

集中制御方式速度管理システムの開発

大阪管理部電気通信課 桃澤宗夫

阪神高速道路管理技術センター 矢内卓雄

要 約

阪神高速道路は、阪神地域の都市活動機能の重要な役割をはたしているが、その反面、速度超過車両に起因する交通事故、騒音・振動等のため沿道環境の改善が大きな課題となっている。

環境改善のための諸対策の一環として、速度超過走行を抑制するためフィルム式カメラによる速度監視装置を設置してきた。この装置設置点近傍では速度抑制効果が観測されるものの、範囲が限られていた。またフィルム式のため撮影枚数に制限があり、設置及び運用に手間がかかるため、現在10基が設置されているが、これ以上の増設は困難であった。

そこで高速道路上の必要な区間において、速度超過走行を抑制する手段として、新たに集中制御方式速度管理システムが開発された。このシステムは高解像度テレビカメラにより速度超過車両を撮影し、その画像を光ファイバ回線により高速伝送して、センターの光ディスク装置にファイルした後必要に応じて画像を再生するものである。これにより、高速道路の必要な区間について、速度超過車両の常時オンライン集中監視体制が執れることとなる。

まえがき

大量高速自動車交通の時代といわれる今日において、阪神高速道路は阪神地域の交通動脈として欠くことのできない存在となっているが、反面、大量の交通流がもたらす諸障害も見逃し得ない現状にある。中でも、交通騒音・振動の抑制対策は急務であり、効果的な施策の実施が望まれる。

騒音・振動の発生原因として、過密な交通、過大な輪荷重、速度超過走行等があげられるが、一般に、交通量を一定とした場合、騒音・振動の量は、車両の走行速度に比例すると考えられている。

本稿は、高速道路の車両走行速度を抑制するこ

とにより、安全で円滑な交通を確保するとともに、騒音・振動の軽減を図ることを目的として、研究開発が進められてきた、阪神高速道路集中制御方式速度管理システム（Hanshin Expressway centralized control system for Advanced Road Traffic speed management：HEARTシステム）について記したものである。

我が国で考えられる最先端の技術を結集して開発されたこのシステムは、このほど大阪西宮線でのプロトタイプモデルが構築され、諸試験を終え、実運用が開始されたところである。

1. 速度管理の可能性

阪神地域は、首都圏と比較して、市街化された都市部が比較的小さく、かつ高速道路周辺は住居、店舗等の混在する小規模建築物が多く、またこれらに著しく接近している区間が多いため、高速道路と人と車との調和を図る必要性が特に切実な課題となっている。特に騒音・振動の改善は急務であり、現実に地元住民からの苦情のうちの多くは、深夜から早朝にかけて、大型車両の速度超過走行に起因する断続的・突発的騒音・振動による障害に対するものである。

環境改善への対応として当公団では、現在

- (1)防音板の設置
- (2)家屋防音工事の助成
- (3)環境施設帯の設置
- (4)夜間の速度規制および車線区分帯規制
- (5)速度自動監視装置（スピードチェッカー）の設置
- (6)積載重量違反車両の指導、取締

等の諸施策を実施しつつ、道路構造物面からも、舗装・ジョイントの改良、ノージョイント構造の検討、桁連続化の研究等が鋭意取組まれているところである。

これらのうち、速度自動監視装置についてみると、当該装置設置場所近傍に限られてはいるものの、明らかに有為な速度抑止効果と環境改善効果（苦情の軽減）が観測される。したがって本装置を単に増設することで効果をあげることが考えられるが、既存の装置はフィルム式であるため、撮影枚数に制限があって運用に非常に手間がかかり、またそのための安全施設が要する等の理由によって、全線に総数10基が点として設置されているにすぎない。これ以上の本装置の増設は困難であり、また10基はそれぞれ独立して運用されざるを得ない状況にある。

そこで、カメラの電子化により設置を容易にし、撮影写真の光ファイバ伝送、画像処理等の開発により運用を支援するオンラインシステム化が図られれば、環境改善の必要な区間の車両走行速度を効果的に抑制できると考えられた。このシステムによれば、必要な道路区間の車両走行に対して、センターから集中して適切な速度管理を行う常時

