

# 特集論文 阪神高速道路における織込み区間の交通実態 と交通流解析

卷上安爾\*・豊田 建\*\*・松尾 武\*\*\*

阪神高速道路環状線とこれに隣接する放射線上の織込み区間のうち、渋滞の顕著な6区間を対象に航空写真あるいは複数のビデオカメラを用いた録画を利用した交通流の解析作業の結果、織込み区間の速度低下は入路からの合流交通によって発生し、隣接車線へ波及していくことが確かめられた。さらに、この結果を利用して、HCM-85の織込み交通解析手法の適用性についても検討が加えられた。

**Keywords** : *expressway, traffic flow, traffic survey, weaving*

## 1. はじめに

阪神高速道路環状線は最大の車線数が4車線の一方通行の環状線で、空港線・守口線・東大阪線・松原線・堺線の各放射線が接続しており、周辺地域からこれらの放射線を経て流入してくる交通を目的地の最寄り出路から流出させると同時に、都心部から周辺地域へ向う交通を各放射線に導く役割を果たしている。当然、各放射線接続部の間に多くの出・入路が設けられ、環状線と隣接する放射線上の織込み区間では車線変更や合分流挙動が重複した複雑な交通現象が見られ、環状線上に渋滞を頻発させる原因の一つとなっている。したがって環状線上の交通の円滑化を図るためには、容量上のボトルネックとなりやすい織込み区間での効果的な交通運用が不可欠である。

日本におけるこの分野の調査研究は近年になって、やっと本格的に進められるようになったといってもよく、設計基準としていまだに1965年版のHighway Capacity Manual (以後HCM-'65などと略す)の織込み解析の部分を準用しているのが現状である。しかしながら織込み区間が隘路となって発生する渋滞が頻発するにつれて織込み現象についても注目が集まり、1983年からは日本道路公団によって織込み区間の設計に関する調査研究委員会が設けられて、現象解析とシミュレーションによる織込み車線長の検討が行われている。また桑原、中村らによる織込み区間の交通容量の研究や、卷上らによる流入確率の織込み現象への適用についての研究などが進められている。このように織込み区間の交通流の特徴を把握し、設計や交通運用についての指針を得

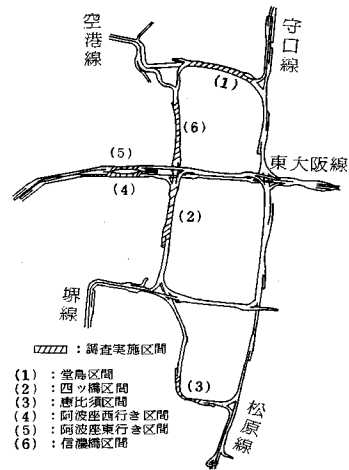


図-1 阪神高速道路環状線概略図

るための研究は、きわめて重要かつ急を要するものとなっている。

本調査研究は、阪神高速道路の環状線やこれに隣接する放射線上の織込み区間において、1985年から1990年の間に、航空写真撮影あるいは複数ビデオカメラの同時録画を主な手段として実施された交通実態調査の結果から、織込み区間の交通流の特性を追求するとともに、容量上の隘路の発端となる渋・停滞の発生が、織込み区間のどのエリアで、またどのようなメカニズムで現れてくるのかを明らかにし、織込み区間の設計あるいは、交通運用計画立案の一助とすることを目的とするものである。またこのような交通実態に基づいてHCM-'85で示された織込み交通解析手法の阪神高速道路への適用性についても検討を加え、織込み交通に対する解析手法の問題点と課題についてもふれようとするものである。図-1に調査区間の位置図を、また表-1に各調査区間の調査日時を示す。

\* 正会員 工博 立命館大学教授 理工学部土木工学科  
(〒603 京都市北区等持院北町 56-1)

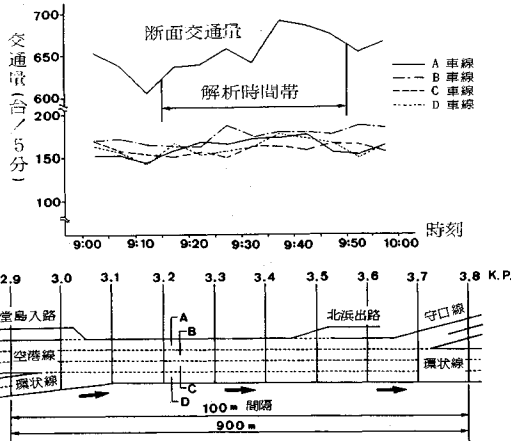
\*\* 正会員 日本道路公団技術部交通技術課

\*\*\* 正会員 阪神高速道路公団計画部調査課長

表一 各調査区間の調査日時

番号	区間	調査日時	手法
1	堂島	1985年7月16日, 8:55~10:00	H
2	四ツ橋	1988年8月2日, 8:23~9:34	H
3	恵比須	1989年3月7,8日, 6:30~12:30	VCS
4	阿波座西行	1989年7月4,5日, 6:30~12:30	VCS
5	阿波座東行	1990年6月26日, 6:30~12:30	VCS
		1990年7月31日, 6:30~12:30	VCS
6	信濃橋	1990年8月1,2日, 6:30~12:30	VCS

H : ヘリコプターからの航空写真撮影による調査  
 VCS : 複数ビデオカメラからの同時録画による調査



図一 堂島区間における5分間交通量の変動状況

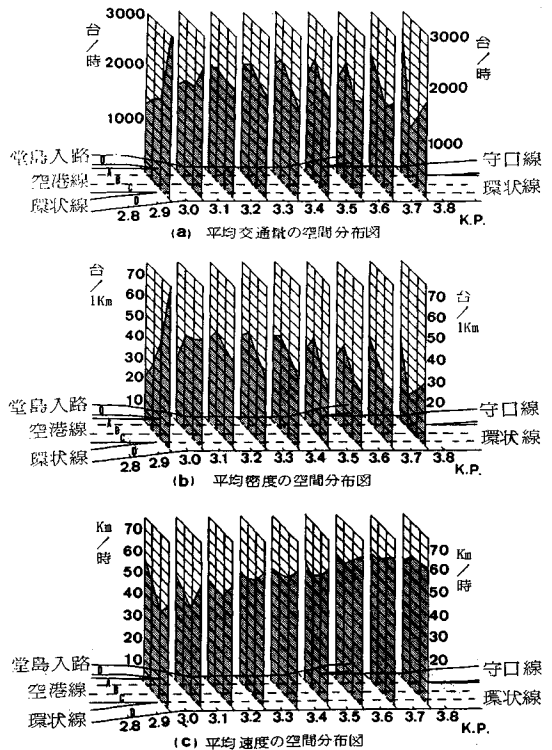
なお以後に、織込み区間における渋滞・停滞現象について述べる部分が多いが、本論文においては、合流や車線変更の際の強引な割り込みなどによって後続車が停止あるいは停止に近い低速で走行せざるをえないような個々の車両の走行状況を「停滞」、交通の集中に伴う交通流の速度低下現象、いわゆる交通渋滞をさして「渋滞」としている。

