

車頭時間の変動と交通状態との関係に関する基礎的研究

田村 洋一*・姫井 康男**

Study on the Relationship between Fluctuation of Time-Headway and Traffic Flow Conditions

Youichi TAMURA and Yasuo HIMEI

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the relationship between fluctuation of time-headway and traffic flow conditions. Traffic data used in this investigation were observed at a two-lane street in the morning peak hour. Traffic flow are classified based on the critical speed of 30km/h into four types of traffic flow condition, i.e., non-congested flow, transitional flow from non-congested to congested flow, congested flow and transitional flow from congested to non-congested flow, and the relationship between changes of speed and standard deviation of time-headway are analyzed based on the observed time-series data. As the results, it becomes known that the extremely large standard deviations of headway distribution aggregated by 3-minutes time duration appear at the period when traffic flow changes from one type of traffic condition to another. According to this result, the criteria to judge traffic condition are proposed based on the standard deviation of time-headway.

1. はじめに

道路の渋滞を軽減し交通を円滑化する対策には、道路の拡幅改良や交差点部での右左折車線の設置、交通制御の最適化などがある。これらは、道路の交通容量の増加とその有効利用を図るものである。このうち、道路の拡幅や車線の増設は最も効果的であるが、その反面、用地の取得などの点で困難も多く、実現に長い時間と大きな費用を要する。また、道路空間の拡大自体に物理的な限界もある。一方、効果的な交通情報提供システムや経路誘導のシステム、あるいは高度な信号制御システムの開発と導入は、一般に道路の大規模な拡大を必要とせず、混雑問題を解決する上で最も現実的かつ効果的な方法であるといえる。

これらの交通制御システムは、時々刻々と変化する交通状態に応じて、道路の混雑状況や最適経路に関す

る情報をドライバーに提供したり、信号制御パラメータの最適化を行うものである。したがって、その実現と合理的な運用には、交通状態を正確かつ迅速に把握することが必要不可欠であり、交通状態の判別・予測手法の開発が大きな課題になる。この問題に対する最近の研究例を示せば、森・竹内¹⁾が、高速道路の交通流を対象に車両感知機データにもとづく渋滞の自動判定について研究している。また、著者らも、交通量の時系列変動特性に着目した渋滞・非渋滞判別法について研究²⁾してきている。

ところで、交通状況の判別と予測においては、それに必要な交通データの検出機器ができるだけ高密度に配置されること、また、データ処理が容易で的確な交通状態の判別と予測が短時間のうちに実行できることが必要である。一方、検出機器設置の経済性も要求される。これらのことから、交通状況の判別と予測に用いられる交通変量は、簡単に計測可能であることが望ましい。

著者らが先に交通量の変動にもとづく交通状態判別手法の開発を試みた理由もこの点にある。しかし、交

*社会建設工学科

**東亜建設

通量は一定時間中の通過車両の集計値であるから、個々の車の状態についての情報を与える交通変量ではない。また、交通状態の判別単位はその集計時間の制約を受けることになる。この問題は、個々の車に関する交通変量にもとづく状態判別が可能になれば解決されるが、このような交通変量に速度と車頭時間がある。速度は交通状態を直接表すものであり、この意味で、最も交通状態判別に適した指標である。しかし現在のところ、その検出装置は高価で設置位置が限られている。一方、車頭時間は、現在すでに多くの地点に設置されている検出器から容易に取り出すことができる交通変量である。

以上のことから、本研究では車頭時間を交通状態の判別に用いることの可能性を、その変動特性と交通状態との関係分析にもとづいて検討したものである。

2. 交通流観測

本研究では、非渋滞流から渋滞流への、また渋滞流から非渋滞流への交通状態変化が連続的に把握できること、速度の計測に必要な観測区間長が確保されることを考慮して交通流観測を実施した。観測地点は、宇部市南浜町の通称産業道路（カメラのキタムラ前）を選定し、朝のラッシュ時の交通流をVTRで撮影、記録した。なお、観測地点の上流約140mと下流約600mの地点に信号交差点が存在しており、観測時の交通渋滞は下流側信号交差点を起点として発生している。観測日時、観測台数、道路条件を示せばTable 1のとおりである。

