

# 可搬式自動車交通流自動観測システムの開発

## DEVELOPMENT OF PORTABLE TRAFFIC FLOW AUTO MEASURING SYSTEM

梶川康男\*・西沢辰男\*\*・枚本正信\*\*\*

By Yasuo KAJIKAWA, Tatsuo NISHIZAWA

and Masanobu SUGIMOTO

The traffic data available which to evaluate the fatigue safety of concrete slabs and girders of bridges and pavement of roadways is limited. The reason is that the acquisition of the traffic data requires a lot of time and manpower, and therefore involves a large cost. Over the past few years, the authors have been trying to develop a portable system which monitors the traffic flow and records wheel position and passing times of vehicles at any point on a roadway. This compact system composed of a switch mat, data-logging box and personal computer, also has the ability to process the data and provide histograms of speed and type of vehicles and lateral distribution of wheels, and allows the collecting of a large amount traffic data in various times with minimum cost.

*Keywords : traffic flow, rubber sensor, auto measuring system*

### 1. まえがき

近年、道路や構造物などの損傷や疲労、振動・騒音などの道路環境の問題から、走行自動車についての荷重や車両配列に関する総合的なデータの必要性が叫ばれてきている。しかし、多分野の個々の目的に応じて利用できるような「総合的なデータ」は少ないので現状である。今後、道路や構造物などの計画や設計体系を整備し、それらの維持管理手法の確立を計るうえでも、交通流の特性を考慮に入れた総合的な交通荷重の把握が不可欠である<sup>1)~5)</sup>。

走行自動車に関する測定は、車種、重量、走行速度、車頭間隔、通過位置などが適度な精度を有したデータとして得られ、しかも、どこででも、安価に、大量に、測定できるのが望ましい。ところが、従来の測定では、ある項目については高精度であるが、他の項目については精度に問題があることが多い。また、計測あるいはデータ処理の一部に、人手を煩わす作業があり、ネックとな

ることもある。このようなことから、人手を煩わせずにバランスのとれた精度の計測を行うことのできる、完全に自動化された可搬式の計測システムを開発すれば、交通荷重データの収集、整理の労力および経費を大幅に軽減することができ、「総合的なデータ」を多方面の人々に提供することが可能となろう。

そこで、著者らは数年前から自動車荷重列自動観測(Traffic Load Auto Measuring : TLAM)システムを開発する努力を続けている<sup>6)~9)</sup>。現在も進行中であるが、本システムの一部として、交通流自動観測システムがほぼ完成したのでここに報告する。

### 2. 交通流自動観測システムの機器構成

従来、交通流に関するいろいろな計測システムが開発されてきたが、多くの場合、交通流を上から、あるいは横から非接触で計測し、その信号をアナログデータとしている<sup>4),5)</sup>。本観測システムの基本的な考え方は、スイッチを細かな間隔で横方向に配列し、車輪がその上を走行したとき、どのスイッチが踏まれたかを感知することにより、ON-OFF 信号すなわち 0-1 データとして記録し、交通量、走行速度、車頭間隔、軸距、車輪の走行位置などを知ろうとするものである。この考え方に基づいた本観測システムの機器構成は図-1 に示すとおりであ

\* 正会員 工博 金沢大学教授 工学部土木建設工学科  
(〒920 金沢市小立野 2-40-20)

\*\* 正会員 工修 石川工業高等専門学校助手 土木工学科  
(〒929-03 石川県河北郡津幡町北中条)

\*\*\* 正会員 工修(株)フジエンジニアリング調査設計部長  
(〒530 大阪市北区中崎西 4-3-27)

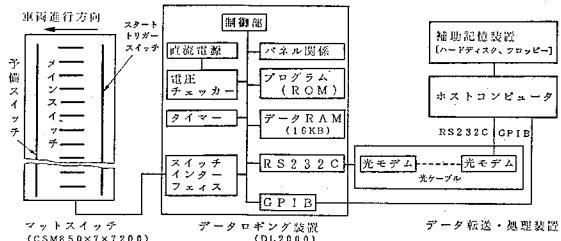


図-1 交通流自動観測システムの構成図

る。

### (1) マットスイッチ (ブリヂストン製CSM 850×7×200)

3枚重ねのネオプレンゴム（総厚 7 mm）の第2層に加圧導電ゴムをスイッチ素子としたコードスイッチ（ブリヂストン製、図-2 参照）が道路横断方向に速度検出用トリガー用と予備用（自転車や自動二輪車などが通過するとき、タイヤ幅が狭くて中央部のスイッチが1個も踏まれないことがあるための予備である。）の2本が埋め込まれ、また、マットの中央部には長さ 5 cm のコードスイッチ 72 個が 10 cm 間隔に埋め込まれている。このマットスイッチは特に高速道路用に極薄になるように特別注文して製作したものである。観測地点では、このマットスイッチを両面接着テープ（積水科学工業製、# 610）を用いて路面に圧着して固定した。なお、マットスイッチの道路上への設置、撤去作業は 2~3 人のスタッフによって数分で完了することができる。

