

非渋滞領域の高交通流率に影響する要因の分析

RELATIONSHIP BETWEEN THE HIGHEST FLOW RATE IN NONCONGESTED REGION,
AND GEOMETRIC FACTORS AND LARGE VEHICLES

岩崎征人*, 高田祐**, 渡辺隆***

M. IWASAKI, Y. TAKADA, and T. WATANABE

The purpose of this paper is to analyze characteristics of the highest flow rate in noncongested region on an intercity expressway. It is well known that traffic volume are affected by roadway and traffic conditions on highways. Some researcher have pointed out that traffic capacities at sag sections and entrances of long tunnel were affected by these geometric factors and/or highway facilities. If they are true, the highest flow rate in noncongested region may also be affected by those factors.

Data used here were collected from about a 100 detector stations set up at each lane on about a 100km section of the Tomei Expressway. Data which speed excess 60km/h are selected, and the highest percentile (95%) flow rate are calculated to analyze the effect of some geometric factors, and percentile of large vehicles. A multi-variate analysis is introduced to quantify the effect of these factors.

1. はじめに

交通容量は同一の路線上でも地点によって異なることが知られている。また、同一の地点においても非渋滞時と渋滞時の最大交通流率が異なった値をとることが知られている。このような交通流の特性は、1985年版のHCM¹⁾でも示唆されてきたところである。我が国では、都市間高速道路での隘路部の渋滞時の交通容量が非渋滞時の60~70%にも低下するということが報告されている²⁾。Hallら³⁾は、都市内高速道路での交通流を観測した結果として、渋滞時の交通容量は非渋滞時のものに比べ約6%程度低くな

るといっている。日本とカナダの結果を比べたとき、二つの交通状態の最大交通流率にこのように大きな差がなぜ生ずるのかは必ずしも明らかではない。考えられる理由の一つに、どのような交通状態で交通容量とするか、という考え方の差があるように思われる。交通容量の値を定める場合の交通流状態の考え方(非渋滞及び渋滞領域ともに)は、このように必ずしも明確になっていないきらいがある。

'85年版のHCMによれば、交通容量とは"the maximum hourly flow rate at which vehicles can reasonably be expected to transverse a point or uniform section of a lane or roadway during a given time period under prevailing roadway, traffic, and control conditions"と定義されている。我が国の定義⁴⁾では、"道路及び交通条件が模範的あるいは基本的である場合において、それぞれの道路でしばしば生ずると考えられる最大交通流率とみなす..."とされている。これらの文献で述べら

キーワード：非渋滞領域、高交通流率、幾何構造要因、大型車混入率、重回帰モデル

* 正会員、工博、武蔵工業大学土木工学科助教授

** 学生会員、武蔵工業大学大学院

*** 正会員、工博、武蔵工業大学土木工学科教授

F158 世田谷区玉堤1-28-1

れている”reasonably be expected”や”しばしば生ずると考えられる”最大交通流率は、対象となる道路での観測時に得られる絶対的な最大値を意味しているわけではない。むしろ、それぞれの道路において日常的に測定可能な最大値を意味していると考えほうが妥当であろう。それゆえ、この点については、Hallら³⁾が述べているように、道路施設の種類ごとに交通容量の値を定義するほうが妥当なように思われる。しかしながら、このような定義付けが妥当であるにしても、依然としてどのような交通状態で出現する最大交通流率をもって交通容量を定義するのかについては疑問が残る。

本研究は、このような疑問に直接答えるものではないが、一つの試みとして同一の路線上の多数の地点から得られた多量のデータに対して統一した閾値を適用することで非渋滞領域での最大交通流率を定義した。その上で、これらの最大交通流率がそれぞれの地点における幾何構造条件や大型車混入率などのような関係があるのかを解析し、各地点で出現する最大交通流率が幾何構造の組合せや交通条件によってどのような影響を受けているのか、という疑問に接近することが本研究の一つの目的である。

