

土 木 研 究 所 資 料

車間距離維持方式運行制御システムの開発
(その1)

昭和55年 3 月

建設省土木研究所
道路部新交通研究室

ま え が き

新交通システムについては様々な定義があるが、大略次の2つに集約される。1つは、現在ゆきづまりを見せている都市交通に、新しい技術の導入あるいは交通管制など既存の技術の組合せにより、より効率の高い道路の利用を考えるもの、もう1つは、中量軌道輸送システムの別称であり、モノレール、ガイドウェイバスなど、大きく自動化された輸送機関それ自体を指す。

建設省では、都市内道路交通の緩和と公共輸送機関の発展をはかるため、モノレール、ガイドウェイバスに対して軌道とこれを支える部分については道路と解釈し、いわゆるインフラ方式として建設費の補助を行うことを定めている。また、新道路交通システムとして、デュアルモード・バス・システムをとりあげ、(財)国土開発技術研究センター、民間会社6社と共同開発を行い、実用化の段階まで研究を進めた。

新交通研究室では、上記のデュアルモード・バス・システムをはじめ、道路の効率的運用をはかる新しい技術、システムの開発を長期的展望にたって行おうとしている。

その1つとして、ガイドウェイを走行する車両の運行制御システムとして、従来の各種新交通システムで採用されている方式と異なり、車両自身に前車との車間距離を測定し一定に維持する機能を持たせるシステムの開発を昭和52年度より進めている。なお次頁の表にこの研究開発の年次計画を示す。

この報文は、この車間距離維持方式運行制御システム開発の第1段階として、昭和52、53年度に行った車間距離測定に超音波を利用することを検討し、その装置の試作・実験を行った結果を述べたものである。

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

門 脇 孝 男

川 名 万寿雄

黒 沢 ひとみ

年 度 項 目	52 年 度	53 年 度	54 年 度	55 年 度 以 降
基 本 シ ス テ ム の 検 討				
車 間 距 離 測 定 方 式 の 検 討				
送 受 型 測 定 装 置 の 試 作 及 び 実 験				
反 射 型 測 定 装 置 の 試 作 及 び 実 験				
送 受 型 測 定 装 置 の 改 造 及 び 実 験 (走 行 制 御 機 能 の 付 加)				
実 験 車 両 の 製 作 及 び 改 造				
自 動 走 行 速 度 制 御 実 験				
自 動 操 舵 走 行 実 験				

研究開発年次計画

目 次

まえがき	
1. 車間距離維持方式運行制御システムの概要	1
2. 車間距離測定方式の検討	3
3. 送受型車間距離測定装置の試作	8
4. 反射型車間距離測定装置の試作	12
5. 性能実験（その1）	14
6. 送受形車間距離測定装置の改造	26
7. 性能実験（その2）	30
8. 今後の開発計画	41
あとがき	42

1. 車間距離維持方式運行制御システムの概要

車両走行制御は、鉄道において主に列車の安全運行を図るために開発が始められたものである。初期の自動列車停止装置 (ATS)*¹ は、列車が、速度オーバーした時、これを停止させるものであった。その後、通信、制御装置機器の発達に伴い、列車速度を信号指示速度に追従させる。自動列車制御装置 (ATC)*²、運行ダイヤ通りに出発、走行、停止させる自動列車運転装置 (ATO)*³ など、自動化の進んだシステムが、各地で使用されるようになってきた。

一方、都市人口の増加と都市区域の拡大に伴い、従来の鉄道やバスなどの公共輸送機関と自家用車では、都市圏の人の輸送を担うことは困難となってきた。特に都市周辺の大規模団地では、バス、自動車の増加による道路混雑とそれによるサービス低下など、困難な問題に直面し、輸送体系の見直しが必要となった。

そこで、人の輸送機関として、鉄道より輸送容量は小さいが、バスの2倍程度 (5,000 ~ 15,000 人/時) で、大幅な自動化と省力化を行い、建設費、運営費の低い、したがって建設の容易な、ガイドウェイバス・システムは、(いわゆる新交通システム) が、民間各社で開発されてきた。このガイドウェイバス・システムは、電算機による完全無人運行が計画され、先に述べた鉄道での走行制御技術が生かされている。

走行制御方式については、現在すでに多くのシステムが開発されているが、そのほとんどがコントロールセンターでの全車両中央集中管理方式である。このシステムでは、センターで全車両の運行ダイヤを定め、これに合致するように、各車両の位置を監視し、所定の位置を維持するように速度指令を出す。車両の発進も、所定時刻に信号が出て走行を始め、経過途中での本線合流分岐も、車両について個々の番号により目的地まで、自動的に行われる。駅に到着する場合も定位置に停止させる自動走行制御が行われる。

また、車両の追突防止のために閉塞区間を設定し他の車両の侵入を防ぐ対策を併用している。したがって、この方式で車両台数を多くし高密度運行で輸送容量を大きくするためには、ガイドウェイに設置する機器を増やし、中央でのコントロール機能を大きくする必要があり、設備や維持費の面から輸送コストの上昇は避けられない。

そこで、新交通研究室では運行間隔を小さく高密度輸送に適するようにガイドウェイを走行する車両の走行制御を単純化し、しかも安全性を高水準に保つ運行制御システムの開発を行うこととした。

各種の条件を検討した結果、多数の車両を物理的連結を行わずに一編成として走行させ、編成単位で閉塞区間設定方式運行制御を行うシステム、すなわち各編成の先頭車は、コントロールセンターにより走行制御され、後続の車両は前方車両との間隔を一定に保つ各車両単独の走行制御を行うシステムが最適であるとの結論を得た。

*1 ATS : Automatic Train Stop apparatus の略

*2 ATC : Automatic Train Control system の略

*3 ATO : Automatic Train Operation system の略

図-1.1はこの運行システムの概略を示したもので、一般状態では左側の編成のように一群となって走行している。そして分岐部の前では分岐を行うため、その分岐番号の通知を受ける。この番号を各車両が持っている行先（分岐番号と対応している）と照合し、合致していればその車両は分岐動作を行い、さらに次の分岐区間で編成を離れ、右側の編成のように分岐してステーションに入り停止する。本線上は、残った車両が広がった車間をつめて、また1つの編成をつくって走行する。

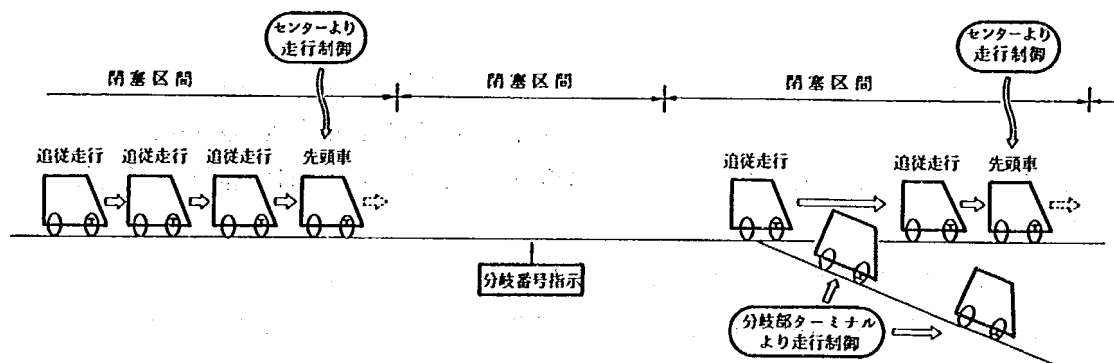


図-1.1 運行システムの概略

合流する場合も、本線上を1つの編成が通過後、すぐ本線に入り、所定の車間になるまで追いかけて、新たな編成を作ることになる。

このような運行システムの開発を目指し、新交通研究室は研究に着手した。図-1.2はこの研究開発を進めるフローを示したものである。まず、手初めにこの車間距離を一定に維持する走行制御方式を完成する前提として、車間距離を正確に、しかも連続的に測定する装置の検討を行った。

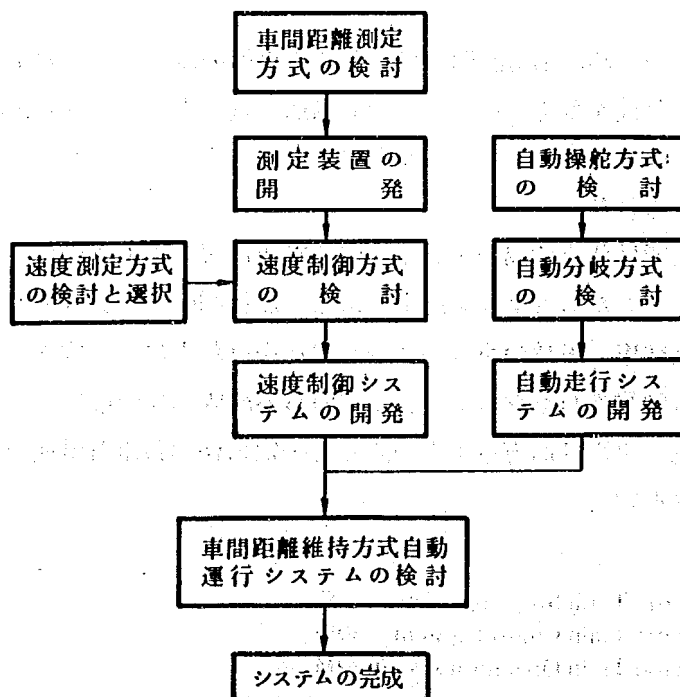


図-1.2 運行システムの検討及び開発フロー

2. 車間距離測定方式の検討

車間距離を測定する媒体として、表－2.1に示すものが考えられる。まず、音についてその伝播速度は、約340 m/secと小さく、30mの区間を往復するだけで176 m/secかかり、気温・湿度・気圧の変化に対し、わずかではあるが変化する。また、空気による伝播であるから、当然のこととして風の

表－2.1 計測媒体の比較表

	可聴音波 超音波	電 静 電 磁 波 界 界	赤 外 線 可視光線	レーザ光線
伝 播 速 度	340 m/s	3×10^8 m/s	3×10^8 m/s	3×10^8 m/s
収 束 性	小	中	中	大
減 衰 性	大	中	中	小
昼夜の影響	な し	な し	あ り	少ない
雨 の 影 響	な し	な し	あ り	あ り
風 の 影 響	あ り	な し	な し	な し

影響も受ける。このうち可聴音波を使う場合、使用場所により他の音（交通騒音・工場騒音などの周辺騒音と車両自身が発生する騒音）の影響を受けることが予想され、また、その音波自体が周辺地域への騒音公害となる恐れがある。これに比べて超音波は人の耳には聞えず減衰性も大きいため、周辺への影響も、また周辺からの影響も小さいと思われる。この超音波の特性を活かし超音波探傷機、車両感知器など近年数多くの測定装置に用いられている。しかし減衰が大きいということは、到達可能距離が小さいことであり、最大測定可能距離がどの程度となるか検討の余地がある。

つぎに、電波など電磁気学的現象を利用するものは、伝播速度が 3×10^8 m/sec と非常に大きく、特に短距離の測定には高速度の信号処理を行う必要があり、特に伝播時間を測定して距離演算する方式では、10m以下の測定は不可能に近い。このうち電波は周波数帯および変調方式が各種あり、使用条件によってその組合せを合理的に選択することで現在さまざまな分野に利用されている。また、静電界と静磁界も誘導無線器、各種感知器など近年その利用が増加している。しかし、これらを車間距離測定に用いる場合には、放送波などの外部の影響を受け、また逆に電波障害の原因となる恐れがある。さらに、一部の周波数帯を除き、電波監理法による許可や免許が必要となる。

赤外線など光学的現象を利用するものは、その使用条件、例えば、屋内から屋外へ出るときや日中と夜間で周囲の輝度が大きく変わることがあり、これに対応する追従性を持つことが必要である。また、太陽や照明の直接あるいは反射した光を受け、目標とすべき光源と見誤ることも予想され、その判別機構に十分な検討の余地がある。

以上述べてきた媒体の特性を利用して車間距離を測定する方式として以下のものが考えられる。

(1) 送受型時間差測定方式

図－2.1に示すように、後方車より前方車に向けてパルス信号1を送信し、前方車はこれを受信してただちに、後方車にパルス信号2を送り返す。後方車は、パルス信号1を発信してから信号2を受信するまでの時間を測定する。この時間はパルス信号が2台の車を往復する時間であり、これに信号

の速度をかけてやればパルス信号の往復距離になりこれを2で割れば求める距離が得られる。

車間距離と時間差は、図のように直線関係となる。(ただし、パルス信号1の受信からパルス信号2の送信まで時間遅れがないとした場合である)。

1～20m程度の車間距離を測定する媒体に、音波を使用すれば、6 msec～118 msecの時間差の測定となり、処理は比較的簡単であるが、他の電波、赤外線では7 nsec～130 nsecの時間差となり、これだけの高精度が要求される測定はまず不可能である。そのため可聴音波または、超音波が適していると思われる。

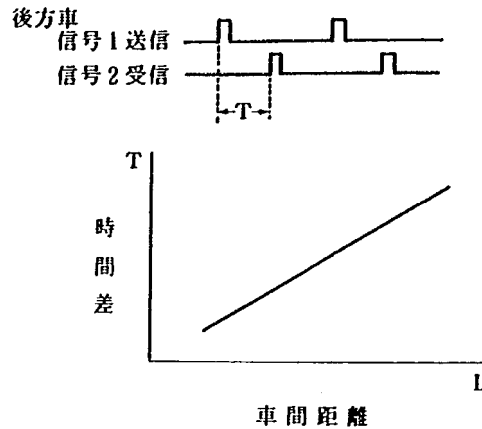
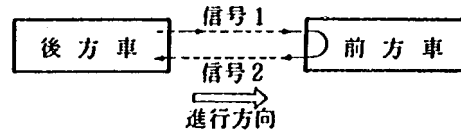


図- 2.1 送受型時間差方式

(2) 反射型時間差測定方式

図- 2.2 に示すように、後方車に向けて信号を発射し、この信号が前方車で反射され再び戻ってくるまでの時間を計測することにより、車間距離を計算する。しかし、前方車後面の反射を使った場合、反射面の形状や方向により反射時の減衰が大きくなることがあり、場合によっては、短い距離でも測定不能となる恐れがある。したがって、必要測定距離内での安定的な測定が可能となるよう充分配慮することが必要である。

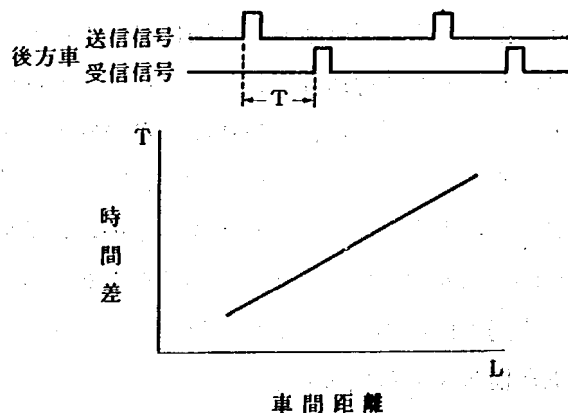
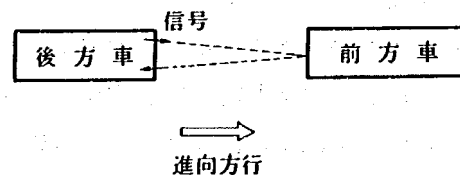


図- 2.2 反射型時間差方式

(3) パターン認識方式

ITVカメラ*¹またはCCDカメラ*²などにより前方車を撮影する。得られた画像より先行車のパターンを認識してその大きさから車間距離を計算する。(図- 2.3 参照)

このパターン認識には各種の方式が考えられるが、使用条件を考えると前方車と周囲の背景を区別することと画像処理時間の早いことが重

*1 CCDカメラ: Charge Coupled Device イメージセンサーを用いたカメラ、このセンサーは高密度解像が可能で標準テレビ画像が14mm×18mmの受像面で得られる。

*2 ITVカメラ: Industrial TeleVision カメラの略、文字通りの工業用ではなく一般にある特定の目的に利用される外部との連絡のないテレビシステムをいう。

要である。また、この方式の測定可能範囲は、カメラの性能に基づく部分がほとんどであるため、カメラの走査線の本数や、解像能力、さらにレンズの焦点距離について最適なものを選択することが必要である。

