

土木研究所資料

デュアルモード・バス・システムの開発(その2)

昭和54年12月

建設省土木研究所
道路部 新交通研究室

目 次

は じ め に	1
第1章 デュアルモード・バス・システムの概要	2
1 システム仕様	2
2 研究経過	3
第2章 試験計画	4
1 試験目的および内容	4
2 試験用設備	4
2・1 ガイドウェイ	5
2・2 車両	6
2・3 通信保安装置	11
2・4 中央制御装置	13
第3章 試験結果	14
1 障害物検知試験	14
1・1 障害物検知方式の検討	14
1・2 地上 ITV 方式による障害物検知装置の概要	15
1・3 実験方法	20
1・4 実験結果	22
1・5 考察	26
2 小旋回半径走行試験	26
2・1 実験目的	26
2・2 小旋回半径ガイドウェイの走行方法	27
2・3 15 mR ガイドウェイの概要	30
2・4 022号車の旋回	31
2・5 031号車の旋回	33
2・6 実験方法	35
2・7 実験結果および考察	36
3 総合走行試験	46
3・1 実験目的	46
3・2 実験方法	46
3・3 実験結果	48
3・4 考察	52
4 マンマシンインターフェスの確認試験	53
4・1 実験目的	53

4・2	実験方法	53
4・3	実験結果	67
4・4	考察	67
5	発熱部周辺測温試験	67
5・1	実験目的	67
5・2	測定対象機器	67
5・3	実験方法	70
5・4	実験結果	71
5・5	考察	74
6	定位置停止試験	74
6・1	実験目的	74
6・2	定位置停止方式	74
6・3	実験方法	76
6・4	実験結果	77
6・5	考察	79
7	まとめ	79
あ と が き		80

は　じ　め　に

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(株)、日産自動車(株)、石川島播磨重工業(株)、東洋工業(株)、松下通信工業(株) および東京芝浦電気(株) の民間6社と官民による共同研究により推進することとなり、昭和51年度までにガイドウェイの建設、実験車の製作、無人走行試験等を実施し、このシステムの実用性、信頼性の確認を行うとともに、住宅団地への適用性やガイドウェイ構造物の設計条件の検討等を行い、成果をとりまとめて総合技術開発プロジェクトとしての研究開発を一応終了した。

これにより、デュアルモード・バス・システムは十分実用に供しうる段階に至っていることが示されたが、昭和52年度からは、さらに本システムの安全性と信頼性の向上をはかり、システム全体の実用性を高めるための試験調査が引き続き行なわれることとなり、前年度までと同様、建設省土木研究所、(財)国土開発技術研究センター、デュアルモード・バス・システム研究会の共同研究により、また当センターに学識経験者からなるデュアルモード・バス・システム技術開発委員会を設置し、その指導のもとに実施することになった。

昭和52年度は障害物検知試験および小旋回半径走行試験を実施した。

昭和53年度は、総合走行試験、マンマシンインターフェースの確認試験、発熱部周辺测温試験ならびに定位置停止試験を実施した。

この報告書は、昭和52、53年度に実施した調査結果をとりまとめたものである。

なお、総合技術開発プロジェクトで実施した調査結果は建設大臣官房技術調査室「新道路交通システムの開発—デュアルモード・バス・システム」を参照されたい。

舗装研究室長　飯　島　尚
(前新交通研究室長)

新交通研究室長　神　崎　紘　郎
新交通研究室研究員　長　健　次

同　研究員　山　田　晴　利

同　技　官　門　脇　孝　男

同　技　官　川　名　万寿雄

同　技　官　黒　沢　ひとみ

第1章 デュアルモード・バス・システムの概要

デュアルモード・バス・システムとは、ガイドウェイを自動運転する機能と一般道路上を有人運転する機能を持ったデュアルモード・バスによる新しい道路交通システムである。すなわち、ガイドウェイ上ではトロリーより給電を受けて電動力で自動運行される。また、一般道路上では運転手が乗車し、車内に搭載したバッテリーからの給電でワンマンバスとなり運行される。この時放電したバッテリーはガイドウェイ走行中に充電され、通常の電気自動車のような充電時間は必要なく効率の高い運行が可能である。

このようにデュアルモード・バス・システムとは住宅地域内など、きめ細かいサービスが要求される区間ではいままでのバスの長を、住宅地域から最寄駅までのスピードと輸送力を必要とする区間では中量輸送軌道システム（新交通システム）の長を合わせて発揮することのできるシステムである。

1. システム仕様

デュアルモードバスの開発に際し、基本としたものは以下のとおりである。

- ・ 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されること。
- ・ 低公害・省エネルギーであること。
- ・ 低コストで運営できること。

また、システムの仕様は、表1-1に示すとおりである。

表1-1 DMBシステムの基本仕様

項 目		性 能 お よ び 内 容
輸 送 力		5,000～15,000人/h
最 小 車 頭 間 隔		10 秒
モ ー ド		デュアル（一般道路走行・ガイドウェイ走行）
運 行 速 度		40 km/h
車 両	車 体 寸 法	（長）12 m以内 × （幅）2.5 m以内 × （高）3.8 m以内
	定 員	40～70 人
	支 持 方 式	ゴムタイヤ
	駆 動 方 式	電動機
	動 力 源	地上より給電（ガイドウェイ上）、バッテリー（一般道路上）
	最 高 速 度	60 km/h
	登 坂 性 能	10 %
	最 小 回 転 半 径	35 m（ガイドウェイ上）、12 m 以下（一般道路上）
	誘 導 方 式	側方接触誘導
運 行 制 御	分 岐 方 式	車 上
	ガイドウェイ・ストップ	オフラインタイプ
	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（ガイドウェイ上）
制 御	常 用 加 減 速 度	0.1 g
	緊 急 減 速 度	0.2 g

2. 研究経過

このデュアルモード・バス・システムの開発は、昭和48年度に建設省の総合技術開発プロジェクトとして採択されたものであり、研究開発は官民による共同研究として実施された。昭和49年度に土木研究所千葉支所構内に全長340mの第1次試験線が、昭和50年度には筑波研究学園都市土木研究所構内に全長約1kmの第2次試験線が建設され様々の実験が行われデュアルモード・バス・システムの実用性が確認された。昭和51年度に総合技術開発プロジェクトは終了し、昭和52・53年度は道路事業調査費で安全性・信頼性の向上に関する調査が行われた。表一1,2は研究開発の全体スケジュールを示したものである。

表一 1, 2, 全体スケジュール

研究項目	48年度	49	50	51	52	53	54以降
基本設計	→						
走行特性				→			
誘導試験		→					
自動走行試験			→	→			
安全性信頼性試験						→	
安全対策				→	→	→	→
道路線形				→			
走行路面		→			→	→	→
構造物				→	→	→	→
適応性				→	→	→	→

(注) → は、新交通システム全線に対する研究

第2章 試験計画

1. 試験目的および内容

デュアルモード・バス・システムの実用性をさらに高めるために安全性と信頼性の実証を目的として、以下の試験を行った。

- (1) 障害物検知試験
- (2) 小半径旋回走行試験
- (3) 総合走行試験
- (4) マンマシンインターフェースの確認試験
- (5) 発熱部周辺測温試験
- (6) 定位置停止試験

障害物検知試験は、ガイドウェイ上に光学パターンを設置し、これを地上に設置した ITV カメラで監視、映像を解析する方法により行った。また小半径旋回走行試験は、実験場に新たに設置した曲線半径15mのガイドウェイ上で、022号車、031号車を用いて行った。

総合走行試験は、夏・冬の二回、車輛を連続長時間走行させ、システム各部の安全性・信頼性・耐久性の確認調査を行った。

マンマシンインターフェースの確認試験は、運転士の誤操作による運行管理への影響の調査と、標識標示等を完備したことによる誤操作防止効果の確認を行った。

発熱部周辺測温試験は、車輛火災に対する安全性確認の見地から、車輛に搭載されている発熱体のうち、発熱頻度が多く、温度上昇も高いと思われる発電制動抵抗器の周辺温度上昇の状況を調査した。

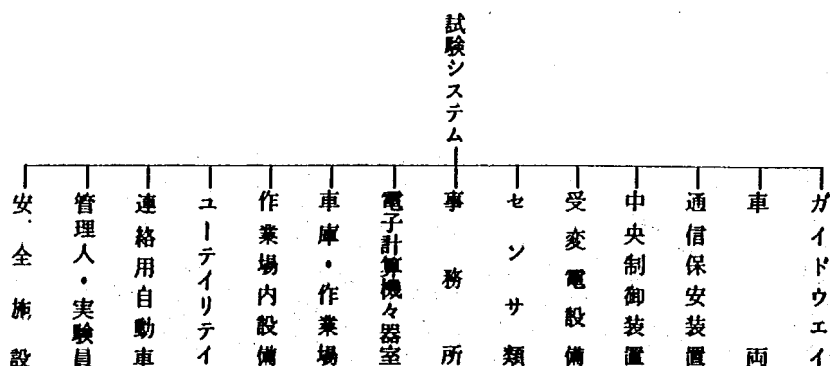
定位置停止試験は、自動運転時のガイドウェイ・バス・ストップでの停止に当って、環境条件、車輛状態が異なる場合における定位置停止精度を調査した。

2. 試験用設備

試験は、筑波研究学園都市の土木研究所構内にある、総延長約1kmのデュアルモード・バス・システム実験場で実施された。

試験用設備の全体構成は表2，1のとおりである。そのうち主なものについてその概略を述べる。

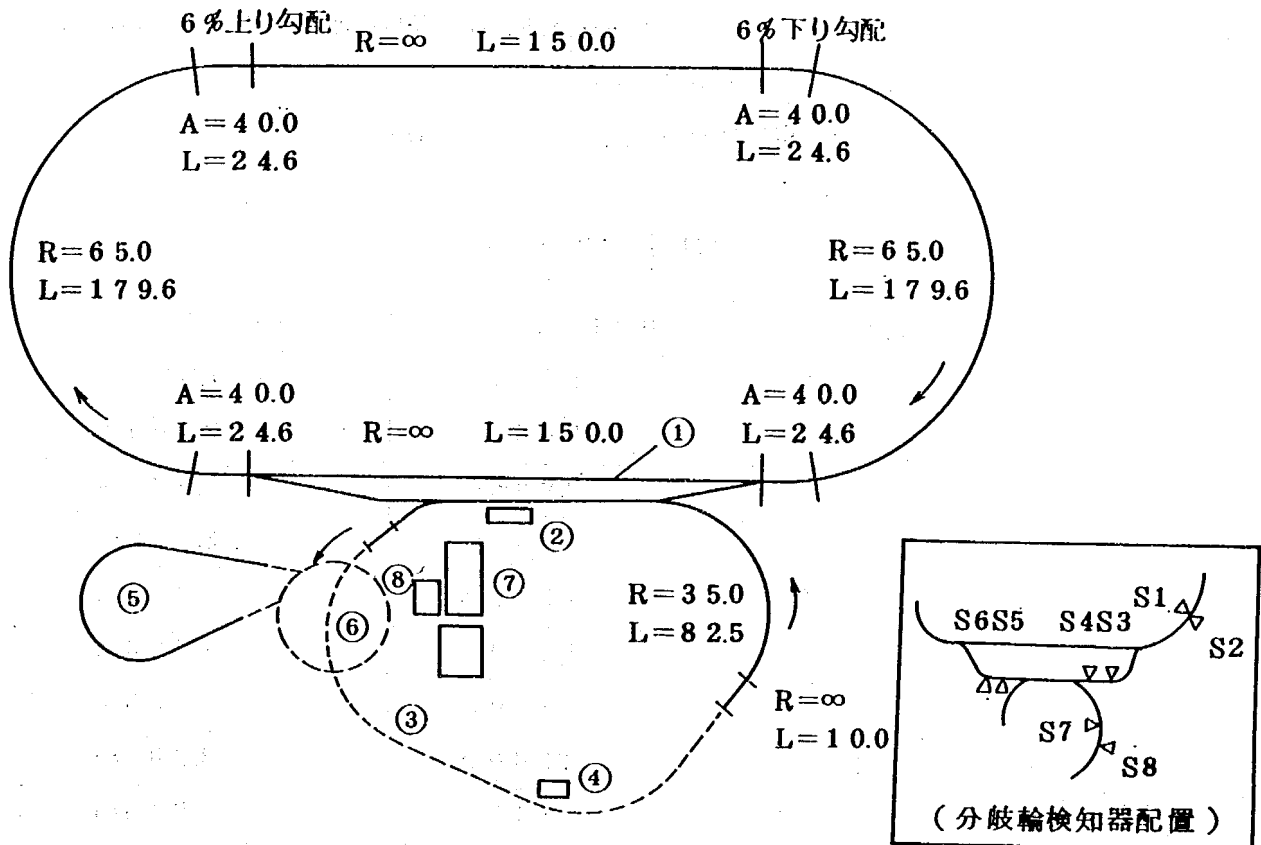
表2，1 試験用設備全体構成



2・1 ガイドウェイ

ガイドウェイは図2-1に示す線形で、本線部は40km/h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。

さらに、小旋回半径走行試験のための半径15mのガイドウェイおよびロータリが設置されている。



① ガイドウェイ

総延長 1,022m

本線部 758m

側線部 152m

モードインターチェンジ

入路(自動運転装置点検路) 102m

出路 10m

設計速度 40km/h

最小曲率半径 35m

最大縦断勾配 6%

② ガイドウェイ・バスストップ(2バース)

③ 一般道路

④ 一般道路バスストップ

⑤ 15m R ガイドウェイ

⑥ ロータリ

⑦ 実験センター

⑧ 受変電設備

受電 6,000V 3φ 50Hz

給電 430V DC

図2-1 試験用設備レイアウト

2・2 車 両

実験用車両は2台（021号車、022号車）あり、それぞれ実用時の使い勝手（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、機械配置、外観等は各々異なった角度から設計している。

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800 mm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）サイリスタチョップ制御直流複巻式とし、主バッテリーは鉛酸バッテリーを用いている。誘導方式は誘導装置連動型式である。

車両の諸元を表2-2に示す。また、車両外形図を図2-2、3に示す。

表2・2 021号、022号車諸元

項 目			021号車	022号車
寸 法	車 体	長 さ	8,000 mm	7,835 mm
		幅	2,480 mm	2,465 mm
		高 さ	2,985 mm	3,020 mm
	軸 距		3,700 mm	3,600 mm
	輪 距	前 輪	1,980 mm	2,040 mm
		後 輪	1,820 mm	1,820 mm
	最 低 地 上 高		160 mm	160 mm
	誘 導 輪 路 面 間 隔		3,200 mm	3,200 mm
	高 ステップさ	ガ イ ド ウ ェ イ	810 mm	815 mm
		一 般 道 路	330 mm	415 mm
※ 1 重 量 お よ び 定 員	車 輛 重 量	前 輪	2,800 kg	2,460 kg
		後 輪	4,500 kg	4,840 kg
		計	7,300 kg	7,300 kg
	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 輛 総 重 量	前 輪	3,967 kg	3,320 kg
		後 輪	5,918 kg	6,675 kg
		計	9,885 kg	9,995 kg
主 装 置 主 動 力	主 動 電 機	型 式	直流複巻	直流複巻
		個 数	1	1

項 目			0 2 1 号 車	0 2 2 号 車
主 動 力 装 置	主電動機	出 力 (定 格)	56.5kW / 3,200rpm (架線)	46.5kW / 2,650rpm (電池)
		出 力 (最 大)	120kW / 3,100rpm (架線)	100kW / 2,550rpm (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	鉛酸バッテリー	鉛酸バッテリー
		電 圧	384V	384V
		容 量	140AH (54KWH)	135AH (50KWH)
		重 量	1,380kg	1,350kg
諸 装 置	給 電 電 源 (ガイドウェイ)		DC430V	DC430V
	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
	車配 輪列	前 輪	2 輪	2 輪
		後 輪	駆動複2輪	駆動複2輪
	タイ ヤ	前 輪	8.25R-16-14PRLT	8.25R-16-14PRLT
		後 輪	"	"
	補 機 用 電 源		24V-70AH	24V-70AH
	通 信 ・ 制 御 用 電 源		"	"
	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	
	分装 岐置	方 式	分岐輪切換による車上分岐	
		分 岐 専 用 輪	あ り	
	制 御 装 置	機 械 式 ブレーキ	形 式	油 圧
			倍力装置	空気倍力
		電 気 式 ブレーキ 形 式		発電制動
		駐 車 ブレーキ 形 式		機械式推進軸制動
	ド ア 装 置	運転手用	位 置	乗客用と兼用
			形 式	折戸式
		一般道路	位 置	左側面前車軸前およびホイールベース間
			形 式	折戸および広幅引戸
		ガイド ウェイ	位 置	左側面ホイールベース間
			形 式	広幅引戸

項			目	021号車	022号車
諸装置	ドア装置	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

※1. 車輛保安基準による。

※2. ガイドウェイ上での後退（自動運転）は行わない。

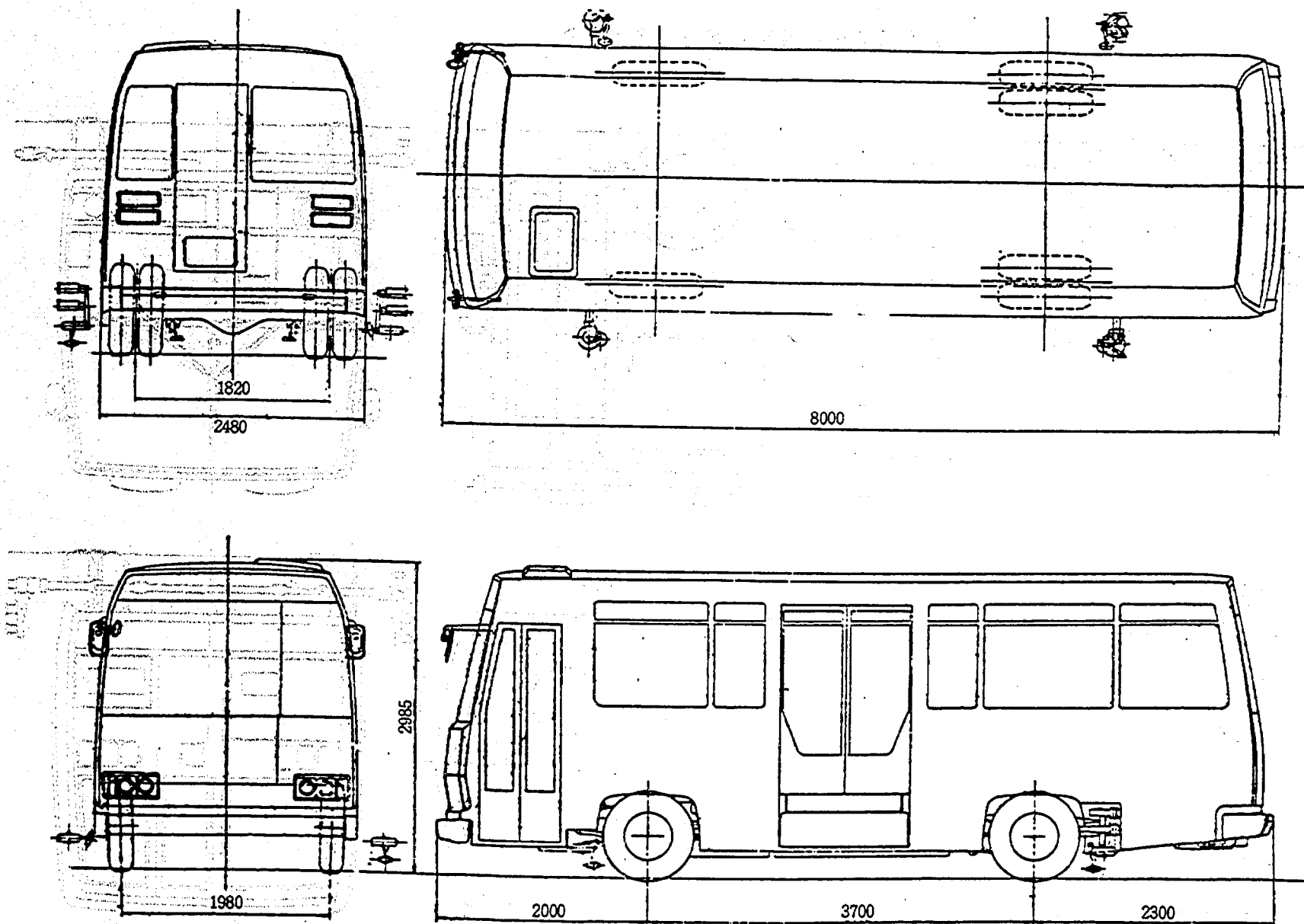


图 2 — 2 車輛外形图 (021 号車)

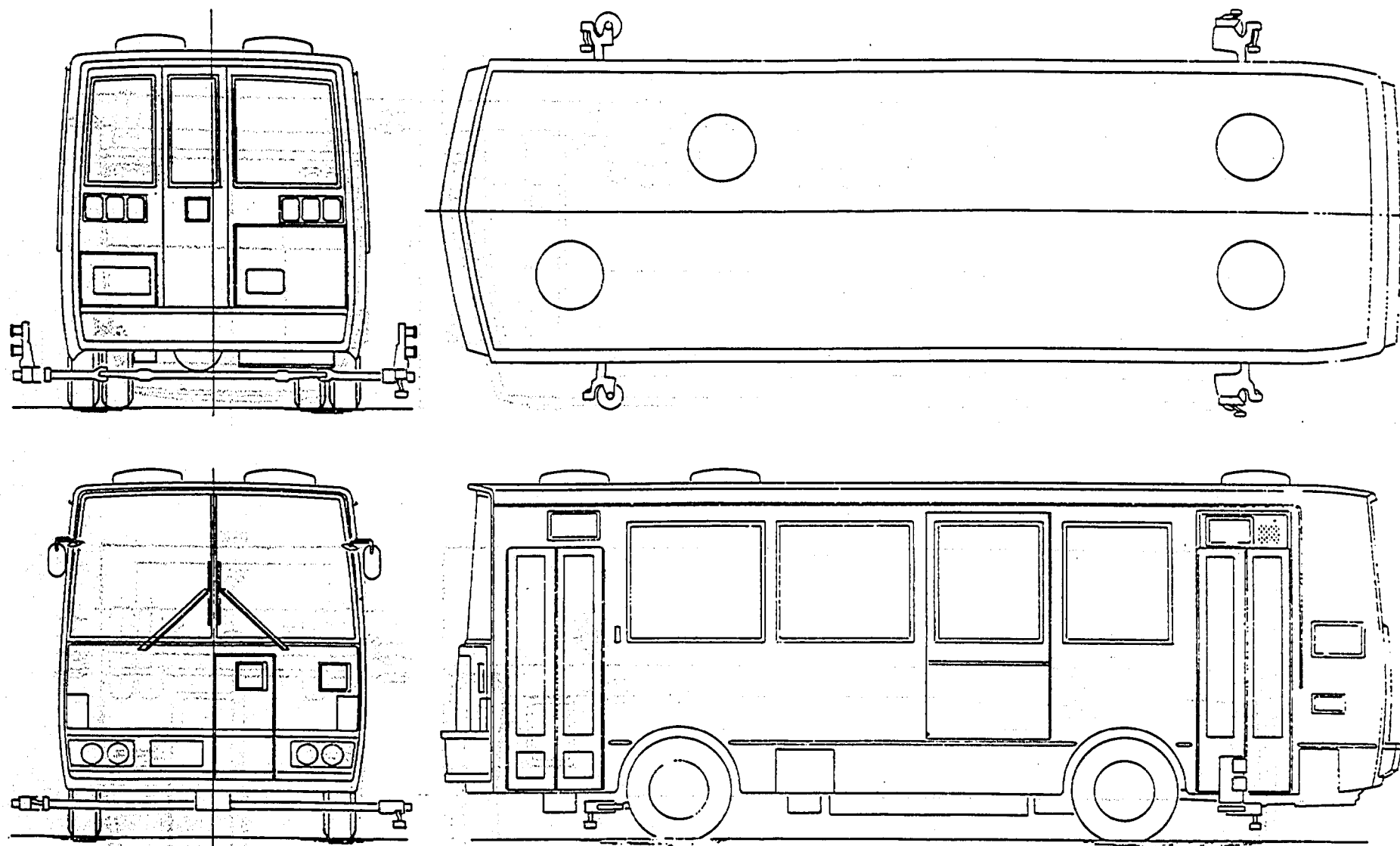


图 2—3 車輛外形圖 (022 号車)

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場合に、中央制御装置からの指令を誤りなく車両に伝えると共に、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ように必要である。このため中央制御装置・車両相互間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。すなわちフェイルセーフ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、対処することが即応性・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。

通信保安装置は以下の機器から構成されている。(図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
- 車上通信機

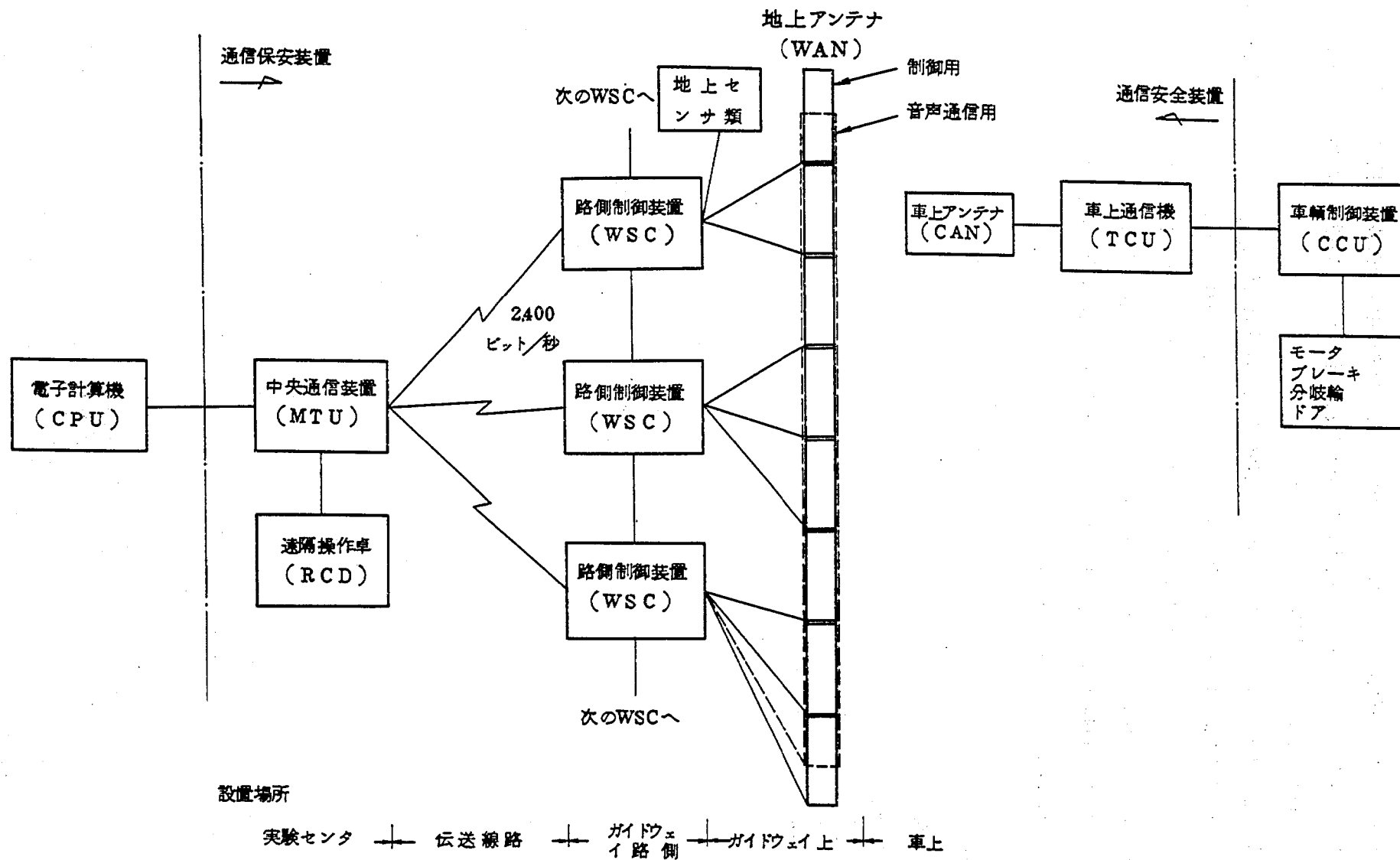


図 2-4 通信保安装置構成図

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に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共に車上通信機～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、車両より発信され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り車両からの発信波で車両位置検知を行うが、万一この発信波が停止した時のことを考え、各地上アンテナは一旦この発信波を受信した場合、この発信波がとぎれても車両存在とし、次の地上アンテナが車両からの発信波を受信した時に、この車両存在を解除する。利用客の乗車・降車要求は、直接センターのストップ操作盤が受けとり情報処理を行って適切なタイミングで制御指令を車両に対して送信する。