2. 利用したデータと集計の方法

解析に利用したデータは、東名高速道路の日本道路公団東京第一管理局管内(東京一袋井間約220km)の上下線の本線上に設置されている車両感知器から得られたデータである。各車両感知器はダブルループタイプである。これらの車両感知器からは、各5分間ごとの交通量(Q)、大型車交通量、空間平均速度(V_s)及び時間占有率(O_{cc})が得られている。ここで定義されている大型車は、車長5.5m以上のものとされている。このため、本研究で以下に用いる”大型車”についても、車長5.5m以上の車両を大型車としている。車長5.5mが大型車を定義する閾値として妥当であるか否かについては、議論の生ずるところであろう。しかし、筆者らの現在の研究段階では上述の定義を用いてゆくこととした。車両感知器からのデータは全て磁気テープ(MT)に収録されて

いる。ここで解析の対象としたのは、1990年5月の一カ月分(約8900個)のデータである。

幾何構造データについても、道路公団の協力によって入手した。幾何構造データは東京から沼津までの約100km区間の100m毎の平面線形と縦断線形に関するものである。

この結果、車両感知器と幾何構造データとがともに利用可能な区間(約100km)に存在する車両感知器データを解析の対象とすることとした。この区間に含まれる車両感知器の数を表-1に示した。

表-1 利用した車両感知器の数

	3車線区間			2車線区間	
	shoulder lane	middle lane	median lane	shoulder lane	median lane
上り	19	19	19	35	35
下り	19	19	19	34	34

解析にあたっては、表-1に示した全ての地点・車線についてQ- V_s - O_{cc} 相関図を作成した。その結果上り・下りの両方向ともに、東京料金所に近接する地点(上り2ヶ所、下り3ヶ所)での交通流がそれ以外の地点に比べ料金所の影響が強く現われていたので、これらの地点については解析の対象から除外することにした。解析には非渋滞領域と渋滞領域と

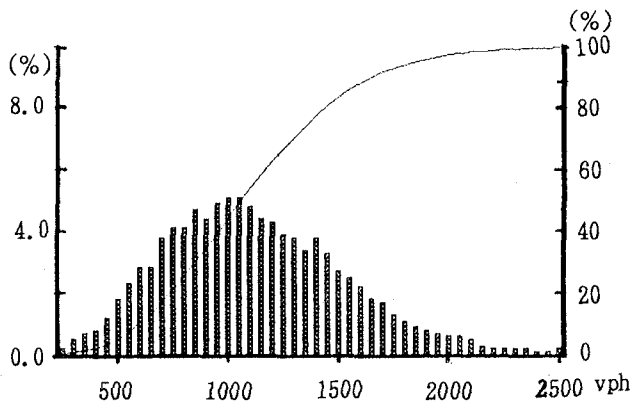


図-1 非渋滞領域の交通流率分布

がともに出現している地点・車線だけを解析の対象とすることとした。渋滞領域を有していない地点・車線のデータを解析対象から除外した理由は、これらの地点・車線で得られた交通流率は、当該地点の上流に存在する隘路の交通容量の影響を受けるため当該地点の非渋滞領域で出現する最大交通流率はその地点の交通容量を現しているわけではないからである。

さらに、 $Q-V_s-0_{cc}$ 相関図を目視によって観察したところ、いくつかの地点・車線に関しては明らかに異常な振舞いをするものがあった。そのため、これらの地点・車線についても、上述の料金所付近の車両感知器と同様、解析の対象から除外することとした。これらの車両感知器データに加えて、登坂車線区間内のデータについても解析の対象から除外した。このようにして選定した解析対象の各車線構成区間別・車線別の車両感知器数を表-2に示してある。

表-2 解析の対象とした車両感知器の数

	3車線区間			2車線区間	
	shoulder lane	middle lane	median lane	shoulder lane	median lane
上り	17	17	17	24	24
下り	14	14	14	22	22

各地点・車線の非渋滞領域での高交通流率の推定は以下のようにして行なった。すなわち、 $Q-V_s$ 相関図上において速度60km/hを非渋滞領域と渋滞領域の境界速度と仮定して、この速度以上の領域から抽出される全てのデータを用いて交通流率の分布図(50台/時)を作成した。交通流率分布の一例を図-1に示した。このようにして作成した分布図を利用して、95%タイル値の含まれている階級値を求め当該車線の高交通流率とした。なお、本報告の段階では大型車当量を考慮していない。そのため、図-1は実際に得られた交通流率を用いて作成されている。

各車線の大型車混入率は、この階級値とこれを挟む前後2階級に含まれる全ての交通量(Q)と大型車交通量とを用いて算出した。図-2は、上り方向の各地点の車線ごとの高交通流率の変動状態を示したものである。図中×印を付したものは、車両感知器が登坂車線区間に設置されていることを意味している。なお、この図には解析の対象から除外した地点も記入してある。

