

山口バイパスの交通流の速度特性に関する研究 ～車線数と規制速度の影響～

田村 洋一*・古池 真砂也**・石 光 毅***
坂村 孝夫****

Speed Characteristics of Traffic Flow on the Yamaguchi By-pass ～Influences of Number of Lanes and Regulatory Speed～

Youichi TAMURA, Masaya KOIKE, Tsuyoshi ISHIMITSU
and Takao SAKAMURA

Abstract

Vehicular speed is an important consideration in road transportation because it is associated with a level of service of road. Speed characteristics of traffic flow are influenced by various aspects of driver, vehicle, road, traffic, regulation and environment. In this paper, we investigated influences of two variables such as number of lanes and regulatory speed on speed distribution of the Yamaguchi By-pass. The data used in this study were obtained by observations carried out corresponding with changes of number of lanes and regulatory speed of the road.

1. はじめに

車の走行速度は、道路のサービス水準と密接な関係を持ち、道路交通を考える上で、最も基本となる交通変量の一つで、運転者や車両、道路条件、交通条件、規制条件あるいは道路を取り巻く環境条件などの影響を受けて変化する。これらの各条件ごとの影響要因は、Table 1に示すように多岐にわたる¹⁾。

適正な道路設計および効果的な交通制御と規制、沿道環境の整備などにより、道路のサービス水準を高め、円滑で安全な交通を実現するためには、これらの要

因が速度特性に及ぼす影響を正確に把握することが必要になる。中でも、道路の幾何構造や交通制御、交通規制などが速度に及ぼす影響を知ることが重要であるが、上記の速度に影響する要因の中には時間の経過に伴って変化するものもあり、しかも、交通流の速度特性は複数要因の複合的な影響を受ける。このため、個々の要因の影響度を独立して計測し、評価することには困難が多い。例えば、2車線道路と多車線道路の速度特性を比較するにしても、異なった道路間の比較では、車種構成などの交通条件、沿道条件、道路の性格などの違いなどが交通流の速度特性に影響するため、車線数が速度に及ぼす影響のみを直接計測することは困難である。また、同一地点での比較であっても、前後の調査の時間間隔が大きくなれば、やはり他の条件変化の影響が含まれることになる。

これらの問題を解決するためには、速度に対する影響要因が様々に異なる道路の速度データを統計的に分

*社会建設工学科

**広島市役所

***大学院修士課程建設工学科

****銭高組

Table 1 Variables that influence speed characteristics

| Category | Variable |
|-------------|--|
| Driver | purpose of travel, trip length, age, sex, single or married, etc. |
| Vehicle | vehicle type, vehicle age, gross weight, mechanical condition, etc |
| Road | curvature, gradient, length of grade, number of lanes, surface type, sight distance, lateral clearance, frequency of intersection, geographic location, etc. |
| Traffic | traffic volume, traffic density, traffic composition, etc. |
| Regulation | regulatory speed, passing prohibition, etc |
| Environment | time(daytime or nighttime), season, weather(rain, snow, fog, wind), visibility, etc. |

析し、各要因の影響を推定的に分離する方法が考えられる。この方法を採用するためには、異なった条件の道路に対するデータを十分蓄積することが必要であるが、速度の計測が容易でないこともあって、必要なデータを確保することに困難が伴う。もう一つの方法は、他の条件が変化せず一定で、ある特定の条件だけが変化する道路の交通流を、その条件が変化する毎に連続的に追跡調査する方法である。この場合には比較的簡単な調査により必要なデータを蓄積することが可能になるが、そのような都合の良い調査地点を見出すことは容易でない。

山口バイパスは、後述するように比較的短時間の内に新設2車線道路から4車線道路に拡幅され、また拡幅の後、大きく時間を経ずして規制速度が50km/hから60km/hに引き上げられた路線であることから、上述する後者の方法を適用しうる条件が見出された。本研究は、この道路の車線条件と速度規制条件が変化した各過程での交通流観測データに基づいて、車線数と速度規制が交通流の速度特性に及ぼす影響について分析し、考察するものである。