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、その機能は以下のとおりである。

(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

車両位置、番号管理

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

第3章 試験結果

1 障害物検知試験

1・1 障害物検知方法の検討

無人自動車両走行を行おうとするシステムでは、ガイドウェイ上への障害物の侵入を絶対阻止することが条件であり、完全防止が不可能な地点などに万一の侵入があった場合にはこれを検知し車両停止など、何らかの対策を講ずることが必要である。

これまで、鉄道のための障害物検知技術として種々の方式が検討されてきたが、まだ実用化されたものはない。デュアルモード・バス・システムでは、運行速度が40km/hの低速であり小形車両、タイヤ使用等により要求される障害物検知能力は車両前方監視距離は100 m程度で良い。

このため、デュアルモード・バス・システム用障害物検知方式として考えられる方式を以下に列挙する。

- (1) 光ビーム方式 …… レーザー等を利用してガイドウェイ上に複数の光ビームを配置、光の遮断による地上検知型。
- (2) 車上 I T V 方式 …… ガイドウェイ上に設置した光学パターン、車上 I T V カメラおよび映像解析技術による方式。
- (3) 地上 I T V 方式 …… 地上に I T V カメラを設置する方式。その他は(2)と同じ。
- (4) 空間波レーダー方式 …… 車上から電波を発射し、その反射波を利用する。一般的なレーダと同じ方式。
- (5) 電磁波ビーム方式 …… 光ビーム方式と同様に電磁波ビームを使用する方式。
- (6) 表面波レーダー方式 …… 新幹線用と同じ、ただし地上検知形。
- (7) 漏洩波擬レーダ方式 …… 新幹線用と同じ方式。
- (8) 超音波方式 …… 地上検知超音波レーダ方式。
- (9) 重量検出方式 …… ガイドウェイ面上に面状あるいは線上に重量検出素子（テープスイッチ、その他）を配置する方式。

このように、種々の方式が考えられるが、それぞれ長所・短所を併せ持っており、デュアルモード・バス・システムにふさわしい方式を選択するために、保守性、経済性、フェイルセーフ系、天候の影響、周囲の構造物の影響、曲線部の処理方式、検知分解能、検知範囲（幅方向）、検知距離、前方監視距離などについて検討を行った。

その結果、光ビーム方式と地上 I T V 方式が、総合的に優れていると考えられる。しかし、これらの光利用方式の欠点は天候の影響を受けやすいことにあるが、霧等の視界が特に悪い時は運転士が乗車していても前方監視はできないのであるから、従来の鉄道と同等以上の安全性の確保という諸点からすれば、決定的な問題点とはならない。また、視界の悪い場合は低速運転を行う等により安全性を高めることは可能である。

なお、光利用方式は電波利用方式に比べて電波法の制限を受けないことも大きな特長の一つである。

光ビーム方式と地上 I TV 方式との比較では、建設費の点では光ビーム方式が優れていると思われるが、検知範囲および分解能では I TV 方式が優れている。それ以外にも I TV 方式では障害物を検知した場合、その撮像画面を監視所へ伝送し人の目による確認が可能であり、検知後の措置の点で大きな利点がある。

以上の検討結果より、地上 I TV 方式による障害物検知装置を、デュアルモード・パス・システムへ適用することを目的として筑波実験線において試験を行った。

なお、各装置の設計・試作に当っては、以下の障害物検知性能を目標とした。

- (1) 検出範囲（一式当たり）…… 50 m 以上（直線部）
- (2) 検出障害物 …… 50 cm × 50 cm 以上の物体（最悪）
- (3) 検出遅れ時間 …… 1 秒以下
- (4) 障害物位置検出 …… 閉塞区間単位程度

1・2 地上 I TV 方式による障害物検知装置の概要

本方式はガイドウェイ面上にあらかじめ適当な光学パターンを設置し、そのパターンをガイドウェイに沿って設置した撮像装置の視野にとらえる。障害物がガイドウェイ上に侵入すると、光学パターンが見えなくなり、撮像装置からはガイドウェイ上の光学パターンの信号が乱れることにより、障害物を検知する方式である。ガイドウェイに設置する光学パターンを、長手方向の黒と白から成る縦縞模様とし、このガイドウェイに沿って設置した撮像装置により撮影すると、光学パターンは撮像画面上では、図 3—1 に示すようになる。ガイドウェイに障害物がない場合、撮像装置からは図 3—2 ㉓の黒白に応じた一定のパルス状映像信号出力波形が各水平走査ごとに得られる。一方ガイドウェイに障害物がある場合、パターンは障害物に覆われて見えなくなり、撮像装置からの映像信号出力波形は図 3—2 ㉔に示すように乱れ、このことから障害物を検知するものである。

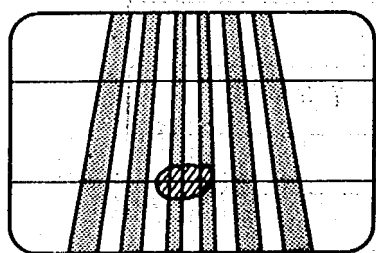


図 3—1 撮像画面

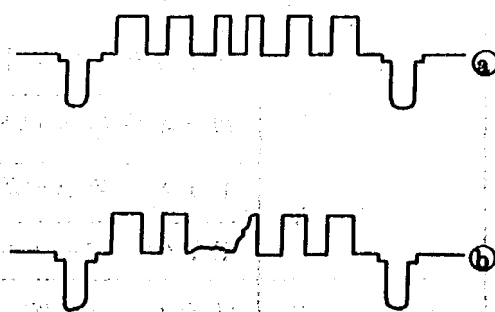


図 3—2 映像信号出力波形

この方式の特長は、ガイドウェイ面をパターン化することによって、ガイドウェイ付近の風景とガイドウェイ面との区別を容易とし、簡単な形状の光学パターンを処理するだけですむため、通常のパターン認識のように複雑なコンピュータ処理が必要なく、高速の処理が、簡単な処理装置により構成できると、および撮像装置を用いているため、障害物を検知した場合、その撮像信号を監視室へ伝送し、人の

目による確認も可能であるなどである。

このシステムは、撮像装置、信号処理装置、および光学パターンから構成される。

(1) 撮像装置

撮像装置に要求される主な条件は以下の通りである。

- ①夜間での使用も可能な高感度であること。
- ②太陽光から夜間での照明まで動作照度範囲が広いこと。
- ③遠方の小さな障害物の検知も可能な高解像度であること。
- ④太陽光・車両ライト等により焼付をおこさないこと。
- ⑤全天候形であること。
- ⑥建設費・保守費が小さいこと。

これらの条件について各種の撮像装置の性能を調査検討した結果、この目的にはシリコンビジコンを用いた撮像装置が適当であることが明らかとなった。

しかし、ビジコン撮像（sb 2, s 3 光電面）を使用した一般の I TV カメラは価格は安いが光電面が焼付き易く、感度が不足することがある。したがって、本実験では表 3—1 に示す仕様のシリコンビジコン撮像装置を用いることとした。

表 3—1 撮像装置仕様

項 目	仕 様
使用撮像管	1 インチ シリコンビジコン
走査方式	2 : 1 インターレース 画面下から上へ走査
垂直周波数	60 Hz (60 フィールド)
水平周波数	1575 KHz
解 像 度	水平 500 TV 本, 垂直 350 TV 本
出力信号	複合映像信号 (VS) ・ 10 VP-P 75Ω
光 学 系	F 1.8 焦点距離 20 ~ 100 mm
	EE 付 ズームレンズ
寸 法	防水ケース収容 200 × 225 × 840 mm

(2) 信号処理装置

信号処理装置に必要とされる機能は以下のとおりである。

- ①影や照度むらの影響を極力除くことができること。
- ②光学パターンの処理に、風景が影響を及ぼさないこと。

③遠方ほど小さく見える光学パターンの処理を安定しておこなうことができること。

④障害物の位置を検出できること。

これらの条件から処理装置を図3-3のように構成した。試作した処理装置はパラメータの初期設定判定条件のためCPU（マイクロコン）を一部回路に用いている。処理装置の構成は以下のとおりである。

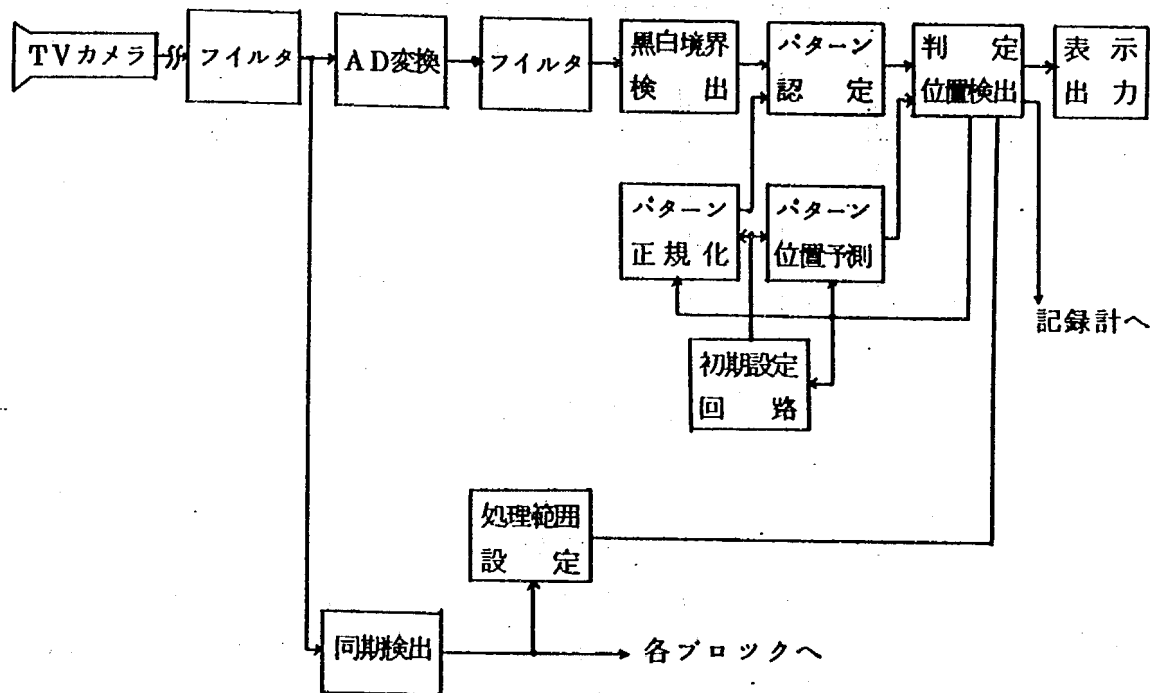


図 3 - 3 処理装置構成図

(I) A/D変換およびフィルタ

フィルタを通過した映像信号をA/D変換し、後の処理をデジタル化することで各部分の処理を可変にしている。

A/D変換は、32階調6MHzである。デジタル変換された映像信号は、横方向（水平走査）および縦方向（垂直走査）に各々1画素づつ加算し、二次元の簡単なフィルタを通過させ、後の処理に不要な高域の成分を除いている。

(II) 黑白境界検出

今回の実験装置では、パターンの認定を黑白の境界（輝度変化点）をもとにおこなっている。

そのためA/D変換した映像信号を水平方向に差分することにより、輝度の変化を描出し、それが一定値を超える場合に黑白輝度変化点として扱うことにしている。差分画素間隔およびしきい値は可変とし、実験的に定めた。

(III) パターン認定

黑白輝度変化点は、白から黒へおよび黒から白への2種類あるが、それが、ガイドウェイ上の光学パターンによるものであるかどうかをパターン認定部によって判定する。

黒白パターンは、水平走査にたいして一定の時間分布で黒白輝度変化点を生じるので、図3-4のように光学パターン黒白稿に対応した変化点の分布がある場合に、それを光学パターンによるものとみなす。

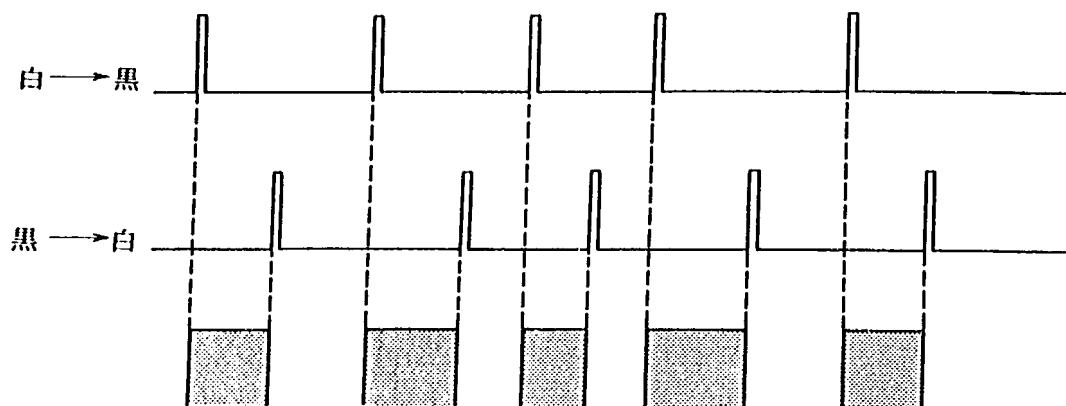


図3-4 パターン認定方式

(Ⅳ) パターン正規化

遠近によるパターン幅の違いは、認定回路を複数系統持つことで処理している。すなわち、パターン設定のための黒白輝度分布の認定時間領域が互いにオーバーラップする論理回路を16系統用意し、撮像装置の垂直走査を下から上へ行うことでパターン幅は水平走査ごとに次第に小さくなることから、各水平走査線に対するパターン認定のための設定時間中の該当値を過去の情報をもとに自動的に対応させている。

(Ⅴ) パターン位置予測

風景などによって同じような情報列が生じたとしても、それを光学パターンによって得られたものと混同することを防ぐため、以前の水平走査において検出されたパターンの位置情報から、パターンの右端位置を水平走査時間の $\frac{1}{10}$ 以下（5 μ s）の範囲に予測している。

パターン位置の予測は、垂直同期ごとにくり返されるが、予測の開始時より確実な予測をするために、パターン幅がより広くみこめる近距離から処理をはじめめる。そのため撮像装置の垂直走査は下から上へ走査している。

(Ⅵ) 処理範囲設定

必要とされる障害物検知領域をガイドウェイ長手方向に設定し、その領域に対応する走査線について障害物判定部が動作する。

(Ⅶ) 初期設定回路

画面上の光学パターン幅の設定およびパターン位置の予測は、垂直走査ごとにくり返されるが、垂直走査ごとの初期値はCPUによってシステムの起動時に決定する。

(Ⅷ) 判定出力回路

処理範囲内で、パターンを検出できない場合に障害物であると判定する基準を「連続した3回の水平

走査において、パターンの認定がパターンの予測位置でできないことが、連続した3画面の処理範囲において垂直走査から起算して、同一かその前後の走査線について起きるとき」とし、その走査線の画面上の位置から障害物の位置を判定し、処理範囲を最大6区間に分割して表示することになっている。写真3—1に信号処理装置の外観を示す。

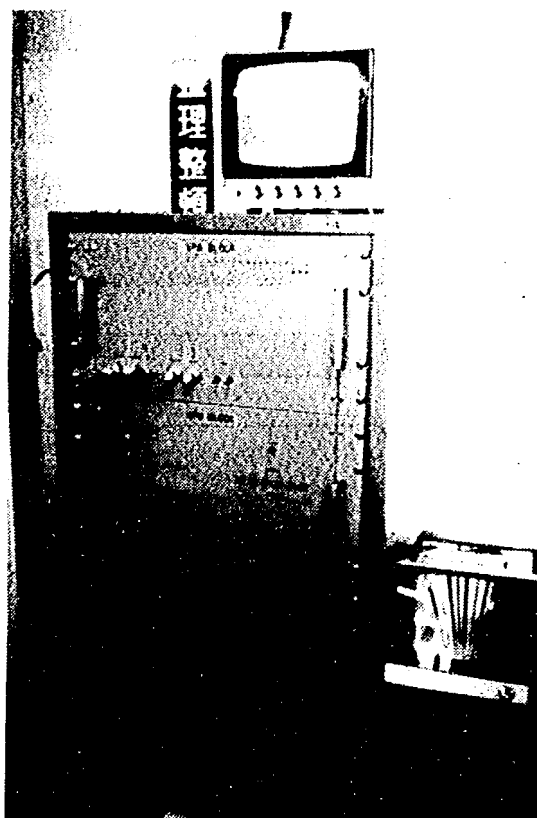


写真 3 — 1 信号処理装置

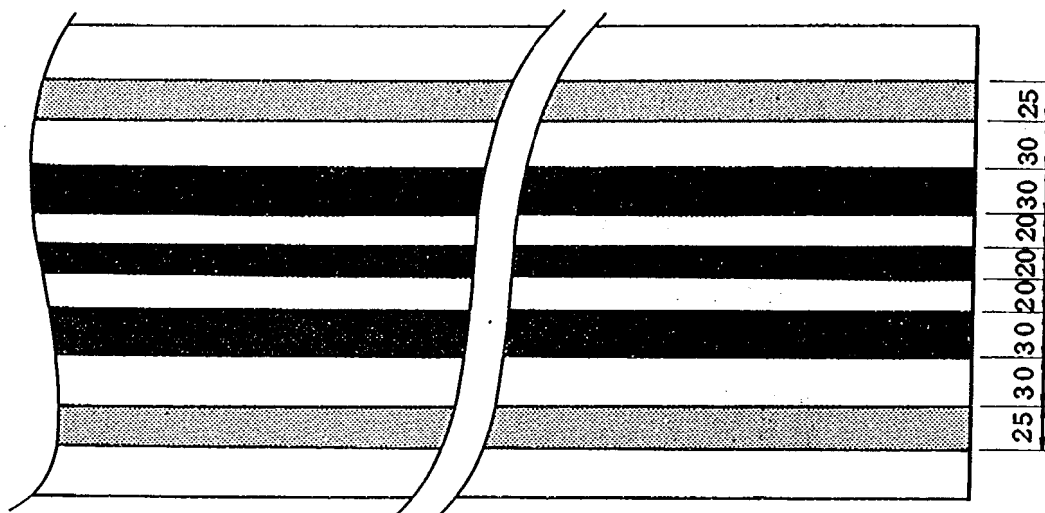
(3) 光学パターン

パターン材料に要求される条件を以下に示す。

- ①あらゆる環境条件において黒白輝度が大きいこと。
- ②光学パターンを望む撮像装置の俯角が小さい場合も十分な黒白輝度比が得られること。
- ③耐候性に優れた長寿命であること。
- ④摩耗に強いこと。
- ⑤汚れにくいこと。
- ⑥ガイドウェイ面への設置が容易なこと。
- ⑦車両運行の妨害にならないこと。
- ⑧建設費・保守費が小さいこと。

以上の条件を考慮して市販の塗料およびテープ類を調査検討し、白材料としては夜間の照明に対して

パターン形状としては信号処理の容易なことから図3-5に示すようなガイドウェイ長手方向の従編とし、今回の実験においては黒材料はゴムシートに塗布して設置した。



1・3 実験方法

写真3-2はガイドウェイに布設した光学パターンである。

中央の黒いパターン3本(20cm 1本, 30cm 2本)はゴムシートに砂入り滑止め塗料を塗布したものであり, 左右の黒パターン2本(25cm)は走行車両タイヤ通過領域であること, およびアスファルト



写真3-2 設置光学パターン

自体の黒パターン材料としての性能試験の為、路面自体を黒パターンとして用いた。

白材料はすべて回帰性テープを用い、ガイドウェイ面に接着させた。光学パターンは実験場北側に60 m 設置し、監視区間はその領域内の50 mとした。写真3-3はデュアルモード・バス・システム実験場本線東側曲線部附近に設置した撮像装置である。

撮像装置はガイドウェイから上方約5 mに設置し撮像角度操作は、実験棟からの遠隔操作とした。図3-6、図3-7は各構成装置の配置を図示したものである。

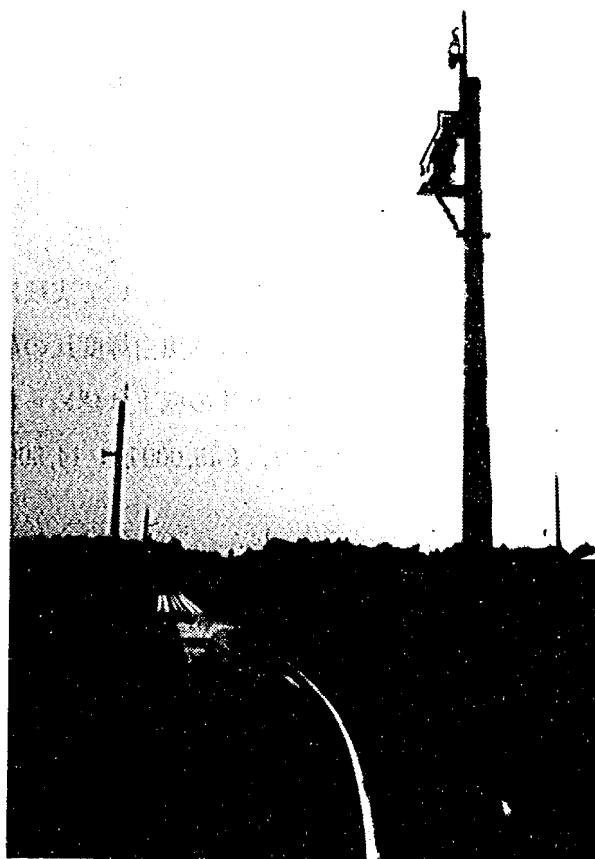


写真3-3 設置撮像装置

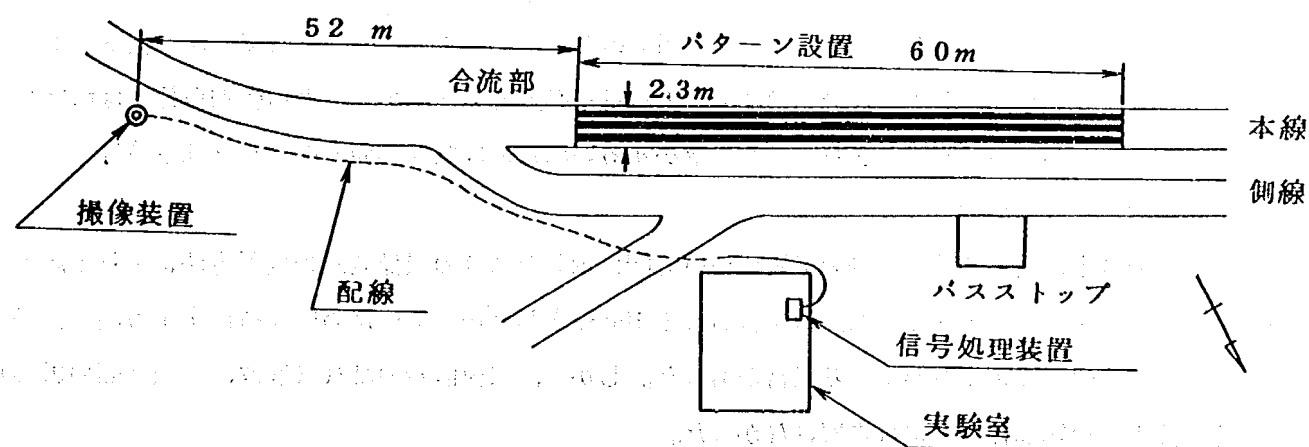


図3-6 実験装置配置図

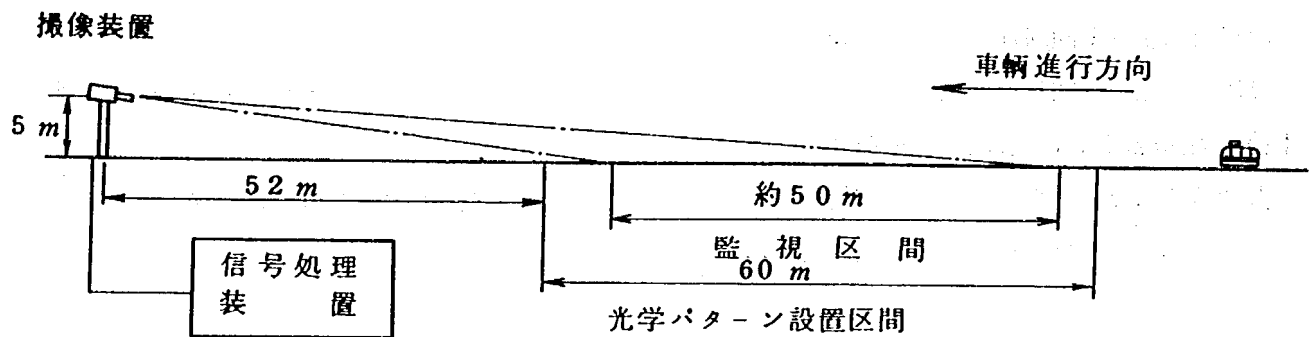


図3-7 実験装置配置図(側面)

1・4 実験結果

(1) 光学パターンが受ける影響

照度、影による黒白輝度比の変化(アスファルト部を除く)について実験期間中の天候による照度範囲は、約4,000 lx～4,500 lxでありこの範囲で日なたにおける黒白輝度比の最小値は5.4 (2,000 ft-L : 370 ft-L)であったが、照度の違いによる黒白輝度比の低下は認められなかった。

また得られた日なたと影との照度比は最大約3であり、(45,000 lx : 14,500 lx)影の中の黒白輝度比はおおよそ8であった。

着水の影響(アスファルト面を除く)について実験期間中の降雨量は少なく、それによる着水パターン黒白輝度比は最小で5程度であった。そのため、さらに強い雨を想定し軌道面に放水することによってパターンに着水させ、黒白輝度比を測定したところ、おおよそ黒白輝度比は3程度と低下した。また、わだち部分は水をたたえ、空が明かるい場合には、反射により黒白輝度比は1以下となる場合もあることがわかった。

アスファルト面は、滑止めペイントと比較して、実験期間中の天候条件において、2倍程度の輝度をもつことがわかった。

(2) 処理装置の受ける影響

実験期間中の影および照度の変動に関しては、基本的な動作をすることが確認できた。降雨時には光学パターン自体の黒白輝度比が低下し、さらに空間での散乱によって等価的に黒白輝度比の低下があるので、A/D交換レベル、および差分画素間隔の再設定が必要であったが、障害物検知自体には影響なかった。しかし、わだちに水がたまり、さらに空が明るい場合には処理不能であった(放水時)。

(3) 撮像装置の受ける影響

撮像装置の設定位置と望遠、振動の影響について図に示した通りの撮像装置の設置方法により予測通りの撮像画面を得ることができた。望遠はおおよそ100 mmとしたが、そのため振動特に上下方向の振動によって処理範囲の設定ずれが生じる場合があった。しかし、映像信号の乱れ(残像、蓄積時間の影響)はなく、障害物検知動作自体には影響はなかった。

