置－フロント左誘導輪作用力波形（０１１号車）
曲線部　順方向

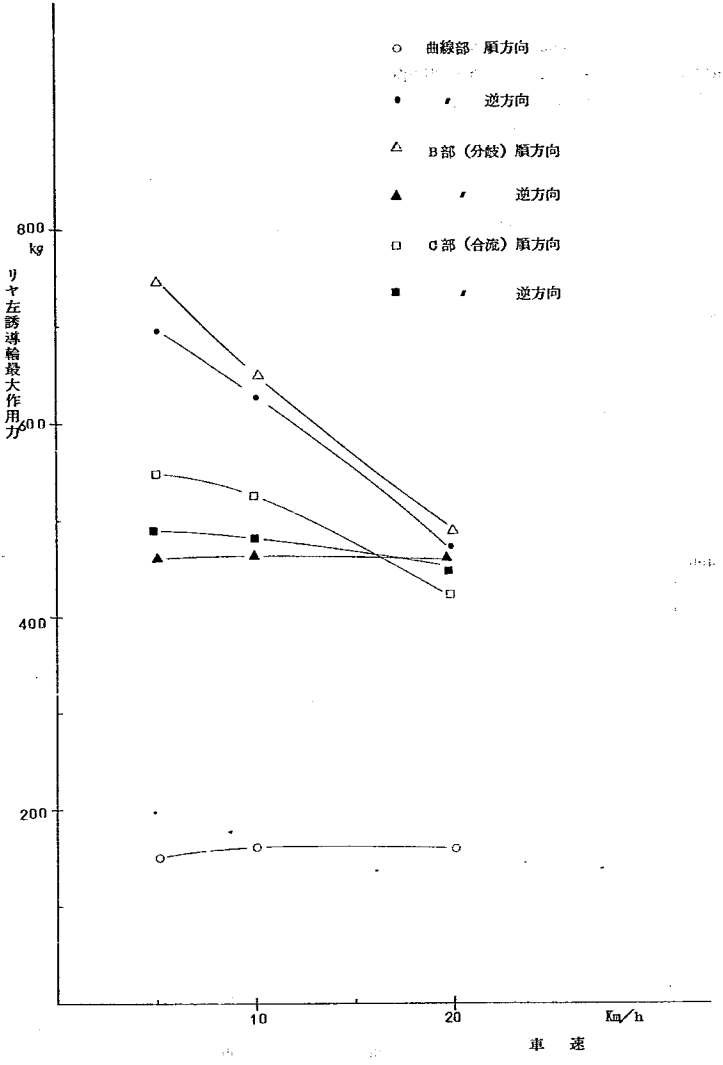


図Ⅴ－６　位置－フロント左誘導輪作用力波形（０１１号車）
直線部（Ｂ～Ｃ区間）順方向



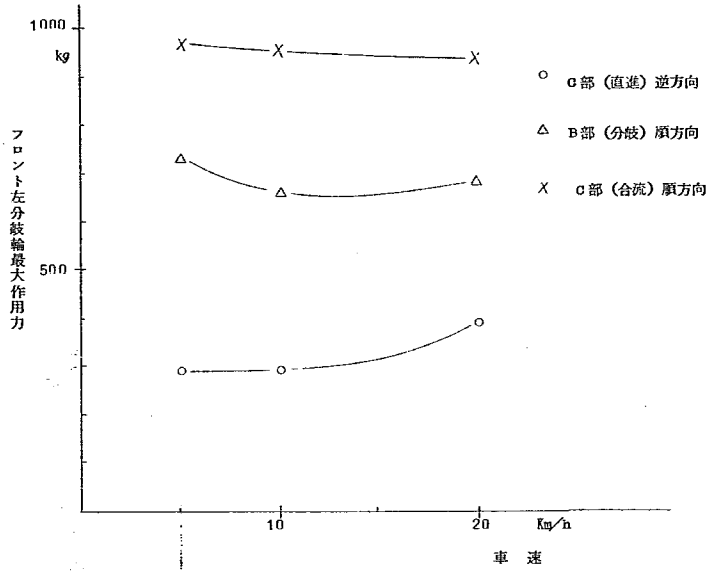
図Ⅴ－7　車速－フロント左誘導輪最大作用力（０１１号車）

242

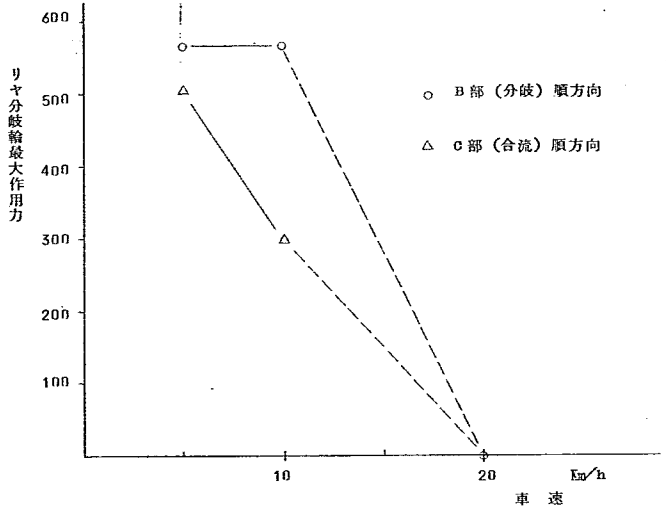


図Ⅴ－8　車速－リヤ左誘導輪最大作用力（０１１号車）

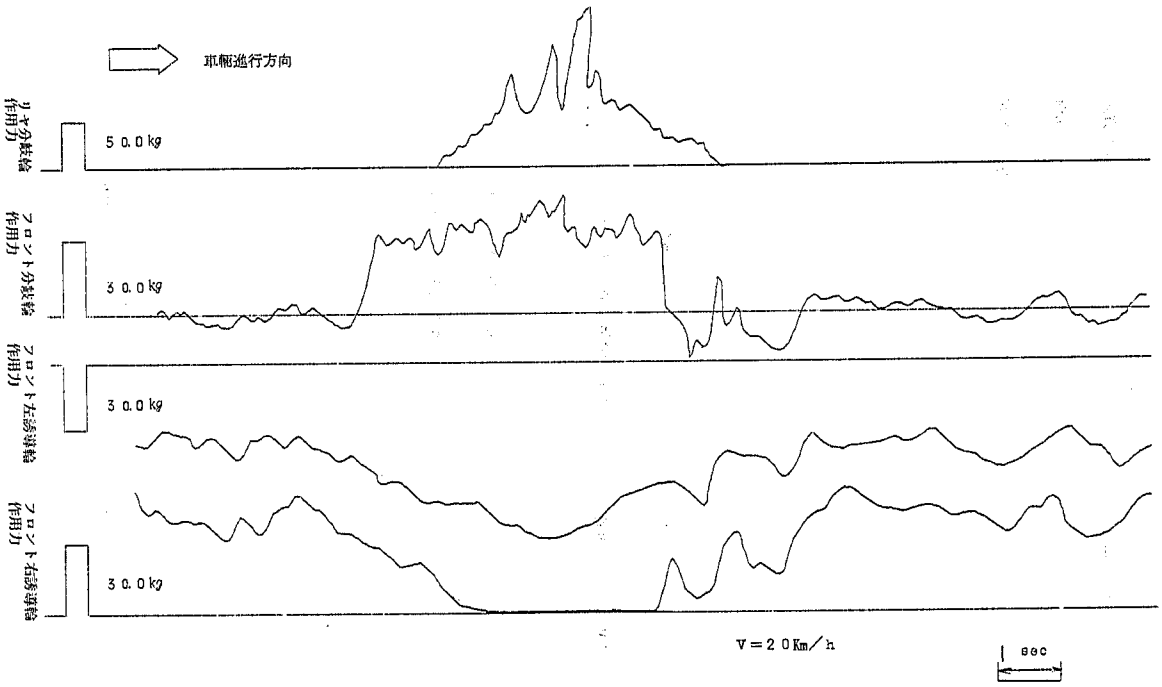
243



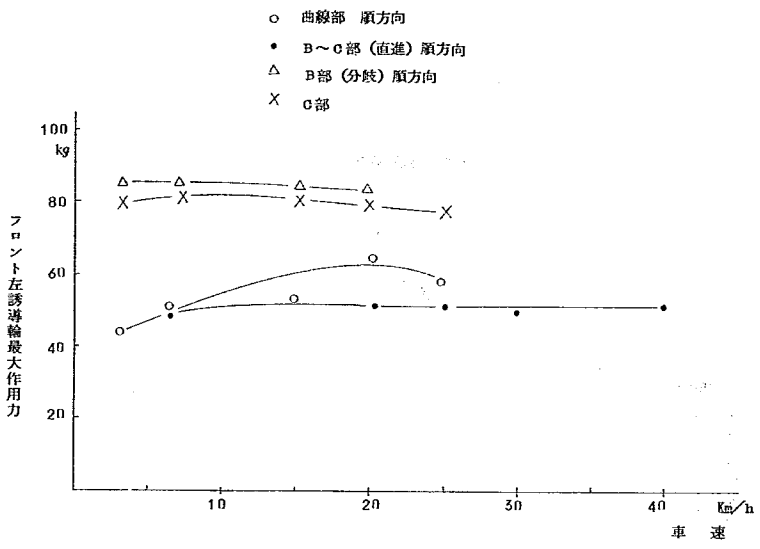
図Ⅴ－ 9 車速－フロント左分岐輪最大作用力（０１１号車）



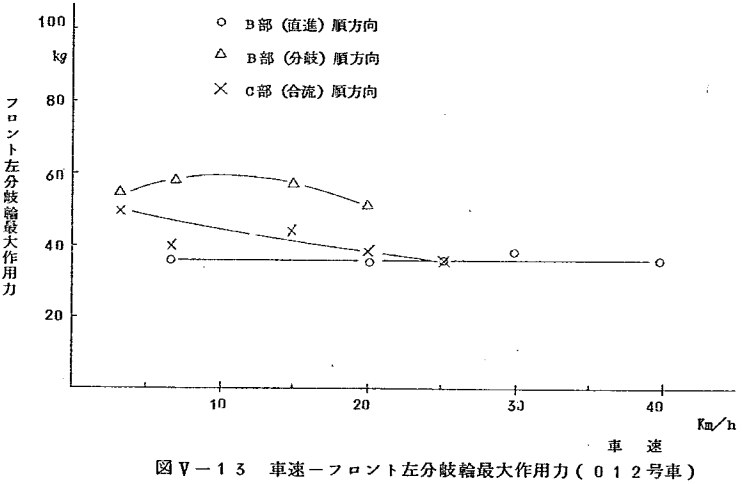
図Ⅴ－１０ 車速－リヤ分岐輪最大作用力（０１１号車）



図Ⅴ－１１　時間－作用力波形（０１２号車）
分岐部（Ｂ部）順方向

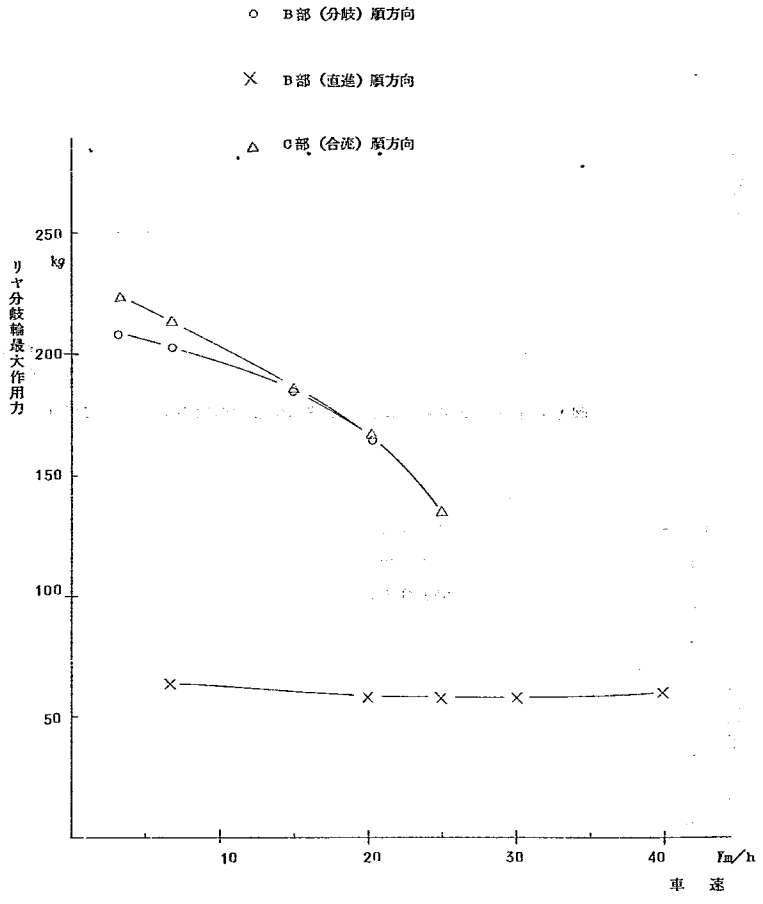


図Ⅴ－１２　車速－フロント左誘導輪最大作用力（０１２号車）



図Ⅴ－１３　車速－フロント左分岐輪最大作用力（０１２号車）

246



図Ⅴ－１４　車速－リヤ分岐輪最大作用力（０１２号車）

247

表Ⅴ－4　フロント左誘導輪最大作用力　（０１１号車）

(kg)

車速	囲線部		B～C部		B部			C部		
			直進		分岐	合流	直進	合流	分岐	直進
(km/h)	順方向	逆方向	順方向	逆方向	順方向	逆方向	逆方向	順方向	逆方向	逆方向
5	１９０	１６０	１６０	１６０	６００	１５０	２４０	５２０	１７０	１９０
１０	２６０	１７０	１６０	１７０	６３０	１６０	２５０	５６０	２００	２００
２０	３５０	３００	１５０	１６０	７２０	１７０	２５０	５６０	１７０	１８０
３０	—	—	１８０	—	—	—	—	—	—	—
３５	—	—	１９０	—	—	—	—	—	—	—

表Ⅴ－5　フロント左分岐輪最大作用力　（０１１号車）

kg

車速	B部		C部	
	分岐	直進	合流	直進
(Km/h)	順方向	逆方向	順方向	逆方向
5	７８０	３５０	1,０００	３１０
１０	８３０	３８０	1,０４０	３００
２０	９００	４４０	1,１４０	３５０

表Ⅴ－6　リヤ分岐輪最大作用力　（０１１号車）

kg

車速	B部	C部
	分岐	合流
(km/h)	順方向	順方向
5	６２０	５２０
１０	６００	３３０

表Ⅴ－7　フロント誘導輪作用力　（012号車）

（kg）

車速 (Km/h)	曲線部				B部								C部							
					直進				分岐		合流		直進				合流		分岐	
	順方向（左誘導輪）		逆方向（右誘導輪）		順方向（右誘導輪）		逆方向（左誘導輪）		順方向（左誘導輪）		逆方向（右誘導輪）		順方向（右誘導輪）		逆方向（左誘導輪）		順方向（左誘導輪）		逆方向（右誘導輪）	
	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値
3	45.6	34.8	54.7	35.0	71.0	45.1	—	—	86.4	37.7	—	—	—	—	67.7	44.6	81.7	34.8	—	—
6	55.2	38.4	51.2	26.2	72.0	64.8	52.5	37.2	86.4	33.6	79.9	41.6	58.6	37.2	70.3	60.0	84.0	34.0	78.1	40.5
15	58.3	40.3	56.9	40.3	72.0	37.9	—	—	86.4	34.3	—	—	—	—	69.1	40.8	82.8	36.0	—	—
20	67.2	45.6	57.8	43.8	73.2	36.0	58.0	38.3	85.2	37.2	79.5	40.9	59.1	40.5	69.6	40.3	82.0	40.3	76.5	41.6
25	—	—	—	—	73.2	42.0	58.2	39.4	—	—	78.8	41.6	58.9	40.5	—	—	79.2	38.4	74.4	40.9
30	—	—	—	—	69.6	36.0	56.0	40.0	—	—	—	—	58.2	41.6	66.9	36.9	—	—	—	—
35	—	—	—	—	69.3	37.6	—	—	—	—	—	—	—	—	69.1	40.0	—	—	—	—
40	—	—	—	—	69.6	44.4	56.5	35.9	—	—	—	—	58.0	37.2	68.2	42.2	—	—	—	—

表Ⅴ－8　フロント分岐輪作用力　（012号車）

（kg）

車速 (Km/h)	B部								C部							
	直進				分岐		合流		直進				合流		分岐	
	順方向		逆方向		順方向		逆方向		順方向		逆方向		順方向		逆方向	
	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値
3	—	—	33.8	25.2	54.0	31.0	—	—	—	—	31.4	23.3	48.5	35.5	—	—
6	36.7	26.9	31.8	25.2	57.0	36.8	44.5	34.3	33.3	25.7	31.0	24.8	40.7	31.0	46.5	35.5
15	—	—	42.2	32.9	54.3	38.4	—	—	—	—	40.1	32.0	42.6	31.0	—	—
20	36.2	29.4	34.5	27.1	48.1	43.9	42.1	28.8	33.8	25.7	36.8	27.1	37.4	26.9	45.3	35.2
25	36.2	26.9	37.4	29.1	—	—	42.8	33.8	32.5	25.7	—	—	35.8	27.5	49.0	36.2
30	38.2	28.1	34.9	27.5	—	—	—	—	33.5	25.4	39.7	27.7	—	—	—	—
35	—	—	37.4	29.4	—	—	—	—	—	—	42.6	30.6	—	—	—	—
40	36.2	28.9	37.8	31.6	—	—	—	—	64.9	41.6	38.8	31.6	—	—	—	—

249

表Ⅴ－9　リヤ分岐輪作用力　（０１２号車）

（Kg）

車速 (Km/h)	B部								C部							
	直進				分岐合流				直進				合流		分岐	
	順方向		逆方向		順方向		逆方向		順方向		逆方向		順方向		逆方向	
	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値	平均値
3	—	—	64.5	44.7	210	66.0	—	—	—	—	55.0	40.6	224	54.0	—	—
6	64.2	50.0	60.7	46.7	202	71.0	160	83.3	55.8	40.6	51.3	38.6	213	59.9	74.1	55.8
15	—	—	54.6	46.2	187	88.4	—	—	—	—	46.9	38.1	185	52.8	—	—
20	59.2	47.7	56.6	46.7	165	66.5	102	82.3	50.8	38.8	49.7	39.8	167	55.8	82.8	56.9
25	59.9	47.7	53.3	45.7	—	—	91.4	75.6	50.8	39.6	—	—	152	55.8	82.3	58.9
30	58.4	47.2	57.9	47.5	—	—	—	—	50.2	38.8	49.5	36.3	—	—	—	—
35	—	—	56.3	46.4	—	—	—	—	—	—	55.8	37.8	—	—	—	—
40	61.2	46.9	53.8	45.7	—	—	—	—	52.3	38.1	48.7	35.5	—	—	—	—

2－2－4　考　察

a　誘導輪から誘導壁にかかる作用力

(1)　直進部

誘導装置独立形式実験車（０１１号車）誘導装置連動形式実験車（０１２号車）とも作用力は車速の影響をあまり受けない。車速２０km／hについての最大値を整理すると表Ⅴ－１０のようになる。

表Ⅴ－１０　直線部誘導輪作用力

（単位kg）

測定区間	０１１号車	０１２号車
B部	２５０	７３
B～C部	１６０	—
C部	１８０	７０

誘導輪が片側のみ接触する区間B部に於て，０１１号車では２０km／hで２５０kgの作用力が発生しており，誘導輪—誘導輪拘束(B~C部)よりも誘導輪—分岐輪拘の方が作用力が大きい現象が発生している。しかしもう一方の片側接触区間C部については逆の現象

250

が出ていることから分岐壁衝度の影響を受けていると考えられる。

(2) 曲線部

曲線部では誘導装置独立形式実験車（０１１号車）と誘導装置連動形式実験車（０１２号車）では作用力の傾向に大きな違いがある。車速５～６㎞／ｈと２０㎞／ｈの作用力の値を示すと表Ⅴ－１１のようになる。

表Ⅴ－１１　曲線部誘導輪作用力

（単位㎏）

	車速	０１１号車		０１２号車	
	(㎞/h)	外側	内側	外側	内側
フロント誘導輪	５～６	１９０	１６０	５５	９
	２０	３５０	３００	６７	０
リヤー誘導輪	５～６	１５０	７００	—	—
	２０	１６０	４７０	—	—

０１１号車の計測は左誘導輪のみで行ったため，曲線部作用力の外側と内側については順方向，逆方向の計測で代表させた。また，０１２号車のリヤー誘導輪からの作用力は構造上セット荷重より，あまり大きくなることは考えられないため測定は省略した。

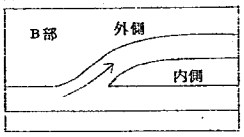
外側誘導壁に作用する力は０１１号車の場合，フロント側は車速が増す程大きくなり，２０㎞／ｈで最大３５０㎏程度である。尚，５㎞／ｈ程度の低速では曲線部に進入直後に，フロントタイヤの向きを変えるために作用力が働くが一度向きを変えると，誘導壁面から誘導輪が離れるために作用力が０になる現象が発生している。これは誘導装置独立形式の場合復元力はホイールアラメントに頼っているために，低速では一度向きを変えたタイヤを戻すためには，外側誘導輪から作用した力と同程度の力を必要とする。このため誘導輪振出用のスプリング（ラバー）の特性によってはこの種の現象が発生するものである。０１２号車の場合，誘導装置はステヤリングと連動しているため，作用力は小さく（１００㎏以下）しかも車速による差はほとんど現れていない。リヤー側については，０１１号車の場合，車速に関係なく誘導壁面から誘導輪が離れるため力は加わらない。

内側誘導輪から作用する力はフロント誘導輪からは０１１号車，０１２号車とも車速に関係なくほとんど力が作用しない。リヤー誘導輪からは０１１号車の場合，曲線

部に入った直後から曲線部を出るまでほぼ一定の力が加わる。また，車速が低い程大きく，5㎞／hで最大700㎏程度の作用力となる。

(3) 分合流部

分合流部に関しても011号車の場合，計測は，左誘導輪のみで行ったため，分合流部入力の右側と左側については順方向と逆方向の計測で代表させた。



図Ⅴ－15　誘導輪位置関係図

作用力の最大値のみについて整理すると表Ⅴ－12のようになる。

誘導輪の位置関係は図Ⅴ－15に示す

表Ⅴ－12　分合流部誘導輪作用力　（単位㎏）

			011号車	012号車
B部	フロント (20㎞/h)	外側	720	85
		内側	170	0
	リヤー (15㎞/h)	外側	750	—
		内側	460	—
C部	フロント (20㎞/h)	外側	560	82
		内側	170	0
	リヤー (15㎞/h)	外側	550	—
		内側	490	—

分合流部B，Cを比較すると，フロント，リヤーとも作用力はBの方が大きく，線形の差（B部は30mR C部は40mR）がはっきりと出ている。

b　フロント分岐輪から分岐壁にかかる作用力

(1) 直線部

分岐輪作用力は011号車の場合，比較的車速の影響を受け易いが，012号車の場合はほとんど影響を受けない。車速5㎞／hと20㎞／hの場合の最大値を整理すると表Ⅴ－13のようになる。

表Ⅴ－13　直線部フロント分岐輪作用力　（単位㎏）

測定区間	車速（㎞／h）	011号車	012号車
B部	5～6	350	37
	20	440	36
C部	5～6	310	33
	20	350	37

252

(2) 分合流部

０１１号車と０１２号車は誘導形式の相違により，作用力の傾向に大きな違いがある。前者は誘導輪独立形式であり，後者（誘導輪連動形式）の約２０倍の作用力が発生している。車速と作用力の関係は分岐壁進入部では車速が増す程作用力は大きくなる傾向にあるが，変曲点付近では車速にほとんど関係なく大きな値を示している。２０㎞／ｈ以下に於る最大値を整理すると表Ⅴ－１４のようになる。

表Ⅴ－１４　分合流部フロント分岐輪作用力　（単位㎏）

	０１１号車	０１２号車
B部	９００	４８
C部	１１４０	４５

c　リヤー分岐輪から分岐壁にかかる作用力

リヤー分岐輪の構造についても０１１号車と０１２号車とは大きく異っているが，構造による差が作用力に与える影響はフロント程でない。両者とも車速が低い程作用力は大きくなり，５～６㎞／ｈに於る作用力の最大値を整理すると表Ⅴ－１５のようになる。

表Ⅴ－１５　分合流部リヤー分岐輪作用力　（単位㎏）

	０１１号車	０１２号車
B部	６２０	２０２
C部	５００	２１３

２－３　軌　跡

２－３－１　実験目的

ガイドウエイ上を車両が走行する際車体においては左右方向，誘導装置においては上下方向に偏差を生ずる。この偏差は前者においては車輌とプラットフォームの隙間などの建築限界に，後者においては誘導壁，分岐壁，給電線の高さなどのガイドウエイ構造に大きく影響を与える。

このため，車輌の左右方向の偏差，誘導装置の上下方向の偏差に関する実験を行なう。

実験は

(1) 誘導装置独立形式実験車においては後部誘導装置の左右方向の偏差（車輌前部と誘導壁間の偏差は本形式においては原理的に偏差が少ないため。）

(2) 誘導装置連動形式実験車においては車体のコーナと誘導壁間の左右方向変位。

(3) 誘導装置と誘導壁上端面の上下方向変位。

の3項目について行なう。

2－3－2 実験方法

a 実験条件

表Ⅴ－16 実験条件

		誘導装置独立形式 実験車（011号車）	誘導装置連動形式 実験車（012号車）
車両重量	前輪荷重	2000kg	2900kg
	後輪荷重	4000kg	4900
	計	6000kg	7800kg
タイヤ圧	前輪	3.25kg／cm²	6.50kg／cm²
	後輪	3.50kg／cm²	外 6.50kg／cm² 内 6.25kg／cm²
車速	直線部		上下変位 10，20，30，40Km/h 加速012～018g 減速005～03g
	曲線部	左右変位 5，10，20Km/h	左右変位 10，20，25Km/h
	分岐，合流部	左右変位：5，10，20Km/h	左右変位 10，20，25Km/h
走行モード	直線部	————	上下変位：順方向
	曲線部	左右変位：順，逆方向	左右変位：順方向
	分岐，合流部	左右変位：順，逆方向	左右変位：順方向
施設	ガイドウエイ精度	±5m／m	±5m／m
	誘導部継目	斜め	斜め
	分岐部継目	斜め	斜め
	路面状況	乾燥	乾燥

b 測定項目

(1) 誘導装置独立形式実験車 （011号車）

① 車体前端部車輌軌跡

② 車体後端部車輌軌跡

③ リヤー左側誘導輪左右変位

254

(2) 誘導装置運動形式実験車 （０１２号車）

① 車体左前端部車輪軌跡

② 車体右後端部車輪軌跡

③ 誘導輪上下変位

c 実験方法

車輪軌跡は車体の前後端部に残跡装置を取付け，各車速に於る残跡をガイドウエイからの距離で整理する。

誘導輪左右変位の測定は可変抵抗逆変位計による。

誘導輪上下変位の測定は，誘導輪支持部の板バネにストレインゲージを貼った変位ピックアップを取付け先端を誘導壁上面に当てることにより行う。尚，記録についてはガイドウェイにかゝる作用力の実験（2.2.2）と同方法である。

2－3－3 実験データ

図Ⅴ－１６ 位置－リヤ誘導輪変位波形 （０１１号車）

曲線部 順方向

図Ⅴ－１７ 車速－リヤ誘導輪変位 （ 〃 ）

曲線部 順方向

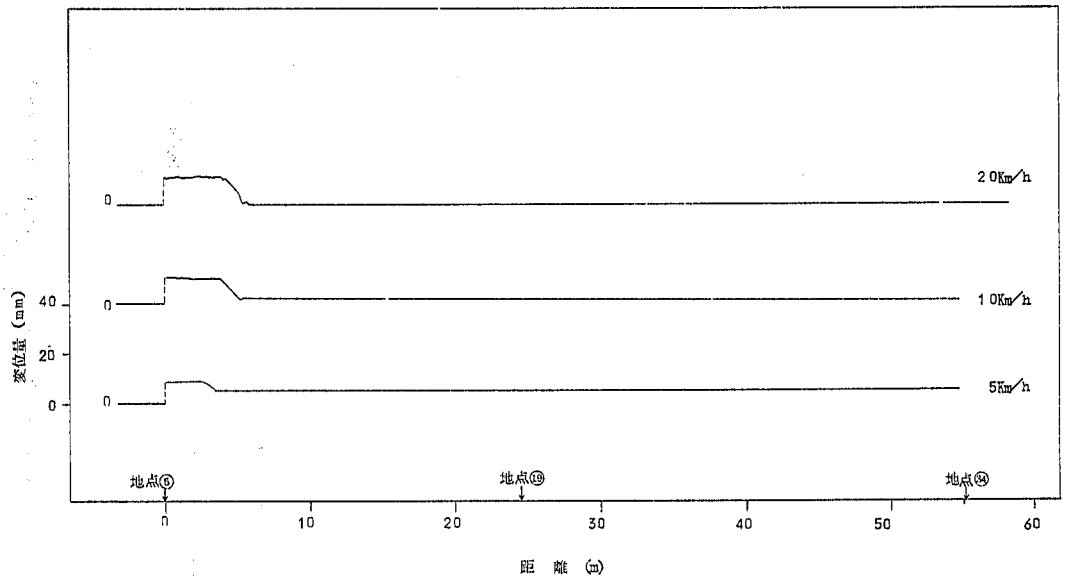
図Ⅴ－１８ 車速－誘導輪上下変位 （０１２号車）

定時走行時

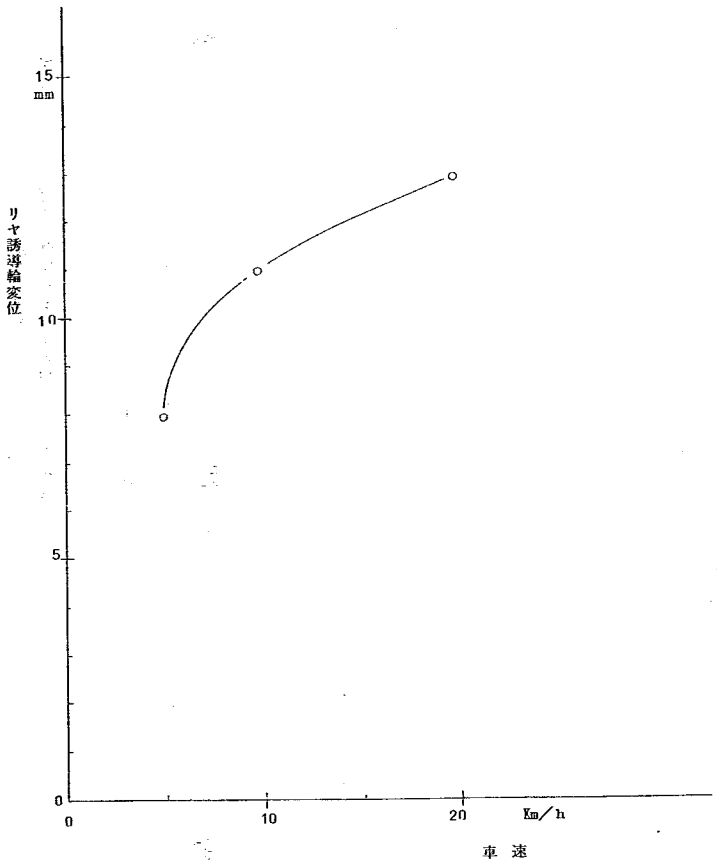
図Ⅴ－１９ 車体前後加速度－誘導輪上下変位 （ 〃 ）

加減速走行時

表Ⅴ－１７ リヤ誘導輪最大変位 （０１１号車）

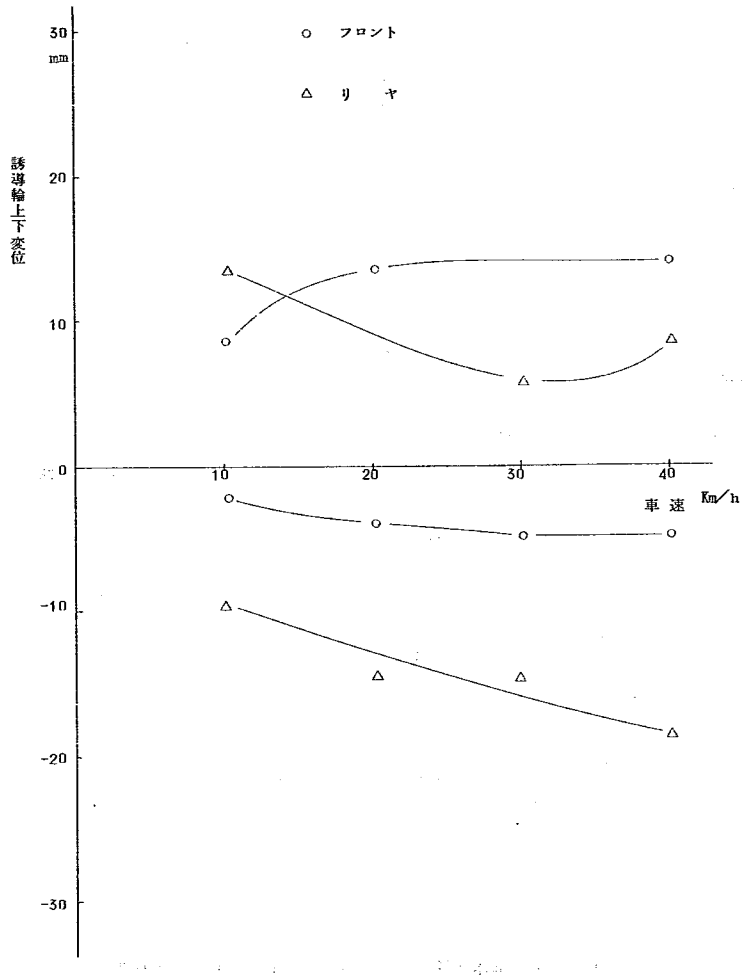


図Ⅴ－１６　位置－リヤ誘導輪変位波形（０１１号車）
曲線部　順方向



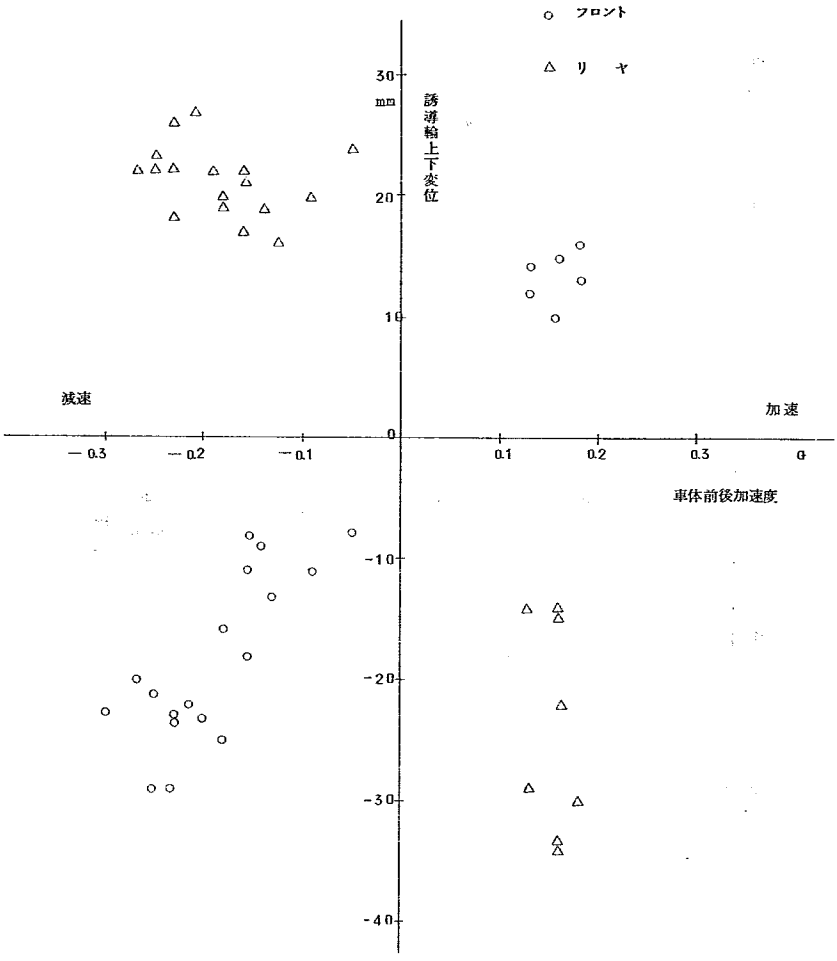
図Ⅴ－１７　車速－リヤ誘導輪変位（０１１号車）
曲線部　願方向

257



図Ⅴ－１８　車速－誘導輪上下変位（０１２号車）
定速走行時

258



図Ⅴ－１９　車体前後加速度－誘導輪上下変位（０１２号車）
加減速走行時

259

表Ⅴ－１７　リヤ誘導輪最大変位　（０１１号車）　（㎜）

車速 (Km/h)	曲線部		B部		C部	
			分岐	合流	合流	分岐
	順方向	逆方向	順方向	逆方向	順方向	逆方向
5	１４	１４２	１４４	１００	１２６	１０８
１０	１６	１４０	１４０	１００	１２０	１０６
２０	１６	１０４	１１０	１００	８８	９６

２－３－４　考　察

a　車輌軌跡　（左右変位）

車速５㎞／ｈと２０㎞／ｈとにおける車輌軌跡の差の最大値を誘導装置独立形式実験車（０１１号車）と誘導装置連動形式実験車（０１２号車）について特記すること表Ⅴ－１８のようになる。

表Ⅴ－１８　車速別最大車輌軌跡差　（単位㎜）

		誘導装置独立形式実験車（０１１号車）	誘導装置連動形式実験車（０１２号車）
フロント	曲線部	１５	４０
	B部分岐		２０
	C部合流		１２
リヤ	曲線部	順方向　５２ 逆方向　４０	８７
	B部分岐	３０	８０
	C部合流	３０	５２

車輌のフロント部の車速５㎞／ｈと２０㎞／ｈにおける軌跡差は誘導装置独立形式実験車（０１１号車）においては原理的に少ないことが分かっているが，誘導装置連動形式実験車（０１２号車）においてもあまり大きな値を示さないことが分かる。しかし，誘導壁基準でフロント部の左右変位を見ると曲線部において後者は車輌の基準位置より最大２３６㎜ずれている。

次にリヤ部軌跡差の考察を行なう。後部誘導装置は両実験車とも車体が異常に横方向に変位した時，誘導壁などに接触や衝突しないように装着しているもので，基本的には異常時までを含めて軌跡差を考えると両形式とも変らないと考えられる。表Ⅴ－１８での誘導装置独立形式実験車（０１１号車）と誘導装置連動形式実験車（０１２号車）間

の軌跡差の違いは前者が横変位量を最大１５０m/m に押えているのに対して，後者が最大２００m/m 以上横変位量を許していることに起因しており，両実験車とも５Km/h 時には横変位量が最大値に達している。

また，前者の後部誘導装置には車輌後部の位置決めを行なうためスプリングを用いて誘導輪を常に張り出しているが，これが軌跡差を少なくすることに役立っていると考えられる。

なお，誘導装置独立形式実験車（０１１号車）においてリヤの車輌軌跡差が曲線部において，順方向と逆方向走行の差が異なるのは，順方向の場合助走区間が短かいため，加速しながら走行しなければならない影響が出ているものと考えられる。

誘導装置連動形式実験車（０１２号車）の車輌軌跡図を図Ⅴ－２０，Ⅴ－２１，Ⅴ－２２に示す。車速があがるに従い車体リヤ部が施回外側にずれてくることが図より分かる。また，この図より車輌が正常に走行している場合，３０mR を車速２５Km／h程度で走行しても車輌軌跡上問題がないことが分かる。

b　誘導輪上下変位

誘導装置連動形式実験車（０１２号車）にて測定した結果により考察を行なう。

車輌が定常走行をしている場合には，車速に関係なくフロント，リヤ誘導輪ともほぼ３０㎜程度の振れ巾に納まっている。

振れ巾が大きくなるのは特に加減速状態で

フロント加速時（約0.１５ｇ）上方向　１６㎜

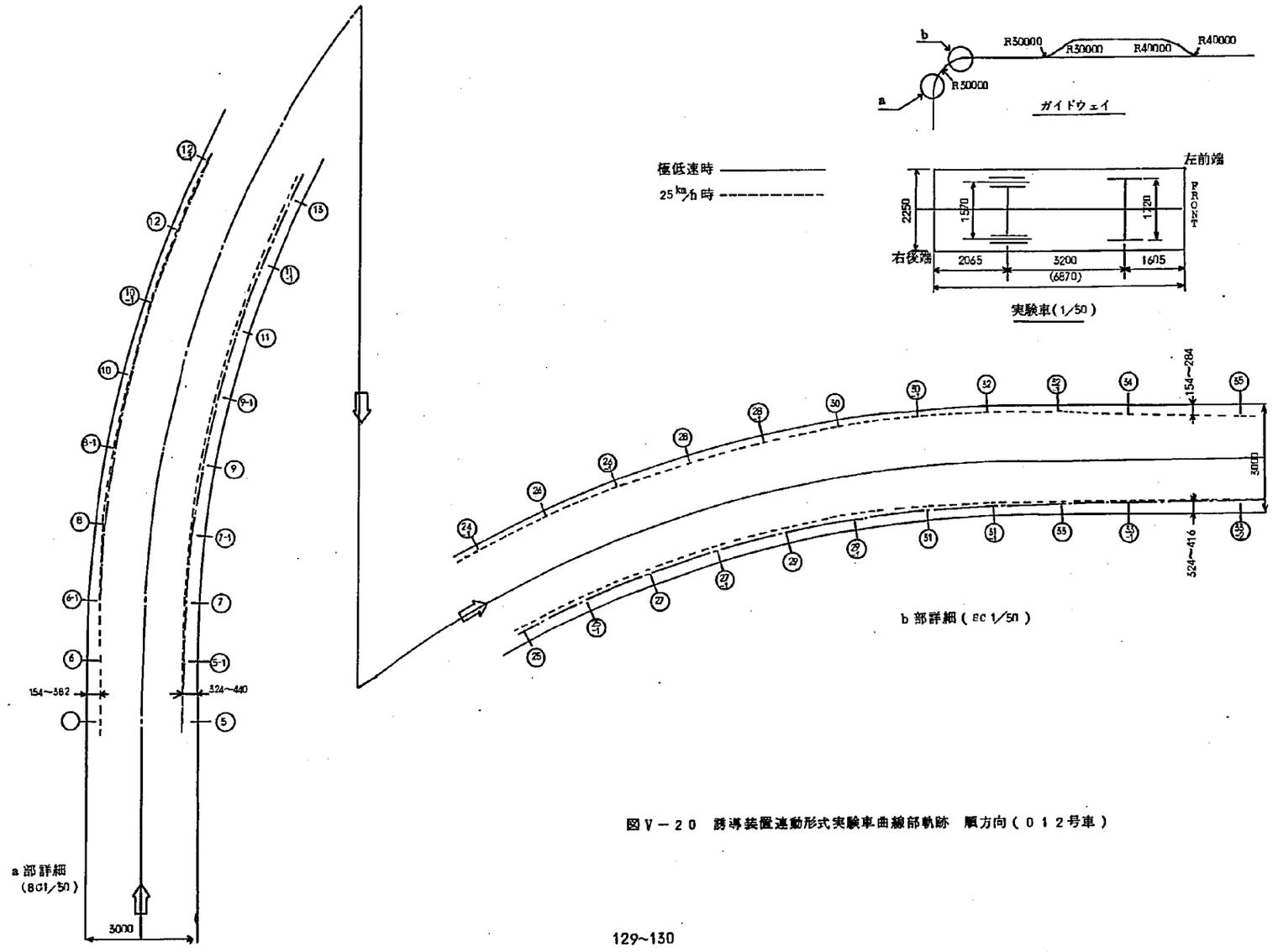
減速時（0.３ｇ）下方向　３０㎜

リ　ヤ減速時（0.２５ｇ）上方向　２８㎜

加速時（約0.１５ｇ）下方向　３５㎜

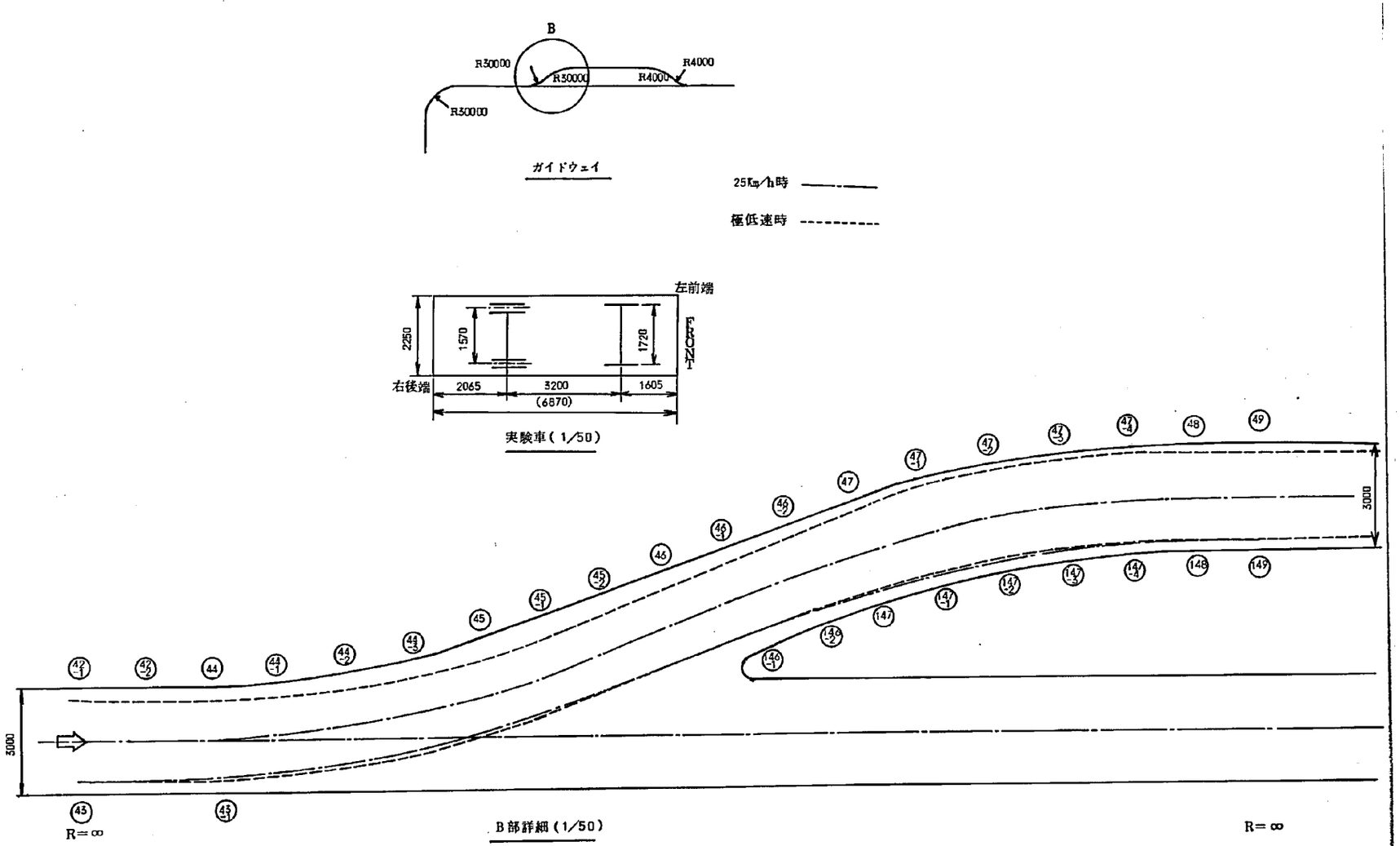
である。

なお，加減速時のデータのはらつきは，クラッチのミートなどによる後部懸架系のワインドアップ振動によるものと考えられる。



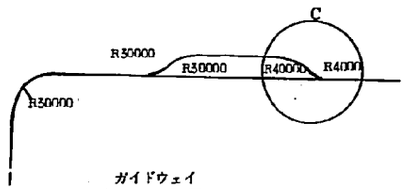
図Ⅴ－２０　誘導装置連動形式実験車曲線部軌跡　順方向（０１２号車）

129~130



図Ⅴ－２１　誘導装置連動形式実験車分岐部（Ｂ部）軌跡・順方向　（０１２号車）

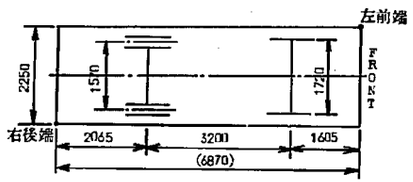
131~132



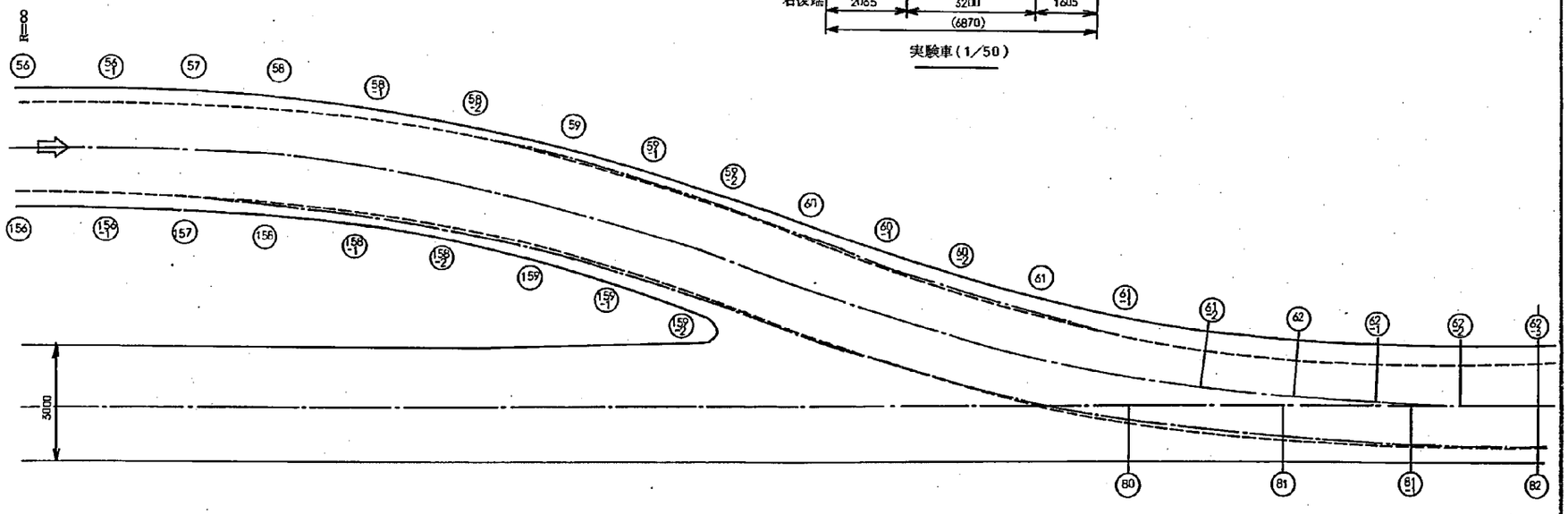
ガイドウェイ

極低速時 ——·——

25km/h時 ----------



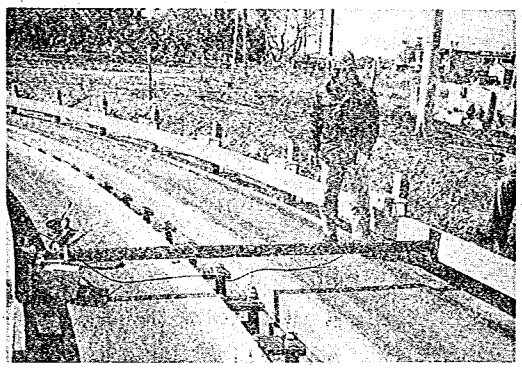
実験車(1/50)

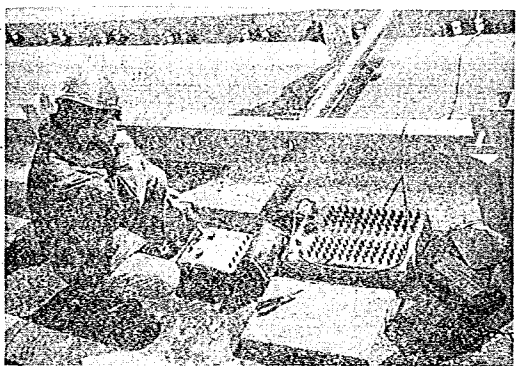


C部詳細(1/50)

133~134

図V－22　誘導装置連動形式実験車合流部(C部)軌跡・順方向(012号車)





2.－4　ガイドウエイの線形に対する車輌の感受性

2－4－1　実験目的

ガイドウエイの線形は，車輌の誘導入力源として，車輌の走行安定性や乗客の乗心地面に本質的な影響を与えると考えられる。それゆえ，ガイドウエイの線形および施工精度と，車輌の感受性との関係の解明はガイドウエイの線形および施工精度の設定や，誘導装置の設計の上で重要な意味を持つ，このため，ガイドウエイの線形に対する車輌の感受性に関する実験を行なう。

実験としては，ガイドウエイ各部における車輌の挙動についての実験を行なう。

2－4－2　実験方法

a　実験条件

実験条件を下記に示す。

表Ⅴ－19　　実験条件

		誘導装置独立形式 実験車（011号車）	誘導装置連動形式 実験車（012号車）
車輌重量	前輪荷重	2000kg	2900kg
	後輪荷重	4000kg	4900kg
	計	6000kg	7800kg
タイヤ左	前　輪	3.25kg／cm²	6.50 kg／cm²
	後　輪	3.50kg／cm²	内 6.50 外 6.25 kg／cm²
単速	直線部	———	3 6 10 15 25 30 35 40 km／h
	曲線部	5．10．20km／h	3 6·10·15·20·(25)km／h
	分岐．合流部	5．10．20km／h	3·6·10·15·20·(25)km／h
走行モード	直線部	———	逆方向（B．C部通過時）
	曲線部	順，逆方向	逆方向
	分岐．合流部	順，逆方向	順方向 B部分岐・C部合流
施設	ガイドウエイ精度	±5m／m	±5m／m
	誘導部継目	斜　め	斜　め
	分岐部継目	斜　め	斜　め
	路面状況	乾　燥	乾　燥

b　測定項目

(1)　誘導装置独立形式実験車　（０１１号車）

①　車体左右方向加速度

②　ヨーレート

(2)　誘導装置連動形式実験車　（０１２号車）

①　車体左右方向加速度

②　ヨーレート

c　実験方法

車体左右方向加速度の測定は車体フロアー上の比較的重心位置に近いと思われる箇所に加速度計を取付けて行う。

ヨーレートの測定は，ジャイロメーターを車体フロアーにボルトでしっかり固定して行う。尚，記録についてはガイドウエイにかかる作用力の実験（２．２．２）と同方法による。

２－４－３　実験データ

図Ⅴ－２３　車速－ヨーレート　（０１１号車）

図Ⅴ－２４　車速－車体左右加速度変化率　（　〃　）

図Ⅴ－２５　車速－車体左右加速度　（　〃　）

図Ⅴ－２６　車速－ヨーレート変化率　（０１２号車）

図Ⅴ－２７　車速－ヨーレート　（　〃　）

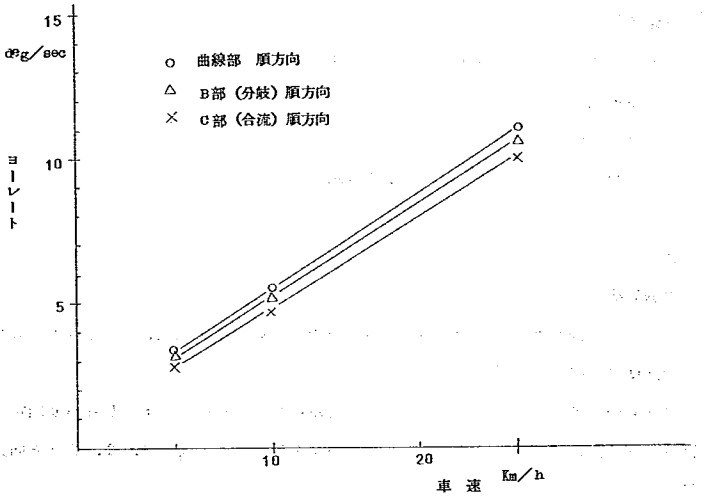
図Ⅴ－２８　車速－車体左右加速度変化率　（　〃　）

図Ⅴ－２９　車速－車体左右加速度　（　〃　）

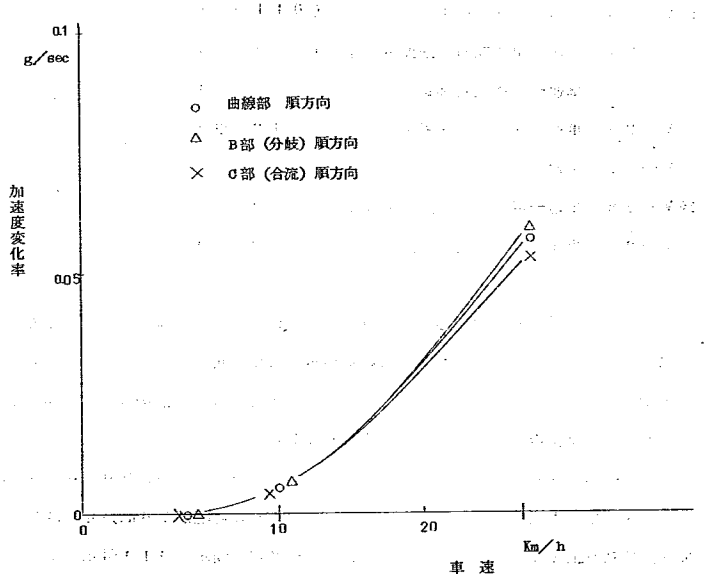
２－４－４　考　察

ガイドウエイに対する車輌の感受性を検討する場合，その判断基準の一つとしてヨーレイトに着目する理由は，ガイドウエイの線形が車輌の姿勢角変化として現われることで車輌の感受性の判断がし易いということと，ヨーレイトそのものの計測技術面，精度面ならびに解析面がかなりの妥当性をもっていることによる。

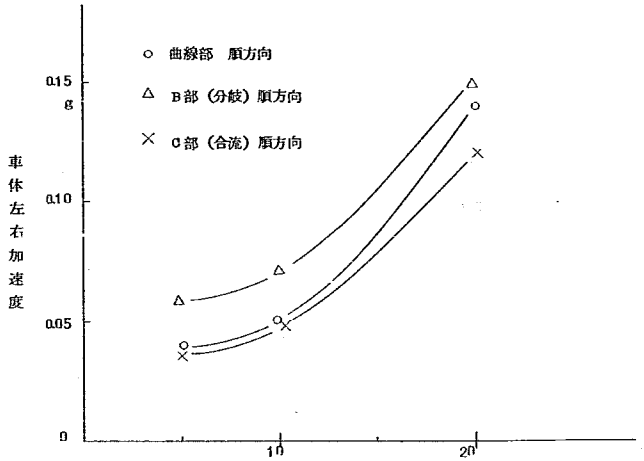
いま，曲線部，分岐合流部において両形式実験車のヨーレイトおよびヨーレイトの時間変化率を見ると，車速２０Km／hまでの比較的ゆるやかな勾配が２０Km／hを越したところで急激に立ち上ることが分かる。（誘導装置独立形式実験車（０１１号車）より誘導装置連動形式実験車（０１２号車）の測定結果に顕著に現われている。）このとき，左右方向加速度の値も設計時に設定した0.1gを越すので，車速２０Km／h以上で通過すること



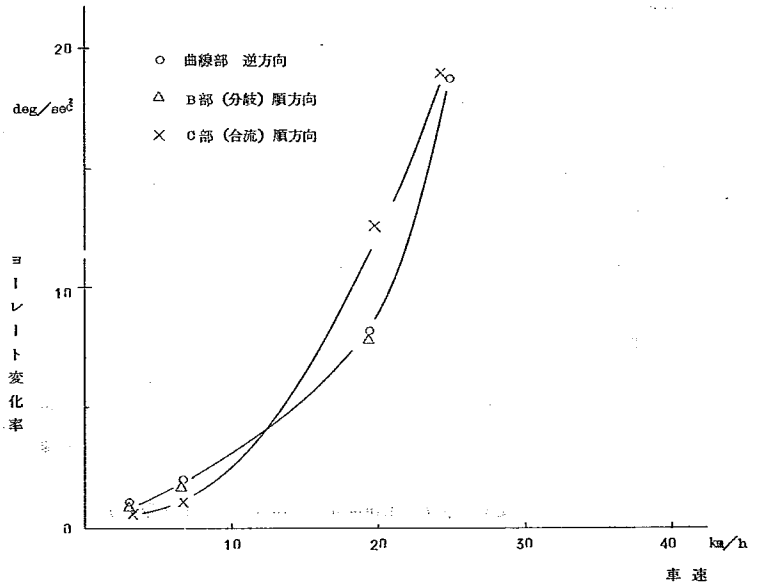
図Ⅴ－２３　車速－ヨーレート（０１１号車）



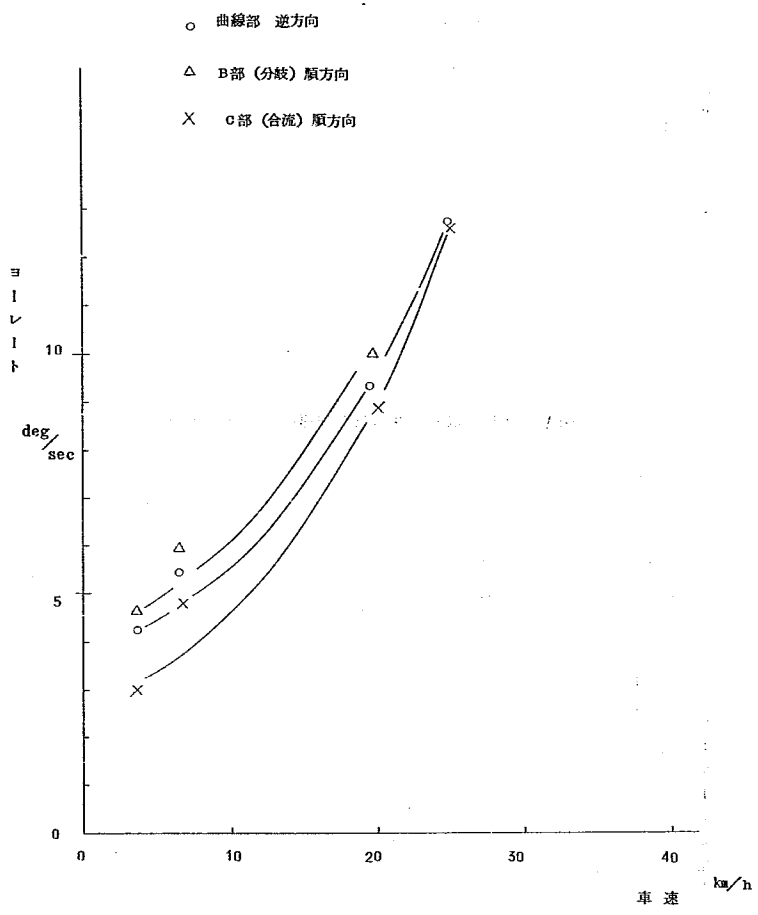
図Ⅴ－２４　車速－車体左右加速度変化率（０１１号車）



図Ⅴ－２５　車速－車体左右加速度　（０１１号車）

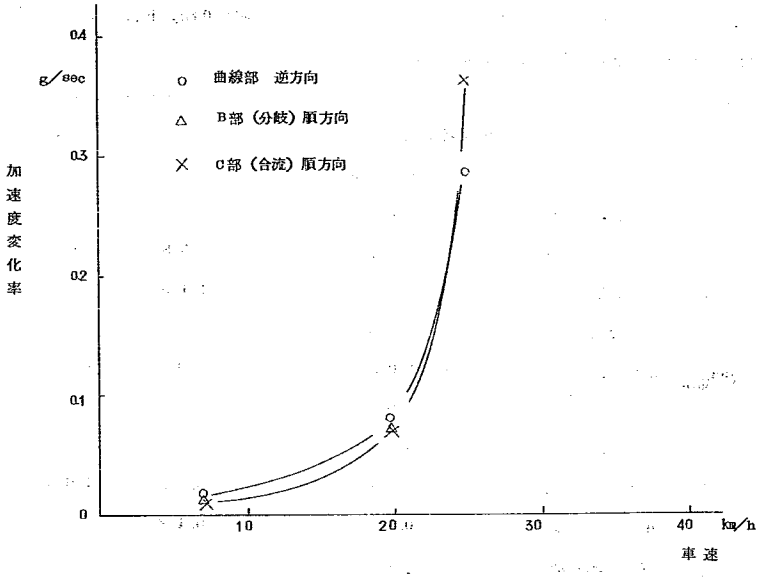


図Ⅴ－２６　車速－ヨーレート変化率（０１２号車）

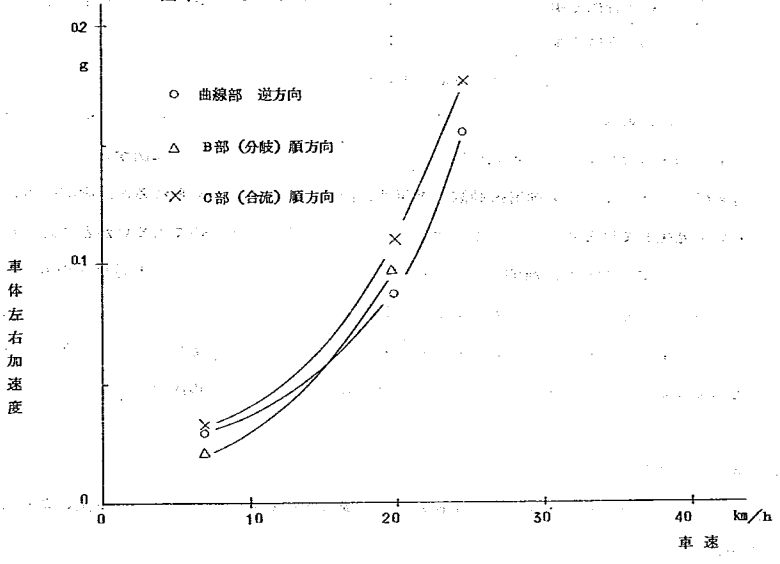


図Ⅴ－２７　車速－ヨーレート　（０１２号車）

290



図Ⅴ－２８　車速－車体左右加速度変化率（０１２号車）



図Ⅴ－２９　車速＝車体左右加速度（０１２号車）

は，オーバースピードであることが分かる。表Ｖ－２０に時速２０㎞／ｈにおける各場所でのヨーレイトと左右加速度の最大値を示す。

表Ｖ－２０　車速２０㎞／ｈにおける場所別最大ヨーレート，最大左右方向加速度

		誘導装置独立形式実験車（０１１号車）	誘導装置連動形式実験車（０１２号車）
ヨーレイト (deg/sec)	曲線部．順方向	１１.６	－
	〃　逆方向	１１.２	９.５８　（１３.０）
	B部分岐（順）	１１.１	１１.６
	〃　合流（逆）	１２.３	－
	C部合流（順）	１０.５	９.１　（１２.８）
	〃　分岐（逆）	９.８	－
左右方向加速度（g）	曲線部．順方向	０.１４	－
	〃　逆方向	０.１１	０.０９　（０.１６）
	B部分岐（順）	０.１５	０.１２
	〃　合流（逆）	０.１２	－
	C部合流（順）	０.１	０.１１　（０.１８）
	〃　分岐（逆）	０.１	－

注．（）内は車速２５㎞／ｈ時の値

表中の値は最大ピーク値で平均値は，もう少し低い値を示す。このピークの生ずる原因は誘導壁・分岐壁の継目の形式や製作精度，剛性などのガイドウエイに関するものと，誘導装置やシャシまわりの固有振動数など車輌に関するものとが考えられるが，両実験車において発生していることを見れば前者に起因するところが大きいのではないかと考えられる。また，この影響を原理的に受け易い誘導装置独立形式実験車（０１１号車）の方に影響度合が大きくでていることも，そのように考える理由の一つである。

次に，B部（３０ｍR）とC部（４０ｍR）を比較すると，C部でのヨーレイトや左右方向加速度の値の方が小さいことが表やグラフより分かり，両部の線形の相違が認められる。

２－５　総合考察

デュアルモード・バス・システム全体から見た誘導実験の目的を大別すると下記のようになる。

o　実験車の基本的問題点の把握と対策

272

o　ガイドウエイの建築限界，線形，施工精度などガイドウエイと車輌のマッチングについての基礎資料の入手

o　今後，誘導装置設計の基礎資料とするための実験車の基礎的な性能，挙動の測定記録入手

本誘導試験においてはガイドウエイがあまり長くないため，本格的な評価育成開発というよりも基本性能の把握，基本問題の摘出が重点となる。中でも今回の誘導試験は無人運転実験のガイドウエイ設計に反映するために，特に上記第二項ガイドウエイと車輌のマッチングに関する実験を他の実験より先行させて行なった。

本来，誘導実験は上記第一項基本的問題点の把握，対策を終った段階で次を行ないたいところであるが，今回は時間的制約もあるので，出来上ってすぐの実験車の基本的な性能を測定したもので，今後実験車が実用車としての完成度を高めて行くに従い今回測定した結果と異なる部分も生ずる可能性があり，今回の実験結果のみで全ての結論を導き出すことには危険を伴なう場合もある。今回の実験は路面乾燥時に通常走行する状態だけでの実験で，異常時などの実験はなされていないが，実験結果から類推して多少の改良はあるとしても両誘導形式とも一応の実用性ありと結論づけられる。以下に各実験項目毎のデュアルモード・バス・システム全体から見た考察を述べる。

o　ガイドウエイに対する作用力

誘導装置独立形式と誘導装置連動形式を対比すると通常走行の際の作用力は誘導輪分岐輪とも前者が後者の約10倍程度の値である。しかしこの前者の値もあくまでも通常走行時におけるものであるから，ガイドウエイの強度を考える場合には異常走行状態で考慮しておく必要があり，それゆえ，この荷重差は，ガイドウエイの設計よりもむしろ誘導装置の設計に役立つと考えられる。

o　軌　跡

車輌のフロント部で車輌軌跡を見る限り誘導装置独立形式の車の方がはるかに少いことが分る。ただ，誘導装置独立形式実験車においても乗心地の面より，誘導装置連動形式実験車と同様後部誘導装置の横方向変位を許さざるを得ないため，車輌リヤ部の横方向への変位は両実験車ともあまり変らないものとなっている。（車輌・横方向・変位は後部誘導装置の横方向許容変位と密接な関係を持っている。）それゆえ建築限界の見地よりいえば両誘導形式とも大差がないと云えよう。次に上下変位量は車輌に装着するものとしては常識的な値である。

o　ガイドウエイの線形に対する車輌の感受性は設定車速があまり高くないため，両誘導形式

の差はあまり大きくないが，誘導壁，分岐壁の影響を誘導装置独立形式の方が原理的にもまた作用力の大きいことからも大きく受けていることが分かる。ただガイドウエイの製作精度や剛性，特にその中でも分岐壁に関するものがあまり良くないのではないかと両実験車の実験結果より推察される。現在，誘導壁と分岐壁との間隔はポール毎（1.5～4m毎）に測定し，寸法調整を行なっているが，これを連続測定および連続でみた寸法調整が望まれる。分岐壁継めのあり方，製作精度に関しても一考が望まれる。また，実験結果を総合して見ると車輌側のパラメーターと併せてガイドウエイの線形のあり方も検討する必要があると考えられる。

今回の実験はデュアルモード・バス・システムの2つのモードのうちガイドウエイ走行モードの実験を行なったものであり，今後本システムをより実用性の高いものとするにはもう一つの一般路走行モードにおける走行安定性や誘導装置の確実性の実験も併せて行なう必要がある。

2－6　残された実験課題

ここ当面は，現在実験車に装着されている誘導装置の完成度をより高めるための実験を行なうが，その後は本デュアルモードバスシステムを実用化した際を考えた種々の実験の実施を考えている。

この実験は基本的に下記の3実験を考えている。

(1) 車輌やガイドウエイの異常時に，車輌が車輌や施設を破壊することなく安全にどの程度走行可能かという実験

(2) 自動運転が行なえなくなった場合，車輌を手動運転でどの程度まで操向可能かという実験

(3) 本システムを実用化する際ガイドウエイの建設費はイニシャルコストの大半を占めると考えられる。それゆえ，ガイドウエイのコスト低減はシステム全体のコストダウンに直につながるので，ガイドウエイの製作性が車輌に与える影響を把握するための実験。

3. 通　信

地上－車上間通信には，磁気誘導を用いるが，地上アンテナとなるループの展張法により，各種の磁界分布が得られる。本DMBSでは，車の制御用として巾0.35m，緊急音声通信用として，巾0.25mの細長いループを用いた。（図Ⅳ－3参照）

通信機器に関しては，主に従来の技術を用いることが可能であるが，今回，特徴的なことは，通信回線設計をいかにするかである。これはループの展張法に関係するもので磁界分布及びインピーダンス，及び，周囲雑音等の測定により設計可能となる。

以下に，各種ループの磁界分布および，インピーダンスの測定結果を示す。

3－1　ループの磁界分布

図Ⅴ－３０に示すように，ループには制御用ループと，緊急用ループがあり，制御用ループには短形及び分岐の２種類のものがある。また，緊急用ループは制御用ループとの磁気結合や，周囲への電磁界放射或は，周囲雑音の受信をできるだけ少くするために各制御用ループの中央部で交差させている。

3－1－1　車輛進行方向磁界分布

図Ⅴ－３０に制御用ループNo２の車輛進行方向の磁界分布を示し，図　Ⅴ－３１に，その給電点付近の拡大図を示す。磁界分布は，給電部と終端部を除くと，±１ｄＢの範囲に収っている。端部に関しては，ループのオーバーラップ等により，この変動を除くことができる。

分岐部の制御用ループNo４の磁界分布を図Ⅴ－３２に示す。ループ布設溝の底に設置した鉄板の影響により，No２ループに比べて磁界変動は大きいが，それでも，±２ｄＢの範囲である。緊急ループは終端部付近より，約３０ｍの距離で測定した。測定結果を図Ⅴ－３３に示す。このループは途中で交差しているので，交差部で一度磁界が落ちこむ。然し，その進向方向のレベル低下距離は約２０*cm*で，音声通信には，殆ど問題ないと考えられる。この部分の拡大図を，Ⅴ－３４に示す。

なお，磁界分布の測定値は全て，電界強度で示してあるが，これは電磁波にならって，磁界をそれに等しい平面波の電界に換算して示した。

即ち

$$\frac{E}{H} = 120\pi \text{ より}$$

電界強度の０ｄＢ（＝１μⅤ／ｍ）は磁界強度の－５１.５ｄＢ（＝$\frac{1}{120\pi}$ μＡＴ／ｍ）となる（この時の磁界強度の０ｄＢは１μＡＴ／ｍである）

3－1－2　断面磁界分布

図Ⅴ－３５図Ⅴ－３６に制御用ループNo２の給電部及び，終端部付近の横断面磁界分布を，ループ中央部の断面磁界分布と比較して表わしたものである。分布は中央に対して，概略対称になっており，零点が発生する巾はループ巾よりも広い。これは，測定高さが路面上３００㍉（ループ面より４３０㍉）のためである。中央から離れるに従って，磁界強

度は弱くなるが，車の横方向の移動や，通信機器のスレッショルドレベルの変動を考慮して，ループ巾を決定すればよいと考えられる。

図Ⅴ－３７に分岐部の制御用ループNo４，Ⅴ－３８に緊急用ループの断面磁界分布を示す。

分岐部の磁界分布は，ループ幅を適当に選べば中央部が平坦な車輌の横方向移動に対して強い分布になっている。一方，緊急用ループでは，短形の制御用ループの断面分布に酷似している。

３－２　ループのインピーダンス

制御及び音声通信用ループにおいては，その使用周波数が高々２５０ kHz であり，この周波数での波長は 1.2 Km以上となる。しかし，地面近傍に設置したループでは，波長短縮が起り，その短縮率は 0.5～0.6 程度である。それ故，比較的長い範囲を受け持つ緊急用音声ループでは，いわゆる終端に抵抗を装荷した，伝送線路形式を採用して，定在波による磁界レベル変動を除かねばならない。制御用ループに関しても，現地での調整等を少くするためには，やはり，抵抗装荷にすべてのループが一定の純抵抗になっていることが望ましい。このような考えから，両ループを伝送線路にした時の特性インピーダンスを測定した。

制御用ループNo２および緊急用ループNo１の１００～２５０ kHz の特性インピーダンスを図Ⅴ－３９に示す。なお，図中の制御用ループNo４のインピーダンスは，ループが分岐しているため，制御用ループ特性インピーダンスを Z_0 とした時，２つの終端部に夫々と $Z_0/2$ を装荷した時の入力インピーダンスの測定値を示した。巾の狭い緊急用ループのインピーダンスのほうが高いのは，海のコンクリートから，より多く離れているので，その影響が少いためであると思われる。

３－３　通信系測定のまとめ

地上－車上間通信の地上側アンテナとして用いるループの磁界分布と特性インピーダンスを測定した。

車輌進行方向の磁界分布のレベル変動は，制御用ループのうち，単純な短形（カーブ部分も含む）の場合には，±１ｄＢ程度に収まっている。分岐を含んだループでもループ幅がこの付近で広くなっているため分岐付近で±２ｄＢ程度の変動でありまったく問題ない。

制御用ループにおいては，信号の瞬断はほとんど許されないので，ループ中央部より，むしろループ間の接続点での急激なレベル変動に対する対策を講じておかねはならない。これに関して，ループを重復させることにより，この変動を防ぐことを考えている。

緊急用ループでは，制御用ループに比して，信号の瞬断は，比較的許容される。測定結果

から，ループの交差部で磁界の零点が生じる。今，車輌速度を５Km／h とすれば，瞬断距離が約0.２m程度であるので，その時間は0.１４秒となり，通話の了解度には殆ど影響しないと考えられる。

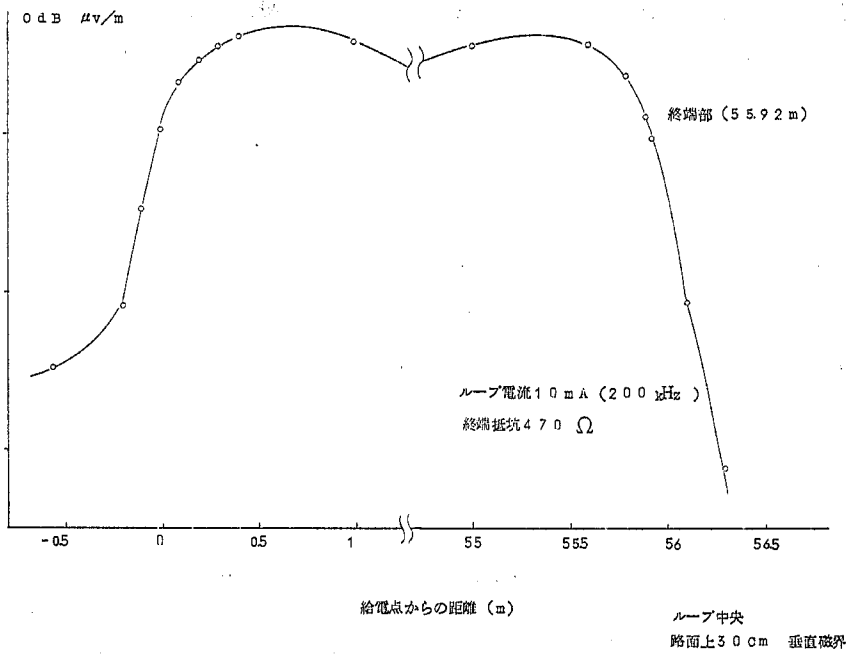
断面磁界分布は，中央部が高く，中央に対して，概略線対称になっており，零点が生じる幅は，分岐部を除けば，ループ幅の２倍以上である。また，中央から離れるに従って，磁界は弱くなるが，車の横方向移動と，通信機器のスレッショルドレベル範囲および，制御用ループの接続点でのレベル変動を考慮して，ループ巾とスレッショルドレベルの設定値を選ぶ必要がある。なお，制御用ループの分岐部において，一部ループ幅が広くなっている所では，その磁界分布が中央付近で平坦になっている（図Ⅴ－３７）。それ故，ループ幅を，0.７～0.８mにすれば，車の横方向移動に対する磁界のレベル変動を少くすることもできる。これは，車上アンテナの取付高さによって変化し，路面からの高さが大きくなるほど，分布が平坦になりループ間隔も大きくなる傾向にある。しかし，磁界分布は車体の影響を受けるので，これに関しては，今後の測定で明らかにしてゆく。

ループ特性インピーダンスは５００Ω付近に集中しており，この特性インピーダンスで終端すれば，１Km程度の長さのループでもレベル変動は無視できる（距離に対する減衰は殆ど１～２dB／Km）。これにより緊急用ループは伝送線路型として，長距離を１つのループで受け持つことが可能であることがわかった。一方，制御用ループは，閉塞制御の関係で一つのループの長さは比較的短かく，分岐部分等，伝送線路型として考えると，複雑な構成になるため，波長の効果がほとんど無視できることを考え合せて，抵抗装荷型ループと考えて設計するのが便利であろう。このような意味で，分岐ループ（№４）では，２つの終端部に特性インピーダンスの１／２に約等しい抵抗を装荷して，このループの入力インピーダンスを特性インピーダンスに概略等しくしてみた。

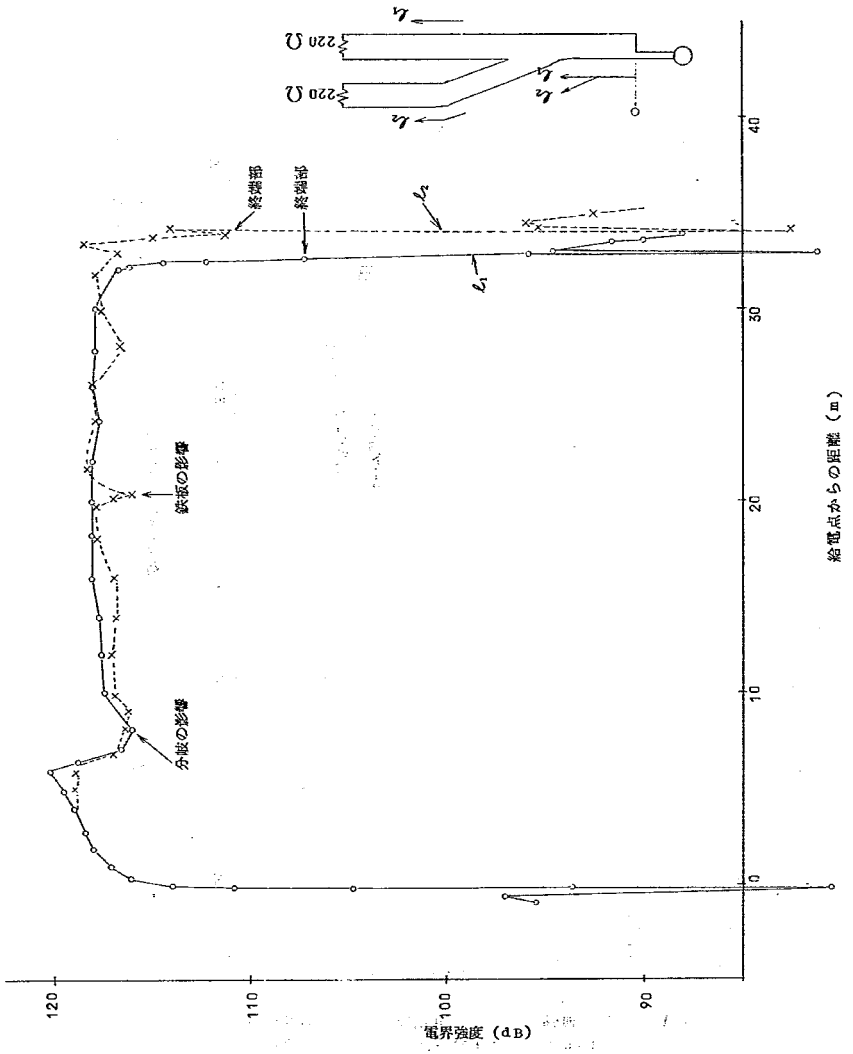
磁界分布，インピーダンス等に関して残っている問題としては，ループ重復によるレベル瞬断の防止と，これに伴う，ループ間の結合，制御用ループと緊急用ループの間の結合，さらには断面方向の磁界分布をいかに中央部で平坦に，そして零点より外部ではなるべく小さくするかを検討する必要がある。また構造物（専用路の構造．車輌構造）の影響による線路の特性インピーダンスおよび磁界分布の変化，さらに線路幅が変化した場合のこれらの変化量を今後調査してゆく必要があろう。

図V－30 制御用ループの車輌進行方向の磁界分布
（No2ループ）（ループ中央・路面上30Cm垂直磁界）

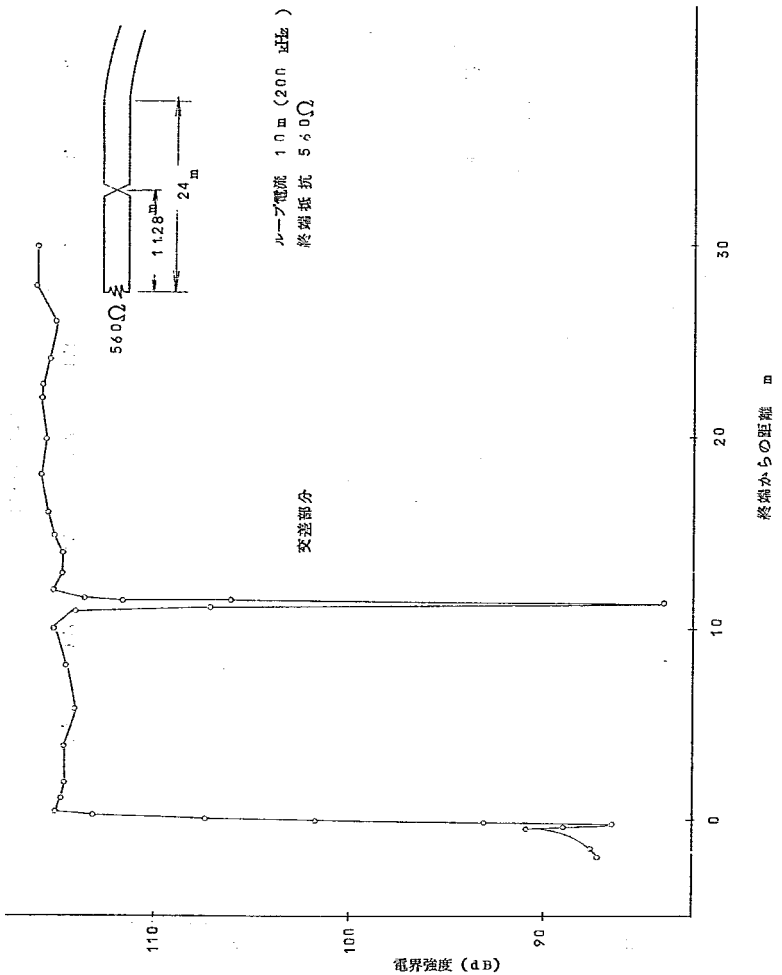
278



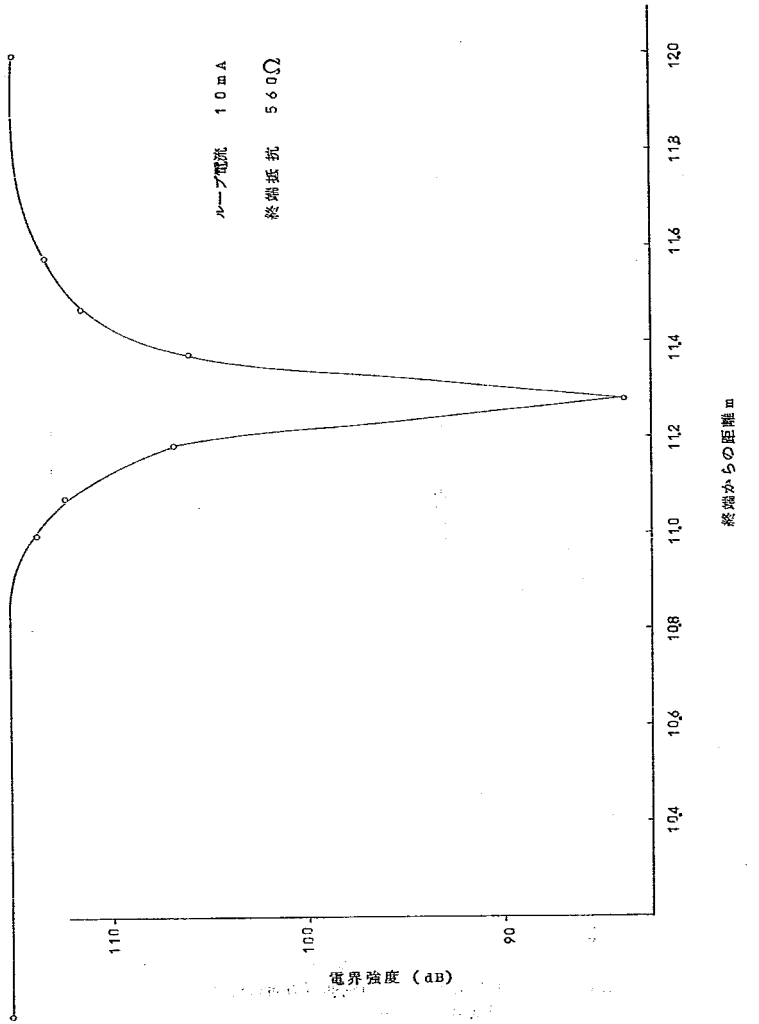
図Ⅴ－３１　制御用ループの車輌進行方向の磁界分布
（№２ループ）給電部および終端部付近



図Ⅴ－３２　分岐を持つ制御用ループの車輌進行方向の磁界分布
（No４ループ）

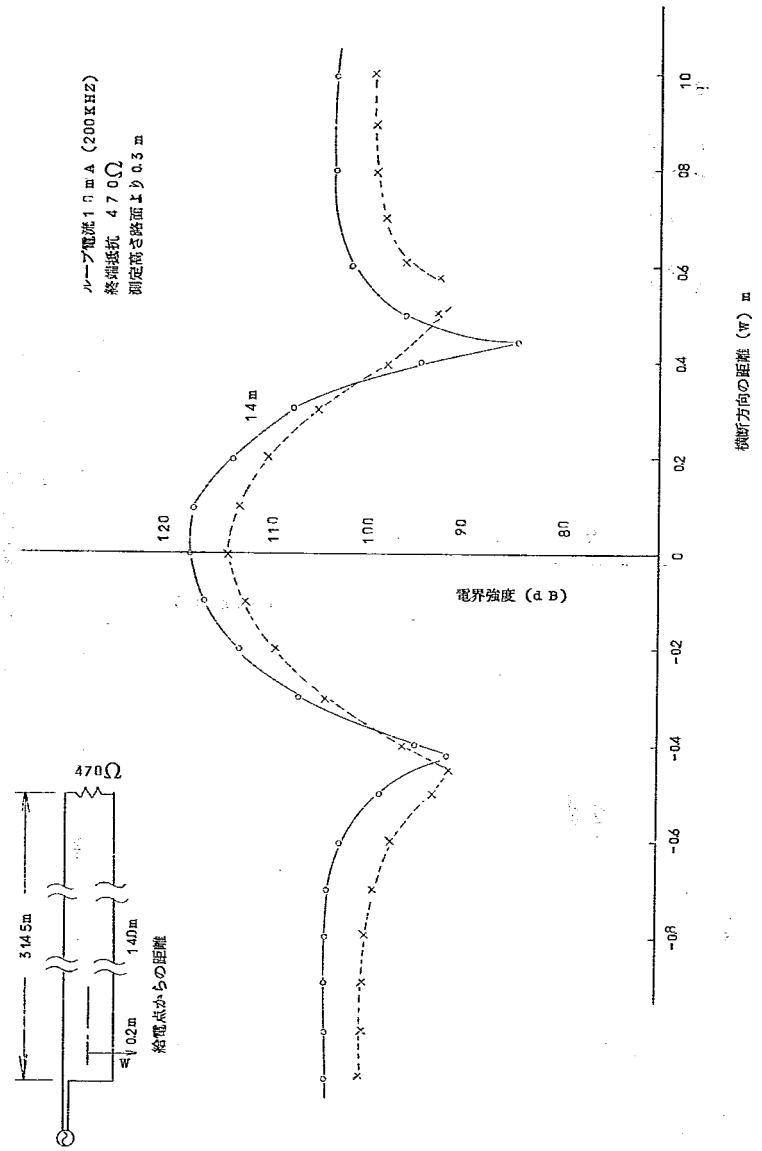


図Ⅴ－３３　緊急用ループの車輌進行方向の磁界分布
緊急用ループNo１



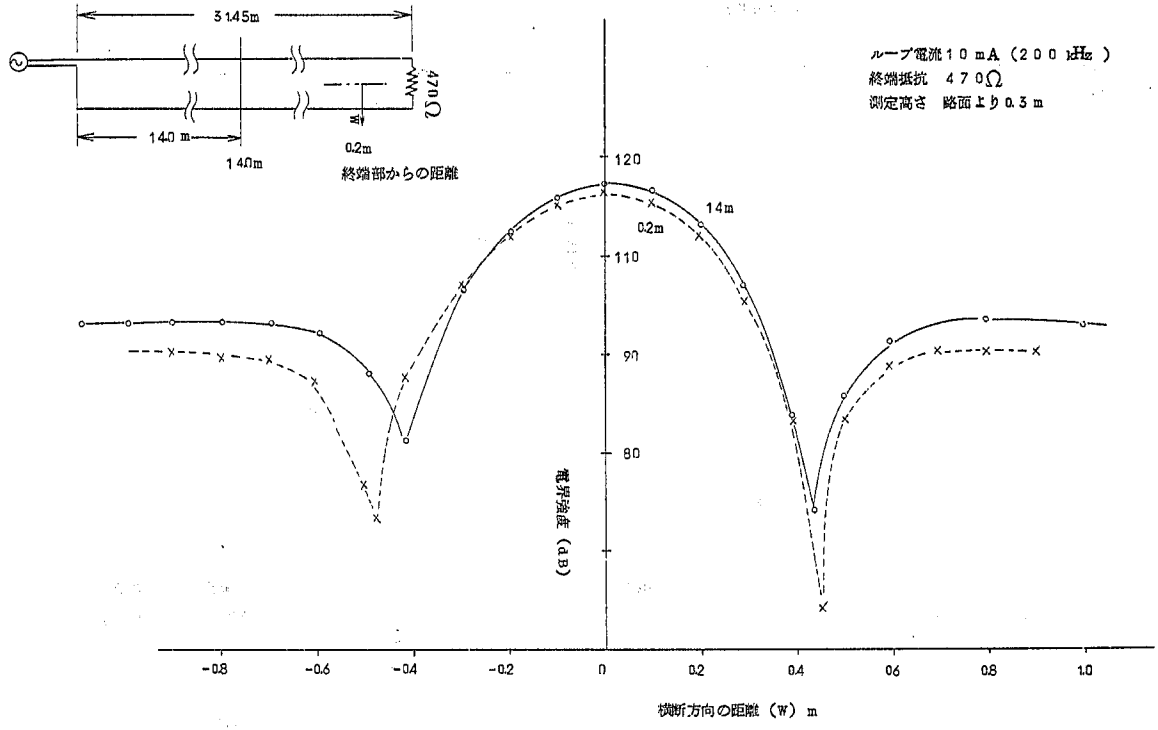
図Ⅴ－３４　緊急用ループの車輌進行方向の磁界分布
交差部分（緊急用ループNo１）

282

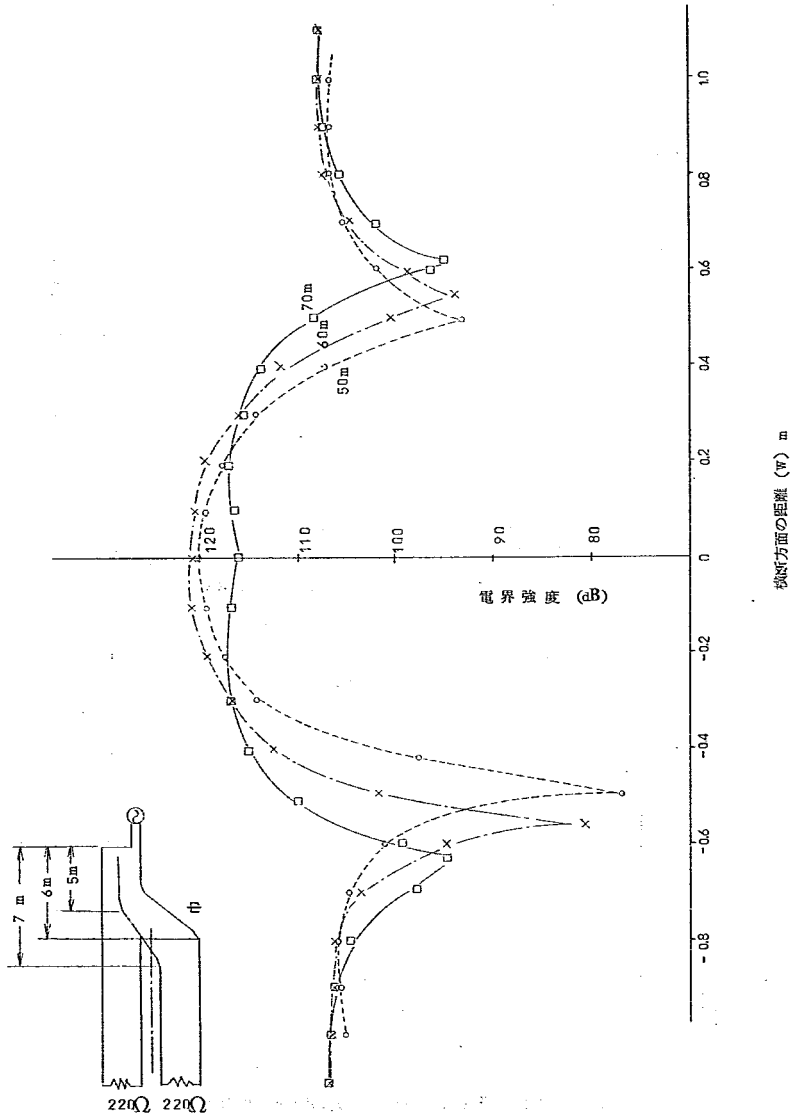


図Ⅴ－３５　制御用ループの給電部付近の断面磁界分布
（No３ループ）

283

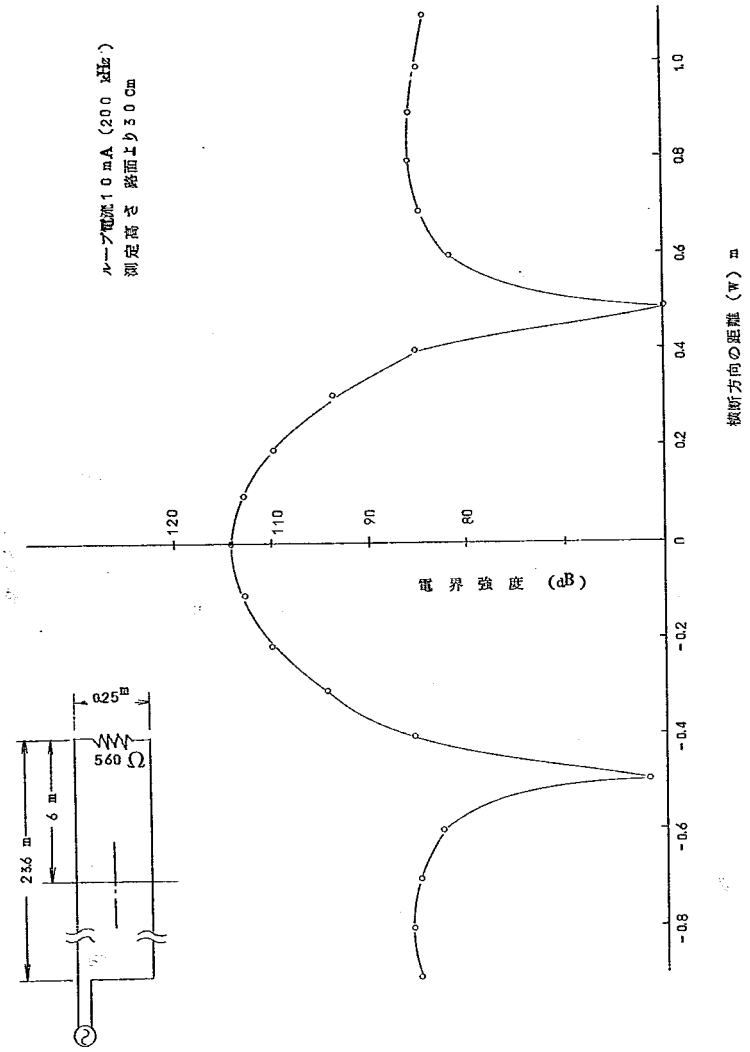


図Ⅴ－３６　制御用ループの終端部付近の断面磁界分布
（No３ループ）



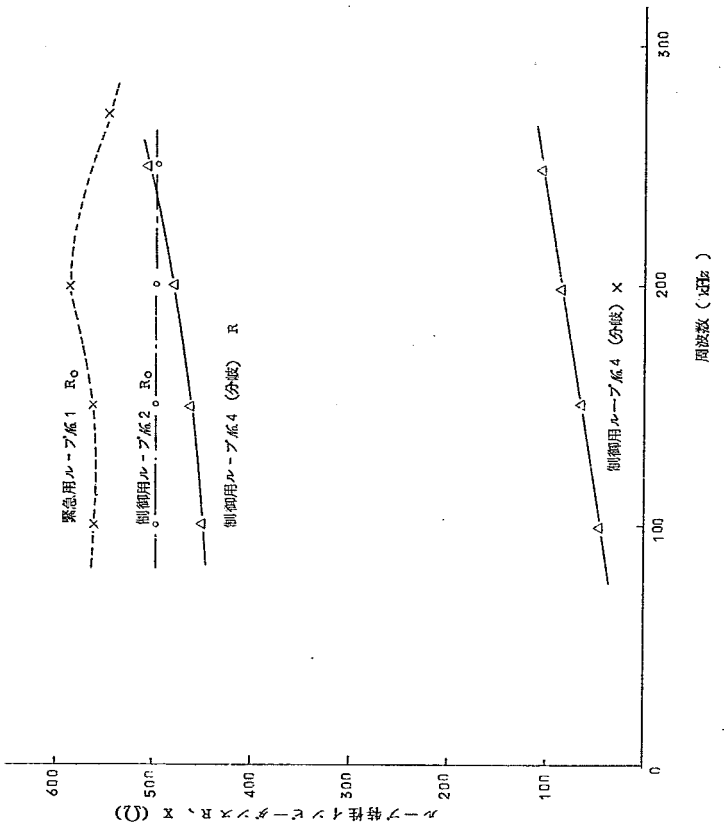
図Ⅴ－３７　制御用ループの分岐部付近の断面磁界分布
（No４ループ）

285



図Ⅴ－３８　緊急用ループの中央の断面磁界分布
（No１ループ）

286



図Ⅴ－３９　各種ループの特性インピーダンス
制御用（No２、No４）、緊急用（No１）

287

ま え が き

最近における都市交通の需要は，質，量ともに大きく変化し，都市交通体系全体を再検討する必要に迫られている。このため，建設省においては，昭和４８年度より「新道路交通システムの開発」を総合技術開発プロジェクトの一課題としてとりあげ，デュアルモード・バス・システムの研究開発を進めてきた。

この研究開発は，昭和４９年度からは建設省土木研究所，(財)国土開発技術センターおよびデュアルモード・バス・システム研究会に属する新日本製鉄㈱，日産自動車㈱，石川島播磨重工業㈱，東洋工業㈱，松下通信工業㈱および東京芝浦電気㈱の民間６社の官民による共同研究により推進することとなり，同年度は第一次ガイドウエイ（土木研究所千葉支所構内）の建設，第一次実験車の製作，誘導試験等を実施した。

昭和５０年度は，前年度までの成果に基づき，第二次ガイドウエイ（筑波研究学園都市の土木研究所構内）の建設，第二次実験車の製作，無人走行試験等を実施し，本システムが計画された機能を十分有していることが確認された。

この報告書は，上記共同研究の一環として昭和５０年度に建設省土木研究所から(財)国土開発技術研究センターに委託された「デュアルモード・バス・システム委託業務」のうち，ハードウェアに関する検討をとりまとめたものである。

この報告のとりまとめにあたり，熱心に調査研究や討議に参加された委員，幹事並びに関係各位に対し心から謝意を表するものである。

昭和５１年３月

財団法人　国土開発技術研究センター

デュアルモード・バス・システムの技術開発委員会名簿

委員長	八十島義之助	東京大学工学部土木工学科
委員	藤井澄二	東京大学工学部産業機械工学科
〃	井口雅一	東京大学工学部産業機械工学科
〃	井上孝	東京大学工学部都市工学科
〃	越正毅	東京大学生産技術研究所
〃	新谷洋二	東京大学工学部都市工学科
〃	松本嘉司	東京大学工学部土木工学科
〃	岡並木	朝日新聞編集委員
〃	大塚滋	日本国有鉄道技術開発室
〃	中沢忠義	通商産業省機械情報産業局自動車課
〃	宇野則義	運輸省自動車局整備部車輌課
〃	田尻孝夫	建設省大臣官房政策課
〃	桑垣悦夫	建設省大臣官房建設機械課
〃	省掛哲男	建設省大臣官房技術調査室
〃	松下勝二	建設省都市局都市交通調査室
〃	渡辺与四郎	建設省都市局街路課
〃	浅井新一郎	建設省道路局企画課
〃	多田宏行	建設省道路局道路経済調査室
〃	坂上義次郎	建設省道路局国道第一課
〃	渡辺修自	建設省道路局国道第二課
〃	村田泰三	建設省東北地方建設局道路部
〃	上東公民	建設省土木研究所
〃	石戸明	建設省土木研究所道路部
〃	松野三朗	建設省土木研究所機械施工部
〃	杉山道彦	新日本製鉄㈱エンジニアリング事業本部 開発部新交通システム開発室
〃	真木伸	日産自動車㈱システム開発部
〃	神保紀	石川島播磨重工業㈱鉄鋼営業部
〃	松井雅隆	東洋工業㈱研究開発本部自動車企画部
〃	池内健二	松下通信工業㈱東京営業所第三営業部
〃	山川重一	東京芝浦電気㈱総合営業部
〃	村上永一	㈱新交通コンサルタント
〃	岩間滋	㈱片平エンジニアリング

委員	三浦孝雄	(財)国土開発技術研究センター
〃	高瀬三郎	(財)国土開発技術研究センター
幹事	大川勝敏	建設省大臣官房政策課
〃	田中康之	建設省大臣官房建設機械課
〃	結城康雄	建設省大臣官房技術調査室
〃	椎名彪	建設省都市局都市交通調査室
〃	三由武英	建設省都市局街路課
〃	野村和正	建設省道路局道路経済調査室
〃	藤田大二	建設省土木研究所道路部
〃	前島忠文	建設省土木研究所道路部
〃	泉堅二郎	建設省土木研究所道路部
〃	本田宣史	建設省土木研究所機械施工部
〃	後藤勇	建設省土木研究所機械施工部
〃	山口隆康	新日本製鉄㈱エンジニアリング事業本部開発部 新交通システム開発室
〃	得田与和	日産自動車㈱中央研究所システム開発部
〃	立石俊一	(財)国土開発技術研究センター
〃	満田喬	(財)国土開発技術研究センター

目　　次

まえがき

Ⅰ　無人走行試験の位置づけ …… 3

Ⅱ　試験設備および車輌 …… 7

1. ガイドウエイ …… 7

1.1 ガイドウエイ …… 7

1.2 ガイドウエイ付帯設備 …… 7

1.2.1 ボディアース …… 7

1.2.2 分岐輪検知器 …… 8

1.2.3 通過検知器 …… 10

1.2.4 地上信号処理装置 …… 10

1.2.5 給電線 …… 11

1.3 電源設備 …… 13

1.4 図面 …… 15

1.5 写真 …… 39

2. 車輌 …… 47

2.1 設計方針 …… 47

2.2 車輌諸元 …… 48

2.3 車輌レイアウト …… 51

2.3.1 021号車 …… 51

2.3.2 022号車 …… 52

2.4 誘導分岐装置 …… 54

2.4.1 021号車 …… 54

2.4.2 022号車 …… 55

2.5 動力装置 …… 59

2.5.1 主電動機仕様 …… 59

2.5.2 主バッテリ仕様 …… 60

2.5.3 集電装置 …… 60

2.6 動力制御装置 …… 63

2.6.1 制御装置仕様 …… 63

2.6.2 制御装置機能 …… 63

2.6.3 制御装置構成 …… 65

2.6.4 補機 …… 66

2.7 制動装置 …… 69
2.7.1 021号車 …… 69
2.7.2 022号車 …… 71
2.8 車上制御装置 …… 72
2.8.1 仕様 …… 73
2.8.2. ハードウエア構成 …… 73
2.8.3 ソフトウエア …… 76
2.9 補機動力装置 …… 83
2.9.1 021号車 …… 83
2.9.2 022号車 …… 86
2.10 図面 …… 91
2.11 写真 …… 111
3. 通信保安装置 …… 121
3.1 設計方針 …… 121
3.1.1 デュアルモード・バス・システムにおける通信、保安の位置 …… 121
3.1.2 設計上の必要な条件 …… 121
3.1.3 設計上の留意点 …… 122
3.1.4 適用方式 …… 123
3.1.5 構成 …… 125
3.2 車載通信装置 …… 127
3.2.1 概要 …… 127
3.2.2 機能 …… 127
3.2.3 定格 …… 129
3.3 車上アンテナ …… 129
3.3.1 概要 …… 129
3.3.2 機能 …… 129
3.3.3 定格 …… 130
3.4 遠隔操作卓 …… 130
3.4.1 概要 …… 130
3.4.2 運行モード …… 131
3.4.3 表示部 …… 131
3.4.4 操作部 …… 132
3.4.5 音声通信部 …… 132
3.4.6 定格 …… 133

3.5 中央通信装置 …… 133
3.5.1 概　　要 …… 133
3.5.2 中央通信装置のモード …… 134
3.5.3 路側制御装置との送受 …… 135
3.5.4 車輌番号読出 …… 136
3.5.5 入場信号制御 …… 137
3.5.6 その他の定格 …… 137
3.5.7 定　　格 …… 137
3.6 路側制御装置 …… 138
3.6.1 概　　要 …… 138
3.6.2 区 間 区 分 …… 138
3.6.3 機 器 構 成 …… 138
3.6.4 中央通信装置との通信 …… 140
3.6.5 車輌との通信 …… 140
3.6.6 保 安 機 能 …… 141
3.6.7 フェイルセーフ …… 143
3.6.8 定　　格 …… 143
3.7 地上アンテナと通信関係の工事 …… 144
3.7.1 地上アンテナ …… 144
3.7.2 現 地 工 事 …… 146
3.8 図　　面 …… 148
3.9 写　　真 …… 160
4. 中央制御装置 …… 169
4.1 設 計 方 針 …… 169
4.1.1 地上制御システムの機能および役割 …… 169
4.1.2 設 計 条 件 …… 169
4.1.3 安 全 対 策 …… 172
4.1.4 運　　転 …… 173
4.1.5 区間分割と情報伝送 …… 173
4.1.6 区間における速度制限 …… 174
4.2 中央制御装置仕様 …… 178
4.2.1 構　　成 …… 178
4.2.2 機　　能 …… 178
4.2.3 仕　　様 …… 179
4.3 ソフトウエア …… 186
4.3.1 運 行 制 御 …… 186

4.3.2 車速制御 …… 192
4.3.3 機能の流れ …… 193
4.4 図面 …… 195
4.5 写真 …… 199
Ⅲ 実験 …… 205
1. 車輌一般確認 …… 205
2. 誘導性能試験 …… 208
2.1 実験目的 …… 208
2.2 実験方法 …… 208
2.2.1 実験条件 …… 208
2.2.2 測定項目 …… 209
2.2.3 測定方法 …… 209
2.3 実験結果 …… 212
2.3.1 021号車 …… 212
2.3.2 022号車 …… 212
2.4 考察 …… 233
3. 走行性能試験 …… 238
3.1 実験目的 …… 238
3.2 実験方法 …… 238
3.2.1 実験条件 …… 238
3.2.2 測定項目 …… 238
3.2.3 測定方法 …… 239
3.3 実験結果 …… 242
3.3.1 021号車 …… 242
3.3.2 022号車 …… 242
3.4 考察 …… 254
4. 制動性能試験 …… 257
4.1 実験目的 …… 257
4.2 実験方法 …… 258
4.2.1 実験条件 …… 258
4.2.2 測定項目 …… 258
4.2.3 測定方法 …… 259
4.3 実験結果 …… 260
4.3.1 021号車 …… 260
4.3.2 022号車 …… 260

4.4 考　　察 …… 268
5. 通信レベル試験 …… 270
5.1 実 験 目 的 …… 270
5.2 実 験 方 法 …… 270
5.2.1 制御用伝送線路の結合レベルの測定 …… 270
5.2.2 制御用通信の通信不能領域の有無の確認 …… 270
5.2.3 制御用通信区間の相互干渉 …… 271
5.2.4 制御用および音声用通信の外部への影響 …… 271
5.2.5 音声通信の品質 …… 271
5.3 実 験 結 果 …… 276
5.3.1 制御用伝送線路の結合レベルの測定 …… 276
5.3.2 制御用通信の通信不能領域の有無の確認 …… 276
5.3.3 制御用通信区間の相互干渉 …… 276
5.3.4 制御用および音声用通信の外部への影響 …… 277
5.3.5 音声通信の品質 …… 277
5.4 考　　察 …… 280
6. 保安性能試験 …… 281
6.1 実 験 目 的 …… 281
6.2 実 験 方 法 …… 281
6.2.1 速 度 閉 塞 …… 281
6.2.2 速 度 制 限 …… 282
6.2.3 分 岐 保 安 …… 282
6.2.4 車上通信機異常 …… 283
6.2.5 路側制御装置異常 …… 284
6.2.6 中央通信装置および遠隔操作卓異常 …… 284
6.2.7 計 算 機 異 常 …… 285
6.3 実 験 結 果 …… 290
7. 遠隔操作試験 …… 291
7.1 実 験 目 的 …… 291
7.2 実 験 方 法 …… 291
7.2.1 上り回線テスト …… 291
7.2.2 下り回線テスト …… 292
7.2.3 TCU ～ CCU インターフェイス …… 293
7.2.4 RCD による遠隔操作試験 …… 294

7.3 実験結果 …… 297
7.3.1 上り回線テスト …… 297
7.3.2 下り回線テスト …… 297
7.3.3 TCU ～ CCU インターフェイス …… 297
7.3.4 RCD による遠隔操作試験 …… 298
7.4 考察 …… 302
8. 分岐輪検知器試験 …… 303
8.1 実験目的 …… 303
8.2 実験方法 …… 303
8.3 実験結果 …… 303
9. 補機動力装置特性試験 …… 307
9.1 実験目的 …… 307
9.2 実験方法 …… 307
9.2.1 測定項目 …… 307
9.2.2 測定方法 …… 307
9.3 実験結果 …… 310
9.3.1 021号車 …… 310
9.3.2 022号車 …… 310
9.4 考察 …… 316
9.4.1 021号車 …… 316
9.4.2 022号車 …… 317
10. 伝送遅れ時間測定 …… 319
10.1 実験目的 …… 319
10.2 実験方法 …… 319
10.2.1 WSC ～ MTU 間時間 …… 319
10.2.2 CPU ～ TCU 間時間 …… 319
10.2.3 3重系時間差 …… 319
10.3 実験結果 …… 320
10.4 考察 …… 321
11. 車速制御試験 …… 322
11.1 実験目的 …… 322
11.2 実験方法 …… 326
11.3 実験結果 …… 326
11.4 考察 …… 330

12. 追従制御試験 …… 332
12.1 実験目的 …… 332
12.2 実験方法 …… 333
12.3 実験結果 …… 334
12.4 考察 …… 342
13. 定位置停止制御試験 …… 343
13.1 実験目的 …… 343
13.2 実験方法 …… 343
13.3 実験結果 …… 343
13.4 考察 …… 347
14. 運行制御試験 …… 348
14.1 実験目的 …… 348
14.2 実験方法 …… 349
14.3 実験結果 …… 352
14.4 考察 …… 352
15. まとめ …… 369
あとがき

略　号　表

AOC	自動運転操作盆
CAN	車上アンテナ
CCU	車上制御装置
CPU	電子計算機中央処理装置
DSP	分　電　盤
GSC	地上センサ信号調整器
I　D	車両番号
IMG	定電圧電源装置
MIC	モードインターチエンジ
MTU	中央通信装置
OPL	車上操作盤
PCU	動力制御装置
RCD	遠隔操作卓
SOP	ストップ操作盤
TCU	車上通信機
μCP	マイクロコンピュータ
WAN	地上アンテナ
WSC	路側制御装置

I　無人走行試験の位置づけ

I　無人走行試験の位置づけ

デュアルモード・バス・システムは昭和４８年度にシステムの概略設計という形でシステムイメージを固めて後，４９年度に主として車輌の誘導性能と通信方式の確認を主体とした誘導試験を実施した。誘導試験は試験車の設計製作の後５０年２月から８月まで行なわれ所期の成果を挙げることができたことはすでに報告されている通りである。誘導試験では誘導分岐装置の確認が主であったので，ガイドウェイは分岐合流部と曲線部を有する略 ⌒⌒ 形のものとし車輌も既存車輌のミヤシ誘導分岐装置を取付け操作はマニュアルで行なうものであったし，走行についてもレシプロエンジン車そのままであった。また通信方式の確認も全て仮組立で行なった。

無人走行試験は誘導試験の結果をふまえ，コンポーネントの組合せとしてのシステムの安全性の確認，信頼性の確認を目的として計画されている。コンポーネントは他の交通システムで採用されているものと同レベルの技術水準のものが用いられているので実験は機能確認の後，すぐ自動走行実験に入り，２台の実験車を用いて中央制御機器，通信・保安装置，車輌の組合せによる無人走行を中心とするシステムの確認に入り，本システムが計画された機能を有することを確認した。

勿論各々にコンポーネントの定量的，実験的把握は今後のために必要であり，またグレードアップも必要であるので実験は更に今秋まで続けられ，併せて信頼性も確認される予定である。試験実施のスケジュールは下記の通りである。

		昭和４９年度	昭和５０年度	昭和５１年度	昭和５２年度
誘導試験	試験車設計製作	———			
	試験路建設	——			
	誘導試験	——	——		
無人走行試験	試験車設計製作	——	——		
	電気通信制御機器設計製作据付	——	——		
	試験路建設		——		
	無人走行試験		——	——	
個別実験	供試品設計製作		—	- - - - - -	- - - - - →
	個別実験			- - - - - -	- - - - - →
確認先行試験	先行試験車設計製作			— —	- - - - - →
	先行着工線建設				- - - - - →
	確認先行試験				- - →

300

Ⅱ 試験設備の図面および仕様書

Ⅱ　試験設備の図面および仕様書

1　ガイドウェイ

1.1　ガイドウェイ

ガイドウェイは建設省土木研究所（筑波）構内に建設されたものを使用した。

ガイドウェイは図Ⅱ1.4－1～6に示すように平面線形は40㎞連続走行出来る延長758mの側線部，および一般道路との連結のためのモードインターチェンジ部112m，とより成っており，本線部曲率半径は65m，最小曲率半径35m である。縦断は本線部に6％の上りおよび下り勾配が設けてあるが他の部分は水平である。横断は本線曲線部に最大10％ の横断勾配を用いているが他の部分には横断勾配はない。

ガイドウェイの断面は誘導試験（49年度）のそれに基本的には同じであるが，車輌巾員の増大にともない誘導壁間隔が3.2mに拡がっており，また誘導通信の地上アンテナが分岐合流部との前後のほかでは舗装中に直接埋設されている点の二つが異なっている。なお舗装路面は一部40m はコンクリート舗装であるが大部分はアスファルト舗装となっている。

1.2　ガイドウェイ付帯設備

1.2.1　ボデイアース

1）目　的

車輌の走行中に静電気が発生したり，バッテリの漏液や動力回路の絶縁低下があったりすると，走行路面と車体との間に電位差ができる。この電位差が大きいと，乗客や乗務員の昇降の際に危険や不快感を伴う。その対策として，ガイドウェイストップ部において車輌が停止する際，車体と地面の電位差を充分低くできるようなボデイアースを設けた。

ボデイアースに要求される性能としては，（ⅰ）接地抵抗が低いこと，（ⅱ）車両との接触抵抗が低いこと，（ⅲ）接地電流が流れる際に，通信アンテナ線その他の信号系統に悪影響を及ぼさぬこと，（ⅳ）接触する際の衝撃が少ないこと，（ⅴ）車輌側接触片の上下位置変動に追従すること，（ⅵ）停止位置の誤差を吸収するだけの長さがあること，等が挙げられる。

2）構　造

上記の性能を満足するために，電気的には，（ⅰ）接触片を銅板製とし，他の配線系統とは別個に設けた電線管内を通る絶縁電線を介して，受変電所の動力線用共通接地点に接続することとした。（ⅱ）想定される常用最大漏洩電流に耐えられるほか，事故によって給電線正極側が直接車体に短絡した場合に，受変電所の安全装置が作動するまで破壊されないことを目標とした。

機械的には，（ｉ） 衝撃の緩和と上下位置変動の吸収とはコイルバネで行なった。（ii)動作の規制はニーアクションリンクとコイルバネ中央部の横剛性とで行なうことで，上下方向は充分柔かく，長手方向は僅かな動きだけを許容し，左右方向は全く動かないものとした。（図Ⅱ１４－７参照）

3）諸　元

個数　２組（ガイドウェイストップに各１組宛）

本体寸法　有効巾８０㎜，有効長３０００㎜，路面よりの高さ　無負荷時１８０㎜，最大撓み時１２０㎜。

上下のバネ定数　０.７５㎏/㎜，接続電線　６００Ｖ　ビニール絶縁電線３０㎟。

抵抗値　本体接触片より接点接続部まで０.１Ω以内。

許容電流　常用８０Ａ，ただし瞬間最大値１０００Ａに対して破壊されないこと。

１２.２　分岐輪検知器

1）目　的

車輌が左右に，分岐する際分岐壁の手前で分岐輪を分岐方向に出す。これを地上にて検出する検知器である。

空気式，電磁式，光電式，超音波式，レーザビーム式等が考えられるが検討の結果，変動範囲の広い分岐輪の検出にはストライカ方式を採用した。

2）構　造

図Ⅱ１４－８に分岐輪検知器外形図を示す。

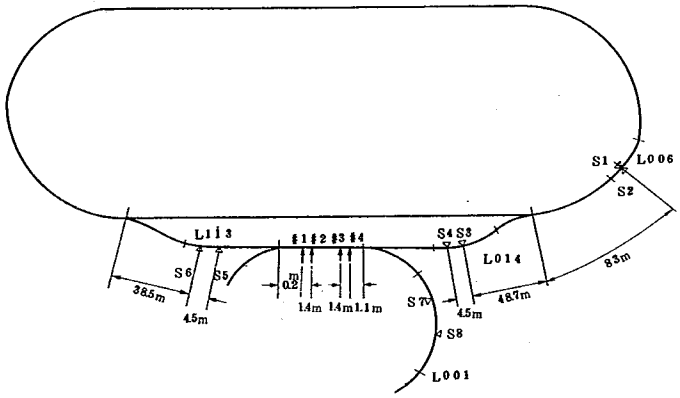
分岐輪進行方向にストライカ側が来るようにガイドウェイの誘導壁下に設置し，分岐輪がストライカをたたくことによりストライカが筐体に沈み，ストライカと一体になった鉄片で近接スイッチを作動させる。分岐輪通過後は速やかにスプリングアクションにより復帰し，後続車の検出に備える。

3）配置および個数

分岐輪検知器は　図Ⅱ１２－１に▽印で示すもので次のようになる。

表Ⅱ　１２－１　分岐輪検知器配置

記　号	進行方向右	進行方向左	備　考
S1, S2	1	1	ループ　L006　内に左右１対設置
S3, S4	2		ループ　L014　内に右側に２個設置
S7		1	ループ　L001　内プラットホーム寄左側に設置
S8	1		ループ　L001　内入口寄右側に設置
S5, S6		2	L112, L113）に各１個づつ左側に設置
計	4	4	



図Ⅱ 12－1 レイアウト図

4) 信 号 処 理

各分岐輪の信号は，地上信号処理装置（Ground Signal Conditioner ：略称ＧＳＣ 1.2.4項参照）にて，論理回路を経てＷＳＣあるいはＡＯＣに渡される。

304

1.2.3 通過検知器

1) 目　　的

車輌がストップ部で定点停止を行なうために，停止前に車速を測定する必要がある。速応性を有し，確実に検出するために，2点に反射ビーム型スイッチを設置し，車体の所定位置にはられた反射板を検知する。

2) 構　　造

図Ⅱ　1.4－9に通過検知器外形図を示す。

構成は反射形ビームスイッチを横に3セット並べその信号を地上信号処理装置（G. S. C）において2アウトオブ3処理を行なう。

3) 配置および個数

図Ⅱ　1.2－1の△印の位置の，プラットフォームと反対側に，レンズ面を車輌側に向けて設置する。

#1，#2
#3，#4
} 計　4個

1.2.4 地上信号処理装置（Ground Signal Conditioner：GSC）

1) 目　　的

センター内にあって，ガイドウェイの各検知器の電源供給並びに出力信号の波形整形とロジック処理を行ない，ソレノイドドライバーで，リレーを駆動し，路側制御装置（WSC）あるいは自動運転操作盤（AOC）に信号を与える。

2) 構　　成

G.S.C　は次のものより構成される。

(i) 電源ラック

(ii) ロジック（IC）ラック

(iii) リレーラック

(iv) 端　子　台

(v) 冷却用ファン

(vi) ブザーおよびブザーリセットボタン

電源　ON／OFFのNFBは盤正面より操作可能である。

3) 機　　能

(1) 分岐輪検知器信号処理　　1.2.2項参照

(2) 通過検知器信号処理　　1.2.3項参照

(3) 異常信号に対するブザー　　S1 ～ S8の異常検知に対しブザーが鳴る。

12.5 給電線

デュアルモードバスの駆動用電源は誘導壁上部に設置された2本の給電線により車輌側の集電装置を通じて供給する。

給電線の取付けは側面横向取付となっている。

本設備には剛体型と銅冠型の2種の給電線を採用し，使用中の差異をみられるようにした。（図Ⅱ　14－11に示す）

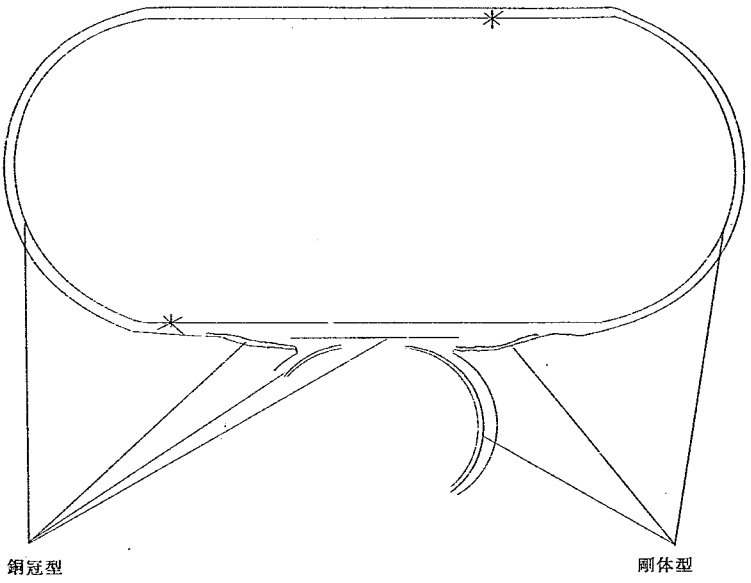
表Ⅱ　12－2　　給電線特性

	剛体型	銅冠型
標準重量	774.2kg/km	2020kg/km
標準長さ	48m (巻)	7 m
最大抵抗	0.2030Ω/km 20℃	0.0151Ω/km 20℃
最大許容電流	不明	444A
碍子間隔	約2m	約 1m

取付にあたっては剛体型，銅冠型いずれも温度変化による伸縮を考慮してある。

なお，安全上の問題から給電線に通電しているか否かを明確に表示する必要があり，本設備では給電線の電圧を抵抗で落して赤色電球を点灯させることとし，主要部4ケ所には回転灯を，他の16ケ所には普通の表示灯を採用している。

図Ⅰ　12－2　給電線型式別配置図

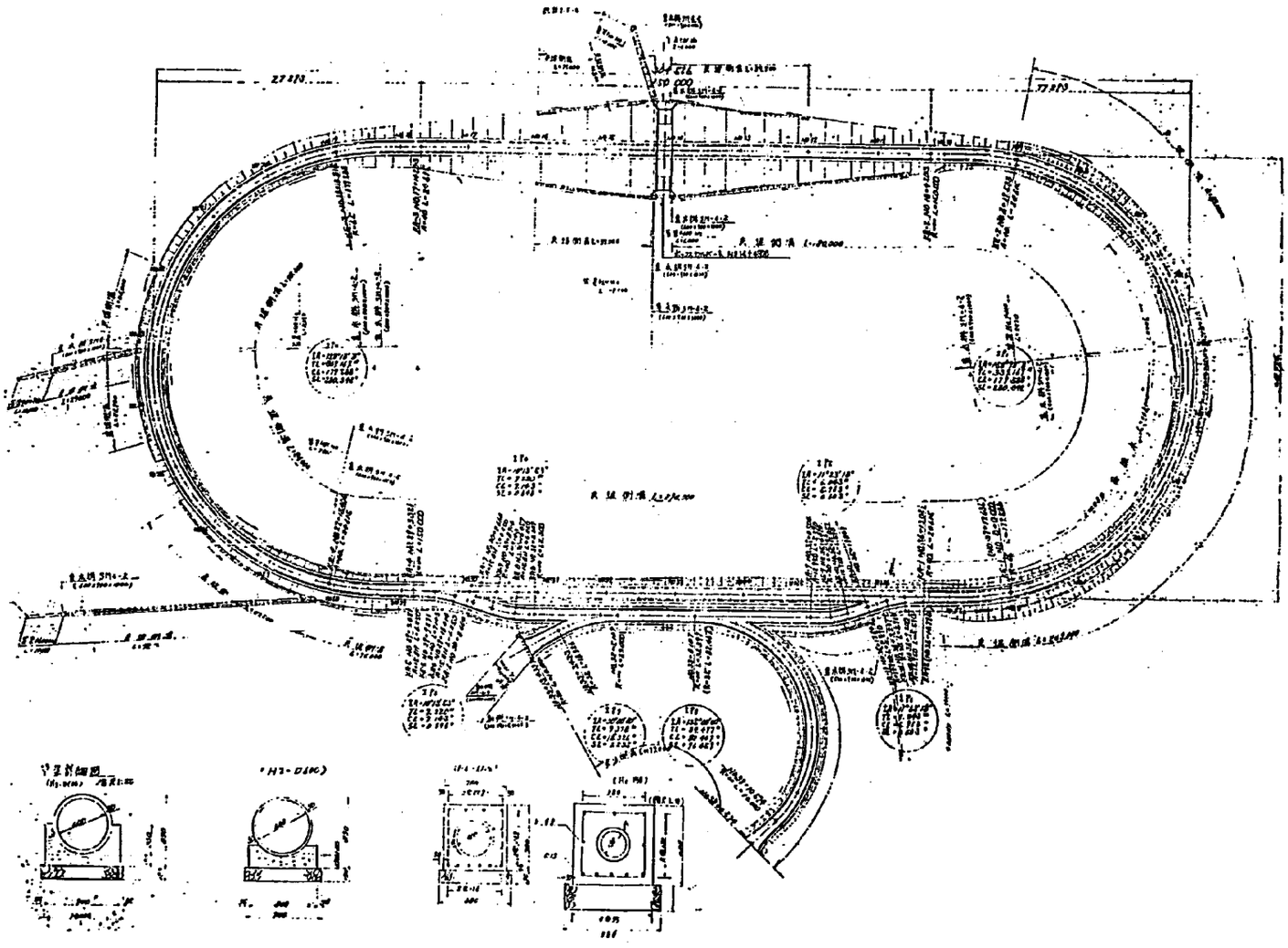


307

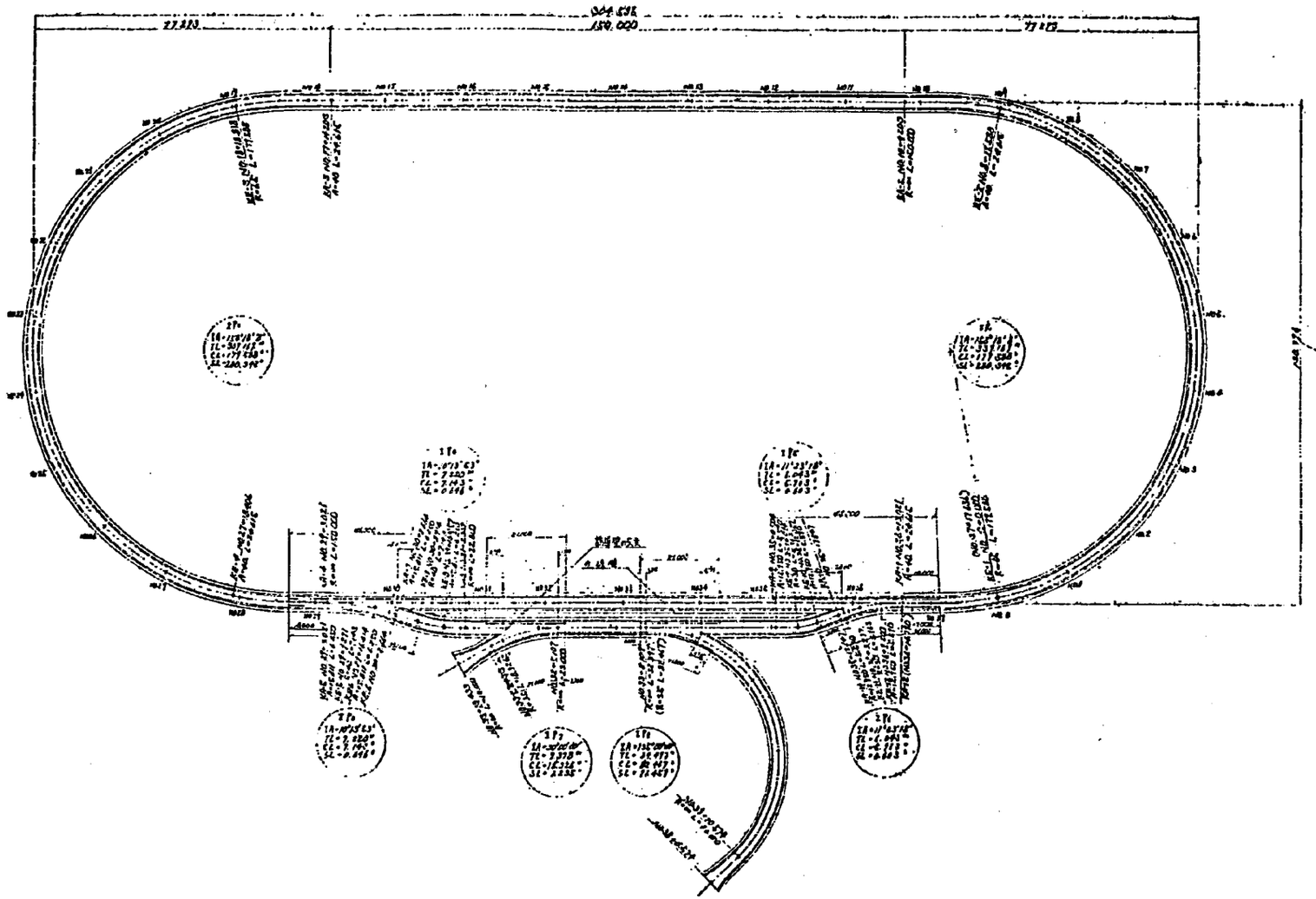
13 電 源 設 備

試験に必要な電源設備は車輌給電図と一般動力用に大別される。車輌が一般道路を走行する場合は搭載した蓄電池電源（384V−120AH/5HR）を利用し，ガイドウェイ上では直接電源を利用し，同時に蓄電池の充電も行なう必要があることから，給電々源は直流430Vとしてある。一般動力用としては，空調，照明，通信設備等に必要な低圧交流電源（100V，200V ）を設置した。

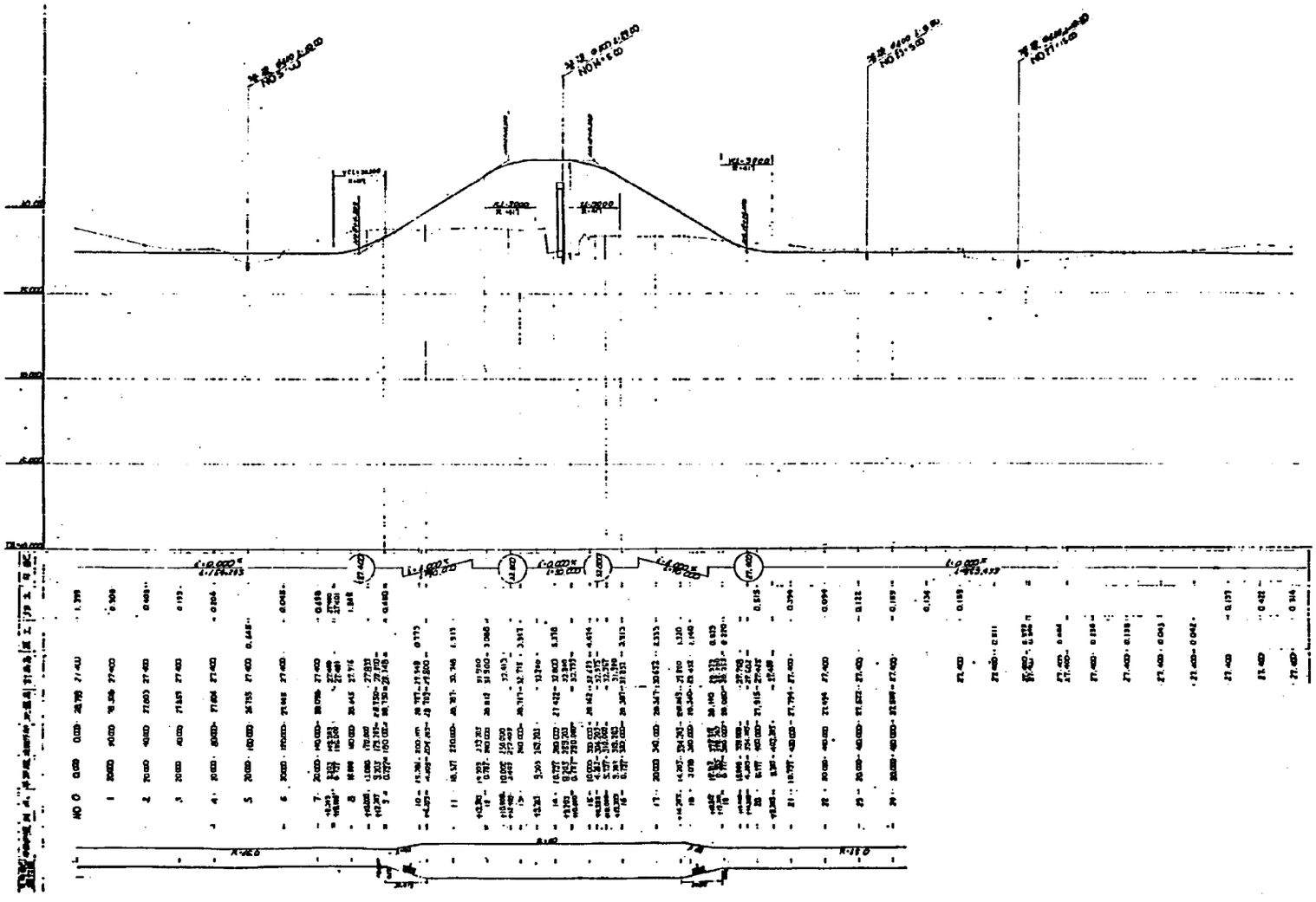
機器は屋外型とし，受配電盤はキュービックルタイプとした。



図Ⅱ 1.4－1	ガイドウェイ	一　般　図

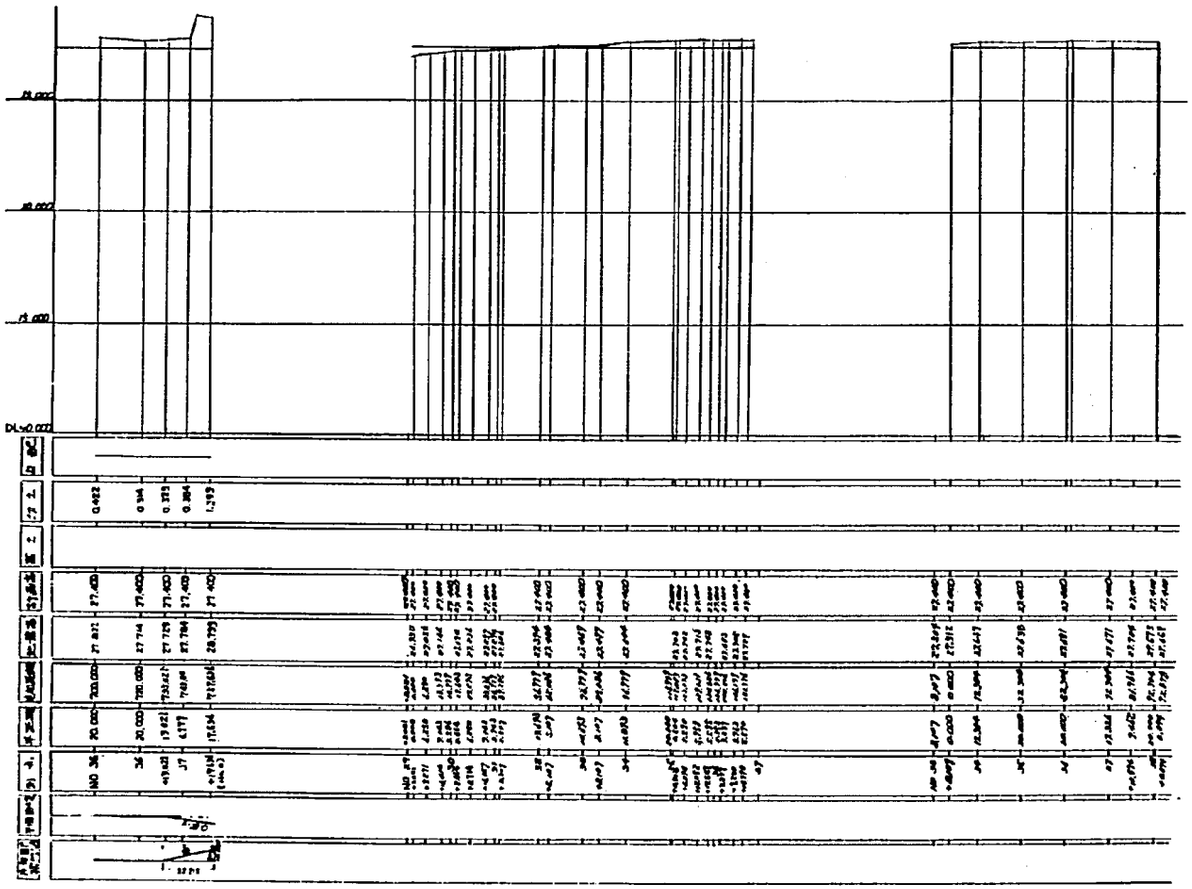


図Ⅱ 1.4－2	ガイドウェイ	基本線形図



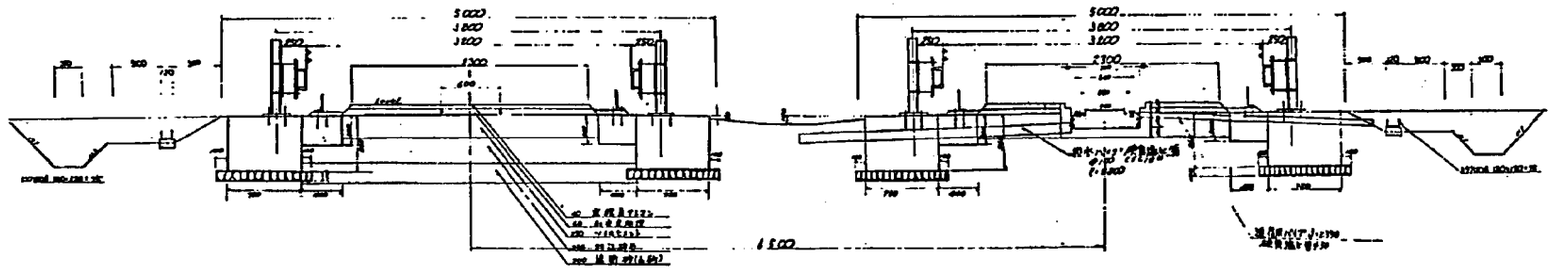
図Ⅱ 1.4－3	ガイドウェイ	縦 断 図 ½

311



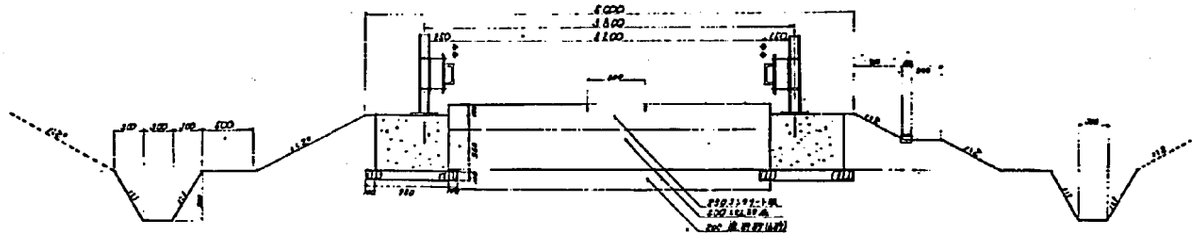
図Ⅱ 1.4－4	ガイドウェイ	縦 断 図

NO34付近



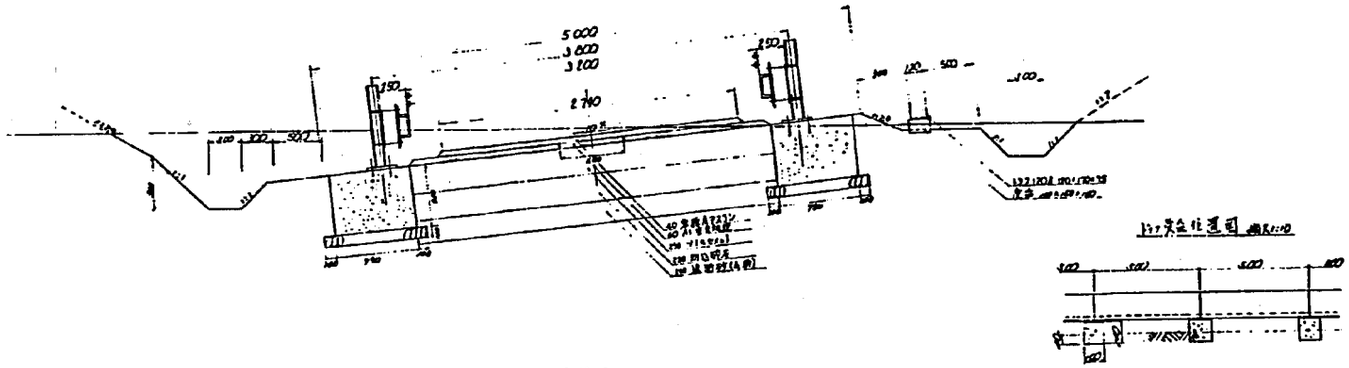
コンクリート舗装部

NO8＋17.5 - NO 10＋17.5

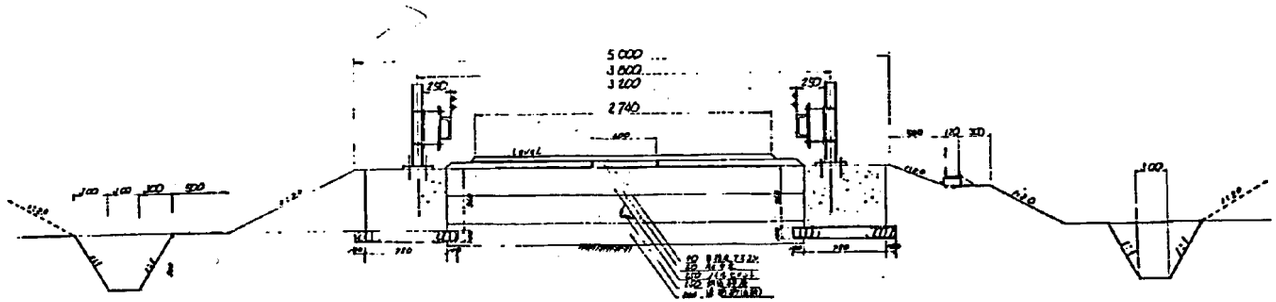


図Ⅱ 1.4－5	ガイドウェイ	標準横断面図(4)