### (2) データロギング装置 (金沢コントロール機器製、DL-2000)

マットスイッチのうちの速度検出用トリガースイッチが“ON”となるとその瞬間の時刻  $t_1$  が記録され、メインスイッチが“ON”になるとその時刻  $t_2$  も記録される。そして、タイヤがメインスイッチを離れるとき、72 個のスイッチの ON-OFF 履歴状態が 0-1 データとして記録される。そして、トリガースイッチが“ON”になった時刻  $t_1$  (3 バイト分) と、メインスイッチが“ON”になった時刻  $t_2$  と  $t_1$  の時間差  $t_2-t_1$  (2 バイト分)、72 個の 0-1 データ (9 バイト分) が RAM に書き込まれ一軸分の処理は終了する。そして、次のトリガー信号を待つ状態となる。この一軸分の処理には 1.33 ms かかる。秒速 30 m (108 km/h) の車両とすれば約 4 cm 移動する間に終了する。

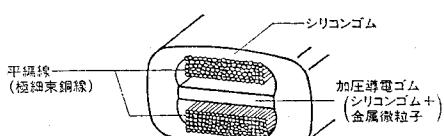


図-2 コードスイッチの構造

なお、使用した時計の精度は  $2^{-15}$  s (1/32 768 秒) であり、速度検出用にはこの精度を用い、経過時刻用には使用メモリーの関係からその 16 倍の  $2^{-11}$  s (1/2 048 秒) を用いている。そして、RAM には 16 kB を用いたので約 1 100 軸分のデータを記憶することができる。

### (3) データ転送装置と記憶装置

観測地点付近に測定車を駐車させることは問題が多いので、測定車は遠隔地に駐車するのを本システムは原則とした。したがって、遠隔地へのデータ転送には信頼度の高い RS 232 C 光モデムと光ファイバーケーブルから構成されるデータ転送装置を利用した。また、近距離高速転送用として GPIB も装備した。データロギング装置の RAM に記憶されたデータはホストコンピュータからの制御指令によりデータ転送装置を介して、いったんホストコンピュータの主記憶にストアされる。ホストコンピュータは転送終了を確認すると、ただちにコンピュータの補助記憶装置 (フロッピー、固定ディスク等) にデータを書き込む。書き込み終了後、ただちにデータ転送待ち状態となる。

なお、メニュー選択によってデータロギング装置の状態をいつも監視できるようになっている。そして、ホストコンピュータのキー操作により、データロギング装置は遠隔操作が可能となっている。なお、RS 232 C あるいは GPIB のインターフェースを有するコンピュータであれば、どのコンピュータでもデータを受け取ることができる。

### 3. データ処理の概要

補助記憶装置に記録されたデータ（一軸分 14 バイト）は図-3 に示すフローに従って処理される。

#### (1) 各軸データへの変換

図-4 の記録データ例 (一方向 2 車線) のように、一

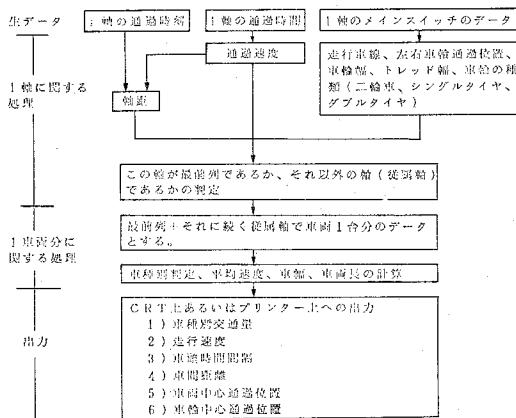


図-3 データ処理の流れ図

測定開始 タイマー開始  
時からの ストップタイマー  
通過時間 までの経過時間(秒)  
(秒)

スイッチ信号(0: OFF, 1: On)

車種
3輪大型
中型
小型
5輪大型
小型
中型
4輪大型
小型
中型
3輪大型
3輪大型
5輪大型

図-4 記録データの一例

軸分のデータは測定開始時からの経過時刻  $t_1$ , スタートトリガーからメインスイッチトリガーまでの経過時間  $T (= t_2 - t_1)$ , 0-1 データのスイッチ信号に変換される。そして各軸の通過速度  $v$  が  $L/T$  (m/s) で求められる。また、スイッチ信号の“ON”信号の位置によって、走行車線、交差(レーンマークをまたいで走行する)、追越車線の3つに分類する。それぞれの車線に分類されたスイッチ信号から左車輪の左端と右端、右車輪の左端と右端の位置を求め、タイヤの幅、タイヤの中心位置、車輪の外幅(トレッド)、トレッド中心位置などが計算される。タイヤの幅とトレッドから、二輪車、軽自動車、小型車、中・大型車、の4種類に分類する。