3. 高交通流率の特性

(1) 地点及び車線特性

図-2からも明らかのように上り方向における高交通流率は、地点ごとにも、また車線間においても大きく変動することがわかる。各車線の非渋滞領域での交通流率をみると3車線区間については、shoulder laneで650~1550台/時、middle laneで1600~1950台/時、及びmedian laneで1550~2250台/時

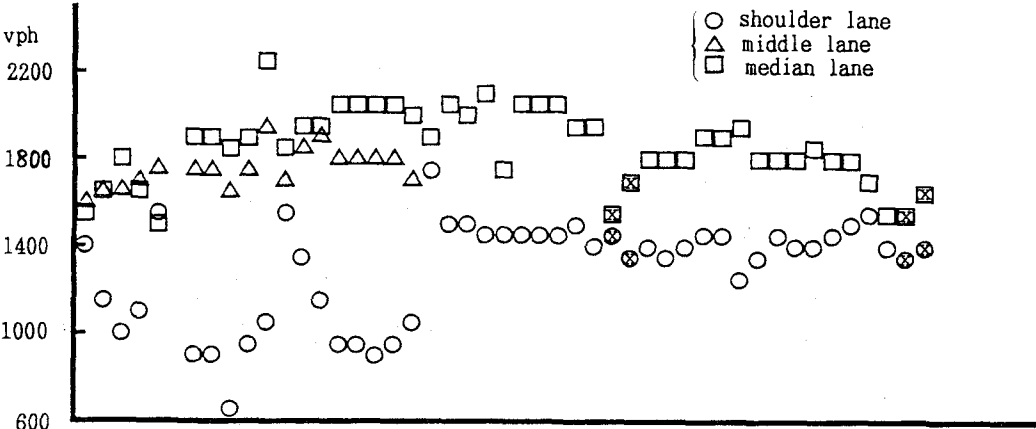


図-2 非渋滞領域の高交通流率の地点・車線変動

の範囲でそれぞれ変動している。一方、2車線区間については、shoulder laneで1250～1750台/時、median laneで1550～2100台/時となっている。この変動の範囲については下り方向についてもほぼ同様であった。これによれば、3車線区間各地点のshoulder laneの交通流率が3車線区間の他の車線や2車線区間の各車線に比べかなり低い値となっていることがわかる。この傾向は下り方向についてもほぼ同様であった。なぜ3車線区間のshoulder laneだけがこのように低い値となるのかについては、ここで用いたデータでは明らかに出来なかった。しかし、2車線区間のshoulder laneの交通流率の値から考えてみても、このように低い交通流率が3車線区間のshoulder laneの最大交通流率であると考えにくい。なぜここで対象とした区間の当該車線でこのように低い交通流率しか出現しないのかについては、車両感知器以外の計測手段を用いて確認する必要があるだろう。このように、3車線区間のshoulder laneの交通流率についてはここで求めた値が非渋滞領域での最大交通流率であると考えにくい。以下、解析では上り・下りともに3車線区間についてはshoulder laneを解析の対象から除外することとした。

図-2の各車線で相対的に低い交通流率の生じている地点は、大きな上り勾配の区間や登坂車線の区間であることが分かった。これに加えて、既往の研究^{2), 5)}で指摘されている長大トンネル(都夫良野トンネル)入口直近上流の地点とサグ部(南矢名橋付近)でも周辺の地点に比べやや低い交通流率が出現しており、これらの地点が交通容量上の隘路となっていることを確認できる。

以上の点からみて、この図で示された交通流率の変動を引き起こしている原因の一つには、幾何構造要因が係わっていると考えてよさそうである。

著者らが報告した推定自由速度と幾何構造要因などの関係の解析⁶⁾の結果によれば、当該東名高速道路の3車線と2車線の区間での交通流の性質はやや異なっていることがわかった。そのため、これら二つの車線区間を同一の交通流であるとして統合し