## 2. 交通実態調査

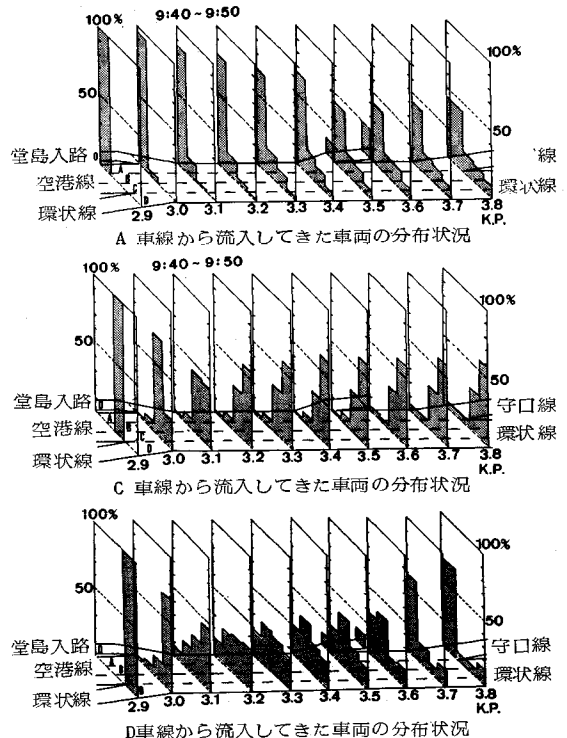
### (1) 航空写真撮影

航空写真撮影は環状線の空港線合流部から守口線分岐点までの通称堂島区間と、同じく環状線の四ツ橋入路から東大阪線分流部までの通称四ツ橋区間の2か所において表一に示す調査時期に実施された。図一2および図一5に両区間の車線構成図と調査時の調査区間中間における交通量の時間変動状況を示す。なお航空写真解析手法の詳細については、文献1)および5)を参照されたい。

堂島区間では、図一3の(a)および(b)の交通量と密度の空間分布図で示されるように、環状線から渡り線を経て当該区間のD車線へ流入する交通と、当該区間から外側のA車線を経て守口線へと流出していく交通が多いのが特徴的である。図一4は流入車線別の交通量



図三 堂島区間の時間帯平均の交通量、密度、速度の空間分布図



図四 堂島区間における車線別交通量分布状況図

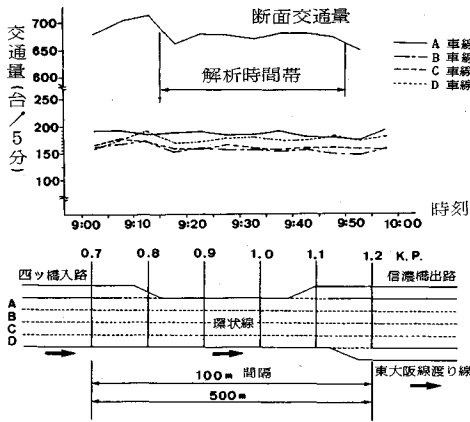


図-5 四ツ橋区間における5分間交通量の変動状況

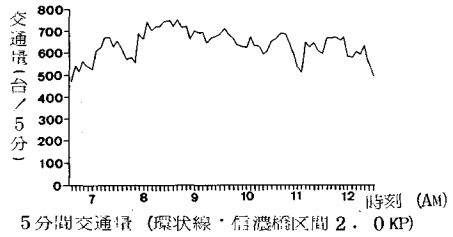


図-7 信濃橋区間の車線構成と5分間交通量

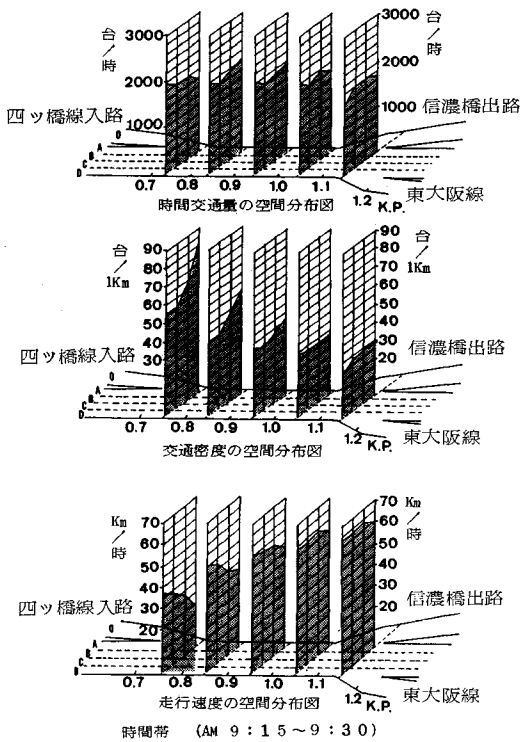


図-6 四ツ橋区間の交通量、密度、速度の空間分布図

分布状況図のうち、ピークの10分間にA、CおよびD車線から流入してきた交通について示したものである。同図より渡り線から堂島区間へ流入してくる交通のうち70%近い交通が守口線へ向うことが示されている。堂島区間が、HCM'85で示されている典型的なC型の織込みであることが示されたことになる。一方D車線と隣接するC車線では60%近くの交通が、D車線へ移り環状線を南下している。このためC車線へ渡り線であるD車線から割り込んでくる車両が多く停滞する車両も多い。この交通の状況が図-3(c)の走行速度の空