2. 研究対象道路と交通流観測の概要

2.1 山口バイパスの概要

山口バイパスは、山口市の市街地を貫通する国道9号線のバイパスとして計画された山口市宮野～朝田間

の延長10.3km、標準幅員32m(地方部は25～27m)の新設道路で、1969年(昭和44年)に都市計画決定され、用地の買収を経て1977(昭和52年)に建設工事が開始された。

その後、1982年(昭和57年)9月に山口県庁前から市道木崎新町線との結節部までの延長4.9kmの区間が2車線道路として供用が開始された。さらに、1986年(昭和61年)7月には、朝田の国道9号線との結節部までの延長1.7kmの区間が2車線で供用開始された。またこの時、既供用区間のうち、白石地区の延長1.0kmの区間が2車線から4車線へ拡幅され、さらに1988年(昭和63年)4月に残り3.9kmの区間が4車線に拡幅された。この道路の構造基準と本研究の観測地点における2車線時、4車線時の標準的な断面構成を示せば、それぞれTable 2とFig. 1のとおりである。

また、この道路の規制速度は、当初50km/hとされていたが、4車線供用が開始されてから約1年後の1989年(平成元年)10月に60km/hに緩和された。なお、山口県庁前から宮野に至る残り3.7kmの区間は現在まだ未開通である。

2.2 交通流観測

交通流の観測は、山口市神田の防長青年館の屋上からビデオカメラで交通流を撮影記録することにより、2車線供用末期の1988年(昭和63年)2月9日に最初の観測を実施した。次いで、4車線供用開始より約半

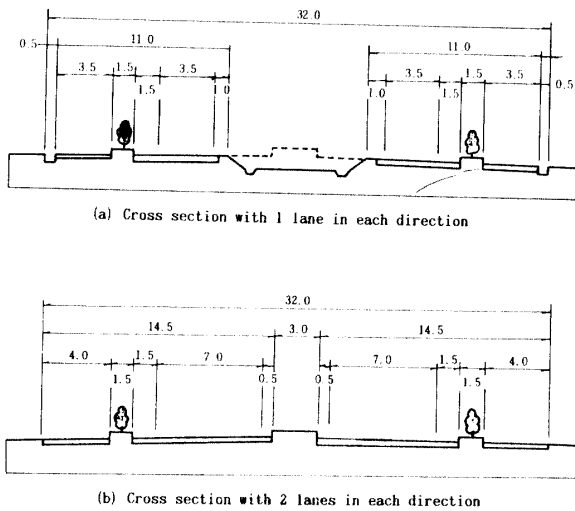


Fig. 1 Cross section of the road
(unit of length : m)

年後の1988年(昭和63年)9月および10月,そして規制速度が50km/hから60km/hへ緩和されてから約1年後の1990年(平成2年)10月の計4回の観測を実施した。

各観測における観測台数などをTable 3に示す。なお、車線増設、速度規制緩和が実施されてから観測の実施まで半年から1年の間を置いたのは、これらの条件変化に対する交通流の安定を待たためである。

2.3 データ解析

VTRに記録された画像から、各車線交通流の車種と観測区間の上・下流端への車の到着時刻を読み取り、これを著者らが開発した交通流解析プログラムPATRAF^{2),3)}にデータとして入力し、解析を行った。一連の観測により、最もデータの少ない車線で1486台、最も多い車線で3290台分のデータが得られており、本研究では全体で約23000台の車のデータを解析している

(Table 3参照)。なお、車種分類は、軽自動車、普通自動車、中型自動車(中型トラック、マイクロバス)、大型自動車(大型トラック、トレーラ、バス)に4種類とした。なお、各観測時点における交通量と車種構成をそれぞれTable 4とTable 5に示す。

2.4 交通量

まず交通量についてみれば、2車線供用時の交通量は上り車線が12.5vpm,下り車線で13.9vpmであり、交通流の方向による交通量の差はそれほど大きくない。

Table 2 The design standard of the road

| | |
|---------------------|-----------|
| design speed | 80 km/h |
| standard road width | 25~32 m |
| number of lanes | 4~6 lanes |
| minimum radius | 900 m |
| maximamu gradient | 4 % |