て解析をすることは出来そうにない。このため、以下の解析においてはこの点に留意し、3車線区間と2車線区間とを別個に取り扱うこととした。

(2) 高交通流率と各種要因との関係

上述のように、各車両感知器設置地点での交通流率は幾何構造要因などの影響を受けていると考えてよさそうである。ここでは、交通流率に影響する要因として、①地点勾配、②曲線半径、③クレスト頂部からの距離、④サグ底部からの距離、及び⑤大型車混入率を抽出し、これらの要因と各地点・車線での交通流率との関係について考察を加える。なお、曲線半径については、全ての車両感知器が単円内に設置されていたわけではなかった。そのため、一部の地点については車両感知器設置地点直近の上下流に存在する単円の半径で代表させている。また、クレスト及びサグについては、それぞれ縦断勾配が上りから下りへ(凸)、下りから上りへ(凹)変化する形状のものだけを対象としている。

(a) 地点勾配との関係

図-3は、上りの2車線区間のmedian laneにおける交通流率と車両感知器設置地点での勾配との関係を示したものである。これによれば、上り勾配が大きくなるほど当該地点の交通流率は低下することがわかる。しかし、1%程度までの上り勾配は殆ど交通流率に影響を与えていないとはいえない。一方、下り勾配については交通流率と勾配との間に明確な関係があるとはいえない。すなわち、下り勾配が大きくなっても交通流率は増加するものではないことがわかる。

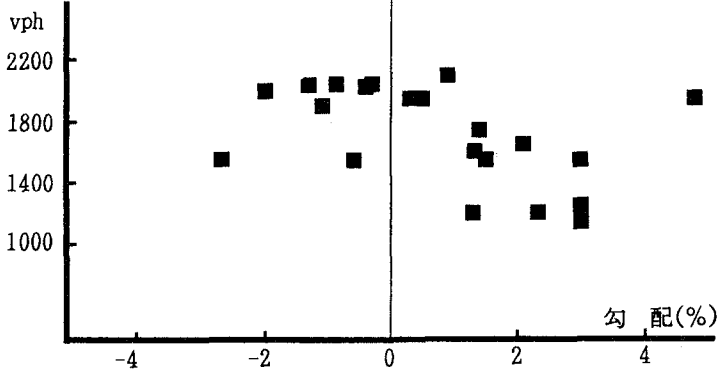


図-3 地点勾配と交通流率

(b) 曲線半径との関係

図-4は、下りの2車線区間のmedian laneにおける交通流率と車両感知器設置地点での曲線半径との関係を示したものである。これによれば、曲線半径約3000mまでの範囲では、半径が小さくなると交通流率は低下する傾向を示している。しかし、半径が3000mを超える領域ではそのような傾向は認められず、交通流率は曲線半径とほとんど無関係のようである。

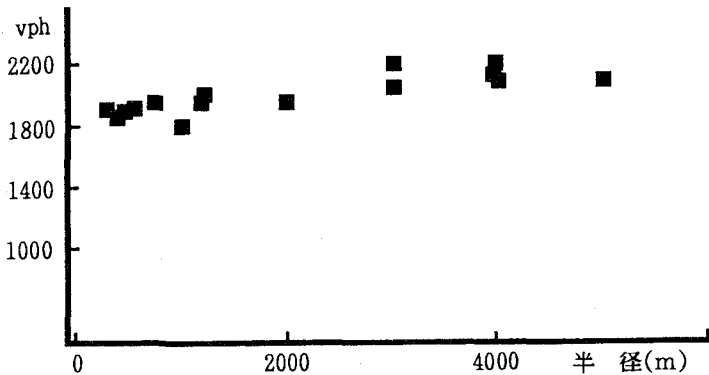


図-4 曲線半径と交通流率

(c) サグ底部からの距離との関係

図-5は、上りの2車線区間における shoulder laneでの交通流率と車両感知器設置地点の上流に存在するサグ底部からの距離との関係を示したものである。この関係では、地点勾配における上り勾配との関係ほどに明らかとはいえないが、サグ底部からの距離が約3000mまでの範囲では、距離の増大に伴って交通流率がやや低下する傾向を認めることが出来そうである。しかし、3000mを超える領域では交通流率の低下はほとんど認められず、低下した交通