監視体制が執れ、その結果として前述した様に一定の環境改善を行い得る可能性がある。

2. スピードチェッカー設置点前後の速度実態

既設路線の各時間帯交通流についてみると、いずれの路線においても昼間は設計値以上の交通量があり、したがって速度は低くなっている。逆に夜間の道路閉散時には交通量が減少し、速度超過は著しくなる。車両検知器から得られるデータをもとに、昼間（7時～19時）と夜間（19時～7時）に分けて速度分布を図示すると、代表的な形態は図-1の例（東大阪線下り、森之宮～高井田）の様になる。図-1で85%速度をみても、昼間77km/h、夜間91km/hとなっており、昼夜の顕著な

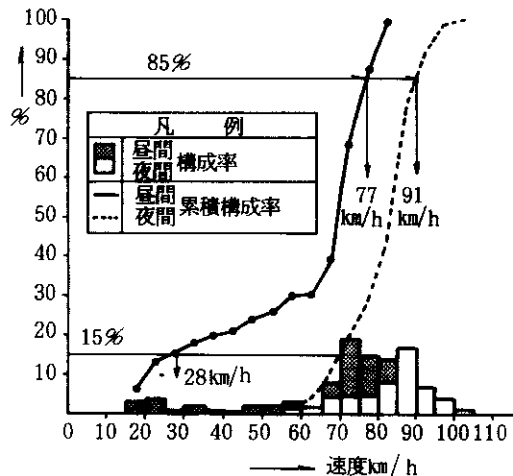
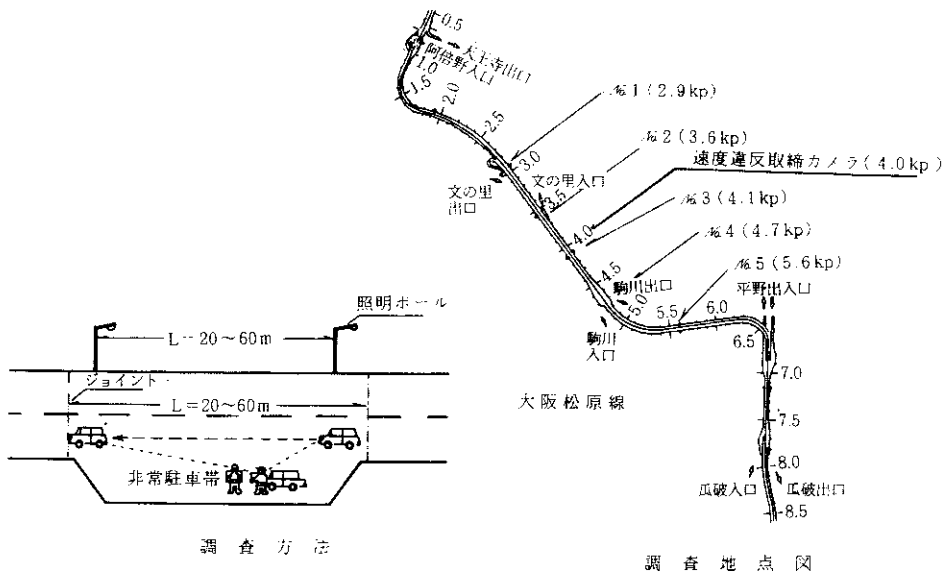