NO 0 ~ NO 8 + 19.473
NO 18 + 18.922 ~ NO 27 + 18.395

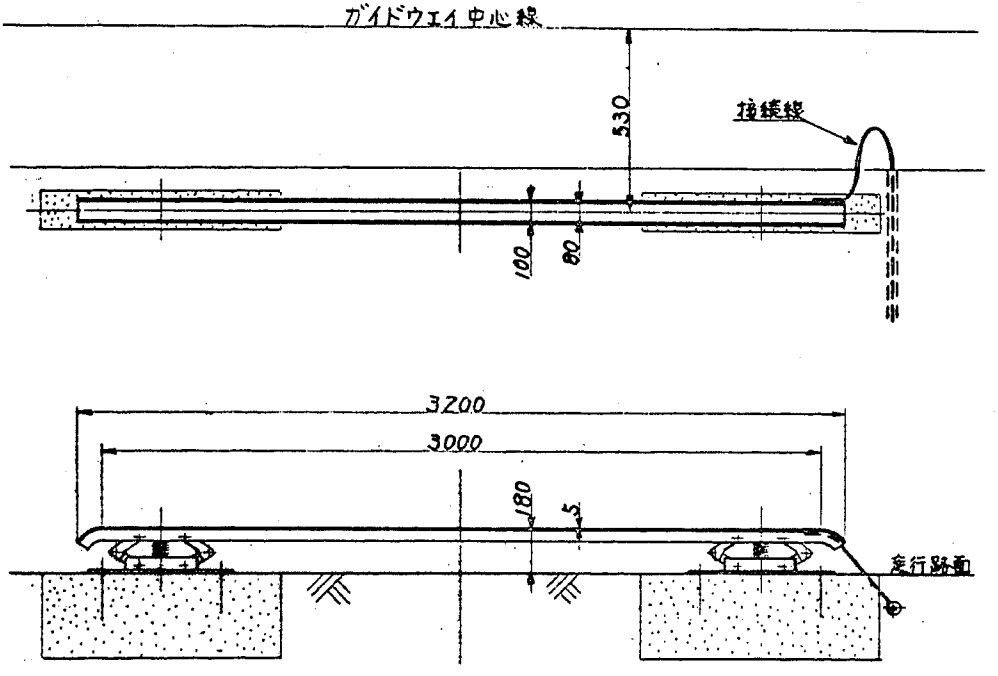


NO 14 付近

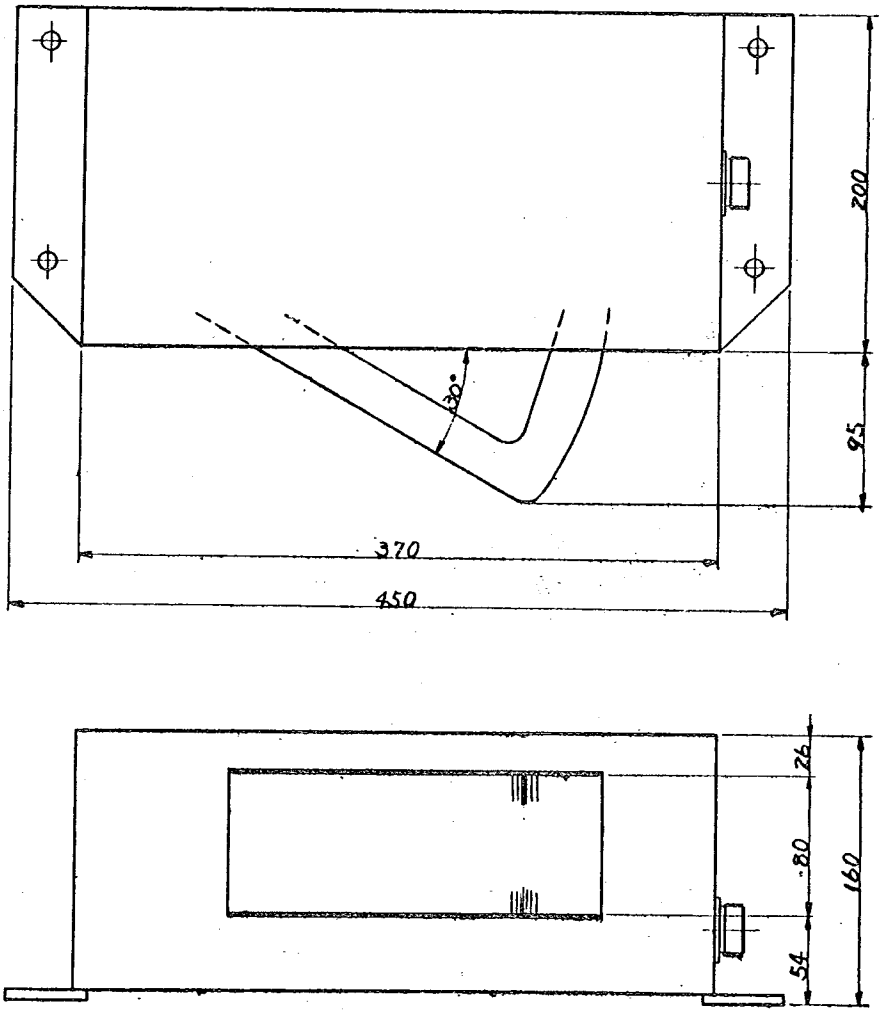


図Ⅱ 1.1 － 6	ガイドウェイ	標準横断図(3)

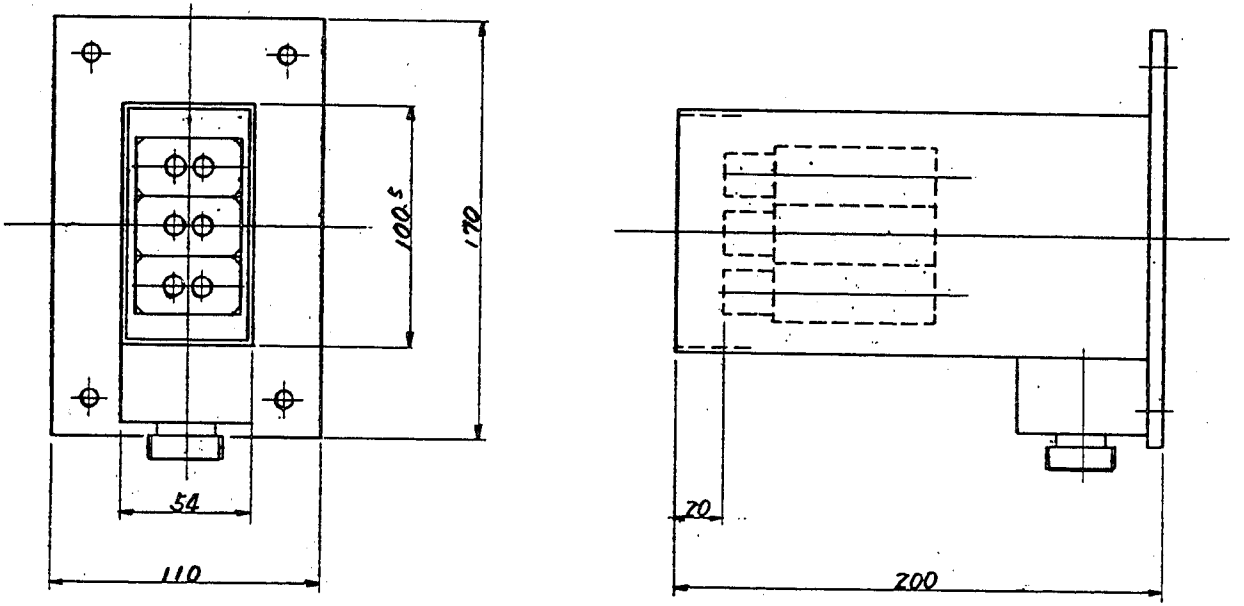
3/4



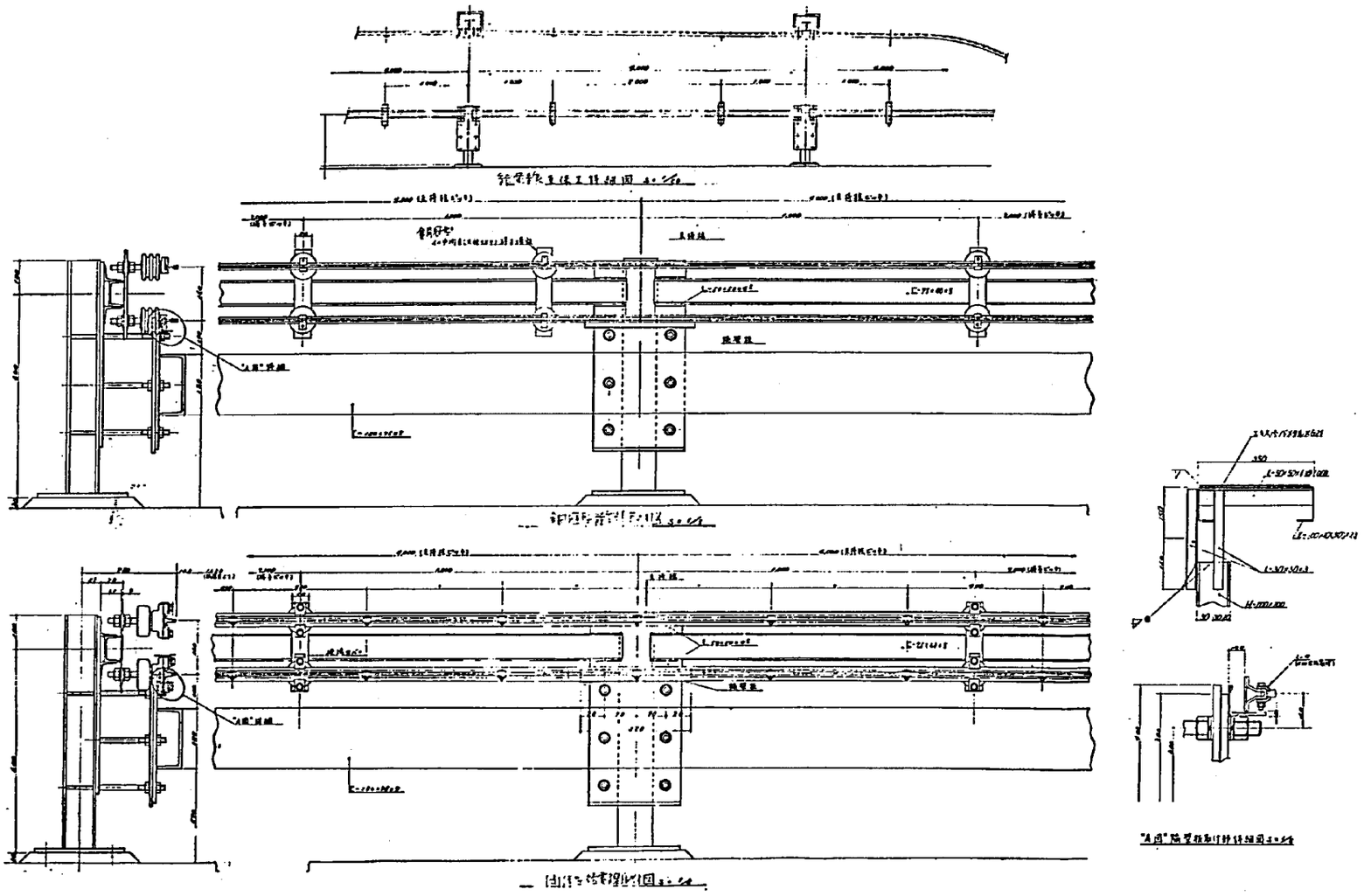
図Ⅱ 1.4－7	ガイドウエイ	ボディアース



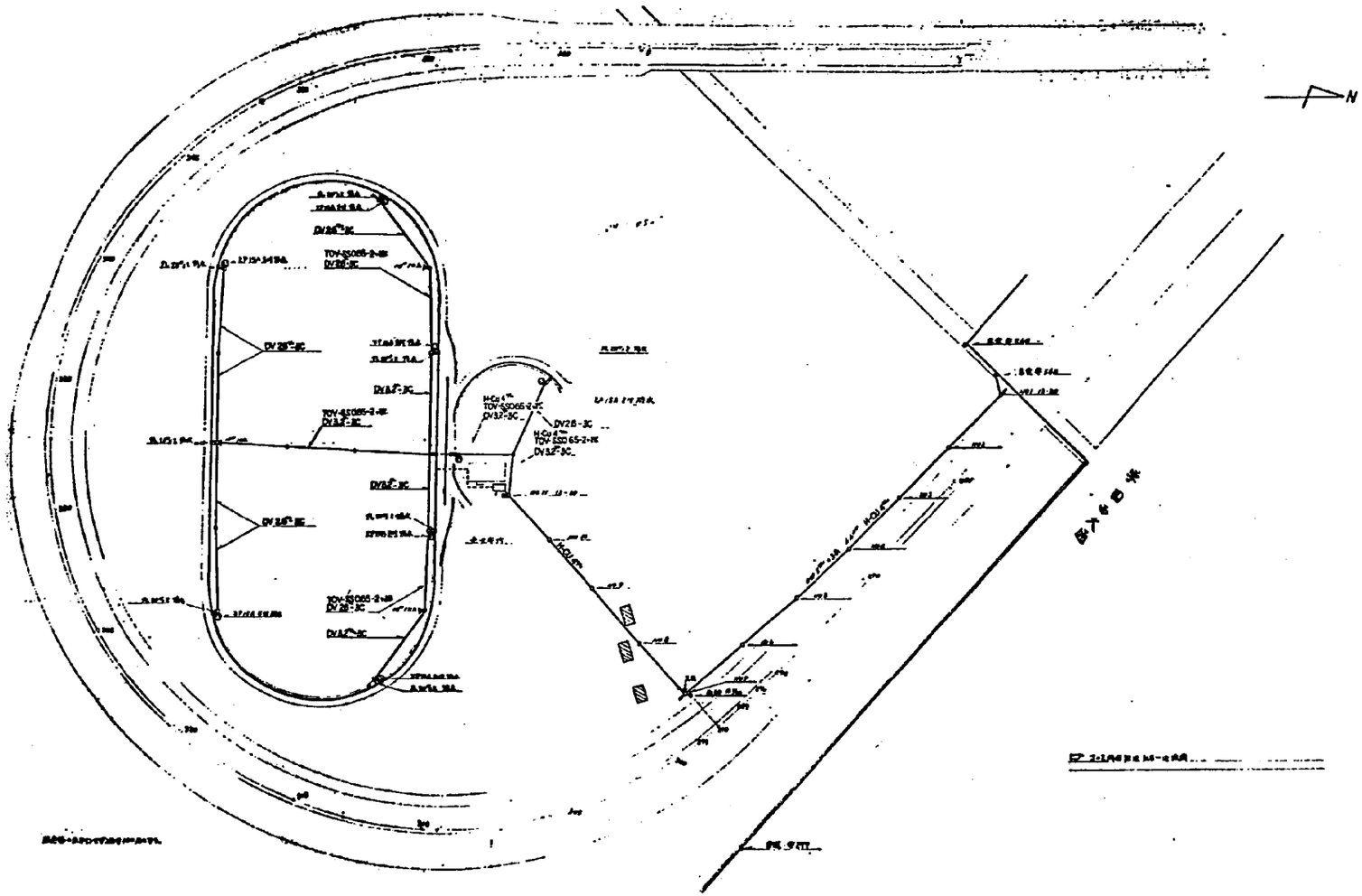
図Ⅱ 1.4 －8	ガイドウエイ	分岐輪検知器外形図



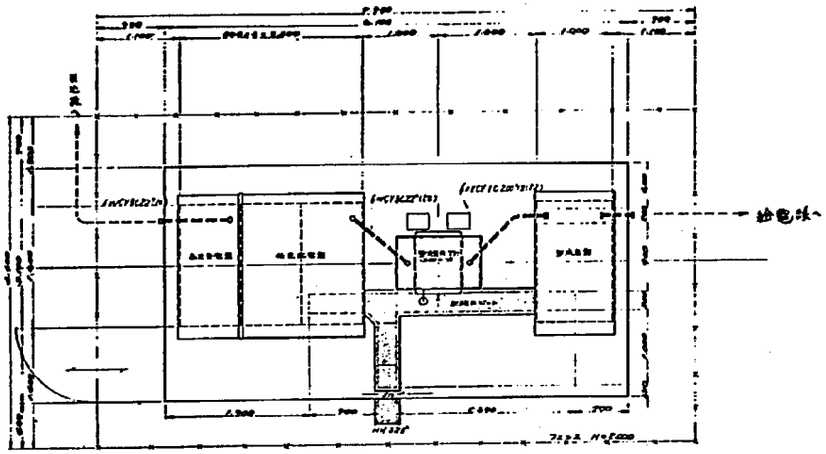
図Ⅱ 1.4 −.9	ガイドウエイ	通過検知器外形図

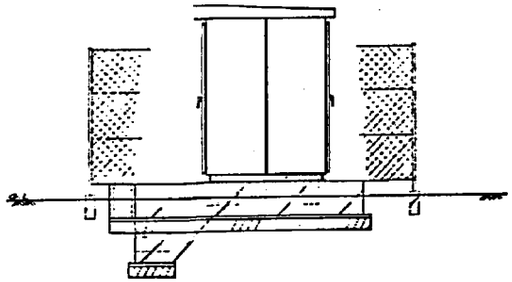


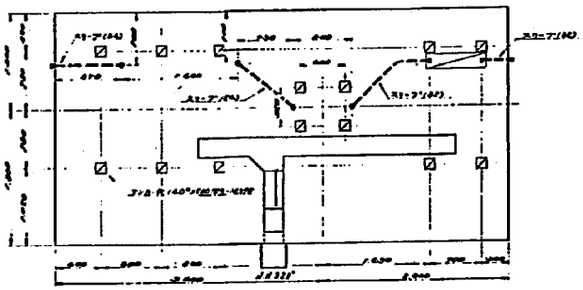
図Ⅱ 1.4－11	ガイドウェイ	給電線取付図

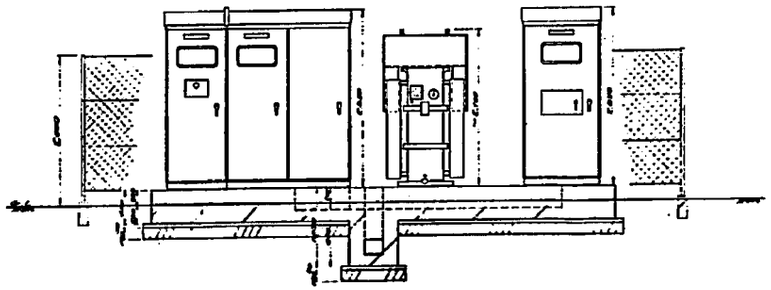


図Ⅱ 1.4－11	ガイドウェイ	電源設備高圧引込および電気使用全体図

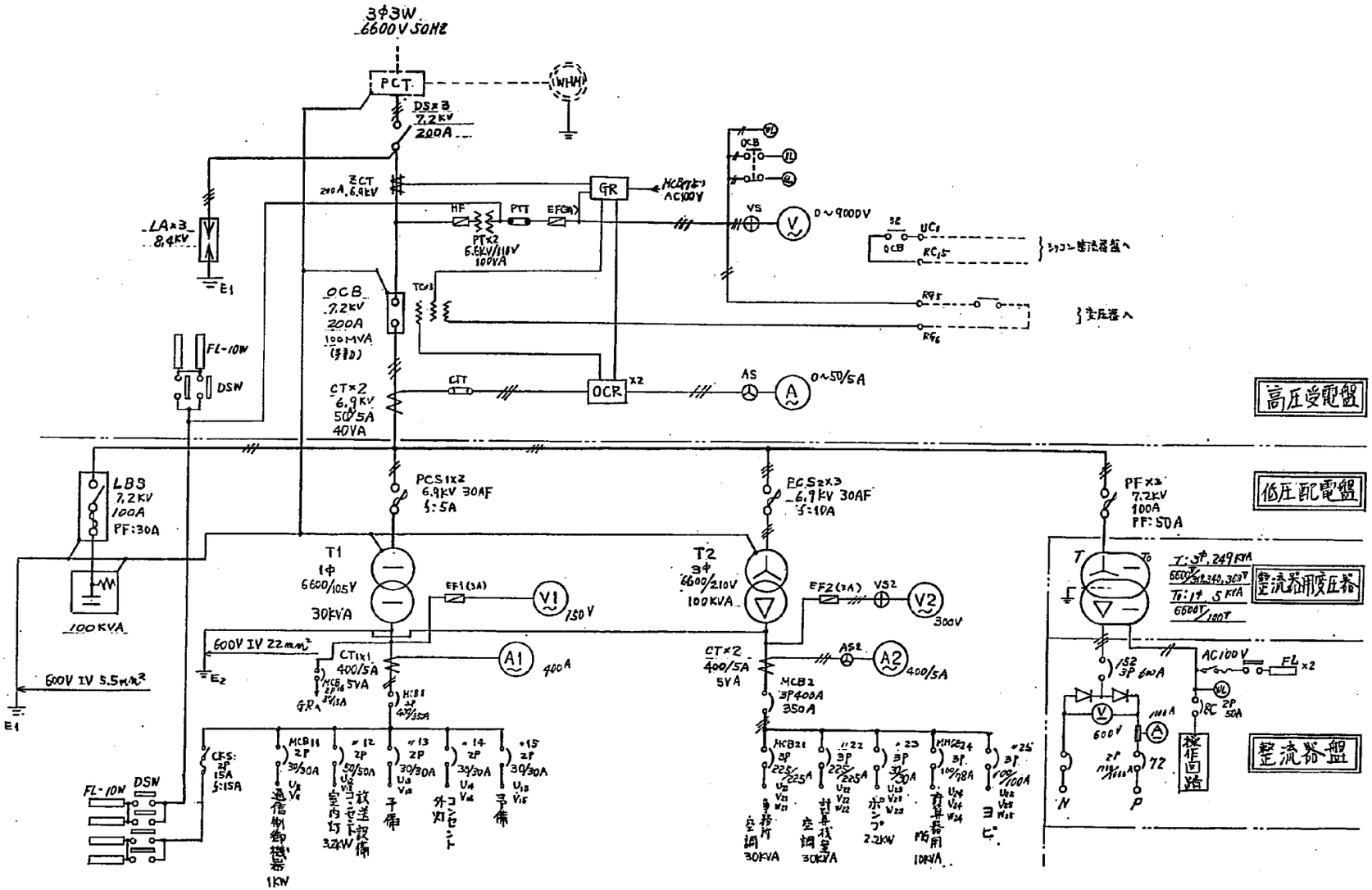




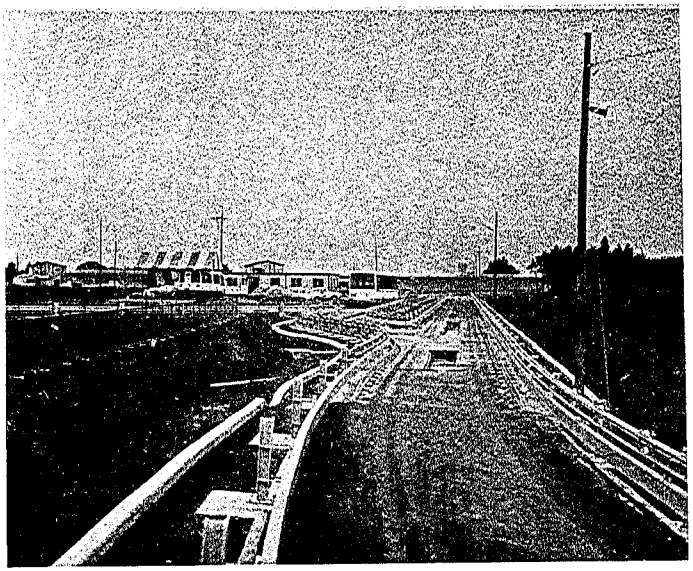




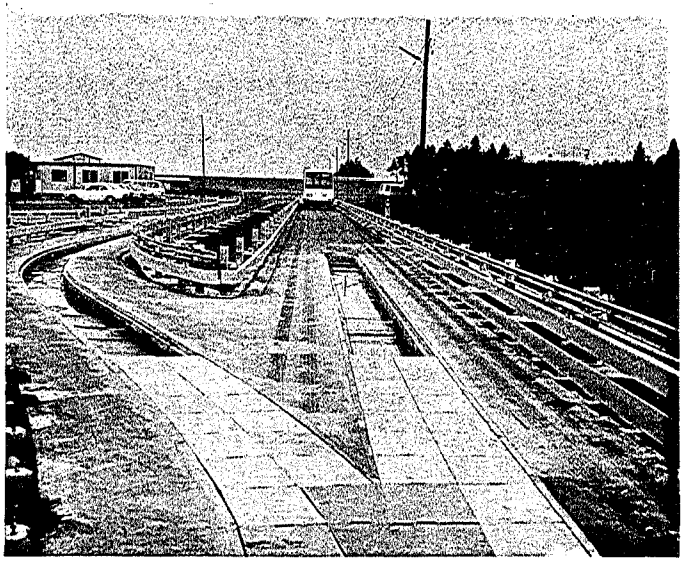
図Ⅱ 1.4－12	ガイドウェイ	電源設備受変電所詳細図



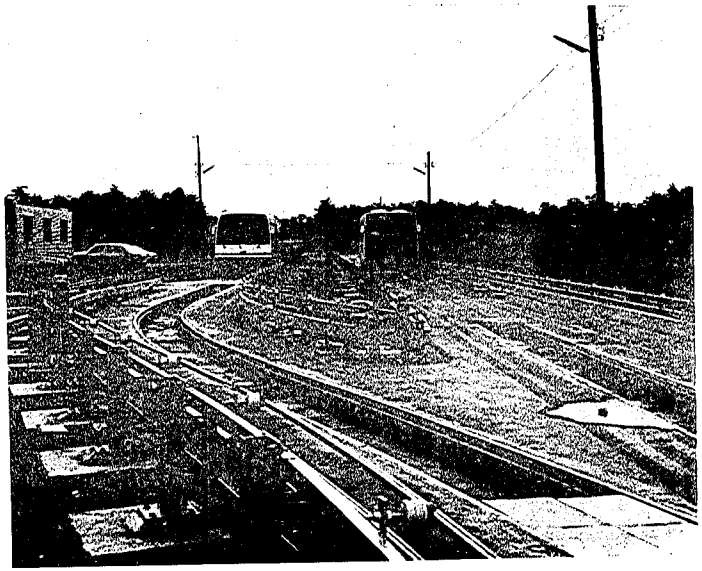
図Ⅱ 1.4 − 13	ガイドウェイ	電源設備主回路系統図



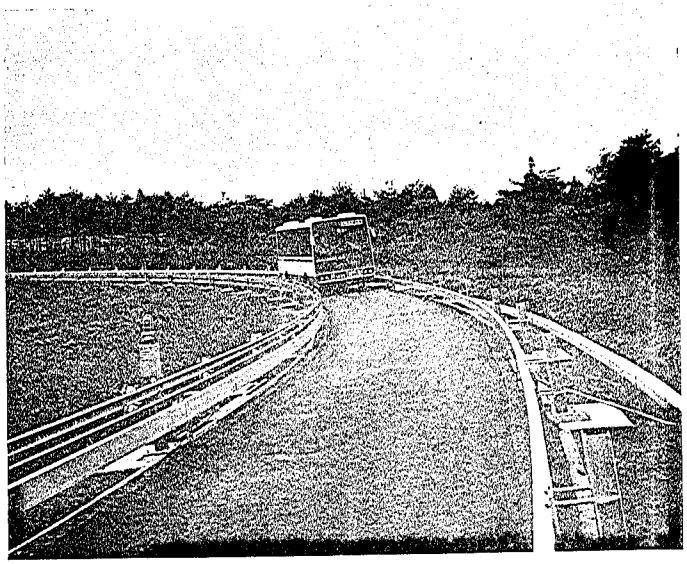
図Ⅱ 15－1 本線上より見た側線部および実験センタ



図Ⅱ 1.5－2 本線と側線の分岐部

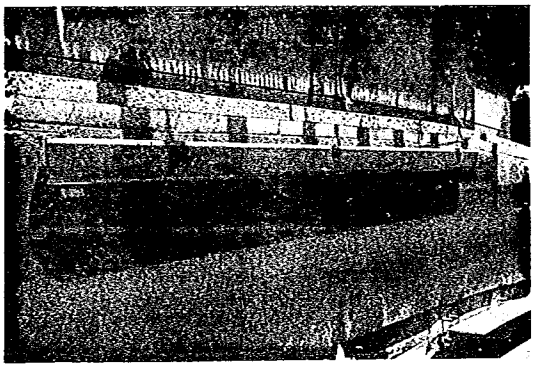


図Ⅱ 1.5—3 側線ストップ部と本線への合流部

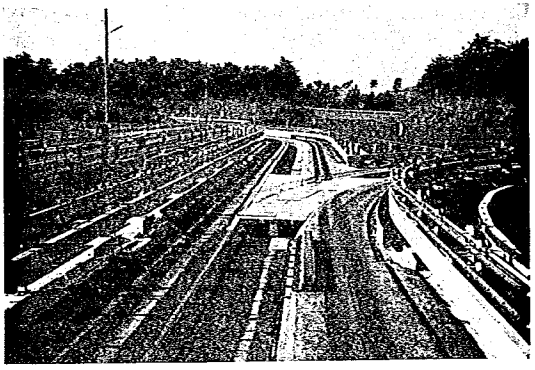


図Ⅱ 15－4　65m半径曲線部

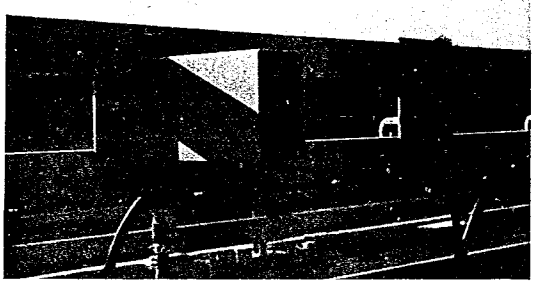
325



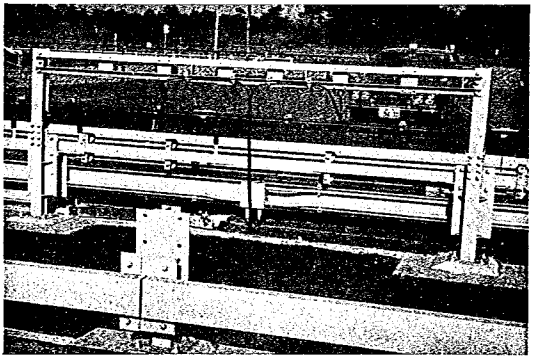
図Ⅱ 16－5　ボディアース①



図Ⅱ 16－6　ボディアース②

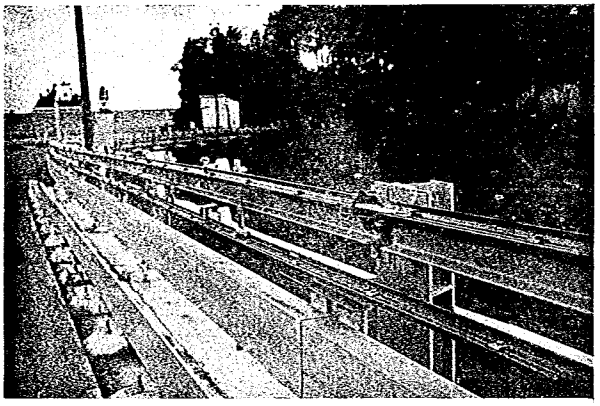


図Ⅱ 16－7　通過検知器前面

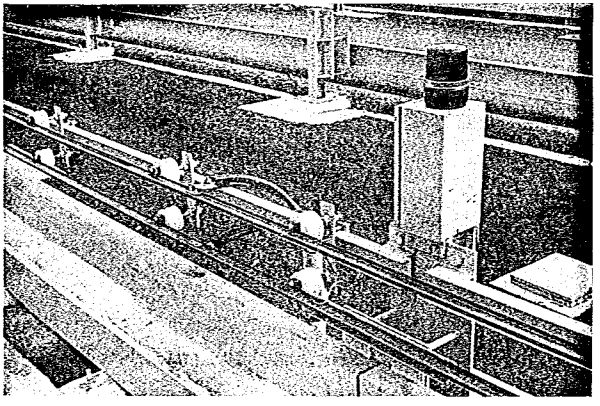


図Ⅱ 16－8　通過検知器背面および給電線カバー

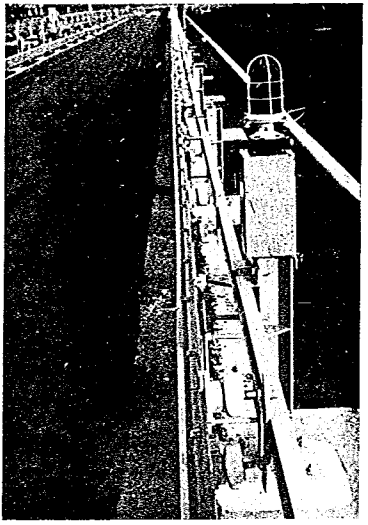
821



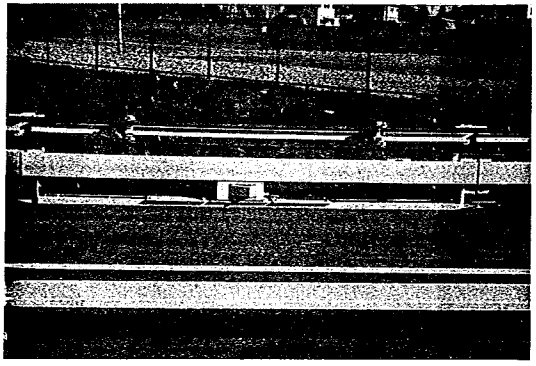
図Ⅱ 16－9　給電線（剛体型）



図Ⅱ 16－10 回転式充電表示灯および給電線（鍋冠型）



図Ⅱ 16－11 固定式通雷表示灯および給電線（鋼冠型）



図Ⅱ 16－12 分岐輪検知器

329

2. 車　　輌

2.1　設計方針

無人走行実験に供用される車輌の基本条件は、一般道路では有人で、ガイドウェイでは無人で走行できることである。

このため、車輌にはバッテリ、モータ、モータ制御装置のほか、集電装置、誘導・分岐装置及びその制御装置、制動・制御装置、通信装置、車両制御装置（マイクロコンピュータ）等を搭載した。

さらに、実用化された時の車輌の使い勝手（乗り降りの容易さ、乗心地、騒音など）を確認するため、キャビン付の完成車とし、室内にはシートや乗客用案内パネルを設けた。

したがって、車輌は外観、搭載機器とも、本システムが実用化になる時の内容を備えたものであるので、デモンストレーション効果も大きいものになっている。

無人走行実験では、複数台の車輌を用いての運行制御の実験を行なうため、車両は2台製作した。（021号、022号車）

021号車と022号車は、基本的機能、性能は同じであり、いずれも本システムに供用できる車輌ではあるが、大きな差異は、021号車は一般道路、ガイドウェイ両用ステップによる2乗降口をもつ車体構造仕様であるのに対し、022号車は、専用ガイドウェイ用乗降口を新設した3乗降口仕様である点である。

これらに付随して関連室内配置やさらにいくつかの車輌構造・機器配置等についてもそれぞれ違った角度から設計がなされている。しかし、いずれの車輌にしても設計性能は同一であり、ガイドウェイ、ストップ，ターミナル等の他のサブシステムに対する要件も同じであって、あくまでも車輌内部でのバリエーションである。

車輌の各装置の詳細については次項以降に述べるが、全体として次に述べるような事項に留意して設計した。

(1) 無人走行を行なうということ及び電気を動力源とすることから安全性に十分な考慮を払った。

(2) 本システムの実用化が真近であると考え、システムの稼動率をあげるため、各機器は信頼性の高いものを採用した。

(3) 搭載機器の軽量化、小型化に努めた。この車輌は、一般道路のみを走行するバスに比べ、ガイドウェイ無人走行のため、多くの機器を搭載する必要があるが、各機器を極力軽量、小型なものにしないと動力性能、乗客スペース等の面から車輌としてのまとまりがとれなくなるためである。

2.2 車輌諸元

2.2－1　　表Ⅱ　　車　輌　諸　元

項目			021号車	022号車
寸法(mm)	車体	長さ	8000	7835
		幅	2480	2465
		高さ	2985	3020
	軸距		3700	3600
	輪距	前輪	1980	2040
		後輪	1820	1820
	最低地上高		160	160
	誘導輪踏面間隔		3200	3200
	室内	室長	7120 (ガイドウェイ上6150)	7080 (ガイドウェイ上6150)
		室巾	2260	2260
		室高	1950	1970
	高ステップさ	ガイドウェイ	810	815
		一般道路	330	415
定員(人)および重量(ton)	※乗車定員	座席	13人	18人
		立席	33人	30人
		乗務員(一般道路)	1人	1人
		計	47人	49人
	車輌重量		7.3	7.3
	車輌総重量		9.9	10.0
主動力装置	主電動機	型式	直流複巻	
		個数	1	
		出力(定格)	56.5kw/3200rpm(架線)・46.5kw/2650rpm(電池)	
		出力(最大)	120kw/3100rpm(架線)	100kw/2550rpm(電池)
		電圧	355V (架線)	290V (電池)
	制御装置形式		サイリスタチョッパ	
	主バッテリー	種類	鉛酸バッテリ	鉛酸バッテリ
		電圧	384V	384V
		容量	140AH(54KWH)	135AH(50KWH)
		重量	1.4 ton	1.4 ton
	給電電源(ガイドウェイ)		DC430V	

※　車輌保安基準による。

項目				021号車	022号車
諸装置	車輪配列	前輪		2輪	2輪
		後輪		駆動複2輪	駆動複2輪
	タイヤ	前輪		825R-16-14PRLT	825R-16-14PRLT
		後輪		〃	〃
	補機用電源			24V-70AH	24V-70AH
	通信・制御用電源			〃	〃
	動力・伝達装置	クラッチ		なし	なし
		前後進切換※※		電動機逆回転式	電動機逆回転式
		一次減速機	形式	ハス歯歯車	ハス歯歯車
			減速比	2.862	2.631
		二次減速機	形式	ハイポイドギア	ハイポイドギア
			減速比	5.286	5.714
		差動機		バンジョ式直歯傘歯車	バンジョ式直歯傘歯車
	車軸形式		前	逆エリオット式	逆エリオット式
			後	全浮動式	全浮動式
	かじ取り装置歯車		形式	ボールナット式	ボールナット式
			歯車比	27.63	24～30（可変）
	誘導装置	方式		側方接触誘導	
		操舵輪		前輪のみ	
		誘導輪位置		前側方および後側方	
		格納		一般道路では車幅内に格納	
	分岐装置	方式		分岐輪切換による車上分岐	
		分岐専用輪		あり	
	制動装置	機械式ブレーキ	形式	油圧	油圧
			倍力装置	空気倍力	空気倍力
		電気式ブレーキ形式		発電制動	発電制動
		駐車ブレーキ形式		機械式推進軸制動	機械式推進軸制動
	懸架装置	懸架形式	前	半楕円板バネ	半楕円板バネ
			後	〃	〃
		スタビライザ		なし	なし
	車わく			梯子形	梯子形

項目				021号車	022号車
諸装置	ドア装置	運転手用	位置	乗客用と兼用	乗客用と兼用
			形式	折戸式	折戸式
		乗客用 一道路	位置	左側面 前車軸前およびホイールベース間	左側面 前車軸前および後車軸後
			形式	折戸および広幅引戸	折戸
		乗客用 ガウイエドイ	位置	左側面ホイールベース間	左側面ホイールベース間
			形式	広幅引戸	広幅引戸
		非常用	位置	後面	後面
			形式	片開き	片開き
		避難用	位置	前面	前面
			形式	片開き	片開き

※※ガイドウェイ上での後退（自動運転）は行わない。

性　能（目標）

項目				性能
一般道路	動力性能	最高速度		60km／h
		登坂性能	発進	10 %
			25km／h	6 %
			40km／h	3 %
		一充電走行距離		30km以上
	最小回転半径			8.0m
ガイドウェイ	動力性能	運行速度		40km／h
		登坂性能	発進	10 %
			25km／h	6 %
			40km／h	3 %
	減速度	通常		0.1G
		緊急		0.2G
	最小回転半径（ガイドウェイ中心）			35m

333

2.3 車輌レイアウト

はじめに2台の試験車輌のレイアウト上の共通の考え方について述べる。

まず乗降口は一般道路用として2ケ所（乗車口，降車口）ガイドウェイ用として1ケ所（乗降車兼用）を設けた。さらに非常時車輌よりウェイ上に降りた旅客がガイドウェイ上に停車している車輌を通り抜けて避難できるように車輌の前後に貫通用の通路としての避難口を設けた。

又、無人運転時に乗客が運転室内に入る事を防ぐために客室との間に仕切り扉を設けた。

次に主要機器についてはモータ、パワーコントロールユニットなど強電部品は車輌後部に車載通信装置無人制御装置は運転室後部に、主バッテリは車軸間床下にそれぞれ配置した。

次に各車輌のレイアウト上の特徴について述べる。

2.3.1 021号車

車輌の基本寸法については、全長約8m、乗員は40名内外で、アクセスのよい乗降車が可能という設計方針に基づき、車輌の大きさは全長8,000㎜、全幅は保安基準ギリギリの2,480㎜とし、全高は従来バスの室内高及びガイドウェイ乗降時にも使用する両用扉の有効高さを参考にして、最終的には2,985㎜とした。

軸距3,700㎜は多種機器の重量配分や回転半径などから決められた。

最低地上高は、リヤリーフスプリングの下に設置したボディアースで決まり160㎜としている。

床面高さは、プラットフォームの高さに適合するよう極力低床化を計り810㎜とした。

乗降に関しては異なる走路に適した2つのステップを別々の場所に設けることは容易なので、ここでは異なる走路の両方に適合する両用ステップを開発し、狭小な客室空間の有効活用と乗降口の削減を図り2乗降口とした。即ち一般道路では前乗降扉と両用扉（含両用ステップ）、専用ガイドウエイでは両用扉をそれぞれ用いての乗降とした。

非常口は従来バスと同様に車輌後面中部に外開きの扉を計画した。

ガイドウェイ上での非常の場合、ガイドウェイ側方に専用の避難路を設置しなくても車輌を貫通してガイドウェイ本線を避難路として利用出来るよう車輌前方にも運転席左側に、老人や子供も含めて安全かつ速かに脱出が出来る充分な間口と高さを有する避難扉を設けた。

この扉は車輌の左端に設けたため運転者へ及ぼす視界の影響は感じられない。

車輌のフレームは、コの字形断面で、フレームにシャシー組付後、車体架装が容易なように梯子型とした。

車輌側面の窓は大型のガラスを使用し明るい室内とすると共に、夏期でも涼感が得られるユニフロー・エアベンチレーションを採用し固定式窓とし、高架走行の場合のい

たずらによる危険防止を考慮した。

運転席は右側前方に配置し、その前方のインストルメントは手動運転に必要な計器類を主に中央より左へ、自動運転に必要なものを主に右へ配置し、各種スイッチ類を格納したスイッチボックスを右へ配置し、運転手が見易くまた操作し易い形とした。

座席配置は床面の三辺に亘り、各座席をアクセスが良い角度だけ傾けて配置し、短い運行間隔に対応出来るよう乗降効率の向上を図った。この他フリーな用途に使用出来る台を乗降口部へ設け、荷物のある客はこれを置くことも出来る配慮をした。

床面はタイヤハウスの室内出張りの少なさと併せ、豪華なカーペットを敷くことにより室内騒音を和らげ機能面でも優れたフロアリングとした。床下、床上とを問わず搭載器は速かに安全に保守点検が出来るように、床面、車体外板等に諸点検蓋を設けた。

ガイドウェイ走行時には、乗客が容易に運転席へ入ることが出来ないように仕切り扉を設け、一般道路走行時と、ガイドウェイ走行時の車室構成を異にした。仕切り扉は片開き折戸構造とし、一般道路走行時には、運転の支障を生じないように格納する構造とする一方、本扉設定による運転者の後方視界が多少とも低下しないよう、必要な場合後方が確認出来る窓を運転者の直後に設けた。

動力系機器配置で、駆動モータは後輪の後方に配置し、後輪駆動とし、トランスファーを経て推進軸、センターブレーキ、減速機と動力系は直結に結がっている。

電気機器で、車載通信装置、無人制御装置、パワーコントロールユニット、充電器等湿気、埃等に弱いものは、それぞれ運転席後方及び車幅後部床上配置とし隔壁等を設けて保護した。

主蓄電池は重量が1 tonを超え、重量配分に最も影響するので、車軸間後よりに、32個の蓄電池を1ブロックにまとめ4ケ所のロック機構でフレームに固定し、バッテリー交換が容易に出来るように着脱式とした。

油圧機器等は床下に重量配分や点検保守性などを考え最適位置を選んだ。

強電部品については、集電装置の位置やモーター位置等の関係から車幅後部とし、主断路器は車幅後方から操作可能になるようにした。

アンテナはノイズを考え、前輪の前方に音声用、後方に制御用を配置し、通過検知の反射板は車幅右側面の車体外板に直付けとした。

2.3.2　０２２号車

車幅は全長8m前後、乗員は４０名程度で、ゆったりと乗車可能という設計方針により、車幅の大きさは、全長7,835 mmとし、全幅は現用の大型バスと同程度の2,465 mmとし、全高は現用バスの室内高さがガイドウェイ用扉開口高さ確保の関係から、3,020 mmとした。

軸距は最小回転半径及び重量配分から3,600 mmとした。

アプローチアングル、デパーチャアングルは、格納した誘導装置部となり、それぞれ

10°−30′ 及び9° とした。

ランプアングルは14° で中央部はバッテリケースの下端となっている。

最低地上高はリヤースプリングの下に配置したボディアースで160 mm となっている。

床面高さは、床面下機器配置の関係からガイドウェイ用扉附近で定員乗車時815 mm とした。

乗降口には、一般道路ではワンマン仕様で運転可能な様に後乗り前乗りの折戸形式とし、それぞれ車両左側面の前輪前方及び後輪の後方に設けた。

ガイドウェイ上では車幅左側両の軸距間の後寄りに引戸式の専用幅扉を設けた。

非常口は現用バスと同じ様に車後面中央部に外開き扉を設けた。車幅の貨通用ドアは、ガイドウェイ上での非常の場合の避難口として、車幅前方で運転席横に、くぐって脱出できる程度の扉を設けた。車幅の前面ガラスより下側に設けたため運転手の視界妨害とはならない。

非常口と避難口はレイアウト上の検討にとどめ模擬とした。

車幅のフレームは、コの字形断面でフレームにシャシ組付後、これに車体を架装し易い様にした。

車幅側面の窓は大型のガラスを使用し、内部及び外部からの見通しをよくし、走行中車輛の走行妨害やガイドウェイ外部に危害を加える様な物品が車室内より投棄できない様に固定式窓とした。このため換気は天井部分に空気吸入口及び強制換気扇をつけた。

運転席は右側前方に配置し、手動運転上必要な計器類、警告灯、指示灯、前後切換スイッチ等を前方の計器板に配置し、扉開閉スイッチ、誘導装置拡張格納スイッチ、照明スイッチ等は右側のスイッチ板に配置し運転手が操作し易い様にした。

座席配置は、前向座席とし右側2列、左側1列にして中央通路を広くとり、乗客の移動がらくな様にした。座席前後ピッチは760 mm とし着座が容易にできる様にした。このため、タイヤハウスの室内出張りの少なさと併せて、ゆったりとしたスペースとなった。最後部の座席は、クッションを取外し可能にし、その下に配置した車載機器の点検が容易にできる様にした。

ガイドウェイ無人走行時には乗客が運転席にいたずらできない様に、運転席横に間仕切りの扉を設けた。間仕切扉は片開きとしたが、一般道路走行時、開放していても運転妨害とならない範囲に納めた。間仕切には透明なガラスを入れ前方の視界が得られる様にした。

車載機器の配置で、駆動モータは後輪の後方に配置して後輪駆動とし、初段減速機を経て推進軸、センタブレーキ、終減速機と動力系は直結につながっている。動力用バッテリーは重量が重く重量配分に最も影響するので車軸間後寄りにケースに1ブロックにまとめ、4点ボルトでフレーム固定し、バッテリー交換が容易にできる様にした。

このバッテリーは低床の台車を用いれば、車輌の右側に引き出すことができる。

電気機器で、車載通信装置、車上制御装置、駆動制御装置、バッテリーチャージャー等、水気や埃等に弱いものはそれぞれ運転席後方及び車輌後部の室内に配置し、隔壁等を設けて保護した。

その他の機器はできるだけ床下に配置したが、誘導装置の伸張格納スペースや、乗降口のため、空圧装置等分散できるものは分けて配置した。高圧空気の入っている機器はできるだけ車輌後寄りにまとめ主遮断器は車輌の後方の外から操作できる様にした。

アンテナは前輪の前方に制御用、後方に音声用と配置し、通過検知の反射板は車輌前方右側面の外板に貼付けた。

2.4　誘導分岐装置

誘導装置の形式は０２１号車、０２２号車とも誘導装置連動形式を採用している。すなわち、車輌がガイドウェイ上を走行する時、目標コースからはずれるとそれに対応して誘導輪が車輌に対して相対変位を生じその変位を前輪操舵系に伝えて前輪を操舵して車輌を誘導する形式である。

本形式では、誘導装置にかかる荷重は、通常、前輪を操舵するのに要する力だけでよいので、誘導装置の小形化軽量化がはかれる。

連動式誘導装置の基本作動は、誘導装置の伸張格納およびその保持と前輪操舵系との連結解除である。伸張格納の保持機構は、誘導装置がガイドウェイ上で、いかなる外力が作用しても伸張状態を保ち、車輌を安全確実に誘導し、一般道路上ではいかなる外力が作用しても格納状態を保ち、歩行者や他の車輌に危害を加えないようにするためのものである。

実験車の誘導装置は以上のべた機能を全てリンクで機械的に構成すると共に、これらを適切に配置することにより単純化が図られている。

次に分岐装置は、車上選択方式でその作動は以下のようになっている。

誘導輪に隣接してガイドアームに装着された左右の分岐輪は、タイロッドで結合されており、一方が垂下の状態の時は他方が水平の状態になるようインターロックがとられている。このタイロッドを分岐部に入る前に分岐用アクチュエータを作動させて切り換え、分岐を希望する方向に相当する側の分岐輪を垂下させ分岐壁と係合させて分岐を行なう。

分岐部を走行中は、分岐輪に誘導輪の役目を行わせるので、分岐に伴う車輌の走行運動は前述の誘導原理と同じである。

以下に、０２１号車、０２２号車のそれぞれの誘導装置について詳細を述べる。

2.4.1　０２１号車

1)　構　成

図Ⅱ2.4－１においてアクスルビーム①にガイダンスアームアウター　②とガイダンスアームインナー　③が水平方向に揺動自在に結合されている。上記ガイダンスアームの先端には、ガイダンスビーム　④がピンで結合され、車輌中心に対し左右対称

の平行リンクを形成している。ガイダンスビームの先端には誘導輪⑤と分岐輪⑥が装着されている。左右のガイダンスビームはセンタービーム⑦で連結されている。ガイダンスアームの他端はステアリングナックルアーム⑧と連結されており、ガイダンスアームの動きと相対運動をなす。伸張・格納用アクチュエータ⑨はガイダンスアームインナー③に装着され、分岐用アクチュエータ⑩はガイダンスビームに装着され、伸張または格納状態をロックまたはアンロックするためのアクチュエータ⑪は、センタービーム各々1つづつ装着されている。左右の分岐輪は分岐用タイロッド、⑫⑬で連結され、左右同時に分岐しないように構成されている。ロック装置⑭はセンタービームに装着されている。

2) 作　動

(1) 伸張、格納動作

格納状態から伸張する場合は、まず信号によりアンロック用のアクチュエータ⑪に油圧がかかりロックが解除される。次にメインアクチュエータ⑨に伸び側の油圧がかかり最伸張位置でロック装置によりロックされる。

伸張状態から格納する場合は、格納用の信号によりアンロックアクチュエータ⑪に油圧がかかりロックが解除される。次にメインアクチュエータ⑨に縮み側の油圧がかかり格納終了位置でロック装置によりロックされる。

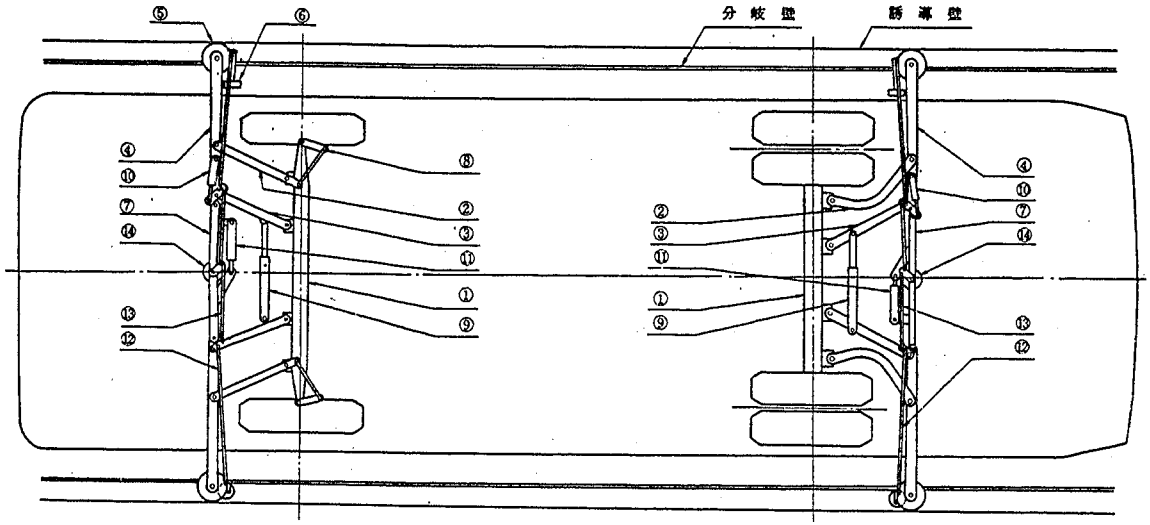
(2) 分岐動作

誘導装置の伸張が完了すると、分岐用のアクチュエータに油圧をかけた方の分岐輪が垂下し、反対側が格納される。左右の分岐輪はリンクで機械的に連結されているため、左右同時に垂下することはない。なお本分岐装置は誘導装置を格納すると左右の分岐輪も適度の地上高を確保した位置に自動的に格納される。

2.4.2　０２２号車

1) 構　成

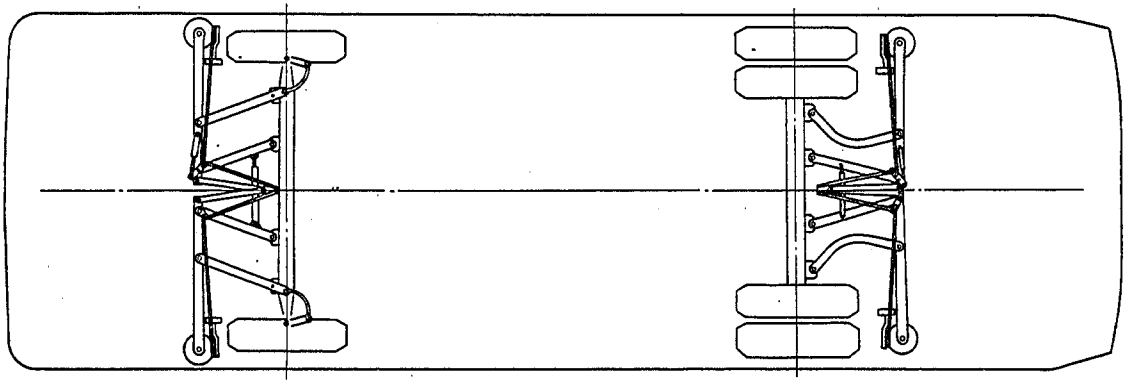
図Ⅱ・2.4.3においてフロントアクルス①にサポートアーム②とセンターアーム③が、水平面内で揺動自在に結合されている。サポートアーム②の先端には、ガイドアーム④の中央部が水平方向に揺動自在にピンにより結合され、ガイドアーム④の他端は、センターアーム③の前後方向に揺動自在に装着されたスライダー⑤に結合されている。誘導輪⑥と分岐輪⑦はガイドアーム④先端に装着されている。センターアーム③はセンターナックル⑧を介してタイロッド⑨そしてナックルアーム⑩に連結されており、誘導輪とタイヤ⑪の動きを連成している。伸張格納アクチュエータ⑫の一端はガイドアーム④もう一端はフロントマクルス①に装着されて水平面内で揺動自在である。分岐アクチュエータ⑬はガイドアーム④に装着されている。伸張格納状態をロックまたはアンロックする為のロック装置⑭は、センターナックル⑧とセンターアームエンド⑮に装着され、そのアクチュエータ⑯はセンターナックル⑧に装着されている。



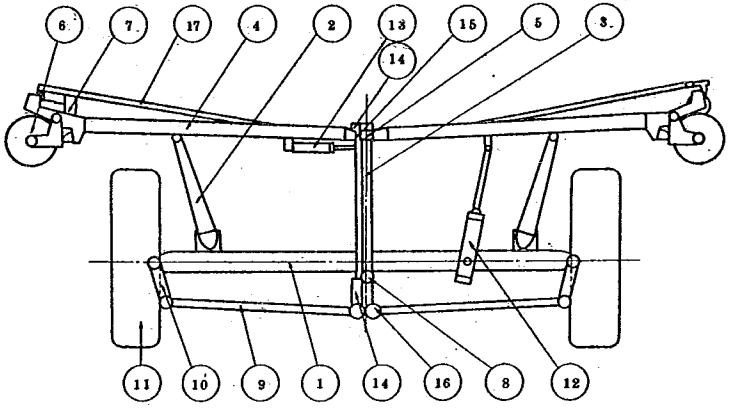
記号の説明

① アクスルビーム
② ガイダンスアーム，アウター
③ ガイダンスアーム，インナー
④ ガイダンスビーム
⑤ 誘導輪
⑥ 分岐輪
⑦ センタービーム
⑧ ステヤリングナックルアーム（フロントのみ）
⑨ 伸張・格納用アクチュエーター
⑩ 分岐用アクチュエーター
⑪ ロック，アンロック用アクチュエーター
⑫ タイロッド，アウター
⑬ タイロッド，インナー
⑭ ロック装置

図Ⅱ-2.4-1	誘導装置	伸張状態（021号車）



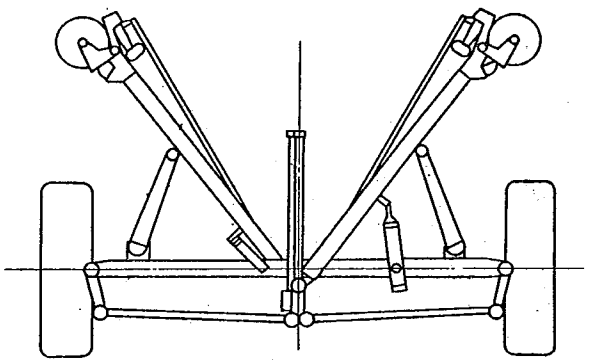
図Ⅱ 2.4－2	誘 導 装 置	格納状態（021号車）



記号の説明

伸 張 時

① フロントアクスル	⑥ 誘 導 輪	⑪ タ イ ヤ	⑯ ロック解アクチュエーター
② サポートアーム	⑦ 分 岐 輪	⑫ 伸張格納アクチュエーター	⑰ 分岐輪タイロッド
③ センターアーム	⑧ センターナックル	⑬ 分岐アクチュエーター	
④ ガイドアーム	⑨ タイロッド	⑭ ロック装置	
⑤ スライダー	⑩ ナックルアーム	⑮ センターアームエンド	



格 納 時

図Ⅱ 2 4 － 3	誘 導 装 置	構成と作動（022号車）

341

左右の分岐輪⑦は分岐輪タイロッド⑰で連結され、機械的インタロックがとれるよう構成されている。

2) 作　動

(1) 伸張格納動作

伸張状態から格納する場合は、ロック解アクチュエータ⑯に伸び側の空圧がかかりロックが解除される。次に伸張格納アクチュエータ⑫に縮み側の空圧がかけられて、スライダ⑤がセンターアーム上を移動し、誘導装置は車幅外側より内側に収められて格納は完了する。格納完了後ロック解アクチュエータ⑯の空圧解除を行うとスプリングによりロックレバーが作動するので格納後の誘導装置を安全、確実に保持している。この状態で、ガイドアーム④の前輪操舵系は連動が解除されてセンターアーム③は自由に動くことができ一般路走行可能状態となる。

格納状態から伸張する場合はロック解アクチュエータ⑯に伸び側の空圧がかかりロックが解除される。次は伸張格納アクチュエータ⑫に伸び側の空圧がかけられて、スライダ⑤がセンターアーム上を移動し、誘導装置は車幅外側に張り出して伸張は完了する。伸張完了後ロック解アクチュエータ⑯の空圧解除を行うと再びスプリングによりロックレバーが作動して伸張後の誘導装置を安全、確実に保持する。この状態でガイドアーム④と前輪操舵系は連動されガイドウェイ走行が可能な状態となる。

2) 分岐動作

誘導輪⑥に隣接してガイドアーム④に装備された左右の分岐輪⑦は、分岐輪タイロッド⑰で連結されていて分岐アクチュエータ⑬を空圧により一方を垂下の状態に、他方を水平状態に作動させる。なお誘導装置を格納すると同時に左右の分岐輪⑦は分岐輪タイロッド⑰により自動的に水平状態に引上げられて適度な地上高を確保する。この時、分岐アクチュエータ⑬は両方向とも空圧が解除され格納作動時の抵抗とはなっていない。

2.5 動力装置

2.5.1 主電動機仕様および出力特性

主電動機の仕様を表Ⅱ2.5－1に示す。この仕様は、車輌総重量10 ton、減速比15のとき、車輌最高速度60Km/h、加速度0.1Gが得られるように定めたものである。

励磁は当初、分巻を考えたが、ほぼ同容量の電動機を用い予備実験を行なった結果、高速回転時にフラッシュオーバーを起こす可能性があることが分かったので、複巻に変更した。直巻および分巻の起磁力分担割合はそれぞれ0.7および0.3とした。

本電動機の外観は図Ⅱ2.11－19、図Ⅱ2.10－9に示すとおりである。本機は車輌床下に吊下げて取付けられるので防滴形とし、別置のブロックにより強制通風で冷却するようにした。

2.5.2 主バッテリー仕様

デュアルモード・バス・システムにおける主バッテリーは一般路走行モードにおける動力源として、一般の電気バスと同様、高性能化、高密度化が要求される。しかしデュアルモードの特質として、ガイドウェイ走行中に充電が出来ることおよび、どちらかというとガイドウェイ上の試験に重点がおかれる本試験車の位置づけを考慮し、バッテリーに関する特別な開発は行なわず、電気自動車用として実績のあるエネルギー密度の高い鉛酸バッテリーペーストタイプ（エネルギ密度38Wh/kg）を採用した。また安全性保守性を考え、漏電検出装置、温度検出装置、一括補水装置、一括着脱方式等を採用した。

2.5.3 集電装置

デュアルモード・バス・システムにおける集電装置は一般の電気車輌に要求される電気的、機械的特性に加えて、次のような機能、特性が必要である。

1. 一般道路走行時には車体内に安全に格納されること。
2. ゴムタイヤ使用の車輌であるため上下左右変動を大きく吸収できること。
3. 分岐部での集電を考慮して少なくとも左右各一対必要である。

これらの要求を満たすために、集電装置は後部誘導装置に（パネF）左右各一対配置した。

機構はもっとも広く使用されている摺動シュー型とし、ヌトレーリングアームリンクにする（ガイドウェイ上での後退がないために可能となった）等軽量化、小型化をはかりつつ、上下左右の変動に対しても安定に集電できるものとした。

主な使用

使用電圧		430V
常用電流		220A
最大電流		450A
押しつけ力		5kg
許容移動量	上下	80mm以上
	左右	50mm以上

表Ⅱ2.5－1　主電動機仕様

	架線給電	バッテリ給電
定格		1時間
極数		4
定格出力	56.5 KW	46.5 KW
定格回転数	3200 rpm	2650 rpm
定格電圧	355 V	290 V
最大トルク		38 kg－m
最大電流		400 A
励磁		複巻補極付
絶縁		F 種
冷却	強制風冷	
外形		390×590
重量		294 Kg
周囲温度		－10～55 ℃
回転方向		両回転

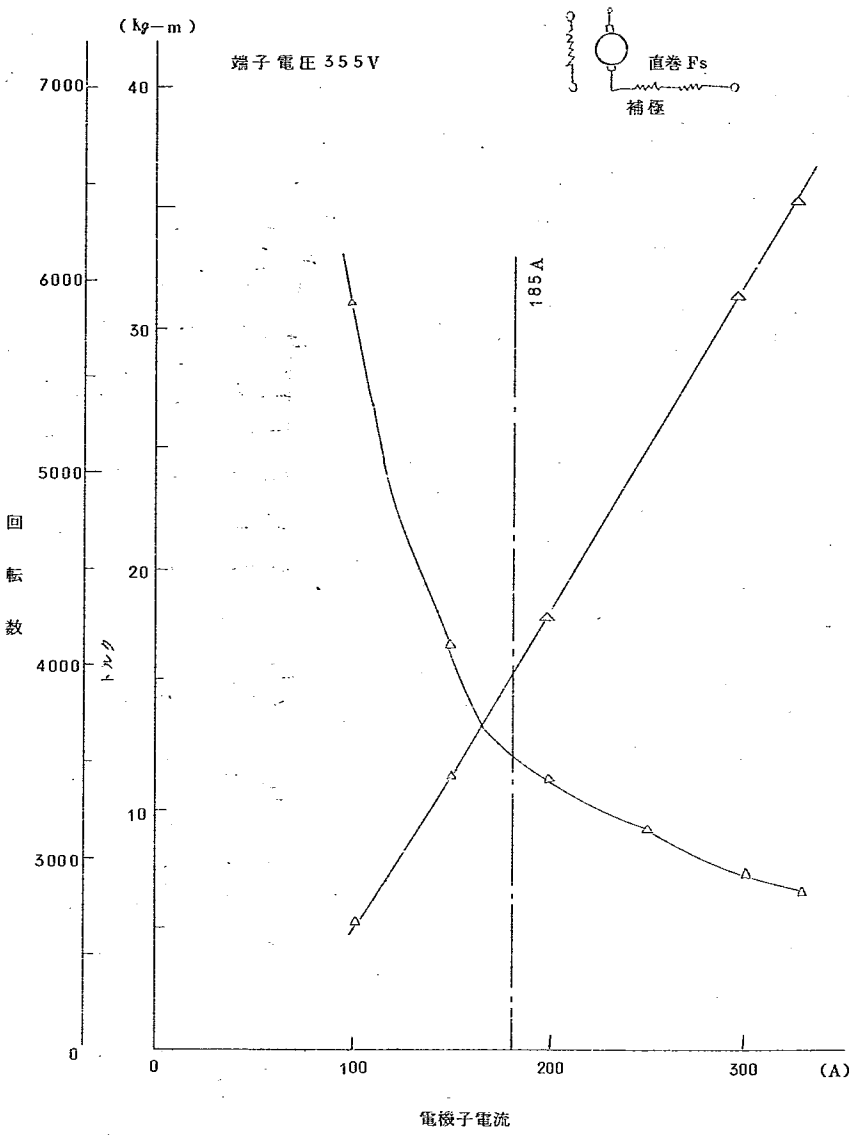


図 II 2.5－1. 主電動機速度特性（端子電圧 355V）

2.6 動力制御装置

動力制御装置（ＰＣＵ）は車上に装備され、一般走行時（普通の電気自動車時）は運転者のアクセル操作により、自動時は地上コンピュータを経て車上制御装置（ＣＣＵ）の信号により、主電動機を制御するパワーコントロールユニットである。

最端末の制御装置で、形状も大きくなる傾向にあり、小形、軽量、高信頼性が特に要求される。また、公害の点から騒音に対しても十分に注意を払って設計製作を行った。

2.6.1 制御装置仕様

形　　式	PCU－1
外　　形	725×645×350（㎜）
重　　量	120㎏
チヨッパ方式	サイリスタ式反発転流方式
制御方式	上下限瞬時値制御方式
	（可変周波数可変パルス幅制御）
自動モード	力行、制動制御
	CCUの指令による指令値比例制御
手動モード	力行制御
	アクセルペタル踏込量比例制御
	制動制御
	エンジンブレーキ相当定電流発電制動制御
電源電圧	DC384V（蓄電池）
	DC430V（架線電源）
定格電流	DC185A
最大平均電流	DC400A（力行時）……30秒定格
	DC200A（発電制動時）
周囲温度	−10～＋55℃
冷却方式	強制風冷
補助電池電圧	DC24V

2.6.2 制御装置機能

1) 制御方式

(1) 力行制御

図Ⅱ2.6－1に力行制御に於けるブロック図を示す。

(i) 手動モード（M、MO、GO、AS　モード時）

アクセルペタルの踏込により、アクセル踏込量検出器に内蔵されたマイクロスイッチ（アクセルペタルスイッチ）が作動し、力行回路が構成される。アクセルペタルの踏込量はアクセルペタルに連結されたワイヤにより可変抵抗器の回転軸

に伝え、電圧に変換される。

アクセル踏込量検出器の出力を、電動機電流設定値とする。又電動機電流は、シャント抵抗（150A 100mV）により、電圧降下で検出し、絶縁増幅器を介して取出し、前述の電動機電流設定値と減算する。次に80Aのヒステリシス巾を有するシュミット回路により、加え合せ点の減算信号をオン・オフのデジタル信号に変換し、電流の上下限一定値制御回路を構成する。オン・オフ信号は微分回路を経てオフ時チョッパーをオンさせる信号としてパルストランスを経てサイリスタゲート入力となり、オン時チョッパーをオフさせる信号としてパルストランスを経て、サイリスタゲート入力となる。従って最小制御電流（平均値）40Aである。

(ii) 自動モード（Aモード時）

図Ⅱ2.6－1の点線表示された車上制御装置（CCU）からの指令値を電流設定値として、電動機電流を制御する。手動時のアクセルペダルスイッチに相当する信号は、車上制御装置（CCU）から別系統により指令され力行回路が構成される。従ってアクセル踏込量検出器は完全に解除される。

自動運転中でもフートブレーキの踏込により車上制御装置（CCU）は電流指令を0とし力行モードから制動モードに切換える。フートブレーキの作用で停止させ万一の安全のために手動介入を許している。

(2) 制動制御

図Ⅱ2.6－2に電気制動（発電制動）制御に於けるブロック図を示す。制動回路は電機子反転方式とし、制動の安定性及び電池過充電を防ぐ事から発電制動方式とした。

(i) 手動モード（M、MO、GO、AS、Cモード時）

アクセル踏込零位置に於いて（ガソリン）エンジンブレーキ相当の制動力を得る値を電流設定値として電動機電流検出器出力と加え合せ、その減算出力をシュミット回路（ヒステリシス量80A）にてディジタル信号に表換し、力行制御と同様の上下限瞬時値制御を行う。制動制御はアクセル踏込零位置及びアクセル踏込中でブレーキ優先機能により、フートブレーキ踏込時にて生じる。

(ii) 自動モード（Aモード時）

図Ⅱ2.6－2の点線表示された車上制御装置（CCU）からの指令値を電流設定値として、電動機電流を制御する。

(3) 安全制御

人員の安全及び機器の破損防止をはかる為下記の要項を実施している。

(i) 始動時の飛出防止

(ii) フートブレーキの優先

(iii) 異常過電流の防止

( ) 主電源の端子電圧の監視

(v) 電動機の過温度上昇の監視

(ii) チョッパーの風量監視

(vii) 補助電池電圧の監視

(viii) 電動機過回転防止

2) 主回路方式

主回路を図Ⅱ 2.10－10に示す。専用路走行時は架線電源から給電されると共に、パンタの離線時等には、車上主バッテリーから給電される。主バッテリーフローティング方式を採用した。これは架線のインダクタンスにより、動力制御装置印加電圧が異状上昇したり、パンタ離線によるチョッパ転流ミス等のへい害が生じる為、動力制御装置内にフィルタを必要とし、またこのフィルタの形状が大きく、重量も過大となるので、主バッテリにこのフィルタ機能を持たせた。

2.6.3 制御装置構成

制御装置は下記のごとく分離されて構成されている。以下各ケース別に説明する。機器間配線図を図Ⅱ 2.10－11 に示す。

1) 制御装置本体

(i) サイリスタチョッパ部

平形素子を使用し、転流リアクトル、転流コンデンサにより構成され強制風冷する方式とした。

(ii) 主電源コンタクタ、力行制動切換コンタクタ、電機子切換用コンタクタ等のコンタクタ部

(iii) 予備励磁回路部

制動時発電機として駆動用モータを使用するが、この場合発電機として電圧を確立する。残留磁気は回転が低い場合（車速が低い時）十分でない為分巻界磁巻線を励磁し、電圧を確立させ制動をかける回路である。

(v) 制御回路、リレー補助回路部

安定化電源、ゲート回路等を含む。

2) 平滑リアクトル部

電動機電流リップルを低減する為のものである。冷却は走行風による自然冷却である。

仕様　定格電圧　530V

定格電流　200A（1h）

インダクタンス値　1.7mH

重　量　68kg

3) 制限抵抗器

架線走行時電源のインピーダンスが極端に減少し、チョッパーの転流ミス等が生じた場合過大電流が瞬時に流れ電動機のシャフト等の動力伝達機構に破損が生じる為、架線電源にて走行する場合車速が上昇するまでこの抵抗器を挿入して走行する。

仕様　抵抗値0.27Ω、電力値3 kw

4) 発電抵抗器

電気制動時発電抵抗器に通電し、電流を減少させ、チョッパーをオン・オフし電流を制御する。この場合チョッパーオフ時にこの抵抗器に電流が流入する。従って回転が高くなる程抵抗器に流入する電流が増加する（車速が高い）。車速45 km／h 以上になると発電機電圧が高くなりすぎる為抵抗値に2段切換を行う。

5) アクセル踏込量検出器

アクセルペダルの踏込量を可変抵抗器の抵抗変化量で、また手動モード時の力行制動の回路切換をマイクロスイッチにて行う。

6) 前後進切換スイッチ

前後進切換をこのトグルスイッチにて行い、F側に倒した場合、スイッチ位置を動力制御装置（ＰＣＵ）に伝え電磁子切換コンタクタを前進とし、R側に倒した場合、電磁子切換コンタクタを後進とする。但し力行中の切換及び制動中であっても車速が2 Km／h 以下で電磁子電流が流れている場合は、内蔵されたソレノイドによりスイッチがメカニカルロックされ、切換不能となる機能を持っている。これは不注意による切換を防止し人員の安全を守ると共に機器の破損を防ぐ為である。

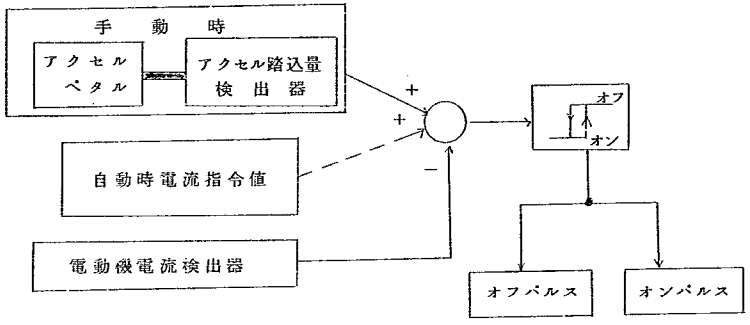
2.6.4 補　機

(1) バッテリチャージャ

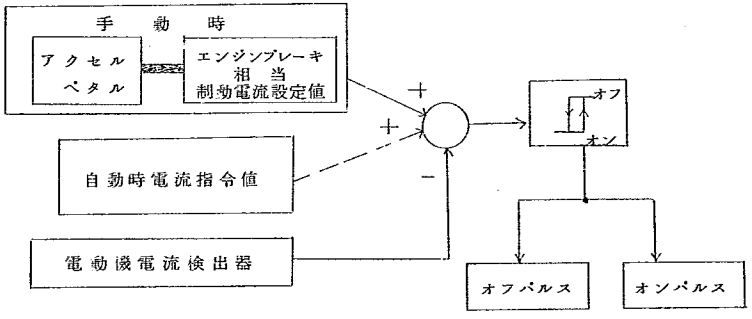
バッテリチャージャは384Vのメインバッテリから補機用および電装用の24Vバテリを充電するものである。電気回路の構成は図Ⅱ2.6－3に示す様に主電源384Vを低圧に降圧する降圧チョッパと、入出力間を絶縁し、降圧するDC-DCコンバータおよび出力電圧を定電圧化し、出力電流をリミットする制御回路からなる。

仕様を以下に示す。

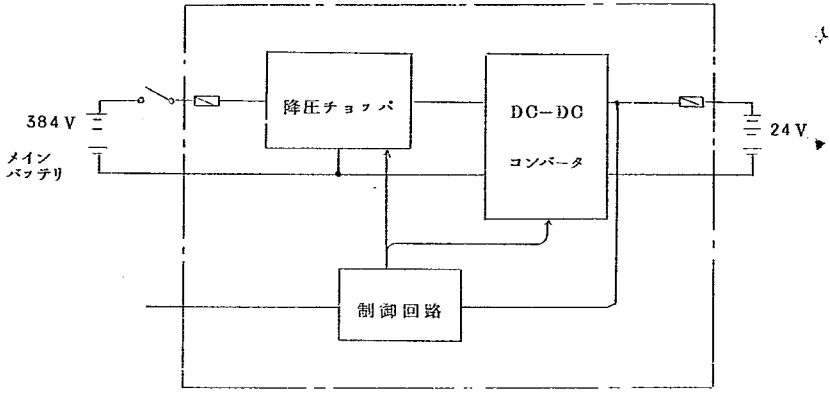
構　成	電装用と補機用それぞれ独立した充電器の一体構造
定格入力電圧	DC384V
定格入力電流	8A
方　式	定電圧充電方式（電流リミッタ付）
重　量	約49 kg
冷　却	強制空冷（ファン内蔵）



図Ⅱ2.6－1　力行制御ブロック図



図Ⅱ2.6－2　制動制御ブロック図



図Ⅱ 2.6－3　バッテリチャージャブロック図

351

2.7 制動装置

デュアルモードバスシステムの制動制御装置に要求される内容は、一般道路上は運転手により支障なく制動が行なわれ、ガイドウェイ上はコンピュータ制御による自動制動が行なわれ得ることである。

一般道路上の制動は運転手が行うため、車両重量を考慮すると倍力装置が必要である。

ガイドウェイ上の自動運転においては、確実に作動する制動装置が必要である。加えてシステムをより安全なものにするため、緊急時に絶対確実に作動する緊急制動を併せてそなえる必要がある。これは通常の制動系が故障した場合にも作動させなければならないことにより、緊急制動は通常の制動系と完全に独立した別系であることがのぞまれる。制動装置も機械であることから故障することが考えられるので、故障時には安全側へ、すなわち制動がかかるようにフェイルセーフに設計する必要がある。

制動制御の目標性能としては、まず一般道路上は普通のバスと同じであるから、保安基準に設定してある性能を満足させることが必要である。すなわち、制動初速度35Km／hからの停止距離が14m以下である。

次にガイドウェイ上の自動運転時における制動性能の目標値を下記のように設定した。

1) 通常制動（定位置停止制動）

減速度 0.2 G

2) 緊急制動

減速度 0.2 G

なお緊急制動系は二重系とする。

通常制動を使用しての定位置停止はトータルシステムで考えて±0.5mを目標としている。

2.7.1 021号車

1) 制動制御システムの概要

制動制御システムは、①一般路における従来のバスと同様の機能を持つフートブレーキ、及びパーキングブレーキと②専用路における通常制動、及び緊急制動機能を持つブレーキによって構成されている。

021号車においては、一般路におけるマニュアルブレーキ系は従来車並とし、倍力装置はエアマスターを用いセフティシリンダーによりフロントとリヤーを分離した安全構造としている。自動ブレーキ系の通常制動は、特に定位置停止精度向上のために制動力の安定性が良いディスクブレーキとし、センターブレーキ方式を採用した。又緊急制動は、安全性を重視した4輪ドラムブレーキとしアクチュエータはスプリングブレーキ方式を採用した。

2) 一般路用の制動装置

(i) 一般路用の制動装置はDMB特有のものではないのですでに実用化されているも

のを流用した。

(ii) フートブレーキ系は、シングルマスターシリンダーで発生した液圧をエアマスターにより倍力しセフティシリンダーによりフロントとリヤーを完全に分離してそれぞれのホイールシリンダーに加圧し、制動力を発生させている。

(iii) パーキングブレーキは、センターディスクブレーキにパーキング機構を内蔵させたものを使用し、自動ブレーキ系の通常制動との兼用を図った。

2) 専用路用の制動装置

(1) 通常制動系

(i) 自動ブレーキ系の通常制動は、制動力の安定性を重視しディスクブレーキとし、パーキングブレーキを内蔵したセンターディスクブレーキ方式を採用した。

(ii) ブレーキ液圧を発生させるアクチュエータは、油圧シリンダーによりマスターシリンダーを押す方式とし、油圧調整弁によりシリンダー圧を変えブレーキ液圧を任意に設定できる様にし、通常制動系の減速度特性を仕様範囲内で乗りごこちと停止距離との兼合でマッチングがとれる様にした。

(iii) 一般路走行時にソレノイドバルブをOFFにしても、アクチュエータに油圧が作用しない様に誘導装置の伸張、格納と連動して自動的に作動する。自動 ↔ 手動切換弁により油路を切り換えている。

(iv) マスターシリンダーとセンターディスクブレーキ間には圧力スイッチが設けられ通常制動系の異常チェックを行ない車上制御装置に報告する。

(2) 緊急制動系

(i) 緊急制動は、安全性を重視して一般制動系と同一の4輪制動とし、アクチュエータは、フェイルセーフ機能を持つスプリングブレーキ方式とした。

通常はアクチュエータに油圧が印加されスプリング力が解除されている。緊急制動指令を受けると、油圧シリンダーの油圧がドレンされ、スプリング力がレバーを介して複合マスターシリンダーのプッシュロッドに作用し、ブレーキ液圧を発生させる。複合マスターシリンダーで発生した油圧は、セフティーシリンダーによりフロントとリヤーに完全分離されて、それぞれフロントホイールのシリンダー、リヤーホイールシリンダーに作用して制動力を発生させる。

(ii) 一般路走行時にソレノイドバルブをOFFにしてもブレーキが作用しない様にアクチュエータに油圧を印加するために通常制動系同様、誘導装置の伸張、格納と連動して自動的に作動する。自動 ↔ 手動マニュアル切換弁により油路を切り換えている。

(iii) セフティーシリンダーとフロントホイールシリンダー及びリヤーホイールシリンダーの間には、圧力スイッチが設けられ緊急制動系の異常チェックを行い、車上制御装置に報告する。

2.7.2　　022号車

1) 制動装置システムの概要

制動制御システムは大きく分けると、一般道路制動系とガイドウェイ制動系とに分けられる。

一般道路制動系は、一般道路上において運転手によりブレーキペタルを操作することによってフロントおよびリヤホイール4輪で制動が行われる。

ガイドウェイ制動系は、定位置停止時に用いられる通常制動系と緊急時に用いられる緊急制動系の2つから成立っている。この2つの系は互いに完全に独立した制動系で、通常制動系は、フロントおよびリヤホイールの4輪で制動を行い、緊急制動はセンタブレーキで制動を行う。指令系統、制動油圧を発生させる空圧系および油圧配管系を互いに完全に独立させているので、通常制動系が故障しても緊急制動系は正常に作動するようにしている。

2) 一般道路用制動系

一般道路用制動系は普通の自動車と同様であるが、フロント、リヤ完全独立2系統倍力装置付を採用しており、フロントまたはリヤの油圧回路に油もれが発生しても、完全に独立した残りの回路だけで制動を行えるようにしている。

3) ガイドウェイ用制動系

ガイドウェイ用制動系は、ガイドウェイ上のみ有効で、一般道路上での誤作動を防止する必要がある。この切換はA／M切換レバーを一般道路上ではM位置にし、ガイドウェイ上ではA位置にすることにより空圧回路を切換えて行っている。

ガイドウェイ用制動系の通常制動と一般道路用制動系とは同じホイルブレーキを使用する。これは、一般道路上で使用され、常に状態を運転手によって確認された後自動運転されることに着目し、さらに、通常頻繁に使用する制動には、ホイールブレーキを使用する方が乗心地上有利であろうという考えにもとづいて設計した。通常制動系と、一般道路用制動系の両油圧回路がホイールブレーキと接続されるので、圧力のある方の回路が開く優先回路をもうけ、それぞれの回路を独立させている。

ガイドウェイ用制動系は、エア・オーバー・ハイドロリックで制動を制御している。その系、ソレノイドバルブは、断線、接触不良、電源断等により制動不能におち入らないように、ネガティブな論理で制御している。すなわち、常時はソレノイドに通電された状態であり、制動時には通電を断にするのである。また元の空圧が異常低下した場合に制動不能におち入ることを防止するためと、空圧が変動した場合に制動性能に変化をきたさないようにするために、アクチュエータもネガティブな機構とした。すなわち、アクチュエータをスプリング力によって出力が得られる型式のものとし、そのスプリング力の解除に空圧を使用するのである。

なお、制動時に規定の油圧が発生したかどうかを油圧センサで監視して車両制御装

置にアンサーバックしている。

(1) 通常制動系

通常制動は、制動指令が発せられると、ソレノイドの通電が断となり、バルブが作動してスプリングブレーキ・アクチュエータと接続した空気圧回路が開状態になり、アクチュエータのエアチャンバの空圧が大気圧になってスプリング力が出力し、タンデムマスターシリンダのシリンダを押す推力となって油圧を発生させて行われる。スプリング力は、あらかじめ、0.1G制動に必要な値にセットしてある。スプリング力を一定とすると、タンデムマスターシリンダの採用により、フロントまたはリヤの油圧回路に油もれが発生しても、残りの回路で常に減速度0.1Gを発生させるようにしている。これは、一方の回路にもれがあると、他方の回路の油圧が上昇して0.1Gを発生させる。

(2) 緊急制動系

緊急制動の作動は通常制動と同様である。緊急制動減速度は0.2gが要求されているので、0.2gを発生させるのに必要な値にスプリング力をセットしている。

緊急制動は最後のたのみの綱であるので確実に作動させなければならない。従って回路を二重系にしている。

緊急制動の減速度は常に0.2G以上を確保しなければならないので緊急制動装置は雨水、泥水のかかりにくい場所に配置する必要がある。また緊急制動系は通常制動系から完全に独立したものにしたいということにより、緊急制動はセンタブレーキを作動させて行なうことにした。

2.8 車上制御装置

車上制御装置（以下ＣＣＵと略す）はデュアルモード・バスシステムにおいて、車両に装備されており、専用路上で通信系を介して地上の中央制御装置、車上通信機（ＣＰＵ）と情報の交換を行い、自動運転の制御を行うことを目的としている。車両の手動自動のモード切換えや、モータ電流、力行、制動などの動力制御装置（以下ＰＣＵ）と略す）への指令や車両の誘導分岐装置、制動装置の制御などを行うものである。また車両の保安を保つため各連車両センサーのモニタを行っている。

この様な機能をはたすＣＣＵには次の様な条件が要求されている。

(i) 信頼性、稼動率の向上

(ii) 小型、安価

(iii) 耐環境性（振動、周囲温度など）

(iv) フェイルセーフ

(v) 保守の容易さ、故障時のチェック・復旧の早さ

これらの条件を考慮し、車上制御装置（ＣＣＵ）の構成は3重系マイクロコンピュータ

355

システムと保安系のハードロジック等からなり、制御の大部分はソフトウェアにより行われている。

上記の様に車上制御装置（ＣＣＵ）の機能はほとんどマイクロコンピュータのソフトウェアによりなされているが、マイクロコンピュータを導入したことにより次の特徴が上げられる。

(i) 複雑できめの細かい制御が可能である。

(ii) エレクトロニクスの進歩を背景に小型化、低価格化が可能である。

(iii) ３重系を導入することにより信頼性、稼動率の向上が期待できる。

(iv) 車載の環境に十分耐えうる。（ＩＣ素子の動作、周囲温度－２０～８０℃）

(v) ソフトウェアにより機能がフレキシブルである。

この様な特徴は車上制御装置（ＣＣＵ）に要求されている条件を満足できることを示している。

2.8.1 車上制御装置仕様

(i) 所要電源

定格電圧		DC 24V
定格電流		8A
基準電位		フローティング （ただし補機用バッテリー端子と同電位）

(ii) 外形寸法　　６００×２５０×６４０

(iii) 重　量　　約 ３２kg

2.8.2 ハードウェア構成

1) 機　能

鉄道など従来の交通システムにおいては、車上の制御機器は保安系、通信系、制御系を完全に分離して設置することにより、信頼性と制御の安定性を確保していた。しかしながら、この様に分散すると装置全体が複雑大形化し、デュアルモード・バスの車載用としては不向きである。今回の実験システムにおいては、保安系と制御系に３重系のマイクロコンピュータ（μＣＰ）システムを導入し、信頼性と制御の安定性、稼動率の向上をねらっている。更に保安系で致命故障につながる部分についてはハードロジックを併用し、車輌の保安を確保している。通信系としては車上通信機（ＴＣＵ）を別に設置しており、車上制御装置（ＣＣＵ）では一部の機能を行っている。

３重系マイクロコンピュータ（μＣＰ）部の構成を図Ⅱ2.8－１に示す。

2) 動　作

各種回路の動作説明を列挙すると次の通りである。

(1) 保安警報回路部

車輌のセンサーにより、車両の異常状態を監視し、処理する回路である。センサ

ー入力信号はフィルターを通しノイズを除去し、レベルをシャフトしてCMOS 論理回路に入り、異常時には警報表示、ブレーキ指令などの出力を出す。車載通信装置（ＴＣＵ）からの地上ATOブレーキ指令についてはただちにブレーキソレノイドを動作させるものである。この回路は3重系マイクロコンピュータ（μＣＰ）システムとは併行して動作しており、マイクロコンピュータ（μＣＰ）の動作を一部バックアップしている。致命故障につながる部分はフェイルセーフをとる様考慮している。

(2) パルス入力回路

車速に比例する回転センサーからのパルス信号をタイマーからの一定なサンプリング時間ごとにカウントし、A、B、C各マイクロコンピュータ（μＣＰ）に入力するものである。

(3) デジタル入力回路（１重系）

車輌のセンサー入力を読み込むもので、入力信号をフィルターでノイズを除去し、信号レベルをシフトしてAマイクロコンピュータ（μＣＰ）に入力するものである。

(4) デジタル入力回路（３重系）

車載通信装置（ＴＣＵ）の情報を読み込む部分とモードスイッチおよびブレーキ、分岐輪、ドアなどのセンサー入力を読み込部分からなり、車載通信装置（ＴＣＵ）の入力情報はフォトカプラーを介し、絶縁して入力している。その他の信号は(b)同様フィルターを通し、レベルシフトをして、A、B、C各マイクロコンピュータ（μCP）に入力するものである。

(5) マイクロコンピュータ（μＣＰ）メインフレーム部

A、B、C各マイクロコンピュータ（μＣＰ）は3台とも同じものを使用し、一部Aについて、タイマーおよび1重系デジタル入出力回路のコントロールが追加されている。

マイクロコンピュータ（μＣＰ）メインフレーム部の構成はTLCS−12MOS ＬＳＩ素子によりなされている。

マイクロコンピュータ（μＣＰ）メインフレーム部の仕様を表Ⅱ 2.8 − 1に示す。Aメインフレームにはこれ等の他に水晶発振器と分周回路からなるタイマーが含まれている。

(6) デジタル出力回路（１重系）

運転席操作パネル（以下ＯＰＬと略す）に対する表示、車載通信装置（ＴＣＵ）へのＦ群信号出力等はマイクロコンピュータ（μＣＰ）で行っており、出力信号はレジスタに保持され、トランジスタやパワーＩＣにより増幅されて出力する。

(7) デジタル出力回路（３重系）

ドア、分岐輪、ブレーキ、動力制御信号などは3重系でなされており、A、B、C各マイクロコンピュータ（μＣＰ）の出力信号はタイマー信号に同期したタイミング

でレジスタに出力保持される。

(8) 出力照合回路

照合回路では3系統のデジタル出力を比較照合し、多数決論理をとり、故障または誤情報を入力したマイクロコンピュータ（μCP）の検出を行う。検出結果3台の出力が一致している場合はそのまま出力する。3台中2台が一致し他の1台が不一致の場合はこの出力を切離し、他の2台の出力がラッチされて出力される。この場合はマイクロコンピュータ（μCP）1/3異常の警報を発する。また、3台がバラバラで一致がとれない場合は2/3以上の異常であるので、ただちに非常ブレーキ指令を出し、警報を発する。

(9) 出力駆動回路

3重系出力の照合結果の信号を受けて、操作機器に適する信号レベルに変換して出力する回路である。モータ電流指令についてはデジタル信号をD/A変換しアナログ信号として指令電流に比例する電流源駆動で出力する。他のデジタル信号についてはトランジスタ、パワーICで増幅して出力する。分岐論のソレノイドバルブ信号については右、左でリレーインターロックをとり誤動作のないようにしている。

(10) 車上制御（CCU）表示パネル

車輌の状態および制御の内容を赤色発光ダイオードランプで表示し、車輌の保守点検に使用するものである。

(11) 電源回路部

補機用バッテリDC24Vより制御に必要な定電圧化された±5V、±10V、±24Vの電源と作り出し、供給するものである。電源回路は降圧チョッパとDC−DCコンバータを有するモジュールで、3台のマイクロコンピュータ（μCP）に対しそれぞれ独立した電源モジュールを配して信頼性を上げている。

(12) そ の 他

ソフトウェアのデバッグや実験中のデータ測定に使用できる様に、車上制御装置（CCU）にはオプションとしてコンソールパネルおよびテレタイプライタインターフェイスモジュールを接続使用できる。

コンソールパネルは車上制御装置（CCU）に外付し、マイクロコンピュータ（μCP）のデータ、アドレスの表示、データの入力、プログラムカウンタのセットやリード、プログラムの実行、停止、イニシャライズなどが可能である。

テレタイプライターインターフェイスモジュールは車上制御装置（CCU）に装着し、外置のテレタイプライタ（ASR−33）と接続し、マイクロコンピュータ（μCP）の並列データを変換し、直列データとしてテレタイプライターに入出力する。サービスプログラムによりマンマシンの対話が可能であり、実験データのロギングなどに使用できる。

358

3) マイクロコンピュータ（μCP）の仕様

マイクロコンピュータ（μCP）の仕様を表Ⅱ 2.6－1に示す。

論理素子		P−ch E/DMOS, LSI, CMOS	素子
メモリ	ビット数	12 Bit	コントローラ T3216
	アクセスタイム	1μSec	
	容量	RAM 0.5 kw ROM 6.5 kw	RAM T3151
	アドレス指定	0,1ページ選択＋直接指定	ROM 3181
プロセッサ	演算方式	12Bit 2進 並列 整数	プロセッサ T3153
	命令数	基本17種	
	アドレス方式	直接指定＋インデックス修飾可	
	制御方式	コモンバス非同期方式	
	演算速度	加算 31μSec（アドレス修飾時）	
		乗算 55μSec（ 〃 ）	
	語長	命令語 12Bit または24Bit	
		データ 12Bit	
	割込	8レベル	割込ラッチ T3219
入出力コントローラ	ワード数	32 Word	コントローラ T3218
	アクセスタイム	1μSec	
	制御方式	デバイス指定 入出力指定	
タイマー		50ms 20ms	水晶発振子 CMOS

2.8.3 ソフトウェア

今回車輌で処理しようとするソフトウェアの機能について列挙すると次の通りである。

(i) 地上からディスクリートな速度指令を受取って車輌のコンピュータで加減速パタンを引いてこのパタンに追従させる加減速モードと一定速度指令時には指令速度と車速との差による制御を行う定常モードの処理を行っている。

(ii) 車輌の各種モード別にドア開閉、分岐輪切換誘導輪伸張、格納切換制御を行っている。

(iii) 車輌の状態を監視し異常が発生すれば、異常内容別に異常処理を行っている。

(iv) 地上から各種指令を受取って地上指令のチェック、分岐輪動作のチェック、定位置停止チェック、ドア開チェック走行路で行っている。

これらの制御を行うためにこのソフトウェア全体を設計するに当って次の事項が解決

359

されねばならない。

① 地上指令に対する車上受信の更新インターバルの決定

② 車速制御に必要な車速のサンプリング時間と電流指令の更新時間間隔の決定

③ 各種割込処理と優先度の決定

1) ソフトウェア全体構成

プログラムを動作させるトリガーとしては、自動カスタート、50ms、200ms、異常の3つの割込から成立っている。

自動スタートは車両のキースイッチをONにすると自動的に車上制御装置（CCU）がスタートを開始してイニシャライズを行う。

50ms 毎に地上の指令を更新し地上指令に関する処理をモード毎に行っている。

50msと200msの割込の処理を別にし、50msにはセンサー信号及び車輌異常検出、異常処理といった比較的早く処理すべき仕事を又200msには車速制御、誘導輪伸張、洛納制御モード読込みといった仕事を分担している。

この全体構成図は図Ⅱ 2.8－2、図Ⅱ 2.8－3に示す。

2) モード毎のプログラムの機能

運転台にあるモード切換スイッチにはM、N、$G\bar{o}$、A、C、AS、$M\bar{o}$のポジションがある。

(1) Nモードの機能

誘導輪伸張、洛納制御用に用いる。

(2) $G\bar{o}$モード

ガイドウェイ進入退出に用いる機能である。

(3) Aモード

自動走行制御に用いる機能である。

(4) Cモード

チェック走行路の入場時に限り動作する。

モード切換スイッチをCモードの位置に置くとチェック要求信号が地上に送られてチェックが開始される。

(5) ASモード

ガイドウェイ手動走行時、手動介入を行う機能である。

(6) MOモード

ガイドウェイ手動走行時の機能で保安解放に関するものである。

3) サブプログラムの機能と処理内容

主なサブプログラムの処理について述べる。

(1) モード読込

モード読込が行える条件、モード読込できる状態、できない状態、異常を検出す

る処理がある。

(2) 地上指令入力処理

車上通信機（ＴＣＵ）の入力信号は５Ｃ₂ コードで入力される信号が更新する数100μＳオーダーでは５Ｃ₂ コードエーを検出しないように配慮した。

(3) 地上への車軌出力情報

200μＳ毎に車載通信装置（ＴＣＵ）へ出力する信号に関するものである。

(4) 誘導輪制御

誘導輪制御には誘導輪動作指令と動作完了後のチェックとの両方がある。

(5) 分岐輪制御

地上指令によるものと車上のスイッチによる制御と２通りがある。分岐輪制御は地上指令の場合は特定の場所で指令が出るので車上の制御としては誤動作によるその他の区間で分岐輪が切換らないようにしている。

(6) 機械ブレーキ制御

機械ブレーキには０２、０１ブレーキがあり保安機能として０２と同じＯＡブレーキがあり優先度がありＯＡ、０２、０１の順に低くなりＯＡ中に０２、０１が走っても無視し０２ブレーキは０１ブレーキと併用することはしない。

(7) ドア開閉制御

ドア開閉制御とは地上のドア開閉指令によりドア開閉を行うことである。

(8) イニシャライズ

電源がＯＮされると自動的に車上制御のプログラムの２００番地から開始され５０ｍＳの割込のみ許可状態となってプログラムのデータエリアのイニシャライズを行い、運転台の表示パネル（ＯＰＬ）のランプの球切チェックのため３秒間だけランプを一斉点灯させている。この間は５０ｍｓの割込のみ作動しており一定時間経過するとすべての割込を許可状態とする。

(9) 異常処理

異常処理には車載のハードウェアの異常を直接検出するものと、センサー信号状態をチェックして異常とみなすものと車上制御装置（ＣＣＵ）で異常を監視するものとがある。

(10) 運転台表示パネル（ＯＰＬ）表示内容

運転台には各種表示ランプが付いており、それぞれの内容を表示する。

(11) ディスプレイパネル表示内

車上制御装置（ＣＣＵ）の板面上部に各種表示ランプが付いており各種モードに対する出力信号、センサー信号、異常信号、車載通信装置（ＴＣＵ）入力タイミング等の表示を行っている。

(12) 車速制御

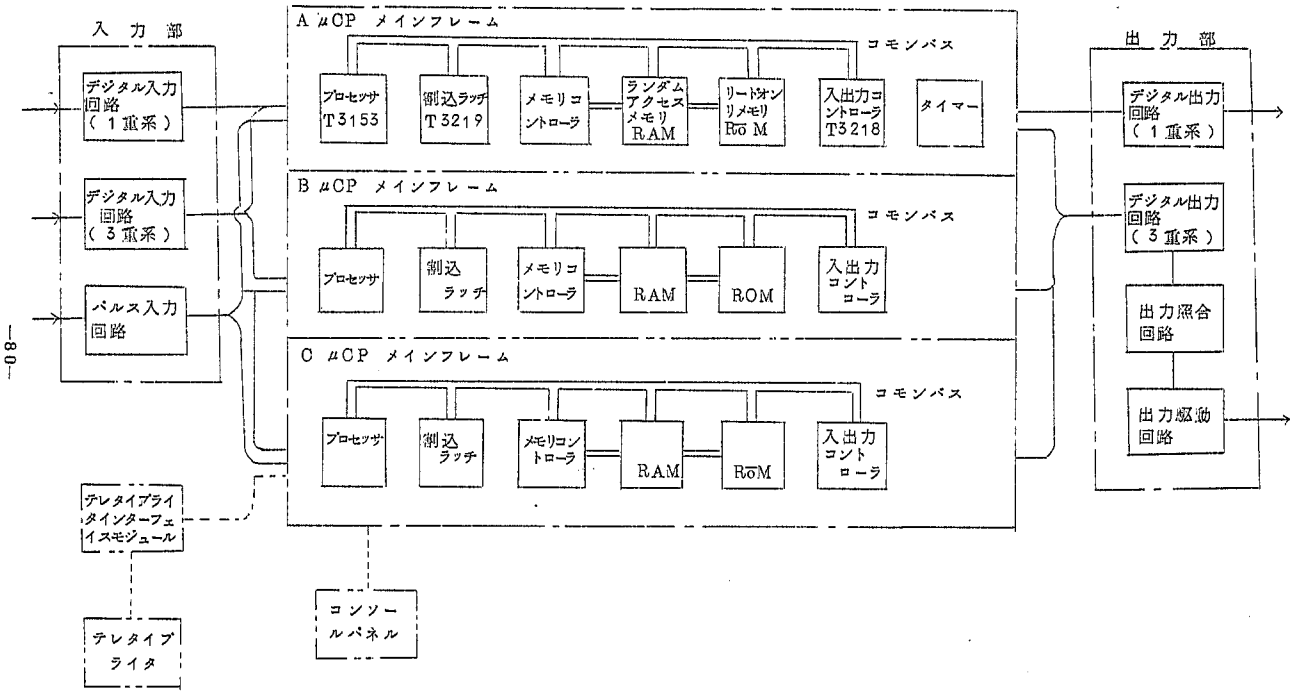
車上制御装置（ＣＣＵ）で行う車速制御は主としてＡ及びＣモードで実行する。この制御は、地上中央処理装置（ＣＰＵ）から路側制御装置（ＷＳＣ）、車載通信装置（ＴＣＵ）へ送信されてきた速度指令（Ａ群信号）を車載通信装置（ＴＣＵ）入力処理ルーチンを経て受け、その指令の変化時処理と指令に従った車速フィードバックコントロールを実行している。以下にその機能を例記する。

(13) 動力制御装置（ＰＣＵ）

車速制御計算で得た牽引力を動力制御装置（ＰＣＵ）への電流指示値に変換し力行、制動、電流ＯＦＦのコンタクタを決定し指令する。

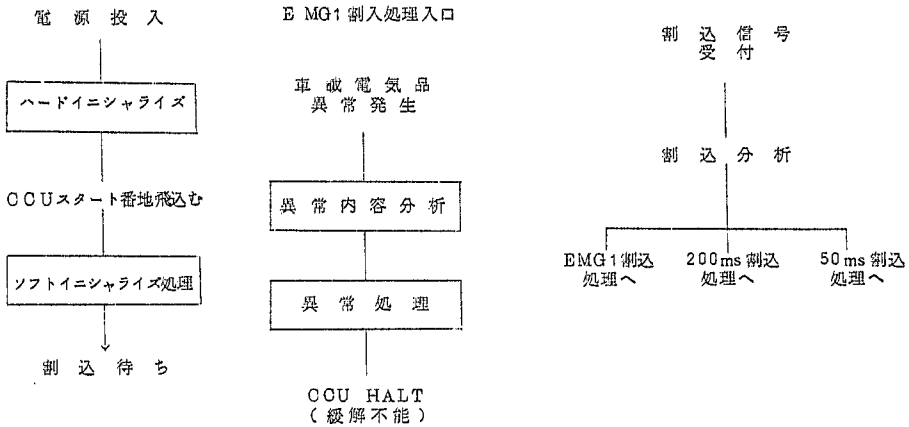
(14) 車上ＡＴＣ

過大速度の監視を行ない速度がオーバした時非常停止処理を行う。また過大速度を事前に回避する処理操作を行う。

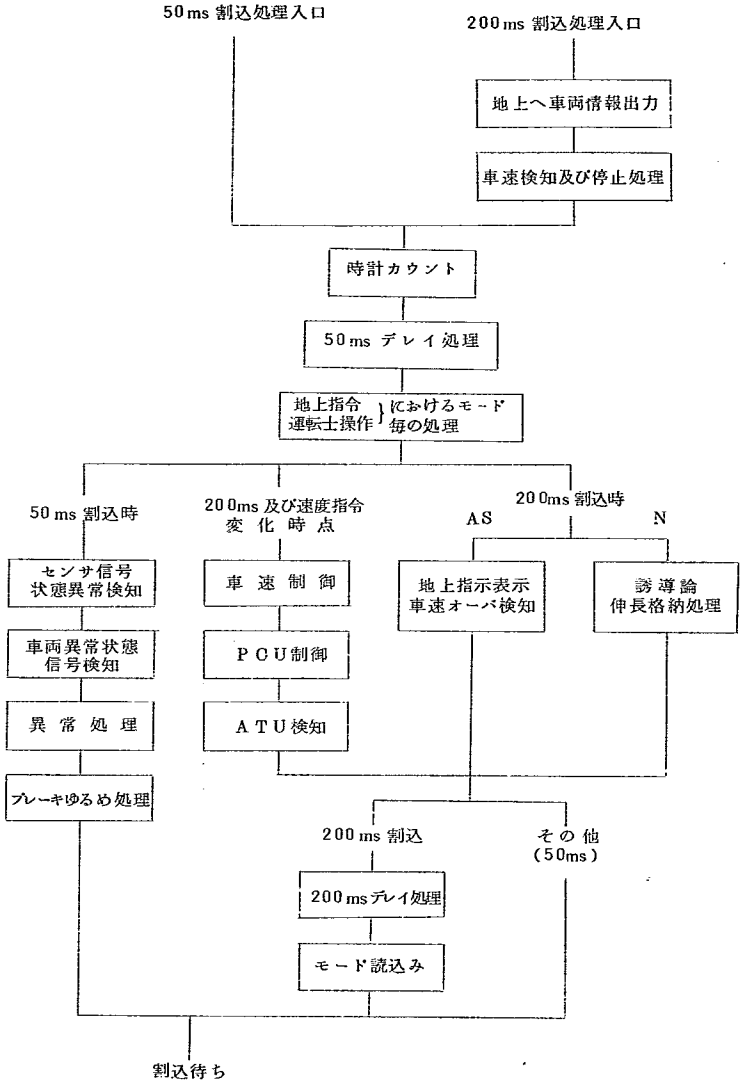


図Ⅱ 2.8－1　CCU３重系μCPシステムの構成

363



図Ⅱ 2.8－2　ソフトウェア全体構成図 (1)



図Ⅱ 2.8－3　ソフトウェア全体構成図 (2)

365

2.9 補機動力装置

2.9.1 021号車

1) 概　要

(1) デュアルモードバスの補機動力は、一般路におけるブレーキ倍力装置、自動ドア、昇降ステップ装置、及び専用路における誘導分岐、自動ブレーキ、自動ドアの駆動に使用される。補機動力源としては、一般に油圧と空圧が考えられるが021号車においては油圧の小型化、迅速性、高信頼性等の特徴などを考えて油圧を主とし、現時点で油圧化が一般的でない部分を空圧とした空油方式を採用した。

(2) 021号車における空油圧の使われ方は図Ⅱ 2.9－1の通りである。

(3) 専用路では架線電源、一般路では車載主電池を電源とし補機モータで油圧ポンプ及びコンプレッサーを駆動し、油圧はアキュムレータに、空圧はメインエアレザータンクに蓄圧する。アキュムレータに蓄圧された油圧は減圧弁により調圧され、それぞれの誘導分岐系、自動ブレーキ系、昇降ステップ系統に供給される。一方、メインエアレザータンクに蓄圧された空圧は、チェックバルブを通ってエアマスター用サブタンク、そしてプレッシャプロテクターバルブを通ってドアエンジン用サブタンクに供給され、それぞれの駆動源として使用される。

2) 機　能

(1) 空圧源制御機能

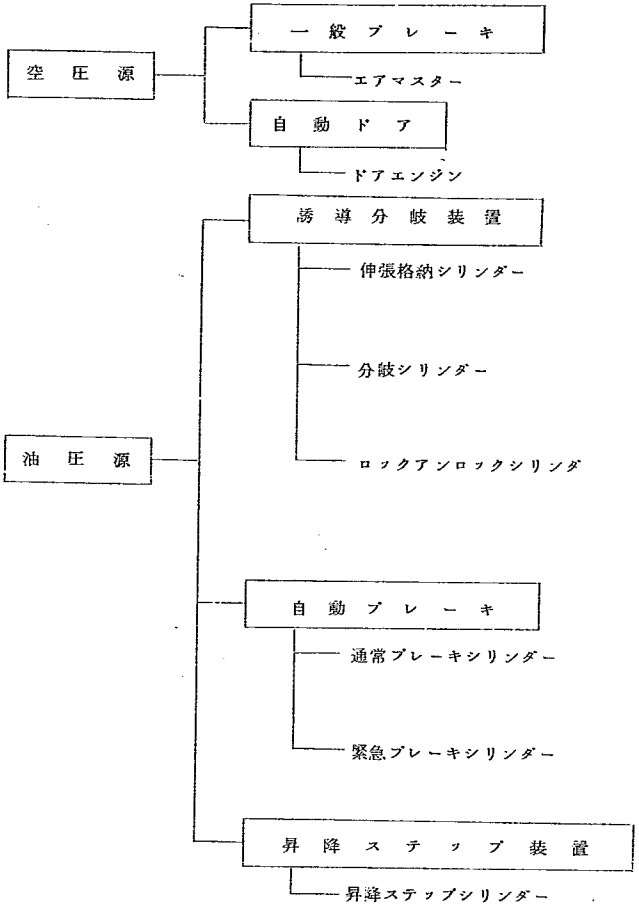
メインエアレザータンクの空圧をガバナーバルブで常時監視し、空圧上限が設定圧以上になると、コンプレッサーのアンローダーバルブに空圧を供給し、コンプレッサーを無負荷運転に切り換える。空圧が下限設定圧以下になると、アンローダバルブがOFFになり負荷運転にもどりメインレザーバ圧を設定圧にコントロールする。

(2) 油圧源制御機能

アキュムレータの油圧を圧力スイッチで常時監視し油圧が上限設定圧以上になると、アンロード用ソレノイドバルブをONし油圧ポンプを無負荷運転に切り換える。ソレノイドバルブがOFFし負荷運転にもどり、アキュムレータ圧を設定圧の間にコントロールする。

(3) 誘導分岐制御機能

アキュムレータの油圧は、減圧弁により調圧されて誘導分岐系に供給される。ソレノイドバルブにより誘導分岐系に供給された油圧を誘導装置の伸張格納、ロックアンロック、分岐装置の左右分岐を行なうシリンダーに印加する。



図Ⅱ 2.9－1　補機動力装置ブロック図（０２１号車）

(4) 自動ブレーキ制御機能

アキュムレータの油圧は減圧弁により調圧され，自動ブレーキ系に供給される。通常ブレーキ系では，２つの減圧弁とソレノイドバルブにより0.1G制動力を発生させる油圧Ｐｏ１と，ゆるめの制動力を発生させる油圧P_{o_2}とを通常ブレーキアクチュエータに供給する。緊急ブレーキ系では，２つのソレノイドバルブにより緊急ブレーキシリンダーの油圧をドレンさせスプリングブレーキを作用させる。

(5) 昇降ステップの制御機能

２つの減圧弁によりアキュムレータの油圧を高低２種の油圧に調圧し，２つのソレノイドバルブによりステップシリンタの上昇下降及び保持油圧への切換を行なう。

(6) 自動ドア制御機能

ドア用サブレザーバの空圧は減圧弁により調圧され，自動ドア系に供給される。ソレノイドバルブにより，空圧をドアの開閉シリンター２本の開き側閉じ側に切り換える。

(7) 保安機能

(i) 起動電流制限機能

補機モータ起動時のラッシュ電流を制限し，適正な起動を行なうために起動後一定時間は電流制限抵抗により補機モータに流れる電流を制限する。

(ii) 起動保障機能

補機モータの起動を容易にするために，起動時に一定時間油圧ポンプを無負荷にし負荷トルクを小さくする。

(iii) 空圧異常低下検出機能

メインエアーレザーバタンクの空圧は通常設定圧の間にコントロールされているが，何ならかの原因で万一空圧が異常低下すると補機装置が正常に作動しなくなるので補機装置が正常に作動する最低空圧を圧力スイッチで検出し，空圧異常低下を車上制御装置に報告する。

(iv) 油圧異常低下検出機能

アキュムレータの油圧は通常設定圧の間にコントロールされているが，何らかの原因で万一空圧が異常低下すると，補機装置が正常に作動しなくなるので補機装置が正常に作動する最低油圧を圧力スイッチで検出し，油圧異常低下を車上制御装置に報告する。尚，本機能は，空圧異常低下検出機能と同一に処理される。

(v) ブレーキ系油圧異常低下検出機能

緊急ブレーキはスプリングブレーキ方式であるので，万一ブレーキ指令が出

てないのにシリンダーの油圧が低下するとブレーキのひきずりを起こし，ブレーキ性能を低下させるので正常に作動する最低油圧を圧力スイッチで検出し，ブレーキ系油圧異常低下を車上制御装置に報告する。

(vi) 分岐確認機能

分岐装置の切換を確実に行なうために圧力センサーで常時シリンダー油圧を監視し，その状態を車上制御装置に報告する。

(vii) 空圧異常上昇防止機能

メインエアレザーバタンクの空圧は通常設定値以下にコントロールされているが，何らかの原因で万一メインエアレザーバの空圧が異常上昇すると危険なので，ある空圧以上に上昇しない様に空気を大気に逃がすフテイバルブを設けて，空圧の異常上昇を防止する。

(viii) 油圧異常上昇防止機能

油圧ポンプの吐出圧は通常アキュムレータの設定圧以下でコントロールされているが，何らかの原因で万一ポンプ吐出圧が異常上昇すると危険なので，ある油圧以上に上昇しない様に油圧をタンクに逃がすリリーフバルブを設けて油圧の異常上昇を防止する。

2.9.2 ０２２号車

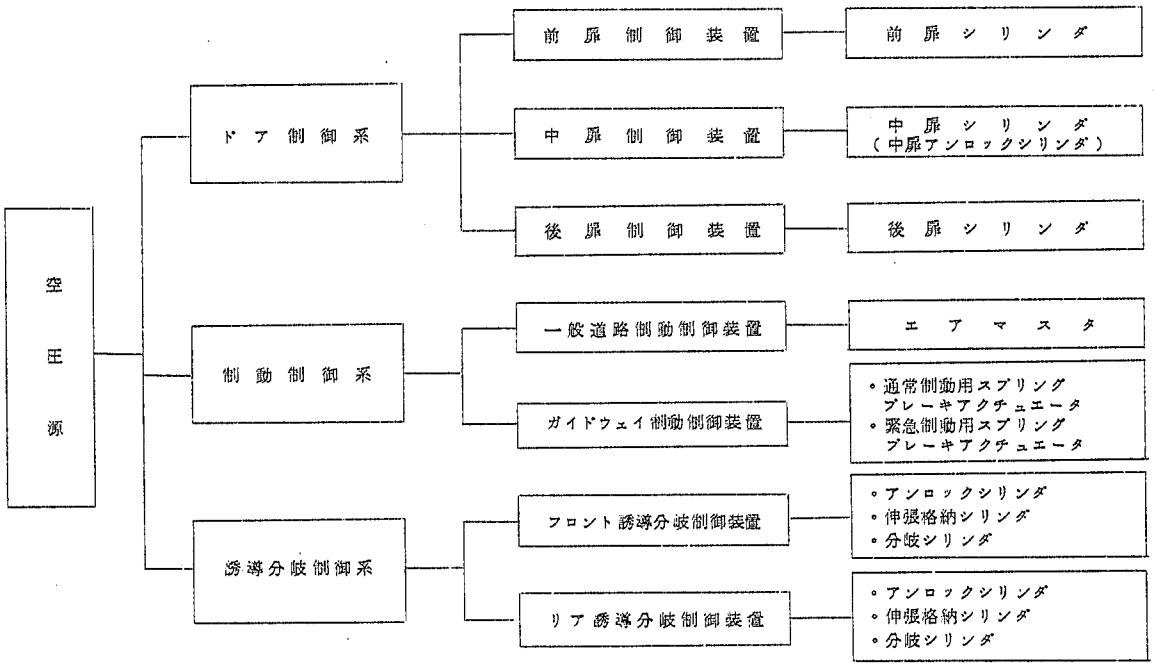
1) 概　要

(1) 補機動力は，ドア装置，制動装置，誘導分岐装置の各機器の駆動に使用される。補機動力源としては，一般に油圧と空圧とが考えられ，それぞれの特性を有するが，０２２号車は空圧を採用した。

(2) ０２２号車の補機動力装置のシステムの概要は，図Ⅱ2.9－2の補機動力装置ブロック図に示す。すなわち，空圧源から空気が，ドア制御系，制動制御系，誘導分岐制御系の３系統に供給される。ドア制御系には一般道路で使用される前扉制御装置，後扉制御装置およびガイドウエイで使用される中扉制御装置があり，それらを経て各シリンダに空気が供給される。制動制御系には，一般道路制動制御装置およびガイドウエイ制動制御装置があり，エアマスタおよび各アクチュエータに空気が供給される。誘導分岐制御系には，フロントおよびリヤの誘導分岐制御装置があり，各シリンダに空気が供給される。

(3) ガイドウェイでは架線電源，一般道路では車載主バッテリを動力源とし，補機モータ（直流分巻モータ）でコンプレッサーを駆動して，メインエアタンクに空気を蓄圧する。メインエアタンクに蓄圧された空圧は，減圧弁により調圧され，３つのサブエアタンクに供給される。

(4) 各サブエアタンクに蓄圧された空圧は，誘導分岐装置，制動装置，ドア装置等の補機駆動源として使用される。



図Ⅱ2.9－2　補機動力装置ブロック図（０２２号車）

370

2) 機　　能

補機動力装置は、各種制御機能及び各種保安機能を有している。

(1) 空圧源制御機能

メインエアタンクの空圧を、空圧センサーで常時監視し、空圧が上限設定圧以上になると補機モータをOFFし、空圧が下限設定圧以下になると補機モータをONしてメインエアタンクの空圧を上限設定圧～下限設定圧の間になるようにコントロールする。

(2) ドア制御機能

ドア制御のサブエアタンクから供給された空気を、空気解放コックを介し、ソレノイドバルブにより、ドア開閉シリンダの開側、閉側に供給およびシリンダ内の空気を排気してドアを開閉制御する。

(3) 制動制御機能

(i) 一般道路においては、運転手の操作するブレーキペタルの踏力を軽減するため、空気倍力装置（エアマスタ）によりパワーアシストする。

(ii) ガイドウエイにおいては、制動制御系のサブエアタンクから供給された空気を、ソレノイドバルブにより遮断し、スプリングブレーキアクチュエータ内の空気を排気して、スプリング力（0.1G減速度相当力および0.2G減速度相当力）で通常制動および緊急制動を行ったり、スプリングブレーキアクチュエタに供給して制動を解除する。

(4) 誘導分岐制御機能

誘導分岐制御系のサブエアタンクより供給された空気を、アンロック用、伸張用、格納用、右分岐用、左分岐用の各ソレノイドバルブにより、アンロック、伸張・格納、分岐の各シリンダに供給および各シリンダ内の空気を排気して、アンロック ⟷ ロック、伸張 ⟷ 格納、有分岐 ⟷ 左分岐を行なう。

(5) 保安機能

(i) 過電圧保護機能

過電圧が補機モータに印加されると整流不良等の不具合が生じるので、電流電圧が一定値以上になると電圧検出リレーが作動し、電圧制限抵抗により補機モータへの印加電圧を制限する。

(ii) 起動電流制限機能

補機モータ起動時のラッシュ電流を制限し、適正な起動を行う為に起動後一定時間は電流制限抵抗により補機モータに流れる電流を制限する。

(iii) 空圧異常低下検出機能

通常はメインエアタンクの空圧は上限設定圧～下限設定圧間に制御されるので誘導分岐装置、制動装置、ドア装置等の補機装置は正常に作動する。しかし、何らかの原因で万一空圧が異常低下すると、補機装置が正常に作動しなくなるので、補機装置が正常に作動する最低空圧を元圧センサーで検出し、空圧異常低下を車

371

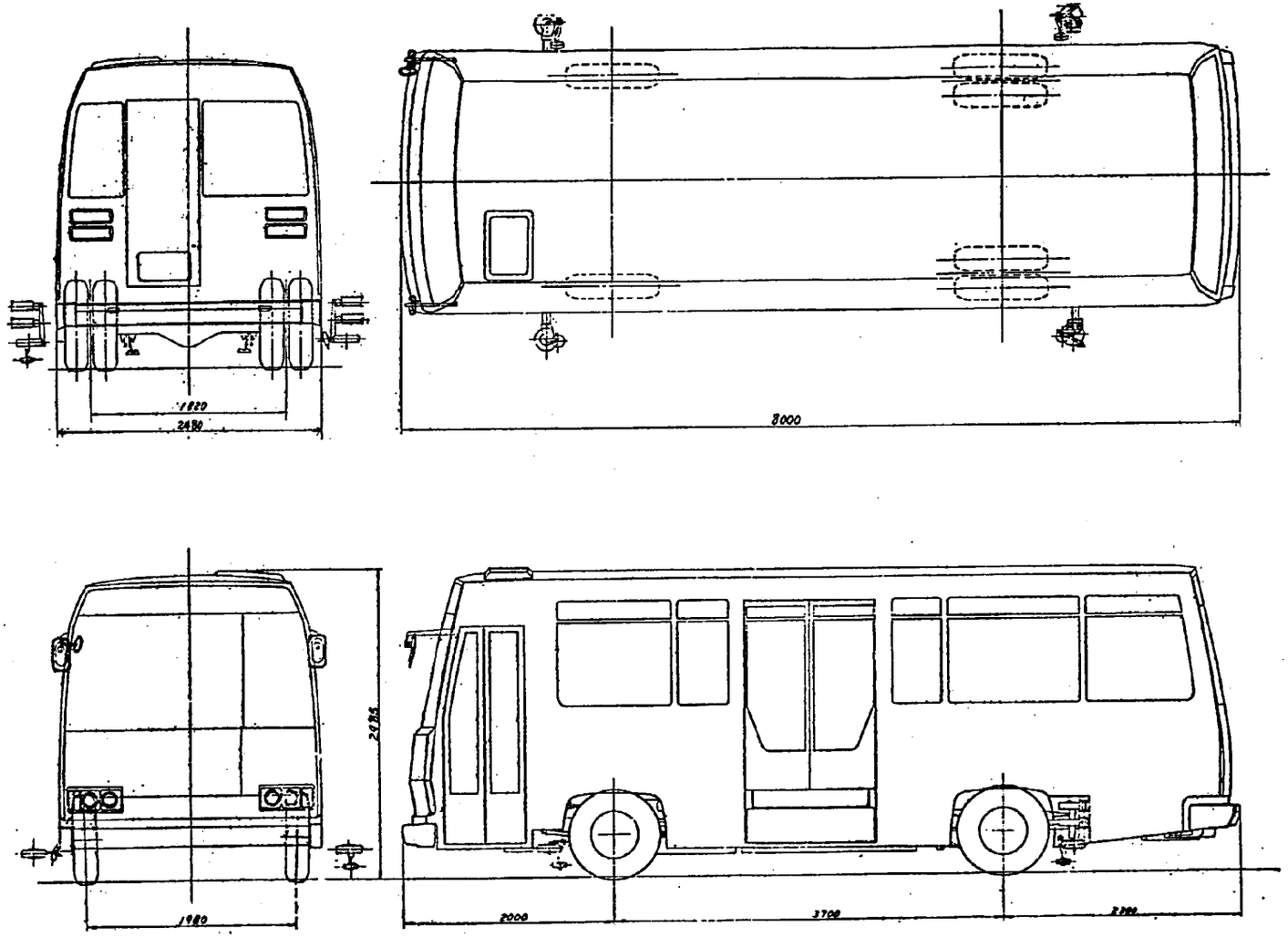
上制御装置（ＣＣＵ）に報告する。

( ) 空圧異常上昇防止機能

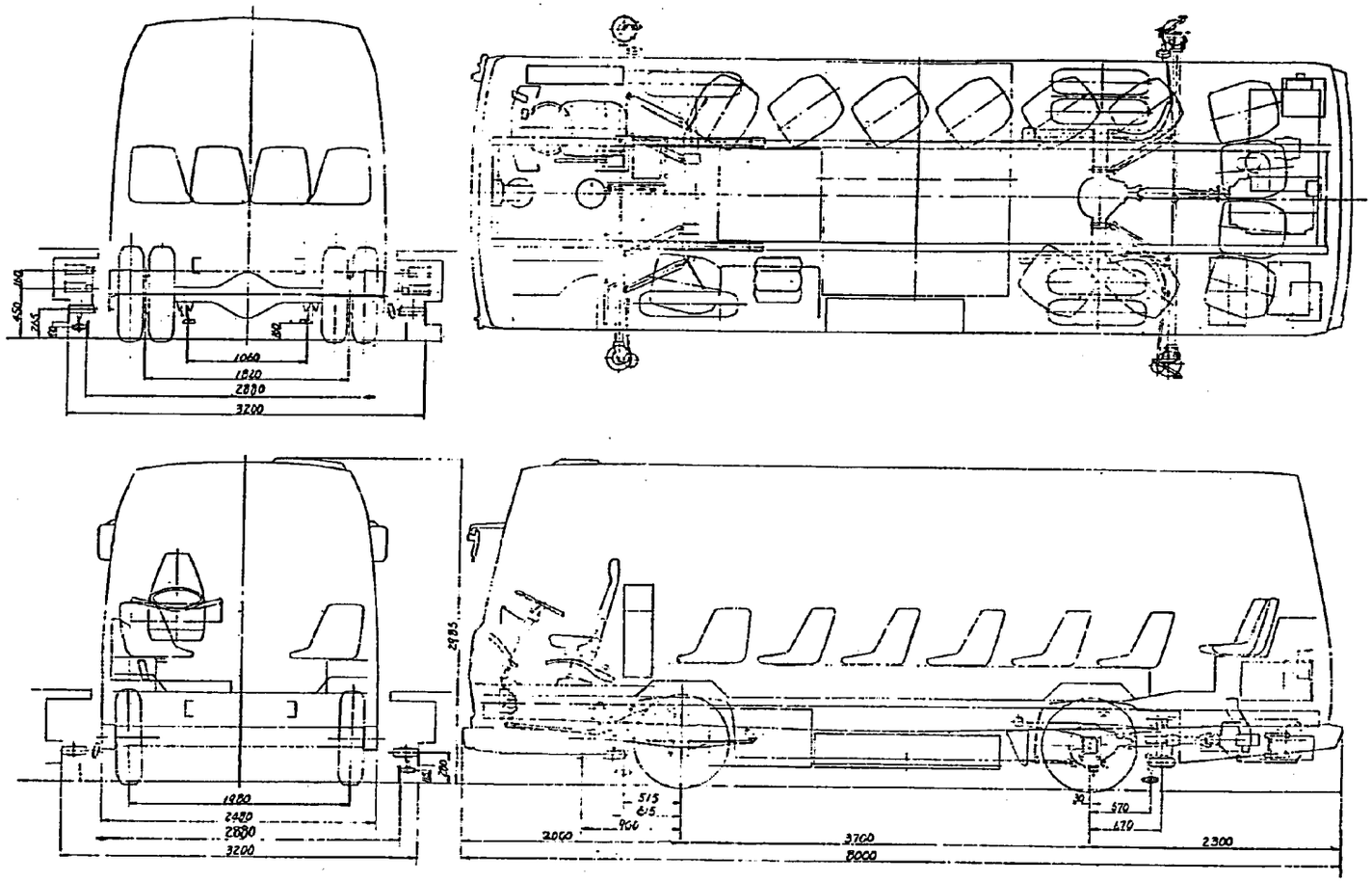
メインエアタンクの空圧は、通常、上限設定圧以下に制御されるが、万一何らかの原因でメインエアタンクの空圧が異常上昇すると危険なので、設定空圧以上に上昇しない様に空気を大気に逃がす安全弁を設けて、空圧の異常上昇を防止している。

(V) 分岐弁作動確認機能

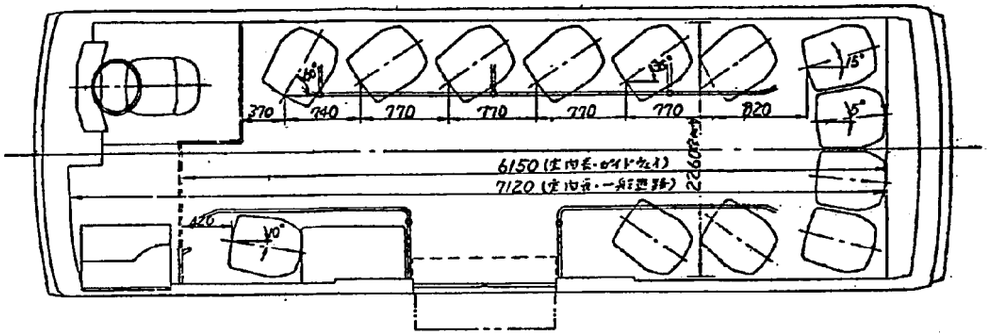
分岐弁の作動、すなわち右　左の切換を確実に行うために圧力スイッチで常時左右作動圧を監視し、その状態を車上制御装置に報告する。