間分布図にも表れており上流側、特に上述C・D車線での速度低下が目立ち、下流側へ向けて速度の上昇傾向が見られる。

四ツ橋区間は、図-6より各車線ともに交通量が2000台/時前後と多く、また四ツ橋入路からの流入交通量のためにこれと接続する環状線の外側車線であるA車線の加速車線隣接区間を頂点とした交通密度の急上昇と走行速度の低下が見られ、さらにこのような合流区間での渋滞・停滞現象は下流に向けて速やかに改善されて、信濃橋出路や東大阪線へ向う分流挙動に伴う運用状況の低下現象は見受けられなかった。当該織込み区間は、四ツ橋入路から環状線を横切って、反対側の東大阪線へ向う交通は非常に少なく、四ツ橋入路と信濃橋出路間の単純なA型の織込み区間である。四ツ橋入路からの交通に起因するA車線上流側での密度の上昇と速度の低下は調査時間帯の前半と後半でかなり異なっているのが注目される点であった。

(2) ビデオ撮影調査

ビデオカメラによる撮影調査は、環状線信濃橋入路から空港線分流部の信濃橋区間と、東大阪線の環状渡り線合流部から大阪港線・神戸線分流部の阿波座西行き、東行きの両区間、および恵比須入路と灘波出路間の恵比須区間の4区間である。以下にビデオ撮影調査の代表例として信濃橋と阿波座西行きの2区間を取り上げその概要を示す。図-7および図-10に両区間の車線構成図と交通量を、また、図-8および図-11に交通密度のコンター図をそれぞれ示す。両区間ともに広範囲に見通しのきく近傍のビル屋上から複数のビデオカメラを用いて連続6時間の同時録画を実施した。

まず図-8に示す信濃橋区間は、上流側で右側から東大阪線からの渡り線が、また左側からは信濃入路が接続し、大量の交通が環状線へ流入して来る区間である。したがって各車線ともに上流側が混雑している時間帯が多

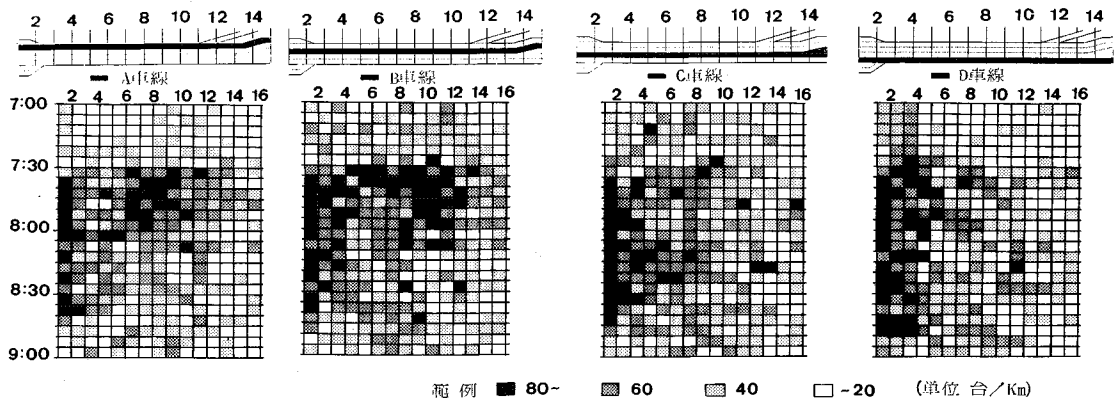


図-8 信濃橋区間における密度コンター図

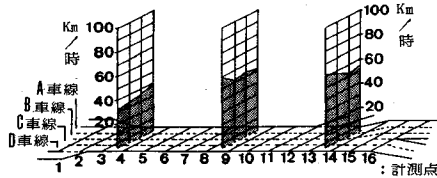


図-9 信濃橋区間における走行速度の空間分布図 (AM 6:45~7:00)

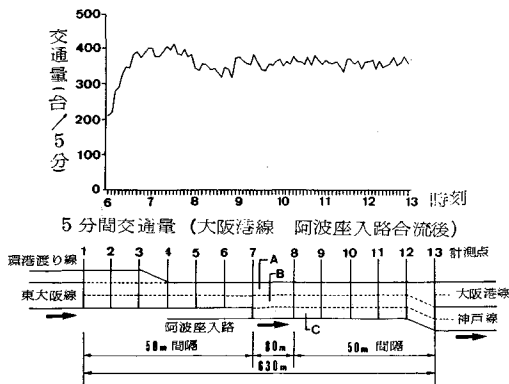


図-10 阿波座西行き区間の車線構成と5分間交通量

くなっている。また東大阪線からは、信濃橋入路よりも3倍以上も多い500台/15分もの流入交通があり、そのうちの70%近くの交通が空港線へ向って反対側のA・B車線へと織込んで行くために、A・B車線では空港線流出部まで、調査区間の全体にかけて渋滞している時間帯も目立つ。区間交通量がピークとなった6時45分~7時の車線別走行速度を示すと図-9のとおりで、上流側で、特に東大阪線合流部側での速度低下とその後の下流側へ向けての速度の回復が目立っている。

次に図-11に示す阿波座西行き区間で、環状線からの渡り線の合流部に接するA車線では、その合流部から発生する渋滞が上流側へ波及している状態が示されている。また阿波座入路合流部と接しているB車線でも

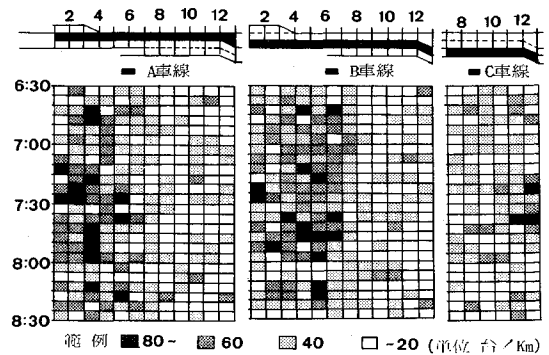


図-11 阿波座西行き区間における密度コンター図

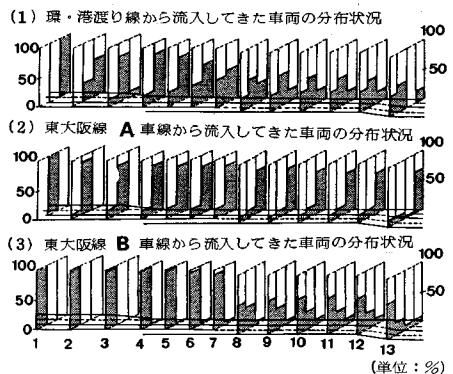


図-12 車両分布状況 (ピーク時間帯: 6:45~7:00)