## (2) 車両データへの変換

図-5には、ある車線を想定した場合を示してあるが、この図のように前に通過した軸( $i-1$  軸)の通過時刻と着目した軸( $i$  軸)の通過時刻との差( $t_i - t_{i-1}$ )と着目車軸の通過速度( $v_i$ )との積  $v_i(t_i - t_{i-1})$  から前の軸との距離(軸距)  $l_i$  が求められる。

ここで、着目した車軸が車両にとって最前軸であるかあるいは従属した軸であるかの判定を次の条件を用いて行う。

- 1 軸前の軸が最前軸であれば、着目軸は従属軸である。

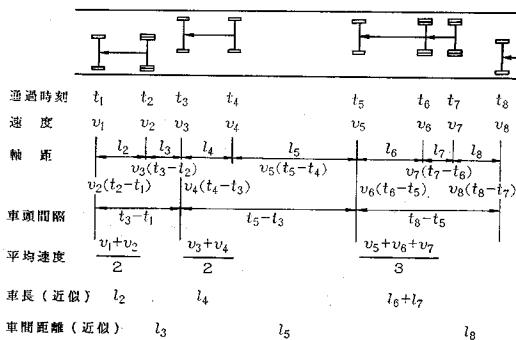


図-5 車輪データから車両データへの変換

表-1 本システムにおける車種分類表

輪距	タイヤ種類	軸数	軸距	車種	車輪配列
1.3m ↓ 2.0m	シングル	2	4.2m	軽自動車	
				小型車	
4.2m	ダブル	3		中型車	
				2 輪車	
		4		3 輪車	
				4 輪車	
		5		5 輪車	

- ダブルタイヤをもつ軸は必ず従属軸である。
- 軸距が 1.9 m 以下の軸は必ず従属軸である。
- 車幅(右車輪の右端と左車輪の左端の距離)が 1 軸前の軸と 50 cm 以上異なるときは別車両の前軸である。
- トレッド中心位置が 1 軸前の軸と 30 cm 以上ずれているときは別車両の前軸である。
- 軸距が 10 m を超える車両はなく、別車両の前軸である。

このような判断を各車線の各軸に対して行い、その後、前軸とそれに続く従属軸数を数え、1台の車両としての最前軸の通過時刻、各軸の平均走行速度、最前軸と最後軸との距離、前の車両の最後軸との距離などを計算する。そして、2輪車に対しては、前・後軸のトレッドから軽自動車、小型車、中型車以上の3種に分類し、さらに中型車以上の車両については軸距 4.2 m 以上の車両を大型2輪車とする(表-1 参照)。3輪以上をもつ車両の分類については車輪の配置を含めて容易に行い得ることは明らかである。ここで、分類される小型車とは総重量がほぼ 5 t 以下の車両であり、中型車とは 5~10 t、大型車とは 10 t 以上の車両である。

## (3) 交通流データの出力

以上の説明でわかるように、本システムではある車両の軸が測定線上を通過するときの情報を種々の判断内容とともにデータとしてもっているために、いろいろな交通流に関する処理を行うことが可能である。

現在のところ、次の頻度分布が画面表示され、ハードコピーを得ることができる。

- 車種別交通量
- 走行速度
- 車頭時間間隔(前軸通過時間差)と距離間隔
- 車間距離(前の車両の最後軸と前軸との距離)
- 車両中心通過位置
- 車輪中心通過位置

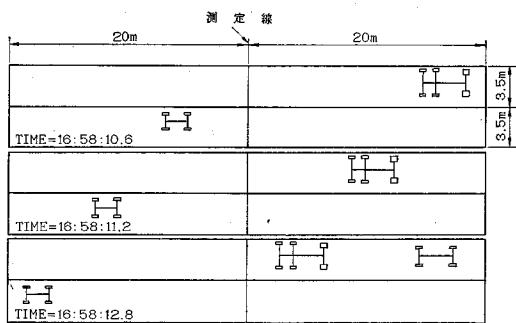


図-6 自動車走行状態のモニタリング

上記の各分布のうち、1) については各車線ごとの車種別交通量を、2)~6) については全車両分のほかに各車線ごとの分布、各車種ごとの分布およびその組合せの分布（たとえば、追越車線を走行する大型車の走行速度の分布など）を求めるこどもできる。