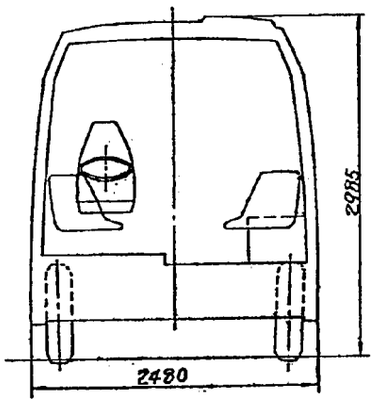


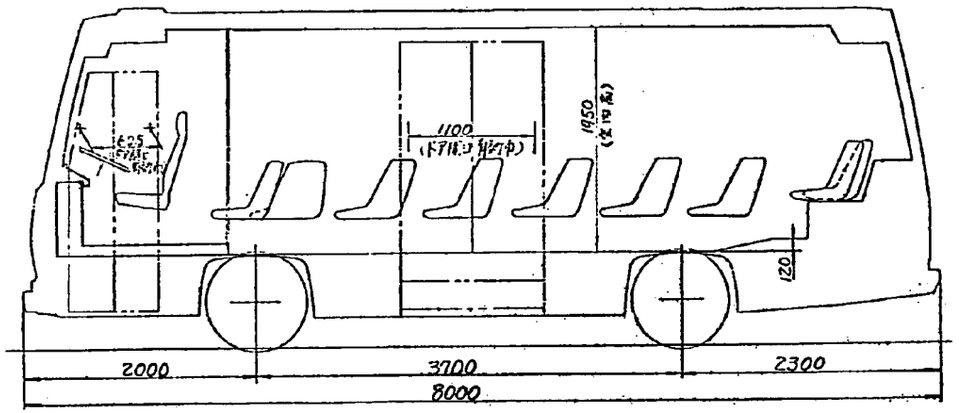
図Ⅱ 2.10－1	車 輌 （021号車）	車輌外形図



図Ⅱ 2.10－2	車　輌　（021号車）	車輌構造概略図

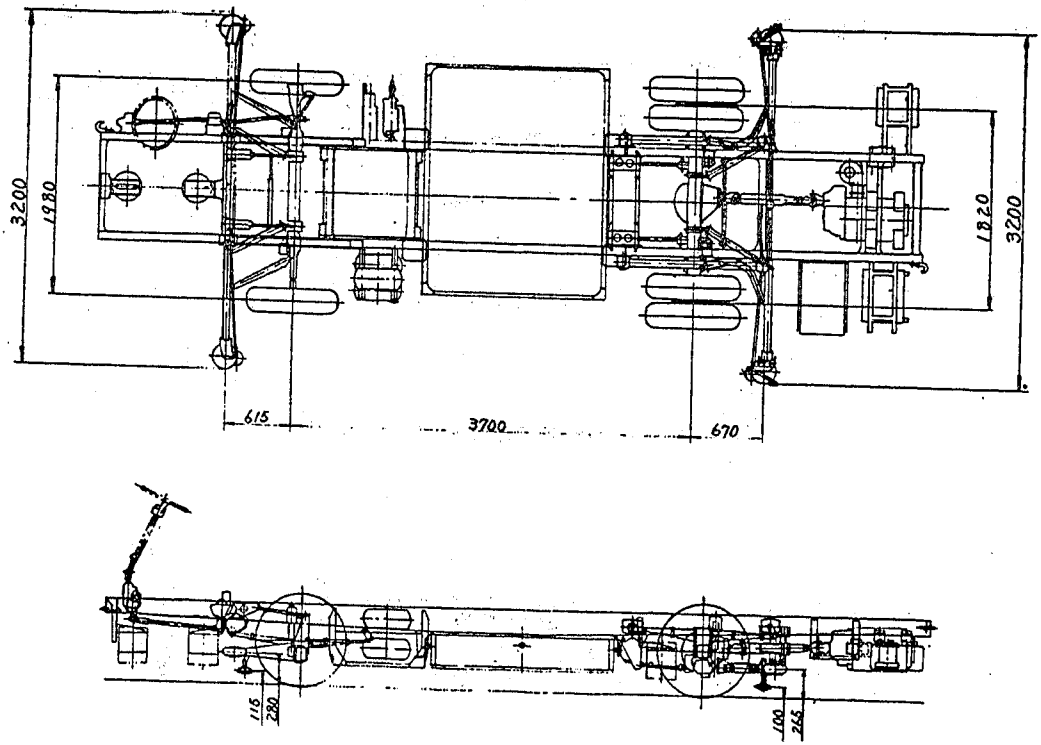




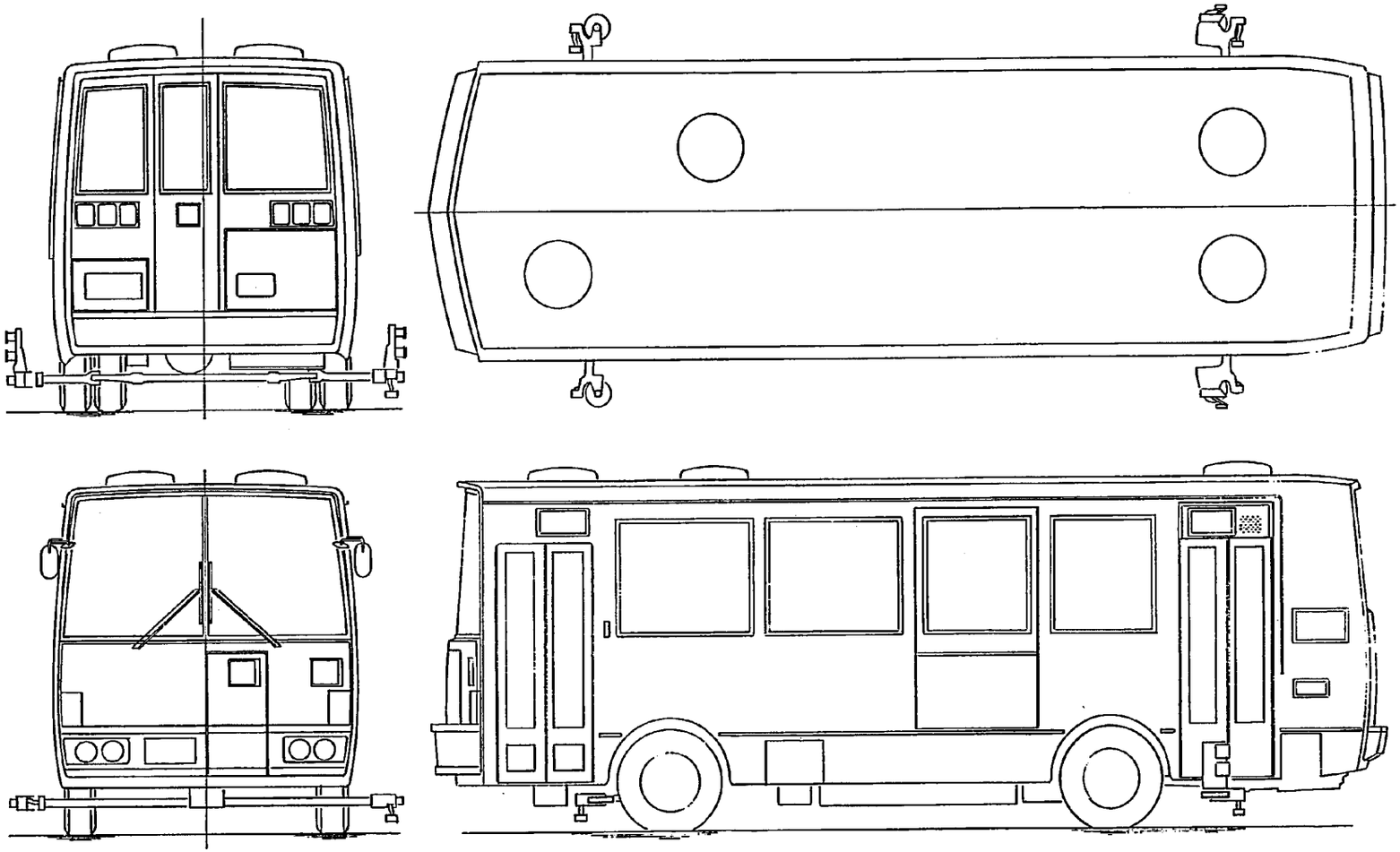


図Ⅱ210－3	車　輌　（021号車）	室内配置図

375

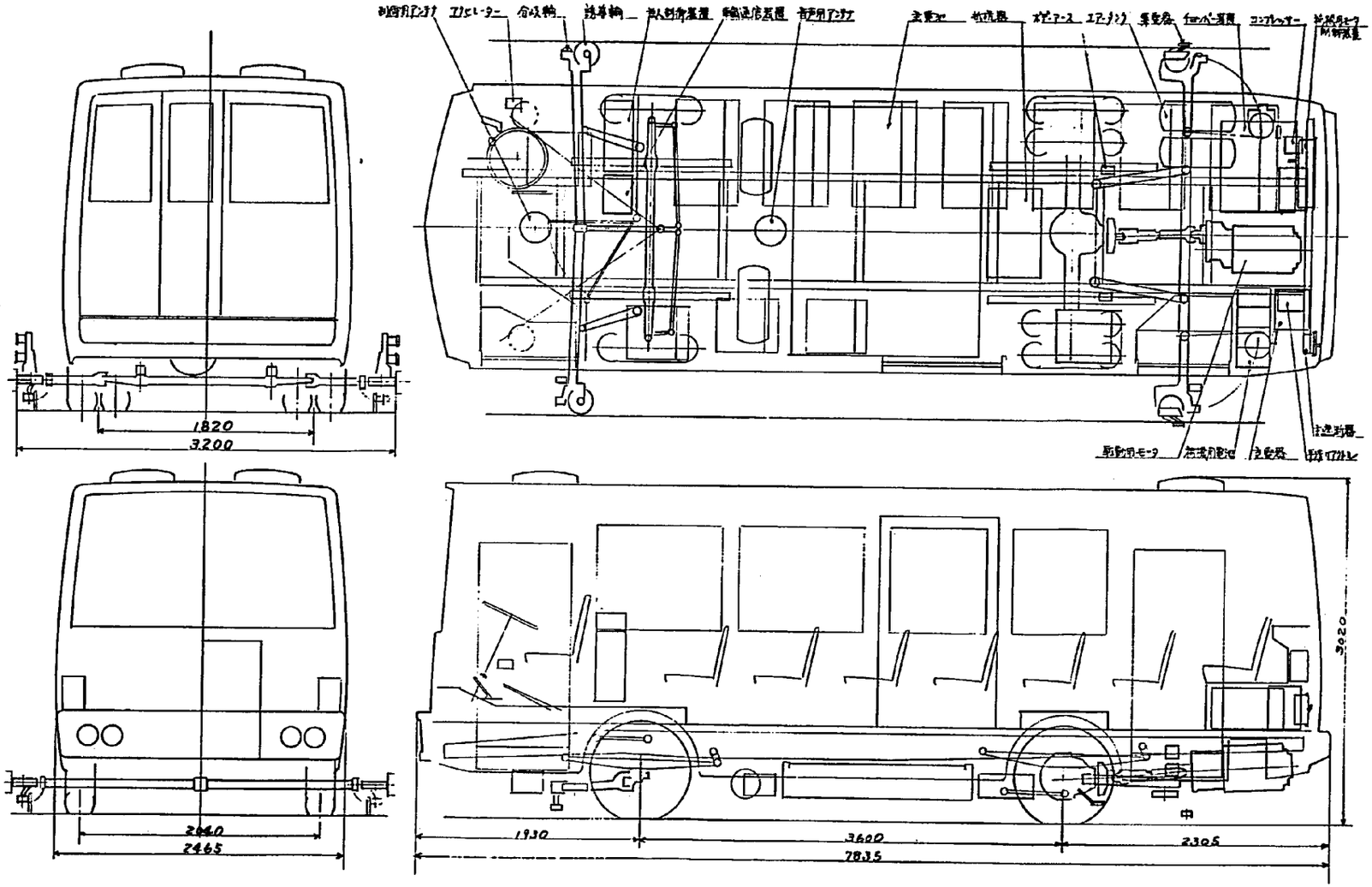


図Ⅱ2.10－4	車　輌　（021号車）	シ　ャ　シ　図



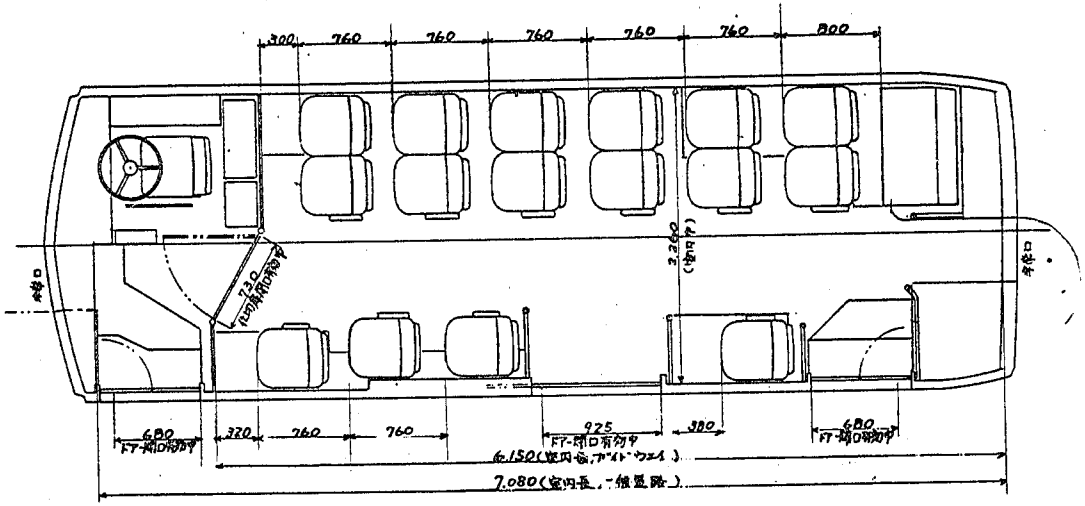
図Ⅱ 210－5	車 輌 （022号車）	車輌外形図

377

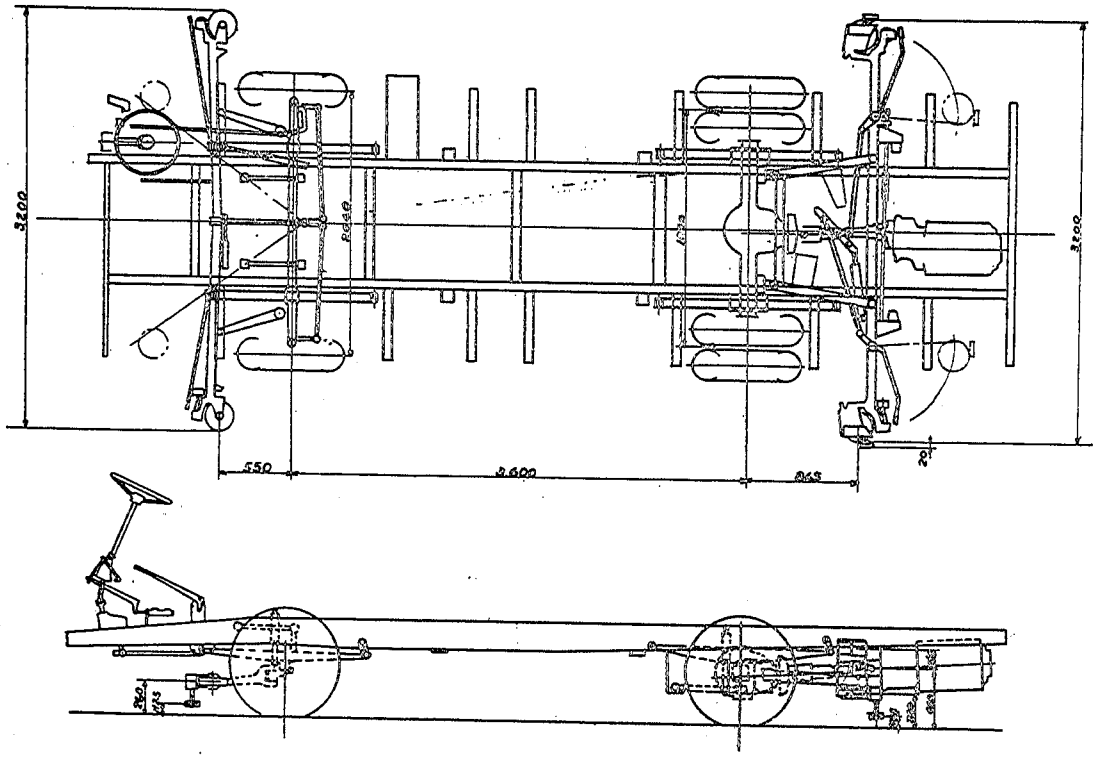


図Ⅱ 210－6	車　輛　（022号車）	車輛構造概略図

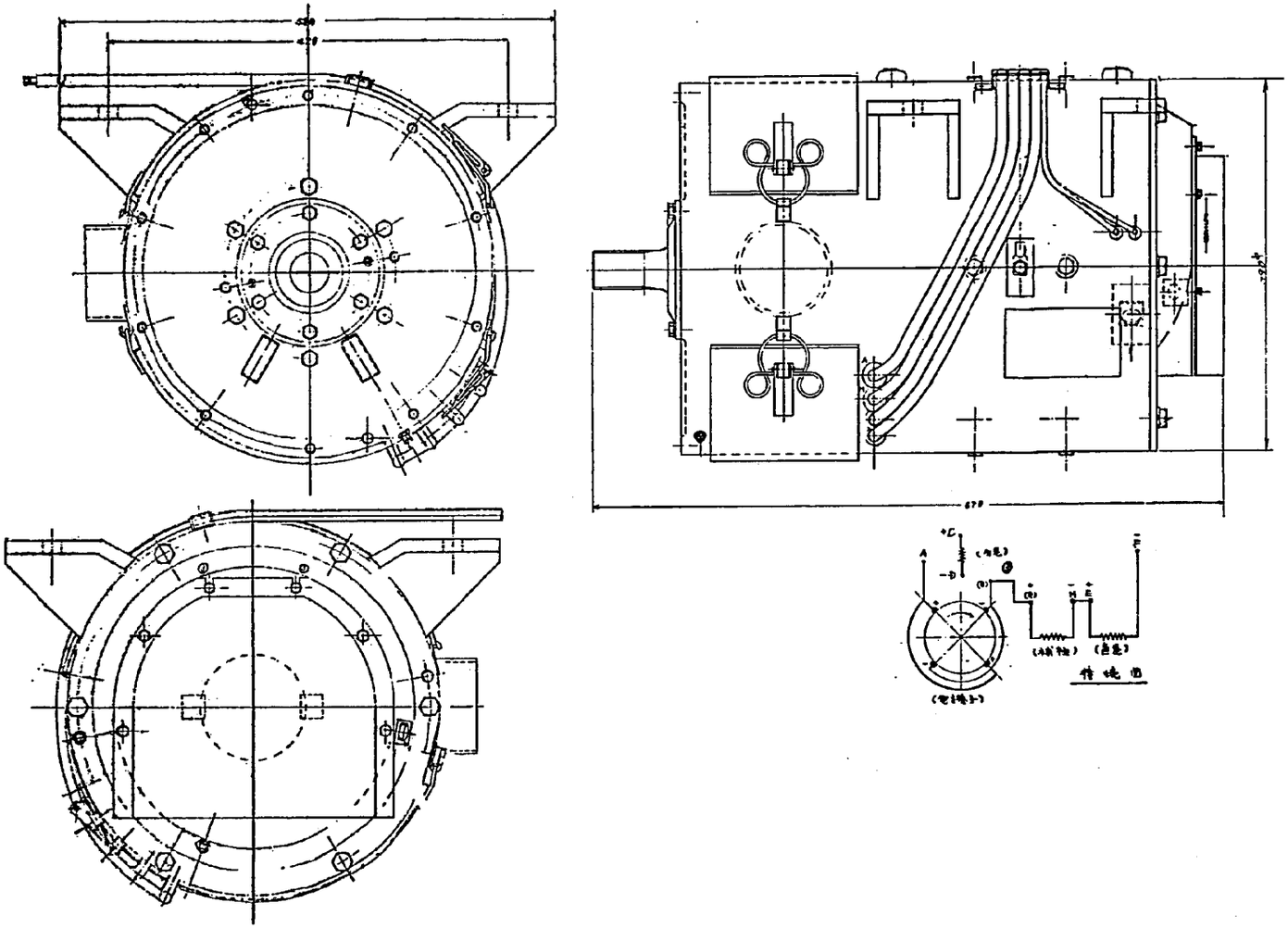
378



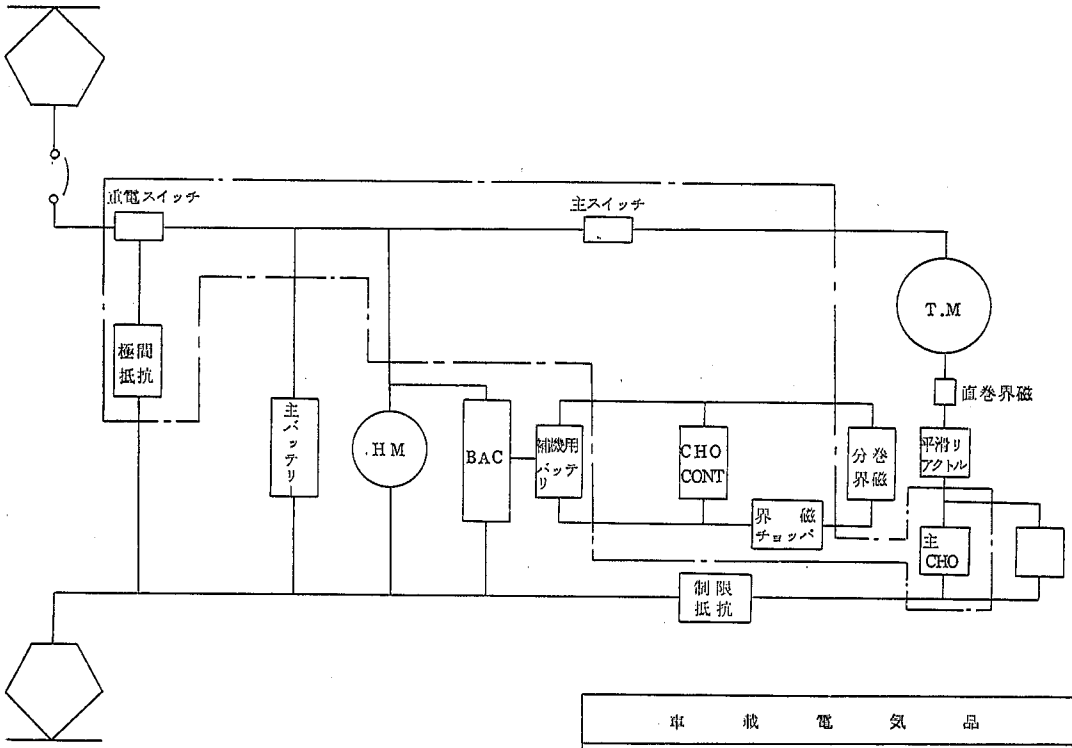
図Ⅱ 210－7	車 輌 （022号車）	室 内 配 置 図



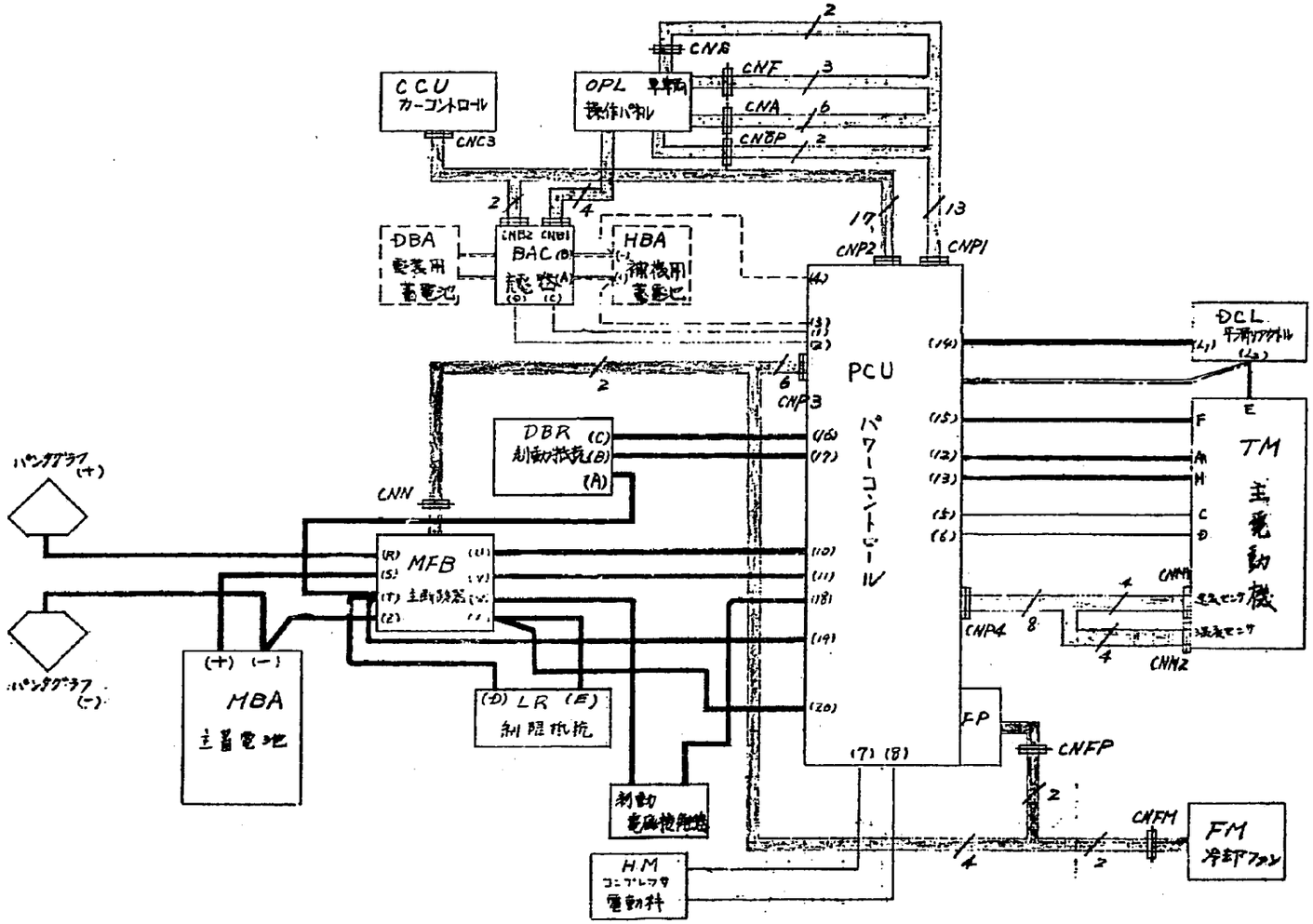
図Ⅱ 210—8	車 輌 （022号車）	シ ャ シ 図



図Ⅱ 210－9	車載電気品	主 電 動 機



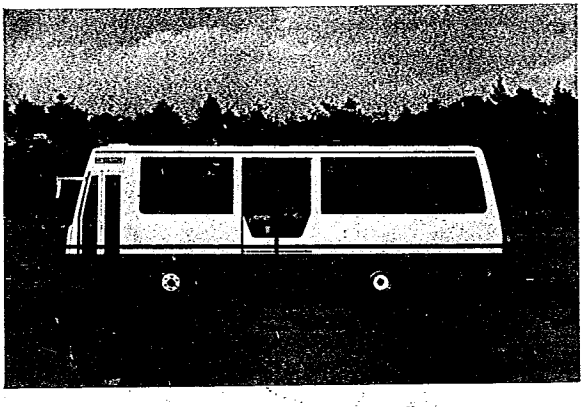
車　載　電　気　品
制　御　主　回　路
図Ⅱ　2.10－10



図Ⅱ 210—11	車載電気品	機器間接続



図Ⅱ 211－1 正　面

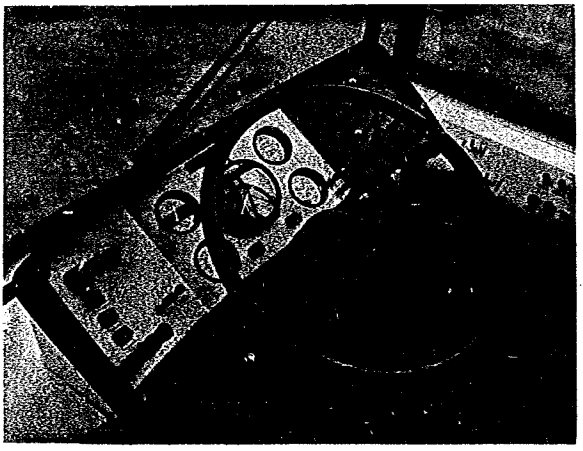


図Ⅱ 211－2 側　面

384



図Ⅱ 211－3 後　面



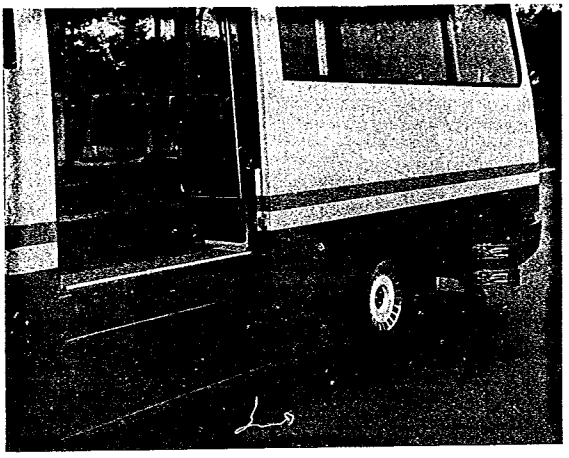
図Ⅱ 211－4 運転席まわり



図Ⅱ 211—5 室内前方



図Ⅱ 211—6 室内後方

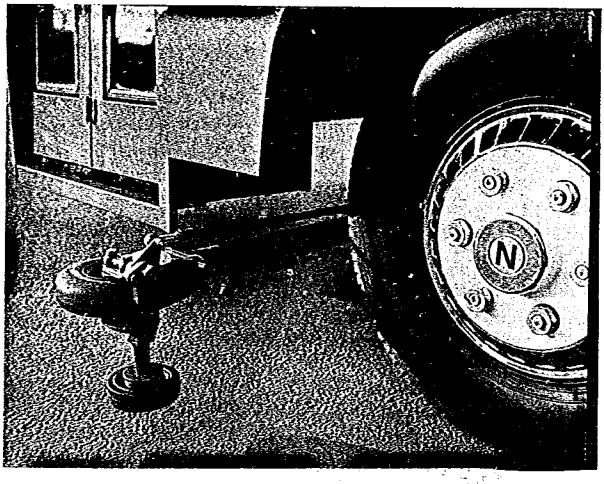


図Ⅱ 211－7　乗降口（ガイドウェイ上）

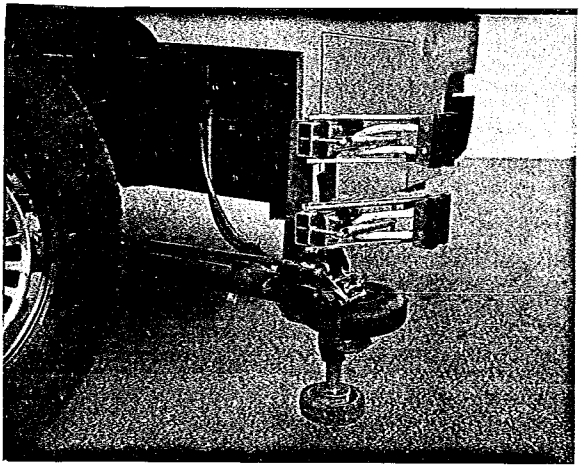


図Ⅱ 211－8　乗 降 口（一般道路上）

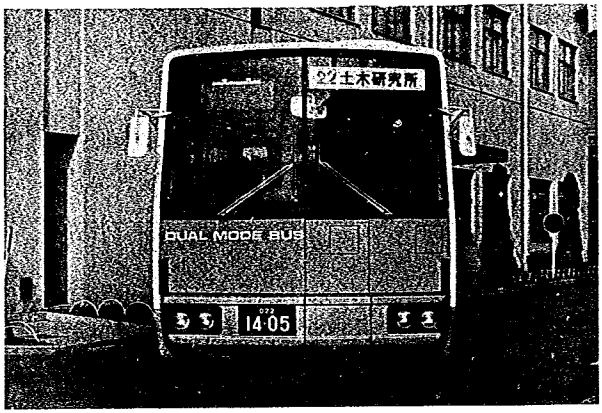
387



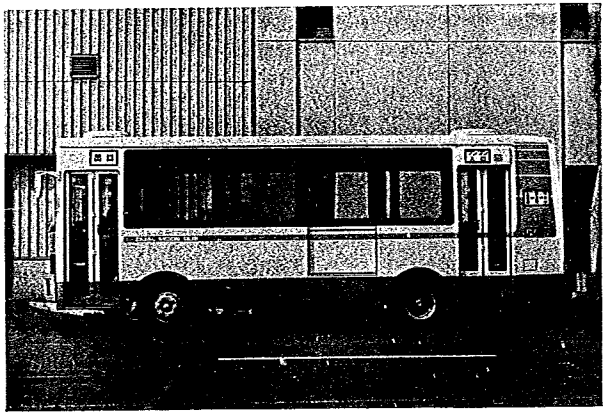
図Ⅱ 211－9　前部誘導装置



図Ⅱ 211－10　後部誘導装置



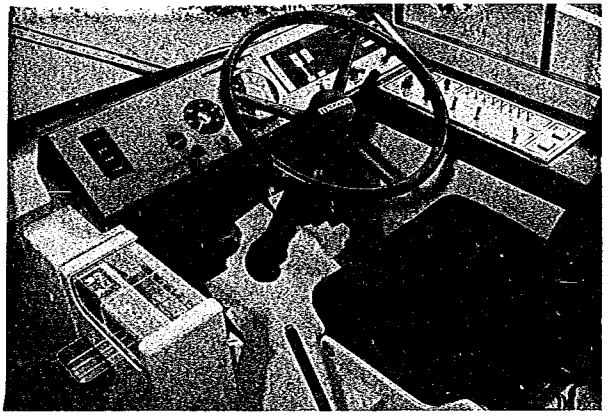
図Ⅱ 211－11　正　　面



図Ⅱ 211－12　側　　面



図Ⅱ 211－13 後　面



図Ⅱ 211－14 運転席まわり

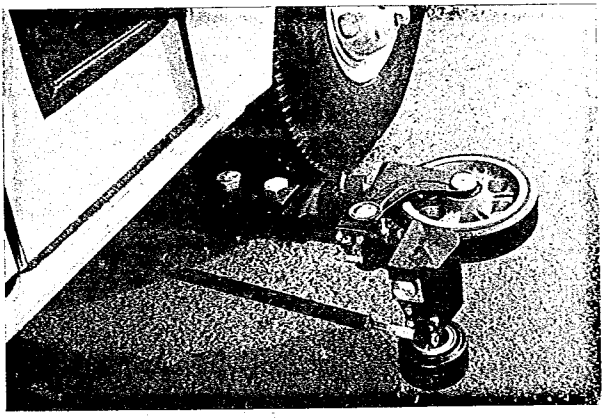
390



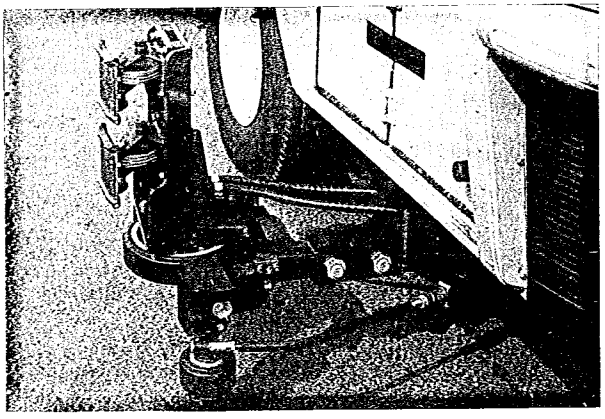
図Ⅱ 211－15 室内前方



図Ⅱ 211－16 室内後方

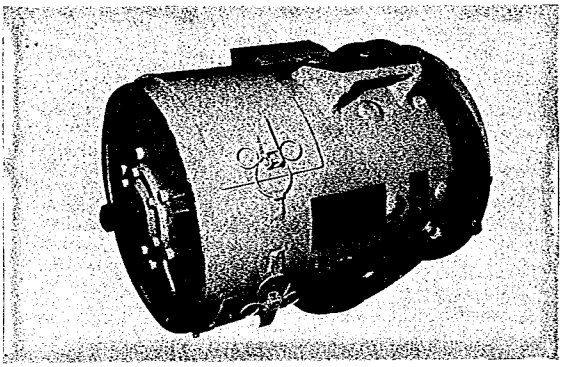


図Ⅱ 2.11－17　前部誘導装置



図Ⅱ 2.11－18　後部誘導装置

382



図Ⅱ 211－19　主電動機外観

3 通信，保安装置

3.1 設 計 方 針

3.1.1 デュアルモード・バス・システムにおける通信，保安の位置

デュアルモード・バス・システムは，一般道路とガイドウェイの二つの運転モードを持つバスを運行するものであり，ガイドウェイ上では，コントロール・センタにある電子計算機により制御されて無人走行運転がなされる。

このためにはコントロール・センタより車輌に対する指令が誤りなく確実に伝えられ，また車輌の存在する位置，車輌各部の状態などを常に的確にコントロール・センタで把握できることが必要である。

それにはコントロール・センタより車輌まで，車輌よりコントロール・センタまでの両方向について，良質で信頼性の高い通信系が必要であり，この通信系を通じて自動運転に必要な情報の送受がなされる。

車輌を安全に運行するには，センタより車輌に至るシステムを通して信頼性，安全性を確保するのは勿論であるが，システムの一部機能が損なわれた場合においても，運行の安全は絶対に保持されなければならない。このためにはシステムを構成する電子計算機より車輌に至る各段階においてfail safeな機能としなければならない。

特に車輌の追突防止および分岐合流に対する車輌相互，または車輌とガイドウェイ構築物との接触等無人走行時の保安に関しては，自動運転システムの通信の流れを構成する上でより車輌に近い個所で必要な検知情報の収集，判断がなされ，安全確保のためのアクションが起されることが，速応性，信頼性の点で望ましい。

このような観点よりすると車輌運行に関する保安機能は路側通信装置に含めることが，情報の収集，処理，分配の上で適した位置と言える。

3.1.2 設計上必要な条件

今回試験の主目的であるガイドウェイ部における自動運転のための通信，保安に対する必要条件を列記すると以下のようになる。

1) 通信の方向と情報内容

コントロール・センタの電子計算機より車輌への方向は，車輌運行制御に必要な情報，主として速度指令，分岐操作指令，ドア開閉指令等の情報が送られる。

車輌よりコントロール・センタへの方向は車輌の存在位置，分岐輪状態，ドア開閉状態，車両番号等車輌の諸状態を送り返す。

2) 通信路の独立性

各車輌とセンタはそれぞれの車輌に独自した通信路を通じて自動運転制御，監視を行うので異なった通信チャンネル間で混信があってはならない。

但し，緊急通話用チャンネル等で人が音声等を通じて車輌相互を区別できるような場合はこの限りでない。

3）通信の連続性

各車輌に対する通信路はガイドウエイ部入場より出場に至るまで連続的に確保されなければならない。

4）通信の品質確保

通信品質の劣化は直ちに運行の乱れや安全性の低下につながるので品質の高い通信路を確保する必要があり，特にガイドウエイと車輌間の通信は移動体のため，車輌の動揺，集電雑音の影響による通信品質低下がないようにせねばならない。

5）保安閉そく

前後車輌の追突を防止するため必要な区間長を持つ閉そく区間を設け，これに抵触した車輌に対し停車指令を与える。

本システムでは車上分岐方式を採用しているため分岐，合流に際しては車輌分岐箱の位置を車上および地上で検知し，指示と動作の一致性および進行方向と抵触する車輌存在の有無を検知して，安全運転に抵触する場合は必要な停車指令または速度制限指令を発する。

6）フェイルセイフ機能

機器障害，通信障害等が発生した場合は車輌運行を安全側になるように動作する。

2重系または3重系の冗長系が設けられている個所については，必要に応じ現用予備の切換または多数決論理による判断を行い，信頼度の維持につとめる。

3.1.3　設計上の留意点

今回の無人走行試験用の通信，保安の実験用機材の設計に際しては特に次の点に留意した。

1）自動運転性能を確認するのを第一の目標とするため，実験目的に必要な最少限の機能を準備し，それ以上の機能に関しては縮少または省略した。

2）同様の理由で目的の短期達成を第一義と考え無理に未知の技術の開発に挑戦せず，短期間に実用化できる技術を採用した。このため構成，大きさ，機能等が期待したものより大き目になっているが，本設計の段階で縮少合理化をはかることができる。

3）デュアルモード・バス車輌なるが故の固有条件として一般道路も走行するため，車上アンテナの取付位置，取付高さなどに制約があり，地上アンテナとの結合度を犠牲にせざるを得ないなど，シングルモード・バスに比較して不利な通信条件において，所要の通信品質を確保せねばならない。

4）給電線摺動時の雑音，電動機のチョッパ制御の際発生する雑音等は，給電線と通信アンテナの相対配置，集電々力，給電線と集電シューの摺動状態，離線率，電動機回路定数，電動機とその制御機器の配置等が複雑に影響し，最終的には実験車に

よる走行実験をまたないと的確な値がつかみにくい。

従って想定され得る範囲で最悪な条件を考慮し，通信時間を多少犠牲にしても通信の確実を期し，無人走行試験の遂行に支障を来たすことのないよう考慮した。

無人走行試験の過程で雑音特性の解明を行い，可能な限り通信速度の向上をはかる。

3.1.4　適用方式（図Ⅱ 3.8－1参照）

1）地上車輌間の通信方式

コントロール・センタと各車輌間の通信路のうち最も車輌に近い部分は誘導通信方式を採用し，ガイドウエイ上に設けた地上アンテナと車輌に設備した車上アンテナの結合により無線伝送する。

各車輌間の区別は地上アンテナを制御および閉そく上必要な長さに区分した通信区，即ち地上アンテナ区間で空間的に判別し，1個の地上アンテナ区間には1台の車輌のみの存在を許容することで，地上車輌間で1対1の通信路を形成する。

制御用信号波は車輌の移動進行とともに車輌が存在する地上アンテナ区間を順次移動しながら送受信を行う。

車輌の存在は車輌より発信する信号波の有無を地上アンテナがキャッチすることによってなされる。

このため車輌よりの発信は停電等によっても停止することのないよう配慮されている。

誘導通信方式を採用した理由は，

(a)　送受信アンテナ間の結合効率が良く比較的小電力で有効な通信が可能である。

(b)　通信区間の区分特性が良いため車輌移動に際し分断のない通信が可能となる。

(c)　同じ理由が近接して独立した通信区間を配置することが可能である。

などのためである。

情報を伝えるための符号方式としてはこの部分では送受両方向とも音声周波帯域内のトーン方式を採用し，雑音妨害に対し充分に耐え得る方式とした。

地上車上間の通信路は制御用の他に連絡用の音声通話チャンネルを持っているがこの音声信号と前の制御用トーン信号はともに周波数変調方式を採用し，受信レベル変動および外来雑音に対し影響の少ない方式とした。

2）路側制御装置の機能

車上地上間の通信は地上アンテナと車上アンテナを介した無線方式であり，コントロール・センタと車上との通信系では直接センタと車輌との通信は行なわず，中間に路側制御装置（ＷＳＣ）を介在させる。路側制御装置（ＷＳＣ）の機能として，

(a)　各地上アンテナに対する送受信機能を集約して，センタの過度な配線集中を避け，また伝送損失の大きな高周波信号の伝送距離を短縮する。

(b) 車輌に対する通信方式とセンタに対する通信方式が異るのでここで信号方式の変換を行う。

(c) 車輌無人走行のための保安機能すなわち車間閉そく，分岐合流閉そく等の機能をもたせる。そのため車輌存在情報，分岐輪状態検知情報など保安に必要な局部的な情報を集中する。また，隣接した路側制御装置（ＷＳＣ）よりの閉そく用情報を相互に送受する。

(d) 通信区間集中の規模はガイドウエイの長さ，通信区間数，区間長路側制御装置（ＷＳＣ）の配置間隔，有線ケーブルの心線数等の相互関係で最適値が決められるが，今回実験では約２０通信区間程度を集約することとした。

集中度が小さな場合は路側制御装置（ＷＳＣ）の数が増加しセンタと路側制御装置（ＷＳＣ）間のケーブルおよび伝送装置が増加し不経済である。集中度の大きな場合は一つの路側制御装置（ＷＳＣ）の受持ち区域が長距離となって地上アンテナに対する高周波信号を伝送するケーブルの長さ，線数ともに増加し，伝送損失も無視できなくなる。またセンタとの伝送回線も情報量が増加するので高速な伝送装置が要求される等不利な点が多くなる。

今回の実験規模では全通信区間数は約６０程度なので，実験の便宜上路側制御装置（ＷＳＣ）を３個とし，屋外と屋内（センタ内）とに分けて配置した。

3) 地上装置間の通信方式

コントロール・センタの中央通信装置と路側制御装置（ＷＳＣ）間および路側制御装置（ＷＳＣ）相互間，また路側制御装置（ＷＳＣ）と地上アンテナ間はそれぞれ有線ケーブルで接続する。

路側制御装置（ＷＳＣ）と地上アンテナ間は車輌と送受信を行う。誘導通信用の高周波をそのまま伝送する。

いづれのケーブル線路も専用に設備したものを使用するため，信頼度は極めて高く，有線々路部分で発生する符号誤り，障害等殆んど無視できる。

4) 保安機能

前述のように路側制御装置（ＷＳＣ）に閉そく保安の機能を持たせ，車輌運行の安全を確保している。

単一のガイドウエイ上の前後の車輌の間の保安は，前車の存在区間より後の所定の区間数を閉そく区間とし，ここに停車指令信号を出して置くことにより達せられる。

車輌の存在はその車輌の送信信号波を地上アンテナが受信することによって得られる。

車輌よりの送信信号は停電等で消失せぬよう車上に予備電源を持ち，車輌電源故障の際はこれに切換えられ常に送信が維持され車輌の存在を確認できるよう考慮す

る。また緊急通信用の音声チャンネルも予備電源により動作し，センタとの連絡が途絶することのないよう考慮する。

地上の通信区間においては自区間に入って来た車輌は自区間を進行し終って次の区間に入ったことにより自区間の存在を解除する方式を採り，区間の途中で車輌送信出力が消失しても車輌存在を消失せぬよう配慮している。更に車上送信機を２重系としているので現用系故障の際は予備系に切換わる等，車輌の存在検知に関しては確実を期している。

地上送信機の故障に際しては車上で検出し，緊急停止ブレーキが掛る。

分岐，合流部における保安は車輌の分岐輪に対する地上よりの分岐指令，車上分岐輪の検知情報，ガイドウエイに設置している分岐輪センサの検知情報の３者を照合して一致のとれない場合はその車輌を緊急停車させる。合流の場合も同様である。

分岐部に向っている車輌はその進行方向前方の車輌存在を確認し，安全運行に抵触するような場合は，その方向への車輌の進行を阻止するよう停車指令を発するか，或は分岐方向変更，減速指令を出すなど安全に必要な処置を行う。

合流部分も合流部で衝突が起らぬよう阻止方向の路線に停車指令を出して置く。

3.1.5 構　　成

通信保安装置は，次の機器から構成されている。（図Ⅱ3.8－1参照）

(i) 中央通信装置　（ＭＴＵ）
(ii) 遠隔操作卓　（ＲＣＤ）
(iii) 路側制御装置　（ＷＳＣ）
(iv) 地上アンテナ（ＷＡＮ）
(v) 卓上アンテナ　（ＣＡＮ）
(vi) 車上通信機　（ＴＣＵ）

通信保安系の役割は，実験センタと車輌の間で，制御指令やその確認のための信号を正確，確実に交換することと，安全運行を行う保安系を構成することにある。各機器は，役割別に製作されているのではなく，設置場所別に製作されているからこれらの機器が機能を分担し，総合してこの役割を達成している。

筑波における無人走行試験用のガイドウエイや機器は，規模は小さいけれど，実プロを模し，実プロに現れる技術的要因をすべて包含するように設計されている。通信保安系もこの趣旨に沿って設計している。設計に当っては，次のようなモデルを考えた。

1）入　　場

一般道路からガイドウエイに入場する。モード・インターチェンジ（ＭＩＣ）のモデルで，一般道路からガイドウエイ入口部への進入，誘導輪の伸張，チエック走行，停車，運転手降車などの要因を含んでいる。

2）出　場

ガイドウエイから一般道路へ出るモード・インターチェンジ（ＭＩＣ）のモデルで，運転手の乗車，走行，誘導輪の格納，ガイドウエイ出口部から一般道路への出場などの要因を含んでいる。

3）自動運転

ガイドウエイ本線部の自動運転に関するモデルで，指令に対する追従性などの要因を含んでいる。追従性は，登り坂，下り坂，平坦部，曲線部などをパラメータとして実験する。

4）ガイドウエイ・ストップ

ガイドウエイの中にあるガイドウエイ・ストップのモデルで，ＦＴＬの制御モデルも含むものであり，分岐，合流，定位置停車などの要因を含んでいる。

これらのモデルの組合せで，故障車排除など多くのモデルの実験が可能である。

保安通信系は，このモデルに立脚し，前記技術的要因を解明でき，技術が確立するように，システムを設計している。

無人走行試験用のガイドウエイは，全長１㎞ぐらいで，上り，下りの車線は分離されていない。実プロでは，ガイドウエイ全長が１０㎞以上になり，しかも上り，下りは車線が分離される。通信保安系は，システムとして，実プロを対象にして最適化している。無人走行試験用のガイドウエイを対象に考えると，機能面で簡略化できるところもあるが，あくまでも実プロの前提として無人走行試験用のガイドウエイで実験する立場を貫いているので，今回の通信保安系は，実プロと同じレベルの複雑なシステムとなっている。

3.2 車上通信機（ＴＣＵ）

3.2.1 概　　要

車上通信機（ＴＣＵ）は車載通信装置の一部分で車上アンテナ（ＣＡＮ）とから構成されている。車上通信機（ＴＣＵ）は車上アンテナ（ＣＡＮ）と車上制御装置（ＣＣＵ）との間にあって，車輌一地上間の通信を制御するものである。

車上通信機（ＴＣＵ）は車上の運転席後部に設置され，車上制御装置（ＣＣＵ）および車上操作盤（ＯＰＬ）とにケーブルで接続されている。これらの関係を図Ⅱ3.8－2に示す。

3.2.2 機　　能

車上通信機（ＴＣＵ）には次の主な機能がある。

(i) 制御信号の受信

(ii) 制御信号の送信

(iii) 音声信号の受信

(iv) 音声信号の送信

さらに，この機能を満足するため，次の補助機能を有する。

(v) 制御信号の送信切換

(vi) 受信信号の分配

(vii) 電　　源

図Ⅱ3.8－3,図Ⅱ3.8－4に機能ブロック図を示す。

1）制御信号の受信について

制御信号の受信系は受信部・受信信号デコーダ・受信ロジックから成り，いずれも独立した三重系を構成している。

受信部は，地上から発信される車両制御指令（速度指令・分岐指令・ドア開閉指令・車輌番号（ＩＤ）読み出し指令）を制御用車上アンテナ（ＣＡＮ）および分配器を通して受信し信号変換する。

受信信号デコーダは受信部出力を受け，これをデコードして信号別に出力する。

受信ロジックはデコード後の論理処理を行い，車上制御装置（ＣＣＵ）へ出力する。

三重系は独立した三系統の信号として並列に車上制御装置（ＣＣＵ）へ渡すのみで，車上通信機（ＴＣＵ）は三重系の切換や多数決論理は行わない。ただし，車輌番号（ＩＤ）読み出し指令は車上制御装置（ＣＣＵ）へは送出せず，車上通信機（ＴＣＵ）内の送信ロジック部へ送る。

2）制御信号の送信について

制御信号の送信系は，送信ロジック・送信信号エンコーダ・送信部から成り，現用・待機の二重系を構成している。

400

送信ロジックは車上制御装置（ＣＣＵ）からの車両状態信号（分岐輪状態・走行停車状態・車輌状態・分岐要求・調査内容）を受け，チエックを行い送信信号エンコーダに出力する。また，車上通信機（ＴＣＵ）内の受持部から車輌番号（ＩＤ）読み出し信号がある場合には，送信ロジックでチエックを行ったうえ車輌番号（ＩＤ）信号を送信信号エンコーダに送出する。

送信信号エンコーダは送信ロジックから指定された信号をエンコードし，送信部はエンコードされた信号を無線系信号に変換し，制御用車上アンテナ（ＣＡＮ）を通して送出する。

3）音声信号の受信について

音声信号の受信装置は制御用と同一規格である。

実験センタに設置されている遠隔操作卓（ＲＣＤ）より音声通信信号が発信されている場合，音声用車上アンテナ（ＣＡＮ）を通して受信し，音声信号に変換したのち車載スピーカにより車上に出力する。

4）音声信号の送信について

音声信号の送信系は，車上での音声を無線系信号に変換し，音声用車上アンテナ（ＣＡＮ）を通して地上へ送るものである。

送話器はプレストーク式のハンドマイクで，コネクタにより車上操作盤（ＯＰＬ）に接続されている。

送信装置は制御用と同一規格である。

5）制御信号の送信切換について

送信系の故障は送信部出力でチエックし，現用系が異常の場合は待機系へ切換える。待機系に切換えられたときはリセットスイッチが押されるまで現用系に切換えない。

6）分配器について

分配器は制御用車上アンテナ（ＣＡＮ）で受信された信号を受信系三系統に分配する。

7）電　　源

車上操作盤（ＯＰＬ）より２４Ｖを受け各種電圧を作るＤＣ－ＤＣコンバータである。また，バッテリを内蔵し，入力断のときも一定時間内であれば機器を正常に働かす。

8）取 付 方 法

車上通信機（ＴＣＵ）は筐体底面および上面に防振ゴムを取りつけ，走行中の振動に対して万全の対策をとっている。

401

3.2.3 定　　格

外　観

○外形寸法　　高さ　８４０㎜

　　幅　　３５０㎜

　　奥行　２５０㎜

○重　　量　　約４７.５Kg

電　源

ＤＣ１８Ｖ～３２Ｖ，６Ａ

環境条件

○温　度　　０～４０℃

○相対湿度　　１０～９０％

○振　動　　ＪＩＳ－Ｄ－１６０１ による。

3.3 車上アンテナ（ＣＡＮ）

3.3.1 概　　要

車上アンテナ（ＣＡＮ）は，車載通信装置の一部で，車上通信機（ＴＣＵ）とから構成されている。

車上アンテナは，誘導通信の車上側アンテナで，車上通信機（ＴＣＵ）とケーブルで接続されている。車上アンテナ（ＣＡＮ）には，制御用と音声通信用の２つがあるが，外観は同じである。車上アンテナ（ＣＡＮ）は，車両の床下で最低地上高より上に取りつけている。

車上アンテナ（ＣＡＮ）は，プラスチック円筒内に収納され，車輌床下の泥や水に耐えるようにしている。

3.3.2 機　　能

車上アンテナ（ＣＡＮ）は車輌に取付けられ，地上アンテナ（ＷＡＮ）との間で磁界の結合を行なうものである。

車上アンテナ（ＣＡＮ）には制御用車上アンテナ（ＣＡＮ）と音声用車上アンテナ（ＣＡＮ）とがあり，車上と地上間にそれぞれ独立した双方向通信路を形成している。

構造を次に述べる。

車上アンテナ（ＣＡＮ）は直径２６７㎜，高さ１８０㎜の円筒状で，円筒の中心からケーブルが引き出されコネクタにより車上通信機（ＴＣＵ）に接続されている。

また車上アンテナ（ＣＡＮ）は車輌が一般道路も走行することを考慮し，水・泥・小石等の跳ね上げに対しても十分耐えるような防水・防塵・堅牢な構造となって

402

いる。

3.3.3 定　　格

外　観

○外形寸法，直径２６７㎜

高さ１７５㎜

○重　量　約４５㎏（ケーブル含まず）

環境条件

○温　度　－２０～６０℃

○相対湿度　１０～１００％

○振　動　JIS－D－1601 による。

3.4 運転操作卓（RCD）

3.4.1 概　　要

運転操作卓（RCD）は，実験センタに設置して中央通信装置（MTU）と接続され，車両の運行状態および，各機器の運用状態を表示するものであるが，電子計算機・中央処理装置（CPU）と切り離して，運転操作卓（RCD）により，車両運行を行うために最低必要な指令および監視ができる。

また，車両との間で音声による連絡を可能とするために，音声通信を持っている。

運転操作卓（RCD）は主として，以下の３部分より構成されている。

1）表　示　部

電子計算機中央処理装置（CPU）による運転運転時に，車両と各機器の状態を表示し，また，車両の存在区間と閉塞区間を移動表示する。

2）操　作　部

電子計算機中央処理装置（CPU）と切り離して，運転操作卓（RCD）によって車両運行を行う際に最低必要な指令を出す部分と，自動あるいは運転操作卓（RCD）運転時に，緊急事態が発生した場合の安全確保を目的とした指令発生部からなっている。

3）音声通信部

車両と運転操作卓（RCD）間で，音声による通話・連絡を行う部分である。この部分は，自動運転および運転運転に関係なく，車両がガイドウェイ内にある時は，必要に応じて操作できる。

運転操作卓（RCD）は，主として電子計算機中央処理装置（CPU）ダウン時のバックアップシステムとして構成されており，人間が自己の判断のもとに，手動で操作することが大部分であるから，危険防止，視認性，操作容易さ等を考慮し

43

て，操作部，表示部（機器状態表示部，車輌存在・閉塞表示部），音声通信部を分離して配置した。さらに，各表示に使用した色彩も，デザインと正常／異常の識別および機器の動作状態を示す意味で，主として，緑，赤，乳白の3種類を使った。また，操作空間の確保，実験中のメモ書きや，データの記録が容易に行えるように，前部にデスクを設けた。

3.4.2 運行制御モード

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ），中央通信装置（ＭＴＵ），路側制御装置（ＷＳＣ）の状態により決定される次の3モードがあり，モード間の遷移は，自動あるいは手動により行われるが，手動による場合は各機器の状態を把握しておく必要がある。

1）自　動

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）による自動運転中であり，この場合は，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の操作は，全停車指令および走行用電源断以外は有効ではない。

2）遠　隔

遠隔操作卓（ＲＣＤ）による遠隔運転状態にあり，操作盤上のスイッチ群を操作して車輌の運行を手動を行える。

3）停　止

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）自動運転中における電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）異常等で，自動的に全停車指令が出された場合，あるいは，遠隔操作卓（ＲＣＤ）により手動で全停車指令が出された場合に，走行区間全域にわたって停車信号が発信され，停止モードとなる。

停止モードには，停止状態と自動待ち状態とがあるが，後者は停止状態から自動モードに遷移する過程で経由する状態である。

3.4.3 表　示　部

車輌運行に関する情報は，ほとんど線形ディスプレイパネル部に集中し，地上機器の状態および遠隔操作にともなう表示の一部を操作部に設けた。表示項目を以下に列挙する。

1）車輌存在区間の表示
2）閉塞表示
3）車輌非常表示
4）分岐方向表示
5）合流方向表示
6）停車表示
7）ドア開閉表示
8）出場許可表示

９） 入場信号

１０） 機器状態表示

１１） 一括非常

１２） 運行モード表示

１３） 車輌番号表示および車輌調査内容表示

１４） ブザー信号

3.4.4 操 作 部

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）より切り離して，遠隔操作卓（ＲＣＤ）により車輌を遠隔操作する場合の機能が大部分である。以下操作項目を列挙する。

１） 運行モードの切換

２） 全停車指令

３） 走行用電源の遮断

４） 停車指令

５） 緩解指令

６） 分岐指令

７） ドア開閉指令

８） 車輌番号および調査内容読出し

９） 保安異常解除

１０） 入場信号切換

１１） 出場許可指令

3.4.5 音声通信部

遠隔操作卓（ＲＣＤ）とガイドウエイ内にある車輌との間で，音声による通話を行う通信機器で，遠隔操作卓（ＲＣＤ）には，地上側のスピーカ，マイクロフォンおよび送信区間切り換え操作部が設置されている。

通信区間は，ガイドウエイを４区間に分割し，本線部２区間，側線部２区間とした。本線部，側線部ともに東西に２分割し，側線部では，２つの停車部を別の通信区間とすることによって，停車している２台の車輌に対して，個別に通話できるように配慮した。表示部・操作部の項目を列挙する。

1）表 示 部

(1) 着信表示

(2) 送信表示

2）操 作 部

(1) 区間別送信ボタン

(2) 一斉送信ボタン

3.4.6 定　　格

外　観

○外形寸法　　巾　１６００

高　１４００

奥行　７８０

使用条件

○供給電源

電　圧　　ＡＣ１００Ｖ±１０％

周波数　　５０／６０Hz

相　数　　１φ

○消費電力　　0.3 kVA

○周囲温度　　１０～４０℃

○相対湿度　　０～９０％

（但し，結露せぬこと）

3.5 中央通信装置（ＭＴＵ）

3.5.1 概　　要

中央通信装置（ＭＴＵ）は，実験センタの電子計算機(ＣＰＵ）と路側制御装置（ＷＳＣ）との間の制御指令その他の信号通信を制御するものである。また電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）が故障したときは，遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの制御情報を路側制御装置（ＷＳＣ）に送り，限定された範囲内での車両制御を行う機能を有する。

電子計算機・中央処理装置（ＣＰＵ）から受ける制御指令は，速度指令，分岐指令，ドア開閉指令などであり，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）へ送る信号には車両状態，車両番号などがある。遠隔操作卓（ＲＣＤ）から受ける制御指令や遠隔操作卓（ＲＣＤ）に送る信号は，ほぼ電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）と同じになっている。

中央通信装置（ＭＴＵ）は電子化し，高信頼化を図った。主要構成部品は，ＩＣ（集積回路）で，ＭＳＩも多数使用したが，ＬＳＩは開発の時間的余裕がなく使用していない。また外来雑音により誤動作の恐れがあるところは，無理にＩＣ化はせず，ディスクリートな部品で回路を構成した。

中央通信装置（ＭＴＵ）の機能概要は，図Ⅱ3.8－5に示す通りである。電子計算機・中央処理装置（ＣＰＵ）から出された制御信号と遠隔操作卓（ＲＣＤ）から出された制御信号は，入力バッファを経て伝送装置に送る。自動－遠隔切換部で制

406

御し，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ），遠隔操作卓（ＲＣＤ）の片方の制御信号のみ伝送装置に送る。伝送装置は，路側制御装置（ＷＳＣ）１台毎に独立した機能を持つ１装置を実装している。伝送装置で信号を直列に変え，変調器（ＭＯＤ）を経て，信号が端末へ送られる。

路側制御装置（ＷＳＣ）から受信された信号は，復調器（ＤＥＭ）を経て，伝送装置で受信する。受信の伝送装置も路側制御装置（ＷＳＣ）毎に３セットある。伝送装置出力は，出力バッファを通じ，常時電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）と遠隔操作卓（ＲＣＤ）に送る。

車輌番号の解読は，路側制御装置（ＷＳＣ）個別に行わず，中央通信装置（ＭＴＵ）で一括して行わせた。

この他中央通信装置（ＭＴＵ）では，音声通信の中継，入場信号灯の制御も行っている。

3.5.2　中央通信装置のモード

中央通信装置（ＭＴＵ）には，「自動」「遠隔」「停止」の各モードがあり，各モードに応じ，制御源が変る。

1）自　　動

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）の指令信号を受け付け，路側制御装置（ＷＳＣ）へ送る。遠隔操作卓（ＲＣＤ）の指令信号は受付けない。路側制御装置（ＷＳＣ）から送ってくる信号は，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ），遠隔操作卓（ＲＣＤ）へ出力する。

2）遠　　隔

遠隔操作卓（ＲＣＤ）の指令信号を受け，路側制御装置（ＷＳＣ）へ送る。すなわち，遠隔操作卓（ＲＣＤ）から車輌を走行させ得る。路側制御装置（ＷＳＣ）から送って来る信号は，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ），遠隔操作卓（ＲＣＤ）両方へ出力する。

3）停　　止

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）の指令信号も遠隔操作卓（ＲＣＤ）の指令信号も，両者とも受け付けない。路側制御装置（ＷＳＣ）には，停止指令を送る。路側制御装置（ＷＳＣ）からの信号は，この状態でも，電子計算機・中央処理装置（ＣＰＵ）と遠隔操作卓（ＲＣＤ）両方に出力する。

状態は，主として指令信号の受付けに関係し，車輌の状態は，中央通信装置（ＭＴＵ）の状態に関係なく，電子計算機中央処理場（ＣＰＵ）でも遠隔操作卓（ＲＣＤ）でもモニタできる。

電源が投入された直後は，「停止」になる。「停止」のとき，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の遠隔スイッチを押すと「遠隔」になり，以降，遠隔操作卓（ＲＣＤ）による

車幹制御が可能になる。

「自動」には，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）が正常でかつオペレータが操作したときのみ移る。すなわち，「停止」のとき遠隔操作卓（ＲＣＤ）の自動スイッチを押すと「自動待」になり，このとき，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）から自動の信号が来て，「自動」になる。「自動待」は，中央通信装置（ＭＴＵ）モードとしては「停止」である。「自動」のとき，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）が止ると，自動的に「停止」になる。また，緊急時のため，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の停止スイッチを押しても，「停止」に変るようにしている。「遠隔」からいきなり「自動」になったり，その逆の変化はない。

中央通信装置（ＭＴＵ）内部では「自動」「遠隔」「停止」の各状態に対して，ＩＣのフリップフロップの状態を対応させ，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）や遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの信号によって今まで述べたように状態を変えている。これらの状態フリップフロップの出力で，路側制御装置（ＷＳＣ）への指令送出を制御している。

3.5.3　路側制御装置との送受

電子計算機・中央処理装置（ＣＰＵ）からの指令には，緊急停車を含む速度指令，分岐指令，ドア開閉指令などがある。

これらの指令は，地上アンテナ別に出る。全地上アンテナに異る指令が同時に出せるから，指令の数は地上アンテナの数だけある。分岐指令は，分岐があるところのみに必要であるから，分岐部の地上アンテナにのみある。ドア開閉指令は，外周部の地上アンテナにはなく，停車部の地上アンテナにのみある。

これらの指令信号は，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）から非同期式に出力する。すなわち，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）の指令は，中央通信装置（ＭＴＵ）の動作タイミングと無関係に任意のときに変る。中央通信装置（ＭＴＵ）では，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）の出力をタイミングを取って伝送装置に取り込む。

中央通信装置（ＭＴＵ）と路側制御装置（ＷＳＣ）の間に，指令信号ごとにケーブルを設けると，ケーブル本数が莫大なものになるから伝送装置を設け，ケーブル本数を減少させた。

伝送装置では，指令信号を並列から直列に変え，時分割にして路側制御装置（ＷＳＣ）へ送る。

伝送装置で時分割化された指令信号は，変調器で変調し，路側制御装置（ＷＳＣ）への回線へ送り出される。変調器の伝送速度は，２４００ビット／秒である。

遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの速度指令は，地上アンテナ番号を指定し送られる。中央通信装置（ＭＴＵ）では，地上アンテナ番号をデュードし，その地上アンテナ

408

のゲートを開いて，指定された地上アンテナに指令信号を送る。分岐指令やドア開閉指令は，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）指令と同じく，関係ある地上アンテナのみに送られ，信号の受け入れも，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）のときと同じである。これらの指令信号は，「遠隔」信号でゲートし，中央通信装置（ＭＴＵ）の状態が「遠隔」のときのみ送られる。遠隔操作卓（ＲＣＤ）のときの伝送装置以降の機器の動作は電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）のときと全く同じにしてある。

路側制御装置（ＷＳＣ）から中央通信装置（ＭＴＵ）に送られてくる信号には，車両状態信号がある。車輌の存在，ドアの開閉，分岐輪の分岐状態などである。路側制御装置（ＷＳＣ）からは変調された時分割の信号で送ってくる。

中央通信装置（ＭＴＵ）では，これを復調器（ＤＥＭ）で復調し，伝送装置で並列信号に変える。路側制御装置（ＷＳＣ）からの伝送速度は，２４００ビット／秒である。伝送装置の受信部は，路側制御装置（ＷＳＣ）に内蔵しているものと同じで，直列信号を，全アンテナ並列の信号に変える。

伝送装置で並列にされた信号は，バッファアンプを通して電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）や遠隔操作卓（ＲＣＤ）に出力する。

3.5.4　車輌番号読出

車輌番号（ＩＤ）は，１台ずつ読み出す。地上アンテナ１個を指定し，その地上アンテナ上に居る車輌の車輌番号（ＩＤ）を読む方式である。地上アンテナ上に車輌が存在しないときは，次にそこに到達する車輌の車輌番号（ＩＤ）を読む。車両番号（ＩＤ）は，他の信号と異り，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）から要求があったときは，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）のみに，遠隔操作卓（ＲＣＤ）から要求があったときは，遠隔操作卓（ＲＣＤ）にのみ出力する。

車輌番号（ＩＤ）は１０進２桁の数字で，００から９９までの１００個の数字である。

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）や遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの読出要求が出ない場合は，車輌番号解読回路は働かない。読出し要求が出たら，正しい番号を１回だけ読み，出力バッファにセットする。誤りチエックにひっかかり，正しい番号が読めないときは，何回でも読み直す。１度読出しが正しく行われると，読出要求が出ている間中，出力バッファに車輌番号を保持する。したがって，別の地上アンテナや別の車両の車輌番号（ＩＤ）を読み出すときは，１度読み出し要求を切って再度出し直す。このような制御を車輌番号読出制御部で行う。

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）や遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの入力バッファは，接続するケーブルが長くなったときのためのもので，論理的機能はない。遠隔操作卓（ＲＣＤ）への出力バッファは，遠隔操作卓（ＲＣＤ）にある数字表示用

発光ダイオードアレイを駆動するもので，出力用ドライバーアンプである。出力バッファには，読出要求が出ている間中，車両番号（ＩＤ）を記憶する数字１０進２桁分の記憶用フリップフロップがある。読出要求が出ていないときは，読出要求が出てから，正しく読込まれるまでは，遠隔操作卓（ＲＣＤ）は無表示にし，発光ダイオードアレイはブランキングする。

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）への出力回路も遠隔操作卓（ＲＣＤ）への出力回路と全く同じ機能を果す。

3.5.5　入場信号制御

ガイドウェイ入口の入場信号灯の点灯制御および遠隔操作卓（ＲＣＤ）上への表示を行う。中央通信装置（ＭＴＵ）の状態が「自動」のときは，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）からの信号で入場信号灯を制御する。その他の状態では，遠隔操作卓（ＲＣＤ）のスイッチで入場信号を制御する。

入場信号灯は，大電流容量のリレーで制御している。

3.5.6　その他の定格

1）音声通信

音声通信の信号は，遠隔操作卓（ＲＣＤ）にマイクロホンとスピーカがあり，変復調する路側制御装置（ＷＳＣ）には，中央通信装置（ＭＴＵ）を経由して接続されている。

2）走行用電源断

緊急時に遠隔操作卓（ＲＣＤ）より，給電線電源を遮断できる。遮断用リレーは，もちろん電源キュービクル内にあるが，その駆動回路が中央通信装置（ＭＴＵ）を経由している。

3）中央通信装置状態

中央通信装置（ＭＴＵ）の状態を検出し，異常のときは，そのむね遠隔操作卓（ＲＣＤ）に表示する。

路側制御装置（ＷＳＣ），電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）などの異常も，中央通信装置（ＭＴＵ）経由で，遠隔操作卓（ＲＣＤ）に表示している。

3.5.7　定　　格

外　形

- 外　観　　ロッカ架
- 架　数　　２本
- 幅　　６００㎜
- 高　　２０５０㎜
- 奥行　　６５０㎜

電　源

電　圧　　100V　(+10V, −20V)

相　数　　1φ

周波数　　50／60Hz

消費電力　　0.9KVA

環境条件

○周囲温度　　20℃～40℃

○湿　度　　0　～　90%

3.6　路側制御装置（WSC）

3.6.1　概　要

路側制御装置（WSC）は，本来屋外に設置するものであるが，今回は1台を屋外に設置した，残り2台は実験センタに設置した。路側制御装置（WSC）は，以下の機能を持つ。

①　車輌と中央通信装置（MTU）との間の通信を制御する。

②　車輌の衝突防止等の保安を制御する。

③　車輌と遠隔操作卓（RCD）との間の音声通信を制御する

3.6.2　区間分割

ガイドウエイを3つの領域に分割し，各領域をそれぞれ1台の路側制御装置（WSC）が制御する。1つの領域は，通信制御上分割された，十数個の短い区間から構成され，路側制御装置（WSC）と各区間は通信用ケーブルで接続される。

また，路側制御装置（WSC）での分割単位とは別に，ガイドウエイを4つの領域に分割し，各領域と遠隔操作卓（RCD）との間に音声通信系を設けてある。

図Ⅱ3.8－6，図Ⅱ3.8－7に上記の関係を示す。

3.6.3　機器構成

図Ⅱ3.8－8，図Ⅱ3.8－9に路側制御装置（WSC）のブロック図を示す。

1）区間速度制御装置

中央通信装置（MTU）から送られて来る速度指令と，区間毎に設定されている制限速度と，保安条件とを総合して，区間の速度指令を決定する。

区間毎の制限速度は，自動運転の場合と遠隔運転の場合，それぞれに対しあらかじめ設定されている。保安条件には，閉塞条件と分岐保安条件とがあり，このどちらか一方でも条件が満たされないときには，その区間の速度指令は「停車」となる。

区間の速度指令は，以上のすべての入力のうち，最も低い（遅い）指令が使用される。

2） ドア指令制御装置

中央通信装置（ＭＴＵ）から送られて来るドア指令をデコードし，車両へ送るドア開閉指令を作る。

この装置は，停車部およびその近傍の区間に対してのみ，準備されている。

3） 分岐指令制御装置

中央通信装置（ＭＴＵ）から送られて来る分岐指令と，車両から送られて来る分岐要求と，保安条件とから，車両に対する分岐指令を決定する。

指令決定の優先順位は，保安条件が最も高く，次に分岐要求が高く，中央通信装置（ＭＴＵ）からの指令は最も低い。

4） 読出し指令制御装置

車両の車号番号（ＩＤ）あるいは調査内容の読出しを制御する。

5） 送信指令エンコード装置

各種の指令制御装置からの出力信号を受けて，車両へ送出する指令信号エンコードする。

指令の組合せには冗長があり，不適当な組合せの指令は，本装置で検定時に除去される。

6） 受信信号デコード装置

車両からの受信信号をデコードする。

7） 回線制御装置

路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）との間の制御，通信回線を制御するもので，直並列および並直列変換用の２つのバッファと，伝送アドレスの制御部とから構成される。

8） 変復調装置

路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）との間の制御，通信回線の変復調を行なう。本装置は４線式，全二重通信用である。

9） 受信バッファ

回線制御装置で直並列変換された信号を保持する，ラッチ群である。

10） 送信バッファ

回線制御装置へ，１ワード（１６ビット）ずつ信号を送り出すための，バッファゲート群である。

11） 送信装置

車両へ送る指令信号，あるいは音声信号を無線系信号へ変換する。

12） 受信装置

車両から送られて来る無線系信号を，直流信号，あるいは音声信号へ変換する。

3.6.4　中央通信装置との通信

1）制御通信回線

制御通信回線は，路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）との間の，指令信号および車両状態信号を伝送するための通信回線である。

中央通信装置（ＭＴＵ）からは，区間別の速度指令，分岐指令，ドア指令，読出し指令の各指令と，路側制御装置（ＷＳＣ）単位の全停車指令，運転モード指令，および音声通信領域の接続切離し指令とが送られる。音声通信の指令は，路側制御装置（ＷＳＣ）０と路側制御装置（ＷＳＣ）１のみで，路側制御装置（ＷＳＣ）２へは送られない。

これらの各指令信号は，回線制御装置で直並列変換された後，並列の受信バッファへセットされる。この受信バッファ内容の更新周期は１６０ｍｓ である。

路側制御装置（ＷＳＣ）から中央通信装置（ＭＴＵ）へは，区間毎の車両内在信号，内塞信号，車から送られて来る各種状態信号，および音声通信領域毎の受信確認信号を送る。

路側制御装置（ＷＳＣ）から中央通信装置（ＭＴＵ）へ送る信号は，常に送信バッファにセットされており，車が区間に存在するかどうかにかかわらず，一定周期毎に送られる。送出周期は信号により異なり，車両存在信号は８０ｍｓ，その他の信号は６４０ｍｓ である。

2）読出し，通信回線

読出し通信回線は，車両の車両番号（ＩＤ），あるいは調査内容を中央通信装置（ＭＴＵ）へ送るためのものである。この回線は，路側制御装置（ＷＳＣ）内のすべての区間にスイッチを介して接続されていて，中央通信装置（ＭＴＵ）からの読出し指令により指定された区間に接続される。

路側制御装置（ＷＳＣ）では，読出し制御装置内のスイッチ切換制御のみを行ない，車両番号（ＩＤ）あるいは調査内容のデコードは行なわない。

3）音声，通信回線

音声通信回線は，遠隔操作卓（ＲＣＤ）と車上間で音声を用いて通話を行なうための回線で，路側制御装置（ＷＳＣ）０と路側制御装置（ＷＳＣ）１にそれぞれ２回線ずつ設けられている。

3.6.5　車両との通信

路側制御装置（ＷＳＣ）と車両との間は，ガイドウエイに敷設された地上アンテナを介して，無線で接続される。

1）制御通信回線

車両へ送る速度指令，分岐指令，ドア指令，車両番号（ＩＤ）読出し指令と，車両から送られる分岐輪状態，走行状態，ドア状態等の車両状態，および分岐要求，

車輌番号（ＩＤ），調査内容を伝送する回線である。

制御通信回線は，１つの区間に上り下り，各１つずつ設けられている。

2）音声，通信回線

路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）間の音声通信回線に対応したもので，路側制御装置（ＷＳＣ）0，路側制御装置１に２つずつ設けられた通信系である。

3.6.6 保安機能

路側制御装置（ＷＳＣ）の保安機能には以下のものがある。

- 速度閉塞
- 速度制限
- 分岐保安

1）速度閉塞

車輌の存在する区間の後方の区間を閉塞する後方閉塞制御と，車輌の存在する区間の路線と合流する路線の区間を閉塞する側方閉塞制御を行う。

後方閉塞，側方閉塞はともに，ある区間に車輌が存在するかどうかによって，他の区間（一般に複数）の速度指令に制限を与える。この関係は，全区間について設定される。

図Ⅱ3.8－10で，後方閉塞の制御関係を説明する。区間ｋに車輌が存在する場合には，ｋの受信装置が車輌存在信号を出力する。この信号は後方の区間ｉ，ｊの区間速度制御装置の，停車指令入力へ送られ，区間ｉ，ｊの速度指令が「停車」になる。区間ｉに車輌が進入すると，この停車指令を受けて停車するが，ｉの車輌存在信号はさらに後方の区間の速度制御装置の停車入力へ送られるから，ｉの後方の区間も閉塞がかかり，後続車が追突することはない。

２つの路線が合流する直線の区間では，後方閉塞とともに，側方閉塞を行う。

2）速度制限

各区間毎に，速度指令の上限をあらかじめ設定し，それ以上の速度指令が車に送られないように制限する。この機能は，区間速度制御装置の“すべての入力のうち，最も低い指令を使用する”という機能により実現されている。

制限値は，区間毎に変更可能である。

3）分岐保安

分岐保安には次の３つのものがある。

- 分岐輪チエック
- 操舵閉塞
- 側線閉塞

分岐輪の切換動作が確定する区間では分岐輪をチエックし，異常がある場合には

車輌へ停車指令を送る。

正常，異常の判定は，分岐指令，チエック区間に入ったときの車両の分岐輪状態信号，および分岐輪センサから送られてくる信号で行なう。右，左の分岐指令が有る区間と，右，あるいは左の分岐指令のどちらか一方だけしか無い区間とで判定ロジックは異なる。表Ⅱ3.6－1に判定ロジックを示す。

操舵閉塞は，本線から側線部へ分岐する車輌に対する制限速度を，本線を直進する車輌に対する値より遅い値に制限するものである。本システムでは，本線・側線分岐地点の分岐輪チエックで，左確定の信号が発生したとき，車輌の分岐が終了するまでこの信号を保持し，制限速度信号として分岐付近の区間速度制御装置へ出力する。

側線閉塞は，側線部へ分岐する車輌の直後に後続車が居る場合，後続車を側線部へ分岐させないためのものである。本システムでは，分岐指令区間で一旦左分岐（側線方向）指令を出した場合，該当車輌が左分岐終了し，停車部付近の特定区間に達するまでこれを保持し，この信号で後続車中央通信装置（ＭＴＵ）からの分岐指令，あるいは車輌からの分岐要求と無関係に，右分岐指令のみを出力する。

	分岐指令	車両からの分岐輪信号	地上分岐輪センサ信号	判　定
A）右／左両方の分岐が有る地点	右分岐指令	右状態	右正常	正　常（右確定）
	左分岐指令	左状態	左正常	正　常（左確定）
	上記以外のすべての組合せ			異　常
B）どちらか固定の分岐しか無い地点	右分岐指令（左分岐指令）	右状態（左状態）	正　常	正　常
	上記以外のすべての組合せ			異　常

注）　分岐輪センサ信号

Ａ）　……　右正常／左正常／異常

Ｂ）　……　正常／異常

表Ⅱ3.6－1　分岐チエックの論理

415

3.6.7　フェイルセイフ

システム障害に対し，路側制御装置（ＷＳＣ）では次のようなフェイルセイフ機能を持つ。

1）中央通信装置間回線障害

中央通信装置（ＭＴＵ）との間の制御通信回線で，キャリア断あるいは連続エラー（パリティ エラー，反転二連送照合エラー）があると，すべての区間を停車指令とする。

2）速度指令ミス

中央通信装置（ＭＴＵ）から区間速度指令制御装置までの間の障害によるものは，区間速度指令制御装置の速度制限機能，あるいは符号冗長による停車とする。区間速度制御装置の障害によるものは，送信指令エンコード装置の入力信号に対する冗長で，停車とする。

3）送信系障害

送信指令エンコード装置，あるいは送信装置の障害は，出力無信号または無指令信号として，車上装置で停車指令に変換される。

4）分岐輪センサ障害

分岐輪センサとのインターフェース障害の場合で無信号となったときは，分岐チェックタイミングから一定時間後に分岐エラーとし，停車指令を出す。

5）受信系障害

受信装置障害で車積からの信号が切れた場合には，該当区間のチェックアウト信号が来るまで，閉塞状態を保持する。

6）路側制御電源断

電源断となった路側制御装置（ＷＳＣ）の全区間は，無信号による停車指令となる。また隣接路側制御装置（ＷＳＣ）の区間に車両存在と同じ信号が発生し，閉塞を構成する。

電源復旧時には，路側制御装置（ＷＳＣ）の全区間を一定時間停車状態に保持する。

3.6.8　定　　格

外　観

○外形寸法　ＷＳＣ０／１　巾　２０００㎜
　　高　２０５０
　　奥行　６５０
　　ＷＳＣ２　巾　６４０
　　高　２０５０
　　奥行　６５０

使用条件

○供給電源

電　圧	AC100V±10%
周波数	50／60Hz
相　数	1φ

○消費電力

WSC0／1	1.2KVA
WSC2	0.6KVA

○周囲温度　　10～40℃

○相対湿度　　0～90%

（但し結露せぬこと）

3.7　地上アンテナと通信関係の工事

3.7.1　地上アンテナ

移動する車上と地上との間の通信は，誘導通信方式を採用している。このため地上側には，ガイドウエイに沿って，誘導磁界を発生させ，または，ガイドウエイを走行する車上よりの誘導磁界を受信するための平行二線式のアンテナを設置しなければならない。これを地上アンテナという。

先にも述べられているごとく，この通信系には，制御用通信と音声用通信との二種類がある。この二系統の通信は，それぞれ目的が異なるため，通信の区間（道路に沿った1通信の長さ方向の区切りをいう）も異なる。したがって，地上アンテナも，制御用地上アンテナと音声通信用地上アンテナの二種類を設けなければならない。この両方のアンテナを相互に重ね合せて，ガイドウエイの中心線近傍・路面水準より下に敷設した。

1）制御用地上アンテナ

制御用地上アンテナは，地上から車上へ，車両が自動運転を行なうために必要な情報を送り，また，車上からの車両の状態の情報を地上で受信するための送受信共用のアンテナである。通信区間は，車両の制御上の要因から決定される。無人走行試験のための筑波学園のガイドウエイに於ては，図Ⅱ3.8－11に示す区間を設定して，制御用地上アンテナの敷設を行なった。

区切られた1個の制御用地上アンテナ，すなわち1通信区間には，1台の車両しか存在しないようなアンテナ長になっている。したがって，車両が，i番目の制御用地上アンテナの上から，i＋1番目のアンテナの上に移動するに従って，車上からの磁界はi＋1番目の制御用地上アンテナで受信され，この時点に今迄i番目に

送出されていた送信出力は，ｉ＋１番目の制御用アンテナから送出されるように切換えられる。このように，車輌の移動に伴ない，通信区間にたいする送信出力を順次切換えて移動して行くが，この際車上受信信号が瞬断しないよう制御用地上アンテナ相互の配置，および，送信切換えタイミングを考慮している。

制御用通信区間の長さ（図Ⅱ３.８－１２のℓ）が，極端に短い場合には，ｉ－１番目の制御用地上アンテナからｉ番目のアンテナへの信号の切換えが行なわれるが，車輌の通過時間が短く，続いてｉ＋１番目のアンテナに切換えが行なわれるため満足のいく通信系の構成が作られ難いため，ℓには最小値を設定した。

制御用地上アンテナの巾は車上アンテナの中心からのずれを考慮に入れて，ガイドウエイの中心線を基準にして決定した。このずれは

ｉ）　車輌の左右方向の動揺

ⅱ）　車上アンテナの取付位置

によって決まる。ⅱ）については，曲線部におけるガイドウエイの中止線との横変位を考慮する必要がある。これらの点を検討した結果，無人走行試験のガイドウエイにおける地上アンテナの巾は，６００㎜必要となった。

分岐部・合流部の制御用地上アンテナは，Ｙ字形アンテナを使用する。Ｙ字形に分岐したそれぞれのアンテナの巾は，一般の部分と同じように６００㎜である。Ｙ字形の各辺の長さには，長短があってもよく，特に制限はない。

2）音声通信用地上アンテナ

音声通信用地上アンテナは，地上と車上との間で緊急時に音声による連絡を行なうために，地上に設置される送受信共用のアンテナである。この通信系は，原則的には緊急時のみ用いるのであるから，全路線を一つの長いアンテナで構成してもよい。しかし，無人走行試験では，実験の連絡用として使用するための頻度が高いものと考えられる。したがって，この通信系には次の機能を持たせた。

ｉ）　二個の停車部に各一台づつの車輌が停車している時，独立に車輌と通話が出来ること。

ⅱ）　側線部と本線とに車輌が存在する場合，独立に車輌と通話が出来ること。

ⅲ）　全路線に対して一斉に指令が出来ること。

さらに長大ループを分割した場合，磁界の結合による混信の状況を知るために，本線を二分割した。したがって，全体の路線を四個に分割した。その分割については，図Ⅱ３.８－１１に示した。区間と区間の間は，通信不能な範囲が出来ないように近接させて，アンテナ線を敷設した。

音声通信用地上アンテナも制御用地上アンテナと同様に巾は６００㎜とし，制御用地上アンテナと重ね合せて設置した。制御用地上アンテナとの結合は，出来るだけ少なくなるように注意して工事を行なった。

分岐部・合流部については，制御用地上アンテナと同様にY字形アンテナを用いた。

3.7.2 現地工事

1) 地上アンテナ

地上アンテナは，定められた位置に，定められた寸法で路面水準以下に敷設せねばならない。そこで，路面の工法，すなわち，アスファルト部，コンクリート部によって，敷設の処理方法が異なってくる。また，ガイドウエイが，分岐・合流する部分と，停車部のある部分に於ては，実験中に制御その他の条件によって，通信の区間長の変更，一通信区間の開始または終了の位置の変更などが生ずることも考慮すると，アンテナ線の敷設変更が容易に可能な設置方法を検討する必要も生じた。このようにアンテナの敷設変更の生ずる可能性のある部分は，幅７００㎜の開渠が設置されており，この中にアンテナ線を展張した。

アスファルト部分，コンクリート部分のような埋設部分は，コイル長の設計値通りに，計測，スミ出し，コンクリートカッタの工事が施行されていた。

このカッタによって切った溝にアンテナ線を埋設した。

アスファルト部分は，この上から密粒度アスコンをかけて，表層仕上げを行ない，コンクリート部分では，充填材を注入して固定することにより路面工事は完了した。（図Ⅱ3.9－8）。

開渠部分については，引止め金具を用いて，アンテナ用の電線を固定した。固定した状態を図Ⅱ3.9－9に示す。開渠にした分岐・合流の部分は，Y字形になっているため，車輪の踏む部分については，蓋をかぶせてあるので，この様子を図Ⅱ3.9－10に示す。

2) 屋外の路側制御装置

路側制御装置（ＷＳＣ）は，屋外型筐体に収納して屋外に設置するのが適切であるが，今回は，実験ということもあり，測定にも都合がよいように大型の小屋を建設した。

設置しなければならない場所は，地形的には割合低く，排水設備も完備されていないので，大雨が降った時には冠水も予想される。したがって，床下を高くして室内への浸水がないように考慮した。

図Ⅱ3.9－11は，完成した建屋の外観を示す。

3) ケーブルおよびその端末工事

ガイドウエイの路面に埋設した地上アンテナと路側制御装置（ＷＳＣ）の間，および，屋外の路側制御装置（ＷＳＣ）と実験センタとの間は，ケーブルを使用して接続した。ケーブルは，路側に設置されたトラフの中に敷設した。

地上アンテナとケーブルとの接続は，路側に置かれた端子箱の中で行なわれ，接

続部分は浸水した場合でも耐えられるように，完全防水構造にした。

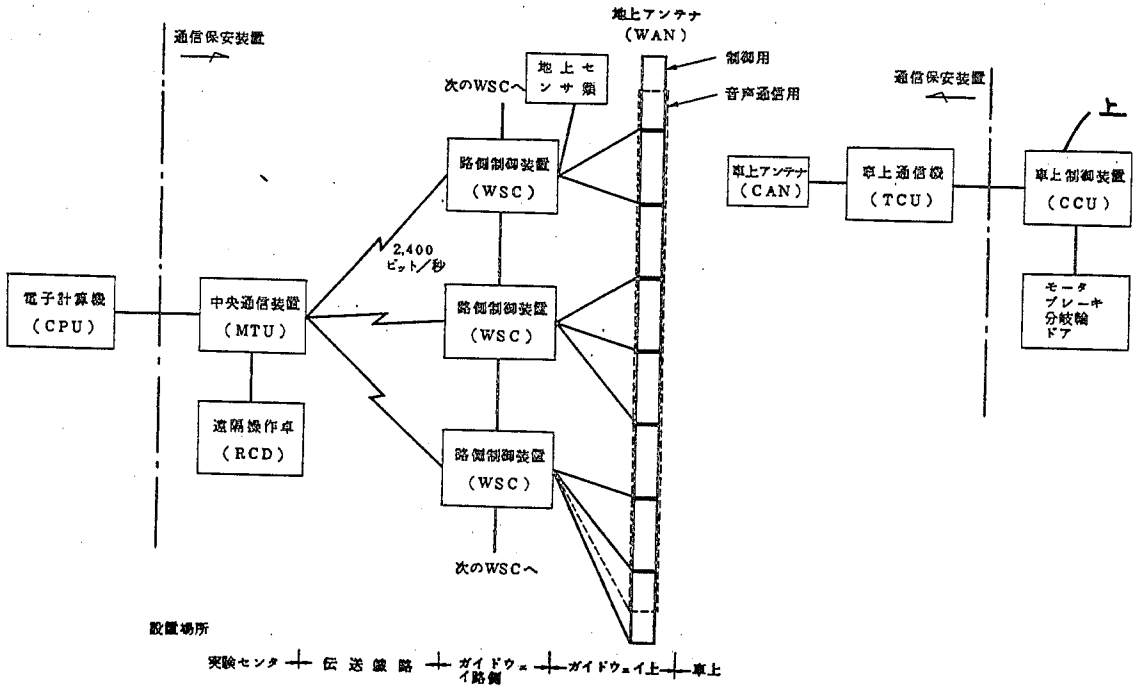
一般道路走行における手動運転から，ガイドウエイ走行における自動運転に切り換えを行なうモード・インターチエンジには，入口用の信号機を設置した（図Ⅱ3.9－12）。

4）実験センタ

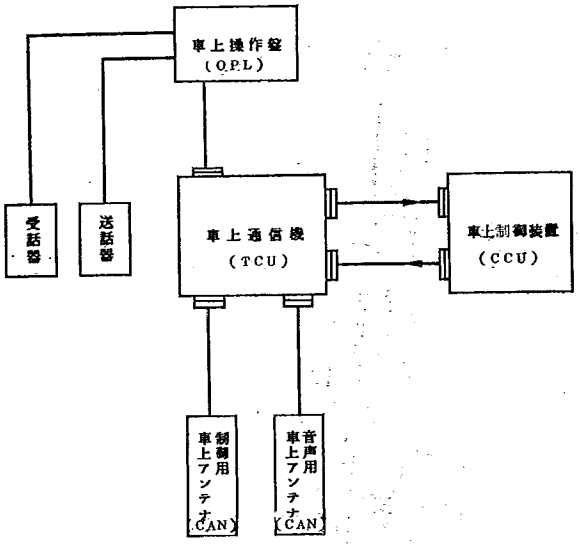
実験センタ内には，路側制御装置（ＷＳＣ）・中央通信装置（ＭＴＵ）・遠隔操作卓（ＲＣＤ）を設置した。

図Ⅱ3.9－13は，路側制御装置（ＷＳＣ）・中央通信装置（ＭＴＵ）の設置した様子を示し，図Ⅱ3.9－14は，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の設置した様子を示す。

420

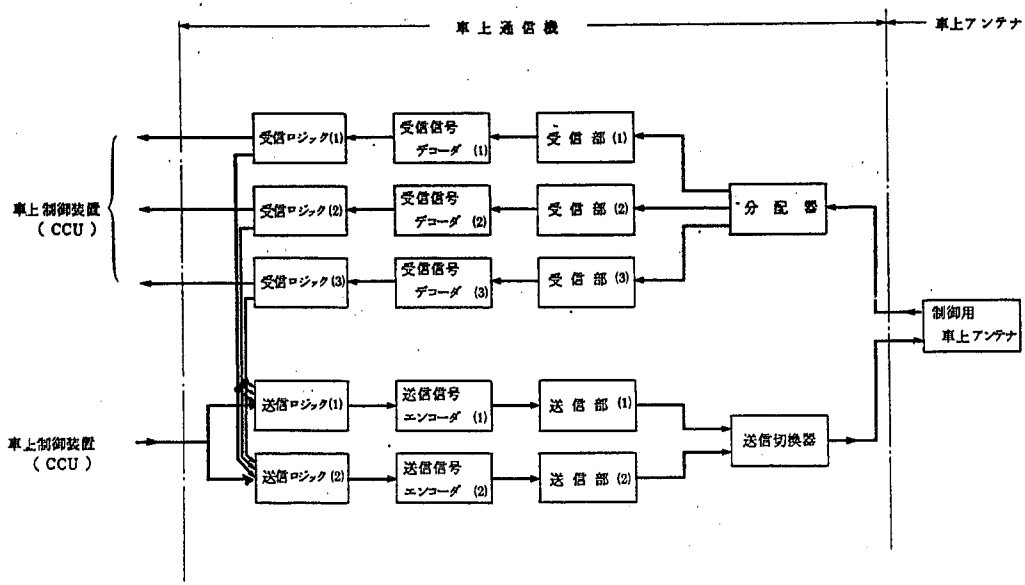


図Ⅱ 3.8－1	通信保安装置	通信保安装置構成図

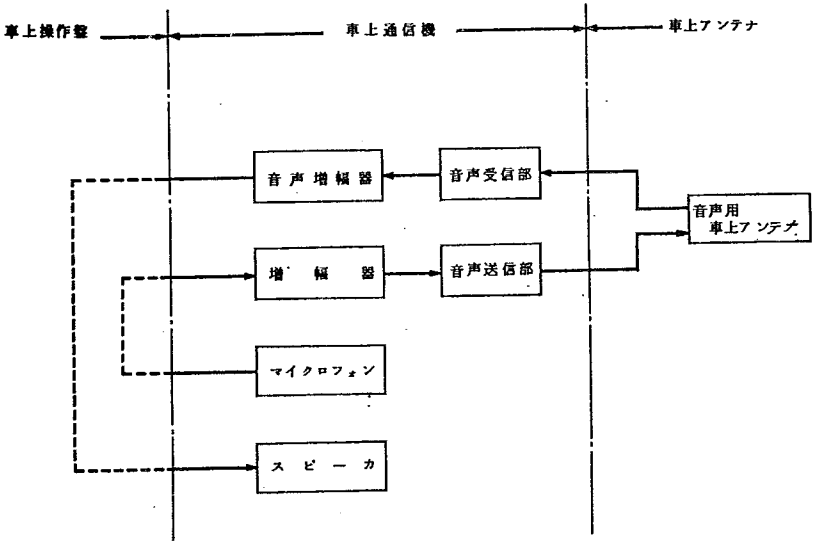


図Ⅱ 3.8－2	通信保安装置	車載通信装置接続図

422

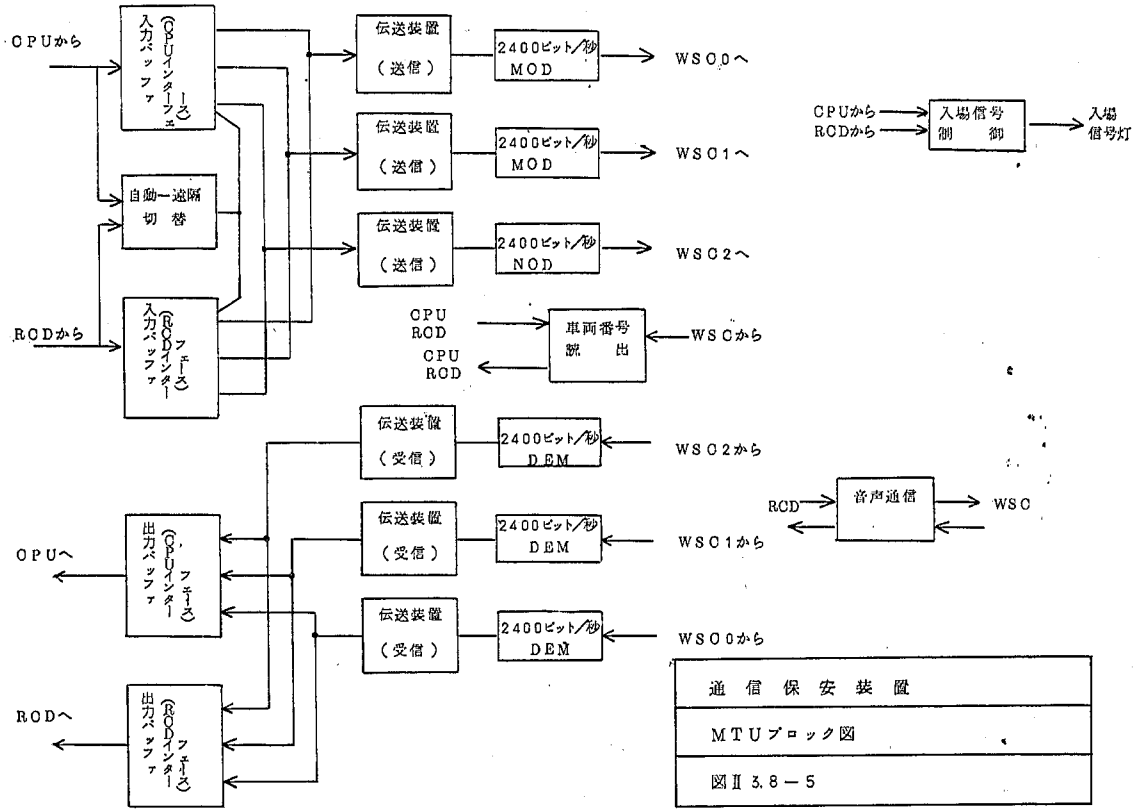


図Ⅱ 3.8－3	通信保安装置	車上通信機制御部ブロック図



図Ⅱ 3.8－4	通信保安装置	車上通信機音声部ブロック図

424

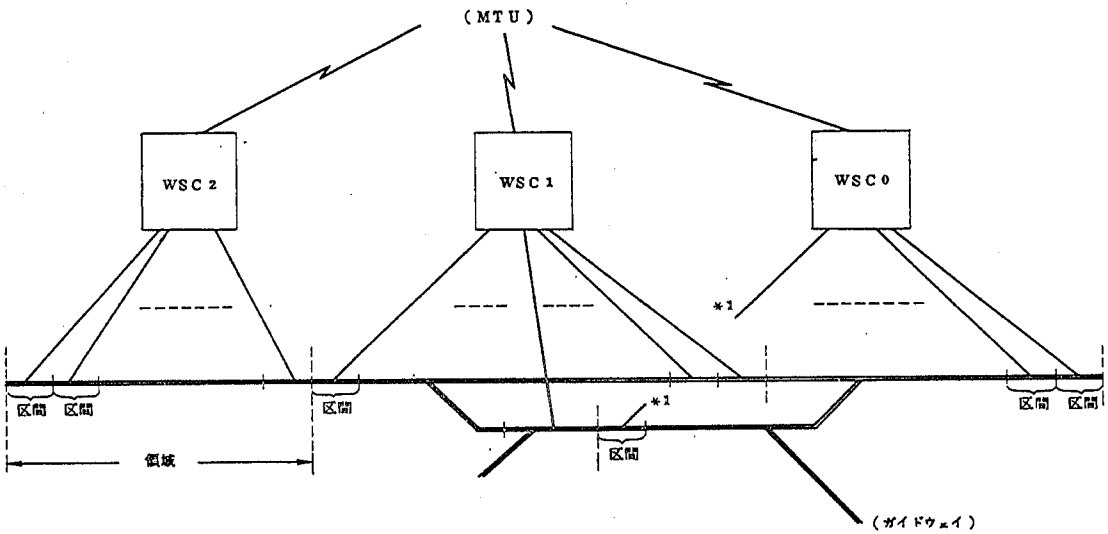


通信保安装置

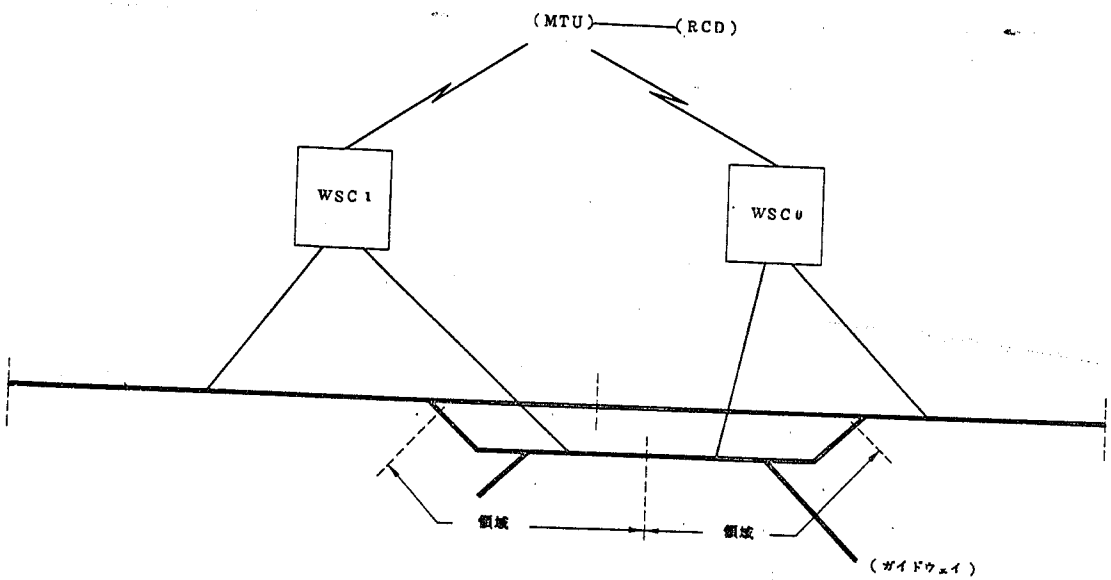
MTUブロック図

図Ⅱ 3.8－5

425

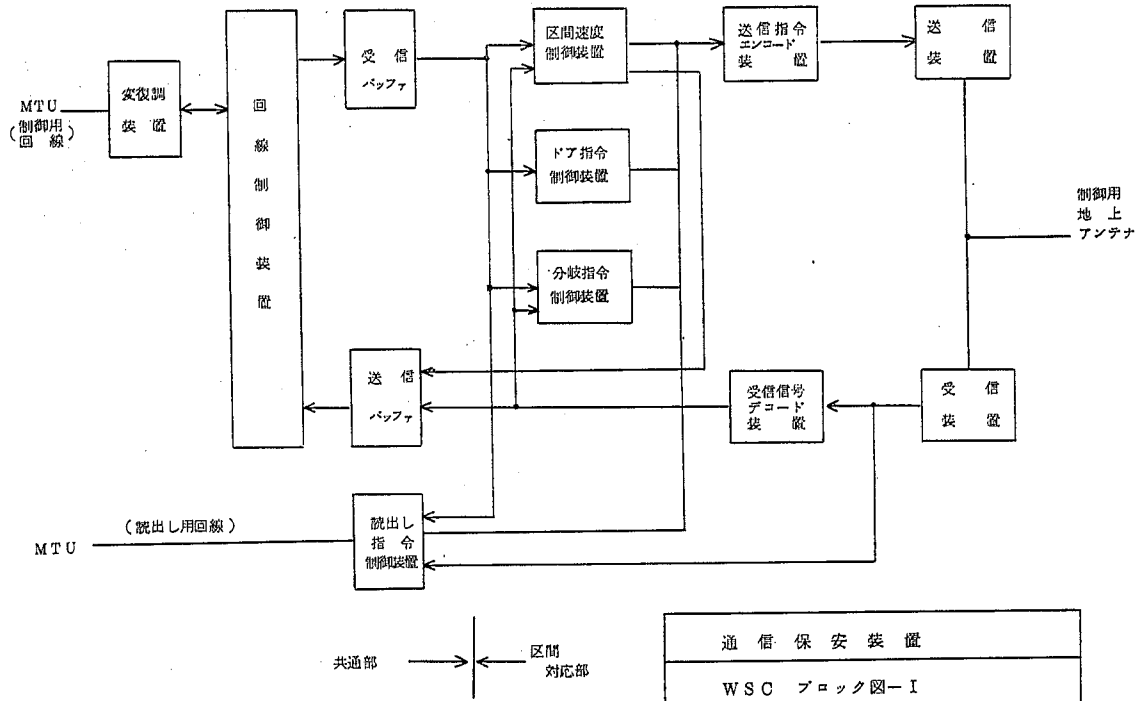


図Ⅱ 3.8－6	通信保安装置	ＷＳＣと制御用領域と区間



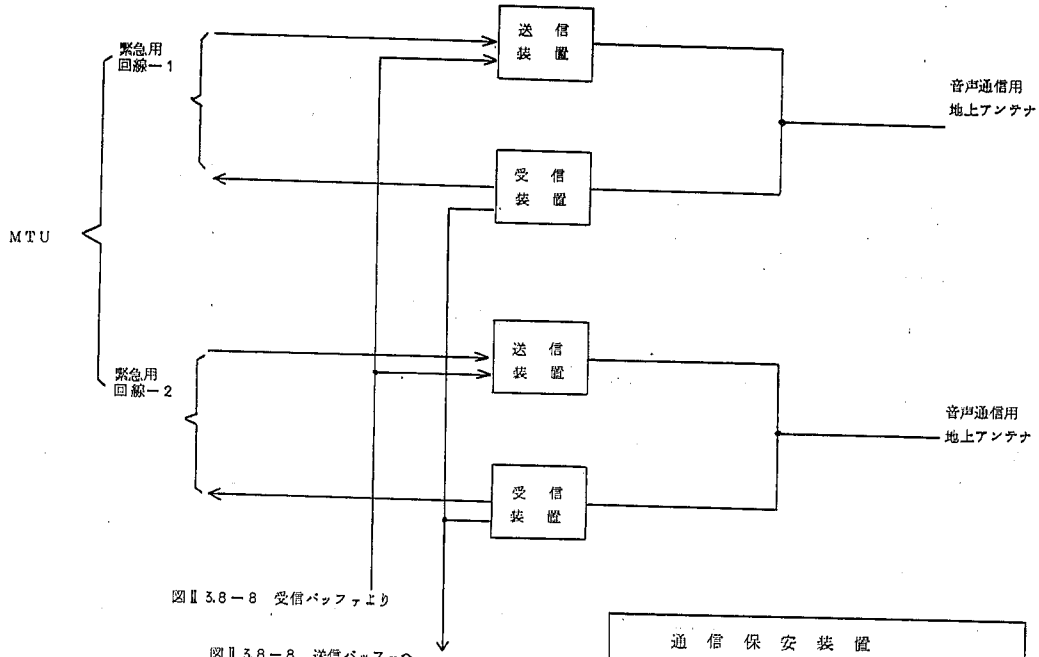
図Ⅱ 3.8－7	通信保安装置	WSCと音声通信用領域

427

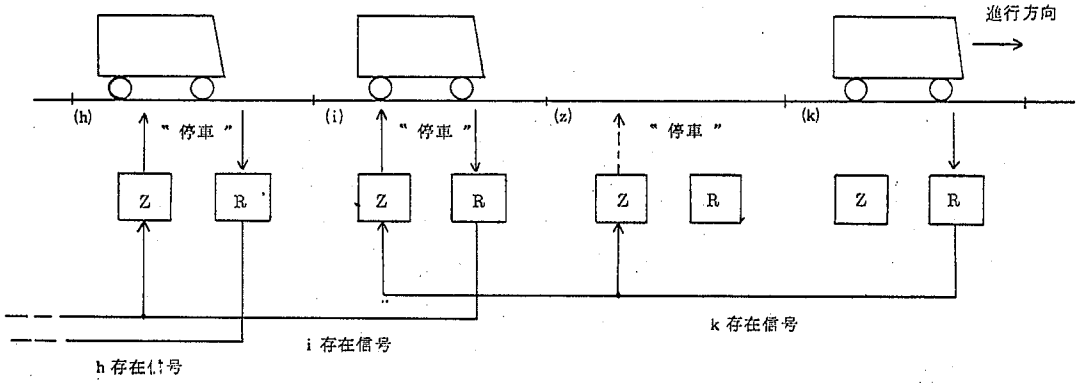


通信保安装置
WSC ブロック図－I
図II 3.8－8

428



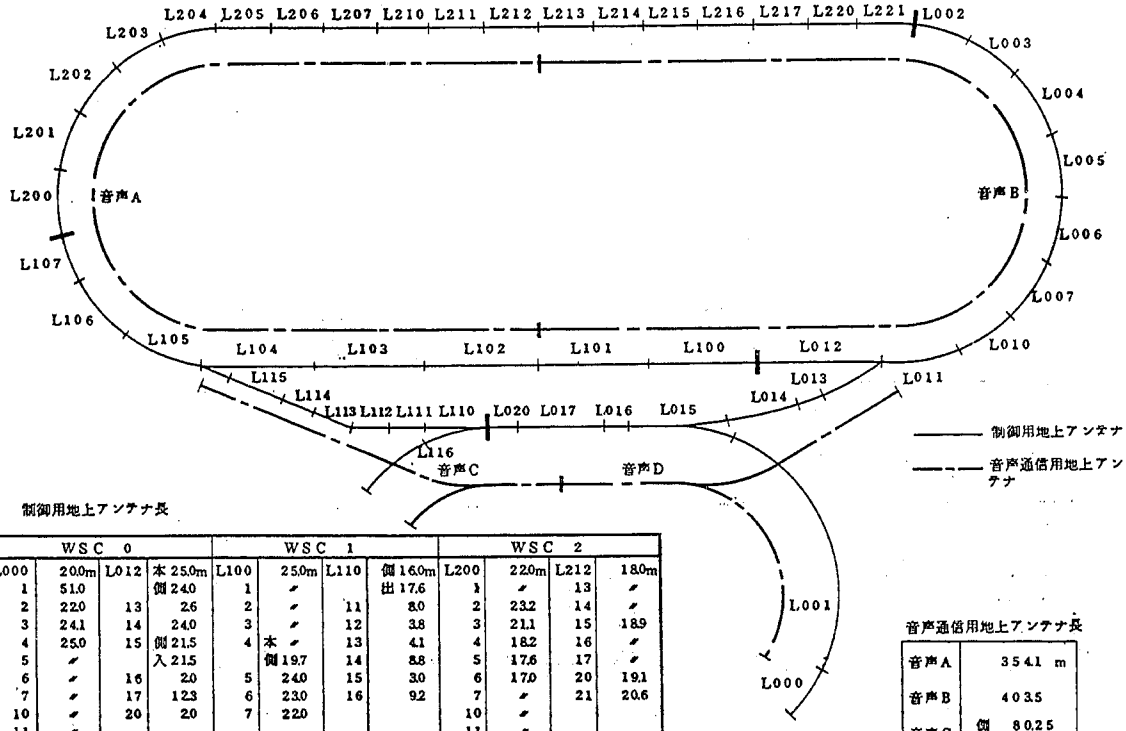
通信保安装置
WSCブロック図－Ⅱ
図Ⅱ3.8－9



R：存在
Z：閉そく
(h)～(k)：区間の番号

後方閉塞する区間数は，各区間毎に設定する。

通信保安装置
後方閉塞
図Ⅱ 3.8－10



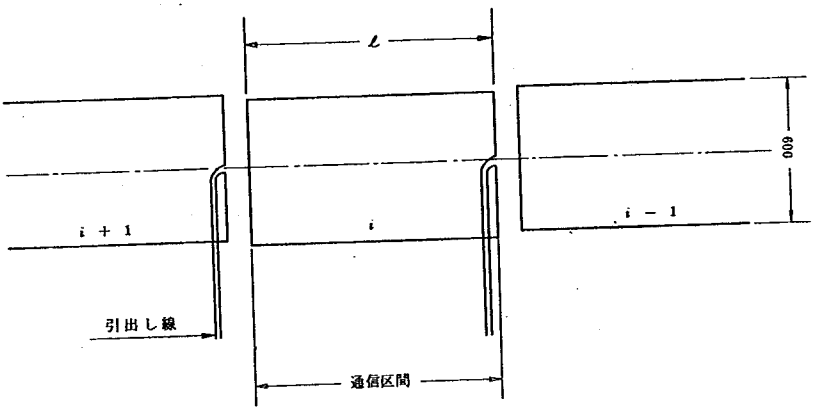
制御用地上アンテナ長

WSC 0				WSC 1				WSC 2			
L000	20.0m	L012	本 25.0m	L100	25.0m	L110	側 16.0m	L200	22.0m	L212	18.0m
1	51.0		側 24.0	1	〃		出 17.6	1	〃	13	〃
2	22.0	13	26	2	〃	11	8.0	2	23.2	14	〃
3	24.1	14	24.0	3	〃	12	3.8	3	21.1	15	18.9
4	25.0	15	側 21.5	4	本 〃	13	4.1	4	18.2	16	〃
5	〃		入 21.5		側 19.7	14	8.8	5	17.6	17	〃
6	〃	16	20	5	24.0	15	3.0	6	17.0	20	19.1
7	〃	17	12.3	6	23.0	16	9.2	7	〃	21	20.6
10	〃	20	20	7	22.0			10	〃		
11	〃							11	〃		

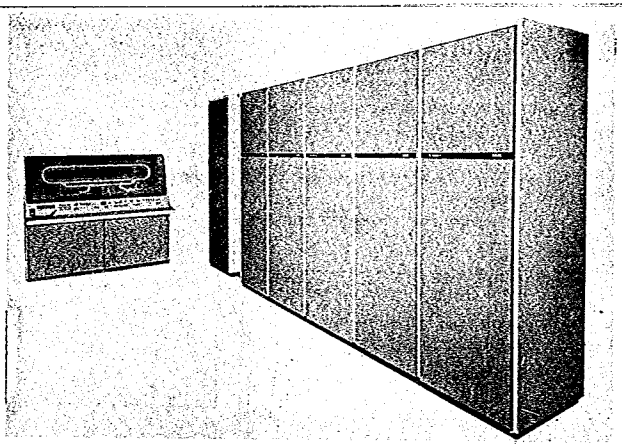
音声通信用地上アンテナ長

音声A		354.1 m
音声B		403.5
音声C	側	80.25
	入	92.5
音声D	側	71.55
	出	26.8

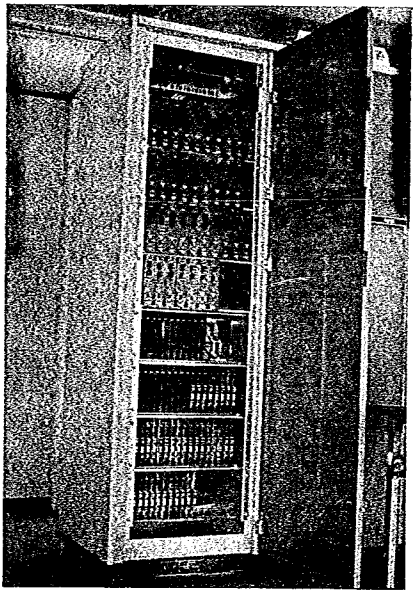
図II 3.8－11 通信保安装置 地上アンテナ通信区間長



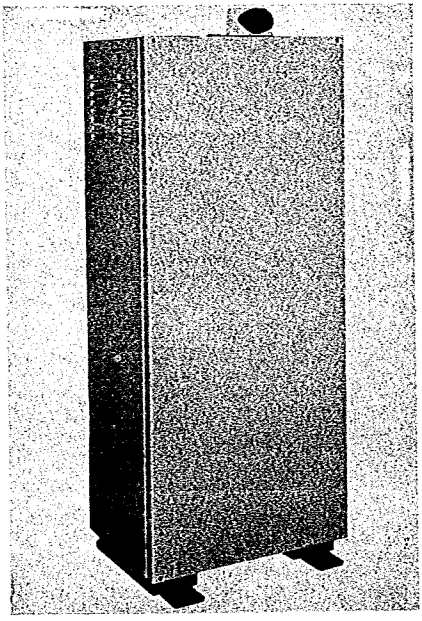
図Ⅱ 3.8－12	通信保安装置	制御用地上アンテナ



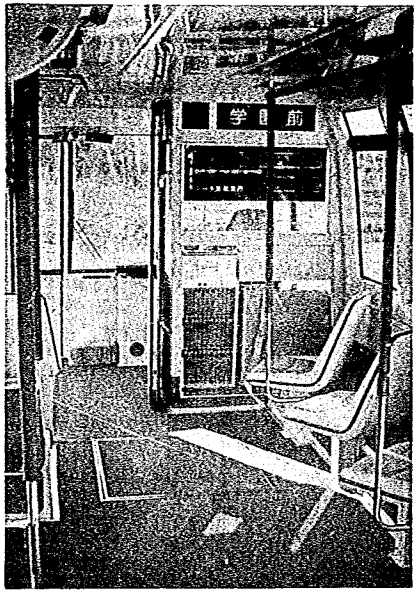
図Ⅱ 3.9－1　RCD，MTU，WSCの外観
（左からRCD，WSC 2（1架）　WSC 0.1（3架）　MTU（2架））



図Ⅱ 3.9－2　WSC の実装例



図Ⅱ　3.9－3　車上通信機の外観

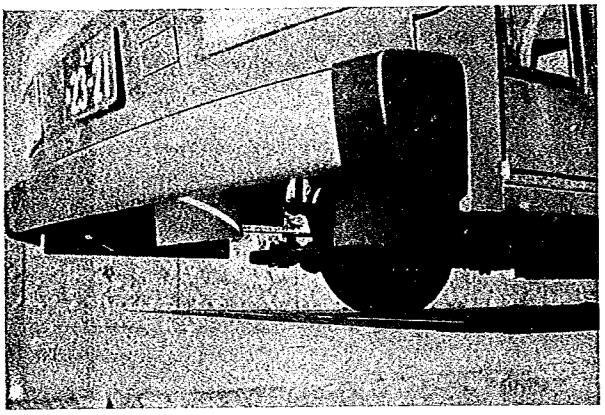


図Ⅱ　3.9－4　車上通信機（０２１号車）

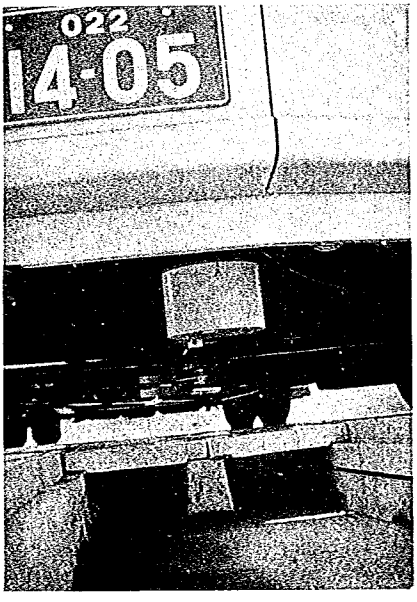


図Ⅱ　3.9－5　車上通信機（０２１号車）

435

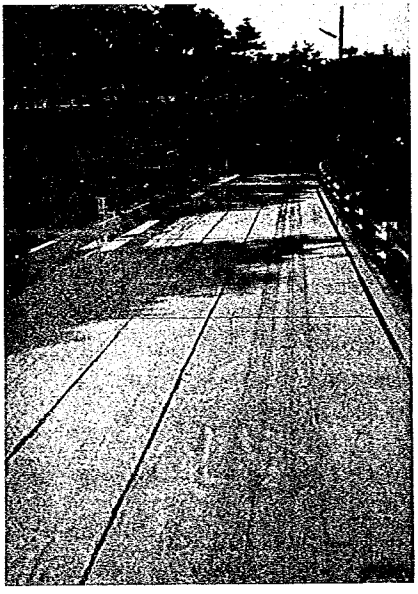


図Ⅱ　3.9－6　車上アンテナ（０２１号車）

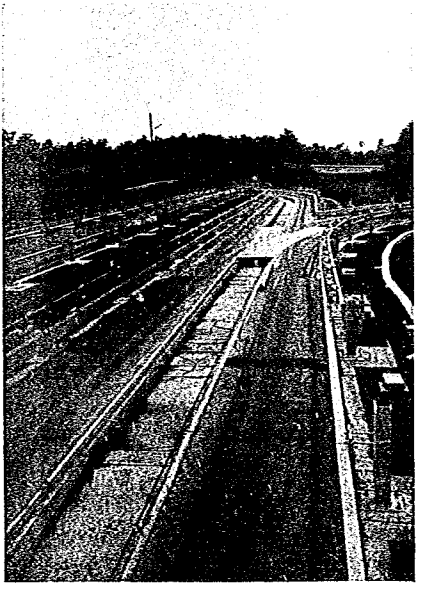


図Ⅱ　3.9－7　車上アンテナ（０２２号車）

436

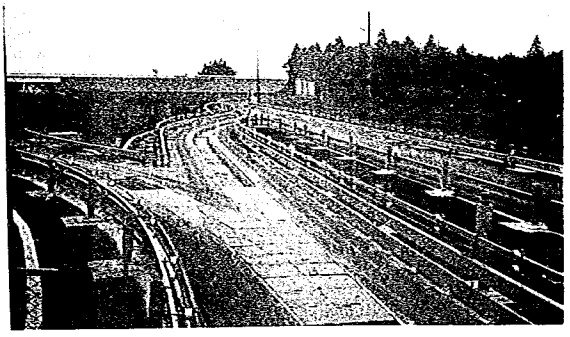


図Ⅱ
3.9－8
地上アンテナ埋設後の
表層仕上げ

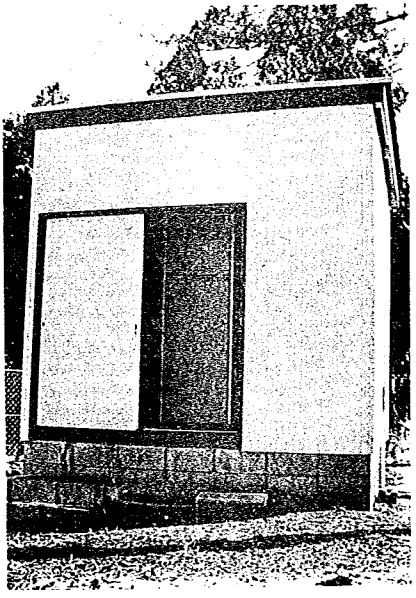


図Ⅱ
3.9－9
地上アンテナの
固定状態

437

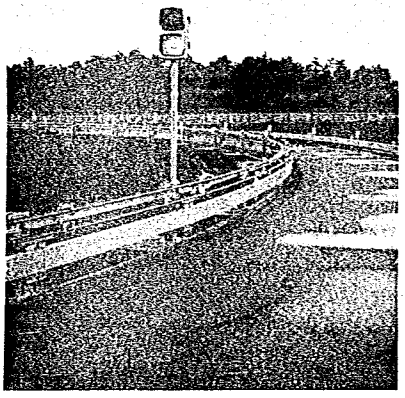


図Ⅱ　3.9－10　合流部の走行面

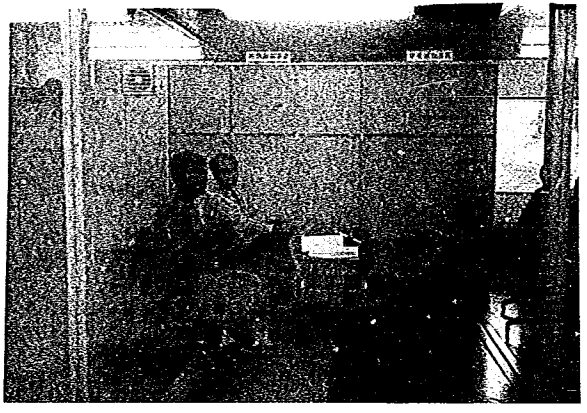


図Ⅱ　3.9－11　ＷＳＣ建屋の外観および
ＷＳＣ収納状況

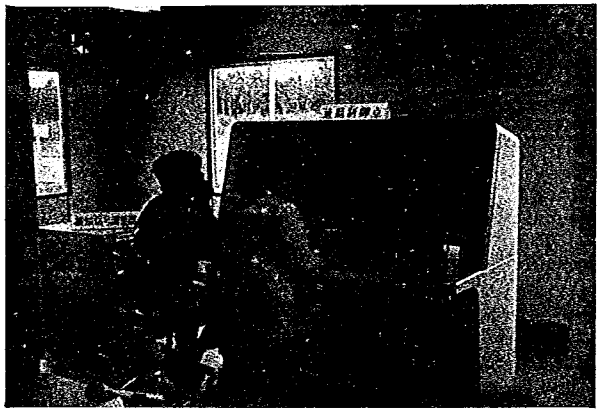
438



図Ⅱ　3.9－12
入場信号機



図Ⅱ　3.9－13　実験センタ内のＭＴＵ，ＷＳＣの設置状況



図Ⅱ　3.9－14　実験センタ内のＲＣＤの設置状況

445

4　中央制御装置

4.1　設計方針

4.1.1　地上制御システムの機能および役割

地上制御システムは、デュアルモードバスがガイドウェイ上におけるある定められた運行および速度に関する自動運転に必要な制御機能およびガイドウェイ上における車輌の状態の監視機能を果すもので、地上に設置された中央制御装置を主体として構成される。

地上制御システムのブロック構成を図Ⅱ4.1－1に示す。図において、車輌はガイドウェイ側面に設けられた給電架線より給電を受け、定められた一方向にガイドウェイ上を走行し、車輌下部に設置した車上アンテナ（ＣＡＮ）より車輌の状態情報を無線送信する。ガイドウェイに沿い地上アンテナ（ＷＡＮ）が設けられ、路側制御装置（ＷＳＣ）を介して車輌状態情報が受信され、中央通信装置（ＭＴＵ）を介し中央制御装置へ伝送される。中央制御装置は、この車輌状態情報および利用客の乗車要求をストップ操作盤より、また専用路分岐検知信号および車輌通過信号等を受けて、これら情報を適切な情報処理を行ない、適切なタイミングで車輌状態情報と逆方向に各通信装置を介して、制御情報を車輌に送信する、

車輌状態情報、車輌制御情報の授受、情報演算処理、利用客の乗車要求受入、を行なう機器、およびこれら機器の自動運転に必要な周辺機器を総称して、中央制御装置と呼ばれる。

4.1.2　設計条件

１）システム要求性能

デュアルモードバスシステムとして制御システムおよび中央制御装置に要求される主要性能は下記の様なものである。

①　運転モード　　後述ガイドウェイ上における車輌の自動運転

②　運行容量　　ガイドウェイ上で定員４０名の後述車輌を最高速度で運転した場合９，６００人／時の容量を有する。

③　最小車頭時間間隔　　ガイドウェイにおいて、１５秒

④　最高速度　　４０㎞／Ｈ

２）中央制御装置の機能

制御システムは、前述4.1.1の役割を持っているが、これを更に機能分解をし、中央制御装置における概略機能をあげると下記の様になる。

(1)　運行制御

①　運行管理　　中央制御装置による集中管理方式を採用し、車輌毎のスケジュール管理、ターゲット管理、車輌ＩＤ管理を行なう。

②　モード切換　　自動←→手動切換に応じ、自動運転の管理から外す。

③ 状態監視　車上制御装置で監視している車上機器および通信系の異常情報を受理し、処理指令を発すると共にオペレータへ通報する。

④ チエック走行　車輌が一般路よりガイドウェイへ進入し、入場線走行中に車上制御装置（ＣＣＵ）および中央制御装置により車上制御機器機能動作を点検する。

(2) 運転制御

① 車速制御　車速制御はポイントフォローイング方式を用い、路上固定閉塞区間への進入時刻を入力情報とし、運行管理の１部であるターゲット管理により得られるターゲットに追従する様、車輌に速度指令を与える。

② 定位置停止制御　バスストップに車輌を停止させる場合の制御で、地上に設置した通過検知器により得られる車速に応じ、車のブレーキタイミングを中央制御装置の演算により求め、ブレーキタイミングに応じたブレーキ指令を車輌に与える。

③ 発進制御　バスストップまたはガイドウェイに停止している車輌に、運行管理にもとづくターゲット割当を行ない、車速指令を与える。

④ 操舵制御　ガイドウェイ分岐部手前または合流部手前で車上の分岐輪を切換える際、中央制御装置より分岐輪の切換方向指令を与え、分岐状態の点検を行なう。

⑤ ドア開閉制御　車輌がバスストップで停止後に行なう制御で、中央制御装置により停止確認の後、車輌にドア開指令を与え、一定時間後ドア閉指令を与える。

⑥ 過大速度監視　車輌走行中、車速を監視し、車速が或設定速度を超える場合、これを過大速度として異常処理指令を与える。
この異常監視は車上制御装置（ＣＣＵ）によって行なわれるが、システムの信頼度向上のため、バックアップとして中央制御装置においても同時処理を行なう。

(3) その他

① バックアップ　中央制御装置主要構成機器である中央処理装置（ＣＰＵ）およびその主要周辺機器故障時のバックアップとして遠隔操作卓による遠隔操作が可能とする。

3）通信保安装置

通信保安装置は中央制御装置と車輌間で受授される状態情報および制御情報の伝達、車上と地上間の音声通話交信を行なうもので、これに必要な通信制御装置、通信回線、送受信装置および遠隔操作卓等から構成される。これらの機器は便宜上次の様にブロッ

442

ク構成で分けられる。

① 車載通信装置 （ＴＣＵ）

② 車上アンテナ （ＣＡＮ）

③ 地上アンテナ （ＷＡＮ）

④ 路側制御装置 （ＷＳＣ）

⑤ 中央通信装置 （ＭＴＵ）

⑥ 遠隔操作卓 （ＲＣＤ）

なお、通信システムは、車輌間の衝突防止、分岐論異常時の非常停止などの保安に必要な機能を受持っている。

中央制御装置と特に関連する通信システムの性能、特性は下記の様になる。

(1) 伝送方式および信号形態

①	中央制御装置－中央通信装置間	電圧および接点信号
②	中央通信装置－路側制御装置間	反転２速送符号によるサイクリック伝送 伝送速度　２４００Bit／S
③	路側制御装置－車載通信装置間	誘導通信によるトーン信号ＷＳＣ→ＴＣＵ間は連続送信、ＴＣＵ→ＷＳＣ間は時分割サイクリック送信
④	車載通信装置－車上制御装置	フォトカプリング

(2) 保安機能

前述の様に通信システムでガイドウェイ上の車輌に対する保安機能を受持っているが、中央制御装置では、この機能は下記の様に分類する。

(i) 固定閉塞

① 速度閉塞

車輌が存在する区間を基準とし、後方からの追突防止および合流部での衝突防止のため、０Ａ（または０２）は指令区間を設定する。

② 操能閉塞

本線から分岐する車輌に対し、分岐点進入速度を或一定値以下にして、制御指令を発する。

③ 側線閉塞

分岐点通過後の車輌に対しての追突防止のため、後続車を連続して分岐させないようにする信号を発信する。

(ii) 指令速度制限

区間において定められた最大速度より大きな速度指令を車輌に与えない様に制限する。

(iii) 分岐保安

分岐部および合流部の手前で、分岐輪状態が中央制御装置から指定された方向でない場合に、車輌を非常停止させる。

4）保安および地上検知器

(1) 保　安

ガイドウェイ上の車輌の保安は、通信システムを用い、在来の技術上最も信頼性の高い固定閉塞方式とする。そのためガイドウェイを適宜に定めた距離をもとにいくつかの区間に分割し、これを固定閉塞の単位とする。区間は車輌がその区間を走行する際の車速が或速度以下であることを条件として定められる。

車輌の区間通過情報および後後車の閉塞区間への進入制限指令は、誘導通信による地上・車輌間の通信により行なわれる。閉塞区間設定等の保安機能は、前述の様に通信システムのＷＳＣで受持つ。

本デュアルモード・バス・システムでは 4. 1. 2. 1 ）で述べた車輌時間間隔の要求および各区間における定められた最高速度条件が存するので、条件を満すためガイドウェイ個所により異った閉塞関係を対応させなければならない。ここでは、閉塞区間への後続車の進入を停止する速度閉塞と分岐部での後続者の速度制限を行なう操舵閉塞、側線への車輌台数を制限する側線閉塞などを必要に応じ組合せている。閉塞区間は車輌の進行方向後方に必要に応じた区間数を定める。

(2) 地上検知器

① 分岐輪検知器

ガイドウェイ分岐個所で制御指令に対応して車輌の分岐輪が正常に動作したことを確認監視するため、分岐輪検知器を設ける。検知方法は機械的な接触方式を採る。配置を図Ⅱ 4. 1 － 2 に示す。

② 通過検知

車輌がストップに停車する定位置停止精度を確保する手段としてストップ近傍に車輌の通過を確認する通過検知器を設ける。検知は光学系を用いている。この配置を図Ⅱ 4. 1 － 2 に示す。

4. 1. 3　安全対策

ガイドウェイ上の車輌に対し、制御システムとして高い安全性を確保するため次の様な機能を備える。

1）全般事項

① 機器の信頼度向上　　多重系化

② 〃 誤操作防止　　フェイルセイフ化

③ 車内との連絡　　緊急通話装置の設置

④ 危険防止

感電防止　　手動モードでパンタグラフ・バッテリー間の遮断

ストップ部での車体接地

車上漏電検知器の設置

非常ドア開予告スイッチにて給電停止

非　常　停　止　0.2G機械ブレーキによる非常制動

車内、ストップ、センターに非常停止ボタンの設置

過速度時の非常停止　車上監視による非常停止および中央制御装置での監視による非常停止指令の出力

2）機器動作監視

①　ガイドとの接触　誘導装置、分岐装置の状態　監視

②　扉　ば　さ　み　ドア開閉時ブザー鳴動、遮断物の検知

3）運行管理

①　チェック走行　ガイドウェイに進入する時に、自動運転機能をチェックし正常車のみガイドウェイを走行させる。

②　衝　突　防　止　路側制御装置による固定閉塞のほか車上オーバースピードチェック、中央制御装置による監視

4）異常時の処理　制御系内異常時の対策

4.1.4　運　転

デュアルモードバスシステムの運転を考える際、車輌の位置状態または制御態様により種々の運転モードが考えられるが、それらは以下の様にまとめられる。

1）地上側

ガイドウェイでの制御モードは次の3種に分けることができる。

①　自動制御モード　中央制御装置（CPU）による自動制御

②　遠隔操作モード　遠隔操作卓（RCD）を用いた人間による遠隔操作

③　停車モード　自動制御と遠隔操作切換のための過渡状態

2）車上側

車上の運転モードは7種に分けることができる。

4.1.5　区間分割と情報伝送

1）区間と伝送情報

前述の様にガイドウェイ上の車輌の保安は、固定閉塞を基調とし、ガイドウェイを分割し、制御上の便のため区間番号を付している。

それぞれの区間の長さ（延長距離）は、一部の調整可能区間を除き、それぞれ一定である。これらの区間は、また通信区間の単位と対応しており、各区間毎に地上アンテナ（WAN）が設けられ区間上の車輌と交信が出来る。この交信により、車輌状態情報を車上より地上へ、また指令情報を地上から車上へ送信できる。これら情報内容を表‖4.1－1に示す。

2）区間と閉塞関係

閉塞区間数、情報内容は、ガイドウェイによって異なり、次の様な関係とする。

(1) 本線部

原則として車輌存在区間を基準に、進行方向後2区間は、０Ａ　ブレーキ指令その後方1区間、０２　ブレーキ指令を後続車に与える速度閉塞とする。

(2) 本線分岐部、分岐線、ストップ線

分岐部分岐線、ストップ線部では、車輌走行の他に操舵制御が必要になりそれに対応して速度閉塞、操舵閉塞を組合せて使用する。

(3) 合流線、本線合流部

この場合は速度閉塞を原則とし、直進車（本線走行）と合流車（合流部走行）が閉塞において競合関係になった時は先取り優先とする。

(4) 入場線

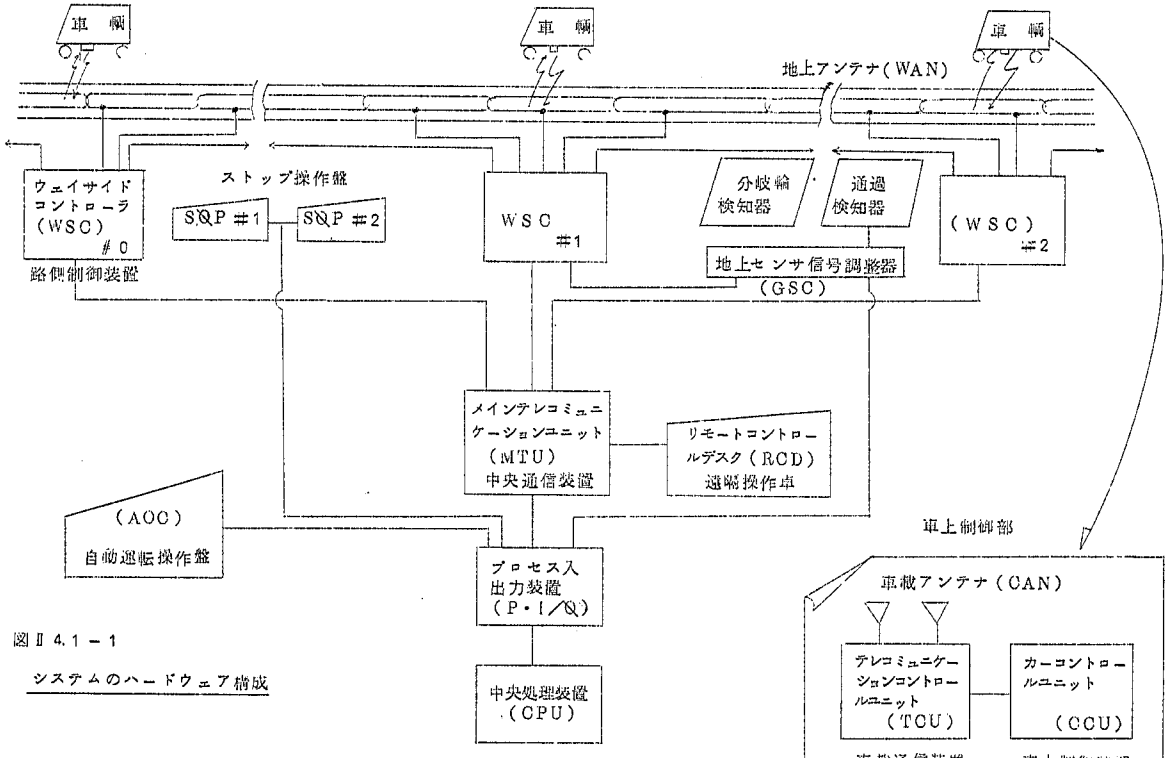
速度閉塞を行ない、分岐車との競合の際は先取優先とする。

(5) 退場線

退場線においては、速度閉塞を行なう。

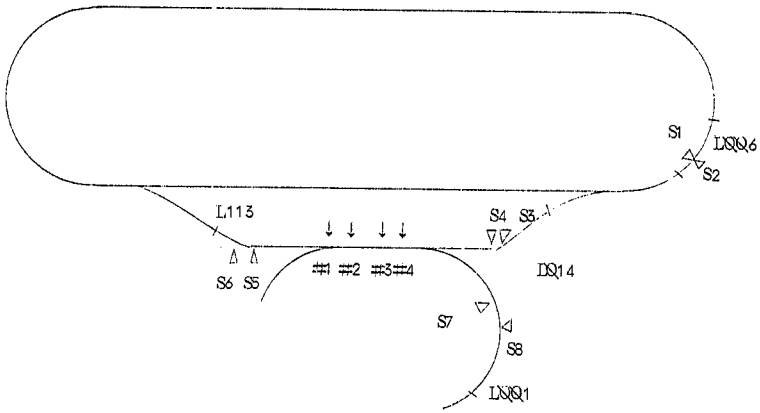
4.1.6　区間における速度制限

固定閉塞区間の長さは車輌がその区間で或一定速度範囲内で走行していることを条件に設定される。それ故、車速がその一定値以上にならない様制御するが、地上から車上への速度指令は、この一定値を越えてはならない。そこで中央制御装置よりの速度指令が万一この一定値より大きい場合には、路側制御装置でこれを送信せず、速度制限値を送信する。



図Ⅱ 4.1－1

システムのハードウェア構成



分岐輪検知器　8個　（△印）
通過検知器　4個　（↓印）

図Ⅱ－4.1－2　分岐輪検知器、通過検知器配置及び個数

表 Ⅱ　4.1－1　車輌－地上間で受渡しを行う情報

受渡方向	情　報　内　容
地 上 ↓ 車 輌	速度指令空間 調査内容読出指令区間 ＩＤ読出指令区間 分岐指令区間 ドア開閉指令区間
車 輌 ↓ 地 上	走行（停止）受付区間 調査要求受付区間 非常受付区間 ドア状態受付区間 次駅停車受付区間 チェック走行要求受付区間 分岐輪状態読取区間 分岐要求受付区間

4.2 中央制御装置仕様

4.2.1 構　成

中央制御装置は、ガイドウェイの車輌の種々の事象に対応でき、円滑な自動運転を可能ならしめる様に設置するもので、計算機システムおよびその端末機器、計算機システム用電線などより構成され下記の様な内容である。これらの機器ブロック構成を図Ⅱ 4.2－2に示す。

(i)	中央処理装置（CPU）	1式
	① 演算制御部	1
	② 主記憶装置（メモリモジュール）	1
	③ メモリ保護モジュール	1
	④ 時計モジュール	1
	⑤ セレクタチャネル	1
	⑥ 警報モジュール	1
	⑦ 割込みモジュール	2
	⑧ 磁気ディスク装置	1
	⑨ 高速インパクトプリンタ	1
	⑩ 紙テープ読取装置	1
	⑪ 紙テープせん孔装置	1
	⑫ ラインプリンタ	1
	⑬ プロセス入出力装置	1
(ii)	自動運転操作盤（AOC）	1
(iii)	ストップ操作盤（SOP）	2
(iv)	定電圧電源装置（IMG）	1
(v)	分　電　盤　（DSP）	1

4.2.2 機　能

1）中央処理装置（CPU）

ガイドウェイの車輌の状態情報信号を中央通信装置（ＭＴＵ）、ストップ操作盤（ＳＯＰ）、自動運転操作盤（ＡＯＣ）、地上センサ信号調整器（ＧＳＣ）より受け、車輌の運行制御、運転制御に関する情報処理演算を行ない、必要な制御指令信号を与えるために設けられている計算機システムで、車輌の種々の事象に対応できるよう処理プログラムが組込まれる。情報は、オンライン・リアルタイムで処理される。

2）自動運転操作盤（AOC）

車輌の自動運転時にＣＰＵに対し、発進指令、運行制御中の運行モードⅠ、Ⅱ、Ⅲの設定指令、走行停止、非常停止、実験終了、ストップ非常解除指令などを行なう制御操作盤である。また、プロセス入出力装置と外部機器との信号線の中継にも併用さ

450

れる。

3）ストップ操作盤（SOP）

ガイドウェイバース部に1個設置され、乗客が車輌を呼出すデマンド指令、乗務員がチエック走行後の自動運転開始を要求する機能、および自動運転解除を乗務員に知らせる機能が備えられる。

4）定電圧電源装置（IMG）

中央制御装置の電源装置で負荷変動および入力電源瞬断に対して一定電圧低歪率特性が得られる様設計される。過電流保護、過電圧保護等が施されている。

5）分　電　盤（DSP）

定電圧電源装置の出力を分配し、ノーヒューズブレーカを介して各機器へ適正電力を供給する。

4.2.3　仕　　様

1）中央処理装置

中央処理装置の各機器は図Ⅱ 4.2－2に示す構成で接続される。構成機器のうち、演算制御部、主記憶装置、メモリ保護モジュール、時計モジュール、セレクタチャネルおよび警報モジュールは専用キャビネットに収容され、情報処理演算の主要な機能を果し、表Ⅱ 4.2－1に示す仕様である。キャビネットには図Ⅱ 4.2－1に示す制御パネルが設けられる。

プロセス入出力装置と割込モジュールはまた一つのキャビネットに収容され、中央処理装置からの指令情報および中央処理装置外からの情報受渡し機能を果し、表Ⅱ 4.2－2に示す仕様である。

磁気デイスク装置は、補助記憶装置としての磁気デスク本体とデータおよび命令を信号変換し、制御する磁気デイスク制御装置から成り、専用キャビネットに収納され、データの記憶機能を果す。

高速インパクトプリンタは、演算制御部との情報交換を専用回線で行なえる様設計されたプリンタで、キーボード、プリンタ、紙テープ読取部、紙テープせん孔部、専用デスク等から構成され、オンラインで各種プログラムの操作ができる。

紙テープ読取装置は、非同期方式による光電式読取装置で、紙テープのデータホール，スプロケットホールを通過する光をセルアンプで検出する。

紙テープせん孔装置は、演算制御部より送られてくる並列8ビットせん孔機にセットした紙テープ上にせん孔する装置で、演算制御部収納の専用キャビネットに取付けられる。

ラインプリンタは、中央処理装置のデータを所定のシステムプログラムに従い、オンラインでタイプ出力する装置で入出力インタフェースおよびラインプリンタ装置より構成される。

451

磁気ディスク装置、高速インパクトプリンタ、紙テープ読取装置、紙テープせん孔装置の仕様は表Ⅱ4.2.－3表に示す通りである。

各機器の外観を図Ⅱ4.5－1、図Ⅱ4.5－2、図Ⅱ4.5－3および図Ⅱ4.5－4に示す。

中央処理装置に必要な所要電源および各機器の寸法、重量は次の通りである。

(i) 所要電源

電　圧	AC100V	±10%
周波数	50HZ	± 1%
波形歪率	5%以下	

(ii) 寸法重量

	(mm)	(Kg)
メインキャビネット	601× 817×1788	約290
磁気ディスクキャビネット	〃	200
入出力装置キャビネット	〃	260
高速インパクトプリンタ	1148× 745× 865	130
ラインプリンタ	885×1027×1120	450
紙テープせん孔装置	600× 800×1125	60

2）自動運転操作盤（AOC）

自動運転時に中央処理装置に発進指令、スケジュール管理におけるスケジュール運行（モードⅠ）,デマンド運行（モードⅡ）,運行打切（モードⅢ）の設定指令、走行停止、非常停止、実験終了およびストップ非常解除指令を行なう為用いる操作盤で下記の機構を備える。外観を図Ⅱ4.5－1に示す。

① 中央処理装置指令用押ボタン群（押ボタンは表示付で中央制御装置の処理確認可能）

② 中央処理装置向データセット用投入スイッチおよびセット確認用表示ランプ

③ 中央処理装置異常検知用非常ランプおよびブザー

④ 変電所の投入／遮断信号取込および変電所への架線電源遮断指令出力

⑤ ストップ操作盤および通過検知器の信号取込および割込モジュールへの出力

⑥ ディジタル入出力装置出力をもとにするストップ操作盤表示ランプ点灯電源の出力

⑦ 中央処理装置よりの入場信号機制御情報取込および中央通信装置への出力

⑧ 遠隔操作卓からの信号取込およびストップ操作盤への出力、ディジタル出力の取込および遠隔操作卓およびストップ操作盤への出力

3）ストップ操作盤（SOP）

ガイドウェイバース部に設けられ、4.2.2、3）の機能を有する。屋外設置のため函体は防水構造で盤面には指令または要求操作用押ボタンスイッチおよび操作に必要

452

な情報を示す表示ランプ、警報ブザーが配される。外観を図Ⅱ 4.5－5に示す。

4）定電圧電源装置（ＩＭＧ）

地上制御系に安定な電源を供するために設けられる電動発電装置で発電機本体と制御盤より構成される。

定格出力は、容量１０ＫＶＡ、電圧ＡＣ１００Ｖ・±２％、波形歪率は全負荷で５％で、入力はＡＣ２００Ｖである。外観を図Ⅱ 4.5－6、図Ⅱ 4.5－7に示す。

5）分　電　盤（ＤＳＰ）

定電圧電源装置より供給される電源を、中央処理装置、通信保安装置などの各部へノーヒューズブレーカを介して分配する。

453

論理回路素子		LSI・MSI・SSI
記憶装置	素子	磁気コア
	ビット数	16ビット十1ビット(パリティ)
	サイクルタイム	0.8μS
	容量	64KB
演算制御部	演算方式	2進並列、固定小数点、2の補数
	命令数	113 (基本)
	アドレス方式	直接指定可、インデックス修飾可
	レジスタ	16個(16ビット/1個)
	制御方式	マイクロプログラム方式
	演算速度	固定小数点:加減算 1.0μS 乗算 6.8~10.0μS 除算 13.3~15.5μS
語長	命令語	16ビット および 32ビット
	固定小数点	16ビット
	データ語	8・16・32ビット
割込	割込機能	固定小数点除算オーバーフロー 演算処理装置異常 イリーガル命令 プロテクトモード スーパーバイザーコール(16レベル) 基本外部割込 オートマティック1/0(255レベル) チャンネルターミネーション チャンネルターミネーションキューオーバーフロー
	割込レベル	内部 6・外部 32
転送速度	入出力バス	最高 65KB/秒
	セレクタバス	最高 1000KB/秒
標準装備の特殊機能		乗除算機能・メモリマイクロ診断機能 電源断検出機能・オートマティック1/0機能
オプション		メモリ保護モジュール 計時モジュール(水晶発振器、電源周波数同期) セレクターチャンネル 警報モジュール