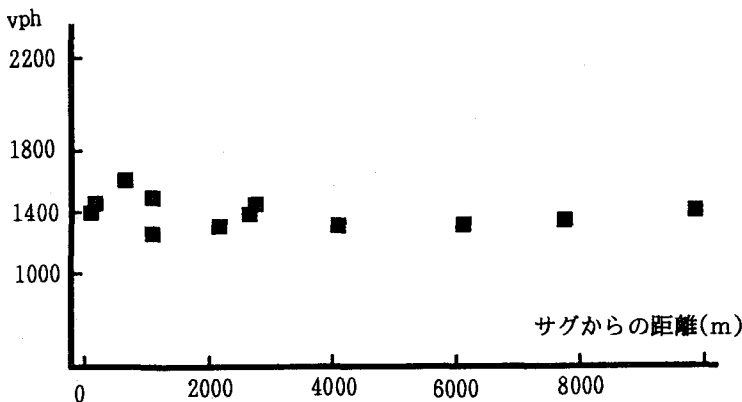


図-5 サグからの距離と交通流率

流率のままで推移しているようである。

(d) クレスト頂部からの距離との関係

図-6は、下りの2車線区間における shoulder laneでの交通流率と車両感知器設置地点の上流に存在するクレスト頂部からの距離との関係を示したものである。この関係では、上述してきたいくつかの要因とはやや異なっている。すなわち、クレスト頂部からの距離はほとんど交通流率と無関係であるように見える。これはここで対象としたクレストが、上り勾配から下り勾配に変化する凸型だけであることから、クレスト頂部に至までの上り勾配の大きさや長さによってクレスト頂部を通過できる最大交通流率が規定されていると考えられる。その結果、クレスト頂部の下流に設置されている車両感知器設置地点で出現する交通流率が図に示したようにクレスト頂部からの距離とは殆ど無関係になって

しまったものと考えられるのである。

(e) 大型車混入率との関係

図-7は、上り3車線区間におけるmedian laneでの大型車混入率と交通流率との関係を示したものである。これによれば、得られた混入率の範囲内でみて、大型車混入率の増大は明らかに交通流率を低下させることがわかる。しかし、ここで示した車線については大型車の混入率の範囲が5%程度から10数%まででしか得られていないため、より広い混入率の範囲に渡ってここに示したような傾向があるかどうかについては、明確でない。

以上のように、車両感知器設置地点での各車線の交通流率は幾何構造要因や大型車混入率に影響を受けていることがわかる。しかしながら、各要因の交通流率への影響の度合いは必ずしも一様ではないようである。とくに幾何構造要因についてその傾向が強いといえそうである。その原因の一つとしては、道路の線形が平面線形と縦断線形との調和のある組合せを要