また、図-6 に示すように、想定区間内の自動車の走行状態をディスプレーにてモニターすることもできる。

#### 4. 自動観測例

TLAM システムのうち、交通流観測システムはハードウェア・ソフトウェアともにほぼ完成した。そこで、本システムで計測される走行速度と軸距についての精度を検証するために、建設省土木研究所のループ式舗装走行実験場にて実験を行った。ループでは 3 台の試験車（軸距 5.1m の大型 2 軸車）が制御速度 28 km/h で走

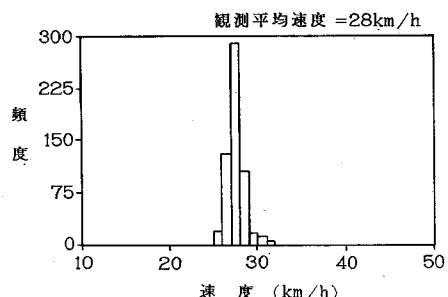


図-7 試験路における走行速度の計測結果

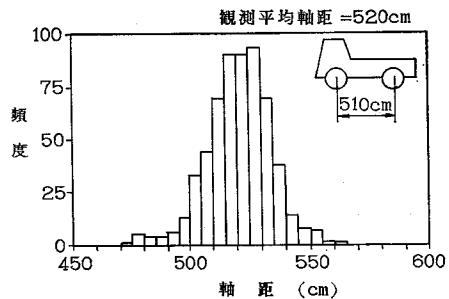


図-8 試験路における軸距の計測結果

行しているときに計測した。図-7 に走行速度の計測結果を、そして図-8 に軸距の計測結果を示した。軸距については若干のばらつきが認められるが、タイヤの接地長さを考えれば、この程度のばらつきはやむを得ないのであろう。これらの結果より、精度については十分満足のいくものであることが確認された。

以上のような精度の確認ののち、多くの測定を行っているが、そのうちの代表的な観測例を以下に示す。

##### (1) 国道 8 号金沢市内浅野川橋上での観測例

測定地点は、浅野川を横切る橋梁上であり、上り線（富山一福井）片側 2 車線（幅 3.5 m/車線）の道路である。センサー部であるマットは特に車両の走行規制を

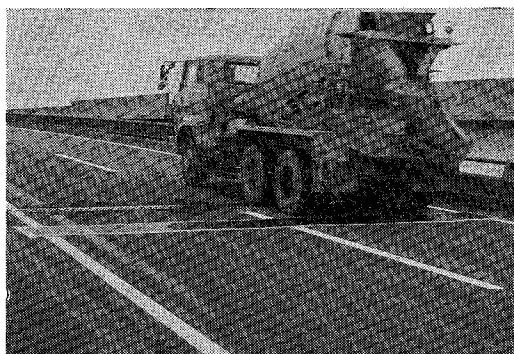


写真-1 浅野川橋上での計測状況

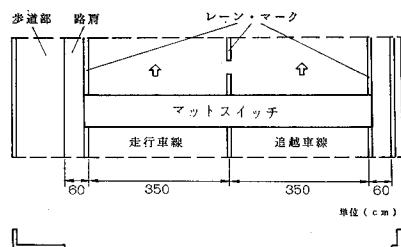


図-9 マットの配置図

表-2 国道 8 号浅野川橋での観測交通量

車種	交通量(台)
軽自動車	1477
小型車	15752
中型車	156
大型車	2 軸車 146
	3 軸車 1241
	4 軸車 302
	5 軸車 189
合計	19263

することなく通行する車両が少ないとときに接着テープで固定した。マットの配置を写真-1 と図-9 に示した。この地点では 16 時から翌日 16 時までの 24 時間測定を行った。この地点での 24 時間車種別交通量を表-2 に示した。

図-10(a), (b) は交通量と平均走行速度の時間変化を時刻ごとに示したものである。朝方ラッシュ時の渋滞の特徴や夜間の走行状態の実態

がよく現われている。

図-10(c)～(f) は 24 時間の全データに関するものである。測定された全通過車両は 19 263 台で、全車の平均走行速度は 50.4 km/h である。ただし、この値は朝夕のラッシュの渋滞時も含めての平均値である。ま