表Ⅱ4.2－1 中央処理装置仕様

454

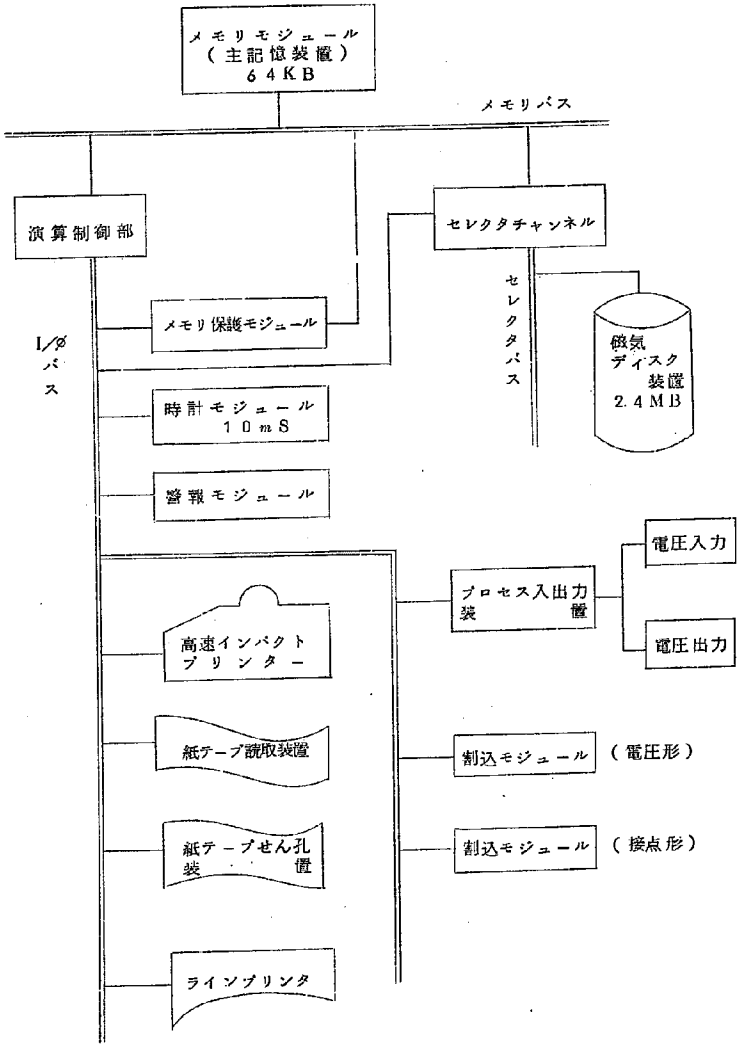
品　　名	仕	様
ディジタル入出力装置	入力ボード	６４点／枚×５枚
	出力ボード	６４点／枚×５枚
	入出力速度	約６μＳ／Ｂ
	入力形式	電圧入力　〝１〟＝＋９Ｖ～＋１５Ｖ
		〃　　〝０〟＝０Ｖ～＋５Ｖ　１０mA以下
	出力形式	トランジスタのオープンコレクタ
		〝１〟＝0.5Ｖ　１００mAmax
		〝０〟＝３０Ｖ　max
割込モジュール	割込点数	電圧形１６点・接点形１６点
	入力形式	電圧形　〝１〟＝＋９Ｖ～＋１５Ｖ
		〃　　〝０〟＝０～＋５Ｖ　１０mA以下
		接点形　〝１〟＝接点〝閉〟
		〃　　〝０〟＝接点〝開〟
	最大応答速度	電圧形　２５Ｋパルス／秒
		接点形　２０パルス／秒

表Ⅱ 4.2－2　プロセス入出力装置仕様

455

品　名	仕	様
磁気ディスク装置	記憶容量	2.4MB
	記憶密度	2200BPI
	トラック数	400トラック
	回転数	1500RPM
	転送速度	153KB／秒
	ヘッド位置決め時間	平均　70mS
	記録方式	NRZ　FMセルフクロック方式
	転送方式	256　B　ブロック転送
高速インパクトプリンタ装置	速度	30字／秒
	印字数	158字／行
	印字間隔	10字／インチ
	行間隔	6行／インチ
	印字文字種類	128種（英字・数字・カナ・特殊記号）
	使用コード	JIS　7ビット＋パリティ
	読取部・せん孔部単位数	8　単位
	読取部マニアルフィード	有り
	キーボード	JIS　4段シフト
紙テープ読取装置	読取速度	500字／秒
	単位数	8　単位
	使用テープ	電子計算機用各種色テープ
紙テープせん孔装置	せん孔速度	110字／秒
	単位数	8　単位
	使用テープ	電子計算機用各種色テープ
ラインプリンタ装置	印字速度	220行／分（132桁）
	印字数	132字／行
	印字間隔	10字／インチ
	行間隔	6行／インチ
	印字文字種類	128種（英字・数字・カナ・特殊記号）
	複写能力	6枚（30～35㎏用紙使用の時）

表Ⅱ4.2－3　周辺装置仕様



図Ⅱ4.2－2　中央処理装置（CPU）構成図

457

4.3 ソフトウエア

4.3.1 運行制御

1）ソフトウエアの機能

地上制御システムはガイドウェイ上の車輌の自動運転制御を第一義の目的としており、中央制御装置を主体として構成されるが、中央制御装置は制御システムが路上の車輌の全ゆる状況にも対処できる弾力性を持つ必要があり、そのために情報処理を行なう中央処理装置は、電子計算機システムとしている。その結果として、電子計算機利用ソフトウエアが重要な要素となる。

このソフトウエアは、プログラム体系として具体化されるが、プログラム体系の中、電子計算機基本動作を指示するシステムプログラム（システムソフトウエア）を除く応用プログラムの役割または機能が制御システムの目的と云い得る。

本計画の応用ソフトウエアは、車群のスケージュル運行を基本とする。スケジュールは予め時間帯、乗客の利用形態等に応じ、数種の運転パターンを組合せたダイヤグラムで設定されており、定められた地点（例えばバスターミナルのチェックウェイ進入時等）で、運転パターン別に車輌を区分し、車輌出発時に指定車を発車させる方式を採り、トリップ時間等により、定められたダイヤグラム通りに運行または運転整理ができない場合には、別途スケジュール変更を行なうものとしている。

本計画の応用ソフトウエアは、上述の様にスケジュールは予め与えられるものとして、ダイヤグラム編成は、その機能および役割の対象外としているので、車毎にスケジュールを設定した後の個々の車輌の操従制御、進路制御、車群の制御、保安制御等広義に運転制御と呼ばれる制御機能、一般路と専用路間の切換および車輌指令情報の車輌－地上間の受渡し機能を目的として作成され、これら機能を総称して運行制御機能と呼ぶ。

2）運行制御機能の分類区分

本計画では運行制御機能を下記の様に分類する。なお、分類に用いられる用語の概念は、一般用語で用いられる通念とは必ずしも一致していない。図Ⅱ 4.4－1にガイドウェイ上、車輌の機能の関係を示す。

(i) 運転制御

① 車速制御

② 停止制御

③ 発進制御

④ 分岐制御

⑤ ドア開閉制御

(ii) 車輌運転モード切換制御

⑥ 入場制御

⑦ 退場制御

⑧ 非自動モード

(iii) 運行管理

⑨ 車両ＩＤ管理

⑩ スケジュール管理

⑪ ターゲット管理

(iv) 異常処理制御

⑫ 異常処理

⑬ 異常車の処置

⑭ 後続車の処置

(v) センターオペレーション

⑮ システムスタート

⑯ 自動↔遠隔切換

⑰ システムクローズ

3）各機能の定義および内容

(1) 運転制御

(i) 車輌制御

車輌の円滑な運転を実現するため、場所に応じて、車輌の速度を制御する制御方式はポイントフォローイング方式とし、ガイドウェイ区間に応じて定められた速度指令を適切なタイミングで車輌に与える。（詳細は4.3.2項参照）

(ii) 停止制御

車輌の停止は、ストップでの定位置停止と異常時等の非常停止に分けられる。

① 定位置停止

本線からの分岐車およびガイドウェイ進入チェック走行車をストップ部定位置に停止させる。分岐車に対しては側線進入時点から車速を５Ｋｍ／Ｈに減速させ（指令を出し）、車輌がストップ部に進入した後は通過検知器により車速を測定し定位置に停止する様なタイミングで０１ブレーキ指令を行なう。停止状態確認後０２ブレーキ指令を行なう。

② 非常停止

車輌運転中に異常が発生した場合、異常内容に応じ車に停止指令を与える。停止指令を発する機器には、車上制御装置（ＣＣＵ），路側制御装置（WSC），中央処理装置（ＣＰＵ）などがあり，停止指令としては０Ａ，０１などの種類がある。ソフトウェア上では中央処理装置の発する指令が内容に含まれる。指令種類と発信機器，異常内容の関係は次の通りである。

459

機器＼指令	０Ａ　指　令	０１　指　令
車上制御装置（ＣＣＵ）	・車軸異常（ＥＭＧ１・２）＊	・車軸異常（ＥＭＧ３）＊
路側制御装置（ＷＳＣ）	・速度閉塞区間侵入（本線上では０２指令もある） ・分岐輪チェック異常 ・通信系異常 ・中央処理装置異常	
中央処理装置（ＣＰＵ）	・監視項目の異常時 ・ストップ操作盤、自動運転操作盤の非常ボタンが押されたとき ・通信系異常	・非常停止車の後続車

(iii) 発進制御

発進には次のケースがある。

発進 ┬ ストップ発進……ストップに停止している車をターゲットに割当て出発させる。
　　└ 再発進
　　　 ┬ 本線発進 ……本線又は合流線に停止している車をターゲットに割当て出発させる。
　　　 └ 側線発進 ……分岐線に停止している車を発進させる。

（註） 再発進のケース

1. 非常停止車およびその後続車を異常復旧後に発進させる場合
2. システムスタート（再スタート）時にガイドウェイ上に車が存在している場合

① ストップ発進

ドア閉信号確認後、運行管理中のターゲット管理機能によりターゲット割当を行って速度指令を与える。

② 本線発進

車輌に０Ａ解除指令を与えまたターゲット割当を行って、速度指令を与える。

460

この場合、速度指令を与えるタイミングは、ターゲット通過より早目に行う。

③ 側線発進

車輌にＯＡ解除指令を与え、速度指令を行う。

(iv) 分岐制御

列車における進路制御に相当するもので、分岐部手前または合流部手前で分岐方向を車輌に指令する。分岐輪切換終了後状態チェックを行い、異常時には非常停止に移行する。

(v) ドア開閉制御

車輌がストップ部で停止したら、車輌にドア開指令を与え一定時間後にドア閉指令を与える。戸ばさみ防止の制御は車上でマイナーコントロールで行なう。車輌が発車する場合には、全てのドアが閉状態であることを確認する。走行中にドア開状態になった場合は後述異常処理に移行する。

非常の際に、車内で非常ドアスイッチカバーを破ると、その信号を車上より受け、架線への給電を停止する。

(2) 車輌運転モード切換制御

(i) 入場制御

車輌が一般道路からガイドウェイへ入場し、バスストップに停車するまでの制御で車輌上の運転手が車のモードを手動（Ｍモード）から自動（Ａモード）へ切換える時点より開始される。

Ｍモード時点から地上制御装置は車輌存在確認後、運行管理に従いＩＤ読出し運転スケジュール設定、進入許可指令、チェック走行開始指令、車輌状態チェック、分岐制御などを行う。

(ii) 退場制御

車輌のガイドウェイからの退出に伴い中央制御装置では該当車を自動運転から外し退場線に０１指令を与える操作である。ガイドウェイからの退出には、運行スケジュールにしたがった場合と異常車の退出の場合の２ケースがある。このときストップ操作盤（ＳＯＰ）の自動運転解除のランプを点灯する。

(iii) 非自動モード

ガイドウェイ上の運転手の操作による非自動運転は、次の様に分類する。これらは自動運転を行なわない車輌の移動や入退出に用いる。

① 出　　入（Ｇφモード）

② 手動介入（ＡＳモード）

③ 手動介入による保安解除（Ｍφモード）

モード切換は車輌とセンター間で通話連絡により確認をとりながら行われる。

(3) 運行管理

(i) 車輌ＩＤ管理

自動運転中の車輌の運転記録作成、車輌状態の監視、運行スケジュールの設定などを目的とし、車輌状態情報の照合を行なうため、各車輌にＩＤ（車輌番号）を割当てられており、ＩＤを読取ることにより、以後の運行管理を行なう。

(ii) スケジュール管理

車輌の自動運転の際のスケジュールおよび運行ルートの設定およびそれに関連する情報の処理操作で、次の内容を含む。

a　運行モード設定

b　運転スケジュール設定

c　バース割当て

d　バスストップ停車選択

① 運行モード設定

運行モードを次の様に分類し、自動運転操作盤（ＡＯＣ）より指令する。

a　スケジュール運行（運行モードⅠ）	停車ストップがスケジュールで予め定められている（たとえば、急行、各駅停車など）。主にピーク運転時に用いる。
b　デマンド運行（運行モードⅡ）	車内の乗客の降車要求およびストップでの乗車要求により、ストップへの停車スケジュールを定める。主にオフピーク時に用いる。
c　運行打切り（運行モードⅢ）	自動運転車輌をガイドウェイより全て退出させる。

② 運転スケジュール設定

予め数種の運転パターンを設定しておき、入場車に対し車輌毎にスケジュール設定を行う。運転パターンの選択は入出力タイプライタから任意設定できる。

③ バース割当

車輌がストップに停車する場合、分岐車、チェック走行車相互間で進入条件ストップ状況の点検を行い、各車にバースの割当を行う。

④ ストップ停車選択

デマンド運行時には、乗／降要求にもとづき、停車スケジュールを定めストップへの停車通過を選択する。選択方法は下記の通りである。

a　乗車要求選択

ストップ操作盤（ＳＯＰ）の停車要求ボタンを押すことにより乗車要求が発生すると、中央処理装置（ＣＰＵ）はこれを受け停車要求ランプを点灯し

462

ストップへの進入条件を満足する最も近接している車を指定する。また配車決定以前に停車要求の取消があれば乗車要求を消去して、停車／通過の再決定を行う。

b　降車要求選択

定められた区間で車より次駅停車要求（降車要求）が中央処理装置（ＣＰＵ）に送られると、進入条件をチェックし、条件を満していればバース割当を行い、ストップに車を停車させる。

進入条件が満足しない時は、車はバース割当を受けられず通過する。

(iii)　ターゲット管理

運転制御はポイントフォーロイング方式を基に行われるが、この基準ポイントであるターゲットの発生および車輌への割当解除操作を行う。

①　ターゲットの発生

車輌が追従制御を行う区域は、本線および合流線で、この区域については、中央処理装置（ＣＰＵ）内で運転パターンをもとに定められた走行パターンでターゲットを発生させる。

ターゲットの発生間隔は一定とし、合流線では本線上のターゲットに対応するターゲットを、合流部で一致する走行パターンで発生させる。

以上により、車頭間隔は、ターゲット発生間隔の整数倍に保たれる。

②　ターゲット割当／解除

a　割　当

ストップから発進する場合または本線発進時に、追従可能な空きターゲットを割当てる方法で行う。

尚、本線発進時には、同時起動の台数に制限をつける。

b　解　除

分岐線に進入した場合、または異常発生により非常停止した場合に、ターゲットを解除する。

(4)　異常処理制御

(i)　異常処理

車輌の自動運転中に制御システム系内での車輌、通信制御系の非定常状態運転スケジュールにおいて適正と規定する車輌状態を逸脱した場合および情報信号の混乱などの事態を異常として、その対応処理および指令をオンラインで行う。処理の手順を図Ⅱ 4.4－2に示す。

(ii)　異常車の処置

車輌に異常が生じた場合、中央処理装置による対応処理後の対象車への処置は十分考慮している。

(iii) 後続車の処理

異常発生などで非常停止車が出た場合、後続車は前方車よりある距離だけ離れた手前で０１指令により停止する。先行車およびストップ部の車は停止させない。

スタート時には全車が同時に起動しない様適当な間隔でスタートさせる。

(5) センターオペレーション

中央制御装置による制御開始（システムスタート）、制御停止（システムクローズ）、自動－遠隔モード切換などがあり、車輌の種々のケースについて考慮されている。

4.3.2 車速制御

車速制御は、車輌の安全な車間を保ち、かつ円滑な運転を目的として行なわれる制御機能で、運転制御の主要機能となっている。

車の動力は電源で、駆動は電動機によるから、車速制御操作は、電動機操作およびブレーキ制動操作により行なわれる。

これら操作は、自動運転の場合には、車上制御装置（ＣＣＵ）の出力情報信号により自動で行なわれるが、車上制御装置（ＣＣＵ）は中央処理装置（ＣＰＵ）の指令値をもとに情報を出力する。そこで本節では、中央処理装置（ＣＰＵ）における制御について車速制御に関連する事項を述べる。

１）分　類

車速制御は次の様に分けることができる。

- 車速制御
  - 定常走行制御
  - 加減速走行制御
    - 発進（加速）
    - 一斉加速、一斉減速
    - 分岐部減速、合流部加速
  - 停止制御
    - 定位置停止制御
    - 非常停止

２）制御方式

車速制御はポイントフォーロイング方式により車頭時間間隔を一定に保つ様に制御を行なうことを基本とする。

中央制御装置では、車輌が追従するポイント（ターゲット）を装置内で想定し、車輌が専用路上の区間境界通過毎に得られる通過時刻を入力情報として処理装置内で想定ターゲットと時間、距離の関係から適当な制御モードを選択し、そのモードから制御タイミングを計算し、そのタイミングに合せて、速度指令を与える。

車輌は中央制御装置により与えられた速度指令を得て、速度パタンを発生し、その速度パターンに追従する様、車速を入力情報としてフィードバック制御を行うことを基本とする。

これら制御をブロック図で図 4.4－3に示す。

3）定常走行制御

定常走行とは、ターゲットが或一定速度で走行する状態を云い、こゝでは、速度指令により2位置制御を行っている。

この場合の速度指令は、車輌が区間境界を通過する度に得られる通過時刻情報およびターゲットが区間境界を通過する度に得られる情報から追従誤差を求める。これをもとに区間毎に設定されたヒステリシスを介して、次の区間における速度を上位又は下位速度に指令する。

ヒステリシスとは、追従誤差によって生ずる或地点における時刻の差の上限下限の設定許容値で、通常は進み遅れとも同一の許容値とするが、分岐、合流地点では進み勝手（基準より遅れ許容を大きく、進み許容を小さくする）、遅れ勝手の許容値等とする。

4）加減速走行制御

加減速走行制御は、車輌を加速、減速する場合に採る制御で、ターゲットが或一定加速度で走行する状態を云う。

中央制御装置は、加減速開始区間での追従誤差に応じ、速度指令のタイミングを調整して車輌に速度指令を与える。

車輌は、指令を受けて加減速時の速度パターンを発生し、その速度パターンに追従する様車速を入力情報としてフィードバック制御を行なう。

5）定位置停止制御

車輌がバスストップに入場する際に行われる制御で車輌がストップ手前の2個の通過検知器を通過する時刻を中央制御装置に割込によって入力し、これを入力情報として車輌の進入速度を求めてブレーキ指令を与えるタイミングを計算し、01ブレーキ指令を出す。

4.3.3 機能の流れ

中央処理装置（CPU）ソフトウエアは制御機能の処理演算を行う手順にしたがって組立てられ、一連の機能手順系列を一まとめにしてサブプログラムが構成される。このサブプログラムを体系的に用いることにより、ソフトウエアの全機能を果す。

車輌の走行に関する走行制御機能は、図 4.4－1に示される。この機能は、車の動きを重点に記述されており、ソフトウエアの根幹をなし、次の様な手順で実施される。

① まず車輌が一般道路からガイドウェイに入場する際、チェック走行路入口で一旦停止して車輌モードをNモードにして誘導輪を伸長する。

② 入場信号機が青現示であることを確認した後、GOモードに切換え、ガイドウェイに誘導輪が接触するまでアクセルで前進させ、Cモードで待機する。（入場制御）

③ 中央制御装置は、チェック要求の信号を受けてOA解除指令を出し、OA解除完

了後速度指令を送る。自動時には、車は５㎞走行を行いながら受信指令の内容をチェックし、チェック完了後、分岐指令による分岐制御を行う。（５㎞走行、分岐制御）

④ ストップの手前に至ると、０１ブレーキ指令により定位置へ停止する。

⑤ 正常にストップに停止すると、ドア開指令により車のドアが開き、ストップ操作盤にチェック走行正常のランプが点灯する。このランプ点灯を確認して車の運転士はＡモードに切換え、下車する。この時中央制御装置はこの車をスケジュールに組入れる。（機能チェックＯＫ、ドア開制御）

もし異常が発生した場合は、ＭＯモードでストップへアクセル走行させ、ストップ操作盤の自動解除ランプを確認し、ＧＯモードに切換え、分岐輪を切換えてアクセルで退場する。（機能チェックＮＧ）

⑥ 一定時間後、ドア指令により車のドアを閉じた後、車輌にターゲットが割当られる。これにより分岐輪が切換えられる。（分岐制御、ドア閉制御）

⑦ その後、中央制御装置よりの速度指令を受けて車は自動的に発進し、順次速度指令を更新し加速を行い本線に合流する。（発進制御、分岐制御、加速制御）

⑧ 一方、走行中の車輌からの停車要求、ストップ操作盤よりの停車要求、またはスケジュールにより停車が組込まれている車輌のストップへの進入は、中央処理装置の判断でストップへの停止可否が決められる。（分岐制御ストップ線）

⑨ 停車が決定すると、本線で２５㎞／Ｈに減速させ、分岐輪を切換えて、側線路に進入しながら更に５㎞／Ｈに減速して、ストップの手前で０１指令を受けて定位置停止する。（減速制御一本線、分岐線、定位置停止制御）

⑩ 本線に合流した車輌は、中央処理装置で発生させる速度パターンに追従させる様実速がパターンに遅れている時には、指令速度より大きい設定速度にして遅れを取戻す（進み過ぎの時はこの逆）制御を行う。（定常制御）

⑪ また、上り坂（下り坂）など走行する場合には、前述定常制御では不充分であるので、中央処理装置よりの指令タイミングを調節して加減速制御を行う。（減速制御、加速制御）

⑫ 分岐部に到着した車輌が本線走行の場合は、高速のまゝ本線通過部を通過させる。（分岐部制御－本線）

⑬ 車輌を一般道路に退出させる場合は、ストップへ入場した後ストップ操作盤の自動運転解除ランプが点灯していることを確認した運転士が車に乗込み車輌モードをＡモードからＧＯモードに切換え、分岐輪を手動で切換えて退場線へアクセル退出する。退場線出口で一旦停止しＮモードに切換え、誘導輪を格納後Ｍモードに切換えて一般道路を走行する。なお、車輌の退出が中央処理装置内で決定されると、その車輌はスケジュールより外される。（退場制御、自動手動切換）

466

4.4 図　面

図Ⅱ　4.4－1　走行制御機能の体系

図Ⅱ　4.4－2　異常処理手順

図Ⅱ　4.4－3　車速制御ブロック図

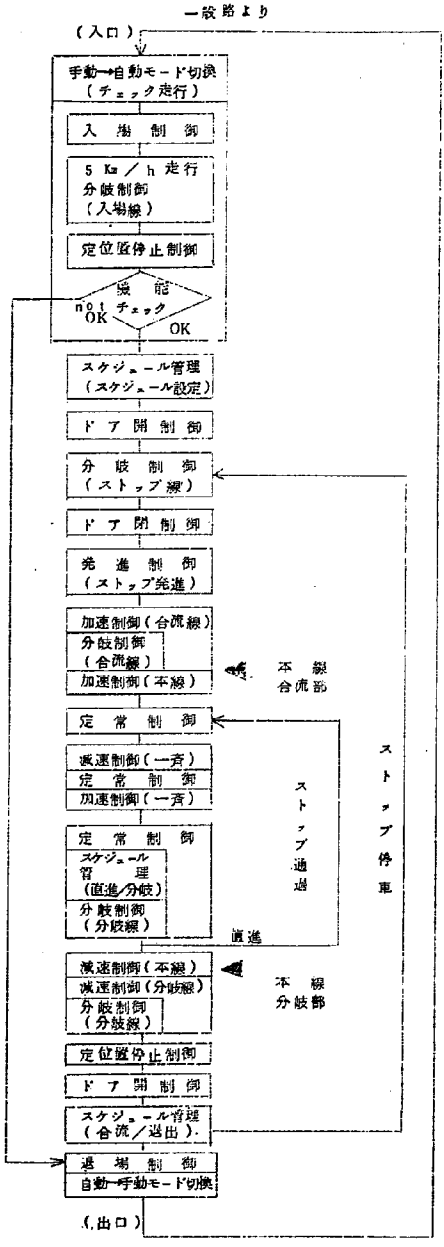
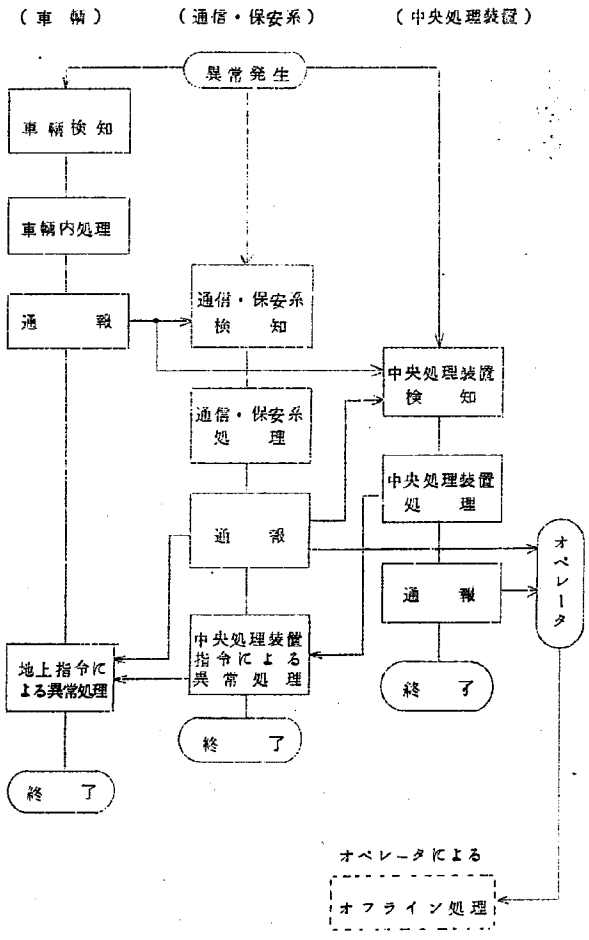


図 4.4－1

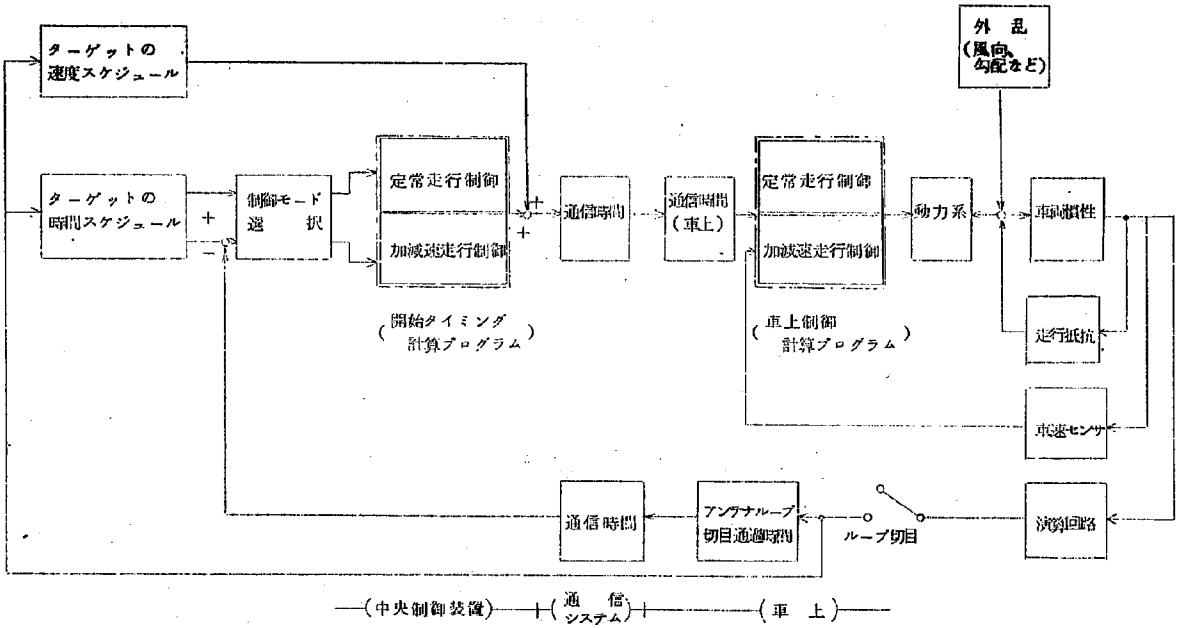
走行制御機能の体系

468



図Ⅱ　4.4－2　異常処理手順

469



図Ⅱ　4.4－3　車速制御ブロック図

4.5 写　真

図 II 4.5－1　中央処理装置高速インパクトプリンタおよび自動運転操作盤
（入出力タイプライタ装置）

図 II 4.5－2　〃　紙テープせん孔装置

図 II 4.5－3　〃　ラインプリンター

図 II 4.5－4　〃　システムキャビネット
（プロセス入出力装置、磁気ディスク、
中央制御計算機　）

図 II 4.5－5　ストップ操作盤

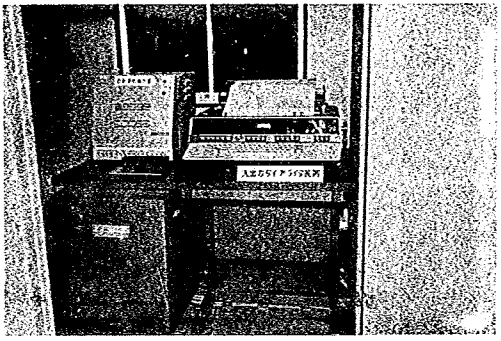


図 Ⅱ 4.5－1

中央制御装置高速インパクトプリンタおよび自動運転操作盤

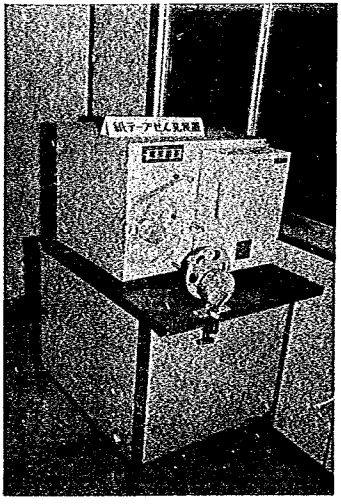


図 Ⅱ 4.5－2 中央制御装置紙テープせん孔装置

472

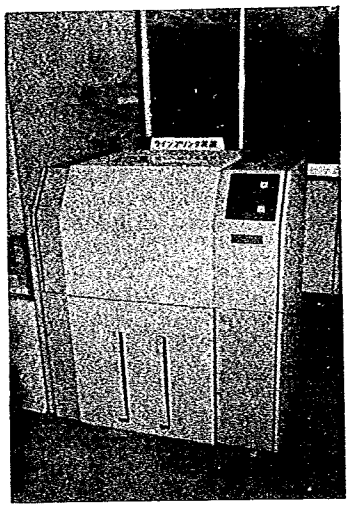


図 Ⅱ 4.5－3 中央制御装置ラインプリンタ

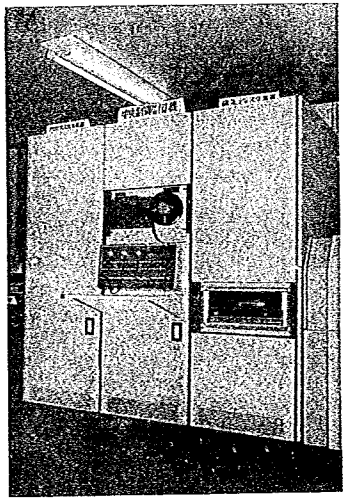


図 Ⅱ 4.5－4 中央制御装置システムキャビネット

473

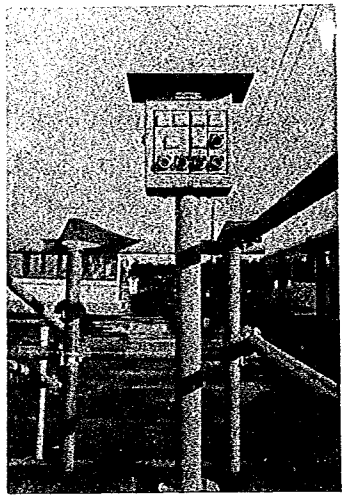


図 II 4.5－5 ストップ操作盤

474

Ⅲ　実　　験

Ⅲ 実　　験

1. 実験車の一般確認

無人走行実験に先立ち，車両各部のチェックとガイドウェイのすり合せチェック，および調整を行なった。次にこれらチェック内容を表にして表す。

表 Ⅲ 1－1 車両チェックリスト

チェック項目	
誘導装置	伸張，格納装置の作動
	伸張，格納ロック装置の作動
	分岐装置の作動
	ガイドウェイと誘導装置の干渉
	ガイドウェイと分岐装置の干渉
	ガイドウェイと集電装置の干渉
	誘導壁からの誘導輪はずれ
	分岐壁からの分岐輪はずれ
	給電線からの集電シューはずれ
	誘導輪転動状況
	分岐輪転動状況
	集電シュー摺動状況
	車両とガイドウェイとの干渉
空油圧装置	伸張、格納シリンダの作動と速度
	分岐シリンダの作動
	伸張、格納ロックシリンダの作動
	前扉開閉シリンダの作動
	中扉ロックシリンダの作動
	後扉開閉シリンダの作動
	エアコンプレッサの作動
	油圧ポンプの作動
	圧力及び流量の調整
	各機器の漏れ
	配管の漏れ

チェック項目		
シャシー	かじ取り装置	ステアリングホイールの遊び
		リンケージの取付状態
		ギヤオイルの量
		アライメント
	タイヤ	空気圧
		取付状態
		外観（摩耗、損傷）
	制動装置	ブレーキフルードの量
		マスターシリンダーのストロークと遊び
		ペダルの戻し具合
		ペダルの踏み残り代
		片効き
		引きずり
		アクチュエータの作動
		エアマスターの作動
		ロードセンシング・バルブの作動
		各機器の漏れ
		配管の漏れ
		ハンド・ブレーキの調整
	推進軸	振れ
		取付状態
		ユニバーサルジョイントの遊び
	一次減速機	オイルの量
		オイルの漏れ
		異音

476

チェック項目		
		取付状態
シャシー	二次減速機	オイルの量
		オイルの漏れ
		異音
		取付状態
	懸架装置	バネのへたり
		取付状態
ボデイ		前扉の開閉
		中扉の開閉
		後扉の開閉
		前扉のロック
		中扉のロック
		後扉のロック
		中扉の戸先スイッチの作動
		昇降ステップの作動
		昇降ステップのロック
		昇降ステップのマットスイッチの作動
		各ミラーの取付状態
		ドライバーシートの取付状態
		各リッド類のロック装置の作動
		仕切扉の作動
		外観
電気装置		灯火器類の作動
		ワイパーの作動
		警報装置（ホーン、バックブザー）の作動
		スピードメータ、タコグラフの作動
		電流、電圧計の作動
	センサー	伸張、格納センサーの作動
		伸張、格納ロックセンサーの作動
		分岐センサーの作動
		ブレーキセンサーの作動
	電磁バルブ	伸張、格納バルブの作動
		分岐バルブの作動
		ロック／アンロック・バルブの作動

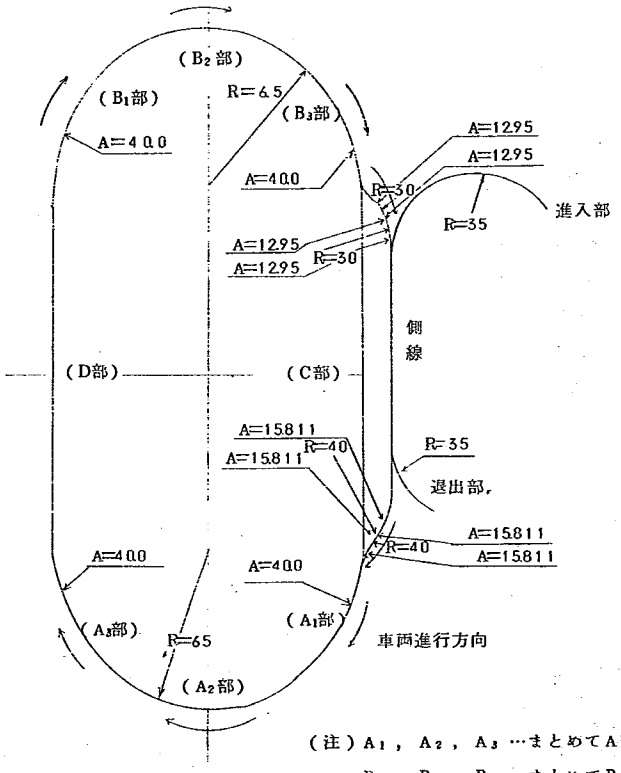
チェック項目		
	電磁バルブ	ブレーキ・バルブの作動
		ドア開閉バルブの作動
		ステップ昇降バルブの作動
電気装置	操作スイッチ	メインキースイッチの作動
		モード切換スイッチの作動
		前後進切換スイッチの作動
		空圧切換レバースイッチの作動
		伸張、格納スイッチの作動
		アクセルインターロック解除スイッチの作動
		分岐要求操作スイッチの作動
		保安開放スイッチの作動
		非常ボタンの作動
		次駅停止要求ボタンの作動
		ドア開閉スイッチの作動
		その他スイッチ（灯火器類）の作動
		主電動機（ＴＭ）の作動
		補機モータの作動
		補機動力制御装置の作動
		アクセルユニット（ＡＣＵ）の作動
		表示ランプの作動
		主制御装置（ＰＣＵ）の作動
		発電制動抵抗（ＤＢＲ）の作動
		制限抵抗（ＬＲ）の作動
		平滑リアクトル（ＤＣＬ）の作動
		充電器（ＢＡＣ）の作動
		ノーフューズブレーカ（ＮＦＢ）の作動
		ブレーキ優先機能
		主蓄電池の作動
		制御用蓄電池の作動
		電装用蓄電池の作動
		漏電検出装置の作動
		配線の取付状態

477

チェック項目	
車載制御装置(CCU)と車両との結合機能	Nモード
	MOモード
	GOモード
走行中の異常振動の有無	

各装置とも特に重大な異常はなく、車両を実験に供してさしつかえないことが判った。

なお、以下の実験実施に当たり、実験用ガイドウェイの呼称を便宜上図Ⅲ１－１のようにする。



（注）A1，A2，A3…まとめてA部
B1，B2，B3…まとめてB部
と呼称する。

図Ⅲ１－１　ガイドウェイの呼称

458

2. 誘導性能試験

2.1 実験目的

デュアルモードバスの誘導装置にとって，基本的に要求される性能は，ガイドウェイ上で車両を安全，快適に誘導することである。

誘導性能の実験は，実験車が前記の性能についてどの程度のレベルにあるのかを確認し，さらにより高度のレベルに育成，開発することが目的である。また，今後の誘導装置設計の基礎資料とするための測定記録の入手も必要である。

前回行なった誘導実験（土木研究所千葉支所構内に建設されたガイドウェイを用いて，昭和50年2月から8月まで実施した。）では誘導装置の基本的機能の確認や基本問題の摘出に重点がおかれたが今回の実験では，育成，開発にも重点をおかなければならない。したがって，誘導性能のレベルを向上させるためには，何が問題であるのか，どうすれば向上させることができるのかという問題の解明に主たる目的をおいて実験を実施する。

誘導性能は，ガイドウェイの線形（曲率半径，緩和曲線）や製作精度に大きく影響されるし，また一方では，車両自身の特性によっても大きく変ってくると考えられる。そこで，この2つの要素が誘導性能にどのように関係しているのかを探るため，実験の実施にあたっては、ガイドウェイの場所による差および誘導装置の仕様の差が，誘導性能に及ぼす影響に留意する。

なお前回行った誘導実験に用いた車両のうち011号車は誘導装置独立形式であったが，本実験の車両は何れも誘導装置連動形式である。このためガイドウェイにかかる作用力についても再度測定を行なう。

2.2 実験方法

2.2.1 実験条件

実験条件を下記に示す。

表Ⅲ2.2－1　　実　験　条　件

		021号車	022号車
車輌重量	前軸荷重	3230Kg	2750Kg
	後軸荷重	5220Kg	5500Kg
	計	8450Kg	8250Kg
タイヤ圧	前輪	7.5Kg/cm²	6.25Kg/cm²
	後輪	7.0Kg/cm²	内5.75Kg/cm² 外6.25Kg/cm²
車速	直線部	20～40Km/h	10～40Km/h
	曲線部	20～40Km/h	10～40Km/h
	分合流部		10～25Km/h
	進入退出部	約 5Km/h	
路面状況		乾燥	乾燥
ステアリングホイール慣性		有無	有無
ダンパー		有	有無

439

2.2.2　測定項目

以下に測定項目を示す。

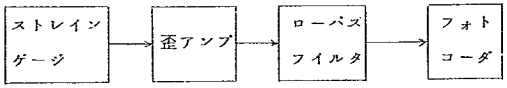
1）　前右誘導輪作用力（０２１号車）
2）　前左誘導輪作用力（０２１号車）
3）　後右誘導輪作用力（０２１号車）
4）　前右分岐輪作用力（０２１号車）
5）　ガイドウェイうねりの測定
6）　横加速度
7）　横加加速度　　（０２２号車）
8）　ヨ　ー　角　　（０２２号車）
9）　ヨー角速度　　（０２２号車）
10）　ヨー角加速度　（０２２号車）
11）　ロ　ー　ル　角　（０２２号車）
12）　ロール角速度　（０２２号車）

2.2.3　測定方法

1）　誘導輪作用力

誘導輪作用力の検出はガイダンスアームにストレインゲージを貼付け，力と歪の較正により求める。なお，測定パラメータとしては車速をかえて測定した。

測定ブロックを図Ⅲ2.2－1に示す。



図Ⅲ2.2－1　　誘導輪作用力測定ブロック図

2）　分岐輪作用力

分岐輪作用力の検出は分岐シャフトにストレインゲージを貼付け，力と歪の較正により求める。なお，測定パラメータとしては車速をかえて測定した。測定ブロック図は図Ⅲ2.2－1と同様である。

3）　ガイドウェイうねりの測定

ガイドウェイのうねりについては，６５ｍ区部のうねり状態を測定した。測定方法は誘導壁８スパン間をピアノ線で直線に結び，ピアノ線から誘導壁までの距離を測定することによって行なった。また誘導壁８スパン毎の測定は４スパンずつ重ねて行ない，測定データの重なった部分をつないでいくことによってうねり状態を連続的に把握した。

480

4） 横加速度，ヨー角速度，ロール角，ロール角速度

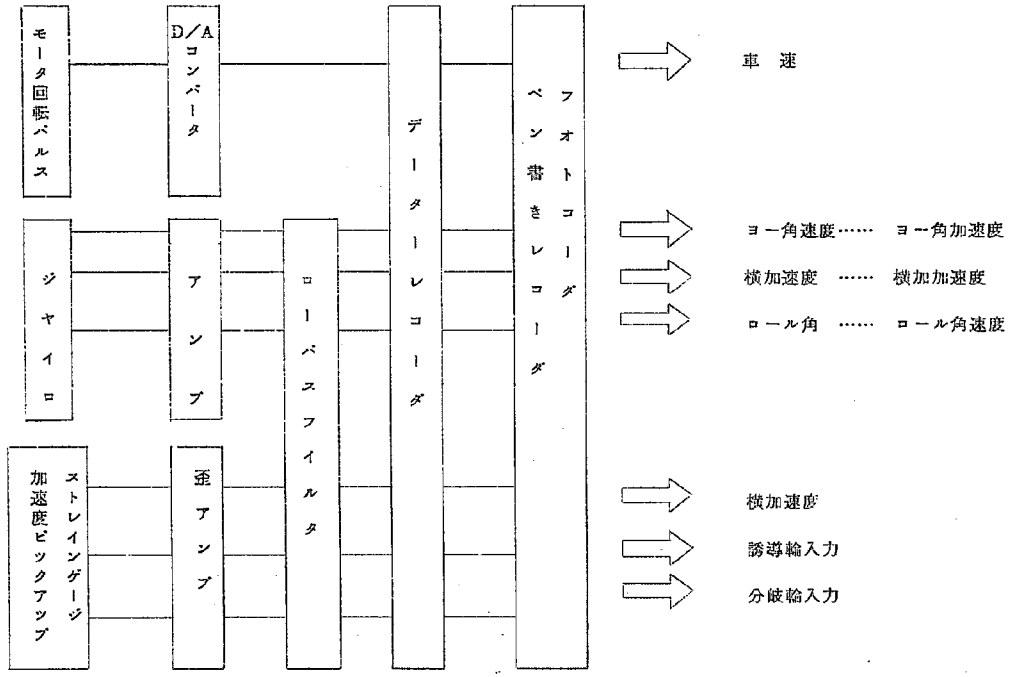
上記項目については車体の重心付近に取付けられたジャイロ（021号車の横加速度については車体に加速度ピックアップを取付けた）により測定した。横加加速度，ヨー角加速度，ロール角速度はジャイロから求めた横加速度，ヨー角速度，ロール角のデータの勾配から求めた。

また022号車の車速の検出はモータの回転パルスをDA変換し，ペン書レコーダに書かせた。車速の較正は一定距離を走行した時間を測定することによって行なった。

なおパラメータとしてダンパーの有無，ステアリングホイール慣性の有無，および車速をかえて測定した。

測定ブロック図については図Ⅲ22－2に示すとおりである。

481



図Ⅲ 2.2－2 誘導性能計測ブロック図

2.3　実験結果

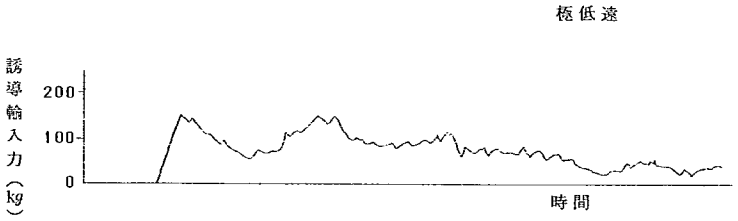
実験結果の一例を以下に示す。

2.3.1　021号車

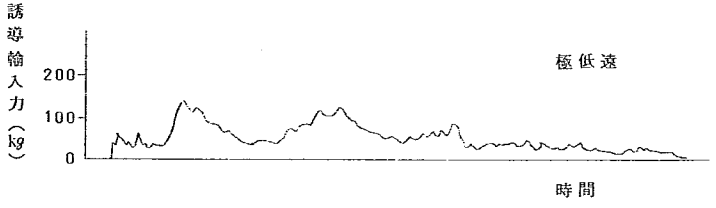
前誘導輪入力波形（進入部）	図Ⅱ 2.3～ 1
後右誘導輪入力波形（A部）	～ 2
横加速度波形（ステアリングホイール有，A_1 部）	～ 3

2.3.2　022号

ウェイ うねり　（65mR　A部）	～ 4
〃　（〃　B部）	～ 5
ウェイ65mR部走行時のヨー角速度 波形例	～ 6
ウェイ直線部走行時のヨー角速度 波形例	～ 7
ウェイ精度がヨー角速度に与える 影響	～ 8
ダンパーがヨー角速度に与える 影響	～ 9
ステアリングホイール慣性がヨー角速度に 与える影響	～10
曲線走行時の車両挙動	～11
曲線進入離脱時の車両挙動	～12
〃	～13
〃	～14
側線部における車速とヨー角速度，ロール角 横加速度の関係	～15
側線部における車速とヨー角速度，ロール角 横加速度の関係	～16
側線部における車速とヨー角速度最大値の 関係	～17
側線部における車速と横加速度最大値の 関係	～18



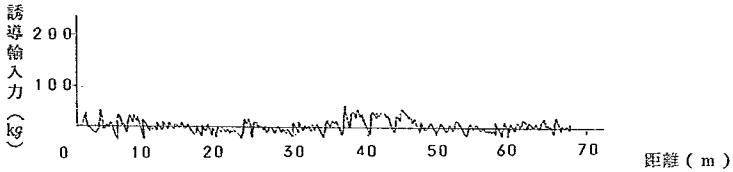
前右誘導輪入力



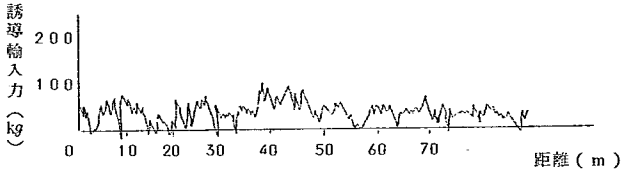
前左誘導輪入力

図Ⅲ　23－1　前誘導輪入力（進入部）

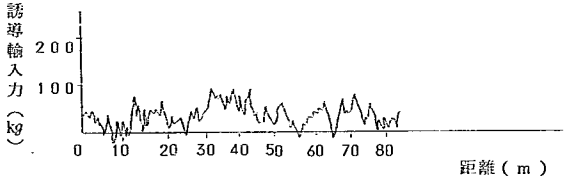
484



車速　20Km／h



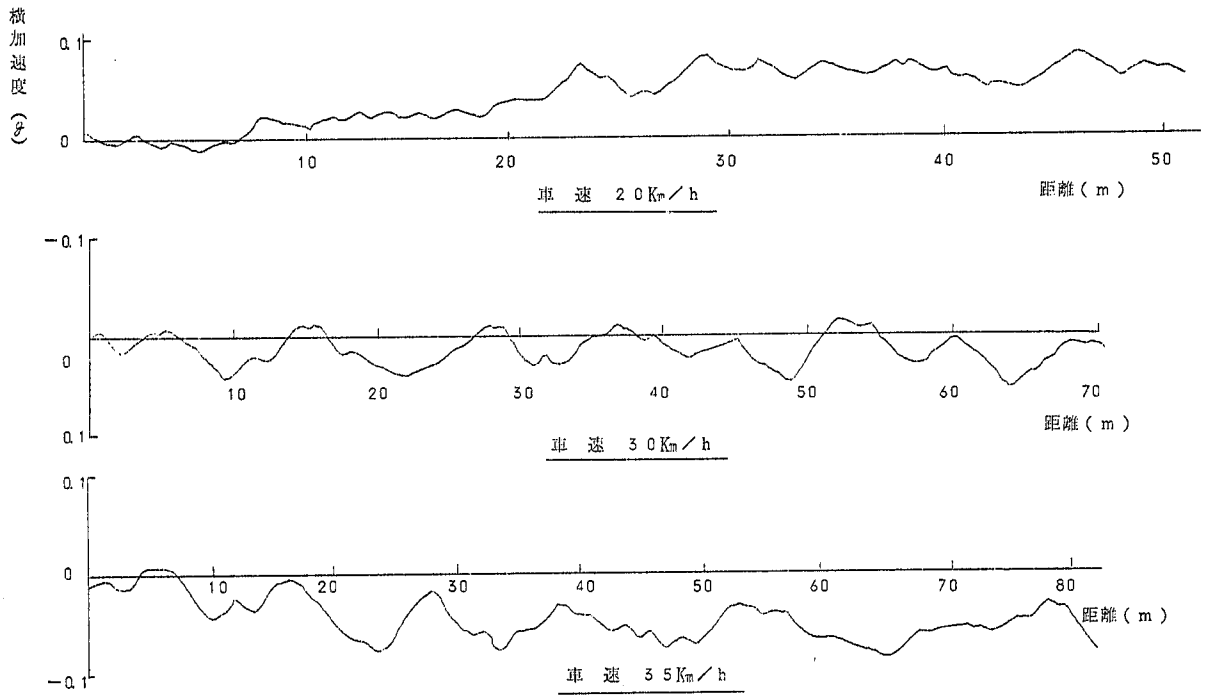
車速　30Km／h



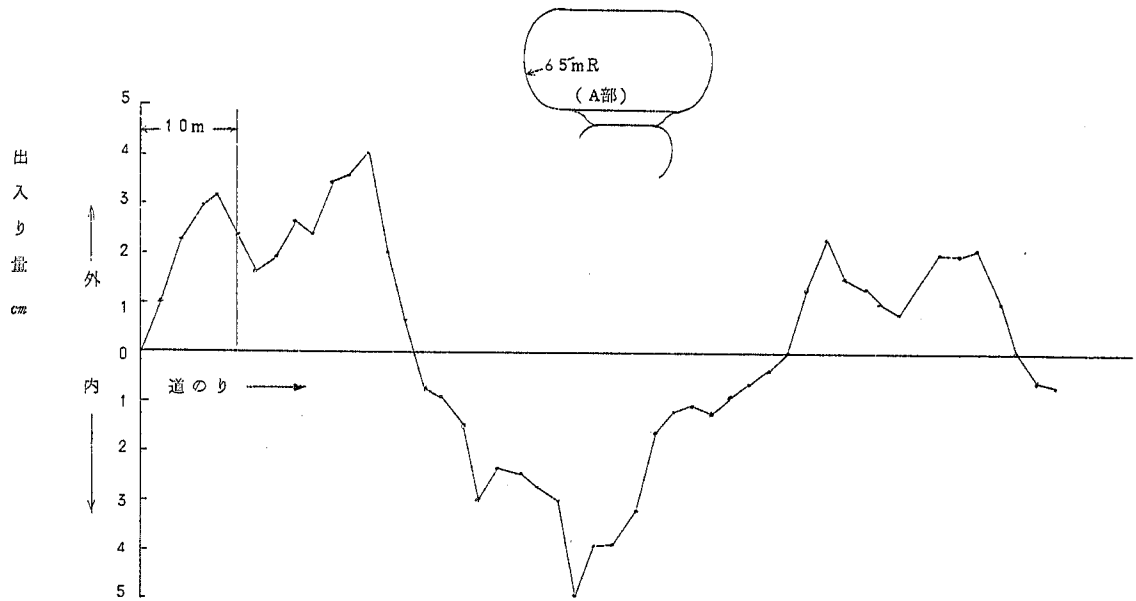
車速　40Km／h

図Ⅲ　23－2　　後右誘導輪入力（A部）

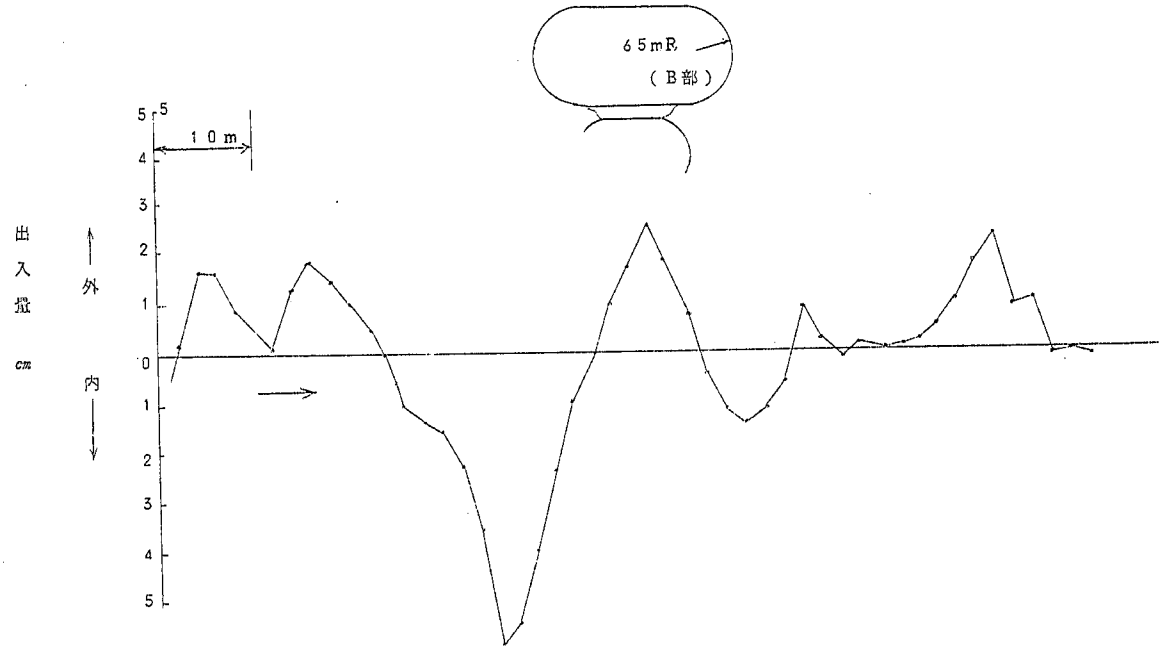
485



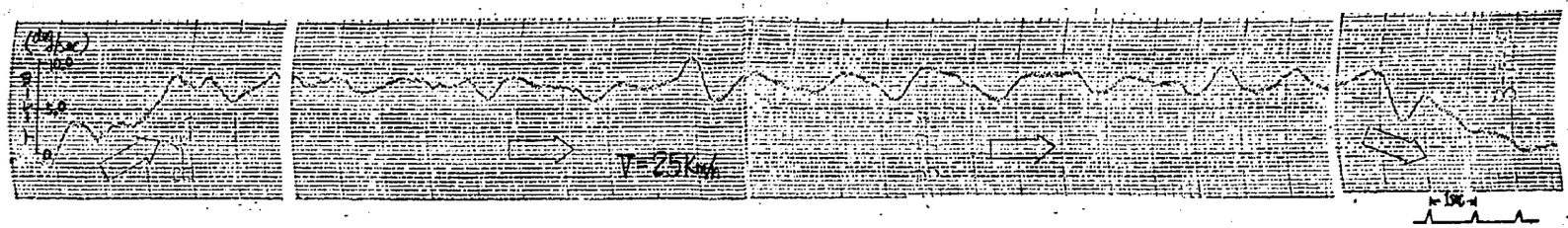
図Ⅲ　2.3－3　横加速度（ステアリングホイール有　A_1 部）



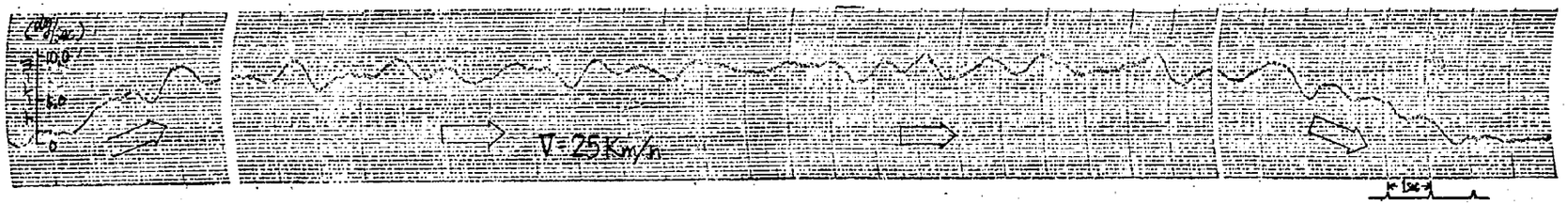
図Ⅲ 2.3－4 ウェイのうねり (65mR・A部)



図Ⅲ　23－5　ウェイのうねり（65mR・B部）

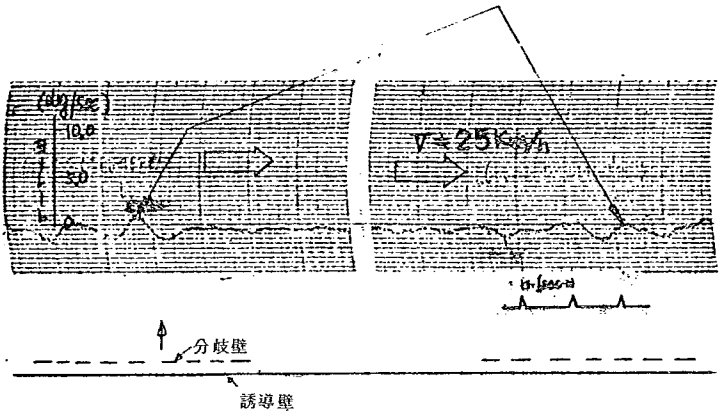


ウェイ　B部

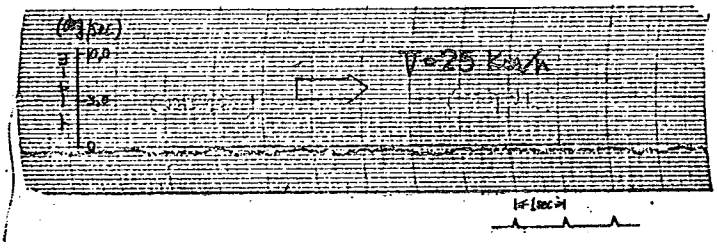


ウェイ　A部

図Ⅲ　2.3－6　ウェイ６５ｍＲ部走行時のヨー角速度波形例（０２２号車）



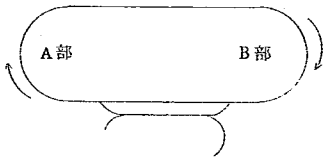
ウェイ　C部



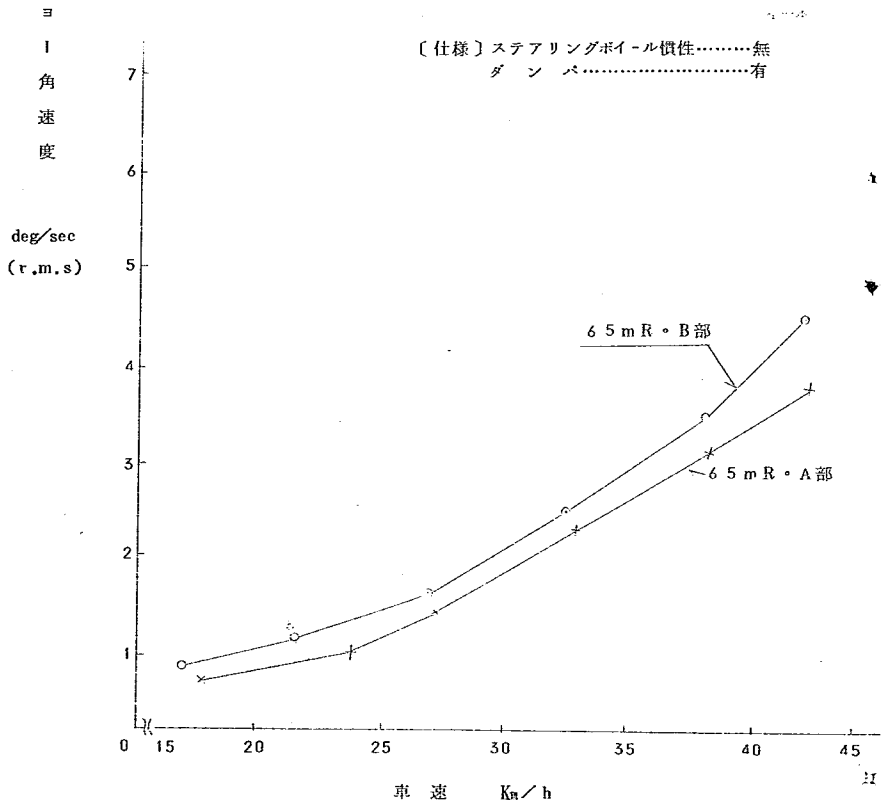
ウェイ　D部

図Ⅲ　２３－７　ウェイ直線部走行時のヨー角速度波形例（０２２号車）

490

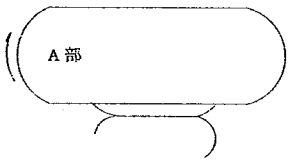


〔仕様〕ステアリングホイール慣性……無
ダ ン パ……有



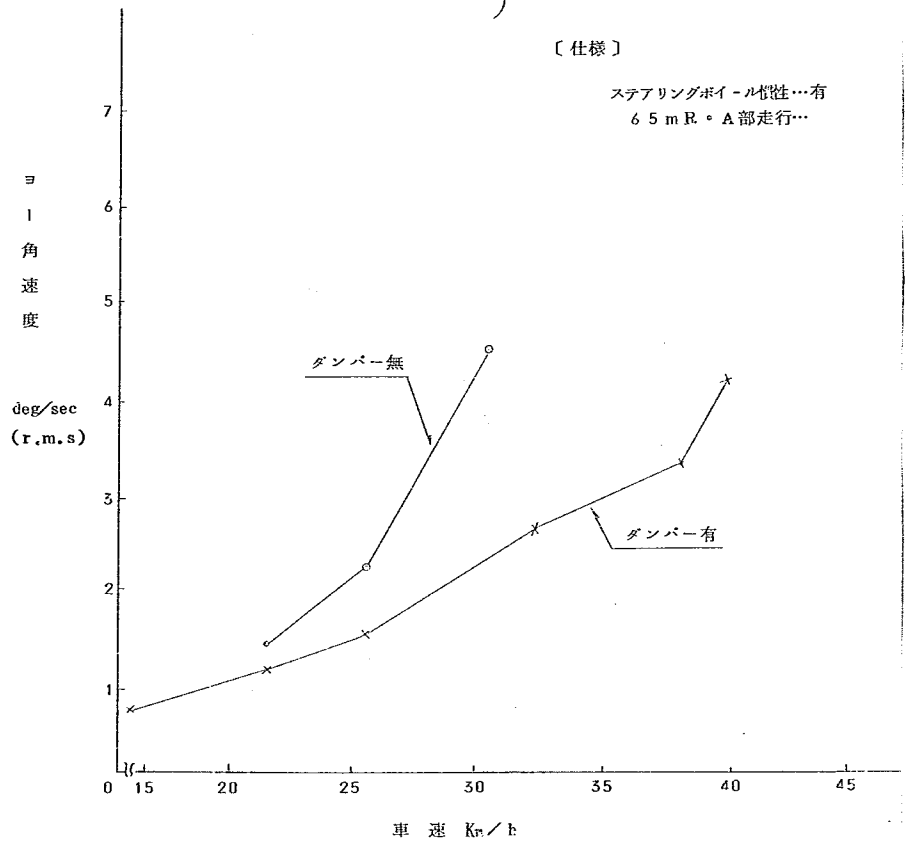
図Ⅲ23－8 ウェイ精度がヨー角速度に与える影響（022号車）

491



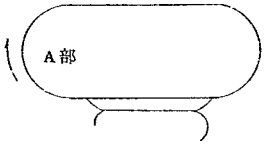
〔仕様〕

ステアリングボイール特性…有
６５ｍＲ。Ａ部走行…



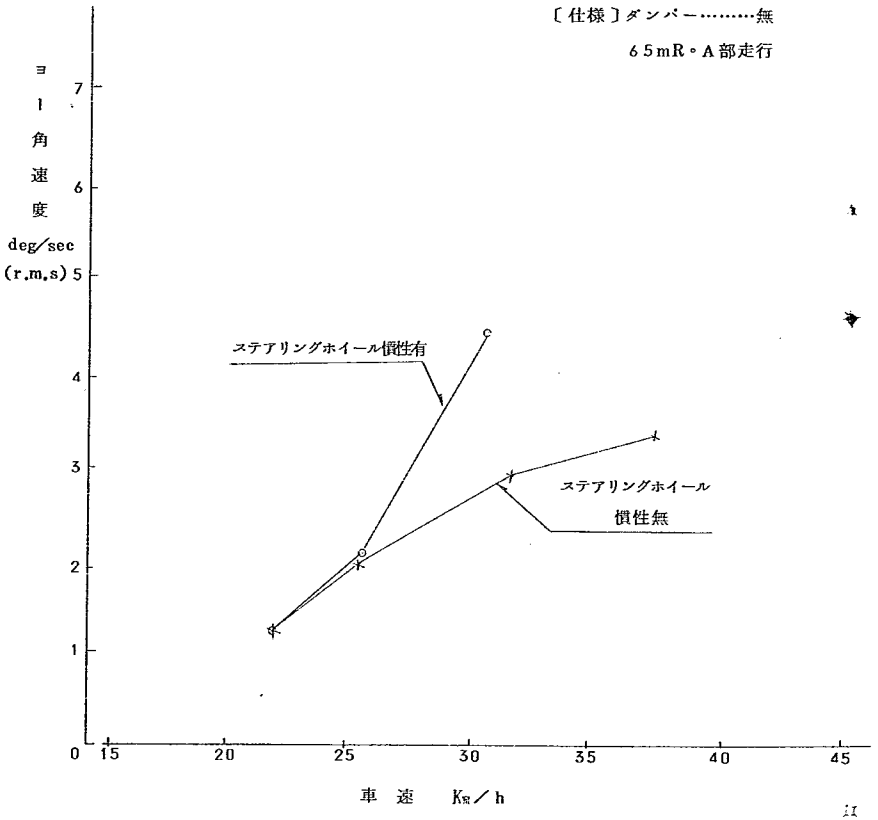
図Ⅱ２３－９　ダンパーがヨー角速度に与える影響（０２２号車）

492



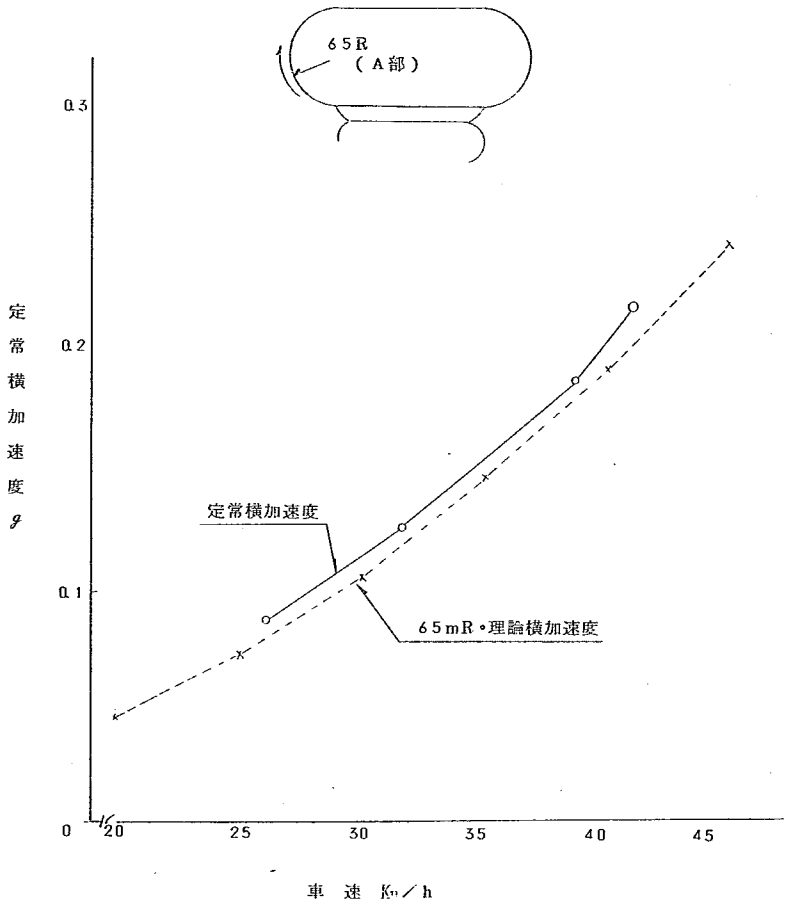
〔仕様〕ダンパー……無

65mR・A部走行

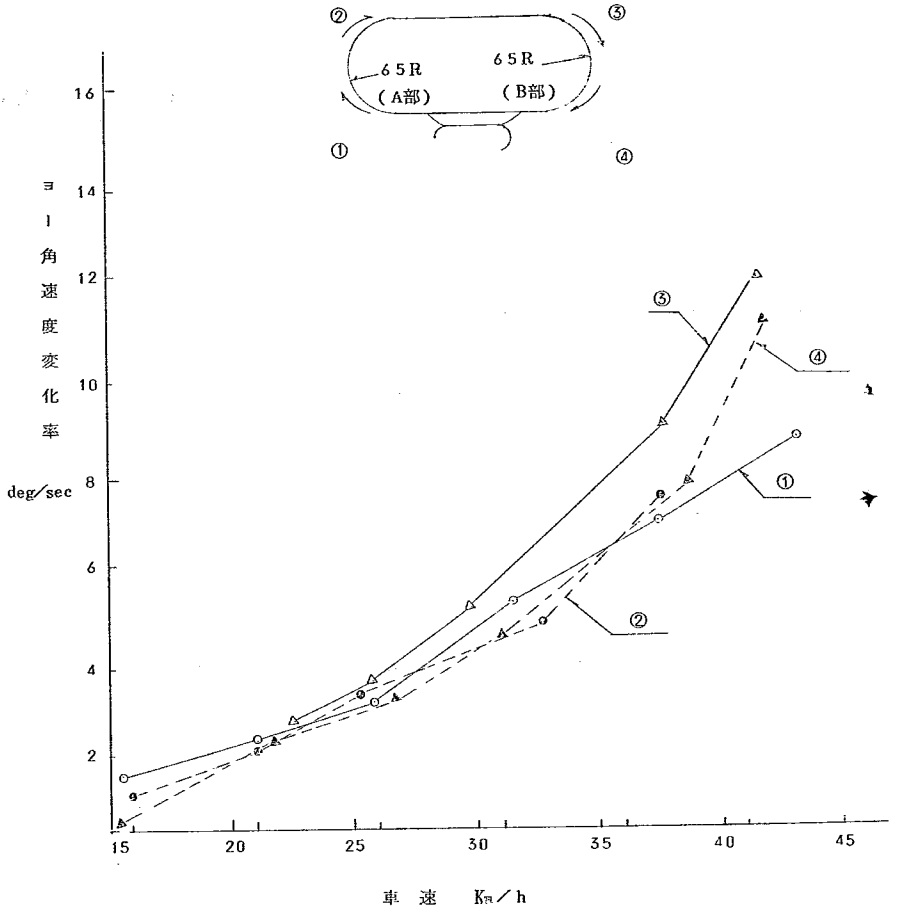


図Ⅲ２３－１０　ステアリングホイール慣性がヨー角速度に与える影響（０２２号車）

493

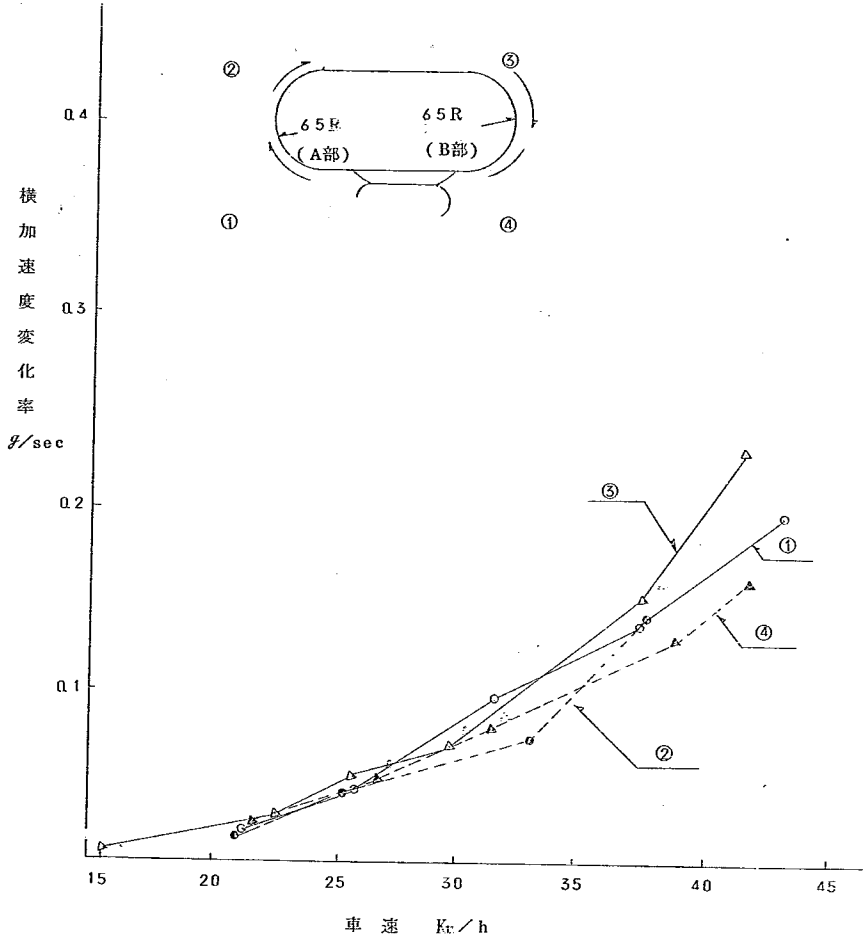


図Ⅲ 2.3－11 曲線走行時の車輌挙動（022号車）

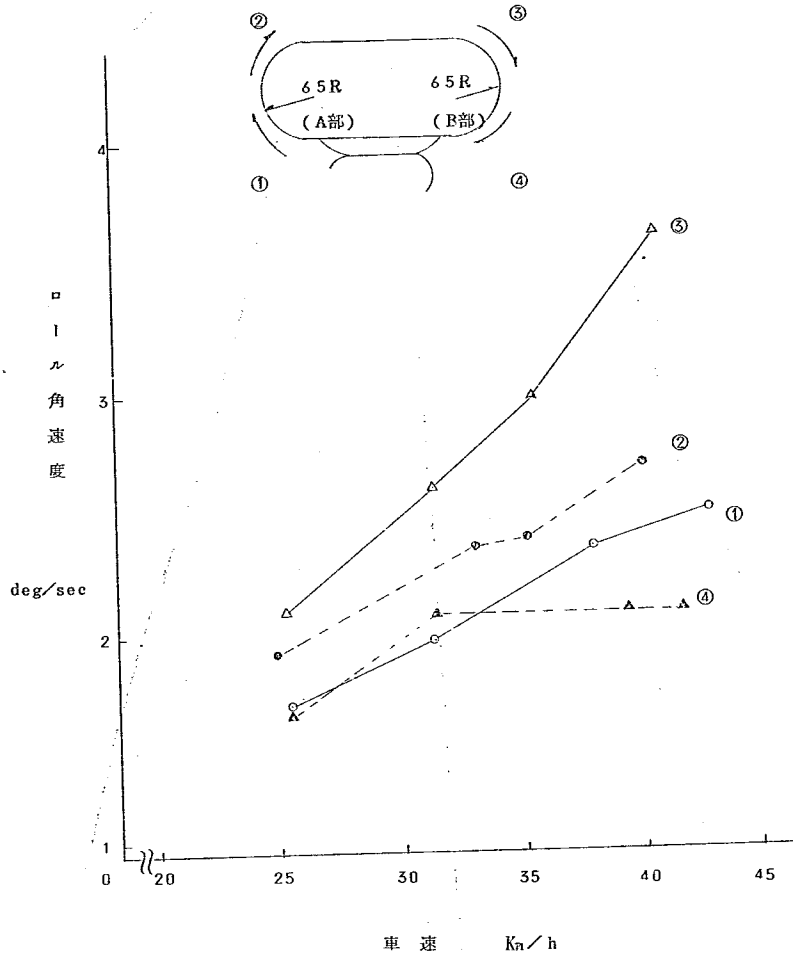


図Ⅲ 2.3－12 曲線進入離脱時の車輌挙動（022号車）

495

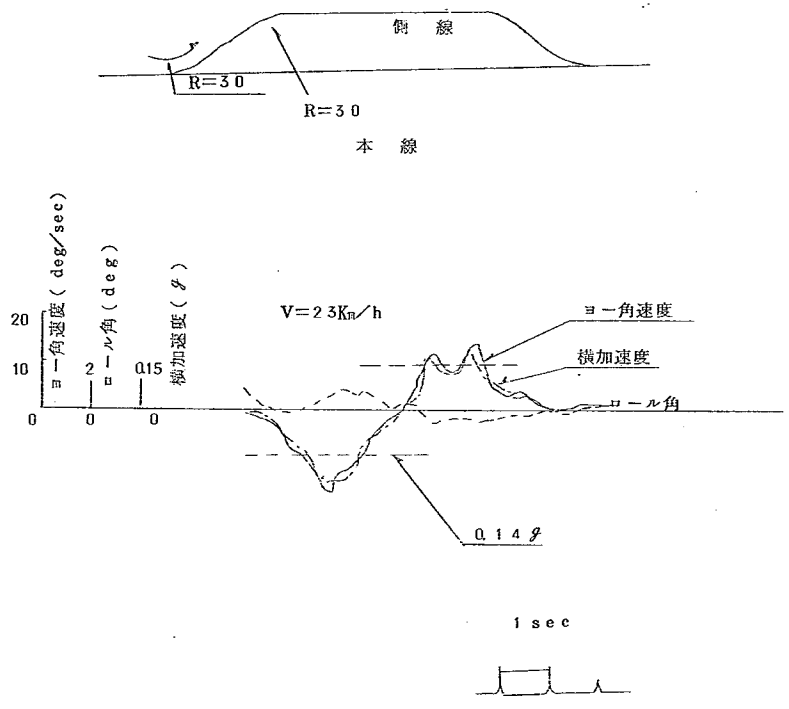


図Ⅲ 2.3－13 曲線進入離脱時の車体挙動（022号車）



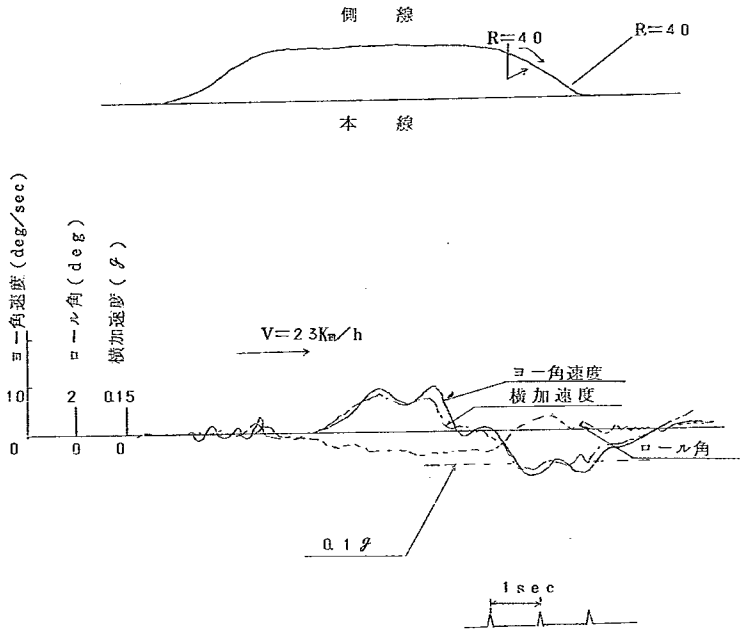
図Ⅲ 2.3－14 曲線進入離脱時の車輌挙動（022号車）

497

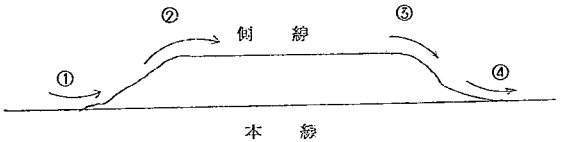


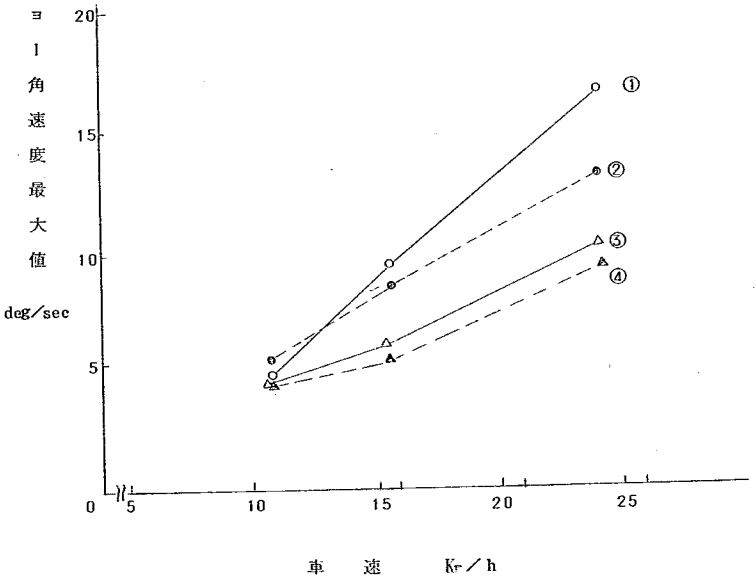
図Ⅲ　23－15　　側線部における

車速とヨー角速度，ロール角，横加速度の関係（022号車）



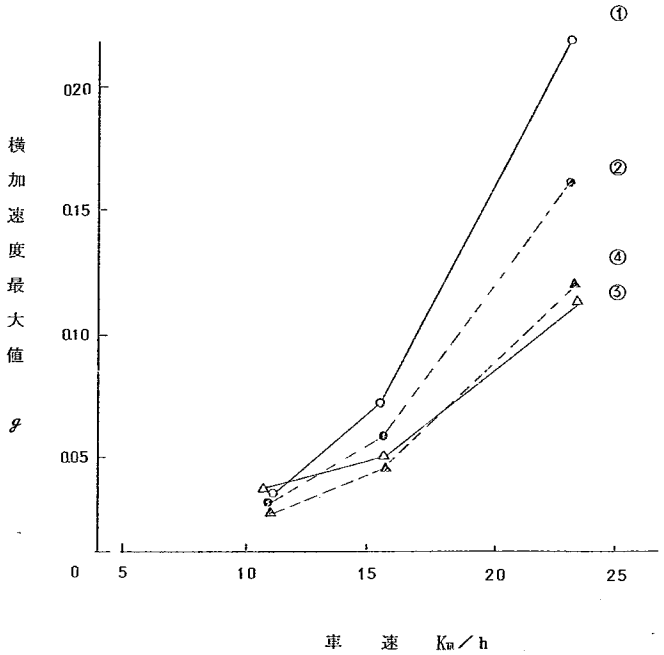
図面　23－16　　側線部における車速とヨー角速度，
ロール角，横加速度の関係（022号車）





図Ⅲ　2.3－17　側線部における車速とヨー角速度最大値の関係
（022号車）





図Ⅲ　２３－１８　側線部における車速と横加速度最大値の関係

（０２２号車）

501

2.4 考　察

先ず０２１号車についての考察を述べる。

1）　ガイドウェイにかかる作用力

ガイドウェイにかかる作用力は以下の要因等が考えられる。

① ガイドウェイへの初期押付力

② ガイドウェイの巾精度に起因する押付力

③ 誘導壁と分岐壁間隔の精度に起因する押付力

④ 曲線部におけるコーナリングフォースに起因する押付力

⑤ 車輌が横風等の外乱によって発生する挙動変化による押付力

⑥ ウェイのうねり精度などにより発生する挙動変化による押付力

⑦ 緩和曲線部精度に起因する押付力

⑧ ガイドウェイのポストと，スパン部の剛性変化に起因する押付力

このうち①に起因する力は約１５０Kgであることを考慮すると，比較的大きく作用力に影響を与えているのは②，⑦である。特に②については進入部から合流部に入るところで約４００Kg発生しているが，この部分でのガイドウェイ巾は設計値３２００mmに対して－３０mmの３１７０mmとなっている。⑦についての顕著な例はB_1線形部である。線形的にはA_1とB_1は同一であるにも拘らず，B_2部に於ては約１００Kg高い値が発生している。また②と⑧に起因するものとしては全コースではっきりと現われており，荷重波形の凹凸と誘導壁スパン長とは同期していることから推察される。

2）　地上分岐センサからの作用力

地上分岐センサから分岐輪が受ける作用力が最も大きくなるのは，B_2部の右分岐センサである。この部分で受ける作用力は車速に対してほぼ直線的に増加しており，４０Kg／hでほぼ８０Kgの力が発生している。分岐機構面から考慮すると，地上分岐センサから受ける力の大きさは，分岐リンク強度に与える影響が大きく極力小さくする必要がある。

3）　ガイドウェイの線形に対する車輌の感受性

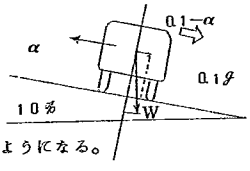
(1)　曲線部のカントの影響について

曲線部のカントは１０％である。従って車輌重心部の横加速度は

$$\frac{V^2}{R \cdot g} - 0.1g$$

V；車　速

R；曲率半径



で表わされ，車速に対する横加速度の計算値は以下のようになる。

502

表Ⅲ　2.4－1　車速に対する横加速度計算値

車　速　(Km/h)	α　(g)	0.1−α　(g)
20	0.0485	0.052
30	0.109	−0.009
35	0.149	−0.049
40	0.194	−0.094

備考　(0.1−α)が発生横加速度となる。

上の表によれば車速30Km/hでほぼ横加速度は0となる。実験データに示したグラフはコース内側を正にとったときの横加速度であり，ほぼ計算値と一致した値となっている。

表Ⅲ 2.4－2　車速に対する横加速度実験値

車　速　(Km/h)	横加速度(g)
20	+0.05
30	0
35	−0.05

(2)　ステアリングホイールの有無について

車輌重心部の横加速度については，車速0～35Km/hの範囲で特に影響は現われていない。但し，ヨーについては若干その影響が出ていることも予想され今後引続き検討していきたい。

(3)　ガイドウェイの線形精度の影響について

ガイドウェイ精度の影響を顕著に受けている例はB_2緩形部である。

線形的にはA_2とB_2は同一であるが，横加速度の変動は車速35Km/hで，A_2部で0.05gに対してB_2部では約0.1gである。このためフィーリング的にも35Km/hを起えると極めて悪くなる。この部分のガイドウェイうねり(振巾)は図Ⅲ2.3－5に示すように約80mmの誤差がある。このため誘導機構面で今後，改善対策を検討するにしてもこれ程の線形誤差を吸収することは困難であろう。

次に022号車についての考察を述べる。

1)　ウェイうねりの影響

図Ⅲ1－1に筑波テストコースの線形と車輌の走行方向を示す。図のA部，B部

503

には１０％のカントがつけられている。また，D部には６％の上り，下りの勾配がつけられている。直線部とR部はクロソイド曲線でつながれており，クロソイドパラメーターAで示されている。

図Ⅲ２３－５にB部のウェイうねりを示す。A部とB部のウェイうねり形状を比較すると，A部の方がB部に比べて，全体的なうねりの波長が大きく，なだらかである。B部の方は波形としてはかなりランダムであり，シャープな山が多い。平均半径との誤差の２乗平均の平方根を比較するとA部は２.１㎝，B部は１.７㎝であり，B部の方が精度がよいと言える。

図Ⅲ２３－６にA部，B部を車輌が走行した時の車輌ヨー角速度の代表的な波形例を示す。

図Ⅲ２３－７に直線部C部，D部を車輌が走行した時の車輌ヨー角速度の代表的な波形例を示す。直線部のウェイ精度はよく，図Ⅲ２３－６，図Ⅲ２３－７の波形例を比較しても，直線部のヨー角速度はA部，B部のヨー角速度よりはるかに小さい。ただし，C部においては分岐レールの影響によるヨーイングがあらわれており分岐壁の精度は誘導壁の精度よりわるいと思われる。

図Ⅲ２３－８にA部，B部を各速度において走行した時のヨー角速度において走行した時のヨー角速度のｒ．ｍ．ｓ（root mean spuare の意でヨー角速度の振巾の２乗平均の平方根）を示す。

このとき，誘導装置にはダンパーを取付け，ステアリングホイール慣性は切りはなしている。この図から各速度において，ヨー角速度はA部の方が小さいことがわかる。

ヨー角速度は横方向の乗心地を評価する代表的な手段の一つであり，このことから，B部のようなウェイうねり形状の方が，車輌の横方向の乗心地にとってはよくないことがわかる。これは車輌のヨー角速度に対して，ウェイの平均半径に対するウェイの凹凸の振巾（平均半径からのずれの２乗平均の平方根）よりも，ウェイの凸凹の山のシャープさの方が大きく影響を与える為であると考えられる。

２）　誘導装置ダンパーの影響

図Ⅲ２３－９はステアリングホイール慣性を切りはなさない状態で，各速度にてA部を走行した場合，ダンパーが車輌のヨー角速度に与える影響を示したものである。ヨー角速度はｒ．ｍ．ｓで整理した。

図にみられるようにダンパーの効果は速度の増加と共に大きくなる。その効果の度合は速度３０Km／ｈで１deg/sec 以上である。しかし，速度２０Km／ｈ以下においてはダンパーの効果はほとんどあらわれないようである。

図Ⅲ２３－１０はダンパーを誘導装置に取付けない状態で，各速度にてA部を走行した場合ステアリングホイール慣性が車輌のヨー角速度に与える影響を示したも

504

のである。図よりステアリングホイール慣性を切りはなした効果は速度２５Km／h以下ではほとんどなく，速度が２５Km／h以上になると急激にあらわれる。これは車速の増加とともに車輌ヨー角速度が増大するため，車輌に対する誘導装置系の振動速度が増大し，誘導装置の慣性の影響が大きくなるためと思われる。

一連の実験データをとおして言えることは，誘導装置にダンパーを取付けることと，ステアリングホイール慣性を切りはなすことは車両のヨー角速度のレベルを下げるのに非常に効果があるということである。また，ステアリングホイール慣性は車輌のヨー角速度が大きいところで影響が大きくあらわれる為，ダンパー，ウェイ精度向上等によって車輌のヨー角速度のレベルを押え，ステアリングホイール慣性の影響が大きくあらわれる速度を高速側に移してやることができる。したがって，ステアリングホイール慣性の影響が大きくあらわれる速度が，車輌の定常走行速度より十分大きくなれば，ステアリングホイール慣性の影響はかなり小さくすることができる。

3） 曲線走行時の車輌の挙動

図Ⅲ２３－１１に半径６５mのA部を各速度にて走行した時の定常横加速度を示す。車輌に働く横加速度は計算値にほぼ一致している。

4） 曲線進入，離脱時の車輌の挙動

図Ⅲ２３－１２，図Ⅲ２３－１３に各速度において車輌が６５mR部に進入，または６５mR部から離脱した時のヨー角速度変化率，横加速度変化率を示す。車速の増加と共にこれらの変化率はほぼ直線的に増加している。乗心地面からは４０Km/hまでは問題ないと思われる。ガイドウェイの場所によって測定値がある程度ばらついているのはデータのバラツキ，ウェイ施工精度のバラツキによるものであると考えられる。

図Ⅲ２３－１４に各速度において車輌が６５mR部に進入，または６５mR部から離脱した時のロール角速度を示す。６５mR部にはカントがついているため，直線部から６５mR部への進入，６５mR部から直線部への離脱時にはロール角が刻々変化する。ロール角速度は車速と路面のカントに基本的には依存するが，図Ⅲ２３－１４においては速度４０Km／h以下で，ロール角速度は4 deg/sec におさまっており乗心地面からは問題ないレベルと言ってよい。尚，一般的な乗物では大きなカントのついた曲線部を走行する機会はまれであることから，乗客に及ぼす影響が比較的大きいと予想されるため，ロールの変化を極力ゆるやかにし，不安感を与えないようにウェイの線形及び車輌の安定性に十分配慮する必要があると思われる。

5） 側線部における車輌の挙動

図Ⅲ２３－１５に車輌が本線から側線に速度２３Km／hで進入した時における車輌のヨー角速度，横加速度，ロール角の時間変化を示す。今回の実験用ガイドウェ

595

イにおける本線から側線に進入する部分は図Ⅲ１－１の如く，２つの向きの異なる半径３０ｍの円弧と４つのクロソイドカーブ（Ａ＝１２９５）の組合せであり，変曲点において軸対称である。ところが図Ⅲ２３－１５に示されている波形は対称ではない。これは，車輌の誘導方法が誘導装置連動形式であり，車輪が線形にぴったり追随しないためである。すなわち，同じ線形を走行する場合においても，走行する以前の車両の状態によって，走行時の車輌の挙動は異なってくる。半径３０ｍのＲ部を速度２３Ｋｍ／ｈで走行した場合の計算上の横加速度は０．１４ｇであるが，３０ｍＲ部走行時においては０．１４ｇ以上の横加速度が発生している。これは，速度２３Ｋｍ／ｈに対しては半径３０ｍとつながるクロソイド曲線が十分長くないため，オーバーシュートが生じたためであると考えられる。このオーバーシュートによりヨー角速度もそれだけ大きくなっている。ロール角は横加速度，ヨー角速度よりピーク時が若干遅れているようであるが一般的に車輌固有の特性として，横加速度，ヨー角速度よりロールの位相特性が遅れ気味であることはよく知られており，このことから十分理解できる現象である。

図Ⅲ２３－１６に車輌が側線から本線に速度２３Ｋｍ／ｈで進入した時における車輌のヨー角速度，横加速度，ロール角の時間変化を示す。ガイドウェイの側線から本線に進入する部分は図Ⅲ１－１の如く，２つの向きが異なる半径４０ｍの円弧と４つのクロソイドカーブ（Ａ＝１５８１）の組合せであり，変曲点において軸対象である。図Ⅲ２３－１６のヨー角速度，横加速度の波形は対称的であり，図Ⅲ２３－１５と少し異なっている。また，計算上の横加速度０．１０ｇに対するオーバーシュート量も図Ⅲ２３－４６に比べて小さい。これは，側線から本線に進入する部分の方が本線から側線に進入する部分よりＲの半径が大きく，かつ，クロソイドパラメータが大きいため，同じ速度で走行しても線形に追随しやすいことを示している。

図Ⅲ２３－１７に側線部の各部分を各速度にて走行した時のヨー角速度最大値を示す。図Ⅲ２３－１７に側線部の各部分を各速度にて走行した時の横加速度最大値を示す。図Ⅲ２３－１８，図Ⅲ２３－１８いずれにおいても①，②部分の方が③，④部分より大きな値を示しているが，これは曲率，クロソイドの違いによるためである。①，②が③，④に比べて，速度と共に差が開くのは，①，②の方が半径が小さく，かつ，クロソイドパラメータが小さいため，より低い速度で線形に十分追随できない状態が生じることによる。

506

3. 走行性能試験

3.1 実験目的

加減速性能は運行制御を行なう上での基本的要素であると同時に，一般道路においては運転性評価の基本的性能となるものである。したがって，車輌を制御する上で，ある一定以上の加速能力，および減速能力が必要であり，これらの基本的な性能として，ガイドウェイにおける車輌の走行抵抗（一般道路における車輌の走行抵抗に誘導装置による抵抗等を加えたもの），および車輌の最大加速性能，発電制動による最大減速性能を知る必要がある。

また，現在のデュアルモードバス実験車が，バッテリーモータ車ということで，一般道路を電気自動車として走行するため，一般道路においても車輌の走行抵抗，車輌の最大加速性能，発電制動（エンジンブレーキに相当する）による減速性能，および一充電走行距離などの基本的な性能を知る必要がある。したがって本実験ではこれらの諸特性を測定することを実験目的とする。

3.2 実験方法

3.2.1 実験条件

実験条件を下の表に示す。

表Ⅲ3.2－1 実験条件

		021号車	022号車
車輌重量	前軸荷重	3220Kg	2800Kg
	後軸荷重	5140Kg	5500Kg
	計	8360Kg	8300Kg
タヤ圧	前輪	7.5Kg/cm²	6.25Kg/cm²
	後輪	7.0Kg/cm²	内 5.75Kg/cm² 外 6.25Kg/cm²
路面状況		乾燥（平坦路）	

3.2.2 測定項目

1） 一般道路走行抵抗

2） ガイドウェイ走行抵抗

3） 一般道路加速性能

4） ガイドウェイ加速性能

5） 一般道路電気制動性能（022号車）

6） ガイドウェイ最大電制性能

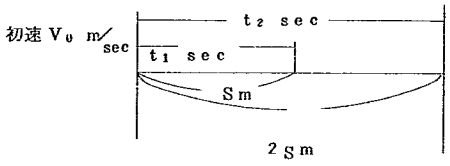
7） 一充電走行距離

3.2.3 測定方法

1） 走行抵抗

一般に走行抵抗の測定方法には，牽引法（車輌を牽引することにより牽引力を測定する）と惰行法（車輌を惰行させたときの減速度より算出する）とがあり，今回は惰行法によって測定を行なった。

車輌が初速度V0で惰行に入った場合，一定区間sを通過する時間をt_1，区間2sを通過する時間をt_2とすると（図Ⅲ3.2－1参照）



図Ⅲ3.2－1　走行抵抗測定法

以下の2式が成立する。

$$S = V_0 t_1 - \frac{1}{2}\beta t_1^2 \qquad \text{——(1)}$$

$$2S = V_0 t_2 - \frac{1}{2}\beta t_2^2 \qquad \text{——(2)}$$

但し　β：車輌の減速度（m／sec²）

上記（1）（2）式よりV_0を消去すると

$$\beta = \frac{2S(t_2 - 2t_1)}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)} \qquad \text{——(3)}$$

（3）式に示すように車輌の進入速度に無関係に車輌の減速度を，3点間の通過時間とと距離の測定により，求められる。

また，上記の方法により計測した減速度βと車輌の走行抵抗R（Kg）との関係は次式のようになる。

$$R = \frac{W + We}{g} \times \beta \qquad \text{——(4)}$$

508

但し　W：車輌総重量（Kg）

We：回転部慣性相当重量（Kg）

g：重力加速度（＝９．８ｍ／ｓｅｃ²）

回転部慣性相当重量Ｗｅは車輌の駆動機構，すなわちモータより一次減速機，推進軸，差動板を経て後車輪に到る各回転部分の慣性相当生量の和で次式で表わされる。

$$We = \frac{1}{Rt^2} \sum_i \lambda i^2 \cdot Wiki^2 \quad [Kg] \qquad \text{——— (5)}$$

ここでＲｔ＝後車輪の有効半径，λi＝（回転部分の回転速度）／（後車輪の回転速度），Wi＝回転部分の重量，ｋｉ＝回転部分の慣性半径。

（５）式においてWiki²はその回転部分の慣性モーメントで，これを求めるには，図面より算出する方法を用いる。また，車速２０～２５Km／ｈ以下では，空気抵抗はほぼ無視できるので，ころがり抵抗係数$\mu = \frac{R}{W}$は

（４）式より

$$\mu = \left(1 + \frac{We}{W}\right) \frac{\beta}{g} \qquad \text{————— (6)}$$

となる。

２）　加速性能

一般に加速性能の測定方法として時間―速度特性，時間―距離特性等がある。

車速の測定はモータの回転パルスをＤ－Ａ変換し，ペン書きレコーダに記録するという方法をとる。

なお，データとしては，一般道路におけるゼロ発進加速性能，およびガイドウェイ内（給電走行）ゼロ発進加速性能の測定を行なう。

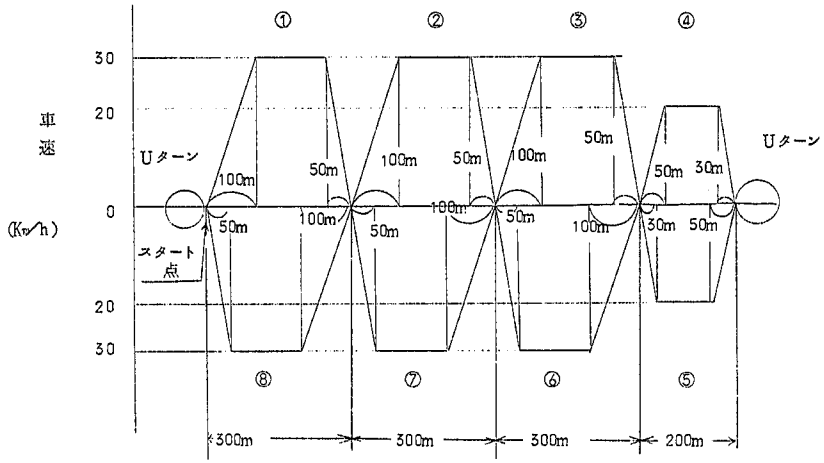
３）　減速性能

一般道路における減速性能とは，一般車輌のエンジン。ブレーキ性能に相当する発電制動性能を意味し，また，ガイドウェイ内における減速性能は最大電気制動性能を意味する。なお，測定方法に関しては，２）加速性能の項に準ずる。

４）　一充電走行距離

０２１号車については，図Ⅲ３２－１に示すパターンにて走行し，車輌がこのパターンに追随できなくなるまでの走行距離を一充電走行距離とした。

０２２号車については，車速４０Kg／ｈで走行し，１Kgを走行毎に一旦停止した後Ｕターンを行ない，再び車速４０Kg／ｈで走行を繰り返えす方法をとった。そして，車輌が４０Kg／ｈの速度を維持できなくなるまでの走行距離を一充電走行距離とした。



各セクションでの停車時間は１３秒を標準とする。但し，６サイクル目のスタート点で５分，１１サイクル目のスタート点で３０分停車する。

図Ⅲ３２－１　一充電走行パターン（０２１号車）

3.3. 実験結果

実験結果の一例を以下に示す。

3.3.1 021号車

スピードメータ検定	図Ⅲ 3.3～ 1
走行抵抗	表Ⅲ 3.3～ 1
一般道路加速性能（車速～時間）	図Ⅲ 3.3～ 2
〃 （車速～距離）	～ 3
ガイドウェイ加速性能	～ 4
ガイドウェイ最大電制特性	～ 5
一充電走行バッテリー電圧変化	～ 6
〃 比重変化	～ 7

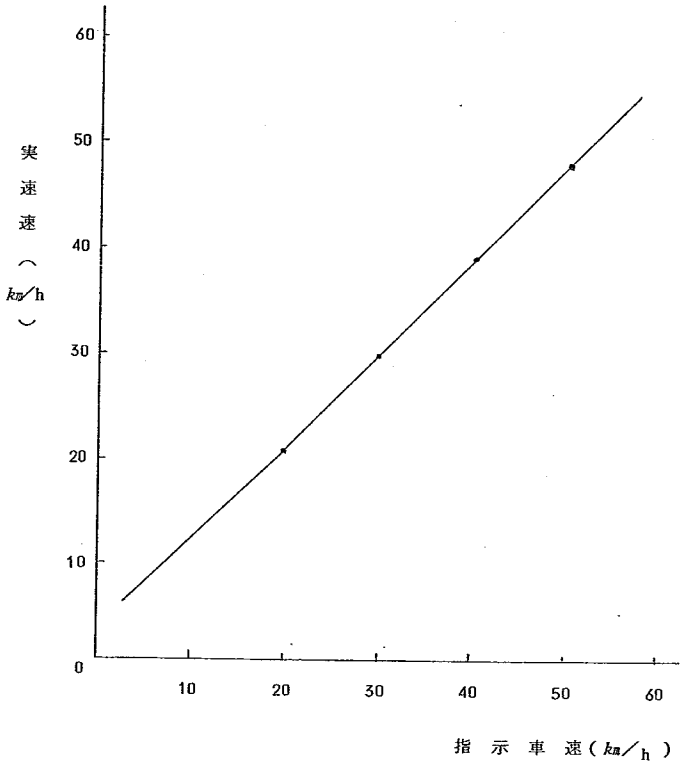
3.3.2 022号車

走行抵抗	表Ⅲ 3.3～ 2
一般路電気制動性能	図Ⅲ 3.3～ 8
一充電走行 バッテリー電圧変化	～ 9
〃 比重変化	～10

511

単位（km／h）

スピードメータ読み	20	30	40	50
実　車　速	21.5	30.8	40.3	49



図Ⅲ　3.3－1　スピードメータ検定（021号車）

512

表Ⅲ3.3－1　走　行　抵　抗（０２１号車）

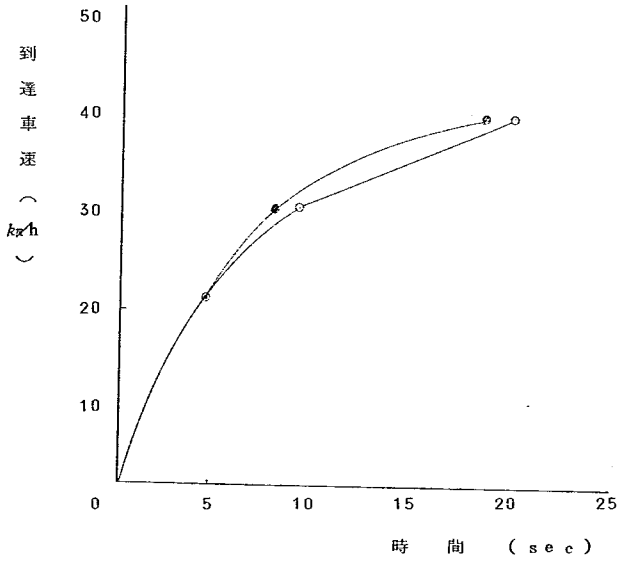
	風向き	測定距離 測定区間走行時間			速　度	走　行　抵　抗	
		S (m)	S区間 t (s)	2S 区間 t_2 (s)	V(kg/h)	R(kg)	平　均 R(kg)
一般路	追　風	50	8.0	17.0	21.2	84	105
	向　風	50	8.0	17.8	20.2	133	
	無　風	40	6.6	14.0	20.6	96	
	〃	〃	6.4	13.6	21.2	105	
ガイドウェイ	〃	〃	6.5	14.0	20.6	120	120
	〃	〃	6.5	14.0	20.6	120	

表Ⅲ3.3－2　走　行　抵　抗（０２２号車）

	測定距離	測定区間 走行時間		減速度	ころがり抵抗係数	走　行　抵　抗	
	S (m)	t_1 (sec) S区間	t_2 (sec) 2S区間	β(m/sec²)	μ	R(kg)	平　均 $\bar{R}$(kg)
一般路	50	7.74	17.15	0.133	0.0165	137.2	142
	50	8.08	18.31	0.142	0.0176	146.5	
	50	9.04	21.81	0.145	0.0180	149.6	
	50	8.29	18.71	0.130	0.0162	134.1	
ガイドウェイ	40	6.55	14.40	0.140	0.0174	144.4	155
	40	6.70	15.06	0.157	0.0195	162.0	
	40	6.55	14.55	0.152	0.0189	156.8	
	40	6.98	15.65	0.143	0.0178	147.5	
	40	6.80	15.36	0.157	0.0195	162.0	

513

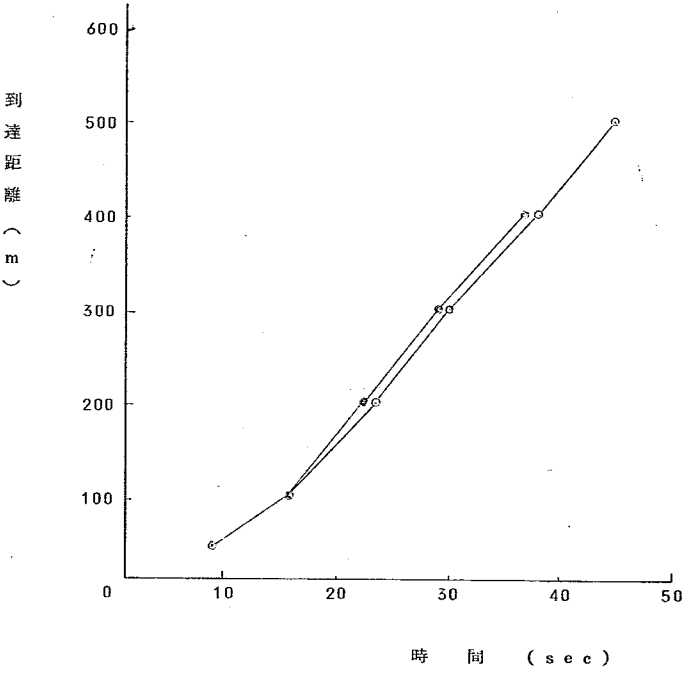
到達車速 (㎞/h)	21.5	30.8	40.3	バッテリ電圧(V)	比重記号
時　間(sec)	5	8.5	18.4	390	1.12 ∘—∘
	5	9.5	20.5	382	1.11 ○—○



図Ⅱ3.3－2　一般路加速性能（車速～時間）　（021号車）

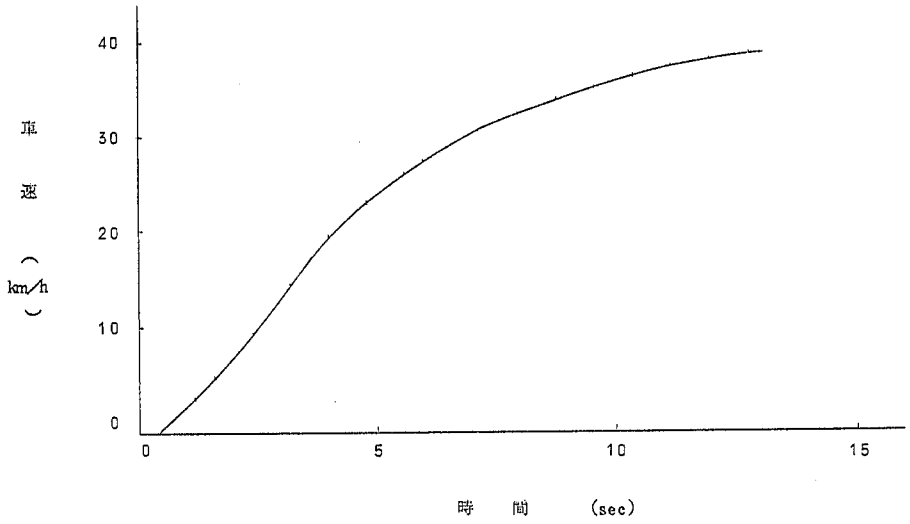
514

到達距離(m)	50	100	200	300	400	500	バッテリ電圧(V)	比重	記号
時間	9.0	14.8	23.0	30.5	38.4	—	405	1.13	∘—∘
(sec)	9.0	15.0	24.0	31.0	39.0	46.0	400	1.13	·—·

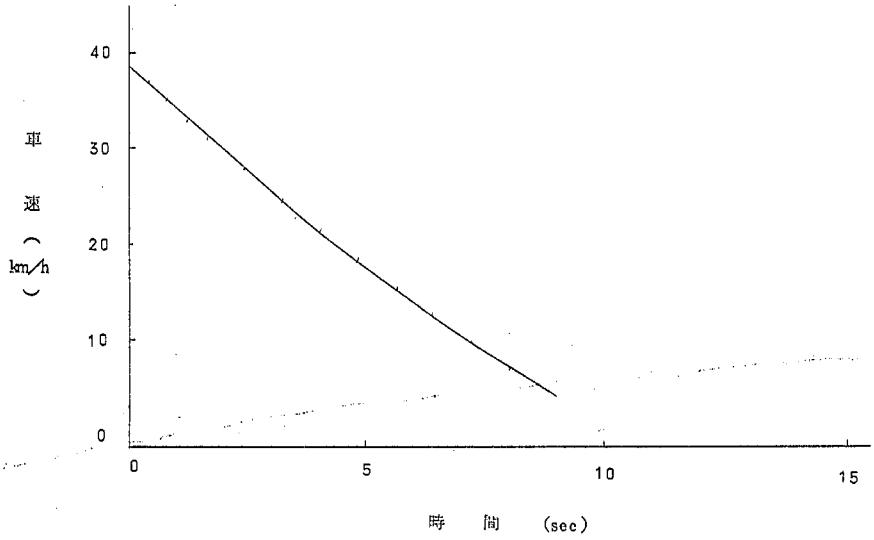


図Ⅲ 3.3－3　一般路加速性能（距離～時間）（０２１号車）

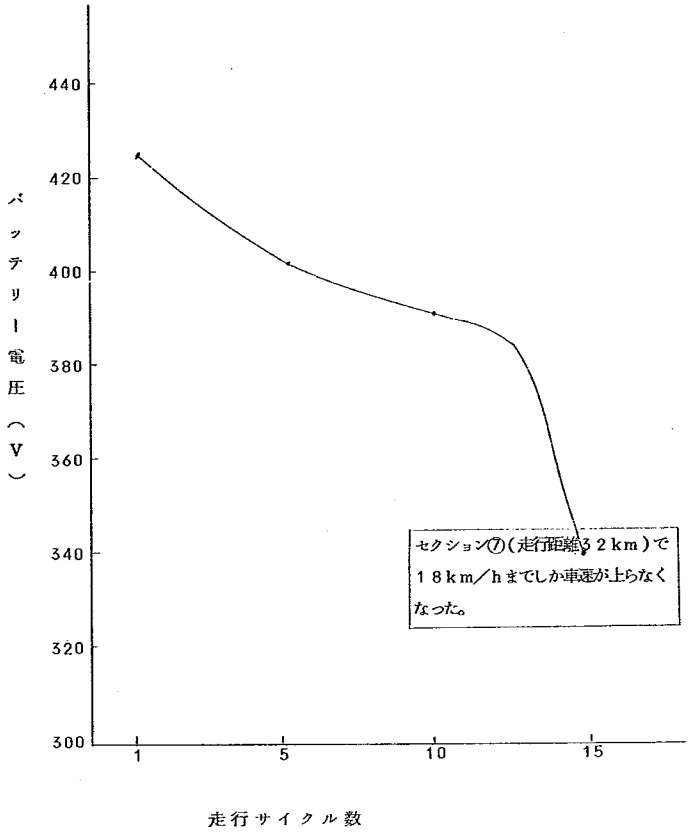
515



図Ⅲ3.3－4　ガイドウェイ加速性能　（０２１号車）

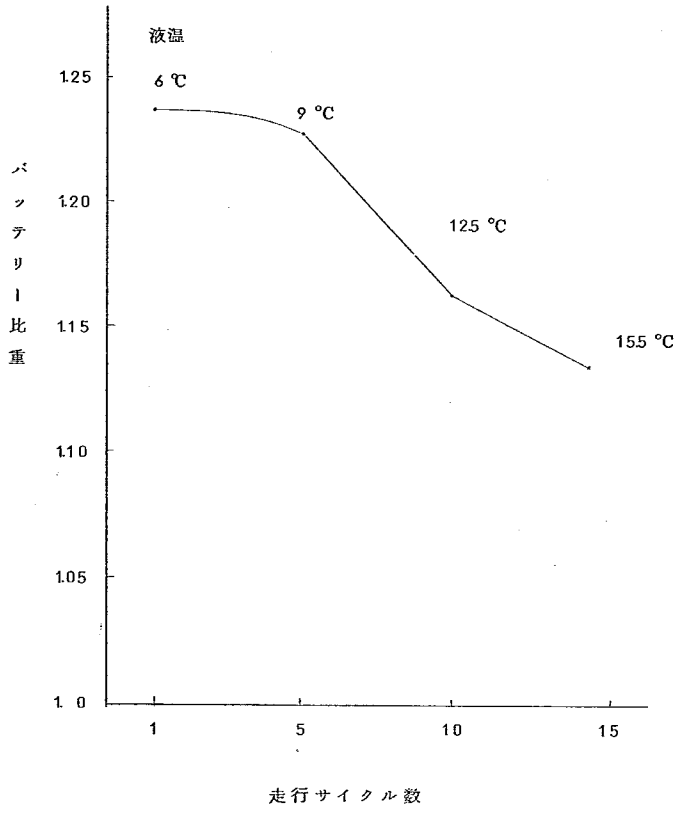


図Ⅲ3.3－5　ガイドウェイ最大電気制動性能　（０２１号車）



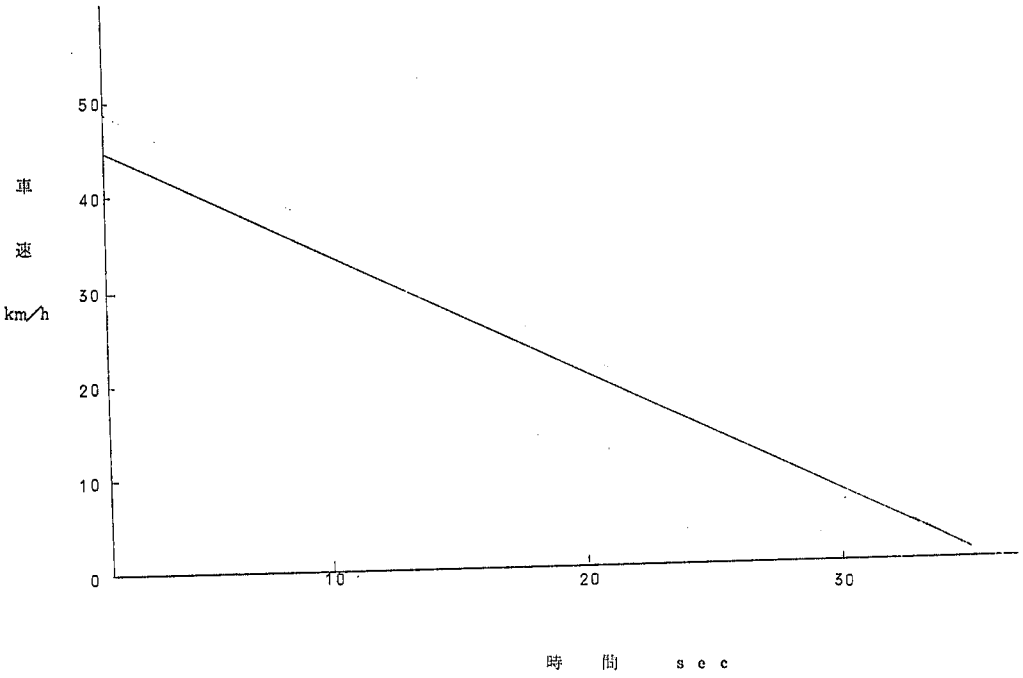
図Ⅲ3.3－6　一充電走行バッテリ電圧変化　（021号車）

518

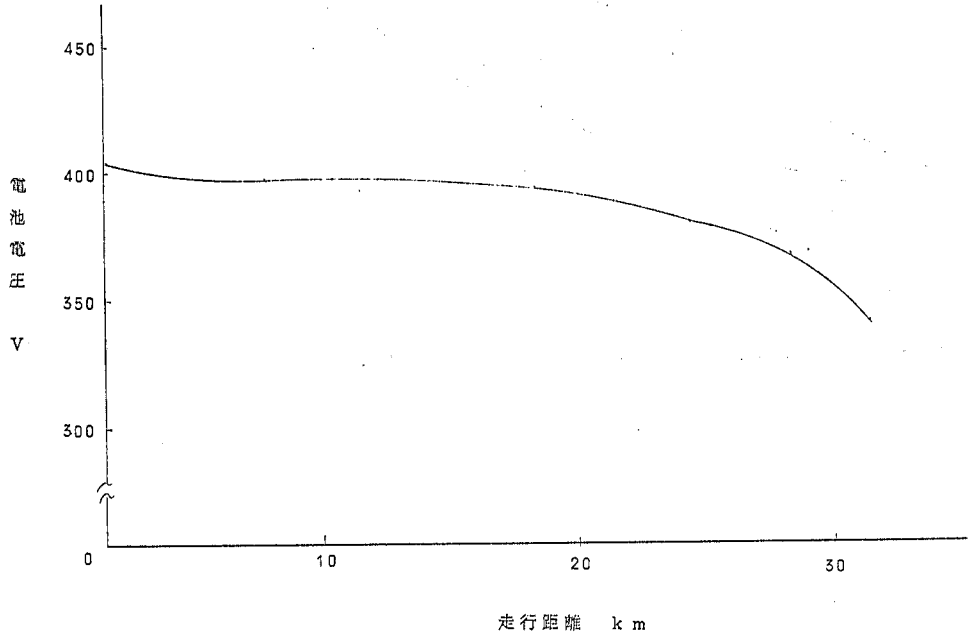


図Ⅱ 3.3－7　一充電走行バッテリー比重変化　（０２１号車）

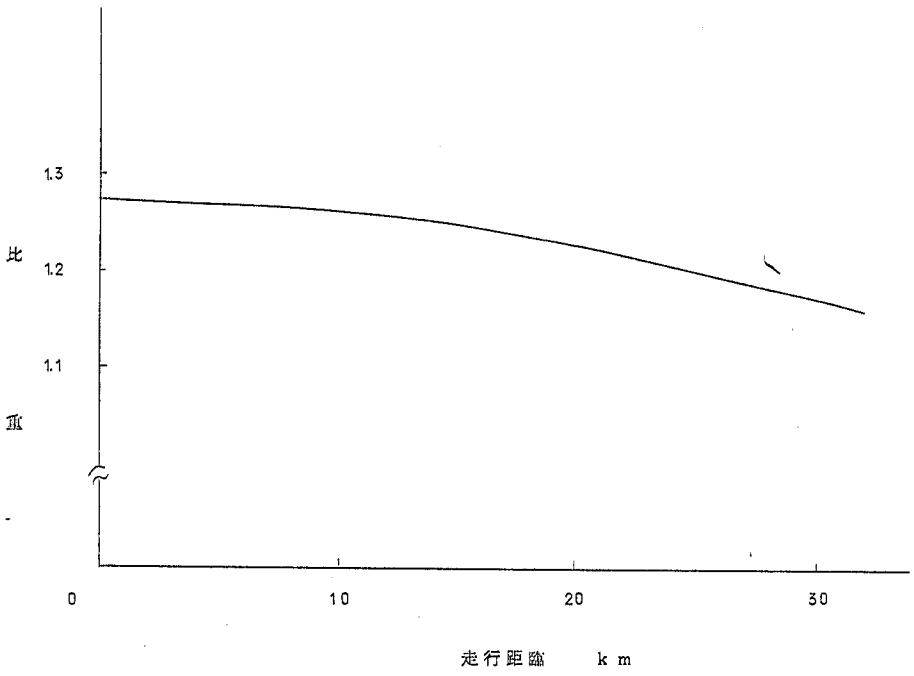
519



図Ⅲ3.3－8　一般路電気制動性能　（022号車）



図Ⅲ3.3－9　一充電走行バッテリ電圧変化　（０２２号車）



図Ⅲ3.3－10 一充電走行バッテリ比重変化 （022号車）

3.4 考　察

デュアルモード・バス・システムでは，ガイドウェイを降りた後は，住宅地，業務地の一般道路を路線バス（電気自動車）として走行することになる。この場合問題となるのが騒音，排気ガス公害それに混合交通で他の交通流を妨害しないこと等である。騒音，排気ガス公害について電気自動車は，ガソリン車，ディーゼル車に比べて格段に良好な特性を示している。このため本デュアルモードバスでは，加速性能と電気自動車としての一充電走行距離について，走行上必要かつ充分な無駄のない性能にまとめられているかどうかということに焦点を絞った。

加速性能は，現在のディーゼルバス，大型トラックとほぼ同等に達している。航続距離もデュアルモードの長所を十分に生かすことにより連続走行ができる。

以下に０２１号車について考察を行なう。

１）　加速性能

路線バスの加速性能は，交通妨害と乗客に対する安全と運転の快適さの妥協点より求めなければならない。新型自動車審査基準によれば加速性能（０～２００ｍ）は，　$T \leqq 20 + 0.4Gv$，　T（sec）：加速時間，　Gv（トン）：車輌総重量，で表わされる値以内にする必要がある。なお路線バスの基準値は以下の表のようである。

表Ⅲ 3.4－3　路線バス加速性能　(1)

	0－40km／h加速
バスの加速性能審査基準	１８ｓｅｃ以内
立席乗客の安全確保のための最大加速性能	１０ｓｅｃ以上
一般ディーゼルバスと同程度にするための加速性能	１５ｓｅｃ以下

脚注(1)　自動車技術　Ｖｏｌ２７Ｎｏ３（１９７３）

なお本実験結果によれば加速性能は下表のようになる。

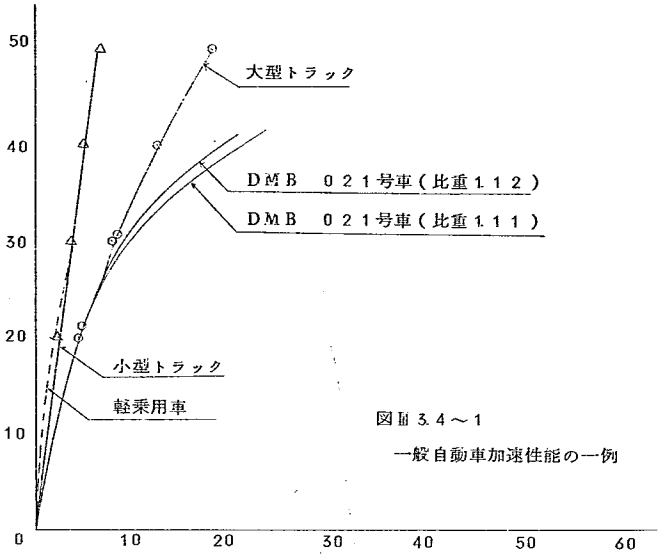
表Ⅲ 3.4－4　０２１号車加速性能実験値

	バッテリ容量	0－40km／h加速
０２１号車実験結果	２０％	１８ｓｅｃ
	５０％	（１５ｓｅｃ）

上表よりバッテリ容量が５０％以下ではディーゼルバスに劣ることになる。しかし，デュアルモードバスの長所であるガイドウェイ走行中にバッテリを充電することにより，バッテリ容量は回復しディーゼルバス程度の加速性能を保ちつづけることが可能である。

参考のために一般自動車の加速性能の例を下に示しておく。

123



図Ⅲ3.4～1
一般自動車加速性能の一例

2） 航続距離について

図Ⅲ3.2－1に示すようなパターンの加減速走行にて30km走行することが実験で確認された。しかし，本デュアルモードバスはガイドウェイ走行中に給電線より充電することが可能であり，充電特性を考慮した運行モードを設定すれば連続走行が可能となり，一般の電気自動車のように航続距離を気にする必要はない。

次に022号車についての考察を行なう。

1） 走行抵抗

一般道路における車輌の走行抵抗は表Ⅲ3.3－2に示した様に，約141.8kgである。但し，この走行抵抗は実験時車輌総重量を8,300kgとし，回転部慣性相当重量を1,810kgと見積った場合の実験結果に基づく計算値である。

この場合，回転部慣性相当重量と車輌総重量の比である慣性係数は約0.218となり，回転部慣性相当重量が，かなりのウエイトを占めていることがわかる。

又，一般道路とガイドウエイにおける走行抵抗の差は，表Ⅲ3.3－2から約12.7kgであるが，その差分は一般路とガイドウエイの路面の違いやデータのバラツキ及び誘導装置や集電子による走行抵抗の増加分により生じたと考えられる。

なお，転がり抵抗係数は表Ⅲ3.3－2に示した値の平均をとると，一般路において約0.01771でありガイドウエイでは約0.01866となり，ほぼ妥当な値と

言える。

2） 加速性能

大阪市交通局が電気バスの仕様を設定するに当って調査した報告"自動車技術Vol，27№3（1973）"によると，路線バスの最大加速度は一般車の流れを阻害しない様，中低速域で良好な加速性能が必要である為，D－40km/Hまでの加速性能をディーゼルバスと同等にすることに目標をきめ，D－40km/Hの加速時間を15secとしている。更に立席乗客の安全確保の為，0－40km/H の加速時間を10sec以下は避けなければならないとしている。すなわち，0－40km/H の加速時間として，10秒～15秒を推奨している。

今回の実験は車輌重量8,300kgで行ない，一般道路における加速性能は0－40km/H の加速時間で約12sec である。また，乗客が乗った場合を考慮し車輌重量を10ton と想定して加速性能を換算すると，0－40km/H までの加速時間は約14.5sec となり，上記推奨値を満足していることがわかる。

3） 電制性能

一般路における電気制動性能は図Ⅲ3.3－8に示す様に，ほぼ一定の減速度0.035Gである。これは一般のディーゼルバスの3速におけるエンジンブレーキ力に相当している。

又，一旦電制ブレーキがかかると，ほぼ停止直前まで有効なブレーキ力として作用することがわかる。一方ガイドウェイにおける最大電制性能は約0.094Gの制動力を有している。

4） 一充電走行距離

一充電走行におけるバッテリーの電圧変化を図Ⅲ3.3－9に示し，比重の変化を図Ⅲ3.3－10に示した。約32km走行した時40km/Hの車速が維持できなくなったので，実験方法の項で定義した一充電走行距離は約32kmとなり，当初の設計目標を満足している。このときのバッテリ電圧は走行初期405V（2.11V/cell）であったものが340V（1.77V/cell）に低下し，バッテリの比重は走行前1.27であったものが1.16に低下している。

4. 制動性能試験

4.1 実験目的

制動性能は，本デュアルモードバスシステムを左右する大きな要因である。

通常制動の性能は，プラットホームの考え方に大きな影響をあたえ，緊急制動性能は，デュアルモードバスシステムの保安の基幹をなすものである。特に，緊急制動性能のレベルは，デュアルモードバスシステムのタイムヘッドウェイに大きく影響する。

このため本実験では，現状の通常制動と緊急制動の性能を把握し，目標性能と比較して制動性能の育成改善をはかることとする。また，今後の制動装置設計の基礎資料とするための測定記録を入手することとする

なお，発電制動性能については，走行性能実験の項で述べてあるのでこの項では触れない。

（参　考）

制動制御の目標性能

(1) 通常制動（定位置停止制動）

減速度　0.1 g

定位置停止精度　　$\pm$ 50 cm

(2) 緊急制動

減速度　0.2 g

4.2 実験方法

4.2.1 実験条件

実験条件を下記に示す。

表Ⅲ 4.2－1 実 験 条 件

			021号車	022号車
車輌重量	軽積車		8450 kg	8300 kg
	重積車		9845 kg	9370 kg
タイヤ圧	前輪		7.5kg/cm²	6.25kg/cm²
	後輪		7.0kg/cm²	外 6.25kg/cm² 内 5.75kg/cm²
車速	平担部	通常制動	5～30 km／h	2～8 km／h
		緊急制動	10～40 km／h	20～45 km／h
	±6%勾配部	緊急制動	30 km／h	―――
路面状況			乾燥	乾燥

4.2.2 測定項目

1）通常制動実験

(1) 通常制動指令信号

(2) 車 速

(3) フロントホイールブレーキ配管油圧（022 号車）

(4) リヤホイールブレーキ配管油圧（022 号車）

(5) センターブレーキ配管油圧（021 号車）

(6) ブレーキセンサ（油圧スイッチ）信号

(7) 車輌床上面（重心点附近）の減速度

(8) 停止距離）

(9) 車体減速度立上りまでの空走時間

(10 減速度立上り勾配（ジャーク）

(11) ブレーキ指令ONよりブレーキセンサ信号ON（アンサ）までの時間

627

2) 緊急制動

(1) 緊急制動指令信号

(2) 車　速

(3) センタブレーキ配管油圧（022 号車）

(4) ホイールブレーキ配管油圧（021 号車）

(5) ブレーキセンサ（油圧スイッチ）信号（022 号車）

(6) 車体床上面（重心点附近）の減速度

(7) 停止距離

(8) ブレーキ指令ONより減速度立上りまでの空走時間

(9) 減速度立上り勾配（ジャーク）

(10) ブレーキ信号ONよりブレーキセンサON（アンサ）までの時間

（022 号車）

4.2.3 実験方法

1) 制動指令

制動指令は021 号車の場合ソレノイドバルブの励磁信号を取り出し，022 号車の場合は，車上制御装置（CUU）から信号を取り出し，ペン書きレコーダまたはフォトコーダに記録する。

2) 車　速

(1) 021 号車

第5輪方式の車速距離計を使用する。

(2) 022 号車

モータシャフトの回転をパルスカウンタによりピックアップし，車上制御装置を介して，デジタルカウンタで計測する方法と，さらにデジタルカウンタを介してペン書きレコーダに書かせる方法による。

3) ブレーキ配管油圧

油圧の測定は，ブレーキシリンダに近い所のジョイント部に，プレッシャーヘッドを，接続し歪アンプを介してペン書きレコーダに書かせる方法による。

4) ブレーキセンサ（油圧スイッチ）信号

ブレーキセンサの出力を直接取り出し，ペン書きレコーダに書かせる方法による。

5) 車輌床上面（重心点附近）の減速度

加速度ピックアップを車輌重心点附近の床上面に固定し歪アンプ，ローパスフィルタを介してペン書きレコーダまたはフォトコーダに書かせる方法による。なおパラメータとして制動初速，車輌重量を変化させて行う。

6) 停止距離

528

(1) 021 号車

第5輪方式の車速距離計を使用し，パラメータとして制動初速，車荷重量を変化させて行なう。

(2) 022 号車

モータシャフトの回転をパルスカウンタによりピックアップし，車上制御装置を介して，デジタルカウンタで制動指令から停止するまでのパルスをカウントし，数値を読みとる。

7) 減速度立上り勾配（ジャーク）

車輌床と面の減速度波形から勾配を読みとる方法による。

8) 各部の遅れ時間等の測定

ブレーキ指令信号と，アンサ各部圧力を同時にペン書きレコーダまたは，フォトコーダに記録し．波形から読みとる方法による。なお，パラメータとしては各部空圧を変化させて行なう。

4.3 実験結果

実験結果を以下に示す。

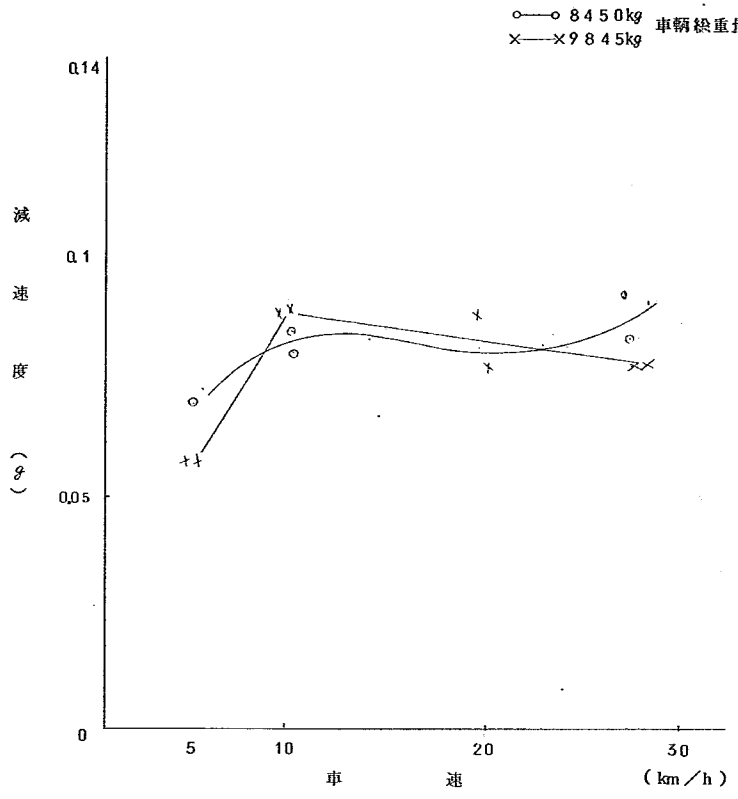
4.3.1 021 号車

通常制動減速度特性	表Ⅲ 4.3～1
通常制動のむだ時間とジャーク	図Ⅲ 4.3～1
通常制動油圧減速度波形	～2
緊急制動減速度特性	表Ⅲ 4.3～2
緊急制動のむだ時間とジャーク	図Ⅲ 4.3～3
緊急制動油圧減速度波形	～4

4.3.2 022 号車

通常制動性能および諸特性	表Ⅱ 4.3～3
通常制動制御系応答時間測定例	図Ⅲ 4.3～5
初速度～停止距離（通常制動）	～6
初速度～減速度 （緊急制動）	～7

529



図Ⅲ 4.3－1 通常制動減速度特性

表Ⅲ 4.3－1 通常制動のむだ時間とジャーク

条 件 車輌重量；8450kg 9845kg

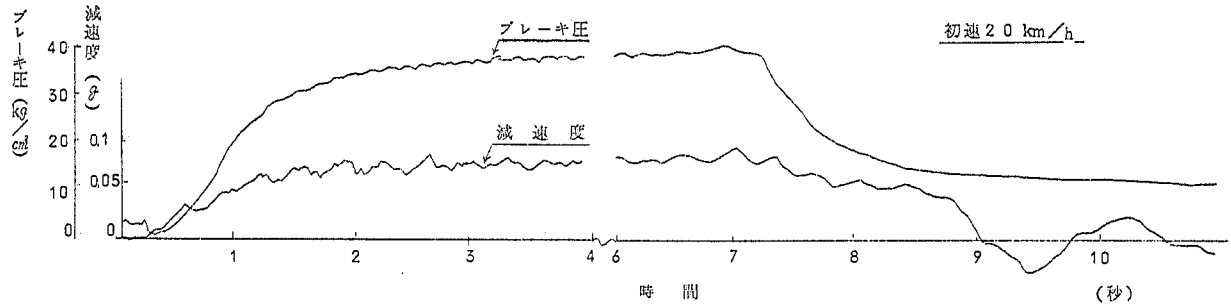
路 面；乾燥平坦路

車 速；5～30 km／h

ライニング；ドライ

むだ時間 （秒）	ジャーク （g／sec）
0.5～0.7	0.06～0.08 g／sec

530



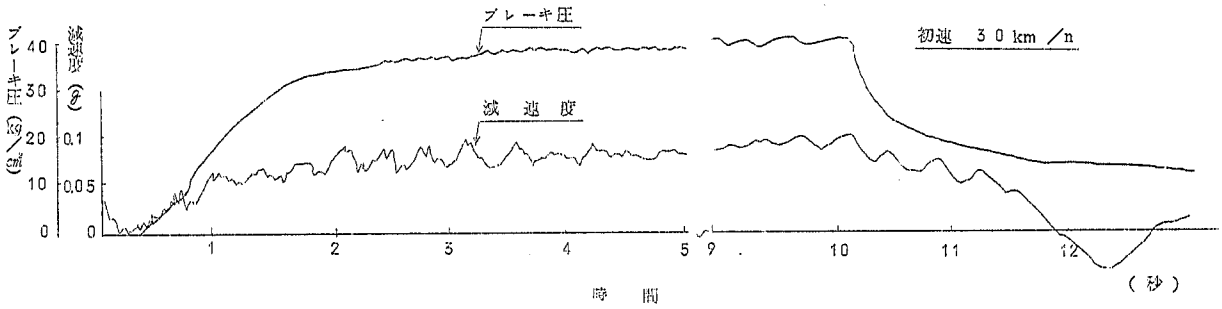
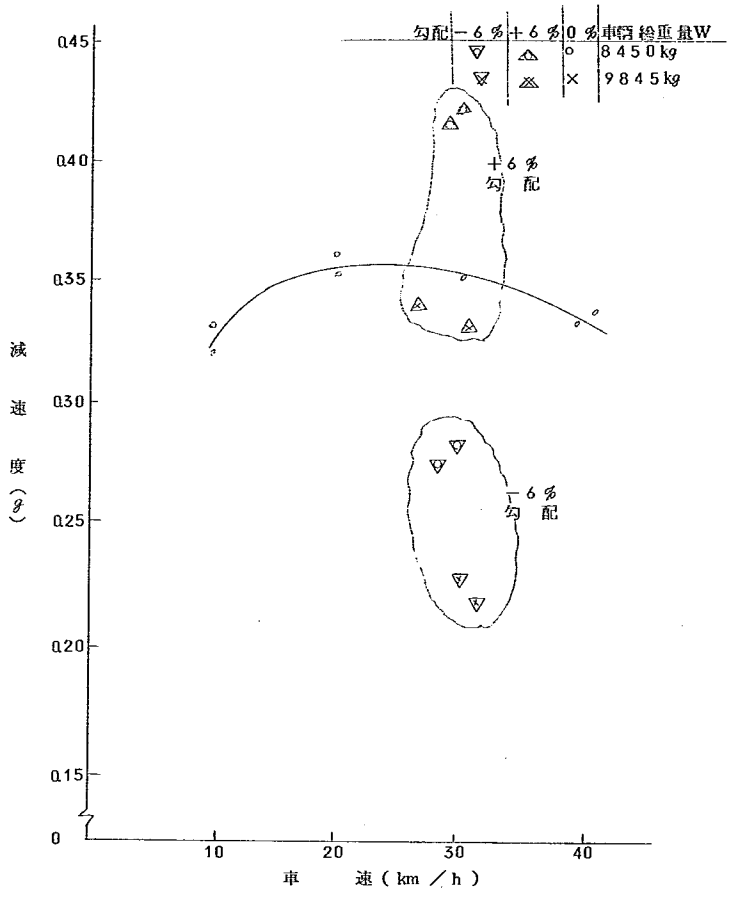


図 Ⅲ 4.3－2　通 常 制 動 油 圧 ，減 速 度 波 形　　(W＝８４５０kg)