車間距離と面積の関係は反比例となる。媒体としては可視光線・赤外線を用いる。

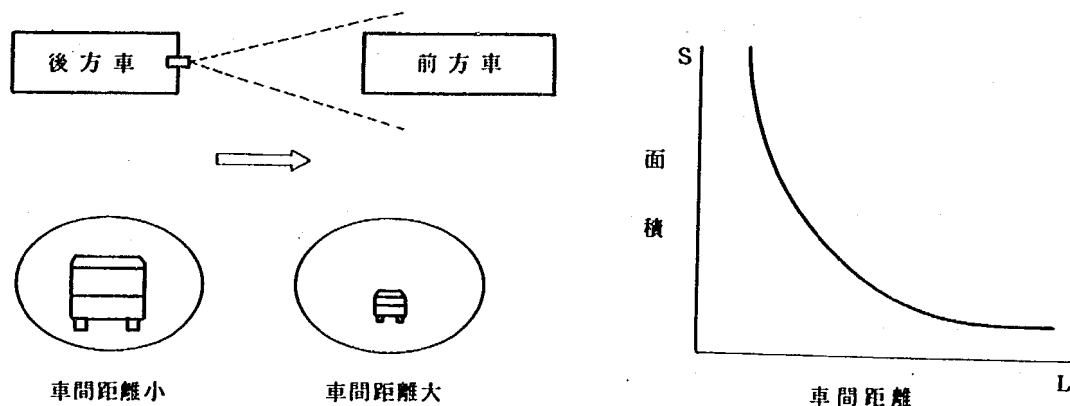


図-2.3 パターン認識方式

(4) 光源判定方式

前方車の上下端に光源を置き、後方に向けて発射する。後方車は、カマボコ形レンズで前方を撮影し、先行する車両の2つの光源の間隔を計測し、車間距離の判定を行う。(図-2.4参照) この方式は、前項のパターン認識方式を単純化したもので、画像処理が簡単になる利点がある。

しかしながら、光源以外にも強い光があれば、これを光源と認識する欠点を持つ。例えば昼間では太陽あるいはその反射、夜間では他の車両のライトなど、誤認の対象となる光も多いため、光源とそれ以外の光を区別する方法を十分に検討することが必要である。

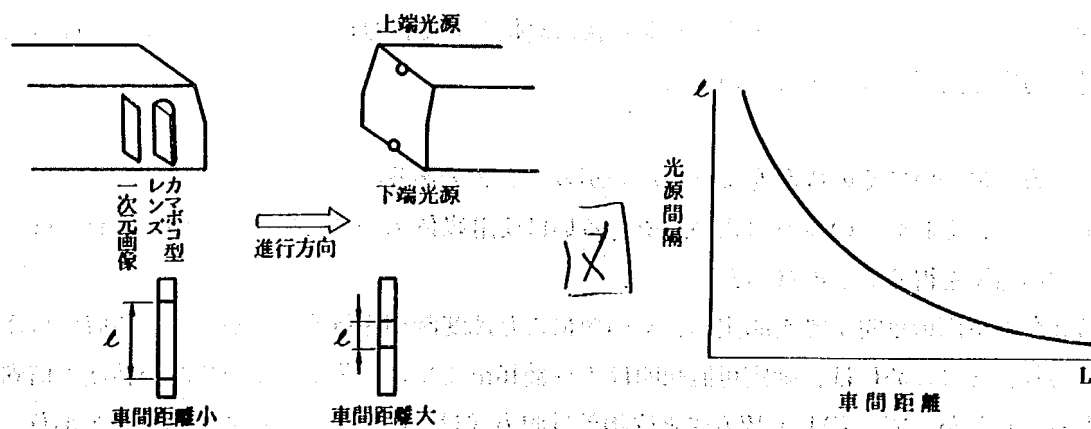


図-2.4 光源判定方式

(5) FM-CW方式*

電波を利用しようとする場合、短距離では直接反射による時間差を計測して距離演算することはほとんど不可能である。

そのためなんらかの方法を用いてこの時間差を増加させて計算することが必要である。この方式では前方に向かって、図-2.5に示すようなのこぎり状に周波数の変化する電波 f_1 を発射する。前方車で反射して返ってきた電波 f_2 は、図に示すように車間距離に比例して遅れている。したがって f_1 と f_2 の差の絶対値（ビート周波数）により車間距離が測定できる。ただし、 f_1 と f_2 の間に周期以上の差がある場合は、反射して返った周波数の山は元の周波数の山でなく、1つあとの周波数の山との差をとることになり、演算距離は一周分だけ減算された値となる。これを防止するため周期を長くし、最大測定距離を大きくすると、距離による電波の遅れの違いが小さくなり、測定精度が低くなる。

また、近距離の場合、電波の遅れが小さすぎて演算処理できなくなるため、最小測定可能距離は10m前後と思われる。なお、ビート周波数と距離は比例する。

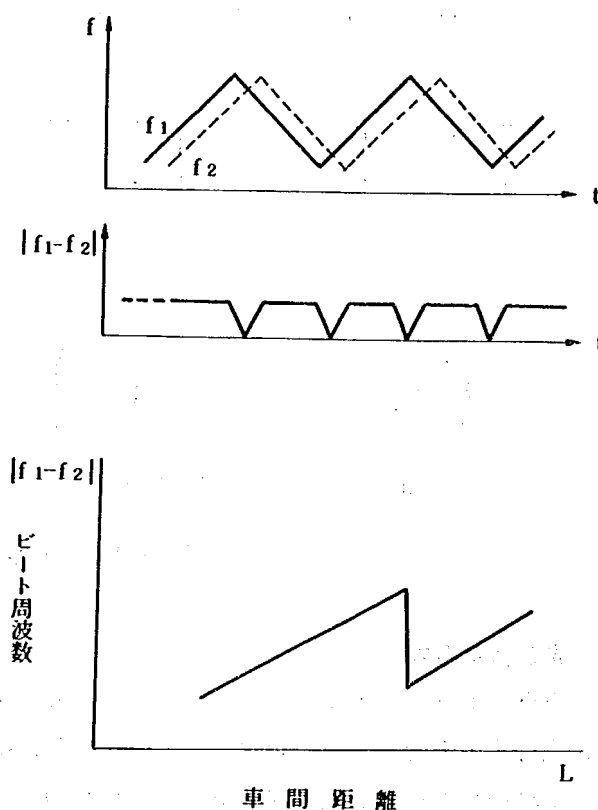


図-2.5 FM-CW方式

(6) 位相差計測方式

前方に向けて、2つのアンテナで、それぞれ違う周波数の電波を発射する。前方の車両に反射してきた2つの電波の位相差を計測することにより、反射物までの距離を知ることができる。

これも(5)とほぼ同じもので、周波数をのこぎり状に変化させる代りに、2つの周波数の異なる電波によって同じ効果を上げようとするものである。

以上述べた方式についてその特徴をまとめたのが表-2.2である。

各方式について、それぞれの長所および短所あるいは使用媒体について様々な面から検討を行った結果、ほぼ次の結論を得ることになった。

走行する2台の車両の車間距離を測定し、その値により速度制御を行うことが、この装置に与えられた条件であり、そのためには、測定可能範囲は1～数10mで特に近距離について高い精度と信頼性が必要である。したがって、FM-CW方式と位相差計測方式は、短距離の測定には不適當であり、パ

* FM-CW方式; Frequency Moduration-Comparison Wave (周波数変調波波形比較)方式

表-2.2 各方式の比較検討表

方式名	送受形時間差計測方式	反射形時間差計測方式	パターン認識方式	光源判定方式	FM-CW方式	位相差計測方式
使用媒体	超音波	超音波	赤外または可視光線	赤外または可視光線	電波	電波
実用計測距離	約30m以内	約10m以内	約50m以内	約50m以内	約10m以上	約10m以上
昼夜の影響	なし	なし	あり	あり	なし	なし
雨の影響	なし	なし	あり	あり	なし	なし
風の影響	25m/s以下なら なし	同左	なし	なし	なし	なし
障害物と感違 う可能性	なし	あり	なし	ややあり	あり	あり
法律上の問題	なし	なし	なし	なし	あり (認可・免許)	同左
保守性	なし	なし	カメラ前面 の清掃	カメラ前面および 光源の清掃	なし	なし
技術的難易度	中	中	大(コンピュータ 処理が必要)	中	中	中
精 度	優	優	可(近遠距離 で特に悪い)	同左	良	良
寸法・重量	小	小	大(コンピュ ータが必要)	小	大(パラボラ アンテナなど)	同左
消費電力	小	小	大	小	大	大
コ ス ト	小	小	大	小	大	大

ターン認識方式と光源判定方式は昼夜による光度の変化への対応と他の光源との区別に問題が多く、適用場所との関連が大きいため、別の機会に検討を行うこととした。したがって、今回超音波を利用した送受形時間差方式、および反射形時間差方式を選択し、測定装置の試作と性能実験を行った。

3. 送受型車間距離測定装置の試作

この装置は、測定車前方と前方車後方に、それぞれ向い合って設置した送信器および受信器とその信号処理装置で構成されている。図-3.1はそのブロックを示したものである。まず、測定車（後方

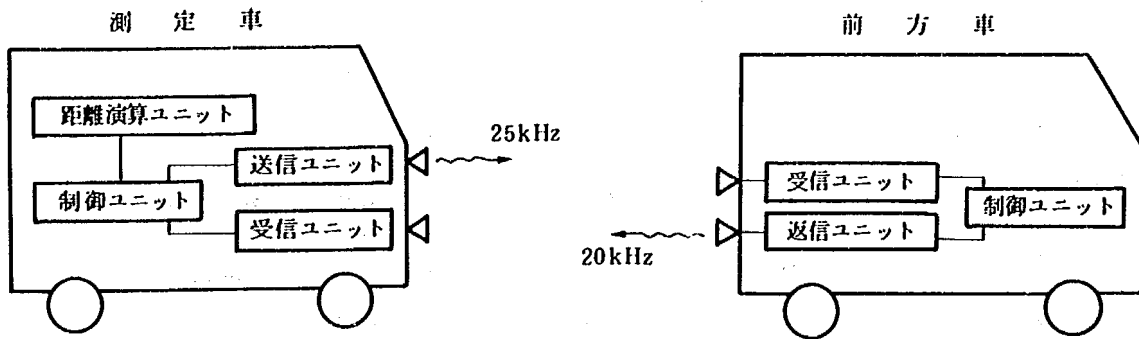


図-3.1 送受型測定ブロック図

車）から前方車に向かって25KHzの超音波を発信する。前方車はこれを受信してただちに20KHzの超音波を送り返す。測定車も前方車の超音波を受信してただちに次の超音波を発信する。すなわち、超音波は常に前方車と測定車の間を絶えず往復している。測定車は超音波の発信から次の発信までの時間を測定し、車間距離に換算する、また、測定車は超音波を発信してから一定の時間以内に返信がなければ前方車なしとして次の超音波を発信する機能も備えている。

ところで、この1サイクルの時間には、信号処理時間や、電気／音響系の変換時間も入っているが、試作機ではこの時間も含めて距離演算した。

超音波は使用される周波数によってその特性が少し変わることもあり、発信機構もそれに応じたものを使用する必要がある。この装置で用いる超音波の周波数は、人間に及ぼす影響、空中での伝播損失、降雨、積雪などの影響を考慮し、送信側を25KHz前後*受信側を20KHz前後*とした。

なお、送信側と受信側に5KHzの差をつけたのは2つの超音波が相互干渉を生じないように離隔を行うためである。

この装置の回路を図-3.2に示し、順を追って各部の仕様を説明する。

(1) 送波器および受波器

送波器（スピーカ）、受波器（マイク）には、交通量測定用車両感知器として実績のある円筒形チタン酸ジルコン酸電歪振動子を用いたものとした。その理由は、耐久性、耐候性が優れていること。機構的に可動部がないため振動に強く寿命が長いこと。電気・音響変換効率が良く、また可逆性があるため送波器と受波器は同一のものとなり互換性があること。指向性をもたせるための反射器にアル

* 超音波の周波数を確定せず前後としたのは、発信子である水晶体が製造時の条件により一定の周波数とならず各製造ロットにより若干の違いを生ずるためである。

ミ等の軽金属またはポリカーボネイト等の樹脂系のものを使えるため、小型、軽量なものにできることなどである。

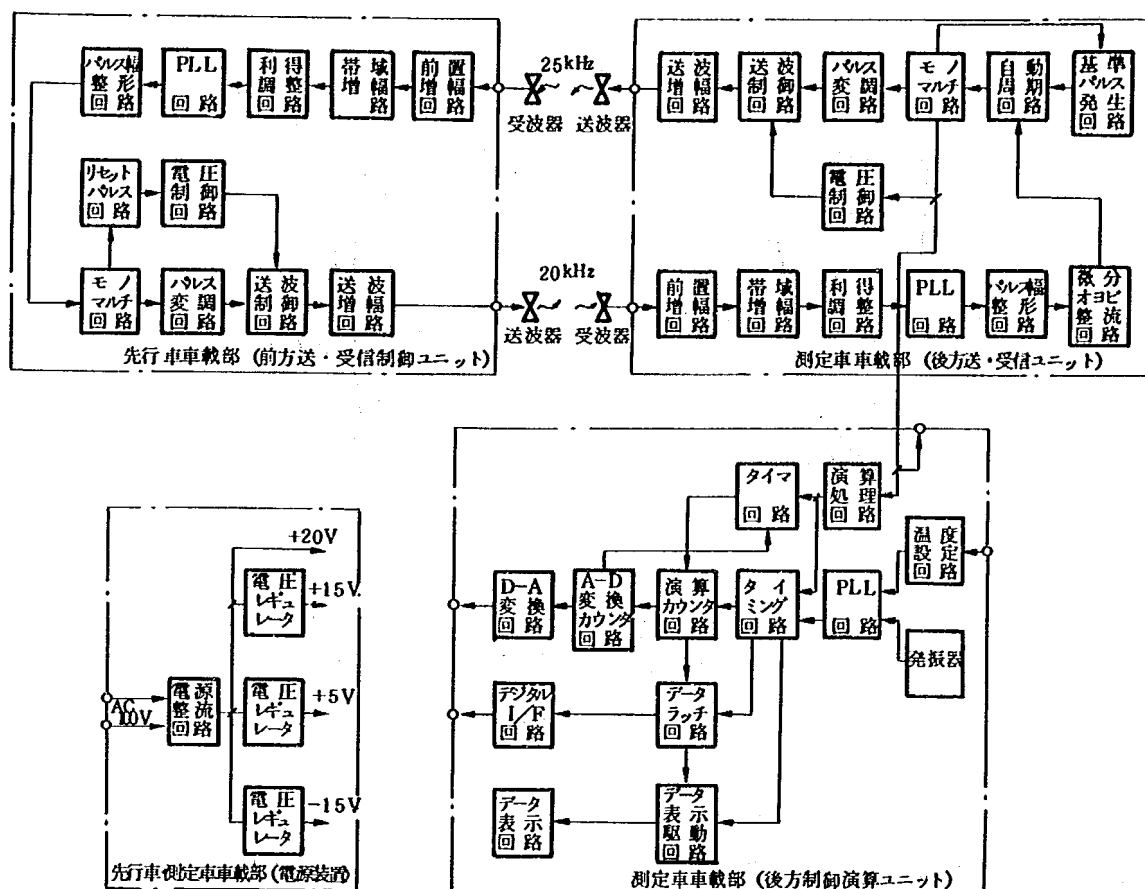


図-3.2 送受型測定装置の回路図

(a) 送・受波器の指向性

新交通システムの車両は、一直線上を走行する場合は少なく、曲線部や勾配部も走行するため、測定装置にはある程度広い測定可能領域が必要である。曲線、勾配の限界は最小回転半径35m最大発進登坂勾配10%であるから、送受波器の指向性として、図-3.3に示すように水平方向の半値角 33.2° (測定距離20mの場合) 垂直方向 11.4° の広がりが必要である。今回用いた送波器は車両感知器の部品を流用しており単体で 13° の指向性しか持っていないため、3個ずつを一对にして水平(左右)方向に広がりを持たせることとした。図-3.4は単体の場合と3個を組合せた場合の指向性を示したもので、これにより、車両が小半径曲線のガイドウェイ