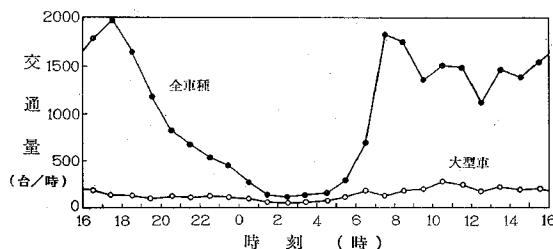


図-10(a) 各時刻の交通量

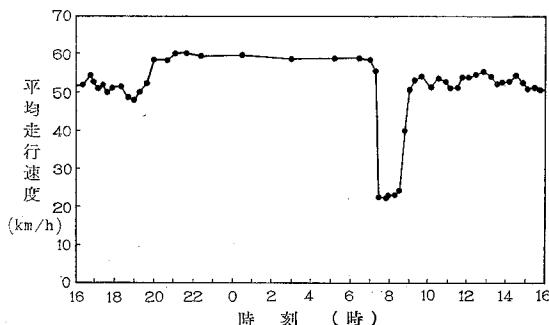


図-10(b) 各時刻の平均走行速度

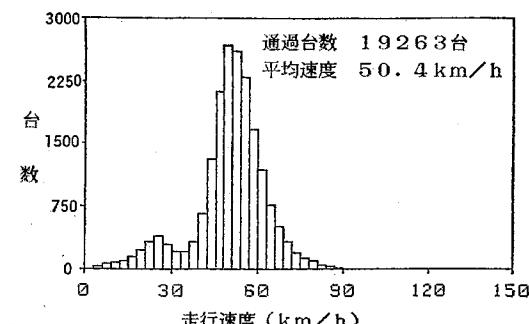


図-10(c) 走行速度分布

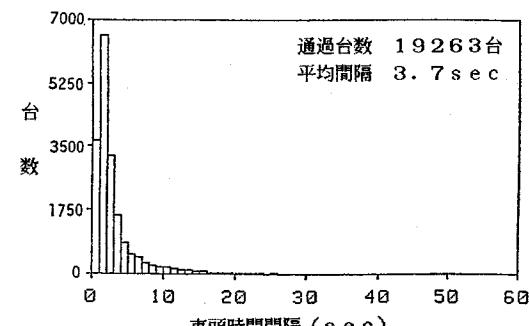


図-10(d) 車頭時間間隔分布

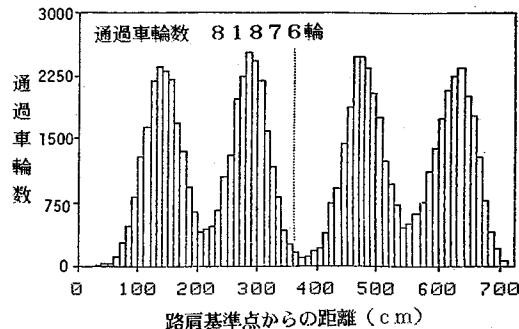


図-10(e) 全車輪の通過位置分布

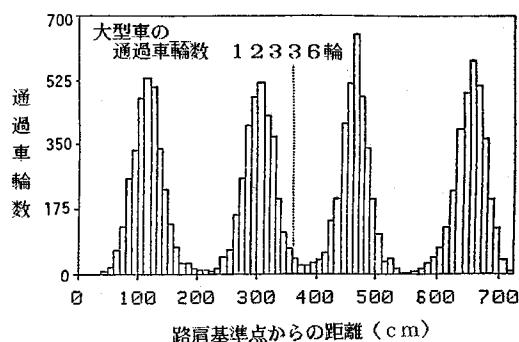


図-10(f) 大型車の車輪通過位置分布

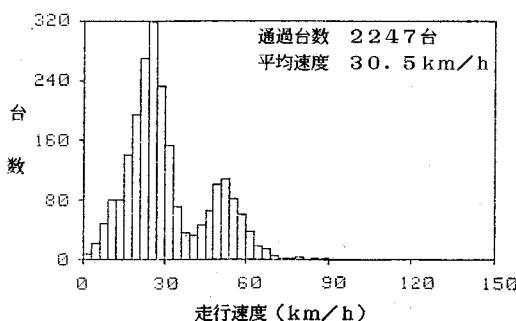


図-10(g) 朝の渋滞時の走行速度分布

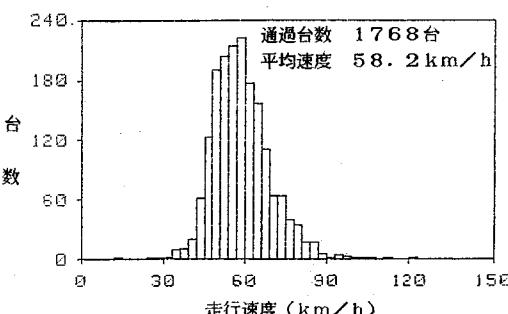


図-10(h) 深夜から早朝の走行速度分布

た、走行速度の頻度分布において、50 km/h 付近の大きなピークのほかに 25 km/h 付近にも小さいピークがあり、双峰性の分布形となっていることがわかる。車輪の通過位置分布をみると、わだち付近にきれいなピークがはっきりと現われている。測定地点では右車輪が、車線右端のレーンマークから 70~80 cm の通過が多く、大型車では 50~60 cm となっていることがわかる。郊外のバイパス的な性格なためか、走行車線と追い越し車線との利用率にほとんど差がない。