この時の観測時間帯は、午後3時から6時までの夕方のラッシュ時を含む約3時間であるが、この間、上下方向にはほぼ同等の交通量が流れているといえる。

2車線供用時の観測から約半年後に観測された4車線供用時の交通量についてみれば、全断面交通量は上りが14.6vpm,下りが12.1vpmであり、2車線供用時と比べてそれほど大きく増加していない。また、交通量の車線分布について見れば、上り方向の交通流においては、第1車線(走行車線)より第2車線(追越車線)の交通量の方がやや多いが、下り方向では車線による交通量に大差ないといってよい。

速度規制が50km/hから60km/hに緩和された後の交通量は、断面交通量は上りが22.1vpm,下りが15.1vpmで、上り方向の交通量が多いことが目立つ。これは、交通量が若干増加していることに加えて、観測時間帯が朝のラッシュ時を含むことから、山口県庁などへの通勤交通の影響が現れていると考えられる。交通量の車線分布は、上り方向において第2車線の交通量が高いことが顕著であるが、下り方向では車線による交通量の差はほとんどない。

ところで、4車線供用時における交通量の車線分布に交通流の方向により差が生じているのは、次のように解釈できる。すなわち、上り方向においては観測地点下流にやや長い上り坂が存在するため、低速車と高速車の速度差が大きくなり、低速車を追い抜くために高速車が第2車線を多用していること、また、道路構造が高規格であるため高速車が発生しやすいことなどが考えられる。一般にこのような傾向は目的地への到着時刻の制約が大きい通勤交通流で顕著に現れ、そのため速度規制緩和後の上り第2車線の交通量が突出する結果となっているものと判断できる。一方、下り方向の交通流で交通量の車線分布に差がないのは、観測地点に到着する車は下り坂を走行してきているため高速車と低速車の速度差が生じにくいこと、また観測地点下流が見通しの良い長い直線区間であることから、

Table 3 General description of observed data

| Road condition | Direction of traffic | Lane | Number of observed vehicles | date and time of observation | |
|------------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| | | | | date | time |
| 2-lane | Inbound | | 2 877 | 1988. 2 . 9 | 14:15~18:00 |
| | Outbound | | 2 685 | | |
| 4-lane (R.S=50km/h) | Inbound | first lane | 2 387 | 1988.9. 8 | 7:07~10:05 |
| | | second lane | 3 290 | | " |
| | Outbound | first lane | 2 408 | 1988.10. 1 | 16:00~17:00 |
| | | second lane | 2 400 | | |
| 4-lane (R.S=60km/h) | Inbound | first lane | 1 862 | 1990.10.12 | 7:15~10:30 |
| | | second lane | 2 378 | | |
| | Outbound | first lane | 1 557 | | |
| | | second lane | 1 486 | | |

R.S : Regulatory speed, Inbound : Ogori → Yamaguchi, Outbound : Yamaguchi → Ogori

Table 4 Traffic volume

| Road condition | Direction of traffic | Lane | Traffic volume | |
|------------------------|----------------------|-------------|----------------|--------------------------|
| | | | Mean (vpm) | Var. (vpm ²) |
| 2-lane | Inbound | | 12.5 | 29.0 |
| | Outbound | | 13.9 | 39.1 |
| 4-lane (R.S=50km/h) | Inbound | first lane | 6.2 | 10.1 |
| | | second lane | 8.4 | 18.1 |
| | Outbound | first lane | 6.1 | 15.0 |
| | | second lane | 6.0 | 18.5 |
| 4-lane (R.S=60km/h) | Inbound | first lane | 9.8 | 36.2 |
| | | second lane | 13.3 | 43.1 |
| | Outbound | first lane | 7.6 | 31.8 |
| | | second lane | 7.5 | 25.7 |