合流端ノーズから上流側へ向かう渋滞が示されている。ただしこのB車線側の渋滞は、図-12に示すように環状渡り線から流入している交通のうち、その8割近くが神戸線へと向っているが、その中でも1/4近い交通が阿波座合流ノーズ後の50m区間で神戸線へ直結するC車線へ移行しており、この織込みに伴って発生したものである。事実、阿波座入路からの交通はピークの15分間においても34台と非常に少なく、このため当該合流端以降、神戸線分流端までの3車線区間で多くの車両が

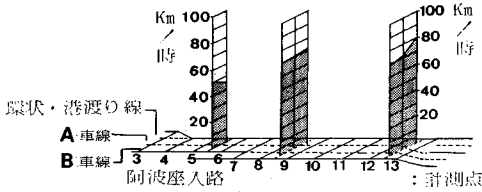


図-13 阿波座西行き区間の走行速度の空間分布図 (AM 8:25~8:40)

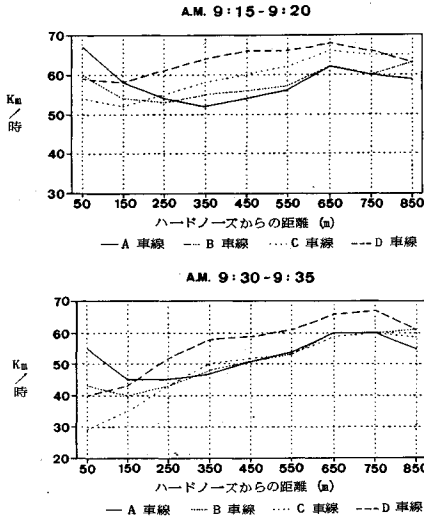


図-14 堂島区間における車線別速度分布状況

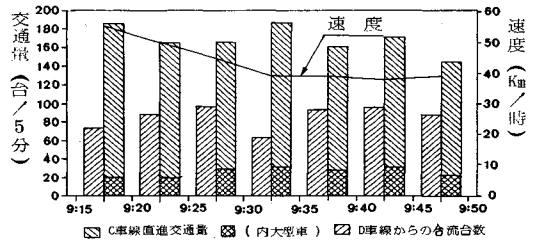


図-15 堂島区間渡り線合流部の交通量と速度変動状況

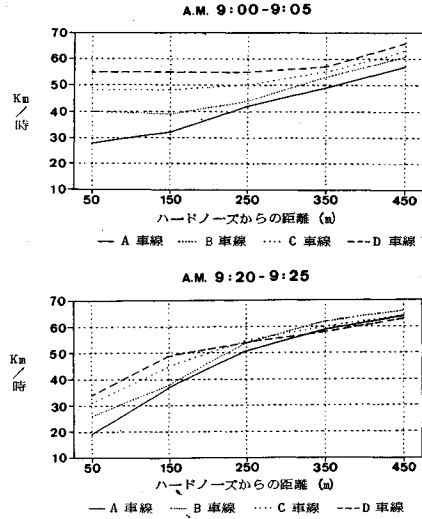


図-16 四ツ橋区間における車線別速度分布状況

C車線へ移行してA・B車線上の渋滞を低減させている。速度の分布状況は、図-13に示すとおりで環状渡り線合流部の直近下流でピーク時において50 km/時前後であったものが、阿波座入路合流端下流の3車線区間から神戸線分岐へ向けて20~30 km/時もの速度の向上が記録されている。

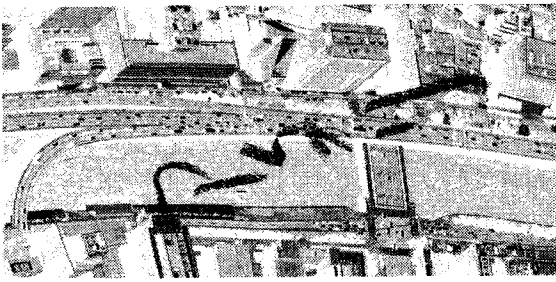
### 3. 織込み区間の速度の分布特性

織込み区間におけるピーク時の渋滞現象は、まず合流部付近から発生していることがこれまでの織込み区間全体をカバーした交通実態調査の結果から示された。ここでは本報告で取り上げた4つの調査対象区間のうち、多面的なデータの抽出が可能な航空写真調査の対象となった堂島・四ツ橋両織込み区間の交通実態から、特に合流部付近の交通に焦点を当て、渋・停滞の発端となった交通流の特性を追究するものである。

#### (1) 堂島区間

まず堂島区間では、図-14に示されるように、スムーズな流れの時間帯では、渡り線が直結しているD車線から守口線への向う織込み交通が徐々に車線変更を行うため、この影響を受けて速度の低下位置がC車線、B

車線、A車線の順に下流側へずれている。守口線へ直結しているA車線の速度低下地点は、北浜出路の約100 m手前となっている。各車線ともに、それぞれの速度低下地点以降で傾向的には、下流へ向けて速度を上昇させている。一方渋滞の場合には、上流端における速度低下が著しい。特に渡り線と空港線の合流部を形成するC車線とD車線における速度低下が著しい。空港線から、この合流部へ直進してくるC車線での速度低下が激しいのは、渡り線(D車線)から守口線へ向う交通の多くが、堂島区間に入るとすぐに中央寄りのC車線へ車線変更を行うためと考えられる。またこのような車線変更の影響を受けて、ノーズ端から150 m下流あたりのA・B両車線においても、速度が40~45 km/時に低下している。しかしそれ以降は、各車線とも下流側へ向けて急激な速度の回復を示し、下流端では非渋滞のよりも約5 km/時程度の速度低下に止まっている。C車線の合流部における平均速度とC車線の直進交通量および渡り線からの合流台数を図-16に示す。同図から9時15分~30分までの間は、D車線からC車線へ合流していく車両が5分毎に増加していき、これに伴ってC車線合流部での速度は55 km/時から45 km/時へと