車両のデータは時系列でストアされているので、交通データを時間帯別に出力することも可能である。その一例として、図-10(g)は朝の渋滞時(7:35~9:02)の速度分布であり、図-10(h)は深夜から早朝(22:00~6:30)の速度分布である。

この測定から測定マットが、このような 24 時間測定に対しても十分耐えることも立証された。

## (2) 阪神高速道路松原線での観測例

測定地点は松原線阿倍野基地入路付近の下り線片側 2 車線(幅 3.25 m/車線)で行った。センサー部であるマットを高速道路上舗装面に接着させる必要があるため、今回は高速道路であることから一般道路とは異なる次の方法で行った。図-11 にその概要を示した。

速度規制車 2 台と連絡車 1 台を計測地点から約 1 km 離れた手前の入路に待機させ、あらかじめ定められた時刻に高速道路に進入させる。速度規制車 2 台は時速 20 km/h で並行走を行い、一般車の走行を規制する。同時に連絡車は規制車直前の一般車の後を追尾する。規制車が高速道路進入後、約 1 分で規制車前方の一般車は計測地点を通過し終わっている予定である。一般車に追随してきた連絡車が計測地点直前で停止後、作業班はあらかじめ両面接着テープを裏側に貼ったマットスイッチをテープのカバーシールを剥がしながら路面に設置する。規制車 2 台はマットスイッチの設置完了を確認し、計測

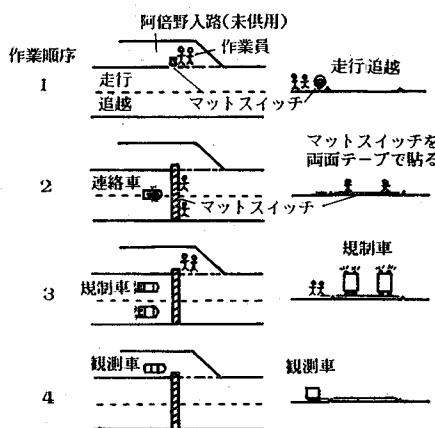


図-11 高速道路上でのマットの設置手順

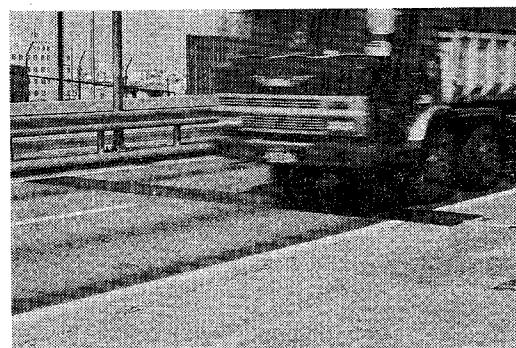


写真-2 阪神高速道路松原線での計測状況

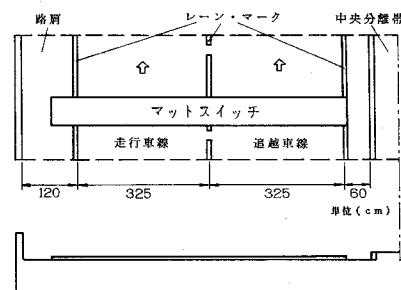


図-12 マットの配置図

表-3 阪神高速道路松原線阿倍野入路付近での観測交通量

車種	交通量(台)
軽自動車	1359
小型車	30267
中型車	191
大型車	2 軸車 169
	3 軸車 1617
	4 軸車 653
	5 軸車 232
	合計 34488

地点通過後、速度規制を解除した。規制開始後、約 3 分で作業を終えることができた。マットスイッチの撤去も同様の速度規制を行った。マットの配置を写真-2 と図-12 に示した。測定は午前 3 時から翌日午前 3 時まで行い、その計測結果を次に示す。

まず、この地点での 24 時間車種別交通量を表-3 に示した。

図-13(a), (b) は時間別交通量と平均走行速度の時間変化を示す。交通量の場合、午前 7 時から 8 時に急激に増加を始め、午後 6 時をピークに減少している。平均走行速度ではその逆に交通量の多い昼間に速度が少し低下していることがわかる。しかし、測定路線が市外方向であるためかいわゆるラッシュ時がなく、ほとんど渋滞することはなかった。図-13(c)には走行速度分布のヒストグラムを示し、図-13(d)には車頭間隔の分布を示した。また、図-13(e) は全車種の車輪通過位置の分布を示したものである。この結果、走行車線より追越車線の車両通過量が多いことがわかり、両車線とともに車線右端のレーンマークから 50~60 cm で最大通過量を示し、車両は中央より右に偏った走

