

道路交通流における密度・速度・交通量相関について

田村 洋一*・最上 幸夫**

Studies on the relationships of traffic density, speed and volume

Yohichi TAMURA and Sachio MOGAMI

Abstract

In this report, the authors applied the N-th power traffic flow model, $U=U_f[1-(K/K_f)^N]$ to the traffic flow data. The parameter in the model was estimated by the mean free speed, U^* and mean free density, K^* . U^* and K^* were estimated by the critical time headway, t_c and we adopt 4.5sec. and 9.0sec. as t_c . The traffic flow data were gathered according to three difference time intervals 1min., 3min. and 5min. The three traffic flow data showed similar tendency.

1. 緒言

著者らはこれまで、交通密度をパラメータとする交通流モデルについて報告してきたが⁽¹⁾⁽²⁾、本研究においては、さらに多くのデータを収集し、モデルの適否、ならびにデータの集計時間に関する考察を行なった。

交通流モデル開発の目的は将来の交通状態を推定することにあるが、現在のところモデルは主として事後解析的に応用されている段階にある。そこで本研究では稀交通状態におけるデータによるパラメータの推定方法を多くのデータにより確認すること、そしてより少ないデータで多様な交通状態を得るための手段として、一般に用いられているデータ集計時間より非常に短い、1分、3分、5分の3通りのデータ集計時間を用いて得られる交通密度—空間平均速度—交通量相関についての比較を行なった。

このような集計時間の短縮化を試みたのは、実際の交通状態はかなり短い時間で変化すること(Fig.1)、そして、道路のサービス水準をドライバーが評価するのは、比較的短時間での交通環境によってであること、さらに能率の良い交通制御を可能とするためには、短時間データによる交通状態の正確な推定が必要であること、などによるものである。

さらに本研究では、これまでに収集されたデータに

* 土木工学科

** 九州共立大学

より車輛が先行車の影響を受け始めるのは、車頭時間が9秒前後からであり、特に4秒前後から強く影響を受け始めることが認められたので、本研究では、平均自由速度 U^* 、平均自由密度 K^* を求めるために、車輛が先行車の影響を受け始める車頭時間 $t_c=4.5\text{ sec}$ 、 $t_c=9.0\text{ sec}$ の2通りの場合を用いて、データとの適合を検討し良好な結果を得た。以下その概要について報告する。

2. 交通流の計測方法および計測結果

2.1. 計測方法

交通流計測は1977年9, 10, 11月の3ヶ月間に国道2号線の防府市牟礼江泊(2回)、小郡バイパス(2回)、国道190号線の宇部市柳ヶ瀬(3回)、恩田(2回)の4計測地点において合計9回実施し、約8000台の車輛について計測を行なった。これら4地点での計測年月日、時間、交通流の方向、計測区間長などの諸条件はTable 1に要約してある。

計測はに Fig. 1 示すような計測区間(区間長 L_m)を設定し区間の始点(A点)、終点(B点)にそれぞれ1コマ撮映可能な8mm撮映機を設置し、それぞれの地点に車輛の先端が達した瞬間に計測者が押しボタン式スイッチを押し込みデジタル表示のストップウォッチの時刻を撮映記録することにより行なった。なおこの計測に使用されたストップウォッチは1/10秒まで表示可能なものであり、計測開始直前に2台のストッ