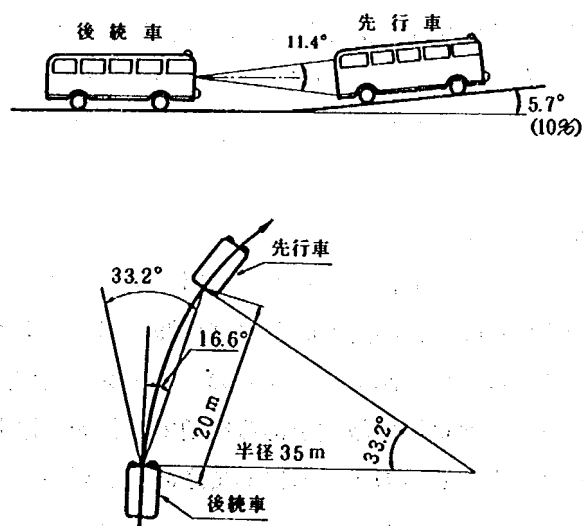
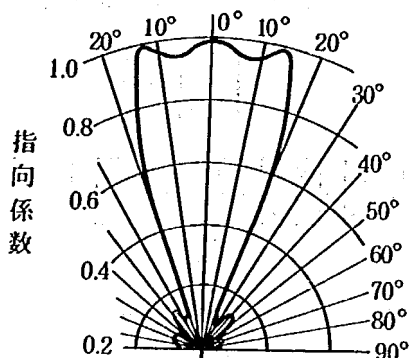


図-3.3 垂直・水平方向の必要指向性

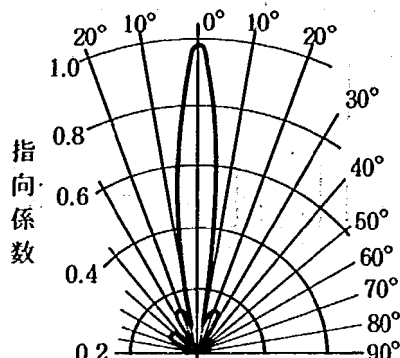
を走行する時、前方車が左右にずれても測定範囲に入ることがわかる。

つぎに、この送波器で送出する超音波に必要な音圧レベルを以下の式より計算すると、

$$S_v[\text{dB}] = S/N + T_L + N$$



(3台組合せ)



(単 体)

注：指向係数；スピーカを中心とした1つの円周上各点の音圧レベルの比で、正面の位置での音圧レベルを1とする。

図- 3.4 送受波器指向特性

S_v : 必要音圧レベル

S/N : 電気回路の S/N 比* (= 18 dB)

T_L : 空間伝播損失 (= 39 dB)

N : 近傍雑音音圧レベル (= 55 dB)

112 dB となる。これを音圧 (P_{so}) に換算すれば、以下の式より

$$P_{so} = 2 \times 10^{-4} \times 10^{\frac{112}{20}} = 79.6 (\mu\text{bar})$$

と約 80 μbar になる。一方、送波器の入力電圧-音圧の特性曲線から見ると、送波感度 $S_s (\mu\text{bar}/\text{V})$ は約 5.6 であるから、これから換算して必要入力電圧 E_s は、

$$E_s = P_{so}/S_s = 79.6 / 5.6 \approx 15 (\text{V})$$

となる。したがって、送波器に加える電圧を15 V以上にすればよい。

(2) 送信ユニット

送信ユニットは、送波器より超音波パルスを送出するためのもので、前方車と測定車ともに周波数の違いを除き、回路構成および機能は同一である。

その働きは、制御ユニットのタイミング制御回路より基準パルスを受け、自動周波数制御回路で得られる最適送波周波数のある周期で間欠的に送出するために、パルス変調し、これを送波増幅回路で必要とされる電力まで増幅して送波器を駆動する。

* S/N 比; Signal (信号) の強さと Noise (雑音) の強さの比でここではこの値より S/N 比が小さいと信号と雑音の区別が困難となる。

(3) 受信ユニット

受信ユニットは、送波器から送出された超音波パルスを受波器で受信し、増幅して必要信号だけを取り出し、波形整形して次の制御ユニットに引き渡すものである。まず、受波器で受波された微弱信号を低雑音増幅回路で前置増幅する。なお前置増幅回路は受波器のインピーダンスとの整合のためのインピーダンス変換の機能も有している。つぎに適当な帯域を持つ同調増幅回路で次のPLL回路^{*1}の動作に必要な電圧レベルまで増幅する。PLL回路はフィルタと直流増幅を兼ね合せたもので、信号以外の周波数成分は、完全にシャットアウトし、超音波パルスは直流パルスに変換される。最後に、次のブロックへの引渡しを行うインターフェースとして波形整形を行う。

(4) 制御演算ユニット

制御演算ユニットは、前方車がない場合の送信ユニットの制御を行い、一定周期での超音波パルスを発信させ前方車が検知距離内に入り超音波の交換を行っている場合、その交換周期を計測し、距離を算出するものである。また、温度による音速変化の補正は、距離演算のためのクロックを、温度に応じた周波数で発振する方式とした。

まず、音速補正回路とクロック発振回路で音速に追従したクロックパルスを発生させる。つぎにカウンタ回路でクロックパルスを分周する。なお、このカウンタは、パルス制御回路からリセットパルスを受けカウンタは超音波交換周期毎にリセットされ、次の周期の計測に備える。つぎに、カウンタで分周された出力を距離設定回路で距離に相当したパルスにデコードする。なおデコードのビット数により任意の距離相当パルスを発生できる。ゲート回路では距離相当パルスと受信ユニットからの超音波交換周期（シングア라운드）出力パルスとの論理積で距離相当パルスを出力する。最後に、このパルスを距離相当時間繰返分だけ保持して、完全な直流パルスに変換し、これを距離に換算する。

換算された距離は、測定車車載部の前面パネル上の表示管に有効数字4桁でcm単位に表示するとともに、外部の表示・記録装置の接続用端子を設けている。出力はBCDコード^{*2}によるデジタル方式である。また、アナログ式の記録計のためにD/A変換^{*3}を行いペンレコードその他に記録する端子を設けている。

なお、表示周期は超音波の変換周期ごとに出す実時間表示と固定時間（200 msec）ごとに出す固定表示の二通りとした。

*1 PLL回路；Phase Locked Loop. 回路の略。

*2 BCDコード；Binary-Coded Digital notation（2進化10進法）によるコードのことで10進法の各数を4桁の2進法で表わす。

*3 D/A変換；Digital（数）-Analog（量）変換。

4. 反射型車間距離測定装置の試作

この装置は超音波を用いたレーダー方式による車間距離測定を行うもので、前方車に向けて設置した送波器、および受波器と、その信号処理装置で構成されている。図-4.1はそのブロックを示したものである。まず、測定車（後方車）から前方車に向って、17 KHz の超音波パルスをおよそ一定の間隔で送信する。この超音波パルスは前方車後面にあたって反射し測定車に帰ってくる。測定車は超音波パルスの発信から受信までの時間を測定し、車間距離に換算する。

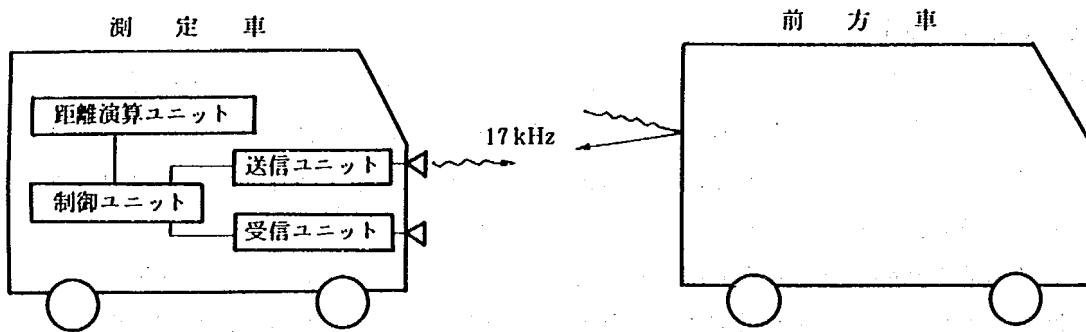


図-4.1 反射型測定ブロック図

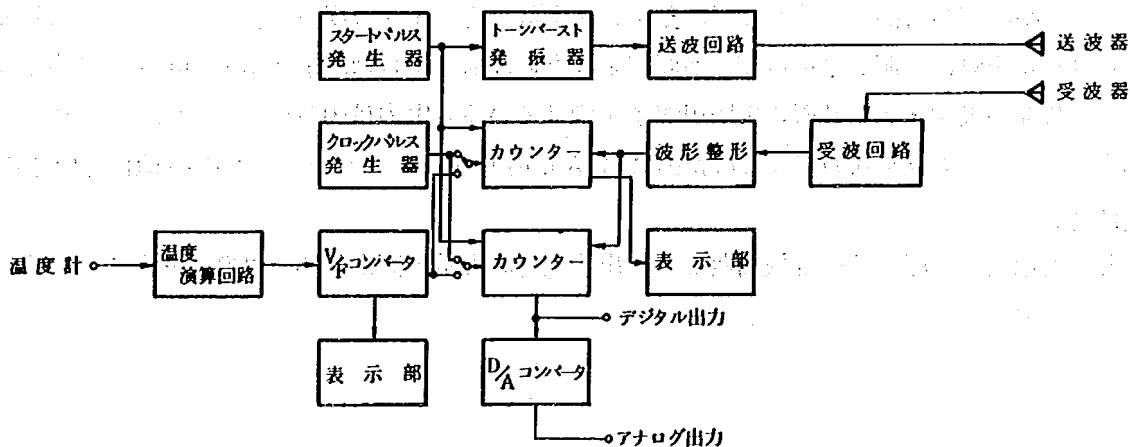


図-4.2 反射型測定装置回路図

この装置の回路を図-4.2に示す。送波器と受波器は送受型装置と同じく車両感知器のものを流用した。まず、スタートパルス発生器で一定間隔のパルスを発生させる。次のトーンバースト発生器でパルスに超音波信号を付加し、送波回路を通して送波器より超音波パルスを出力する。反射して戻った超音波パルスは、受波器より受波回路を経て、波形整形を行い、カウンタ回路に入る。このカウンタ回路はスタートパルス発生器からの超音波パルス発生時刻を受けとり、クロックパルス発生器から

のクロックパルスによって、超音波パルスの発射から返送までの時間を測定する。また、温度測定は白金抵抗体を用いた温度センサーによって行いV/Fコンバータ*を介して温度の表示を行うと共に、カウンター回路に温度データを入れて音速の補正を行う。これによって、カウンタは超音波パルスの返送時間を測定し、距離に演算して表示部で表示する。

なお、この装置での表示は10 cm 単位の3桁のデジタル値で、測定ごとの実時間表示と1秒ごとの固定表示の切り換えが出来、距離と共に超音波パルスの返送時間をそのまま表示することができる。また、超音波パルスの発信間隔も30～180 msecの間で自由に変えることができる。そして、外部の記録装置への接続端子を設けており、BCDコードによるデジタル出力と、電圧によるアナログ出力を出すことができる。

* V/F コンバータ; Voltage (電圧) / Frequency (周波数) 変換器。

5. 性能実験 (その1)

5.1 実験方法

電源装置を持つ2台の実験車に機器を搭載して測定実験を行った。前方車はマイクロバス改造の実験車、後方車は乗用車改造の実験車で、ともに別途目的のために電源装置の取付が行われた車両である。

今回の実験において送受形装置では図-5.1に示すように前方車に測定装置(写真-5.1)および記録装置を積載し、後方車に反射機能を持たせた。また、反射型装置では後方車に全装置を積載し前方車後面を反射板として利用した。写真-5.2は各装置の設置実態を示したもので、車間距離測定装置は右下である。

つぎに測定装置の距離データおよび他のデータは、ビデオカウンタを介してビデオ装置で記録した。このビデオ装置には、ITVカメラとビ

デオタイマが接続され、後方車(反射型では前方車)の状態と1/100秒までの時刻も同時に記録でき、また、内容をモニターするテレビを取り付け測定状況を写真-5.3で示すように測定車内で監視することとした。その他アナログ出力によるデータはペンレコーダーで記録した。

なお、測定装置のうち送波器、受波器は車外設置となるため、後方車にルーフキャリアを取付け、その上に架台を介して設置した。なお、前方車は後面に開放部がなく、高さもあるため送受型装置の場合に側方の窓より架台を突き出してその上に設置した。写真-5.4は送受型装置の測定時の状態を示したものである。また、写真-5.5は反射型装置の送・受波器の取付状態を示したものである。

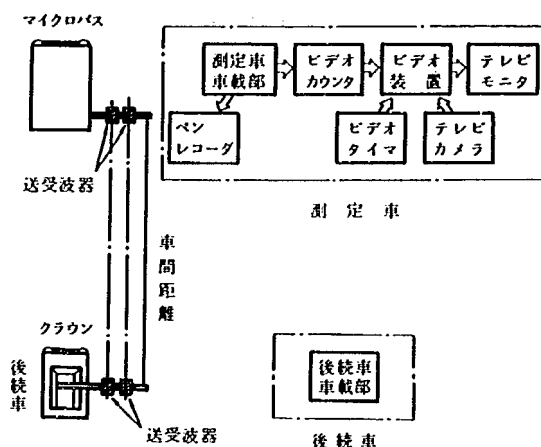
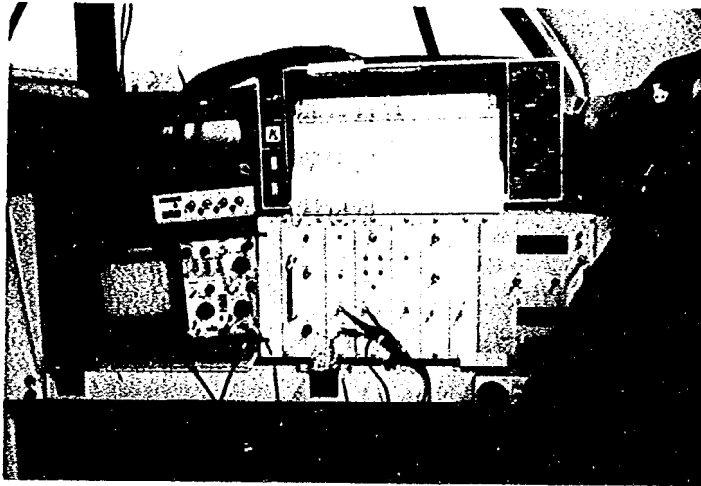


図-5.1 測定方法ブロック図(送受型)



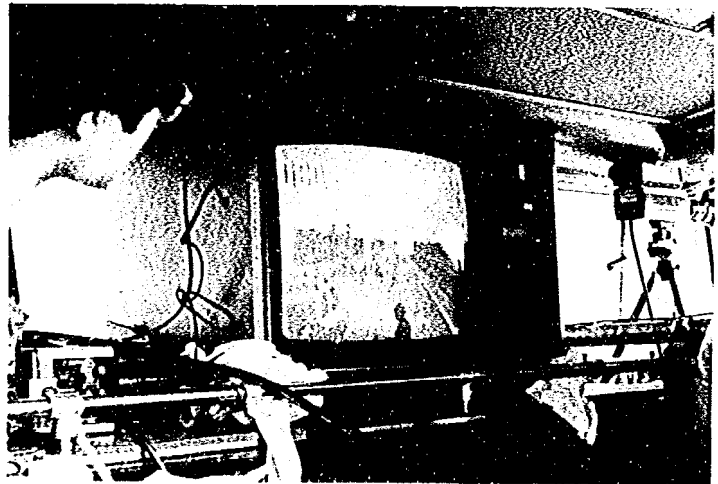
写真-5.1

送受型装置設置状態



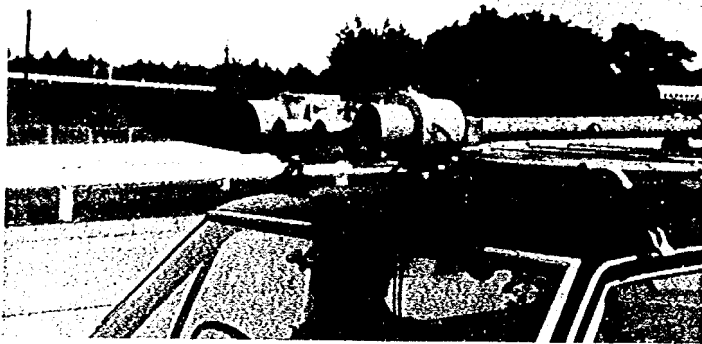
写真－ 5. 2
反射型装置設置状態

写真－ 5. 3
測定状況のモニター



写真－ 5. 4
測定状況（送受型）





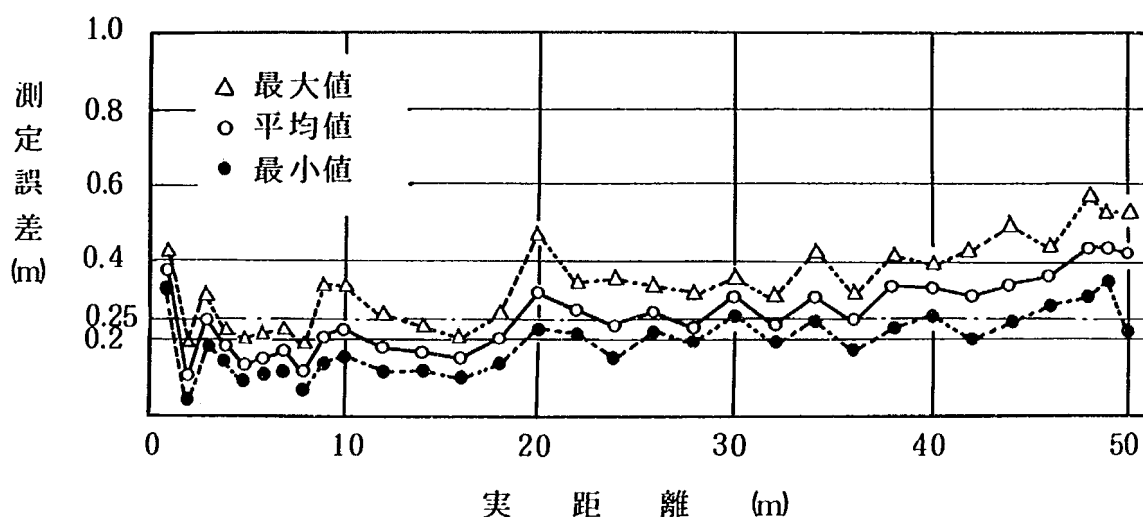
写真－ 5. 5

反射型装置の送受波器
取付状況

5.2 実験結果

送受形測定装置について静止時の実験結果を表－5.1 に示す。

これより静止時における実距離と10回ごとの測定値の差の平均と最大値、最小値の差を示したのが図－5.2である。誤差は車間距離1 mで38 cm（誤差率38%）と大きく現われ、しかも常にプラス側で10 cm 以上となっている。その理由は、この装置においてはシングア라운드の閉ループで電気回路