本研究に必要な車頭時間と速度は次のようにして求めた。まず、撮影画面中に目標物を定めて15mの計測区間を設定し、VTR画面にダビングした時計を読み取ることにより、計測区間上・下流端への車の到着時刻を求めた。これを1次データとし、観測区間上・下流端での各車の車頭時間を算出し、これらの平均値をその車の車頭時間とし、車が区間を通過するのに要した時間から速度を算出した。また、渋滞車と非渋滞車の

区別については、これまでの研究結果³⁾と対象地点の交通状況を考慮して、速度30km/hを限界値に定め、これ以上の速度をもつ車を非渋滞車、これ以下のものを渋滞車とした。

3 交通状態の判別

3.1 車頭時間および速度の変動

Fig. 1は、今回の2回の調査で観測された車頭時間と速度を車の到着順に示したものである。

まずNo. 1の観測データについて考察しよう。速度についてみれば、観測開始後200台目あたりから少しづつ速度の低下傾向がみられ始め、290台目付近から384台目までは速度が高いものと低いものが交互に混在しながら出現する状況になっている。これ以後、385台目から525台目まではすべての車の速度が30km/hを下回っている。その後、速度30km/hを上回る車と下回る車とが混在しながら、全体的傾向としては再び速度が上昇し始め、575台目以降の車はすべて30km/h以上の速度に回復している。以上のことから、最初から290台目までの車は非渋滞領域、291台目から384台目の車は非渋滞流から渋滞流への遷移領域（以下、非渋滞・渋滞遷移領域とよぶ）、385台目から524台目の車は渋滞領域、525台目から574台目の車は渋滞流から非渋滞流への遷移領域（以下、渋滞・非渋滞遷移領域とよぶ）、575台目以降の車は非渋滞領域に属しているとみなすことができる。

一方、車頭時間についてみれば、極端に大きな車頭時間が出現しているのは、25, 432, 449, 474台目の車であり、このうち交通量が極めて少ない状態にある25台目の車を除けば、他の3台はいずれも渋滞領域に属するものである。

次にNo. 2のデータについて同様な考察を行えば、この観測の開始時刻には、すでに交通流が非渋滞流から渋滞流への遷移領域に入っているとみなせ、最初の車から122台目までが非渋滞・渋滞遷移領域、また、123台目から310台目までが渋滞領域、311台目から395台

Table 1 Summary of observations

| No | Date and time duration of observation | Number of observed vehicles | Road condition |
|----|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 1990.10.24(Wed.) 7:05~8:25 a.m. | 722 | level, straight, two-lane and no-passing |
| 2 | 1990. 9.18(Tue.) 7:30~8:15 a.m. | 462 | |