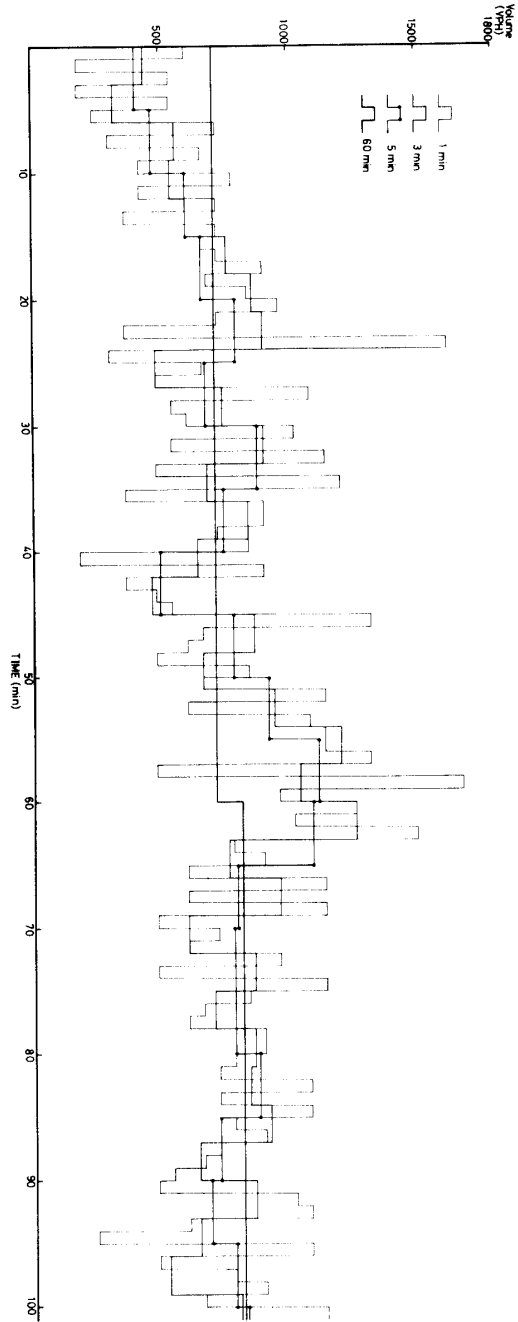


Fig. 1 Time-sequence of traffic volume (1, 3, 5, 60 min.: Onda)

プウ オッチの時間差は文字盤を同時に写真撮映することにより確認された。こうして A, B 両地点への車輛の到着時刻が連続的に撮映記録された。

これらの到着時刻により、1台の車に対して、計測区間の走行所要時間がA, B 両地点への到着時刻の差として求められ、あらかじめ測定されている区間長 L を用いて速度が算出された。また車頭時間は、A, B 2地点のそれぞれにおいて先行車と後続車との到着時刻の差として求められ、ここでは2地点で得られた値を平均して車頭時間とした。上流側で交通流に変化が

Table 1. Conditions of counted points

Fig. No.	Name of the points	Year, month, day and time	Direction	L (m)
3	R.190, Yanagase	1977, Oct., 28 7:03—8:30	to Ube	50.0
4	R.190, Yanagase	1977, Sept., 22 16:52—18:05	to Ogōri	40.8
5	R.190, Yanagase	1977, Sept., 22 13:55—15:00	to Ube	40.8
6	R.2, Ogori by-pass	1977, Sept., 27 16:37—17:50	to Hōfu	60.2
7	R.2, Ogori by-pass	1977, Sept., 27 15:45—16:25	to Oōri	60.2
8	R.2, Mureedomari	1977, Oct., 27 10:43—12:00	to Tokuyama	50.0
9	R.2, Mureedomari	1977, Nov., 21 11:00—12:00	to Hōfu	50.0
10	R.190, Onda	1977, Nov., 11 15:50—17:35	to Tokiwa	51.0
11	R.190, Onda	1977, Oct., 28 15:51—16:40	to Tokiwa	51.0

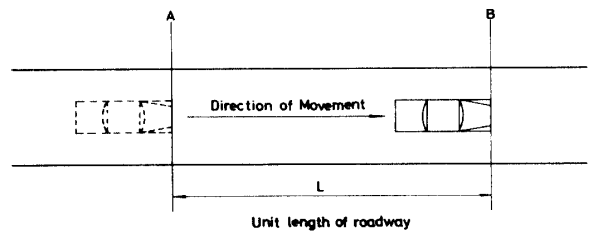


Fig. 2 Unit length of roadway

ないものと仮定すれば、すでに求められている速度と車頭時間の積により車頭間隔が求められる。以上により、道路上の車輛の時間的、空間的分布が求められる。

こうして求められた諸データより交通密度(Density), 空間平均速度(Space mean speed), 交通量(Volume)を1分間, 3分間, 5分間の3通りの時間間隔でそれぞれ求め、その相関について検討した。