図－5.2 実距離と測定誤差の関係（静止時，送受時）

系と電気／音響変換系で合計15msecの遅れがあり、この遅れ時間を含めて距離換算したために約25 cm だけ余分に加算されるためである。したがってこの遅れ時間による誤差を引けば、測定誤差は一応 20 cm 以内におさまる。つぎに各測定ごとに値がどのように変化するかを見るため20回連続して測定値を読みその平均と偏差を計算した。表－5.2はその結果を示したものである。標準偏差値は0.04から0.08であり、その値は距離に比例せず、ほぼ同じである。またデータの欠損（超音波の交換が何らかの理由で行えず、測定不能となること）も40mの時の1回だけであった。以上の結果、測定誤差の偏差が距離に比例しないことは、超音波の伝播時での問題ではなく発信時、受信時において何らかのバラツキの原因があるため各測定時間（超音波交換の1サイクル）が変わるものと思われる。

表－5.2 測定値一覧表（静止時，送受形）

項目 \ 実距離(m)	5.00	10.00	20.00	30.00	40.00
平均距離(m)	5.25	10.28	20.32	30.38	40.55
最大距離(m)	5.35	10.44	20.42	30.50	40.70
最小距離(m)	5.18	10.21	20.24	30.31	40.43
標準偏差値(m)	0.04	0.06	0.04	0.04	0.08
欠損率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
測定誤差(m)	0.25	0.28	0.32	0.38	0.55
最大最小距離差(m)	0.17	0.23	0.18	0.19	0.27

測定誤差＝平均距離－実距離

表-5.1 静止時測定結果

実 距 離		1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m
測 定 値	1	1.36	2.11	3.19	4.19	5.14	6.22
	2	1.41	2.04	3.27	4.18	5.09	6.14
	3	1.42	2.08	3.24	4.15	5.12	6.20
	4	1.38	2.13	3.27	4.20	5.13	6.12
	5	1.39	2.11	3.28	4.18	5.20	6.13
	6	1.36	2.07	3.11	4.15	5.11	6.11
	7	1.34	2.09	3.28	4.18	5.09	6.16
	8	1.38	2.12	3.31	4.17	5.20	6.13
	9	1.41	2.19	3.24	4.22	5.16	6.16
	10	1.38	2.11	3.23	4.19	5.10	6.11
最 大 値		1.42	2.19	3.31	4.22	5.20	6.22
最 小 値		1.34	2.04	3.19	4.15	5.09	6.11
平 均 値		1.38	2.11	3.25	4.18	5.13	6.15
平均測定誤差		0.38	0.11	0.25	0.18	0.15	0.15

実 距 離		7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	12.0m	14.0m
測 定 値	1	7.14	8.15	9.19	10.22	12.15	14.16
	2	7.16	8.11	9.17	10.17	12.20	14.12
	3	7.14	8.12	9.23	10.34	12.16	14.20
	4	7.21	8.07	9.14	10.15	12.12	14.13
	5	7.12	8.09	9.23	10.27	12.21	14.14
	6	7.14	8.11	9.34	10.18	12.16	14.15
	7	7.17	8.19	9.16	10.32	12.14	14.24
	8	7.20	8.09	9.19	10.22	12.16	14.18
	9	7.23	8.11	9.18	10.25	12.26	14.20
	10	7.17	8.12	9.20	10.17	12.19	14.16
最 大 値		7.23	8.19	9.34	10.34	12.26	14.24
最 小 値		7.12	8.07	9.14	10.15	12.12	14.12
平 均 値		7.17	8.12	9.20	10.23	12.18	14.17
平均測定誤差		0.17	0.12	0.20	0.23	0.18	0.17

実 距 離		16.0m	18.0m	20.0m	22.0m	24.0m	26.0m
測 定 値	1	16.19	18.19	20.28	22.24	24.23	26.24
	2	16.14	18.23	20.27	22.35	24.22	26.23
	3	16.16	18.27	20.23	22.22	24.33	26.27
	4	16.10	18.21	20.40	22.28	24.20	26.34
	5	16.21	18.15	20.30	22.32	24.18	26.29
	6	16.11	18.20	20.32	22.28	24.32	26.25
	7	16.14	18.22	20.23	22.26	24.18	26.32
	8	16.15	18.24	20.27	22.32	24.36	26.26
	9	16.17	18.14	20.42	22.26	24.15	26.26
	10	16.13	18.21	20.48	22.23	24.20	26.22
最 大 値		16.21	18.27	20.48	22.35	24.36	26.34
最 小 値		16.10	18.14	20.23	22.22	24.15	26.22
平 均 値		16.15	18.21	20.32	22.28	24.24	26.27
平均測定誤差		0.15	0.21	0.32	0.28	0.24	0.27

实 距 离	28.0m	30.0m	32.0m	34.0m	36.0m	38.0m
测 1	28.21	30.26	32.30	34.40	36.23	38.23
测 2	28.24	30.36	32.24	34.43	36.27	38.28
测 3	28.26	30.33	32.31	34.26	36.30	38.36
测 4	28.20	30.35	32.19	34.32	36.24	38.37
定 5	28.32	30.34	32.21	34.27	36.26	38.33
定 6	28.20	30.26	32.21	34.25	36.18	38.34
定 7	28.21	30.34	32.23	34.30	36.20	38.31
值 8	28.23	30.34	32.22	34.28	36.32	38.40
值 9	28.21	30.30	32.31	34.31	36.20	38.42
值 10	28.25	30.28	32.19	34.25	36.32	38.32
最 大 值	28.32	30.36	32.31	34.43	36.32	38.42
最 小 值	28.20	30.26	32.19	34.25	36.18	38.23
平 均 值	28.23	30.32	32.24	34.31	36.25	38.34
平均测定误差	0.23	0.32	0.24	0.31	0.25	0.34

实 距 离	40.0m	42.0m	44.0m	46.0m	48.0m	49.0m
测 1	40.26	42.41	44.25	46.31	48.31	49.52
测 2	40.36	42.33	44.38	46.45	48.45	49.36
测 3	40.34	42.23	44.31	46.35	48.49	49.48
测 4	40.35	42.33	44.31	46.43	48.39	49.53
定 5	40.40	42.28	44.37	46.38	48.45	49.44
定 6	40.36	42.25	44.31	46.36	48.39	49.36
定 7	40.39	42.43	44.35	46.36	48.45	49.44
值 8	40.26	42.33	44.29	46.29	48.46	49.35
值 9	40.28	42.31	44.36	46.32	48.42	49.45
值 10	40.33	42.21	44.50	46.37	48.57	49.52
最 大 值	40.40	42.43	44.50	46.45	48.57	49.53
最 小 值	40.26	42.21	44.25	46.29	48.31	49.35
平 均 值	40.33	42.31	44.34	46.36	48.44	49.44
平均测定误差	0.33	0.31	0.34	0.36	0.44	0.44

实 距 离	50.0m
测 1	50.23
测 2	50.44
测 3	50.52
测 4	50.42
定 5	50.49
定 6	50.53
定 7	50.36
值 8	50.33
值 9	50.41
值 10	50.47
最 大 值	50.53
最 小 值	50.23
平 均 值	50.42
平均测定误差	0.42

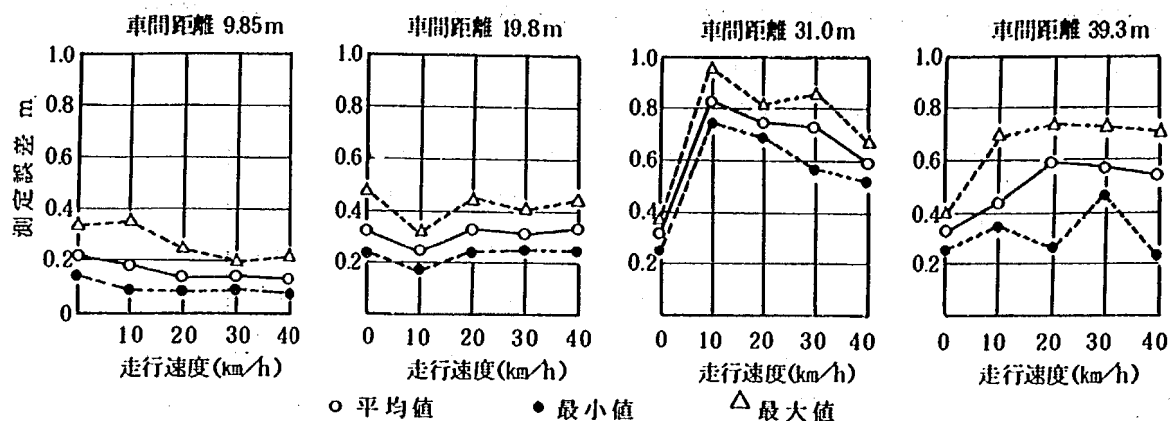
走行実験のうち牽引走行では車間距離を10, 20, 30, 40mと設定し, 2台の実験車をロープでつないだ。実距離は, ロープを伸張させた状態で測定した。また, 走行速度は10km/hごとの10, 20, 30, 40km/hとし, 記録中は一定速度となるよう運転を行った。

測定値を10回読みとり, その結果を示したのが表-5.3である。これより走行速度による実距離と測定値の誤差の変化を示したのが図-5.3である。図より誤差は走行速度にはあまり関係ないことが

表-5.3 走行時測定結果

実測値		9.8 5 m				1 9.8 0 m			
車 速	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h	
測定値	1	10.20	9.94	10.05	9.93	20.02	20.11	20.12	20.14
	2	10.04	9.98	10.00	10.01	20.00	20.25	20.09	20.06
	3	10.01	9.98	9.96	9.93	20.22	20.04	20.13	20.12
	4	9.94	9.94	9.95	9.94	19.99	20.06	20.09	20.25
	5	10.06	9.94	9.99	9.96	20.02	20.21	20.10	20.21
	6	9.98	9.95	10.05	9.95	19.97	20.13	20.06	20.07
	7	10.03	9.94	9.96	10.07	20.02	20.09	20.21	20.09
	8	10.06	10.03	10.01	9.99	20.04	20.06	20.05	20.21
	9	9.96	10.10	9.99	10.04	20.12	20.07	20.15	20.05
	10	10.00	9.96	9.96	10.00	20.03	20.25	20.08	20.05
最大値	10.20	10.10	10.05	10.07	20.22	20.25	20.21	20.25	
最小値	9.94	9.94	9.95	9.93	19.97	20.04	20.06	20.05	
平均値	10.028	9.976	9.992	9.982	20.043	20.127	20.108	20.125	
標準偏差	0.727	0.052	0.036	0.048	0.074	0.081	0.047	0.075	

実 測 値		3 1.0 0 m				3 9.3 0 m			
車 速		10km/h	20km/h	30km/h	40km/h	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h
測 定 値	1	31.91	31.75	31.86	31.62	39.83	39.56	39.76	39.89
	2	31.75	31.76	31.76	31.53	39.80	39.85	40.03	39.97
	3	31.80	31.74	31.67	31.61	39.86	39.92	39.88	39.98
	4	31.81	31.76	31.72	31.55	39.71	39.97	39.95	40.01
	5	31.96	31.66	31.79	31.61	39.98	39.83	39.85	40.00
	6	31.84	31.70	31.85	31.53	39.80	39.88	39.84	39.88
	7	31.77	31.75	31.70	31.59	39.65	40.03	39.88	39.89
	8	31.87	31.71	31.70	31.67	39.68	39.96	39.85	39.69
	9	31.89	31.82	31.67	31.59	39.68	39.90	39.85	39.58
	10	31.72	31.71	31.57	31.62	39.73	40.00	39.84	39.54
最 大 値		31.96	31.82	31.86	31.67	39.98	40.03	40.03	40.01
最 小 値		31.72	31.66	31.57	31.53	39.65	39.56	39.76	39.54
平 均 値		31.832	31.736	31.729	31.592	39.772	39.89	39.873	39.843
標 準 偏 差		0.076	0.043	0.089	0.044	0.101	0.133	0.072	0.176



注：走行速度0 km/h は静止時の値で走行時とは実距離が異なる。

図－5.3 速度と測定誤差の関係（走行時，送受形）

わかる。つぎに測定ごとのデータのばらつきについて時速20km/hと40km/hの場合で、連続して20回値を読み取りその平均と偏差を計算したのが表－5.4である。静止時に比べて特に車間距離が大きくなれば欠損率が高くなることがわかる。したがって、車間距離40mの時では測定不能となることが予想されたため測定装置の受信感度を6 dB あげて欠損率を下げる処置をとった。その結果、欠損率は0となったが、他の距離と比べて標準偏差値で2，3倍，最大最小距離差も2，3倍と測定値ごとのバラツキが大きくなった。

表－5.4 測定値一覧表（走行時）

速 度	実距離(m)	9.85	19.80	31.00	39.30
	項目				
20km/h	平 均 距 離(m)	9.99	20.11	31.75	39.91
	最 大 距 離(m)	10.10	20.25	31.91	40.11
	最 小 距 離(m)	9.94	20.04	31.66	39.56
	標 準 偏 差 値(m)	0.05	0.06	0.05	0.11
	欠 損 率(%)	0.0	5.0	15.0	0.0
	測 定 誤 差(m)	0.14	0.31	0.75	0.61
	最大最小距離差(m)	0.16	0.21	0.25	0.55
40km/h	平 均 距 離(m)	10.00	20.10	31.60	39.88
	最 大 距 離(m)	10.09	20.25	31.72	40.13
	最 小 距 離(m)	9.93	20.01	31.53	39.54
	標 準 偏 差 値(m)	0.04	0.07	0.05	0.15
	欠 損 率(%)	0.0	10.0	35.0	0.0
	測 定 誤 差(m)	0.15	0.30	0.60	0.58
	最大最小距離差(m)	0.16	0.24	0.19	0.59

測定誤差＝平均測定距離－実距離

ところで、走行時の測定は、後続車をナイロン系のロープで牽引して距離を一定にとったが距離を巻尺で計る時と実際走行している時ではロープのたるみやのびによる誤差が生じているはずである。したがって、静止時を含めて走行速度と測定誤差の関係についてはっきりとしたことはいえない。そ

のため、標準偏差をとり出して比較したのが表-5.5である。表からわかるように走行速度による測定値のバラツキの変化はないものと考えられる。

表-5.5 走行速度による車間距離と標準偏差値の関連

走行速度 \ 車間距離	10m	20m	30m	40m
静止時	0.06	0.04	0.04	0.08
20km/h	0.05	0.06	0.05	0.11
40km/h	0.01	0.07	0.05	0.15