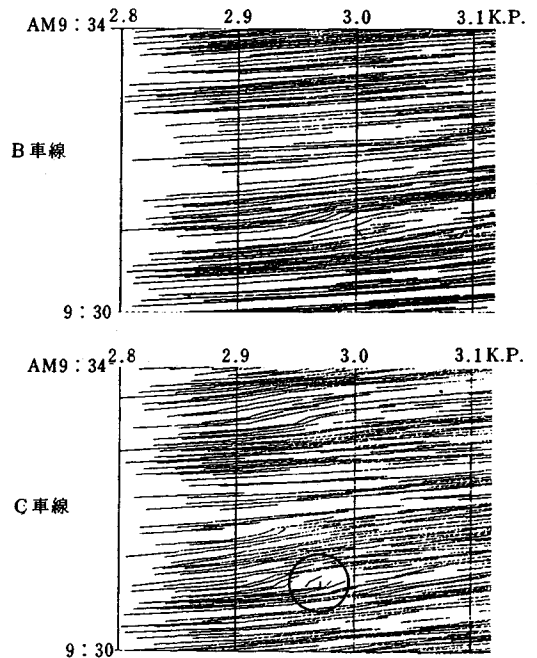
写真—1 9時31分56秒における堂島渡り線合流部の状況

低下していることが示されている。しかしながら9時30分～35分の間は、D車線からの合流台数は減少しているにもかかわらず、C車線合流部での走行速度は40 km/時以下に低下している。これは堂島区間が午前9時30分頃からピークを迎えて、かなり大きな車群がC車線上の上流から合流部へ到達してD車線からC車線への車線変更が押さえ込まれた反面、合流が困難となって停滞状態となったD車線上の車の中には、強引にC車線へ流入していく車両も現れ、合流部での急激な速度低下が起きたものと考えられる。したがって、9時30分以降のC車線合流部における速度の低下は、このC車線上の直進車両とD車線からの合流車両とのせめぎ合いから生じたものである。このような渋滞発生発端となった合流部での走行車両の走行状態を走行軌跡図で示すと次のとおりである。なお軌跡図は、航空写真より読みとられた各車両の各撮影時刻における存在位置を時空平面上にプロットし、それらを結んで全車両の走行軌跡を車線別に描いたものである。これによると、やはりC車線の軌跡図で、2.9～3.0 K.P.の間の○印で示した所に、強引な車線変更を示す新しい軌跡の始りと後続車の急激な減速を示す軌跡の立ち上がりが見られる。この立ち上がった軌跡が上端で途切れているのは、隣接車線へ強引に車線変更をしたことを示しており、この影響を受けてB車線の軌跡図上でも該当する部分で、軌跡の立ち上がりが見られる。このように軌跡図のうえからも、D車線からの合流による停滞の発生と、その上流側と隣接車線方向への波及、すなわちショックウェーブ現象をうかがい知ることができる。

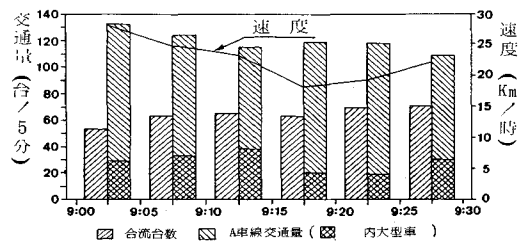
なお、この停滞が起こっている航空写真のサンプルを、写真—1に示す。

(2) 四ツ橋区間

一方図—15に示されるように、四ツ橋区間では渋滞発生前の比較的スムーズな流れの場合には、四ツ橋入路からの流入交通の影響を直接受けないC・D車線では、当該織込み区間の前半で50～55 km/時の速度を保ち、後半から徐々に加速して下流端では60～65 km/時の速



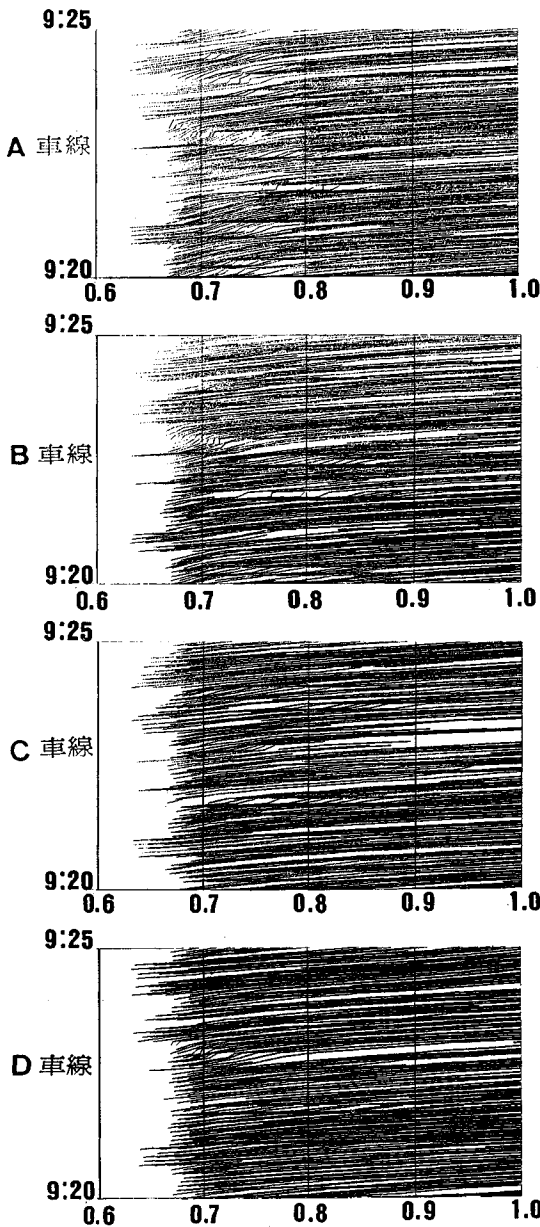
図—17 堂島区間上流区間の走行軌跡図



図—18 四ツ橋入路合流部の交通量と速度の変動状況

度となっている。一方四ツ橋入路に接するA車線では、合流地点で30 km/時以下の速度、また流入交通を避けて車線移行する車の影響を受ける隣接のB車線では約40 km/時の平均速度となっている。ただしA・B両車線共にこの織込み区間全体を通じて加速し、終端では55～60 km/時の速度に達している。一方渋滞時には合流地点でA車線で20 km/時以下、四ツ橋入路の反対側のD車線ですら35 km/時以下の速度に低下している。ただしその後の速度の回復は著しく、中間点辺りからは各車線共ほぼ同じような速度を保って終端ではいずれも65 km/時の値となっており、織込み区間とはいえ、合流部での速度低下に問題があることが示されている。