2.2 計測の結果

Fig. 2に1分間, 3分間, 5分間, 60分間の時間間隔をとった場合の交通量の変化を示す。この図を見ても明らかなように、交通状態は非常に短時間に大きく変化し、交通状態を表わすのに、長い時間間隔を取りすぎると、現象が平均化されることにより現象の正確な把握がそこなわれ、特に、交通制御のような、短時間の交通状態の変化に対して制御を行わなくてはならないような場合には、大きな問題となることがわかる。

そこで、今回は、得られたデータをこれまで一般に取られてきた時間間隔よりさらに短い1分間, 3分間

5分間の3通りに分けて整理し、それらの比較を試みた。そこでまた、この比較をより明確なものとするために、著者が先に提案した方法により交通流モデルをこれらのデータに当てはめてみた。

当てはめられた交通流モデルは N 次曲線モデルであり次の式で表わされるものである。

$$U = U_f [1 - (K/K_j)^N] \quad (1)$$

$$Q = U_f K [1 - (K/K_j)^N] \quad (2)$$

ここで U : 空間平均速度 (km/hr)
 U_f : 自由速度 (km/hr)
 K : 交通密度 (Veh/km)
 K_j : 飽和密度 (Veh/km)
 Q : 交通量 (Veh/hr)

式(1),(2)は U_f, K_j, N の3つのパラメータを含んでおり、これらを決定する必要があるが、これについては、すでに著者が報告しているように²⁾、 U_f, K_j を仮定することにより、 N を次のようにして推定した。まず後続車が先行車の影響を受け始める車頭時間を決定すれば、それに対応する平均自由速度 U^* は得られている密度-速度データより決定でき、そして平均自由密度 K^* は次式より算出される。

$$U^* = \frac{3600}{U^* \cdot t_c} \quad (3)$$

ここで K^* : 平均自由密度 (Veh/km)
 U^* : 平均自由速度 (km/hr)
 t_c : それ以上なら自由速度と見なせる車頭時間 (sec)

こうして t, U^*, K^* が求められれば N の値は次式で決定される。

$$N = \frac{\ln(1 - U^*/U_f)}{\ln(K^*/K_j)} \quad (4)$$

今回のあてはめにおいては、以上のパラメータ決定のために、 $U_f = 120 \text{ km/hr}$, $K_j = 130 \text{ Veh/km}$ を仮定した。また t_c の値については、これまで著者が収集したデータの解析結果(これについては、近いうちに機会を得て報告する予定である。)より車頭時間が約9秒となると後続車が先行車の影響を受け始め、約4秒となると非常に強い影響を受け始めることが確かめられているので、 t_c として9.0秒、4.5秒の通りの場合について N の値を求めて曲線の当てはめを行なった。(Table 2) また、以下に示す交通密度-空間平均速度-交通量の相関図において a と記したものが $t_c = 9.0$ 秒に対応し、 b と記したものが $t_c = 4.5$ 秒に対するものである。

以上のことから得られた、交通密度-空間平均速度-交通量データに対し N 次曲線モデルを当てはめた

Table 2. Calculated values of parameters, U^*, K^*, N .