偏光フィルタの効果については、これを用いた時の着水光学パターンの反射除去、およびパターン面

を水でぬらした場合の偏光フィルタによるパターン反射を測定した。その結果、垂直偏光を利用することによって黒白輝度比は、およそ2倍に改善されることがあるということが確認された。(表3-2参照)

表3-2 偏光フィルタによる改善

22000lx 単位 f t-L

	フィルタなし	偏⊥光	偏=光
黒パターン	900	130	350
アスファルト	2000	400	750
白パターン	4000	1200	1400

(4) パターンの縞幅と検出可能障害物幅との関係

図3-8は、障害物(黒単色、高さ30cm)の光学パターン上における検出限界の障害物幅の実験結果である。

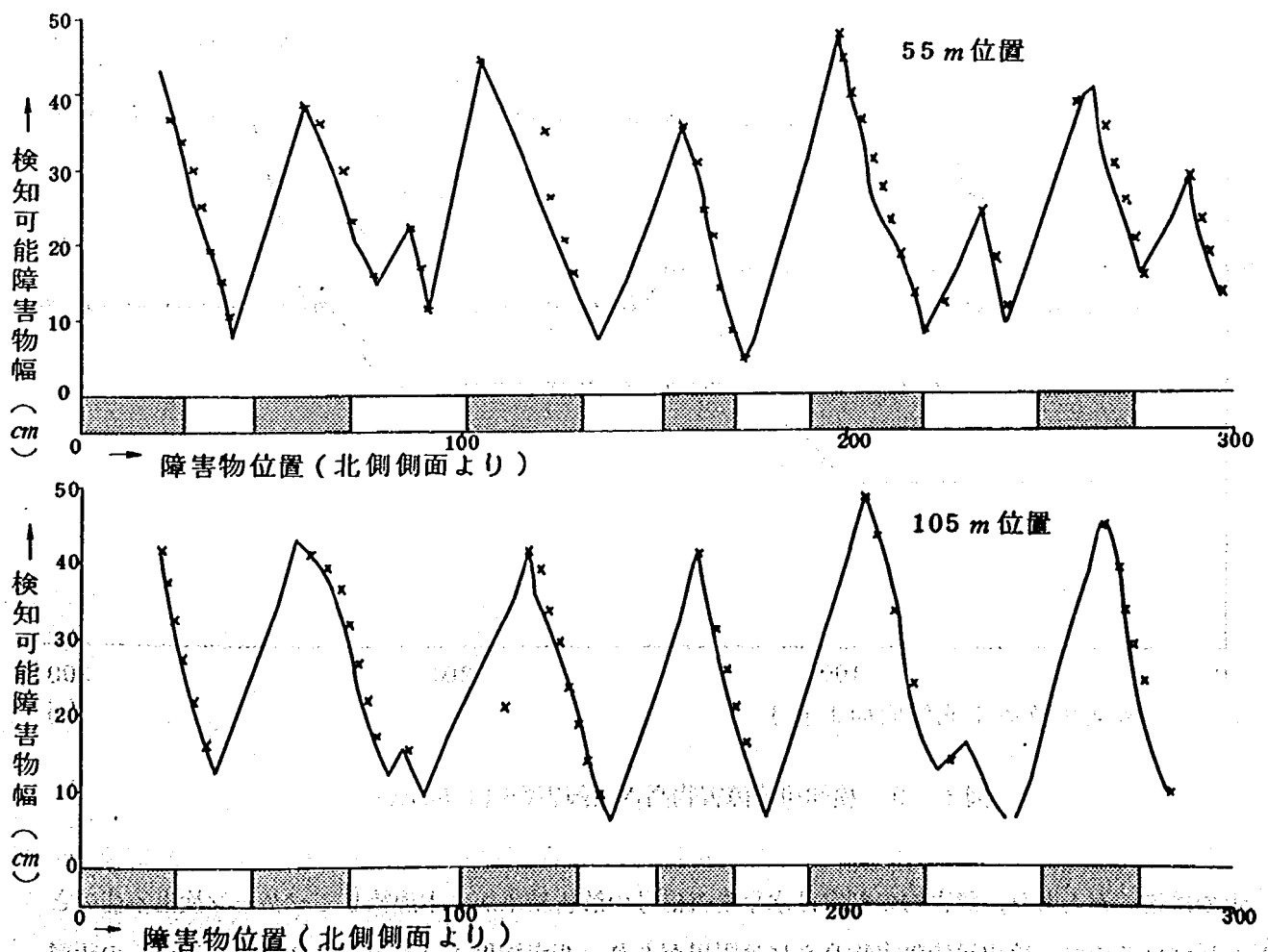


図3-8 検出可能障害物幅 (高さ 30 cm)

この結果から検出可能の障害物幅は、光学パターン上の障害物位置によって異なるが、その最大値は障害物が黒である場合

処理システムの境界分解限界 $\times 2$ + 障害物下の黒パターン幅（境界分解限界＝パターン境界位置検出における分解可能幅）

となることがわかった。

撮像装置からの距離による検知可能障害物幅は、上式における処理システムの境界分解限界が距離によって変化するので遠方ほど大きくなる傾向にあるが、その差の変化は小さいと考えられる。

(5) 検出可能障害物高さ

図3-9は、障害物（黒単色、幅50cm）光学パターン上における検出限界障害物の高さの測定結果である。

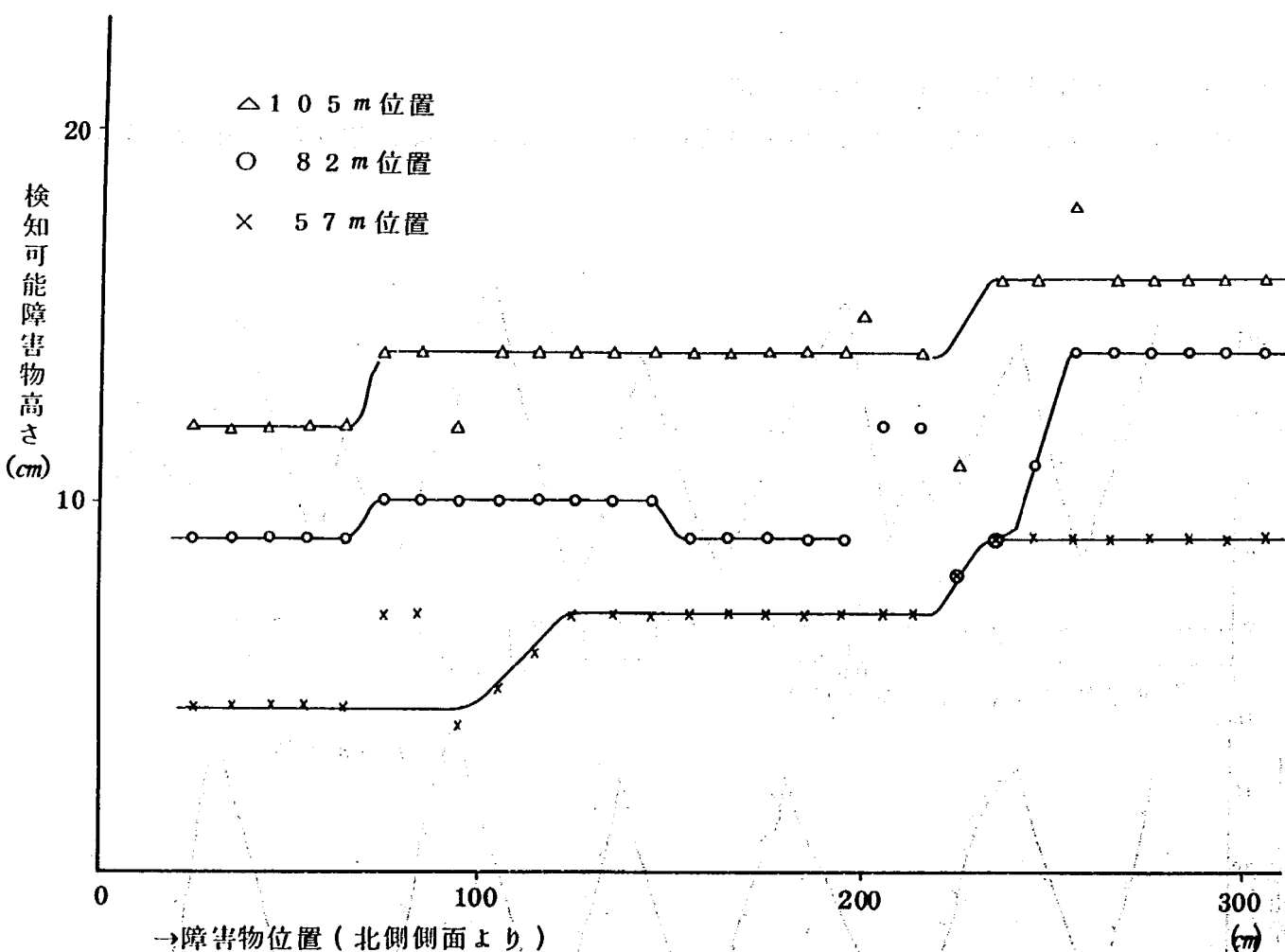


図3-9 検出可能障害物高さ (障害物幅: 50 cm)

すでに述べたとおり、障害物の判定は水平走査信号の解析結果が3本連続してパターン検出不能のときとしているので、検出可能障害物高さには限界があり、測定結果よりその高さは撮像装置からの距離とほぼ比例関係をもつことが確認された。

(6) 障害物検出遅れ時間

検出可能障害物を投入した場合、および車両（031号車）が進入した場合の障害物検出遅れ時間を測定した。（図3-10参照）

図3-11は、車両が40km/hで進入した場合の障害物検出遅れ時間を記録した一例である。

くり返し行った検出遅れ時間の測定により、障害物検出遅れ時間は、すべて80～300msの中に分布することが明らかとなった。

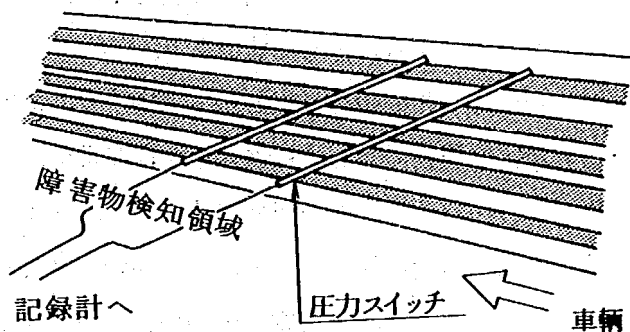


図3-10 検出遅れ時間測定方法

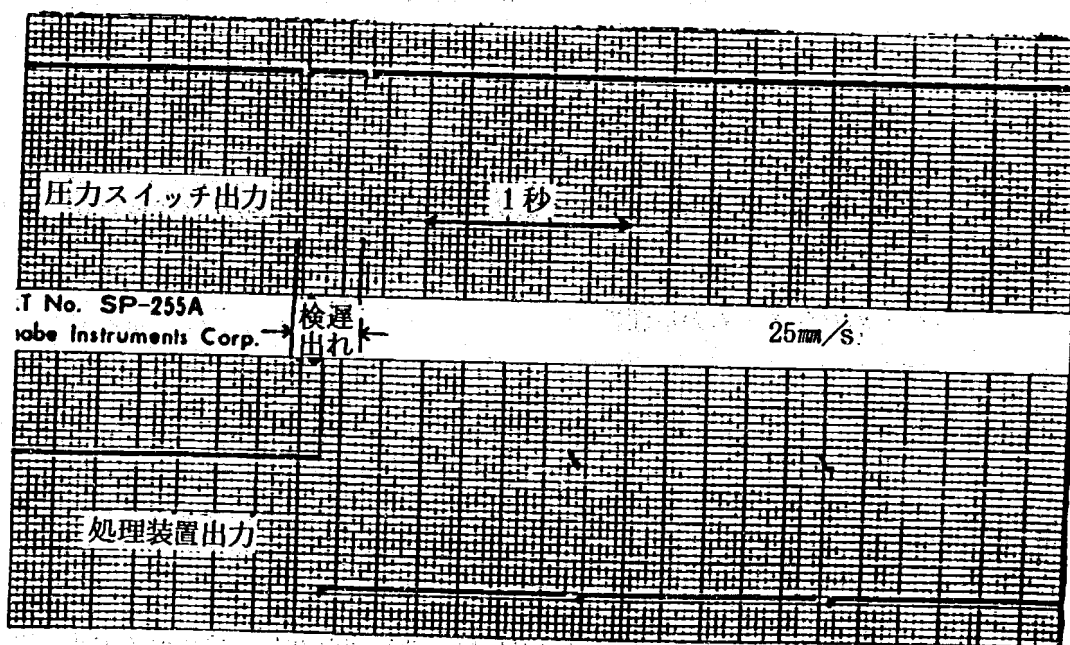


図3-11 障害物検出遅れ時間

（40 km/hにて車両進入 22000ℓx）

(7) 障害物位置検出

今回の実験に用いた処理装置では、撮像画面上の障害物の位置、すなわち障害物検出走査線の画面上の位置による障害物位置検出を行い、最大6区間に分割して表示した。

その結果、障害物の近端（撮像装置側）の位置を明確に検出できることが明らかとなった。しかし、

撮像装置の固定がこの実験では十分でなかったため、風による撮像画面のゆれによる変動はさけられなかった。

1・5 考察

本実験は、短期間の実験であり、その間に得られた天候条件には限られていたが、本方式による障害物検知システムの基本性能をほぼ確認することができた。

検知可能障害物寸法について当初の目標である $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ の検出は達成することができた。また、撮像装置の分解能には余裕があるため、光学パターンを今回の実験で用いたものより細かくすれば、より小さな障害物検知可能障害物をより小さくすることも可能である。

なお、検知可能障害物寸法（幅）は図3-8で明らかなように、パターンの位置により $5\text{cm} \sim 48\text{cm}$ 迄変化する。このため人や動物のように動く障害物に対しては検知性能は非常に高い。

検出遅れ時間について今回の実験では、パラメータを可変にするため、マイクロコンピュータによる障害物判定を行った。このマイコンの処理時間が加わるため、3画面の照合時間（約50m）より長い判定時間が必要となった。しかし、そのばらつきは、障害物自体の輝度分布が光学パターンによって撮像され、走査線照合、画面照合により検出遅れとなったものと考えられる。

光学パターンの濡れの影響について実験の結果では雨による濡れは問題とはならなかったが、わだち堀れ（深さ最大14mm）に水が溜った場合は処理できなかった（障害物と見誤る）。ITVモニター上でも水面上い空が映りパターン面は見えなくなる。このため、実用化に当ってはガイドウェイ面の水はけを十分考慮する必要がある。なお、ガイドウェイ面に対して撮像装置の望む角度（俯角）が小さい場合は、偏光フィルターを使用してもあまりコントラストの改善は期待できない。

今回の実験により本方式による障害物検知システムの基本的な機能は明らかとなったが、実用化には、なお以下の検討課題が残されている。

- (1) パターンの汚れを含めたシステムの信頼性
- (2) 雪や霧の場合の対策
- (3) 夜間の場合

2 小旋回半径走行試験

2・1 実験目的

デュアルモード・バス・システムは、最小車頭間隔10秒、運行速度 40km/h でガイドウェイを走行することを一つのモードとしている。このことは、本線部の最小旋回半径は63m以上となり（カント10%として、通過速度 40km/h で超過遠心加速度 $0.1g$ ）オフライン・ストップ部への本線からの分岐合流は40m以上の半径が必要となる（分岐合流速度 22km/h 、超過遠心加速度 $0.1g$ の場合）。本線からの分岐合流速度 22km/h は、 40km/h で通過する車両の先行または後続の車両が分岐または合流した場合に車頭間隔が4秒以上短くならないために必要な速度である。すなわち最小車頭間隔10秒を延ばすか、乗心地を悪くしなければ（超過遠心加速度を $0.1g$ 以上とする）40m以下の旋回半径を本線部の走行に影響をおよぼす側線部に用いることは困難である。しかし、デュアルモード・バス・システムを計画す

る場合、すべてのケースについて短い車頭間隔が必要なわけではなく、場所によって短いヘッドウェイを必要としない場合もあろうし、また路線形態によっては全線にわたって高密度運転を必要としない場合もあるだろう。さらに終端部のループ線のように全車両が停車した後に低い速度で走行する場合も考えられる。以上のような場所においては、小さい半径で走行できることはシステムの特長として便利である。このような理由から半径40 m以下の小旋回半径の走行の可能性について確認する試験を計画した。

この場合、現実を使う小半径はどの程度かを見極めることができれば、その半径で試験を行うのが好ましいが、必ずしも必要な最小旋回半径は確定できないのみならず、場合によっては半径は小さければ小さい程好ましいこともあるので、ここでは道路構造令に定められている最も小さい半径15 mをとりあげた。この値はガイドウェイ・バス・システム構造基準に示されている絶対最小値でもある。本試験は半径15 mのガイドウェイを使用してガイドウェイと車両の姿勢位置の確認、車両走行時の操縦安定性の確認、誘導輪、分岐輪への作用力の確認など小旋回半径走行時の特性を確認することを主たる目的として行うものである。

小旋回半径を実際に用いるためには、単に機械的に旋回可能であるばかりでなく、制御も含めて実用上安全性・信頼性が高くなければならない。今回の実験は、単にハード面での確認をすることであり、実用システムに採り入れるためには、実験結果をふまえたシステム設計の検討が必要である。

2・2 小旋回半径ガイドウェイの走行方法

1) 誘導装置連動型式

現在、実験に用いているデュアルモード・バスの誘導装置連動型式を採用している。これは車両がガイドウェイを走行する時、目標コースからずれるとそれに対応して誘導輪が車両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両を誘導する形式である。これは通常の自動車における人間による操舵を誘導壁から誘導装置を通して行うようにしたものである。

旋回の状態も通常の自動車と同様であり、極低速時には図3-12のようにアッカーマン旋回を行う。すなわち、各タイヤに横すべりが生じないように後車軸の延長上の点Oを中心にして車両は旋回する。

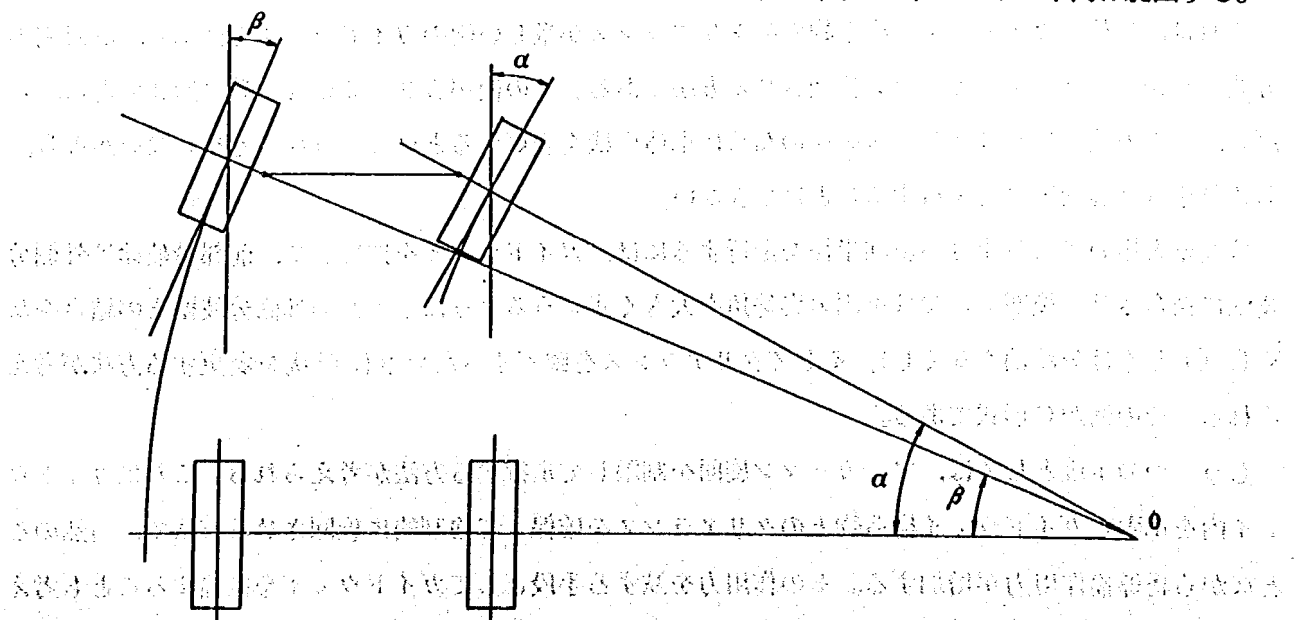


図3-12 アッカーマン旋回図

高速時の旋回では、車両の重心に働く遠心力とタイヤのスリップアングルによって発生するコーナリングフォースが釣合うように、前輪は誘導装置によって操舵される。

通常の自動車では最小旋回半径は前輪の最大舵角によって決まるが、ガイドウェイを走行するデュアルモード・バスでは誘導壁幅の影響を受ける。すなわち、旋回半径が小さくなると、前輪は外壁側に、後輪は内側に寄るため、前輪と後輪の軌跡のずれが大きくなる。そのため、誘導壁の幅が一定なガイドウェイでは、図3-13に示されるように車体と誘導壁などのガイドウェイ構造物とのクリアランスは小さくなる。したがって、車体とガイドウェイ構造物との間に安全なクリアランスを確保し走行できる旋回半径がアッカーマン旋回での最小旋回半径になる。

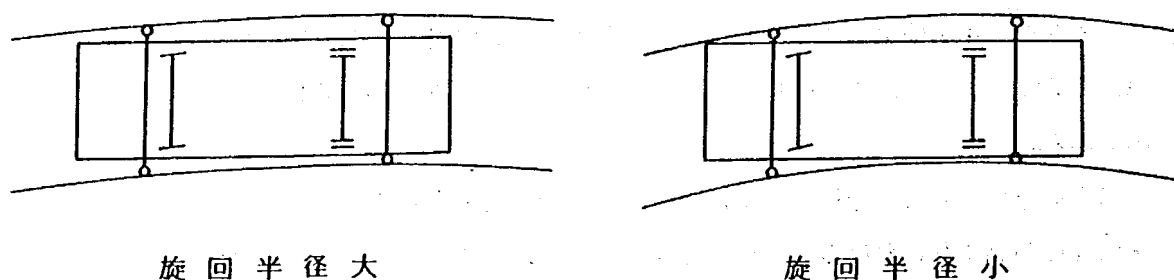


図3-13 車体と誘導壁のクリアランス

車両とガイドウェイ構造物とのクリアランスは、デュアルモード・バスの車体の形状によって異なるが、021、022号車の場合、誘導装置連動型式で走行させる時の最小旋回半径は35mである。

2) 小旋回半径の走行方法

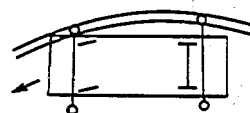
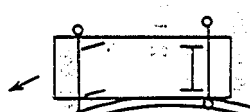
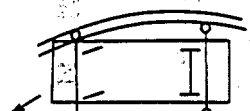
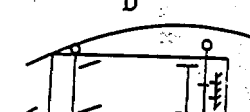
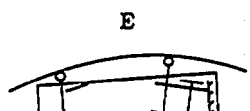
このような誘導形式で、前項で述べた最小旋回半径35mより小さいガイドウェイを走行しようとする場合、その方法は基本的には以下のように考えられる。まずアッカーマン旋回を制限せず車体とガイドウェイ構造物とのクリアランスを確保して旋回する方法がある。

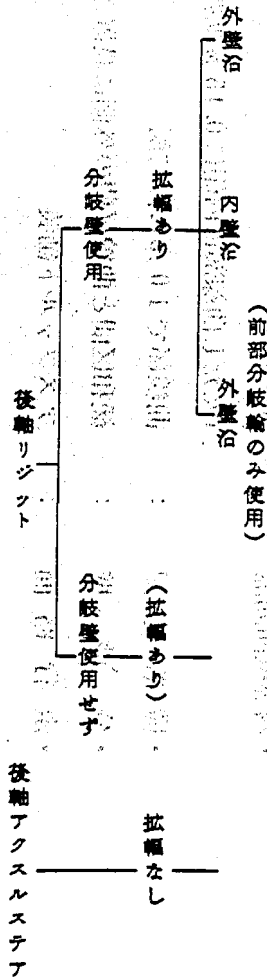
これは、車体とガイドウェイ構造物とのクリアランスが厳しい側のガイドウェイを拡幅し、反対側の分岐輪を結合させてアッカーマン旋回させる方法である。その例が表3-3のA、Bの形式である。ただし、この方法ではクリアランス確保のために車体形状を変更するというようなことをしないかぎり、あまり小さな旋回半径を走行することはできない。

分岐壁を用いてより小さい旋回半径を走行するには、ガイドウェイを拡幅して、前部分岐輪は外側分岐壁に結合させ、後部分岐輪は車両の姿勢角を大きく変えうるようにするため外側分岐壁との結合をなくし（もしくは分岐輪をなくし）、そしてクリアランスを確保するため車体形状を変更する方法が考えられる。その例がC形式である。

もう一つの手段としては、アッカーマン旋回を制限して走行する方法が考えられる。これはガイドウェイ内を車両とガイドウェイ構造物とのクリアランスを確保して強制的に旋回させる方法で、当然のことながら誘導輪作用力が増加する。その作用力を減ずる手段としてガイドウェイを拡幅することも考えられる。その例がDの形式である。

表 3 - 3 小旋回半径の走行方法

型 式	分岐壁の 必要性	拡幅の 必要性	拡幅状態での 横方向無拘束 状態	横荷重の 増 加	分岐装置に対 する特殊仕様	問 題 点
 A	要	要		有		小旋回半径から分岐合流部が続く場合線形が困難である 小旋回半径のS字カーブ線形では分岐きりかえが必要 である。ある大きさの旋回半径までは拡幅が必要であ る。(その場合、分岐壁も必要である)
 B	要	要		有		小旋回半径から分岐合流部が続く場合線形が困難である 小旋回半径のS字カーブ線形では分岐きりかえが必要 である。ある大きさの旋回半径までは拡幅要(その場 合、分岐壁も必要である)
 C	要	要	有 (ただし、リヤ のみ)		後分岐輪廃止 または 前後分岐輪の 互違い指令が 必要	小旋回半径から分岐合流部が続く場合線形が困難である 小旋回半径のS字カーブ線形では分岐きりかえが必要 ある大きさの旋回半径までは拡幅要(その場合、分岐壁も 必要である)
 D		要 (ただし、許容 横荷重によ る)	有 (ただし、拡巾 がある場合)	有 (ただし、拡巾 量が少ない ほど大)		誘導壁剛性を上げる要あり 車輛前部が内に寄ると後部誘導輪作用力が増す 集電器離脱の可能性はある。(ただし、離脱の頻度は きわめて少ない)
 E						一般道路上での操安性が悪くなる可能性がある。



この拘束旋回の際に発生する誘導輪作用力を減ずるための一つの方法として後部懸架装置の剛性を下げ、アクスルステアを生じさせ（後部車輪の方向転換を許し）旋回する方法がある。その例がE形式である。ただし、この形式では一般道路上での操安性は悪くなる可能性がある。

このように35mより小さい旋回半径を走行させる方法としてA～Eまでの方法が考えられるが、ガイドウェイ構造基準で述べられている絶対最小速度に対応する半径15mを旋回させる方法として、可能性が高いのはCとDの型式である。