Var. : Variance of traffic volume distribution

進行方向における信号交差点での待ち状態などが明確に視認できることも、車線利用率の均等化に影響していると考えられる。

2.5 車種構成

次に車種構成についてみれば、最も多いのが普通車である。供用開始後、時間の経過に伴いその構成割合はやや減少傾向にあるが70%前後を占めている。次いで多いのは軽自動車で、20~25%を占めており、その構成割合は増加傾向にある。これら2車種で全体の90%強を占めている。中型トラックなどの中型車の構成割合は4~5%程度で若干減少傾向にある。大型トラックやトレーラ、バスなどの大型車の割合は3%前後で、

微増傾向が認められる。

このように、山口バイパスの交通流では大型車混入率が極めて低く、大部分が普通車と軽自動車で構成されている。大型車の混入率が小さいのは、もともと国道9号線における長距離トラック便が少ないことに加えて、このバイパスがまだ市街地を貫通しておらず、国道262号線とも直接接続されていないことなどによるものと考えられる。

以上に示すように、各観測実施時点における車線交通量は、朝の通勤時間帯における上り方向の第2車線の交通量がやや多いが、いずれも対象道路の交通容量よりかなり低い水準にある。また、全ての観測を通じて交通渋滞の発生は認められなかった。これらのこと

Table 5 Composition of vehicle types

| Road condition | Direction of traffic | Lane | Type of vehicles | | | |
|------------------------|----------------------|-------------|------------------|---------|----------|---------|
| | | | Type I | Type II | Type III | Type IV |
| 2-lane | Inbound | | 19.4 | 72.5 | 4.8 | 3.3 |
| | Outbound | | 21.1 | 70.8 | 5.4 | 2.7 |
| 4-lane (R.S=50km/h) | Inbound | first lane | 21.1 | 70.4 | 4.5 | 4.0 |
| | | second lane | 23.2 | 69.7 | 5.0 | 2.1 |
| | Outbound | first lane | 22.8 | 70.9 | 4.5 | 1.8 |
| | | second lane | 20.8 | 71.5 | 5.5 | 2.2 |
| 4-lane (R.S=60km/h) | Inbound | first lane | 24.2 | 69.7 | 3.5 | 2.6 |
| | | second lane | 27.5 | 67.3 | 2.8 | 2.4 |
| | Outbound | first lane | 24.0 | 66.5 | 4.5 | 5.0 |
| | | second lane | 27.5 | 64.2 | 4.8 | 3.5 |

Type I : Sub-compact car, Type II : Compact car,
Type III : Midum-sized car, Type IV : Large-sized car

から、今回観測された交通流の速度に交通量が及ぼした影響は極めて小さいものと判断できる。また、車種構成についても、各観測において大差がないところから、各観測時点の速度特性を比較する際、車種構成の影響を考慮する必要はないと判断できる。さらに、本バイパスは、まだ建設途中で市街地を貫通するに至っていないことから、道路利用者の交通目的や目的地などにも大きな違いはないと推察できる。

3. 速度特性

3.1 速度分布データとモデルの当てはめ

それぞれの観測データを集計、整理して得られた各車線の速度分布を Fig. 2 に示す。図中の実線は、著者が車頭時間と速度の関係に基づいて定式化した速度分布モデル^{4),5)}を当てはめたものである。このモデルは、交通流を構成する車の速度分布を自由車と追従車とに分離して表現するもので、次の複合正規分布で与えられる。

$$S(u) = \frac{P_f}{\sqrt{2\pi} s_f} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{u-m_f}{s_f} \right)^2 \right\} + \frac{P_l}{\sqrt{2\pi} s_l} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{u-m_l}{s_l} \right)^2 \right\}$$

上式の右辺第1項は自由車の速度分布を、第2項は追従車の速度分布を表す。また、式中の P_l , P_f は、自由車、追従車が交通流中に占める割合を表し、 $P_l + P_f = 1$ である。 m_l , m_f は自由車、追従車の速度分布の平均、

s_l , s_f は標準偏差である。なお、観測データからのパラメータ推定はかなり面倒であるが、本研究で用いている交通流解析プログラム PATRAF により、これらのパラメータ推定は自動的に実行される。