求されているためであるといえそうである。

して用いなかったのである。

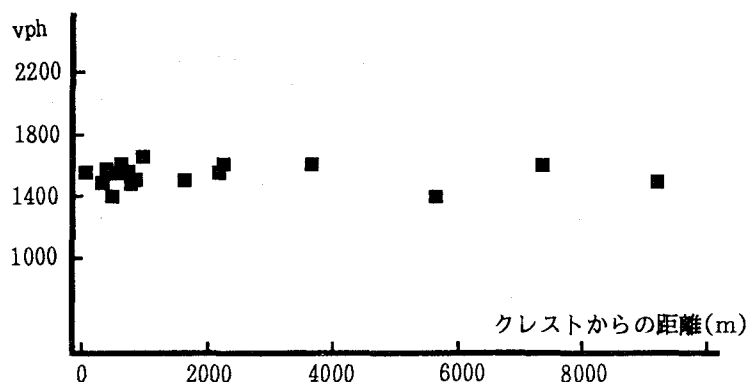


図-6 クレストからの距離と交通流率

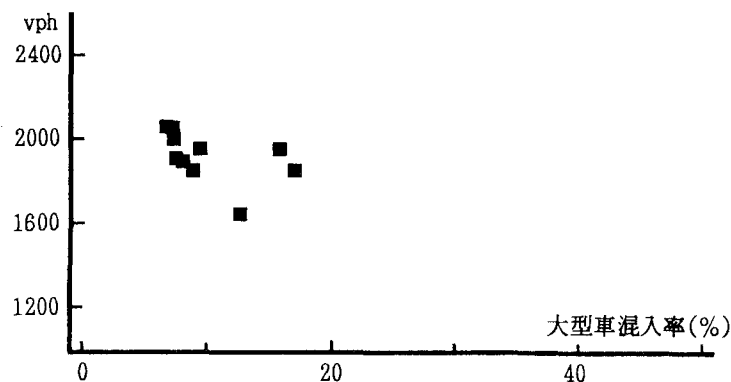


図-7 大型車混入率と交通流率

4. 高交通流率の重回帰モデル

上述したように、幾何構造要因や大型車混入率の高交通流率への影響の仕方は一様ではない。ここでは3章で示した各要因がそれぞれ独立して各地点の高交通流率に影響を及ぼしているとの前提で、これらの要因を説明変数とし、各地点の高交通流率を被説明変数とした線形重回帰モデルを作成をした。ここで説明変数を限定したのは、著者らがこれまで行なってきた一連の研究⁶⁾の結果から得られた知見によっている。すなわち、これらの結果では上記の幾何構造要因以外は、殆ど交通流に影響を及ぼしていなかったり（例えば片勾配）、あるいはここに導入した変数と強い相関を有している（例えば、S曲線の半径和、S曲線の長さなど）ことが知られた。そのため、本研究ではこれらの要因を説明変数と

ここで作成したモデルは、大きく分けて三種類である。すなわち、①車線構成区間別、上り・下り別、車線別モデル、②車線構成区間別、方向区分を取り去った車線別モデル、及び③車線構成区間別、車線区分を取り去った方向別モデルである。これら三種類のモデルのうち、①と②の車線別モデルは、説明変数の変動幅が狭いこともあって高い重相関係数が得られなかった。そのため、本報文では③の車線区分を取り去ったモデルについてのみの考察する。

ここで作成した車線区分を取り去った方向別モデルは次の4つである。

- ① 3車線区間上り方向
(middle+median)
- ② 3車線区間下り方向
(middle+median)
- ③ 2車線区間上り方向
(shoulder+median)
- ④ 2車線区間下り方向
(shoulder+median)

説明変数としては次の4変数を用いている。

- ① 車両感知器設置地点の勾配(%、上:+, 下:-)
- ② 曲線半径(m)
- ③ サグ底部及びクレスト頂部からの距離
(m、クレストからの距離:-, サグからの距離:+)
- ④ 大型車混入率(%)

表-3には、各モデルの推定結果を示してある。この結果によれば、各モデルの重相関係数は0.634から0.892となっておりモデルの説明力は比較的満足できるものである。また、これら4つのデータセットのうち2車線区間の下りについて実測値と推定値との関係を示したものが図-8である。

表-3の結果からもわかるように取り込まれた説明変数のうち『大型車混入率』と『曲線半径』の二つについては偏回帰係数も安定しており、また各変数の符号も合理的である。『サグ/クレストからの

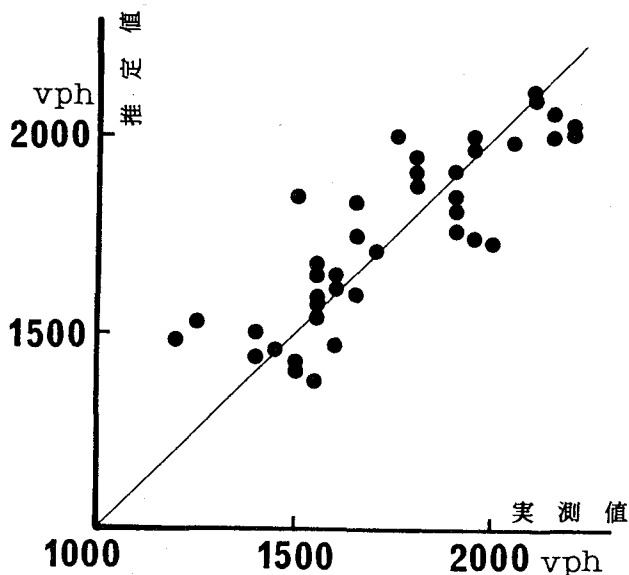


図-8 実測交通流率と推定値との関係

距離』については、3車線区間下りのデータセットについてだけしか取り込まれておらず、交通流率を説明する変数として妥当であるかどうかについてはやや問題があるのかもしれない。

表-3の結果によれば、各車線構成区間（3車線区間と2車線区間）での高交通流率に対する『曲線半径』と『大型車混入率』との影響の度合いがやや異なっているようである。すなわち、『大型車混入率』の偏回帰係数（あるいは標準偏回帰係数）の値が3車線区間と2車線区間で異なっており、この変数が2車線区間の高交通流率に対してより強く影