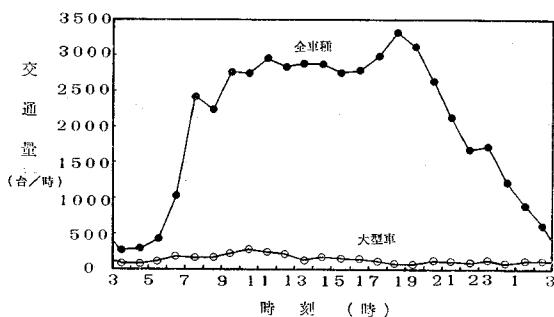


図-13(a) 各時刻の交通量

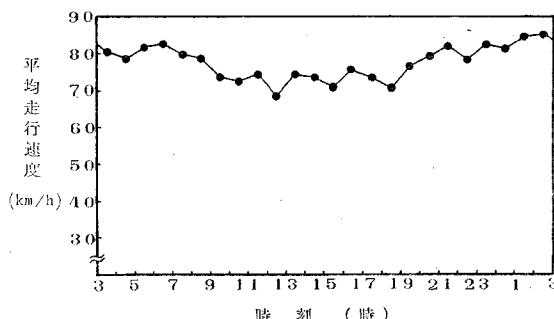


図-13(b) 各時刻の平均走行速度

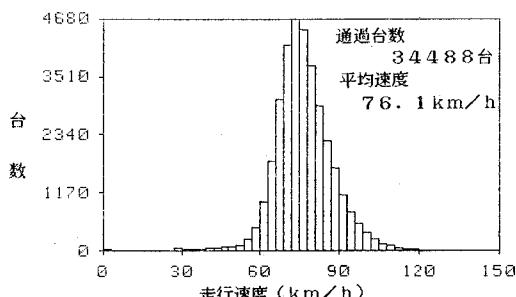


図-13(c) 走行速度分布

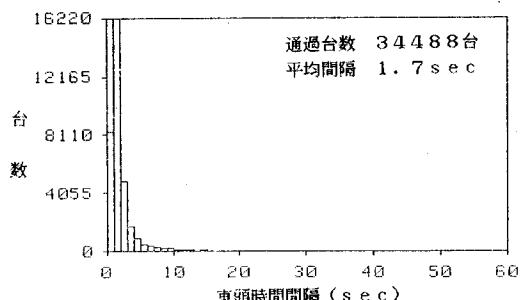


図-13(d) 車頭時間間隔分布

行をすることがわかった。図-13(f)には、大型車の車輪通過位置分布を示した。その結果、大型車には車線別交通量に差がないことがわかり、追越車線右端のレーンマークより30~40 cmに最大通過量があることより、

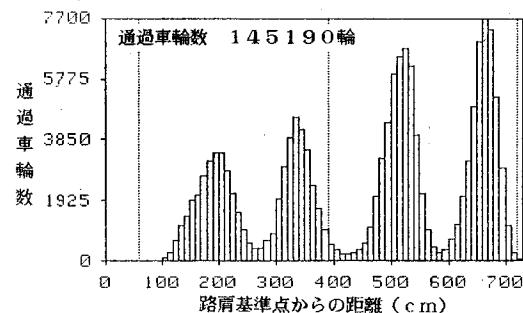


図-13(e) 全車輪の通過位置分布

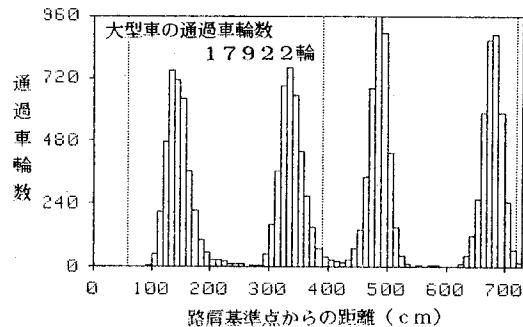


図-13(f) 大型車の車輪通過位置分布

大型車はより右に偏った走行をするといえる。前述の国道8号での計測結果と比較すると車線幅の差の分だけ、さらに右に寄って走行していることがわかる。この測定は高速道路の交通データを得るという目的もさることながら、マット自体の耐久性をテストしてみるという意味合いもあった。かなり高速の重い車両にさらされたにもかかわらず測定システムはトラブルもなく、このシステムの信頼性の高さが確認できた。