2・3 15mR ガイドウェイの概要

走行路は、図3-14に示すような平面線形で半径15mの曲線部を車速20km/hで走行できるようになっている。

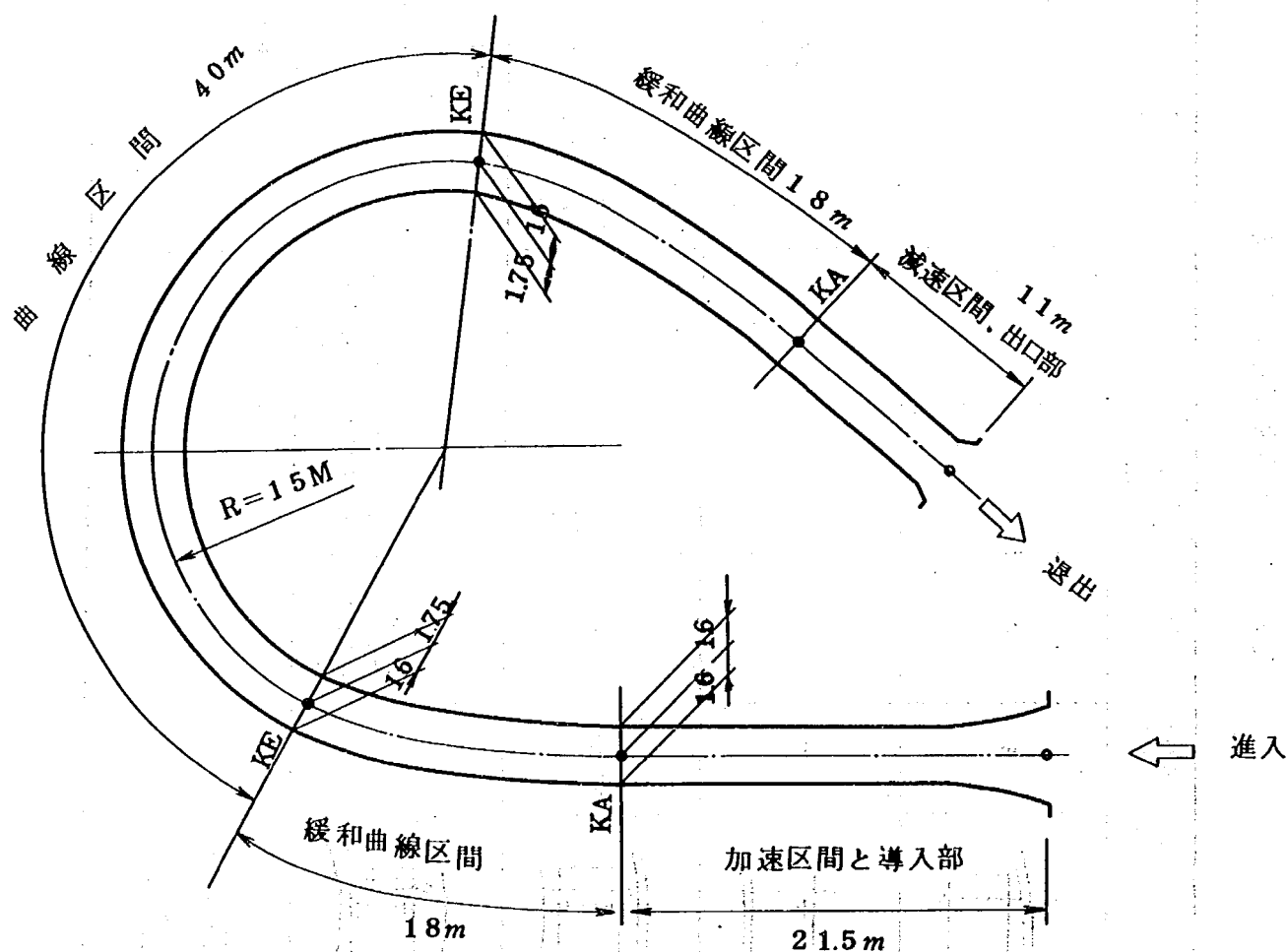


図3-14 試験走行路

- ・誘導壁面間隔 : 3.2 m
(ただし曲線部は内側に0.15 m拡幅)
- ・横断勾配 : 曲線部で10%の片勾配
- ・分岐壁 : 緩和区間と曲線区間の外側に設置されている。
- ・走行路面 : アスファルト舗装

加速区間と導入部は 21.5 m であり、緩和曲線区間はクロソイド曲線で、半径が 15 m 、クロソイド・パラメータは 16.432 m 、曲線長は 18 m である。車両が 20 km/h で走行できる曲線区間は、曲率半径が 15 m 、曲線長は 40 m であり、減速区間と出口部は 11 m となっている。

誘導壁面間は、直線部は 3.2 m であり、曲線部の拡幅は、車線の内側に行われ、拡幅量は 0.15 m である。横断勾配は、曲線部では 10% の片勾配が用いられ、緩和区間内、その摺付けが行われている。また緩和区間と曲線区間の外側の誘導壁側には分岐壁が設置されており、走行路面はアスファルト舗装となっている。

2・4 022号車の旋回

1) 旋回原理

022号車で 15 mR を旋回する方法を選択するにあたっては、デュアルモード・バスが一般道路上をも走行することから現在のシステムに影響なく旋回できることを前提にし検討した。その結果、車両を分岐壁を用いずに拘束して旋回させるD形式を採用した。

この形式は車両とガイドウェイ構造物とのクリアランスを確保するために誘導装置のストロークを規制した状態で車両を旋回させる方法である。すなわち 022号車が 35 mR より小さい旋回半径を走行する時には誘導装置連動型式のようなアッカーマン旋回はできなくなり、車両は誘導壁から強制的に規制された姿勢で旋回することになる。

図3-15の一点鎖線はアッカーマン旋回の車両姿勢であり、実線は誘導装置のストロークを規制して旋回している状態での車両姿勢である。このように車両姿勢は誘導壁によって規制されるため、極低速走行時においてもタイヤにスリップアングルが生じることになる。

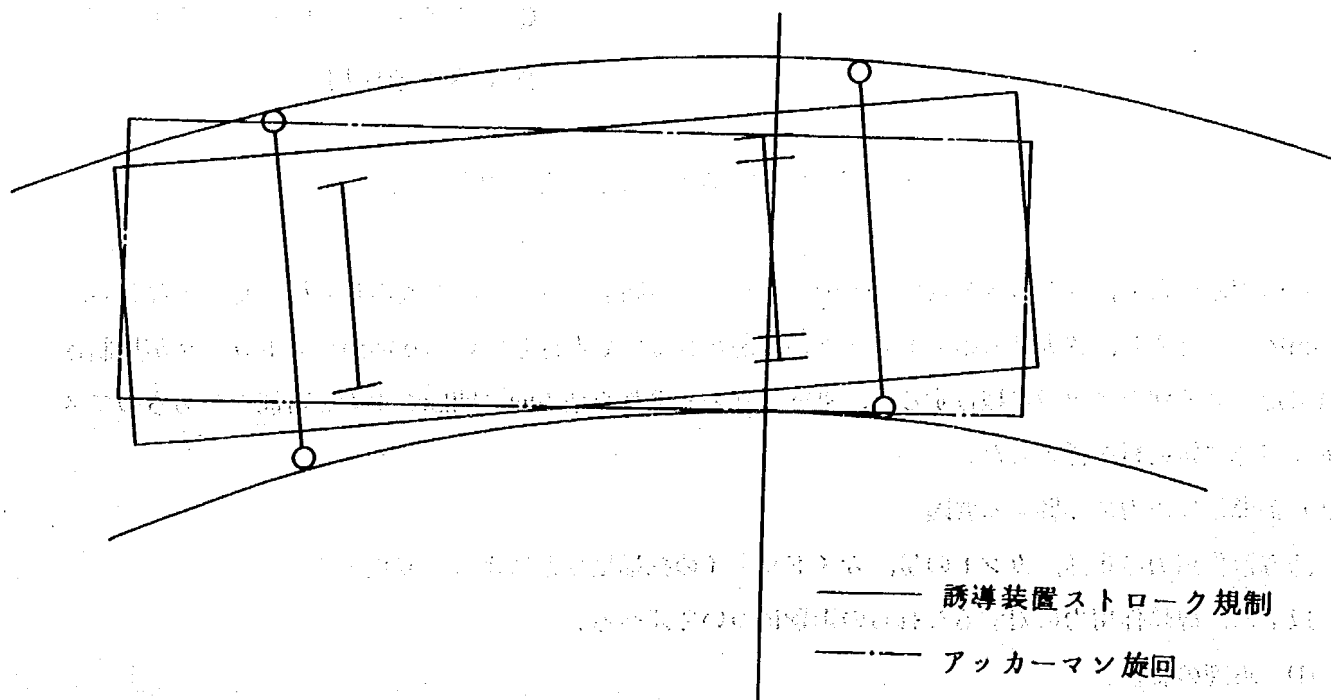
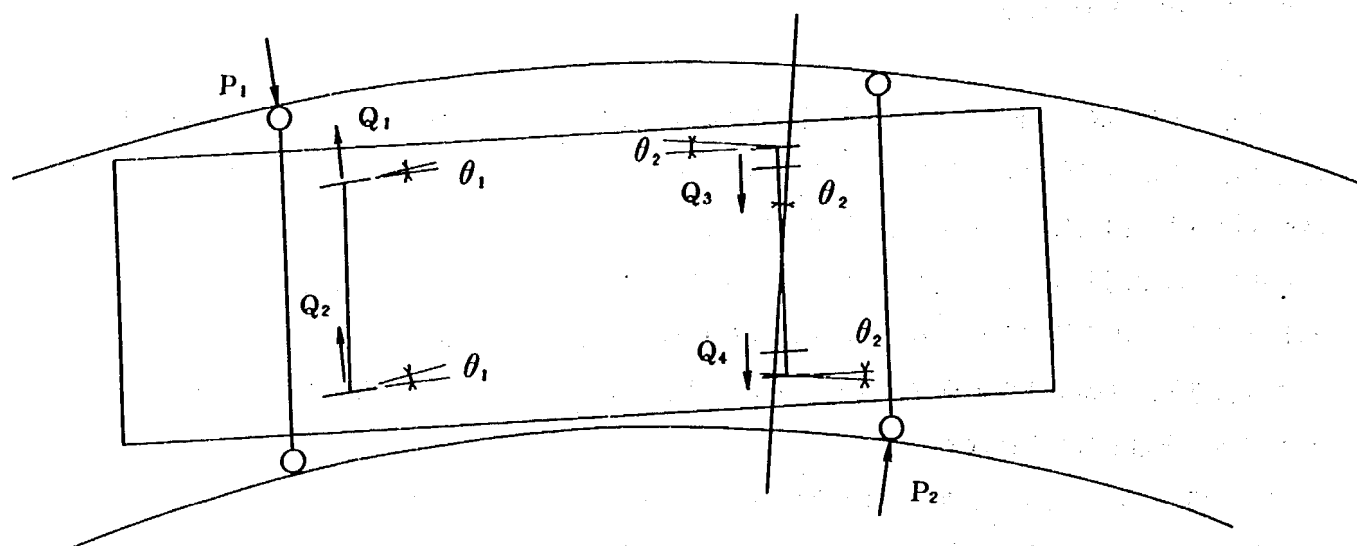


図3-15 小旋回半径における車両姿勢

その結果、図3-16のように前輪は舵角不足によるスリップアングルが生じ、外側誘導壁方向に抗力が発生し、後輪には車両姿勢角不足によるスリップアングルが生じ、内側誘導壁方向に抗力が発生する。誘導装置のストロークを規制しない誘導装置連動型式では、誘導輪には前輪を操舵するに要する力だけが作用するのに対し、ストロークを規制する方式では、車両姿勢を規制したことによって生じるスリップアングルのために路面から受ける抗力が誘導輪に作用する荷重（以下、誘導輪作用力という）を増加させる。この誘導輪作用力は前部誘導装置では外壁側から作用し、後部誘導輪作用力では内壁側から作用する。



θ : タイヤスリップアングル

Q : タイヤコーナリングフォース

P : 誘導輪作用力

図3-16 小旋回半径における力の釣合

この実験のため、022号車の誘導装置のストローク規制をストップ部を改良して行った。すなわち、15mR部に進入し、誘導装置のストロークが規制されないで走行している状態からストロークが規制されて走行する状態に急激に移行すると、乗客の安全や乗り心地の面に問題を生ずる可能性があるのでストップ部に緩衝材を挿入した。

2) 誘導輪作用力に影響する要因

誘導輪作用力は車速、カントの量、ガイドウェイの拡幅量などによって変化する。

以下に誘導輪作用力に対するこれらの影響について述べる。

(1) 車速の影響

極低速時には、前部と後部の誘導輪作用力は、車両姿勢を規制したことによって生じるスリップアングルのために路面から受ける抗力と釣合う。車速が上がると車両の重心に遠心力が働くために釣

合状態は変化する。すなわち、前部誘導輪作用力は増加し後部誘導輪作用力は減少する。

(2) カントの影響

最大横向加速度が乗り心地から制限を受けるため、曲線の通過最高速度を増す手段としてカントが用いられる。

カントがあると車両に働く重力の横力成分が内側誘導壁方向に作用するため、車速が低い場合には外壁側に生じている前部誘導輪作用力は減少するが、内壁側に生じている後部誘導輪作用力は増加する。後部誘導輪作用力は極低速時に最大になる。

(3) ガイドウェイ拡幅の影響

誘導壁幅が拡幅されると、車両後部に対する規制が緩和されるため、車両後部は内側により後輪のスリップアングルは減少する。その結果、後部誘導輪作用力は減少するが、前部誘導輪作用力は姿勢角の変化によって前輪のスリップアングルが増すため、逆に増加することになる。

以上の誘導輪作用力に対する要因の影響をまとめると、表3-4の如くなる。

表3-4 誘導輪作用力に影響する要因

要素の変化	車速増	カント増	拡幅増
前部 誘導輪作用力	増	減	増
後部 誘導輪作用力	減	増	減

どの程度の誘導輪作用力まで許容できるかは誘導壁、誘導装置の強度や剛性によってきまる。

3) その他の考慮すべき要因

なお、このD形式による旋回半径の走行では、走行抵抗の増大、タイヤの摩耗も考慮すべき項目である。

走行抵抗には、誘導輪のころがり抵抗、タイヤの走行抵抗が関係する。

タイヤの摩耗量はスリップアングルの増大とともに大きくなるが、ガイドウェイ全体から見れば、15mR 旋回距離は非常に短いと考えられるため、極端に大きなスリップアングルがつかないかぎり、システム走行におけるタイヤの全摩耗量は大きな影響を受けないと思われる。

2・5 031号車の旋回

1) 031号車開発の目的

今回新しく開発された031号車は、誘導装置の改良による狭小地域への導入の可能性を検討するためのものである。この目的の外に、トラック仕様による物流の検討、エンジン・モータの組合せによる動力方式の検討、後部誘導装置の大幅な簡略化によるデュアルモード車両としての信頼性の検討等、デュアルモード・バス・システムとしての多くの課題を検討する目的を持った多目的実験車である。

2) 旋回原理

031号車の誘導装置は、021号車の誘導装置を基本として、狭小地域にも適応できるように改良されている。ガイドウェイでの最小旋回能力は15mRである。小旋回半径を走行する基本的な方法は、前述のC形式を採用し、トラックという車両形状の特異性を利用することにより、15mRまでアッカーマン

旋回を可能としている。

031号車の一般ガイドウェイでの誘導方法は、021号車・022号車と同様であるが、小さな半径を旋回する場合は従来と異なるので、ここでその原理を詳述する。

まず、車両が曲線部にさしかかると、車両と誘導壁とに相対変化が生じ、その分だけ外側の誘導壁より誘導輪が押される。誘導輪が押されると誘導装置のリンクを介して前輪が操舵され、ガイドウェイの曲線に沿ってアッカーマン旋回をする。ここまでは、従来と同じであるが、旋回半径が小さくなってくると、後輪が内側に寄ってくる。これをさけるため、ガイドウェイの内側の誘導壁は拡幅されており、その結果、内側の誘導壁と誘導輪間に隙間が生じる。隙間が生じるということは、無拘束状態を意味し、僅かな外乱に対しても不安定になりやすく、何らかの対策が必要である。

そこで、031号車の場合は分岐輪を使用することで、無拘束誘導による不安定化を防止している。すなわち、この分岐輪は、誘導装置や前輪あるいはハンドル等の操舵系に、何らかの外乱が入った場合でも、誘導輪が左右に動かないように作用し車両が誘導壁に沿って安定して走行できるような動きをしている。ここでいう外乱とは、誘導壁の施工精度の悪さ、誘導壁の横剛性の著しい変化、路面上の異物等が考えられる。

図3-17に031号車の15mR旋回時の車両とガイドウェイの関係を示す。

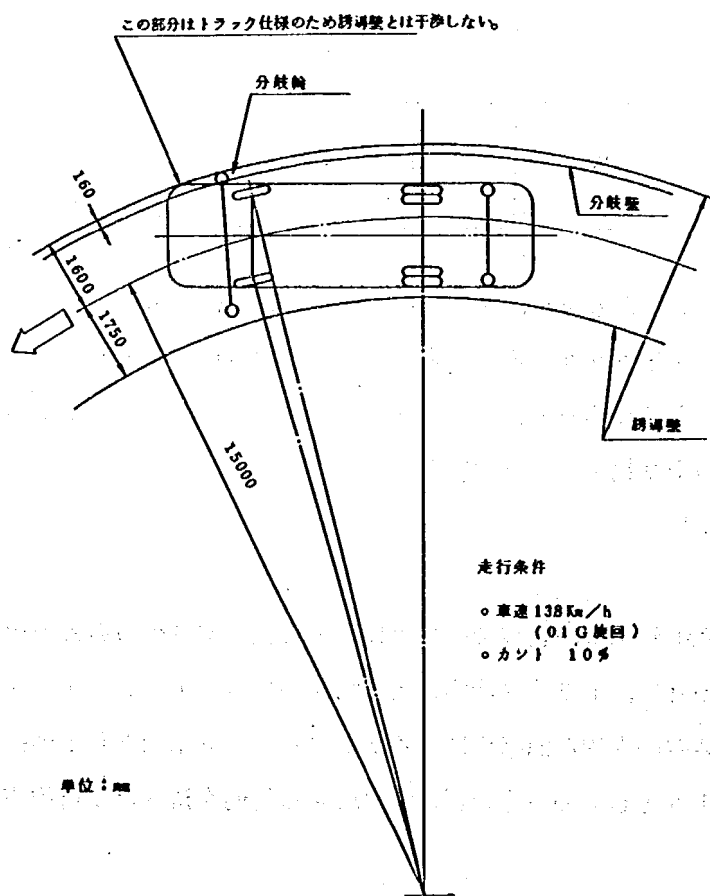


図3-17 031号車の15mR旋回時の車両とガイドウェイとの関係

2・6 実験方法

1) 実験条件

実験条件は、表3-5に示すとおりである。

表3-5 実験条件

車 輛 重 量	前 軸 荷 重	2,750 kg
	後 軸 荷 重	5,500 kg
	計	8,250 kg
タ イ ヤ		安全タイヤ
車 速		3～20 km/h
リ ン ク 係 数		大, 小
使 用 走 行 路		15mR ガイドウェイ, 直線三角波部
路 面 状 況		乾 燥
車 輛 重 量	前 輪 荷 重	2,260 kg
	後 輪 荷 重	4,165 kg
	計	6,425 kg
タ イ ヤ		安全タイヤ
車 速	進 入 部	助 走
	曲 線 部	3～25 km
使 用 走 行 路		15mR ガイドウェイ
路 面 状 況		乾 燥
ステヤリングホイール慣性		有・無
ダ ン パ		有

また、測定項目は車速、横向加速度、ヨー角速度、誘導輪作用力、分岐輪作用力（031号車）、走行抵抗（022号車）である。

2) 測定方法

車速は主電動機の回転パルスをもとにD/A変換し、ペン書きレコーダに記録した。

横向加速度は、車両の車体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した。

ヨー角速度は車両の重心付近の床面にジャイロを固定し、ローパスフィルタを介して、ペン書きレコーダに記録した。

誘導輪作用力は、ガイドアームにストレインゲージを貼付け、ストレインアンプ、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。

走行抵抗は惰行走行時の車速を記録し、車速の変化率を読みとり、車速の変化率と車両慣性質量をかけることによって走行抵抗を求めた。

2・7 実験結果および考察

1) 022号車実験結果



写真 3-4 小旋回半径走行試験実験状況

車両とガイドウェイ、誘導装置と誘導壁、集電装置とガイドウェイの間に干渉は見られなかった。また、誘導輪の転動状況に異常はなかった

(1) リンク係数の影響

15mR 旋回においては、車体とガイドウェイ構造物とのクリアランスを確保するために、誘導装置のストロークを規制した状態で旋回を行っている。このため、15mR 旋回時には、ストロ

ークが規制されない場合に比べ、前輪の舵角が不足している。前輪の舵角が不足すると、前輪には路面から外側誘導壁方向に抗力が作用する。この抗力は舵角の不足量が小さいほど小さくなる。

前輪の舵角の不足量は、誘導装置のリンク係数（誘導装置のストローク／舵角）が小さくなると減少し、路面から前輪に作用する抗力も減少する。しかし、リンク係数は小旋回半径部以外のガイドウェイでの乗心地に大きな影響を与えるので、リンク係数を小さくするにもおのずから制限がある。

図 3-18 は、リンク係数大と小において波高 40mm の三角波部を車速 40km/h で通過した時の車両前部と後部の横向加速度波形である。この図からリンク係数が小の場合には乗心地が悪化することがわかる。

(2) 誘導輪作用力

小旋回半径部以外のガイドウェイでの乗心地が重視されるため、15mR においても、まずリンク係数大で旋回した。

図 3-19 は、リンク係数大で 15mR 旋回を車速 6, 11, 16km/h で行った時の前部誘導輪作用力である。この図から車速が高くなるほどその作用力の変動幅、最大値は大きくなっていることがわかる。車速 16km/h においては、最大変動幅は 1.5 t にもなっており、最大誘導輪作用力は 2 t をこえている。

この荷重変動は、誘導壁剛性の不均一さによって発生しているものと考えられる。前部誘導輪作用力と誘導壁のたわみの関係から求めた誘導壁の剛性値は、支柱部で 591 kg/mm, 支柱間中央で 21kg/mm であり、かなり差がある。なお、波形の周波数は 15mR 部における支柱間隔と車速から求まる周波数に対応しており、ピーク荷重は前部誘導輪が支柱部を通過した時に発生している。車速が高くなると平均的

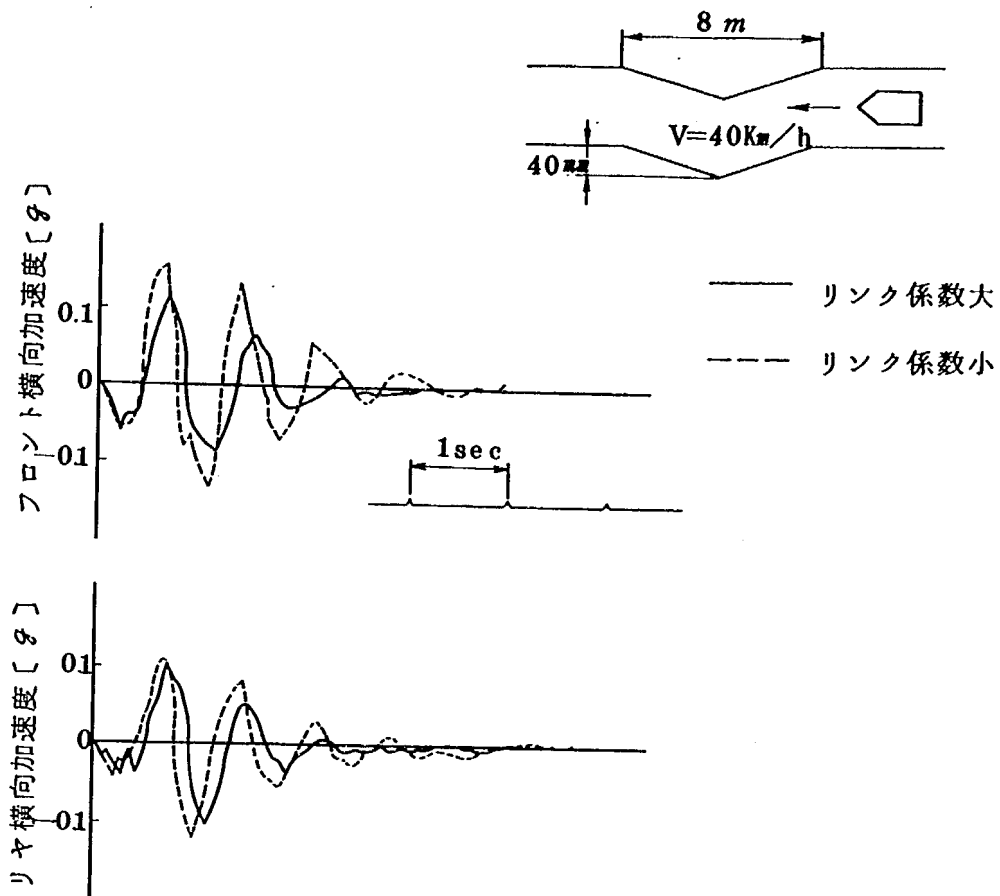


図3-18 三角波部通過時の横向加速度

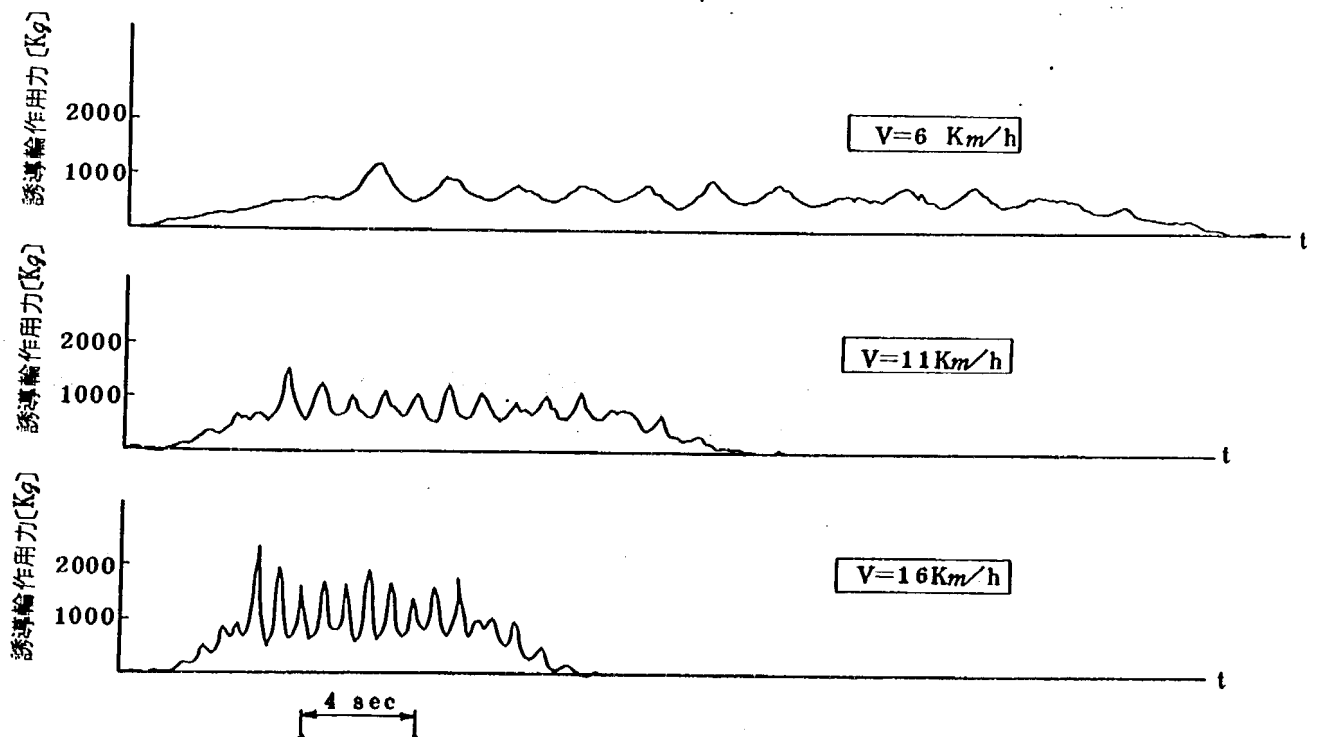


図3-19 前部誘導輪作用力（リンク係数大）

な誘導輪作用力が増大するのは、車速が高くなるとともに遠心力が増大するためである。車速が高くなると荷重変動幅が大きくなるのは、増加した平均的な誘導輪作用力と誘導壁の剛性の不均一さとが関係し合うためと考えられる。