響していることがわかる。このような結果の生じた原因の一つには、3車線区間で解析の対象としたのがmiddle laneとmedian laneだけであることに関係しているといえそうである。各車線区間の大型車交通量がほぼ等しいとしても、3車線区間で対象とした二つの車線の『大型車混入率』が2車線区間のshoulder laneとmedian laneの混入率に比べ低くなっていることから上記のような影響度の差が生じてくるであろうことは推測可能である。

一方、『曲線半径』の影響度は『大型車混入率』とは逆に3車線区間の方が2車線区間よりも強いという結果になっている。この点については次のように考えることが出来る。著者らの研究によれば、3車線区間のmiddle laneとmedian laneの推定自由速度は、2車線区間のshoulder laneとmedian laneのそれに比べ高い値を取ることが知られて

いる。このデータを解析した結果、各車線区間別の推定自由速度がともに『曲線半径』の影響を受けているのであるが、その影響は平均速度の高い3車線区間の各車線のほうがより強い影響を受けるという結果を得ている⁷⁾。このような自由速度への『曲線半径』の影響のしかたと非渋滞領域での交通量と平均速度との関係（ほぼ直線関係）とを考えるならば、より平均速度の高い3車線区間の高交通流率に対して『曲線半径』がより強い影響を持っているということは、十分に受容可能な結果であるといえよう。

表-3 推定されたモデル

	定数項	地点勾配 (%)	曲線半径 (m)	サグ/クレストからの距離 (m)	大型車混入率 (%)	重相関係数 (寄与率)
3車線区間上り (Middle+Median)	1795.9	—	0.0659 (0.303)	—	-8.907 (-0.527)	0.6338 (0.4017)
3車線区間下り (Middle+Median)	1940.4	—	0.1113 (0.388)	-0.0523 (-0.399)	-10.14 (-0.464)	0.6911 (0.4776)
2車線区間上り (Shoulder+Median)	2480.1	—	—	—	-23.88 (-0.892)	0.8918 (0.7953)
2車線区間下り (Shoulder+Median)	2484.2	—	0.0329 (0.173)	—	-26.75 (-0.807)	0.8497 (0.7220)

() : 標準偏回帰係数

5. まとめと今後の課題

以上の結果をまとめると以下のような点を指摘することができる。

- ① 非渋滞領域の高交通流率は同一路線の地点間で大きく異なっていることを確認できた。
- ② 高交通流率に影響を及ぼしている要因には、地点勾配、曲線半径、サグ底部あるいはクレスト頂部からの距離、及び大型車混入率などがある。
- ③ これら幾何構造要因や大型車混入率などの各要因のうちには、その影響が必ずしも明確でないもののあることも明らかに出来た。その原因の一つとしては、道路の線形が平面線形と縦断線形との調和を考慮して設計されなければならないことを指摘できそうである。
- ④ 高交通流率を説明するための重回帰モデルを作成した。その結果、高交通流率モデルは『大型車混入率』及び『曲線半径』によって高い説明力のあるモデルとなることが判明した。

ここで用いた交通流率は大型車当量（PCE）を考慮していない実交通流率である。大型車当量は道路の線形によって変化することが知られている。今後

の課題としては、大型車当量が幾何構造要因によってどのような影響を受けるかを分析することもないへん興味ある点である。

おわりにあたり、貴重な車両感知器データと幾何構造データとを貸与して頂いた日本道路公団の関係各位に深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) T.R.B : Highway Capacity Manual 1985, T.R.B Special Report 209, 1985
- 2) 越 正毅 : 高速道路のボトルネック容量, 土木学会論文集, No. 371/W-5, pp.1-7, 1986-7
- 3) F.L.Hall et.al.: Freeway Capacity Drop and the Definition of Capacity, Paper Presented at the 1991 Annual Meeting of the T.R.B.
- 4) 交通工学研究会編 : 交通工学ハンドブック, p. 200, 1983
- 5) 森 浩 : 都市間高速道路における追従特性と交通容量の研究, 東京大学博士課程学位論文, 1986-2
- 6) 岩崎征人他 : 車両感知器データを用いた都市間高速道路の交通流特性解析, 土木計画学研究論文集, No. 8, pp. 153-160, 1990-11