## 5. まとめ

以上、著者らが開発した自動車荷重列自動観測(TLAM)システムのうち、その一部である交通流自動観測システムについて報告してきた。このシステムの利点をまとめると以下のようになる。

- (1) 交通流をほとんど乱すことなく、車種、走行速度、車頭間隔、車輪の通過位置などの総合的データをまったく自動的に観測できる。
- (2) 2車線異方向道路においても、マットスイッチに少し工夫することで観測が可能である<sup>9)</sup>。

(3) システム装置全体はコンパクトであるので、容易に持ち運びすることができる。特に、長さ7.2 mのマットスイッチについては、直径60~70 cmの古タイヤに巻きつけることができ、小型の乗用車でも運搬可能である。したがって、どのような地点でも、装置を運搬し、設置すれば測定が可能である。

(4) 一度データロギング装置に蓄えられた測定データは逐次ホストコンピュータによって補助記憶装置に移される。したがって、フロッピーディスクを取り替えさえすれば、連続的に大量のデータを収集することができる。補助記憶装置として、大容量のディスクを用いれば、約3万台/MBのデータを蓄えることができる。

(5) 蓄積したデータは、パソコンで自動的に処理され、時間別、車種別、車線別に交通量、速度分布、走行位置分布、車頭間隔分布等のきめ細かい交通データをメニュー方式でCRT上あるいはプリンターに出力できる。

(6) データ構造がきわめて単純であるため、あらゆるパソコンにデータを転送し、そのデータを個々の目的に応じて利用することができる。

以上のように、(1)～(6)の特徴から、安価に、高精度な、総合的な交通流データが得られるシステムである。ただし、まったく問題がないわけではなく、その問題のいくつかを示しておく。

(1) 路面にゴムマットを設置するためには数分間交通規制が必要となる。ところが、マットを設置してしまえば、厚さ7mmという薄いマットのため、車両への衝撃そのものは道路橋伸縮手部の段差による衝撃と同程度であり、ほとんど問題はない。マットの接着を市販の強力な両面接着テープによって行えば十分な固定度が得られることが確認されている。なお、可搬式であることから長期間の耐久性については今後、検討しなければならない。

(2) 現在のデータロギング装置にはCPU(Z80)が1個と16kBのメモリーが内蔵されており、約1100軸分のデータを装置自体に蓄えることができる。ところが、現在のICの安価を考えれば、多くのメモリーを装備しても費用の点でそれほど問題にはならないであろう。

(3) 都市内道路では渋滞時の車両配列のデータが必要である。従来、渋滞時には写真撮影が用いられてきたが、本システムによって渋滞時の交通流の自動観測が可能となった。ただし、測定地点の「流れ」を計測してい

るため完全に停止するような渋滞については多少精度は落ちるが、3.(2)で示した車両データへの変換での適用条件を変えることで対応できる。

(4) 著者らの目的の一つである荷重測定については、新しい荷重センサーすでに設置されている軸重計の利用あるいは橋梁のひずみやたわみから車両重量を同定する方法を、本システムと連動することで可能であると考えており、今後の課題としたい。

最後にシステム開発途中にもかかわらず、計測の機会を快く与えて下さった建設省ならびに阪神高速道路公団の各位に心より御礼を申し上げる。

なお、本システムの開発の一部は昭和60、61年度科学研究費補助金（試験研究(2)、課題番号60850089）によったことを感謝して、付記します。

#### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所：設計活荷重に関する研究—交通荷重の実態と橋梁設計への適用、土木研究所資料701号、1971年。
- 2) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の通行自動車荷重実態調査報告書、1976年。
- 3) HDL委員会：阪神高速道路における活荷重実態調査と荷重評価のための解析、阪神高速道路公団、1984年。
- 4) 牧野・小松・向井・岡田・久保：橋梁における交通荷重調査と荷重特性の分析、橋梁と基礎、19巻12号、pp.19～26、1985年。
- 5) 中井・亀井・野坂・久保：市街橋に作用する実働活荷重の一調査結果、土木学会構造工学論文集、Vol.32A、pp.609～618、1986年。
- 6) 西沢・梶川・富田：車輪通過位置の自動測定システムについて、第40回土木学会年次学術講演会講演概要集、V-234、1985年。
- 7) 西沢・梶川・宇佐：自動車荷重列の自動観測システムの開発、第11回土木学会電算機利用に関するシンポジウム講演集、pp.95～102、1986年。
- 8) 梶川・西沢：自動車荷重列の自動計測システムの開発について、第41回土木学会年次学術講演会講演概要集、I-174、1986年。
- 9) 宇佐・梶川・西沢：2方向道路における自動車荷重列の自動観測について、昭和61年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、I-13、1987年。

(1987.9.24・受付)