このように、リンク係数大の実験では、車速が高くなると誘導壁剛性の不均一さのために誘導輪作用力が大きくなりすぎるので車速 16km/h 以上での走行は中止した。

図3-20は、リンク係数小で 15mR 旋回を車速 $12, 16, 21\text{km/h}$ で行った時の前部誘導輪作用力である。リンク係数小の場合、荷重変動幅・最大誘導輪作用力はリンク係数大の場合に比べて小さいが、リンク係数大の場合と同様に、荷重変動幅は車速が高くなるほど大きくなっている。

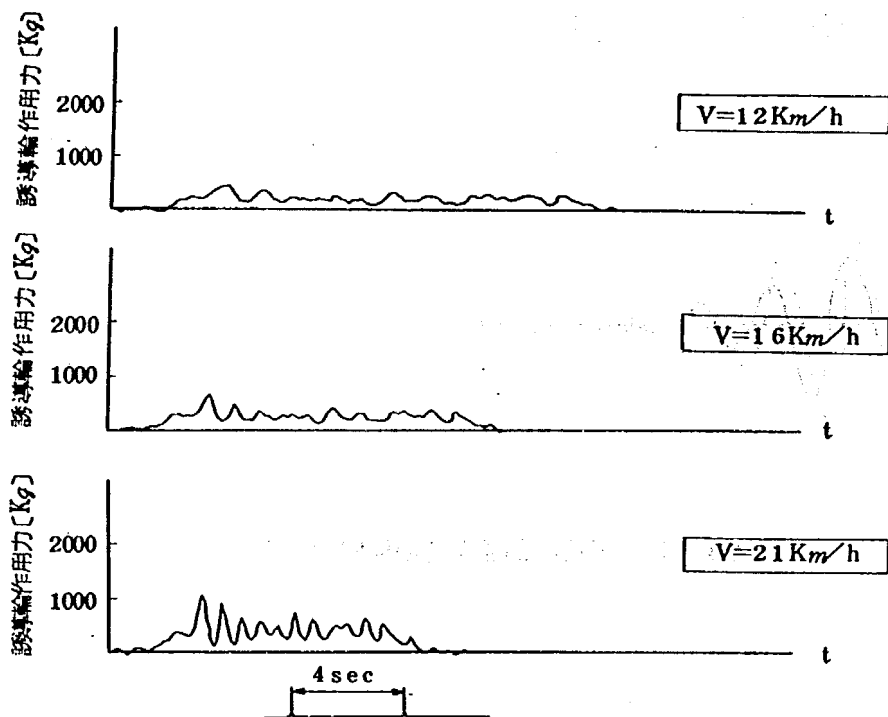


図3-20 前部誘導輪作用力 (リンク係数小)

図3-21は、 15mR を極低速で旋回している時の後部誘導輪作用力である。後部誘導輪作用力は、車速が増せば遠心力によって減少するため、極低速で旋回している時に最大になる。この図から、最大後部誘導輪作用力はリンク係数による差はあまりなく、 1t 程度であることがわかる。これはリンク係数が変化しても車両姿勢角があまり変化しないためである。

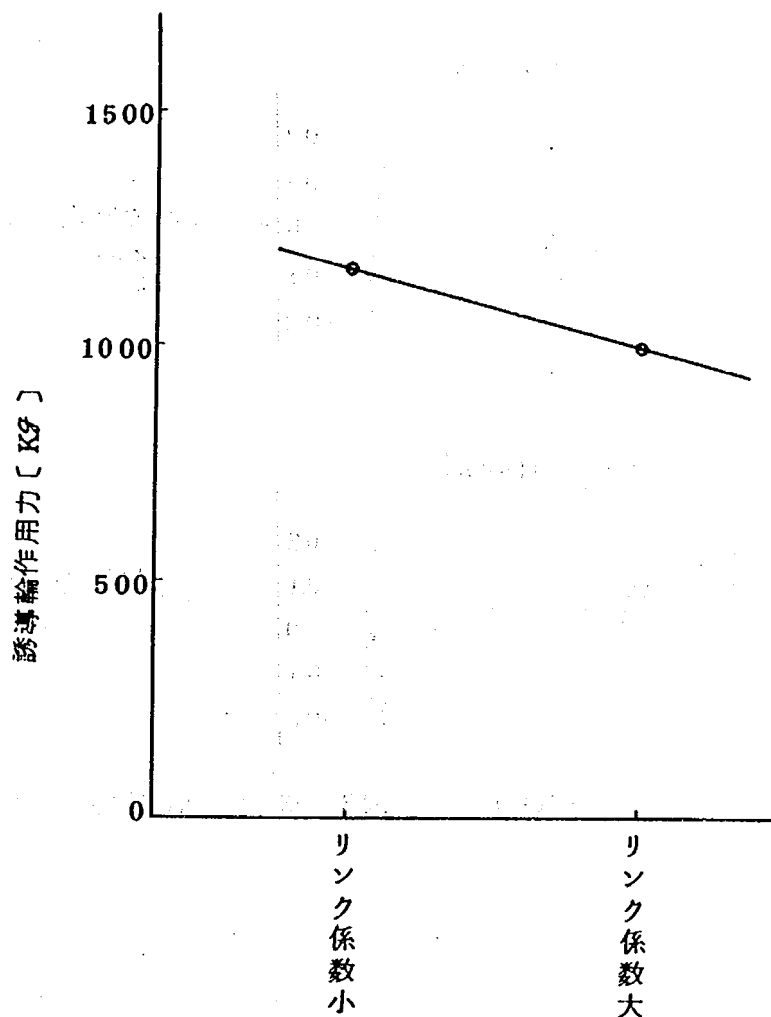


図 3—21 後部誘導輪作用力（極低速時）

(3) 操舵安定性

次に 15mR 走行時の操安性を横向加速度、ヨー角速度波形からみる。図 3—22、3—23 はリンク係数小における車速 16km/h、21km/h の車両前部と後部の横向加速度波形である。

これらの波形においても前部誘導輪作用力と同様の変動があらわれており、車速が大きいほどその変動幅は大きくなっている。また、車両前部と後部の横向加速度変動を比較すると前部の方が大きく、前部誘導輪作用力の変動の影響があらわれているといえる。

図 3—24 は、リンク係数小にて 15mR を車速 16km/h と 21km/h で旋回した時のヨー角速度波形である。この図からも誘導壁剛性の不均一さによって、ヨー角速度に変動が生じていることがわかる。そして、ヨー角速度の変動幅は車速が高いほど大きくなっている。

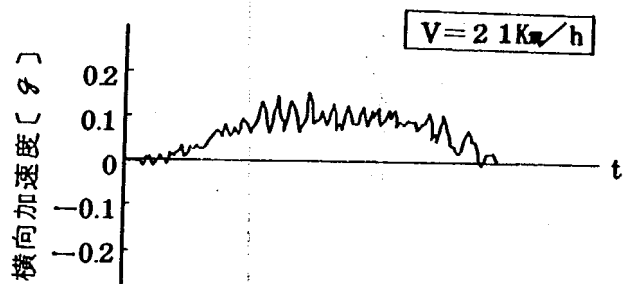
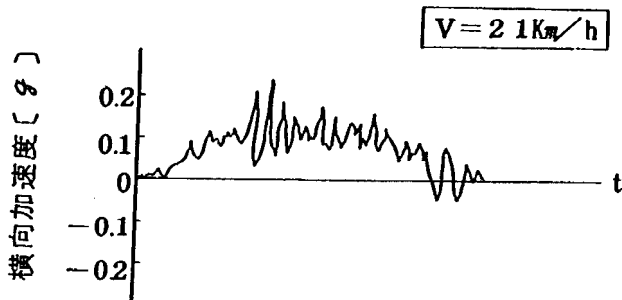
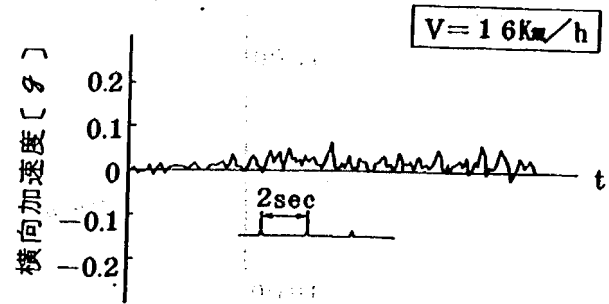
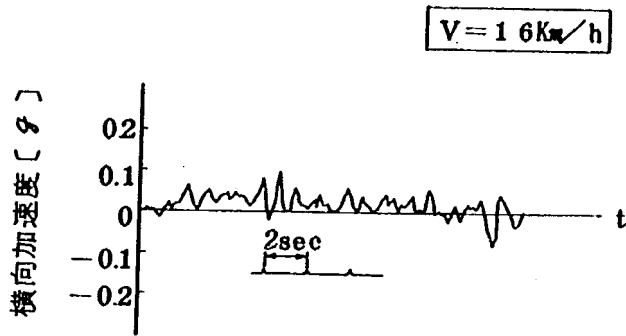


図 3-22 前部横向往加速度 (リンク係数小)

図 3-23 後部横向往加速度 (リンク係数小)

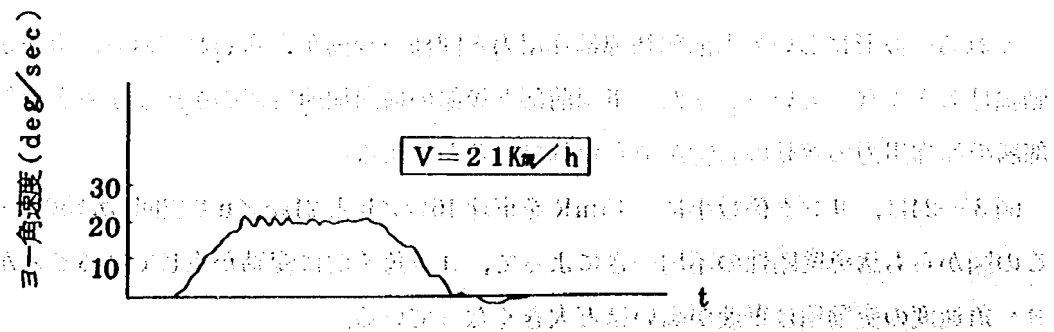
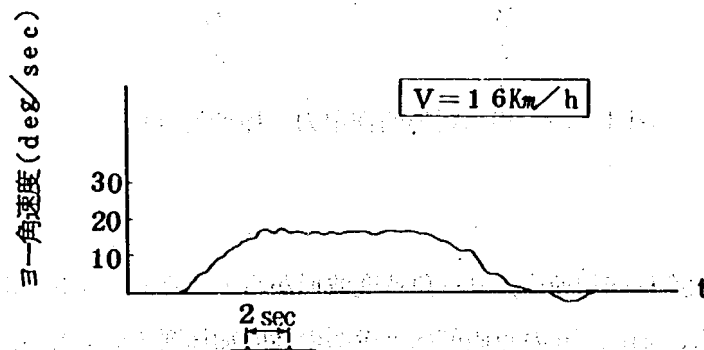


図 3-24 ヨー角速度 (リンク係数小)

(4) 走行抵抗

15mR 旋回では、車体とガイドウェイ構造物とのクリアランスを確保してガイドウェイ内を強制的に旋回させるため、直線走行時に比べ当然走行抵抗は増加すると考えられる。

図3-25は、リンク係数小における走行抵抗を示す。この図から、走行抵抗は車速にはあまり影響されず約230 kg程度であることがわかる。直線走行時の走行抵抗が155 kg程度であるから15mR 旋回においては約75kgの増加であり、走行性能への悪影響はないと考えられる。

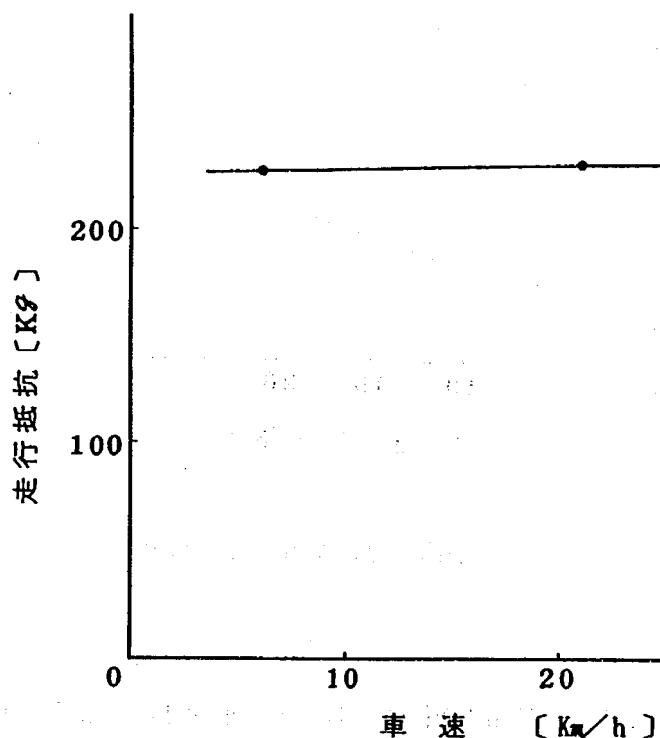


図3-25 走行抵抗（リンク係数小）

(5) 誘導壁剛性の影響について

ガイドウェイ内を強制的に旋回させると、誘導輪作用力は、横向加速度、ヨー角速度に変動が生じる。この変動は支柱部と支柱間の剛性の差が大きいため生じており、誘導壁の剛性を均一化すれば変動はなくなると考えられる。

図3-26は、誘導輪作用力の平均値と車速の関係を示したものであるが、これは誘導壁の剛性が均一化された時の誘導輪作用力に近いものと思われる。

リンク係数が大きい場合には、誘導輪作用力が非常に大きくなり、強度面から16km/h以上では走行できなかったが、剛性が均一化されれば車速20km/hで15mRを旋回しても、誘導輪作用力は1.3 t程度におさまると思われる。

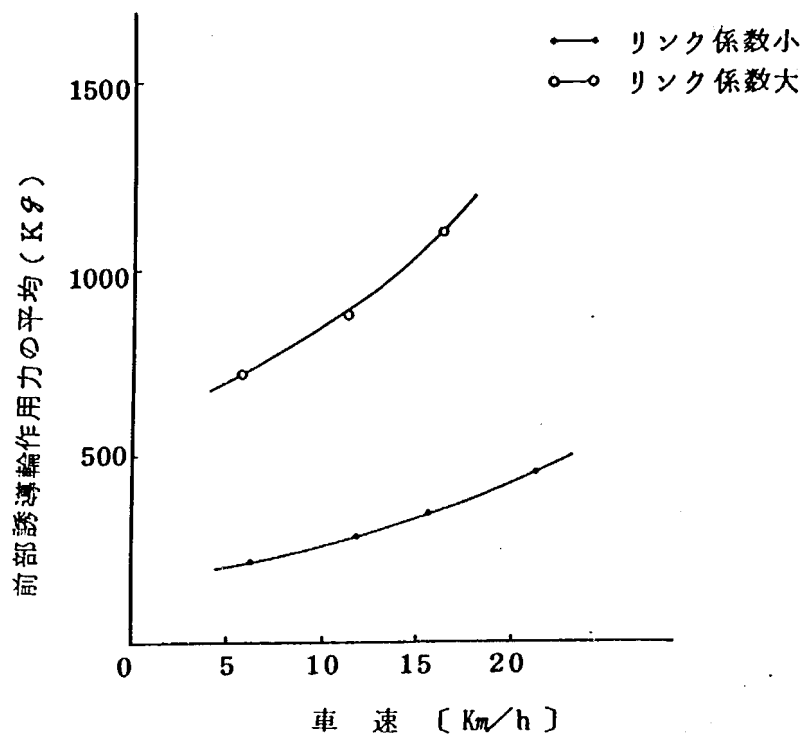


図3—26 前部誘導輪作用力の平均値

2) 031号車実験結果

車両とガイドウェイとの干渉の有無15mR走行時において、車速25km/hまで実験したが、車両とガイドウェイとの干渉、車両と誘導装置との干渉および誘導装置のリンク関係の干渉はなかった。

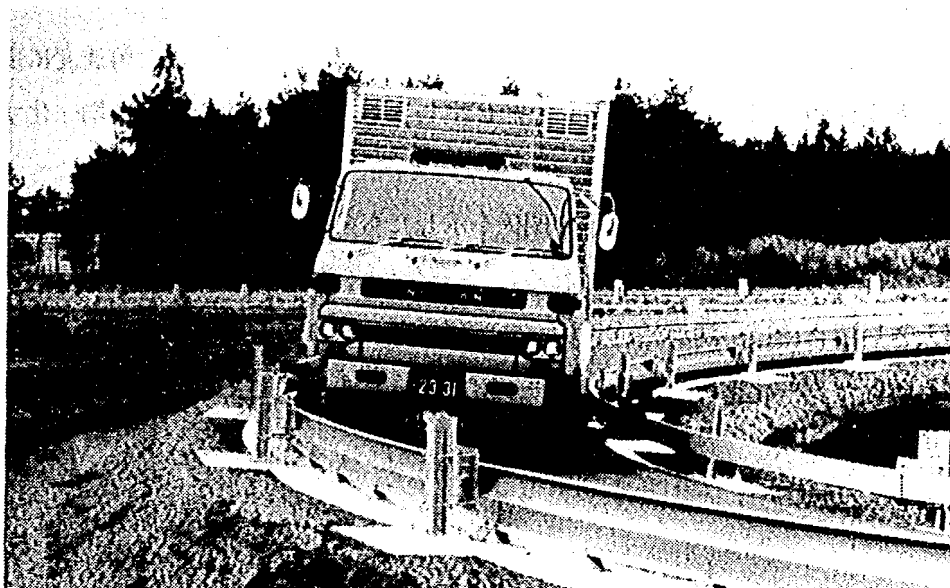


写真3—5 031号車旋回実験

(1) 誘導輪作用力

ここでいう誘導輪作用力は、誘導壁への作用力と等価であると考えてさしつかえない。図3-27の誘導輪作用力のうち、入口直線部では車速による作用力のバラツキが小さく、出口直線部では大きい。これは、入口直線部では実験の都合上、助走区間となっているので、車速が所定の車速まで達していないためである。したがって、直線部での各車速ごとの作用力は、右旋回・左旋回共に所定の車速になっている出口直線部の値を比較するのが良い。

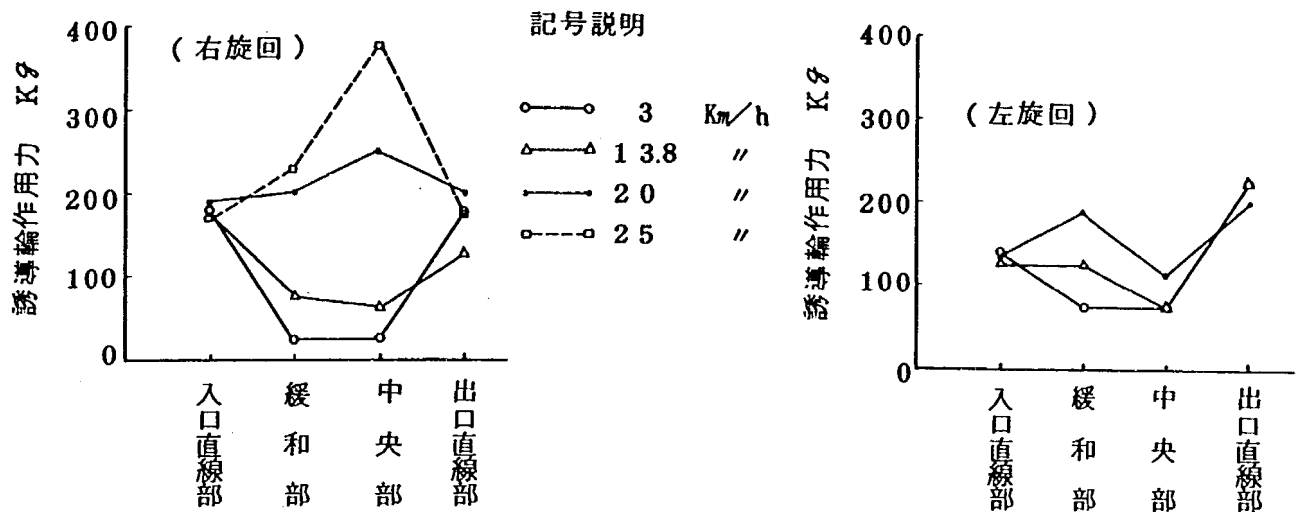


図3-27 誘導輪作用力(最大値)

図において、15mR中央部での作用力は、車速が上るにつれて大きくなっている。車速25km/hでは最大375kgを示しており、誘導壁の不整を誘導輪のたわみで吸収するような構造となっているウレタン入り誘導輪に対しては、強度、耐久性の面で好ましくなく、車速としては最大20km/h以下に押える必要がある。

図3-28に示す誘導輪作用力の平均値は、車速が20km/h以下であれば、ほぼガイドウェイ本線と同レベルにあるといえる。

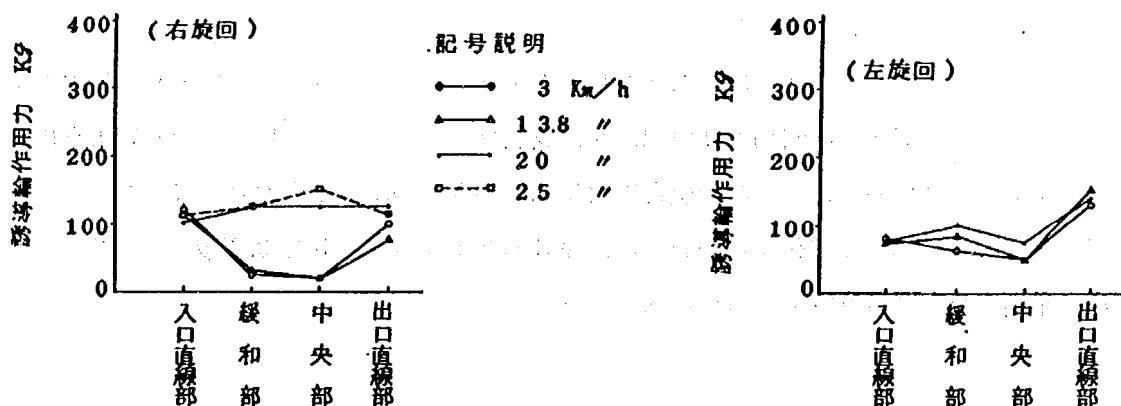


図3-28 誘導輪作用力(平均値)

(2) 分岐輪作用力

図3-29に示す車速に対する分岐輪作用力において、分岐輪作用力は車速によりあまり影響されないことがわかる。これは、分岐輪の横方向のストロークを増して、バネ定数を下げた構造となっているためである。しかしながら、作用力のレベルは、ガイドウェイ本線の分岐部での値よりも、最大値、平均値ともやや高くでている。これは、15mRをアッカーマンジオメトリで旋回するため、ガイドウェイと車両の位置関係における幾何学的な関係によるものである。すなわち、誘導壁と分岐壁間の寸法（160mm）が、15mR走行の場合は本線の分岐、合流部を走行する場合よりも、誘導輪、分岐輪にとっては実質狭められるためである。

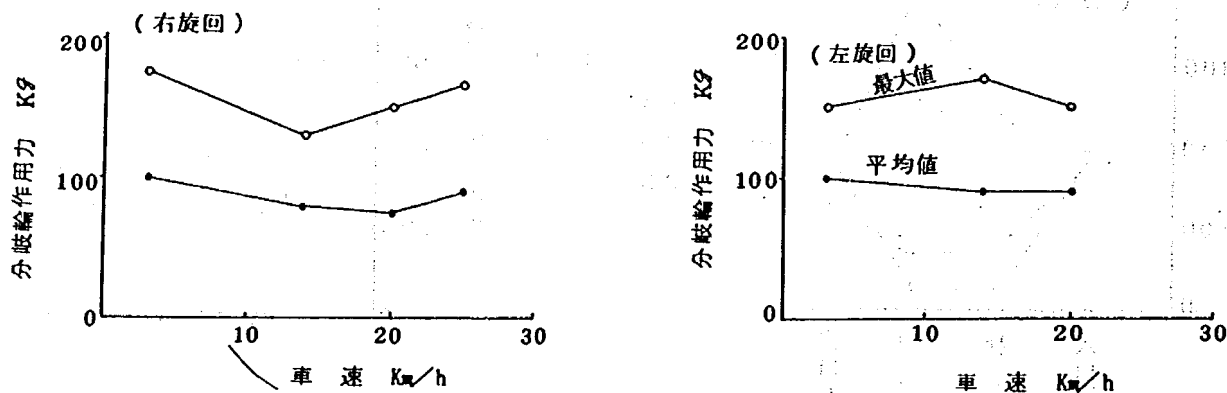


図3-29 分岐輪作用力（最大値および平均値）

(3) 横向加速度

すなわち、

$$ag = \frac{V^2}{R}$$

ただし a : 横向加速度係数

g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

V : 車速 (m/s)

R : 旋回半径 (m)

テストコースは図3-14に示すようになっており、緩和部は車速 20 km/h 時に横向加速度の変化率が 0.03 g/s で設計されている。15mR部は、カントが10%ついており、車速 19.5 km/h で実質 $0.1g$ の横向加速度になるように設計されている。

以上のことを勘案し、今回の実験では、加速度ピックアップをガイドウェイのほぼ15mR線上を通すように取り付け、車速に対する横向加速度の関係を、実験コースの設計値と比較しやすいようにした。その結果、15mR部での横向加速度の設計値と実験値は、図3-30に示すとおりとなった。

また、緩和部での横向加速度変化率については、設計値が車速 20 km/h で 0.03 g/s であるのに対して、実験値は平均変化率で 0.045 g/s であった。

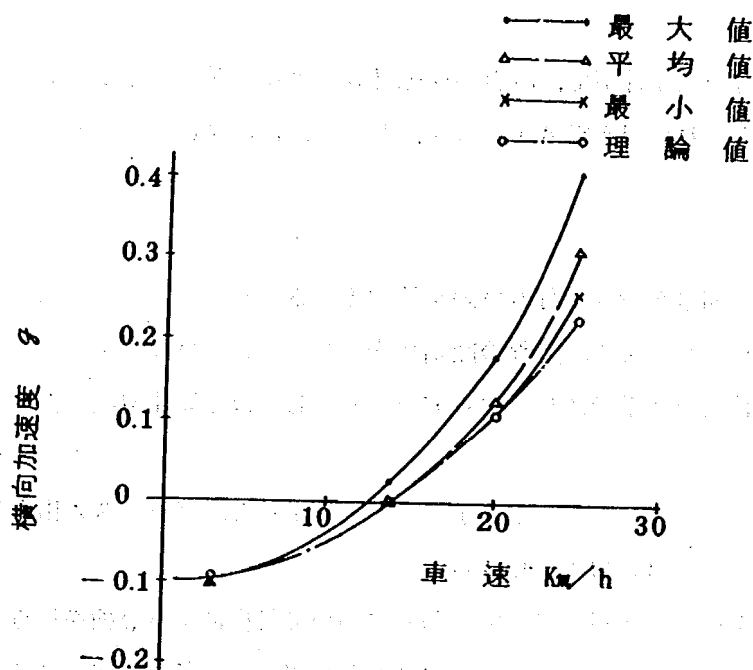


図3—30 車速と横向加速度の関係

(4) ヨー角速度

定常円旋回をしている時の車速とヨー角速度との関係は、次式で表わされる。

すなわち、

$$\omega = \frac{V}{R}$$

ただし

ω : ヨー角速度 (rad/s)

V : 車速 (m/s)

R : 旋回半径 (m)