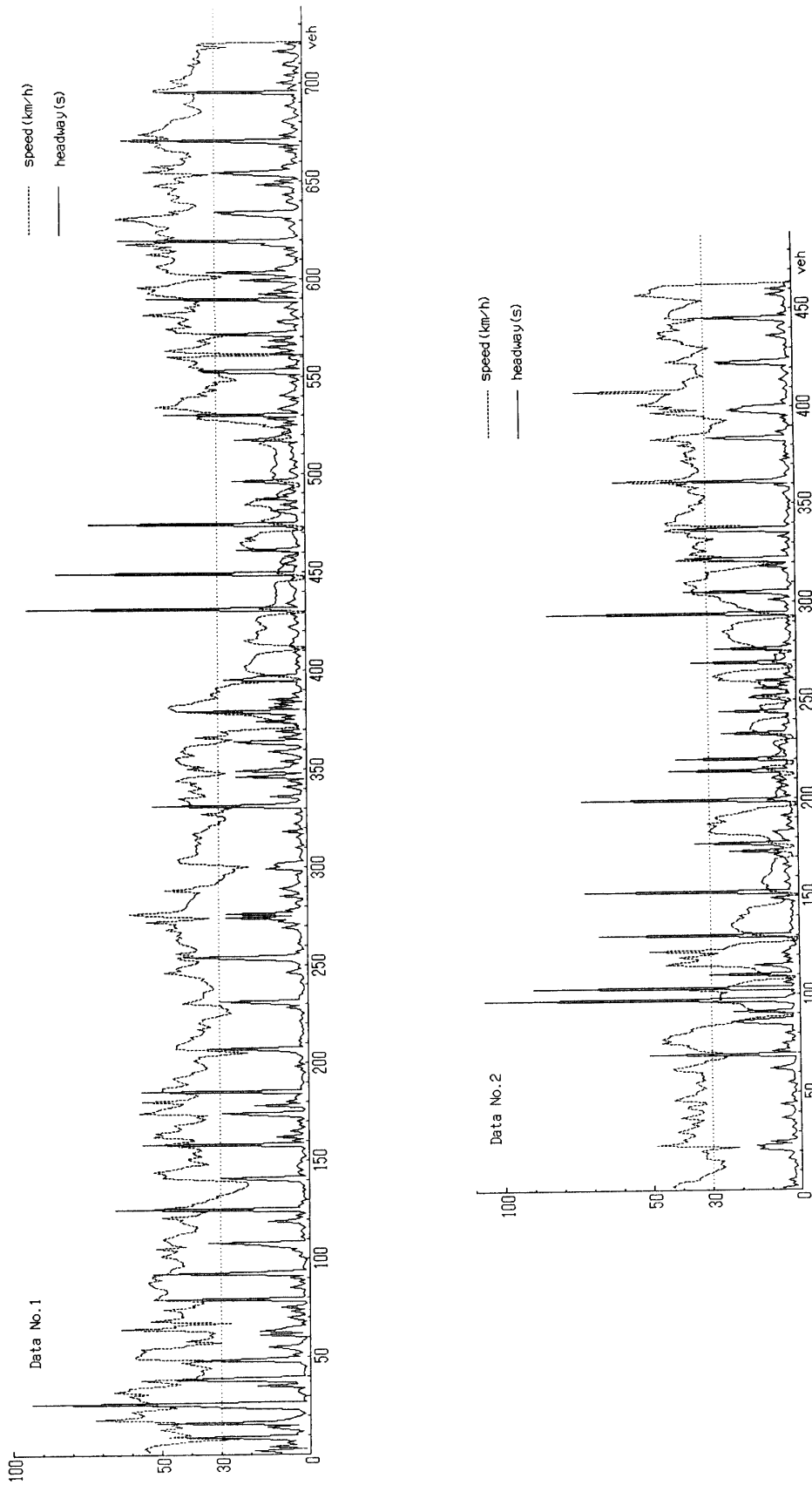


Fig.1 Observed headways and speeds of successive vehicles

目が渋滞・非渋滞遷移領域, 396台目以降の車が非渋滞領域に属すると判断できる。一方, 車頭時間についてみれば, 渋滞領域と遷移領域でとくに大きな車頭時間が生じていることがわかる。

以上のように, 速度と車頭時間の変化についてその相互関係に注目すれば, 速度の大きな変化点や渋滞領域あるいは遷移領域で極端に大きな車頭時間が生じる傾向がある。このことから, 交通状況の変化と大きな車頭時間の出現との間に何らかの関係があると推察される。しかし, 偶然的に大きな車頭時間が発生する場合も考えられ, 車頭時間と速度との関係から直接的に交通状態を判別することには無理がある。そこで, 次に車頭時間の変動を表す統計量と交通状態との関係について分析し, 考察してみよう。

3.2 車頭時間の標準偏差の変動と交通状態との関係

適当な時間単位で時系列データを集計するとき, 車頭時間の標準偏差は車頭時間の変動特性を表す統計量である。そこで以下では, 3分間ごとに集計した車頭時間の標準偏差の変動と交通状態の関係性について検討する。ただし, この集計計算においては, Fig. 2に示すように, 観測された車の時系列データを最初と最後の1分間が前後の集計区間と重なり合う3分間の時間間隔ごとに整理し, この間に到着した車について速度の平均値と車頭時間の標準偏差を求めた。このよう