図Ⅲ 4.3−3 緊急制動減速度特性

表Ⅲ 4.3−2 緊急制動のむだ時とジャーク

条 件 車両重量；8450kg 9845kg

路 面；乾燥平坦路

車 速；10〜40 km/h

ライニング；ドライ

むだ時間 (秒)	ジャーク (g/sec)
0.22〜0.40	0.26〜0.36

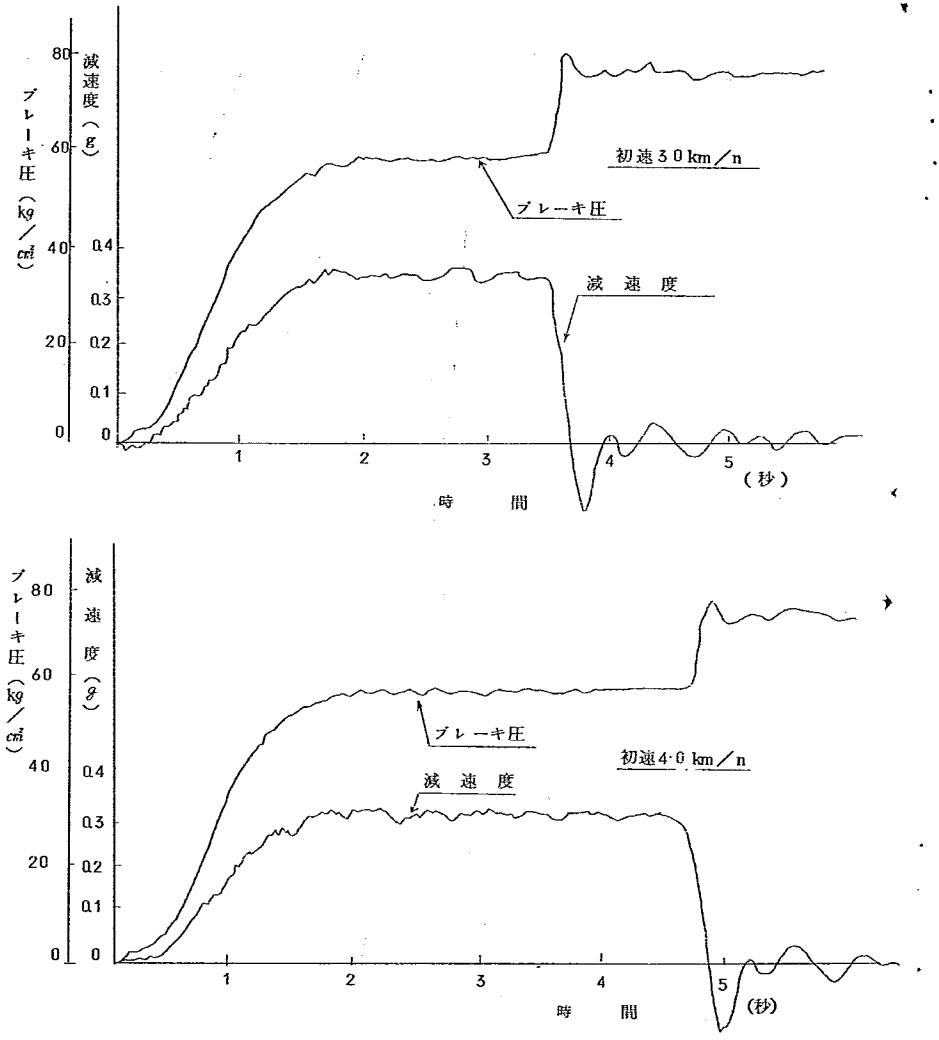
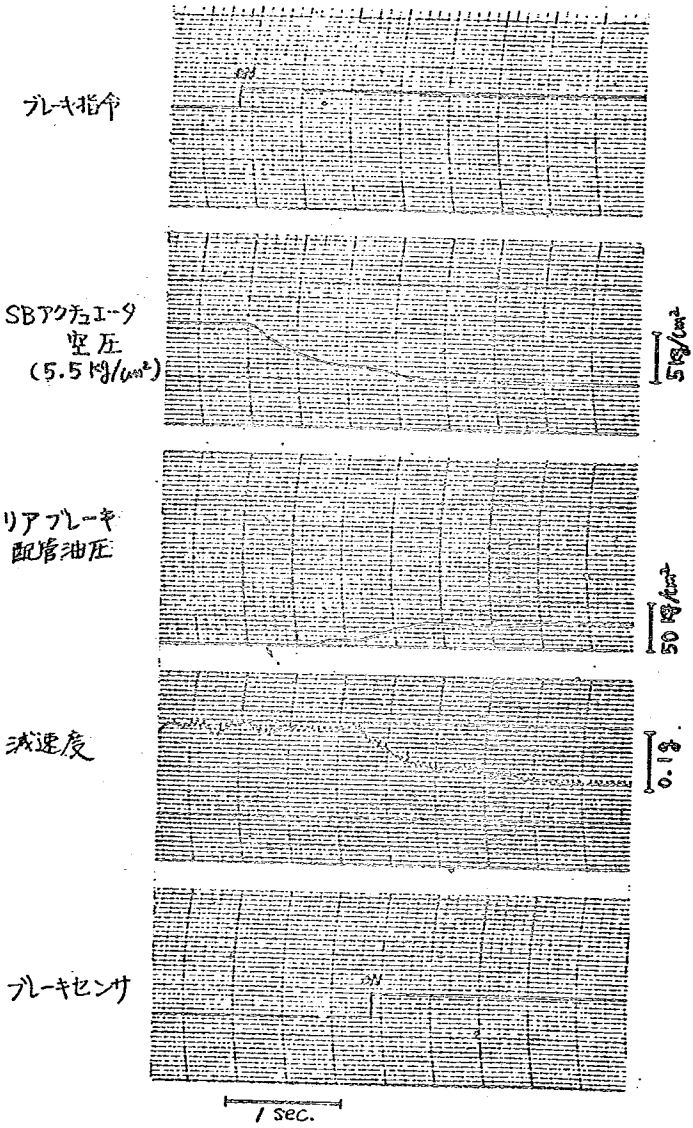


図 Ⅲ 4.3－4　緊急制動油圧，減速度波形　（W＝８４５０kg）



図Ⅲ 4.3－5 通常制動制御系応答時間の測定例（０２２号車）

53

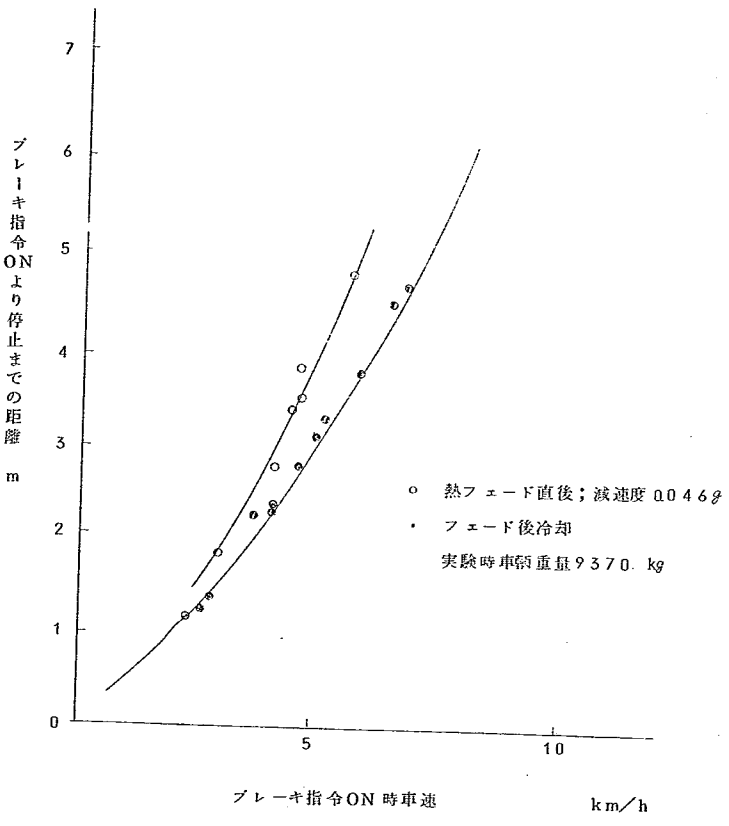


図 III 4.3－6　初速度～停止距離（022号車）
（通常制動）

535



M／C油圧　136kg/cm², W／C 117kg/cm²

M／C油圧　136kg/cm²　W／C 136kg/cm²

実験時車輌重量8300kg

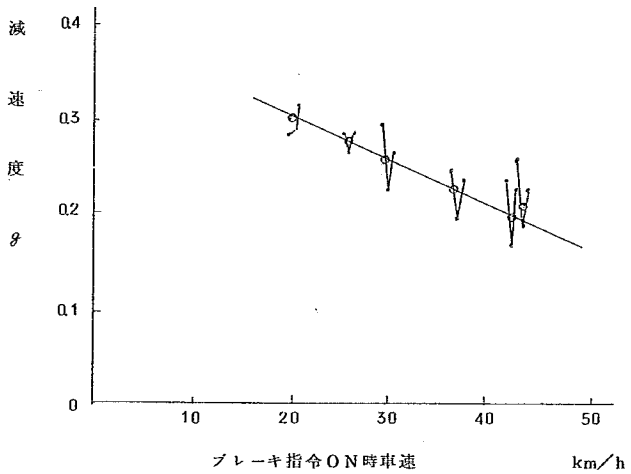


図 III 4.3－7　初速度～減速度（022号車）

（緊急制動）

536

4.4 考 案

4.4.1 021号車

デュアルモードバスシステムにおいて，制動性能はシステムの確実性，安全性を担う大きな要因である。そこで，現状の制動装置の基本性能の把握を重点に実験を行なった。この結果，制動制御の目標性能に対し，現車輌の制動性能は十分とは言えないまでも通常制動では停止距離のバラツキは±20cm程度であり，緊急制動では減速度のバラツキにて±10%程度であり，一応目標を達成できたものと判断される。尚，今後乗心地面も考慮して，システム全体のブレーキ性能の検討を行っていきたい。

1) 通常制動

車両減速度は車速10～30 km/h まではほぼ同程度の値を示すが，5 km/h においてはブレーキ液圧が設定値に到達する前にゆるめブレーキが働き，減速度は若干小さ目となるが，これは定位置停止の乗心地を重視してジャークを低く目に設定した為であり，0.1g/sec 程度に設定すれば5 km/h からの制動における減速度低下はなくなる。又，車速5 km/h における停止距離は軽重積状態を考慮しても2.18～2.61mであり，目標の±50cm以下の精度は十分に確保できる。10 km/h の車速で連続的に制動を行なうと，熱の影響等を受けるためバラツキは大きくなる傾向となる。

2) 緊急制動

軽重積車状態で，車速が10－40 km/h の範囲の平担路における減速度は，車速20 km/h をピークに0.27～0.36gである。しかし，路面勾配±6%を考慮すると0.22～0.42gのバラツキがあり，目標の0.2～0.36gをオーバーする。作動遅れ時間は，0.2～0.4秒と安定した結果となっている。

以上より，車輌重量変化，車速変化等の影響を大きく受けない様，減速度精度の安定向上が必要であるが，制動機構面からは現状よりも大巾に改善される見通しについても，検討の必要があろう。

4.4.2 022 号車

デュアルモードバスシステムにおいて，制動性能はシステムを左右する大きな性能である。したがって制動装置の開発を重点的に行なう必要がある。

そこで，現状の制動装置の基本性能の把握に重点をおいた実験を行なった。

まず，制動制御の目標性能に対し，現車輌の制動性能は十分とはいえないまでも，一応目標を達成できたものと判断される。

つぎに，通常制動時のフィーリングの改善をはかった。制動時のフィーリングは，減速度の絶対値よりも，一定減速度になるまでの立ち上り勾配であるジャークの値によって決定される。したがって，通常制動のスプリングブレーキ，アクチュエータ内

539

の空圧の排気を絞ることによって，フィーリング上妥協できる値（0.1g／sec）にセットした。

1）通常制動

測定結果は減速度は0.087gで，作動遅れ時間はジャークを0.1g／secにセットした状態で1.2秒であった。今回の実験は制動時のフィーリングを重視したもので，排気の絞りを適当に選択すれば，性能上の向上は図れると考える。

安位置停止精度は，図Ⅲ4.3－6に示すように，車速5 km／h以下においては，バラツキも±30 cm以下であり，重量を約1 ton増しても，また熱フェド後でも冷却すれば変化はみられなく，目標の±50 cm以下の精度は，実用化時のバラツキを考慮し，満足できそうである。

なお，図Ⅲ4.3－6に示すごとく，熱フェード直後では，停止距離がかなり増え，＋50 cm以上となる。しかし，ガイドウエイ上での走行で，これほど過酷な使用条件は考えられない（通常制動は定位置停止のみに用いられる）ので，問題とならない。

ただし，ガイドウェイの進入直前に，過酷な制動を一般道路上で行なった場合（進入直前に非常に長くかつ勾配の大きい坂がある場合）には問題となるがゲート部での停車時間，チェックウェイの走行時間の長さで問題となるかどうかが決まる。

2）緊急制動

車速が20 km/h ～40 km/hにおいて減速度は0.29 g～0.21 gに変化する。これは，センタブレーキで制動を行うためシューとドラムとの相対速度が高いため，シューが熱フェードしてしまうことにより，制動力が低下するためである。従って，対フェード性の良いブレーキシューライニングを開発する必要があり，今後の課題としてゆきたい。

作動遅れ時間は，減速開始までの間で0.43 秒でバラツキは比較的少ない。

しかし，ジャーク，低速時の制動には改善の余地があり，デュアルモードバスシステムの実用化までには育成しておく必要がある。

5. 通信レベル試験

5.1 実験目的

本実験は，地上一車上間の誘導通信による情報伝送に必要な伝送回線が確保されていることを，総合的に確認することを目的としている。この目的のため，以下の項目について実験を行なう。

(1) 制御用伝送線路の結合レベルの測定
  i) 地上受信レベル
  ii) 車上受信レベル
(2) 制御用通信の通信不能領域の有無の確認
  i) 地上→車上方向通信
  ii) 車上→地上方向通信
(3) 制御用通信区間の相互干渉
(4) 制御用および音声用通信の外部への影響
  i) 地上送信による外部への影響
  ii) 車上送信による外部への影響
(5) 音声通信の品質
  i) 地上→車上方向通信
  ii) 車上→地上方向通信

5.2 実験方法

5.2.1 制御用伝送線路の結合レベルの測定

1) 地上受信レベル

車輌を走行させ，路側制御装置（ＷＳＣ）内の受信機の入力部において車上からの制御用信号の受信レベルを測定する。図Ⅲ5.2－1に測定ブロック図を示す。この測定は各区間ごとに，０２１号車，０２２号車それぞれ行なう。

2) 車上受信レベル

車輌を走行させ，車載通信機（ＴＣＵ）内の受信部の入力において，地上からの制御用信号の受信レベルを測定する。図Ⅲ5.2－2に測定ブロック図を示す。この測定は全区間連続して，０２１号車・０２２号車それぞれ行なう。

5.2.2 制御用通信の通信不能領域の有無の確認

1) 地上→車上方向通信

車輌を走行させ，車上で全区間の受信レベルを連続して測定し，通信不能領域の有無のチェックを行なう。

測定方法は5.2.1　2) 項と同様である。

2） 車上→地上方向通信

車輌を走行させ，地上で各区間ごとの受信レベルを路側制御装置（ＷＳＣ）内の受信機入力部で測定し，区間内での通信不能領域の有無のチェックを行なう。測定方法は5.2.1　1）項と同様である。

また路側制御装置（ＷＳＣ）内のモニタにより，区間の境界での通信不能領域の有無のチェックを行なう。

5.2.3 制御用通信区間の相互干渉

車両を走行させ，地上において該当区通信区間に隣接すると通信区間を車輌が走行しているときの，該当区間での受信レベルを測定する。測定方法は5.2.1　1）項と同様である。

5.2.4 制御用および音声用通信の外部への影響

1） 地上送信による外部への影響

地上の一通信区間のみ送信状態とし，ガイドウェイ外での電界強度を電界強度測定器により測定し，電波法上の範囲内であることを確認する。測定は制御用，音声用それぞれ行なう。

図Ⅲ5.2－3に測定ブロック図を示す。

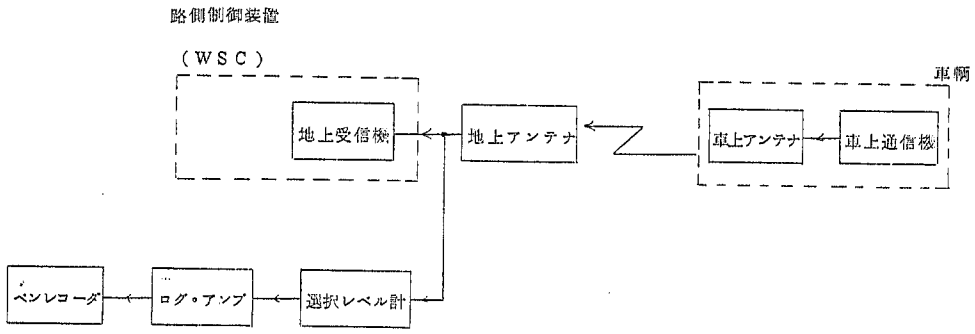
2） 車上送信による外部への影響

車輌を停車状態とし，車上送信による外部での電界強度を電界強度測定器により測定し，電波法上の範囲内であることを確認する。測定は制御用。音声用それぞれ行なう。

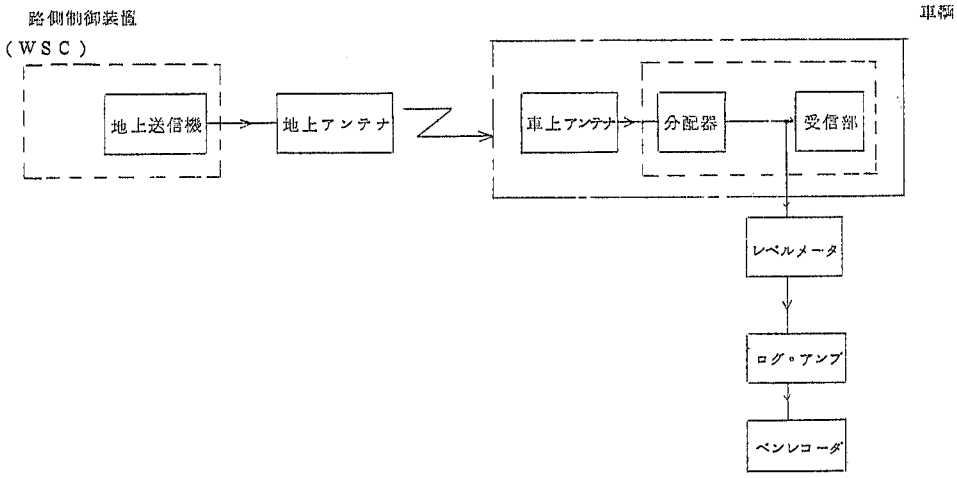
図Ⅲ5.2－4に測定ブロック図を示す。

5.2.5 音声通信の品質

車輌を走行させ，地上⇄車上間の音声通信を行ない，明瞭に通話が行なえることを人が判定する。測定は各区間それぞれ行なう。



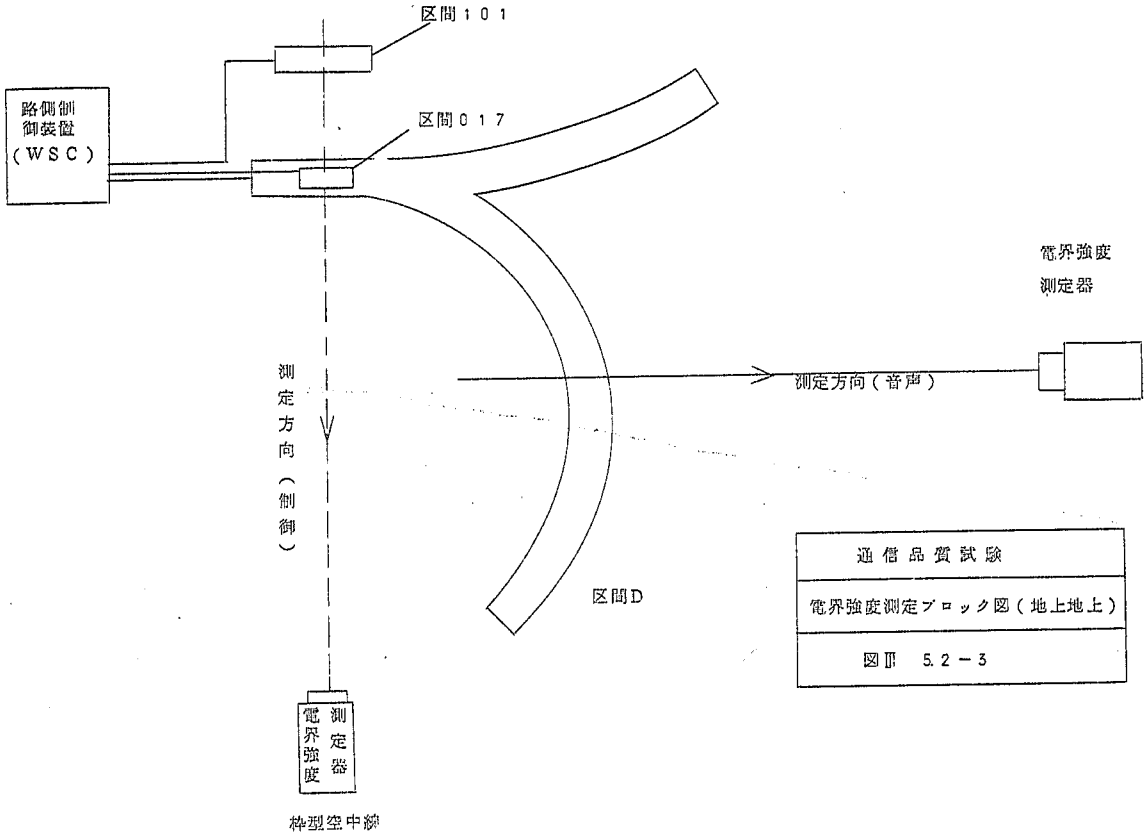
通信品質試験
地上受信レベル測定ブロック図
図Ⅲ　5.2.－1



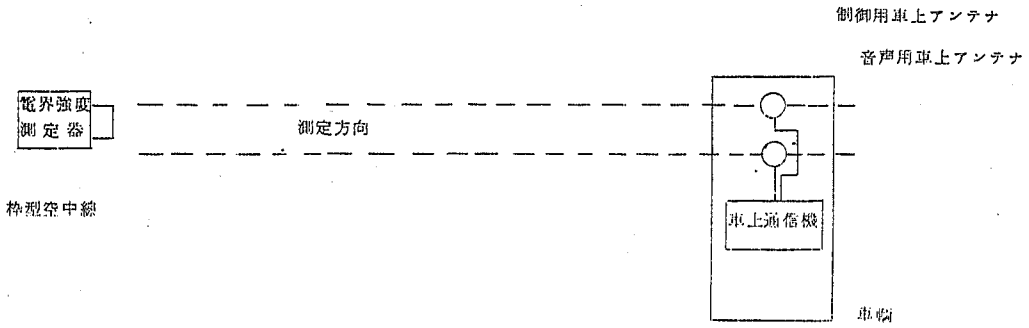
通信品質試験

車上受信レベル測定ブロック図

図Ⅲ　5.2－2



通信品質試験
電界強度測定ブロック図（地上地上）
図Ⅲ　5.2－3



通信品質試験
電界強度測定ブロック図（車上送信）
図Ⅲ　5.2－4

5.3　実験データ

5.3.1　制御用伝送線路の結合レベルの測定

1）　地上受信レベル

図Ⅲ5.3－1に地上受信レベルのデータの一例を示す。

地上の各区間を，地上アンテナの布設状態およびガイドウェイの形状により，埋設・開渠・分岐・急カーブに分類し，それぞれのブロックごとの平均受信レベル変動を表Ⅲ5.3－1に示す。

表Ⅲ　5.3－1

		埋設	開渠	分岐(開)	(急カーブ(開渠)
021号車	平均受信レベル (dB)	−50.3	−55.8	−56.5	−56.2
	区間内のレベル変動(dB)	±1.5	±1.0	±3.0	±1.5
022号車	平均受信レベル (dB)	−52.2	−55.9	−57.7	−56.9
	区間内のレベル変動(dB)	±1.5	±1.0	±3.0	±1.5

2）　車上受信レベル

図Ⅲ5.3－2に車上受信レベルのデータの一例を示す。

測定区間は，021号車・022号車共に，ガイドウェイ入口→停車部→本線合流→本線一周→区間1β6までのものと，区間010→側線分岐→停車部→ガイドウェイ出口までのものの二系統で，これにより全区間の連続受信レベルが示されている。

各区間での受信レベルの変動は，分岐部を除くと±1.5dB以下であり，分岐部では±3.0dB以下である。また各区間の平均受信レベルのレベル差は約2.0dB，021号車と022号車とのレベル差は約1.0dB程度である。

5.3.2　制御用通信の通信不能領域の有無の確認

1）　地上→車上方向通信

車上受信レベルの連続測定データによれば，通信不能領域は認められない。

2）　車上→地上方向通信

地上受信レベル測定データによれば，区間内での通信不能領域は認められなかった。

5.3.3　制御用通信区間の相互干渉

545

図Ⅲ 5.3－1を例示した受信レベルのデータ中に，隣接する区間に車輌が存在するときの結合受信レベルが示されている。

これによれば，隣接区間の結合レベルは通信上全く問題はない。

5.3.4　制御用および音声用通信の外部への影響

1）　地上送信による外部への影響

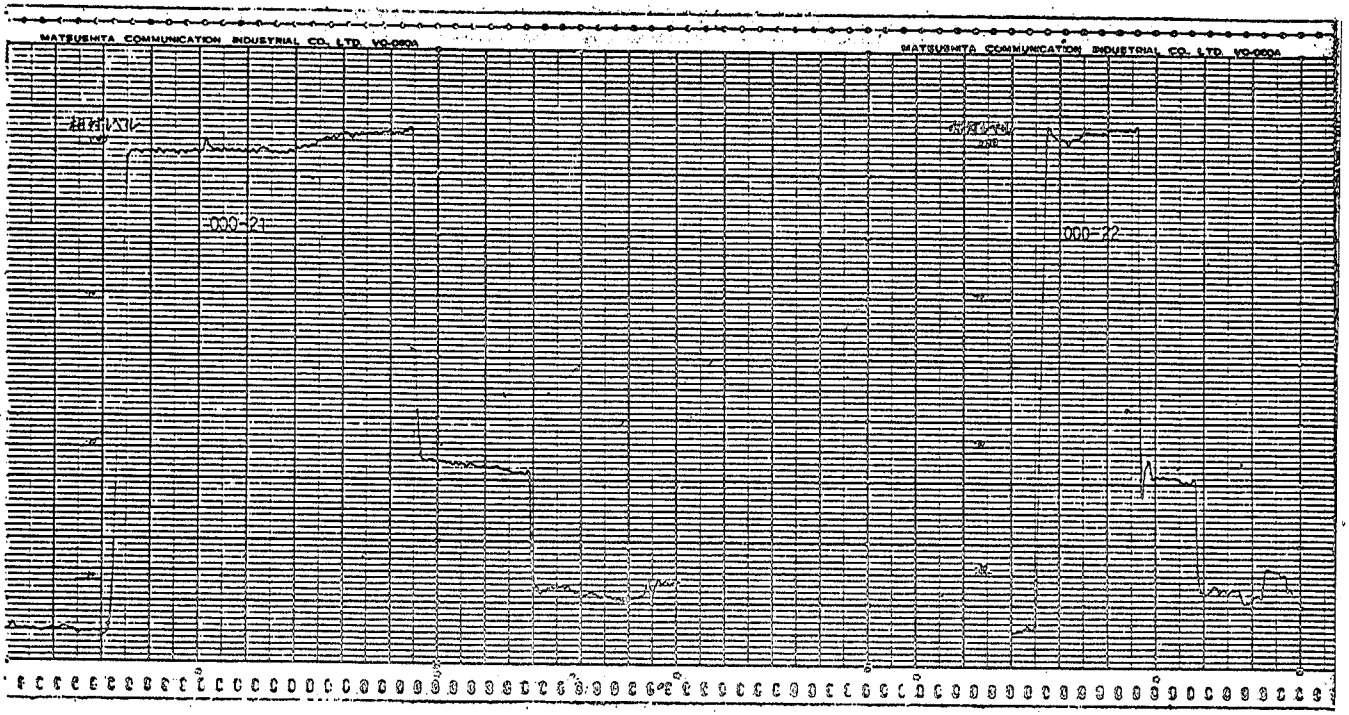
地上アンテナより１００m離れた地点（方向は図Ⅲ 5.2－3参照）での電界強度は，制御用（区間０１７および１０１）および音声用（区間D）アンテナともに，電波法の規制値に対して充分低い値である。

2）　車上送信による外部への影響

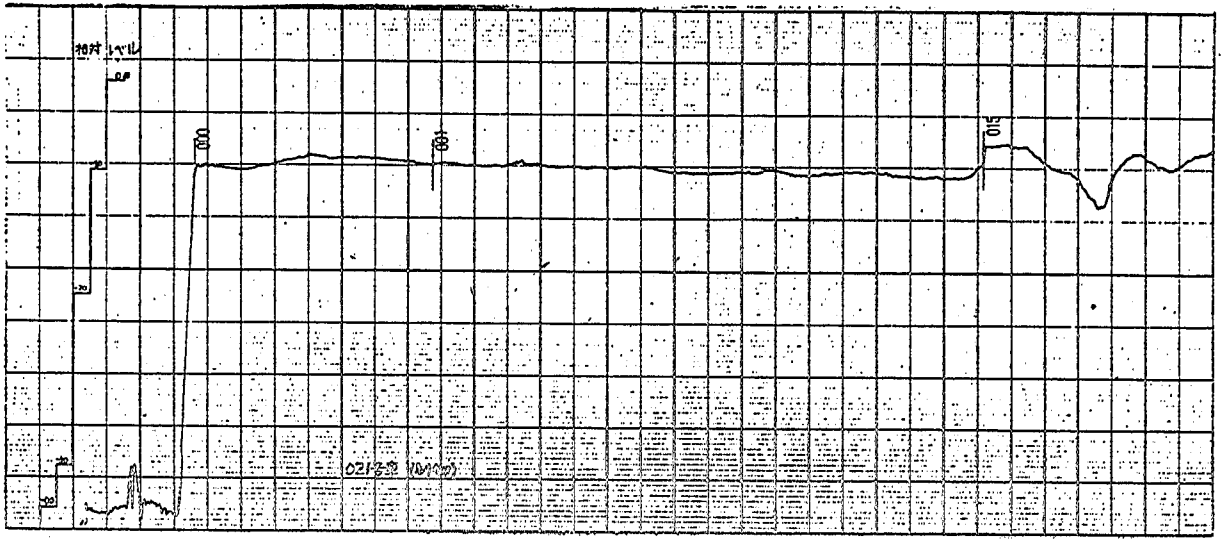
車上アンテナより１００m離れた地点（方向は図Ⅲ 5.2－4参照）での電界強度は，地上用アンテナ同様，電波法の規制値より十分低い値である。本通信設備は電波監理局より，デュアルモードバス実験用として，許可を受けれものである。

5.3.5　音声通信の品質

地上→車上および車上→地上双方向通信試験を行い，十分であると判定した。なお，簡単な測定によれば音声通信のS／Nは約２５～４０dBであった。



通　信　品　質　試　験
地上受信レベル（区間000，埋設）
図Ⅲ　5.3－1



通信品質試験
車上受信レベル（制御，０２１号車）
図Ⅲ　5.3－2

945

5.4 考　察

今回の通信品質試験の目的は3.5.1項でも述べたように，通信品質を決定する各要素についてついての詳細な実験・解析ではなく，情報伝送に必要な伝送回線が構成されていることを確認するための概略的・総合的な通信実験であった。

この実験により得られた結果をまとめると，地上側受信に関しては，

(1) 受信レベルは開渠部は掘設部に較べ約5dB低い。

(2) 区間内のレベル変動は，分岐部を除くと±1.5dB以下であり，急カーブ部でもレベル変動は変りない。

(3) 分岐部はアンテナが特殊形状のためレベル変動が大きいが，それでも±3dB以下である。

(4) 受信レベルのばらつきは分岐部を除くと022号車のほうが大きいが，これは車上アンテナ取付位置および車両構造の違いによるものと思われる。

(5) 通信区間相互の干渉は，結合受信レベルが約－20～－25dBであり問題とはならない。

また，車上側受信に関しては

(1) 受信レベル変動は分岐部を除くと±1.5dB以下である。

(2) 分岐部においてはレベル変動が大きいが，それでも±3dB以下である。

(3) 急カーブ部においてもレベル変動には大差がない。

(4) 021号車と022号車との平均レベルの差は約1dB程度である。

以上の地上・車上の受信レベルの測定結果および地上・車上共に通信不能領域がないこと，またC／N（搬送波信号対雑音比）が約30dB程度であったことを考慮すれば，この伝送回線は本システムにおいて十分な品質であるといえる。

また，本システムの通信設備は，電波監理局から高周波利用設備の許可を受けている。

なお，今後に予定されている通信系の実験においては，雑音測定（集電子離線によるアーク雑音・車両の駆動装置からの電気雑音・等）を中心に，詳細な実験・解析を行なう予定である。

6. 保安性能試験

6.1 実験目的

システム正常時の閉塞機能と，異常時の保安機能を確認する。

確認項目は以下のとおりである。

- 速度閉塞
- 速度制限
- 分岐保安
- 車上通信機（ＴＣＵ）異常
- 路側制御装置（ＷＳＣ）異常
- 中央通信装置（ＣＴＵ）異常
- 遠隔操作卓（ＲＣＤ）異常
- 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）異常

6.2 実験方法

6.2.1 速度閉塞

1） 存在・閉塞信号確認

各区間毎の車両存在信号と，これによる閉塞信号を地上にて確認する。

(i) 車上通信機（ＴＣＵ）電源をＯＮにして，車両を手動運転で区間の中心部へ停車させる。

(ii) 車上で受信装置の受信信号を，地上で該当区間の車両存在信号と閉塞信号のモニタランプを確認する。

(iii) 車上通信機（ＴＣＵ）の電源をＯＦＦにしたとき，各信号の状態が(ii)と同じであることを確認する。

(iv) 上記(i)～(iii)を全区間について行なう。

2） 後方閉塞確認

擬似車両による後方閉塞状態を車上にて確認する。

(i) 路側制御装置（ＶＳＣ）内で，表Ⅲ６２－１に従って擬似車両の存在信号を作る。

(ii) 車両を手動運転させ，各区間での速度指令信号を車上通信機（ＴＣＵ）のモニタランプで確認する。

(iii) 表Ⅲ６２－１の１～９のセッティングについて，上記(i)，(ii)を全区間チェックする。

3） 両方閉塞確認

合流地点近傍での閉塞状態を，２台の車両を使用して，車上で確認する。

車上通信機（ＴＣＵ），車両は２台使用

150

(i) 車両Aを，表Ⅲ６２－２に従って停車させる。

(ii) 車両Bを，同表の走行区間に従って走行させる。

(iii) Bの存在区間が変るたびに，A，B両車上で速度指令を，車上通信機（ＴＣＵ）モニタランプで確認する。

6.2.2 速度制限

1） 自動時の速度制限確認

自動運転状態での，各区間の速度制限値を車上で確認する。

(i) 地上装置を自動運転状態にする。

(ii) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）より，全区間へ４０Km／hの速度指令を出力する。

(iii) 車両を手動運転走行させ，各区間の速度指令を車上通信機（ＴＣＵ）モニタランプで確認する。

2） 遠隔時の速度制限確認

遠隔運転状態での，各区間の速度制限値を車上で確認する。

(i) 地上装置を遠隔運転状態にする。

(ii) 車両を手動にて走行させ，各区間の速度指令を車上通信機（ＴＣＵ）モニタランプで確認する。

6.2.3 分岐チェック確認

分岐指令と，車両の分岐輪状態信号と，分岐輪センサー出力信号とで，正常／異常の組合せを作り，路側制御装置（ＷＳＣ）の分岐保安機能が正常に動作することを確認する。

(i) 車両を停車させ，表Ⅲ６２－３，－４に従って車上通信機（ＴＣＵ）テスタで，分岐輪状態信号をセットする。

(ii) 同表に従って，正常ケースでは遠隔操作卓（ＲＣＤ），異常ケースでは路側制御装置（ＷＳＣ）内で分岐指令をセットする。

(iii) 同表に従って，地上センサ信号調整器（ＧＳＣ）からの入力信号配線を変更し，地上センサ信号調整器（ＧＳＣ）出力信号をセットする。地上センサ信号調整器（ＧＳＣ）断のケースでは，地上センサ信号調整器（ＧＳＣ）の電源をＯＦＦにする。

(iv) 車両を走行させ，分岐チェック区間で停車させ，速度指令を車上通信機（ＴＣＵ）モニタランプ，および路側制御装置（ＷＳＣ）モニタランプで確認する。

(v) 異常ケースの場合には，車両を分岐チェック区間以外へ移動させても，チェック異常による停車指令は変化せず，遠隔操作卓（ＲＣＤ）から保安解除したときにリセットされることも確認する。

2） 操舵閉塞確認

本線上の分岐チェックで左分岐確定したとき，速度制限値が２５Km／hであることを，車上で確認する。

(i) 地上装置を自動運転状態にする。

(ii) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）より，全区間へ４０Km／ｈの速度指令を出す。

(iii) 車両をＡＳモードで走行させ，Ｌ００３での分岐指令と，Ｌ００７～Ｌ０１１での速度指令を，車上通信機（ＴＣＵ）のモニタランプで確認する。

3） 側線閉塞確認

本線上の分岐指令区間で左分岐指令を出したとき，その車両が原区間へ入るまで後続車へは右分岐指令を出すことを，車上で確認する。

車上通信機（ＴＣＵ），車両は２台使用

(i) 車両ＡをＬ２０１，車両ＢをＬ１０６へ停車させる。

(ii) Ａ，ＢともＡＳモードとし，左分岐要求をセットする。

(iii) Ａをスタートさせ，Ｌ００３で左分岐指令が来ることを，車上通信機（ＴＣＵ）モニタランプで確認し，Ｌ００６で停車させる。

(iv) Ｂをスタートさせ，Ｌ００３で停車させ，右分岐指令が来ることを確認する。

(v) Ａをスタートさせ，Ｌ０１５で停車させる。

(vi) Ｂをスタートさせ，本線一周後再度Ｌ００３で停車させる。このとき，右分岐指令であることを確認する。

(vii) Ａをスタートさせ，Ｌ０１６で停車させる。

(viii) Ｂをスタートさせ，本線一周後再度Ｌ００３で停車させる。このとき，左分岐指令であることを確認する。

6.2.4 車上通信機（ＴＣＵ）異常

1） 送信機切換確認

車上通信機（ＴＣＵ）送信機を現用から待機へ切換え，地上で信号状態を調べる。

(i) 地上装置を自動運転状態にする。

(ii) 車両を停車させ，現用の送信機出力をＯＦＦにする。

(iii) 送信系が待機へ切換り，送信機異常信号を車上通信機（ＴＣＵ）テスターのモニタランプで確認する。またこのとき，閉塞信号と，中央通信装置（ＭＴＵ）から電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）へ出力される車両状態信号とが変化しないことを確認する。

2） 電源切換確認

車上電源断（メインスイッチＯＮ）となったとき，車上通信機（ＴＣＵ）電源が内蔵のバッテリーに切換り，車上通信機（ＴＣＵ）が正常に動作することを確認する。

(i) 車両を停車させ，車上の主電回路を断にする。このとき，車上操作盤（ＯＰＬ）のスイッチはＯＮ状態のままとする。

152

(ii) 存在信号，閉塞状態を地上で，指令信号を車上で確認する。

6.2.5 路側制御装置（ＷＳＣ）異常

1） 電源断

路側制御装置（ＷＳＣ）0，1，2の電源をそれぞれ断としたときの速度指令を，車上の車上通信機（ＴＣＵ）で確認する。

(i) 路側制御装置（ＷＳＣ）0，1の電源（共通部）をＯＦＦに，路側制御装置（ＷＳＣ）2の電源をＯＮにする。

(ii) 車両を手動で走行させ，各区間の速度指令を確認する。

またこのとき，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の路側制御装置（ＷＳＣ）異常ランプが点灯することも確認する。

(iii) 路側制御装置（ＷＳＣ）0，1の電源をＯＮ，路側制御装置（ＷＳＣ）2の電源をＯＦＦにして，上記(ii)と同様に実験する。

2） 受信回線断

内容

中央通信装置（ＭＴＵ）から路側制御装置（ＷＳＣ）へ各種指令を送る制御用通信回線を，回線断としたとき，全区間の速度指令が停車になり，遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの保安解除まで保持されることを確認する。

(i) 路側制御装置（ＷＳＣ）の，制御用通信回線変復調装置の受信側Ｕリンクをはずす。

(ii) 車両を手動運転で走行させ，各区間の速度指令を，車上通信機（ＴＣＵ）および路側制御装置（ＷＳＣ）で確認する。

(iii) Ｕリンクを正規にセットし，速度指令が変らないことを確認する。

(iv) 遠隔操作卓（ＲＣＤ）で保安解除したときの速度指令を，路側制御装置（ＷＳＣ）で確認する。

6.2.6 中央通信装置（ＭＴＵ）・遠隔操作卓（ＲＣＤ）異常

1） 中央通信装置（ＭＴＵ）電源断

中央通信装置（ＭＴＵ）の電源を断にしたときの，各区間の速度指令が停車であることを確認する。

(i) 中央通信装置（ＭＴＵ）の電源をＯＦＦにする。

(ii) 各区間の速度指令を，路側制御装置（ＷＳＣ）で確認する。またこのとき，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の中央通信装置（ＭＴＵ）異常ランプが点灯することも確認する。

2） 遠隔操作卓（ＲＣＤ）電源断

遠隔操作卓（ＲＣＤ）の電源を断にしたときの，各区間の速度指令が停車であることを確認する。

(i) 遠隔操作卓（ＲＣＤ）の電源をＯＦＦにする。

(ii) 各区間の速度指令を，路側制御装置（ＷＳＣ）で確認する。

6.2.7 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）異常

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）による自動運転中に，電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）系の異常を発生させたとき，各区間の速度指令が停車であることを確認する。

(i) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）自動運転状態とし，全区間に４０Ｋｍ／ｈの速度指令を出す。

(ii) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）のステータスを自動運転移行可にする。

(iii) 各区間の速度指令が停車であることを確認する。

(iv) 上記(ii)(iii)を

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）ステータス異常

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）アラーム

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）電源断

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）システム電源断

の各場合について行なう。

554

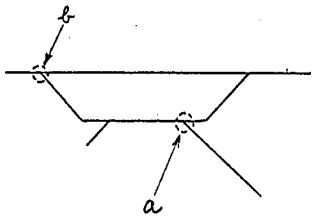
No.	擬似車両区間										備考
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
1	001	014	—	—	—	—	—	—	—	—	L000, L001 テスト
2	015	014	016	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	—	016	—	—	—	—	—	—	—	
4	100	105	202	207	214	221	006	014	110	116	L000, L001, 上限く他の区間 テスト.
5	101	106	203	210	215	002	007	015	111	116	
6	102	107	204	211	216	003	010	016	112	116	
7	103	208	205	212	217	004	011	017	113	116	
8	104	201	206	213	220	005	012	020	114	116	
9	—	—	—	—	—	—	013	—	115	116	

No.順に従って車両を走行させる.

No 1～3では, x側部から進入し, 本線へ合流せずに, 出場する.

保安性能試験
後方閉塞試験要領
表Ⅲ 6・2－1

No.	チェック合流点	車両A停車区間	車両B走行区間	検定
1	a	000	012 → 015	BはAの影響を受けないこと
2		001		BはAにより閉塞されること *
3		012	000 → 015	BはAの影響を受けないこと
4		013		BはAにより閉塞されること *
5	b	100	113 → 104	BはAの影響を受けないこと
6		101		BはAにより閉塞されること *
7		113	100 → 104	BはAの閉塞を受けないこと
8		114		BはAにより閉塞されること *



* Bが合流区間に進入したときから、AおよびBにより閉塞される。

保安性能試験
側方閉塞試験要領
表Ⅲ6・2－2

955

No.	分岐センサ信号			TCU分岐指令信号	
	電源	正常	異常	右	左
1	ON	1	0	1	0
2	ON	1	0	0	1
3	ON	1	0	1	1
4	ON	1	0	0	0
5	ON	0	1	1	0
6	ON	0	1	0	1
7	ON	0	1	1	1
8	ON	1	1	1	0
9	ON	1	1	0	1
10	OFF	—	—	1	0
11	OFF	—	—	0	1

No1 : L014で正常:

No2 : L001, L113で正常

保安性能試験
分岐チェック試験・1・側線
表Ⅲ.6・2－3

557

No.	分岐センサ信号				分岐指令		TCU分岐信号	
	電源	右正常	左正常	異常	右	左	右	左
1	ON	1	0	0	1	0	1	0
2	ON	1	0	0	1	0	0	1
3	ON	1	0	0	1	0	1	1
4	ON	1	0	0	0	1	1	0
5	ON	1	0	0	0	1	0	1
6	ON	1	0	0	0	0	1	0
7	ON	1	0	0	0	0	0	1
8	ON	0	1	0	1	0	1	0
9	ON	0	1	0	1	0	0	1
10	ON	0	1	0	0	1	1	0
11	ON	0	1	0	0	1	0	1
12	ON	0	1	0	0	1	1	1
13	ON	0	0	1	1	0	1	0
14	ON	0	0	1	0	1	0	1
15	ON	1	1	0	1	0	1	0
16	ON	1	0	1	1	0	1	0
17	OFF	—	—	—	1	0	1	0

No1, No11 : 正常ケース

保安性能試験
分岐チェック試験・2・本線
表Ⅲ6・2－4

558

6・3 実 験 結 果

021，022号車にて，全区間正常であり，所期の目標通りの機能が確認された。

559

7. 遠隔操作試験

7.1 実験目的

RCDは，自動運転時のモニタおよび自動運転不可能な場合の手動による遠隔運転の操作板である。

本試験はRCDによる遠隔運転機能のチエックとともに，CPUによる自動運転をスムーズに行うために地上一車上間の全信号チエックを行い，あわせてRCDの表示機能のチエックを行なう。 本試験の目的は

1) RCD－MTU－WSC－TCU間の各種信号チエック，TCU－CCU間のインターフェース確認およびRCDの表示機能のチエック。

2) RCDによる遠隔運転と機能／性能の確認

の2種に大別される。

7.2 実験方法

7.2.1 上り回線テスト

車輌上のTCU－CCU間に，スイッチにより構成したテスタを接続し（図Ⅲ 7.2－1参照）下記の方法によって各種情報をチエックする。

1) 存在・閉塞

TUC電源をONにして，車輌を所定区間に進入させた時の"存在信号"および"閉塞信号"をRCDで確認し，存在信号はさらに，該当WSCの受信部においても確認する。上記確認は車輌を次々と全区間に停車させて行い，その後，車輌を走行させて連続的な移動表示の確認をおこなう。さらにRCD上の分岐・合流表示の確認をする。

2) ドア開／閉

ドア開閉信号を受けつける区間に車輌を停車させ，TCUテスタのドア開スイッチにより，ドア開／閉状態をつくり，RCD上のドア開／閉表示およびMTUモニターランプで確認する。

3) 次駅停車／チエック走行

上記情報の発生する区間に車輌を進入させ，MTUモニタによりこの情報を確認する。

4) 調査要求

全ての区間で調査要求信号を発生し，正常に情報が受信されているかを，MTUモニタで確認する。

5) 非　常

全ての区間でTCUテスタより非常信号を発生させ，RCD上の車輌非常表示，一括非常および警報ブザー作動確認をする。

560

6）正　常

全ての区間で，テスタより正常信号を発生させ，ＷＳＣモニタランプにより，該当区間の車輌が正常であることを確認する。

7）走行／停車

全ての区間で，テスタにより，走行／停車状態をつくり，ＭＴＵモニタランプにより 正しく情報が受けられているかを確認する。０１６，０２０区間では，ＲＣＤ上に停車表示が正常に表示されることを確認する。

8）分岐輪状態

上記信号を受けつける全ての区間で分岐輪状態をテスタにより，右あるいは左をそれぞれ設定し，ＭＴＵモニタランプにより正常に受信されていることを確認する。さらに，左／右どちらでもない状態にテスタをセットし，ＭＴＵモニタランプで確認する。

9）分 岐 要 求

分岐要求受け付け区間に車輌を進入させ，右／左／要求なしの情報をテスタでセットし，それぞれの場合に正常に情報が受信されているか，ＷＳＣのモニタランプで確認する。

10）調 査 内 容

全ての区間で，調査内容の各桁を０～９まで変化させて，ＲＣＤの調査内容読み出し指令により，正常にＲＣＤ上に表示されることを確認する。

11）車 輌 番 号

地上装置が遠隔モードで，車輌番号読み出し可能の全ての区間で，ＴＣＵ内の車番設定器を各桁それぞれ０～９まで変化させ，ＲＣＤの車輌番号読み出し指令により，正常に，それぞれの番号が表示されることを確認する。

7.2.2　下り回線テスト

車輌上のＴＣＵ－ＣＣＵ間に接続したＴＣＵテスタのモニタランプを用いて，地上側より出す各種情報を下記の方法によりチエックする。また，機器接続ブロック図は，図Ⅲ7.2－1による。

1）速度指令および各区間制限速度

ガイドウェイの全区間において，全ての速度指令をＭＴＵより指令し，テスタのモニタランプにより，その区間の制限速度までは，地上からの指令通りの速度で受信されているかを確認し，制限速度以上の指令に対しては，制限速度になることを確認する。

なお，この実験は，自動モードにより行う。遠隔モードにした場合は，車を全区間手動で走行させて，各区間で，遠隔モードの制限速度指令が正しく受信されてい

561

ることを，テスターにより確認する。

2）緩　解

車輌を全ての区間で停車させ，ＲＣＤの緩解指令ボタンの操作により該当区間に緩解指令を出し，車輌上テスタに，正しく緩解信号を受信していることを確認する。

3）停　車　指　令

全ての区間に停車した車輌に対して，ＲＣＤ上の停車指令スイッチにより，該当区間に停車指令を指令して，ＴＣＵテスタに正常に停車指令が受信されることを，それぞれ２つの停車指令スイッチに関して確認する。

4）ドア開閉指令

上記情報の発生する全ての区間で車輌を停車させ，０１６，０２０区間ではＲＣＤ上の該当する区間のドア開，ドア閉指令スイッチを操作して，ＴＣＵテスタに，正常にドア開／閉指令が受信されていることを確認し，それ以外の区間ではＭＴＵよりドア開／閉指令を出して同様の確認をおこなう。

5）分　岐　指　令

ＲＣＤ上で，本線一側線の分岐方向を指定し，車輌が，分岐方向指定区間に進入した時に，ＴＣＵテスタに，ＲＣＤで指令した方向が正常に受信されていることをそれぞれの分岐方向に対して確認する。また，固定指令区間については，固定方向の分岐指令が正常に受信されていることをそれぞれの区間で確認する。

6）緊急停車指令

ＲＣＤを停止状態にしたとき，すべての区間において車輌が緊急停止指令を正常に受信することを，ＴＣＵテスタにより確認する。

7）車輌番号読み出し指令

車輌番号読み出し可能なすべての区間で，ＲＣＤより指令した車輌番号読み出し指令を，車輌が正常に受信していることを，ＴＣＵモニタランプにより確認する。

7.2.3　ＴＣＵ－ＣＣＵインターフェース

ＴＣＵ－ＣＣＵを接続して，上下回線の全信号を下記の方法によりチエックする。

1）下り回線

ＲＣＤあるいはＭＴＵより発信した指令をＣＣＵで確認する。

(1)　各種速度指令

地上装置を自動モードにして，ＭＴＵより，停車指令を含めた全速度指令を発信し，ＣＣＵにおいて，信号が正しく受信されていることを確認する。車輌は自動モードの時の制限速度が４０Km／hの区間に止めて実験をおこなう。

(2)　ドア開／閉指令

ＲＣＤを遠隔状態にして，Ｐ１６あるいはＰ２Ｐに車を停車させて，ＲＣＤ操作部より，ドア開およびドア閉指令を送り，ＣＣＵで正常に受信されていること

562

を確認する。

(3) 分岐指令

停車部にある車輌に対して，ドア閉指令が完了した時点で，右分岐指令がＣＣＵで正常に受信していることを確認し，側線部の本線ー側線合流部手前で，左分岐指令区間に車輌を進めて，この区間で左分岐指令が正常に受信されていることをＣＣＵで確認する。

2) 上り回線

ＣＣＵより上り回線の全情報を順次送出し，ＴＣＵ内モニタランプにより，ＣＣＵからの情報が正常にＴＣＵで受信されているかをビット対応で下記の情報に関して確認する。

(1) 分岐輪状態　　右／左

(2) 走行／停車

(3) ドア開／閉

(4) 次駅停車／チエック走行

(5) 調査要求

(6) 分岐要求　　右／左

(7) 非　常

(8) 調査内容　　各桁 0 ～ 9

7.2.4 ＲＣＤによる遠隔操作試験

車輌には運転手が添乗し，遠隔操作卓の指令により，実際に車を遠隔運行させるもので，次の順序により行う。

1) モニタリング走行

車輌をＭ$\bar{O}$モードにより走行させ，ＲＣＤでは，車輌が走行状態にあわせて操作して，ＣＣＵにより以下の項目を確認する。

(1) 各区間での速度指令が，遠隔モード時の区間別制限速度を満たしていること。

(2) 本線上の分岐指令区間では，ＲＣＤの操作に応じて，右／左分岐指令を受けること。

(3) 側線部の固定分岐指令区間では，相応する分岐指令を受けること。

(4) 分岐指令に従って分岐輪を動かした時，地上分岐輪センサが正常に動作すること。

(5) ＲＣＤより全停車指令を出したとき，全区間で停車指令を受信すること。

2) ゞＡロック

車輌を適当な区間に停車させ，ＲＣＤより該当区間に停車指令を出し，ＣＣＵで確認の後，車をＡモードに変える。その後，ＲＣＤの停車指令を解除し，速度指令を与えても，車輌が発車しないことを確認する。

3）緩　解

車輌をMOモード走行させ，適当な区間に停車させ，ＲＣＤから停車している次の区間に停車指令を出す。この後，車輌を自動に切り換えて，車輌存在区間に，ＲＣＤより緩解指令を送る。車輌が発進し，次の区間で停車指令を受けて，止ることを確認する。

4）停車機能／性能

手動走行により，車を適当な区間に停車させ，ＲＣＤから数区間前方に停車指令を出し，車輌を自動にして，ＲＣＤによって緩解を行う。車輌が走行し，停車指令区間に進入してから，停車地点までの距離計測を，本線部と側線部でおこなう。

また，前記と同様の方法で，ダ１停止性能の測定もおこなう。

5）地上緊急停車

適当な区間に車輌を停車させ，Ａモードに切り換えた後，ＲＣＤの緩解により，車輌を発進させ，その後全停車指令を出して，車輌が安全に停車することを確認する。

6）車上緊急停車

車輌の自動走行中に，車上の緊急停車ボタンを操作することにより，車輌が安全に停車することを確認するとともに，ＲＣＤ上に当該車輌よりの非常信号が表示されていることを確認する。

7）分岐動作および分岐輪動作性能

車輌をＡＳモードで徐行運転し，地上からの指令により，分岐輪が正常に動作し，分岐することを目視で確認し，分岐輪動作点と分岐壁の距離関係を概略測定する。

さらに，側線上に車輌を停車させ，地上からの分岐指令に対する分岐輪の動作遅れ時間をストップウオッチにて測定する。

8）分　岐　要　求

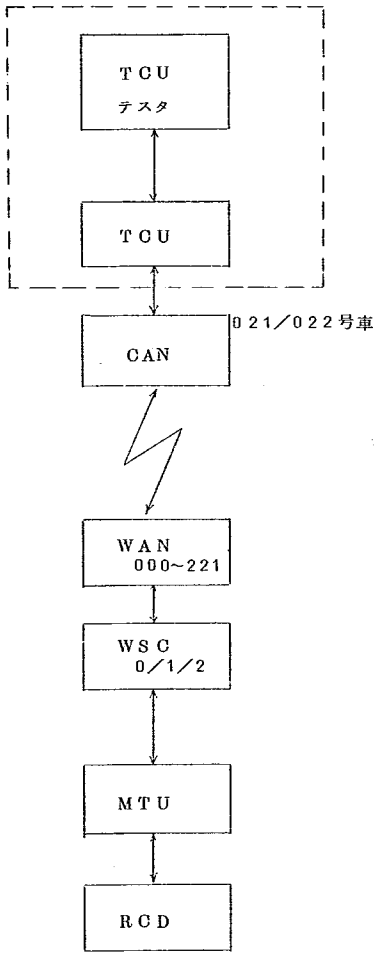
ＡＳモードで車輌を走行させ，車上の分岐要求に従って，地上の分岐指令が出され，分岐輪が正常に動作することを確認する。

9）ド　ア　開　閉

Ａモードで走行している車を停車部に停車させ，ＲＣＤのドア開／閉指令により，車輌のドア開／閉動作を確認する。

10）遠隔運転／速度計測

車輌をＡモードにして，ＲＣＤにより遠隔運転し，地上分岐指令によって分岐動作を確認し，走行中の適当区間の速度計測を，ＷＳＣのモニタランプにより，ストップウオッチを用いて行う。



遠隔操作試験
地上－車上信号テストブロック図
図 11 7.2－1

7.3 実験結果

7.3.1 上り回線テスト

1）存在・閉塞および分岐・合流表示

各区間に車両を停車させた場合の遠隔操作卓（ＲＣＤ）上における存在表示および存在に伴う後方閉塞と側方閉塞表示が正常であることを確認し，路側制御装置（ＷＳＣ）内の受信部モニタランプによっても存在の確認を行った。さらに車両の移動による存在・閉塞表示を確認し，分岐合流方向の表示および分岐輪異常の場合の前方閉塞も正常に表示されることを確認した。

以下各項目についても正常であることを確認した。

2）ドア開閉

3）次駅停車／チェック走行

4）調査要求

5）非常情報

6）正常情報

7）走行／停車

8）分岐輪状態

9）分岐要求

10）調査内容

11）車両番号

7.3.2 下り回線テスト

次の各項目について正常であることを確認した。

1）速度指令および各区間制限速度

2）緩解

3）停車指令

4）ドア開閉指令

5）分岐指令

6）緊急停車指令

7）車両番号読み出し指令

7.3.3 車上通信機（ＴＣＵ）－車上制御装置（ＣＣＵ）インターフェース

次の各項目について正常であることを確認した。

1）下り回線

(1) 各種速度指令

(2) ドア開／閉指令

(3) 分岐指令

2）上り回線

566

(1) 分岐輪状態　右／左

(2) 走行／停車

(3) ドア開／閉

(4) 次駅停車／チェック走行

(5) 調査要求

(6) 分岐要求　右／左

(7) 非常情報

(8) 調査内容

7.3.4 遠隔操作車（ＲＣＤ）による遠隔操作試験

次の各項目について正常であることを確認した。

1）モニタリング走行

(1) 各区間の制限速度

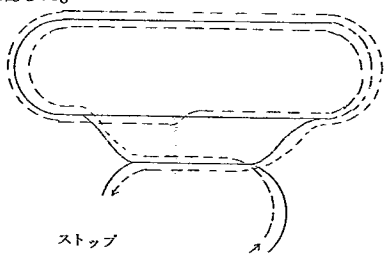
(2) 本線上の左／右分岐指令

(3) 側線上の固定分岐指令

(4) 分岐輪センサの動作

(5) 全停車指令

上記試験は，下図に従って，０２１，０２２号車ともそれぞれ(1)(2)(3)(4)は５回，(5)は２回走行して確認した。



2）ＡＴＣロック

０２１号車は４区間，０２２号車は５区間でＡモードより確認……正常

さらに，０２１号車では，ＡＳ，ＧＯモードでのＡＴＣロックも確認した。

3）結　　解

０２１，０２２号車とも本線部および側線部において，確認した。……正常

4）停車機能／性能

０２１号車，０２２号車の各停車区間における停車距離は，１区間長以下であった。

停車距離は，停車指令区間内で十分に止りきれる距離であり，遠隔操作卓（ＲＣＤ）による遠隔運転においては，仮りに閉塞区間に進入しても，十分安全な車間距離を保って停車することがわかった。

5）地上緊急停車

遠隔操作卓（ＲＣＤ）からの全停車指令により，０２１，０２２号車とも，本線上で約4秒後に安全に停車することを確認した。

6）車上緊急停車

０２１号車により，運転席台にある緊急停止ボタンを操作して，本線上の2区間で，それぞれ2回づつ停車させ，遠隔操作卓（ＲＣＤ）上に車輌非常を表示して安全に停車した。

7）分岐動作および分岐輪動作性能

ＡＳモードで徐行した時，地上からの指令により分岐輪が正常に動作し，分岐することを確認した。側線部を５～１５㎞／Ｈで通過した時，後部分岐輪は，分岐壁完了後２～３．１ｍ通りすぎた時点で動作した。

また，分岐輪動作完了時間は，中央からの分岐指令後０.８～１.５秒であり，これは分岐輪駆動のための空気圧を最低～最大に変化させて測定したものである。

8）分　岐　要　求

０２１号車をＡＳモードで走行させ，分岐輪，車上分岐要求，地上分岐指令（遠隔操作卓（ＲＣＤ））を各種状態で最終的な分岐動作が，車上要求に従うことを確認した。（表Ⅲ７.３－１参照）

０２２号車は，分岐要求を左右各３回行い，正常な動作をすることを確認した。

9）ド　ア　開　閉

Ａモードで停車部に停車した車輌を遠隔操作卓（ＲＣＤ）によりドア開閉を指令し，正常に動作することを確認した。

10）遠隔運転／速度計測

車輌をＡモードにし，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の操作により遠隔運転を行い，全体として，正常に動作することを確認した。

０２１号車を用いて，遠隔運転中に速度計測を行ったので，その結果を表Ⅲ７.２－２に示す。

初期分岐輪状態	車上分岐要求	分岐指令		分岐輪動作	正常/異常
		RCD	WSC		
左	右	左	右	右	正常
左	右	左	右	右	正常
左	右	左	右	右	正常
右	右	左	右	右	正常
右	左	右	左	左	正常
右	左	右	左	左	正常
右	左	右	左	左	正常
左	左	右	左	左	正常

遠隔運転試験

分岐要求試験

表 7.3－1

569

測定区間			通過時間(秒)	平均速度Km/H
本線直進	100～104	125.0m	22.0 21.2 21.2	21.0 (25Km/H指令)
本線カーブ	003～007	124.1	19.0 19.0 19.0	23.5 (25Km/H指令)
本線上り	202～213	184.1	30.4 30.3 30.3	21.8 (25Km/H指令)
本線下り	214～220	93.8	13.6 13.4 13.3	25.1 (25Km/H指令)
分岐直後	014～015	45.5	25.8 26.4 26.0	6.3 (5Km/H指令)
側線直進	016～017	14.3	10.0 10.0 10.0	5.2 (5Km/H指令)
合流直前	111～114	24.6	17.4 17.0 17.0	5.5 (5Km/H指令)

遠隔運転試験
遠隔運転の平均速度
表 ㎜ 7.3－2

570

7.4 考　察

遠隔操作卓（ＲＣＤ）による遠隔運転は，各種機器が正常に動作することを確認し，安全性が保障された後に行うべきものである。すなわち，地上の通信機器および保安機能の確認，車上の通信機，各種制御機器および駆動系，制動系，分岐輪等の動作の確認，車輌と誘導壁，分岐壁とのすりあわせと制御動作の確認の後に，地上からの指令にもとずき車輌の自動走行が可能となる。

本試験では，地上の全区間において，遠隔操作卓（ＲＣＤ）（中央通信装置（ＭＴＵ））－車上通信機（ＴＣＵ）間で全信号の授受の確認，車上通信機（ＴＣＵ）－車上制御装置（ＣＣＵ）間のインターフェースの確認をおこない，全て正常に動作していることを確認し，さらに，車輌を手動で運転して，分岐輪動作および分岐壁との位置関係が，自動運転に支障ないことをたしかめた。また，保安性能試験の項により，機器異常が発生した場合の車輌の安全性が保障されているので，車輌を地上の指令により安全に運行できることを確認した。

遠隔操作卓（ＲＣＤ）による遠隔運転は，停車に関しては，スムーズさを欠いているが，本来遠隔操作卓（ＲＣＤ）は運行モニタと電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）による自動運転が不可能な場合のバックアップ機能が目的であることを考えれば，本試験により，車輌の衝突等に対する安全性が確認され，ガイドウェイ内における車輌の遠隔運転が可能であることが確認されたので，遠隔操作卓（ＲＣＤ）の機能は，全体として本来の目標を達成していると考えてよいだろう。

8. 分岐輪検知器試験

8.1 実験目的

車輌が所定の速度を中心とし，±５０%程度の速度変化があっても，車輌側の分岐輪が右／左いづれかに確実に出ておれば，正常に検出することをＳ１～Ｓ８の計８個の分岐輪検知器について確認すると共に，関連装置（路側制御装置：ＷＳＣ，自動運転操作盤：ＡＯＣ）正確に信号授受することを確認する。

8.2 実験方法

検知器の作動状態を下図に示すような方法で測定し調整した。

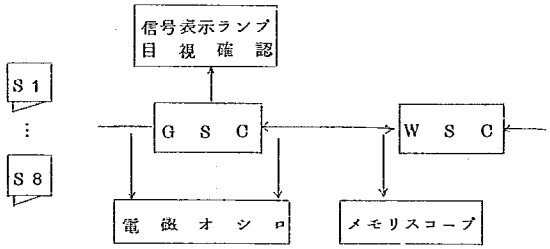


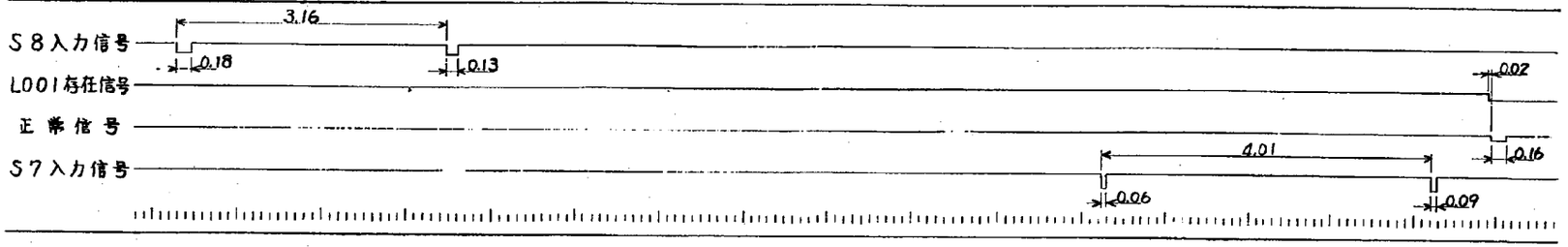
図 Ⅲ　8.2－1　測定ブロック図

8.3 実験結果

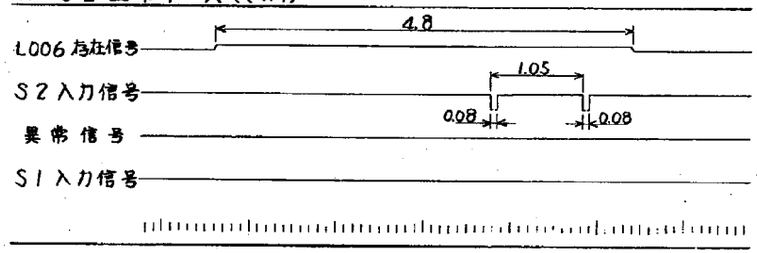
図Ⅲ8.2－2に測定結果の一例を示す。メモリスコープ，信号表示ランプの目視確認も正も正常であり，分岐輪を正しく検知していることが確認された。

572

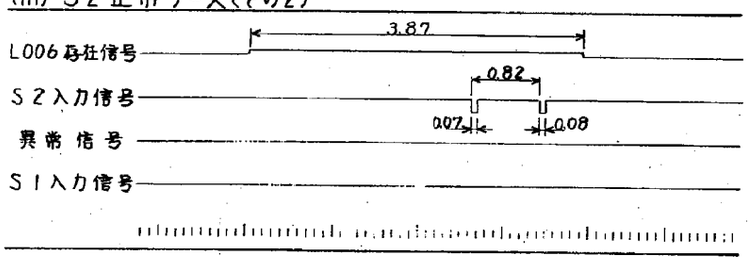
(i) S7, S8 正常ケース



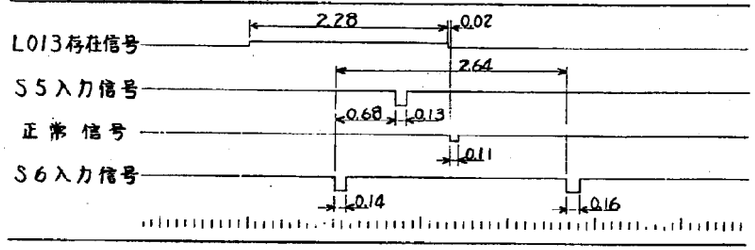
(ii) S2正常ケース(その1)



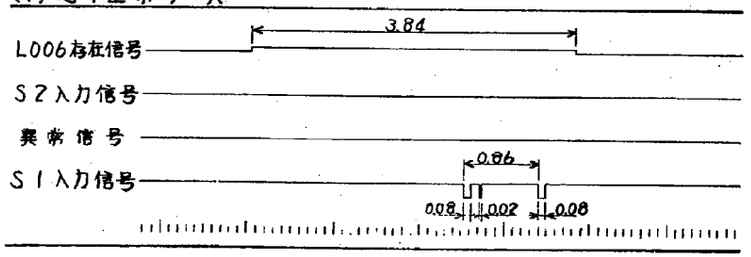
(iii) S2正常ケース(その2)



(iv) S5, S6正常ケース



(v) S1正常ケース



図Ⅲ 8.2-2	分岐輪検知器	作動記録

9. 補機動力装置特性試験

9.1 実験目的

補機動力装置（空油圧装置）は，空油圧源制御，誘導装置の伸張・格納切換制御，分岐輪切換制御，ドア開閉制御，ステップ昇降制御（０２１号車のみ），機械制動制御を行う。

デュアルモードバスは一般道路ではマニュアル走行をし，ガイドウェイでは自動無人走行をする。従って，ガイドウェイ走行を行うためにガイドウェイ出入口部で行う誘導装置の伸張・格納切換制御やステップ昇降制御，分岐・合流部手前で行う分岐輪切換制御及び非常事態発生時に動作する緊急制動（０２ブレーキ）の作動は，円滑にかつ確実に行われないと，車輌の安全な運行が確保されなくなるので非常に重要である。

また，ガイドウェイストップ部での定位置停止制御に使用される通常制動（０１ブレーキ）や乗客が乗降する中扉の開閉制御が円滑にかつ確実に行われないとシステムダウンにつながり稼動率の低下をまねく可能性があるので，同様に重要である。

前述のように，上記制御は非常に重要なため，その作動を車上制御装置が監視し，異常があればセンタに報告すると共に，必要があれば車輌を停車させて乗客の安全を確保している。

かかる理由から，今回の実験では補機動力装置の育成開発に重点をおいて，空油圧源制御，誘導装置の伸張・格納切換制御，ステップ昇降制御，機械制動制御を円滑にかつ確実に行うためには，何が問題となり，その解決には何が有効であるかをさぐるために補機動力装置の特性把握に主たる目的をおいて実験を実施した。

9.2 実験方法

9.2.1 測定項目

(1) 誘導装置伸張特性

(2) 誘導装置格納特性

(3) 分岐装置動作特性

(4) ドア開閉特性

(5) ステップ昇降特性（０２１号車）

(6) 空圧充填特性（０２２号車）

(7) ブレーキアクチュエータ動作特性（０２２号車）

9.2.2 測定方法

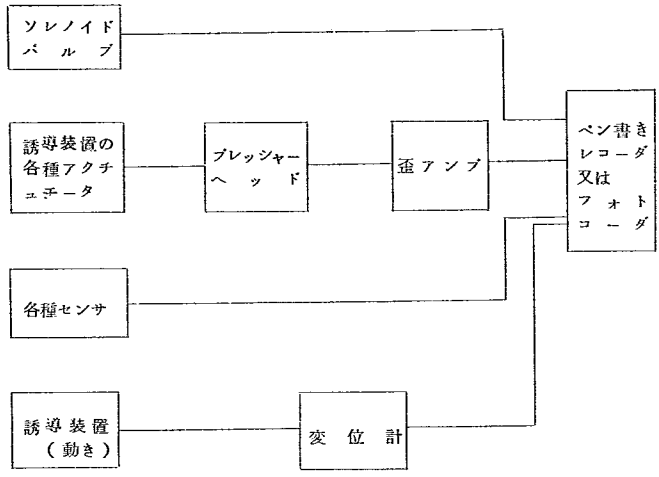
１）誘導装置伸張特性

誘導装置の伸張指令により，誘導装置の伸張が完了するまでの誘導装置の動き，アクチュエータ圧力，各種センサ，ソレノイド 磁信号等を測定し，誘導装置の伸張特性を把握する。

574

尚，パラメータとして，空油圧をかえて測定した。

図Ⅲ 9.2－1に測定ブロック図を示す。



図Ⅲ 9.2－1 誘導装置伸張特性測定ブロック図

2）誘導装置格納特性

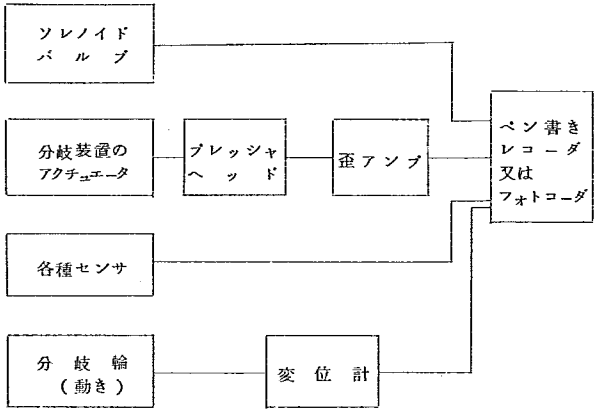
測定方法については，1）誘導装置伸張特性の項に準ずる。

3）分岐装置動作特性

分岐輪切りかえ指令により，分岐輪の切りかえ動作が完了するまでの分岐輪の動き，アクチュエータ圧力，各種センサ，ソレノイド励磁信号等を計測し，分岐輪の動作特性を把握する。

尚，パラメータとして，空油圧をかえて特性を把握する。

図Ⅲ 9.2－2に測定ブロック図を示す。

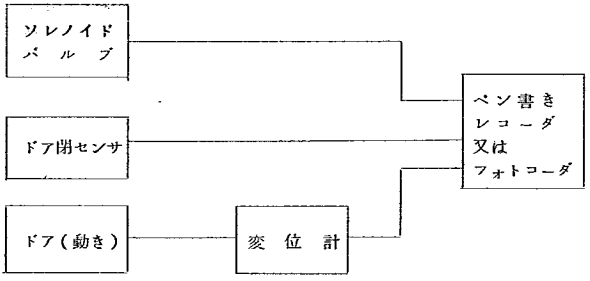


図Ⅲ 9.2－2 分岐装置切り換え特性測定ブロック図

4）ドア開閉特性

ドア開閉指令より，ドアの開閉が完了するまでのドアの動き，ドア閉センサ，ソレノイド励磁信号等を測定し，ドアの開閉特性を把握する。

図Ⅲ9.3－3に測定ブロック図を示す。



図Ⅲ 9.2－3 ドア開閉特性測定ブロック図

5）ステップ昇降特性

ステップの昇降指令より，ステップ昇降が完了するまでの時間をストップウォッチにより測定する。

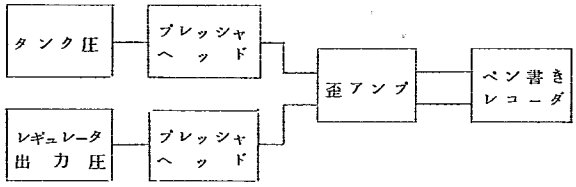
6）空圧充填特性

空圧タンク圧力が0 Kg／cm²の状態から，コンプレッサを作動させた後のタンク内圧

576

力，レギュレータ出力圧の変化を測定し，空圧充填特性を把握する。

図Ⅲ 9.2－4に測定ブロック図を示す。



図Ⅲ 9.2－4 空圧充填特性測定ブロック図

9.3 実験結果

実験結果の一例を下に示す。

9.3.1 021号車

前誘導装置伸長動作波形 図Ⅲ 9.3－1

中扉開閉時間 図Ⅲ 9.3－2

ステップ昇降時間 図Ⅲ 9.3－3

9.3.2 022号車

前誘導装置伸張作動時間 図Ⅲ 9.3－4

空圧充填特性 図Ⅲ 9.3－5

577

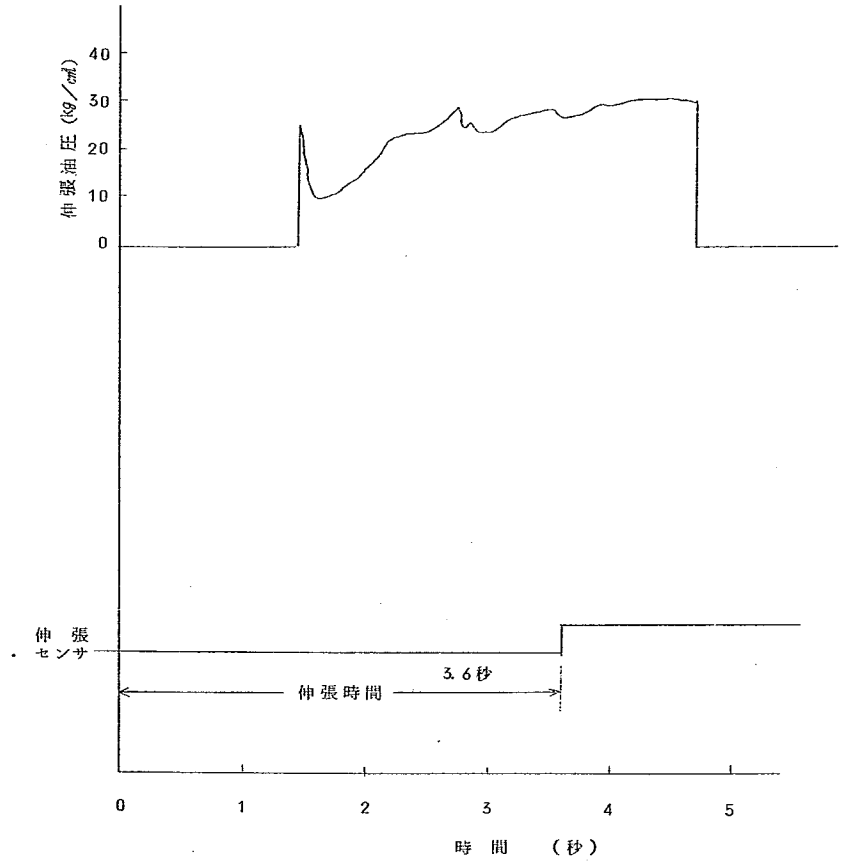


図 Ⅲ 9.3－1 前誘導装置伸張動作波形（30 kg／cm²）

548

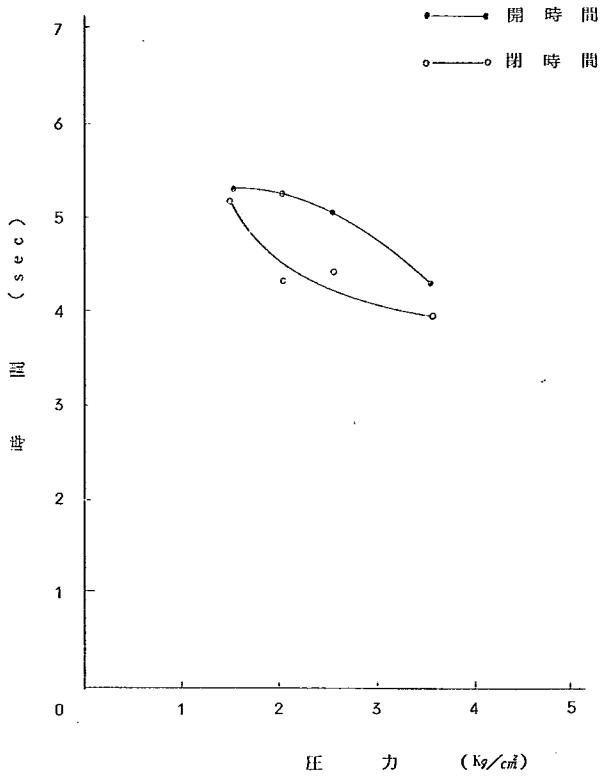


図 III 9.3－2 中扉開閉時間

529

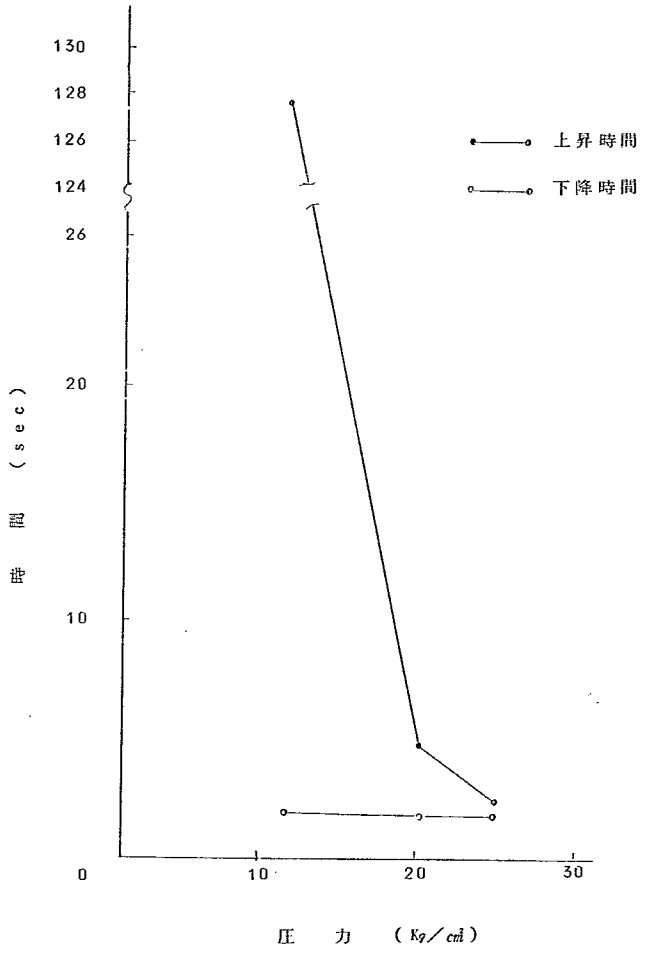


図 III 9.3－3 ステップ昇降時間（流量最大）

580

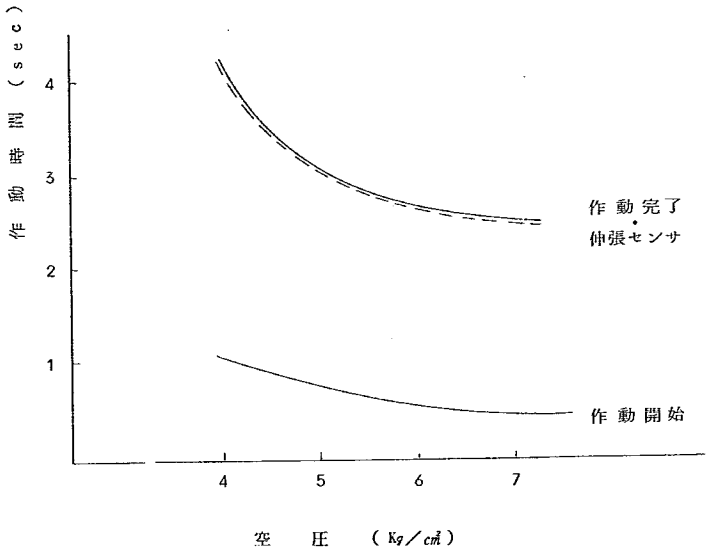
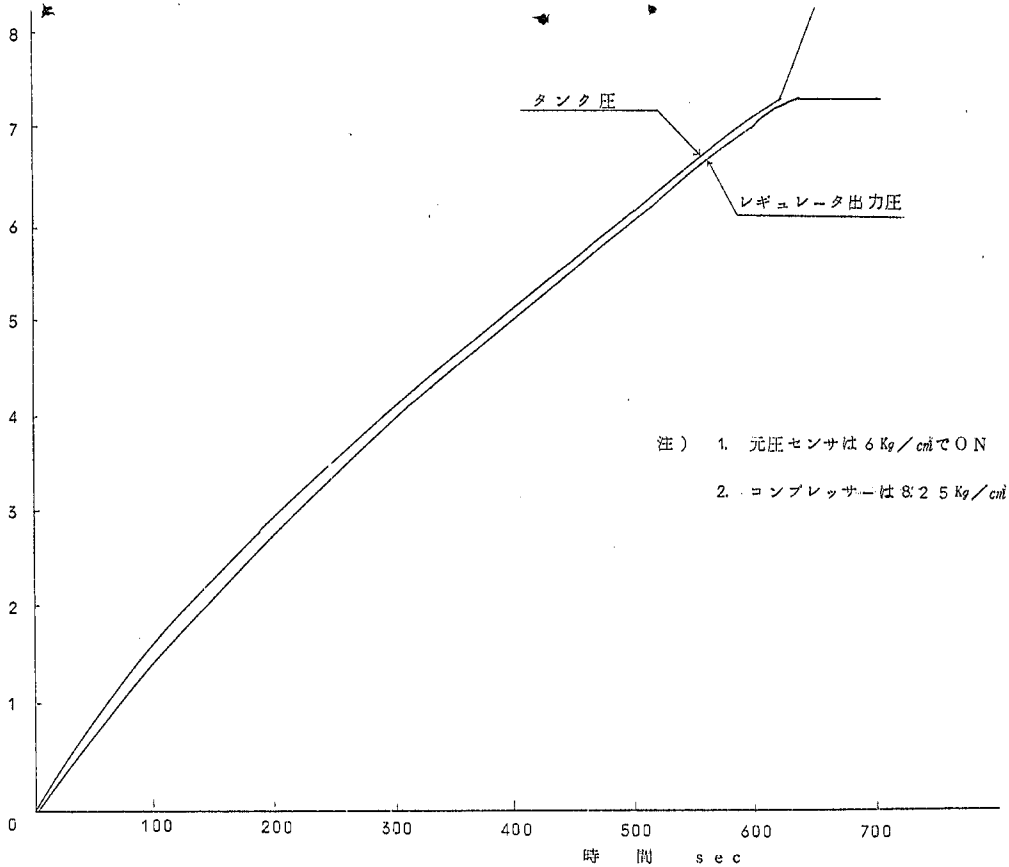


図 III 9.3－4 前誘導装置伸張作動時間（022号車）

581



注） 1. 元圧センサは６Kg／cm²でＯＮ

2. コンプレッサーは8.２５Kg／cm²でＯＦＦ

図 Ⅲ 9.3－5 空 圧 充 填 特 性 （電源電圧４８０Ｖ）（０２２号車）

9.4 考　察

先ず０２１号車について述べる。

1）誘導装置の動作特性

実用的な油圧範囲（３０～４０kg／cm²）での最小動作時間は表Ⅲ9.4－1のとおりである。

表Ⅲ　9.4－1　誘導装置最小動作時間

伸張時間　sec	格納時間　sec
3.5	2.9

ガイドウェイの入口，または出口における誘導装置の急激な動作は，乗客やバスの周囲にいる人達に心理的威圧感を与える。また，ＤＭＢシステムの運行スケジュール上，動作時間の選定は重要なものである。０２１号車の誘導装置機構面から，耐久性，作動音，電気信号と油圧の関係等を勘案して最適動作時間の設定は，3.5～4.0秒程度が適切である。

2）分岐装置の動作特性

最小動作時間は１秒以下であるが，誘導装置と同様に作動音等を勘案して０２１号車の最適動作時間は1.5秒程度である。

3）中扉開閉特性

開閉時間の設定は開閉時の発生作動力，および乗客に対する心理的威圧感等を勘案して決める必要があり，０２１号車の場合，4～4.5秒程度が適切である。

4）ステップ昇降特性

乗客への安全および十分な昇降作動力を考慮すると実用的な設定油圧は２０kg／cm²程度である。

この場合の最小昇降時間は表Ⅲ9.4－2のとおりである。

表Ⅲ　9.4－2　ステップ最小動作時間（２０kg／cm²）

上昇時間　sec	下降時間　sec
4.8	1.8

上表の動作時間はステップ昇降制御用フローコントロールバルブを全開にした状態である。

最適動作時間は，乗客に対する心理的効果や作動音等を勘案して設定する必要があり，

583

上昇時間は5秒程度，下降時間は3～4秒程度が適切である。

次に０２２号車について述べる。

1）誘導装置動作特性

０２２号車の誘導装置の伸張・格納切換時間は，空圧が低くなると切換所要時間も長くなるが，空圧源の空圧は7 Kg／cm²に制御されるので，空圧7 Kg／cm²の場合の値を表Ⅲ 9.4－3に示す。

表Ⅲ 9.4－3 ０２２号車誘導装置切換時間

	前誘導装置 sec	後誘導装置 sec
格納→伸張切換	3.58	5.27
伸張→格納切換	3.38	4.42

０２２号車の誘導装置の切換総所要時間は格納→伸張切換時，5.27秒，伸張→格納切換時4.42秒で当初設計目標の伸張・格納切換総所要時間7秒以下を満足している。

なお，表Ⅳ 9.4－3中のアンロック準備時間はロック装置を解除する前に伸張・格納シリンダを格納→伸張切換時には格納側に，伸張→格納切換時には伸張側に一旦切換えてロック装置の解除を容易にする為に必要な時間である。

2）分岐装置動作特性

０２２号車の分岐輪切換時間は空圧が低い程切換所要時間が長くなる傾向があるが，空圧源の空圧は7 Kg／cm²に制御されるので，空圧7 Kg／cm²時の値を表Ⅲ 9.4－4に示す。

表Ⅲ 9.4－4 ０２２号車分岐輪所要時間

	前分岐輪 sec	後分岐輪 sec
分岐輪 右→左切換時間	0.72	1.04
分岐輪 左→右切換時間	0.6	0.94

０２２号車の分岐輪切換所要時間は表9.4－4より右→左切換時1.04秒，左→右切換時0.84秒であり，当初設計目標の分岐輪切換時間3秒以下を満足している。

3）ドア開閉特性

０２２号車のドア制御装置の空圧源の空圧は7 Kg／cm²に制御されるので，空圧7 kg／cm²時のドア開閉所要時間を表Ⅲ 9.4－5に示す。

表Ⅲ　9.4－5　０２２号車ドア開閉所要時間

	閉→開所要時間　sec	開→閉所要時間　sec
前　扉	0.9	1.75
中　扉	2.55	2.35
後　扉	1.9	1.5

０２２号車のドア開閉所要時間は表Ⅲ9.4－5に示されているが，ほぼ妥当と云える。

4）空圧充填特性

電源電圧ＤＣ４８０Ｖ時の０２２号車空圧充填特性を表Ⅲ9.4－6に示す。

表Ⅲ　9.4－6　０２２号車空圧充填特性

		結　果
空圧センサ作動値	元圧センサ	空圧6.0 Kg／cm²で作動
	残圧センサ	空圧7.1 Kg／cm²で作動
レギュレータ出力圧力0→7 Kg／cm²上昇時間		６４０秒

表Ⅲ9.4－6の値は設計値を満足している。

585

10. 伝送遅れ時間測定

10.1 実験目的

制御通信回線の伝送遅れ時間と，車上通信機（ＴＣＵ）３重系の受信ばらつき時間を測定し，通信系での遅れ時間要素を明確にする。

10.2 実験方法

10.2.1 路側制御装置（ＷＳＣ）～中央通信装置（ＭＴＵ）間時間

路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）間の各信号をパッチで作成し，送信側，受信側での信号をピックアップして，両者の時間差を観測する。

(1) 地上装置を自動運転状態にする。

(2) 中央通信装置（ＭＴＵ）の電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）出力端子をパッチし，路側制御装置（ＷＳＣ）へ送る速度指令を作る。

(3) 上記パッチ信号と，対応する路側制御装置（ＷＳＣ）の受信バッファ出力信号をメモリスコープで観測する。

(4) ドア指令，分岐指令について，(3)(4)と同様にして観測する。

(5) 路側制御装置（ＷＳＣ）の送信バッファ入力端子をパッチし，中央通信装置（ＭＴＵ）へ送る存在信号を作る。

(6) (5)のパッチ信号と，対応する中央通信装置（ＭＴＵ）の受信バッファ出力信号をメモリスコープで観測する。

(7) 車両の各種状態信号について，(5)(6)と同様にして観測する。

10.2.2 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）～車上通信機（ＴＣＵ）間時間

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）で速度指令を出してから，車上通信機（ＴＣＵ）出力へ信号が発生するまでの時間差を観測する。

(1) 地上装置と自動運転状態による。

(2) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）より速度指令を出力し，これと同時にストップ部の操作盤へタイミング信号を出力する。

(3) 車上で車上通信機（ＴＣＵ）受信部のデコーダ出力信号と，ストップ操作盤出力信号をメモリスコープで観測する。

10.2.3 ３重系時間差

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）で各種指令を出力し，車上通信機（ＴＣＵ）の３重系各出力の時間差を観測する。

(1) 地上装置を自動運転状態にする。

(2) 電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）より速度指令を出力する。

(3) 車上通信機のＡ１，Ａ２の受信系出力信号をメモリースコープで観測する。

(4) (3)と同様にAs1，As3の信号を観測する。

(5) (2)～(4)と同様にして，分岐指令，ドア指令信号を観測する。

10.3 実験結果

1）路側制御装置（WSC）～中央通信装置（MTU）間時間

(1) 速度，ドア，分岐指令

最大 200mS

最小 20mS

(2) 存在番号

最大 120mS

最小 20mS

(3) 車両各種信号

最大 680mS

最小 20mS

2）電子計算機中央処理装置（CPU）～車上通信機間時間

(1) \A指令

最大 210mS

最小 70mS

(2) \2指令

最大 340mS

最小 190mS

(3) \1指令

最大 330mS

最小 210mS

(4) 5Km指令

最大 320mS

最小 190mS

(5) 10Km指令

最大 340mS

最小 190mS

3）3重系時間差

(1) \A指令

最大 11.0mS

最小 0.8mS

(2) \2指令

最大　　9.2 m S

最小　　2.1 m S

(3)　１０K m指令

最大　　１５.４ m S

最小　　1.1 m S

(4)　分岐指令

最大　　9.0 m S

最小　　1.6 m S

(5)　ドア指令

最大　　１５.８ m S

最小　　2.1 m S

１０.４　考　　察

路側制御装置（ＷＳＣ）と中央通信装置（ＭＴＵ）間の伝送遅れ時間は，最大および最小とも設計値と一致している。

電子計算機中央処理装置（ＣＰＵ）と車上通信機（ＴＣＵ）間の伝送遅れ時間では，指令番号毎に最大，最小値にばらつきがあるが，各最大値，最小値から，路側制御装置（ＷＳＣ）～中央通信装置（ＭＴＵ）間の伝送遅れの最大値，最小値を引いた値は，いずれの場合も路側制御装置（ＷＳＣ）～車上通信機（ＴＣＵ）間の伝送遅れ時間の設計値範囲に入っている。

３重系間相互の時間差は，車上通信機（ＴＣＵ）受信系の信号デコード部でのばらつきが最も大きく，設計上±１００ m Sである。観測値はすべてこの範囲内に入っている。

11. 車速制御試験

11.1 実験目的

デュアルモードバスシステムのターゲット追従制御系は次に述べるように地上制御系と車上制御系の2つの機能に分かれている。すなわち地上計算機では車輌の通信区間通過ごとのターゲットからの追従誤差を検知し，その大小に応じて新しい区間への速度指令及びその指令タイミングを決定するといった大局的な制御を行なっている。

一方，車上制御装置（ＣＣＵ）ではこの速度指令を受けて各制御モードを決定し，このモードに従がって直接モータ電流の制御を行い，車輌をターゲットに追従させている。そのためモータ等の動力系及び車輌自身の機械的特性，ばらつきに直結したきめ細い制御が行なわなければならない。

特に加減速走行時のターゲット追従性能については全く車上制御装置（ＣＣＵ）の制御性能のいかんにかかっているが，車輌重量の変化，路面条件，風圧等の外乱に対して非常に影響を受けやすい。さらに分岐，合流部での加減速走行については固定閉塞条件の問題から非常にきびしい追従性能が要求される。一方，一般乗客用に供する車輌という見地からスムーズな加減速走行が行なわれるよう乗りごこちについても多大の留意を払うべきであろう。

本実験の目的は各関係制御パラメータの最適調整，あるいは実験的に制御方式の改善を行うことにより上記のようなきびしい要求にどこまで対応できるか調査・検討することである。

実験項目は，車上制御装置（ＣＣＵ）が行う速度制御には地上からの速度指令情報に従がって，(1)定常走行制御，(2)加減速走行制御，(3)最大減速走行制御の３つの制御モードがある。また車上制御装置（ＣＣＵ）では常時，過速度の監視を行なっており，追突防止のための保安機能の一部をも担っている。以下各制御機能についてその実験項目について記す。

１）定常走行制御

車速オフセット量のばらつきを測定

２）加減速走行制御

○ターゲット追従性能の確認

○乗りごこちの向上（加速度，ジャーク値の低減化）

○ターゲットからの車速オーバーシュート量の低減化

実際には上記の３つの性能が，車輌重量変化等の外乱あるいは各速度パターンに対してともに満足できる値以内におさまるよう各関係制御パラメータの最適調整を行う。

３）最大制御走行制御

機能確認と減速度の測定

4）過速度監視制御

制御モードごとの機能確認（制御モードごとに方式が異なる）

速度制御系のブロック図を図Ⅲ１１.１－１および図Ⅲ１１.４－２に示す。

最適調整を必要とする主な制御パラメータの定義と，実験の結果，決定されたその最終設定値について述べる。

○　車速検知サンプリング時間：Ｔｖ＝０.２ｓｅｃ

○　電流指示サンプリング時間：Ｔｉ＝０.２ｓｅｃ

○　電流指示の一次おくれ要素時定数：Ｔｄ＝０.３ｓｅｃ

○　加減速制御系の比例ゲイン：Ｋｐ＝２００（１０Ｋ／Ｈ巾以上の加減速）

＝１００（５Ｋ／Ｈ巾の加減速）

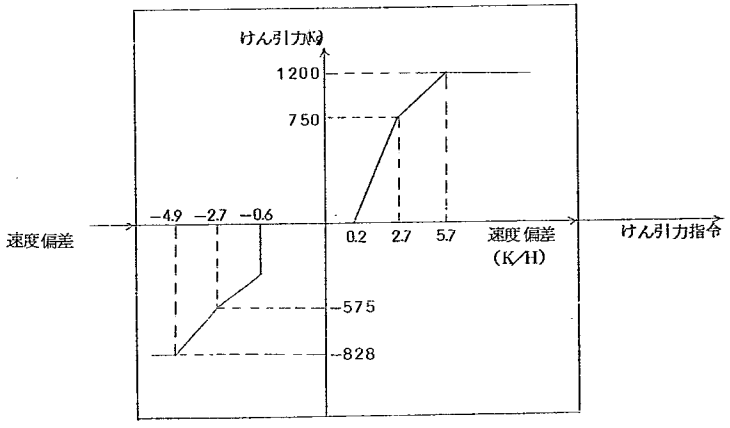
○　加減速制御系の積分ゲイン：Ｋｉ＝３０（１０Ｋ／Ｈ巾以上の加速）

＝２０（１０Ｋ／Ｈ巾以上の減速）

＝１３（５Ｋ／Ｈ巾の加減速）

○　定常走行制御のゲイン：下図参照

図Ⅲ　１１.１－３　定常走行制御のゲイン



なお，制御パラメーター値は全て２１・２２号車とも同一の値に設定した。

570

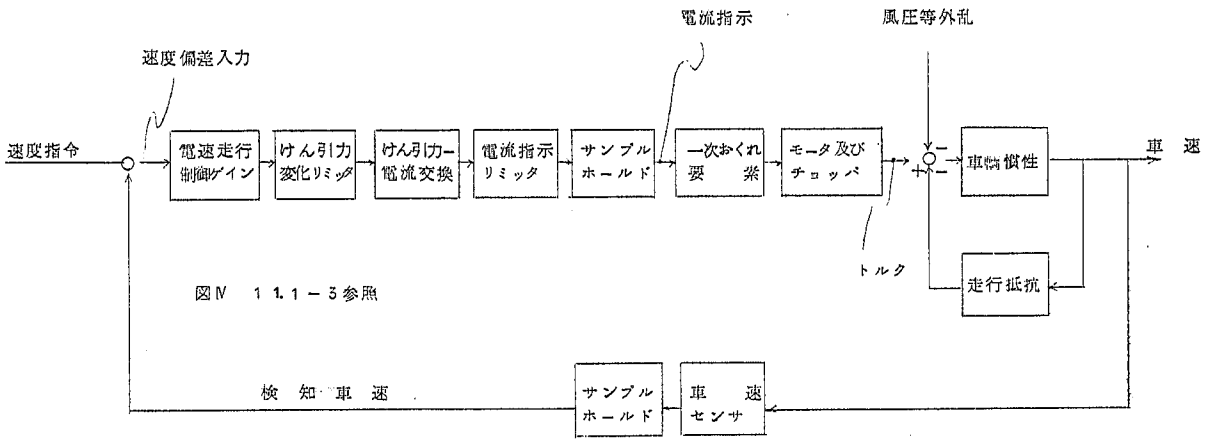


図 Ⅲ 11.1−1 定速走行制御ブロック図

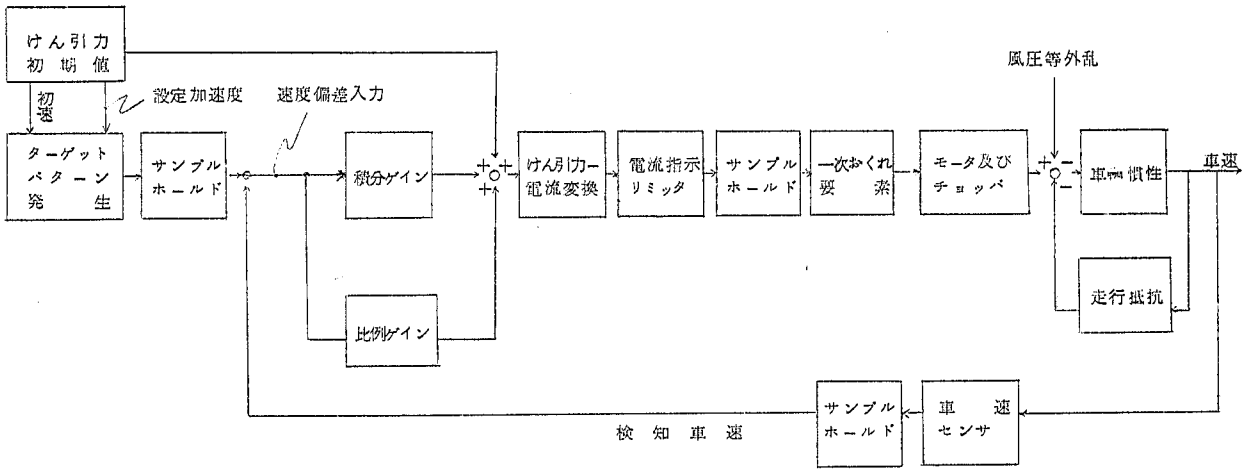


図 III 11.1－2 加減速走行制御ブロック図

11.2 実験方法

実験の手順としては，まず最初に車上制御装置（ＣＣＵ）の全ての速度制御プログラムが性能を度外視して正常に機能するかについて確認を行なった。次に各制御パラメータの初期設定値としてシミュレーションで決定された値を用いて，データ測定を繰返しつつ実験的に制御パラメータの調整を進めていった。

なお，前述のように加減速走行制御は速度制御の中で最も重要な機能であるため，特に重点を置いた実験を行なった。以下，実験方法，実験条件について述べる。

データ測定に関しては車上制御装置（ＣＣＵ）のデーターロギングプログラムを用いた。車上制御装置（ＣＣＵ）では約６秒間のデータロギングエリアを有し，そのエリア内へサイクリックにロギングが可能である。そのため任意のタイミングでフートブレーキを作動し，車上制御装置（ＣＣＵ）をストップさせればその時点から６秒間さかのぼる全てのデータが採取可能である。

測定データーとその測定精度，単位については次のとおりである。

○ 車　　速　　：単位＝0.004K／H　検知精度＝$\frac{100}{\text{車速}}$（％）

○ ターゲットパターン　：単位＝0.004K／H

○ 速度指令　　：単位＝0.004K／H

○ 車上制御装置（ＣＣＵ）のモータ電流指示　：単位＝6.25A（力行側）

○ モータの Ｐ／Ｂ切換指令　　：　＝3.125A（制動側）

測定用の走行パターンについては実用走行で用いる最も典型的なものを用いた。（表Ⅲ11.3－3，表Ⅲ11.3－4参照）なお，実験スケジュールの関係で，最高速度は３０Ｋ／Ｈとした。また曲線走行路の路面抵抗，誘導抵抗及び坂道の勾配力等の影響を除外するため，原則として，直線平担路を走行時のデータを測定し，制御パラメーターの最適調整を行なった。

加減速走行制御に対して車輌重量変化は最もきびしい外乱要素となりうるため，下記のような条件で満車状態を設定し，実験を行なった。

○ ２１号車　：　４７人×５５Kg＝2,855Kgのデッドウェイト積載

○ ２２号車　：　４１人×５５Kg＝2,255Kgのデッドウェイト積載

なお，実験は地上計算機により随時，必要な速度指令を車輌に与え走行させた。

また，実験実施中の路面は乾燥状態であった。

11.3 実験結果

以下，２１号車，２２号車について最終的に調整した制御パラメータ値で行なった車速制御実験の結果を述べる。

１）定常走行制御時の車速オフセット

車速オフセット量については，空車，満車の状態で測定を行なったが，次表のような

結果が得られた。

表Ⅲ　１１.３－１

車速オフセット量（K／H）（２１号車）

速度指令	平 担 路	6％上坂	6％下坂
5K／H	1.2～0.4	–	–
15K／H	1.0～0.4	–	–
30K／H	1.2～0.5	2.1～1.8	–2.3～–3.0

表Ⅲ　１１.３－２

車速オフセット量（K／H）（２２号車）

速度指令	平 担 路	6％上坂	6％下坂
5K／H	0.9～0.5	–	–
15K／H	1.0～0.4	–	–
30K／H	1.0～0.4	2.9～1.7	–2.5～–3.3

注）(i) 負値は車速＞速度指令を意味する。

(ii) －印部分は実験を行なっていない。

２）加減速走行制御

１０K／H巾以上の加減速及び定常走行制御中に軌道修正を行うための５K／H巾加減速について，ターゲットパターン，それに追従する車速及び車上制御装置（ＣＣＵ）の電流指示値を図Ⅲ１１.３－１に例示する。の

各々の実験結果をとりまとめれば下表のごとくである。なお，追従誤差については，ターゲットからのおくれを正値とする。

表Ⅲ　１１.３－３　ターゲット追従性能一覧　（２１号車）

速度指令（K／H）	追従誤差（sec）	最大加速度(g)	車速オーバーシュート量(K／H)
5→25（空）	–0.08	0.135	1.3
5→25（満）	–0.03	0.110	0.5
15→30（空）	–0.06	0.125	1.3
15→30（満）			
25→30（空）	0.03	0.04	0.0
25→30（満）			
30→15（空）	0.02	–0.05	
30→15（満）	–0.05	–0.06	0.5
30→25（空）	0.00	–0.08	0.3
30→25（満）			

594

表Ⅲ　１１.３－４　ターゲット追従性能一覧

速度指令(K/H)	追従誤差(sec)	最大加速度(g)	車速オーバーシュート量(K/H)
5→25(空)	−0.07	0.137	1.3
5→25(満)	−0.03	0.122	1.0
15→30(空)	−0.02	0.137	1.2
15→30(満)	0.00	0.110	0.5
25→30(空)	0.02	0.030	0.0
25→30(満)	0.03	0.036	0.0
30→15(空)	0.02	−0.050	0.0
30→15(満)	0.03	−0.053	0.0
30→25(空)	0.02	−0.068	0.5
30→25(満)	0.02	−0.040	0.3

3）最大制動走行制御

減速指令として５K／Hを受けると２３.５K／H以下から最大制動電流を指示し，正常に機能することが確認された。なお，最大減速性能に関しては次のとおりである。但し，空車状態での測定である。

２１号車　：　0.１０５g

２２号車　：　0.１０３g

4）過速度監視

上記３つの制御モードについて過速度が検知されると，車内はＯＡ停止を行ない，正常に機能することが確認された。但し，この実験については，機能確認を目的としているため，監視速度をプログラム上故意に低くして確認を行なった。

5）そ　の　他

(1)　最大加速走行性能

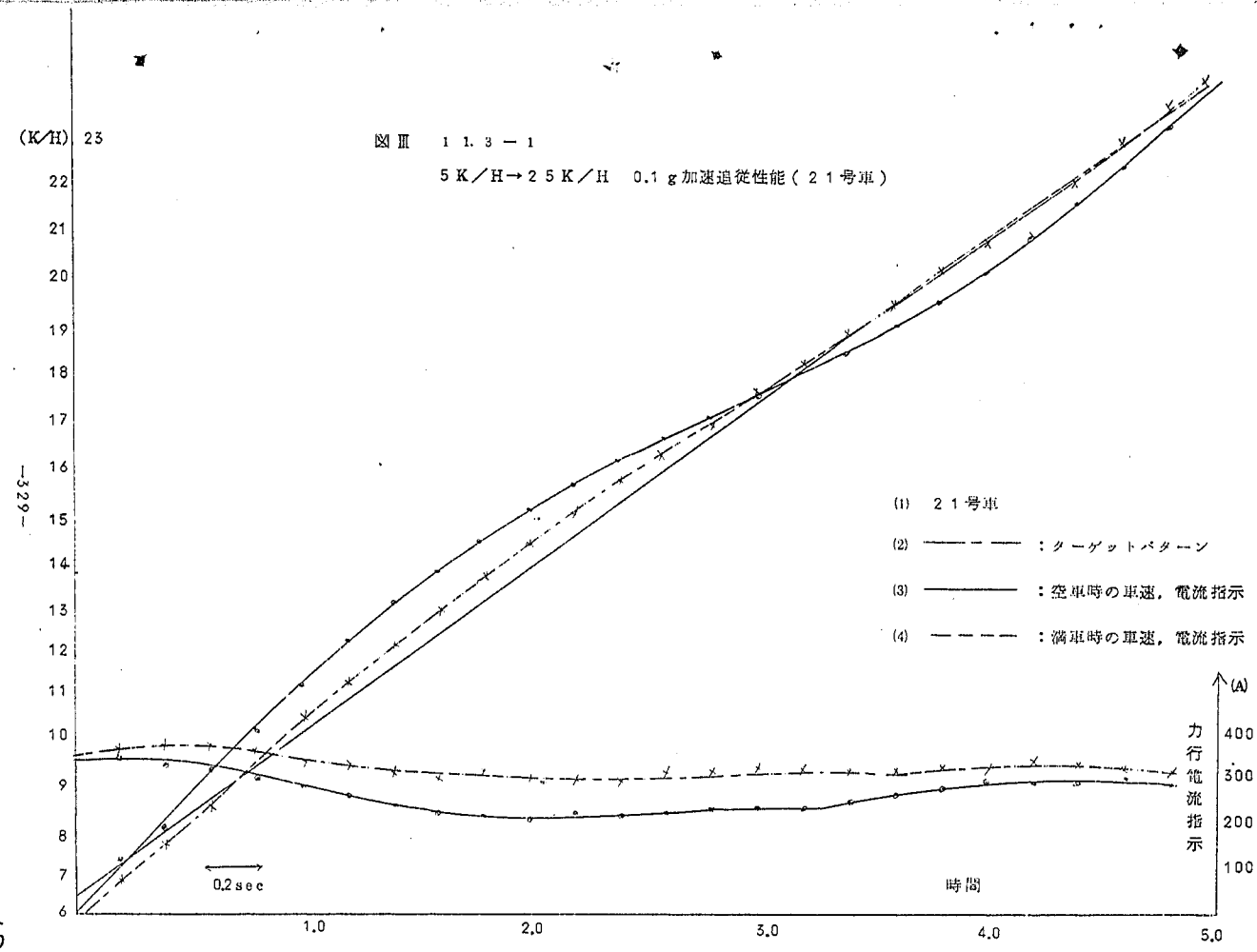
本実験を行うための前提として車両の最大加減速走行性能を測定した。この結果，設計上，設定したターゲットパターンに車両を追従制御させるに十分な性能を有していることが判明した。

(2)　目標速度変更処理

加減速走行中に１０K／H以上の速度指令変更があった場合の処理であるが，正常に機能することが確認できた。

図Ⅲ　11.3－1

5K／H→25K／H　0.1g加速追従性能（21号車）



985

11.4 考　察

最高速度が30K／Hでかつ短期間の実験であったため，経年変化によるハードウェアの性能のばらつき等を考慮した実験はできなかったが，全般的に良好な結果が得られ，ほぼ本制御方式の有効性が確認できたと思われる。

以下，実験結果について，考察を行なう。

1）　シミュレーションと実験結果について

実験を実施するにあたり本制御方式の妥当性有効性等を検討するために,まえもって大型計算機によるシミュレーションを行なった。また，シミュレーション上の最適パラメータ値　及び各パラメータの定性等の結果を把握することにより効率的に実験を進めることに役立てた。実験結果との比較については，シミュレーションプログラム自身ハードウェアその他を詳細にシミュレートしていたため，制御パラメーターの最適調整値及び性能については，あまり相異はみられなかった。

2）　21号車と22号車の比較について

実験結果として制御性能はほぼ類似しており，また制御パラメーターについても2，3の例外を除いて同一に設定している。

これは本制御方式はハードウェアの多少のばらつき等の影響を補償しうるだけの制御余裕に由来すると思われる。

3）　定常走行時の車速オフセット量について

表Ⅲ11.3－1，表Ⅲ11.3－2に示されているとおりの値およびばらつきを示した。この実験の結果から判断する限りでは，通常の走行パターンに対して，定常走行制御の2つの速度指令差は設計値どおり5K／Hが妥当な値と思われる。

4）　加減速走行制御の各性能について

(1)　ターゲット追従性能について

どの走行パターンに対しても追従誤差は±100m sec以内（目標値は±700m sec）におさまっており，非常に良好であり，加速走行制御中は減速走行制御中より車速オーバーシュートが顕著であり，積分，比例ゲインともやや高すぎると思われる。

(2)　のりごこちについて

最大加速度は0.1g加速走行時に約 0.13gを生じている。また，ジャーク値については実験の都合上，測定できなかったが，搭乗員の感覚によればまずまず良好と思われる。なお，ジャーク値は電流指示の一次おくれ時定数Tdを大きくとれば低減するが，その悪影響として車速オーバーシュートが増大する。そのためTdの値はのりごこちと車速オーバーシュートとのかね合いで決定した。

減速開始時は制動電流を立ち上げることを目的として，微少時間，相当大きい制動電流を流している。そのため，コンタクター切換時間，及び電流指示サンプリングのタイミングのかね合い上，最大減速度として微少時間0.08g生じることもある。し

497

かし将来，この問題についてはハードウェア的に改善可能である。

(3) 車速オーバーシュートについて

最高値としては，0.1g加速走行時に約 1.3K／H生じているが，過速度監視の見地からすればほとんど問題にならない値である。

5） 今後の検討課題

今後の検討課題としては，ハードウェアの経年変化によるばらつき，天候等による外乱に対して各制御性能がどう変化するかについて重点がおかれよう。

5-98

12. 追従制御試験

12.1 実験目的

本実験の目的は，一言でいえば，通常用走行速度パターン（最高速度40㎞／H）でのターゲット追従性能の把握とタイムヘッドウェイ15秒での，複数台走行の実現である。

ターゲット追従制御のタイプとしては前方バース及び後方バースから，車両を発進させるための「ストップ発進制御」，本線部に停車中の車両を発進させるための「本線発進制御」，本線部を走行する車両に対する「定常走行制御」「一斉加速制御」「一斉減速制御」，合流車を本線ターゲットに追従させるための「側線部及び本線部での合流時加速制御」，分岐車を側線に分岐させるために本線走行速度から分岐走行速度まで減速させるための「分岐時減速制御」といった種類がある。

従って，各々の追従制御においてターゲットに対する追従誤差を所定の範囲内に制御することが実験の目的である。

尚，走行速度パターンとしては，通常走行用走行速度パターンでの実験を行う前段階として，中速走行用走行速度パターン（最高速度30㎞／H）を設定して，段階的に実験を進めることにしている。

実験用の高速走行用走行速度パターンは，本線部での最高速度を40㎞／Hとして，実実験用として種々のタイプの追従制御を行えるように設定してある。

本線平担部では，40㎞／Hの「定常走行制御」を行い，6%勾配の登坂部及び下坂部においては，30㎞／Hの「定常走行制御」を行う。そして，異なった速度での定常走行制御部を結びつける部分において「一斉加速制御」及び「一斉減速制御」を行う。

即ち，平担部での40㎞／Hの「定常走行制御」から，登坂部での30㎞／Hの「定常走行制御」に移る時に本線上を走行する全ての車両に対して，「一斉減速制御」を行い，又，下坂部での30㎞／Hの「定常走行制御」から平担部での40㎞／Hの「定常走行制御に移る時に，同様に，本線上を走行する全ての車両に対して「一斉加速制御」行う。

又，合流車に対しては，合流する手前の側線部において，合流速度（25㎞／H）迄加速するために「側線部での合流時加速制御」を行い，合流後の本線部において，更に本線部走行車の速度に近づけるために，「本線部での合流時加速制御」を行う。

又，分岐車に対しては，分岐速度（25㎞／H）迄減速するために，「分岐時減速制御」を行う。

又，ストップに停車の車両を，発進させるための「ストップ発進制御」は，前方バース及び後方バースの両方から発進を行う。本線上のターゲットに合流できる合流用ターゲットの発進タイミングに合わせて車両を発進させる。

599

一方，高速走行用走行速度パターンでの追従性能実験の前段階の実験用として設定した中速走行用走行速度パターンは運行機能としては高速走行用のそれと変わらないが，最高速度を３０㎞／Ｈとして追従制御のタイプを減らし簡略化してある。中速走行用走行速度パターンは次の様なものである。

本線部での最高速度が３０㎞／Ｈであり本線上を走行する車両に対しては，３０㎞／Ｈの「定常走行制御」を行う。従って，高速走行用走行速度パターンの様に，本線上での「一斉加速制御」，「一斉減速制御」は行わない。

又，合流車に対しては，合流する手前の側線部において，合流速度迄加速するための「側線部での合流時加速制御」は行うが，高速走行用走行速度パターンのように「本線部での合流時加速制御」は行わない。

又，分岐車に対しては，本線上において減速することなく分岐できるために，「分岐時減速制御」は行わない。

12.2　実験方法

本実験の最終目的は，実用走行速度パターンでのターゲット追従性の把握であるが，実験当初から車両を高速で走行させることは，実験実施上の安全面からみて問題があるので，漸次最終目的に近づけための前段階として，中速走行用走行速度パターンでのターゲット追従性の把握を行う。そして中速走行用走行速度パターンでのターゲット追従性が，把握された後に，実用走行速度パターンでのターゲット追従性の把握を行い，タイムヘッドウェイ１５秒での複数台走行を行う。

実験を構成する主な要素は，車両及び荷重条件である。

車両は，２台であり，追従性の実験に対しては，２台に関して全ての実験を行う必要がある。

又，荷重条件としては，空車状態，標準状態，満車状態が考えられるが，実験日程の短縮の為，空車状態と満車状態とを対象としている。

追従性の実験は，大きく分類すると本線部のみを用いて行うものと，本線部及び側線部を用いて行うものとに分類される。前者は，「定常走行制御」「一斉加速制御」「一斉減速制御」「本線発進」といった制御が，主体であり，後者は，更に，「ストップ発進制御」「側線部及び本線部での合流時加速制御」「分岐時減速制御」が，加わる。

又，複数台走行になると固定閉塞との関係が，発生する。

尚，「ストップ発進制御」での追従性は，「定位置停止制御」による停止精度に依存するために，この２つの制御が，連続する形で実験を行う。

地上制御系でのデータの測定，記録は，全て，ソフトウェアによって，ラインプリンタに出力されるようにしている。出力内容としては，各制御区間に進入した時の時刻，地上計算機が車両に対して出力した速度指令，各制御区間を通過した時間から計算した地上検知による平均車速，アサインされたターゲット番号及びターゲットに対する追従

603

誤差，存在区間及び前方区間に対する固定閉塞情報等の追従制御に関係するデータの他に，分岐輪状態，走行停止状態，ドア開閉状態，非常／調査内容，操舵指令，ドア開閉指令等の運行制御に関係するデータ等である。こうしたデータは，ロギングアウトプットとして車両毎に整理されて出力される。

実験スケジュールは，車両毎に１～２週間単位で割りつけ，走行速度パターンは，中速走行用のものから漸次，高速走行用のものへと移行していく。

12.3　実験結果

実験内容は，中速走行用走行速度パターンでの空車状態での追従制御性能の把握である。具体的には，空車条件での２１号車及び２２号車に対する「ストップ発進時の追従性」，「合流時の追従性」，「定常走行時の追従性」，「本線発進時の追従性」となっている。

以下の項では，各々の内容について，述べてある。

1）ストップ発進時の追従性

ストップ発進制御には，前方バースから発進させる場合と，後方バースから発進させる場合とがある。

中速走行用走行速度パターンでの，ストップ発進時の追従性は，ターゲットからの追従性が，±2.0秒以内である必要がある。

空車状態での測定結果としては，前方バースからのストップ発進時の追従誤差は，－1.81秒～＋1.30秒であり，後方バースからのストップ発進時の追従誤差は，－1.79秒～＋1.68秒であった。

尚，追従誤差は，ターゲットに対して遅れ方向を正とし，進み方向を負としてある。

図Ⅲ12.3－1は２１号車について前方バースからストップ発進を行った場合の追従性の一例である。

601

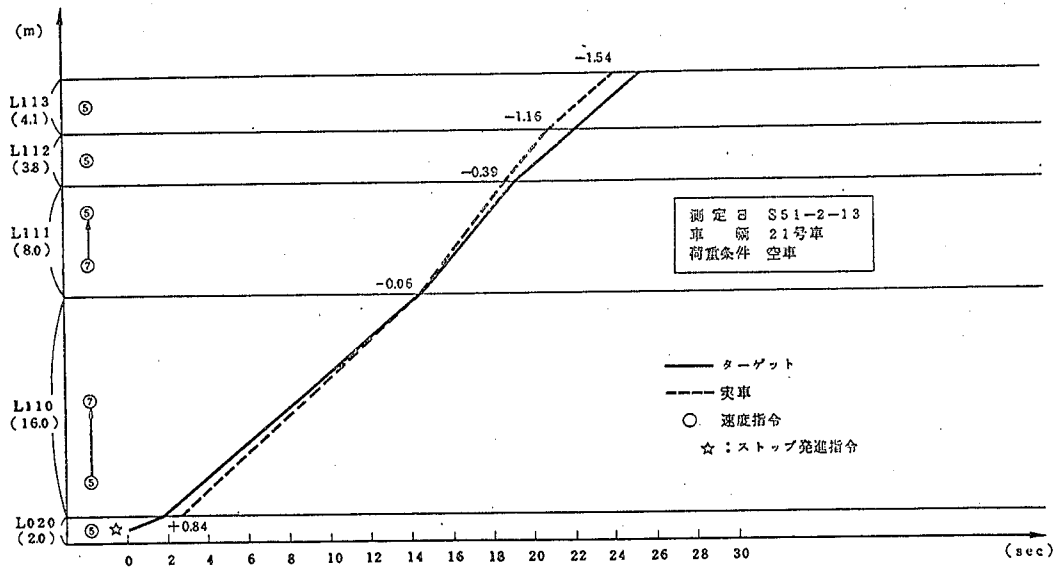


図 Ⅲ 12.3−1	前方バースからのストップ発進時追従性（その１）

602

2）合流時の追従性

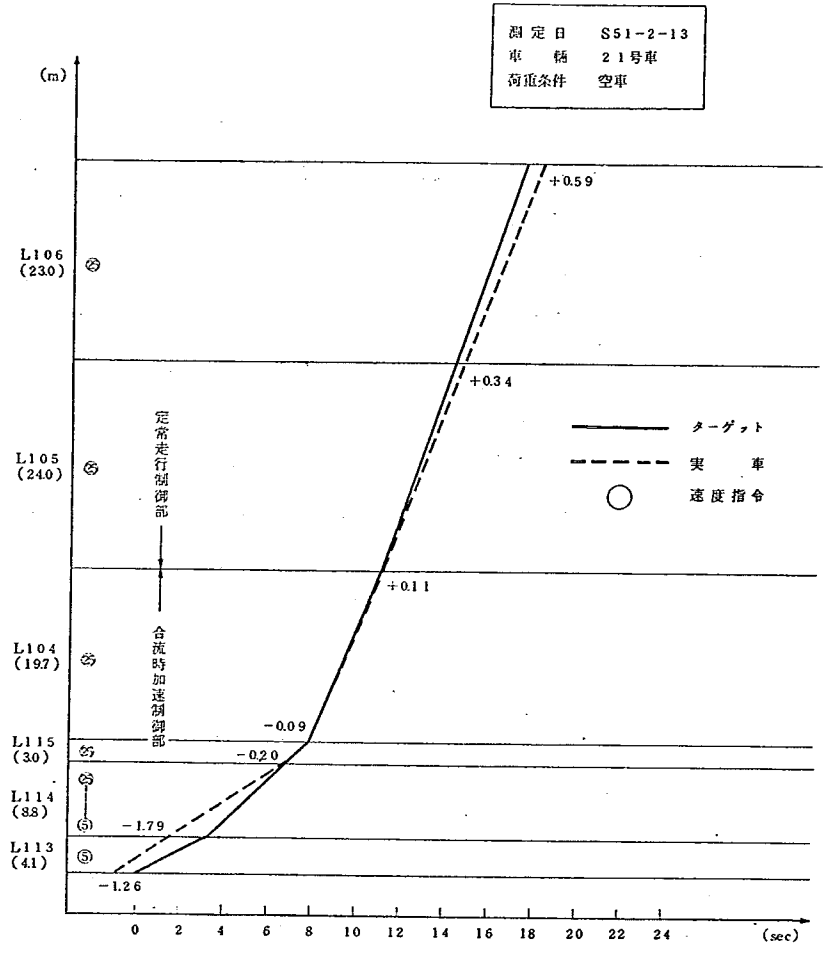
合流車に対して，側線部で，合流速度まで加速を行うのが，合流時加速制御である。

中速走行用走行速度パターンでの，合流時加速制御における追従性は，ターゲットからの追従誤差が±2.0秒以内である必要がある。

空車状態での測定結果としては，合流時加速制御における追従誤差は，－1.07秒～＋0.60秒であった。

尚，追従誤差は，ターゲットに対して遅れ方向を正とし，進み方向を負としてある。

図Ⅲ12.3－2は21号車について合流時発進制御を行った場合の追従性の一例である。



図Ⅲ 1 2.3－2　合流時加速制御追従性（その1）

604

3）定常走行時の追従性

本線走行車に対して，上位と下位の２値でターゲット追従制御を行うのが，定常走行制御である。

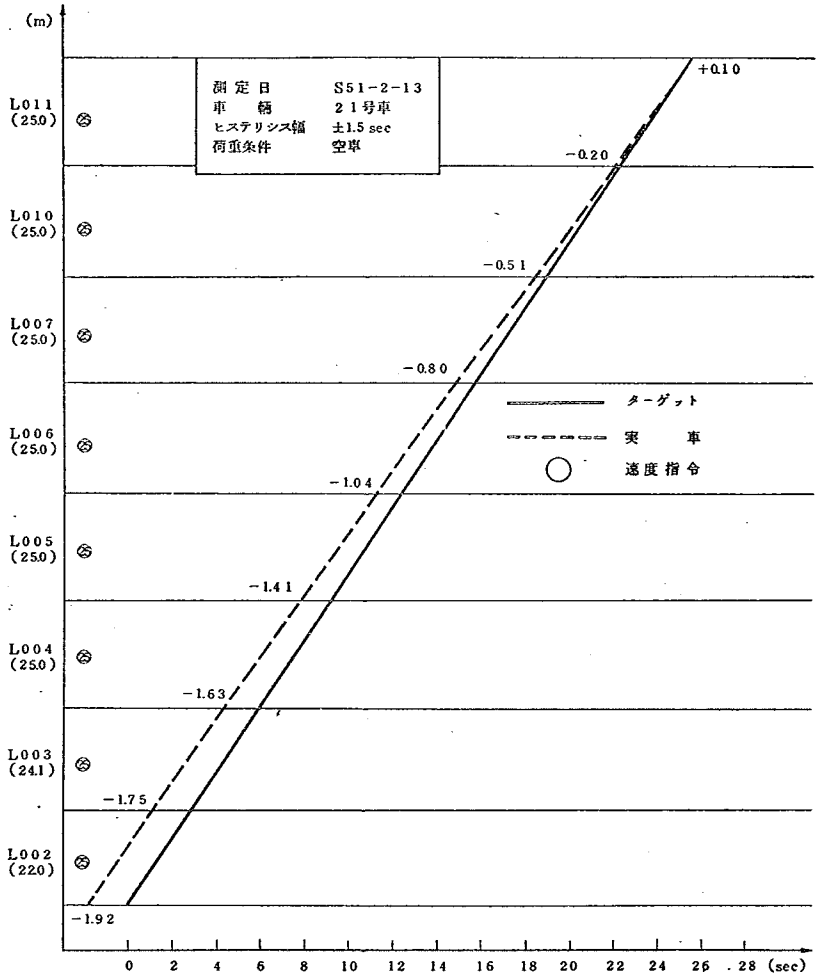
中速走行用走行速度パターンでの，定常走行制御における追従性は，ターゲットからの追従誤差が，ヒステリシス幅（上位，下位の速度指令切替を行う，追従誤差の基準値）が，±1.5秒の設定に対して，車両が±2.0秒以内である必要がある。

空車状態での測定結果としては，定常走行制御における追従誤差は，－1.94秒～＋1.92秒であった。

尚，追従誤差は，ターゲットに対して遅れ方向を正として，進み方向を負としてある。

図Ⅲ12.3－3は，平坦部において，21号車について定常走行制御を行った場合の追従性の一例である。

605



図Ⅲ 1 2 3 −3	平坦部での定常走行制御追従性（その１）

606

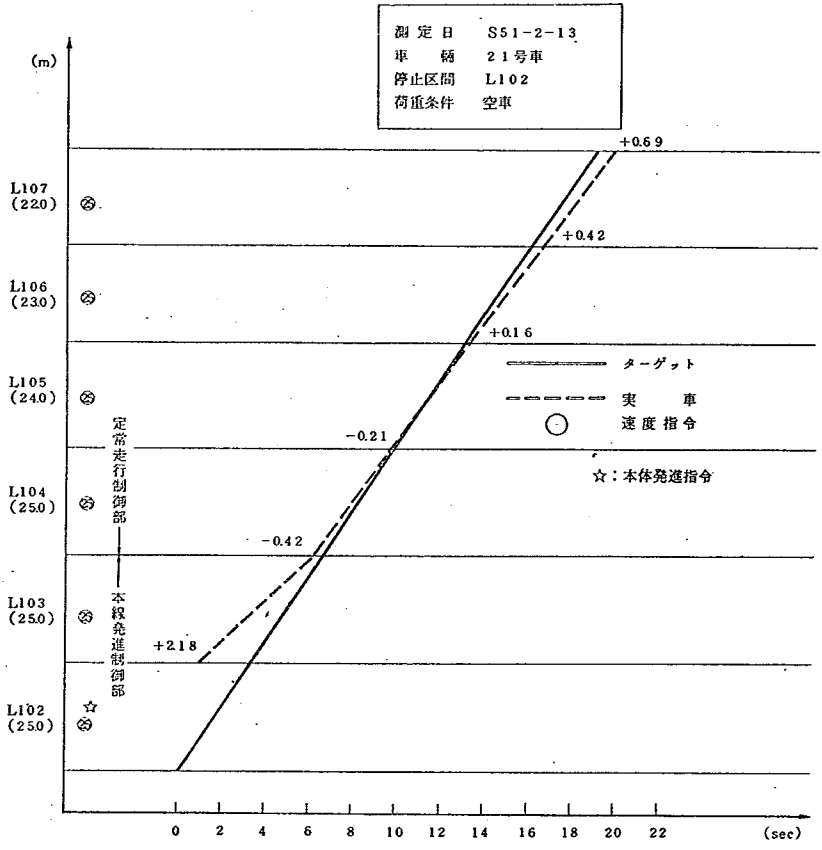
4）本線発進時の追従性

本線部に停車している車両を，ターゲットに追従させるように発進させるのが本線発進制御であって，ストップ発進とちがって発進させる区間内の位置のバラツキが大きいことと，本線上の全ての区間（合流区間や分岐区間は除く）を対象にする点が特色である。通常の本線部は，一区間２５ｍであるので（ストップの区間は，２.３ｍ）本線発進における追従誤差は，本線発進区間において距離にして±１２.５ｍとなる。

測定結果としては，地上計算機による本線発進指令のタイミング設定値が不適当であった区間を除けば，空車状態において－１.０７秒～＋１.３７秒程度であった。

尚，追従誤差は，ターゲットに対して遅れ方向を正とし，進み方向を負としてある。

図Ⅲ１２.３－４は，平担部において２１号車について本線発進制御を行った場合の追従性の一例である。



図Ⅲ 12.3－4	平坦部での本線発進時追従性（その1）

12.4 考　察

本報告書の範囲内における実験内容は，「速度指令に対する地上検知車速」，「ストップ発進時の追従性」，「合流時の追従性」，「定常走行時の追従性」，「本線発進時の追従性」であり，いずれも，空車状態における，中速走行用走行速度パターンでの追従性であった。これらの実験結果は図Ⅲ12.3－1，図Ⅲ12.3－4に示す通りである。

実験データからわかるように各制御における，ターゲットからの追従誤差は，±2.0秒以内であり，良好な結果であると考えられる。

今後の実験においては，満車条件での中速走行用走行速度パターンでの追従性の把握，空車及び満車状態での高速走行用走行速度パターンでの追従性の把握，高速走行用走行速度パターンにおけるタイムヘッドウェイ15秒での複数台走行が行われる。

尚，速度制御試験における満車状態での車両性能から考えると，満車状態での中速走行用走行パターンでの追従性は，空車状態の場合と比べて，あまり大きなちがいはないであろうと推定できる。

13. 定位置停止制御試験

13.1 実験目的

定位置停止制御は，車両をストップのパースの所定の範囲内に停止させるために行うものである。

制御方式としては，地上計算機からのブレーキ指令によるものである。側線に分岐した車両は，定位置停止を行うために，減速する。地上センサーとしては，通過検知器を設置し，車両が通過検知器を通過する時間から車速を計算し，定位置に停止させるためのブレーキ指令の出力タイミングを計算し，出力タイミングにブレーキ指令を出力して，車両を，パースの定位置に停止させる。定位置停止を行う時の地上の速度指令は，5Km／H指令であり，ブレーキ指令は，常用ブレーキである0.1Gブレーキを用いる01指令である。

実験の目的としては，車両毎の制御に必要な定数の把握と，停止精度の測定及び調整である。

停止位置の変動する要素としては，検知車速のバラツキ，ブレーキ力のバラツキ，機械系ブレーキのむだ時間のバラツキ等がある。

定位置停止精度は，ストップ発進時の追従性にも影響を与える。

このため，定位置停止制御においては，車両毎の補正を行って，各車両を，基準点に対して，±60cm以内に停止させることを，目的としている。

13.2 実験方法

実験としては，車両を側線に分岐させて，前方パース及び後方パースに定位置停止を行い，停止位置を測定することである。

ところで，実験用車両である21号車及び22号車は，車上の通信用アンテナとドアの位置関係が異っている。地上の制御系及び保安系は，全て通信用アンテナの位置で，車輌存在位置を判断する。そして，21号車と22号車の定位置停止制御における，ドアの中心点に対する基準点の差としては，70cm程度もあるので定位置停止の基準点としては，別々に設定している。

定位置停止精度は，荷重条件によってかなり影響を受けるので，空車状態及び満車状態での測定を行う。

13.3 実験結果

実験内容は，空車状態における定位置停止精度の測定及び調整である。従って，実験内容は，具体的には，空車条件での21号車及び22号車に対する「通過検知器による検知車速」，「定位置停止精度」となっている。

以下の項では，各々の内容について，述べてある。

1）通過検知器による検知車速

通過検知器による検知車速は，平均して，1.115m／s（4.14㎞／H）であり，範囲としては，1.10m／s～1.19m／s（3.96㎞／H～4.28㎞／H）であった。

前方バース及び後方バースには，それぞれ通過検知器が，設置されているが，バースによる検知車速の差は，ほとんどないと考えられる。

又，車両による検知車速の差もほとんどないと考えられる。

又，後方バースにおいて，側線方向から進入した車両と，入場線方向から進入した車両の双方に対して，正しく車速の検知が，行われている。

2）定位置停止精度

定位置停止制御における停止位置の，基準点は，21号車と22号車の通信用アンテナとドアの中心点との位置関係が異なるために，各車両毎に，設定している。21号車の基準点は，22号車の基準点の前方80cmとしている。

車両毎に補正を行った結果としての，停止精度は，次の通りである。

図Ⅲ13.3－1，図Ⅲ13.3－2は，それぞれ21号車及び22号車について，前方バースで，定位置停止を行った場合の，測定結果である。

又，図Ⅲ13.3－3，図Ⅲ13.3－4は，それぞれ21号車及び22号車について，後方バースで，定位置停止を行った場合の測定結果である。

いずれの場合も，空車条件における，実験結果である。

図Ⅲ１３３－１

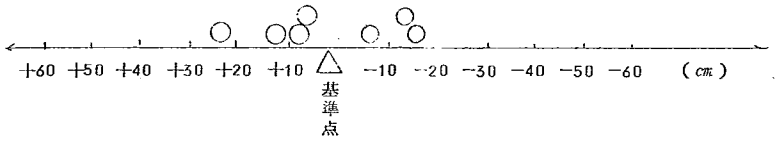
前方バースでの定位置停止精度（その１）

測　定　日	Ｓ５１－２－１３（晴）
車　　輌	２１号車
荷 重 条 件	空　　車

停止幅　３７cm

（－１４cm～＋２３cm）

車輌進行方向



図Ⅲ１３３－２

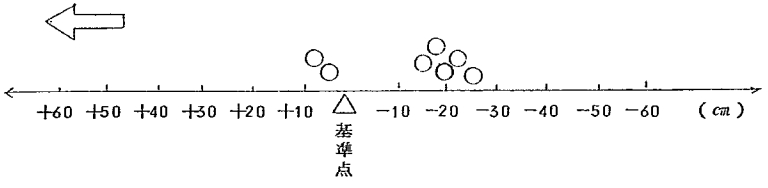
前方バースでの定位置停止精度（その２）

測　定　日	Ｓ５１－２－２（晴）
車　　輌	２２号車
荷 重 条 件	空　　車

停止幅　３３cm

（－２７cm～＋６cm）

車　進行方向



612

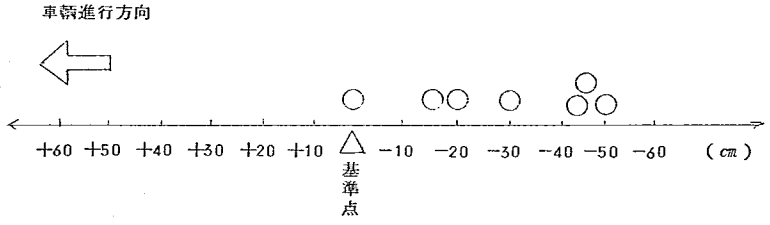
図Ⅲ１３.３－３

後方バースでの定位置停止精度（その１）

測　定　日	Ｓ５１－２－１３（晴）
車　　輌	２１号車
荷 重 条 件	空　　車

停止幅　５０㎝

（－５０㎝～０㎝）



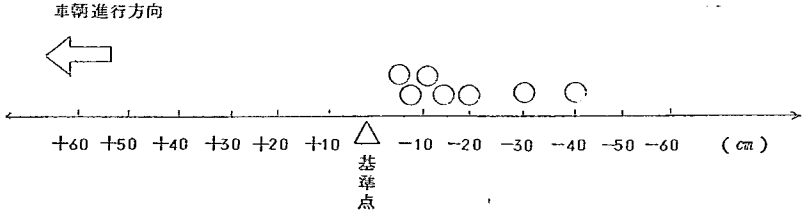
図Ⅲ１３.３－４

後方バースでの定位置停止精度（その２）

測　定　日	Ｓ５１－２－２（晴）
車　　輌	２２号車
荷 重 条 件	空　　車

停止幅　４０㎝

（－４０㎝～０㎝）



613

13.4 考　察

定位置停止制御は，車輌毎の制御に，必要な，定数の把握を行うが，そうした全ての要素を適確には，把握しにくいために，最終的には，制御系全体としての補正を，車輌毎に行って，停止精度を向上させている。

本実験結果においては，空車状態のみであるが，前方バースでの定位置停止は，基準点に対して，ほぼ一様に分布している。一方，後方バースでの定位置停止は，基準点に対して，やや後方に分布している。制御条件及び，補正項は同一であるので，通過検知器と基準点との間隔が，前方バースと後方バースとで２０cm位差があるためであると考えられる。

今後は，満車状態における停止位置を測定して，各車輌に対する停止精度を，把握し，必要があれば補正を行うことになる。

又，地上制御系の補正項を固定した状態で，車輌を運行させて，日内変化や，経日変化も把握する必要がある。

14. 連行制御試験

14.1 実験目的

本実験システムで車箱を自動運転するために必要な連行制御に関する機能の確認と向上を目的とした。以下に主な実験験項目と内容を表Ⅲ14.1－1に示す。

表Ⅲ14.1－1　実験項目

項目			内容	パラメータ	備考
車速制御（機能）	半自動		オペレータの指令速度による走行制御		性能については別実験項目参照
	自動	定速	一定速度による走行制御		
		定常	一定速度に対する追従制御		
		追従	加減速を含む追従制御		
操能制御	本線分岐部		分岐部または合流部の手前での分岐箱切換および状態チェック分岐方向のチェック		
	本線合流部				
	分岐線				
	ストップ線				
	合流線				
	入場線				
新規車処理			新規発生車の受付と情報登録	区間	
入場制御			信号機制御とチェック走行	チェック走行開始区間	
定位置停止制御（機能）			停止指令と停止区間チェック	パース	性能については別実験項目参照
ドア開閉制御			ドア開閉指令とチェック	区間	
ストップ発進制御			ターゲット割当，発進指令	区間	
退場制御			退場車の処理		
再発進制御			本線上の車箱の発進	区間	
異常処理			車箱および地上系の異常に対する処理（非常停止等）		
車箱モード変更処理			MOモード走行の監視		
スケジュール運行			定められたパターンによる連行 本線から分岐／通過の選択 ストップから退場／合流の選択		

615

14.2　実験方法

下表のように本線走行のみに必要な機能から，順次枠を拡げて実施した。

車両台数	ガイドウェイ
1台	本線のみ
	本線および側線
	入場線，退場線
	全　線
2台	全　線

確認および測定方法は

○目視　センターディスプレ盤，運転台表示パネル，車上制御装置（CCU）表示ランプ，
　　車上制御装置（CCU）コンソールパネル

○中央処理装置（CPU）のアウトプットするロギング（運転記録）

尚，当初は，センタと車上間で，信号授受の確認を行いながら実施した。

走行速度パターンは速度制御，追従制御の実験の進捗状況に応じて，速度アップを行った。

最高速度	30 km／h → 40 km／h
分岐／合流速度	15　→ 25

1）本線走行

No.	項　目	実施要領	確認完了項目
1	MOモード走行	MOモードの車両を本線上で停止させ，中央処理装置（CPU）をイニシヤライズ後，MOで走行させる。 イニシヤライズの順序を逆にした場合	新規車処理（MOモード） MOモード走行監視
2	半自動走行	本線上で車両を停止させAモードに切替え，中央処理装置（CPU）をイニシヤライズして，半自動で走行させる	新規車処理（Aモード） 車速制御（半自動走行） 操舵制御（本線）
3	自動走行	一定速度による自動運転を行う	車速制御（定速走行）