つぎに、反射形測定装置の実験結果は以下のとおりである。静止時については5m毎に距離を設定し測定値を20回読み取った。これらの値とともにその平均値と標準偏差を計算して示したものが表-5.6である。また、これより、その測定誤差の平均値及び最大、最小値をグラフに示したのが図-5.4である。これを見ると、誤差も小さく精度の高い測定を行っていることがわかる。しかし18mを越えると測定の欠損が発生し始めており、25mの場合欠損率は30%以上となる。

表-5.6 静止時測定結果

実測値	5m	10m	15m	20m	25m
1	5.1 m	10.0 m	15.0 m	19.9 m	25.0 m
2	5.1	10.1	14.9	19.9	25.0
3	5.0	10.1	15.1	19.9	25.0
4	5.0	10.0	15.1	19.9	24.9
5	5.0	9.9	15.1	19.9	24.9
6	5.0	10.0	15.1	19.9	25.0
7	5.0	10.0	15.0	19.9	25.0
8	5.0	10.0	15.0	19.9	25.0
9	5.1	10.0	15.0	19.9	25.0
10	5.1	10.0	14.9	19.9	24.9
11	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
12	5.0	10.0	15.0	19.9	25.0
13	5.1	10.0	15.0	19.9	24.9
14	5.0	10.0	15.0	19.9	25.0
15	5.0	10.0	15.0	19.9	25.1
16	5.1	10.0	15.0	19.8	25.2
17	5.1	10.0	14.9	19.9	25.1
18	5.0	10.1	15.0	19.9	25.1
19	5.0	10.0	15.0	19.9	25.1
20	5.0	10.0	14.9	19.9	25.0
最大値	5.1	10.1	15.1	20.0	25.1
最小値	5.0	9.9	14.9	19.8	24.9
平均値	5.04	10.02	15.00	19.90	25.00
標準偏差値	0.05	0.05	0.06	0.03	0.08

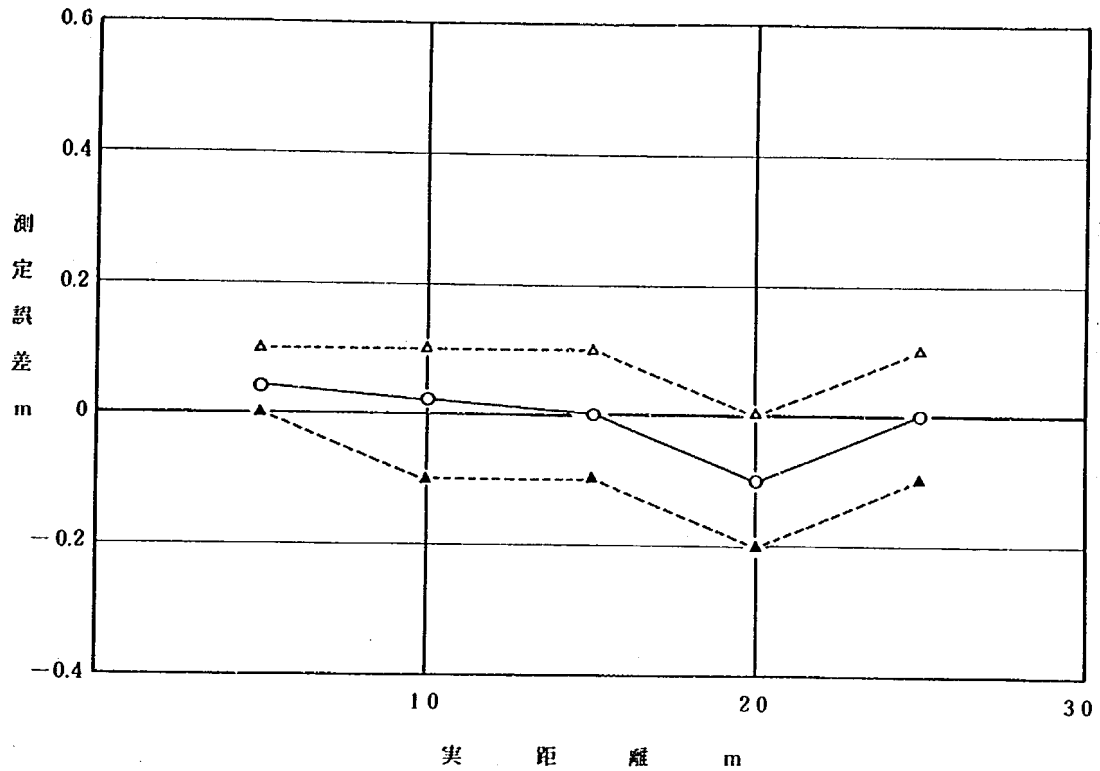


図- 5.4 実距離と測定誤差の関係 (静止時, 反射形)

走行時について、送受形の場合と同様ロープ牽引として、車間距離は5 m, 10m, 15m, 20mの4種類、走行速度は20, 40, 60km/hの3段階として実験を行った。まず、測定値を20回読みとりこれらの値とともにその平均値と標準偏差を計算した結果を表- 5.7 に示した。次に、静止時と同様に測定誤差をグラフに示したのが図- 5.5 である。これを見ると速度が高くなり、距離が長くなる程欠損が増加しており、時速40km/h以上では長さが20mを越えると測定が不可能となることがわかる。

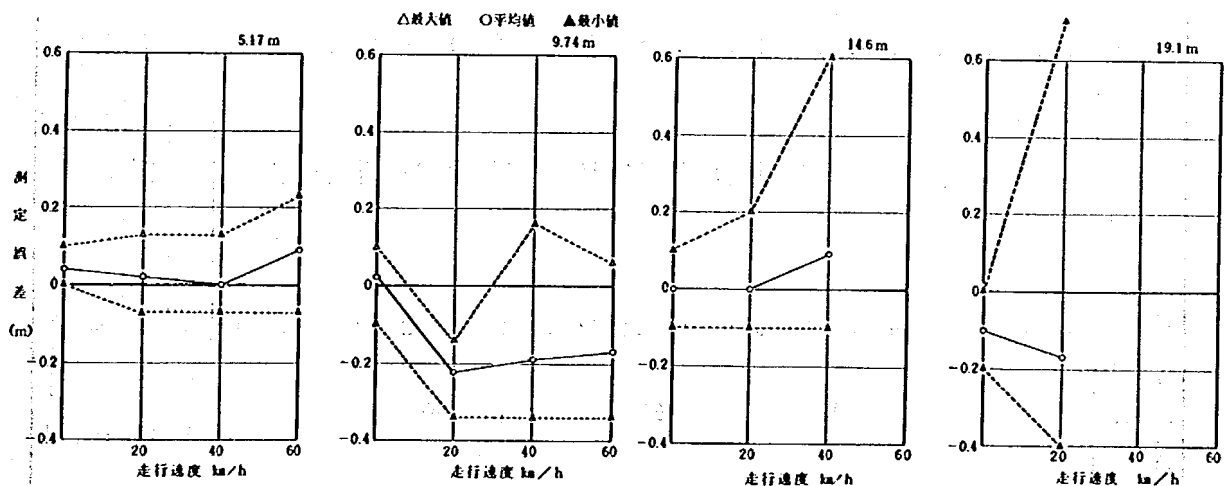


図- 5.5 速度と測定誤差の関係 (走行時, 反射形)

表-5.7 走行時測定結果

巻尺による測定値		5.17 m			9.74 m			14.6 m			19.1 m		
車 速		20km/h	40km/h	60km/h	20km/h	40km/h	60km/h	20km/h	40km/h	60km/h	20km/h	40km/h	60km/h
1		5.1	5.1	5.3	9.6	9.6	9.6	14.6	14.5		18.8		
2		5.2	5.2	(35.2)	9.5	9.5	9.4	14.5	14.5		18.7		
3		5.2	5.2	5.2	9.6	9.5	9.4	14.6	14.7		18.7		
4		5.2	5.2	(65.3)	9.6	9.6	(90.0)	14.5	14.8	測	18.7	測	
5		5.2	5.1	(35.4)	9.5	9.5	9.6	14.6	(45.1)		18.7		
6	測	5.3	5.1	5.4	9.5	(39.6)	(69.7)	(44.8)	14.6	定	18.8	定	
7		5.2	5.2	5.4	9.5	9.4	(30.1)	14.7	14.5		18.9		
8		5.2	5.1	(25.3)	9.5	9.7	(30.1)	14.6	15.2		(49.3)		〃
9		5.2	5.3	5.3	9.5	9.5	9.6	14.6	14.7	不	18.8	不	
10	定	5.2	5.1	5.3	9.5	(39.5)	(0.0)	14.6	14.6		(69.5)		
11		5.2	5.2	(35.3)	9.5	9.9	(39.9)	14.7	14.8	能	18.9	能	
12		5.2	5.3	5.1	9.5	9.7	(70.0)	14.8	14.9		18.8		
13		5.2	5.2	(35.4)	9.4	9.4	9.6	14.6	14.6		18.9		
14		5.2	5.2	5.2	9.5	9.5	(70.0)	14.6	14.8		19.0		
15	値	5.2	5.2	(5.4)	9.5	9.4	(30.4)	14.6	14.6		(79.1)		
16		5.1	5.1	5.3	9.5	9.7	(40.2)	14.6	14.6		(39.5)		
17		5.2	5.2	(35.4)	9.6	(39.7)	9.5	14.6	14.8		18.9		
18		5.1	5.1	5.2	9.6	9.4	9.8	14.5	14.7		18.8		
19		5.1	5.1	(5.2)	9.5	9.5	(39.6)	14.6	14.7		19.6		
20		5.1	5.1	5.2	9.5	9.5	(39.8)	14.5	14.6		19.8		
最 大 値		5.3	5.3	5.4	9.6	9.9	9.8	14.8	15.2		19.8		
最 小 値		5.1	5.1	5.1	9.4	9.4	9.4	14.5	14.5		18.7		
平 均 値		5.19	5.17	5.26	9.52	9.55	9.56	14.60	14.69		18.93		
標 準 偏 差		0.05	0.07	0.10	0.05	0.14	0.13	0.07	0.17		0.32		

注：()書きは測定ミス

これらの測定時の欠損がどの程度発生するのかを調査するため、ペンレコードで記録したものをを用いて走行速度、車間距離による欠損率の変化をまとめたものが図-5.6である。図より、時速40km/hでは車間距離が10mを越えたところで欠損率が30%に達しており、走行状態での安定した測定に問題を残していることがわかる。

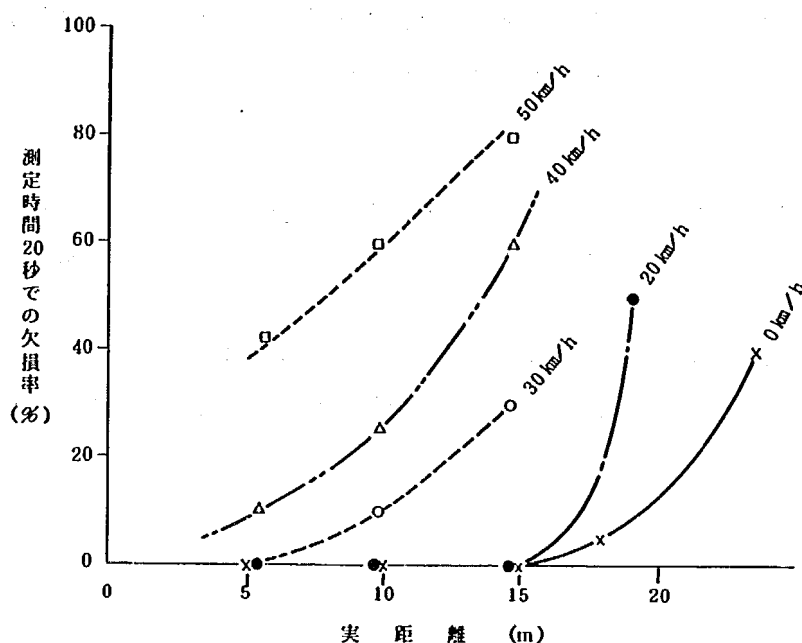


図-5.6 車間距離と走行速度による欠損率の変化

5.3 考 察

各測定値ごとのバラツキについてその理由を考察する。この現象は音波が空気を媒体としているために生ずるものである。それは、空気の乱流、密度差、温度差等が起因し、超音波の伝播経路において、音の吸収、散乱があってそれぞれの受信時において受信波の強弱が生ずる。測定装置では、この

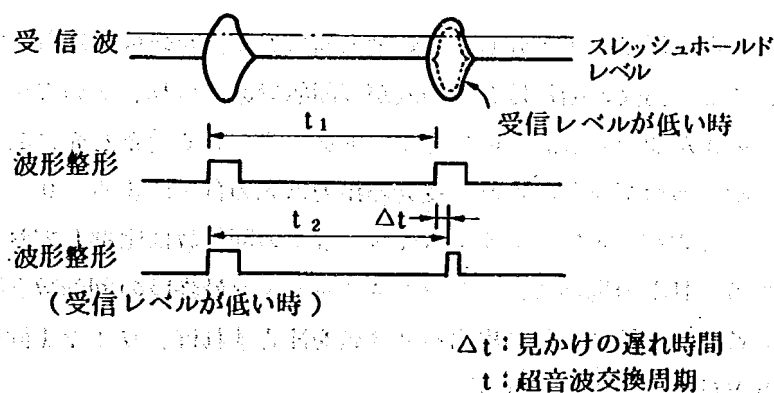


図-5.7 受信波と波形整形

受信波の強弱により、図-5.7に示すように超音波交換周期が微妙に変化する。すなわち受信波が一定値以上のレベルに達するまで超音波が届いていないと判断されるため、受信波が弱いほど測定周期が見かけ上長くなり、その分、測定値が大きくなるものと考えられる。

6. 送受形車間距離測定装置の改造

今までの実験の結果、車間距離維持方式運行制御システム開発の第1段階としての車間距離測定については送受形装置がほぼ必要な機能と性能を有していることがわかった。次に、システム開発の第2段階としてこの装置を改造し距離と走行速度より加速減速の指示を出力するような機能をつけ加えることとした。そのため、走行速度を測定する機能が必要となった。

6.1 車両速度測定装置

加減速指令を与えるためには車間距離データと共に正確な走行速度データが必要である。したがって、ここでは従来のスピードメータではなく、高い精度で車両速度をデジタル値で表示出力する光検知式車両速度測定装置を用いることとした。

この車両速度測定装置の特色は、トランスミッション最終段の回転数を直接読むことで精度の高い計測が行えることである。図-6.1はその原理を図形化したものである。まずトランスミッションの