四ツ橋区間の合流部の状況を図—18に示す。四ツ橋区間では、解析を始めた午前9時には本線交通量が、ほぼピークに達し、四ツ橋入路からの交通を受け入れるA車線の合流部における速度は30 km/時以下のかかなり低い値を示していた。しかしながら堂島区間と同様に四



図一19 四ツ橋区間の走行軌跡図

ツ橋入路からの交通は徐々に増加し、これに伴って A 車線合流部での速度も徐々に低下する傾向にあった。ところが、9 時 15 分から 20 分の 5 分間では、流入交通量はほとんど変わっていないにもかかわらず、A 車線合流部での速度は、その前の 5 分間平均走行速度よりも 5 km/時以上も低下している。一方、図中の A 車線上の大型車の台数は、9 時 15 分を境にほぼ半減していることが示されている。前章 2.(1) で示したように 9 時 15 分以前のこの合流区間での速度低下は、A 車線と隣接 B 車線の二車線に限られていたのに対して、9 時 15 分

以降の 15 分間では、速度の低下が A・B 二車線のみならず、他の二車線にも及んでおり、四ツ橋入路からの本線への流入が、かなり強引に行われたことと推測される。本線上の大型車通行量が多いと、ランプからの合流車のドライバーは、心理的に合流しにくく、無理な合流を避けていたものが、大型車混入率が低くなると、ランプ合流車はかなり強引に本線に合流し、合流部付近の全車線を一時的に停滞させてしまったものと考えられる。

走行軌跡に関しては、A 車線で急激な速度低下が見られた午前 9 時 20 分から 25 分までの B・C・D 車線の合流部付近のものを図一19 に示す。これらの図をみると、B、C 車線の数ヶ所と D 車線の一部にショックウェーブが見られ、入路から強引に合流してきた車両の影響によって全ての車線を一時的に停滞させている状況が、明瞭に示されている。

#### 4. 1985 年版 HCM の織込み解析法の評価

##### (1) 前提条件

ここで 1985 年度版 Highway Capacity Manual (以下 HCM-'85 と略す) で示された織込み区間の解析法を図一1 に示した 6 つの調査対象区間の織込み交通に適用し、その適合性の評価と改善への可能性を探る。周知のように、HCM-'85 の織込み解析法は、検討対象区間の幾何構造上の特徴から定められる織込みの形式別に設定された速度算定式を用いて織込み車と非織込み車の走行速度を求め、この算定された走行速度と、あらかじめ定められた各サービスレベルの基準速度に照らして、与えられた交通と道路条件のもとでのサービスレベルを定めようとするものである。したがって、ここで試みた HCM-'85 の織込み解析法の適合性の評価と改善への可能性とは、この速度算定式を用いて求めた算定速度が、調査解析の結果求められている実測結果と、どれほど適合しているか、また速度算定式の諸係数を回帰分析の結果修正するなどして、改善の可能性があるかどうかを求めたものである。検討を進めていくうえで、条件設定上、下した判断について示すと次のとおりである。

##### a) 織込みタイプの判定について

環状線およびこれと近接する放射線の区間では図一1 に示されているように多くの出・入路が設けられ、調査区間の多くが非常に複雑な多重織込み区間となっている。しかしながら、全ての方向別の流れをそのまま取り扱おうと、算定方式がいたずらに複雑に過ぎたり、タイプの判定に支障が生じるなど、各織込み区間の交通実態から問題となっている重要な流れを見失う恐れもあるので、数 % 程度といった流出入交通は、他の主要な流れに無理のない方向で組み込み、できるだけ単純な織込み形式として解析を加えることとした。例えば、堂島区間において、北浜入路および堂島入路からの流出入交通は、

表—2 HCM 織込み解析基本データ表

区 間	織込み型式	区間長	車線数	時間帯数
堂 島	C	2,700	4	5
四 ツ 橋	A	1,230	4	6
恵 比 須	A	1,200	2	3
阿波座西行	C	2,330	3	1
阿波座東行	C	1,150	3	6
信 濃 橋	C	2,520	4	3

全車両の8%以下であり、調査の結果から問題となっている他の交通に与える影響は非常に少ないと考えられるので、堂島区間本線の一部と見なして解析を行っている。以上のような考え方に従って定めた各調査区間の織込みの型式を、表—2に示す。

b) A型の織込み区間の取扱いについて

A型に関しては、HCM-'85によれば“入・出路の間を連続した付加車線で接続されている区間”と定義されているが、調査区間には、これに相当する付加車線が設けられていない。しかしながら四ツ橋区間や恵比須区間のように入・出路が非常に近接している区間では、本線の隣接車線間で流入・流出に伴う織込み現象が生じていることは、交通量の車線分布状況からみても間違いのないところであるのでA型の織込みとして解析を行っている。

c) 交通量の取扱いについて

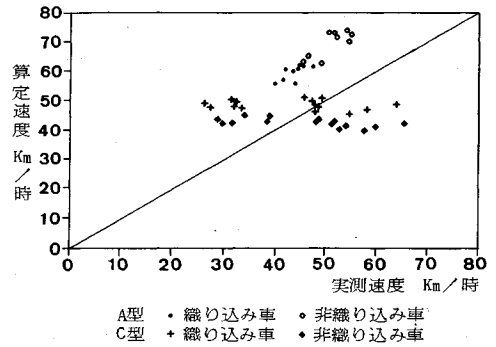
本研究で解析の対象となったのは、表—2に示されるようにA型が2区間、C型が4区間の計6区間で、解析対象の時間帯も非常に限られている。HCM-'85では、容量解析においてはピーク時の15分間交通量を対象に時間交通量に換算して行うように定められているが、今回の解析では5分間交通量を時間交通量に換算して時間帯の数を増し、交通量の変動幅を拡げている。なお、交通量はHCMの手法に従って乗用車換算の値としている。解析対象時間帯の数を、表—2にあわせて示す。

d) 織込みおよび非織込み交通の走行速度について

HCM-'85でいう織込み車・非織込み車の速度が、織込み区間のどの地点または区間の速度であるかは明確に示されていないが、一般的には織込み区間全体を通じての速度と理解されている。ここでも、この解釈に従って、A型の区間では、ランプ側車線の区間平均速度を織込み車の速度、残りの車線の平均速度を非織込み速度に、またC型の区間については、外側の2車線の区間平均速度を非織込み速度、残りの車線の平均速度を織込み速度として取り扱っている。