616

2）本線・側線走行

No	項目	実施要領	確認完了項目
1	半自動走行	本線上で新規車処理後本線走行させ，予め定めたパターンで，側線へ分岐させストップに停止させる。	操舵制御（本線分岐部） 〃（分岐線） 定位置停止制御
2	自動走行	本線上で新規車処理後本線走行させ，予め定めたパターンで側線へ分岐させストップ停止後，本線へ合流させる	車速制御（定常，追従） ドア開閉制御 ストップ発進制御 操舵制御（ストップ線） （合流線） スケジュール運行
3	定位置停止異常処理	定位置停止時の通過検知信号の異常を想定する	定位置停止異常処理

3）入場／退場

No	項目	実施要領	確認完了項目
1	入場制御	入口にMモードで進入した車両を所定の手順でチェック走行させ，ストップに停止させる（L000からチェック走行する場合とL001からの場合）	新規車処理（入口） 入場制御 操舵制御（入場線） 定位置停止制御 ドア開制御
2	退場制御	本線上には，入口からストップに停止した退場予定車を，所定の手順で，出口から退場させる	退場制御
3	チェック走行異常処理	通信チェック異常，分岐輪誤動作等を想定する	チェック走行異常処理

617

4）全線走行

No	項目	実施要領	確認完了項目
1	1台走行	入口からチェック走行で入場した車を定められたパターンで本線・側線を走行後出口から退場することを繰返す	総合確認 （1台による正常運行の場合）
2	2台走行 （デモンストレーション）	同上 タイムヘッドウェイ　30秒 最高速度　30km／h 分岐　20km／h 合流　25km／h	総合確認 （2台による正常運行の場合）

5）異常処理

No	項目	実施要領	確認完了項目
1	車両異常	故障によりまたは故意に発生した車両異常に対しての中央処理装置（CPU）の処理を確認する	異常内容のレベル毎の処理
2	地上系異常	異常を故意に発生させる	非常釦 通信装置異常 信号異常に対する処理

14.3 実験結果

中央処理装置（CPU）がラインプリンタにプリントするロギング（自動運転記録）の例を表Ⅲ14.3－1に示す。

実　験　日　　51－2－18

実験内容　　2台走行（デモンストレーション）

但し，デモンストレーション用に，速度パタン等を変更したため，追従誤差が大きくなっている部分がある。

14.4 考　察

本実験で予定した運行制御の機能確認は殆ど終了した。また，中央処理装置（CPU）の指令に対する応答時間は，仕様に較べ短かくなっている。このためチェック走行速度のスピードアップを計った。チェック走行は当初5㎞／hで計画していたが，通信時間，分岐輪切換時間に余裕があるため，7㎞／hにスピードアップした。ただし，ストップ進入速度は5㎞／hで制限されているため，途中で，5㎞／hに減速させることにした。

また本実験で，基本機能の確認が終了したので，今後は2台の車両を使用して，下記の実験を予定している。

- 一斉発進と一斉停止
- タイムヘッドウェイの調整（目標15秒）
- デマンド運行

表Ⅲ　14.3－1

ロギング（自動運転記録）の説明

1）運転記録の内容

下記のものを時刻順にプリントする

車両に対する中央処理装置（CPU）の指令内容

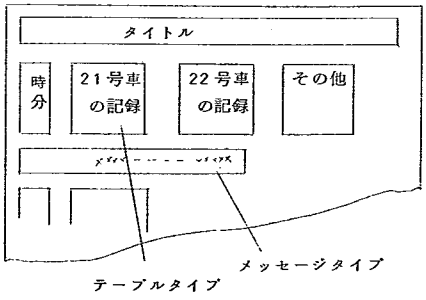
車両状態

車両制御に必要な情報

通信装置，検知器等の情報

2）フォーマット

プリントフォーマットは，右図のように，テーブルタイプとメッセージタイプの2種類がある。



619

DMRS LOGGING LIST. EXP-NO. DEMO 02/18/76 PAGE 77

CAR NO. 021 / CAR NO. 022 / DUMMY CAR (1D判明前)

ターゲット到着までの残り時間(10msec単位)
誘導状況
ターゲット番号

時分 TIME	秒 10MS	A	SNO	VCPU	VCAR	ERR	INF	FBL	N
15:05	49.70	****	BCD AUTO	****					
15:05	49.79	****	MTU NORMAL	****					
15:05	49.79	****	SYSTEM AUTO	****					
15:06									
15:06	16.43	****	ADC SERVICE MODE=1	****					
15:06	18.43	****	ADC START	****					
15:06	18.45	****	CAR ID/CHOSA (L000)	(E)	****				
15:06	19.81	****	CAR ID/CHOSA (L000)	(*)	****				
15:06	19.82	****	CAR CHOSA (L000)	(00)	(F 01)	****			
15:06									
15:06	19.84	****	CAR ID/CHOSA (L000)	(I)	****				
15:06	20.78	****	CAR ID/CHOSA (L000)	(*)	****				
15:06	20.79	****	CAR ID (L000)	(21)	****				
15:06	20.79	****	NEW CAR APPEAED	(L000)	(21)	****			
15:06	20.79	1	000	01/0	.0	0000		NNN	0
15:06	23.95	4	000			*S1			
15:06	23.96	6	000			K			
15:06	23.96	****	CHECK RUN START	(L000)	(21)	****			
15:06	23.97	****	BERTH RESERVED	(1)	(21)	****			
15:06	23.97	****	SERVICE SCHEDULE	(21)	(01)	(001)	****		
15:06	23.97	3	001			**			
15:06	23.97	1	000	04/0	.0	0000		NNN	0
15:06	24.99	4	000			*S5			
15:06	25.01	****	CAR ID/CHOSA	(L000)	(E)	****			
15:06	26.80	****	CAR ID/CHOSA	(L000)	(*)	****			
15:06	26.81	****	CAR CHOSA	(L000)	(21)	(F 04)	****		
15:06	26.81	9	000			2			
15:06	28.81	1	000	01/0	.0	0000		NNN	0
15:06	33.65	1	000	02/0	.0	0000		NNN	0
15:06	35.65	4	000			*S1			
15:06	35.67	****	CAR ID/CHOSA	(L000)	(E)	****			
15:06	36.80	****	CAR ID/CHOSA	(L000)	(*)	****			
15:06	36.81	****	CAR CHOSA	(L000)	(21)	(F 01)	****		
15:06	36.81	9	000			0			
15:06	36.82	7	000			2			
15:06	36.82	1	000	5/0	.0	0000		NNN	0
15:06	37.82	1	000	7/0	.0	0000		NNN	0
15:06	38.82	1	000	15/0	.0	0000		NNN	0
15:06	39.82	1	000	20/0	.0	0000		NNN	0
15:06	40.62	4	000			*R1			
15:06	40.82	1	000	25/0	.0	0000		NNN	0
15:06	41.82	1	000	30/0	.0	0000		NNN	0
15:06	42.82	1	000	35/0	.0	0000		NNN	0
15:06	43.82	1	000	40/0	.0	0000		NNN	0
15:06	44.82	1	000	5/0	.0	0000		NNN	0
15:06	46.20	1	001	5/0	.0	0000		NNN	0
15:06	46.39	6	001			LR1			
15:06	47.12	9	001			RH			
15:06	47.68	6	001			RR1			
15:07	85.44	****	STEERING CHANGE REQUEST	****					

15:06	15.26	1	000	01/0	.0	0000		NNN	0
15:06	19.82	9	000						0

操舵/ドア開閉指令
車両情報
車向スティタス

入口(区間L000)における新規車処理

215車(L000)

チェック走行

表.Ⅲ 1.4.3－1 (1/8)

620

```
        D M B S   L O G G I N G   L I S T      E X P - N O . DEMO                    02/18/76    PAGE  78

                  C A R  N O . 0 2 1                    C A R  N O . 0 2 2                    D U M M Y  C A R

  TIME   10MS A SNO VCPU VCAR  ERR INF FBL N   10MS A SNO VCPU VCAR  ERR INF FBL N   10MS A SNO VCPU VCAR  ERR INF FBL N

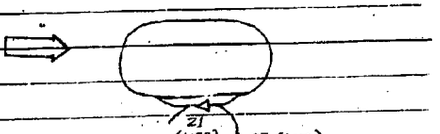
 15:07  05.45 5 001                  L#
 15:07  06.37 4 001                  LR1
 15:07  18.87 1 015  5/0  5.6  0000      NNN 0
 15:07  18.88 3 016                  R#
 15:07  42.47 1 016  5/0  3.3  0000      NNN 0
 15:07  44.48 1 017  5/0  3.6  0000      NNN 0
 15:07  44.68 3 020                  R#
 15:07  50.46 #### PASS SENSOR-1  ( 1)  ( 21) ####
 15:07  51.70 #### PASS SENSOR-2  ( 1)  ( 21)  ( 1.26SEC)####
 15:07  51.71 #### FIXED POINT STOP ( 1)  ( 21)  ( 1.13M/S)####
 15:07  61.71 #### FIXED POINT STOP ( 1)  ( 21)  ( 1.37SEC)####   定位置停止
 15:07  53.08 1 017 01/0  3.6  0000      NNN 0
 15:07  55.05 1 020 01/7  4.2  0000      NNN 0
 15:07  57.21 4 020                  LS1
 15:07  57.22 #### FIXED ZONE  STOP ( 1)  (L020)  ( 21) ####
 15:07  57.22 #### SERVICE SCHEDULE ( 21)  ( 01)  ( 001) ####
 15:07  57.22 7 020                  5
 15:07  57.22 7 020                  5
 15:07  57.22 1 020 02/0   .0  0000      NNN 0
 15:07  57.23 3 020                  **
 15:07  57.23 3 020                  #0  (ドア開)
 15:07  57.23 #### CHECK RUN NORMAL END ( 21) ####
 15:07  57.23 6 020                  J                                    02.98 1 000 01/0   .0  0000      NNN 0
 15:08                                                                    02.98 4 000                  #R0
 15:08  02.99 #### CAR ID/CHOSA (L001)  (F) ####
 15:08                                                                    03.03 4 000                  #S0
 15:08  05.09 4 020                  LS3                                  04.15 4 000                  #30
 15:08  06.95 #### CAR ID/CHOSA (L001)  (*) ####
 15:08  06.95 #### CAR ID/CHOSA (L000)  (F) ####
 15:08                                                                    07.70 4 000                  #S0
 15:08  07.80 #### CAR ID/CHOSA (L000)  (*) ####
 15:08  07.81 #### CAR CHOSA  (L000)  ( 00) (F 01) ####
 15:08                                                                    07.81 9 000                  0
 15:08  07.83 #### CAR ID/CHOSA (L000)  (!) ####
 15:08  08.81 #### CAR ID/CHOSA (L000)  (*) ####
 15:08  08.82 #### CAR ID (L000)  ( 22) ####
 15:08  08.82 #### NEW CAR APPEARD  (L000)  ( 22) ####
 15:08                                    08.82 1 000 01/0   .0  0000      NNN 0
 15:08                                    15.28 4 000                  #R0
 15:08                                    17.24 4 000                  #S0
 15:08  17.56 #### SOP START  ( 1)  ( 21) ####
 15:08  17.57 3 020                  **
 15:08  17.57 3 020                  R#
 15:08  18.59 4 020                  RS3     23.66 4 000                  #R0
 15:08  31.16 3 020                  **
 15:08  31.16 3 020                  #C (ドア閉)  32.74 4 000             #R1
 15:08                                    32.75 6 000                  K
 15:08  32.75 #### CHECK RUN START  (L000)  ( 22) ####
 15:08  36.01 4 020                  RS1     33.90 4 000                  #S1
 15:08  36.02 3 020                  **
```

表 III　1 4 3 − 1　(2/8)

621

	CAR NO. 021							CAR NO. 022							DUMMY CAR						
TIME	10MS	A	SNO	VCPU	VCAR	ERR INF	FBL N	10MS	A	SNO	VCPU	VCAR	ERR INF	FBL N	10MS	A	SNO	VCPU	VCAR	ERR INF	FBL N
15:08	36.02	3	020				R#														
15:08	36.02	5	020				1														
15:08	42.43	1	020	5/0	.0	0000	NNN 1														
15:08	42.43	7	020				6														
15:08	42.76	****	PERTH RESERVED (1) (22) ****																		
15:08	42.76	****	SERVICE SCHEDULE (22) (01) (001) ****																		
15:08								42.76	3	001				##							
15:08								42.76	1	000	0A/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								46.09	4	000				*S5							
15:09	44.11	****	CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****																		
15:08	45.81	****	CAR ID/CHOSA (L000) (*) ****																		
15:08	45.82	****	CAR CHOSA (L000) (22) (F 04) ****																		
15:08	46.14	4	020				RR1	45.82	9	000				2							
15:08	48.06	1	110	5/0	.0	0419	NNN 1	47.60	1	000	01/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								52.44	1	000	02/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								54.72	4	000				*S1							
15:08	54.76	****	CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****																		
15:09	55.81	****	CAR ID/CHOSA (L000) (*) ****																		
15:08	55.82	****	CAR CHOSA (L000) (22) (F 01) ****																		
15:08								55.82	9	000				0							
15:08								55.83	7	000				2							
15:08								55.83	1	000	5/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								56.83	1	000	7/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								57.83	1	000	15/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								58.83	1	000	20/0	.0	0000	NNN 0							
15:08								59.69	4	000				*R1							
15:09	00.19	1	111	5/0	4.7	0322	NNN 1	59.83	1	000	25/0	.0	0000	NNN 0							
15:09	00.20	3	112				L#	00.83	1	000	30/0	.0	0000	NNN 0							
15:09								01.83	1	001	35/0	.0	0000	NNN 0							
15:09								02.30	4	001				LR1							
15:09								02.83	1	001	40/0	.0	0000	NNN 0							
15:09								03.83	1	001	5/0	.0	0000	NNN 0							
15:09								04.84	3	001				R#							
15:09	07.04	1	112	5/0	4.2	0351	NNN 1	06.16	4	001				RR1							
15:09	07.82	4	112				LR1														
15:09	10.49	1	113	5/0	4.0	0385	NNN 1														
15:09	14.13	1	114	25/3	4.1	0414	NNN 1														
15:09	17.98	1	115	30/5	8.2	0411	NNN 1														
15:09	18.72	7	104				7														
15:09	18.72	1	104	30/5	14.6	0416	NNN 1														
15:09	20.34	****	STEERING CHANGE REQUEST ****																		
15:09	21.85	1	105	30/5	22.7	0402	NNN 1	20.35	3	001				L#							
15:09	24.83	1	106	30/1	29.0	0369	NNN 1	22.26	4	001				LR1							
15:09	27.64	1	107	30/1	29.5	0338	NNN 1														
15:09	30.36	7	200				8														
15:09	30.36	1	200	30/1	29.1	0311	NNN 1	32.42	1	015	5/0	6.0	0000	NNN 0							
15:09	33.02	1	201	30/1	29.8	0278	NNN 1	32.43	3	016				R#							
15:09	35.68	1	202	30/1	29.8	0245	NNN 1														
15:09	38.57	1	203	30/1	28.9	0219	NNN 1														
15:09	41.15	1	204	30/1	29.4	0190	NNN 1														

ストップ命令 (ターゲット番号 1)



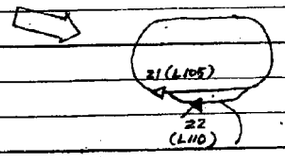
表Ⅲ 1.4.3－1 (3/8)

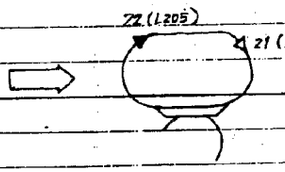
622

	CAR NO. 021	CAR NO. 022	DUMMY CAR
TIME	10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N	10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N	10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N
15:09	43.40 1 205 30/1 29.1 0168 NNN 1		
15:09	45.56 1 206 30/1 29.3 0145 NNN 1		
15:09	47.76 1 207 30/1 28.1 0112 NNN 1		
15:09	49.99 1 210 30/1 27.2 0087 NNN 1		
15:09	52.17 1 211 30/1 28.1 0055 NNN 1	54.16 1 016 S/0 9.6 0000 NNN 0	
15:09	54.36 1 212 30/1 28.1 0023 NNN 1	56.35 1 017 S/0 4.1 0000 NNN 0	
15:09	56.58 1 213 30/1 27.8 -0009 NNN 1	58.56 1 018 S/0 .0 0000 NNN 0	
15:09	58.96 1 214 30/1 28.7 -004		
15:10	01.15 1 215 30/1 28.4 -0058 NNN 1		
15:10	02.16 #### PASS SENSOR=5 (1) (22) ####		
15:10	03.21 #### PASS NUMBER=2 (1) (22) (1.11KM/H)####		
15:10	03.22 #### FIXED POINT STOP (1) (22) (1.26M/S)####		
15:10	03.22 #### FIXED POINT STOP (1) (22) (.445G)####		
15:10	05.63 1 216 30/1 30.6 -0061 NNN 1	03.66 1 017 01/0 4.1 0000 NNN 0	
15:10	05.61 1 217 30/1 31.2 -0102 NNN 1	05.62 1 020 01/7 6.6 0000 NNN 0	
15:10	07.73 1 220 30/1 32.1 -0129 NNN 1	06.57 4 020 LS1	
15:10	08.58 #### FIXED ZONE STOP (1) (1020) (22) ####		
15:10	08.58 #### SERVICE SCHEDULE (22) (01) (001) ####		
15:10		08.58 7 020 5	
15:10		08.58 7 020 5	
15:10		08.58 1 020 02/0 .0 0000 NNN 0	
15:10		08.59 3 020 **	
15:10		08.59 3 020 *0	
15:10	08.59 #### CHECK RUN NORMAL END (22) ####		
15:10	09.82 1 221 25/1 32.9 -0161 NNN 1	08.59 6 020 J	
15:10	12.10 1 002 25/1 32.5 -0193 NNN 1		
15:10	12.11 #### SERVICE SCHEDULE (21) (01) (000) ####		
15:10	12.11 #### DEPTH UNRESERVED (21) ####		
15:10	12.12 3 003 R*		
15:10	13.79 #### SOP START (1) (22) ####		
15:10		13.80 3 020 **	
15:10		13.80 3 020 R*	
15:10	15.07 1 003 25/1 26.7 -0177 NNN 1	13.88 4 020 LS3	
15:10	15.69 4 003 RR1	15.14 4 020 RS1	
15:10	15.63 1 004 25/1 24.4 -0148 NNN 1	15.79 4 020 RS3	
15:10	22.32 1 005 25/1 24.4 -0119 NNN 1		
15:10	26.04 1 006 25/1 24.2 -0087 NNN 1	27.47 3 020 **	
15:10	29.73 1 007 25/1 24.4 -0058 NNN 1	27.47 3 020 *C	
15:10		31.90 4 020 RS1	
15:10		31.91 3 020 **	
15:10		31.91 3 020 R*	
15:10		31.91 5 020 2	
15:10	33.42 1 010 25/1 24.4 -0029 NNN 1		
15:10	37.14 1 011 25/1 24.2 0003 NNN 1		
15:10	40.83 1 012 25/1 24.4 0032 NNN 1		
15:10	44.52 1 100 25/1 24.4 0061 NNN 1		
15:10	48.21 1 101 25/1 24.4 0090 NNN 1		
15:10	51.93 1 102 25/1 24.2 0122 NNN 1	55.46 1 020 S/0 .0 0000 NNN 2	
15:10	55.46 7 102 9	55.46 7 020 6	
15:10	55.70 1 103 30/1 25.9 0159 NNN 1		
15:10	59.34 1 104 30/1 24.7 0183 NNN 1	59.42 4 020 RR1	

DMRS LOGGING LIST　　EXP-NO. DEMO　　02/18/76　PAGE A1

TIME	CAR NO. 021 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBI N	CAR NO. 022 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBI N	DUMMY CAR 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBI N
15:11	02.39 1 105 30/1 29.5 0148 NNN 1	00.15 1 110 5/0 .0 0325 NNN 2	
15:11	05.45 1 106 30/1 28.2 0128 NNN 1		
15:11	08.26 1 107 30/1 28.5 0097 NNN 1		
15:11	10.90 1 200 30/1 30.0 0062 NNN 1	11.80 1 111 5/0 4.9 0180 NNN 2	
15:11	13.64 1 201 30/1 28.9 0037 NNN 1	11.81 3 112 L#	
15:11	16.29 1 202 30/1 29.9 0003 NNN 1	18.17 1 112 5/0 4.5 0161 NNN 2	
15:11	19.19 1 203 30/1 28.8 -0022 NNN 1	19.86 4 112 LR1	
15:11	21.77 1 204 30/1 29.4 -0051 NNN 1	21.30 1 113 5/0 4.4 0163 NNN 2	
15:11	24.02 1 205 30/1 29.1 -0073 NNN 1	24.78 1 114 25/3 4.2 0174 NNN 2	
15:11	26.20 1 206 30/1 29.1 -0096 NNN 1		
15:11	28.36 1 207 30/1 28.3 -0129 NNN 1	28.55 1 115 25/5 8.8 0165 NNN 2	
15:11		29.27 7 104 7	
15:11	30.61 1 210 25/1 27.2 -0156 NNN 1	29.27 1 104 25/5 15.0 0168 NNN 2	
15:11	32.79 1 211 25/1 28.1 -0186 NNN 1	32.50 1 105 25/5 22.0 0164 NNN 2	
15:11	35.28 1 212 25/1 24.6 -0187 NNN 1	36.04 1 106 30/1 24.4 0187 NNN 2	
15:11	38.26 1 213 25/1 21.7 -0153 NNN 1	39.33 1 107 30/1 25.2 0204 NNN 2	
15:11	40.99 1 214 25/1 23.7 -0128 NNN 1	42.13 7 200 8	
15:11	42.13 7 214 B	42.13 1 200 30/1 28.3 0185 NNN 2	
15:11	43.65 1 215 25/1 24.4 -0107 NNN 1	44.79 1 201 30/1 29.8 0152 NNN 2	
15:11	46.47 1 216 25/1 24.1 -0080 NNN 1	47.44 1 202 30/1 29.9 0118 NNN 2	
15:11	49.06 1 217 25/1 26.5 -0062 NNN 1	50.26 1 203 30/1 29.6 0085 NNN 2	
15:11	51.48 1 220 25/1 27.9 -0057 NNN 1	52.84 1 204 30/1 29.4 0056 NNN 2	
15:11	53.97 1 221 25/1 27.6 -0049 NNN 1	55.09 1 205 30/1 29.1 0034 NNN 2	
15:11	56.67 1 002 25/1 27.5 -0039 NNN 1		
15:11	56.68 #### SERVICE SCHEDULE (21) (01) (000) ####		
15:11	56.68 #### BERTH RESERVED (1) (21) ####	56.68 7 205 A	
15:11	56.68 7 002 R	57.19 1 206 30/1 30.2 0003 NNN 2	
15:11	56.69 3 003 L#	59.35 1 207 30/1 28.3 -0030 NNN 2	
15:11	59.65 1 003 25/1 26.6 -0022 NNN 1	01.52 1 210 25/1 28.2 -0063 NNN 2	
15:12	00.68 4 003 LR0	03.70 1 211 25/1 28.1 -0095 NNN 2	
15:12	03.02 1 004 25/1 25.7 -0012 NNN 1	06.35 1 212 25/1 23.1 -0080 NNN 2	
15:12	06.73 1 005 25/1 24.3 0019 NNN 1	09.17 1 213 25/1 23.0 -0062 NNN 2	
15:12	10.43 1 006 25/1 24.3 0049 NNN 1	11.91 1 214 25/1 23.6 -0036 NNN 2	
15:12	14.14 1 007 25/1 24.3 0080 NNN 1	14.68 1 215 25/1 25.2 -0024 NNN 2	
15:12		17.30 1 216 25/1 24.1 0003 NNN 2	
15:12	17.84 1 010 25/1 24.3 0110 NNN 1	19.79 1 217 25/1 27.5 0013 NNN 2	
15:12	21.53 1 011 20/0 24.4 0139 NNN 1	22.31 1 220 25/1 27.0 0026 NNN 2	
15:12		24.80 1 221 25/1 27.6 0034 NNN 2	
15:12	25.41 1 012 20/0 23.2 0079 NNN 1	27.50 1 002 25/1 27.5 0044 NNN 2	
15:12			
15:12	27.51 #### SERVICE SCHEDULE (22) (01) (000) ####		
15:12	27.51 #### BERTH UNRESERVED (22) ####		
15:12	29.76 1 013 5/0 19.9 0000 NNN 1	27.52 3 003 R#	
15:12	29.77 7 013 C	29.77 7 002 8	
15:12	29.77 5 013 D		
15:12	29.77 3 014 R#		
15:12	30.32 1 014 5/0 16.7 0000 NNN 0	30.48 1 003 25/1 26.6 0061 NNN 2	
15:12	30.96 4 014 RR0	32.22 4 003 RR1	
15:12		33.93 1 004 25/1 25.1 0079 NNN 2	
15:12	39.56 1 015 5/0 9.4 0000 NNN 0	37.65 1 005 25/1 24.2 0111 NNN 2	





TIME	CAR NO 021	CAR NO 022	DUMMY CAR
	IONS A SND VCPU VCAR ERR INF FBL N	IONS A SND VCPU VCAR ERR INF FBL N	IONS A SND VCPU VCAR ERR INF FBL N
19:12	60.66 5 016 RC	61.26 1 006 29/1 29.0 0232 NNN 2	
19:12		60.87 1 007 30/1 29.9 0165 NNN 2	
19:12		60.51 1 010 30/1 29.0 0177 NNN 2	
19:12		91.66 1 011 30/1 29.6 0150 NNN 2	
19:12		59.50 1 012 30/1 29.4 0116 NNN 2	
19:12	59.42 1 010 9/0 6.1 0000 NNN 0	59.76 1 100 30/1 29.2 0021 NNN 2	
19:13	00.57 1 012 9/0 5.7 0000 NNN 0		
19:13	00.50 5 020 RB	61.58 1 101 30/1 29.5 0026 NNN 2	
19:13		61.32 1 102 30/1 29.4 0006 NNN 2	
19:13	00.99 #### PASS SENSOR-1 (1) (21) ####		
19:13		60.51 1 001 29/1 29.2 -0051 NNN 2	
19:13	07.77 #### PASS SENSOR-2 (1) (21) (1.0		
19:13	07.76 #### FIXED POINTS STOP (1) (21) (1.0		
19:13	07.78 #### FIXED POINT STOP (1) (21) (1.0		
19:13	08.15 1 012 01/0 5.7 0000 NNN 0	00.66 1 106 30/1 29.4 -0068 NNN 2	
19:13	11.16 1 020 01/7 6.1 0000 NNN 0	12.06 1 105 30/1 30.5 -0100 NNN 2	
19:13	12.69 4 020 RS0		
19:13	13.41 #### FIXED ZONE STOP (1) (L020) (21) ####		
19:13	13.41 #### SERVICE SCHEDULE (21) (61) (006) ####		
19:13	13.41 7 020 S		
19:13	13.41 7 020 S		
19:13	13.41 1 020 02/0 .0 0000 NNN 0		
19:13	13.42 5 020 RC		
19:13	13.42 5 020 RD	19.76 1 100 30/1 29.6 -0142 NNN 2	
19:13	16.11 4 020 RS2		
19:13	16.12 5 020 RC		
19:13	16.12 5 020 RB	20.96 1 107 29/1 29.3 -0179 NNN 2	
19:13		21.57 1 200 29/1 29.5 -0104 NNN 2	
19:13		20.69 1 201 29/1 29.8 -0187 NNN 2	
19:13	29.62 4 020 LS2	27.66 1 202 29/1 24.9 -0165 NNN 2	
19:13	32.85 4 020 LS0	31.12 1 203 29/1 26.1 -0192 NNN 2	
19:13	34.15 1 020 01/0 .0 0000 NNN 0		
19:13	34.14 7 020 4	34.17 1 204 29/1 24.9 -0126 NNN 2	
19:13	38.50 4 020 LR0	36.03 1 205 29/1 26.6 -0099 NNN 2	
19:13	40.33 1 110 01/0 .0 0000 NNN 0	39.69 1 206 29/1 25.8 -0070 NNN 2	
19:13		42.06 1 207 29/1 25.6 -0062 NNN 2	
19:13		44.72 1 210 29/1 23.0 -0046 NNN 2	
19:13	48.06 1 116 01/0 7.5 0000 NNN 0	47.20 1 211 29/1 23.6 -0039 NNN 2	
19:13		49.85 1 212 29/1 23.0 -0023 NNN 2	
19:13	55.66 4 116 L30	52.76 1 213 29/1 23.1 -0006 NNN 2	
19:13	53.68 #### CAR ID/CHOSA (L116) (1) ####		
19:13	54.78 #### CAR ID/CHOSA (L116) (61) ####		
19:13		55.42 1 214 29/1 24.4 0012 NNN 2	
19:13		50.08 1 215 29/1 24.4 0033 NNN 2	
19:14	00.13 #### CAR G/H OUT (21) ####		
19:14		00.75 1 216 29/1 25.5 0005 NNN 2	
19:14		01.33 1 217 29/1 26.4 0006 NNN 2	
19:14		03.02 1 220 29/1 27.3 0076 NNN 2	
19:14		08.82 1 221 29/1 27.3 0085 NNN 2	
19:14		11.02 1 002 29/1 27.3 0023 NNN 2	

TIME	CAR NO. 021 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N	CAR NO. 022 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N	DUMMY CAR 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FBL N
15:14	11.03 **** SERVICE SCHEDULE (22) (01) (000) ****		
15:14	11.03 **** BERTH RESERVED (1) (22) ****		
15:14		11.03 7 002 B	
15:14		11.04 3 003 L*	
15:14		15.09 1 003 30/1 26.7 0109 NNN 2	
15:14		15.26 4 003 LRO	
15:14		17.45 1 004 30/1 25.1 0128 NNN 2	
15:14		20.76 1 005 30/1 27.2 0119 NNN 2	
15:14		23.82 1 006 30/1 29.4 0085 NNN 2	
15:14		26.87 1 007 25/1 29.5 0050 NNN 2	
15:14		30.09 1 010 25/1 28.8 0032 NNN 2	
15:14		33.64 1 011 20/0 25.4 0047 NNN 2	
15:14		37.65 1 012 20/0 22.4 0000 NNN 2	40.89 1 000 01/0 .0 0000 NNN 0
15:14	40.90 **** CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****		40.93 4 000 #R0
15:14			41.03 4 000 #S0
15:14		42.01 1 013 5/0 18.8 0000 NNN 2	41.48 4 000 #S8
15:14		42.02 7 013 C	
15:14		42.02 5 013 0	
15:14		42.02 3 014 R*	
15:14		42.49 1 014 5/0 19.5 0000 NNN 0	
15:14		43.64 4 014 RR0	
15:14	44.63 **** CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****		
15:14	44.64 **** CAR CHOSA (L000) (00) (F 01) ****		44.64 9 000 0
15:14	44.66 **** CAR ID/CHOSA (L000) (I) ****		
15:14	45.60 **** CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****		
15:14	45.61 **** CAR ID (L000) (21) ****		
15:14	45.61 **** NEW CAR APPEARD (L000) (21) ****		
15:14	45.61 1 000 01/0 .0 0000 NAN 0		
15:14	45.69 4 000 #S0		
15:14	45.71 **** CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****		
15:14	46.62 **** CAR ID/CHOSA (L000) (E) ****		
15:14		51.01 1 015 5/0 10.1 0000 NNN 0	
15:14	56.48 4 000 #R0	51.93 3 016 R*	
15:15	07.43 4 000 #S0	08.42 1 016 5/0 4.4 0000 NNN 0	
15:15		10.19 1 017 5/0 4.1 0000 NNN 0	
15:15	10.74 4 000 #S1	10.19 3 020 R*	
15:15	10.75 4 000		
15:15	10.75 **** CHECK RUN START (L000) (21) ****		
15:15	16.37 **** PASS SENSOR-1 (1) (22) ****		
15:15	17.49 **** PASS SENSOR-2 (1) (22) (1.12SEC)****		
15:15	17.50 **** FIXED POINT STOP (1) (22) (1.25M/S)****		
15:15	17.50 **** FIXED POINT STOP (1) (22) (.48SEC)****	17.98 1 017 01/0 4.1 0000 NNN 0	
15:15		19.96 1 020 01/7 4.5 0000 NNN 0	
15:15		22.18 4 020 RS0	
15:15	22.19 **** FIXED ZONE STOP (1) (L020) (22) ****		
15:15	22.19 **** SERVICE SCHEDULE (22) (01) (000) ****		
15:15		22.19 7 020	



※Ⅲ 1143-1. (1/8)

-545-386-

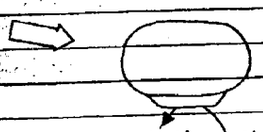
626

02/18/76 PAGE 84

DUMMY CAR

TIME / 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FAL N / 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FAL N / 10MS A SNO VCPU VCAR ERR INF FAL N

```
                                                    22.19 7 020                          S
15:15                                               22.19 1 020 02/0    .0  0000     NNN 0
15:15                                               22.80 5 020                      **
15:15                                               22.80 3 020                      *0
15:15                                               24.89 4 020                      RS2
15:15                                               24.90 3 020                      **
15:15                                               24.90 3 020                      R*
15:15                                               39.09 4 020                      RS0
15:15                                               41.00 4 020                      LS0
15:15                                               42.91 1 020 01/0    .0  0000     NNN 0
15:15                                               42.92 7 020                      A
15:15                                               49.23 4 020                      LR0
15:15                                               49.93 1 110 01/0    .0  0000     NNN 0
15:15
15:15  50.76 **** BERTH RESERVED ( 1)  ( 21) ****
15:15  50.76 **** SERVICE SCHEDULE ( 21)  ( 011)  ( 001) ****
15:15  50.76 3 001                      **
15:15  50.76 1 000 DA/0    .0  0000     NNN 0
15:15  51.69 4 000                  #S5
15:15  51.71 **** CAR ID/CHOSA (L000)  (E) ****
15:15  52.62 **** CAR ID/CHOSA (L000)  (*) ****
15:15  52.63 **** CAR CHOSA  (L000)  ( 21) (F 04) ****
15:15  52.63 9 000                  2
15:15  55.60 1 000 01/0    .0  0000     NNN 0    58.71 1 116 01/0  0.0  0000     NNN 0
15:16  00.44 1 000 02/0    .0  0000     NNN 0
15:16  02.99 4 000                  #S1
15:16  03.01 **** CAR ID/CHOSA (L000)  (E) ****
                                                    04.39 4 116                      LS0
15:16
15:16  04.62 **** CAR ID/CHOSA (L000)  (*) ****
15:16  04.62 **** CAR ID/CHOSA (L116)  (*) ****
15:16  04.63 **** CAR CHOSA  (L000)  ( 21) (F 01) ****
15:16  04.63 9 000                  0
15:16  04.64 7 000                  2
15:16  04.64 1 000  5/0    .0  0000     NNN 0
15:16  05.64 1 000  7/0    .0  0000     NNN 0
15:16  05.77 **** CAR ID/CHOSA (L116)  (*) ****
15:16  06.64 1 000 15/0    .0  0000     NNN 0
15:16  07.64 1 000 20/0    .0  0000     NNN 0
15:16  07.96 4 000                  #R1         08.26 4 116                      LR0
15:16  08.64 1 000 25/0    .0  0000     NNN 0
15:16  09.64 1 000 30/0    .0  0000     NNN 0
15:16  10.06 **** CAR G/W OUT  ( 22) ****
15:16  10.64 1 000 35/0    .0  0000     NNN 0
15:16  11.64 1 000 40/0    .0  0000     NNN 0
15:16  12.64 1 000  5/0    .0  0000     NNN 0
15:16  14.11 1 001  5/0    .0  0000     NNN 0
15:16  14.38 4 001                  LR1
15:16  15.03 5 001                  R#
15:16  15.68 4 001                  #R1
15:16  15.28 **** STEERING CHANGE REQUEST ****
15:16  15.29 9 001                  LW
```



(8/8)

-367-368-

627

15. まとめ

この報告書では無人走行試験，2台の車輌を使って中央制御装置から通信・保安装置を通じて運行制御の確認までが述べられている。最初にもふれたがこの無人走行試験では，できるだけ早くシステムとしての組合せの確認すなわち機能面でのビルドアップを優先して行なってきた。このシステムの個々の要素技術は特別に開発されたものを採用することなく，全体を構成しているので，個々の要素については機能確認のみを行ない，次の実験ステップに進んでも，日程上，実験の遂行に問題がないと判断したからである。勿論実験項目の項でもふれているように個々の要素の正確な現状把握は設計へのフィードバックに必要であり，また今後の改善改良のためにも必要であることはいうまでもない。個々の要素は無人走行へのステップアップと並行して改良，改善され，更に今後もこのためにかたりの時間をあてる予定である。

この実験は最終的には安全性，信頼性の確認が目的であるが，本報告書においては，このために準備した諸試験設備がこの確認のために充分使用しうるものであることを報告するものである。このシステムに残された今後の実験課題は個々の要素の定量的把握と改善，および設備移動を通じての信頼性の確認ということができる。

はじめに

最近における都市交通の需要は、質、量ともに大きく変化し、都市交通体系全体を再検討する必要に迫られている。このため、建設省においては、昭和４８年度より「新道路交通システムの開発」を総合技術開発プロジェクトの一課題としてとりあげ、デュアルモード・バス・システムの研究開発を進めてきた。

この研究開発は、昭和４９年度からは建設省土木研究所、(財)国土開発技術センターおよびデュアルモード・バス・システム研究会に属する新日本製鉄㈱、日産自動車㈱、石川島播磨重工業㈱、東洋工業㈱、松下通信工業㈱および東京芝浦電気㈱の民間６社の官民による共同研究により推進することとなり、同年度は第一次ガイドウエイ（土木研究所千葉支所構内）の建設、第一次実験車の製作、誘導試験等を実施した。

昭和５０年度は、前年度までの成果をもとに、第二次ガイドウエイ（筑波研究学園都市の土木研究所構内）の建設、第二次実験車の製作、無人走行試験等を実施し、本システムが計画された機能を十分有していることが確認された。

総合技術開発プロジェクトの最終年度である本年度は、これまでの研究成果に基づき、実用システムを意識して無人走行試験を継続実施し、システムを構成している各要素の実用性、信頼性の確認を行うとともに、エンジン・モータ方式についても比較検討を行い構想をまとめた。なお、本年度の無人走行試験には安全タイヤを使用した。

この報告書は、上記共同研究の一環として昭和５１年度に建設省土木研究所から(財)国土開発技術研究センターに委託された「デュアルモード・バス・システム委託業務」のうち、ハードウェアに関する検討をとりまとめたものである。

総合技術開発プロジェクトによる研究開発の終了にあたり、本システムは十分実用に供しうる段階に至っていることを報告するものである。

報告書のとりまとめにあたり、熱心に調査研究や討議に参加された委員、幹事並びに関係各位に対し心から謝意を表するものである。

昭和５２年３月

財団法人　国土開発技術研究センター

デュアルモード・バス・システムの技術開発委員会名簿

委員長	八十島義之助	東京大学工学部土木工学科
委員	藤井澄二	東京大学工学部産業機械工学科
〃	井口雅一	東京大学工学部産業機械工学科
〃	井上孝	東京大学工学部都市工学科
〃	越正毅	東京大学生産技術研究所
〃	新谷洋二	東京大学工学部都市工学科
〃	松本嘉司	東京大学工学部土木工学科
〃	岡並木	朝日新聞編集委員
〃	大塚滋	日本国有鉄道技術開発室
〃	中沢忠義	通商産業省機械情報産業局自動車課
〃	北川清	運輸省自動車局整備部車輌課
〃	田尻孝夫	建設省大臣官房
〃	桑垣悦夫	建設省大臣官房建設機械課
〃	沓掛哲男	建設省大臣官房技術調査室
〃	松下勝二	建設省都市局都市交通調査室
〃	渡辺与四郎	建設省都市局街路課
〃	山根孟	建設省道路局企画課
〃	本山翁	建設省道路局道路経済調査室
〃	坂上義次郎	建設省道路局国道第一課
〃	渡辺修自	建設省道路局国道第二課
〃	上東公民	建設省土木研究所
〃	石戸明	建設省土木研究所道路部
〃	松野三朗	建設省土木研究所機械施工部
〃	国広哲男	建設省土木研究所構造橋梁部
〃	杉山道彦	新日本製鉄㈱エンジニアリング事業本部 開発部新交通システム開発室
〃	真木伸	日産自動車㈱システム開発部
〃	神保紀	石川島播磨重工業㈱重機プラント事業本部
〃	松井雅隆	東洋工業㈱研究開発本部自動車企画部
〃	池内健二	松下通信工業㈱東京営業所第三営業部
〃	小磯広	東京芝浦電気㈱総合営業部
〃	村上永一	㈱新交通コンサルタント

委員	岩間　滋	㈱片平エンジニアリング
〃	三浦孝雄	(財)国土開発技術研究センター
〃	高瀬三郎	(財)国土開発技術研究センター
幹事	大川勝敏	国土庁計画調整局計画課
〃	村橋正武	建設省大臣官房政策課
〃	田中康之	建設省大臣官房建設機械課
〃	清水孝一	建設省大臣官房技術調査室
〃	椎名　彪	建設省都市局都市交通調査室
〃	下田公一	建設省都市局街路課
〃	野村和正	建設省道路局道路経済調査室
〃	藤田大二	建設省土木研究所道路部
〃	前島忠文	建設省土木研究所道路部
〃	泉　堅二郎	建設省土木研究所道路部
〃	本田宣史	建設省土木研究所機械施工部
〃	後藤　勇	建設省土木研究所機械施工部
〃	佐伯彰一	建設省土木研究所構造橋梁部
〃	山口隆康	新日本製鉄㈱エンジニアリング事業本部開発部 新交通システム開発室
〃	泉　寿	日産自動車㈱中央研究所システム開発部
〃	立石俊一	(財)国土開発技術研究センター
〃	後藤浩平	(財)国土開発技術研究センター
〃	満田　喬	(財)国土開発技術研究センター

目　　次

Ⅰ　ま　え　が　き …… 1
1　無人走行試験の位置づけ …… 1
2　無人走行試験用システムの概要 …… 1
Ⅱ　試験ならびに設計検討 …… 5
1　連続走行試験の検討 …… 5
1・1　試験のねらい …… 5
1・2　走行パターンの設定 …… 6
2　設計検討 …… 7
2・1　ガイドウェイ …… 7
2・1・1　地上分岐輪検知器 …… 8
2・2　車　両 …… 9
2・2・1　安全タイヤ …… 9
2・2・2　誘導輪・分岐輪 …… 14
2・2・3　集電装置 …… 14
2・2・4　バッテリ …… 20
2・3　通信保安系 …… 25
2・3・1　通信保安系の信頼性 …… 25
2・4　制御系 …… 32
2・4・1　ターゲット追従性向上 …… 33
2・4・2　ターゲット乗換 …… 35
2・4・3　定位置停止 …… 37
2・4・4　公開実験走行パターン …… 40
Ⅲ　無人走行試験計画 …… 47
1　試験の目的、範囲 …… 47
1・1　試験目的 …… 47
1・2　試験範囲 …… 47
2　試験スケジュール …… 49
3　試験項目および方法 …… 49
3・1　乗心地試験 …… 49
3・2　一般道路操安性試験 …… 51
3・3　車内騒音試験 …… 51
3・4　集電装置試験 …… 52
3・5　主バッテリ充放電試験 …… 53

632.

3・6　誘導輪・分岐輪試験 …… 54
3・7　通信品質試験 …… 54
3・8　分岐輪検知器試験 …… 55
3・9　ターゲット追従性試験 …… 55
3・10　ターゲット乗換試験 …… 56
3・11　定位置停止制御試験 …… 57
3・12　連続走行試験 …… 57
4　試験用設備 …… 58
4・1　全体構成 …… 58
4・2　設備概要 …… 58
4・2・1　ガイドウェイ …… 58
4・2・2　車　両 …… 59
4・2・3　通信保安装置 …… 62
4・2・4　中央制御装置 …… 64
5　試験要員 …… 68
6　試験実施スケジュール …… 70
7　安全管理 …… 71
Ⅳ　実　験　結　果 …… 73
1　乗心地試験 …… 73
1・1　実験目的 …… 73
1・2　実験方法 …… 73
1・2・1　実験条件 …… 73
1・2・2　実験項目 …… 77
1・2・3　測定方法 …… 77
1・3　実験結果 …… 81
1・3・1　021号車 …… 81
1・3・2　022号車 …… 81
1・4　考　察 …… 94
1・4・1　021号車 …… 94
1・4・2　022号車 …… 95
2　一般道路操安性試験 …… 99
2・1　実験目的 …… 99
2・2　実験方法 …… 99
2・2・1　実験条件 …… 99
2・2・2　測定項目 …… 99

633

2・2・3　測定方法 …… 99
2・3　実験結果 …… 100
2・4　考　察 …… 100
3　車内騒音試験 …… 102
3・1　実験目的 …… 102
3・2　実験方法 …… 102
3・2・1　実験条件 …… 102
3・2・2　測定項目 …… 102
3・2・3　測定方法 …… 102
3・3　実験結果 …… 103
3・3・1　021号車 …… 103
3・3・2　022号車 …… 103
3・4　考　察 …… 103
3・4・1　021号車 …… 103
3・4・2　022号車 …… 103
4　集電装置試験 …… 109
4・1　実験目的 …… 109
4・2　実験方法 …… 109
4・2・1　実験条件 …… 109
4・2・2　測定項目 …… 110
4・2・3　測定方法 …… 110
4・3　実験結果 …… 113
4・3・1　021号車 …… 113
4・3・2　022号車 …… 113
4・4　考　察 …… 114
4・4・1　021号車 …… 114
4・4・2　022号車 …… 125
5　主バッテリ充放電試験 …… 126
5・1　実験目的 …… 126
5・2　実験方法 …… 127
5・2・1　実験条件 …… 127
5・2・2　測定項目 …… 127
5・2・3　測定方法 …… 127
5・3　実験結果 …… 132
5・3・1　021号車 …… 132

5・3・2　022号車 …… 132
5・4　考　察 …… 139
5・4・1　012号車 …… 139
5・4・2　022号車 …… 139
6　誘導輪・分岐輪試験 …… 139
6・1　実験目的 …… 141
6・2　実験方法 …… 141
6・2・1　実験条件 …… 141
6・2・2　測定項目 …… 141
6・2・3　測定方法 …… 141
6・3　結果および考察 …… 141
6・3・1　021号車 …… 141
6・3・2　022号車 …… 141
7　通信品質試験 …… 143
7・1　実験目的 …… 144
7・2　実験方法 …… 144
7・2・1　測定項目 …… 144
7・2・2　測定方法 …… 144
7・3　実験結果 …… 144
7・3・1　通信回線雑音レベル …… 153
7・3・2　コード伝送試験 …… 153
7・4　考　察 …… 154
7・4・1　通信回線雑音 …… 164
7・4・2　コード伝送試験 …… 164
7・4・3　まとめ …… 165
8　分岐輪検知器試験 …… 165
8・1　実験目的 …… 166
8・2　実験方法 …… 166
8・2・1　検出方法 …… 166
8・2・2　確認項目 …… 166
8・3　実験結果 …… 166
8・4　考　察 …… 166
8・4・1　応答性 …… 167
8・4・2　検出感度 …… 167
8・4・3　取付位置 …… 167
8・4・4　今後の課題 …… 167

635

9　ターゲット追従性試験 …… 170
9・1　実験目的 …… 170
9・2　実験方法 …… 170
9・3　実験結果 …… 170
9・3・1　実験1 …… 170
9・3・2　実験2 …… 171
9・4　考　察 …… 176
10　ターゲット乗換試験 …… 176
10・1　実験目的 …… 176
10・2　実験方法 …… 176
10・3　実験結果 …… 176
10・4　考　察 …… 179
11　定位置停止制御試験 …… 180
11・1　実験目的 …… 180
11・2　実験方法 …… 180
11・3　実験結果 …… 180
11・3・1　車両ブレーキ性能測定 …… 180
11・3・2　定位置停止精度測定 …… 180
11・4　考　察 …… 182
12　連続走行試験 …… 182
12・1　実験目的 …… 182
12・2　実験スケジュール …… 185
12・3　実験方法 …… 185
12・4　実験体制 …… 188
12・5　測定記録項目 …… 188
12・6　測定方法 …… 188
12・7　連続走行実験結果 …… 189
12・8　主要故障記録と対応表 …… 195
12・9　連続走行に伴う改良点 …… 197
13　公開実験 …… 198
13・1　公開実験用走行パターン …… 198
13・2　公開実験の来客 …… 200
13・3　公開実験のアンケート …… 201
V　エンジン・モータ駆動方式の検討 …… 203
1　動力方式の概要 …… 203

636

2　エンジン・モータ方式の検討 …… 204
2・1　エンジン・モータ駆動方式の分類 …… 204
2・2　各駆動方式の特性および比較評価 …… 207
2・3　機械的並列方式のレイアウト …… 212
Ⅵ　あ　と　が　き …… 215

637

I. まえがき

Ⅰ まえがき

1 無人走行試験の位置づけ

デュアルモード・バス・システムの検討は昭和４８年度より始められ、この無人走行試験の終了によって、４ケ年の開発計画が完遂されることとなる。無人走行試験は昭和５０年１０月に開始され、その一部は既に報告されているが、この報告書ではその後に行なわれた試験を中心に報告するものである。試験は筑波の土木研究所内の実験場において実施され、システムは充分実用に供し得ることが確認された。なお無人走行試験はシステムの総合的確認を目的として、昭和４８年度に行なわれた概略設計の検討、昭和４９年度の車両の走行特性に関する検討（誘導試験）の成果をふまえ、再に一歩実用システムを意識して計画・実行されたものである。

2 無人走行試験用システムの概要

無人走行試験の目的は、デュアルモード・バス・システムを実用化する際にシステムを構成しているコンポーネントがそれぞれ充分な実用性を有していることの確認にある。デュアルモード・バス・システムは

- 安全性、信頼性がきわめて高いこと
- 運行、保守の両面で省力化を指向すること
- 低公害、省エネルギーであること
- 実用上支障のないコストで運営できるものであること
- 実用化に支障のない技術内容であること
- 交通需要に対応できること
- 都市の美観、形態、構造に支障を与えないこと

を基本設計思想としている。これに基づき実験システムの前提条件（基本仕様）を次のように決めた。

○ 輸送力	5,０００～１５,０００人／h
○ ヘッドウェイ	標準　１５秒
○ モード	デュアル（一般路走行、ガイドウェイ走行）
○ 運行速度	４０Km／h　（ガイドウェイ上）
○ 車体寸法	（長）８m×（巾）2.5m×（高）3.0m
○ 定員	３０　～　５０人
○ 支持方式	ゴムタイヤ
○ 駆動方式	直流電動機
○ 動力源	直流給電（ガイドウェイ上） バッテリ（一般道路上）
○ 最高速度	６０Km／h

- 登坂性能　　発進　10%
- 最小回転半径　　35m（ガイドウェイ上）
  12m（一般道路上）
- 誘導方式　　側方接触誘導
- 分岐方式　　車上分岐方式
- ガイドウェイストップ形式　　オフラインタイプ
- 通信方式　　誘導通信を用いた連続送受信方式
- 衝突防止　　固定閉塞方式
- 運行方式　　スケジュールおよびデマンド
- 車両制御　　地上指示による指示速度追従方式（ガイドウェイ上）
  マニュアルオペレーション（一般道路上）
- 常用加減速度　　0.1G以内（ガイドウェイ上）
- 緊急減速度　　0.2G以上（ガイドウェイ上）

具体的な実験システムの構成要素の詳細は昭和50年度委託業務報告書、〔(財)国土開発技術研究センター〕に述べてあるので割愛するがその大要をしるせば次のとうりである。

- ガイドウェイ

  ガイドウェイは本線、側線、チェック走行路、入口、出口の各部より成り、出口部と入口部の間は連絡道路で結ばれ、デュアルモードの実験ができるよう配慮されている。本線には6%の試験用勾配（上り、下り）が、側線には2両の車両が同時に停車できるよう2つのバースが設けられている。チェック走行路は車両の自動チェックを、出入口部はモード切換機能確認のために設けられたものである。

- 車　両

  試験車は制御実験の必要上2両つくられ、車両イメージの確認の意味もあって車体は大巾に異なったものをのせた。すなわち一両は従来バスに近いイメージのものであり、他は新しいイメージによるものである。誘導装置運動形式を、動力制御はチョッパ制御を、一般道路走行用主バッテリは汎用の鉛酸バッテリを用いている。緊急制動装置はフェイルセーフ構造とするためスプリング作動のネガティブブレーキとし、自動運転用機器（車上通信機、車上制御装置）の三重系構成と併せて安全に対する充分な配慮がはらわれている。

- 通信・保安装置

  通信方式としては誘導通信を用いた連続送受信方式により高い信頼性を得るとともに、地上に配したループと車両の1対1通信路を確保している。またこのループは固定閉塞ループとしても用いられ衝突防止の保安機能をも担っている。操舵の保安についても地上から直接分岐輪位置の確認をすることにより、車上の状態監視と合せて二重系構成となっている。

o　中央制御装置

地上の保安装置、車上の保安監視のもとに運行制御、運転制御を行なうもので、制御は電子計算機により行なわれる。制御の基礎となる車両位置の検出は地上に配された通信用ループを車両が通過したことにより行なう方式である。ヘッドウェイを短くするためオフラインストップタイプとしているが、オフラインの長さを縮少するためにストップ進入車のみ本線で減速しており（ストップを通過する車は減速しない）後につづく通過車との車間は１０秒以下まで接近するのでこれが充分可能な制御精度を有している。

641

II. 試験ならびに設計検討

Ⅱ　試験ならびに設計検討

1.　連続走行試験の検討

昭和５０年度は２１号車、２２号車の２台の車両による筑波実験場での個々の性能とテスト、各機器間の動作チエツクを中心に検討されてきた。

その結果、ほぼ満足な性能を示しデュアルモード・バス・システムとして連続的な走行による信頼性を中心に把握する試験の段階に入つた。

昭和５１年８月下旬から１０月下旬迄約２ケ月間、２台の車両を連続的に走行させ、この間に発生する故障集計を行うと共に分析し、さらに走行途中にも各種の試験を行い、色々のテストデータを取つている。故障データ及びテストデータは、将来設計へフイードバツク出来る様分析し、機構の改良、性能の向上へつながる様期待した。

耐久試験では車両の走行も数十万キロメートルを要し、一方車両も設計段階からこれに耐える構造を考慮する必要がある。しかし今回の車両では機能上の設計配慮を十分していても耐久度については配慮が行き届かない面もあり、今回は期間も含め出来るだけの試験、システムとして弱い部分を発見すると共に、トラブルでの原因追及と対策、システムへの影響度合いを経験することとした。

一方、実験車の高い信頼度を得られた走行が可能となつた時、信頼度への自信をつけると共に運転手を完全に外し、無人走行テストに入る。

この走行実績の積み上げにより乗客、運営主体両者の不安感をなくし、トラブル時でもスムーズな復旧をして安心した乗物となる一課程として目途をつけるものとした。

1.1　試験のねらい

一周約７００mの閉ループを持つガイドウエイ約1,０００mと一般舗装道路約200mを持つ筑波実験線を２台の車両が最高４０Km／hのスピード、４０秒ヘツドウエイで連続的に走行させ、実験上でのシステムテストとしては最終目標となるものとして試験した。

信頼度を中心とした当試験は具体的には下の様な目標を設定した。

1）設計された機能の信頼性見通し

2）各使用機器、インターフェイス間の信頼性見通し

3）実用化を想定した実験システム拡大化に伴う信頼見通し

4）メンテナンス方法の確立

即ち

(1)　機能の信頼性見通しでは運転手のオペレーション機能、車両の車上、地上機器による監視機能、車両の制御性能等を試験し、特に自動化された信号が正確に入出力しコントロールされる。異常発生時にはフェールセーフ機能が働き安全に停車することを確認すると共に、システム的な信頼度の高い方向への対策を講ぜられる見通

643

しをたてる。

(2) 各使用機器、インターフェイス間の信頼性見通しでは、厳しい長距離走行、厳しい加減速走行、予想以上の機器動作回数等により各機器が正常に常に安定して動作していることを見通す。故障発生が軽微状態で納まる様設計され、かつ原因の判明が迅速に行える様インターフェースをはつきりさせる。さらにインターフェース部における適正なマッチングを見通す。故障については原因を分析し、改良方法と代替器開発への足掛りをつかむ。

(3) 実用化を想定した実験システム拡大化に伴う信頼見通しでは、システムに構成されている機器の実プロジェクトへの拡大上の問題点を、実験走行を十分やりながら抽出し解決の方向を採ると共に、システム設計へつなぎ確認する。

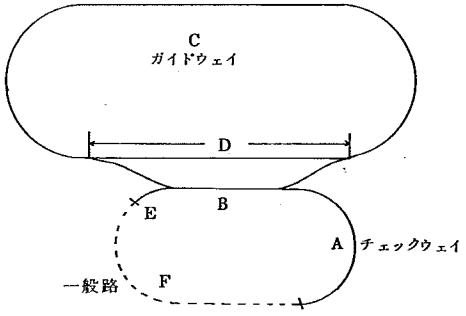
(4) メンテナンス方法の確立についてはデュアルモード・バス・システムとしての設計データ、実績データを十分積み上げた上で検討し確立する必要があるが、出来るだけの実績データを積上げる為、各種のデータを取り、故障データのトレースを行える様にし、又車両走行上の基本的仕業点検、故障時の原因追及を行う。これにより点検箇所、頻度のある程度の目安をつける。

1.2 走行パターンの設定

連続走行により車両、車上設備及び地上設備の信頼度試験を行うに際し、その走行パターンを設定するには実プロジェクト時に想定される走行を出来るだけ取入れ、さらに試験の能率が上る方法を取ることが望まれることから決定した。

パターンとしては、一般路部では民間バス、電気バス、ガイドウェイ部では電車の走行パターンが参考となるが、当実験では一般路も短かく、ガイドウェイ部の中に坂部、曲線部、分岐・合流部と色々のガイドウェイ上の条件が揃つていることから、これ以上特別な急加速、急減速等はする必要もないこと、又パターンも数種作らなくても一つのパターンで十分として下記の様に決定した。

1) 走行パターン



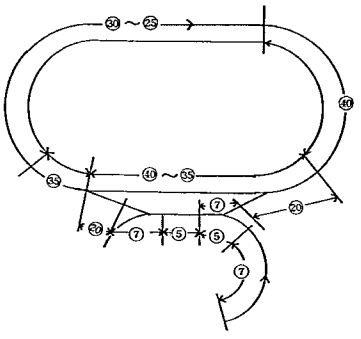
644

仕業点検時　　A→B→E→F　チェック走行を1回自動運転で行う

連続走行　〔A→｛B→C→D→C→B｝×4回→B→E→F→A〕×n回

2）速度パターン

単位　Km/h



実験中の作業方法も又実プロジェクトを想定し、仕業点検と実験走行、毎日の実験終了時にはミーテイングをして毎日の実績を集計した。

パターンの設定上検討した項目では各地点で下記の様な動作確認を行つた。

地　点	試　験　項　目
ガイドウェイ出入口部	(1)音声通信確認　(2)誘導装置、集電器の伸長と格納 (3)車上制御装置との信号受授
モード・インターチェンジ	(1)信号受授試験　(2)分岐輪動作確認
側線部	(1)バース定位置停止　(2)ドア開閉動作
分岐・合流部	(1)分岐輪切替え動作　(2)分岐輪検知器動作
本線部	(1)車両の追従性能　(2)緊急ブレーキ性能
一般道路	(1)一般道路機能

さらに実験中の故障時の為に、故障車の緊急連絡と排除作業、車庫での修理、関係者での検討を並行して行える責任体制を確立した。

測定データの集計では各動作回数をカウント集計することが本来の方法であり、分析にも使えるデータであるが、決定したパターン走行距離から動作回数を計算した。故障等でパターン走行の乱れについては、実験用走行と試走を分離し、相関関係式を作り、以后実験中の走行距離データから動作回数を計算した。

2. 設計検討

2.1 ガイドウェイ

645

2.1.1 地上分岐輪検知器

前年度の試験の結果、機械式（レバー式）分岐輪検知器には、耐久性の点で未だ、不安が残つている。

これからの開発目標として、機械式の問題点の改良を進めると同時に、それと並行して他方式の開発にも着手したい。当初、設計検討をした結果、機械式を採用したが、ここ2、3年で、各種のマイクロモジュール及びデバイスの技術が著しく進み、他方式でも十分実用化の可能性が出てきた。そこでそれらの方式の検討を再度行ない、実用化の可能性の高い方式を列挙する。

1）接触式

接触式の原理は、分岐輪が検知器に触れることによつて検知する。特徴として次のようなものがある。

(1) 長所

分岐輪に直接接触するので、正常と異常をはつきり区別することができ、確実である。

(2) 短所

原理上、車両側に多少の悪影響を及ぼす。又、接触時の衝撃が大きく、そして、構造上、設計荷重が正確に把握できないので、機械的寿命の設定が設計的には難しい。

2）非接触式

非接触式とは、分岐輪が検知器に触れることなく、分岐輪動作の確認を検知する方式である。特徴として次のようなものがある。

(1) 長所

分岐輪に接触しないので、車両側に悪影響を与えない。又、寿命を半永久的にできる。

(2) 検知器と分岐輪の間隙が、検出信号を弱めてしまう。その為、検出信号処理の電気回路が複雑になり、S/N及び信頼性を下げる。

以上、総合的に検討してみて、それぞれの方式の中から一般的なタイプを列挙してみると、接触式には、接触片をレバーとして、そのレバーの動作を検知する方式（レバー式）と、接触片をダイヤフラムとして、その圧力変化を検知する方式（圧力式）がある。非接触式には、電磁コイルによる磁気回路をセンサとして、磁気バランスの崩れを検知する方式（磁気式）、反射型あるいは通過型の光センサで検知する方式（光式）、超音波の反射を検知する方式（超音波式）、電磁波の反射を検知する方式（レーダ式）、ノズルから空気を噴射させ、その背圧の変化を検知する方式（空気圧式）、分岐輪にマグネットを埋込み、地上側の磁気スイッチを動作させる方式（マグネットリレー式）などがあ

る。

上記の中で、圧力式・超音波式・レーダ式は、コストの面で採用が難しい。又、空気式・マグネットリレー式は、検出距離を長くとれない。

従つて、コスト及び検出機構の信頼性からレバー式、コスト及び耐久性から磁気式と光式が、最も実用化に近いと思われる。

レバー式については、コスト及び検出機構の信頼性から分岐輪検知器第1号としての実績があり、検知器としての安心感がある。しかし、分岐輪に対する衝撃及び検知器自身の耐久性など根本的問題を含んでおり、技術的にストライカの形状・バネ構造・ストッパ構造などの改良を計らなければならない。そして、その成果を見るには耐久試験によらなければならない。

磁気式については、コスト・耐久性・耐環境性などにおいて、群を抜くものがあり、このような使い方をする検知器として最適と思われる。しかし、過去において、このように大きな問題での実績がないため検出範囲の定量的把握ができていない。従つて、磁気式の実用化への見通しをたてるには、検出特性試験が必要である。

光センサは価格が安く耐久性に優れている。そして、非接触式ながら判別機能が優れているという利点を持つているので、いろいろなタイプの光センサが開発、市販されている。従つて、光式については、その技術を流用することによつて、実用化への見通しが、比較的容易につけられそうである。勿論、実験は必要である。しかし、光センサは検出手段として光ビームを使つているので環境に左右され易い。そのため、実用化しようとした場合、周辺装置に大掛かりなものが必要になると思われる。

今年度は、比較的実験の容易な光式について実験する。

2.2 車　両

2.2.1 安全タイヤ

1）安全タイヤの必要性

デュアルモード・バス・システムの車両の主輪（走行用車輪）には、ゴムタイヤを使用している。これは鉄車輪に比べて次のような利点を有しており、本システムに最も適合していると考えられるからである。

(1) 騒音が少ない

(2) 乗心地が良い

(3) 制動力・駆動力が大きくとれる

一方、現在広く用いられている空気入りゴムタイヤは、その基本的性能は内部の空気圧に依存しているので、空気圧がゼロになればその機能はほとんど失なわれる。したがつて、パンクが起つた場合、タイヤの性能は急激に低

下し、もし車両が走行中であれば、操縦性、安定性の急激な変化を招くこととなり、きわめて危険である。

また、走行中のパンクによる重大事故を、運良く回避できたとしても、正常な走行を続けることは当然不可能であるし、修理して機能を回復させる（タイヤ交換）には時間と人手を要する。とりわけ、デュアルモード・バスの場合には、ガイドウェイ走行中にタイヤのパンクが発生すると、無人であるため、一層回復に手間取ると考えられる。

このように、システムの安全性、信頼性、稼働率、異常時の回復性の面などから、空気入りタイヤの宿命的な敵であるパンクを克服することはきわめて重要な課題である。

2）安全タイヤの種類

これまでにも多くのパンクに対する安全への対策が考案され発表されている。

(1) パンクしにくいタイヤ

空気もれを起こすような損傷を受けにくいタイヤと、損傷を受けても空気もれを起こしにくいタイヤとに分けられる。

損傷を受けにくいタイヤの例としては、トレッド部にスチールブレーカーを持つタイヤがある。これは、釘などの鋭利な先端を持つ物体が突き刺さっても、貫通しにくいので、一般の有機繊維のみを使用したタイヤよりも耐パンク性能が向上している。

次に損傷を受けても空気もれを起こしにくいタイヤの例としては、チューブレスタイヤとシーラントタイヤがあげられる。

チューブレスタイヤは、走行中に釘が刺さっても、タイヤ内面のゴム層（インナーライナー）が釘にしっかりと密着するため、急激な空気もれは起こらない。

シーラントタイヤは、チューブレスタイヤのインナーライナーのさらに内側に粘着性のゴム層をおいたもので、釘が抜けたあとに残る孔をふさいで空気もれを防ぐ働きをする。

以上のようなパンクしにくいタイヤは、開発に着手されたものも早く、実用化が最もすすんでいる。しかしパンク防止にある程度効果はあるものの、確実ではないし、パンクすれば安全ではない。

(2) パンクしても走れるタイヤ

パンクして空気圧が消失した後も急激な機能の低下を起こさず、ある距離は安全に走行することを可能にしたもので、いわゆるRun-Flat Tyreと呼ばれるものである。パンク時にタイヤのリム外れが発生しないようにすることと、正常時とパンク時の性能の差を少なくすることが必要である。

このタイプのタイヤの機構は、次の3つに大別できる。

(i) タイヤ内にソリッド状のサポータまたは空気入りタイヤ(二重タイヤ構造)を設けて、パンク時にタイヤを支持する機構のタイヤ

(ii) パンク時にリムのフランジ面でタイヤを直接支持する構造のタイヤ

(iii) パンク時は、タイヤのサイドウォール部の剛性で荷重を支えるタイヤ

これらのRun-Flat Tyreは、各方面で精力的に研究開発が行なわれ、すでに技術的には実用域に入つているものもあるが、パンクしにくいタイヤに比べると普及は遅れている。

デュアルモード・バスにRun-Flat Tyreを使用した場合には、パンク発生を検知し、警告する装置が必要となろう。また、パンクに伴つて発生する次のような問題点を解決しておかなければならない。

(i) 誘導装置・集電器・ボディアース・アンテナなどの上下位置が変化するので、ガイドウェイ側との正常な位置関係が保てなくなる恐れがある。

(ii) タイヤの有効半径が減少するので車両の速度制御が狂う恐れがある。

(iii) 車両限界は、パンクも考慮して設定しなければならない。特に、ストップにおけるプラットホームと車体との際に注意しておく必要がある。

(3) パンクしないタイヤ

空気の入つていないタイヤ、あるいは細かい空気室に分離したタイヤで、パンクが起こり得ない。

種類としては次のようになる。

(i) ゴムなどの弾性のある充実体からなるソリッドタイヤ

(ii) タイヤ内部に空気の代わりをする物質を充填したタイヤ

(iii) 加圧ガスを封入した単位気泡をタイヤ内部に充填したタイヤ

これらのノーパンクタイヤは、安全性や稼働率の面からは理想的なタイヤと言える。しかし、現在までのところでは、ばね特性・発熱・重量などの面で問題を残しており、一般の自動車の走行条件には適合しがたい面があると考えられている。したがつて、実用化は遅れており、低速走行の産業車両や軍用車両の一部に用いられているにすぎない。

3) 安全タイヤの設計

(1) 方式の選択

安全タイヤの種類には、前節で述べたように3種類あるが、デュアルモード・バス車両のタイヤとしてそのうちのどれを選択し、開発してゆくかをまず決めなければならない。

この問題については、次のように考えて方針を決めた。

i) パンクしにくいタイヤについて

このタイプのタイヤは、すでに実用化されており、それ自身の技術的問題点はない。すなわち、現時点での実用性も高いと言えよう。しかし、このタイプは、確実にパンクを防止できるという保証がなく、パンクした場合には、従来の普通の空気入りタイヤと全く同じように危険である。

それゆえ、高い安全性・信頼性を要求されるデュアルモード・バスでは採用できないと考える。

ii) パンクしても走れるタイヤについて

このタイプのタイヤは、パンクしにくいタイヤに比べるとパンク時の安全性が向上している。したがつて、パンク発生の検知・警告装置（各所で研究開発がすすめられている）が備わり、かつパンク時のタイヤ半径減少に伴つて発生する問題点が解決できれば、採用できる可能性はある。

デュアルモード・バスでは、側壁誘導方式、側方集電方式であるため、パンク時のタイヤ半径減少量の許容限が小さい。なぜなら誘導装置や集電器は、タイヤよりも外側に張り出した位置にあるため、片輪だけのパンクの場合には、タイヤ半径減少量よりも大きな上下方向の移動量が生じてしまうためである。

Run-Flat Tyreで、パンク時の半径減少量を小さく押えようとすると次のような問題が発生してくる。

① パンク時に、サポータやリムフランジ面で荷重を支える方式の場合には、パンクしていない時でも、これらが路面に接触するチャンスが増え、乗心地が悪化する恐れがある。

② パンク時、タイヤのサイドウォール部の剛性で荷重を支える方式の場合には、その剛性を高くしなければならないので、タイヤのバネ定数が大きくなり、乗心地が悪化する恐れがある。

つまり、「空気で荷重を支える」ということから得ている空気入りタイヤの特長が殺されてしまう恐れがある。

以上のような諸点を考慮し、デュアルモード・バス用のタイヤとしては、ノーパンクタイヤであることが理想的であると考え、これの開発にとり組むこととした。

(2) ノーパンクタイヤの設計

設計にあたつて、特に留意しなければならない点について述べる。

i) 重　量

タイヤ重量が大きいと、車両の動力性能（特に加速性能）、乗心地とも悪くなる。内部充填式のノーパンクタイヤでは、充填物の容積が大きいので、空気入りタイヤに比べて重量面で不利であるが、極力重量増加を押え

650

るように注意すべきである。

ii）操縦性能

デュアルモード・バス・システムが、他の新交通システムと最も大きく異なつている点は、一般道路とガイドウェイの両方を走行するという点にあるが、このため、タイヤも両方のモードに適合するものでなければならない。

一般道路においては、他の一般の自動車と同様に人間が運転するものであるから、従来の自動車と同等の操縦性を有していなければならない。

したがつて、タイヤとしての操縦性能（コーナリングパワ、セルフアライニングトルクなど）も、従来の自動車用空気入りタイヤと同等のレベルが要求される。

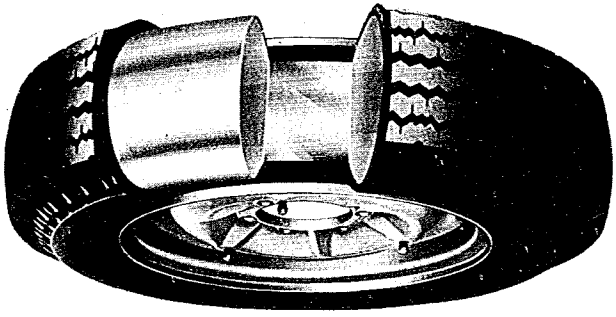
iii）耐 久 性

デュアルモード・バスでは、悪路走行、急加速・急減速・急旋回などのタイヤの摩耗寿命に対して不利な走行条件はあまり考える必要はない。

内部充填式ノーパンクタイヤで最も問題になるのは、発熱に対する耐久力である。荷重が大きいほど、速度が高いほど、タイヤのヒステリシスロスによつて内部に熱が蓄積され、温度が上昇する。内部充填材料やタイヤ材料の耐熱限界を越える温度になると、タイヤに故障が起こる。

したがつて、発熱が少く、耐熱限度の高い材料の開発が重要である。

図Ⅱ２・２－１は安全タイヤの一例を示す。



充填式 ノーパンクタイヤ

図Ⅱ ２・２－１ 安全タイヤの一例

651

2.2.2　誘導輪・分岐輪

1）機　能

誘導輪の機能は誘導壁に沿つて、なめらかに転動しながら車両の方向制御に必要な力を誘導装置に伝えることと、車両がスリップ等をしたときにガイドウェイの構造物と車体との衝突を防ぐことである。分岐輪の機能は分岐部において前記誘導輪と同じ働きをするものである。

2）構　造

誘導輪の構造は０２１号車と０２２号車と異なり０２１号車は誘導壁の不斉を誘導輪のたわみで吸収する構造となつており、０２２号車は別の弾性体を介して吸収する構造となつている。

分岐輪は０２１・０２２号車共ソリッドタイヤを採用している。次に、０２１・０２２号車の誘導輪と分岐輪の配置と実物の写真を示す。

2.2.3　集電装置

1）はじめに

電気車の集電装置の形式は給電方式と深い関係があるので、はじめに給電方式について説明する。給電方式には大別すると、架空電線方式、側方電線方式と地上電線方式とがあるが、現在、給電線として最も多く採用されているのは架空電線である（一般電車用）。デュアルモード・バスに架空電線を採用した場合、次のような問題が考えられる。

(1)　ゴムタイヤ使用の車両であるため、車輪アースができず、給電線が２本以上必要となり、特に分岐部での構造が複雑となる。

(2)　給電線および支柱がガイドウェイの美観上好ましくない。

(3)　集電装置をバネ上（屋根上）に取付けることになり、上下左右方向の変動量が大きく大型となる上、集電装置が車両１台当り２個以上必要となり、車両造形上も好ましくない。

これらの問題から、側方剛体電力線を採用した。これは保守や事故時に、人が歩く時やガイドウェイ出入口等の安全性の配慮が必要であるが、総合時にみて最適と考えられる。

2）要求仕様および選定理由

一般に電気車の集電装置には次のような特性が要求される。

(1)　十分な集電容量を有すること

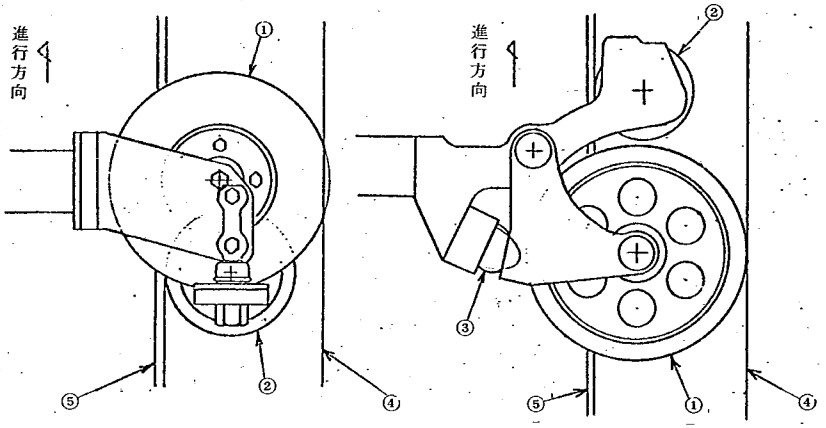
(2)　追従性が良好で離線の少ないこと

(3)　シューの耐摩耗性が良好であること

(4)　給電線を傷つけぬこと

(5)　雨天時にも十分な絶縁性を有すること

誘導輪・分岐輪の配置（車両右側平面図）



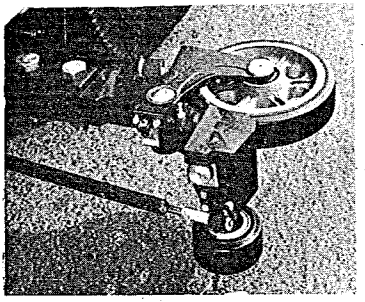
０２１号車　　０２２号車

記号の説明

① 誘導輪
② 分岐輪
③ 弾性体
④ 誘導壁
⑤ 分岐壁



０２１号車　前部誘導・分岐輪



０２２号車　前部誘導分岐輪

653

(6) 摺動音の作動音が小さいこと。デュアルモード・バスの場合、これらに加えてさらに次のような特性が要求される。

(7) 給電線は剛方剛体電力線であること。

(8) 一般道路では、集電装置は、車内に格納され、外から感電等の危険性がなく、耐振動性に秀れていること。

(9) ゴムタイヤ使用車であるため、上下方向、左右方向の変位を吸収できること。

(10) ガイドウェイ出入口および分岐部での電力線へのかけはずしが容易であること。

(11) 小型軽量であること。

また、デュアルモード・バスでは次のような緩和条件が付けられる。

(12) ガイドウェイ上では前進のみ可能であればよい。

現在、電気車に使用されている集電装置は表Ⅱ2.2－1に示すような種類がある。デュアルモード・バスの場合、上記12項目のうち、特に、(7)(11)および(12)の3項が重要である。

これらの理由から、デュアルモード・バスの集電装置は表Ⅱ2.2－1における7のリンク式独立型を採用した。

3) 集電装置の構造

図Ⅱ2.2－1にデュアルモード・バスに採用した集電装置の構造の一例を示す。ベースは誘導装置に十分な絶縁状態で取付けられている。ベースにピンジョイントされたアームの先端には回転可能なシューがあり、コイルスプリングによつてシューに押付力を与える構造とし、極力重量軽減を図つている。なおシューから入つた電力は、フレキシブルハーネスを経由して強電機器へ送られる。

(1) リンク

車両横変位に追従できるよう、十分なストロークをとり、伸び側、縮み側のストッパにはラバーを用いて衝撃を吸収した。またシューにはコイルスプリングにより押付力を与え、集電容量、シュー摩耗等に悪影響を与えないよう、ストロークに対して押付力の変化が少ないよう配電するとともに、スプリング取付長さを変えて押付力を可変とし、最適押付力に設定できるようにした。

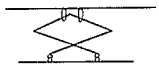
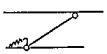
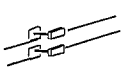
(2) シューおよびシュー取付部

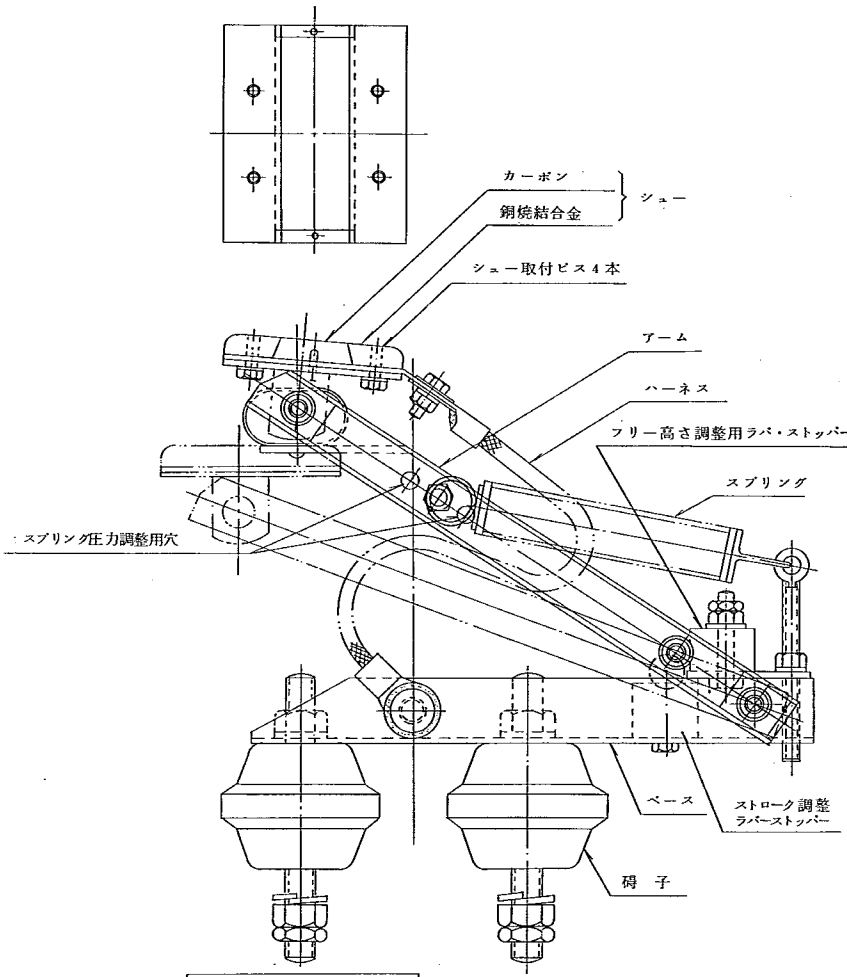
シューは集電性、耐摩耗性にすぐれる銅系焼結合金を使用した。取付はピス締めとし、摩耗時交換できるようにした。

シューは車両のヨー角変化に追従できるよう回転可能とし、またガイドウェイ進入時に、電力線となめらかに接触するよう迎え角をつけた。標準方向

654

集電装置の種類
表II 2.2-1

	名称	略図	長所	短所	使用例
1	パンダグラフ		高速性能良 両方向進行可能 高電圧向き	幅が大きい スペース大	電車 EXPOモノレール
2	地下鉄方式		構造簡単	スペース大 ストロークやや小	地下鉄 東京モノレール
3	リンク式 追随形 多相式		スペース小 地上側電力線スペース小	かけはずしに工夫を要す 両方向進行に工夫を要す	StaRR CAR KRT
4	リンク式 追随形 1相式		スペース小	かけはずし困難	WABCO
5	ポール		電力線との摺動なし	高速には不可 電流容量小	トロリーバス
6	バランス形		高速特性良	かけはずし不可能	TACRV
7	リンク式 独立形		構造簡単 かけはずし容易	相間スペース大 シューの幅が大きい	CVS，TTC エクトラン，ニュートラン



集電装置の一例

図Ⅱ　２．２－１

656

は２枚のリーフスプリングによりフローティング位置決めをした。また、車両のロール角変化にも追従できるよう（配置がバネ下であるためロール角変化は小さい。）軸受部にガタを設け、上記スプリングにはガタおさえの機能をも持たせた。

(3) 絶　縁

集電装置は、十分な絶縁性を有する材料（碍子等）によつて車両に取付けた。

(4) 配　線

集電装置のベースとシューは導体接触しているが、リンクの回転部があり、グリース膜によつて接触抵抗があるので、シューとベース間をフレキシブルケーブルにより短絡した。ベース側は誘導装置に配線されたパワーケーブルの端子と共締めした。

2.2.4　バッテリ

1）概　要

デュアルモード・バス・システムは、従来の電気バスに比べると、その運行形態が異なつている。

従来の電気バスは、一回の充電でほぼ走れなくなるまで走行した後、再充電を行なうか、バッテリを交換する方式である。一方デュアルモード・バスは一般道路ではバッテリから放電しながら走行し、ガイドウエイ上では架線より集電した電気エネルギーでバッテリを充電しながら走行するフローティング方式である。

したがつて、デュアルモード・バスは総走行距離を長くすることができ、バッテリ重量も軽くすることができる。

これらの特徴を持つデュアルモード・バス用のバッテリには、従来の電気バスと同様にエネルギー密度・出力密度が優れ、経済性・安全性に富み、急充電・急放電に耐える長寿命なバッテリであることが要求される。

2）バッテリの設定

(1)　種類の設定

鉛バッテリの原理が発見されて約１２０年になる。この間、幾多の種類のバッテリが実用化目指して開発が試みられたにも拘わらず、現在実用化されているものは、アルカリ電池に属する数種類にすぎない。

現在直ちに使用できるものとなると、実績もあり価格も安い鉛バッテリを採用する。

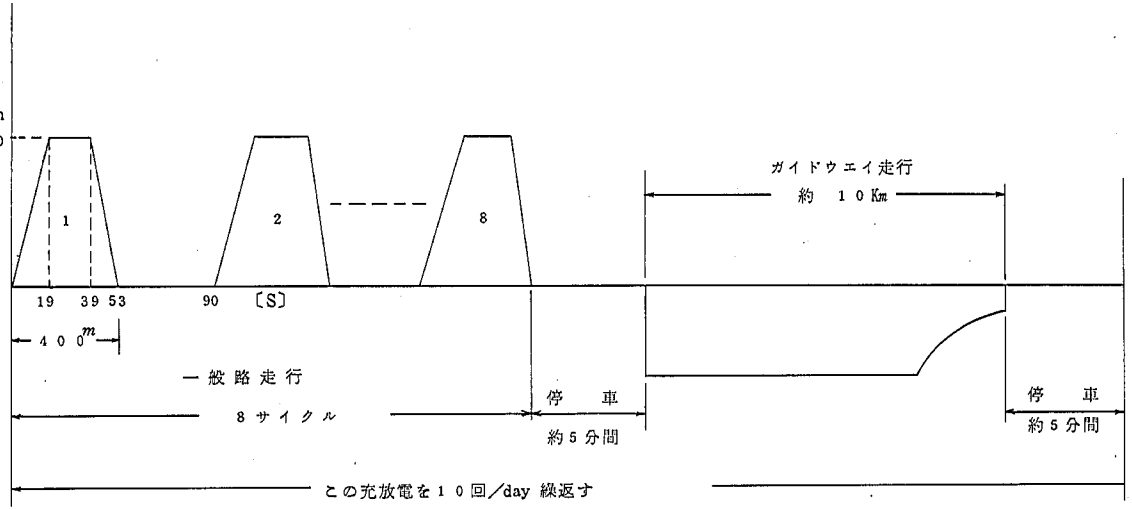
鉛バッテリには、ペースト式とクラッド式があり、一般にそのエネルギー密度と寿命性能は相反する要素であるが、経済性を含め総合的に検討した結果、寿命性能を改善したペースト式新型電気自動車用鉛バッテリを採用することに決定した。

(2)　容量の設定

一定の負荷に必要なバッテリの定格容量を設定する方法は、ＡＩＥＥ法、電気協同研究法、あるいは日本電池工業会のＳＢＡ法など種々あるが、今回は電気自動車総合調査報告書のDuty Cycle 計算法に準拠してバッテリ容量を設定した。

但し、デュアルモード・バスの場合、一般道路で浅い放電の走行をした後、ガイドウェイ上で走行中に充電する２モードパターンを繰りかえすため、Duty Cycle 計算法に充放電バランスという条件を加味する必要がある。

今回の検討では、一般道路とガイドウェイの走行距離比を約１：３とし、このパターンを繰返し走行するものとした。図Ⅱ２.２－２に今回の検討で設



充放電パターンの一例

図Ⅱ 2・2－1

859

定した充放電パターン例を示す。

一般に、電気自動車用バッテリの加速度にみられる最大放電々流は３Ｃとされているので、３Ｃ放電が最大モータ電流より大きくなるバッテリ容量を検討した結果、一例として１３５ＡＨ／５ＨＲ（Ｅ１３５形バッテリ相当）を採用することに決定した。

ここでＣとは、バッテリの５時間率公称容量の数値を示す。

3）バッテリの仕様概要

走行性能、搭載性等を考慮して仕様を設定した。以下に一例を示す。

(1) 要　項

(i)	形　　式	Ｅ－１３５
(ii)	バッテリ総数	３２　個
(iii)	総　電　圧	３８４Ｖ
(iv)	性　　能　公称容量	１３５ＡＨ／（５ＨＲ）
	エネルギー密度	３８ＷＨ／Ｋｇ
	寿　　命	５００～
(v)	満充電時の電解液比重	1.280±0.01（at20℃）
(vi)	単電池外形寸法　総高	２５７㎜
	箱高	２２２㎜
	長さ	５０４.５㎜
	巾	１８２㎜
(vii)	単電池液入重量	約４１.５Ｋｇ
	液量	約１０ℓ

(2) 単電池構成主要部品

(i) 陽極板；ペースト式で鉛合金製の格子に作用物質を充填したもの。

(ii) 陰極板；ペースト式で陽極板に適応するもの。

(iii) 隔離板；微孔ゴム製で、適用規格ＪＩＳ　Ｃ　２３１３に適合するもの。

(iv) 電ソウ・フタ；耐酸性の材料を用いて堅牢に成形したもの。

(v) 電解液；適用規格ＪＩＳ　Ｋ　１３０５による精製希硫酸とする。

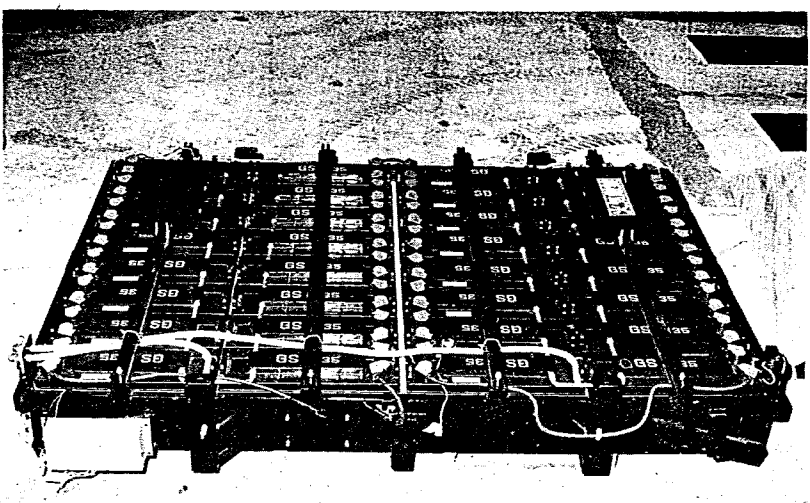
(3) 組合せ外形図；図Ⅱ 2.2－3参照

4）付属装置

(1) 安全性の向上

デュアルモード・バスはガイドウェイ上を無人走行するため、安全性に関しては特に留意した。

つまり、バッテリに対する保護として、例えば液面警報装置・温度センサを設置し、乗客に対する安全装置として、例えば漏電警報装置・誘爆防止



バッテリの一例
図Ⅱ　2・2－3

661

機構を設置した。

(i) 液面警報装置

充電による電解液の電気分解や自然蒸発による水分の減少などにより、電解液が規定面以下になるとバッテリの性能低下と寿命短縮につながる。したがつて液面を常時監視して、規定面以下になると警報を発する装置を設置する。

(ii) 温度センサ

過充電・過放電が続き、バッテリの温度が異常に上昇すると、電池の変形等が発生し寿命が短縮されるため、温度センサを設置し、規定値以上に温度が上昇すると地上コンピュータに報告し適正な処置をする。

(iii) 漏電警報装置

車体とバッテリ間でリークが発生し、リーク電流が設定値以上になると、警報を発する漏電警報装置を設置した。

なお、リーク検知電流は、人体の耐えうる限度として労働安全衛生規則に採用されている漏電遮断器の動作電流値である３０mAを上限として設置した。

(iv) 誘爆防止機構

誘爆防止効果の実績があるセラミック粉末を焼結した多孔性フイルタのついた排気栓を設置して、各セルから出るガスを処理し、火点が近づいてもバッテリは誘爆しない機構とした。

(2) 保守の簡易化

デュアルモード・バスの特徴の１つに、人件費の低減がある。ガイドウエイ上を無人走行するために、運転手の人件費が低減されることは、もちろんであるが、メンテナンス性の向上はサービスマンの人件費を低減させる為の必須条件となる。

バッテリに関しては、一括補水装置をはじめ、一括脱着装置を設置した。

(i) 一括補水装置

一般に、電気バス用バッテリは、モータ特性などの関係から高い電圧が要求され、セル数が多くなる。したがつて多数セルへの補水作業の簡略化・自動化は必須条件となる。デュアルモード・バスでも、１９２個のセル数があるため、一括補水装置を設置する。

(ii) 一括脱着装置

定期点検時など、バッテリを脱着する場合に、３２個のバッテリを一括で脱着し、メンテナンス性の向上を図る。

2.3 通信保安系

2.3.1 通信保安系の信頼性

1) 目 的

建設省土木研究所交通安全研究室から出されたレポート「デュアルモード・バス・システムの安全性に関する調査（その１）」S51.3によると、新交通システムの安全性について次のような判断の目安が与えられている。

「無人運転の安全性を乗務員や駅務員の業務の代替えとしてみる立場には前提として、現在の鉄道は安全であるものと考えがある。したがつて、このレベルに達すれば、新交通システムは安全であるとすることもできる。機器の信頼性についての定量的な基準の１つがここから導かれると考えられる。」

したがつて、ここでは、現在の鉄道の信頼性、安全性の実績に基いて、筑波の実験システムから、実用化時のシステム規模を想定し、主として通信保安系の信頼度および安全度に関して、その値を割り出し、定性的解析を試みる。

2) 実用化規模の信頼度

日本統計年鑑（１９７６）によれば、年間運行距離に対する事故率は、国鉄、民鉄、バスの順で増加している。ここでは、１９７３年の国鉄の数値を用いる。

上記年鑑および交通年鑑（１９７６）から、国鉄の事故に関する統計は

- 年間運行距離　　；約７億Km
- 運転阻害（１０分以上の遅延）
  ；１３,２００件
- １００万Km当りの運転阻害件数
  ；１９件
- 部内原因による運転阻害件数
  （１００万Km当り）；4.84件

である。

一方、デュアルモード・バス・システムの実システムモデルとして

- 全車両台数　　；１２０台
- 平均走行台数　　；　６０台（内２０台は回送車）
- 地上システムの規模；筑波の４０倍
- システム稼動時間　；１７時間（６：００～２３：００）
- 平均走行距離　　；１８Km／h

を考えれば、１年間の総走行距離は６７０万Kmとなる。運転阻害の率を国鉄の部内原因によるそれと同等にするには、上記モデルの年間運転阻害件数は、32.4件となる。デュアルモード・バス・システムにおいても、システム稼動時間は、ダウン時間に比して十分大きいと考えてよいので、本システムの平均故障時間

間隔（ＭＴＢＦ）Tm は、

$$Tm = \frac{17 \times 365}{32.4} = 191 \text{（時間）}$$

$$\lambda = \frac{1}{Tm} = 5.22 \times 10^{-3} \text{（１／時間）}$$

ここで、λ：システムの故障率デュアルモード・バス・システムを、中央制御装置、通信保安装置（車載通信装置を含む）、車両（車載通信装置を除く）の三つに大別し、それぞれが、同確率でシステムダウンを引き起すと仮定すれば、それぞれの故障率 λ_e 、平均故障時間間隔 T_e は

$$\lambda_e = 1.74 \times 10^{-3} \text{（１／時間）}$$

$$T_e = 575 \text{（時間）}$$

となる。通信保安装置を地上装置と車載装置に分割すれば、それぞれの部品点数、冗長設計により、上記信頼度を満たすためには、以下の値を満たさねばならない。

・地上通信保安系（中央通信装置＋路側制御装置）

平均故障時間間隔；１７７０（時間）

故　障　率；0.566×10^{-3}（１／時間）

・車載通信装置（１車両当り）

平均故障時間間隔；５１８００（時間）

故　障　率；0.193×10^{-4}（１／時間）

3）実用化規模の安全度

デュアルモード・バス・システムが安全に運行されるためには、前項で述べたシステムダウン中に含まれる致命故障を抽出し、分析する必要がある。

本システムの致命故障すなわち“人命に影響を及ぼす故障”についてその事故態様を抽出すると、

(1) 車両と車両以外のものとの衝突

・誘導壁衝突

・横　転

・人との衝突（保守員等）

(2) 車両と車両の衝突

(3) 感　電

(4) 火　災

・車両火災

・駅舎火災

・コントロール室火災

・ガイドウエイ火災

等が考えられる。

これらの事故態様のなかで、特に通信保安装置に関連を持つと思われるものは、(1)および(2)である。これらの致命故障に着目して、トップダウン的に因果関係を追求できる手法として、ＦＴＡ(Fault Tree Analysis)の手法がある。この手法は定性的な信頼性評価が可能となり、システムの外的条件や人間的な要素をも加味した評価となる特徴がある。

(1) 車両と車両以外のものとの衝突

(2) 車両と車両の衝突に関してＦＴＡ解析の因果関連図をそれぞれ、図Ⅱ2.3－1、図Ⅱ2.3－2(a)、(b)に示す。

図中の記号は、



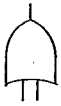
事象：条件、故障、結果など基本事象の組合せにより起る事象



基本事象：発生確率が単独に得られる最小レベルの基本的な事象



ＡＮＤゲート：すべての入力事象が共存するときのみ出力事象が現われる。論理積



ＯＲゲート：入力事象のうち、いずれか一つが存在するとき出力事象が現われる。論理和



INHIBIT ゲート：条件つき確率を表わす



連結記号：関連の他の図との連結を表わす



不完全事象：さらに展開されるべき事象

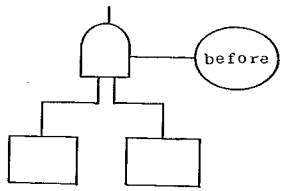


トリガ事象：通常存在すると考えられる事象



Logic Modifier ：標準ゲートでないロジックを表示するのに用いる。

（例）



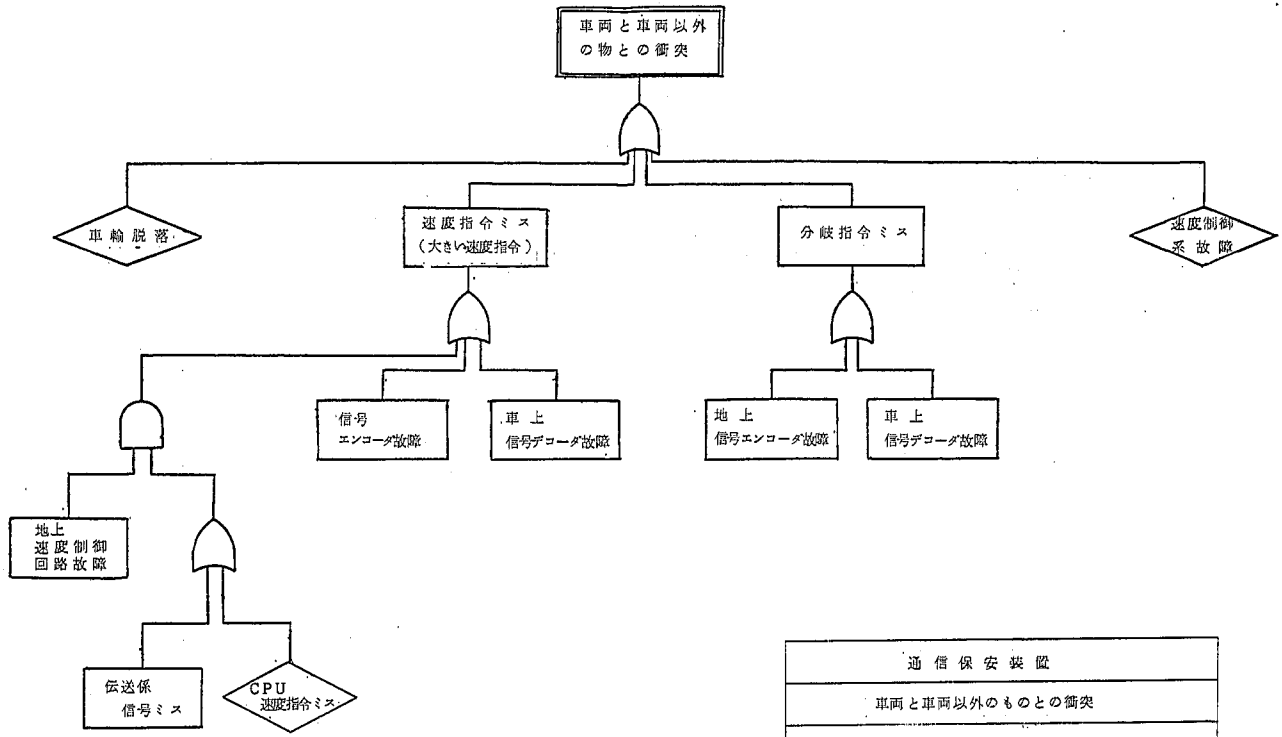
：ＡとＢが同時に起り、かつＡがＢより前に起れば、上位の事象が発生する。

国鉄の重大事故（衝突、脱線）発生頻度は、１９７３年において、運行距離１００万Km当り0.１１件である。本モデルシステムにおいても同等の安全度を得るためには、年間0.７１件以下にする必要がある。ＦＴＡでは、重大事故の発生可能性を分析するものであるから、図Ⅱ2.3－1、2(a)、(b)の経過で必ず重大事故が起こるわけではなく、起こる可能性を含んでいるものを論理的に示している。本システム中央制御装置の最終保安は通信保安装置にゆだねられているので重大事故の発生確率が通信保安装置と車両（車載通信装置を除く）で等しいものとすると、通信保安装置が起因する重大事故は約３年に１度以下にする必要がある。

4）まとめ

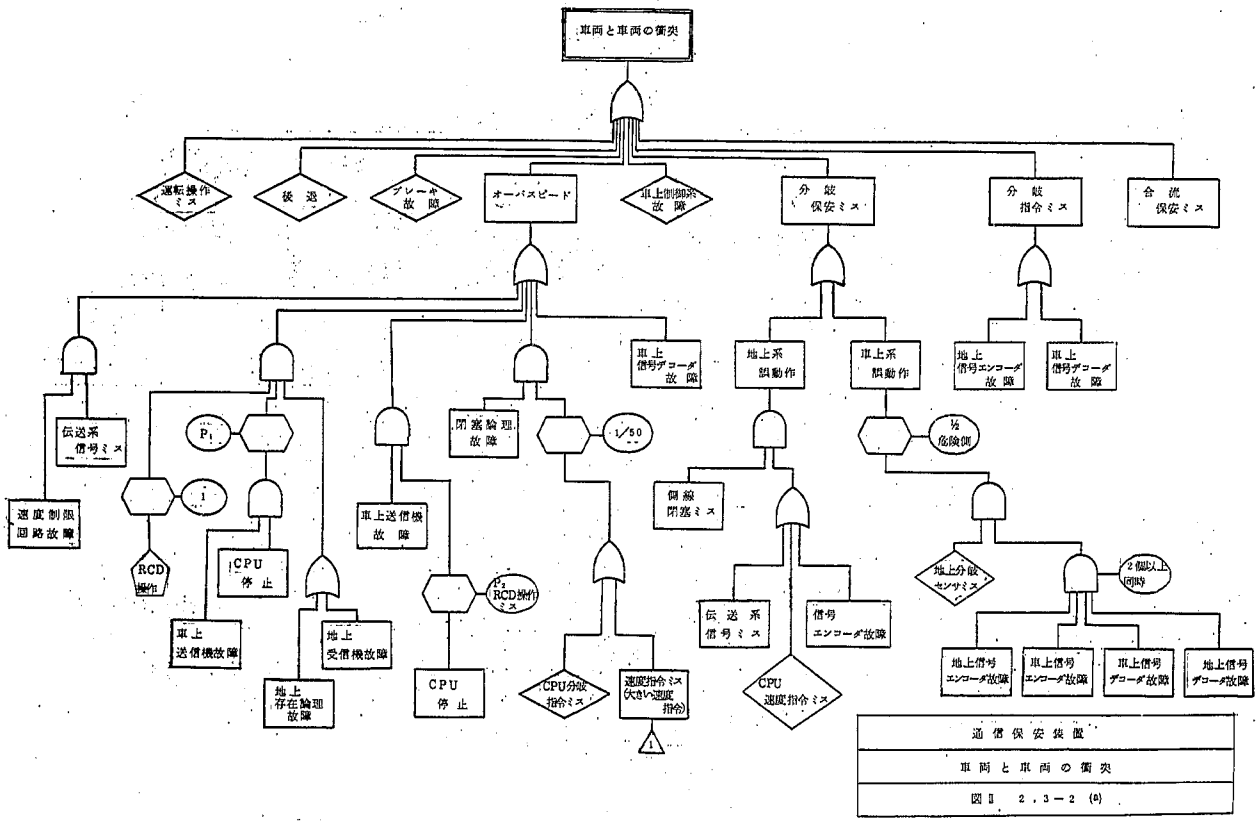
デュアルモード・バス・システムの実用化モデルを想定して、その信頼度および安全度を現在の国鉄並にするための基礎的数値を導いた。実システムにおいては、これらの値を十分満たすような設計（部品選択・冗長設計、部品点数の減小等回路・方式の単純化）を行えば、部品の信頼性の向上等により、実際の運行時には、設計時より数倍信頼度や安全度の高いシステムが得られるだろう。また、安全度と、機器構成において相反する性質を持つ稼動率を高くするためにも、冗長設計を活用し、信頼度を増して、ダウン回復を早くして、システムダウン時間を短くすることを考慮する必要がある。

さらに、致命故障態様のうち、ＦＴＡを行わなかつた態様に関しては、障害物検知器をはじめとして、各種センサの開発も進める必要があろう。



通信保安装置
車両と車両以外のものとの衝突
図Ⅱ　2．3－1

669



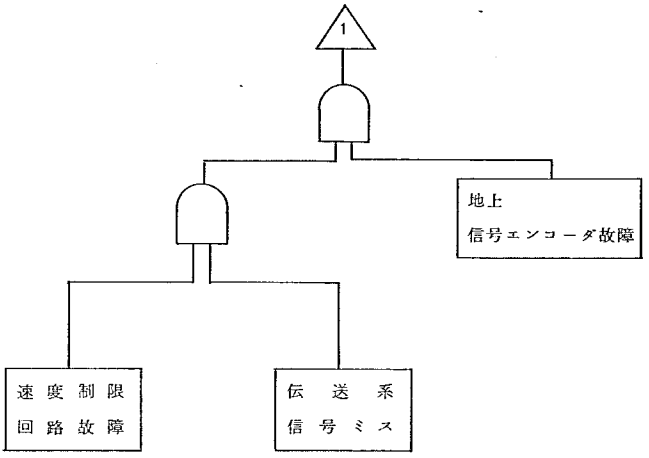
通信保安装置

車両と車両の衝突

図Ⅱ　2．3－2 (a)

P_1、P_2：危険状態を作り出すようなオペレーションミスの確率

899



通信保安装置
車両と車両の衝突
図Ⅱ　2・3－2（b）

669

2.4 制 御 系

デュアルモード・バス・システムの第2次実用化実験システムに対して，将来このシステムをさらに発展させて考えた場合，車両制御関係では，さらにどのような実験をしておかなくてはならないか，ということについて検討をしてみた。

(i) 輸送能力を増加させたいということに対しては，車両を大型にして乗車定員をふやすか，車両の連結運転を考えるかという方向へヘッドウェイを短縮してガイドウェイの車線容量をふやす方向とが考えられる，がいずれの方向で考えてもヘッドウェイが共通している。

従って，制御関係としては，もっとヘッドウェイ短縮のための制御方式等について検討をし，これらの実験を出来るだけやっておく必要があろう。

(ii) ヘッドウェイが小さくなればそれだけターゲットの数がふえるが，ターゲットをうまく各車両に割り当てて無駄のないように使わないと，ターゲットをふやしただけの輸送能力向上にはならない。

デュアルモード・バス・システムのサービスエリアが拡大しガイドウェイがネットワークになってくると，総合的なターゲットの管理が必要となってくる。ここで考えられるものの1つとして，ターゲット乗換がある。実験システムでは，このターゲット乗換機能はない。

ターゲットを管理する方式としては，ターゲット乗換をさせない方式とさせる方式，および，両者の中間方式の3方式が考えられる。

それぞれの方式についての説明は省略するが，デュアルモード・バス・システムとしては将来どの方式でも対応出来るようにしておく必要があろう。

従って，制御関係としては，ターゲット乗換制御方式についての基本的な実験を出来るだけやっておかなければならない。

(iii) システムを構成する装置や機器類はなるべく少なくし，それでいて充分な機能が発揮出来ればよい。

6701

こういう見方で現在のデュアルモード・バス・システムをみなおすと，車両制御関係では，定位置停止制御用としてバースに設置されている通過検知器が考えられる。

これはブレーキ指令タイミングの計算に必要となる実車速度を検知するもので，バース1およびバース2にそれぞれ2組設置されている。

両方とも停止させるパターンは同じであり，バース間の距離も短かい。

従ってバース2用の検知器でバース1用に共用出来れば1組の検知器が省略出来るわけである。ここで性能的に問題なのは，検知器を共用しても，定位置停止の精度が±50cm以内であることが実験で確認されればよいわけである。

以上の3件だけを実験可能という見方にしぼって以下のような実験項目を計画した。

① ターゲット追従性向上実験

② ターゲット乗換実験

③ 定位置停止実験

④ デモ走行パターン

他し④のデモ走行パターンについては別件である。

これは公開実験用の試乗パターンおよび走行制御のデモンストレーションの内容をどのような考え方でまとめたかを述べたものである。

2.4.1 ターゲット追従性向上

昭和50年度のターゲット追従実験の概要は，

ヘッドウェイ15秒の条件下において，ターゲット追従誤差の許容量は±2.0秒以内であればよいという前提であった。

実験をした結果，加減速制御では1.07～0.06秒，定常走行制御では－1.94～＋1.92秒であり，いずれも±2.0秒以内であった。

前述したようにこの実験はヘッドウェイを短縮する目的で行うものである。

ここでもう一度ヘッドウェイ15秒の内訳を考えてみると

- 閉塞関係 ； $2.5^{s} \times 4 = 10$秒
- 制御関係 ； 5秒

671

となり制御関係が全体に占る割合は１／３である。

従って制御関係でヘッドウェイ短縮に寄与出来る量は1～2秒 程度であろう。

参考として，閉塞関係の内訳は次のようになる。

$$T_H = \left(\frac{V_M^2}{2\beta} + \frac{\beta V_M}{2j} + \frac{\beta^3}{24j^2} + L\right) / Vr + Tr + Td + C\ (s)$$

但し，V_M ； 実車速度

通常最高速度（４５Km／h）

V_T ； ターゲット速度

β ； 非常ブレーキ減速度

通常保証可能な最小値

j ； 非常ブレーキ減速度ジャーク

通常保証可能な最小値

Tr ； 通信系遅れ時間及び異常検知遅れ時間

通常保証可能な最大値

C ； 2.5秒＋α（余裕）

昨年の実験結果から加減速制御の追従誤差±1.0秒に対して，定常走行制御（ターゲット速度が一定である区間の制御）の±2.0秒を±1.0秒までに向上させられるなら，ヘッドウェイは2秒短縮することが可能となる。

従って，先ず定常走行制御の制御精度の向上に目標をおいた。加減速制御精度の向上に関してはターゲット乗換制御の過程で必然的に実験課題となる。

従って，ターゲット乗換実験のなかで合わせて検討することにした。

定常走行制御のターゲット追従性向上を検討するための前提条件として，

(i) 乗心地の良し悪しを考えないで行う。

(ii) 制御装置の動作頻度の問題もとりあえず考えない。

ということを設定し，ターゲット追従性向上の目的だけに問題をしぼった。

制御の内容を地上側と車上側にわけてみた場合，車上側でとりあえず，すぐやれることは，比例制御ゲインを上げて，各車両のオフセット量のバラツキを少なくさせることぐらいである。

地上側では，二値制御（速度指令の制御段数を2段で行うこと）のヒステリシス幅を小さくするだけでなく，予測制御機能を附加させてみることが先ず考えられる。車上側のゲインを上げてみるという実験は，実験車両が2台ということと，確認する程の不確定要素は存在しないということから，これはやらないことにした。

従って，今回は地上側制御に焦点をしぼった実験をすることにした。地上制御に予測制御を附加させることは，制御に連続性をもたせることになり，この効果はすでに加速制御実験のなかで確認されている。

次に制御精度の目標設定を検討した。

(i) 第1段階　；　±1.0秒の追従誤差を目標とする。

(ii) 第2段階　；　±0.5秒の追従誤差を目標とする。

(iii) 第3段階　；　±0.3秒の追従誤差を目標とする。

第1段階は現状の方式でヒステリシス幅を小さくすることだけで達成可能とみられる。

第2段階はヒステリシス幅を±0にしてみてもギリギリである。机上計算によれば±0.47秒である。

第3段階は完全に予測制御方式にしないと達成出来ない。

以上が各目標値に対する検討結果である。

予測制御の方式は，過去1回の追従誤差のデータと今回（現在）の追従誤差の変化から，目標とするターゲットに一致するタイミングを計算し，そのタイミングで速度指令をかえてゆくやり方である。

2.4.2　ターゲット乗換

ターゲット乗換制御方式を分けると，車上制御方式，地上制御方式とが考えられる。

現在のデュアルモード・バス・システムを基本にどちらの方式がよいかという比較検討を行ったが，車上方式にすると，地上と車上の情報が不足しているので実験を前提とした場合，現実的ではない，ということから地上制御方式によるものを検討した。

ターゲット乗換制御を機能的に分けると，

(i) ターゲット乗換のタイミングをとる制御

(ii) 減速制御

(iii) 加速制御

(iv) ターゲット乗換完了手続き制御

となる。

制御としては，(ii)と(iii)の加減速制御の追従精度が重要である。(i)も(iv)も定常走行制御とのインタフェイスで矛盾がないように設計しなければならない点で重要である。

ターゲット乗換制御の方式説明を図Ⅱ 2.4－1に示す。

図に従って制御のプロセスを説明すると，

$V_1 - \beta - V_2 - V_2 - \alpha - V_1$ はターゲット乗換用のターゲット速度パターンである。このパターンを先ずターゲット乗換が発生させこのパターンにそった車速制御を行う。

t_0 と t_1 の 時間間隔は制御代であり，t_0 の時点における車両の進み誤差を修正する。

遅れの場合は t_1 をこえた時点まで減速指令を遅らせることにより車両の遅れ誤差を修正することが出来る。

車両の速度と誤差の関係から，t_0 から t 秒後に V_2 の減速指令を出すことが

この制御のポイントとなる。また，加速部の t_3 と t_4 の関係も同様な考えにもとづくものである。

V_2 の設定については，$0 \leqq V_2 < V_1$ の範囲で，乗換完了までの時間と制御性の面から次の3つを選んで検討しみた。

但し，V_1 ＝３６．５Km／hにおいてヘッドウェイト１５秒のターゲット１個乗換えの条件である。

V_2 ＝０Km／h ……不　能

＝４．３Km／h……３７秒，２２３m

＝１４．３Km／h……４０秒，２５５m

表Ⅱ２．４－１に乗換中の所要時間及び所要距離の内訳が示してある。

４．３Km／hと１４．３Km／hを比較した場合，所要時間的にはどちらでもよい。制御性の面では，１４．３Km／hの方がよい。

４．３Km／hでは，加速時の制御余裕がないことと，減速制御のため車上側制御プログラムを変更しなくてはならない点が発生し，好ましくないからである。

次に制御精度について検討した。昨年の実験結果によれば加減速制御で±１．０秒を達成しているので±０．５秒と±０．３秒の目標を設定した。

±０．３秒の目標設定は，定常走行制御と同じであり，±０．５秒の制御精度を確保するためには車両間の特性バラツキを考慮すると±０．３秒まで実験で確認しておく必要があるからである。

２．４．３　定位置停止

定位置停止制御の方式についてはすでに報告されているので省略する。

この実験の目的は前述した通りであるが，これを以下のようにいい換えることが出来る。

定位置停止の目標地点をどれ位まで延長出来るか。但し，停止精度は±５０cm以内である。

表Ⅱ　2.4－1　　ターゲット乗換パタン内訳表

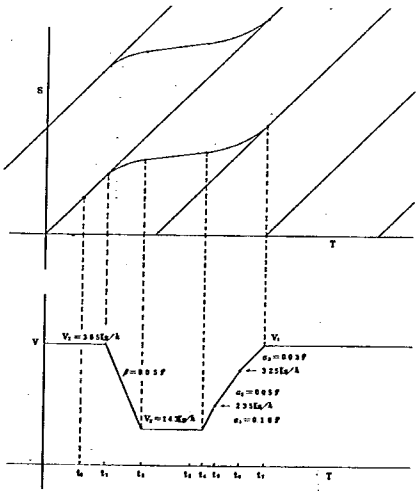
	V_2 ＝14.3Km／h		V_2 ＝4.3Km／h	
	時　間	距　離	時　間	距　離
t_0 － t_1	2.00 S	20.28 m	2.00 S	20.28 m
t_1 － t_2	12.59	88.83	18.25	103.42
t_2 － t_3	12.13	48.17	0.47	0.56
t_3 － t_4	2.00	7.94	2.00	2.39
t_4 － t_5	2.61	13.70	5.44	21.00
t_5 － t_6	5.10	39.67	5.10	39.67
t_6 － t_7	3.78	36.22	3.78	36.22
t_0 － t_7	40.21	254.8	37.04	223.5

注）　ⅰ）　V_1 ＝36.5Km／h

ⅱ）　実験用としてはV_2 ＝14.3Km／hを採用した。

ⅲ）　上記算出の根拠はヘッドウェイ15秒でターゲット乗換個数が1個の場合である。

図Ⅱ2.4－1を参照のこと。



ターゲット乗換方式
説明図
図Ⅱ　2.4－1

676

ブレーキ停止指令を出すタイミングは次式であらわされる。

$$\bar{S}=\bar{v}\,t_x+\bar{v}\,t_c+\bar{v}\,t_d-\frac{\alpha}{2}\,t_d^{\,2}+\frac{(\bar{v}-\alpha t_d)^2}{2(\beta+\alpha)}$$

但し，$\bar{v}=\frac{\ell}{t_1}$　平均実車速度

$\bar{S}$ ； 通過検知器よりの定位置目標までの標準距離

ℓ ； 通過検知器間の距離

t_1 ； 〃 の通過時間

t_c ； 通信系むだ時間

t_d ； ブレーキ作動むだ時間

α ； 走行抵抗

β ； ブレーキ減速度

t_x ； ブレーキ指令タイミング時間

式から t_x を求めるように変形すればよい。

停止誤差に影響するパラメータは主として，α，β，t_d 等のバラツキもである。

ここでSと停止誤差の関係について検討してみると，それは次式で表わされる。

$$\triangle\ell=(\bar{v}_2-\bar{v}_1)\times\frac{\triangle S}{\bar{v}_2}$$

但し，$\triangle\ell$ ； 停止誤差増加分

$\triangle S$ ； 目標距離延長分

$\bar{v}_2$ ； 実際の平均実車速度

$\bar{v}_1$ ； 通過検知器により測定した平均実車速度

この式から平均実車速度の測定精度がよければ全く問題はないということがわかる。

実験としては，この点に関し，通過検知器の設置間隔を現在より更に長くしてみることが考えられる。

2.4.4 公開実験走行パターン

デュアルモード・バス・システムの実験システムを一つの完成したシステムとして公開するため，デモンストレーション・プログラムをつくった。

このプログラムをつくるにあたり，次のような設計方針を設定した。

(i) 今までの実験成果を集大成した内容のトータルシステムであること。

(ii) 安全管理，見学者の誘導に関係する人員以外のシステムオペレータは各車両1名，センタ1～2名程度の小人数であること。

(iii) 試乗出来ること。

(iv) 技術的な実験成果がわかりやすい形で表現出来ること。

(v) デモンストレーション・プログラムの効果をさらにあげるための演出を考える。

以上の設計方針に対して次のようなプログラムの内容を検討した。

(a) プログラムは試乗用デモンストレーション・プログラムと(iv)に該当する走行制御の実演用プログラムの二本立てとする。

(b) どちらのプログラムも2台の車両が走行出来ることが基本となり，1台でも可能とする。

(c) 試乗用のプログラムは，デュアルモード・バス・システムを利用する客側に立ったサービスをとり入れる。

イ 乗心地 ； 速度パターン

ロ ストップの待ち時間

ハ 車両ドア開閉タイミング

ニ 配 車

ホ デマンド

ヘ 周回数（試乗時間）

(d) 走行制御の実演プログラムは，車両の運行制御，走行制御の特にむづかしい

点を中心に，連続的に演出するようにし，場内放送や説明パンフレット等で制御の内容がわかるように補助する。

(e) 試乗用のプログラムに連動する車内放送装置をとり入れる。

(f) 試乗用のプログラムの切りかえは簡単にし，いつでもすぐに切りかえられる構成とする。

以上の内容を骨子とするプログラムを製作するに当り，電子計算機のプログラムの変更はもとより，ハードウェアの変更も発生した。ハードウェアの変更点は以下に示す。

イ 路側制御装置の区間速度制限値を以下のように変更する。

L202 ； 40Km／h → 35Km／h

L203 ； 30Km／h → 35Km／h

〃 〃 〃

L213 ； 30Km／h → 35Km／h

6％上り勾配手前の減速をやめ速度を平均的に上げて快適さを向上させるため。

ロ 車内放送装置を増設

ハ 同上用地点通過検知器用反射板の増設

電子計算機のプログラム変更の要点は以下の通りである。

(a) 試乗用プログラム変更の要点は以下の通りである。

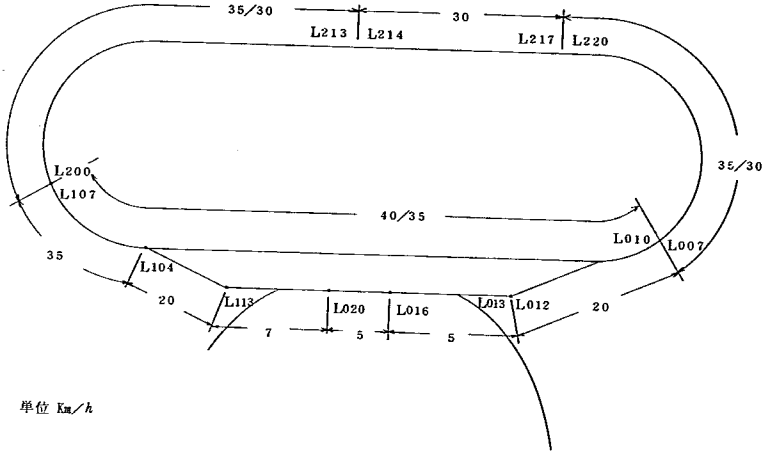
イ 速度パタン

図Ⅱ 2.4－2を参照

ロ デマンド運転とする。

ハ ガイドウェイを4周したら，デマンドがあってもなくてもストップに入れる。

ニ ガイドウェイの本線部を車両が2台走行するときは，車両間隔が15秒になるように，ストップ発進の制御をする。



単位 Km/h

試 乗 用 速 度 パ タ ー ン
図Ⅱ 2．4－2

680

ホ　ドアが閉じたら5秒以内に発進出来るようにターゲットを割当てる。

ヘ　側線閉塞でストップに入れない場合，従来はストップを通過し閉塞が解除するまで本線部を周回させていたが，これをやめ，本線部でブレーキ停止をして閉塞解除まで待機させる。

ト　車上側デマンドの受付け区間をイとへの条件に合わせるために移動する。

チ　運行モードを3つ設ける。

運行モード1

車両はガイドウェイ内だけ走行し，ガイドアウトしない。

運行モード2

2台の車両のうち1台を運行モード1で走らせ，他の1台はガイドウェイを4周したら定期的にガイドアウトさせる。

運行モード3

運行モード1，2のいずれかでガイドウェイを走行中の車両に対し，任意にガイドアウトさせる。

(b)　走行制御の実演プログラム

イ　今まで追従制御及び運行制御の実験で使用していたプログラムを組合せる。

ロ　車両の動きを図Ⅱ2.4－3に示すように連続的に変化させる。図Ⅱ2.4－3について以下に説明する。

①　スタート

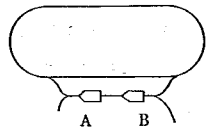
車両のスタート位置をバース1とバース2に固定している。

②　バースの移動

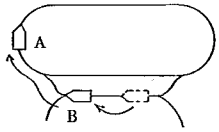
バース1と2を車両が占有している状態で，バース1が空いた場合，バース2に停車中の車両をバース1に移動させ，バース2を空ける。

バース2はストップのバッファーとして使用しているので，バース1が空けば即移動させる必要がある。

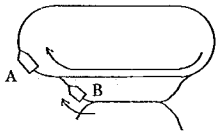
① スタート



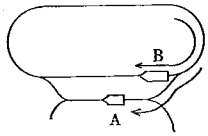
② バースの移動



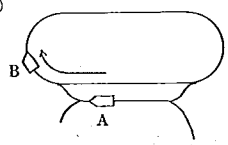
③ 15秒間隔のストップ発車



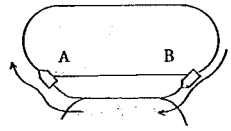
④ 15秒間隔のストップ進入



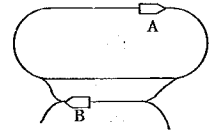
⑤



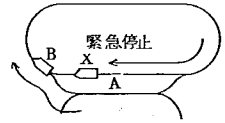
⑥ 同一ターゲット割当て（1）



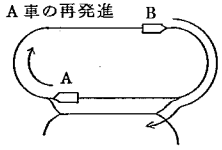
⑦ 同一ターゲット割当て（2）



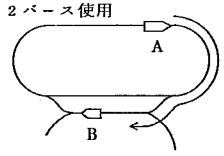
⑧ 同一ターゲット割当てによる緊急信号停止．B車はそのまま走行を続ける



⑨ A車の再発進



⑩ 2バース使用



走行制御の実演パタン
図Ⅱ　2．4－3

682

③　１５秒間隔のストップ発車

本線部を走行している車両の１５秒後のターゲットをストップに停車している車両に割り当て，１５秒間隔の運転を制御する。

ストップから発進した車両が本線部に合流するまで，本線部を走行する車両の速度閉塞に抵触しないように制御しなければならないところが制御のポイントである。

④　１５秒間隔のストップ進入

先頭車両がストップに進入するため２０Km／hの速度まで減速する。

その車両の１５秒後方には本線部を通過する車両が４０Km／hの速度で接近してくる。③と同様に前方車両の速度閉塞に後続車両が抵触しないように制御するところが制御のポイントである。

⑤　⑥の制御を行うため本線部を走行している車両をもう一周させる。

⑥　同一ターゲット割当て(1)

本線部を走行している車両がストップに入るとき，その車両に割当てられているターゲットは，割当て解除の状態となり，他の車両に自由に割当てることが出来る。

また，ストップに入ることがもっと前にわかれば，そのターゲットの使用を予約しておくことも出来る。

これをうまく利用することにより，ターゲットの使用効率をあげることが出来る。

⑤の状態で，図中のＢ車のターゲットはＡ車に予約される。⑥の状態でＢ車はストップ進入の体勢をとるのでターゲットはＢ車から解除される。Ｂ車のターゲットが解除されると，予約していたＡ車に再割当てられ，そのターゲットを目指してＡ車はストップから発進し，本線部でターゲットと合流する。

このような制御をすることにより，B車で使用していたターゲットは，あくことなく連続的にA車で使うことが出来る。

⑦ 同一ターゲット割当て(2)

これは⑧の状態を演出するための前段階の制御で，デュアルモード・バス・システムの通信保安装置の作動状態を実演してみせるために，作動する状況をこの段階で作る。

1つのターゲットに2台以上の車両を同時に割当てると，車両は同一ターゲットをめざすので衝突する。

但し⑥の場合はのぞく。

⑧ 通信保安装置は，たとえこのような状態になっても未然に衝突を防止することが出来る。

⑨ A車の再発進

⑧で非常停止した車両は，異常の原因がわかり，原因が除去された段階から，すみやかに自動運転に復帰させなくてはならない。

自動運転の復帰に人手を介入させるとその操作や手順に手間どり，間違うと全システムのダウンにもつながるおそれが潜在している。

ここでは，最小限の操作と確認だけで，本線上に停止している車両を短時間で自動運転に復帰させることをポイントにしている。

⑩ 2バース使用

ストップにはバースを2個所設置し，1個をバッファとして使用する。

バッファ用のバースは，通常空いていて，ストップに車両が2台入る状態になったら，後に入る車両をバッファ用のバースに待機させる。

バッファ用のバース用を使用する状態を①と⑩でみせる。この状態から連続して①に移すことが出来る。

以上①～⑩までを連続制御し，約15分で一通りの走行制御の実演がおわる。

III. 無人走行試験計画

1　試験の目的，範囲

1.1　試験目的

デュアルモード・バス・システムは当初より大きな開発要素を有するコンポーネントの採用はさけ，他の交通システムで用いられているレベルのものの組合せとしたので，試験の中心はシステムとしての安全性，信頼性の確認が主となる。勿論将来無人運転を前提としたシステムであるから確認もこの立場でなさなければならない。また保守性，経済性のチェックも必要である。すなわち，このシステムの実用化のためには，

- 誘導分岐機構の開発，確認
- 自動走行の安全性の確認
- 自動走行の信頼性の確認
- 完成車による乗心地，利用しやすさなどの確認
- 騒音，日照，美観などの対策
- ストップにおけるマン・マシンインターフェイスの確認
- 運行制御方式の確認
- システム全体としての信頼性，利用性の確認
- 非常時対策の確認

などについての確認が必要であるが，ここでは第一項から第三項までについての開発・確認を主体に本試験は行なわれる。

1.2　試験範囲

前述のごとく本試験は誘導分岐機構と自動運転の安全性，信頼性についての試験を中心に行なわれるが，次のような範囲を含んでいる。

- 乗心地試験

- 一般道路操安性試験
- 車内騒音試験
- 集電装置試験
- バッテリ充放電試験
- 誘導輪，分岐輪試験
- 通信品質試験
- 分岐輪検知器試験
- ターゲット追従性試験
- ターゲット乗換試験
- 定位置停止制御試験
- 連続走行試験

なお，来場者に対するアンケートの形で，

- 利用の利便性
- 乗心地

についての評価も含まれている。

2. 試験スケジュール

デュアルモード・バス・システムの開発スケジュールは大略次の通りである。

項目		48年度	49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
誘導試験	概略設計	→					
	試験車設計・製作		→				
	試験路建設		→				
	誘導試験			→			
無人走行試験	試験車設計・製作		→	→			
	試験路建設			→			
	通信・制御機器設計・製作・据付		→	→			
	無人走行試験			→	→		
個別技術開発	供試品設計・製作			→		- - -	- - - →
	個別技術開発試験			→		- - -	- - - →
確認試験先行	先行試作機器設計製作					- - -	- - - →
	先行着工線建設					- -	- - - →
	確認先行試験						- - →

3. 試験項目および方法

3.1 乗心地試験

デュアルモード・バスを一般道路上走行およびガイドウェイ走行において、一定レ

688

ベルの快適な乗心地を有していなければならない。

乗心地という概念は広汎であって，いろいろな内容を含んでおり，現状では統一された明確な定義はなく，場合に応じて適宜使いわけられている。例を示すと，広義の乗心地とは「騒音，採光，照明，色採，通風，換気，温度，湿度，すわり心地に関する総合的な快適さ」，狭義には「車両の走行中乗客が受ける慣性力，遠心力，重力ならびにこれらの変化に対する感覚に支配される乗客の快適さ」であるとしている。

自動車交通システムが未発達で道路が貧弱であった時代には。道路の凹凸に起因する振動が乗員の快適さを支配する主因であったため，一般に乗心地という言葉は今日でも振動に関係する乗員の快適さの意味で用いられることが多い。

本実験で行なうのは狭義の乗心地であり，以下の項目である。

- 誘導壁の施行精度，車速，走行路（直線，曲線）などを条件にして横向加速度の測定。
- 主輪の特性（空気入りタイヤ，安全タイヤ），ガイドウェイ内路面状況（アスファルト，コンクリート路面）などを条件として車両の上下振動の測定。
- 通常制動装置の諸パラメータを条件として加減速度の測定。

試験方法は，車両各部に加速度ピックアップを取付ける。また，感覚的な乗心地を把握するためにフィーリング試験を行なう。

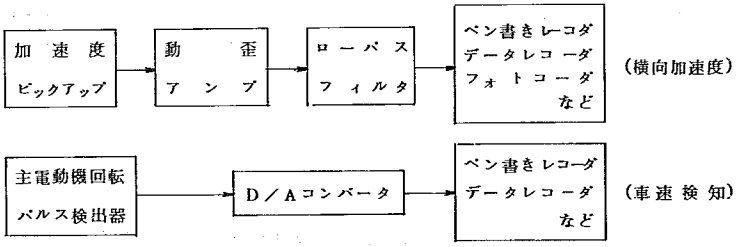


図 III　3.1－1　計測ブロック図 － 乗心地計測方法の一例

3.2 一般道路操安性試験

デュアルモード・バスは，一般道路での運行にも供されるので，通常のバスと同じ程度の操安性を有していなければならない。

一般的に，操安性の試験は，基礎諸元の測定に始まり，車両運動の測定，運転者の感覚との対応など，複雑多岐の項目に分れており，計測やデータ処理，解析にもかなり高度な内容が要求される。

本格的な操安性の試験には，大規模なテストコースや試験装置を必要とし，かつ，人体や車両に危険の及ぶ試験もある。またそのため，運転に熟練した試験員も必要である。

具体的な試験法としては，計器計測によるものと，フィーリングによるものとに分けられる。

計器計測では，車両にジャイロ，加速度ピックアップ，角度計などをとりつけて，いろいろな入力を与えた時の挙動を計測し，解析する。

一方，フィーリング試験の場合には，試験員がいろいろな線形や路面状況のテストコースを走行したり，走行中に横風などの外乱を受けた時の車両の挙動を，フィーリングで評価を行なう。

今回の実験では，テストコースの制約や実験上の安全性の見地から，実用性は十分か，安全性に問題はないかの2点について重点的に把握するための計測とフィーリング試験を行なう。

計器計測では，車線移行時の横向加速度を測定して，車両の挙動がスムーズであるかを調べる。

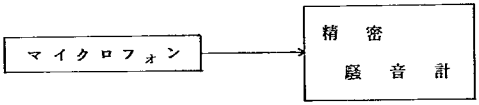
フィーリング試験では，車線移行及びいろいろな走行を行なった時のフィーリングが良好であるかを調べる。

3.3 車内騒音試験

デュアルモード・バス車両は，電動機駆動であり，車速も比較低速であるため，一般の自動車と比べて車外騒音の面ではあまり大きな問題はないものと思われる。

そこで，乗客の快適性を調べるため，車内騒音レベルの現状把握を行ない，もし問題があればその周波数分析により，何が原因しているかを調べ，対策方法を検討することにとどめる。

騒音レベルの測定は，乗客の耳の位置にて行なう。測定条件としては定常走行状態にて行なう。



図Ⅲ 3.3.－1　　計測ブロック図　　騒音計測方法の一例

3.4　集電装置試験

デュアルモード・バスはガイドウェイ内では電力線より受電して主電動機へ電力を供給している。このため自動運転時の乗心地，安全性を考慮した運行を行うためには，充分な集電容量を有していなくてはならないことは勿論，追従性が良好で離線の少ないことが必要である。合せてシューの耐摩耗性が良好である必要がある。また，これらの特性以外に摺動音等の作動音が小さいことが要求される。このため以下の項目について試験を行う。

- 集電性能の把握
- シューの耐摩耗特性の把握
- 騒音特性の把握

試験方法は

1）集電性能

691

集電シューの張出量や押付力を変化させて，シューのプラス端子とマイナス端子の電圧を測定する。

2) シューの耐摩耗特性

摩耗量を測定する。

3) 騒音特性

走行中の集電装置付近の騒音を測定する。

3.5 主バッテリ充放電試験

一般にバッテリの試験では，充放電特性，容量特性，寿命特性，効率等を試験し，バッテリの特性把握を行なう。

デュアルモード・バスでは，一般道路をバッテリから放電しながら走行し，ガイドウェイに進入した後は主バッテリをフロート充電しながら走行する。

したがって，デュアルモード・バスはその走行距離を延長することができるが，一般道路での放電量とガイドウェイでの充電量をうまくバランスさせれば，さらに総走行距離を延長することができる。

今回の試験ではこの点に注目して，主バッテリの充放電バランス特性に的を絞り充放電々気量を測定する。あわせて主バッテリの状態を把握するために，主バッテリ温度，ピーク充放電々流，電解液比重を測定する。

バッテリの充放電々気量を測定する方法には

(1) 電量計で充放電々気量を測定する方法

(2) 充放電々気量を測定し，積分計算で充放電々気量を算出する方法

(3) 満充電状態より放電を開始し，一定期間充放電を行なったのち，試験前後の電解液比重により充放電々気量を推定する方法

などがあるが，今回の試験では，(2)の方法により行なう。

また，主バッテリ温度はパイロットセルを数カ所設定して電解液中にサーミスタを挿入して測定し，電解液比重の測定は比重計により一般道路走行及びガイドウェイ走行の前後にそれぞれ測定する。

3.6　誘導輪・分岐輪試験

誘導輪・分岐輪は次のような性能が要求される。

(1)　耐久性があり，安全である。

(2)　乗心地が良い。

(3)　騒音が少ない。

上記の3つの性能を誘導輪・分岐輪のみで満たすことは難かしく，先ず(1)の安全性への配慮に主眼を置くべきである。この場合主輪と同様にシステムの安全性，信頼性，稼動率，異常時の回復性の面などから安全タイヤであることが要求される。安全タイヤについては「安全タイヤ」の項で述べたように種々の方式があるが，本システムに適合していると考えられるのはソリッドタイヤと内部充填タイヤである。このため誘導輪は０２１号車には内部充填タイヤを装着し，０２２号車にはソリッドタイヤを装着した。また，分岐輪については両車両ともソリッドタイヤを装着して問題点の摘出を行うことにした。

今回の実験では以下の項目に重点を置いて実験する。

①　摩耗状況

②　タイヤ部の破損の有無

③　リム・ディスクの強度

④　軸受強度

⑤　騒　　音

⑥　発熱状況

実験方法は特に本実験を独立に行なうわけではなく，諸実験過程に於いて問題点の摘出を行なう。

3.7　通信品質試験

誘導通信による情報伝送の通信品質を決定する各要素について試験し，通信品質を定量的に把握し，誘導通信方式の設計仕様の妥当性を検討することを目的とする。

また，コード伝送試験を行ない現在のトーン方式による情報伝送との得失を検討する。この目的のために次の各項目について試験を行なう。

◎ 通信回線雑音レベル測定

地上受信 ・ 高周波帯域内雑音

地上受信 ・ 高周波雑音分布周波数特性

車上受信 ・ 高周波帯域内雑音

車上受信 ・ 高周波雑音分布周波数特性

地上受信 ・ 復調雑音

車上受信 ・ 復調雑音

◎ コード伝送試験

地 上 → 車上方向伝送誤り率

車 上 → 地上方向伝送誤り率

3.8 分岐輪検知器試験

分岐輪検知器は現在機械式（接触式）を用いているが，車両に対する影響，自体の耐久性の両面で問題を含んでいる。当所計画を進めて3年の間には各種のマイクロモジュール，デバイス等の技術の進歩もあり，他方式の実用性も高まってきたので，光学反射式について試験を行なうものである。光学反射式については，

- o 反射面とセンサの距離による感度の変化
- o 周囲の明るさの影響
- o 反射面の汚損による感度の変化
- o センサ表面の汚れによる感度の変化

などが問題となるので，これを試験項目とした。

3.9 ターゲット追従性試験

1）ターゲット速度パタンを3種類つくり，その各々について一通り走行データをとり，追従性のよいものを選ぶ。

(i) 26Km／h 一 定

(ii) 27 〃 〃

(iii) 28 〃 〃

2）上記(i)～(iii)のパタンを従来の制御方式で，ヒステリシス幅を±0.25秒にし，それぞれ追従データをとり，以後の実験にどのパタンをつかうか決定する。

3）ヒステリシス幅を±0.5秒，±0.25秒，±0.15秒，±0秒，の4通りを設定し，各々の追従データをとる。

4）予測制御機能を附加したプログラムの追従誤差が±0.5秒以内におさまるかどうか確認する。

5）予測制御の効果が出ないときは，再度検討し，予測制御の方式を改良する。

6）最終的には021号車，022号車についてそれぞれ空車，満車の状態における追従データをとる。

7）以上の実験はすべてガイドウェイ本線部で行い，追従データはガイドウェイ5周分以上の量をとる。

3.10 ターゲット乗換試験

1）ターゲット乗換制御用の基本速度パタンを確認する。

2）基本速度パタンの加減速制御の追従誤差を±0.5秒になるように調整する。

3）基本速度パタンを使い，ターゲット乗換制御プログラムを走らせる。

但しターゲット間隔は15秒でターゲット乗換個数は1個とする。

4）上記の実験は，021号車と022号車について，それぞれ単独に行う。

また，空車，満車の状態における追従データをとる。

5）021号車と022号車を15秒間隔で走行させ，2台同時乗換えの実験をし，制御上の問題があるかどうかを最終的に確認する。

6）ターゲット乗換制御用の基本速度パタンは図Ⅱ2.4－1及び表Ⅱ2.4－1を参照のこと。

3.11　定位置停止制御試験

1）車両側のブレーキ性能データをとる。

2）実車速度測定用の通過検知器の設置間隔を1.4 mにする。

3）定位置停止目標距離を3 mと7 mの2個所設ける。

4）車両を空車状態と満車状態にして，2個所ある目標地点に，それぞれ30回以上停止させ，そのときの停止精度を測定する。

5）停止精度の測定誤差は±2.5 cmとする。

6）021号車と022号車について上記の測定を行う。

3.12　連続走行試験

連続的に数千Kmの車両走行を行い，システムを構成している機器の信頼度を測定し，向上の方法を探ると共に，今後のデュアルモード・バス・システムの設計の一助となる様，苛酷動作試験を行いつつパターン走行する。トラブル及び故障に関しては，早期発見と同時に適切な処置を取れる様，修理技術の向上と異常発見方法の確立を計る。

試験には以下の様な条件で筑波実験場でパターン走行した。

1）車両条件……2台の車両を実験開始前に点検し，足回り，物品チェック，単体機能試験を行い，動作確認すると共に，その後整備は毎朝30分の仕業点検を行う。

2）地上設備条件……今迄の報告書で報告済みのガイドウェイ，保安設備，電源設備を実験前一通り試験し，毎朝の仕業時は主として目視チェックをする。

3）制御条件……一般道路上では運転手，ガイドウェイ上では計算機指示によるパターン走行を行う様，制御機器を試験前に調整し，仕業時には動作チェックの為の試験走行を毎日行う。

4）その他の条件……晴雨にかかわらず毎日8～19時迄スケジュール通り出来るだけ多く走行し，途中故障がない限り2台の車両は停止しない。故障時には実験責任者の判断で，続行又は修理及び試験等の指示を行う。

4. 試験用設備

4.1 全体構成

無人走行試験システムの全体構成は下記の通りである。

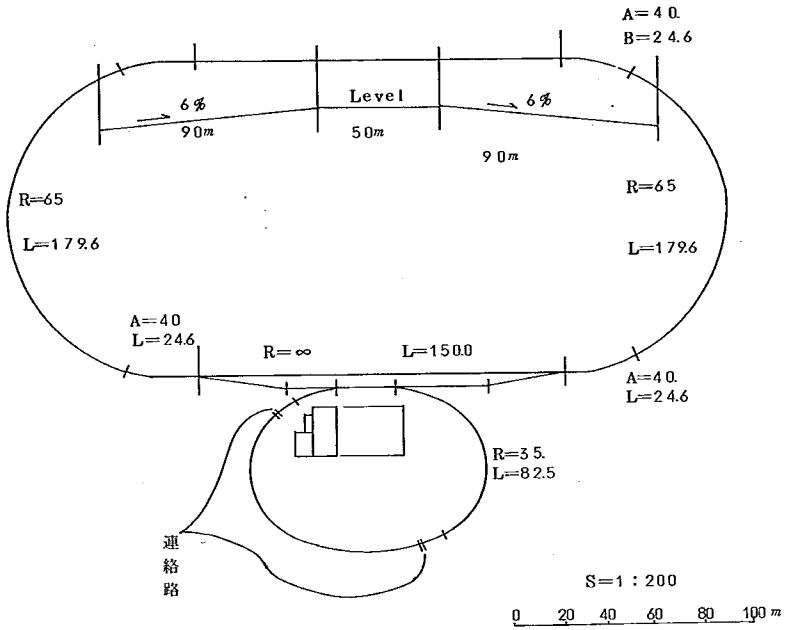
- 無人走行試験システム
  - ガイドウェイ
  - 車　　両
  - 通信保安装置
  - 中央制御装置
  - 受変電設備
  - センサ類
  - 事務所
  - 電子計算機々器室
  - 車庫・作業場
  - 作業場内設備
  - ユーティリティ
  - 連絡用自動車
  - 管理人・実験員
  - 安全施設