したがって、図3—31に示すようにヨー角速度と車速の理論値は比例関係にある。今回の実験では、

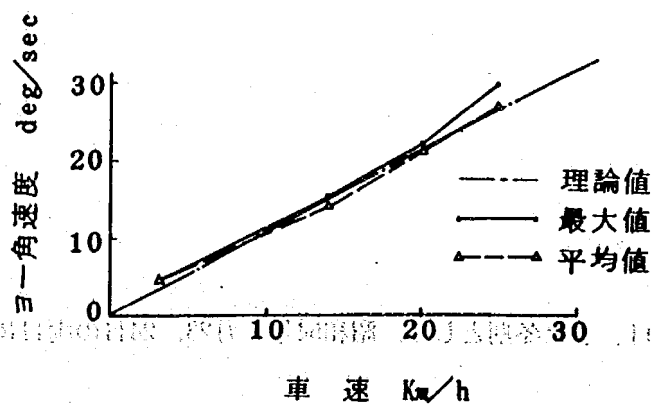


図3—31 車速とヨー角速度の関係

ヨー角速度の最大値と平均値が理論値とほとんど一致していることから、非常に滑らかな旋回をしていることがわかる。これは、ガイドウェイの施工精度が良いことと併わせて、車両の安定化のために分岐輪を使用したことと、ダンパの効果が現われたためと考えられる。また、ステヤリソグホイールの慣性の有無の影響は、ここではあまり現われていない。

3 総合走行試験

3・1 実験目的

猛暑、および厳冬期の苛酷な気象条件下で、所定の運転計画により車両を連続して長時間走行させる。その際、システム各部の装置がこれに耐え得るかどうか、ならびに新たな問題が発生しないかどうかを試験する。

3・2 実験方法

夏季・冬季の2回40時間の時間帯を設け2台の車両を連続走行させる。

実験は以下の手順によって行った。まず、実験の開始に先立ち車両およびセンターの仕業点検を行う。

車両の仕業点検は、各々の仕業点検手順にしたがってチェックし、確認後仕業点検表に所定事項を記載する。

センターの仕業点検はプログラムテープを読み込ませることによって、プロセス入出力装置を含めたコンピュータ関係の総合チェックが自動的に行われる。

また中間点検として、連続走行途中3回、車両足まわりについて目視による点検を行う。

実験終了時に終業点検として、車載装置および車両足まわり目視点検、各装置電源スイッチ切りの確認を行う。

この連続走行のためシステム操作に要する人員は、運転指令員1名、車両の運転操作2名の計3名で構成することとし、全ての事態に対処することとした。

そしてトラブルがあった時の処理方式については、同一トラブルが3回発生するまで詳細データはとらないで再スタートさせ、もし同一トラブルが3回発生したら車上制御装置による車上記録、センター記録により、詳細データを取り原因を究明することとした。

その他、夜間14時間にわたって022号車を満積車状態（約10トン）にして走行させるとともに冬季実験時には、ガイドウェイの分岐合流部附近の路面を凍結させ、車両走行へ及ぼす影響を確認することとした。

1) 測定記録項目

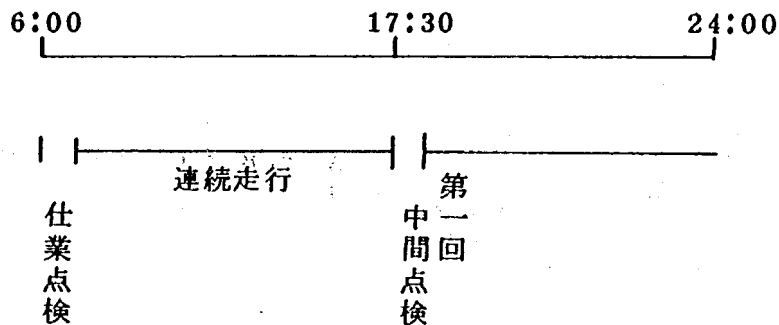
下記の項目について測定し、記録を行った。

- (1) 車両走行距離
- (2) 外気温度
- (3) 故障記録
- (4) 車両走行時間
- (5) システムダウン復旧所要時間

2) 実験日程

実験は夏期として、昭和53年8月24、25日の両日。また冬期として、昭和54年1月23、24日の両日にわたって実施した。(図3-32参照)

第1日目 (夏期 昭和53年8月24日)
(冬期 昭和54年1月23日)



第2日目 (夏期 昭和53年8月25日)
(冬期 昭和54年1月24日)

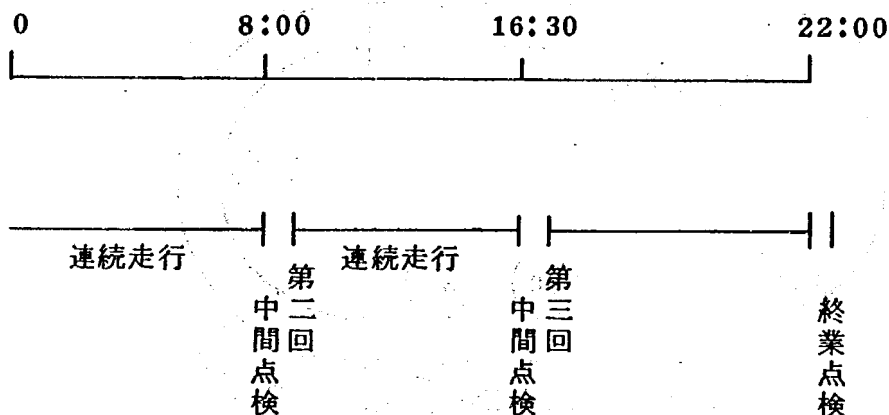


図3-32 実験工程

注) 冬季, 路面凍結のための散水作業は第1日目の前日夕方に行なった。

3) 連続走行パターン

この連続走行は, 一定の走行パターンを繰り返すこととし, そのパターンを以下のように定めた。

(1) 走行パターン

1 パターンは, 図3-33に示すようにAよりスタートし, B→C→D→Cを8回通過後EからFに出る。

すなわち, 2周に1回ストップ部(B)に進入し, 16周(ストップ部に9回停止)でガイドアウトする。1パターン走行に要する時間は約40分で, 2台の車両の運行間隔は40秒である。

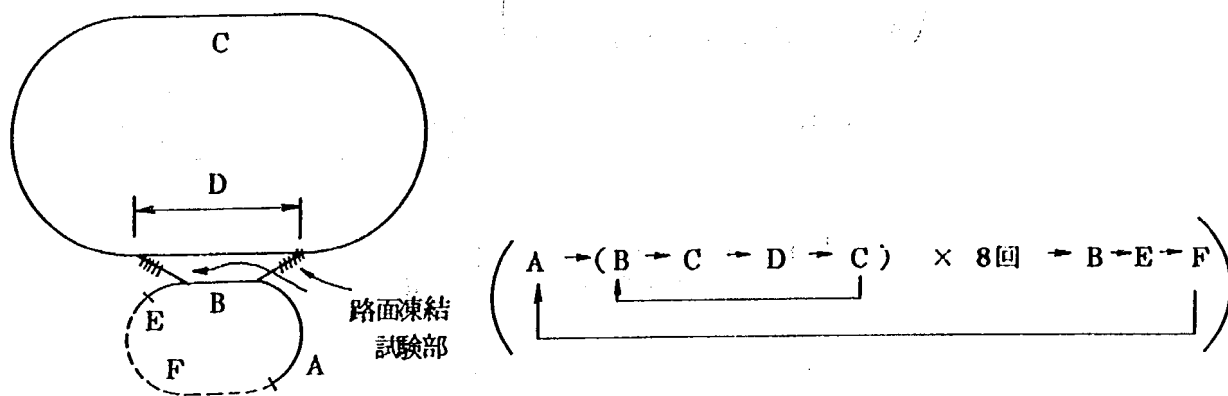


図3-33 走行パターン

(2) 速度パターン

ガイドウェイ上の速度パターンを図3-34に示す。

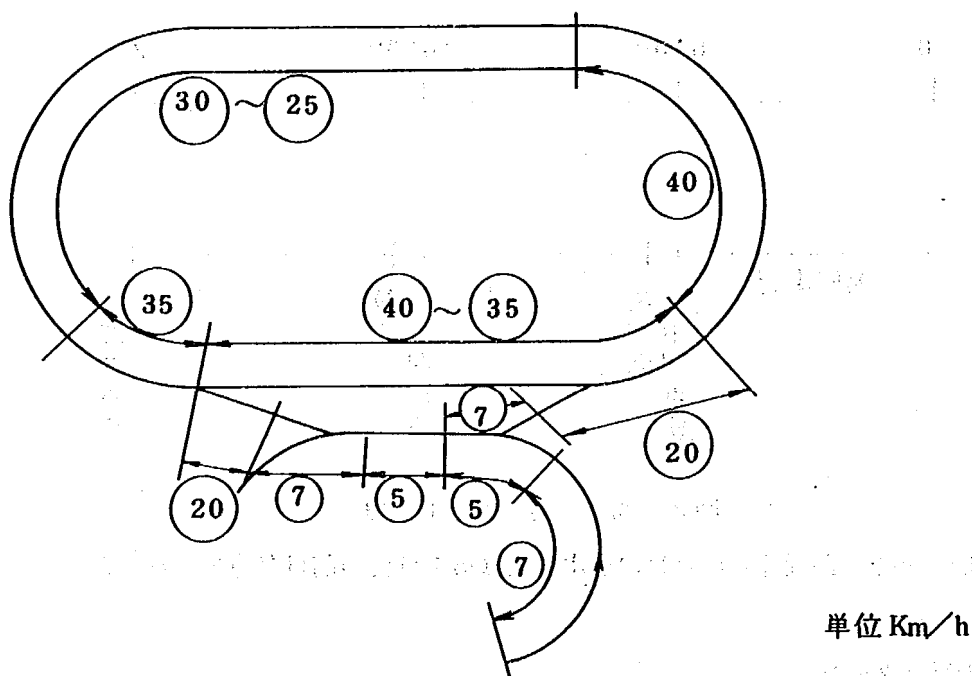


図3-34 各部走行速度

3・3 実験結果

1) 気象・路面状態

昭和53年8月24日から25日迄、および54年1月23日から24日迄の2回試験を行った。実験時の気象状態・路面状況は表3-6に示すとおりである。

表3-6 走行条件および実績

項 目		夏 期		冬 期	
		S53・8・24	S53・8・25	S54・1・23	S54・1・24
天 候		快 晴	快 晴	快 晴	快 晴
最 高 気 温		33℃	29℃	14℃	12℃
最 低 気 温		20℃	16℃	-10℃	-6℃
路 面 状 態		乾 燥	乾 燥	乾 燥	乾 燥
走行距離	021号車	576 km		515 km	
	022号車	554 km		545 km	
システム稼動時間		32時間 4分		30時間 3分	
点 検 時 間					
仕 業 点 検		45分		2時間 0分	
中間点検(3回)		1時間46分		2時間26分	
終 業 点 検		30分		35分	
システム停止時間					
車 両 電 気 系		36分		3時間 0分	
車 両 機 械 系		22分		0分	
通 信 保 安 系		2時間 3分		56分	
制 御 系		40分		0分	
分岐部溝蓋破損等		1時間34分		20分	
合 計		40時間30分		39時間30分	

2) 車両延べ走行距離

試験期間内に走行した実績結果は表のとおりである。

3) 各項目所要時間内訳

システム運用に要した各々の詳細内訳は表のとおりである。項目中システム停止時間は2台の車両が同時に停止している状態を指し、この中にはトラブルの原因究明、対策処理、及びシステム再立上げに要した時間等が含まれている。

4) 各部品・機構部の動作回数

決められた一定パターンで走行しているので、記録した走行距離を換算して動作回数を算出した。その結果を表3-7に示す。

表3-7 動作回数

項 目	夏 期		冬 期	
	021号車	022号車	021号車	022号車
分岐輪切替回数	1808	1740	1617	1711
ドア開閉回数	452	435	404	428
通常ブレーキ動作回数	452	435	404	428
誘導輪伸張回数	90	87	81	86
ガイドアウト回数	45	44	41	43
S ₁ , S ₂ 動作回数	723	696	647	685
S ₃ / S ₄ 動作回数	723	696	647	685
S ₅ / S ₆ 動作回数	723	696	647	685
S ₇ / S ₈ 動作回数	181	174	162	171

注 S₁ ~ S₈ は分岐輪検知器を示す。ガイドウェイ上の配置は、図2-1を参照のこと。

5) 故障記録

期間中、故障は14件発生した。装置別故障状況を表3-8に示す。

(1) 電気部品(素子)の劣化、故障によるトラブルや、モードスイッチのネジの緩み等、使用頻度の高い機器に故障が発生した。

表3-8 装置別故障状況

系 統	発 生 個 所	発生件数		原 因
		夏期	冬期	
電 気 系	電 源 設 備 給 電 線 動力制御装置 集 電 装 置 そ の 他	1	1*	1.フェーズ断 1* 集電火花による通信妨害
機 械 系	誘導分岐装置 動力装置 制 動 装 置 ド ア 装 置 分岐輪検知装置 そ の 他	1		1.モードスイッチネジの緩み
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 装 置 そ の 他	2 1	1* 1*	1 電源ユニット劣化 2 回路変更後の調整不良 1* 電源ユニット劣化 1 地上緊急停止 1* 地上緊急停止
制 御 系	中央処理装置 車 上 制 御 装 置	1		1 回路調整後の初期不良
誤 操 作	オ ペ ミ ス	1	3	
そ の 他	ガイドウェイ等	1		1 分岐部アンテナ溝蓋破損
	合 計	8	6	

(Ⅲ) 地上緊急停止信号による停止や回路調整後の初期不良による停止は一過性であり、連続して発生することはなかった。

(Ⅳ) 誤操作は深夜に発生し、特に冬期に3件発生した。その内容は、ガイドアウト指令がないのにガイドアウトしたり、あるいは、入場信号機が赤であるのに入場したというようなものであった。

(6) 凍結路面走行結果

(Ⅰ) 路面状態

冬期実験に先立ち、分岐部および合流部に散水したが、合流部附近はわだち堀れの部分が凍結しており、分岐部附近は部分的に凍結していた。

(Ⅱ) 一定速度での走行

仕業点検にあたり、運転士による試験走行を一定速度(10km/h, 25km/h)で行ったが、乗り心地および目視による限りでは異状は認められなかった。

(Ⅲ) 自動運転による走行

所定の速度パターンで自動運転を行った。合流部で0.05gの加速中に後輪タイヤがスリップして非常停止となった。分岐部での0.03g減速中には影響はなかった。

(7) 温度による各装置への影響

(Ⅰ) 高温時

夏期実験期間中に外気温が33℃にまで達したが、特に問題はなかった。

(Ⅱ) 低温時

イ) 走行により跳上げられた水が、リア誘導装置ロックピン部に付着し、翌朝低温時(-10℃)に凍結し、誘導装置の伸張が不可能となった。

ロ) 低温時に、自動ドアの閉扉所要時間が長くなる傾向となった。

12℃ 5秒

-6℃ 8秒

ハ) 低温時に、定位置停止位置が、021号車は目標地点に対して行過ぎに、022号車は手前に停止する傾向となった。(6. 定位置停止試験を参照のこと)

3・4 考察

本デュアルモード・バス・システムの機器仕様は、周囲温度-10℃~40℃で設計されている。夏期・冬期の実験を総合すると、-10℃~33℃の温度範囲での長時間連続走行に耐え得ることが確認できた。

凍結路面上の自動運転をおこなった場合、加速中に後輪タイヤがスリップして非常停止となった。これにより、本システムは路面凍結時にも常に安全側にはたらくことが確認できた。

また、誘導装置に付着した水が凍結するという事象もあったが、凍結については、実用時に防止対策を講ずることが可能である。

従来、4~5名で実験システムを運用して来た。本実験期間中は、将来の省力化を想定して、2~3名で運用したが、異常時にも充分対処できることが確認できた。

4 マンマシンインターフェースの確認試験

4・1 実験目的

運転士が手動介入時に誤操作をした場合、運行管理に与える影響を調査することと、標識・標示等を完備したことによる誤操作防止効果を確認することを目的とする。

運転士の誤操作による影響の調査に当っては、想定される誤操作をあらかじめリストアップし、従来の実験や机上検討で明らかなものは除き、予想がつかないものだけを確認する。

標識・標示等の改善効果の確認に当っては、ガイドウェイ内の標識・装置への固定表示、運転ガイドカードの追加を行い、実験を通じて効果を確認する。

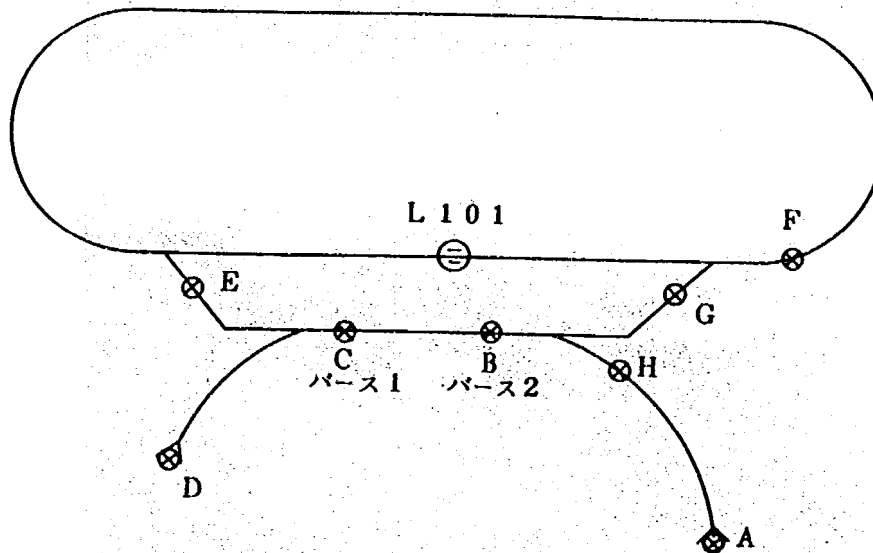


図 3—35 標識設置場所

4・2 実験方法

(1) 手動介入時の誤操作の影響

あらかじめ設定した基本機能確認実験（表 3—9）の手順に従って操作を行い、その場で確認できた状況および処置を記録する。

(2) 標識・標示等の改善

(1)の実験終了後、図 3—35に示す箇所に写真 3—6～10と図 3—36の標識、図 3—37～図 3—39の固定表示等を追加する。その後運転を実施し、効果を確認する。

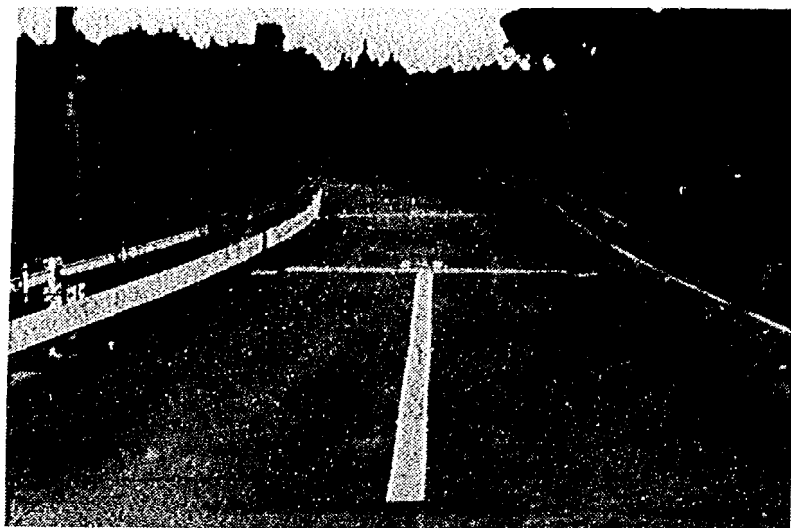


写真 3-6 標識レイアウト (A)

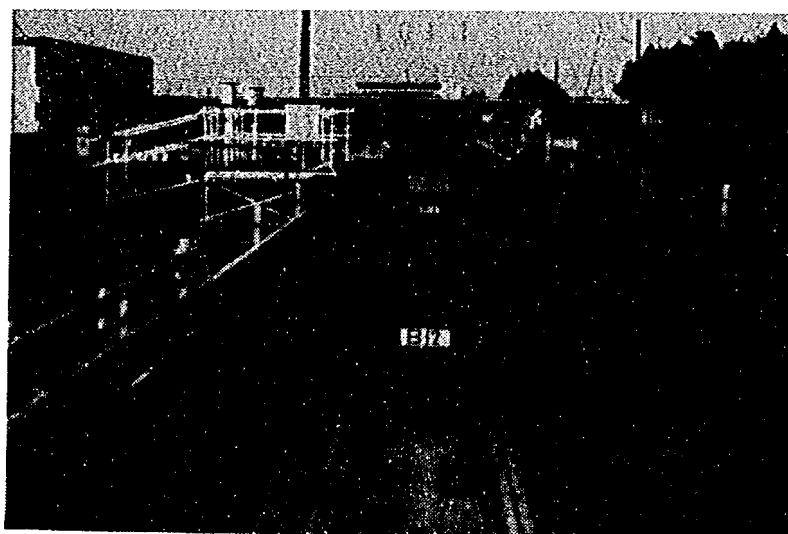


写真 3-7 標識レイアウト (BとC)

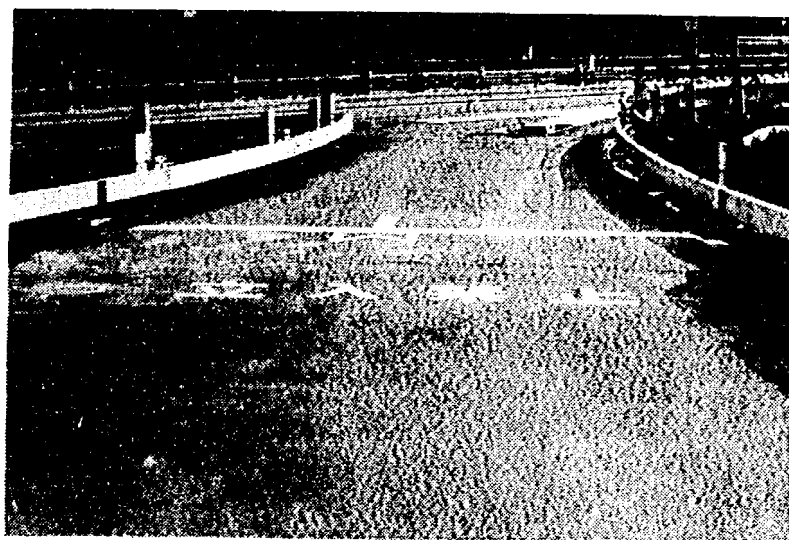


写真 3-8 標識レイアウト (D)



写真3-9 標識レイアウト (FとG)

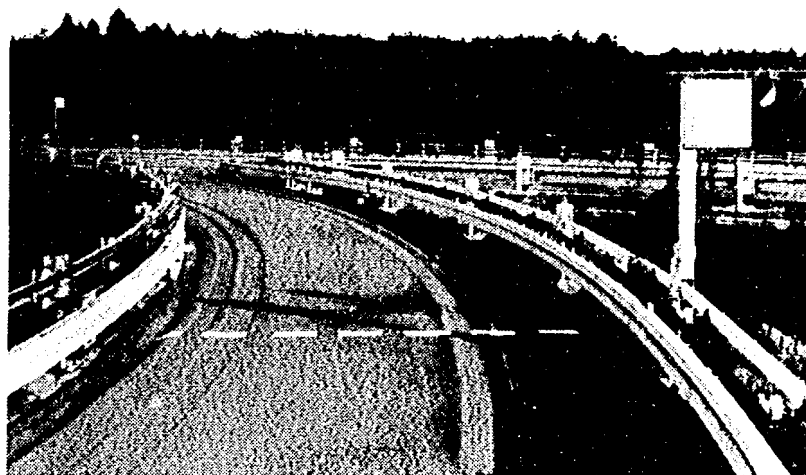


写真3-10 標識レイアウト (H)

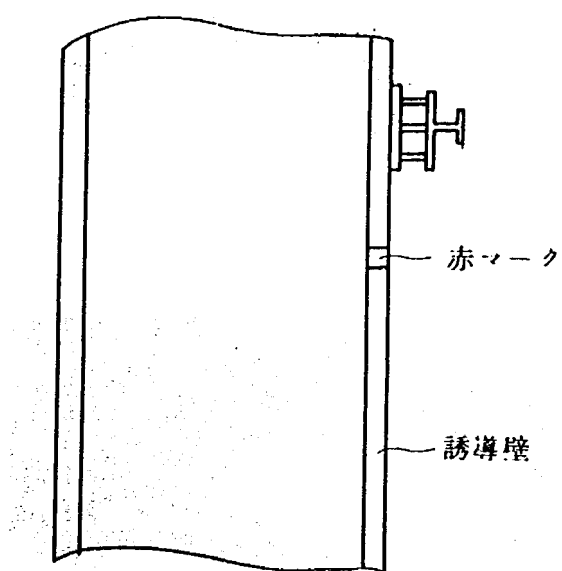


図3-36 標識レイアウト (I)

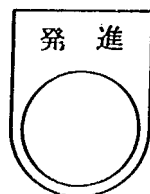
チェック走行
正 常

自動運転
解 除

チェック走行
異 常



非常ランプ(赤)



食
發送ボタンを押すとチェッ
ク走行正常ランプは消える。

図3-37 固定表示(ストップ操作盤)



写真3-11 ストップ操作盤

チェック走行

- (1) 進 入
- (2) Nライン上に停止
- (3) M→N
- (4) 伸 張
- (5) N→G $\bar{O}$ (青信号確認)
- (6) Cラインへ移動
- (7) G $\bar{O}$ →C (チェック走行開始)
 ※再チェック要求
 C→G $\bar{O}$ →(5秒)→C
 ↑ 1分 ↓
- (8) C→A (サイド確認)
- (9) 降 車
- 00 SOP発進ボタン $\bar{O}N$

チェック走行

- (1) 進 入
- (2) Nライン上に停止
- (3) M→N, M→A (A/Mレバー)
- (4) 伸 張
- (5) N→G $\bar{O}$ (青信号確認)
- (6) Cラインへ移動
- (7) G $\bar{O}$ →C (チェック走行開始)
 ※再チェック要求
 C→G $\bar{O}$ →(5秒)→C
 ↑ 1分 ↓
- (8) C→A (サイド確認)
- (9) 降 車
- 00 SOP発進ボタン $\bar{O}N$

図3-38 021, 022号車チェック走行運転固定表示カード

021号用

ガイドアウト

- (1) 乗 車
- (2) A → G $\bar{O}$, 左
- (3) S $\bar{O}$ P ランプ点滅確認
- (4) M ラインへ移動 (15Km/h以下)
- (5) G $\bar{O}$ → N , 格納
- (6) N → M

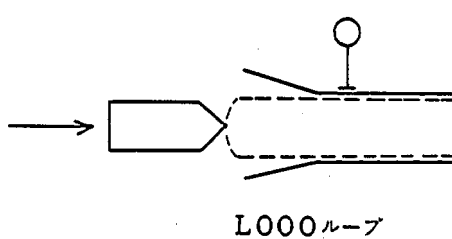
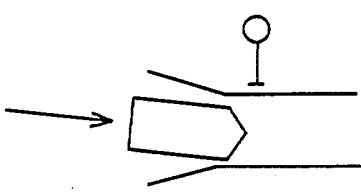
022号用

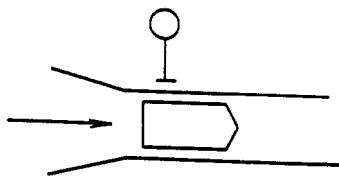
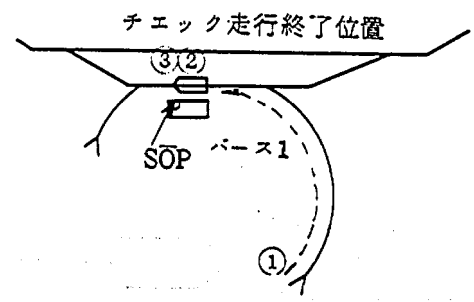
ガイドアウト