(2) 適合性の評価

上記のような条件のもとで、HCM-'85で定められた手順に従い織込み交通の容量解析を実施した。その結果



図—20 織込み区間の予測速度と実測速度の相関図

得られた織込み車・非織込み車の算定速度と上記(1)で示した実測値の取り方に従った実測速度との相関図を図—20に示す。図によるとA型の織込み区間では、HCM-'85による算定速度は実測値よりもかなり高く、最大で20km/時以上もの差が出ている。またC型の織込み区間では、これまでにも指摘されているように、織込み車の方が、非織込み車の速度よりも全般的に高い速度が算出されているばかりか、A型のように一定の相関性を示す傾向もあがえない状況である。以上のことからHCM-'85の織込み交通の容量解析手法をそのまま阪神高速道路のような、日本の都市高速道路にそのまま適用することはかなり無理があると言えよう。これは道路構造や運転者の習慣の全く違う米国のデータに基づいた算定式を用いることに本質的に無理があるということに尽きると言えるが、A型では連続した付加車線が設定されておらず、また、一車線当りの交通流率が四ツ橋区間、恵比須区間共に2300台/時を越えた時間帯もあり、適用には無理があるものと考えられる。

(3) 改善の可能性

HCM-'85による織込み区間の織込み車と非織込み車の速度 ( $S_w$  または  $S_{nw}$ ) は次式のように定められている。

$$S_w \text{ または } S_{nw} = 15 + \frac{50}{1 + a(1 + VR)^b (\nu/N)^c / L^d} \quad (1)$$

ここに、VR: 織込み交通量比

$\nu$ : 織込み区間の総交通量、(台/時)

N: 織込み区間の車線数

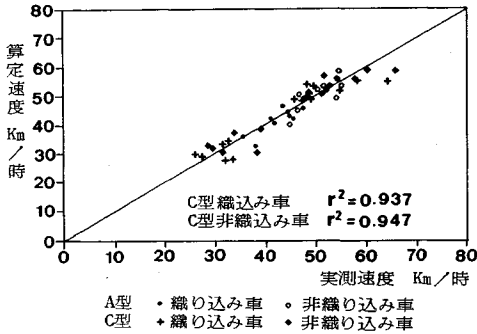
L: 織込み区間長 (フィート)

また、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  および  $d$  は定数である。この速度予測式は15マイル/時 (24 km/時) と65マイル/時 (104 km/時) に漸近する。そこで、本研究においては各調査結果から得られている速度コンター図や速度計測結果の一覧表から、極度の渋滞領域にある速度を除くと、走行速度は18 km/時から83 km/時までに変動していた



表—3 速度予測式の回帰分析結果

常数	A 型		C 型	
	織込み車	非織込み車	織込み車	非織込み車
a	$4.122 \times 10^{87}$	$1.712 \times 10^{258}$	0.517	0.0268
b	-11.86	-15.36	2.415	2.055
c	1.48	-2.11	3.430	3.888
d	62.04	80.36	3.422	3.513



図—21 修正予測速度と実測速度の相関図

ので、修正予測式では10マイル/時(16km/時)と55マイル/時(88km/時)に漸近させることとした。したがって次式

$$Sw \text{ または } S_{nw} = 10 + \frac{45}{1 + a(1 + VR)^b (\nu/N)^c / L^d} \quad (2)$$

を基に、走行速度の実測値とVR、 $\nu$ 等の各解析時間帯の解析変数を用いて回帰分析を加え式(2)の定数a, b, cおよびdの値を求めた。結果を表—3と図—21に示す。同図に示す相関係数の値からみて、相関性もかなりあり、妥当な結果を得ているが、表—3の係数の値自体は、aがあまりにも過大であり、またb, cの値が負の値を取るなど、不合理な点が多い。これは付加車線のないこと等、適用条件が満たされていない点に無理があったものと考えられる。

### 5. 結論と今後の課題

本研究は阪神高速道路の環状線あるいはその近傍で、隘路となっている織込み区間に注目し、空中でホバリングさせたヘリコプターからの連続写真撮影または、隣接するビルの屋上から複数のビデオカメラによる固定地点ビデオ録画からの再生画面を用いた交通実態調査を行い、織込み区間における交通流の特性を把握し、走行速度の低下からショックウェーブの発生という、渋滞発生のメカニズムを明らかにするとともに、実態の把握できた調査時の交通流に対して、1985年版のHighway Capacity Manualで定められた織込み交通の解析手法

を適用し、その適性と改善の方向を模索したものである。以下に本調査研究によって得られた結果と課題を、調査と解析の手法、その解析によって明らかになった交通流の特性、および織込み交通解析法の三分野ごとに示す。

まず調査解析の手法に関しては、1km前後の延長がある織込み区間の交通の全貌を把握するには、本調査研究で実施した航空写真が複数固定地点からのビデオ撮影しかなく、事実、織込み交通の実態はかなり納得のいくところまで解明されたと考えられる。ただし両手法ともに画像からの計測に多大のマンパワーを要する。両手法の特徴について示すと、航空写真の解析は、3名程度の注意力に優れ、忍耐力のある学生が数か月にわたって作業して初めて結果が出る過酷な解析作業を必要とするが、一旦データがテープ化されると総合的で綿密な解析が可能である。一方、複数地点からのビデオ撮影は、各車両の走行経路を追跡して方向別の織込み交通量を求める際、10名程度の計測者が協同作業を行うと効果的である。それ以外の計測作業は個々に独立して実施可能であり、パソコンを利用した計測の自動化も可能である。したがって交通実態の明確化、あるいは渋滞要因の特定化等で綿密な調査が求められる織込み区間では航空写真の活用を、また解析作業に時間的余裕のない場合にはビデオカメラの利用を計るなど適切な調査手法の選定に努めるとともに計測の自動化を計っていくことが不可欠である。