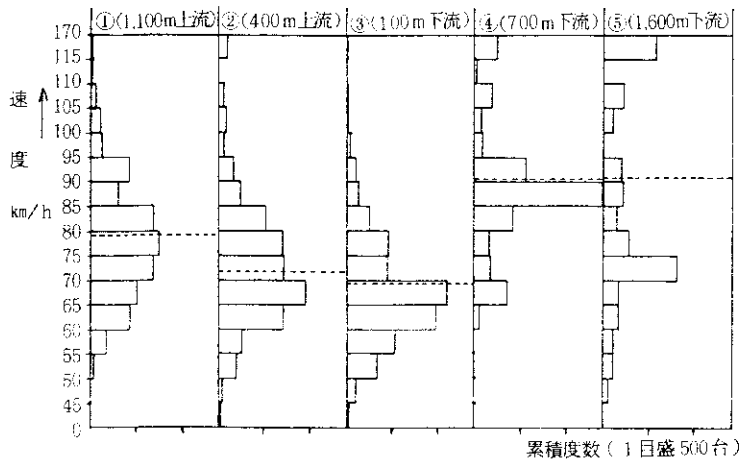
図-1 速度の分布

差異が認められる。しかし車両検知器による速度は、通行車両を単に2車種に分けそれぞれに平均車長を割り当て、これと5分間占有率とから算定した概略値であって、正確な実態把握には不十分である。

正確な速度実態の把握とあわせてスピードチェッカーの速度抑止効果がどの程度あるのかを調べるため、同装置設置点前後において夜間12時間速度調査を実施した。調査は駐車帯等があつて計測員を比較的的配置しやすい大阪松原線下り線で、昭



図一 2 調査場所及び方法



図一 3 地点別速度分布(夜間12時間)

和58年2月15日19時より翌16日7時まで行ったが、場所および方法は図一2に示す通りである。スピードチェッカーは4.0Kp地点に設置されており、その上流側から、第1計測地点(2.9Kp, 1,100m上流)、第2地点(3.6Kp, 400m上流)、第3地点(4.1Kp, 100m下流)、第4地点(4.7Kp, 700m下流)、第5地点(5.6Kp, 1,600m下流)の5計測点を配置している。また同図左に示す如く、路面上のマーキング、照明ポール、ジョイント等を基準として区間を定め、車両がその

区間を走行する時間をストップウォッチでサンプリング計測し、速度を算定する方法によっている。

調査結果の一部を、図一3に地点別速度分布で表わしてみた。同図中の点線は、各地点における12時間の平均速度である。

各地点の速度分布状況は、No.1~No.3地点ではほぼ正規分布状を呈しながら、No.1→No.2→No.3と順を追って最多頻度速度帯が低下し、分散もしぼり込まれて行く傾向がみられる。ところが設置点を通じたNo.4、No.5地点では、急激に加速し、

高速度帯に分散分布状にばらつく状態となる。高速道路がフリーな走行空間であれば、No.4, 5の状態が「普通」と考えられ、逆にNo.1～No.3は何らかのコントロールを受けた状態といえる。

平均速度は、79km/h (No.1)、72km/h (No.2)、69km/h (No.3)、90km/h (No.4)、91km/h (No.5)と変化し、設置点における平均速度は約20km/h低下している。また100km/hを越える「暴走」車両の構成率も、4.7%(No.1)、4.8%(No.2)、0.9%(No.3)、14.5%(No.4)、28.5%(No.5)と変化している。いずれも、夜間チェッカー設置点直近で踏むブレーキランプの影響が、上流側へ波及した結果と考えられる。

これらからみて、チェッカーの設置は、明らかに速度抑制効果があり、設置点で最も顕著で、その影響は上流側に対して1,000m程度、下流側に対して数100m程度波及していると考えられる。

3. 集中制御方式速度管理システム

チェッカーの速度抑制効果を、点から必要な区間へと拡張、集中して常時監視制御体制が執れる集中制御方式速度管理システム(HEARTシステム)の研究開発が、昭和57年より3年間にわたって進められた。ここではその成果に基づいて、大阪西宮線に構築された本システムのプロトタイプ(実用機モデル)の概要と主な構成要素技術について紹介する。

3-1 システムの構成と概要

本システムは、撮像装置群、情報伝送系(伝送路および伝送制御装置)、中央設備類の3系から構成され、システムの性格上機能としては、速度取締機能、速度管理制御機能の2つを包含したものとなっている。システムの構成および設置イメージは図-4に示す通りであり、概略以下の流れで稼動する。