Fig. No.	t 9.0sec. (a)			t 4.5sec. (b)		
	U^*	K^*	N	U^*	K^*	N
3	76.1	5.3	0.314	76.1	10.5	0.400
4	54.3	7.4	0.210	54.3	14.7	0.276
5	51.4	7.8	0.199	51.4	15.7	0.265
6	61.4	6.5	0.239	61.4	13.0	0.311
7	56.8	7.0	0.219	56.8	14.1	0.289
8	54.5	7.3	0.210	54.5	14.7	0.278
9	54.4	7.4	0.211	54.4	14.7	0.277
10	47.8	8.4	0.185	47.8	16.7	0.248
11	50.1	8.0	0.194	50.1	16.0	0.263

結果を Fig. 3~Fig. 11 に示す。

3. 考 察

Fig. 3は国道190号線柳ヶ瀬の早期のピーク時の交通状態を表わすものであり、Fig. 4は同地点の夕方のピーク時の交通状態 Fig. 5はやはり同地点の日中の交通状態を表わすものである。各図中の3つの図は同

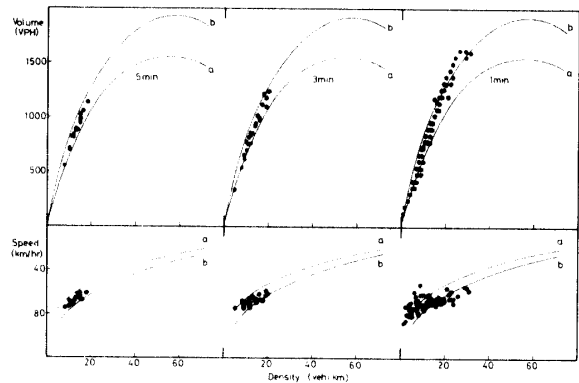


Fig. 3 Density-Volume-Speed relationships (Route 190 : Yanagase)

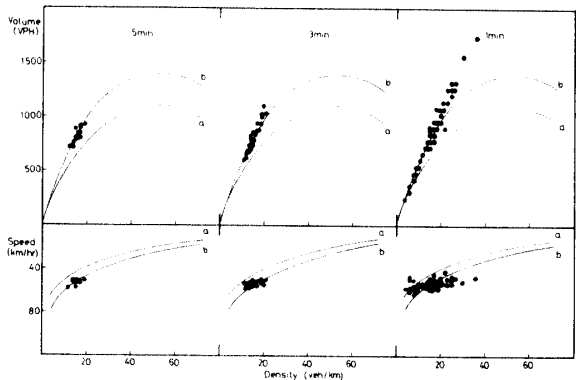


Fig. 4 Density-Volume-Speed relationships (Route 190 : Yanagase)

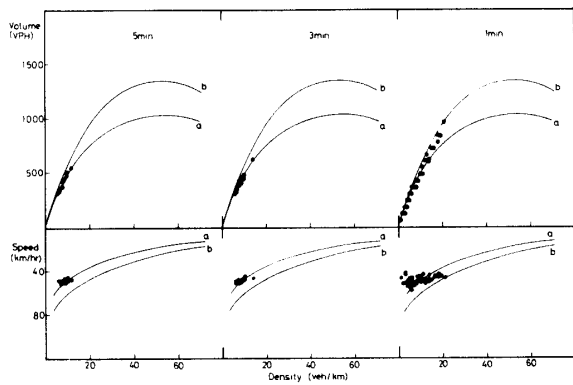


Fig. 5 Density-Volume-Speed relationships (Route 190 : Yanagase)

じ状態のデータを左より5分、3分、1分の時間間隔で整理したものである。整理された時間間隔による傾向の相違はほとんどなく、低密度域では $t_c=9.0$ 秒とした曲線が比較的良く合致しており、密度が高くなるにしたがって $t_c=4.5$ 秒の曲線が合致する傾向にある。