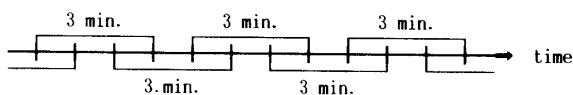


Fig.2 An aggregation of data

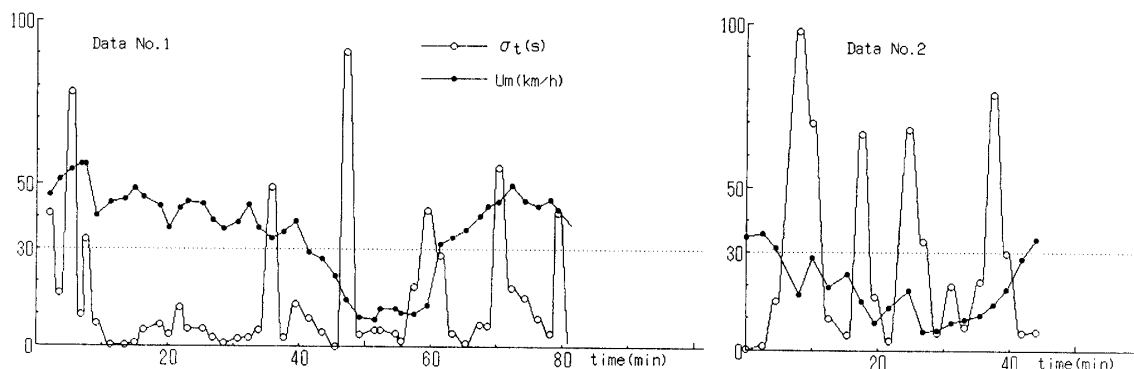


Fig.3 Mean speed(U_m) and standard deviation(σ_t) of headway aggregated for 3-minutes time duration

な集計方法を採用したのは, 車頭時間の変化の傾向を明確に把握するだけでなく, 極端に大きな車頭時間の過度な影響を除くことを意図したためである。

こうして整理, 集計した車頭時間の標準偏差と速度の平均値の時系列変化を Fig. 3 に示す。

まず, No. 1 の観測データについて考察しよう。30km/h の限界速度にもとづいて, 平均速度の変化により交通状態を分類すれば, 観測開始後36分までは非渋滞領域, 37分から46分の間が非渋滞・渋滞遷移領域, 47分から60分が渋滞領域, 62分から71分が渋滞・非渋滞遷移領域, 72分以降は非渋滞領域であると判断できる。一方, 車頭時間の標準偏差についてみれば, 観測開始後5, 37, 47, 60, 71, 80分の時点で大きな値が出現している。

次に, No. 2 のデータについて同様な考察を行えば, 観測開始より12分までは非渋滞・渋滞遷移領域, 13分より35分までが渋滞領域, 36分から42分の間が渋滞・非渋滞遷移領域であり, 43分以降は非渋滞領域と判断できる。また, 車頭時間の標準偏差についてみれば, 観測開始後8, 10, 18, 25, 38分の時点で大きな値が生じている。

これらの車頭時間の標準偏差の変動と交通状態の変化を重ね合わせてみれば, 交通状態が変化する時間区間に極端に大きな車頭時間の標準偏差が生じていることがわかる。すなわち, 交通状態が, 非渋滞から非渋滞・渋滞遷移領域へ変化する部分, 非渋滞・渋滞遷移領域から渋滞領域へと変化する部分, 渋滞状態から渋滞・非渋滞遷移領域に変化する部分, そしてこの遷移領域から再び非渋滞状態に回復する部分と, 交通状態が変化する時間区間に対応して車頭時間の標準偏差が通常の3倍を越す大きな値に跳ね上がっている。したがって, これらの結果から, 車頭時間の標準偏差の