2車線供用時の速度分布は、規制速度 (50km/h) を中心にほぼ対称的に分布しており、70km/h を超す速度の車はほとんど出現していない。しかし、4車線拡幅後は、規制速度が50km/h であるにも関わらず、大部分の車が規制速度を上回る速度で走行するようになっていくことがわかる。また、規制速度が60km/h に緩和されてからは、上り車線については50km/h 規制時と比べて差程大きな速度上昇は見られないが、下り車線、とくに第2車線での速度上昇が顕著である。下り車線でのこのように大きな速度の上昇が生じている理由として、先にも述べたように観測区間上流側に下り坂があること、また交通量が少ないことに加えて、下流側が極めて見通しの良い直線区間であることから下流の交通状況を明確に視認できることなどが考えられる。

モデルとデータとの適合度についてみれば、モデルは実際の速度分布の傾向を大旨良好に表現している判断できる。なお、速度分布データで高速度の部分に欠落が見られるのは、データ数の不足によるものではなく、計測地点への車の到着時刻の読み取り単位 (本研究では1/10秒単位) の制約があり、走行所要時間の速度への換算計算において離散的な速度しか算出できなかったことによるものである。この問題は、走行所要時間の読み取り単位を小さくするか、あるいは観測区間長を広げることによって解決し得るものである。し