この地点での特徴的なことは、朝、昼、夕方において非常に大きな交通密度—空間平均速度—交通量相間に変化があることである。密度の速度低下に対する影響は昼、夕方、朝の順に低くなっている。として、曲線の合致のし方も昼が $t_c=9.0$ 秒に良く合致しているに対して、朝と夕方では $t_c=4.5$ 秒の方に良く合致している。これは、朝夕のラッシュ時においては、通勤、帰宅交通が大部分を占めていることにより、時間的制約を強く受けた性急な心理状態にあるドライバーが多いことによるものと思われる。またこの道路区間は、路肩が広く車線分離状態も良好なことにより、交通の走行の自由度が大きいため、時間による交通の性質の変化が表われ易いものと思われる。またこの地点で得られた結果よりわかるように、同一区間であっても時間的に交通特性の異なる地点では、単一の交通流モデルパラメータで現象を説明し得ない場合があること

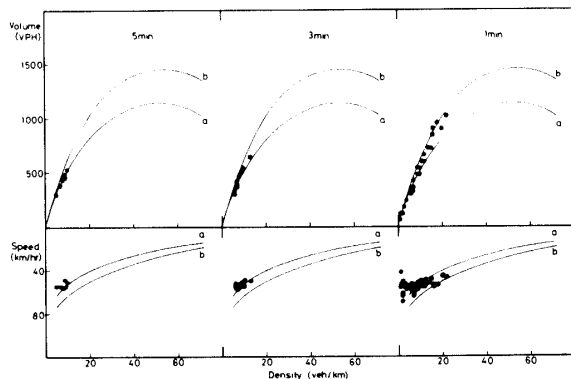


Fig. 6 Density-Volume-Speed relationships (Route 2 : Ogori by-pass)

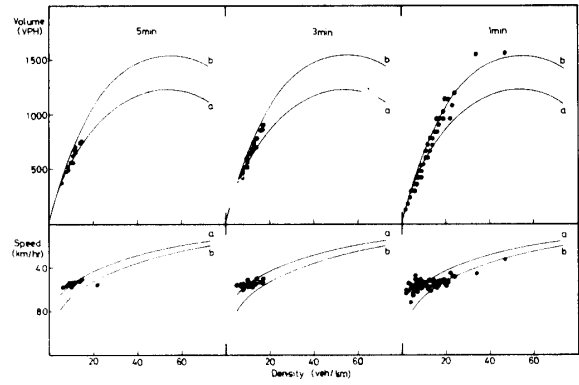


Fig. 7 Density-Volume-Speed relationships (Route 2 : Ogori by-pass)

がわかる。

Fig. 6, Fig. 7は国道2号線小郡バイパスに対するものであり、Fig. 5は夕方のラッシュ時、Fig. 6は昼間時に相当するものである。この場合にも昼間の平常時と夕方のラッシュ時の差が見い出されるが、上記柳ヶ瀬ほど顕著ではない。これは、この地点の道路条件が上記の地点と同様に良好なものであることを考慮すると、ここでは、交通内容が長距離トラックを多く含む通過道路であることから、また交通全体に対する通勤者の割合が比較的低いことによるものと思われる。この地点でもまた、時間間隔の変化による交通密度—空間平均速度—交通量相間に傾向の変化は見られない。また曲線に対する合致の傾向も上の場合と同様である。

Fig. 8, Fig. 9は国道2号線防府市牟礼江泊に対するものであり、上記2地点が郊外部に位置するのに対して次の恩田地点と同様に市街地に接近した地点である。この地点は日中も比較的交通量が多く、また長距離トラックを多く含むこと、道路幅員、路肩も前述2地点ほど良好ではないため、全体的に速度は低くなっている。ここで取得したデータはいずれも同時刻に取られたものでありその傾向にはほとんど差は認められない。

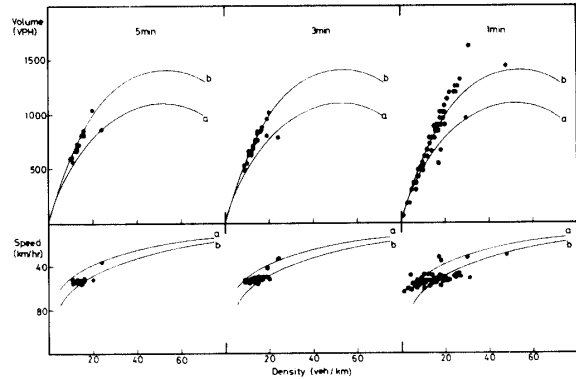


Fig. 8 Density-Volume-Speed relationships (Route 2 : Mureedomari)