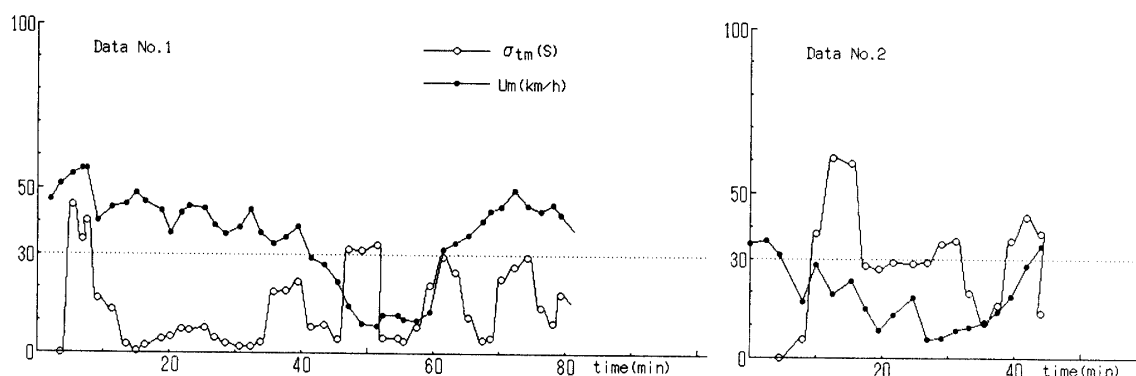


Fig.4 Mean speed(U_m) and 3-points moving average(σ_{tm}) of standard deviation of headway

変動を指標として交通状態の判別を行うことが考えられる。

しかし、No. 2のデータにみられるように、交通状態の変化点でないにも関わらず、例えば、渋滞継続中の観測開始後25分の時点で見られるように極端に大きな車頭時間の標準偏差が生じている。このような値の出現は誤った交通状態判別の原因になる。したがって、基本的には車頭時間の標準偏差を交通状態の判別指標として用いるにしても、状態変化のない部分で生じた極端な値によって誤判断が生じない判別法を工夫する必要がある。

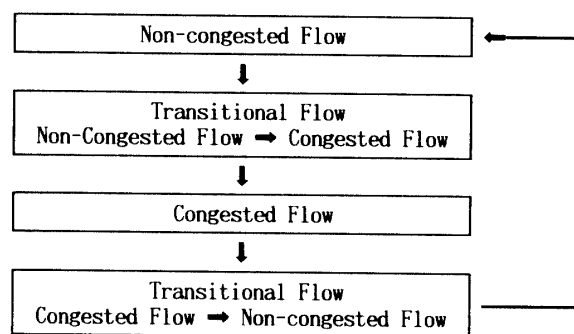


Fig.5 Transition of traffic condition

3.3 車頭時間の標準偏差の移動平均値と交通状態

車頭時間の標準偏差の時系列を移動平均法により平滑化し、この移動平均値と交通状態との関係について検討してみよう。車頭時間の標準偏差の3点移動平均値と平均速度の平均値を示したのが Fig. 4 である。

まず、No. 1のデータについてみれば、観測開始から5~12分、35~40分、47~52分、59~63分、70~75分の各時間区間で車頭時間の標準偏差に大きな値が生じている。また、No. 2のデータでは、10~16分と39~42分の時間区間で車頭時間の標準偏差に大きな値が生じている。これらの大きな車頭時間の標準偏差の移動平均値の出現位置と平均速度の変化との関係を見れば、交通状態の変化点と車頭時間の標準偏差の移動平均値が大きく変化する点とが、ほぼ対応している。

3.4 交通状態の判別方法

これまでの各節に示した車頭時間の変動と交通状態との関係にもとづいて、交通状態の判別に次のような方法が提案できる。

すなわち、以上の分析結果から、交通状態は基本的には Fig. 5 に示す過程をたどって変化するとみなしてよい。したがって、これら各交通状態の変化の開始点を知ることができれば、これによって交通状態とその変化を推定することが可能になる。このとき、これまでの車頭時間の標準偏差の変動と交通状態との関係についての考察より、3分間の時間単位で集計された車頭時間の標準偏差を主たる指標に、また、その移動平均値を補助的な指標として採用し、以下に示す基準にしたがって交通状態を判別することが考えられる。