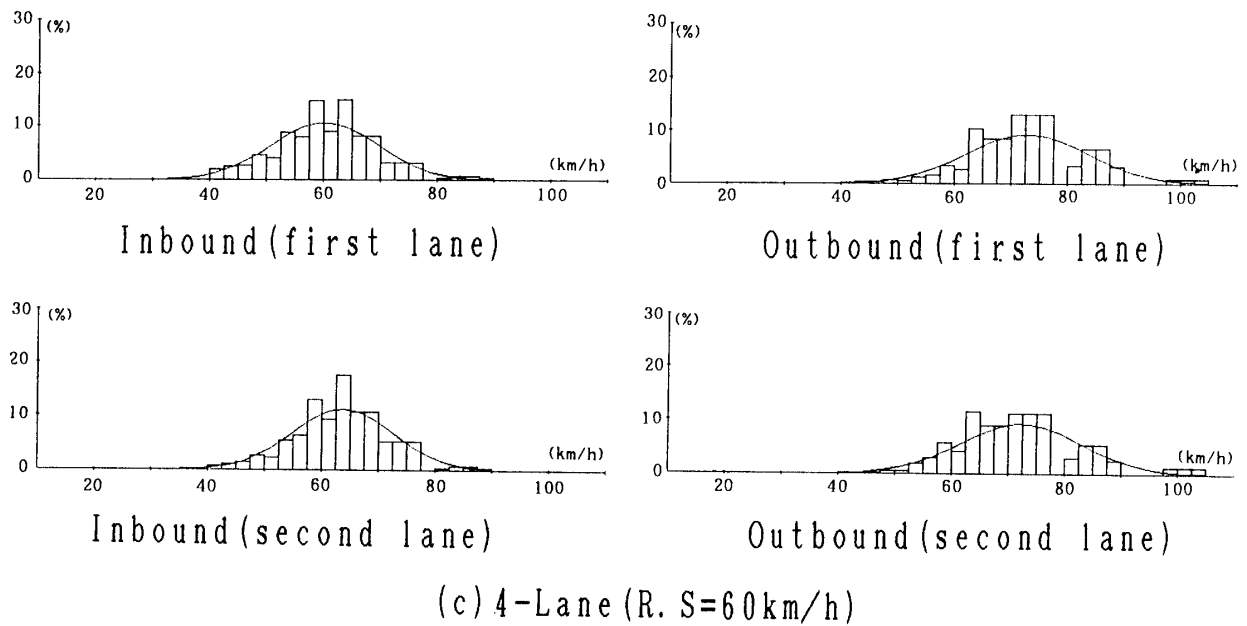
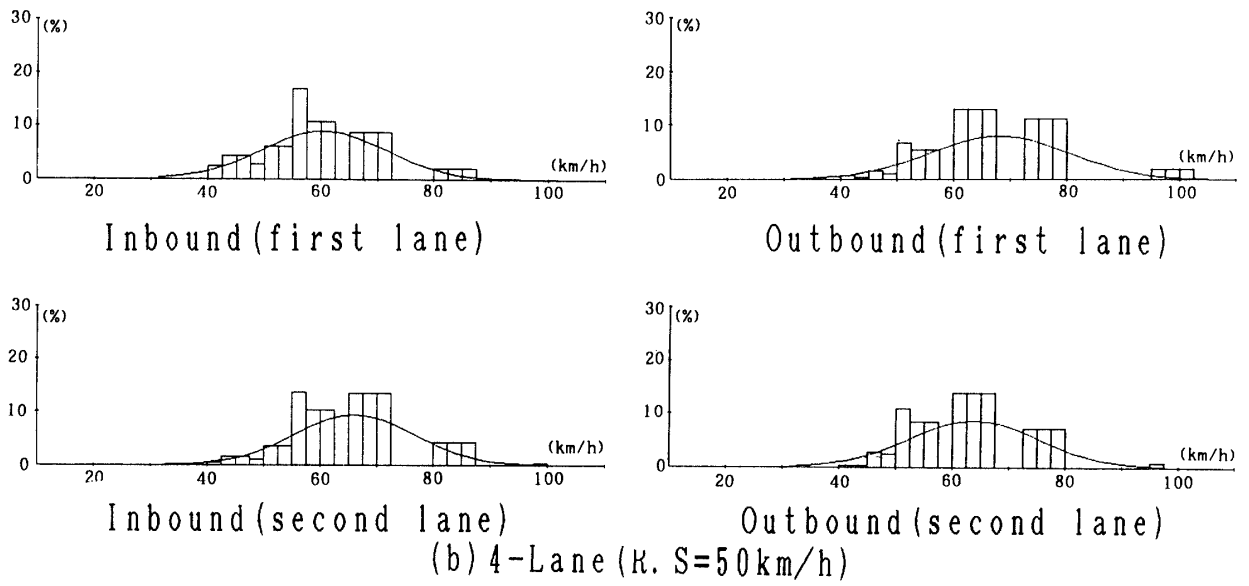
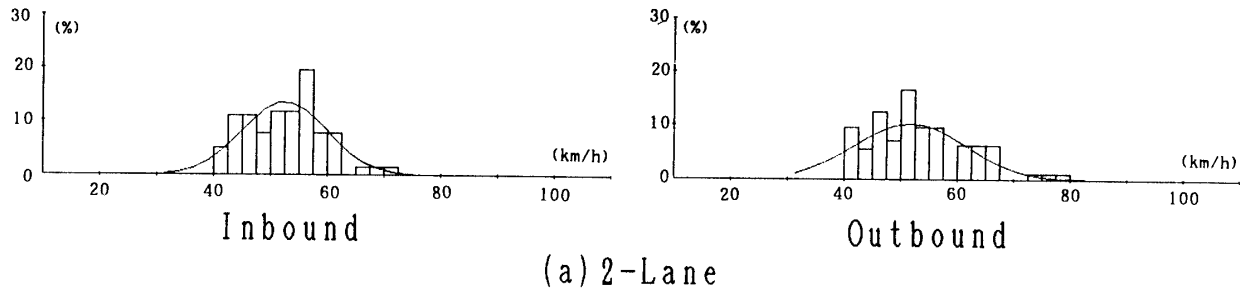