(1)まずすべての走行車両について、正確な速度の計測を行い、中央から設定した速度を越して走る違反車があれば、所定の位置で捕捉撮影する。

(2)撮影画像および関連データは、伝送制御端末を経由して、中央へ伝送される。

(3)中央で受信された画像およびデータは、光ディスクファイルに記憶蓄積された後、画像の表示、写真化等運用に活用される。

本システムの特長として

(1)レーダーは速度測定と撮像位置の検出のためにレンジングレーダスピードメータを採用しているため、撮影部(カメラ)と同一門構上に設置できる。このため、建設・増設・保守が容易となる。

(2)画像伝送方式として、撮像装置と伝送制御端末間にはアナログ光伝送方式を、伝送制御端末とセンタ間にはデジタル光伝送方式をそれぞれ採用し、伝送制御端末単位でユニット化を図っているため、高品質な伝送が行え、拡張性のある構成となっている。

(3)撮像装置を道路上近接する3ヶ所程度毎にブロック分け(1ユニット12カメラ方式)しているため、系統化して速度を管理することができる。また装置の増設も容易となる。

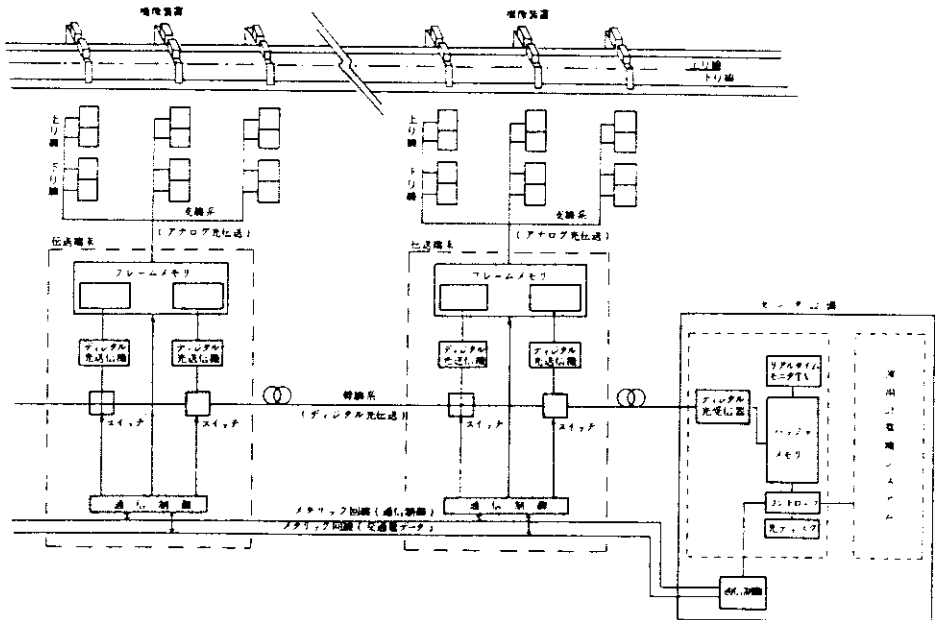
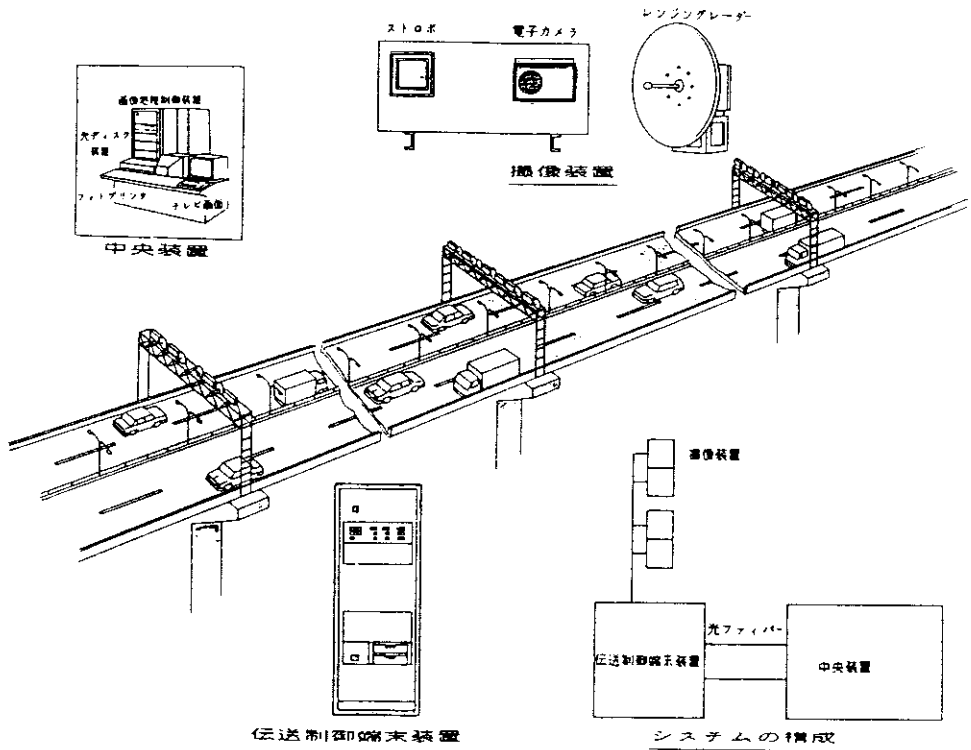
(4)各機器、システム構成においてデータの保護のためシステムセキュリティに万全の対策を施している。