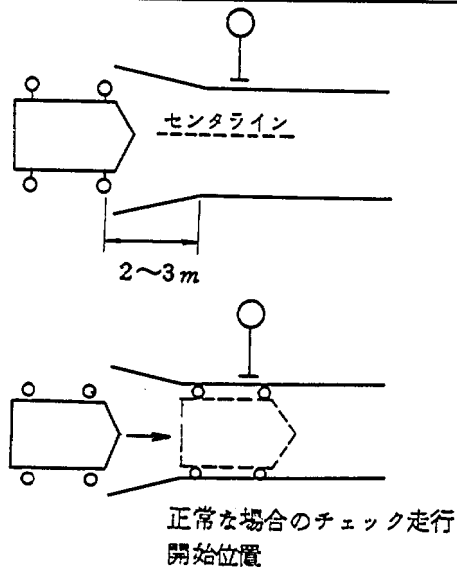
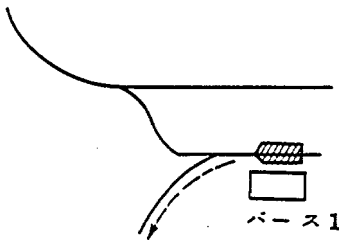
- (1) 乗 車
- (2) A → G $\bar{O}$, 左
- (3) S $\bar{O}$ P ランプ点滅確認
- (4) M ラインへ移動 (15Km/h以下)
- (5) G $\bar{O}$ → N , 格納
- (6) A → M (A/Mレバー) , N → M
- (7) パワステスイッチ $\bar{O}$ N

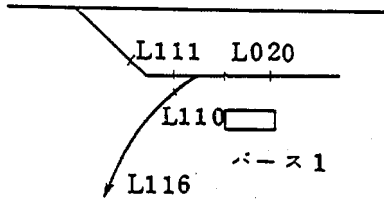
図3-39 021, 022号車ガイドアウト用運転固定表示カード

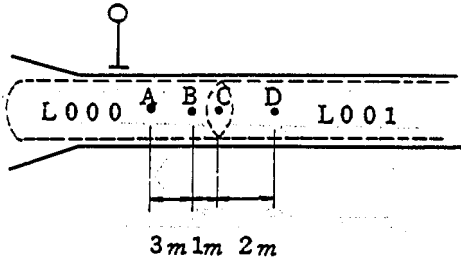
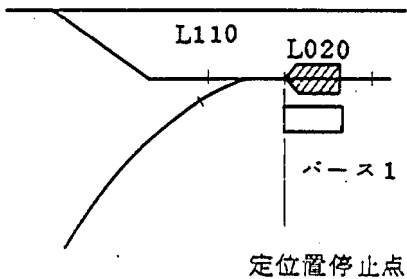
表3-9 基本機能確認実験結果（略語については表3-9'参照）

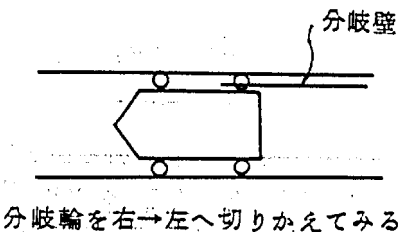
実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
1	MIC入口でモード切換の車両停止位置を間違った場合（地上ループ外の停止を想定）、GOモードの発進ができないことで運転士はそれに気がつくかどうかを確認する。	① MIC入口で、地上ループアンテナと少し外れた位置に停止とする。 ② MモードからNモードに切りかえ、誘導輪を伸長する。 ③ GOモードに切りかえ、アクセルを踏む。 ④ 発進できない原因が何であるかがすぐ気がつくかどうか確認する。	 L000ループ	1. ループを外れた位置は、ガイドウェイとかなり離れている感じを受けるので気がつきやすい。 2. 入場信号機は赤を現示したままなので発進できないことは確認できるが、その原因が停止位置にあることにすぐ結びつけ難い。 3. 1のほかに運転指令員との音声連絡不能で気がつくこともありうる。 4. MIC入口に停止ラインを表示すれば、ループ外停止のミスは防止できる。
2	MIC入口のガイドウェイ部に片寄って進入停止し、誘導輪を伸長した場合、伸長動作の途中で誘導輪が誘導壁にぶつかり、そのため誘導装置が破損しないかどうかを確認する。 このような停止ミスが発生しやすいかどうか、車両とガイドウェイとの相対的な位置関係の視覚（運転士の）で判断してもらう。	① 図のように車体が右側誘導壁すれすれになるよう寄せて停止する。 ② Nモードに切りかえ、誘導輪を伸長する。 ③ 誘導輪動作異常で伸長・格納の動作をくり返すことを確認する。		1. 右誘導壁が障害となって伸長しきれなかった。 2. 運転席の車両異常ランプが点灯するとともに、誘導輪は伸長・格納の動作をくり返した。 3. 実験後、誘導装置に異常は認められなかった。 4. 少々運転ミスをして、このような停止の仕方は発生しにくい。非常に不自然な停止の仕方であることにすぐ気がつく。 5. 入口部の路面に誘導ライン、停止ラインを表示すれば更に停止ミスは防止できる。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
3	MモードでMIC からガイドウェイに入り切った状態で停止し、誘導輪を伸長した場合、容易に伸長が可能かどうかを確認する。	① 右図の位置までMモードで車両を入れる。 ② Nモードに切りかえ、誘導輪を伸長する。 ③ 誘導輪動作異常となるかどうか確認する。 ④ 伸長ができなければ、格納し、Mモードで慎重に後退し、ガイドウェイから脱出する。		1. 前側誘導輪は伸長できたが後側は伸長がうまくできなかった。 2. 実験の結果、前後ともうまく伸長できる可能性は少ないことがわかった。 3. ガイドウェイ内で誘導輪を格納してしまった後、再び伸長させることはかなりむずかしい。 但し、MIC 入口なら、誘導輪を格納しMモードで後退運転で脱出できる。
4	チェック走行正常終了後、運転士が車両モードをCモードに放置したまま降車し、ストップ操作盤(SOP)の発進ボタンを押したらその後どうなるかを確認する。	① 正常な手続きに従って車両をMICから入れ、チェック走行を行う。 ② チェック走行終了後、車両の操作は何もせずバス1でおりる。 ③ 降車したら、チェック走行正常終了をSOPランプ表示で確認し、SOPの発進ボタンを押す。 ④ 再び乗車し車両モードをAモードに切りかえてみる。	 ①～③は運転士操作の手順番号を車両の動きに合わせて図示した。 点線は車両の動きを示す。	1. SOPの発進ボタンを押したら、車両はチェック走行エラーの故障状態になった。 2. 同時にSOPにチェック走行異常ランプとガイドアウト指示のランプが点灯した。 3. その後運転士が乗車し、車両モードをAモードに切りかえたが、ドアが閉じただけで、自動発進はしなかった。 4. 以上の結果から、チェック走行終了敢に車両モード切りかえを忘れると、その車両は自動運転不可となり、ガイドアウト指示が出ることがわかった。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
5	MIC入口でチェック走行を開始するときの車両が、ガイドウェイに入り切っていない状態（右図の如く非拘束状態にある）にあるとき、この状態からチェック走行を開始した場合、トラブルなしに運転士のハンドル操作介入でガイドウェイ内に誘導できるかどうかを確認する。 尚、チェック走行は自動運転走行である。	① 右図の位置でチェック走行開始までの手続きを行う。 ② 車両が動き出したら、ハンドル操作をしガイドウェイに誘導する。		1. 車両の停止姿勢がMIC入口のガイドウェイセンターラインにそってれば、ハンドル操作をあえてしなくても、スムーズにガイドウェイに入る。 2. 極端に停止姿勢が悪い状態からの発進は中止した。
6	ガイドアウト指令があって、運転士がベース1から乗車し、車両モードをG$\bar{O}$モードに切りかえてガイドアウトの発進をするとき最終的にガイドアウト発進OKの指示をS$\bar{O}$Pボタンで確認して、発進すべきところを無視して発進した場合、どうなるかを確認する。	① ガイドアウト指令確認後乗車する。 ② 車両モードをG$\bar{O}$モードに切りかえ、左分岐状態にする。 ③ 車両ドア閉を確認後即発進する。 ④ トラブルが発生し緊急停止をしたら車両のモードをM$\bar{O}$モードにしてガイドアウトする。		1. 車両ドアが完全に閉じた状態で発進すれば別に問題はない。 2. コンピュータは車両の分岐輪が左で、かつドアが閉じたことを確認してガイドアウトOKの指示を出している。 この条件が成立しないうちは、車両に対し停車指令を出しているので車両は発進できない状態にある。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
7	ガイドアウト発進OKの指示があった後、分岐輪を左にきりかえた場合、車両は発進できるか。	① ガイドアウト指令でベース1から乗車する。 ② 車両モードをGOモードにし、分岐輪を左に切りかえる。 ③ ドア閉を確認し、ガイドアウト発進OKの指示がでたら、分岐輪を右にかえる。 ④ アクセルを踏む。		1. 右分岐状態のままで発進し、L111に進入したとたん緊急停止をした。 2. その後MOモードに切りかえ、ガイドウェイを1周して脱出した。 3. コンピュータは、いったんガイドアウト発進OKを出した後、車両の分岐状態（ドア状態も同じ）はチェックしていない。 4. ガイドアウトのとき、あやまって右分岐状態で発進するとシステムダウンになる。 5. 左分岐状態で発進し、途中操作ミスや車両故障で車両が停止しても、その車両がMOモードで脱出できればシステムダウンにはならない。（実験 15参照） ベース1が一時閉鎖されるだけである。 6. ガイドアウトするとき、運転士が分岐を選択するようなシステムは好ましくないといえる。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
8	チェック走行開始点の車両位置のバラツキはどこまで許容されるかを確認する。	① 右図の如くA～Dの地点をチェック走行開始点とし、4通りのチェック走行を行う。		1. L 000 のループに完全に入っている地点ならどこでもチェック走行は正常にできる。 2. L 000 の L 001 のオーバーラップ部 (C地点) 及び L 001 に完全に入っている部分 (D地点) からのチェック走行はできないことがわかった。 3. 従って、チェック走行開始地点を路面に表示しておけば、運転士はそれを目標に車両を移動できる。
9	チェック走行終了時の定位置停止がオーバーランした場合、ガイドアウト指令がでるか。 またオーバーランした状態で、そのままG$\bar{O}$モードでガイドアウトできるかどうかを確認する。	① チェック走行を行う。 ② 定位置停止のオーバーランで緊急停止したら、G$\bar{O}$モードに切りかえガイドアウトする。 ③ オーバーランの状態をチェックし、左分岐に切りかえられなかったら、M$\bar{O}$モードにして、ガイドウェイを1周して脱出する。 ④ コンピュータの定位置停止制御の中で停止目標地点を延長させ、オーバーランさせるようプログラムを変更しておく。		1. チェック走行終了時、定位置停止はオーバーランし、L 110 で緊急停止をしたが、チェック走行異常という判定結果はでなかった。 2. 従って、ガイドアウト指令もでなかった。 3. 車両モードをAモードにして、S$\bar{O}$Pの発進ボタンを押したが、発進しなかった。 4. 運転指令員がコンピュータに車両の再発進を指示したが、再発しなかった。 5. 結局車両をG$\bar{O}$モードにしても発進できなかったのを、M$\bar{O}$モードでその地点からガイドアウトした。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
10	チェック走行中、運転士がフートブレーキペダルを踏んだらどうなるかを確認する。	① チェック走行開始前と開始後の走行中それぞれいろいろなタイミングでフートブレーキをかけてみる。 ② フートブレーキをかけた結果、車両が停止したままになったら、車両モードをCモードからM $\bar{O}$ モードに切りかえ、チェック走行を模擬して車両をバス1にもってくる。		1. チェック走行開始前からブレーキペダルを踏んでいて放すと車両は急加速をし、急激に7km/h一定走行に落ちつき、そのままチェック走行を続ける。 2. 発進加速終了後ブレーキを踏んでとめると車両は停止したままである。その後、車両をM $\bar{O}$ モードにし、分岐輪状態チェックのタイミングに合わせて分岐輪を切りかえながらバス1に移動させると、チェック走行正常終了とみなされる。 3. 分岐輪切換操作のタイミングを誤ると分岐異常と判定され、最終的にはシステムダウンに発展する。
11	ガイドウェイ内の手動運転中に運転士が(M $\bar{O}$ モードで運転中)分岐輪の切換を行うとき、誤って分岐壁内で操作した場合、分岐装置が破損しないかどうかを確認する。	① 車両モードをM $\bar{O}$ モードにし、図のような位置に車両をとめる。 ② 分岐レバーで分岐輪を右から左へ切りかえる。 ③ 分岐輪に異常が認められなかったら、そのままの状態で行進してみる。	 分岐壁 分岐輪を右→左へ切りかえてみる	1. 前部分岐輪は左に切換った。後部分岐輪は分岐壁にかかったが、異常は認められなかった。 2. 分岐壁を通抜けた後、後分岐輪は左に切換った。

実験 番号	確 認 事 項	運 転 士 操 作 手 順	車 両 位 置 関 係 図	実 験 結 果 ・ 考 察
12	自動運転走行中に運転士が誤って自動運転制御装置（CCu）の操作盤の押ボタンにさわった場合、車両の動きはどうなるかを確認する。	① 自動運転走行中に CCu 操作盤のイニシャライズボタンを押す。 ② ①の結果を確認後、CCu を正常状態に戻し、再び自動運転走行を開始する。 ③ CCu 操作盤のストップボタンを押す。		1. イニシャライズボタンを押すと CCu はダウンし、車両は緊急停止をする。 ドア、分岐輪の異常は認められなかった。 2. ストップボタンを押すと CCu は 1/3 ダウンとなるが自動運転に支障はなかった。 但し、誘導輪の伸長、格納はできなかった。 3. また、チェック走行開始前（G ₀ モード中）にストップボタンを押すと、チェック走行は開始しない。 4. チェック走行中にストップボタンを押すとチェック走行は正常に終了した。 次にモードスイッチを A モードに切りかえたが、自動運転は行われなかった。

表3-9' 用語の凡例

車両モード略号	
M モード	一般路を手動運転するモード
M $\bar{O}$ モード	ガイドウェイ内を保安解放で手動運転するモード
G $\bar{O}$ モード	ガイドウェイ内を保安介入で手動運転するモード
N モード	モードインタチェンジ部で誘導輪を伸長，格納するモード
C モード	モードインタチェンジ部でチェック走行を行うモード
A モード	ガイドウェイ内を自動運転するモード
施設名称の略号	
M I C	モードインタチェンジ
S O P	ガイドウェイ ストップ操作盤
C C U	車上制御装置
L□□□	通信区間名称(□内は通信区間を示す番号)

4・3 実験結果

(1) 手動介入時の誤操作の影響

実験結果を表3-9に示す。要約すれば、次の通りになる。

- 1) ガイドウェイ入口からガイドインチェックを行うCライン（写真3-6参照）までの間は、運転士の誤操作によるフェイタルエラーはない。
- 2) チェック走行開始から定位置停止までの間で、運転士が、モードスイッチの切換え、フートブレーキの踏み込み等の誤操作を行うと、フェイタルエラーになる。
- 3) 定位置停止から発進ボタンを押すまでの間は、運転士の誤操作によるフェイタルエラーはない。
- 4) 定位置停止からガイドアウトまでの間で、運転士が、ガイドアウト許可前の発進、右分岐状態での発進を行うと、フェイタルエラーになる。

注；フェイタルエラーとは、誤操作によって、最終的にシステムダウンにつながるエラーをいう。

(2) 標識、標示等の改善の影響

- 1) ガイドウェイ内標識は、停止個所の停止精度向上に寄与した。また、地点名称が明確になったため、運転指令員と運転士との情報伝達がよくなった。
- 2) 車両の運転席に常置した運転表示カードを、1ステップ毎に確認することにより、運転士の誤操作が減少した。

4・4 考察

運転士の誤操作による運行管理への影響が明確になった。

誤操作を防止するためには、標識、標示等の完備を図ることが、かなり効果的であることがわかった。

フェイタルエラーにつながる運転士の誤操作の内容がつかめた。実用設計にあたって、この結果を運転席の機器配置、スイッチ類の構成等に反映させて誤操作を防止することが可能である。

5 発熱部周辺测温試験

5・1 実験目的

デュアルモード・バスに搭載されている発熱体のうち、発熱頻度が多く発熱による温度上昇も高いと思われる発電制動抵抗器の周辺温度上昇を測定し、発熱制動抵抗器からの発熱が周辺部材に及ぼす影響を確認する。

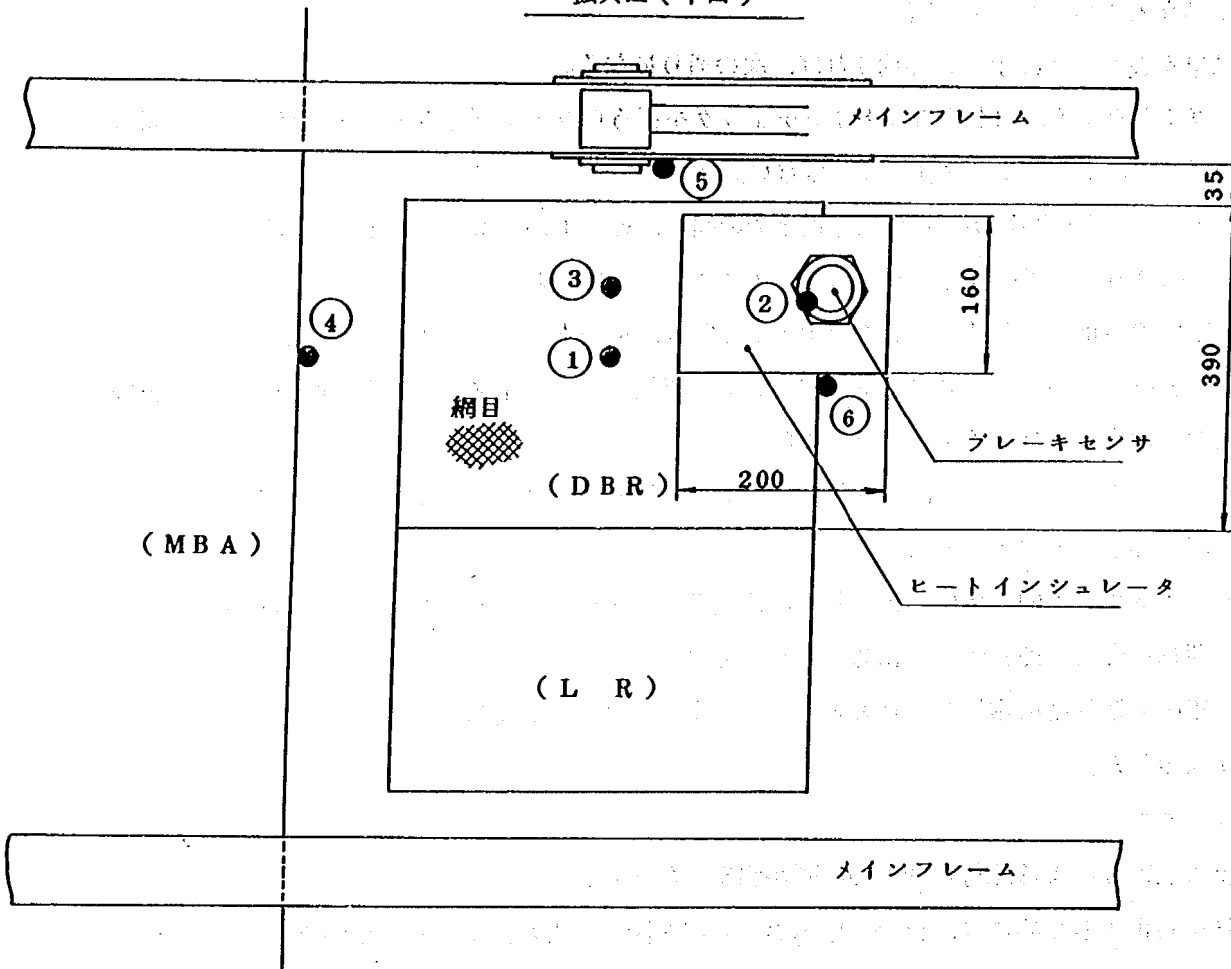
5・2 測定対象機器

デュアルモード・バスに搭載された発熱体のうち、今回の測定対象設備機器である発電制動抵抗器は（以下 DBR と呼ぶ）電気制動力を発生するための設備機器である。

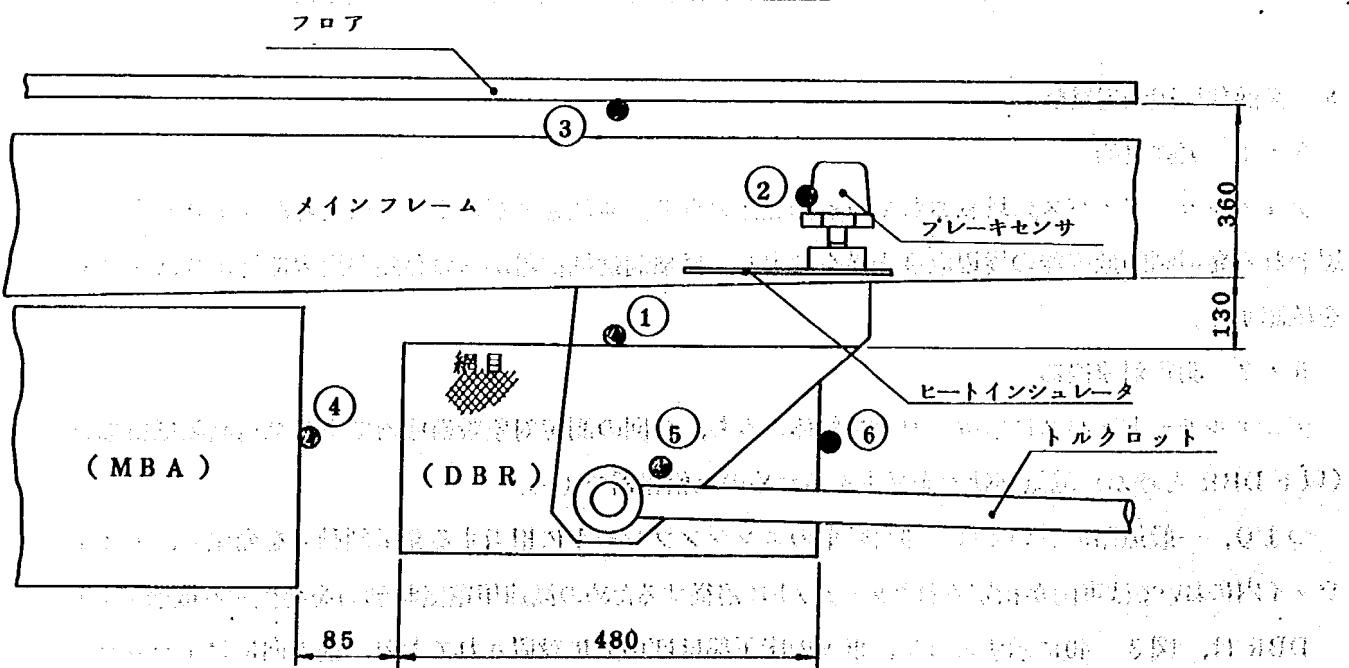
つまり、一般道路においては一般自動車のエンジンブレーキに相当する発電制動力を発生し、ガイドウェイ内においては車両が指定されたターゲットに追従するための減速用電気制動力を発生する機器である。

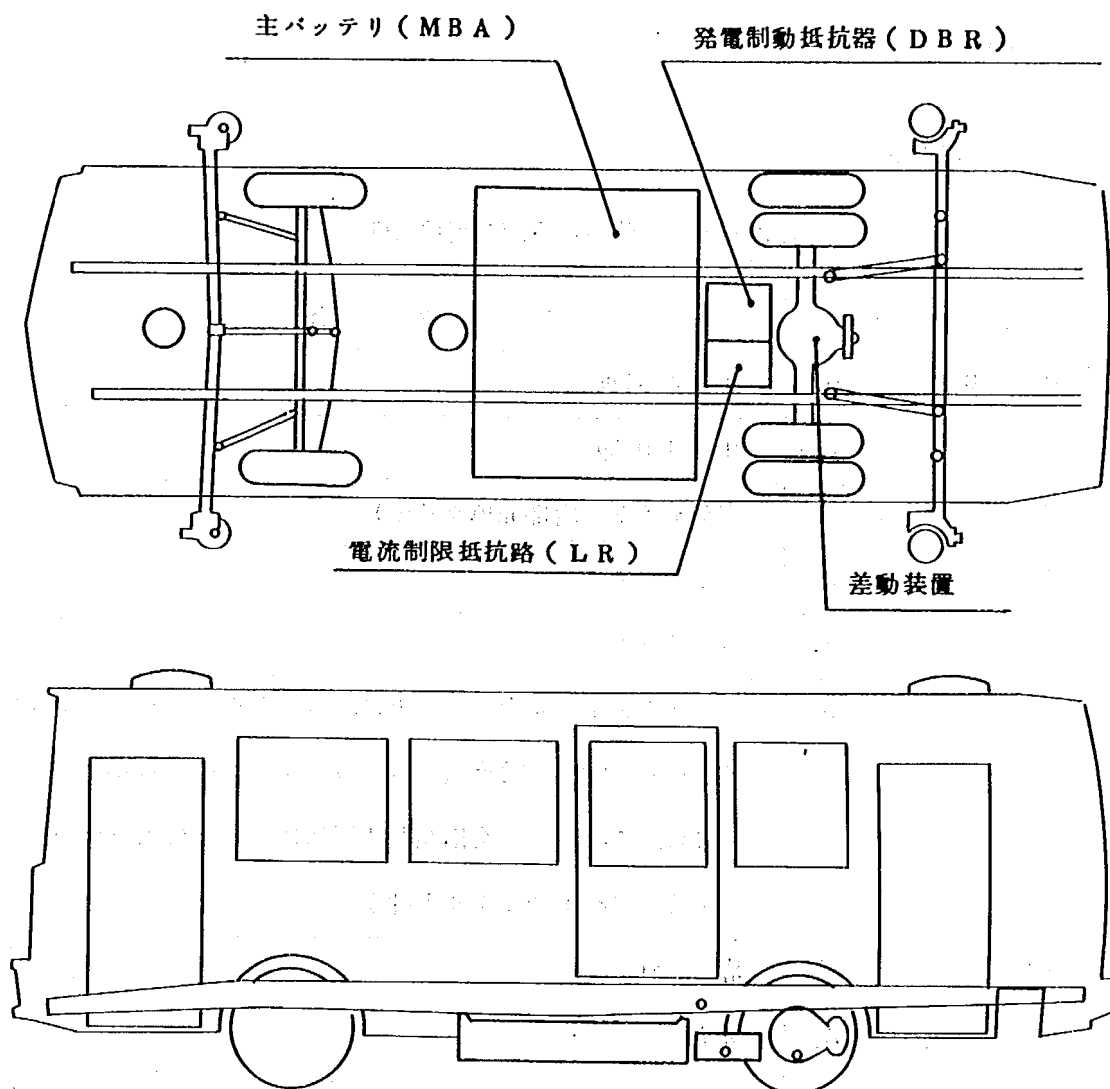
DBR は、図3-40に示すように、車両の床下部ほぼ中央に設置されており、前方向には主バッテリー

拡大図（平面）



拡大図（側面）





● 印は温度測定個所を示す。

図3-40 発熱部周辺測温試験
DBR塔載場所と温度測定個所

があり、後方には差動装置がある。また上面は、キャビンのフロア（木製）が位置している。一方、抵抗器本体は直接触れることができないようケース内に設置し、ケースはその上下左右を網目状にし通風を良くしている。