Fig.2 Speed distribution

Table 6 Statistics of speed distribution

| Road condition | Direction of traffic | Lane | Speed (km/h) | | |
|------------------------|----------------------|-------------|--------------|------|-------|
| | | | Mean | S.D. | Max. |
| 2-lane | Inbound | | 50.8 | 9.0 | 82.4 |
| | Outbound | | 49.9 | 12.6 | 97.8 |
| 4-lane (R.S=50km/h) | Inbound | first lane | 60.5 | 13.2 | 103.1 |
| | | second lane | 67.2 | 12.8 | 109.4 |
| | Outbound | first lane | 69.6 | 15.0 | 117.1 |
| | | second lane | 64.5 | 13.6 | 105.6 |
| 4-lane (R.S=60km/h) | Inbound | first lane | 60.3 | 11.2 | 97.0 |
| | | second lane | 64.3 | 10.6 | 101.7 |
| | Outbound | first lane | 75.4 | 13.1 | 116.4 |
| | | second lane | 74.6 | 12.7 | 117.4 |

Mean : mean speed, S.D. : standard deviation of speed, Max. : maximum speed

かし、今回の観測においては、読み取り単位を小さくすることは読み取り時の誤差の影響を考えると困難であり、一方、使用し得るVTRカメラの画角とカメラ設置場所の制約があることなどから、この問題ような問題が生じたものである。

3.2 速度分布の平均、標準偏差および最高速度

次に速度分布の平均、標準偏差、最高速度の変化について考察しよう。Table 6に各車線におけるこれらの値を示す。

2車線供用時における平均速度は、上り車線が50.8 km/h 下り車線が49.9 km/h で、いずれも規制速度とほぼ同等な値を示している。したがって、先述の速度分布の形から見てほぼ半数の車が規制速度を超過し、半数がこれを下回る速度で走行しているといえる。このことは、規制速度が十分遵守されておらず運転者の目標速度化していることを示している。しかし、著者らのこれまでの種々異なった道路における交通流観測の経験からすれば、規制速度が目標速度化することは特に異常なことではない。ところで、一般に適正な規制速度を設定する場合の目安として用いられるものに85パーセントイル速度があるが、この場合のそれは、速度分布の標準偏差から見て60 km/h 前後の速度が該当する。ただし、観測時の交通流に速度規制による速度抑制効果が生じていることを考慮すれば、自由速度での走行が許される場合には、この値はより高くなるものと考えられる。最高速度についてみれば、上り車線では82.4 km/h、下り車線では97.8 km/h であり、極めて高い速度が観測されている。

4車線供用時における平均速度は、上り第1車線の交通流が60.5 km/h、第2車線が67.2 km/h で、2車線供用時と比べて第1車線で約10 km/h、第2車線で約17 km/h と大きく上昇している。一方、下り方向では第1車線の平均速度が69.6 km/h、第2車線が64.5 km/h で、2車線供用時の平均速度をそれぞれ19 km/h および14 km/h 上回っている。このように、車線によって差はあるものの車線の増設により平均速度が10~20 km/h 近く上昇している。また最高速度も、上り第1車線の103.1 km/h から下り第1車線の117.1 km/h まで、各車線いずれも100 km/h を超える状況になっている。また、この場合の85パーセントイル速度はおおよそ80 km/h 前後と推察される。

速度規制が60 km/h に緩和された後の平均速度は、上り方向の交通流で第1車線が60.3 km/h、第2車線が64.3 km/h と60 km/h 規制時とほとんど変化せず、むしろわずかに低下している。しかし、下り方向の交通流においては、第1車線が75.4 km/h、第2車線が74.6 km/h と5~7 km/h の上昇を生じている。また、これを2車線供用時と比較すれば、速度の上昇は実に約25 km/h に達している。最高速度についてみれば、上り第1車線の97.0 km/h から下り第2車線の117.4 km/h までの範囲にあり、上り走行車線を除いていずれも100 km/h を超えている。また、この場合の85パーセントイル速度は、標準偏差の値から80 km/h 程度と推定でき、4車線供用開始段階における50 km/h 速度規制時と大差ない。

以上の結果から、山口バイパスにおいては2車線供用時、4車線で規制速度が50 km/h であった段階、その後60 km/h へ規制速度が緩和された段階と、どの段階を