ガイドウェイ、車両、通信保安装置、中央制御装置については 4.2 設備概要に簡単に述べる。

4.2 設備概要

4.2.1 ガイドウェイ

ガイドウェイは図Ⅲ　4.2－1に示す線形で、本線部は４０Km／hr で連続走行でき、長さ９０mの６%上り、下り勾配が設けられている。側線部には２バースのオフラインストップ、一般道路に連絡する出入口部、チェック走行部が配置されている。



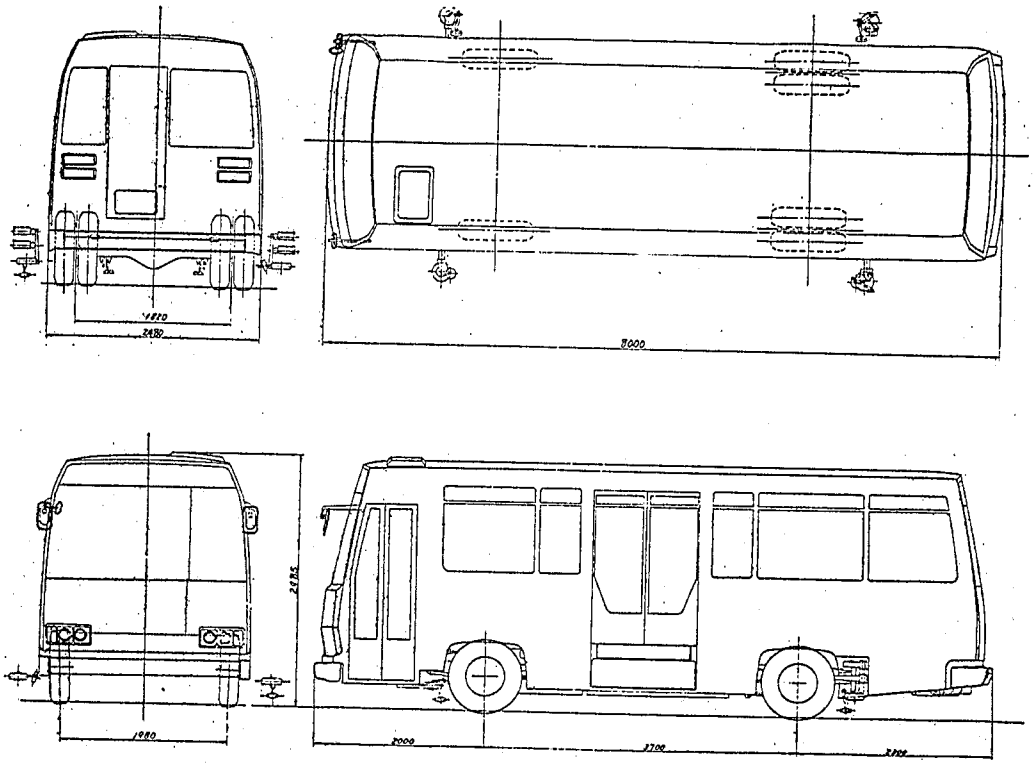
ガイドウェイ概略線形図
図 Ⅲ　4.2～1

4.2.2　車　　両

車両は複数台の車両を用いての運行制御実験を行なうために２台製作した。２台の試験車は実用時の使い勝手（乗り降りの容易さ、乗り心地、車内騒音など）の確認のためキャビン付とし、ドア配置、室内配置、機器配置、外観等は各々異なった角度から設計されているが、車両としての性能は同一であり、ガイドウェイ、ストップ、制御等のサブシステムに対しては同一と考え得る。車両の基本寸法は長×巾×高　8.0×2.5×3.0 mとし床高さは８００mmと低床化をねらった。主電動機は定格出力５６.５／４６.５ kW（架線／電池）、サイリスタチョッパ制御直流複巻式とし、主バッテリは鉛酸バッテリを用いている。誘導方式は誘導装置連動形式である。

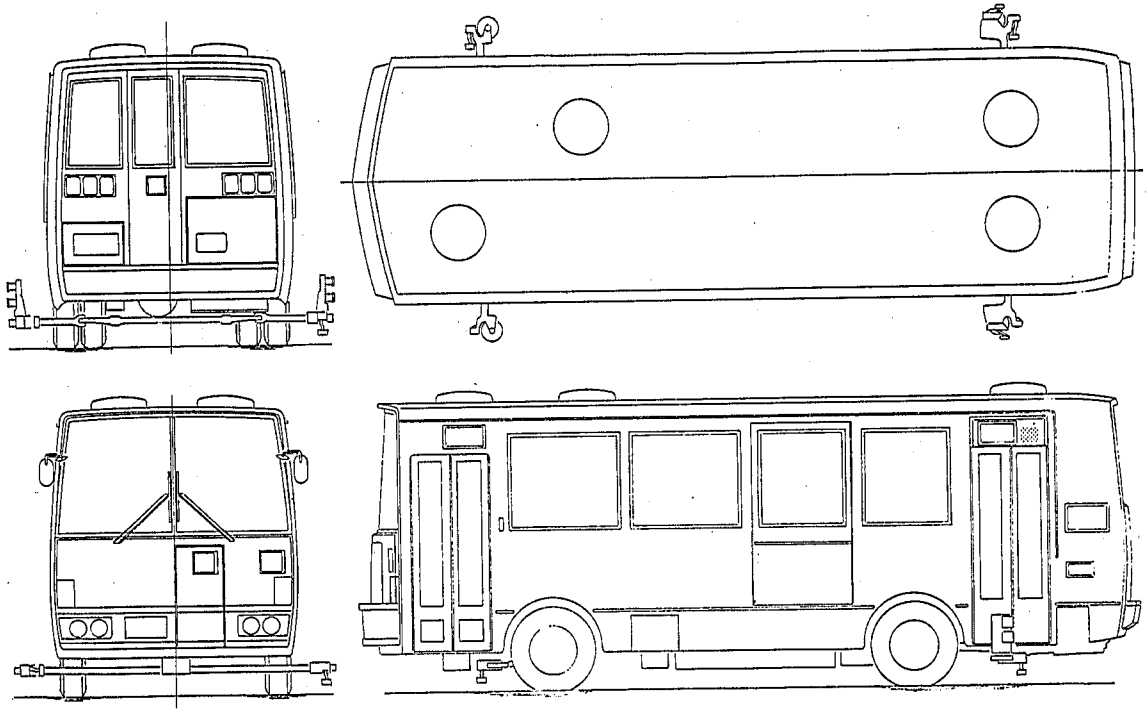
車両の性能を表Ⅲ　4.2－1に示す。車両外形図を図Ⅲ4.2－2.3に示す。

698



車輌外形図（０２１号車）
図Ⅲ　４．２－２

689



車輌外形図

図Ⅲ　4．2－3

表Ⅲ　4.2－1　車　両　性　能

	項目		性能
一般道路	最高速度		60 Km/hr
	登坂性能	発進	10 %
		25 Km/hr	6 %
		40 Km/hr	3 %
	一充電走行距離		30 Km
	最小回転半径		8.0 m
ガイドウェイ	運行速度		40 Km/hr
	登坂性能	発進	10 %
		25 Km/hr	6 %
		40 Km/hr	3 %
	減速度	通常	0.06 g
		停止	0.1 g
		緊急	0.2 g
	最小回転半径		35 m

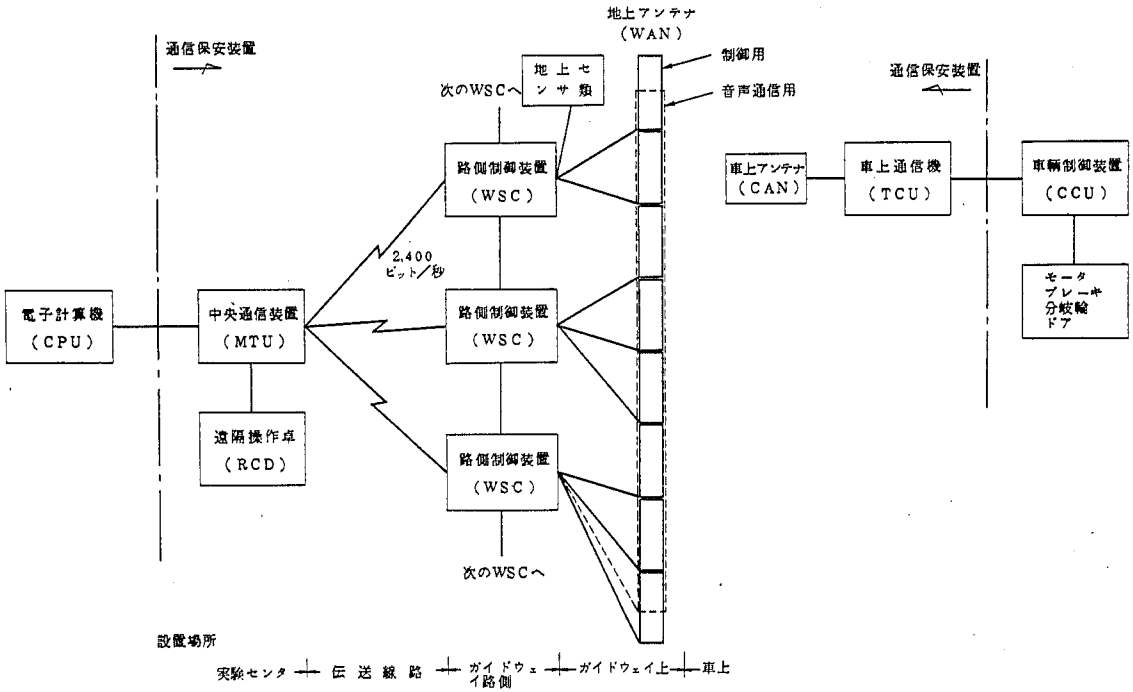
4.2.3　通信保安装置

通信保安装置はガイドウェイで車両を無人走行させるさいに、中央制御装置よりの指令を誤りなく車両に伝えるとともに、車両の存在位置・車両各部の状態を常に的確に中央制御装置で把握できることが必要である。このため中央制御装置・車両相互間両方向について良質で信頼性の高い通信系が必要であり、この通信系を通じて自動運転に必要な情報の送受がなされる。

車両を安全に運行するためにはシステム全体の信頼性が高くなければならないことは勿論であるが、万一システムの一部機能が損なわれた場合においても運行の安全は絶対に保持されなければならない。すなわちFail Safeな機能を各機器が有していなければならない。特に車両の追突防止、分合流に対する車両相互、車両と構造物との接触等の保安に関してはより車両に近い所で検知情報を処理し、対処することが速応性・信頼性の点で望ましいのでこれら保安機能は路側通信装置に持たせることとした。

通信保安装置は次の機器から構成されている（図Ⅲ　4.2－4参照）

- 中央通信装置
- 遠隔操作卓
- 路側制御装置
- 地上アンテナ
- 車上アンテナ



通信保安装置構成図

図Ⅲ　4．2－4

○車上通信機

各々の機器は機能別に製作されたのではなく、設置場所別に製作されているので上述の機能は各々の機能が分担し、総合してこの役割を達成している。実験システムは規模はあまり大きくないが 実験は実規模を模して計画されているので、それの技術的要因のすべてを包含するよう配慮して設計された。

4.2.4 中央制御装置

中央制御装置は車両をガイドウェイ上で定められた運行および速度で自動運転し、車両の状態の監視機能を果すものである。

車両はガイドウェイ上を定められた一方向に走行するとともに車上通信機～車上アンテナ～地上アンテナ～路側制御装置～中央通信装置を介して車両状態情報を中央制御装置に伝達する。車両存在情報は地上アンテナの区分を車両がよぎることにより、利用客の乗車要求はストップ操作盤より受けとり適切な情報処理の役、適切なタイミングで制御指令を車両に対して逆ルートで送信する。

中央制御装置は電子計算機装置を中心とするハードウェアとそのソフトウェアより構成されており、各々次の通りである。

1) ハードウェア

(i) 中央処理装置

演算制御部

主記憶装置(メモリ)

メモリ保護モジュール

時計モジュール

セレクタモジュール

警報モジュール

割込みモジュール

磁気ディスク装置

インパクトプリンタ

紙テープ読取装置

紙テープせん孔装置

ラインプリンタ

プロセス入出装置

(ii) 自動運転操作盤

(iii) ストップ操作盤

(iv) 定電圧電源装置

(v) 分電盤

2) ソフトウェア

(i) 運転制御

車速制御

停止制御

発進制御

分岐制御

ドア開閉制御

(ii) 車両運転モード切換制御

入場制御

退場制御

非自動モード

(iii) 運行管理

車両ＩＤ管理

スケジュール管理

ターゲット管理

(iv) 異常処理制御

異常処理

異常車の処理

後続車の処理

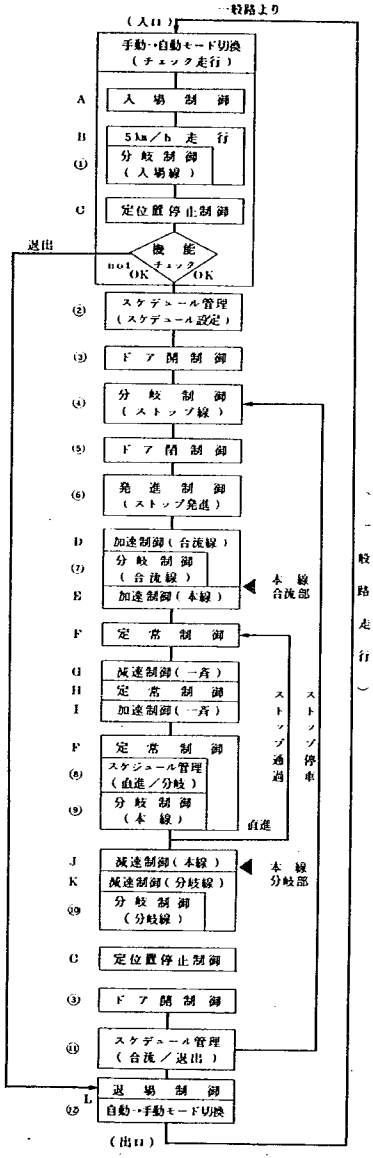
(v) センターオペレーション

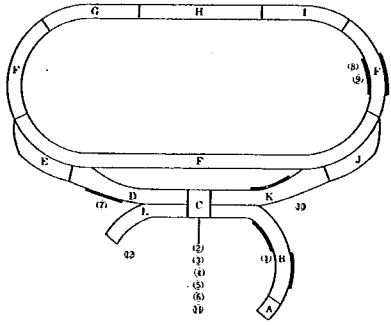
システムスタート

自動・遠隔切換

システムクローズ

図Ⅲ　４．２－５に走行制御機能の体系を、図Ⅲ　４．２－６に車速制御ブロック図を示す。





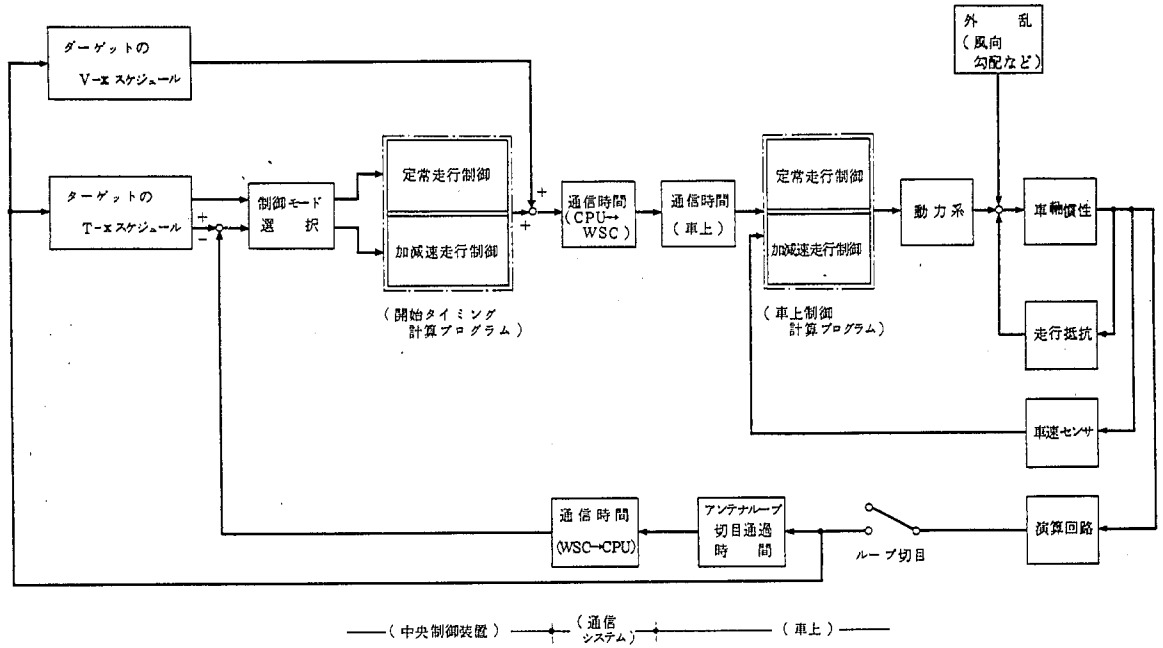
（註） 英字 車速制御関係
数字 その他

c. 運行管理
- 車輪ID管理
- ターゲット管理
- スケジュール管理

d. 異常処理制御
- 状態監視
- 異常処理 ⟶ 異常車の処置
- 後続車の処置

走行制御機能の体系

図Ⅲ 4．2－5



車速制御ブロック図

図Ⅲ　4．2－6

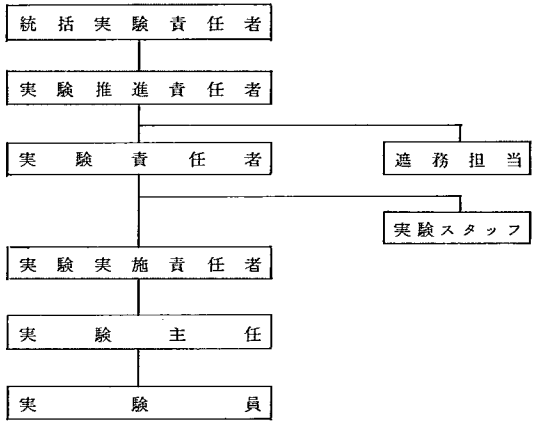
5. 試験要員

試験要員は試験を企画・管理する実験スタッフと、各実験を直接行なう実験員とからなる、実験スタッフは各設備の管理をするとともに、全体の試験目的、スケジュールなどをにらんでの試験遂行、事務連絡を担当し、実験員は各々の実験項目にあわせて必要なスキルを有するメンバーを集めた。

試験要員は実験項目毎に入れ変るものがあるため安全管理には特に留意し、事前に実験員名簿の提出を求め、実験項目毎に実験実施責任者を定め実験中の安全を期した。実験実施責任者の各社1名づつ定めてある実験主任のうちよりその実験を主導的に行なうものをあてた。

実験管理体制、戦務分担は次のとおりである。

○実験管理体制



○戦務分担

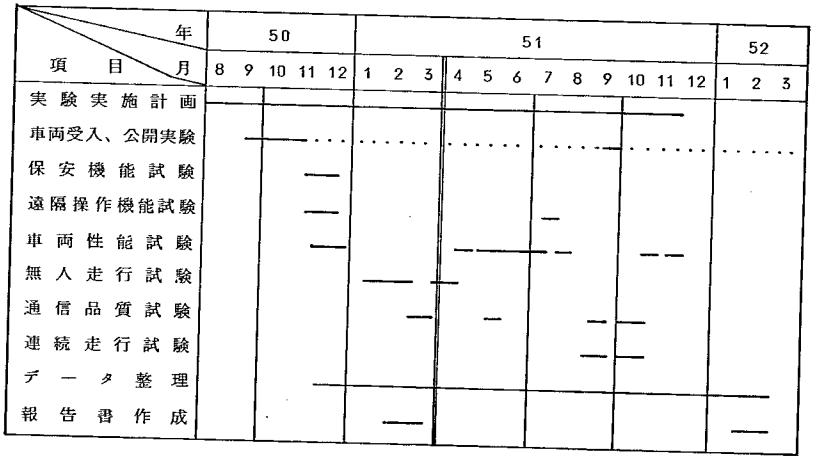
統括実験責任者	本田宣史	（土木研究所）
実験推進責任者	山口隆康	（新日本製鉄）
実験責任者	波多野康男	（〃）
庶務担当	三上清俊	（〃）
実験スタッフ	雀部征宣	（日産自動車）
	岡村主計	（石川島播磨重工業）
	近政義男	（東洋工業）
	藤井靖弘	（松下通信工業）
	木下勝弘	（東京芝浦電気）
実験主任	村松悦爾	（新日本製鉄）

磯　部　尚　昭　（日産自動車）
船　越　三　郎　（石川島播磨重工業）
藤　井　英　夫　（東洋工業）
婆　庭　秀　明　（東京芝浦電気）

6. 試験実施スケジュール

試験実施スケジュールは表Ⅲ　6－1に示すとおりである。試験は５０年９月の機器の据付、試験車の搬入、調整試運転の後ただちに公開実験（実験場開き）を行なった。その後各機器の機能確認、組合機能確認を経て５１年１月より無人走行試験の形でシステム全体の試験に移行した。５１年度には主として車両の性能試験、通信品質試験、車両制御試験、連続制御試験を主体に行なった。公開実験は９月末に全ての試験成果を発表するべく行ない、試験の全期間各月２回の公開指定日を設け試験公開に努めた。公開指定日の設定は事前に試験スケジュールの調整ができ、また来客には充分の配慮が払え、安全、サービス両面で好都合であったが、試験スケジュールの変更のフレキシビリティーを欠き調整はかなりの努力を要した。

表Ⅲ　6－1　試験実施スケジュール



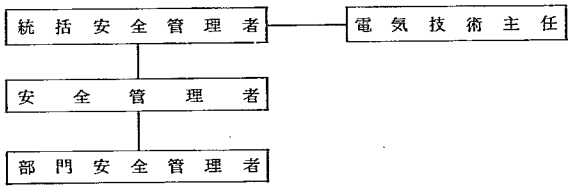
Ⅳ. 実　験　結　果

7. 安全管理

安全管理体制は誘導試験の際のそれに準じた。ただし、無人走行試験の場合にはガイドウェイには給電線が設けられ、高圧受電設備もあるので統括安全管理者のスタッフとして電気主任技術者を定めた。また安全計画書を作成し実験員に周知徹底を計った。実験中給電線には直流４３０Ｖが印加されており、実験車も場合によっては無人で走行することもあるので実験場の周囲には高さ1.２ｍのネットフェンスを張りめぐらし、“立入禁止”、“感電注意”、“きけん”、“あぶないからはいってはいけません”などの表示を設けた。また来客などのガイドウェイへの立入を抑止するために事務室、駐車場とガイドウェイの間にも外周と同じネットフェンスを設けた。また、ガイドウェイには２０ケ所の給電中を表示する赤色灯を設け、外灯を１１ケ所設けて夜間も一応の照度を確保した。さらに制御・通信機器室から放送できるスピーカーを４ケ所に設け（実験途中より１ケ増設）給電開始時にはかならず警告放送し目視による安全確認に加えた。

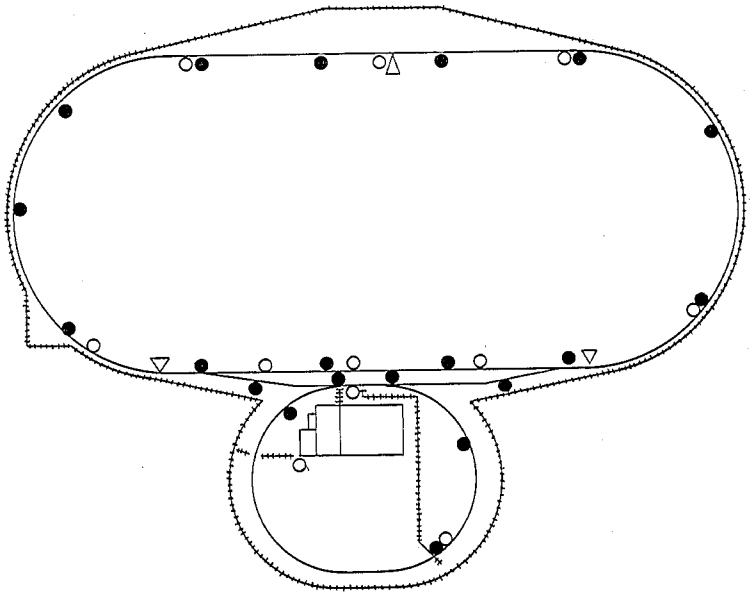
安全管理体制、職務分担を次に示す。図Ⅲ　７－１に安全施設配置図を示す。

○安全管理体制



○職務分担

統括安全管理者	本田宜史	（土木研究所）
電気主任技術	篠田米蔵	（〃）
安全管理者	波多野康男	（新日本製鉄）
部門安全管理者	村松悦爾	（〃）
	磯部尚昭	（日産自動車）
	船越三郎	（石川島播磨重工業）
	藤井英夫	（東洋工業）
	中島敏幸	（松下通信工業）
	鑓庭秀明	（東京芝浦電気）



安全施設配置図
図Ⅲ　7－1

1. 乗心地試験

1.1 実験目的

デュアルモード・バスは、ガイドウェイを安全かつ快適に走行できる性能を有していなければならない。

車両の安全性等、安全面については、多くの実験が積重ねられ、ほぼ見通しがついたことから、今回は乗客の快適さを追求する実験を行なう。

「快適さ」には、多くの要因が影響を与えるため、評価基準をいちがいには決められないが、ここでは、振動乗心地に注目した実験項目を設定し、快適さの評価を試みた。

乗心地に大きな影響を与える振動としては、加減速時の前後方向振動、主に路面からの刺激による上下方向振動、及びガイドウェイ走行時の左右方向振動がある。我々はこれらの内で、上下及び左右方向についての加速度に注目して、実験を行なう。

これらの実験で、上下方向については、乗心地と路面精度、タイヤ特性など、左右方向については、乗心地とガイドウェイ線形、施行精度などとの関係について基礎的知識を得ることを目的とした。

1.2 実験方法

1.2.1 実験条件

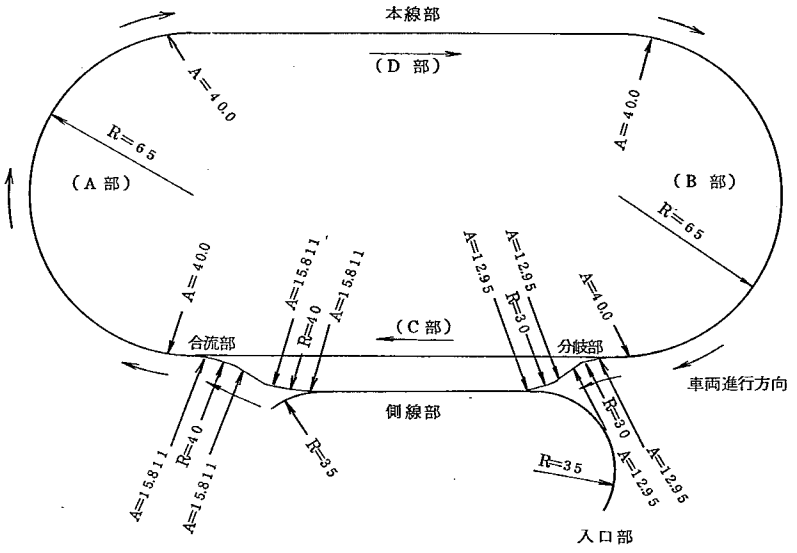
実験条件を下記に示す。

表Ⅳ 1.2－1 乗心地実験条件

号車 / 項目		021 号車		022 号車	
		上下方向	前後方向	上下方向	左右方向
積載条件		計測器＋実験員			
タイヤ		空気入りタイヤ 安全タイヤ	空気入りタイヤ	空気入りタイヤ 安全タイヤ	空気入りタイヤ
車速	直線部	20～40 Km／h	5～10 Km／h	40Km／h	————
	曲線部 (65 mR)	20～40 Km／h	————	40Km／h	30～35Km／h
	分岐、合流部	————	————	————	15～25Km／h
	三角波部	————	————	————	30～50Km／h
路面状況		乾燥アスファルト 乾燥コンクリート	乾燥アスファルト	乾燥アスファルト 乾燥コンクリート	乾燥アスファルト

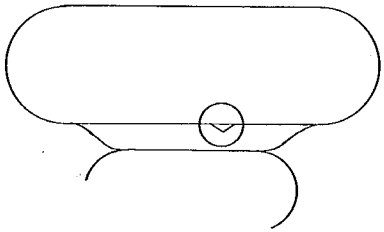
なお、ガイドウェイ各部の呼称を図Ⅳ１２－１のように便宜上定める。

三角波とは、図Ⅳ１２－２及び図Ⅳ１２－３に示すように、実験のために三角波状の誘導壁不整部を設けた部分をいう。

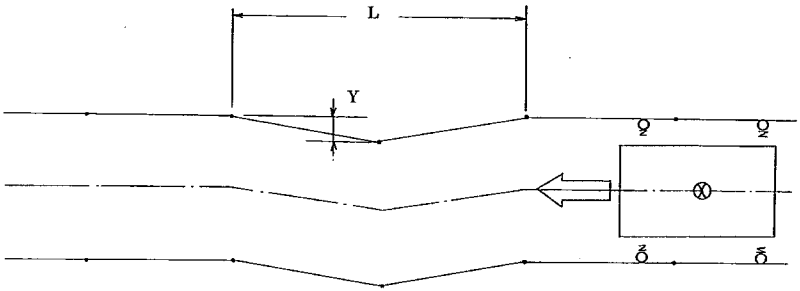


図Ⅳ　１．２－１ ガイドウェイ各部の呼称

設 置 場 所



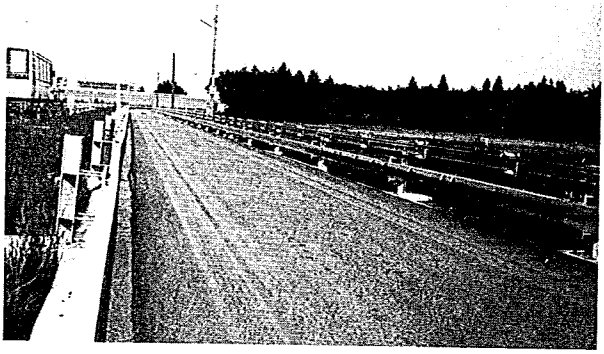
円 内 説 明



	L	Y
ㇵ	8000㎜	40㎜
ㅁ	8000㎜	20㎜

図Ⅳ　1．2－2 三角波部

715



図Ⅳ　1・2－3　三角波部（写真）

716

1. 2. 2　測定項目

以下に測定項目を示す。

1）上下加速度

2）前後加速度（０２１号車のみ）

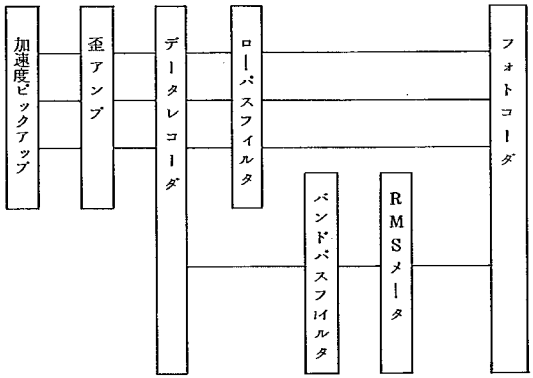
3）横向加速度（０２２号車のみ）

4）車　速

1. 2. 3　測定方法

1）０２１号車の加速度は車体の前部、中央部、後部に加速度ピックアップを取付けて計測した。測定ブロック図については図Ⅳ 1. 2－4に示すとうりである。

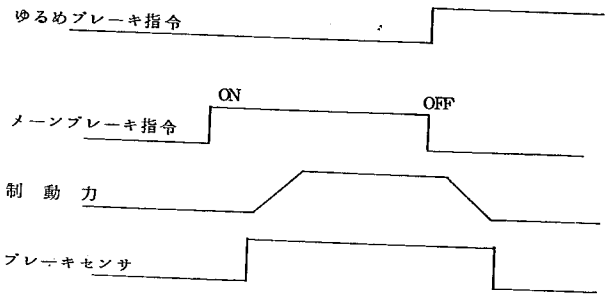
また、通常制動の乗心地についてはゆるめ条件（車速、圧力）を変化させて実験を行った。なおタイムチャートは図Ⅳ 1. 2－5に示すとおりである。



乗心地性能計測ブロック図（０２１号車）

図Ⅳ　1. 2－4

717



通常制動制御
タイムチャート（０２１号車）
図Ⅳ　1.2－5

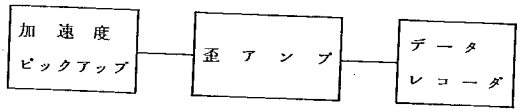
2）０２２号車

(1)　上下方向

(i)　上下加速度

車両の前部床面、後部床面に加速度ピックアップを固定する。また、シートの振動伝達率を調べるため、前部シートに着座した人の尻部とシートの間に加速度ピックアップを入れる。加速度ピックアップにより測定された加速度振動波形はデータレコーダに一旦記録する。そしてこれをA／D（アナログ／ディジタル）交換し、これからコンピータ処理によりパワースペクトルを求める。

図Ⅳ　1.2－6に測定ブロック図を示す。



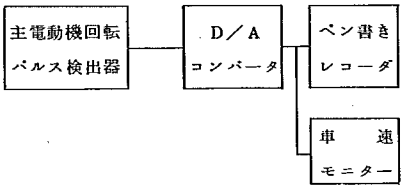
上下方向加速度測定ブロック図（０２２号車）
図Ⅳ　1.2－6

(ii)　車　　速

主電機の回転パルスをD／A（ディジタル／アナログ）変換し、ペン書きレコーダに記録する。

図Ⅳ　1.2－7に測定ブロック図を示す。

718



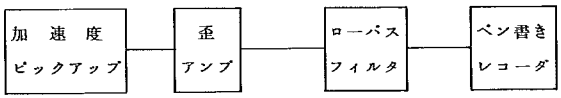
車速測定ブロック図（０２２号車）
図Ⅳ　1.2－7

(2)　左右方向

(i)　横向加速度

車両の前部床面に加速度ピックアップを固定し、ローパスフィルタを介して、ペン書きレコーダに記録する。

図Ⅳ　1.2－8に測定ブロック図を示す。



横向加速測定ブロック図（０２２号車）
図Ⅳ　1.2－8

(ii)　車　　速

上下方向の場合と同じである。

(iii)　フィーリング

感覚的な乗心地を把握するために、計器計測と同時にフィーリングテストを着座姿勢で行う。着座位置は図1.2－9に示す。

フィーリング評価は横向加速度に注目して行った。横向加速度に対する感覚を国鉄の乗心地を参考にして次のように区分する。

0～1　加速度を全く感じない。

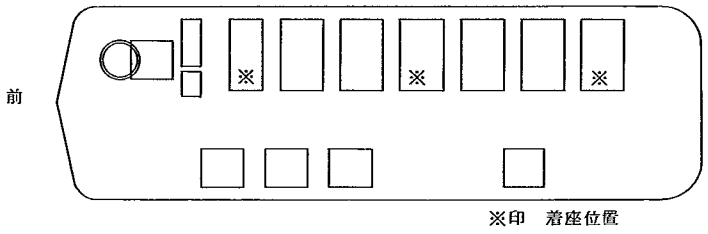
1～2　気をつけると感じる。

2～3　はっきりと感じる。

3～4　やや不快である。

4～5　非常に不快である。

5～　　危険を感じる。



図Ⅳ　1．2－9　乗心地フィーリングテスト着座位置（０２２号車）

720

なお、実験に際しては、以下の点に留意した。

① 実験順序の影響をできるだけ少なくすること。

② 被験者の疲労をできるだけ少なくすること。

1.3 実験結果

1.3.1 021号車

実験結果を以下に記す。

1) 上下振動

車体中央上下振動……図Ⅳ1.3－1

車体中央上下振動……図Ⅳ1.3－2

フロントバンパ上下振動……図Ⅳ1.3－3

フロントバンパ上下振動……図Ⅳ1.3－4

リヤバンパ上下振動……図Ⅳ1.3－5

リヤバンパ上下振動……図Ⅳ1.3－6

2) 通常制動

01ブレーキ作動時減速度波形例……図Ⅳ1.3－7

01ブレーキ作動時前後動……図Ⅳ1.3－8

01ブレーキ作動時前後動……図Ⅳ1.3－9

01ブレーキ作動時前後動……図Ⅳ1.3－10

1.3.2 022号車

1) 上下方向

前部床面パワスペクトル……図Ⅳ1.3－11

後部床面パワスペクトル……図Ⅳ1.3－12

シートの振動伝達率……図Ⅳ1.3－13

前部床面上下加速度の路面による差……図Ⅳ1.3－14

2) 左右方向

本線部65mR部での横向加速度（車速30Km／h）……図Ⅳ1.3－15

本線部65mR部での横向加速度（車速40Km／h）……図Ⅳ1.3－16

本線部65mR部での横向加速度変動……図Ⅳ1.3－17

分岐・合流部での横向加速度（車速20Km／h）……図Ⅳ1.3－18

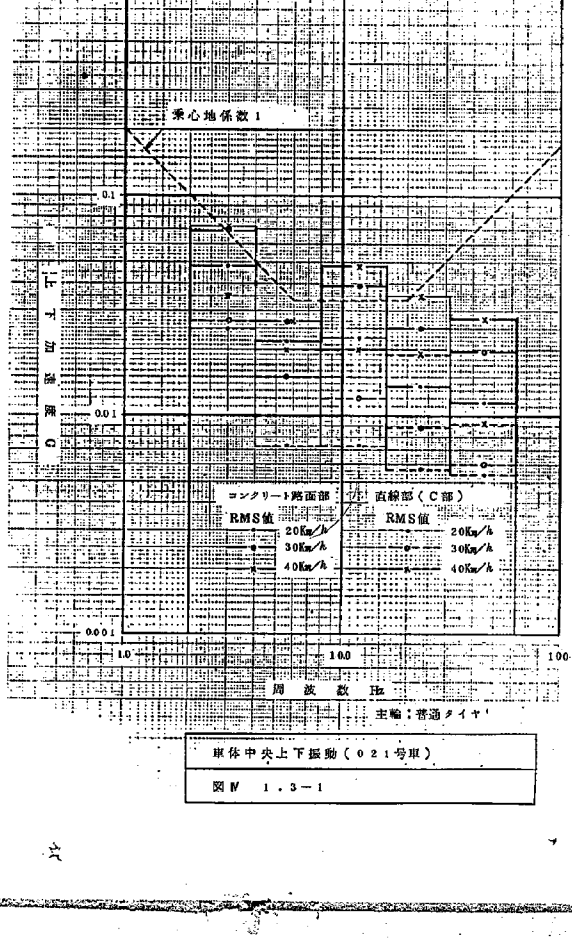
分岐・合流部での横向加速度（車速25Km／h）……図Ⅳ1.3－19

分岐・合流部での横向加速度最大値……図Ⅳ1.3－20

誘導壁三角波部通過時の横向加速度……図Ⅳ1.3－21

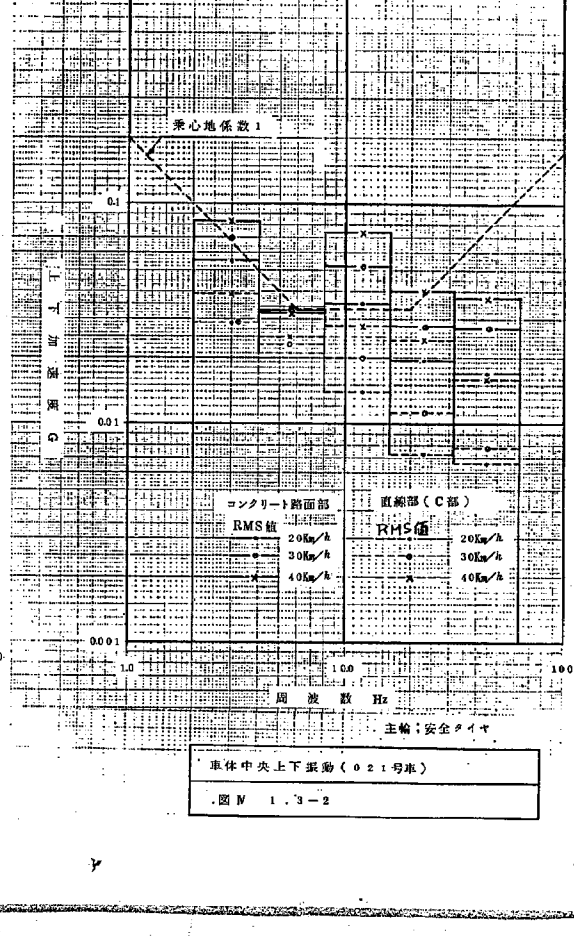
本線部65mR部でのフィーリング評価……図Ⅳ1.3－22

分岐・合流部でのフィーリング評価……図Ⅳ1.3－23



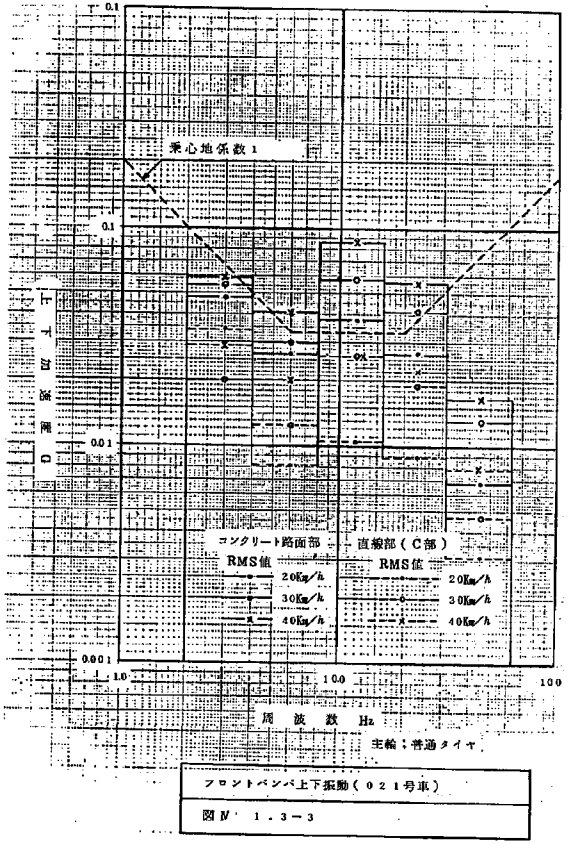
車体中央上下振動（021号車）

図Ⅳ 1.3－1



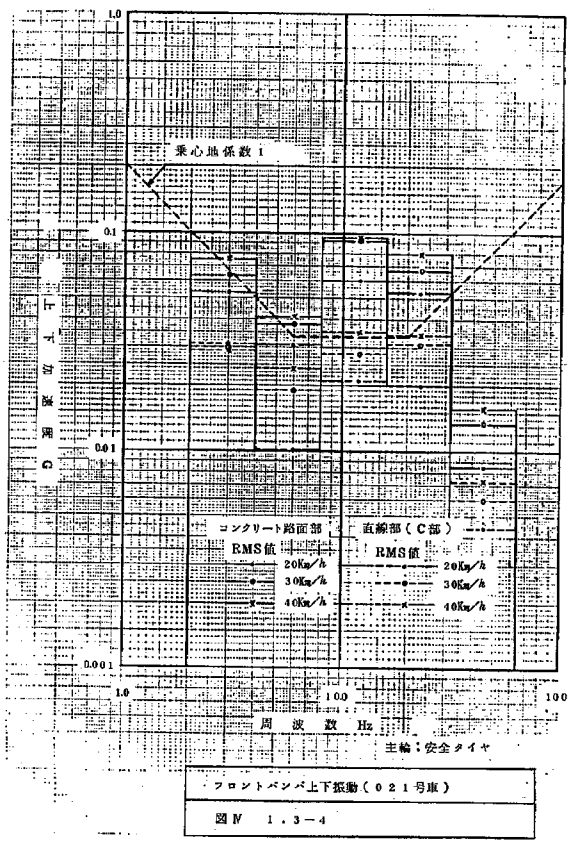
車体中央上下振動（021号車）

図Ⅳ 1.3－2



フロントバンパ上下振動（０２１号車）

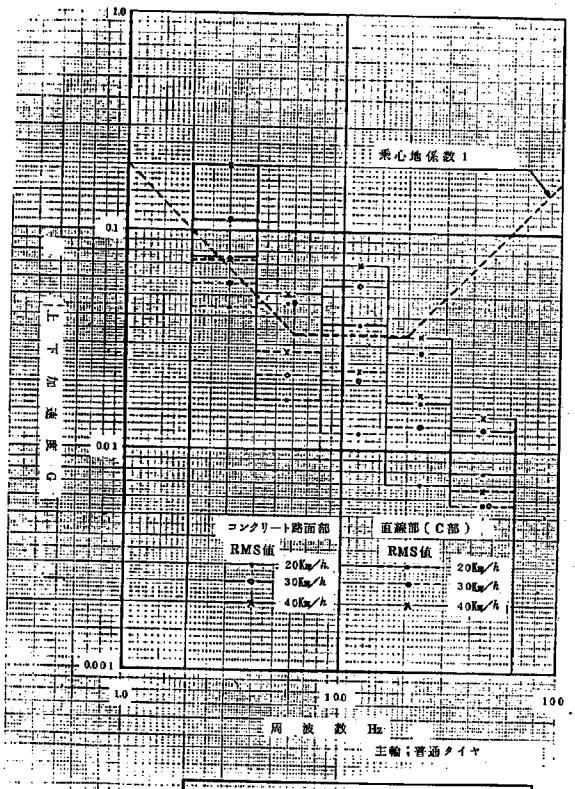
図Ⅳ　１．３－３



フロントバンパ上下振動（０２１号車）

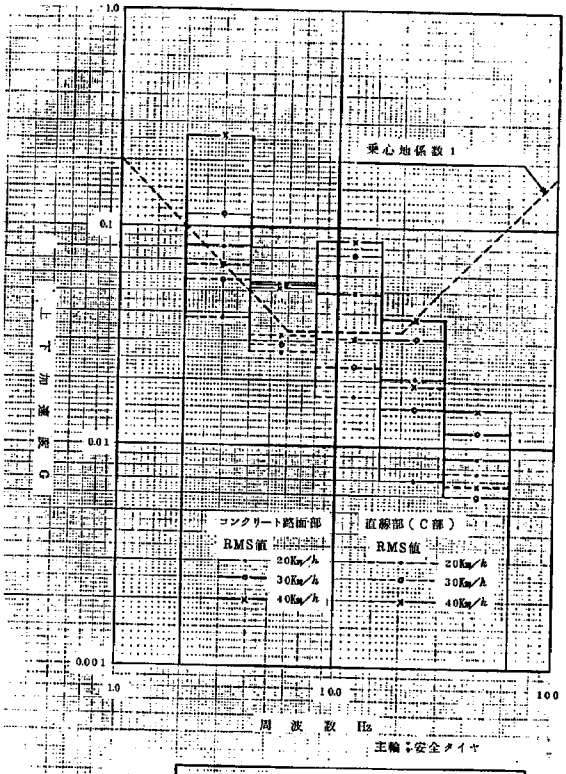
図Ⅳ　１．３－４

723



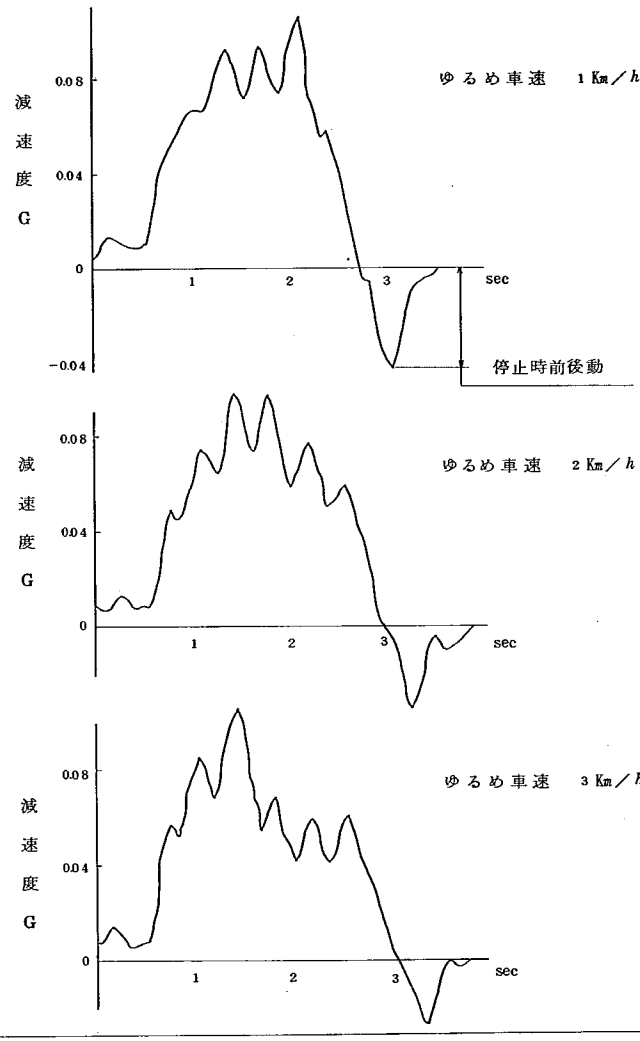
リヤバンパ上下振動（021号車）

図Ⅳ 1.3－5



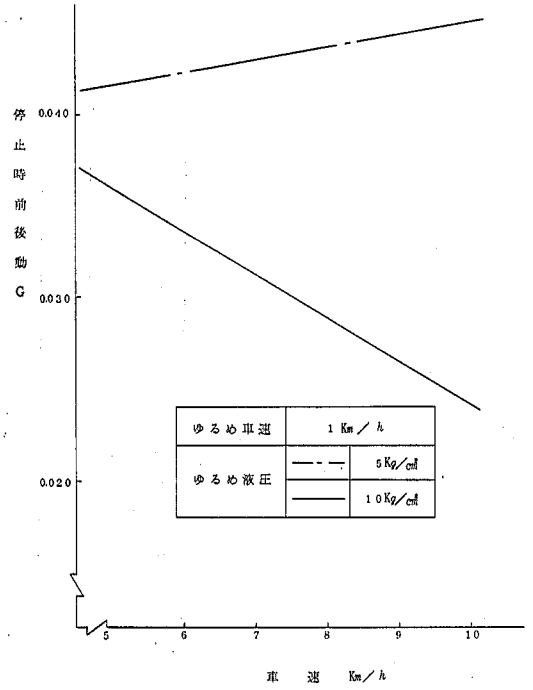
リヤバンパ上下振動（021号車）

図Ⅳ 1.3－6

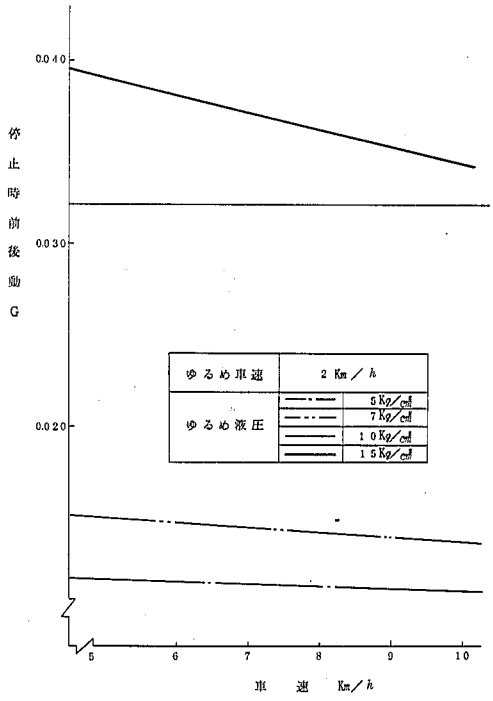


0 1 ブレーキ作動時減速度波形例
0 2 1 号車
図Ⅳ　1．3－7

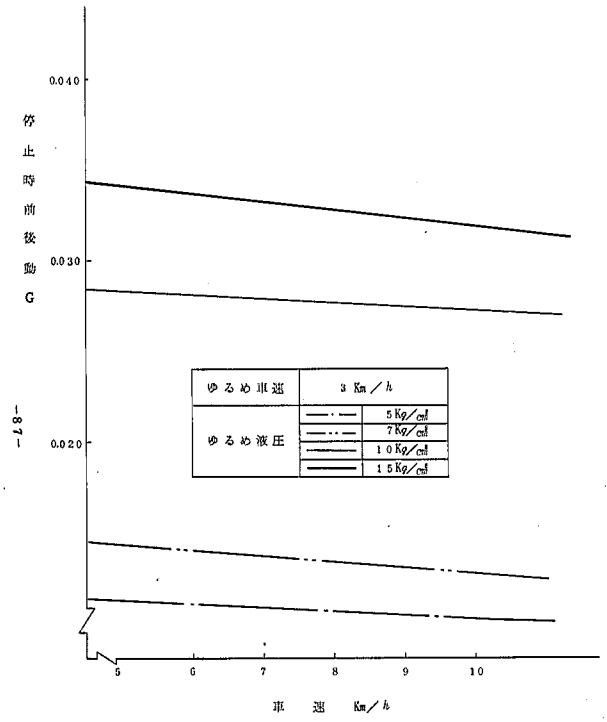
225



01 ブレーキ作動時前後動　（021号車）
図Ⅳ　1.3－8



01 ブレーキ作動時前後動　（021号車）
図Ⅳ　1.3－9



01 ブレーキ作動時前後動 （021号車）

図 Ⅳ 1.3－10

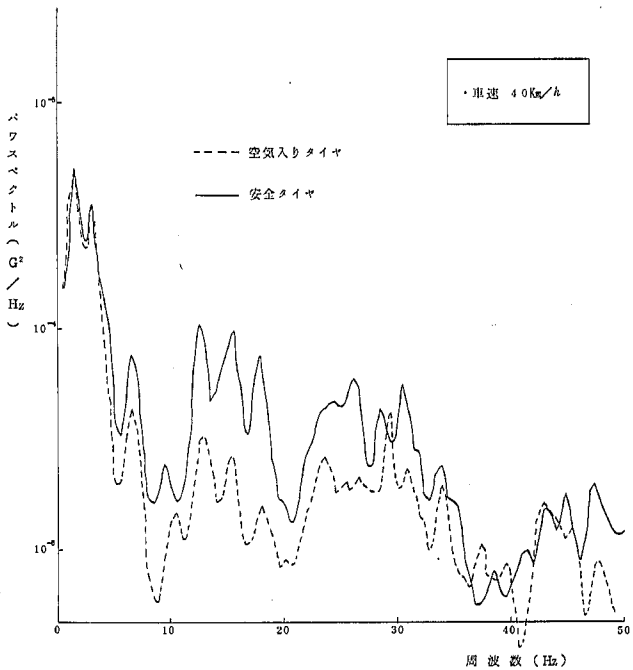
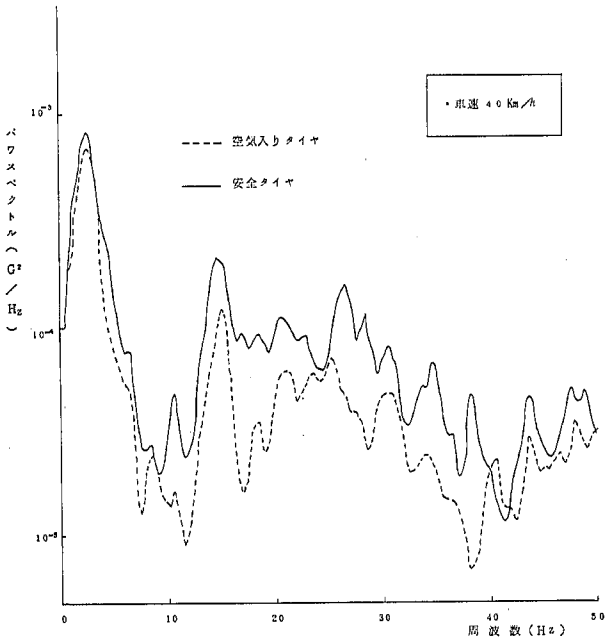
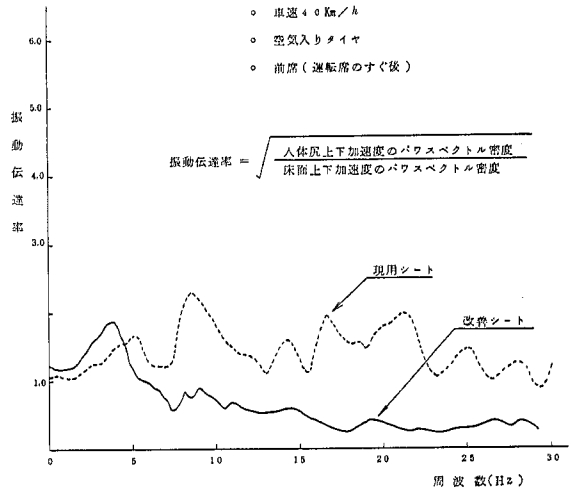


図 Ⅳ 1.3－11 前部床面パワスペクトル （022号車）

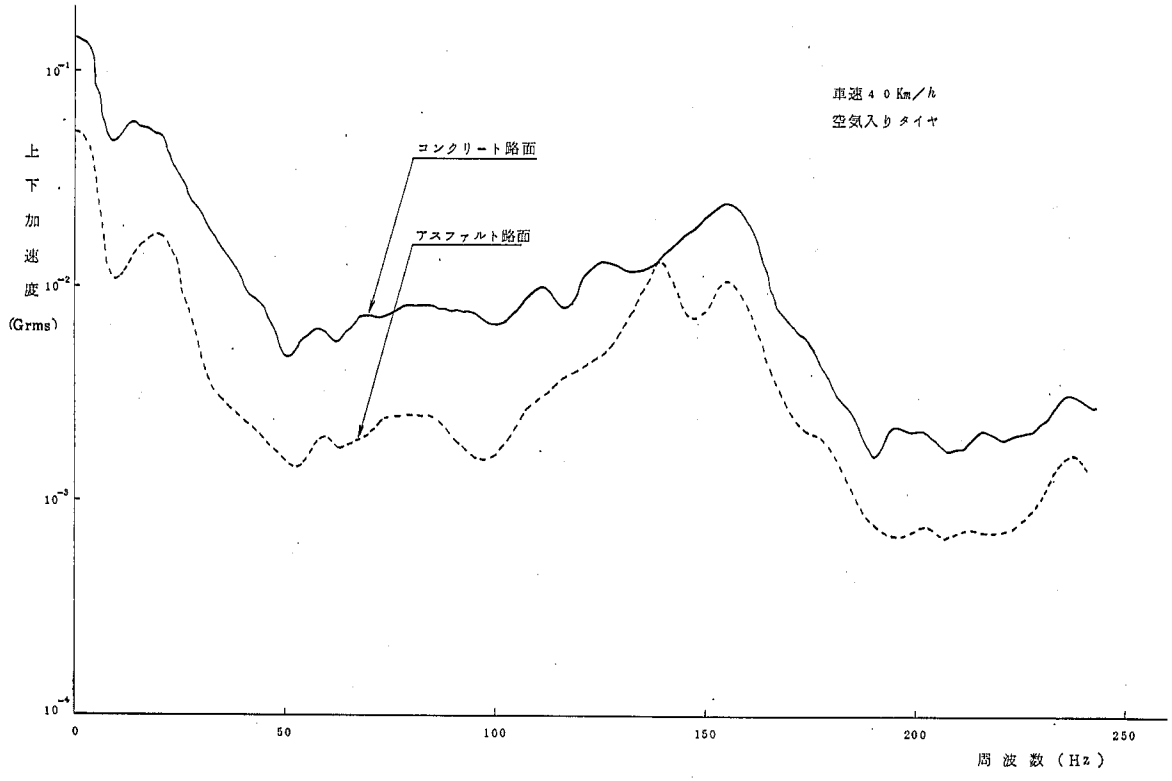


図Ⅳ　1.3 － 1 2 後部床面パワスペクトル（ 0 2 2号車 ）にて

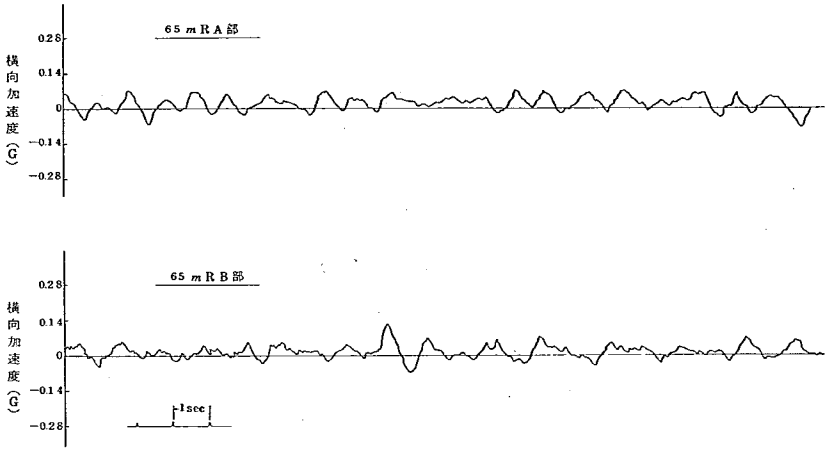


図Ⅳ　1.3 － 1 3 シートの振動伝達率（ 0 2 2号車 ）

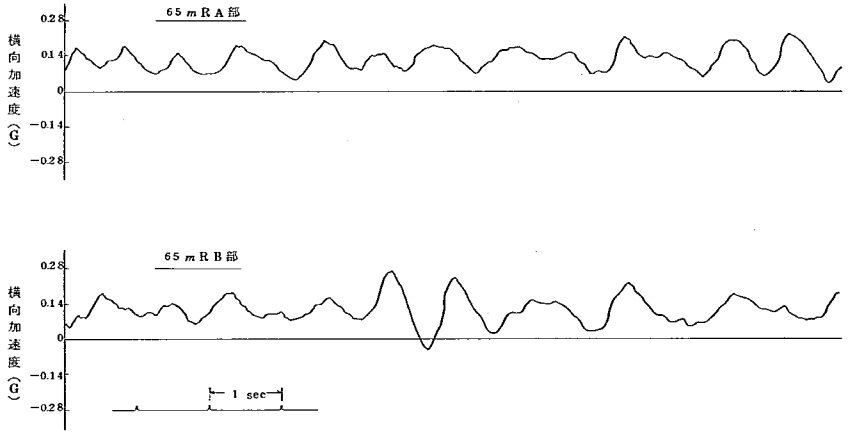
728



図Ⅳ　１．３－１４前部床面上下加速度の路面による差（Narrow Band 周波数分析）（０２２号車）

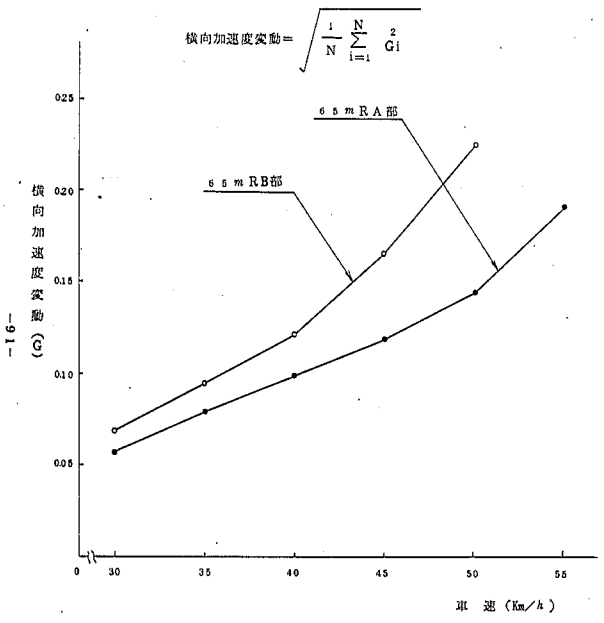


図Ⅳ　1．3－15 本線部 65 m R 部での横向加速度　（車速 30 Km／h）
（022 号車）

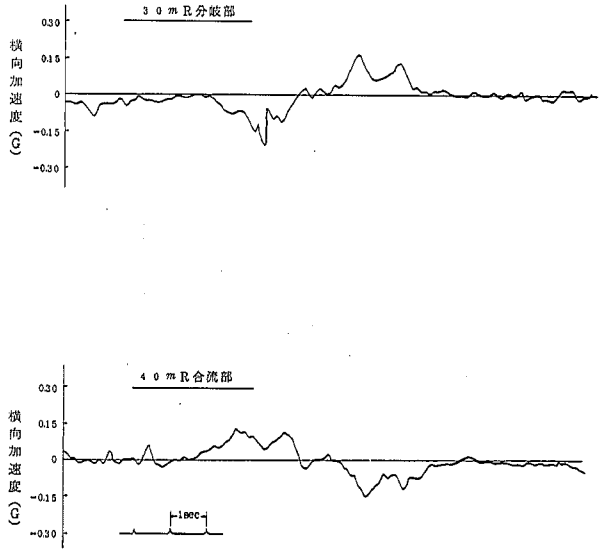


図Ⅳ　1．3－16 本線部 65 m R 部での横向加速度　（車速 40 Km／h）
（022 号車）

330

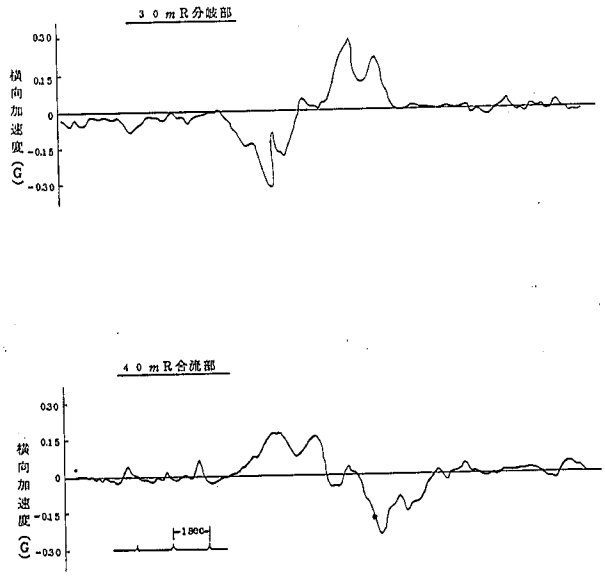


図Ⅳ　1．3－17 本線部65mR部での横向加速度変動
（022号車）

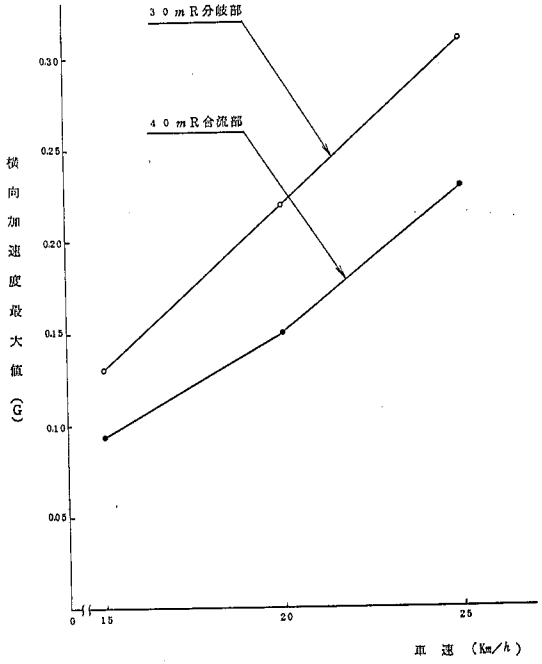


図Ⅳ　1．3－18 分岐・合流部での横向加速度（車速20Km／h）
（022号車）

731

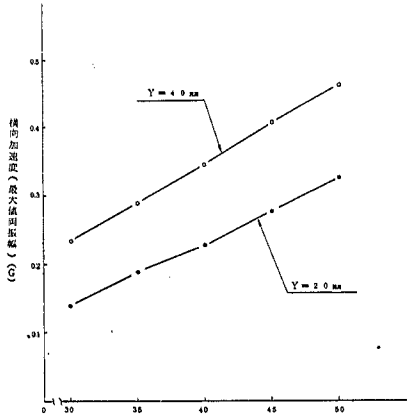


図Ⅳ　1．3－19 分岐・合流部での横向加速度（車速25Km／h）
（022号車）

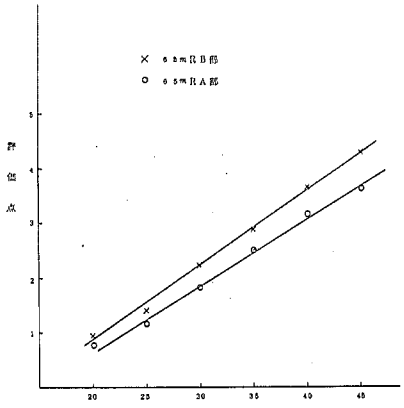


図Ⅳ　1．3－20 分岐・合流部での横向加速度最大値（022号車）

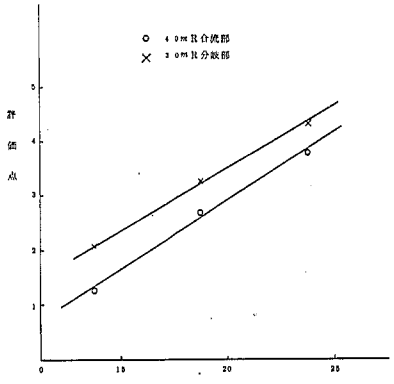
732



図Ⅳ　1．3－21 誘導路三角波通過時の横向加速度（最大値両振幅）
（022号車）



図Ⅳ　1．3－22 65mR部でのフィーリング評価（022号車）



図Ⅳ　1．3－23 分岐，合流部のフィーリング評価
（022号車）

1.4 考　察

1.4.1　021号車

1）上下振動

本実験に於ける上下振動による乗心地評価は、比較的実際の感覚に適合しているといわれているJane-wayの基準（乗心地係数1）と比較できるように各周波数バンド毎の加速度レベルで整理した。

(1)　コンクリート路面とアスファルト路面

コンクリート路面はアスファルト路面に比べて2.5倍程度の乗心地は悪くなっている。

(2)　普通タイヤと安全タイヤ

安全タイヤは普通タイヤに比べて1.5倍程度乗心地は悪くなっている。なお、今回の普通タイヤ空気圧は標準圧より高くしてあるため、標準空気圧にすれば更に安全タイヤとの乗心地の差は大きくなることが予想される。

(3)　車体の位置

乗心地は車体の位置により大きな差がある。最も良いのは中央部であり、最も悪いのは後部である。この差は3.5倍程度である。

(4)　総合判断

今回の実験は車体の振動を測定したものであり、立った状態を評価することになる。安全タイヤを装着した場合、アスファルト路面に於ける乗心地は普通であるが、コンクリート路面では極めて悪いといえる。

2）通常制動　前後方向

021号車の場合、通常制動の停止時の乗心地を良くするために、停止直前に制動力を緩和する方法、すなわち、ゆるめブレーキが行なえるようになっている。これは油圧調整弁を2個用い、それぞれ別々な圧力に設定し、停止直前に切換えることにより行なうものである。停止時に乗心地に影響を与える要因は

- 01ブレーキ初速
- 01ブレーキ制動力
- 01ブレーキジャーク
- 01ゆるめブレーキ初速
- 01ゆるめブレーキ制動力
- 01ゆるめブレーキジャーク

等であるが、今回の実験では01ゆるめブレーキ初速と01ゆるめブレーキ制動力を変え、他は変えずに乗心地に与える影響を検討した。01ゆるめブレーキ制動力は作動圧を変えることによって行った。

01ゆるめブレーキ初速の影響は車速が高くなるほど乗心地は良くなる傾向を示し

ている。また、０１ゆるめブレーキ液圧は低いほど乗心地は良くなる。従って乗心地面だけからいえば０１ゆるめブレーキ初速を高くし、設定液圧を下げれば良いわけであるが、不具合として、停止距離が長くなることと、停止距離のバラッキが大きくなることがあげられる。初速と液圧はこれらの不具合が全体のシステムの中で悪影響をおよぼさない範囲で決めなくてはならない。これらを総合的に考慮して最適設定値は０１ブレーキゆるめ車速２Km／ｈ、０１ブレーキゆるめ液圧は５Km／cm²と判断され、この値に調整した。

1.4.2　０２２号車

1）上下方向

空気入りタイヤ装着時と安全タイヤ装着時のパワースペクトル比較（図Ⅳ　1.3－11、図Ⅳ　1.3－12）より、２～３Hz、いわゆる突上げショックの周波数領域）ではタイヤの種類によるパワースペクトルの差はあらわれていないが、１２～３０Hz（いわゆるゴッゴッ感の周波数領域）ではタイヤの種類によるパワースペクトルの差があらわれており、安全タイヤの方が乗心地がよくないことがわかる。しかし、フィーリングでは全般的に見て、良路であれば許容できる範囲内であろう。

また、着座時ゴッゴッ感の人体への伝達経路はシートクッションより人体に伝わるものが主である。図Ⅳ　1.3－13から、シートの厚さを増すことにより、人体への振動絶縁性が改良されることがわかる。

図Ⅳ　1.3－14において明らかなように、コンクリート舗装路の方がアスファルト舗装路に比較して、床面の振動レベルが全周波数領域で高い。これはコンクリート舗装路の平担性が良くないためであろう。やはり、乗心地面からいうと、今回のガイドウェイにおけるアスファルト舗装路程度の平担性が望ましい。

2）左右方向

(1)　本線上での乗心地

本線においては、６５ｍＲ部と直線部があるが、直線部の場合、分岐壁を通過する時に、若干、横ゆれを感じる程度で、乗心地上ほとんど問題はない、したがって本線上での乗心地は６５ｍＲ部について考える。

図Ⅳ　1.3－15、図Ⅳ　1.3－16の横向加速度の計測データで６５ｍＲＡ部と６５ｍＲＢ部の乗心地を比較すると、違いが明らかである。すなわち、Ｂ部では部分的に大きな横向加速度がいくつか発生しているが、Ａ部ではほぼ一定振幅の横向加速度が発生している。

図Ⅳ　1.3－17は６５ｍＲ部の進入から離脱までの区間の横向加速度の変動量を各車速について、Ａ部とＢ部を比較して示したものである。ここで、横向加速度の変動量 σ_g は次式から求めたものである。これは左右方向の乗心地を評価するための一つの試みとして求めてみた。

$$\sigma g = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n} Gi^2}$$

（但しgi は、車速と旋回半径から計算により求まる理論上の横向加速度と、実測の横向加速度との差）

この図から、車速の増加と共に横向加速度変動量が増加していくことがわかる。そして、車速が４０Km／h以上になると横向加速度変動量の増加の割合が増加していくことがわかる。また、この図からウェイの精度によって横向加速度変動量にかなりの差が生じ、しかも、その差は車速の増加と共に大きくなることがわかる。このことから、特に高い車速で走行する場所におけるガイドウェイの精度は良くしなければ乗心地に悪影響を与えると言えそうである。

図Ⅳ　1.3－22に、各車速に対する６５mＲＡ部とＢ部のフィーリング評価を示す。

この図から、車速と共に評価点は悪くなっていくことがわかる。また、Ａ部における乗心地の方がＢ部よりもよいことがわかる。これはＢ部に部分的にガイドウェイ精度不良部があるため、Ｂ部において車両に大きな横ゆれが生じるためである。したがって、Ｂ部での部分的な大きな横ゆれをなくせば、Ａ部での乗心地と同程度になると思われる。

(2)　側線（分岐．合流）での乗心地

図Ⅳ　1.3－18、図Ⅳ　1.3－19に分岐部．合流部を車速２０Km／h、２５Km／hで走行した時の横向加速度波形を示す。

これらの図から、分岐、合流部の横向加速度波形は、なめらかな正弦曲線になっていないことがわかる。分岐．合流部における車両の横向加速度に影響を与える要因としては次のものが考えられる。

(i)　車両の追従特性

(ii)　ガイドウェイの線形

(iii)　ガイドウェイの施工精度

分岐．合流部における横向加速度波形がなめらかになっていないのは、これらの要因が複雑に重なり合っているためであると考えられる。したがって、分岐．合流部における乗心地を改善していくためには、これらの要因が車両の横向加速度に与える影響を定量的に分析していく必要があろう。

図Ⅳ　1.3－20に各車速に対する横向加速度の最大値を３０mＲ分岐部、４０mＲ合流部について示す。この図より横向加速度の最大値は計算による定常円旋回時の横向加速度よりかなり大きな値を示している。

また、３０mＲ分岐部と４０mＲ合流部における横向加速度の最大値の比は、ほぼ

各R部における遠心力の比（すなわち、Rの逆数の比1.33）になっている。

図Ⅳ 1.3－23に各車速に対するフィーリング結果を30mR分岐部、40mR合流部について示す。この図から、40mR合流部の方が30mR分岐部よりもフィーリング評価が良いことてわかる。また、30mR分岐部の車速20Km／h以上の走行ではフィーリング評価点は3以上（やや不快である。）になっており、現状の車両追従特性、ガイドウエイ線形、ガイドウェイ精度においては、車速20Km／h以上で分岐することは好ましくないと言える。

(3) ガイドウェイのうねりに対する乗心地

ガイドウェイには施工上ある程度うねりが生じるが、このうねりと乗心地についての対応付けを行うことは、入力が不規則なため、実際上困難である。

そこで、直進状態の車両が大きさのわかったうねり部（図Ⅳ 1.2－2に示す三角波）を通過した時の車両の挙動を知り、ガイドウェイのうねりの大きさに対する基本的な傾向を調べることにした。

図Ⅳ 1.3－21に車両が三角波部を通過した時の横向加速度最大値両振幅を、各車速に対して三角波の高さが20mm、40mmの場合について示す。この図から横加速度の最大値両振幅は車速に対して直線的に増加していることがわかる。また、図Ⅳ 1.2－2のYが20mm、40mmにおける横向加速度の最大値振幅の差は車速の増加と共にわずかであるが大きくなる傾向がある。

これらの図から、うねりの高さの減少は乗心地に大きな効果をもつことがわかる。

なお、このような単一な刺激に対する応答は、ガイドウェイのうねりの大きさに対する車両の挙動の基本的傾向を調べるには有効である。しかし、この結果をうねりが連続的についている実際のガイドウェイにおける乗心地評価としてそのまま適用することはできないので、注意が必要である。

(4) ガイドウェイと乗心地について

ガイドウェイがまったくなめらかな線形で、しかも車両がその線形に忠実に追従していくならば、横向加速度、乗心地に影響を与える要因は計算によって定量的に把握できる。

しかし、厳密になめらかなガイドウェイを作ることは困難であり、また、車両は線形に忠実には追従せず、ガイドウェイからの刺激に対しては振動の現象を起す。ガイドウェイからの車両への刺激としては次のものが考えられる。

(i) ガイドウェイの不整

(ii) 線形の変化

① 直 線←→曲 線

② S字カーブ

したがって、乗心地をよくするためにはこれらの乗心地に対する影響を定量的に分析していくと共に、車両の育成をはかっていかねばならない。

ガイドウェイの不整については図Ⅳ　1.3－21からできるだけ小さくすることが乗心地にとって望ましいことがわかる。

線形については、図Ⅳ　1.5－20や図Ⅳ　1.3－23からわかるように適当なRの大きさや緩和曲線を選ぶことによって乗心地をよくできる。

2. 一般道路操安性試験

2.1 実験目的

デュアルモード・バスは、一般道路では手動運転によって走行するため、通常のバスと同様の操舵が可能でなければならない。また、一般道路走行中前方障害物の飛び出しなどの緊急時に、ある程度余裕をもって回避できなければならない。すなわち、操安性のレベルについても通常のバスと同じ性能が要求される。

ところで、デュアルモード・バスには、ガイドウェイ走行用の誘導装置が付加されているので、これが一般道路走行に対してどのような影響を及ぼすか調べておく必要がある。

したがって、今回の実験においては、操舵系に作動上の問題点のないことを確認することと、操安性のレベルを把握することを主目的とする。

2.2 実験方法

2.2.1 実験条件

土木研究所試験走行路の一部（直線平坦部）を使用した。

実験条件を下記に示す。

表Ⅳ 2.2－1 一般道路操安性実験条件

		022号車
積載条件		計測器 ＋ 実験員
タイヤ圧	前輪	6.25 Kg／cm²
	後輪	内 5.75 Kg／cm² 外 6.25 Kg／cm²
車速		15～40 Kg／h
路面状況		乾燥アスファルト

2.2.2 測定項目

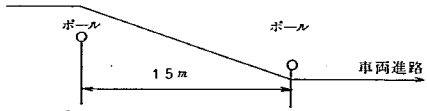
測定項目を下記に示す。

1）重心点の車両横向加速度

2）車 速

2.2.3 測定方法

図Ⅳ 2.2－1に示すように、2本のポールを設置して、この間を通り抜ける走行をした。すなわち車線移行に相当する走行を行ない、この時の車両の挙動と操舵フィーリングを調べた。

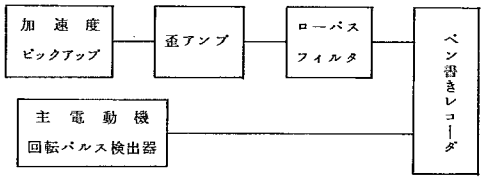


図Ⅳ　2.2－1　　一般道路操安性実験方法

車両の横向加速度は、重心点付近の床面に加速度ピックアップを固定し、歪アンズローパスフィルタを介してペン書きレコーダに記録した。

車両速度は、主電動機の回転パルスをＤＡ変換してペン書きレコーダに記録した。

図Ⅳ 2.2－2に計測ブロック図を示す。



図Ⅳ　2.2－2　一般道路操安性計測ブロック図

2.3　実験結果

車線移行時の横向加速度波形…… 図Ⅳ　2.3－1

2.4　考　察

車線移行時の車両の挙動を調べるような実験において、評価項目としては以下のものが考えられる。

① 車線移行の始まりから終了までの車両の挙動がスムーズであること。

② ある程度高い横向加速度が発生するような操舵を行なっても十分な安定性を有し、運転手が容易にコントロールし得ること。

③ ハンドルの操舵力が不当に重くなく、適当な復元性を有していること。

④ ハンドルの切れが適度に敏感であること。

⑤ 直進性が良好であること。

⑥ 過大なローリング性を生じないこと。

以上を考慮した上で、０２２号車の操安性を検討してみた。

図Ⅳ　2.3－1の横向加速度の波形を見てもわかるように、ポールの間を通過する時の横向加速度がスムーズな正弦波状を呈し、ポール通過後の直進状態への収束も極めて良好である。また、車速４０Km／hでも余裕を持って通過することが出来た。

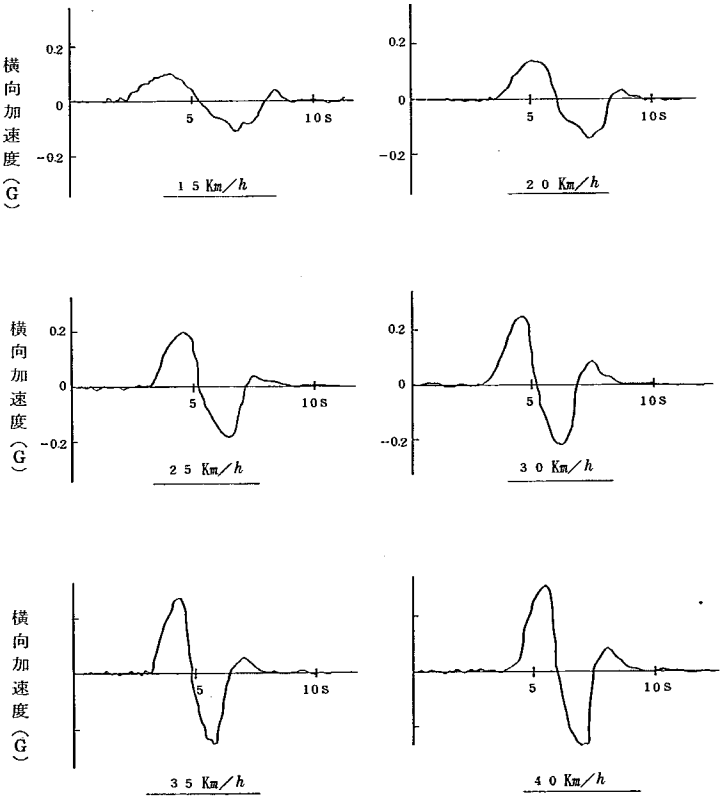
１５mの間隔のポールを車速４０Km／hで通過するような操舵をする機会は、通常の一般道路走行時には、前方への障害物のとび出しを回避するような場合に限られ、きわめて稀である。このような場合でも一応満足し得る性能を有していると言えそうである。

740

前記①から⑥については、データ及びフィーリング結果を検討したところ、問題ないレベルにあると判断できる。

なお　ローリングは、一般の大型車に比べて、きわめて少ない。これは、車両重量の中のかなめの比率を占める主バッテリが、実験車の床下に収められたため、車両重心高が低くなっていることに起因する。

以上よりガイドウェイ走行及び一般道路走行が可能となるようにとりつけた諸装置が、操安性に与える影響はほとんど見られず、ガイドウェイ走行、一般道路走行の両立に問題がないことを確認した。



図Ⅳ　2．3－1 車線移行時の横向加速度波形（重心点）（022号車）

741

3. 車内騒音試験

3.1 実験目的

乗りものの発達当初においては、騒音はあまり問題ではなく、ただ動けば良かった。しかし、今日においては、それらの車外に発する騒音は大きな社会問題の1つであり、また室内においては、その乗りものの快適性を左右する大きな要因の1つとなっている。そこで筑波における デュアルモード・バス車両の車内騒音レベルを知るため測定を行なう。（車外騒音に関しては建設省土木研究所によって別途測定がなされている。）

3.2 実験方法

3.2.1 実験条件

実験条件を下記に示す。

表Ⅳ 3.2－1 車内騒音実験条件

		021 号車	022 号車
積載条件		計測器 ＋ 実験員	
タイヤ圧	前輪	7.5 Kg/cm²	6.25 Kg/cm²
	後輪	7.0 Kg/cm²	内5.75 Kg/cm² 外6.25 Kg/cm²
車速		20~40 Km/h	10~45 Km/h
使用路面		ガイドウェイ	ガイドウェイ 一般道路
路面状況		乾燥アスファルト	乾燥コンクリート

3.2.2 測定項目

以下に測定項目

1）前部騒音レベル

2）中央部騒音レベル

3）後部騒音レベル

但し022号車については各々2列座席の中央通路寄り座席

3.2.3 測定方法

測定は乗客の耳の位置で行なう。

使用計測器はB＆K社製騒音計である。

なお、参考のため022号車については車速40 Km／h時の後部座席における車内騒

音に関しては1／3オクターブフィルタによる分析を行なった。

3.3 実験結果

3.3.1 021号車

車内騒音一般道路走行……図Ⅳ 3.3－1

車内騒音ガイドウェイC部……図Ⅳ 3.3－2

車内騒音－6%（ガイドウェイ）……図Ⅳ 3.3－3

車内騒音ガイドウェイA部……図Ⅳ 3.3－4

車内騒音ガイドウェイB部……図Ⅳ 3.3－5

3.3.2 022号車

車内騒音レベル……図Ⅳ 3.3－6

車内騒音周波数分析……図Ⅳ 3.3－7

車内騒音の路面による差……図Ⅳ 3.3－8

3.4 考 察

3.4.1 021号車

車内騒音は位置により異なり、前席部が最も小さく後部が最も大きくなる傾向にある。後席が最も大きくなるのはチョッパ・主電動機・集電シューが近いためである。また中央席の騒音が比較的大きいのは、油圧パワーユニットのモータ騒音が加わるためと思われる。

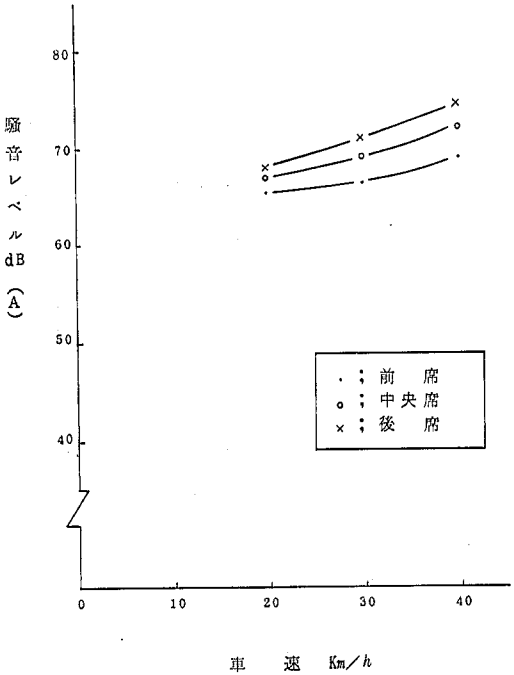
一般道路走行とガイドウェイ走行を比較すると、前席ではガイドウェイ走行の方が2～3 dB 高い傾向を示している。この原因は本実験時に装着していた集電シュー材質に硬いものを使用していたため、摺動音が大きくなり、この影響を受けたものと思われる。

コンクリート舗装路とアスファルト舗装路を比較すると低速域で大きく差が出ており、コンクリート舗装路の方が5 dB 程度高い値を示している。

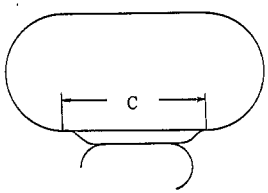
次に一般のバスとの比較であるが、一般のバスは40 Km／hの車速で前席、中央席は60～64 dB 程度、後席で67～70 dB 程度である。この値と比較すると021号車の場合、ガイドウェイ内走行では5～15 dB 高い値となっている。本実験車は騒音対策の面では、ほとんど配慮されていないため、高いレベルとなっているが、今後対策すべき問題点の1つである。

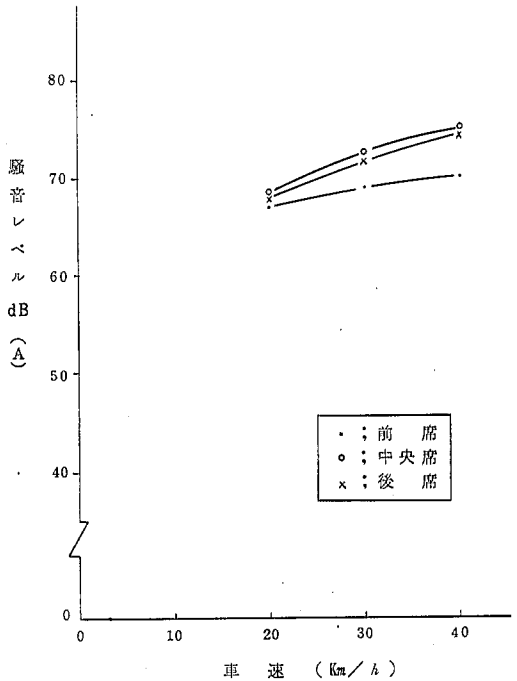
3.4.2 022号車

図Ⅳ 3.3－6によれば、車内騒音レベルは、後部座席における騒音レベルがやや高くなっているが、これは、主電動機、動力制御装置、リアクトルなどが車両後部にとりつけられており、これらから発生するチョッピング音のためであると推定される。



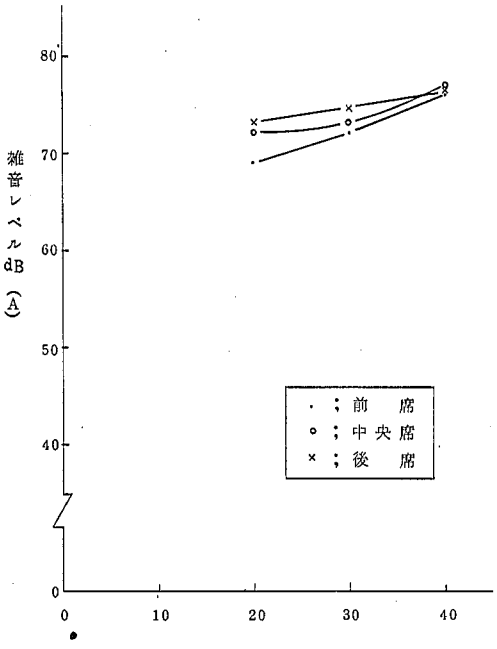
車内騒音（021号車）
一般道路走行
図Ⅳ　3．3－1





車内騒音（021号車）
ガイドウエイC部
図Ⅳ　3．3－2

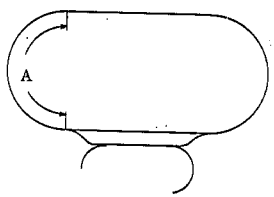
7444

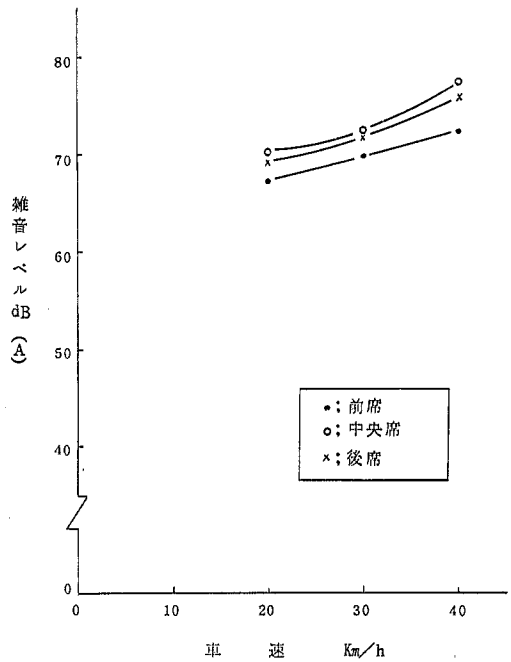


車　内　騒　音　（021号車）

ガイドウェイー6％勾配部

図Ⅳ　3．3－3

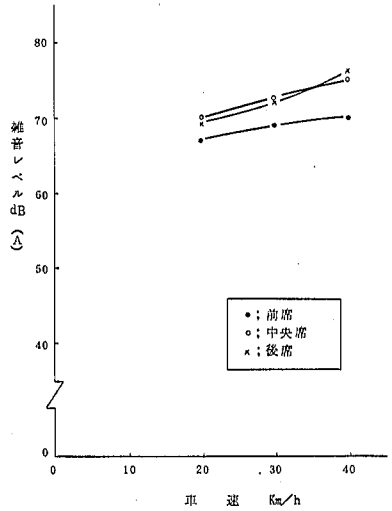


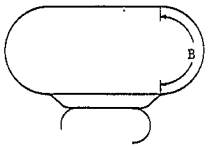


車内騒音（021号車）

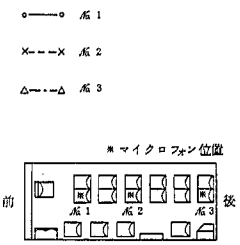
ガイドウエイA部

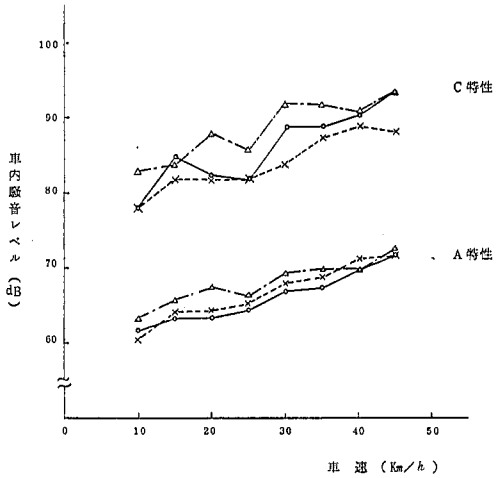
図Ⅳ　3・3－4



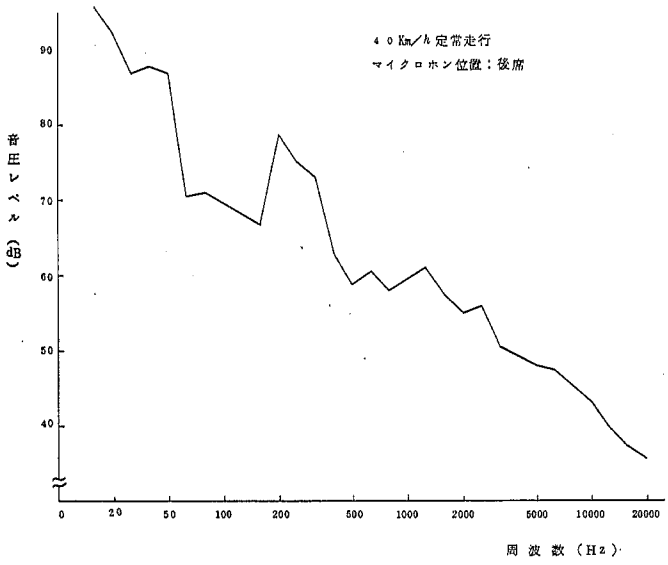


車内騒音（０２１号車）
ガイドウエイ（Ｂ部）
図Ⅳ　３・３－５

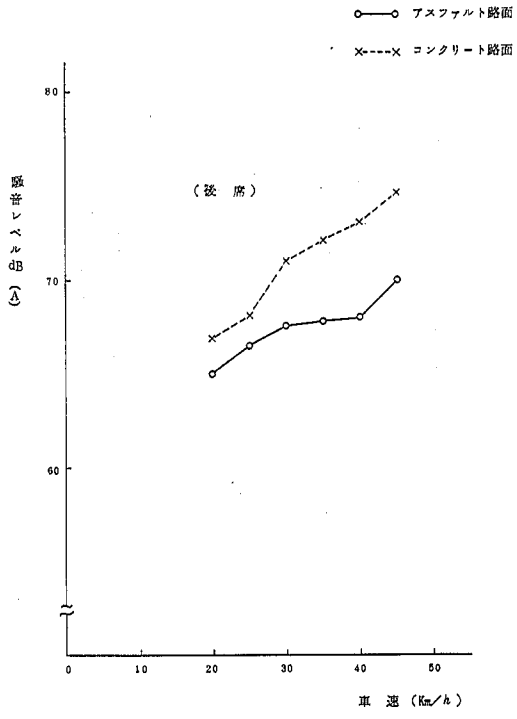




図Ⅳ　３．３－６車内騒音レベル（０２２号車）



図Ⅳ 3．3－7 車内騒音周波数分析（022号車）（1/1オクターブ）



図Ⅳ 3．3－8 車内騒音の路面による差（022号車）

またフィーリングによると車内のこもり音は全くなく、データ的にもC特性が全般的に低くなっている。

図Ⅳ　3.3－7によれば、約２００～３００Hz 付近にピークがある。これはチョッピング音によるものと思われる。

図Ⅳ　3.3－8によれば、アスファルト路面の方が、コンクリート路面よりも車内騒音レベルが低くなっている。これは、アスファルト路面の方がコンクリート路面に比べて平担性が良くできているためであろう。

全般的に、車内騒音は電気自動車としては、まずまずのレベルである。主電動機、動力制御装置、リアクトルなどの防振支持や車両の遮音に注意を払うことにより、さらに静かなものとなろう。

また、路面については、現在のガイドウェイのコンクリート舗装の部分程度の路面荒さは、部分的に使用するのであれば、許容できるが、長い区間にわたっていると、車内騒音の面から問題があり、路面の平担性を改善する必要があろう。

4. 集電装置試験

4.1 実験目的

集電性能は集電装置の性能の基本的要素であり，集電装置や電力線部の設計を行う上で欠かすことができない。また，車両の挙動とも関係があり，ガイドウェイ施工精度や操向性能とも関連づけて考慮すべきものである。

集電シューは摺動しながら集電するため，摺動による機械的な摩耗が生ずる。また離線のときアークにより溶けたり放電摩耗を生ずることがある。その他，摺動部のグリースの有無や電力線に対する押付力などによって摩耗状況が変化することが考えられる。デュアルモード・バスを実際の運行に供するためには保守工数を極力少なくすることが必要であり，集電シュー，電力線は摩耗しにくいことが要求される。

デュアルモード・バスは一般道路では，車両搭載の主バッテリからの給電を動力源とした電気自動車であり，一般のバスに比べて騒音面で有利であることが考えられるが，ガイドウェイ内では電力線より集電しながら走行するため，摺動騒音が加わる。デュアルモード・バスを実用に供するためには，極力騒音を小さくすることが要求され，騒音特性の把握が必要である。

本実験では集電装置の性能の基本的要素である，上記3点についての諸特性を把握することを実験目的とする。

4.2 実験方法

4.2.1 実験条件

1) 集電性能

実験条件を下の表に示す。

表Ⅳ 4.2－1 集電性能実験条件

	021号車	022号車
測定区間	本線全区間	図4.2－1参照
車速	20～40km/h	20km/h，40km/h
電力線電圧	直流 430 V	
電力線状況	乾燥状態	
集電シュー押付力	5.3 kg，6.3 kg	5 kg，10 kg
集電装置状況	乾燥状態	

2) 耐摩耗特性

下記に実験条件を示す。

表Ⅳ　4.2－2　耐摩耗特性実験条件

	021号車	022号車
集電シュー	銅系焼結合金	
電力線	銅系剛体トロリ	
集電シュー押付力	5.3 kg	5 kg
測定期間	S50年10月～S51年11月	

3) 騒音特性

下記に実験条件を示す。

表Ⅳ　4.2－3　騒音特性実験条件

	021号車	022号車
集電シュー押付力	5.3kg．0kg（集電装置とり外し）	10kg．5kg．0kg（集電装置とり外し）
車速	20km／h～40km／h	20km／h．40km／h
測定場所	電力線継目点．電力線継目無点	
路面状況	乾燥　アスファルト	

4.2.2　測定項目

1) 集電性能

- 離線率
- 離線時間

2) 耐摩耗特性

- 集電シューの摩耗深さ
- 集電シューの摩耗重量

3) 騒音特性

- 騒音（指示騒音計Aレンジ）

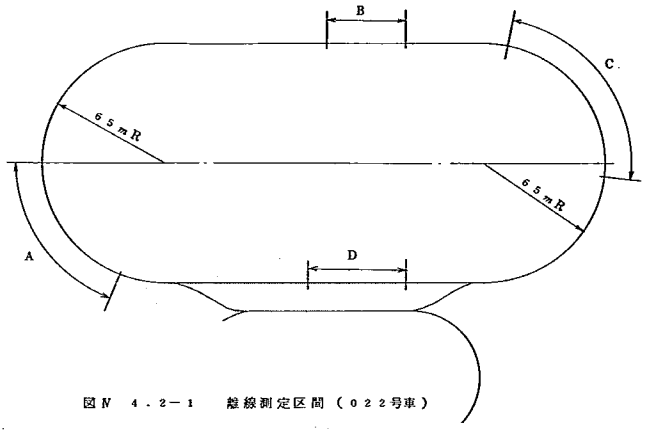
4.2.3　測定方法

1) 集電性能

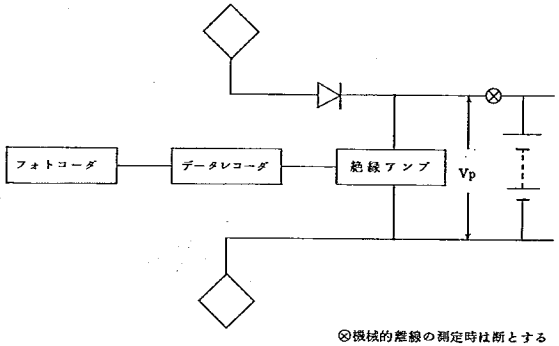
離線には機械的離線と電気的離線がある。機械的離線とは集電シューと電力線が離れることである。電気的離線とは集電シューと電力線が離れてもアークにより電力供給が行われていれば離線とみなさず，電力供給が断たれた場合を離線として扱う。なお，厳密には電力線電圧に対して，集電シューの受電電圧は，アークが生ずる際には低下する場合があり，低下を考慮して80％，90％電気的離線率等の表示をする。今回の実験では，021号車の場合には機械的離線率と電気的離線率（50％離線）を測定した。

測定方法は図Ⅳ 4.2－2に示すように，Vp を測定した。

750



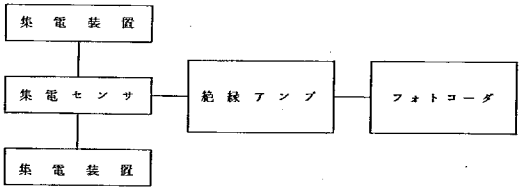
図Ⅳ　4．2－1　　離線測定区間（022号車）



⊗機械的離線の測定時は断とする

離線率測定ブロック図　（021号車）

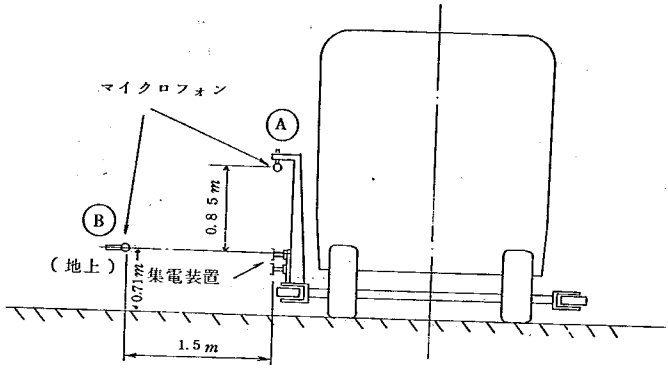
図Ⅳ　4．2－2



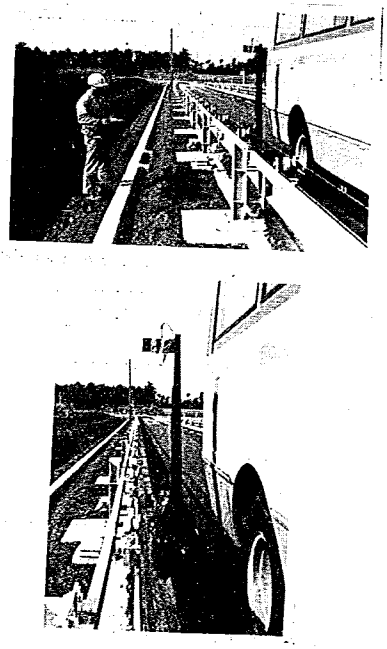
集電性能測定ブロック　（022号車）

図Ⅳ　4．2－3

151



図Ⅳ　4．2－4　マイクロフォン設置位置



図Ⅳ　4・2－5　集電装置騒音測定状況（022号車）

752

なお，機械的離線率の測定は⊗部を断とし，バッテリ駆動により行った。022号車の場合には，図Ⅳ 4.2－1に示す区間を走行し車速及び集電シューの押付力をパラメータとして，機械的離線率を測定した。この時主電動機は，集電装置ときりはなして主バッテリで走行して実験した。図Ⅳ 4.2－3に測定ブロック図を示す。

2) 耐摩耗特性

集電シューの摩耗については，独立した実験は行わず，諸実験過程で，ある程度摩耗した時点でガイドウェイ走行距離に対しての摩耗量を測定し，データの蓄積を行った。なお，022号車の場合には，走行距離は車両の走行距離積算計の表示を用いたが，集電シューと電力線が接触して走行した実質走行距離は，一般路走行を含むのでこれより若干少ない。

3) 騒音測定

図Ⅳ 4.2－4に示すA．Bの2箇所にマイクロホンを設置する。

Aにおける騒音は，一旦磁気テープに録音し，テープ再生音を較正することによって行った。

Bにおける騒音は指示騒音計Aレンジで直接読みとった。

測定状況を図 4.2－5の写真に示す。なお，021号車の場合はBにおける騒音のみを測定した。

4.3. 実験結果

4.3.1 021号車

1) 集電性能

離線率	表Ⅳ 4.3－1
離線箇所と離線時間	表Ⅳ 4.3－2
離線波形例	図Ⅳ 4.3－1

2) 耐摩耗特性

集電シュー摩耗結果	表Ⅳ 4.3－3

3) 騒音特性

車外騒音	図Ⅳ 4.3－2、
車外騒音	図Ⅳ 4.3－3
車外騒音	図Ⅳ 4.3－4
車外騒音	図Ⅳ 4.3－5

4.3.2 022号車

1) 集電性能

離線 測定データ例	図Ⅳ 4.3－6

直線部の離線率　　図Ⅳ　4.3－7

曲線部の離線率　　図Ⅳ　4.3－8

最大離線時間　　表Ⅳ　4.3－4

離線頻度　　表Ⅳ　4.3－5

2)　耐摩耗特性

走行距離と集電シュー摩耗量　　図Ⅳ　4.3－9

集電シュー摩耗状況　　図Ⅳ　4.3－10

3)　騒音特性

騒音測定結果　　表Ⅳ　4.3－6

表Ⅳ　4.3－1　離線率（021号車）

L寸法 mm	電力線押付力 kg	集電シューとバッテリの接続	離線率 %				最大離線時間msec			離線回数	
			10km/h	20km/h	30km/h	40km/h	20km/h	30km/h	40km/h	20km/h	40km/h
46	5.3	断	0.44	1.05	5.81	6.3	400	330	430	26	158
61	5.3	断	—	0.077	0.16	0.16	60	30	50	8	33
		接	—	0.018	0.027	0.23	25	25	50	1	38
	6.5	接	—	—	0.037	0.036	—	30	25	—	5
76	5.3	断	—	0.037	0.098	0.44	40	40	40	4	52
		接	0	0.015	0.046	0.123	40	40	50	1	23

4.4　考　　察

4.4.1　021号車

1)　集電性能

現在のガイドウェイ寸法ではL寸法（表Ⅳ　4.3－1）は誘導壁固定ボルトとの干渉があるため46mmが限度であるが，本線部のみの走行であれば特に限度がないため，本線部のみの離線率を測定した。

離線に大きく影響を与えるのは

①　集電シュー張出量（L寸法）

②　電力線への押付力

③　誘導壁，電力線の施工精度

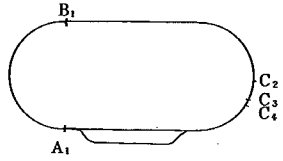
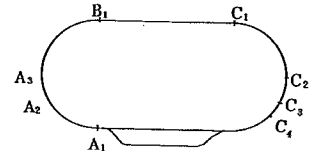
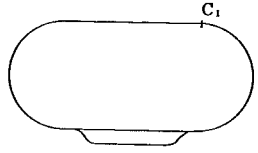
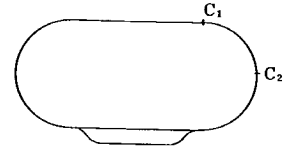
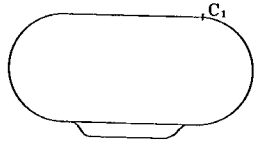
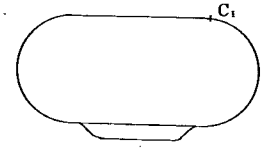
である。

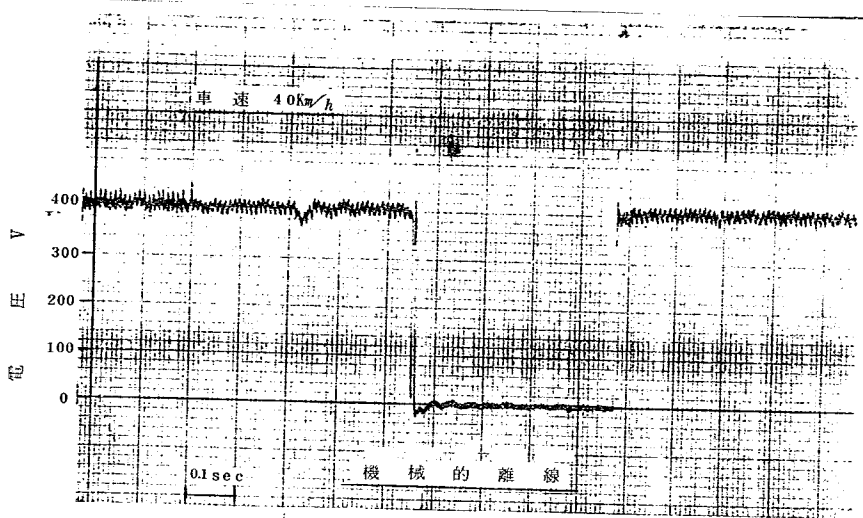
①については，誘導装置自体の拡張時の寸法にもよるが，電力線に密着した状態からの余裕ストロークが50mm確保出来れば離線率は1%以下におさえられる。

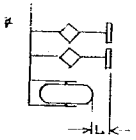
②については，今回の実験では変化量が小さかったが，明らかに押付力を増す

754

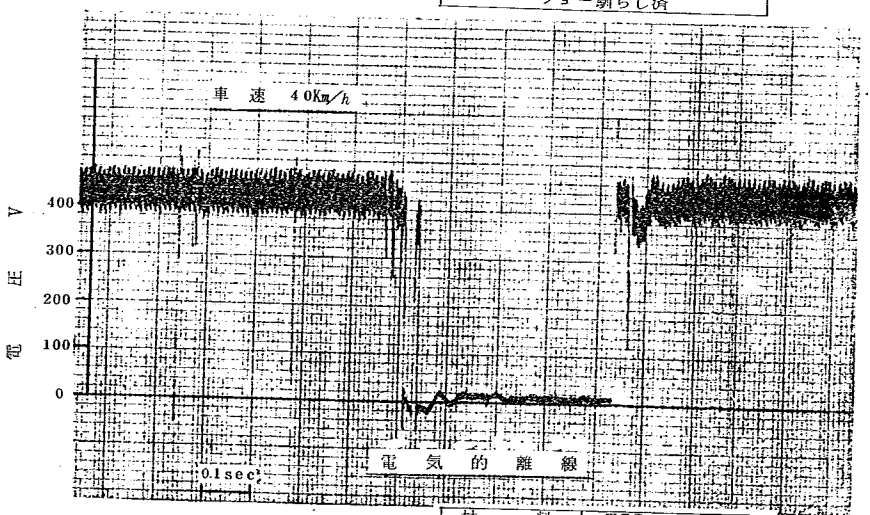
表Ⅳ 4．3－2　離線箇所と離線時間（０２１号車）

L寸法	20 Km／h	40 Km／h
46 mm	 A1；400m sec　C2；175m sec B1；250m sec　C3；150m sec C4；150m sec	 A1；140m sec　C1；50m sec A2；200m sec　C2；430m sec A3；120m sec　C3；125m sec B1；260m sec　C4；200m sec
61 mm	 C1；25m sec	 C1；50m sec C2；25m sec
76 mm	 C1；40m sec	 C1；50m sec





材 料	TCS83 カーボン付
L 寸 法 (mm)	46
スプリング	中
パンタ・バッテリ接続	接
シュー剔らし済	



材 料	TCS83 カーボン付
L 寸 法 (mm)	46
スプリング	中
パンタ・バッテリ接続	接
シュー剔らし済	

離線波形例 (021号車)

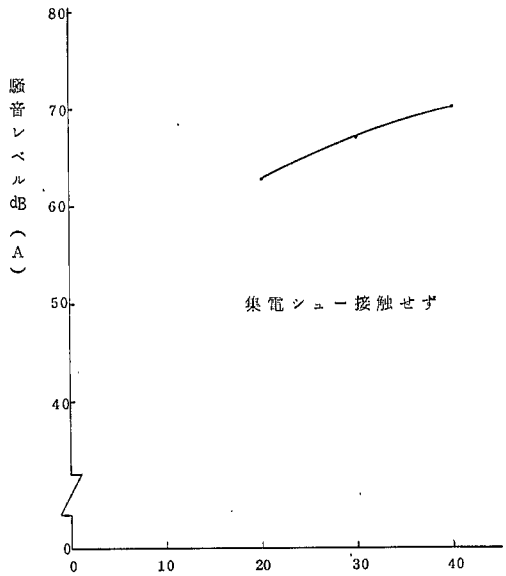
図Ⅳ 4.3-1

956

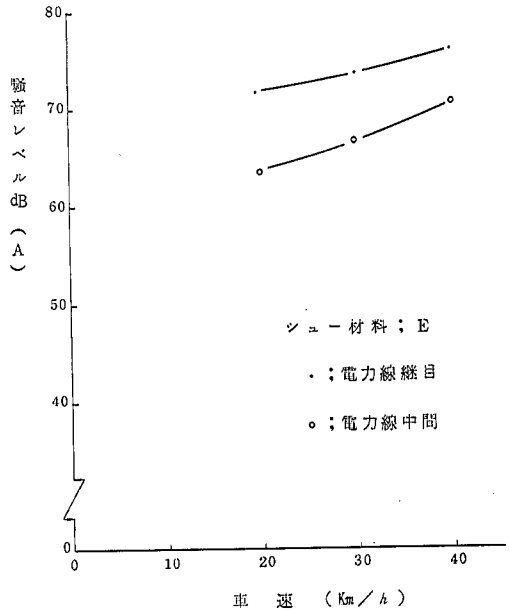
表Ⅳ　4．3－3　集電シュー摩耗結果　（021号車）

材質	開始	終了	ガイドウェイ走行距離	装着箇所	最大摩耗深さ	摩耗重量	備考
A (HB57)	50. 11. 28	50. 12. 12	192	右プラス側	2.2 mm	5.2 g	偏摩耗小
				右マイナス側	3.3	25.5	
B (HB80)	50. 12. 12	51. 2. 4	166	右プラス側	1.0	—	偏摩耗小
				右マイナス側	2.4	—	
C (HB80)	51. 4. 21	51. 8. 29	1100	右プラス側	0.7	—	偏摩耗小
				右マイナス側	2.0	—	
D (HB77)	51. 8. 29	51. 9. 10	600	右マイナス側	9.5	—	偏摩耗大 シューストローク不足のため離線多
A	51. 9. 10	51. 9. 28	790	右マイナス側	1.5	—	偏摩耗小
E (HB57)	51. 9. 28	51. 10. 18	754	右マイナス側	5.7	—	偏摩耗大
B	51. 8. 29	51. 11. 24	3340	右プラス側	1.7	—	偏摩耗小
F (HB80)	51. 10. 18	51. 11. 24	1207	右マイナス側	5.7	41.8	偏摩耗大

（注）　材質A、Bは中央にカーボンシュー入りである。

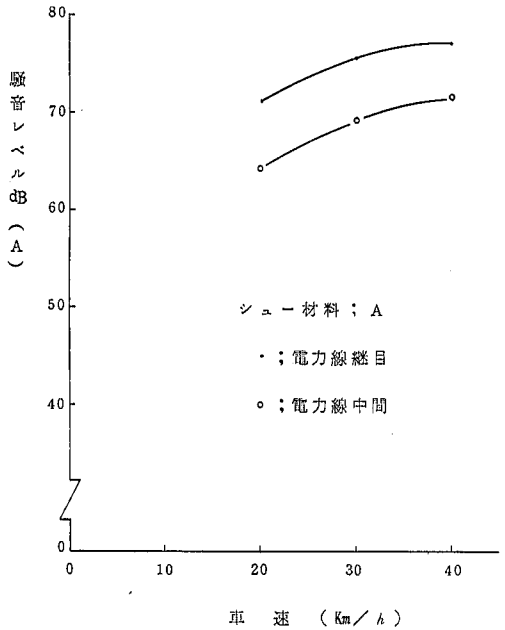


車外騒音
021号車
図Ⅳ　4．3－2

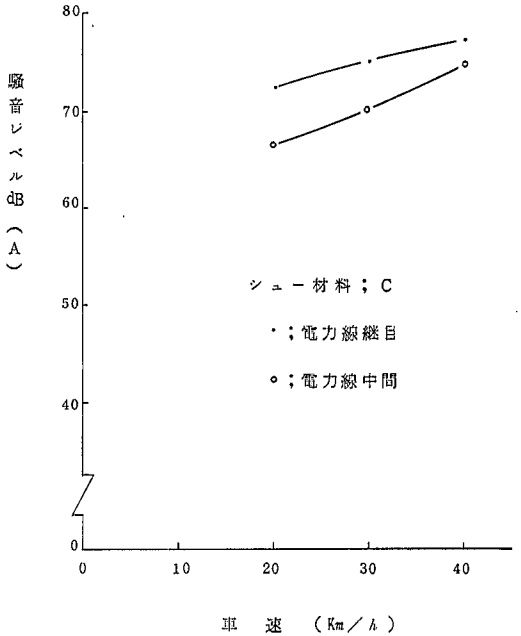


車外騒音
021号車
図Ⅳ　4．3－5

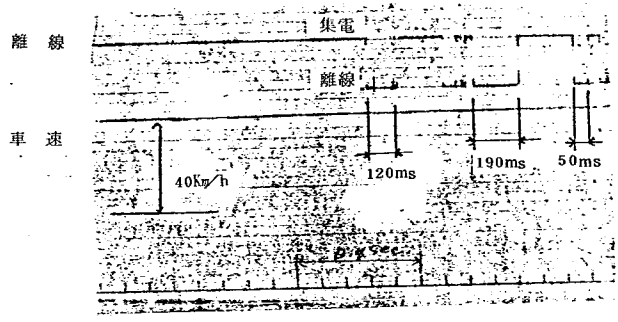
956



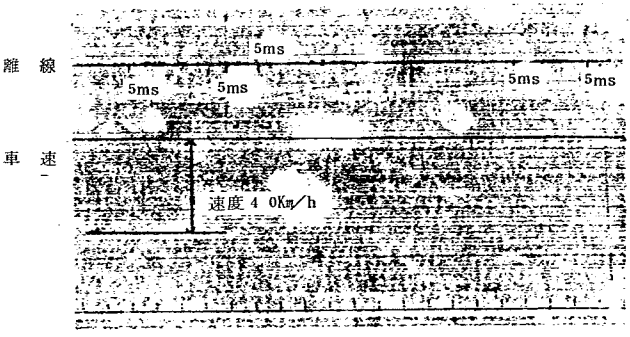
車外騒音
021号車
図Ⅳ　4．3－3



車外騒音
021号車
図Ⅳ　4．3－4



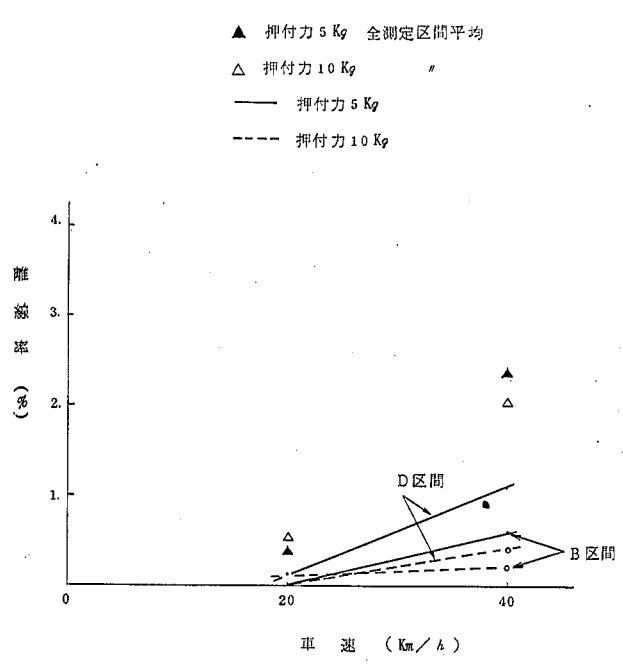
C区間後半付近（曲線部の例）



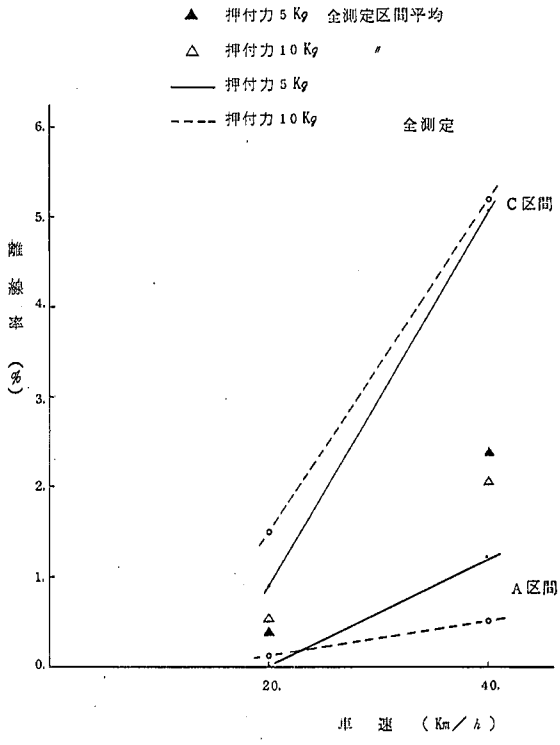
D区間進入部（直線部の例）

図Ⅳ　4．3－6　離線測定データ例（０２２号車）

760



図Ⅳ 4．3－7 直線部の離線率 （022号車）



図Ⅳ 4．3－8 曲線部の離線率 （022号車）

194

表Ⅳ　4．3－4　最大離線時間（022号車）

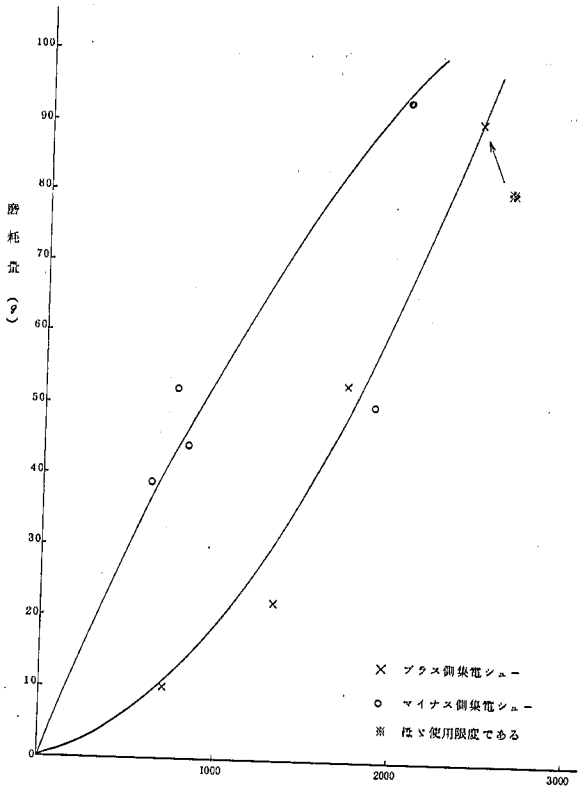
区間 / 速度(Km/h) / 押付力(Kg)	A		B		C		D	
	20	40	20	40	20	40	20	40
5	5	24	0	10	130	190	5	5
10	10	20	5	5	60	110	0	20

（単位　ms）

表Ⅳ　4．3－5　離線頻度（022号車）

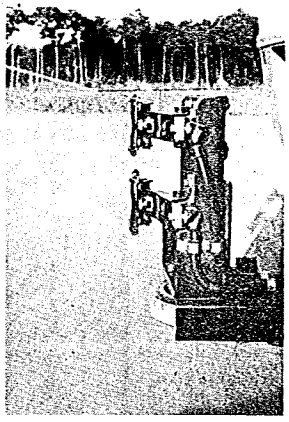
区間 / 押付力(Kg)	A	B	C	D
5	3.9	0	13.2	0
10	5.9	0	17.3	0

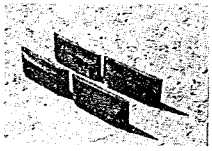
注：車速40Km/hで走行時、100m当りの10ms以上の離線回数

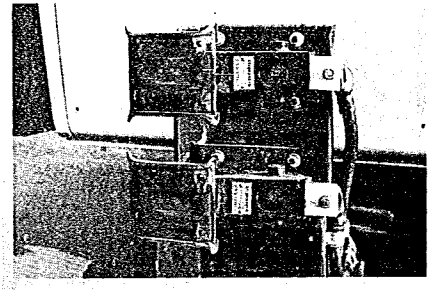


図Ⅳ　4．3－9　走行距離と集電シュー摩耗量（022号車）

762







図Ⅳ　4・3－10　集電シュー摩耗状況（０２２号車）

表Ⅳ　4．3－6　騒音測定結果　（０２２号車）

測定場所 / 押付力 / 速度(Km/h)		車両側 Ⓐ	地上側 Ⓑ	
			トロリー継目点	トロリー継目無点
10 Kg	20	80～85	74.5	74
	40	82～87	84	82.5
5 Kg	20	78～81	74.5	72.5
	40	82～86	83.5	82
0 Kg	20	76～80	73	73
集電装置とりはずし	40	80～85	84.5	83

単位（dB）

と離線は少なくなる傾向を示している。押付力の適正値については集電シューの摩耗とのかね合いから決める必要があり，今後の課題となろう。

③については，表Ⅳ　4.3－2に示すように離線箇所は一定の場所で生じている。特にC，部については電力線の継目部の不整があり，この影響がでている。

2)　耐摩耗特性

集電シューの摩耗に大きく影響を与えると思われる項目は，

①　シューの材質

②　離線の有無

③　グリースの有無

④　押　付　力

⑤　シューの迎え角

である。

①については，今回の実験では6種類の材質を試験したが，試験条計（②,③,⑤項）の差が大きいため，定性的な把握を行うことは出来なかった。

②については，明らかに大きな影響が出ている。離線が大きくなるとアークによるシューの溶解と放電摩耗が同時に生ずるため，摩耗は急速に進展する。特にマイナス側のシューは放電摩耗の影響が著しい。

③については，グリース塗付前後に大きな差が出ており，グリースが切れると急激に機械摩耗は大きくなる。

④については，今回の実験では全て一定条件（5.3kg）で行ったため把握できないが，放電摩耗の影響が大きいことから判断して，離線対策効果の大きいレベルまで押付力は上げた方が良さそうである。

⑤については，適正迎え角があることが，シューの偏摩耗の状況からわかる。今回の実験では意識的には変更していないが，スプリングの経時変化等によって，必ずしも安定した状態に保てたとはいえず，今後の課題であろう。

3)　摺　動　音

40km／hに於ける騒音をまとめると下表のようになる。

表Ⅳ　4.4－1

dB(A)

材　　質	中　　間	継　　目
接　触　せ　ず	70	70
A　（Hs57）	71.5	77
C　（Hs80）	74.5	77
F　（Hs57）	70.5	76

上の表より次のことが言える。

① シュー材質の硬度が増すと騒音レベルは上る。

② 電力線継目部の騒音が大きい。

①については，耐摩耗性との兼ね合いで決める必要があり，今後の検討課題である。

②については，継目部の音が誘導壁に伝播して，騒音を増巾している。このため対策するには継目部の改善と同時に誘導壁への伝播を遮断するか，誘導壁構造を共振しないようにする必要がある。

4.4.2 022号車

1) 集電性能

A～D区間の平均離線率は，車速40km/hで押付力5kgのとき2.4%で，最大離線時間は190msであった。

以下に車速，押付力及び場所による離線率への影響について考察する。

車速による離線への影響に関しては，図Ⅳ 4.3－6及び図Ⅳ 4.3－8でわかるように，一般的に摺動接触による集電装置に見られるような車速が増加すると離線率が上昇する傾向があった。

押付力の離線への影響に関しては，図Ⅳ 4.3－7及び図Ⅳ 4.3－8でわかるように，40km/h走行時には集電装置の押付力が大きい方が離線率が小さい傾向があったが，20km/h走行時にはあまり差がなかった。理論的には，集電シューの押付力に比例し，速度の2乗に反比例して，追随可能な電力線の凹凸の振幅，周期が決まる。本実験線の凹凸状態が押付力5kg，10kgに対して車速20km/h では追随可能な範囲のものが多ったために，車速20km/hでは押付力による差はあまり表われなかったと思われる。ここでC区間については特性が異なっているが，これは下記のように場所による影響が大きいためと思われる。

場所による離線への影響に関しては，図Ⅳ 4.3－7，図Ⅳ 4.3－8，表Ⅳ 4.3－4及び表Ⅳ 4.3－5に示すように，C．A区間の曲線部がB，D区間の直線部より，離線率，最大離線時間及び離線頻度が多い。これは曲線部走行時の車両の挙動もある程度は影響していると考えられるが，曲線部での電力線の設置精度，特に電力線の接続部での段差や接続用側板の接触面への突出しが主たる原因と思われる。

特にC区間は他の3区間に比べて離線率が非常に悪いが，C区間の電力線の設置精度をA区間並みに改善すれば40km/h走行時でも離線率を1%程度にすることは可能であると今回の実験結果から判断している。

2) 耐摩耗特性

図Ⅳ 4.3－9に走行距離に対する集電シューの摩耗量をプラス側集電シュー マイナス側集電シューについて示す。

集電シューは新品の厚さ10㎜のものを用いた。図Ⅳ 4.3－9における※印の集電シューは厚さが1㎜になる部分が生じるまで使用したものである。したがって，この時を集電シューの使用限度とすると寿命は約2400㎞である。

集電シューは図Ⅳ 4.3－10の写真に示す如く，均一に摩耗せず，電力線と接触し，しかも，面圧が高い部分で摩耗がはげしい。したがって，集電シューの寿命を長くするには，集電シューが電力線にまんべんなく接触すると共に，集電シューの接触面圧ができるだけ均一になるようにすることが望ましい。

図Ⅳ 4.3－9から，プラス側集電シューとマイナス側集電シューの摩耗の進行には差があるようである。しかし，これはデータ数が少なく，また，集電シューの使用条件が，気候や電力線潤滑状態の点でまったく同じでないため断言できない。

3) 騒音特性

表Ⅳ 4.3－6より地上側Ⓑでの測定においては，集電装置有無差，集電シュー押付力差による騒音差はないといってよい。このことは地上側Ⓑにおいては，集電装置以外の車両走行音が騒音レベルを支配していることを意味している。車速による騒音差は大きく，車速が20㎞／hと40㎞／hで約10dBの差が生じているが，これは車速が高くなったことによる集電装置以外の車両走行音の増大のためと言ってよいであろう。

車両側Ⓐでの測定においては，車速が40㎞／hでは集電装置の有無，集電シュー押付力の差による騒音差はほとんどないが，車速20㎞／hでは，集電装置の有無，集電シュー押付力の差による騒音差がわずかであるがあらわれているようである。また，車速による騒音差は2～5dBであり，地上側Ⓑでの測定における騒音差に比べて小さい。これは音源に対する測定位置の影響であると考えられる。

以上のことから，騒音ピーク絶対値には集電装置による騒音よりも，走行騒音の方が大きな影響を与えていると言える。しかし，人間の耳は集電装置による音を聞き分けるため，集電装置による音自体の低下は今後とも考えていかねばならないだろう。

5. 主バッテリ充放電試験

5.1 実験目的

デュアルモード・バスの運行形態は，一般道路では主バッテリから放電しながら走行し，ガイドウェイに進入した後は主バッテリをフロート充電しながら走行する。

このように，デュアルモード・バスは，充電と放電を繰返すので，一般道路での放電量とガイドウェイでの充電量をうまくバランスさせれば，総走行距離が延ばせるというデ

ュアルモード・バスの特長を十分発揮できる。

今回の実験では，この点に留意して一般道路とガイドウェイの実験走行パターンを仮設定し，そのパターンにそった走行を繰返して充放電バランス及びバッテリ状態のチェックを行なうことを目的とする。

5.2 実験方法

5.2.1 実験条件

表Ⅳ 5.2－1

		021号車		022号車			
		一般道路走行 ガイドウェイ走行		一般道路走行 ガイドウェイ走行			
車両総重量		8450kg		9000kg			
	誘導輪	伸張		伸張			
	分岐輪	右		右			
	走行場所	ガイドウェイ本線部		ガイドウェイ本線部			
	電力線電源	OFF	ON	OFF	ON		
電力線電圧			430V		430V	460V	490V
電流制限装置			無		無	有	有
走行回数1回の実験パターン		図Ⅳ 5.2－1参照		表Ⅳ 5.2－2参照			

5.2.2 測定項目

1) 一般道路走行での放電々流・電圧
2) ガイドウェイ走行での充電々流・電圧
3) 一般道路走行での放電々気量（022号車）
4) ガイドウェイ走行での充電々気量（022号車）
5) 主バッテリの電解液比重
6) 主バッテリの電解液温度（022号車）
7) 外気温度（022号車）

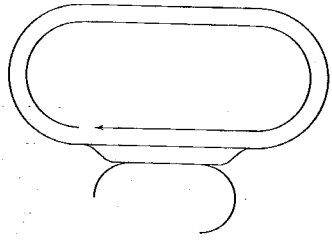
5.2.3 測定方法

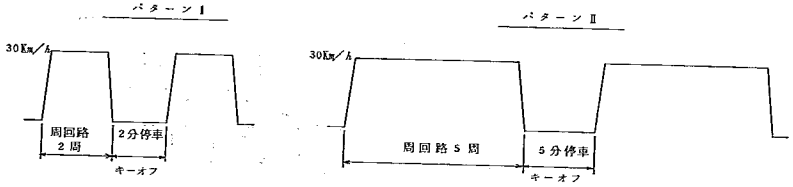
1) 021号車

(1) 電解液比重

ガイドウェイ走行を同一パターン（図Ⅳ 5.2－1）で走行し，各サイクル毎に比重を測定して，その変化率より充放電バランスを検討する。なお，比重の測定はパイロットセル1ケ所により行った。

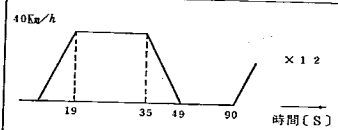
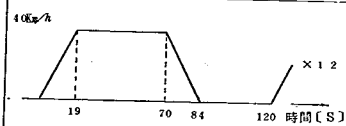
767





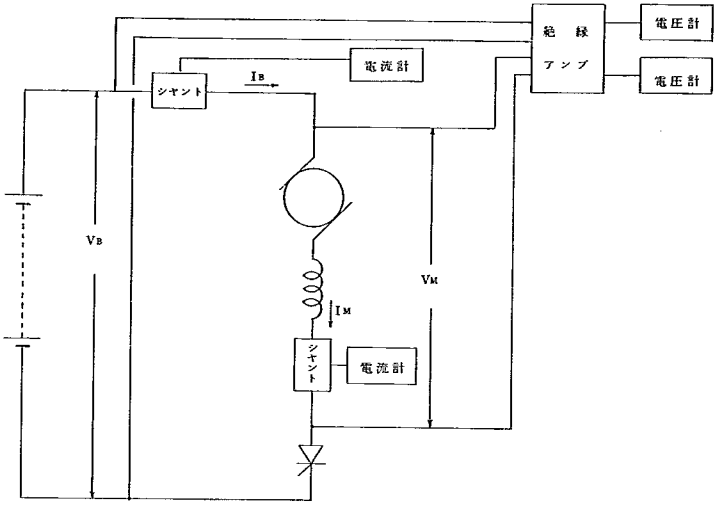
充放電特性走行パターン
021号車
図Ⅳ　5．2－1

表Ⅳ　5．2－2　充放電実験パターン　（022号車）

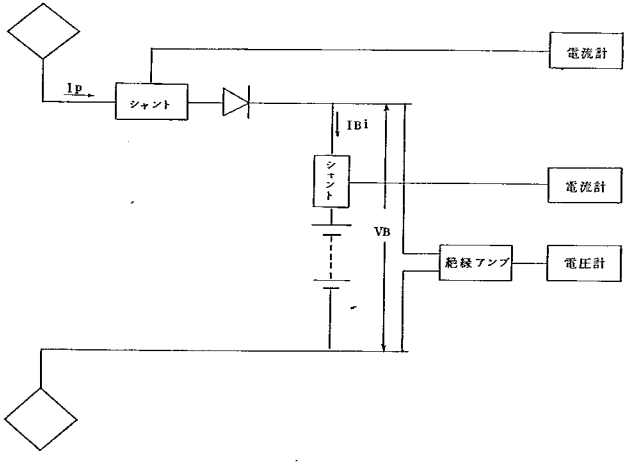
走行モード	実験パターン	所要時間	走行距離	備考
一般道路走行 （Mモード）		約　18分	4.5Km	ガイドウェイ 6周に相当
ガイドウェイ走行 （MOモード）		＊ 約　30分	9.0Km	ガイドウェイ 12周に相当

＊　チェック走行を想定した6分間の停車を含む

768



主電動機特性測定ブロック図　（021号車）
図Ⅳ　5．2－2



主バッテリ充電特性測定
ブロック図　（021号車）
図Ⅳ　5．2－3

769

(2) 充放電電流・電圧

充放電バランスを検討するために，簡便法として一般道路走行時の主電動機消費電力，主バッテリ消費電力等を測定し，ガイドウェイ走行時の充電電力と比較することにより求める。主バッテリ消費電力の測定，主バッテリ充電電力の測定は図Ⅳ 5.2－2，図Ⅳ 5.2－3に示すIB，VB．IBi より計算により求める。

2) 022号車

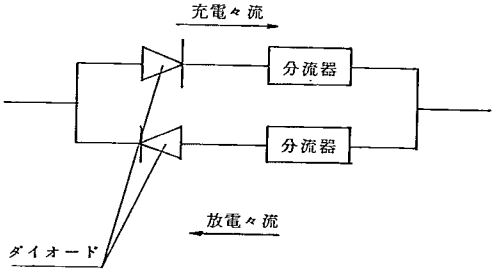
(1) 充放電々流・電圧

一般道路実験パターン1回分の走行に要する時間が約18分であり，ガイドウェイ実験パターン1回分の走行に要する時間が約30分である。したがって全走行中の充放電流・電圧を記録すると膨大なチャートが必要となるため，今回の実験ではサンプル的に充放電々流・電圧を測定し，打点式記録計に入力することとにした。

充放電バランスを見るために走行中の充放電々流と充放電時間を，また主バッテリの状態を見るためにピーク充放電々流とそのときの主バッテリ電圧を図Ⅳ 5.2－5に示す測定ブロック図で測定した。

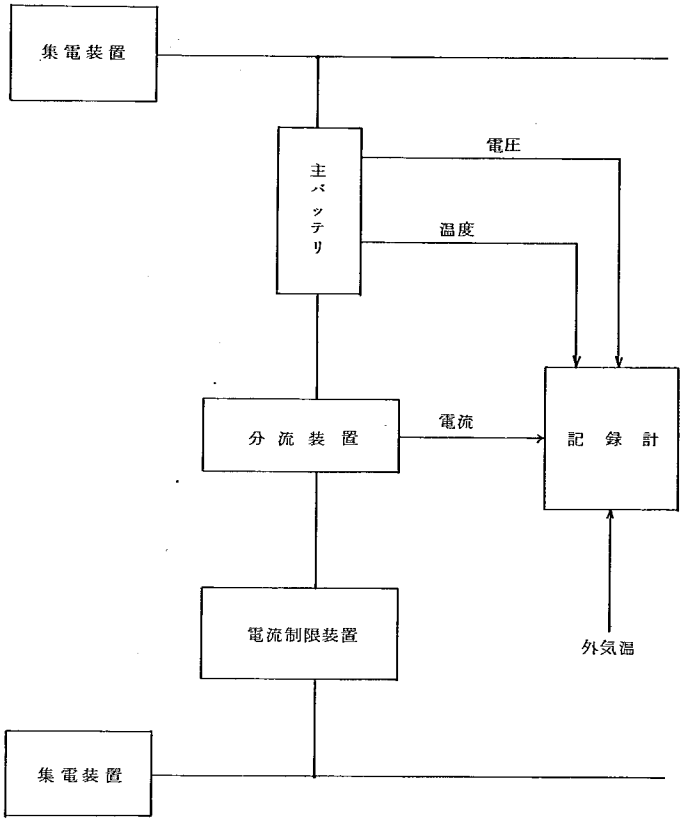
なお，充放電時間はチャートの時間スケールより読みとり，電力線電圧は0.5級携帯用電圧計で測定した。