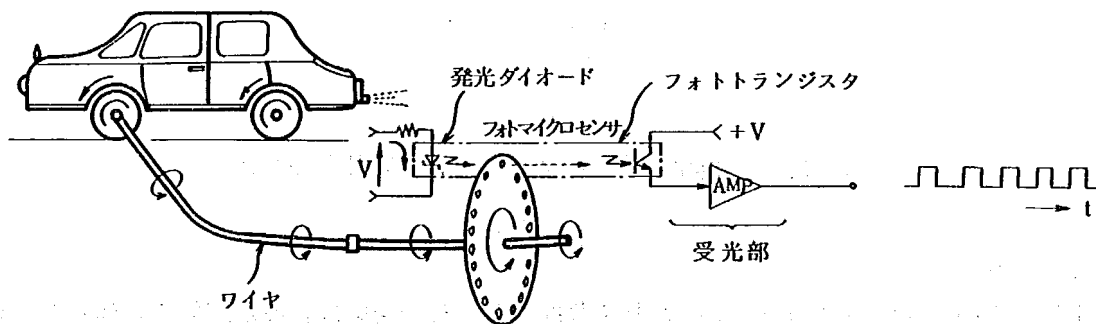


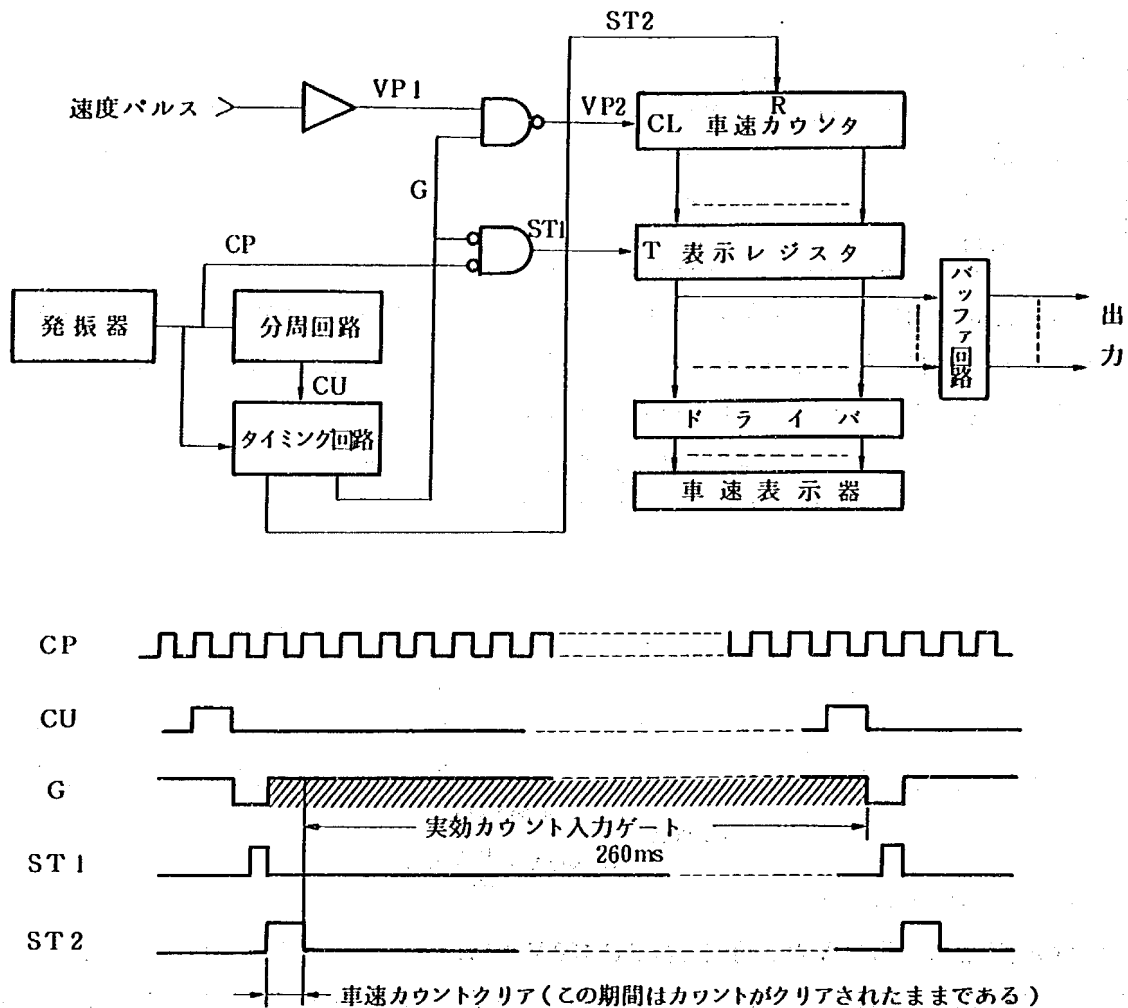
図-6.1 車両速度測定原理図

回転をスピードメータ接続用ワイヤを介して回転検出器に導く。回転検出器内の回転円板はワイヤの回転そのままに回転する。円板の端には22個の穴が等間隔であけられ、その穴をフォトマイクロセンサの発光ダイオードの光が通過する。この光をフォトダイオードで受光し光/電気変換する。円板の回転に応じ、光の遮断、通過が繰り返され、受光部出力は光の有無による「0」と「1」のパルス出力となる。したがってこのパルス数とトランスミッションの回転数は比例しており、これはそのまま走行速度に換算できる。JISの規格によりトランスミッション最終段の回転数と距離は637回転/kmと規定されている。ここで1秒あたりの出力パルス数をNとすれば、ワイヤ1回転あたりのパルス数は22であるから速度Vは次の式で得られる。

$$V = \frac{1}{637} \times 3600 \times \frac{N}{22} = 0.2569 \times N$$

したがっておよそ260msec間のパルスを計数（カウント）すれば、それが走行速度となる。そのため、正確な走行速度がデジタル値で連続的に得られる。

この車両速度測定装置の構成を示したのが図－ 6.2である。装置は回転検出器と測定値表示部（本体）からなっている。必要電源は DC 12 V で、これは自動車バッテリーから入力する。表示間隔は 0.25 秒，0.5 秒，1 秒および 2 秒のいずれかを選択できるようにまた，外部の装置にも測定値をBCDコードで出力するようになっている。なお，この車両速度測定装置の測定可能範囲は 0 ～ 199 km/h である。



図－ 6.2 車両速度計回路図

この装置より車両速度データを受け車間距離データと合わせて加減速指令を出すように車間距離測定装置の改造を行った。

6.2 測定装置の改造

加減速指令は，マイクログロッセッサを用いて車両速度データと車間距離データを処理して信号出力することにした。

その処理は，車両速度演算処理，車間距離演算処理，加減速演算処理，異常処理，定数変更処理（車間距離の補正を行う）の 5 種類である。その内容は，まず車両速度に対して最適車間距離を設定し，その値と車間距離データとの差をとり，この差によって，「加速 2」，「加速 1」，「中立」，「減速 1」，「減速 2」，「緊急停止」の 6 種の出力を行う。今回の実験では，実験実施中の安全を

図るため最適車間距離を10mとし、運行速度40km/hに設定した。また、車両速度データはデジタル速度計の出力を受けるのではなく、回転検出器のパルスを受け、マイクロプロセッサで演算し処理時間の短縮を図っている。なお、時速50km/hを越える速度の場合速度異常として「緊急停止」の出力を出すことにした。表－ 6.1 は、今回実験で用いた制御指令テーブルである。

表－ 6.1 制御信号指令テーブル

偏 差	-1.5m		-1.0m		-0.5m		+1.0m		+2.0m	
車間距離	8.5 m		9.0 m		9.5 m		11.0 m		12.0 m	
通常走行	緊急停止	減速 2	減速 1	中 立	加速 1	加速 2				
42km/h以上	〃	〃	〃	〃	〃	中 立				
45km/h以上	〃	〃	〃	中 立						
50km/h以上	緊 急 停 止									

また、距離測定において欠損が発生した場合、直ちに緊急停止指令を出すのではなく、定められた許容回数以下の時には欠損前のデータをそのまま利用して、指令を行い、安全を確保できる範囲内で円滑な運行を図ることにした。表－ 6.2 はその許容回数を示したものである。

表－ 6.2 許容欠損回数テーブル

距離L(m) 速度V(km/h)	0 < L ≤ 5	5 < L ≤ 10	10 < L ≤ 15	15 < L ≤ 20	20 < L
40 ≤ V < 50	1	1	2	3	4
30 ≤ V < 40	1	1	2	3	5
20 ≤ V < 30	1	1	3	5	5
10 ≤ V < 20	1	2	5	5	5
0 ≤ V < 10	1	5	5	5	5

$$\text{許容欠損回数} = \frac{\text{車間距離 } L}{\text{車両速度 } V \times \frac{1000}{3600} \times 0.35}$$

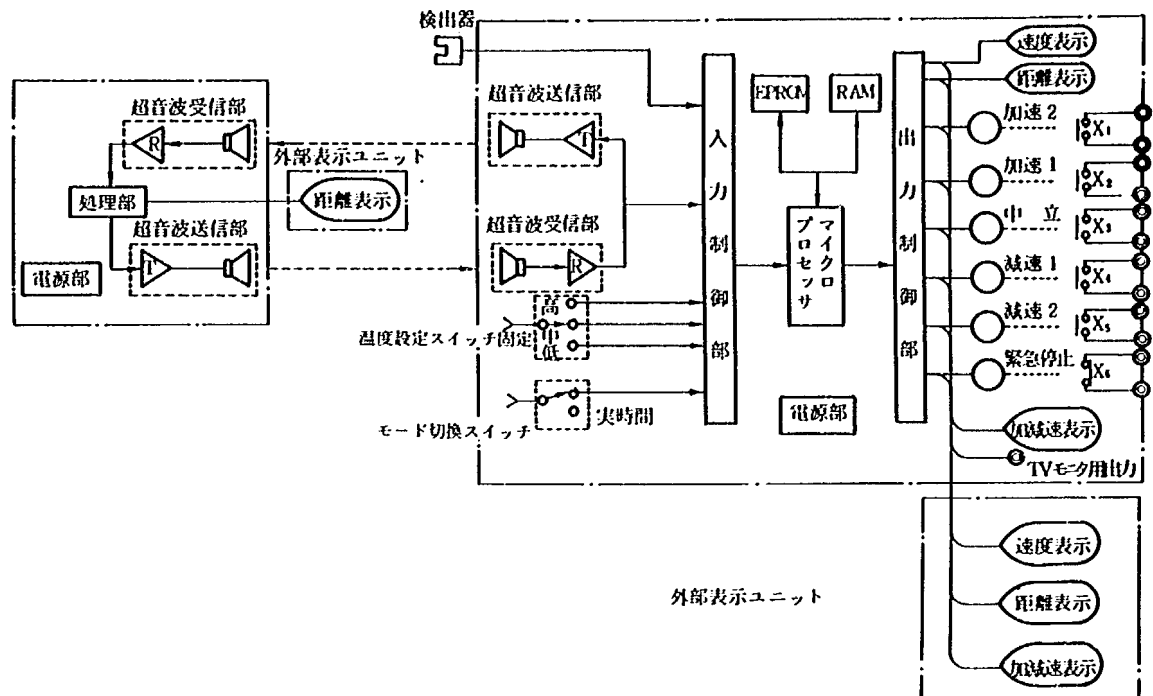
注) 許容欠損回数は最大 5 回までとする。

その他の改造点は、電源入力が前回では AC 100 V であったが、車載装置ということより、DC 24 V のバッテリー電源を用いることにしたことである。また、前回、先行車車載部では距離表示ができなかったが、簡略な演算機能をつけ加えた。さらに、測定値の表示も装置本体の他に外部表示ユニットを運転席に取り付け、実験実施上の便宜を図っている。

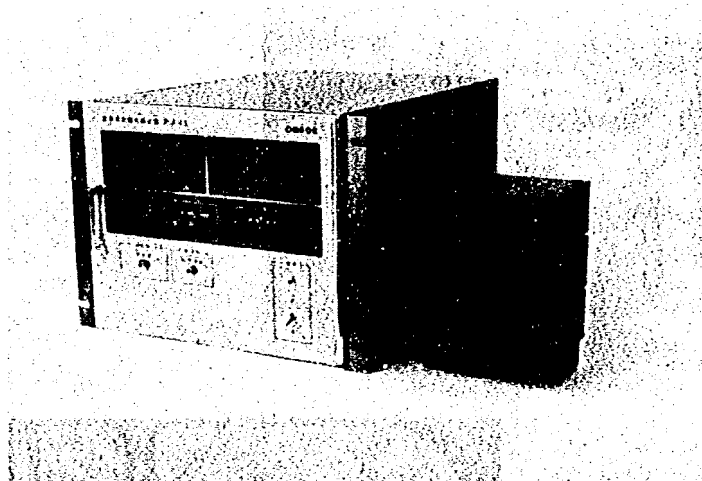
改造後の測定装置のブロック回路を示したのが図－ 6.3 である。

以上の改造を加えた測定装置について性能実験を行った。

写真－ 6.1 は改造後の装置と表示器である。



図－6.3 ブロック回路図



写真－6.1 改造後の装置と表示器（測定車用）

7. 性能実験（その2.）

7.1 実験方法

前回の実験と異なり、専用の2台の実験車を用いることにした。2台の実験車はともにジープを改造したもので、記録装置用の100V交流電源と測定装置用の24V直流電源を持っている。写真-7.1と7.2は実験車と測定装置の積載状態を示したものである。

実験方法は前回と同じ静止状態とロープ牽引による一定間隔走行状態に加えて、2台の実験車を走行速度と車間距離に目標を与えて自由走行させ、スリットカメラによりその時の速度と車間距離を求め、測定値との比較を行った。なお、スリットカメラによる速度と車間距離の算出方法は、まず測定地点2ヶ所の車両通過状況をフィルムに撮映し、実験車の2点間の通過時間を調べ、平均速度を求める。そして、2台の実験車の通過時刻差をかけて車間距離を求める。写真-7.3はスリットカメラの設置状態を示したもので、試験走路横の建物の2階窓に固定した。また、その測定地点（2カ所）は写真-7.4に示す円錐形標識（セーフティコーン）の設置場所である。

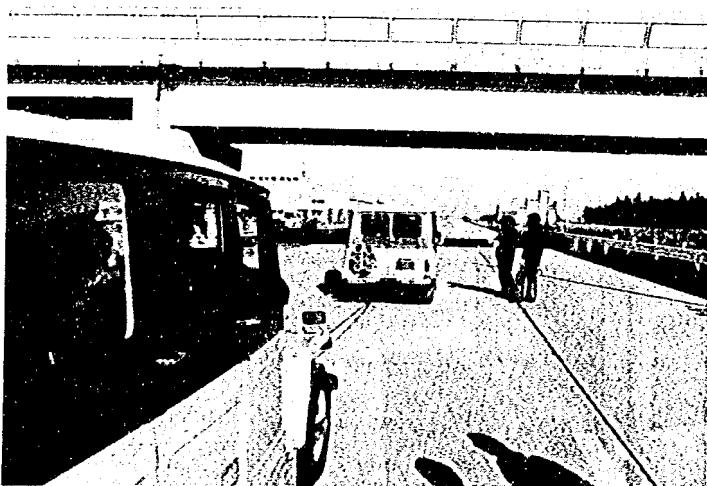
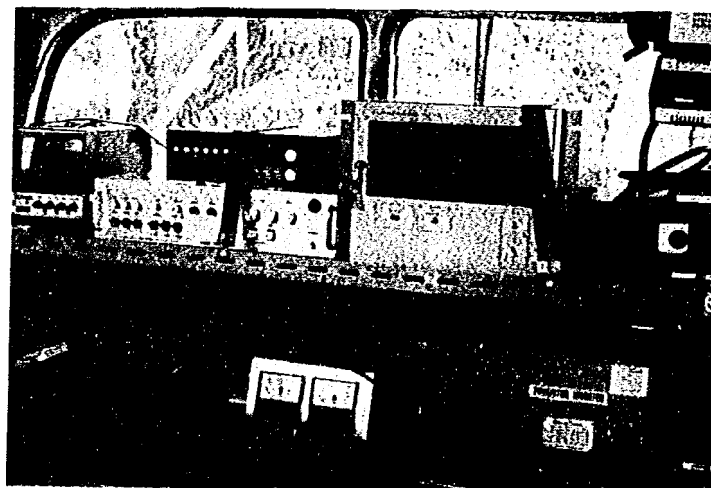


写真-7.1
測定状況

写真-7.2
装置の車載状態（測定車）



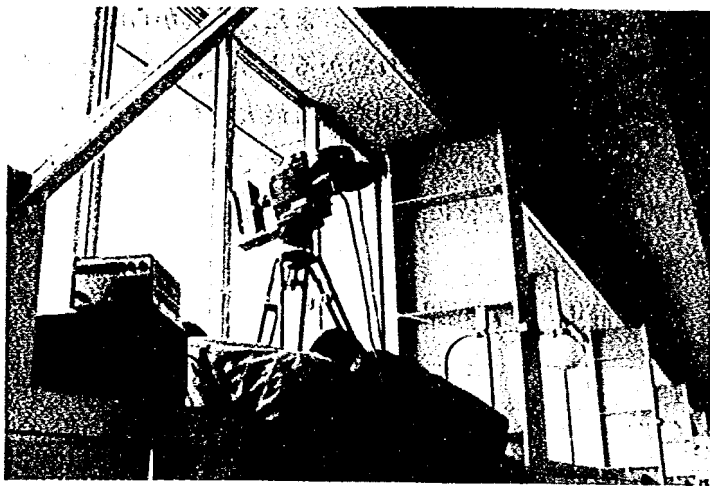
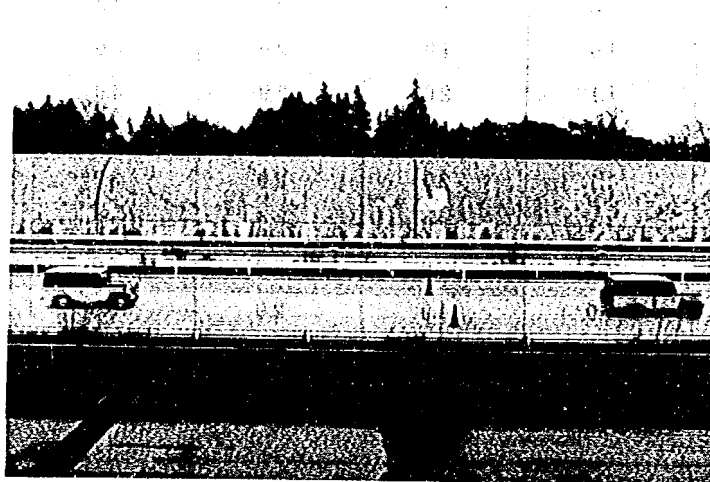