次に本調査研究で得られた阪神高速道路のピーク時における織込み区間の交通流の特徴は、合流部における急激な速度の低下とショックウェーブを伴う隣接車線への速度低下の伝播である。この合流部における速度低下は、当然のことながら関連する本線あるいはランプの各車線から合流部へ到達する過大な交通需要によるものではあるが、車群の到着あるいは大型車両の多少などの偶然変動を伴う要素によって極度に促進されている。さらに、このような突然の停滞から逃れようと、隣接車線へかなり強引な車線移行が見受けられ、このために隣接車線上での停滞とショックウェーブの発生を促し、織込み区間上流部において断面全体の掛け台数の低下をまねいている。ただし、このような上流区間での疎通能力の低下は、下流端へ向けて早急な速度の回復をもたらしている。換言すれば、阪神高速道路環状線およびその周辺で隘路となっている織込み区間では、合流現象と分流現象が分離しており、合流部での速度低下と分流部へ向けての速度回復が特徴となっていると言える。

最後にHCM-'85の織込み解析手法の適用性についての検討結果である。同手法の適用にあたっては、型式の判定や織込み交通量の取扱い、走行速度の採り方等にある程度の割り切りが必要であったとはいうものの、結論としては、HCM-'85に定められている速度予測式をそ

のまま阪神高速道路の織込み交通に適用することは無理であることが明らかになった。さらに実測の速度を目的変量に、また織込み交通量比等の解析変数を説明変数として HCM-85 の速度予測式の形式を用いて回帰分析を行い、改善の可能性を追究した。この結果、堂島区間の C 型の織込み区間では、かなり良好な結果を得たが、A 型の場合には係数の値からみて妥当性を欠く結果となった。これは左側からの入路と出路が近接して設置されており、車の流れとしては A 型に非常に類似しているものの、入・出路間に連続した付加車線が無いケースを、あえて A 型と見なして適用したことに無理があったものと考えられる。完全な付加車線の設置が行われていない場合が多い日本の都市高速道路の現状からみて、A 型の速度予測式を実測値に基づいて求めていくことは、ほとんど不可能と判断される。織込み区間内の走行車両の加減速や分合流の各挙動を個別に観測してシミュレーションを構築するか、織込み区間での合流部の占める役割の重要性に注目して、現在加速車線長の算定に利用されている流入確率の理論を適用するなどして、織込み現象の解析を進めていくことが必要であると考えられる。

また、HCM-85 では、容量解析は 15 分間交通量で定式化が行われているにもかかわらず、本論文では 5 分間交通量をベースに解析を行っている。これは速度予測式の係数を求める際に、一定のデータ数を確保するため止むを得なかったものではあるが、今後とも 15 分間交通量に基づいた容量解析に向けてデータの蓄積に務めていくとともに、サービス水準を定めていくためにも交通量—密度—速度の関係も総合的に進めていくことが重要な課題として残されている。

## 謝 辞

本調査研究を実施するにあたって、阪神高速道路公団の担当の方々から多大の御尽力と御協力を賜った。また立命館大学理工学部土木工学科交通計画研究室の卒研生には、多年にわたって過酷な解析作業に従事してもらった。記して深甚の謝意を表したい。

## 参 考 文 献

- 1) 巻上安爾・坂本破魔雄・林 昌親：航空写真に基づいた交通流解析の一手法について、土木学会論文集第 347 号 / IV-1, pp.153~162, 1984 年 7 月。
- 2) 日本道路協会：道路の交通容量, 1984 年 9 月。
- 3) 阪神高速道路公団：阪神高速道路環状線堂島付近ウィーピング現象調査報告書, 1986 年 3 月。
- 4) 交通工学研究会：1985 道路の交通容量 (Highway Capacity Manual) pp.87~108, 1987 年 2 月。
- 5) 巻上安爾・松尾 武・松原武司：阪神高速道路環状線堂島区間の交通現象と容量解析についての研究, 交通工学, Vol.23, No.5, pp.7~22, 1988 年 9 月。
- 6) Makigami, Y. et al : Traffic Flow Characteristics and Capacity Analysis of a Heavy Weaving Traffic Section of the Hanshin Expressway, Selected Proceedings of the 5th World Conference on Transport Research, Vol.IV, pp.397~409, 1989.
- 7) 豊田 健・巻上安爾・松尾 武：阪神高速道路環状線四ツ橋区間の容量解析についての研究, 土木計画学・講演集, No.12, pp.53~60, 1989 年 12 月。
- 8) 阪神高速道路公団：環状線信濃橋付近の織込み現象検討業務報告書, 1991 年 3 月。
- 9) 交通工学研究会：織込み区間の設計に関する調査研究報告書, 1989 年 3 月。
- 10) 交通工学研究会：織込み区間の設計に関する調査研究報告書, 1990 年 3 月。
- 11) 豊田 健：HCM (1985) 織込み交通流解析手法の適合性の検証及び改善に関する調査研究, 1990 年度立命館大学理工学研究科修士論文, 1991 年 3 月。

(1991.5.7 受付)

## TRAFFIC FLOW CHARACTERISTICS AND ANALYSIS ON WEAVING SECTIONS OF THE HANSHIN EXPRESSWAY

Yasuji MAKIGAMI, Ken TOYODA and Takeshi MATSUO

This report describes the outline and the results of a series of traffic surveys and capacity analysis on weaving sections on the Central Loop and its neighboring sections of the Hanshin Expressway in Osaka, Japan. The traffic surveys were conducted by making use of both areal photographs taken from a hovering helicopter and video recordings from the top of buildings along the weaving section under study. The traffic flow through the six weaving sections were analysed and it was found that the weaving traffic were severely affected by the on-ramp traffic performance. Using those traffic data applicability of HCM-85 Weaving Capacity Analysis Method to the Japanese expressway was evaluated. It was concluded that the HCM Method can not be applied to the traffic on the Hanshin Expressway without adding some modifications. Directions for modifying the speed equations were given based on the regression analysis.