取ってみても規制速度を上回る車が極めて多く発生している。したがって、速度規制が有名無実化しているといわざるをえない。しかしながら、この道路の設計速度が80km/hであること、また速度規制緩和前後の85パーセントイル速度が、4車線供用時においておおよそ80km/hと推測されることなど考慮すれば、規制速度を大きく超える速度が生じるのは、むしろ当然の結果といえるであろう。あるいは、速度規制効果によって現状の速度に抑えられているといってもよいが、いずれにしても規制速度を大きく上回る走行速度の車が極めて高頻度に発生することは、交通流に乱れを生じ易くなりそのことが事故発生の原因となる可能性がある。また横断交通の安全性低下など、交通の安全性確保の上で問題になるところである。

4. おわりに

本研究では、山口バイパスの交通流の速度特性について観測データの分析結果を示し考察を加えた。結びにこの道路の問題点として次のことを指摘しておきたい。

この道路の交通流の速度と規制速度の間には、大きな乖離が生じている。これは、より高い速度で走行可能なサービス水準の高い道路を提供しようとする道路建設者と安全性の確保と交通事故による大きな被害の発生を抑制しようとする事故防止・交通安全管理の担当者との志向の不一致に起因するものといえよう。

道路の計画・設計と交通規制におけるこのような矛盾は可能な限り回避されなければならないが、交通安全の観点から見れば、この道路に対し80km/hの設計速度を採用したことに疑問を禁じ得ない。なぜならば、山口バイパスは市街地外縁部に位置しており、開通後は遠からず道路沿線に市街地が拡大し市街地道路になること、さらに、それに伴う横断交通の増加が容易に予測されるからである。また、このような大規模な道路は、横断方向に対して大きな地域分断作用を生じるにも関わらず、横断施設の整備が十分であるとは言い難い。さらに、現状においては従道路の取り付け部に交通事故発生の危険度が高い変形交差点が多く残されている。このような現状を見る時、将来の改善が期待されるとしても、郊外道路に適用されるべき設計基準が導入された点に問題があると言わざるを得ない。

現実には、交通事故の発生状況を見れば、交通量がさほど多くないにもかかわらず、この道路では事故の多

発傾向が顕著である。例えば、1988年(昭和63年)に供用区間6.6kmで発生した事故は198件であり、これは山口県内の国道9号線の全事故479件の約40%を占めている。また、単位距離あたりの事故発生件数が山口県内の国道9号線全体での6.2件/kmに対し、この道路区間では30件/kmと4.8倍の高い発生率となっている。以上のことから、本バイパスは、交通事故危険度が高い道路であることがわかる。また、4車線供用開始直後に横断歩行者の死亡事故が連続したことは、車線増設による大きな速度の上昇が、横断歩行者と運転者の双方に判断の誤りを生ぜしめた可能性もある。したがって、この道路での交通事故発生に関する綿密な調査と原因の究明を行い、的確な安全対策が早急に施されなければならない。これらの課題については現在研究中であり、近いうちに報告の機会を得たいと考えている。

おわりに、本研究は1998年から1990年の3年間に渡る継続的な観測により得られたデータに基づくもので、この間、交通流観測ならびにデータ解析作業において著者らの研究室に在籍した学生諸氏の協力を得た。また、関係機関から研究に必要な資料を御提供いただいた。文末ながら、これらの方々に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) Transportation and Traffic Engineering Handbook, ITE, PRENTICE-HALL, pp.88-98 (1976)
- 2) 古池：自由車・追従車構成を考慮した交通流解析プログラムに関する研究, 山口大学修士論文, (1990)
- 3) 田村・古池：交通流解析プログラム PATRAF の開発, 山口大学工学部研究報告, 第41巻, 第1号, pp.23-31(1990)
- 4) 田村・樗木・三野：交通流の基本速度分布モデルおよび実際速度分布モデルの構築に関する研究, 土木学会論文集, No.377, pp.127-135(1987)
- 5) Y. Tamura and T. Chishaki : Modeling and study of speed and bunch distributions considering fluctuations of traffic flow, Proc. 10th Int. Symp. on Transportation and Traffic Theory, Elsevier, pp. 99-118(1987)

(平成3年10月11日受理)