(5)センタ機器は運用操作性を重視して、画面メニュー選択方式による会話形式で作動する。などの点があげられる。

3-2 撮像装置

本装置は、車両センサーとしてのレーダ部およびストロボ、カメラ、計測処理ユニット等からなる撮像部から構成され、伝送制御端末からの制御(選択、点検、速度設定、通信)指令にもとづいて、速度超過車両を撮影し、画像を場所、時刻、速度等の関連データとともに送出するもので、構成を図-5に示した。

撮影条件として、199km/hまでの走行車両を、3m以上の撮像画角でぶれなく撮影でき、その画像からは運転者の顔貌の識別とナンバープレートの陸事コード(漢字を含む)を判読できることが要求される。こうした点から、車両センサとして



図一集中制御方式速度管理システム

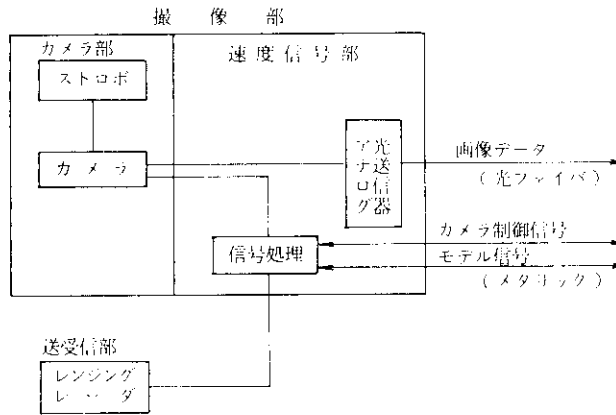


図-5 撮像装置の構成

は初めて、パルスドップラ方式によるレンジングレーダスピードメータの適用が検討された。これにより撮像部とレーダ部は同一門構上に一体化して設置できることとなる。同時に通常のテレビカメラ（525本方式約25万画素/画面）と比較して、約9倍（1,500本方式、225万画素/1画面）の画素密度を有する、高精細度電子カメラが開発された。

これらにより撮影距離約45m、シャッタ速度約1/1,000秒、最小撮影間隔約1秒、撮像走査線

約1,500本、関連データの光学的同時写し込み等の性能を実現し、現行フィルム式取締カメラと比較して遜色のない撮像装置を構成することができた。開発された同装置を写真-1に示す。

撮影した画像はアナログ光伝送により、また装置稼動に関連した諸データは別の回線（メタリック）により、伝送制御端末へ送信される。

3-3 情報伝送系

撮像装置からの画像情報および関連データは、



写真-1 装置写真

伝送制御端末を経由してセンタへ伝送されるが、大量高精度画像情報を品質低下することなく伝送するため、光ファイバ伝送路と高速通信制御技術が不可欠の構成要素となった。

伝送制御端末は、12台の撮像装置の接続が可能で、センタからの制御信号（撮像装置の選択、速度設定、時刻設定、点検指令等）を受信、解読し、各装置を制御するとともに、撮像装置から送られてきた画像情報をデジタル符号化し、関連データとあわせて中央へ伝送する。画像情報は前述した通り1画面あたり225万画素、1画素あたり256濃度レベル（8ビット階調）の高品位情報であるため、高速大容量（約2.5メガバイト）の画像メモリが必要となる。