①非渋滞領域から非渋滞・渋滞遷移領域への変化

車頭時間の標準偏差が最初に通常の値の2倍以上の値に跳ね上がった時点を非渋滞領域から非渋滞・渋滞遷移領域への変化点とする。

②非渋滞・渋滞遷移領域から渋滞領域への変化

①の交通状態判別後、車頭時間の標準偏差が一旦通常値まで低下してから、再び通常の値の2倍を以上の値に跳ね上がった最初の時点を非渋滞・渋滞遷移

Table 2 Estimation of traffic condition

| Traffic flow condition | Rate of Accepted estimation | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Estimation for unit time duration | Estimation for individual vehicle |
| Non-congested flow (early period) | 12/20=0.600 | 274/301=0.910 |
| Transitional flow (Non-congested → Congested) | 6/6=1.000 | 124/124=1.000 |
| Congested flow | 7/8=0.875 | 130/138=0.942 |
| Transitional flow (Congested → Non-congested) | 6/6=1.000 | 96/96=1.000 |
| Non-congested flow (late period) | 6/6=1.000 | 106/106=1.000 |

領域から渋滞領域への変化点とする。

③ 渋滞領域から渋滞・非渋滞領域への変化

②の交通状態判別後、車頭時間の標準偏差とその3点移動平均値が一旦通常値に下がってから、再び車頭時間の標準偏差が通常値の2倍以上の値に跳ね上がった最初の時点から渋滞領域から渋滞・非渋滞領域への変化点とする。

④ 渋滞・非渋滞遷移領域から非渋滞領域への変化

③の交通状態判別後、車頭時間の標準偏差が通常値に下がってから、再び通常値の2倍以上の値に跳ね上がった最初の時点から渋滞・非渋滞遷移領域から非渋滞領域への変化点とする。

3.5 交通状態の判別結果

上記の手順にしたがって、交通状態を判別した結果の一例を示せば以下のとおりである。すなわち、No. 1のデータを対象に、3分間の集計単位ごとに交通状態を判別した結果と的中率を Table 2 に示す。

観測時間の前半部で渋滞流であると判別された20組の時間区間中、12組については各組のすべての車の速度が30km/h以上であり判別が的中した。しかし、他の8組では、それぞれに速度30km/h以下の車が何台か含まれており誤った判別となった。したがって、この場合の的中率は60.0%とやや低い結果になっている。一方、これを車単位での的中率から見ると、非渋滞流に属すると判別された20組の時間区間に含まれていた301台の車の中で、30km/h以上の速度の車は274台であった。したがって、車単位で評価した場合の的中率は91.0%となり、この面からみれば良好な推定結果が得られているといえる。

これ以外の交通状態判別結果については、渋滞状態と判別された時間区間単位での的中率が87.5%、車単位での的中率が94.2%であった。また、非渋滞・渋滞および渋滞・非渋滞の両遷移領域と観測時間後半部の非渋滞流領域に対する判別における的中率は、時間区間単位、車単位のいずれの場合に対してもすべて100%であった。

4. おわりに

本研究は、車頭時間の変動と交通状態との関係に着目して交通流観測データの分析を行い、その結果にもとづいて車頭時間の標準偏差を判別指標とする交通状態の判別について検討したものである。

今回提案した交通状態の判別方法は、車頭時間の標準偏差の極端な変化点を検出することにより、交通状態が変化する時点を推定するものである。その適用の結果、今回検証に用いた観測データに対して高い的中率をもつことが確認され、交通状態判別手法の開発における初期的な目的は達成できたといえる。しかし、本研究で提案した方法は、さらに多くの種々異なった道路、交通条件下での交通流に対する適用を通じてその妥当性が検証される必要がある。また、車頭時間の標準偏差を求める際、本研究においては1分間を最小時間単位として、前後の1分間のデータを重ね合わせながら順次3分間ごとに集計を行っているが、これらデータの集計方法や集計時間の短縮についてもさらに検討する必要がある。残された課題も多い。今後は、これらの点についてさらに研究を進めてゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 森康男・竹内栄一：東名高速道路の渋滞自動判定に関する研究, 交通工学, 25, 4, 25-35, 1990
- 2) 樗木武・塩見成一・渡辺輝康・田村洋一：交通流における渋滞車割合の推定に関する研究, 九州大
学工学集報, 62, 4, 227-293, 1989
- 3) 田村洋一・樗木武：自由車・追従車構成に着目した車頭時間分布モデルに関する研究, 土木学会論文報告集, 336, 159-168, 1983

(平成3年4月12日受理)