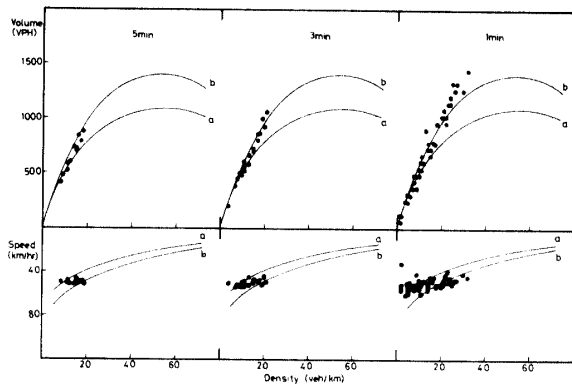


Fig. 9 Density-Volume-Speed relationships (Route 2: Mureedomari)

比較的 $t_c=4.5$ 秒とした曲線の合致が良いが、低密度では、 $t_c=9.0$ 秒の曲線に対する合致が良いことは、上述の場合とも同様である。また時間間隔の変化による傾向にも大きな相違は認められない。

Fig. 10, Fig. 11 は国道190号線宇部市恩田の夕方のラッシュと日中とに対応するものである。この地点は上記牟礼江泊と同様に市街地に近く、また車線幅員、路肩などの道路条件は4地点中最も不良な地点である。トラック等の大型車輛の混入率は低く、大部分が普通自動車と軽自動車であるが、走行速度は4つの地点中最低である。これは道路条件が非常に大きく影響しているものと思われる。データと曲線との合致の傾向は、上記3地点と同様であり、また時間間隔による傾向の差も認められない。この地点で特徴的なことは、1分間データを見るとわかるように、道路の容量近傍あるいはそれ以上のところではデータが非常に大きくばらついており、交通密度が交通が交通状態の説明変数として容量以上の領域では機能し得ないという。

以上各計測地点について個々に考察を行ってきたが、以下全体的に考察を加えることにする。

まずデータの集計時間について見るならば、1分間、

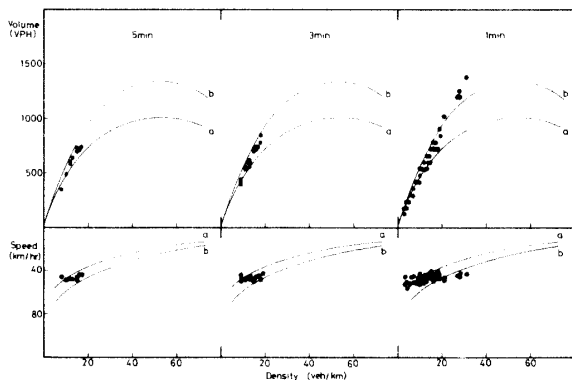


Fig. 10 Density-Volume-Speed relationships (Route 190: Onda)

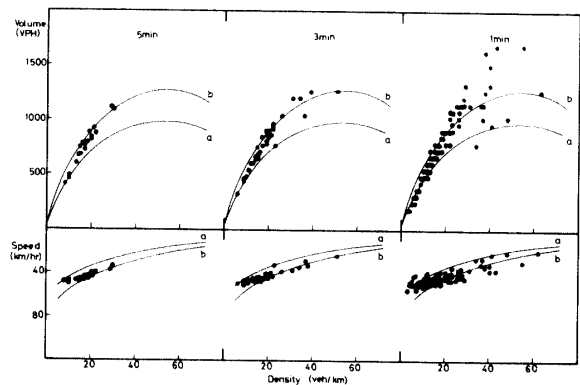


Fig. 11 Density-Volume-Speed relationships (Route 190: Onda)