画像情報の伝送方式は、撮像装置・伝送端末間（支線系）と伝送端末・センタ間（幹線系）とで異なるが、いずれもG I型光ファイバ（50/125 μm ）を伝送線路としている。また光送受信装置の性能は、表-1に示す通りである。

これらにより、伝送系全体として高品質な伝送が保障（幹線の符号誤り率 1×10^{-11} 以下）できる。

3-4 中央設備類

中央設備は、伝送制御端末から伝送されてくる画像データ等を受信し、光ディスク装置に記憶蓄

積した後、必要な画像を検索表示し、画質改善を施して写真化する装置およびマンマシン装置類で構成されている。

光ディスク装置には、撮像写真の「源」データが最初に記憶される。したがって証拠性を確保する必要があり、誤りのないよう特に信頼性を向上させ、再書き込み不能型のものが採用された。記憶媒体である光ディスク板は、直径200mmのアクリル円板で、レーザ光によって記録部に1ディスクあたり約300枚の撮像データが焼きつけられ、公判に必要な期間保存されることになっている。

光ディスクに記憶蓄積された画像データは、画像処理制御装置を介して、必要なときいつでも検索でき、高解像度テレビモニタ上に表示できる。

画像処理制御装置はまた、速度超過車両の関連データをもとに、違反車リスト、速度超過分布リスト等を作成、出力できる。

撮像データは最終的に写真化されるが、これに先立って画質改善装置により画像を見やすくする処理を施すことができる。この処理は階調補正といい、通常写真現像の時に言う「追い焼き」と良く似ている処理で、各画素に対応する濃度レベル（"00000000"真黒～"11111111"真白）を変化させ、明暗を強調することによって、鮮明な像を浮かびあがらせる手法である。また同装置を使って、2倍又は4倍に画像を拡大表示する処理も行

表-1 光送受信装置性能

項目	区間	幹線系	支線系	
			KP2.6地点	KP4,0.5,KP5.5地点
伝送速度 (伝送帯域)		C M I 符号 32.064 Mb/s	ベースバンド 50 Hz ~ 20 MHz	ベースバンド 50 Hz ~ 20 MHz
変調方式		パルス強度変調	直接強度変調	
発光素子		LD	LED	LED
発光波長		1.3 μm 帯	0.8 μm 帯	
ファイバ内光出力		-5 dBm以上	-14 dBm以上	-18 dBm以上
受光素子		APD	Pin PD(上り線)	APD(下り線)
最低受光レベル		-43 dBm	-28 dBm以下	-28 dBm以下
AGCレンジ		20 dB以上	10 dB	10 dB
適合光コネクタ			F C 形	

える。これらの処理結果を写真一2に示す。

写真化は、高解像テレビモニタに表示された画像を直接インスタントカメラで接写する方法と、フोटプリンタ装置および自動現像機による方法の2つが用意されている。通常は前者によるが、一層鮮明な画質が必要となる場合は、後者によって、画質改善装置の画像データを精細光ビームに乗せて直接専用フィルムに画素単位で露光し、自動現像した後、印画紙焼付に廻される。

他に以上の設備類を機能させるため、磁気ディスク、磁気テープ装置等の補助記憶装置、会話端末、操作卓等のマンマシンインタフェース装置類がある。

3-5 システムセキュリティ

本システムはその性格上、速度違反取締機能を有しているため、機器構成、システム構築、運用管理等の観点から、システムセキュリティへの配慮が当然なされなければならない。概略以下のセキュリティ対策が行われている。