また，ガイドウェイ上ではフローティング走行をするため，定常走行中や停車中には電力線からの充電々流が主バッテリに流れ，充電を行なうが，急加速中には主バッテリからも主電動機へ電力を供給する場合があるため，ガイドウェイ走行中も短時間ではあるが主バッテリから放電する。したがって図Ⅳ 5.2－4に示す様に分流器を2個並列に接続し，それぞれを逆方向にダイオードブロックして充放電々流が同時に測定できる構成とした。



図Ⅳ 5.2－4 充放電々流測定回路（022号車）

770



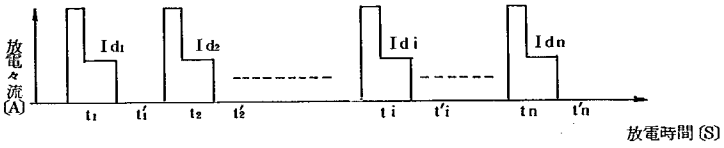
図Ⅳ　5.2－5　充放電実験測定ブロック図（０２２号車）

(2)　充放電々気量

充放電々気量を測定する方法には分流器両端の微小電圧を直流アンプで増幅し，同期モータ式カウンタを作動させてディジタル表示する直流電量計を使用する方法もあるが，今回の実験では(1)項で測定したチャートにより計算で算出することにした。以下に算出方法の概要を示す。

今，一般道路走行中の放電々流と放電時間が下図のようになったとすると

771



放電々気量　Qd〔A.h〕は

$$Qd = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^{n} \int_{ti}^{t'i} Idi\ dt \qquad 〔A\cdot h〕$$

となる。

また，ガイドウェイ走行中も同様に，充電々流をIdi〔A〕とし，充電時間をtci〔S〕，放電々流をIai〔A〕，放電時間をtai〔S〕とすると，ガイドウェイ走行中の充電々気量Qc〔A・h〕は

$$Qc = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^{n} \left(\int_{tci}^{tci'} Ici\ dt - \int_{tai}^{tai'} Iai\ dt \right) \qquad 〔A\cdot h〕$$

となる。

(3) 電解液比重

パイロットセルを2カ所設定し，比重計によって実験の前後にそれぞれ測定した。

(4) 主バッテリ温度及び外気温度

主バッテリ温度は，組バッテリの中央・側方・前方の3カ所にパイロットセルを設定し，それぞれの電解液中にサーミスタを挿入して打点式記録計で記録した。

また，外気温度は車両の中央ドア外部にサーミスタを貼りつけ，打点式記録計で記録した。

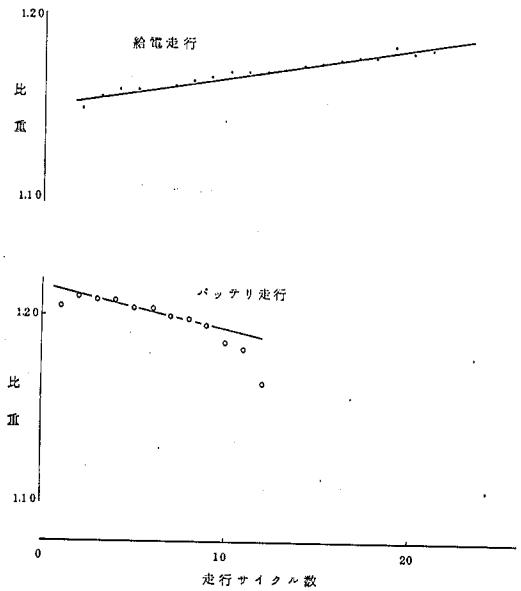
5.3 実験結果

5.3.1 021号車

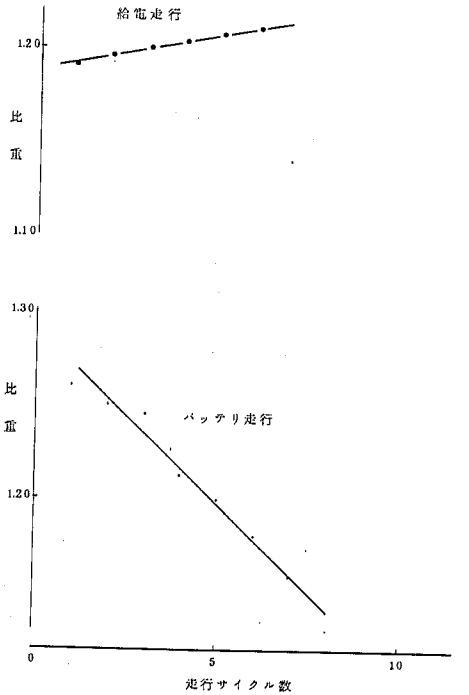
充放電比重変化特性（走行パターンⅠ）	図Ⅳ 5.3－1
充放電比重変化特性（走行パターンⅡ）	図Ⅳ 5.3－2
バッテリバランス走行比検討	図Ⅳ 5.3－3
バッテリ充放電特性	図Ⅳ 5.3－4
モータ特性	図Ⅳ 5.3－5

5.3.2 022号車

充放電々流・充放電々気量	表Ⅳ 5.3－1

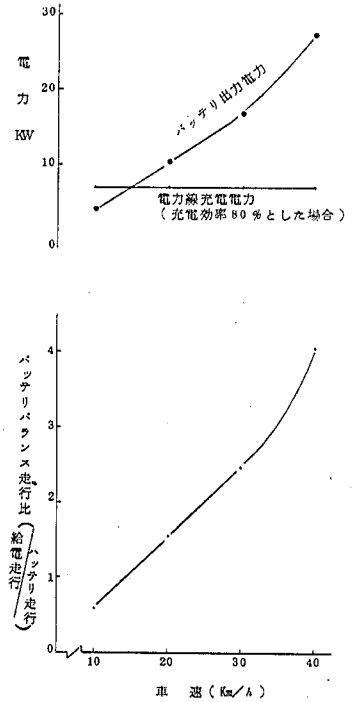


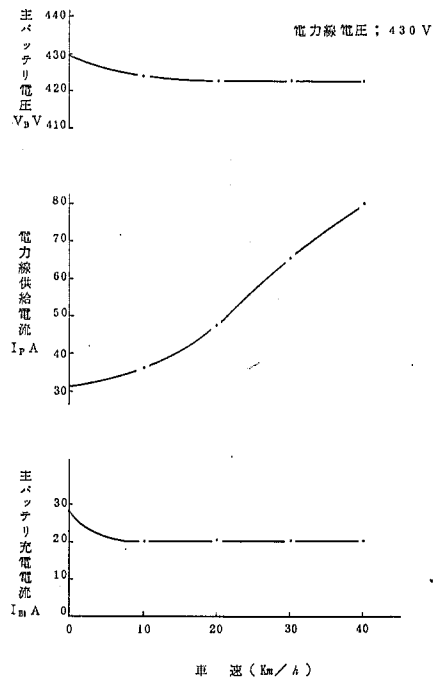
充放電比重変化特性
走行パターンⅠ　（021号車）
図Ⅳ　5．3－1



充放電比重変化特性
走行パターンⅡ　（021号車）
図Ⅳ　5．3－2

743





バッテリバランス走行比検討（021号車）
図Ⅳ　5．3－3

主バッテリ充電電流特性　（021号車）
図Ⅳ　5．3－4

モータ特性　（021号車）
図Ⅳ　5．3－5

表Ⅳ　5．3－1　充放電々流・電気量　（022号車）

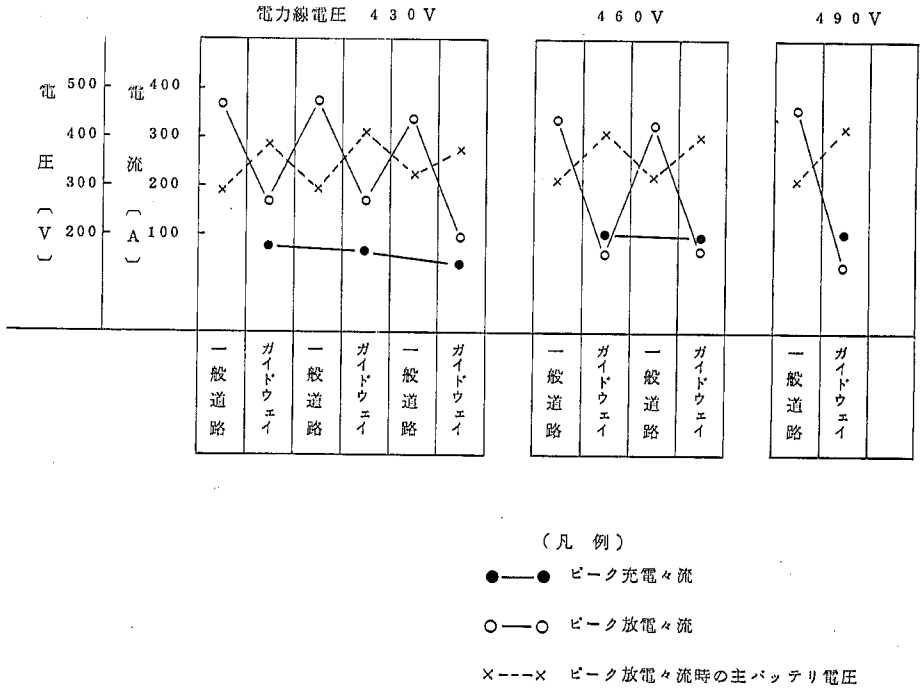
実験条件 / 測定項目	一般道路走行	ガイドウェイ走行		
		電力線電圧		
		430V	460V	490V
充電々流		平均 約40A	平均 約48A	平均 約60A
充電々気量		約 13A・h／1回走行	約 16A・h／1回走行	約 20A・h／1回走行
放電々流	平均 約140 A			
放電々気量	約14A・h／1回走行			

776

表Ⅳ　5．3－2　電解液比重・主バッテリ温度・外気温度（022号車）

実験条件＼測定項目		電解液比重		主バッテリ温度		外気温度	
電力線電圧	電流制限装置	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
430V	無	1.210	1.203	32℃	39℃	32℃	29℃
460V	有	1.225	1.225	42℃	46℃	34℃	34℃
490V	有	1.225	1.228	45℃	47.5℃	36℃	36℃

777



図Ⅳ　５．３－６　ピーク充放電々流・電圧（０２２号車）

ピーク充放電々流・電圧　　図Ⅳ　5.3－6

電解液比重，主バッテリ温度，外気温度　　表Ⅳ　5.3－2

5.4　考　　察

5.4.1　021号車

充放電特性把握のため2種類の実験を行った。1つは電力線電源をON.OFFさせて，車両をパターン走行させた場合のバッテリ比重変化から求めるものであり，もう一つは主電動機消費電力とバッテリ充電電力を測定して求めるものである。前者の方法は走行直後に比重測定を行うためバッテリセル内の比重の均一性が乏しいためかバラツキが大きく，ガイドウェイ走行／一般道路走行バランス走行距離比は，パターンⅠの場合1.4であり，パターンⅡの場合4.7となっている。

後者の方法によると図Ⅳ 5.3－4に示すように電力線からの充電電力は車速に影響されず安定した特性を示している。充電効率は80%以上と思われるので，この値を使用してバランス走行距離比を計算すると図Ⅳ 5.3－3になる。この図は一定車速の場合の特性を示したものであるが，実際の運行では加速・減速，一定速，停止の繰り返しとなるので，これらの条件を加味して検討する必要がある。仮りに前記条件を考慮して電力換算した平均車速が25 ～ 35km/h となった場合には，バランス走行距離比は2～3となり，設計目標である3を満たすことになる。

5.4.2　022号車

1)　充放電バランス

電力線電圧430V 時における実験開始時の主バッテリ状態は，電解液比重1.210 から判断すると約50%弱の放電状態であったと思われる。実験終了後の電解液比重が1.203 になったこと，及び一般道路での放電々気量が約14Ah（1回走行当り）で，ガイドウェイでの充電電気量が約13A h（1回走行当り）であったことから，電力線電圧430Vでは充放電バランスがとれなく，50%以上の放電状態でバランスしていくと思われる。

電力線電圧460V時は，実験開始前後の比重がともに1.225であり，一般道路での放電量が約14A・h（1回走行当り）でガイドウェイでの充電量が約16Ah（1回走行当り）であったことから，ほぼガッシング領域で充放電バランスがとれるものと思われる。

電力線電圧490V時には，実験開始前の比重1.225，実験終了後の比重1.228であり，放電電気量が約14A・h（1回走行当り）で充電電気量が約20A・h（1回走行当り）であったことから，過充電気気味になるものと思われる。

今回の実験は実験時間が不足し，走行回数が十分といえないため，断定することはできないが，今回の実験条件では，電力線電圧が430V～460Vの間に

あるとき，適切なバッテリ放電状態でバランスするものと思われる。

2) ピーク充放電電流

ピーク放電電流は３Ｃ（１Ｃは５時間率公称容量の数値）以内を設計目標としたが，今回の実験結果では2.5~2.8Ｃ程度であり余裕があるといえる。

また，ピーク充電電流はガイドウェイ走行開始直後の突入電流として現われたが，約１００A前後であった。このピーク充電電流が持続する時間はごく短時間であり，かつ温度上昇の実験結果からも主バッテリへの悪影響はないものと思われる。

3) 温度上昇

一般に鉛バッテリは，電解液温度が３０℃時の容量を公称容量としており，電解液温度が下がると容量が低下し，逆に電解液温度が異常に上昇するとバッテリ寿命に悪影響を与える。今回の実験中，約４時間の充放電走行で主バッテリの最高温度は４７.５℃であった。一般にバッテリ温度が６０℃以下であれば，バッテリに対する悪影響はほとんどないと思われるので，今回の実験条件では十分余裕があると思われる。

780

6. 誘導輪．分岐輪試験

6.1 実験目的

誘導輪．分岐輪はガイドウェイ走行に於いて，安全性確保の面から十分な強度を有していること必要であり，破損してはならない。また，耐摩耗性についても，サービス期間を考慮した一定レベル以上にあることが要求される。

本実験では誘導輪．分岐輪の耐久強度．耐摩耗性の把握とその他の問題把握を行うことを実験目的とする。

6.2 実験方法

6.2.1 実験条件

実験条件を下記に示す。

	021 号 車	022 号 車
車 両 重 量	8200~10000Kg	8000~9500Kg
車 速	0 ～ 50 Km/h	
誘導壁，分岐壁の表面状況	乾 燥，湿 潤	
期 間	S 50年 10月～S 51年 11月	

6.2.2 測定項目

誘導輪，分岐輪の下記の項目について調べる。

① 摩耗状況
② タイヤ部の破損の有無
③ リム．ディスクの強度
④ 軸受強度
⑤ 騒 音
⑥ 発熱状況

6.2.3 測定方法

本実験は独立して実施したわけではなく，諸実験を通じて派生的に生ずる問題点把握を行った。

6.3 結果および考察

6.3.1 021号車

1) 耐久性

(1) 誘導輪

誘導輪には当初，次のような問題があった。

(i) 前誘導輪ディスク部の亀裂

(ii) 内部充填ウレタン流出

(i)の原因については次のことが考えられる。

① 既製品プレス鉄板品を使用しており，負荷容量が過少であった。

② ガイドウェイの一部の巾寸法が設計値目標寸法に対して－３０㎜であり，過大な力が加わった。

③ 誘導壁から加わるプリロードが過大であった。

等であり，次の対策を行った。

㋑ アルミ製に変更した。

㋺ ガイドウェイ不整部を修正して，標準寸法に対して－１５㎜まで拡張した。

㋩ 誘導輪伸張寸法を－１０㎜とした。

以上の対策を行うことにより，現在までガイドウェイ走行距離２５００Km時点で異状は発生していない。

また，後輪については未対策品を使用しているが，ガイドウェイ走行距離６０００Km時点で異状が発生していない。

(ii)についての原因は次のことが考えられる。

㋑ ウレタン充填時点で均一な硬度が出ていなかった。

㋺ 耐熱性が極端に低かった。

等であり，対策としてウレタン材質を耐熱性向上品を使用した。この結果現在までガイドウェイ走行距離２５００Km時点で異状は発生していない。

(2) 分岐輪

現在までガイドウエイ走行距離６２００Km時点（後側）で特に問題は発生していない。

2) 耐摩耗性

(1) 誘導輪

耐熱対策ウレタンを充填した前誘導輪については，現在までのガイドウエイ走行距離２５００Km時点で摩耗，変形等は発生していない（ノギスで測定した結果，誤差範囲であった）。

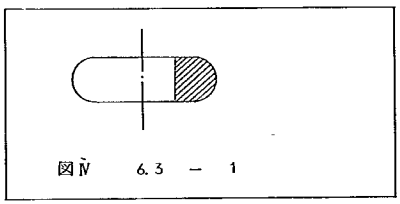
(2) 分岐輪

分岐輪摩耗結果は以下の通りである。

表 Ⅳ　6.3 － 1

		ガイドウェイ走行距離(Km)	径 変 化 量 (mm)
前	右 側	1400	－0.4
	左 側	2500	0
後	右 側	6200	0
	左 側	6200	0

上記結果によると前右側の摩耗が異常に大きいが，この原因は本線の分岐部の車速が比較的高いことと，分岐壁から作用する力が大きいことに起因していると考えられる。なお，摩耗の傾向は分岐輪の形状（図Ⅳ　6.3－1）から判断して直線的に増加するのではなく，徐々に減じてくると思われる。



図Ⅳ　6.3 － 1

3) 騒　音

誘導輪，分岐輪とも正常な取付状態であれば，特に問題にすることはないが，誘導輪に横すべり角が1°つくとすべり音が発生する。このため取付けの際は十分水平度に留意する必要がある。

4) そ の 他

ガイドウェイ走行距離2000Km程度で誘導輪全周にわたって微少なきずが発生している。後輪については6000Km走行しているが大きな進展はなく，現在まだ心配するほどではないが，今後の様子をみたい。

6.3.2　022号車

022号車を京浜に搬入して実験を開始して以来，総走行距離は約8000Kmである。このうち，誘導輪，分岐輪の耐久性に関係のあるガイドウェイ走行は約6500Km程度と推定される。

このような走行を行なった後の誘導輪，分岐輪の状態を点検してみたところ，特に異常は認められなかった。摩耗についても，計測できるほどの量ではなかった。また高速連続走行（50Km/hで30分間程度）後のタイヤ温度にも異常はなく，手で触れてみて常温であることを確認した。

耐久性を判断するには，現状の走行距離では十分とはいえないが，これまでの状況

からみて，耐久性の面では問題ないものと考えられる。

なお，走行中（特に高速で），誘導輪が誘導壁継目を通過する時の音が大きく，気になるが，これに対しては今後誘導輪の硬さや，誘導壁構造を見直すなどの検討が必要であろう。

7. 通信品質試験

7.1 実験目的

誘導通信による情報伝送の通信品質を決定する各要素について詳細な実験．解析を行い，通信品質について定量的に把握し，無人走行試験における誘導通信方式の設計仕様の妥当性を検討することを目的とする。

また，コード伝送試験を行い，現在のトーン方式による情報伝送との得失を検討する。

7.2 実験方法

7.2.1 測定項目

上記目的のため，次の各項目について試験を行う。

1) 通信回線雑音レベル測定

(1) 地上受信・高周波帯域内雑音

(2) 地上受信・高周波雑音分布周波数特性

(3) 車上受信・高周波帯域内雑音

(4) 車上受信・高周波雑音分布周波数特性

(5) 地上受信・復調雑音

(6) 車上受信・復調雑音

2) コード伝送試験

(1) 地　上　→　車上方向伝送誤り率

(2) 車　上　→　地上方向伝送誤り率

7.2.2 測定方法

1) 通信回線雑音

雑音測定に際し，車両の走行速度パターンは，図Ⅳ　7.2－1　に示すパターンを標準とする。以下の測定項目の中で走行状態をパラメータとする測定以外はすべてこの標準速度パターンで車両を走行させる。

また，測定値は制御通信回線・音声通信回線共制御区間一区間を最小区間単位として読み取り，その最大値をもってその区間の測定値とする。

(1) 地上受信　・　高周波帯域内雑音レベル測定

車両を標準速度パターンで走行させ，地上アンテナに誘起される雑音電圧を路

側制御装置内の受信装置入力部において選択レベル計で読み，その出力を対数増幅器を介しペンレコーダに記録する。この測定は制御通信回線・音声通信回線について，０２１号車・０２２号車それぞれについて行う。

図Ⅳ　7.2－2に測定ブロックを示す。

また，ガイドウェイ路面上に新に測定用ループアンテナを設置し，下記項目をパラメータとした雑音レベルの測定を行う。

i) 走行状態　（力行・惰行・電気制動）

ii) 集電状態　（集電走行・バッテリ走行）

iii) 雑音の種類　（平均値・準尖頭値）

図Ⅳ　7.2－3に測定用ループアンテナ設置状態，図Ⅳ　7.2－4に測定ブロックを示す。

(2) 地上受信・高周波雑音分布周波数特性

車両を走行させ，上記測定用ループアンテナに誘起される雑音電圧レベルの周波数特性を測定する。測定系は図Ⅳ　7.2－4と同じであり，測定周波数は８０KHz ～ ２２０KHzまでとする。

(3) 車上受信・高周波帯域内雑音レベル測定

車両を標準速度パターンで走行させ，車上通信機内の受信機入力部において車上アンテナに誘起される雑音電圧を電界強度測定器で読み，その出力を対数増幅器を介してペンレコーダに記録する。この測定は制御通信回線・音声通信回線について０２１号車・０２２号車それぞれについて行う。

図Ⅳ　7.2－5に測定ブロックを示す。

(4) 車上受信・高周波雑音分布周波数特性

車両を標準速度パターンで走行させ，測定用アンテナに誘起される雑音電圧の周波数特性を測定する。測定用アンテナは現在の制御用車上アンテナの位置に取り付ける。

図Ⅳ　7.2－6に測定用アンテナ取付位置，図Ⅳ　7.2－7に測定ブロックを示す。

(5) 地上受信・復調雑音レベル測定

車両を標準速度パターンで走行させ，路側制御装置内の受信装置復調出力部において復調雑音をレベル計で読み，対数増幅器を介しペンレコーダに記録する。測定は制御通信回線・音声通信回線について０２１号車・０２２号車それぞれについて行う。

図Ⅳ　7.2－8に測定ブロックを示す。

(6) 車上受信・復調雑音レベル測定

車両を標準速度パターンで走行させ，車上通信機内の受信機復調出力部にお

て，その復調雑音をレベル計で読み，その出力を対数増幅器を介してペンレコーダに記録する。測定は制御通信回線・音声通信回線について０２１号車・０２２号車それぞれ行う。

図Ⅳ　7.2－9に測定ブロックを示す。

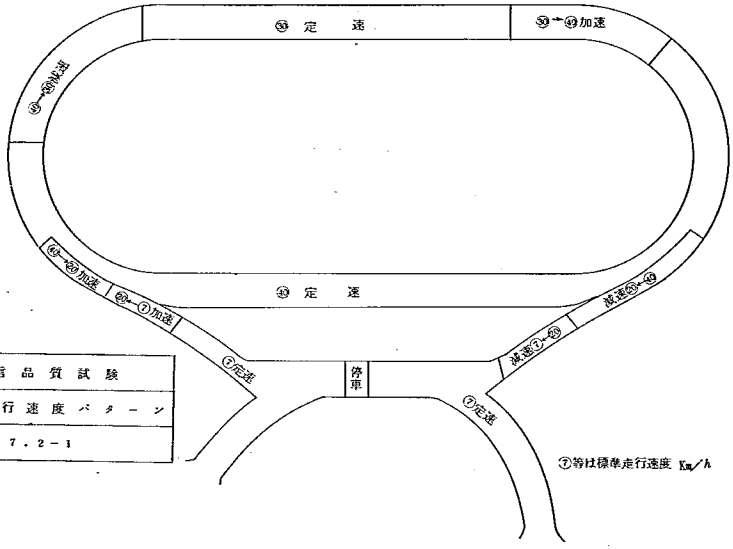
2)　コード伝送試験

コード伝送試験は連続走行試験と並行して行うため，音声通信回線を用いて試験を行う。

また，現在の通信機器の改造を行うことなく伝送試験を行うため，高周波系の音声用送受信装置はそのまま使う代りに新たにＦＳ変復調装置を追加する。このＦＳ変復調装置の仕様を，表Ⅳ　7.2－1に示す。

試験伝送速度は　200bit/sec　および　1200bit/sec　の二種類とし，地上→車上および車上→地上方向それぞれ単独に０２２号車により試験を行う。

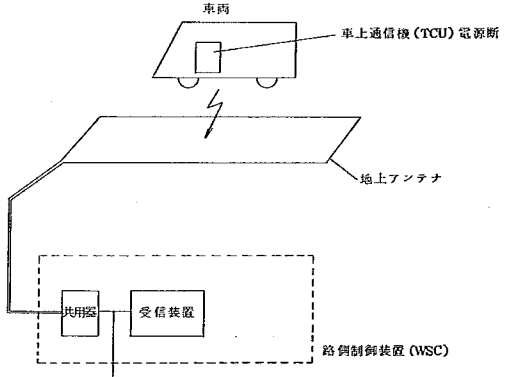
図Ⅳ　7.2－10，図Ⅳ　7.2－11に測定ブロックを示す。



通信品質試験

標準走行速度パターン

図Ⅳ　7．2－1

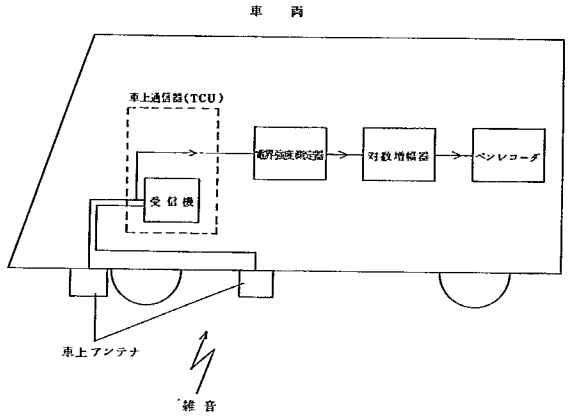


通信品質試験

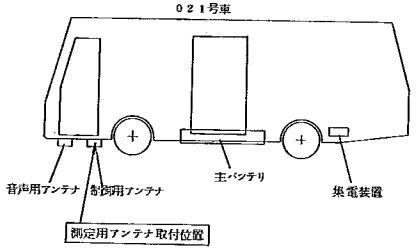
地上受信・高周波帯域内雑音レベル測定ブロック

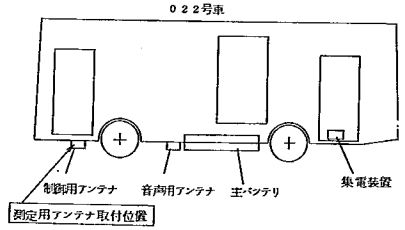
図Ⅳ　7．2－2

787



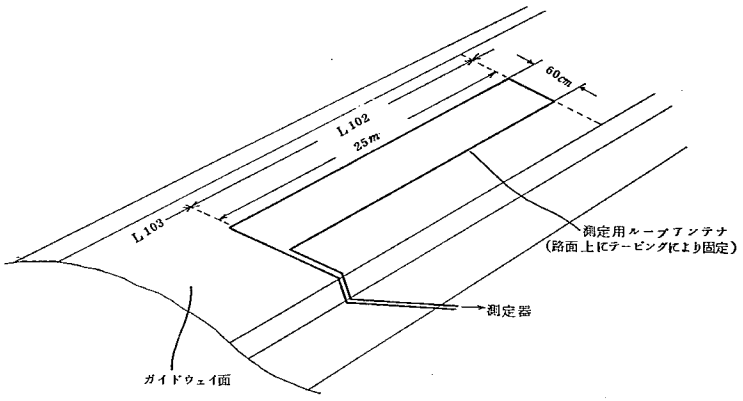
通信品質試験
車上受信・高周波帯域内雑音レベル測定ブロック
図Ⅳ　7．2－5



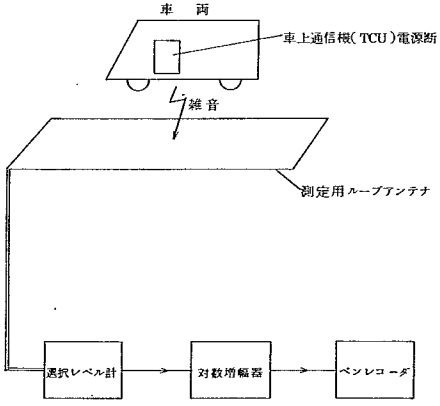


通信品質試験
車上受信・雑音レベル測定用アンテナ取付位置
図Ⅳ　7．2－6

588

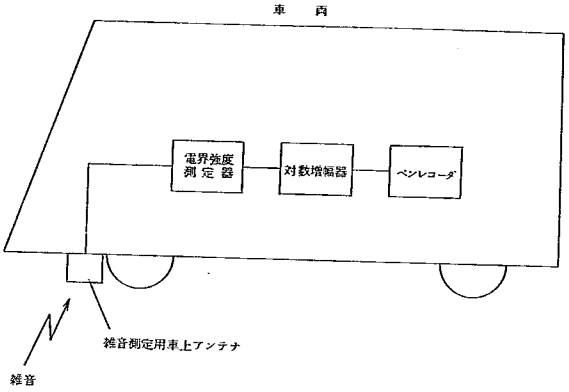


通信品質試験
地上受信，高周波雑音測定用ループアンテナ設置状態
図 IV　7．2－3

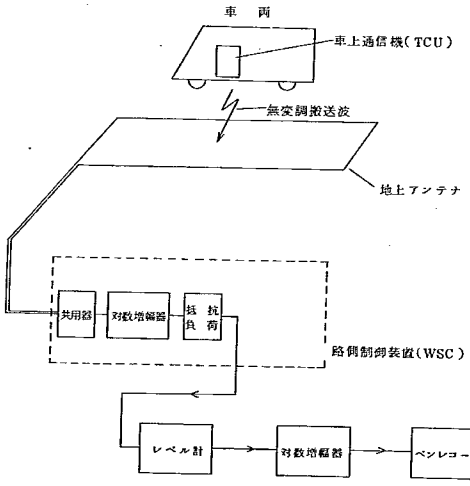


通信品質試験
測定用ループアンテナによる高周波雑音測定ブロック
図 IV　7．2－4

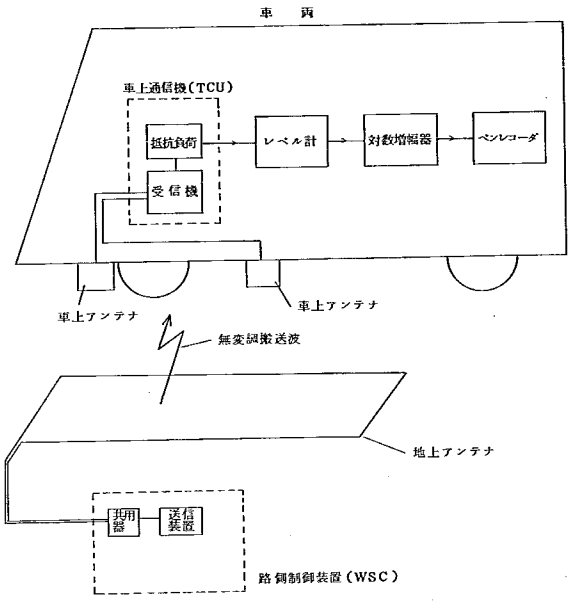
589



通信品信試験
車上受信・高周波雑音分布周波数特性測定ブロック
図Ⅳ　7．2－7



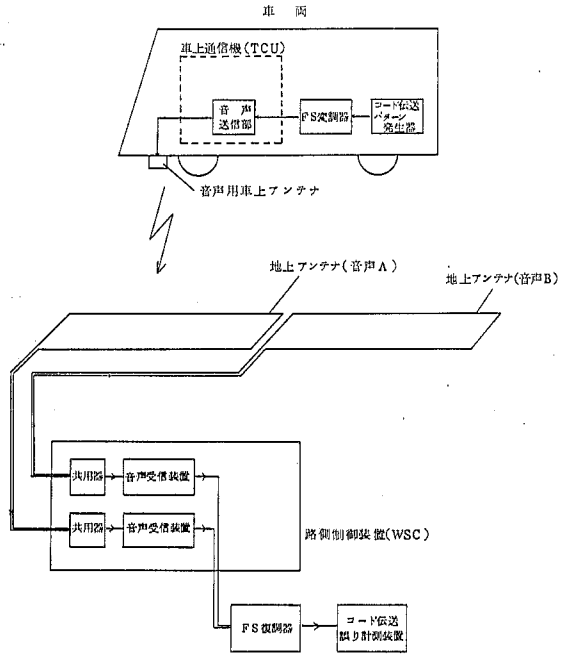
通信品質試験
地上受信・復調雑音レベル測定ブロック
図Ⅳ　7．2－8



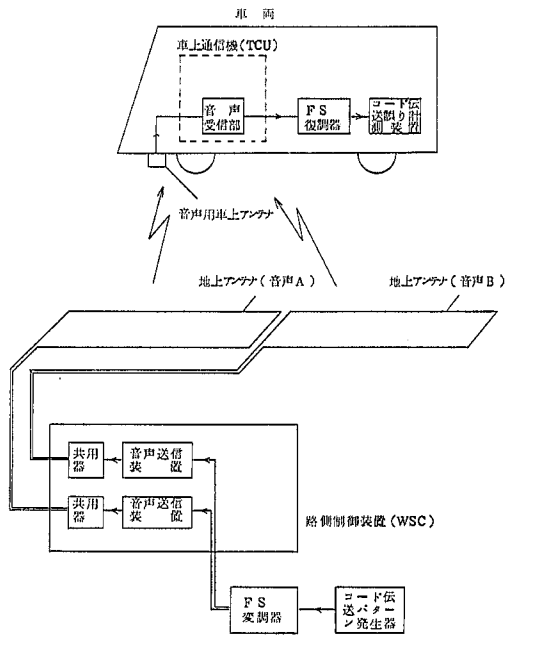
通　信　品　質　試　験
車上受信・復調雑音レベル測定ブロック
図Ⅳ　7．2－9

通　信　品　質　試　験
F S 変復調装置　仕様
表Ⅳ　7．2－1

伝送速度	200bit/sec	1200bit/sec
占有帯域	$\frac{1}{6}$音声帯域	音声帯域
変調方式	FM	FM
周波数偏移	中心　1200Hz	中心　1700Hz
	f_L ：1100Hz	f_L ：1300Hz
	f_H ：1300Hz	f_H ：2100Hz
送信出力レベル	0～－15dBm	0～－15dBm
受信入力レベル	－6～－25dBm	－6～－32dBm



通　信　品　質　試　験
コード伝送試験（車上→地上）ブロック
図Ⅳ　7．2－10



通　信　品　質　試　験
コード伝送試験（地上→車上）ブロック
図Ⅳ　7．2－11

192

7.3 実験結果

7.3.1 通信回線雑音レベル

1) 地上受信・高周波帯域内雑音

地上受信，搬送波受信電圧・雑音電圧レベル（制御） 図Ⅳ 7.3－1
地上受信，搬送波受信電圧・雑音電圧レベル（音声） 図Ⅳ 7.3－2
地上受信，搬送波電力対雑音電力比 図Ⅳ 7.3－3
地上受信，走行状態による雑音電圧レベル変化(1) 図Ⅳ 7.3－4
地上受信，走行状態による雑音電圧レベル変化(2) 図Ⅳ 7.3－5
地上受信，雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車） 図Ⅳ 7.3－6
地上受信，雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車） 図Ⅳ 7.3－7
地上受信，雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車） 図Ⅳ 7.3－8
地上受信，雑音電圧レベル記録波形（音声・022号車） 図Ⅳ 7.3－9

2) 地上受信・高周波雑音分布周波数特性

地上受信，雑音分布周波数特性 図Ⅳ 7.3－10

3) 車上受信・高周波帯域内雑音

車上受信，搬送波受信電圧・雑音電圧レベル（制御） 図Ⅳ 7.3－11
車上受信，搬送波受信電圧・雑音電圧レベル（音声） 図Ⅳ 7.3－12
車上受信，搬送波電力対雑音電力比 図Ⅳ 7.3－13
車上受信，雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車） 図Ⅳ 7.3－14
車上受信，雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車） 図Ⅳ 7.3－15
車上受信，雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車） 図Ⅳ 7.3－16
車上受信，雑音電圧レベル記録波形（音声・022号車） 図Ⅳ 7.3－17

4) 車上受信・高周波雑音分布周波数特性

車上受信，雑音分布周波数特性 図Ⅳ 7.3－18

5) 地上受信・復調雑音

地上受信，復調信号・復調雑音レベル（制御） 図Ⅳ 7.3－19
地上受信，復調信号・復調雑音レベル（音声） 図Ⅳ 7.3－20
地上受信，復調信号電力対復調雑音電力比 図Ⅳ 7.3－21
地上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車） 図Ⅳ 7.3－22
地上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車） 図Ⅳ 7.3－23
地上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車） 図Ⅳ 7.3－24

地上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（音声・０２２号車）
図Ⅳ　7.3－25

6) 車上受信・復調雑音

車上受信，復調信号・復調雑音レベル（制御）　図Ⅳ　7.3－26

車上受信，復調信号・復調雑音レベル（音声）　図Ⅳ　7.3－27

車上受信，復調信号電力対復調雑音電力比　図Ⅳ　7.3－28

車上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（制御・０２１号車）
図Ⅳ　7.3－29

車上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（制御・０２２号車）
図Ⅳ　7.3－30

車上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（音声・０２１号車）
図Ⅳ　7.3－31

車上受信，復調雑音電圧レベル記録波形（音声・０２２号車）
図Ⅳ　7.3－32

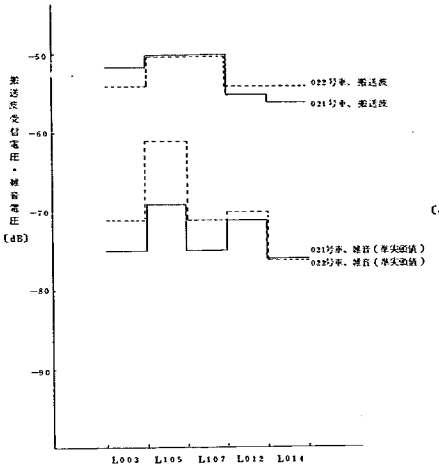
車上受信，復調雑音レベル（平均値・準尖頭値）制御　図Ⅳ　7.3－33

車上受信，復調雑音レベル（平均値・準尖頭値）音声　図Ⅳ　7.3－34

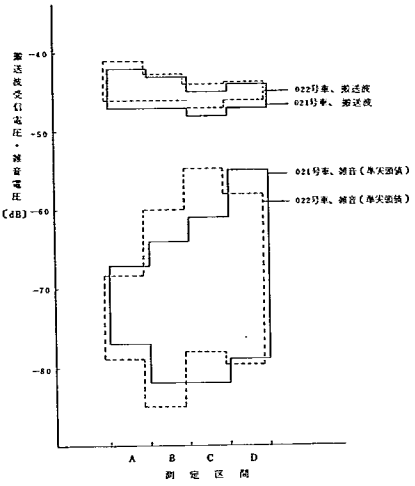
7.3.2　コード伝送試験

コード伝送試験・地上→車上方向伝送誤り率　図Ⅳ　7.3－35

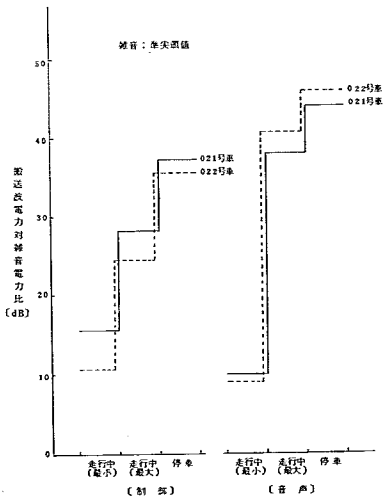
コード伝送試験・車上→地上方向伝送誤り率　図Ⅳ　7.3－36



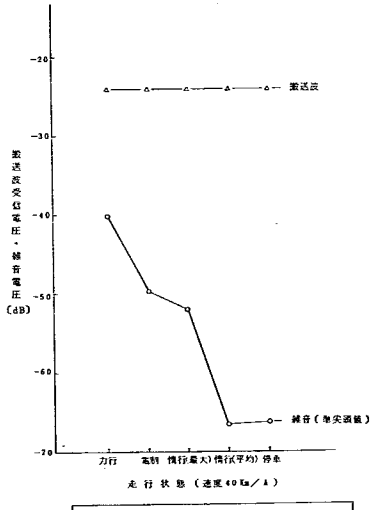
通信品質試験
地上受信、搬送波受信電圧・雑音電圧レベル(制御)
図Ⅳ 7.3-1



通信品質試験
地上受信、搬送波受信電圧・雑音電圧レベル(音声)
図Ⅳ 7.3-2

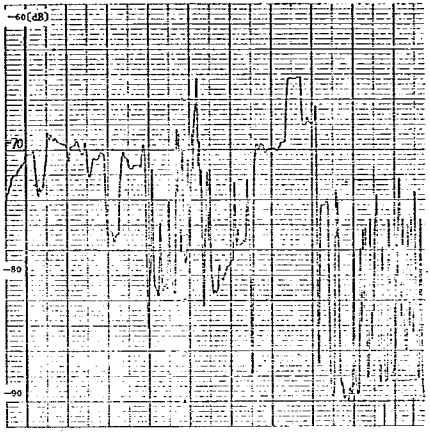


通信品質試験
地上受信，搬送波電力対雑音電力比
図Ⅳ 7.3-3

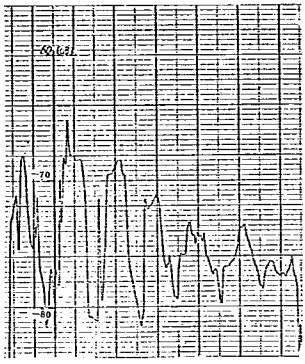


通信品質試験
地上受信、走行状態による雑音レベル変化 (1)
図Ⅳ 7.3-4

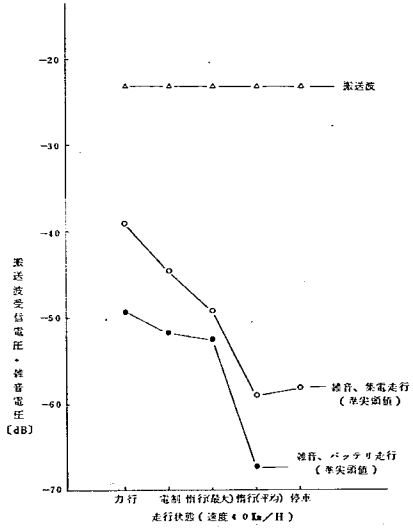
795



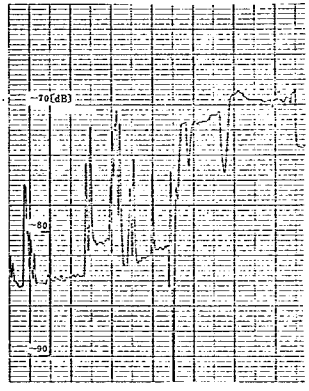
通信品質試験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・022号車）
図Ⅳ 7.3－7



通信品質試験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車）
図Ⅳ 7.3－8

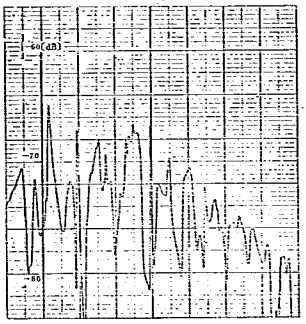


通信品質試験
地上受信、走行状態による雑音レベル変化(2)
図Ⅳ 7.3－5

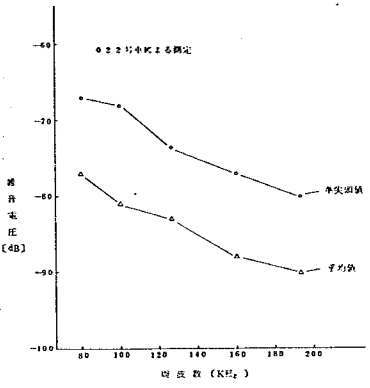


通信品質試験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車）
図Ⅳ 7.3－6

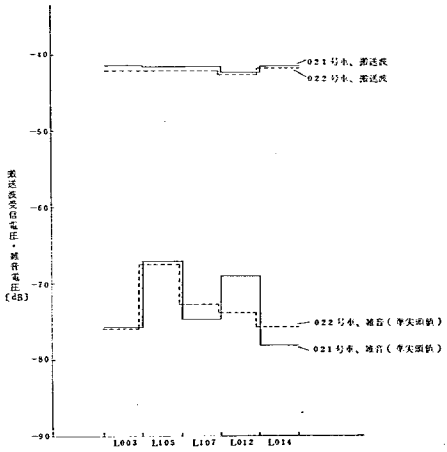
196



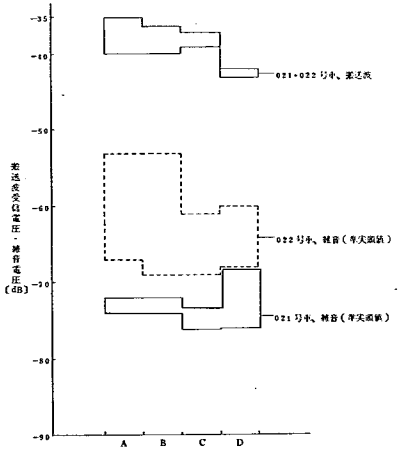
通信品質試験
地上受信、保調雑音電圧レベル記録波形（音声+022号車）
図Ⅳ 7.3-9



通信品質試験
地上受信、高周波帯音分布周波数特性
図Ⅳ 7.3-10

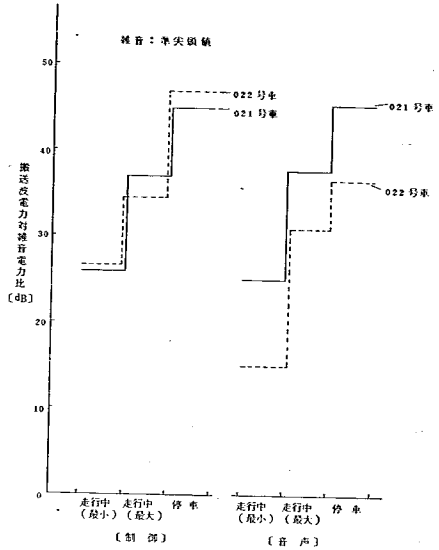


通信品質試験
車上受信、高周波帯域内雑音電圧レベル（音声）
図Ⅳ 7.3-11

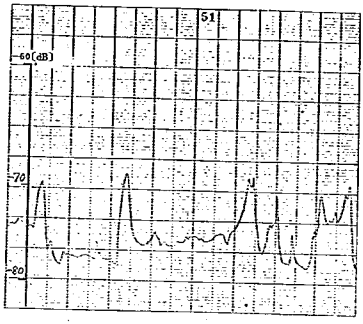


通信品質試験
車上受信、高周波帯域内雑音電圧レベル（音声）
図Ⅳ 7.3-12

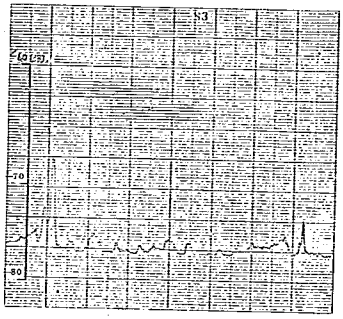
797



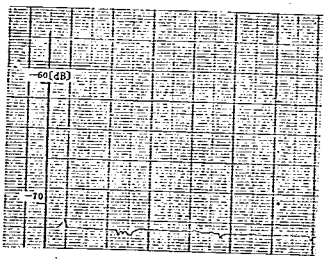
通信品質試験
車上受信、搬送波電力対雑音電力比
図Ⅳ 7・3－13



通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車）
図Ⅳ 7・3－14

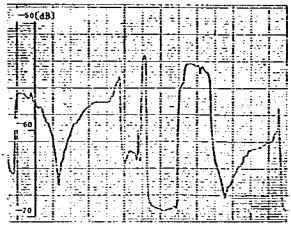


通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車）
図Ⅳ 7・3－15

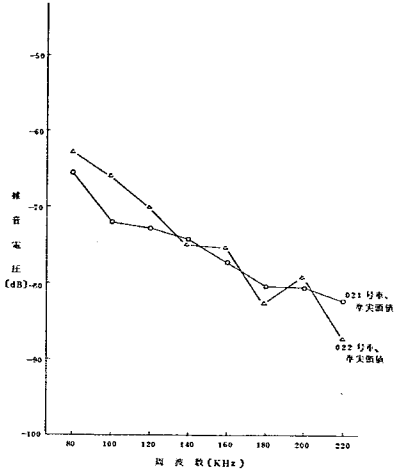


通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車）
図Ⅳ 7・3－16

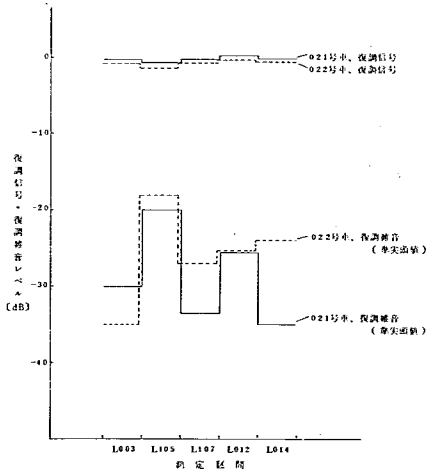
198



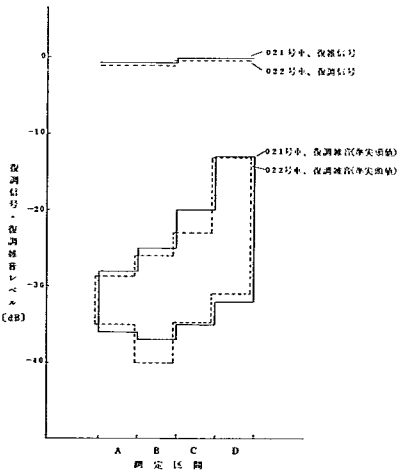
通信品質試験
単上受信、復調被音電圧レベル記録波形（音声・022号車）
図No 7.3-17



通信品質試験
単上受信、高調波被害周波数分布特性
図No 7.3-18

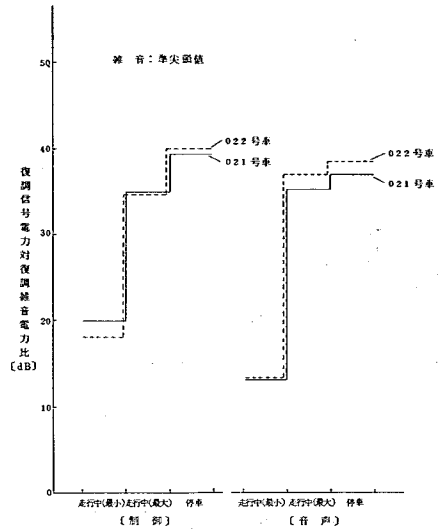


通信品質試験
地上受信、復調信号・復調被害レベル（距離）
図No 7.3-19

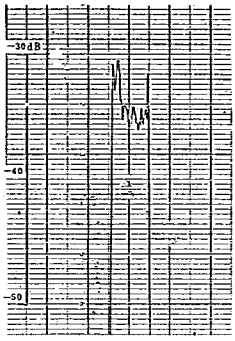


通信品質試験
地上受信、復調信号・復調被害レベル（音声）
図No 7.3-20

799

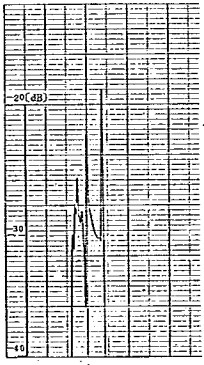


通　信　品　質　試　験
地上受信、復調信号電力対復調雑音電力比
図Ⅳ　7．3－21

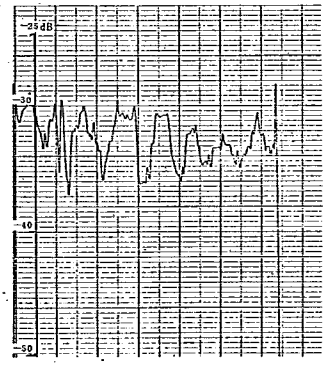


通　信　品　質　試　験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・021号車）
図Ⅳ　7．3－22

342

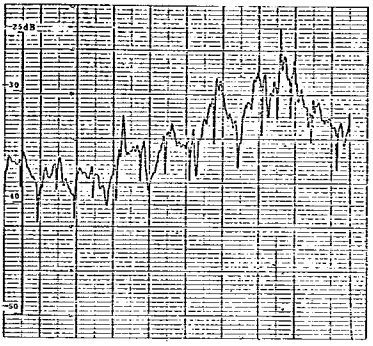


通　信　品　質　試　験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（音声・022号車）
図Ⅳ　7．3－23

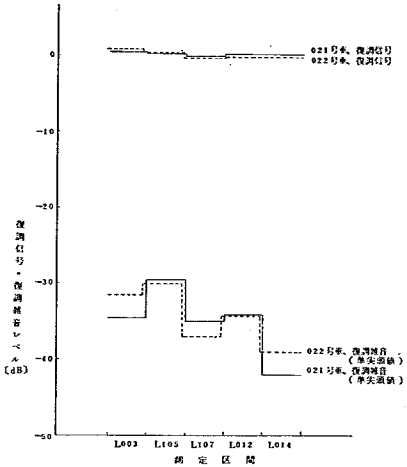


通　信　品　質　試　験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車）
図Ⅳ　7．3－24

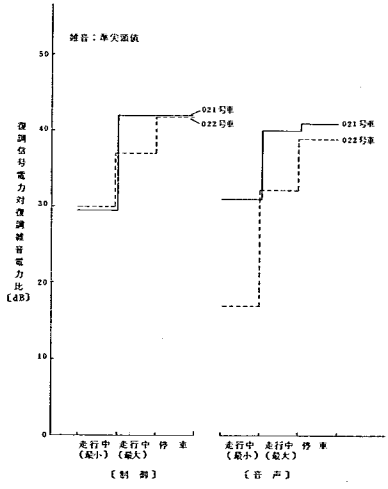
800



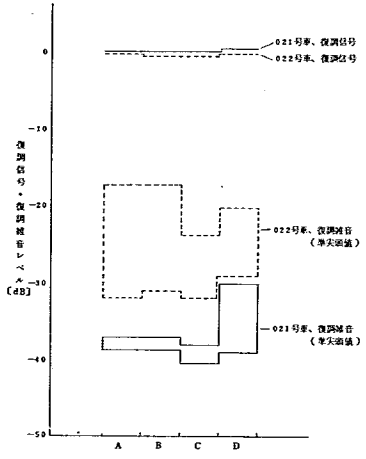
通信品質試験
地上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御-022号車）
図Ⅳ 7.3-25



通信品質試験
車上受信、復調信号・復調雑音レベル（制御）
図Ⅳ 7.3-26

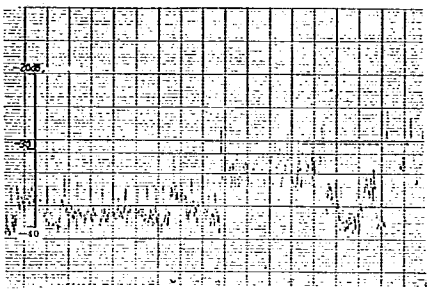


通信品質試験
車上受信、復調信号・復調雑音レベル（音声）
図Ⅳ 7.3-27

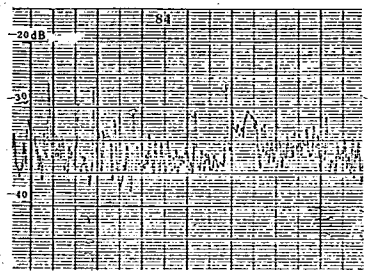


通信品質試験
車上受信、復調信号電力対復調雑音電力比
図Ⅳ 7.3-28

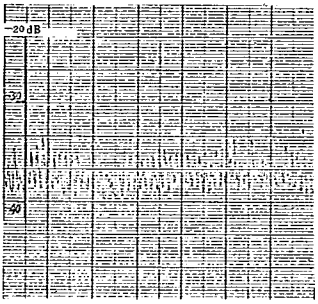
801



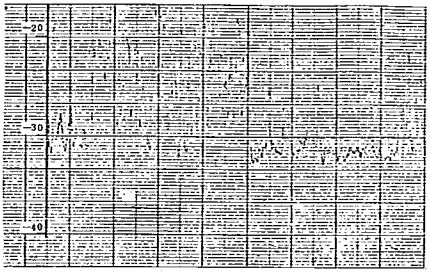
通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車）
図Ⅳ 7.3－29



通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車）
図Ⅳ 7.3－30

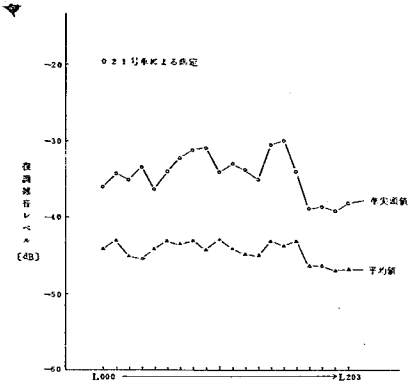


通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・021号車）
図Ⅳ 7.3－31

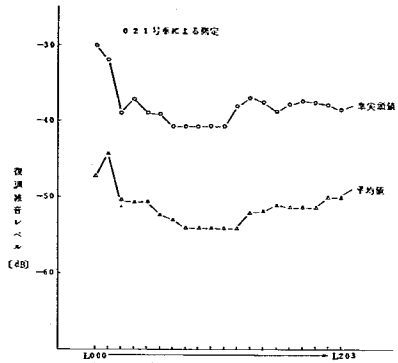


通信品質試験
車上受信、復調雑音電圧レベル記録波形（制御・022号車）
図Ⅳ 7.3－32

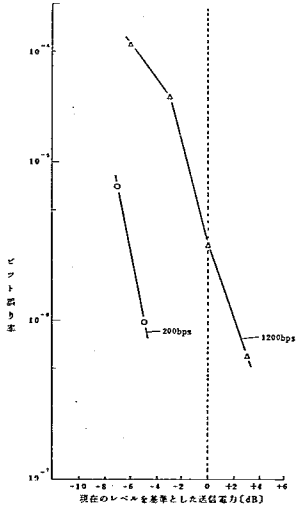
802



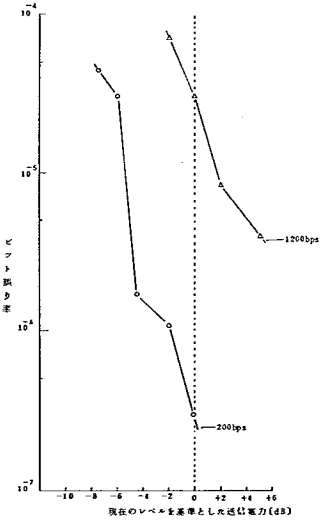
通信品質試験
車上受信、復調雑音レベル（単実測値・平均値）測定
図Ⅳ 7.3-33



通信品質試験
車上受信、復調雑音レベル（単実測値・平均値）、音声
図Ⅳ 7.3-34



通信品質試験
コード伝送試験・地上→車上方向伝送誤り率
図Ⅳ 7.3-35



通信品質試験
コード伝送試験・車上→地上方向伝送誤り率
図Ⅳ 7.3-36

807

7.4 考　察

7.4.1 通信回線雑音

1) 地上受信・高周波帯域内雑音

(1) 地上受信・高周波帯域内雑音電圧レベルは，車両を標準速度パターンで走行させた場合，制御通信回線では約－７５～－６０ｄＢ，音声通信回線では約－８５～－５５ｄＢである。また，搬送波電力対雑音電力比（以下 C／N と略す）は制御通信回線で約１０～２８ｄＢ，音声通信回線で約１０～４０ｄＢである。これらの値は０２１号車と０２２号車とで大きな差異はない。

(2) 雑音発生源としては電動機駆動方式（サイリスタチョッパ方式）に対応した約１００～４００Ｈｚのやや連続的な雑音が支配的である。

また，集電子が大きく跳躍し離線した場合には単発性の大きな雑音も観測され，そのレベルは電動機駆動方式に起因する雑音レベルの最大値よりもさらに数ｄＢ高い。

(3) 走行状態による雑音レベルの変化はかなり大きく，力行時の雑音レベルは制動時に比べ約１０ｄＢ，惰行時および停車時に比べ約３０ｄＢ高い。また，惰行時には単発性の雑音が頻発し，そのレベルは制動時の雑音とほぼ同レベルである。

(4) バッテリ走行時は集電走行時に比べ全体的に約３～１０ｄＢ程度雑音レベルが低い。

2) 地上受信・高周波雑音分布周波数特性

(1) ８０ＫＨｚ～２００ＫＨｚ帯の周波数に対して，周波数が高くなる程レベルが低くなっている。その割合は９～１１ｄＢ／オクターブである。

(2) 平均値測定と準尖頭値測定では各周波数共平均値が約９～１２ｄＢ低い。

3) 車上受信・高周波帯域内雑音

(1) 車上受信・高周波帯域内雑音電圧レベルは，車両を標準速度パターンで走行させた場合，制御通信回線では約－７６～－６７ｄＢで０２１号車・０２２号車に差異はない。しかし音声通信回線では，０２１号車では約－７６～－６８ｄＢであるのに対し，０２２号車では約－６９～－５３ｄＢと約２０ｄＢの差がある。これは，音声通信回線用車上アンテナの取付位置が０２１号車が車両の最前部であるのに対し，０２２号車は３８４Ｖの走行用主バッテリに近接していることに起因するものである。

また，Ｃ／Ｎは制御通信回線では０２１号車・０２２号車共約２５～３５ｄＢである。音声通信回線では０２１号車は約２５～３８ｄＢ，０２２号車では約１５～３１ｄＢである。

(2) 雑音発生源としては地上受信の雑音と同様電動機駆動方式に起因する連続的な雑音が支配的であるが，集電子離線が原因であると思われる単発生雑音も観測さ

れた。

4) 車上受信・高周波雑音分布周波数特性

８０KHz ～ ２２０KHz 帯の周波数に対して，周波数が高くなる程レベルが低くなっている。その割合は約１３dB／オクターブ である。

5) 地上受信・復調雑音

(1) 地上受信・復調雑音電圧レベルは，車両を標準速度パターンで走行させた場合，制御通信回線では０２１号車・０２２号車共約－３５～－１８dB，音声通信回線では－３５～－１３dB である。

また，復調信号電力対復調雑音電力比（以下Ｓ／Ｎと略す）は制御通信回線で約１８dB ～ ３５dB，音声通信回線で１３～３５dB である。（準尖頭値測定）

(2) 復調雑音の平均値測定と準尖頭値測定では平均値の方が約１０dB 低い。

6) 車上受信・復調雑音

(1) 車上受信・復調雑音電圧レベルは，車両を標準速度パターンで走行させた場合，制御通信回線で－４２～－３０dB で０２１号車・０２２号車に差異はない。また音声通信回線は０２１号車では約－４０～－３１dB，０２２号車では－３２～－１７dB である。（準尖頭値測定）Ｓ／Ｎは，制御通信回線では０２１号車・０２２号車共約３０～４２dB であり，音声通信回線では０２１号車で３１～４０dB，０２２号車では１７～３２dB である。（準尖頭値測定）

(2) 復調雑音の平均値測定と準尖頭値測定では，制御通信回線・音声通信回線共約１０dB 平均値の方が低い。

7.4.2 コード伝送試験

(1) 伝送誤りが発生する区間は特に一定しておらず，全区間に亘っている。

(2) 誤り発生と雑音との明確な相関は得られなかった。

(3) 現在の通信回線の送受信レベルにおける伝送誤り率は，伝送速度２００bit／sec で 10^{-6} ～ 10^{-7}，伝送速度１２００bit／sec で 10^{-4} ～ 10^{-5} 程度である。

7.4.3 ま と め

1) 現在の通信回線における Ｓ／Ｎは地上受信で最悪１３dB，車上受信で最悪１７dB（準尖頭値測定）である。またＳ／Ｎの平均値測定では準尖頭値測定に対し約１０dB 大きい。

現在制御通信回線で用いているトーン方式では，準尖頭値ではなく平均値でのＳ／Ｎ値が通信品質を左右する。したがって，現在の制御通信回線の最悪 Ｓ／Ｎ値は約２７dB と考えられ，この値は設計仕様を十分満足するものである。

2) 通信回線における雑音は，電動機駆動方式に起因するものが支配的であるが，集電子離線による雑音も頻繁に観測され，そのレベルは前者の最大値と同レベルかあるいは数dB高い。

805

3) 現在の送受信レベルにおけるコード伝送のビット誤り率は200bit/secで10^{-6}，1200bit/secで10^{-4}程度である。この結果をみると，現在の通信回線においてコード伝送方式を制御用として使うには疑問が残るが，適当な誤りチェック，補正方式を使用すれば，時間的冗長が許される用途に関し，充分使用可能であると考える。

8. 分岐輪検知器試験

8.1 実験目的

現在，分岐輪検知の方法として分岐輪と検知器を直接接触させて，分岐輪が出ていることを確認している。この方法は，検出方法としては問題ないが，接触時の衝撃により，バネの折れあるいは近接片の変形が発生し，衝撃に対する耐久性がないことが判明した。そこで，分岐輪検知器の衝撃に対する耐久性の向上，及び無接触による衝撃の回避などの問題が提起された。

今回は，非接触式として光センサの性能を実車にて確認することを目的として実験を行う。

8.2 実験方法

8.2.1 検出方法

図Ⅳ 8.2－1のように，分岐輪の車軸にスコッチライト（反射面）を貼り，ガイドウェイ舗装面と水平に取付けられた光センサ（反射光検知型）により検出する。

検出原理は，分岐輪が出ている時は，光センサとスコッチライトが直角になり，光センサから照射された光が，スコッチライトに反射し，その反射光を光センサが検知する。又，出ていない時は，光センサとスコッチライトが水平になり光が反射しない。

8.2.2 確認項目

1) 光センサとスコッチライト間の距離による感度の減度
2) 周囲の明るさによる影響
3) スコッチライト表面の汚れによる感度の減衰
4) センサ表面の汚れによる感度の減衰

8.3 実験結果

実験の結果を表Ⅳ 8.3－1に示す。ここで異物検知とは，分岐輪の軸以外のものからの反射光が検知パルスとして出力されたケースで，車両の状況からホイルキャップであると推定される。

表Ⅳ　8.3－1

検　出　状　態

実　験　回　数	85
正常検知	54
分岐輪＋異物検知	19
検出不能	12

検出不能は，光センサの応答性や検出感度の問題ではなく，現在の実験線で誘導壁を加工せずに下面にセンサを取付けたため，照射範囲が分岐輪の上下動範囲の上側寄りをカバーできないために生じた。（センサ単体での検出可能範囲は，分岐輪の動く範囲より充分広い。これは別途確認済である。）

8.4　考　　察

8.4.1　応答性

光センサの検出出力パルスの幅は，車速，反射面の大きさ，反射率，センサの応答速度などによって決まる。特に車速は，パルス幅に大きく影響するので，車両の設定運行速度の最高値である40Km／hでの計測が最適である。しかし，今回の実験では30Km／hのデータしか取れなかったので30Km／hのデータを40Km／hに換算する。30Km／hにおける，パルス幅の最小値は，スコッチライトの表面に泥を塗りつけた状態で6msであった。それを40Km／hに換算すると4.5msになる。これは，ロジック回路を動作させるに充分である。

8.4.2　検出感度

本実験では，光センサから照射された光をスコッチライトが反射させ，その反射光を再び光センサで検知している。従ってセンサとスコッチライト間の距離と，照射孔や反射面の汚れとは，光を減衰させ検知能力に影響を与える。本試験の結果，センサと反射面の距離が現状程度であれば，通常考えられる程度の汚れにはさほど影響されないことを確認した。しかし短期間であったため，どの程度汚れが着いたとき検出不能になるかは把握できなかった。実用化までには汚れその他外部環境の影響度についての検討が必要である。

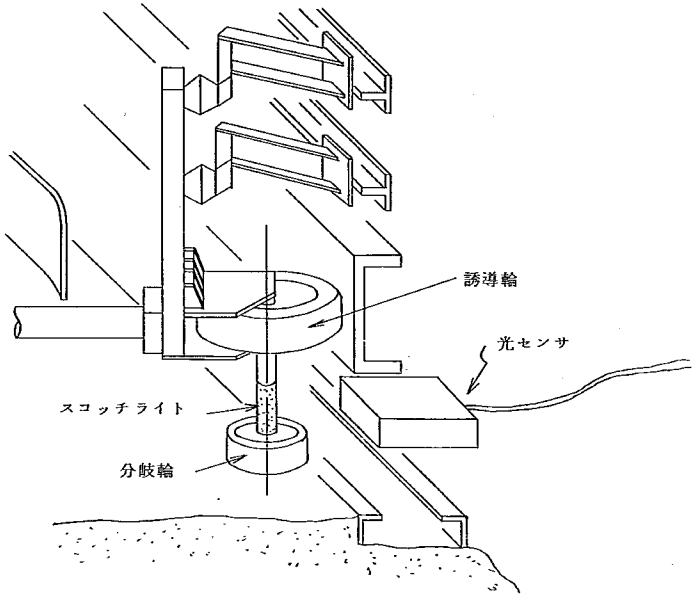
8.4.3　取付位置

本実験においては，取付位置の制約から，たびたびホイルキャップを検出した。これは図Ⅳ 8.4－1のような取付方法をとれば解決すると思われる。

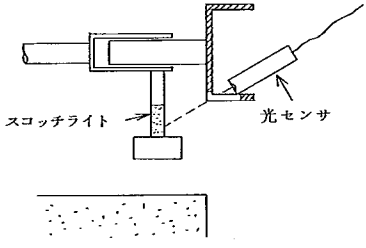
8.4.4　今後の課題

光センサの性能は，実験に使用したもので充分使用できる見通しを得た。今後，汚れによる能力低下と異物検知の可能性とを，外装，取付方法，保守方法などによって回避し得るよう検討して行きたい。

807

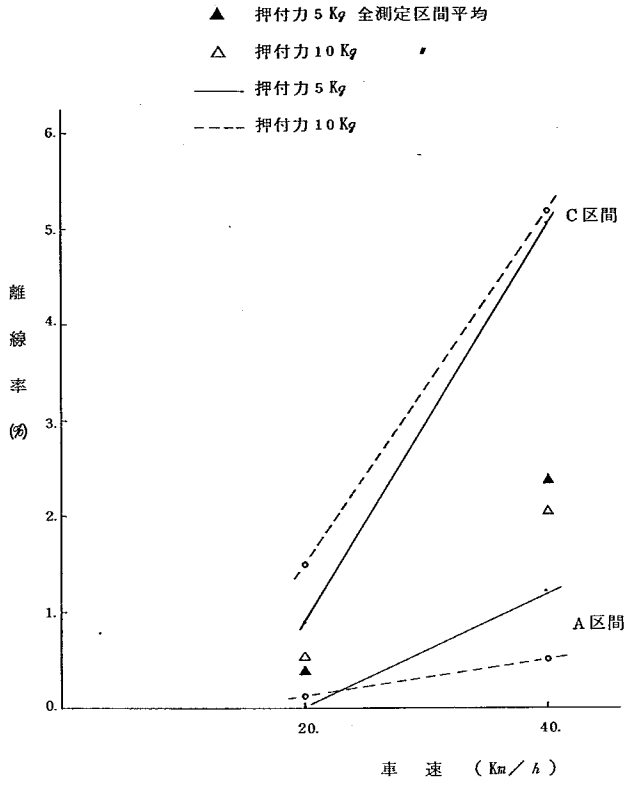


図Ⅳ 8．2－1 検出方法



図Ⅳ 8．4－1 取付方法の変更案

808



図Ⅳ 4．3－8 曲線部の離線率 （022号車）

809

9. ターゲット追従性試験

9.1 実験目的

定常走行制御の追従誤差を±0.5秒以内におさえる。但し，追従制御精度を上げることによって生じる乗心地や制御装置の動作頻度の問題は次の段階として今回は検討外にする。

加減速制御の追従性をよくする実験については，ターゲット乗換制御実験に並行して行う。

9.2 実験方法

1) ターゲット速度パタンを3種類つくり，その各々について一通り走行データをとり，追従性のよいものを選ぶ。

(i) 26Km／h 一定

(ii) 27 〃

(iii) 28 〃

2) 上記(i)~(iii)のパタンを従来の制御方式で，ヒステリシス幅を±0.25秒にし，それぞれ追従データをとり，以後の実験にどのパタンをつかうか決定する。

3) ヒステリシス幅を±0.5秒，±0.25秒，±0.15秒，±0秒の4通りを設定し，各々の追従データをとる。

4) 予測制御機能を附加したプログラムの追従データをとり，追従誤差が±0.5秒以内におさまるかどうか確認する。

5) 予測制御の効果が出ないときは，再度検討し，予測制御の方式を改良する。

6) 最終的には，021号車，022号車についてそれぞれ空車，満車の状態における追従データをとる。

7) 以上の実験はすべてガイドウェイ本線部で行い，追従データはガイドウェイ5周分以上の量をとる。

9.3 実験結果

9.3.1 実験 1

ターゲット速度パタンの3種類について，従来の制御方式で定常走行制御のターゲット追従データをとった。その結果，ターゲット速度28Km／h 一定のパタンを以後の実験に採用することにし，28Km／h 一定のターゲット速度パタンに対して，ヒステリシス幅を±0.5秒，±0.25秒，±0.15秒に設定し，それぞれの追従データをとった。その測定結果を表Ⅳ9.3--1～4に示す。

表は本線部を1周走行した結果を平担部と6%の勾配部にわけて，それぞれの区間におけるターゲット追従誤差の遅れ最大値，進み最大値をピックアップし，最後に全

周回数の中の最大値を記入したものである。

実験前の机上検討においては，従来の制御方式でヒステリシス幅を±0秒にしてもターゲット追従誤差の限界は±0.5秒で，これ以上の性能は出せない結論に達っしていた。実験結果をみても，この結論を裏付けしていることがわかる。

9.3.2 実験 2

実験1の結果からターゲット追従誤差を±0.5秒以下にすることは，従来の制御方式では不可能という結果が得られたので，従来の制御方式に予測制御機能を附加したプログラムに切り換え，その効果を実験により確認した。その結果を表Ⅳ9.3－5～8に示す。

予測制御の内容を従来のヒミテリシス幅という概念から予測制御幅という概念におきかえたものである。

022号車について先ず実験を行い，平担部において，ターゲット追従誤差が±0.68～－0.3秒，中心値になおすと±0.36秒の結果が得られたことを確認した。しかし勾配部においては，＋2.08～－0.36，中心値になおすと±1.22秒と非常に悪い結果が出た。この原因は勾配の外乱を制御に考えていないということから，これに対処するため，勾配を補正する機能を付加した。その効果を021号車で確認したところ，平担部では，＋0.51～－0.18秒，中心値になおすと，±0.35秒，勾配部で＋0.84～－0.37秒，中心値になおすと，±0.61秒に改善された。

実験結果から判断すると，勾配補正が多少浅かったと反省するが，±0.5秒以下に下げることは可能であろうということがこの実験で推測出来る。

811

表Ⅳ　9.3－1　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	1.02	−0.55	0.54	−0.96
2	1.27	−0.75	1.25	−0.85
3	1.22	−0.68	1.25	−0.93
4	1.12	−0.57	1.31	−0.93
5	1.13	−0.75	1.24	−0.80
6	1.13	−0.58	0.78	−0.96
7	1.11	−0.66	1.25	−0.81
8	1.19	−0.65	1.33	−0.93
9				
10				
	1.27	−0.75	1.33	−0.96

備　考　1. ターゲット速度　28Km／h　一定
2. ヒステリシス幅　±0.5秒
3. 021号車，空車

表Ⅳ　9.3－2　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.79	−0.42	0.38	−0.81
2	0.81	−0.33	0.89	−0.83
3	0.84	−0.40	0.70	−0.74
4	1.00	−0.39	0.05	−0.42
5	0.83	−0.42	0.75	−0.60
6	0.80	−0.41	0.81	
7				
8				
9				
10				
	1.00	−0.42	0.89	−0.83

備　考　1. ターゲット速度　28Km／h　一定
2. ヒステリシス幅　±0.25秒
3. 021号車，空車

812

表Ⅳ　9.3－3　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.82	−0.43	0.42	−1.08
2	0.81	−0.38	0.96	−0.85
3	0.76	−0.45	1.17	−0.76
4	0.93	−0.29	0.11	−0.27
5	0.75	−0.17	0.18	−0.19
6	0.69	−0.20	1.22	−0.51
7				
8				
9				
10				
	0.93	−0.45	1.22	−1.08

備　考　1. ターゲット速度　28Km／h　一定
2. ヒステリシス幅　±0.25秒
3. 021号車，満車（1.5t荷重）

表Ⅳ　9.3－4　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.90	−0.35	0.51	−0.82
2	0.96	−0.36	0.98	−0.74
3	0.85	−0.32	0.89	−0.83
4	0.88	−0.28	0.60	−0.83
5	0.86	−0.23	0.97	−0.75
6	0.85	−0.36	0.75	−0.66
7	0.91	−0.32	0.87	−0.82
8				
9				
10				
	0.96	−0.36	0.98	−0.83

備　考　1. ターゲット速度　28Km／h　一定
2. ヒステリシス幅　±0.15秒
3. 021号車，空車

813

表Ⅳ　9.3－5　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平　担　部		勾　配　部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.78	0.06	1.22	0.05
2	0.89	0.03	1.51	0.04
3	0.93	0.04	1.06	−0.05
4	0.82	0.07	0.94	0.00
5	0.90	0.08	2.25	0.11
6	0.80	0.06	1.18	0.22
7				
8				
9				
10				
	0.93	0.03	2.25	−0.05

備　考　1. ターゲット速度　27Km／h　一定
2. 予測制御幅　　±0.15秒
3. 勾配補正　　な　し
4. 022号車，空車

表Ⅳ　9.3－6　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平　担　部		勾　配　部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.68	0.07	0.61	0.07
2	0.53	0.00	1.43	−0.28
3	0.55	0.05	2.08	−0.17
4	0.59	0.06	1.50	−0.14
5	0.47	−0.03	2.09	−0.19
6	0.42	−0.01	1.36	−0.22
7			0.78	−0.36
8				
9				
10				
	0.68	−0.03	2.08	−0.36

備　考　1. ターゲット速度　27Km／h　一定
2. 予測制御幅　　±0.25秒
3. 勾配補正　　な　し
4. 022号車，空車

表Ⅳ　9.3－7　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.54	−0.12	0.41	−0.35
2	0.65	−0.25	0.58	−0.17
3	0.56	−0.21	0.69	−0.29
4	0.49	−0.15	0.63	−0.14
5	0.61	−0.14	0.45	−0.29
6	0.43	−0.23	0.95	−0.18
7	0.56	−0.14	0.45	−0.19
8	0.52	−0.12	0.43	−0.43
9	0.45	−0.12	0.45	−0.42
10	0.56	−0.20	0.48	−0.31
	0.65	−0.25	0.95	−0.43

備　考　1. ターゲット速度　27Km／h　一定
2. 予測制御幅　　±0.1秒
3. 勾配補正　　あり
4. 021号車，空車

表Ⅳ　9.3－8　　定常走行制御ターゲット追従実験結果

	平担部		勾配部	
周囲	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)	遅れ最大(秒)	進み最大(秒)
1	0.41	−0.01	0.53	−0.08
2	0.36	−0.09	0.84	−0.33
3	0.43	−0.07	0.51	−0.03
4	0.39	−0.16	0.65	−0.37
5	0.51	−0.18	0.81	−0.06
6				
7				
8				
9				
10				
	0.51	−0.18	0.84	−0.37

備　考　1. ターゲット速度　27Km／h　一定
2. 予測制御幅　　±0.20秒
3. 勾配補正　　あり
4. 021号車，空車

815

9.4 考　察

所期の目的を達成することが出来た。今回の実験は設計方針の項で述べたように，制御精度の向上ということだけを技術的にねらったもので，当然附随して考えなければならない乗心地等の問題は除外した。

従って，この実験結果からすぐに１２秒ヘッドウェイの走行が可能であるという結論は出せない。ソフトウエア側としての制御の可能性が確認されたのである。

10. ターゲット乗換試験

10.1 実験目的

ターゲット乗換の地上制御方式についての制御性能を確認する。ターゲット乗換中の乗換速度パタンへの追従誤差が±0.5秒以内におさまるようにする。

10.2 実験方法

1) ターゲット乗換制御用の基本速度パタンを確認する。
2) 基本速度パタンの加減速制御の追従誤差を±0.5秒になるように調整する。
3) 基本速度パタンを使い，ターゲット乗換制御プログラムを走らせる。但しターゲット間隔は１５秒でターゲット乗換個数は１個とする。
4) 上記の実験は，０２１号車と０２２号車について，それぞれ単独に行う。
   また，空車，満車の状態における追従データをとる。
5) ０２１号車と０２２号車を１５秒間隔で走行させ，２台同時乗換えの実験をし，制御上の問題があるかどうかを最終的に確認する。
6) ターゲット乗換制御用の基本速度パタンは図Ⅱ2.4－１及び表Ⅱ2.4－１を参照のこと。

10.3 実験結果

実験は０２１号車で行い，ガイドウエイ本線部の平坦部でターゲット乗換制御を行った。その結果を表Ⅳ１０.３－１～３に示す。いずれも１５秒ヘッドウェイのターゲット１個乗換えである。表Ⅳ１０.３－３は図Ⅱ2.4－１のターゲット乗換速度パタンのV_1を２７Km／hに設定したもののデータである。

表Ⅳ 10.3－1~3ではパタン追従の制御過程の中で一番重要となる制御開始前のターゲット追従誤差と，その誤差をもちながらかつ減速及び加速制御を行った結果のターゲット追従誤差を対応させてまとめてある。実験では，ターゲット乗換制御開始前のターゲット追従誤差は±２秒まで許容出来るものとして行った。

816

結局，ターゲット乗換前の追従誤差が±２秒以内であれば，ターゲット乗換制御が完了する時点までに追従誤差を±０５秒以内におさえることができるということである。

実験はそのことを確認するためにわざわざ、乗換まえの追従誤差を故意に変化させて行なってみた。実験結果によれば，いづれも乗換完了時点でのターゲット追従誤差は±０５秒以内である。

０２２号車については、実験の都合でデータがとれなかった。従って、２台走行時のターゲット同時乗換制御の実験も出来なかった。

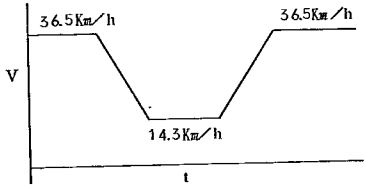
817

表Ⅳ　１０３－１　　ターゲット乗換制御実験結果

	乗換初めの追従誤差	乗換完了時の追従誤差
1	1.12 (秒)	−0.11 (秒)
2	0.21	0.18
3	1.16	0.01
4	0.81	−0.27
5	−1.93	−0.12
6	−1.73	0.03
7	1.24	−0.48
8	1.63	−0.17

注）1.　０２１号車，空車

2.　乗換速度パタン



表Ⅳ　１０３－２　　ターゲット乗換制御実験結果

	乗換初めの追従誤差	乗換完了時の追従誤差
1	1.36 (秒)	−0.30 (秒)
2	1.80	−0.10
3	−1.69	0.10
4	0.22	0.09
5	0.13	0.03

注）1.　０２１号車　1.5 t 荷重

2.　乗換速度パタン　表Ⅳ１０３－１に同じ

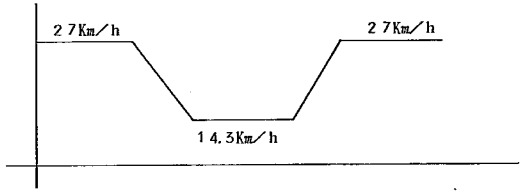
818

表Ⅳ　10.3.－3　　ターゲット乗換制御実験結果

	乗換初めの追従誤差	乗換完了時の追従誤差		乗換初めの追従誤差	乗換完了時の追従誤差
1	1.63 (秒)	−0.17 (秒)	11	0.54 (秒)	−0.30 (秒)
2	−1.08	−0.30	12	0.56	−0.47
3	−0.73	−0.34	13	−0.37	−0.40
4	−1.11	−0.40	14	−0.25	−0.29
5	−1.25	−0.30	15	−0.30	−0.03
6	−0.24	−0.27	16	−0.28	0.01
7	0.84	−0.49	17	−0.41	−0.13
8	1.02	−0.45	18	−0.31	0.14
9	0.81	−0.35	19	0.29	−0.08
10	0.59	−0.48	20	0.80	−0.06

注）1.　021号車　1.5t 荷重

2.　乗換速度パタン



10.4　考　　察

実験は，車両2台を用いてターゲット同時乗換制御まで確認することをめざしたが，都合で1台のターゲット乗換制御までしか出来なかった。しかし，ターゲット乗換制御の基本的な問題点はすべて確認され，2台同時乗換もあえて実験しなくてもよいという結論に達した。

ターゲット乗換開始前のターゲット追従誤差は±2秒まで許容しうるという前提で，制御の内容を考慮したが，前の実験で確認している定常走行制御の追従誤差が±0.5秒以内であれば，それに合わせることが可能である。

この実験で，加減速制御もふくめ，ターゲット乗換制御（地上制御方式）は，追従誤差を±0.5以内に出来るという可能性を見い出すことができた。

819

11 定位置停止制御試験

111 実験目的

定位置停止制御用の通過検知器から定位置停止目標地点までの距離をどれ位まで延長可能かどうかを測定する。

可能の判定は，目標地点に対して，±50 cm以内の停止精度が保証出来ることである。

112 実験方法

1) 車両側のブレーキ性能データをとる。

2) 実車速度測定用の通過検知器の設置間隔を1.4 mにする。

3) 定位置停止目標距離を3 mと7 mの2個所設ける。

4) 車両を空車状態と満車状態にして，2個所ある目標地点に，それぞれ30回以上停止させ，そのときの停止精度を測定する。

5) 停止精度の測定誤差は±2.5 cmとする。

6) 021号車と022号車について上記の測定を行う。

113 実験結果

1131 車両ブレーキ性能測定

021号車に関する01ブレーキ性能の測定結果を表Ⅳ113－1および図Ⅳ113－1に示す。

1132 定位置停止精度測定

021号車に関し，停止目標距離を3 mに設定した場合と，7 mに設定した場合とについて，それぞれ空車，満車（15 t荷重）状態で測定した結果を図Ⅳ113－2～3に示す。

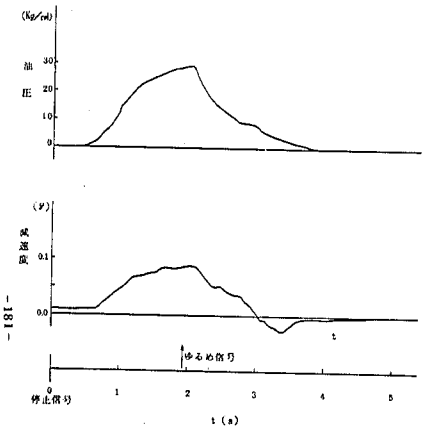
測定度数は，それぞれ32回である。

プログラムの計算精度の都合で停止目標距離を7 m以上に設定出来なかった。

実験結果から，一応目標距離を7 mまで延長しても±50 cmの停止精度は保証できた。

但し022号車に関しては，実験の都合で測定出来なかった。

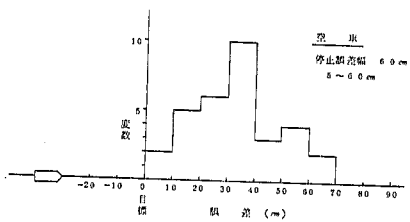
820

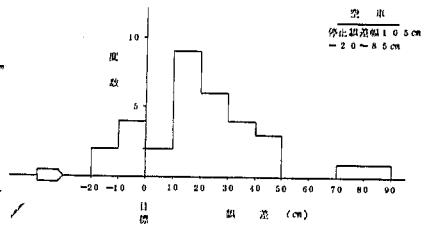


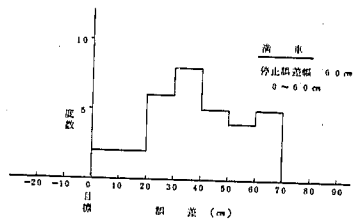
注) 1. 初速度 5 Km／h
2. 停止距離 2.0 ～ 2.1 m
3. 普通タイヤ
4. 021号車 空車

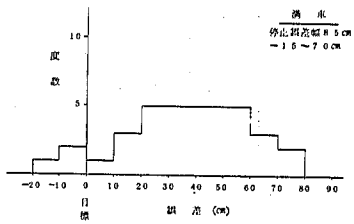
ブレーキ性能曲線

図Ⅳ 11.3－1









注) 1 目標距離 3 m
2 普通タイヤ
3 021号車

停止精度測定結果

図Ⅳ 11・3－2

注) 1. 目標距離 7 m
2. 普通タイヤ
3. 021号車

停止精度測定結果

図Ⅳ 11.3－3

128

表Ⅳ　１１３－１

０２１号車ブレーキ性能測定結果

	普通タイヤ（空車）		安全タイヤ（空車）	
	初速度Km／h	停止距離m	初速度Km／h	停止距離m
1	5.0	2.10	5.3	2.28
2	5.0	2.09	4.7	1.89
3	4.9	2.05	5.2	2.11
4	4.9	2.00	4.9	2.03
5	5.0	2.02	4.9	2.00
6	5.0	2.10	5.0	2.02
7	5.1	2.08	4.8	1.95
8	4.9	2.01	5.0	2.00
9	4.9	2.04	5.0	2.07
10	5.0	2.00	5.0	2.03

注）1.　ゆるめ制御をしている。

2.　定位置停止精度の測定は，普通タイヤで実施

１１４　考　　察

実験の都合で０２１号車のみの測定しか実現出来なかった。

得られたデータから考察をすると，目標距離を７mにすると停止誤差として±５０cmぎりぎりで，車両ブレーキ性能のバラツキを考慮すると，７m以上に設定することはむづかしい。バース１と２の間隔は現在１５mに設計されている。

従って，当初期待した通過検知器の省略は，この実験結果から判断すると出来ないという結論になる。

１２　連続走行試験

１２.１　実験目的

実験用パタン走行を行いながら，各場所での試験は下記の通りである。

1）ガイドウェイ出入口部

(1)　音声通信確認

一般道路では実験センタと車両間の音声通信が切れている。入口部で音声通信再開時，スムースにノイズなく送受信できることを確認する。

822

(2) 誘導輪，集電器の伸張と格納

入口部で伸張する際と，出口部で格納する際の伸張，格納機構の動作を確認し，信頼度をチエックするもので伸張後のロック等の動作も確実に行われる様，試験する。同時に格納時の確認も含め，特に運転手の確認方法についても手順を確立する。

(3) 車上制御装置との信号受授

出入口部で車両モードを変更する際，中央制御装置が始めて車両到着を確認し，以後のガイドウェイ内車両についての信号受授を開始する。この為，確実な運転手の確認と確実な操作を標準マニュアルも含め確立する。特に異常操作については色々な面からチエックする。

2) モードインタチェンジ部

(1) 信号受授試験

モードインタチェンジ部の本来機能の一つである車上と地上の信号の受授をテスト走行をしながら同時に行い正常に全ての信号，速度指令信号，ドア開閉信号等をチエックする。

(2) 分岐輪動作確認

分岐輪動作については分岐輪検知器の信号を入力して動作チエックする必要から，チエックウェイ上に分岐輪検知器を右左両側に設置し，車上分岐輪によって動作を確実にチエックする。これは地上の信号受信とその処理，車上は分岐輪そのものの伸張具合をこの点で確認出来る様になっている。

いずれにしてもモードインタチェンジ部の動作，信号の不良についてはその後の自動運転，無人走行の意味から重要なチエック機能であり，不良，異常動作時はバース停止時，車両は退場の処置がされる。

3) 側線部

(1) バース定位置停止

車両が側線部へ7Km／hのスピードで進入し，バース手前で5Km／hとし，通過検知器から停止点を計算，停止タイミングを計って計算機から停止指令を出力するが，バース停止点のばらつきが天候による走行抵抗の影響及び車両重量による影響，車両速度による影響等が現われ，この組合せである方向に片寄ると思われる。しかしいずれもかなり多数データを必要とするし，巾±60cmの内に納まれば実用上特に問題ないとの想定から，データを取るものの±60cmの範囲内か否かのチエックとした。ただ線形上本線分岐からの場合の停止とチエックウェイ走行からの停止で若干でもデータの違いが出るとの想定から分けてデータ収集を行う。

(2) ドア開閉動作

バース停止後，ガイドウェイ用ドアの開閉を確実に行い，機能の動作確認を行う。ドアを開けている時間のコントロールは乗客の乗降する人数で変えるのが良いが，本実

験では一定時間の設定１５秒程度とした。特にドア開閉のみでは数秒で十分であり動作回数上のデータ集計ではこれでも良いが，２台の車両がスムーズにターゲットに乗り移るタイミングを取ることで１５秒程度を設定し試験することとした。

4) 分岐，合流部

(1) 分岐輪切替え動作

一定のパターンに設定された走行順序に従って走行し，分岐輪を一定の動作タイミングで切替える。地上からの計算機指令は，分岐部手前で走行パターンに従い方向選択を指令する。地上計算機の車両位置確認は車上からの信号受授を各ループ毎に行い細かい単位で確認してゆく。従ってこれらの位置信号処理と分岐指令に対する信号処理タイミングも含め分岐輪の動作が完全に行われる様チエック確認する。

(2) 分岐輪検知器動作

計算機からの指令により方向を選択し，分岐輪の動作が行われる。この分岐輪動作が確実であるかを分岐輪検知器でチエックし，この結果次の安全なスピード指令が出される。分岐輪検知器は機械式であり車両の走行台数で動作回数が異なるが動作は重要なもので車両の衝突へのきわめて厳しい条件となる。テストでは今迄機械的な面は一応問題ないとされているが連続走行ではかなり機構面に至る故障等が起ると想定されると共に，システム的解決策も考慮することとなる。さらに分岐部，合流部の分岐輪検知器の動作は本来一台の車両で前輪，後輪二度の動作が行われるのが分岐部，合流部では車両の向きにより動作が不十分となる場合もあることに対する信頼性データの採取も行う。

5) 本線部

(1) 車両の追従性能

地上計算機内に持つターゲットに走行する車両を追従させ，±２.５秒以上外れた追従となった場合計算機よりアラーム出力する。実験中も途中の状況をチエックする。

(2) 緊急ブレーキ性能

本線上を車両走行中に緊急ブレーキをかけて，その性能テストを行うもので，テストをくり返すとブレーキ性能のばらつきとあまくなる傾向の進行状況，故障へのつながりが判明する。ブレーキ開始時の初速度は計算機で測定する。

6) 一般道路

(1) 一般道路機能

一般道路走行時に必要な機能に対し，十分な動作となる様，ガイドウェイ内走行ばかりでなく一般道路走行を含めた走行パターンを設定している。ガイドウェイ入口，出口部でモードを変更する為，車両を停止し操作する時間が平均的になる様にしたパターンとして試験に入った。

実用化時点での想定を考えると，悪路を走行することによる車側検出器の故障，劣

化等が考えられるが今回はきわめて条件の良いものとなる。

今回の予想される故障としてはモード変更に伴う機器，スイッチ動作回数に弱い部分が発見されることになる。

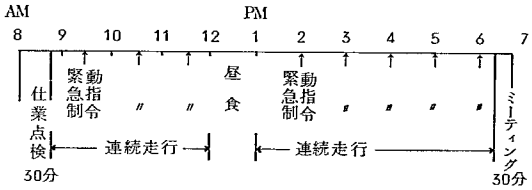
12.2 実験スケジュール

全体スケジュールと毎日のスケジュールは下記の通り

1) 全体スケジュール

昭和51年8月23日～27日	連続走行の為整備及び練習
8月30日～9月18日	連続走行実験
9月19日～9月29日	デモンストレーション
9月30日～10月22日	連続走行実験

2) 毎日のスケジュール



月～金　祝日出勤

12.3 実験方法

以下の様な方法で実験を進める。

1) 仕業点検は約30分で以下のチェックリストに従って点検整備を主として目，耳で確認を行う。

824

表Ⅳ　１２.３－１　(a)

仕業点検項目

	仕業点検項目	日付														
1	ハンドルの遊び，ゆるみ，がた															
2	ハンドブレーキの効き具合															
3	フートブレーキ　〃															
4	ブレーキ液レベル															
5	油圧ユニットのオイルレベル															
6	走行輪の状態															
7	タイヤの取付ボルトのゆるみ															
8	ドアロック状態															
9	ドア開閉動作															
10	集電シュー周りの状態															
11	〃　端子のゆるみ															
12	誘導輪の摩耗状態															
13	〃　取付状態															
14	分岐輪の摩耗状態															
15	〃　取付状態															
16	分岐レバー，ロッドの曲り															
17	伸長，格納ロック装置動作															
18	空気圧力計の指示															
19	漏電検出器の指示															
20	走行確認															
21	車載電機品の取付状態															
22	〃　異音，異臭															
23	〃　端子盤															
24	〃　コネクタ															
25	〃　用ブロア動作															
26	通信用トランシーバー動作															

メモ

826

表Ⅳ　12.3－1　(b)

仕業点検項目

	仕業点検項目	日付															
1	車載通信機取付状態																
2	〃　現用，待機送信切換																
3	〃　コネクタ部																
4	地上通信機電圧																
5	遠隔操作盤ランプチエック																
6	切換スイッチの位置，動作																
7	筐体内ファン																
8	トロリー，安全表示灯取付状態																
9	ガイドウェイ内障害物																
10	計算機，周辺装置動作																
11	チエック走行動作確認																

メモ

827

2) 連続走行実験は先に示した走行パターン及び速度パターンで走行し，採取データを各地点，各タイミングで行う。

3) 故障発生の際は以下の報告基準に従って報告書へ記入し実験責任者へ報告する。

故障報告基準

(1) 5分以上走行不能の場合

(2) 2回／日以上同一原因で発生した場合

(3) 設計上の不具合を発見し加修した場合

(4) その他慢性的に発生するトラブルは(1)に準ずる

4) 一日の実験結果については車両の走行メータを基準としたデータとし，日誌として記録する。

12.4 実験体制

実験管理　　－ 新 日 鉄

実験責任者　　－ 新 日 鉄

データ採取者

センター …… 松下通信，ＩＨＩ，東芝

車　両 …… 日 産 ，東 洋

連絡会議，故障検討　　毎 朝 ， 夕

12.5 測定記録項目

1) 車両走行距離

2) 定位置停止地点

3) 緊急制動試験による停止位置

4) 各部位，機構部の動作回数

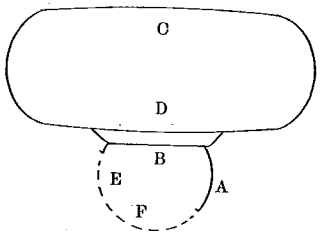
5) 実験中に発生した故障の記録

12.6 測定方法

1) 車両走行距離

連続的に車両を走行させ，機器およびシステムの信頼度を測定することから，できるだけ各機器が動作するよう下記の走行および速度パターンを選び走行した。

(1) 走行パターン

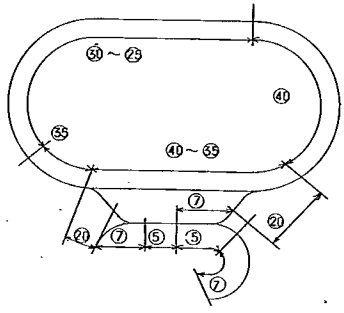


〔A→（B→C→D→C）×4回→B→E→F〕×n回

828

仕業点検時A→B→E→Fのチェック走行を1回自動運転で行なう。D部で緊急制動試験を約1時間に1回行なう。

(2) 速度パターン



単位Km／h

2台の車両を同時に40秒ヘッドで走行し，故障停車に対しては2台とも一旦停車し，その後は1台走行で実験を続行する。走行メーターは車両取付けのメーターを使用したが，事前に校正を行なっても違いは見られなかった。すなわち，今回の実験ではタイヤ圧による影響，荷重による影響は考慮していない。

12.7 試験結果

昭和51年8月23日から同10月22日迄連続走行したが，途中実験場公開の為9月20日から9月29日迄，実験を中断した。但しこの間の走行実績による信頼性解析としてのデータの活用は行われた。以下にその結果を示す。

1) 連続走行実績

表Ⅳ 12・7－1 (a) 連続走行実績 単位 Km

	21号車				22号車			
期 日	走行メータ	試 走	走 行	走行計	走行メータ	試 走	走 行	走行計
8.23～29 8.30	整 備 (3772.4)				整 備 (4743.8)	2.0	72.8	72.8
31		4.9	38.0	38.0		3.9	51.0	123.8
9. 1	3815.3	5.6	19.7	57.7	4873.5	0	20.5	144.3
2	3904.2	6.6	82.3	140.0	4956.8	3.0	80.3	224.6
3	4029.5	8.1	117.2	257.2	5042.2	2.0	81.4	306.0
4	4072.3	5.0	37.8	295.0	5102.3	4.0	58.0	364.0
7	4181.7	2.4	33.1	328.1	5237.0	3.6	69.3	433.3
8	4265.4	5.4	68.3	396.4	5238.0	1.0	0	
9	4372.6	6.0	101.2	497.9	5341.6	3.0	100.9	534.2
10	4418.4	1.5	44.3	541.9	5397.6	10.2	45.5	579.7

829

表Ⅳ　12.7－1　(b)　連続走行実績

単位 Km

	21号車				22号車			
期日	走行メータ	試走	走行	走行計	走行メータ	試走	走行	走行計
9.13	44818	3.0	60.4	6023	54692	1.5	70.0	649.7
14	45985	5.1	111.6	713.9	55833	1.1	113.0	762.7
15	47425	6.9	137.1	851.0	57218	0.6	137.9	900.6
16	48554	4.9	108.0	959.0	58328	3.0	108.0	1008.6
17	49507	5.4	89.9	1048.9	59299	2.0	95.1	1103.7
30					63480	0	74.2	1177.9
10. 1					64512	0	103.1	1281.0
4	53913	1.7	69.5	1118.4	65430	1.0	88.3	1369.3
5	55123	0.3	120.7	1239.1	66239	2.0	78.9	1448.2
6	56251	0.3	112.5	1351.6	67507	0.8	106.0	1554.2
7	57000	1.5	73.4	1425.0	68517	0.5	120.5	1674.7
8	57829	3.5	86.4	1511.4	69515	1.0	98.8	1773.5
11	58958	4.8	101.1	1612.5	70531	1.0	100.6	1874.1
12	59128	1.3	22.7	1635.2	70525	1.0	5.4	1879.5
13					71418	2.0	80.3	1959.8
14	59509	2.1	39.0	1674.2	72446	0.8	102.0	2061.8
15	59802	17.8	11.5	1685.7	73068	1.0	61.2	2123.0
18	60685	3.6	84.7	1770.4	73985	1.1	90.6	2213.6
19	62073	5.6	133.2	1903.6	75370	1.3	138.2	2351.8
20	63115	5.7	98.5	2002.1	76414	1.4	102.5	2454.3
21	64375	5.3	120.7	2122.8	77630	3.5	118.1	2572.4
22	65356	3.6	88.5	2211.3	78598	1.9	94.9	2667.3
実験走行		127.9		2211.3		61.2		2667.3
		計	2339.2				2728.5	
実験場公開の為			424.0				387.5	
合　計			2763.2				3116.0	

830

表Ⅳ　12・7－2　連続走行実験作業時間分析

月　日	時間（時間・分） 全体			走行			待機			確認			故障			走行距離(Km)	
	021号	022号	地上	021号	022号	地上	021号	022号	地上	021号	022号	地上	021号	022号	地上	021号	022号
8.30～ 9. 4	39.20	50.52	50.26	20.24	26.22	29.45	10.17	11.41	1.24	5.14	6.07	5.56	3.25	6.42	13.21	295.0	364.0
9. 7～ 9.10	34.24	37.36	34.24	17.44	15.40	21.50	7.17	2.12	2.09	3.58	3.35	4.30	5.25	16.09	5.55	246.9	215.7
9.13～ 9.17	40.50	40.35	40.35	33.44	33.41	33.56	3.11	2.36	56	3.15	3.10	3.35	40	1.08	2.08	507.0	524.0
8.30～ 9.17	114.34	129.03	125.25	71.52	75.43	85.31	20.45	16.29	4.29	12.27	12.52	14.01	9.30	23.59	21.24	1048.9	1103.7
9.30～10. 1		11.48	11.48		10.28	10.28		0	0		1.20	1.20		0	0		177.3
10. 4～10. 8	36.56	40.06	39.46	30.20	32.05	34.20	1.08	1.30	52	2.43	2.56	4.14	2.45	3.35	20	462.5	493.4
10.11～10.15	19.15	30.27	33.50	11.30	21.57	25.35	5.25	1.45	4.45	2.10	2.10	2.30	10	4.35	1.20	174.3	349.5
10.18～10.22	40.00	40.00	40.00	33.58	34.15	34.52	1.57	1.04	1.37	3.11	3.13	3.02	54	1.28	29	525.6	544.3
9.30～10.22	96.31	122.21	125.44	76.08	98.45	105.15	8.30	4.19	7.14	8.04	9.39	11.06	3.49	9.38	2.09	1162.4	1564.5
	210.45	231.24	250.49	147.40	174.28	190.26	29.15	20.48	11.43	20.31	22.31	25.07	13.19	33.37	23.33	2211.3	2668.2

831

2) 定位置停止地点

バースの定点に正確に停止することが連続走行と云う耐久性テストに近い状態に於て十分保たれる様毎回の停止毎データを採取した。定点停止の初速は5Km／時で計算機出力によるもので，ブレーキタイミングは反射型検出端の検出から計算機停止出力タイミングを取っている。

結果として停止回数による停止位置のばらつきの増大，点検調整による停止位置の片寄り等は，いずれも下記の通り±60cm内に納まり，天候による影響も予想以上に出ない良好な結果となった。

尚試験中に初速を7Km／時で定点停止を試みたが±60cmをオーバーすることが現われ停止タイミング調整をしても不十分であることが判明した。

表Ⅳ　12.7－3　定位置停止結果

23号車	自動モード停止位置	チェックモード停止位置
晴天時	m cm　cm 中央 3.30～4.30　(3.90)	中央 3.80～4.40　(3.90)
雨天時	3.20～4.20　(3.70)	3.50～4.10　(3.90)

3) 緊急ブレーキテストによる停止距離

緊急ブレーキテストは本線上ループ100の位置で安全を確認の後，計算機より緊急ブレーキを出力し車両を急停車させ，この時の初速走行スピードを計算機で記録し，停止距離を地上のスケールで読上げた。これを約1時間に一度試みたが22号車ではセンターブレーキ型式の車両で一回のブレーキテストでかなり加熱し冷却時間を要する為今回は21号車のみのテストとした。結果は下記の通りであるがテストの傾向をみる為にも大きな加修は試みていない為停止回数を重ねる毎に停止位置が長くずれる方向に現れ，ブレーキ力があまくなっていることが確認されている。しかし安全上の閉塞ループ3区間75mと比較すると十分この範囲に納まるものでブレーキ調整としては，3ケ月あるいは6ケ月に一回の調整程度となる。

さらに天候による路面状態の変化に対しては車両の安全性を重視する意味から注意して測定したが結果は雨天状態の方がブレーキのききめが良い結果となった。

832

表Ⅳ　12.7－4　緊急ブレーキテスト結果

月　日	初　速 Km/h	路面	制動距離	路面	制動距離
8.29～ 9. 4	38.3 ～ 39.3	D	39.4 ～ 40.4 m	W	38.2 ～ 39.5 m
9. 7～ 9.10	38.6 ～ 39.3	D	39.1 ～ 40.3	W	38.2 ～ 40.5
9.13～ 9.17	38.3 ～ 40.2	D	39.4 ～ 42.8	W	38.3 ～ 39.0
10. 5～10. 8	38.3 ～ 40.0	D	38.5 ～ 42.5		—
10.11～10.14	38.6 ～ 39.6	D	40.3 ～ 41.8	W	39.3
10.18～10.22	38.0 ～ 40.0	D	41.0 ～ 43.4	W	38.1 ～ 41.0
合　計	38.0 ～ 40.2	D	38.5 ～ 43.4	W	38.1 ～ 41.0

4)　各部品，機構部の動作回数記録

一定のパターン走行をし，故障及び異常がなければほゞその走行距離に換算して動作回数を算出することは容易である。当実験では無人連続走行と云うことであり，走行距離を正確に記録することにより，以下の換算表を使用し，動作回数を算出した。

但し緊急ブレーキ試験についての初速値は，停止位置測定に大きく影響することから，測定前車両速度計，計算機指令速度とを比較し，ほゞ同一であることを確認して以後計算機指令速度を測定初速値とした。

表Ⅵ　12.7－5　動作回数換算

			21号車	22号車
(1)	走行距離	車両内走行メーター記録	2211.3 Km	2667.3 Km
(2)	分岐切替回数	実走行距離 (Km)× 3.14	6944	8376
(3)	ドア開閉回数	〃 × 0.785	1736	2094
(4)	誘導輪伸長格納回数	〃 × 0.157	348	419
(5)	S1／S2 動作回数	〃 × 1.256	2778	3351
(6)	S3／S4, S6 〃	〃 × 1.256	2778	3351
(7)	S5 〃	〃 (× 1.256 × 0.628	2778	1675
(8)	S7／S8 〃	〃 × 0.314	695	838
(9)	通常ブレーキ動作回数	〃 × 0.785	1736	2094

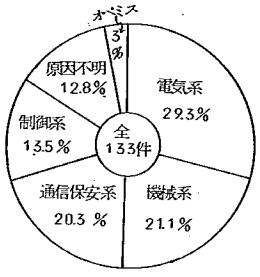
動作回数はいずれも耐久性を述べる程多く，且つきびしいタイミングで動作しているものでないが以下に整理した如く，故障は多く発生している。いずれも初期不良，設計不良と見なされる様な故障，異常と見て良いが，中には連続走行により始めて発生が頻

発し始めた部品も少なくない。故障状況と分析結果については5)に於て示す。

部品の寿命，点検の頻度に関し，今回の実験で平均的なデータを示すのは未だ早いが，実験のみで取ったデータの中で集電器は今回の仕様のもので約１５００Km走行で交換が必要であり，機械的摩耗による寿命が最も短かいと云える。

5) 故障記録

(1) 装置別故障



図Ⅳ　12.7－1　装置別故障結果

電気系 { 電源設備，給電線 / 主電動機，動力制御装置 / 集電装置 }

機械系 { ガイドウェイ（誘導壁，分岐壁） / 車両機械装置（誘導分岐装置，動力装置制動装置） }

通信保安系 { 中央通信装置，路側制御装置，地上センサ信号調整器，車上通信機 }

制御系 { 電子計算機中央処理装置，車上制御装置 }

上記故障で，現象・原因が同一と思われるくり返し故障は４２％ある。くり返し故障は，故障集計上５分以上の走行不能で一件上がることから，原因が始めからはっきりしたもの以外すぐくり返し故障としてあがる傾向にある。さらに技術的には始めは未熟な点もあり，原因追及に時間も要したが，その後は除々に追及時間も短縮されて，実験も順調な軌道に乗った。その後，走行距離が延びると，今度は発生した故障が単純なものでなく，複雑で一見設計上起り得ない様な機械的磨耗による故障が発生し，時間を要している。

仕業点検時の故障発見は全故障の１８％を示し，かなり高い効果を上げている。磨耗の程度，取付具合のボルトのゆるみ等，地上機器，車上機器全般に渡り，停止状態あるいは若干の試走をすることで，かなりの車両，地上機器の状態が判明出来るものである。今後，実用化時点にもこの仕業点検は必ず必要であり，点検項目も実績にもとづき順次更改されてゆくものである。

(2) 原因別故障分析

故障を原因別に追ってみると

(i) 初期部品不良　　５２件（くり返しを含む）

(ii) 磨耗部品不良　　１８件

(iii) 取付機構不良　　１３件

(iv) インターフェース不良　　１４件

(v) 設計不良　　１３件

(vi) そ の 他　　２３件

等によるものが見出されている。即ち単純に設置されたものが振動，可動により故障する比較的試験の始め頃出るもの，かなり試験を進み部品の磨耗が予想外に早く起きて故障するもの，当初はしっかり締付け取付けたものが異常走行，苛酷走行で支持部がゆるんだもの，当初からの設計で可能としたインターフェースが予想外に早く手直しを必要とするもの，設計が不良で十分な性能が維持されていないもの，その他故障はあるが原因の不明なもの，取扱不良，メンテナンス不良な故障等に(i)～(vi)と分類した。

分類上かなり主原因がどの部類か判定するのに困難な点もあるが，現象と発生頻度，発生タイミング等を考慮して分けた。

発生原因傾向としては当然試験当初(i)の不良と(v)の簡単に変更の出来ない部分の原因が多く見られるが，試験の終了に近い時期には(ii)(iii)に関する原因が多く発生している。尚その他の故障原因として，故障は当初単純なものが多く修理も部品交換で済まされたものが後半には原因も複雑で調査に手間取ると共に，設計，インターフェース上の変更を考慮した原因追及が必要となっている。

原因追及の工具も従来のバス，自動車を修理するものと電気品調査の為のテスター中心の工具で行ったが，将来は故障原因が早急に，且つ正確に判定出来るメンテナンス装置が開発され整備の迅速化を計る必要がある。

12.8　主要故障記録と対応策

実験中に発生した主要故障と対応策並びに結果について示す。

表Ⅳ　12.8－1　(a)　主要故障記録と対応策

名称　分岐異常

故障状況	本線部から側線部へ分岐する場合，分岐輪検知器による検知が不十分で分岐異常として停車する。
原　因	(1) 分岐輪検知器のリタンバネ折損による検知不良 (2) 〃　スプリング外れ　〃 (3) 〃　取付けボルトのゆるみ〃
対　策	部品交換及び取付け調整 部品の強化
結　果	故障は集中的に発生したが上記対策と保守を十分行った結果安定した動作となった。

835

表Ⅳ　12.8－1　(b)　主要故障記録と対応策

名称　転流不良

故障状況	モーター電流過電流検出で車両急停車する。
原　因	ノイズをひろう。
対　策	(1)　ノイズ除去する回路の挿入 (2)　バッテリー漏電の除去清掃 (3)　架線離線率をへらす様架線を近づける。
結　果	車両の走行が出来ない為大問題であり(1)～(3)の対策でほとんど故障が出なくなった。

名称　異常信号（分岐要求）を受信

故障状況	ガイドウェイ入口部，出口部で車上のモード変換を行った際時々021，022号車両共分岐要求異常信号を受信する。
原　因	車上分岐レバー右としてチェック走行を開始時モード変換の為スイッチをM→Cに切替えるとこの中間でGOモードを通る際右分岐要求を発生する。ガイドアウト時はA→Mで同様に発生する。
対　策	根本対策でないが地上計算機で信号を無視するプログラムを追加した。
結　果	分岐要求異状信号に対しエラー処理するプログラムを追加するのが最良であるが今回は無視とし，将来はGOモードスイッチ切替えに対するノイズ対策を含む根本的信号シーケンス対策を必要とする。

12.9 連続走行に伴う改良点

連続走行実験は，当初の予定通り数千キロメートルの走行が行なわれ，無人走行の実績もあがり，且つ故障もシステムとして弱い部分の発見として，分析可能なデータが取れたものとなった。

以下はその内，かなり根本的な問題として，又改良の目途も工夫で可能となっていると思われるものを，実験途中で感じ検討あるいは改良したものを示す。

1) ガイドウェイ線形・緩和曲線部の作り方について

筑波実験場の線形では，本線部から側線部へ入る場合，又は側線部から本線部へ出ていく場合，カーブしながら分岐，又は合流する。しかしこのカーブ部は設計時から側線部を短かくする意味から，R部同志の結合に若干の緩和線をつけたことから，走行を規定スピードで行なうと，横に振られるものが大きく発生し乗り心地は良くない。詳細な横Gに関するデータは，別の機会に測定しているのでここではふれないが，連続走行実験として実験員の搭乗での感じは緩和曲線部を設計時に充分取り，側線部の短縮化に対する配慮は，別方法を導入する等で検討する必要がある。

2) 新方式分岐輪検知器の開発

実験を始めてまもなく，分岐異常の故障が頻発した。原因は先に述べた如く，機械・構造の予想外の力に対する配慮が設計上不十分であったと思われるが，当初設計時から信頼性が最も良い検知器として，機械式を選択したもので若干の故障は予想されていたものの，さらに新方式の検討を急ぐ必要が出て，ここに新方式の検討も行なった。

即ち，センサに光式を採用し，反射形で分岐輪の動作を地上で監視する方式を検討した。詳細仕様については別資料を参照して欲しいが，この光式センサ方式も汚れに対する弱さから，筑波での採用を見合せた経過もあり，さらに今後研究開発するテーマである。たゞ実験に使用した機械式分岐輪検知器も部品の選択，調整の向上等でかなり後半には安定した動作を示し，将来への希望もつないでいる。

3) 緊急ブレーキについて

実験に先立ち，実験走行を行なうに十分耐え得る機能を有している必要があり，各車両，地上設備の点検を行なったが，この際022号車の緊急ブレーキについては，1時間に1回の割で掛けたのでは熱負荷容量が不足して耐えられないことが判明し，実験を中止した。これは実験車として注意した使用では可能であるが，将来の実用車としては不十分であり，検討の結果，ホイルブレーキ方式（四輪）の採用を今後行なう方が良いと判定されている。

4) 信号伝送量の限界について

実験中，並行してコード伝送に関する実験を行なっている。詳細報告は別紙とするが，現在のトーン方式による地上，車上間の信号伝送では伝送量に限界はみえており，さらに多情報を送受信するには，コード伝送あるいは別通信方式を開発する必要がある。

837

新交通システムでは無人運転車両と計算機間の信号伝送であり，きわめて高い信頼度を必要とすると共に，今後の実用化時代には，多くの信号を欲しくなる要求は増々発生すると思われ，早急にかつ着実に技術を向上させていく必要がある。

今度の実験中，通信に関する故障は，全体信号伝送を行なっている頻度，日数からみると，安定した信頼のおける方式がとられていると言える。

13 公開実験

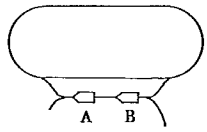
13.1 公開実験用走行パターン

公開実験用走行パターンは，最終的にはⅡ 2.4.4 に述べたパターン（試乗用および走行制御の実験プログラム）としたが，各月2回の公開指定日にはその時点の試験からみて，手戻の少なくかつお客様の安全が確実に保証できるものを用いた。また機器搬入据付直後の公開実験（実験場開き，５０年１１月）の際は，試験開始前に設計したプログラムを基本として行なった。

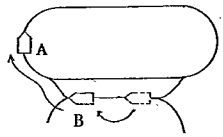
試乗パターンは原則として，ガイドウェイストップから乗車，発車，本線合流，本線走行（約２周），側線分岐，ガイドウェイストップ停車，のガイドウェイ走行を数回行ない（来客数の多少により回数を加減），その後一般道路走行，チェック走行してガイドウェイストップにもどるものを用いた。また試験後半には，車内およびガイドウェイストップからのデマンド要求も受けつけた。試乗は万一のことを考え，車内に実験員をつけたが，これも初めは運転席に座らせた。しかし，後には運転席横から前方の安全確認を行なうことのみとし，乗客が無人走行の感じを味わえるようにした。

図Ⅳ 13.1－1 に走行制御の実演（５１年９月末の公開実験の際に行なった。）の走行パターンを示す。

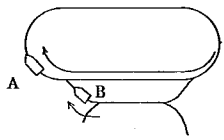
① スタート



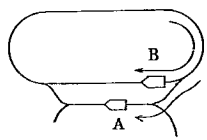
② バースの移動



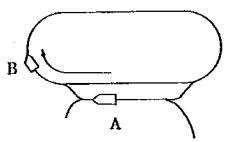
③ １５秒間隔のストップ発車



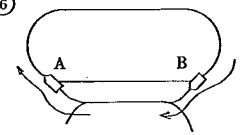
④ １５秒間隔のストップ発車



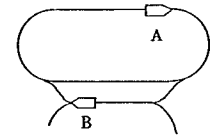
⑤



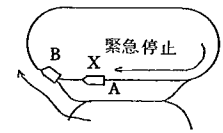
⑥ 同一ターゲット割当て(1)



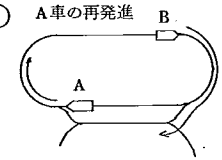
⑦ 同一ターゲット割当て(2)



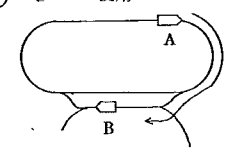
⑧ 同一ターゲット割当てによる緊急信号停止、B号車はそのまま走行を続ける。



⑨ A車の再発進



⑩ 2バース使用



走行制御の実演パタン
図Ⅳ　１３．１－１

839

13.2 公開実験の来客

公開実験は50年10月31日～11月6日と51年9月27日～29日の2回行なわれた。また各月2回の公開指定日を設け，更に当方のスケジュールに日程をお合せいただくことのできない大臣等のVIPについては，別途対応した。

来客数は52年1月末までに約5500名に達し，建設大臣，国土庁長官，住宅公団総裁，首都高速度道路公団理事長などにも御来場をいただいた。また外国人30名，100名以上の団体も4組あった。

表Ⅳ 13.2－1に来客の所属分類を示す。これによれば，約6割の方が官公庁の方である。

表Ⅳ 13.2－1　　公開実験の来客数

単位：人

	公開実験		公開指定日	計
	50.10～11	51.9		
政府機関	218	234	624	1094
学校	16	61	140	217
公社公団	171	153	546	870
地方自治体	160	181	1094	1435
報道機関	26	44	39	109
民間企業 輸送業	27	100	170	297
民間企業 製造業	200	270	390	860
民間企業 その他	83	108	65	256
その他	56	68	285	409
計	957	1219	3371	5547

昭和50年9月～52年1月末

100名以上の団体　神奈川県建設協会
谷田部町婦人会
東京都建設技術協会
全国建設技術協会

840

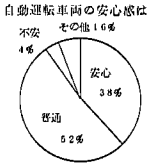
13.3 公開実験のアンケート

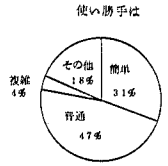
公開実験の来客を対象に2種類のアンケートを行なった。第1のアンケートは主として試験用機材についての質問を，第2のそれは乗り心地を主体として，各々約1500人程度の回答を得た。図Ⅳ 13.3－1，図Ⅳ 13.3－2に回答の分析を示す。なお図中，その他の欄には無回答を含んでいる。また小人数の来客はアンケート対象から除外してある。調査期間は第1のアンケートが50年10月31日～51年9月26日，第2のそれが第2回公開実験（51年9月27日～29日）以降52年1月末迄の期間である。

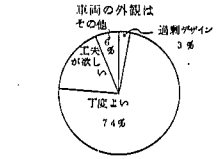
これらの結果によれば，自動運転車両に対する不安感は4％程度（その他を含めて20％）であり，80％が安心若しくは普通と答えており，また使い勝手も複雑4％に対して，78％が簡単あるいは普通と答えている。車内案内放送はワンマンバス程度の案内としたが，これも80％が充分・普通と答え，10％が更に丁寧な案内を望んでおいでのようである。乗り心地については，多くの方が鉄道よりはやや良く，バスよりは大分良いと感じておいでのようであるが，発進停止感，左右方向の乗り心地については，良くないとの指摘が32％もあったことは，更に一層の研究・改善が必要であると考える。

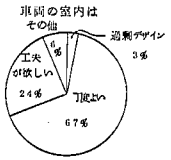


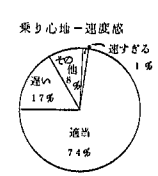


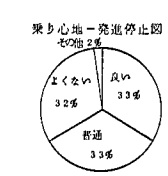


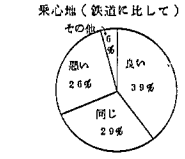




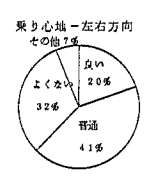


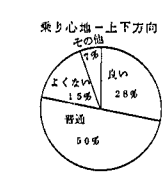


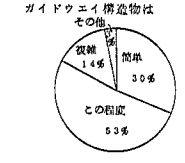


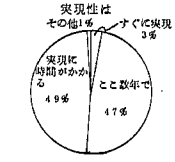


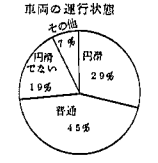


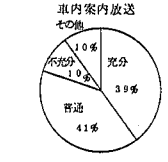












総回答数　1,433人
期　間　50. 10. 31－51. 9. 26

図Ⅳ　13・3－1　アンケート結果（Ⅰ）

総回答数　1,501人
期　間　51. 9. 27－52. 1. 31

図Ⅳ　13・3－2　アンケート結果（Ⅱ）

343

V. エンジン・モータ駆動方式の検討

V　エンジン・モータ駆動方式の検討

1　動力方式の概要

デュアルモード・バス・システムの動力方式には，いくつかの候補が考えられ，各々に一長一短がある。すなわち，

- バッテリ・モータ方式
- エンジン・モータ方式
- エンジン方式

の三方式があるが，これらの方式の特徴，問題点を述べれば以下のようになる。

1)　バッテリ・モータ方式

(1)　一般道路・ガイドウェイ走行とも排気を出さない完全無公害車で，三方式中無公害の点で最も優れている。

(2)　騒音が極めて少なく，この点に関しても他の方式より優れている。

(3)　一般道路走行時のドライバーの運転，ガイドウェイの自動運転制御は容易である。

(4)　通常の動力性能，航続距離を満足させるためには，かなり大容量・大重量のバッテリが必要となり，同時に相当の保守整備機器を用意しなければならない。

(5)　バッテリのエネルギー余裕があまりとれないので，空調はかなり困難である。

(6)　車両の価格は三方式中，最も高い。

2)　エンジン・モータ方式

(1)　車両の重量・価格は三方式中の2位である。

(2)　一般道路での航続距離は，一般自動車とほゞ同等である。

(3)　ガイドウェイ上ではモータ駆動であるので，自動運転制御は容易である。

(4)　ガイドウェイ上では完全無公害である。

3)　エンジン方式

(1)　車両の重量は軽く，価格は最も安価である。

(2)　航続距離は一般自動車と同等である。

(3)　排気公害については問題があるが，低公害エンジンの採用により，ある程度解決できる。

(4)　ガイドウェイ上での自動運転のためには，自動運転を可能ならしめるための自動変速機の新規開発が必要である。

このような一長一短の三方式のうちから，現在まで実験を進めてきたプロトタイプでは，無公害性を高く評価し，他のデメリットを知りつつ，バッテリ・モータ方式を選んだのであるが，適用地の条件の多様性に対応し，広いサービスエリアを持ち得るエンジン・モータ方式について，その駆動方式の検討を今回行なうものである。

表V 1.1－1に三動力方式の仕様を示す。

表V 1.1－1　　動力方式の仕様

名称	動力		設備機器			
	ガイドウェイ	一般道路	エンジン	自動変速機	モータ・コントローラ	バッテリ
バッテリ・モータ方式	モータ（集電）	モータ（バッテリ）	無	無	有	有
エンジン・モータ方式	モータ（集電）	エンジン	有	無	有	無
エンジン方式	エンジン	エンジン	有	有	無	無

2　エンジン・モータ方式の検討

2.1　エンジン・モータ駆動方式の分類

デュアルモード・バス車両において，エンジン・モータ方式を駆動用動力源として用いた場合，いくつかのタイプが考えられるが，その構成機器の組合せ方の相異によって分類すれば，以下の四方式が挙げられる。

- 電気的直列方式
- 機械的直列方式
- 電気的並列方式
- 機械的並列方式

図V 2.1－1に四方式の動力伝達系統図を示す。各々について説明すれば，次の通りである。

1）電気的直列方式

図V 2.1－1に示したように，エンジンと発電機を機械的に結合し，発電機はモータ・コントローラを介してモータに電気的に結合しており，モータは車両駆動系に機械的に結合している。また駆動用バッテリはモータ・コントローラと結合しており，一般道路走行用の駆動システムを構成している。ガイドウェイ走行時は集電装置がコントローラに結合する。車両の駆動は，これらのコンポーネントをシステマティックにコントロールすることによって行なわれる。この方式ではエンジン出力は発電機で消費され，直接車両を駆動するわけではない。運転者は直接的には，モータ電流のコントロールをすることとなる。

2）機械的直列方式

図V 2.1－1 2）に示したもので，エンジンはクラッチおよび発電機・モータを介

して駆動系に結合しており，エンジンから駆動系までの結合はすべて機械的である。発電機・モータはコントローラが結合し，コントローラには集電装置，バッテリが結合している。ガイドウェイでの集電走行時にはクラッチが切れ，エンジンは切り離される。この方式ではエンジン出力は，車両駆動用と発電用に使用される。また駆動力はエンジン出力を主とし，補助的にモータが付加される。すなわち運転者はエンジン出力をコントロールし，モータ・発電機の切換は自動的に行なわれる。

3) 電気的並列方式

図V 2.1－1 3) に示したものである。エンジンは駆動系と発電機に機械的に結合している。エンジンと駆動系の間には，クラッチ（図中C_2）が設けられている。モータも同様にクラッチ（図中C_1）を介して，駆動系に機械的に結合しており，発電機とモータはコントローラを介して電気的に結合している。コントローラには集電装置，バッテリが結合している。この方式では，エンジンとモータの負荷分相比率をあらかじめ設定しておき，これに従って2つのクラッチを自動的に入，切を組合せてコントロールする。機械的クラッチのかわりに，遊星歯車あるいは差動歯車を使用する場合が多い。

4) 機械的並列方式

図V 2.1－1 4) に示すものである。エンジンはクラッチを介して，駆動系に機械的に結合しており，モータも同様にクラッチを介して，駆動系に機械的に結合しているが，エンジンとモータは機械的にも電気的にも結合されていない。

以上の通りであるが，図中には各々のコンポーネントが次の記号で示してある。

(E) エンジン

(G) 発電機

(M) モータ

(C) モータ・コントローラ

(P) 集電装置

(B) バッテリ

C
=||= メカニカル・クラッチ

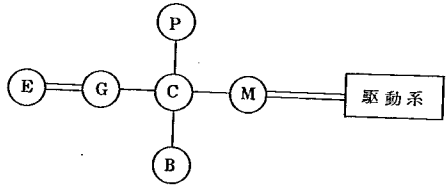
═══ 機械的結合

——— 電気的結合

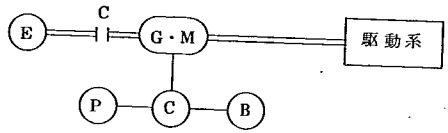
また表V 2.1－1 に各々の方式実用例を示す。

846

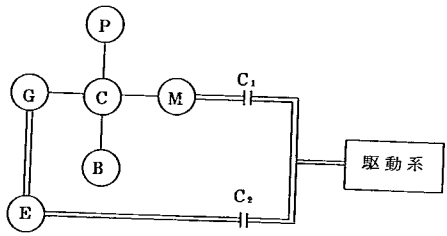
1) 電気的直列方式



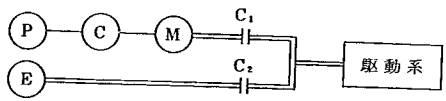
2) 機械的直列方式



3) 電気的並列方式



4) 機械的並列方式



エンジン・モータ方式
動力伝達系統図
図Ⅴ 2.1－1

847

表V 2.1－1　　エンジン・モータ方式実用例

方式	機器構成	呼称	開発段階	メーカ
電気的直列方式	スターリングエンジン＋バッテリ	スターレックI	実車テスト	ゼネラルモータース
	ディーゼルエンジン＋バッテリ	東京都ハイブリッドバス	実用実車	川崎重工・富士電気
	ガスタービン＋バッテリ	中核プロジェクト	実用テスト	トヨタ自工
	（フライホィール＋バッテリ）	エレクトロジャイロバス	実用実車	オーリコン社
機械的直列方式	ロータリ・エンジン＋バッテリ	ハイブリッドパワープラント	ベンチテスト	ウィスコンシン大学
	レミプロガソリンエンジン＋バッテリ		実車テスト	ダイハツ工業
電気的並列方式	レミプロガソリンエンジン＋バッテリ	エレクトロメカニカルトランスミッション	ベンチテスト	TWA Inc.
機械的並列方式		（な　し）	（未開発）	

2.2　各駆動方式の特性および比較評価

各駆動方式の特性上の相異は，重量・必要スペースの点を除けば，各機器の結合方法の差異に由来する。以下に各方式について特性を述べる。

1）電気的直列方式

モータ電流の制御は運転者が直接行ない，エンジンのコントロールは間接となる。コントロール方式には，さほどの困難は予想されない。従来の自動車のトランスミッションに相当するものは不要であり，機械構造上は簡素である。トータル効率は各機器の効率の相乗積となるため低い値となり，従ってランニングコストは高くなる。トータル重量は機器数が多く，バッテリもあるため重く，スペースも多く要するが，電気的結合が多いのでレイアウトの自由度は高い。排気ガス対策はエンジンの負荷変動がさほど大きくないので，比較的容易であると思われるが，車両停止時にも発電のためにエンジンが運転状態であるので車外騒音は大きい。

2）機械的直列方式

この方式ではエンジン駆動が主体であるが，純バッテリ走行も可能である。これを使い分けるために，アクセルによるエンジンスロットルを制御する系統と，モータ電流を制御する系統の両方を必要とするので，コントロールは比較的複雑となる。エンジンにはトランスミッションを必要とするが，逆転機は設けず，後退はモータの逆転によって行なう。効率は効率向上のみに重点をおいた特殊設計を行なった場合を除き，現用自動車より劣る。トータル重量は電気的結合方式に比べて部品点数が少ない分だけ軽いが，その差は大きなものではない。レイアウトの自由度はエンジン～発電機・

848

モータ～駆動系が機械的にかつ直列に結合されるためやゝ低くなる。走行エネルギの一部をモータで補うため，エンジンは比較的小容量のものですむので，発進・加速時の騒音は比較的低くできるが，エンジン出力が発電と駆動の両方に使用されるモードでは，逆に騒音が高くなる傾向にある。この方式では停車時にクラッチが切り離されているので，充電ができない。

3) 電気的並列方式

この方式は電気的直列方式のトータル効率を改善することにあり，エンジン駆動のみで走行が可能となるよう，エンジン～駆動系が機械的に結合されている。エンジンとモータの組合せによる駆動モードと，モータのみによる駆動モードの二通りが可能である点では，機械的直列方式に似ているが，停車中でも充電できる点では，電気的直列方式と同じである。スピードコントロールは機械的直列方式と同様に，エンジンスロットル制御とモータ電流制御の２系統が必要である。更に走行負荷に応じて，エンジンとモータの出力を機械的に選択，組合せるための制御と，バッテリの充電状態を維持するための発電機制御が必要となり，コントロールシステムは，複雑となる。トータル効率は機械的直列方式と同等で，現用の自動車よりやゝ劣る。重量・レイアウトの自由度は機械的直列方式と同等，必要スペースは前述二方式と同等である。騒音については，停車時充電をしている場合は電気的直列方式と同様，そのレベルは高くなる。

4) 機械的並列方式

前述の三方式は一般にハイブリッド方式と呼ばれており，一般道路走行時にもモータ駆動を行なうのに対して，この方式では単純な動力の２重系で，一般道路ではエンジン，ガイドウェイではモータと，走行場所によって動力源を使い分けている。従って一般道路におけるコントロールは，従来の自動車と全く同じである。重量は発電機・バッテリが不要のため軽くできるが，エンジン，モータの両方が駆動系と機械的に結合しているため，レイアウトの自由度は電気的並列方式と同様あまり高くない。

なおガイドウェイ走行時の特性は，四方式とも集電装置～コントローラ～モータ～駆動系となり同等となる。

表Ⅴ 2.2－1に四方式の比較評価表を示す。この表中は四方式の相対比較であり，絶対基準によるものではない。各々の評価項目についての説明を加えれば次のようである。

(1) 制御の難易

一般道路走行時の制御の容易さは，機械的並列方式が最も優れている。電気的直列方式はモータ電流はマニュアルコントロール，発電機の制御は自動で比較的容易である。機械的直列方式ではエンジンとモータ２通りのマニュアルコントロール，発電機と電動機の自動コントロールが必要で，比較的難しい。電気的並列方式ではエンジンとモータの２通りのマニュアルコントロール，モータの自動入切コントロ

ール，さらに発電機のコントロールを必要とし，最も難しい。ガイドウェイでは，四方式とも同等である。

(2) 動力伝達機構（機械装置）の複雑さ

電気的直列方式はクラッチ，トランスミッション共に不要で，最も簡単である。機械的直列方式はトランスミッション，ワンウェイクラッチを要し，比較的簡単である。機械的並列方式はトランスミッションと2個のクラッチを要し，比較的複雑である。電気的並列方式は自動切換の2個のクラッチないし遊星歯車，あるいは差動歯車が必要となり，最も複雑である。

(3) イニシャルコスト

構成機器点数と現用量産品の流用できる割合で判断した。

(4) ランニングコスト

一般道路走行時にはトータル効率の優劣に従った。ガイドウェイでは四方式同等とした。

(5) トータル効率

一般道路走行時の効率については，機械的並列方式が最も良く，電気的直列方式が最も劣る。機械的直列方式，電気的並列方式は効率向上のみをねらった設計をすれば，機械的並列方式を上回り得るが，実用的な他の配慮もせざるを得ないので，中間とした。

(6) パワープラント重量・スペース

機械的並列方式以外については，設計方針により若干の差異を生ずるが，一番大きな影響を有するバッテリの有無のみが決定的であるので，機械的並列方式にのみ有為差をもたせた。

(7) レイアウトの自由度

駆動系に機械的に結合している機器のの多少と，機械的に結合していない機器の多少により判断した。

(8) 空　調

ヒーターについては，四方式とも熱源があるので同条件とした。クーラについては，ユニット搭載スペースの多少により判断した。

(9) 振動・騒音

実車によらないと比較しにくいので，ここではどんな場合に大きいと感じるかを記した。

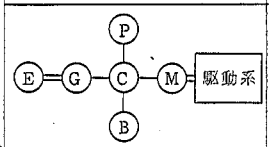
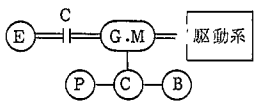
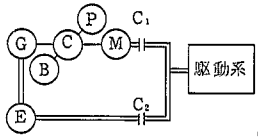
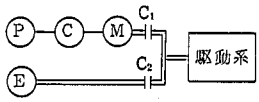
以上の比較評価によれば機械的並列方式が最も良く，電気的並列方式に問題点が多そうである。しかも機械的並列方式ではクラッチが2個ある点から，動力伝達機構がやゝ劣るの評価になっているが，一般道路走行とガイドウェイ走行のモード切換時に手動で行なえば良く，技術的には従来のトランスミッションのギヤ切換装置がそのまゝ利用できるので，

850

大きなマイナス要因とはならない。またレイアウトの自由度についてもパスであり，スペースもバッテリがなく余裕があるので，制約は受けない。

以上より，デュアルモード・バス・システムのエンジン・モータ方式は，機械的並列方式にすることとした。

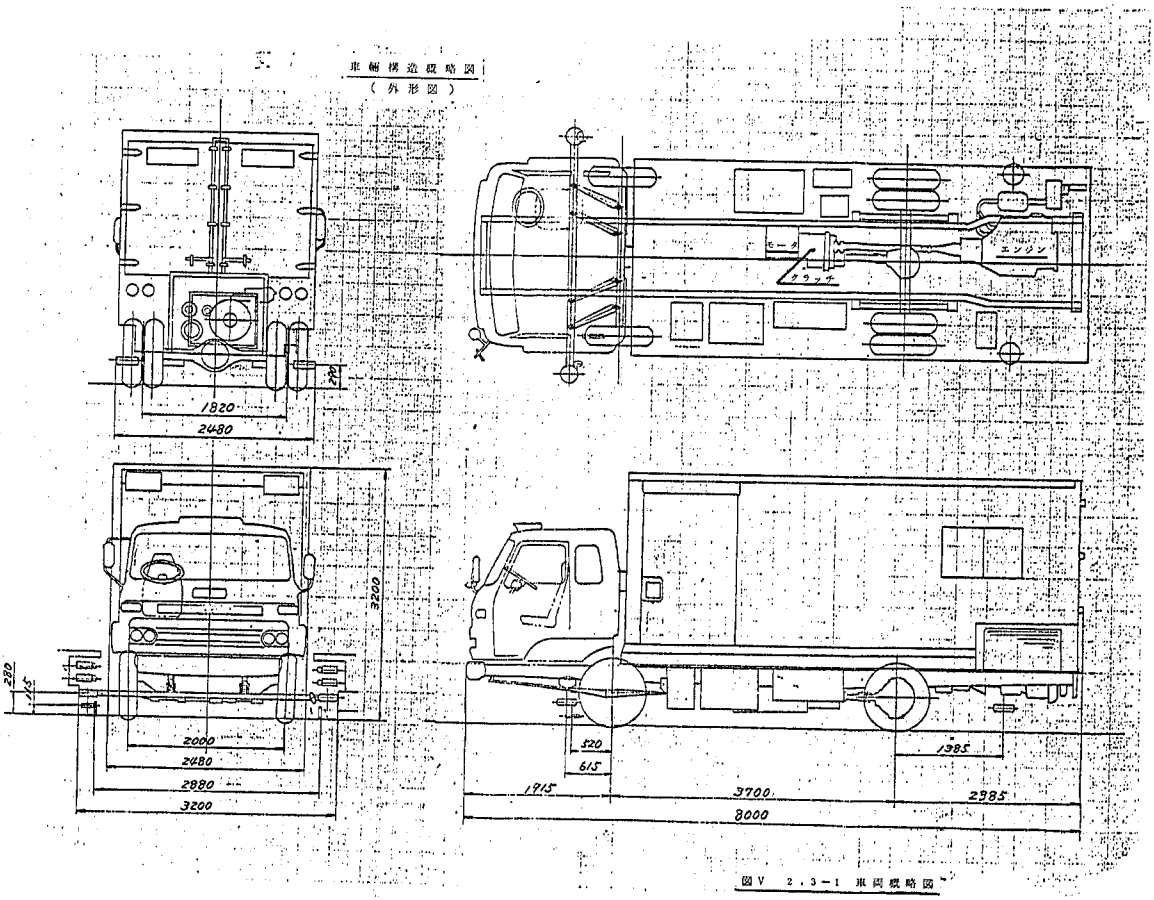
表V　2．2－1　駆動方式比較評価表

比較項目＼駆動方式	電気的直列方式	機械的直列方式	電気的並列方式	機械的並列方式
				
制御の難易	○	△	×	◎
動力伝達機構の複雑さ	◎	○	×	△
イニシャルコスト	△	○	×	◎
ランニングコスト	△	○	○	◎
効　率	△	○	○	◎
パワープラント重量	△	△	△	○
パワープラントの必要スペース	△	△	△	○
レイアウトの自由度	◎	○	△	△
空　調	△	△	△	○
振動騒音	停車時大	発進加速時比較的大	停車時大	発進加速時大

818

2.3 機械的並列方式のレイアウト

図Ⅴ2.3－1に機械的並列方式による，エンジン・モータ駆動デュアルモード・バス車両のレイアウト例を示す。この例では，エンジンは車両最後部に置かれ，伝達軸はクラッチで折り直し差動歯車につながり，モータは車体中央に置かれ，クラッチを経て駆動系にほぼ一列に置かれている。外観はトラックスタイルで書かれているが，これは実験車として，必要のない部分を既存のキャビン等を利用して，組み立てる計画であるためである。


車輌構造概略図
（外形図）
1820
2480
2220
220
145
2000
2480
2880
3200
520
615
1915
3700
8000
1385
2985

図Ⅴ　2，3－1　車両概略図

Ⅵ. あ　と　が　き

Ⅵ あ と が き

昭和４８年度より具体的に開発の進められてきた，デュアルモード・バス・システムのプロトタイプ・システムの開発が，当初計画の最終年度をむかえ，予定通りに計画が終了した。

この報告書は一連の試験のうち，本年度に行なわれた試験についてとりまとめたものである。改善のためのデータも揃い，基本的な諸方式の正しかったことが確められたいま，早く確認先行試験の行なわれる日がくることを待ち望むものである。

856