写真-7.3

スリットカメラの設置状態

写真-7.4

測定地点の状況



なお、車間距離測定記録方法は前回と同じくビデオ装置を用い、加減速指令は0から5までの数字で示すこととした。

7.2 実験結果

静止時において、実距離を1mから1mおきに、また10mからは2mおきに50mまで設定し、その

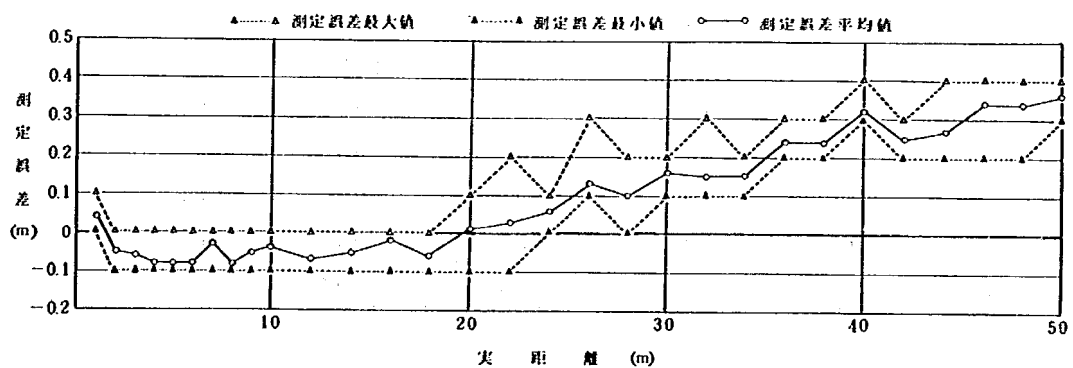


図-7.1 静止時 実距離と測定誤差

時の測定値を10回読みとった。その結果を示したのが表-7.1である。また、これから測定誤差と実距離の関係をグラフに示したのが図-7.1である。表および図よりわかるように、距離が大きくなるにつれ平均測定誤差も少しずつ増えることがわかる。しかし、平均誤差は最大でも50mの時に36 cmであり、問題となる近距離でも8 cm以下であり、かなり正確な測定が行えている。なお、データの欠損は46.0mより現われ、50.0 mでは5回で欠損率50%と特に多くなっている。

表-7.1 静止時測定結果

実 距 離		1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m
測 定 値	1	1.0	2.0	3.0	3.9	4.9	5.9
	2	1.0	1.9	3.0	3.9	4.9	5.9
	3	1.0	1.9	3.0	3.9	4.9	5.9
	4	1.0	1.9	3.0	3.9	4.9	5.9
	5	1.0	1.9	2.9	3.9	5.0	5.9
	6	1.0	1.9	2.9	4.0	5.0	6.0
	7	1.1	2.0	2.9	4.0	4.9	6.0
	8	1.1	2.0	2.9	3.9	4.9	5.9
	9	1.1	2.0	2.9	3.9	4.9	5.9
	10	1.1	2.0	2.9	3.9	4.9	5.9
最 大 値		1.1	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
最 小 値		1.0	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9
平 均 値		1.04	1.95	2.94	3.92	4.92	5.92
平均測定誤差		+0.04	-0.05	-0.06	-0.08	-0.08	-0.08

実 距 離		7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	12.0m	14.0m
測 定 値	1	6.9	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0
	2	7.0	8.0	8.9	10.0	11.9	13.9
	3	7.0	7.9	8.9	9.9	11.9	13.9
	4	7.0	7.9	8.9	10.0	11.9	13.9
	5	7.0	7.9	8.9	9.9	11.9	14.0
	6	7.0	7.9	9.0	9.9	11.9	14.0
	7	7.0	7.9	9.0	10.0	12.0	13.9
	8	6.9	7.9	9.0	9.9	11.9	13.9
	9	6.9	7.9	9.0	10.0	12.0	14.0
	10	7.0	7.9	8.9	10.0	11.9	14.0
最 大 値		7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	13.9
最 小 値		6.9	7.9	8.9	9.9	11.9	14.0
平 均 値		6.97	7.92	8.95	9.96	11.93	13.95
平均測定誤差		-0.03	-0.08	-0.05	-0.04	-0.07	-0.05

实 距 離	320m	340m	360m	380m	160m	180m
1	32.2	34.2	36.2	38.2	16.0	18.0
2	32.1	34.2	36.2	38.3	16.0	17.9
3	32.1	34.1	36.2	38.2	16.0	17.9
4	32.1	34.1	36.3	38.3	16.0	17.9
5	32.3	34.2	36.3	38.2	16.0	17.9
6	32.2	34.2	36.2	38.2	16.0	17.9
7	32.1	34.2	36.2	38.3	16.0	17.9
8	32.2	34.1	36.3	38.2	15.9	18.0
9	32.1	34.1	36.2	38.3	15.9	18.0
10	32.1	34.1	36.3	38.2	16.0	18.0
最 大 值	32.3	34.2	36.3	38.3	16.0	18.0
最 小 值	32.1	34.1	36.2	38.2	15.9	17.9
平 均 值	32.15	34.15	36.24	38.24	15.98	17.94
平均測定誤差	+0.15	+0.15	+0.24	+0.24	-0.02	-0.06

实 距 離	200m	220m	240m	260m	280m	300m
1	19.9	21.9	24.0	26.1	28.1	30.2
2	20.0	22.1	24.1	26.2	28.0	30.1
3	20.1	22.0	24.1	26.1	28.1	30.1
4	20.0	22.2	24.0	26.1	28.1	30.2
5	20.0	22.0	24.1	26.1	28.1	30.1
6	20.0	22.1	24.0	26.1	28.1	30.2
7	20.0	22.0	24.1	26.1	28.1	30.2
8	20.0	22.0	24.1	26.3	28.1	30.1
9	20.0	22.0	24.1	26.1	28.1	30.2
10	20.1	22.0	24.0	26.1	28.2	30.2
最 大 值	20.1	22.2	24.1	26.3	28.2	30.2
最 小 值	19.9	21.9	24.0	26.1	28.0	30.1
平 均 值	20.01	22.03	24.06	26.13	28.1	30.16
平均測定誤差	+0.01	+0.03	+0.06	+0.13	+0.1	+0.16

实 距 離	400m	420m	440m	460m	480m	500m
1	40.3	42.2	44.3	-	-	-
2	40.3	42.3	44.3	-	48.4	50.3
3	40.3	42.3	44.2	46.4	48.3	50.4
4	40.3	42.2	44.4	46.3	48.3	-
5	40.3	42.3	44.2	46.3	-	50.4
6	40.3	42.2	44.2	46.3	48.4	50.4
7	40.3	42.2	44.2	46.4	48.3	-
8	40.4	42.2	44.3	46.4	48.4	-
9	40.3	42.3	44.3	46.4	48.2	-
10	40.4	42.3	44.3	46.2	48.4	50.3
最 大 值	40.4	42.3	44.4	46.4	48.4	50.4
最 小 值	40.3	42.2	44.2	46.2	48.2	50.3
平 均 直	40.32	42.25	44.27	46.34	48.34	50.36
平均測定誤差	+0.32	+0.25	+0.27	+0.34	+0.34	+0.36

つぎに、この測定値のゆらぎを見るため、測定値を20回ずつ読みとり、各距離における測定値のバラツキと標準偏差を計算した。その結果を示したのが表-7.2である。測定値の最大と最小の範囲は30 cm 以内にあり、標準偏差値も0.07と低く、ばらつきの少ない安定した測定を行っていることがわかる。また、欠損も50mの場合だけで、欠損率は30%であった。

表-7.2 測定値一覧表（静止時）

実距離(m) 項 目	1.0	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
平均距離(m)	1.04	4.91	9.96	20.03	30.17	40.31	50.35
最大距離(m)	1.1	5.0	10.0	20.1	30.3	40.4	50.5
最小距離(m)	1.0	4.9	9.9	19.9	30.1	40.2	50.2
標準偏差値(m)	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.07
欠 損 率(%)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	30
測定誤差(m)	0.04	0.09	0.04	0.03	0.17	0.31	0.35
最大最小距離差(m)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3

つぎに走行時について、前回と同様にロープ牽引で一定距離を保って測定を行った。測定値を10回読みとり、その結果を示したのが表-7.3である。また、これから測定誤差と走行速度の関係をグラフに示したのが図-7.2である。改造前に比べ測定誤差が格段に小さくなっていることがわかる。また、最大値と最小値の差も車間距離30mで時速20km/hの時の1回を除き、走行速度が変わっても0.2m以下となることがわかる。したがって走行時においても静止時と同様安定した測定を行うことが確認された。なお、欠損は車間距離30mで時速30km/hと45km/hの時に各々1回ずつ発生した。また、測定値のバラツキを見るため時速20、40km/hでの値を20回連続して読み、平均誤差と標準偏差を計算したのが表-7.4である。改造前の表-5.4に比べ測定誤差および欠損率が小さくなっていることがわかる。

表-7.4 測定値一覧表（走行時）

速 度	実距離(m) 項 目	8.6	8.8	12.1	30.0
	平 均 距 離(m)	8.61	8.78	12.1	30.24
20km/h	最 大 距 離(m)	8.7	8.9	12.1	30.5
	最 小 距 離(m)	8.5	8.7	12.1	30.1
	標準偏差値(m)	0.04	0.05	0	0.11
	欠 損 率(%)	0.	0.	0	0
	測定誤差(m)	0.01	0.02	0	0.24
	最大最小距離差(m)	0.2	0.2	0	0.4
40km/h	平 均 距 離(m)	8.64	8.82	12.13	30.23
	最 大 距 離(m)	8.7	8.9	12.2	30.4
	最 小 距 離(m)	8.6	8.7	12.1	30.1
	標準偏差値(m)	0.05	0.07	0.05	0.17
	欠 損 率(%)	0.	0.	0.	20
	測定誤差(m)	0.04	0.02	0.03	0.23
	最大最小距離差(m)	0.1	0.2	0.1	0.3

表-7.3 走行時測定結果

実距離		8.6 m									
車速		10km/h		20km/h		30km/h		40km/h		45km/h	
項目		測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)
測定値	1	8.6	10	8.6	20	8.7	31	8.7	41	8.6	45
	2	8.7	10	8.6	20	8.6	31	8.7	40	8.6	45
	3	8.6	10	8.6	20	8.6	31	8.6	40	8.6	45
	4	8.6	10	8.6	20	8.6	31	8.6	40	8.6	45
	5	8.8	11	8.6	20	8.7	31	8.7	40	8.6	45
	6	8.8	11	8.6	20	8.8	31	8.6	40	8.6	45
	7	8.6	11	8.7	20	8.8	31	8.6	40	8.6	45
	8	8.6	11	8.6	20	8.8	31	8.7	40	8.6	45
	9	8.6	11	8.6	20	8.8	31	8.6	40	8.8	45
	10	8.6	11	8.6	20	8.7	31	8.7	41	8.8	45
最大値		8.8		8.7		8.8		8.7		8.8	
最小値		8.6		8.6		8.6		8.6		8.6	
平均値		8.65		8.61		8.71		8.65		8.64	
標準偏差		0.08		0.03		0.09		0.05		0.08	

実距離		8.8 m									
車速		10km/h		20km/h		30km/h		40km/h		45km/h	
項目		測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)
測定値	1	8.8	10	8.7	20	8.8	31	8.9	40	8.8	45
	2	8.8	10	8.7	20	8.8	31	8.9	40	8.7	45
	3	8.7	10	8.8	20	8.8	31	8.9	40	8.7	45
	4	8.8	10	8.8	20	8.8	31	8.9	40	8.7	45
	5	8.8	10	8.8	20	8.8	31	8.8	40	8.7	45
	6	8.8	10	8.8	20	8.8	31	8.8	40	8.8	45
	7	8.8	11	8.8	20	8.8	31	8.8	40	8.8	45
	8	8.8	11	8.8	20	8.8	31	8.8	40	8.8	45
	9	8.8	11	8.7	19	8.8	31	8.8	40	8.8	45
	10	8.8	11	8.7	19	8.8	31	8.8	40	8.8	45
最大値		8.8		8.8		8.8		8.9		8.8	
最小値		8.8		8.7		8.8		8.8		8.7	
平均値		8.8		8.76		8.8		8.85		8.76	
標準偏差		0		0.05		0		0.05		0.05	

實距離		12.1 m									
車速		10km/h		20km/h		30km/h		40km/h		45km/h	
項目		測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)
測定值	1	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	2	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	3	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	4	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	5	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	6	12.1	10	12.1	19	12.1	30	12.1	40	12.1	45
	7	12.1	11	12.1	19	12.1	30	12.2	40	12.1	45
	8	12.1	11	12.1	19	12.1	31	12.2	40	12.1	45
	9	12.1	11	12.1	19	12.1	31	12.2	40	12.1	45
	10	12.1	11	12.1	19	12.1	31	12.2	40	12.1	45
最大值		12.1		12.1		12.1		12.2		12.1	
最小值		12.1		12.1		12.1		12.1		12.1	
平均值		12.1		12.1		12.1		12.14		12.1	
標準偏差		0.0		0.0		0.0		0.05		0.0	

實距離		30.0 m									
車速		10km/h		20km/h		30km/h		40km/h		45km/h	
項目		測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)	測定距離 (m)	速度 (km/h)
測定值	1	30.2	12	30.1	19	30.3	32	30.2	38	30.3	44
	2	30.3	11	30.1	18	30.3	32	30.2	39	30.1	45
	3	30.2	12	30.3	18	30.3	31	30.1	39	30.2	45
	4	30.2	11	30.3	19	888	30	30.1	39	30.2	44
	5	30.2	11	30.3	19	30.3	30	30.3	40	489	44
	6	30.1	11	30.3	19	30.3	32	30.1	40	30.2	44
	7	30.3	12	30.3	19	30.3	31	30.1	39	30.2	44
	8	30.2	12	30.2	19	30.3	31	30.2	39	30.2	44
	9	30.3	11	30.5	19	30.2	31	30.3	39	30.3	44
	10	30.3	12	30.3	20	30.2	32	30.3	39	30.3	44
最大值		30.3		30.5		30.3		30.3		30.3	
最小值		30.1		30.1		30.2		30.1		30.1	
平均值		30.23		30.27		30.28		30.19		30.22	
標準偏差		0.07		0.12		0.04		0.09		0.07	