5・3 実験方法

(1) 実験条件

実験条件を表3—10に示す。

表3—10 発熱部周辺測温実験条件

	項 目	実 験 条 件
車両条件	使 用 車 両	022号車
	実 験 時 重 量	9,110 kg
	使 用 タ イ ヤ	安全タイヤ（内部充填タイヤ）
走行条件	走 行 路	ガイドウェイ
	走 行 モ ー ド	自動モード
	走 行 パ タ ー ン	ガイドウェイを4周するごとに、ガイドウェイバスストップ（以下バスと呼ぶ）進入を行なうパターンをくりかえす。 なお、このバスを出発し4周目にバスに入り再び出発するまでを1サイクルと呼ぶ。
環境条件	天 候	晴 れ
	外 気 温	27.5℃
	路 面 状 態	乾 燥
実 験 日		S. 53. 8. 20 ~ 8. 22

(2) 測定方法

今回の実験における測定方法を下記に示す。

1) DBR 周辺温度

熱電対を測定個所に貼りつけ、打点式記録計に各点の温度を記録した。

打点式記録計は、およそ25秒ごとに測温結果を打点させており、約2時間半連続して測定した。

なお、記録計のチャンネル数の関係から測温個所は、下記の6点に絞って測定した。

それぞれの測定位置を図3—40に示している。

- ① DBR ケース上板
- ② ブレーキセンサ
- ③ フロア下面
- ④ 主バッテリーキャリア
- ⑤ トルクロッドブラケット

⑥ DBR ケース後板

2) DBR 負荷電流

DBR と直列にシャントを挿入し、ペン書きレコーダーで DBR に流れる負荷電流を測定した。

なお、DBR を流れる電流とペン書きレコーダーを絶縁するために絶縁アンプを使用し、電流波形を整形するためにローパスフィルターを使用した。

3) 走行車速

走行車速は、主電動機の回転パルスを手動デジタル／アナログを変換して、ペン書きレコーダーに記録した。

なお、走行車速と DBR 負荷電流は同期をとって測定記録しているが、1 サイクルごとに同様なパターンを繰り返しているので2 時間半にも及ぶ全走行時間を連続して測定せずに、一部の走行区間を測定することにした。

5・4 実験結果

実験を行った結果、DBR 周辺のうち、ケース上板とフロア下面が車両の走行停止に伴って、温度の波を作るが他はほぼ一様の温度を示すことがわかった。各部温度の時間変化の一例を図 3-41 に示す。

また、走行 1 サイクルごとの温度変化を表 3-11 に示す。

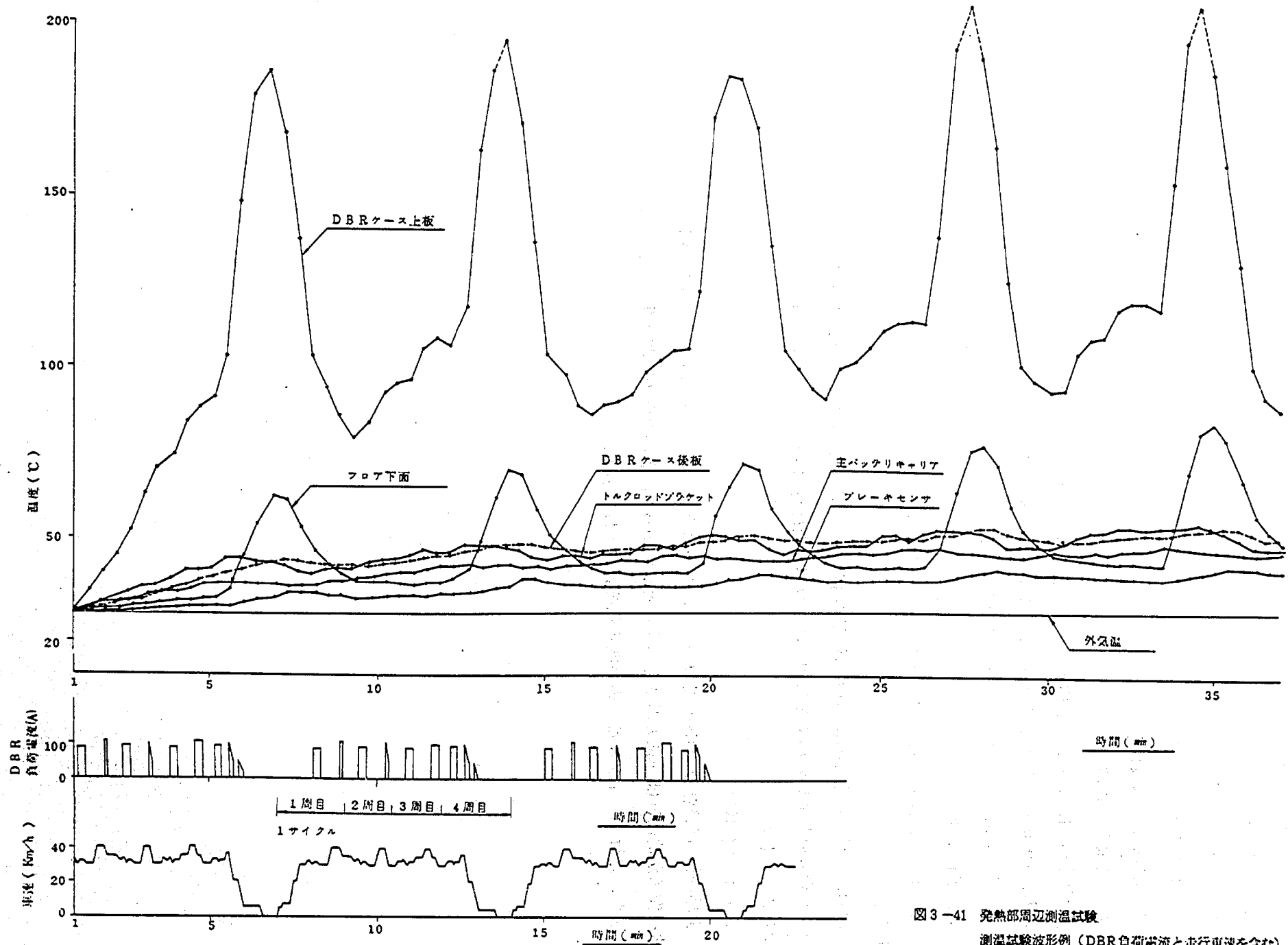


図3-41 発熱部周辺測温試験
測温試験波形例 (DBR 負荷電流と走行車速を含む)

図3-41 発熱部周辺測温試験 測温試験波形例 (DBR 負荷電流と走行車速を含む)

表3-11 温度上昇結果

単位(deg)

測定箇所		サイクル数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		経過時分	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133
①	DBR ケース上板	最高	0	159	162	156	(182)	(182)	168	(182)	(181)	(181)	168	166	166	165	(180)	(180)	(180)	(180)	163	(179)
		最低	0	52	58	64	69	71	66	63	56	63	65	66	66	67	70	72	69	69	63	
②	ブレーキ センサ	最高	0	6	10	12	13	14	15	16	17	16	16	17	17	18	17	16	17	17	18	17
		最低	0	5	8	10	11	12	13	13	14	13	13	13	13	13	13	13	14	13	14	
③	フロア 下面	最高	0	34	42	44	50	57	54	57	59	59	51	52	46	46	53	56	60	47	43	55
		最低	0	8	12	14	14	16	16	18	17	16	17	16	17	17	17	17	18	16	17	
④	主ベッテリ キャリア	最高	0	9	14	17	19	20	20	21	21	21	19	21	21	21	21	21	20	22	21	20
		最低	0	8	13	16	17	18	19	19	17	19	18	18	18	18	19	19	20	19	19	
⑤	トルクロッド ブラケット	最高	0	16	21	23	25	27	28	28	29	29	28	28	28	27	30	30	30	29	27	29
		最低	0	12	16	18	20	19	21	21	18	20	21	21	21	21	20	24	24	23	23	20
⑥	DBR ケース後板	最高	0	15	21	22	24	25	26	27	27	27	26	26	27	27	28	28	28	28	28	28
		最低	0	14	18	21	20	21	22	23	21	23	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24

() 内数値は推定値

5・5 考察

DBR は走行中常時発熱している訳ではなく、DBR 周辺は車両運行中に熱せられたり冷やされたりする。

しかし、全運行中を通してみれば、DBR 周辺の温度は運行開始後徐々に上昇し、一定時間後には飽和温度に達することになる。

もちろん、これらの温度上昇の状態は DBR が発熱する頻度や車両重量や車両の走行パターンなどによって異なる。

(1) 温度上昇の傾向

車両がバースを出発し、ガイドウェイ 4 周目にバースに入り、再び出発するまでの 1 サイクルは約 7 分間である。この 1 サイクルの間で温度が最も高くなるのは、車両がバースに停止しているときであることが分かった。図 3-41 は、数サイクル分の波形例を示している。特に① DBR ケース上板および③フロア下面では温度上昇が著しいが、これは DBR から熱せられた空気が車両停車中に上方向へ昇り、床との間にこもってしまうためであると考えられる。

一方、車両が走行している時は図 3-41 で分かるように、たとえ DBR が発熱しても走行風により冷却されるため、DBR 周辺温度は停止時よりも低下する。

なお、1 サイクル内での最高温度および最低温度は、各測定個所によりそのあらわれる時期にズレがある。これは各測定点と DBR の距離がそれぞれ異なることや被測温部材の熱容量の違い、あるいは熱風の流れ方などによるものと推定される。このように DBR の発熱によって 1 サイクルごとに温度が上下しながら、全体でみると徐々に上昇し約 1 時間後には、ほぼ飽和温度に達している。表 3-11 は、この各サイクルでの最高温度と最低温度を全運行中について一覧表にしたものである。

(2) 発熱帯が周辺に与える影響

各測定個所の温度上昇測定結果から判断すると、DBR からの発熱は、周辺部材に大きな影響は与えていないことが分かった。

6 定位置停止試験

6・1 実験目的

定位置停止は、デュアルモード・バスの自動運転に不可欠の要素であり、制御装置の簡素化と精度向上及び高信頼化を図ることに重点を置いた制御方式となっている。

本方式は、まず進入速度、機械、通信系のむだ時間、惰行時の減速度、ブレーキ時の減速度を加味し、2 点間の通過時間差と距離から車両の進入速度を計算する。次に所定の位置に停止するよう地上コンピュータよりブレーキ指令を出す方式である。

これによれば、車上に定位置停止制御装置を搭載する必要がなく、ブレーキも一段で済むことになる。本試験は 3 カ月以上にわたり、さまざまな環境条件、車両状態下において実車試験を行った。

6・2 定位置停止方式

デュアルモード・バスにおける定位置停止方式の説明図を図 3-42 に示す。目標停止点の前方、適当

な位置に2つの検知器を設ける。車は v_1 の速度指令から v_2 の速度指令まで減速した後、上述の検知器を通過すると地上の計算機に割込が各々起きて、2点間を通過する時間と検知器間距離から進入速度 v_i を計算する。そして v_i , α , β , j および指定された目標停止点から第2検知器までの距離 S から t_x を計算し、 t_d , t_c を見込んで車が第2検知器を通過後、 t_x 秒後に車にブレーキ指令を与える。これらの関係式は、(1)式の如くなる。

$$t_x = \frac{S - t_c v_i - (v_i - \frac{1}{2} \alpha t_d) e d - \frac{(v_i - \alpha t_d)^2}{2(\alpha + \beta)} - \frac{(\alpha + \beta)(v_i - \alpha t_d)}{2j}}{v_i} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

$$v_i = \frac{\ell}{t_i} \dots\dots\dots (2)$$

α ; 惰行による減速度

β ; ブレーキによる減速度

j ; ジャーク

t_x ; 第2検知器を通過してからブレーキ指令を出すまでの時間

t_c ; 通信系処理時間

t_d ; ブレーキ系のムダ時間

v_i ; 第1～第2検知器間通過速度

ℓ ; 第1～第2検知器間距離

t_i ; 第1～第2検知器間時間差

S ; 目標停止点から第2検知器までの距離

(1)式に示すように t_x を決定するパラメータのうち、 α , β , j , t_c , t_d は設定値であり、 v_i については2点間の通過時間により計算される値であり、 ℓ , S は一定値である。

これらの数値は下記の如くである。

(a) $\alpha = 0.16 \text{ m/s}^2$ (021, 022号車)

(b) $\beta = 0.79 \text{ m/s}^2$ (021号車)

$= 1.16 \text{ m/s}^2$ (022号車)

(c) $j = 1.13 \text{ m/s}^2$ (021号車)

$= 1.04 \text{ m/s}^2$ (022号車)

(d) $t_c = 0.22$

(e) $t_d = 0.6 \text{ S}$ (021号車)

$= 0.4 \text{ S}$ (022号車)

(f) $\ell = 1.4 \text{ m}$

(g) $S = 3.5 \text{ m}$

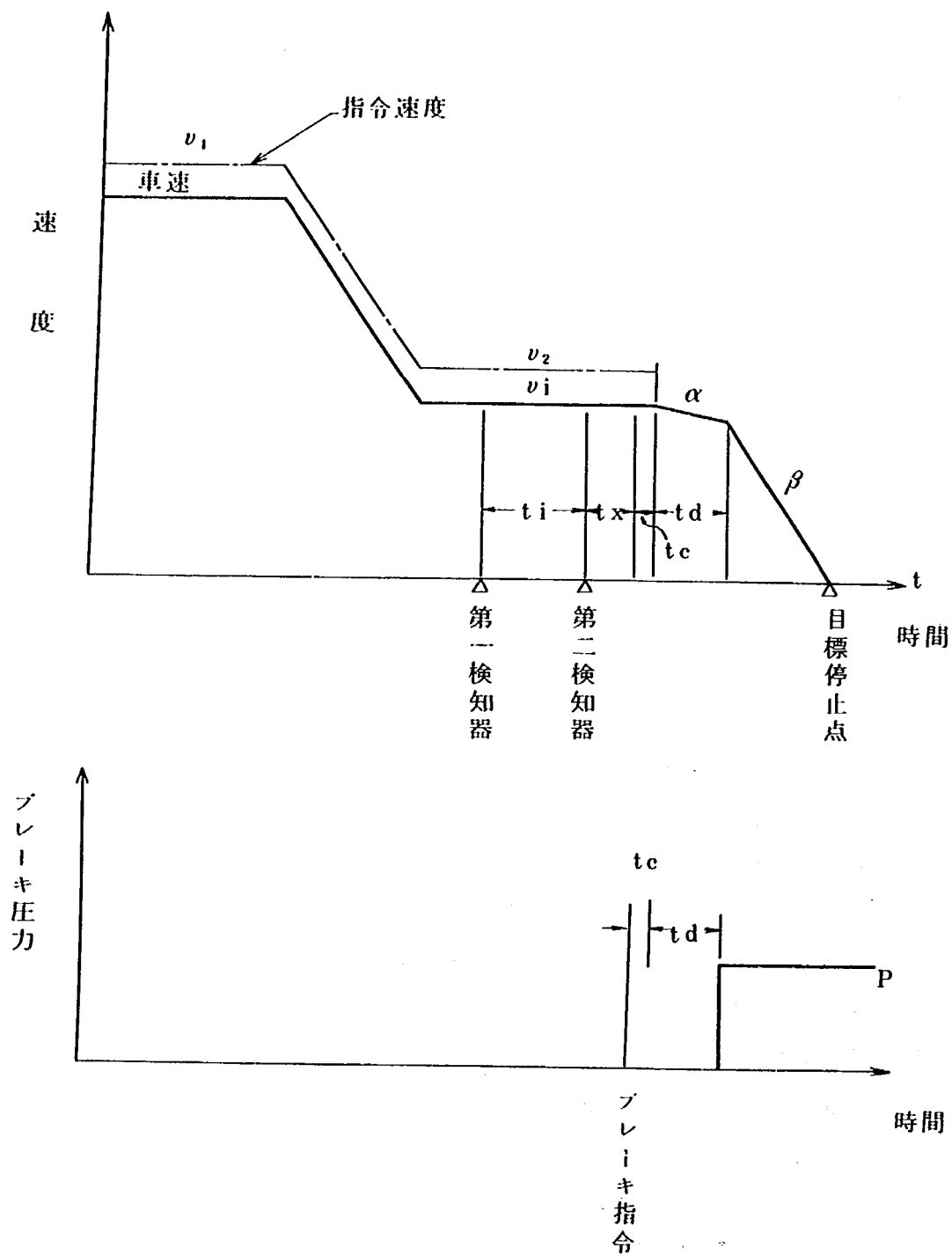


図 3-42 定位置停止試験
定位置停止方式説明図

6・3 実験方法

ガイドウェイストップは、本線と分岐した側線の中央に位置し、車両は地上のコンピュータからの指令を受けて側線に進入してストップの位置で停止する。

所定の位置で停止したことが確認されると、ドア開指令によりドアが開く。

ストップでの定位置停止のための通過検知は、写真3-12に示す検知器1および検知器2で行う。

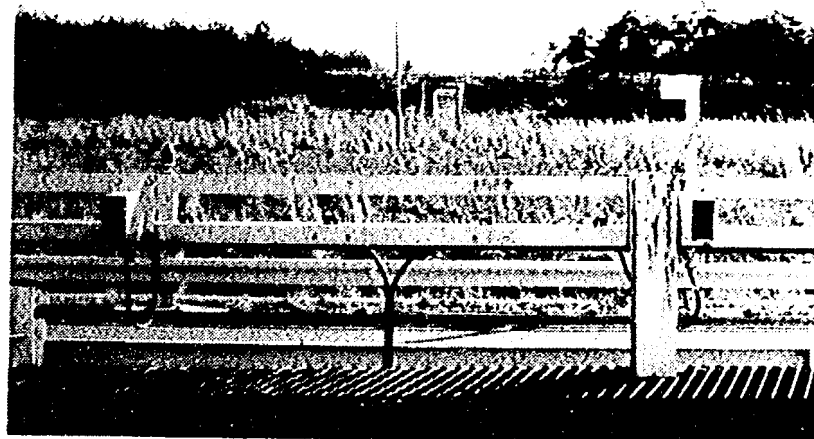


写真3-12 検知器据付状態

6・4 実験結果

測定結果を図3-43に示す。車両の進入指令速度は 5 km/h である。

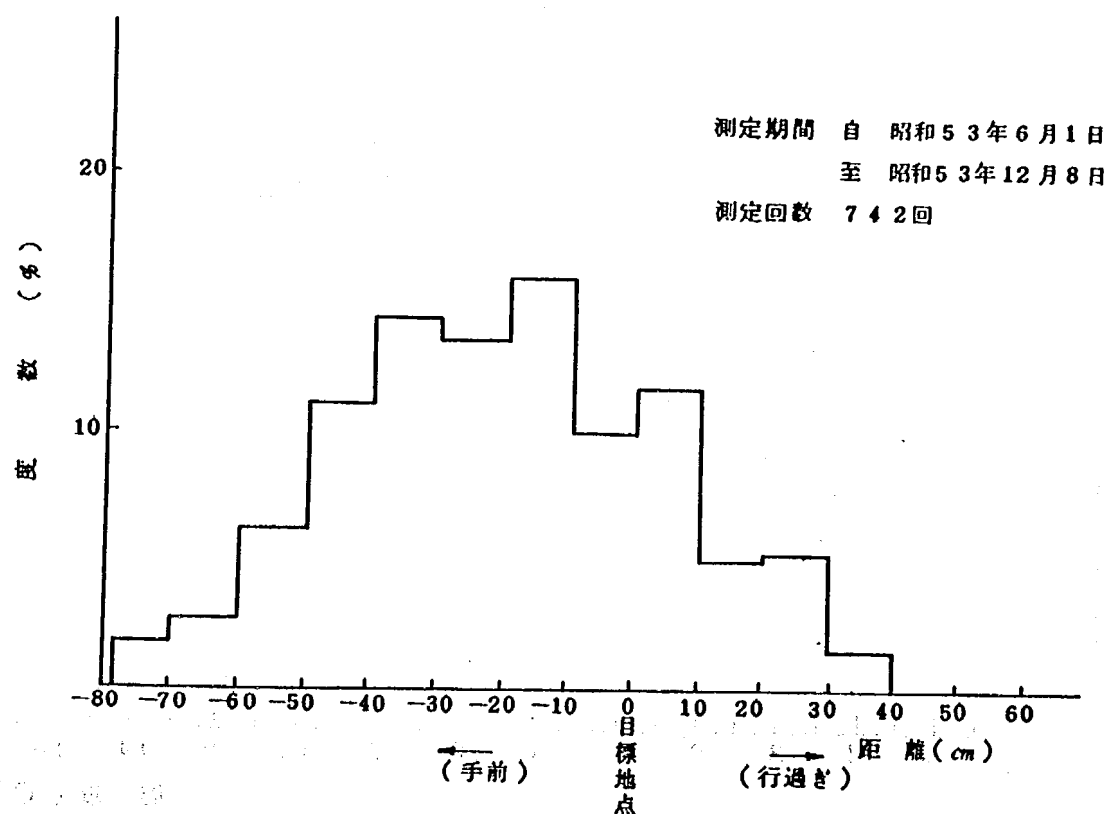


図3-43 定位置停止精度測定結果

また、外気温の停止精度におよぼす影響の測定結果は、図3—44に示す通りである。データ数は1プロットにつき10回以上である。

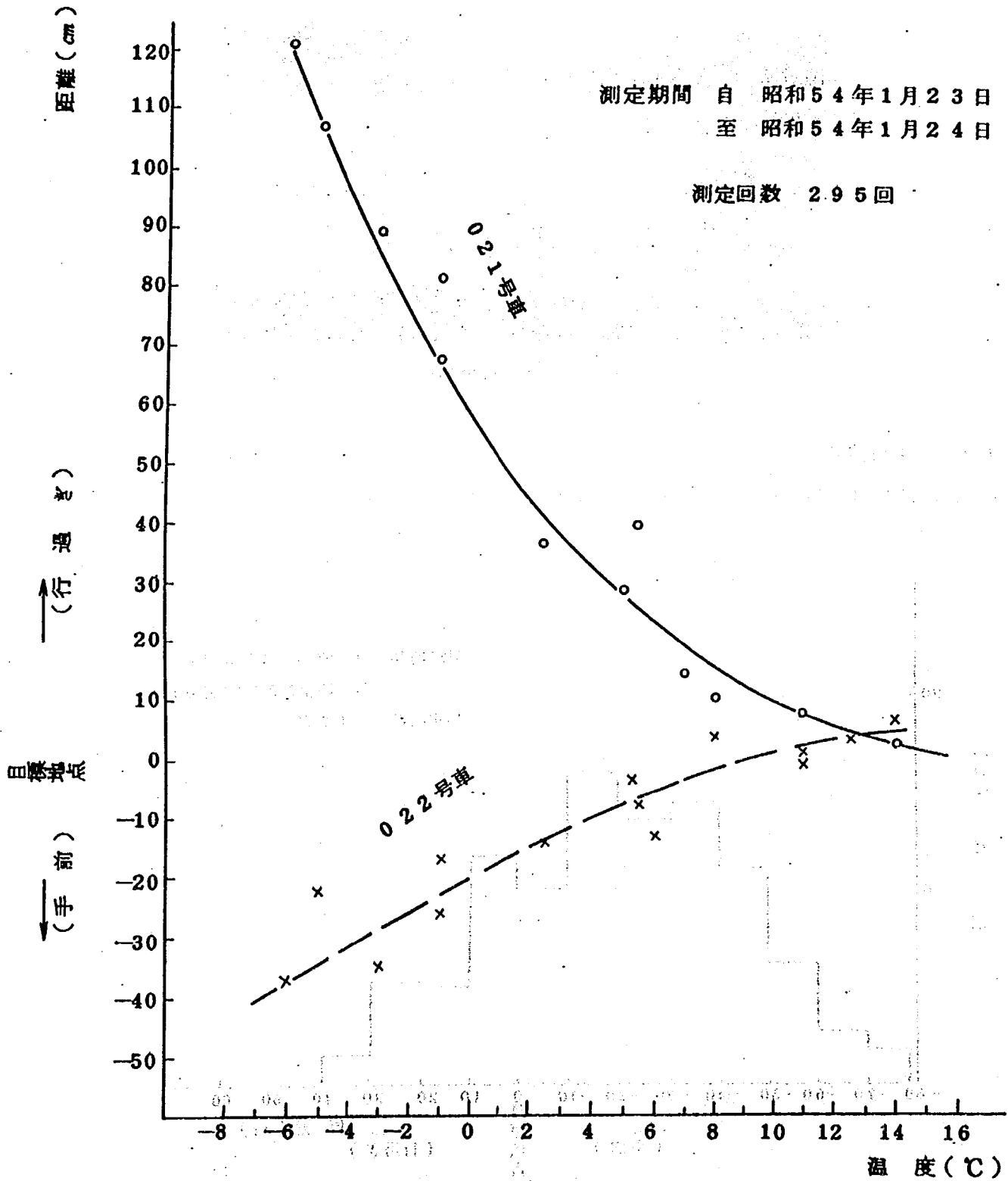


図3—44 定位置停止精度測定結果 (外気温の影響)

6・5 考察

定位置停止精度の設計値は、 $\pm 50\text{cm}$ 以内としている。

測定結果は設計値に入っていない。

この理由として、外気温による影響が考えられる。そこで、一日の気温差の大きい冬期に外気温の停止精度におよぼす影響を測定した。低温になるに従って、021号車は目標地点より行過ぎに、022号車は目標地点より手前に停止する。この傾向は、 -10°C 以下で顕著になる。

以上から停止位置バラツキの最も大きな要因として、外気温が作用していることが判明した。外気温による制動力の変動を解決すれば、現行の制動方式によって充分目的を達せられる目途を得た。

7 まとめ

昭和52, 53年度の2カ年にわたって、デュアルモード・バス・システムの実用性をさらに高めるために安全性と信頼性の実証を目的とした試験を行った。

「障害物検知試験」では、ITVの画像解析による障害物検知装置の試作実験を行い、所期の性能を得ることができる。しかし、実用化するにはまだ解決しなければならない問題点も残されている。

「小半径旋回実験」では、半径15mの曲線走路を布設し、022号車・031号車を用いて走行実験を行った。その結果、走行速度15km/hまでは充分安全に旋回できることが実証された。

「総合走行試験」では、酷暑、厳寒時の2回、車両を長時間連続走行させたが、システムを構成する各装置は異状なく稼動することが確認できた。また数件の故障が発生したものの、試験の継続をさまたげるような事象は皆無であり対応は容易であった。冬期の低温のもたらす影響が確認できたことは有益であり、実用時の設計製作に寄与するものと考えられる。

「マンマシンインターフェースの確認試験」では、運転士による誤操作が車両の運行管理にどの程度影響を与えるかが確認できた。また、標識・標示等の完備、運転操作方法の周知徹底、あるいは各種装置の簡素化によって誤操作が防止できることがわかり、具体策についても示唆が得られた。

「発熱部周辺測温試験」では、発電制動抵抗器周辺の温度上昇を測定し、安全性の確認を行ったが、この結果なんら問題なかった。また、周辺部材に対して劣化につながるような大きな影響のないことが判明した。

「定位置停止試験」では、自動運転時のガイドウェイ・バス・ストップに於ける、車両の定位置停止精度を長時間にわたり測定した。この結果、外気温が実験車両の停止精度に影響をあたえることが確認できた。

以上の実験結果を、今後の実用時の設計製作に反映させることによって、デュアルモード・バス・システムの安全性・信頼性をより一層向上させることができる見通しを得た。

あ と が き

この試験調査は、前に述べたとおり（財）国土開発技術研究センターおよび民間6社との共同研究により、実施されたものである。実施にあたって御協力を頂いた方々およびデュアルモード・バス・システム開発委員会の委員の方々に感謝の意を表します。

デュアルモード・バス・システムの開発(その2)

INSS 0386-5878

土研資料第1531号

マイクロフィルム第 号

昭和54年12月(1979)

建設省土木研究所 新交通研究室

キーワード 新交通システム

要 旨 昭和52, 53年度に行ったデュアルモード・バス・システムの安全性・信頼性試験結果である。主な項目は小旋回半径走行試験, 総合走行試験, マンマシンインターフェイス確認試験である。

○

郵便はがき

20円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所

新交通研究室

御中

No 011

No 011

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第 1531 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

㊦

○