3分間、5分間のデータの示す傾向はほとんど同一傾向を示し、しかも計測時間が短かくなってもデータのばらつきが大きくなることは認められない。このようなことから、交通量—空間平均速度—交通量の相関を解析する場合には、十分有用で正確なデータを得るために1分間隔の集計時間を用いても問題がないと考えられる。また Fig. 2 の交通量の変化あるいは Fig. 3~ Fig. 11 の相関図を見ても短時間の交通流計測から多くの交通状態を表わすデータを得るには、経済的にも、労力的にも短時間の集計データを利用することが有効であると考えられる。実際に交通流計測を行いながら、交通流を観察してみると、交通状態はさらに短時間で変化しており、そのことを考え合わせれば、さらに短縮された30秒程度の時間間隔でデータを整理して見る必要がある。

つぎに、交通流モデルとデータとの合致についてみると、全地点でのデータが、 $t_c=4.5$ sec、および $t_c=9.0$ sec、とした曲線上、あるいはその中間に含まれる傾向にある。そして、交通流全体の速度が高い場合には、 $t_c=4.5$ sec、の曲線が良く適合し、速度が低い場合には、 $t_c=9.0$ sec、の曲線が良く適合する傾向がある。このことは、道路条件が良いほど高速走行が可能であり、効率の良い道路利用が行なわれることを示している。また柳ヶ瀬 (Fig. 3~Fig. 5) のデータを見てもわかるように、交通流の構成しているドライバーの特性によっても、交通流特性が変化し、ドライバーが性急になるにしたがって、 $t_c=4.5$ sec、の曲線が良く適合することがわかった。以上のことから、道路条件の良い場合には、道路の交通容量、あるいは道路の将来の状態を推定する場合には、低交通量時に短時間データを用いて、平均自由速度を推定し、 $t_c=4.5$ sec、を用いて式(3)で平均自由容量を推定し交通流モデルを用いて交通密度—空間平均速度—交通量相関を推定するこ

と可能であると考えられる。

4. 結 語

交通密度—空間平均速度—交通量相関を解析するにあたって、連続的な車輛の到着時刻を道路上の2点で計測することによって得られたデータを用いる場合、その集計時間は1分間隔にとれば十分であることがわかった。しかし、この時間間隔はさらに30秒でいどまで短縮できる可能性もあり、今後検討していきたい。

また N 次曲線モデルを適用する場合、平均自由密度 K^* の算定には、車輛が先行車の影響を受け始める車頭時間として $t_c=4.5\text{sec}$ 、とした場合に適合度が良いことがわかった。さらに、ほとんどのデータが $t_c=4.5\text{sec}$ 、と $t_c=9.0\text{sec}$ 、を用いた曲線との間に含まれることが確認された。しかし、本研究においては自由速度として $U_f=120\text{km/hr}$ 、飽和密度として $K_j=130\text{Veh/km}$ を仮定しているが、車種構成の影響なども解析の対象として取り入れることを考えるならば、これらの値についてはさらに詳細な検討が必要である。と

くに、 $U_f=120\text{km/hr}$ は、大きく見積りすぎている傾向があるようである。

交通流の挙動に対しては、道路の幾何構造条件、とくに車線幅員、路肩幅員、中央分離帯の有無、勾配、カーブなどが大きく影響するものと考えられる。現在この中で車線幅員、路肩幅員、勾配の影響を評価するためのデータを収集中であり、いずれ機会を見て報告する予定である。

最後にこの研究に用いたデータの取得ならびに計算整理に対し多大な労力を提供していただいた齋記節夫、高木雅男、野津修一の諸氏ならびに山本秀喜技官に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 田村洋一、最上幸夫：交通流モデルに関する基礎的研究（第1報）、山口大学工学部研究報告、27, 75 (1976)
- 2) 田村洋一、最上幸夫：交通流モデルに関する基礎的研究（第2報）、山口大学工学部研究報告 28, 43 (1977)