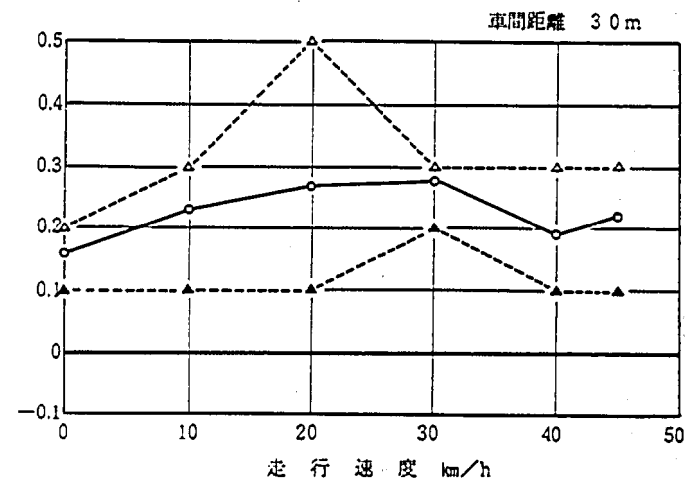
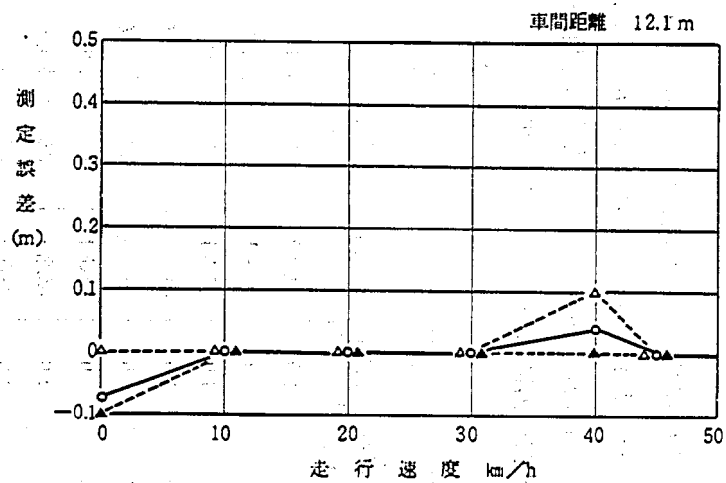
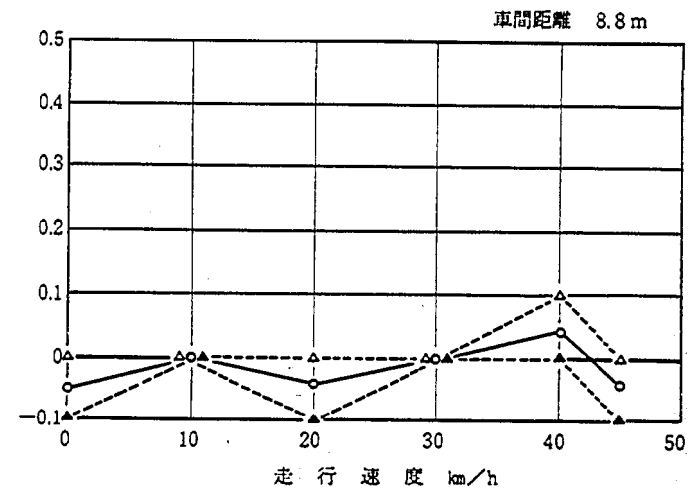
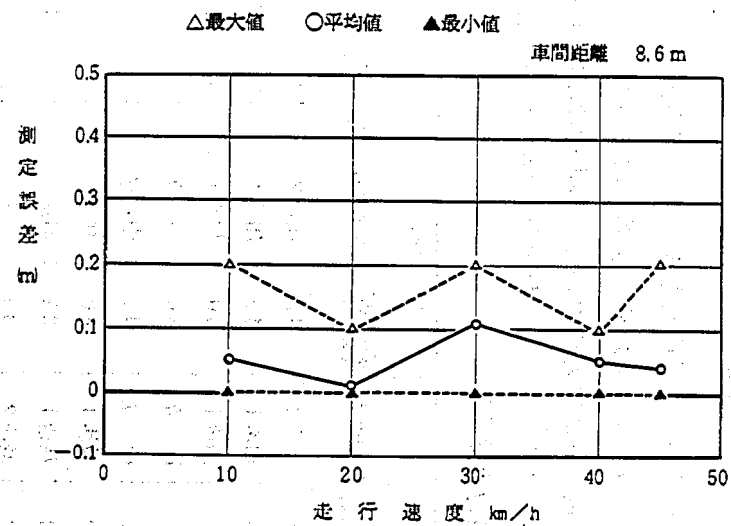


図-7.2 走行時 実距離と測定誤差

さらに走行時について、今回はスリットカメラを用意し、自由走行状態での車間距離と走行速度を計測し、車間距離制御装置による測定値との比較を行った。表-7.5がその結果である。これから、各距離ごとの測定誤差と走行速度との関係をグラフに示したのが図-7.3である。ロープ牽引時に比べ測定誤差が大きくなっていることがわかる。これはスリットカメラの持つ誤差もあるが、車間距離算出の根拠となる測定区間を、一定車間距離・一定走行速度で実験車が通過することが實際上無理であったためによるものと考えられる。

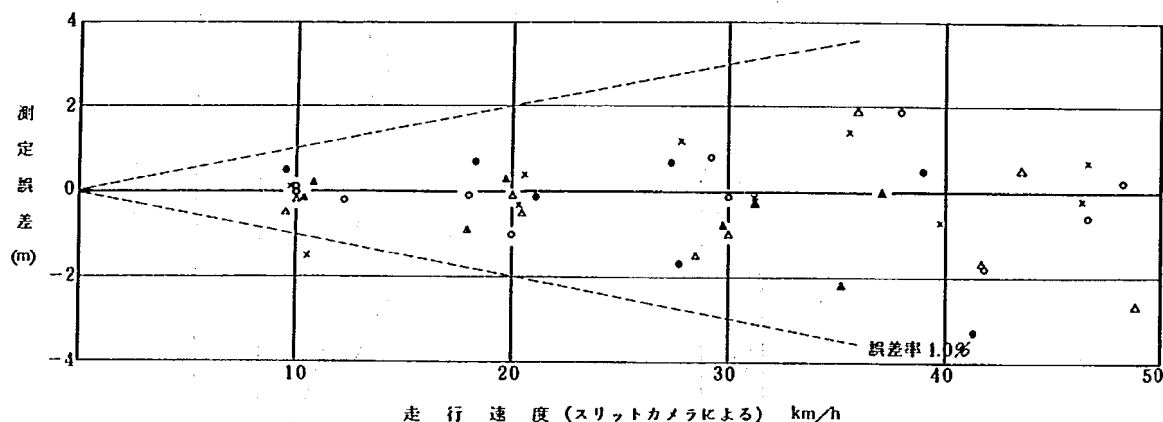


図-7.3 走行速度の測定誤差

なお、車両速度計の信頼性として、スリットカメラによる走行速度を基準として測定値との差を示したのが図-7.4である。時速10km/hの1回を除き、すべて1%以内の誤差に収まることがわかる。

つぎに、この車間距離測定装置改造の主目的である走行制御出力について、各走行速度における測定値と制御出力についてその実験結果を示したのが表-7.6である。これより、今回与えた制御テ-

表-7.6 制御出力実験結果

速度と 測定 距離 (m)	10km/時		20km/時		30km/時		40km/時		42km/時	
	測定速度 (km/時)	制御出力	測定速度 (km/時)	制御出力	測定速度 (km/時)	制御出力	測定速度 (km/時)	制御出力	測定速度 (km/時)	制御出力
12.1	10	加速2	22	加速2	33	加速2	42	加速2	42	中立
12.0	9	加速1	23	加速1	33	加速1	40	加速1	43	加速1
11.1	10	加速1	22	加速1	31	加速1	40	加速1	43	加速1
11.0	10	中立	22	中立	32	中立	39	中立	43	中立
9.6	9	中立	21	中立	31	中立	40	中立	42	中立
9.5	9	減速1	21	減速1	32	減速1	40	減速1	42	減速1
9.1	10	減速1	20	減速1	33	減速1	39	減速1	41	減速1
9.0	10	減速2	21	減速2	33	減速2	39	減速2	41	減速2
8.6	11	減速2	21	減速2	32	減速2	41	減速2	41	減速2
8.5	10	緊急停止	21	緊急停止	32	緊急停止	40	緊急停止	41	緊急停止

表-7.6 走行速度 測定誤差

目標距離			10km/時の時		20km/時の時		30km/時の時		40km/時の時		47km/時の時	
			測定距離(m)	速度(km/h)	測定距離(m)	速度(km/h)	測定距離(m)	速度(km/h)	測定距離(m)	速度(km/h)	測定距離(m)	速度(km/h)
5m	往	スリットカメラデータ	5.3	10.0	6.2	18.1	7.2	30.1	4.9	38.1	5.6	48.2
		測定データ	5.1	10	5.8	18	6.8	30	4.7	40	5.4	48
		測定誤差	-0.2	0	-0.4	-0.1	-0.4	-0.1	-0.2	+1.9	-0.2	+0.2
	復	スリットカメラデータ	5.5	9.9	5.8	20.0	4.8	29.2	6.1	41.8	5.4	46.6
		測定データ	5.3	10	5.6	19	4.7	30	6.2	40	5.2	46
		測定誤差	-0.2	+0.1	-0.5	-1.0	-0.1	+0.8	+0.1	-1.8	-0.2	-0.6
10m	往	スリットカメラデータ	11.4	10.2	12.1	20.1	11.2	28.5	10.1	36.1	11.3	48.7
		測定データ	11.1	10	11.5	20	10.5	27	9.4	38	10.5	46
		測定誤差	-0.3	-0.2	-0.6	-0.1	-0.7	-1.5	-0.7	+1.9	-0.8	-2.7
	復	スリットカメラデータ	8.3	9.5	10.9	20.5	10.3	30.0	9.9	41.7	9.2	43.5
		測定データ	8.1	9	11.0	20	10.2	29	10.3	40	9.3	44
		測定誤差	-0.2	-0.5	+0.1	-0.5	-0.1	-1.0	+0.4	-1.7	+0.1	+0.5
20m	往	スリットカメラデータ	24.7	9.9	21.4	20.6	19.3	27.8	19.5	39.7	23.5	46.3
		測定データ	18.4	10	19.9	21	17.8	29	20.3	39	22.1	46
		測定誤差	-6.2	+0.1	-1.8	+0.4	-1.5	+1.2	+0.8	-0.7	-1.4	-0.3
	復	スリットカメラデータ	20.4	10.5	21.4	20.3	17.6	31.2	23.1	35.6	15.2	46.3
		測定データ	18.6	9	20.7	20	17.3	31	22.4	37	19.2	47
		測定誤差	-1.8	-1.5	-0.7	-0.3	-0.3	-0.2	-0.7	+1.4	+4.0	+0.7
30m	往	スリットカメラデータ	27.9	9.5	31.4	21.1	27.9	27.3	28.3	39.5	-	-
		測定データ	26.6	10	29.7	21	25.9	28	※26.8	40	-	-
		測定誤差	-1.3	+0.5	-1.7	-0.1	-2.0	+0.7	-1.5	+0.5	-	-
	復	スリットカメラデータ	33.5	12.2	27.9	18.3	28.5	27.7	29.9	41.3	-	-
		測定データ	31.3	12	27.2	19	28.0	26	29.8	38	-	-
		測定誤差	-2.2	-0.2	-0.7	+0.7	-0.5	-1.7	-0.1	-3.3	-	-
40m	往	スリットカメラデータ	45.1	10.8	40.2	19.7	29.0	29.8	54.9	45.2	-	-
		測定データ	39.1	11	38.2	20	26.7	29	-	43	-	-
		測定誤差	-6.0	+0.2	-2.0	+0.3	-2.3	-0.8	-	-2.2	-	-
	復	スリットカメラデータ	37.1	10.2	38.5	17.9	39.4	31.2	38.1	37.0	-	-
		測定データ	38.2	10	37.5	17	38.4	31	37.4	37	-	-
		測定誤差	+1.1	-0.2	-1.0	-0.9	-1.0	-0.2	-0.7	0	-	-

[illegible]

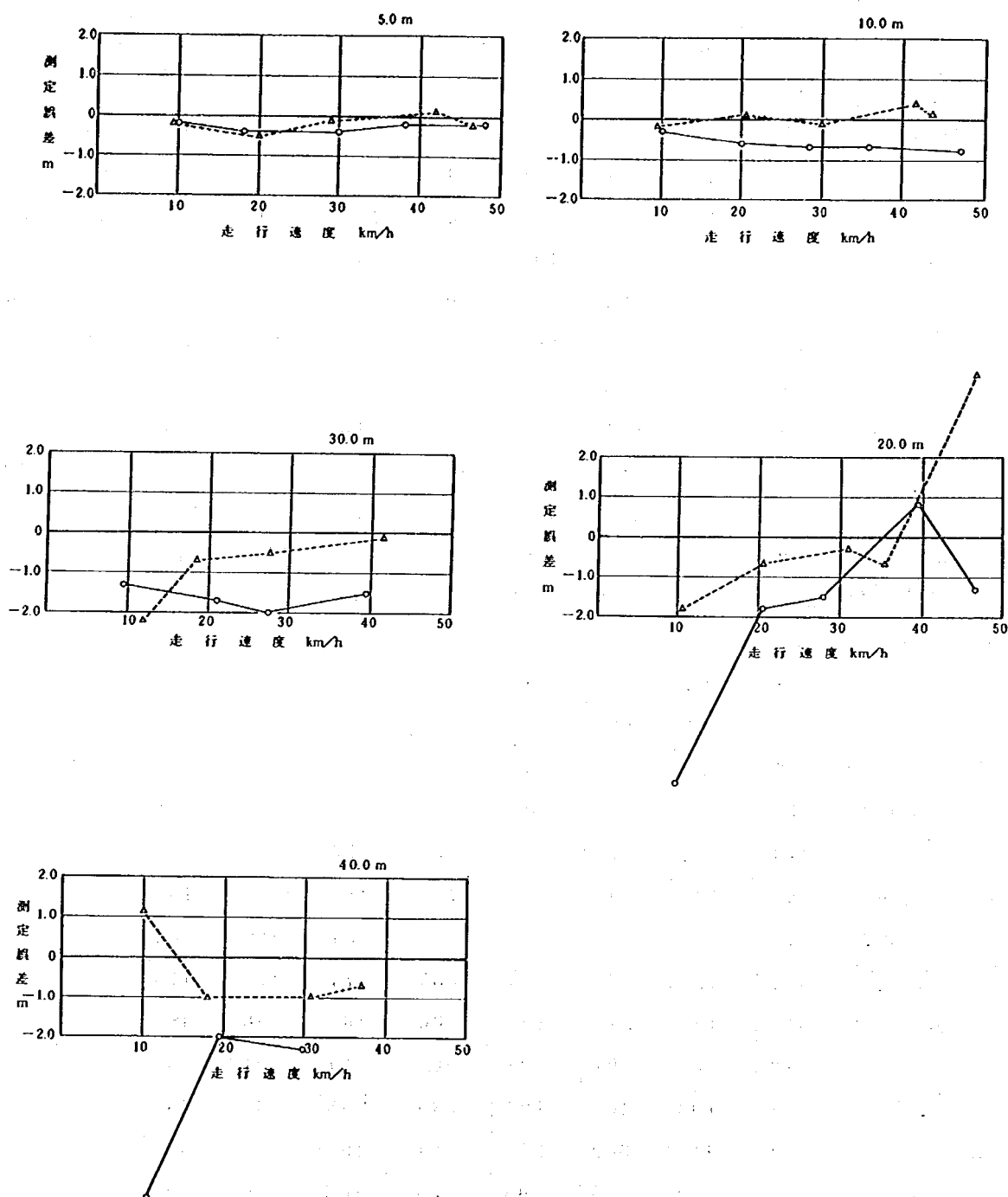


図-7.4 自由走行状態での測定誤差

ブルに従い、制御出力を出していることが確認された。また、信号出力もリアルタイムで行っており、今回用いたマイクロプロセッサによる処理方法が、十分に信頼性と実用性を持っていることがわかった。また、温度による距離補正を高、中、低の3段階と簡略化した、このための測定誤差は認められず、その影響は非常に小さいものと思われる。

8. 今後の開発計画

以上述べてきたようにこの装置が車間距離を測定し、その測定値と走行速度により制御指令を制御テーブルに従い出力することが確認できた。これにより、車間距離維持方式運行制御システム開発の第1段階といえる測定装置の開発が完了したといえる。今後は開発の第2段階として、この制御指令に基づき実際に車両を走行させ、一定の車間距離で追従できるかを確認することとした。

昭和54年度は、以上の結果を受けて速度制御が可能な車両を製作し、試作装置を取り付けて、自動速度制御実験を行う予定で計画を進めている。今後は、走行制御のもう1つの課題である自動操舵について検討を行い、完全無人走行実験を行う予定である。

さらに今後の課題として、機器及び車両の開発と並んでこの運行システムの利用方法について検討を進め、実用化を図ることも重要である。その構想としては、大都市間の長・中距離トラック輸送をこのシステムで代替させることや、長大トンネルの通過用にこのシステムを利用し、排気ガスをなくして換気用の設備及びコストを解消し、安全性の確保を図ることなどが考えられている。

あ　と　が　き

このシステムの開発については、送受型装置は立石電機株式会社に、反射型装置は松下通信工業株式会社にその試作及び性能試験を依頼して実施した。また、その後の送受形装置の改造と性能実験についても立石電機株式会社に依頼して実施した。

ここで、試作・改造及び実験に際し、御協力を頂いた方々に感謝の意を表します。

車間距離維持方式運行制御
システムの開発(その1)

ISSN 0386-5878
土研資料第1551号
マイクロフィルム第 号
昭和55年3月(1980)

建設省土木研究所 新交通研究室

新交通システム，車間距離測定運行制御。

車間距離維持方式による運行密度の高い運行制御シ
ステムの開発に関する昭和52～53年度分の調査結果である。
第1段階として車間距離測定装置の開発がほぼ完了した。

○

郵便はがき

305-□□

二十円切手
をはって下
さい

建設省土木研究所
新交通研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一

No. 047

No. 047

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第1551号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印