(1)システム全系にわたってチェックシステムが確保され、構成機器が正常に動作していることの確認と保証がなされている。

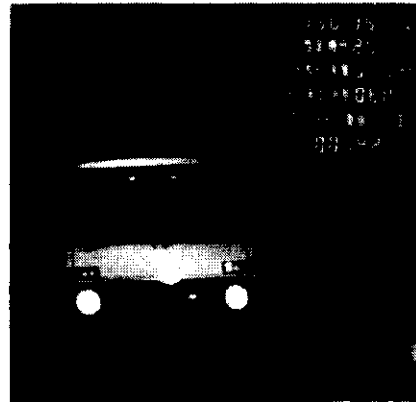
(2)撮像画像と関連データの一体制を確保すると共に、撮像からハードコピーまでの間においてデータの保護がなされている。

(3)構成機器の操作、維持等において、部外者が排除できる。

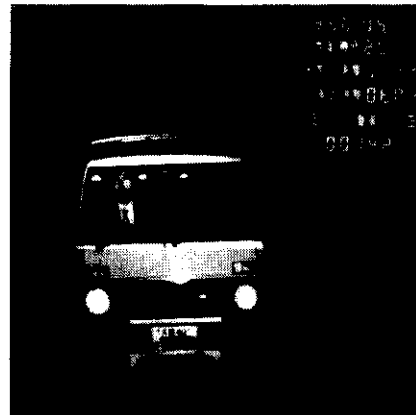
4. プロトタイプの設置と今後の課題

以上の成果をもとに、昭和59年度末、H E A R Tシステムの原形をなし実際にこれを検証する、プロトタイプシステムが構築された。必要最低限のシステム機能が組み込まれた本プロトタイプは、大阪西宮線に設置されている。

そして、システム製作後工場で、また設置調整工事後現場で、それぞれ厳格な性能評価諸試験を実施した。図一6に特に重要となる速度測定精度試験の結果を一例として示す。さらに取締機器としての認定試験、電監検査等を終え、テストラン



原 画



階調処理



拡大処理

写真一2

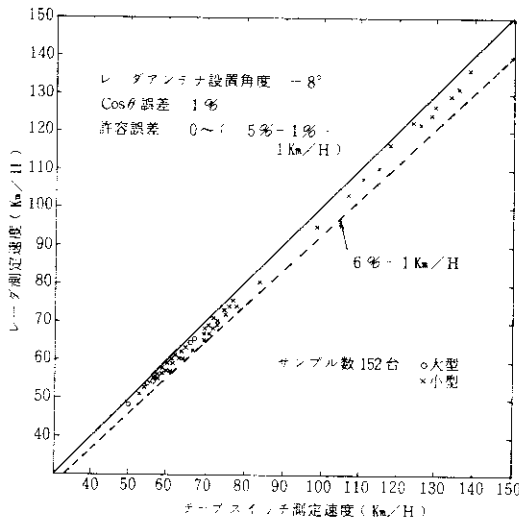


図-6 速度測定精度

ニング、試行運用を経て、現在システムは大阪府警による実運用に入っている。

今後の課題として、当面システムに期待されている効果を定量的に把握するため、設置区間において交通流調査、環境調査等を実施し、運用前後の比較検討により、システム導入効果の評価を行わなければならない。

技術的可能性という面からは、

- (1)全車両の速度データを交通情報として収集利用することが考えられる。
- (2)画像処理技術の延長としての自動車番認識が可能と考えられる。
- (3)固体撮像素子の開発により、カメラ部の長寿命化が考えられる。
- (4)中央装置の増強により、運用支援システムの確立が図れる。

等があげられるが、システムの今後の課題、発展形態については、いずれにしても前述した導入効果評価の結果をみたくうえで、行政的、経済的な諸般の実状を勘案して検討されることとなる。

あとがき

以上HEARTシステムの開発について述べた

本システムは、昭和57年4月研究開発を進めるよう決定された後、同年11月、(財)日本交通管理技術協会に組織された「阪神高速道路集中制御方式速度管理システム研究開発委員会」を中心に、今日まで進められてきた研究開発の成果によっている。この種のシステム開発には異例とも言える短期間に、完成を見ることができたが、これは、関連するわが国の基礎技術、周辺技術の高い水準を示すものであり、かつ委員会関係各位の御努力、御尽力によるものである。