

交通流解析プログラム PATRAF の開発

田村 洋一*・古池 真砂也**

On the Development of Computer Program -PATRAF- for Analysis of Traffic Flow

Youichi TAMURA* and Masaya KOIKE**

Abstract

This paper describes a computer program, named as PATRAF, which was developed for analysis of traffic flow.

PATRAF is composed of PATRAF-BASIC and PATRAF-APPLICATION. PATRAF-BASIC is divided into three programs, i.e., PATRAF-IM, PATRAF-IA and PATRAF-IG. PATRAF-IM is a menu program and it starts arbitrarily programs in PATRAF-IA and PATRAF-IG. PATRAF-IA is consist of several programs to aggregate observed data and to carry out statistical analysis on the correlation of speeds between successive two vehicles and the distributions of headway, speed, bunch-size and bunch speed. PATRAF-IG is a program to print out the results obtained by running PATRAF-IA on output device, such as computer display, printer or XY-plotter. These programs were developed for a 16-bit personal computer (NEC PC-9800 series) and changes, additions and recorrections of programs can be done easily since BASIC is used for the program language. Explanations of PATRAF-BASIC are main contents of this report. On the other hand, PATRAF-APPLICATION is now under developing with the aim of applying for simulation analysis of traffic flow and optimal designs of road facilities, so its concrete contents are not stated in this paper.

1. 研究の背景と目的

道路施設の計画・設計の合理化や交通制御システムの高度化を図る上で、さまざまに異なった道路条件、交通条件、気象条件下での交通流の諸特性と、それらに対する影響要因との関係を正確に把握することが必要であることはいうまでもない。このためには、まず、十分な交通流観測データの分析を行い、それにもとづいて交通流を精度よく表現するモデルを開発することが不可欠である。

ところで、多くの観測データが蓄積され、必要に応じて種々の交通流モデルが開発されたとしても、その

成果を実際面へ活用しようとするとき、以下のことが問題になる。すなわち、第1点は、交通流モデルの体系的な整理統合である。この点が不十分であれば、異なった道路条件、交通条件下での交通流現象の解明と実際面への応用を統一的かつ一貫的に行うことは困難である。第2点は、これらのモデル解析に必要なデータの統一化が行われなければならないことである。交通観測とデータ解析に多くの費用と労力を要することを考えれば、観測が必要十分な内容に絞られ、統一された精度のデータが蓄積されることが望ましい。第3の点は、観測データの効率的な処理とモデル計算の自動化を可能にすることである。この面が十分でなければ、データの有効利用やモデルの実際面への活用が制約されることになる。また、これらの各過程で、モデルの更新やデータ処理方法の改善が要求されることはいうまでもない。

*建設工学科

**大学院建設工学専攻 (現 広島市役所)

これらの点について現状をみれば、第1の点については、これまで多くの研究者により交通流に関する幅広い研究が行われ、種々のモデルが開発されてきている。しかし、モデル相互間の関係性や適用範囲が十分明確にされているとはいえず、各モデルの評価と体系化が図られるべき時期に来ている。第2の点については、関係諸機関に多くのデータが蓄積されているにもかかわらず、データの内容、精度、蓄積形態などが統一されていないため、十分活用されているとはいえない。第3の点については、信号制御問題に関してはTRANSYTに代表されるプログラムが開発、利用されているが、これを除けば、ケース・バイ・ケースでの計算が行われているのが現状であり、広範な交通流問題に柔軟に対応しうる計算プログラムは未だ開発されていないといえる。

本研究の目的である交通流解析プログラムPATRAF (Programs for Analysis of Traffic Flow)の開発は、以上のような問題認識から発想されたもので、多様な道路、交通条件下における交通流現象の基礎解析作業の効率を高めること、また、基礎解析計算の自動化を通じて応用モデル開発のための支援ツールとして活用できることを意図している¹⁾。PATRAFは、多岐にわたる内容を持った複数のプログラムで構成されるもので、現在開発途上にあるが、本報は、その一部として交通現象解析のためのプログラムを中心に、これまでの開発内容を報告する。

2. PATRAF の構成

2.1 PATRAF 開発における設定条件

PATRAF 開発の目的を要約すると、

- (1) 大量データの保存と利用の効率化、
- (2) 交通流現象解析の自動化、
- (3) 応用プログラム開発の基礎の提供、

であり、次の条件を満足することを目指している。

- (1) 基本データ項目を最小限にすること、
- (2) データの収納、データ解析、モデル計算、応用計算の各段階に必要な応じて自由にアプローチできること、
- (3) 交通流モデルの変更、改良に対する柔軟な対応性を有すること、
- (4) 応用プログラムの組み込みや結合が簡単に行えること、
- (5) パーソナルコンピュータで実行できること、

なお、PATRAF のプログラム言語は BASIC である。

2.2 PATRAF の位置付け

PATRAF と交通流の理論研究および交通流観測との関係を Fig. 1 に示す。すなわち、PATRAF には、交通流の理論的研究にもとづく交通流モデル^{2),3)}が組み込まれており、必要な観測データが読み込みにより、交通変量に関する統計解析、モデル計算、応用計算が実行される。こうして交通流の特性分析とモデルの適否の検討が行われるとともに、得られた情報が必要に応じて、理論研究と交通流モデル、交通観測の方法と内容にフィード・バックされる。

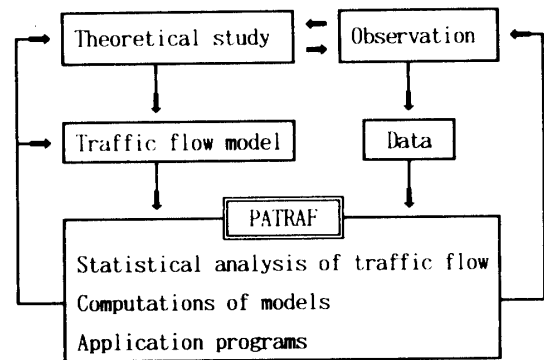


Fig. 1 Position of PATRAF

2.3 PATRAF の構成

PATRAF は複数のプログラム群として構成され、その内容は、PATRAF-BASIC と PATRAF-APPLICATION に大別される。

PATRAF-BASIC は、車頭時間、速度、交通量、車群台数、車群速度などの交通変量の特性とそれらの相互関係を統計的に解析し、各分布モデル計算を行うプログラムである。PATRAF-APPLICATION は、PATRAF-BASIC により得られた結果にもとづいて、各種の応用計算を行うプログラム群である。

PATRAF-BASIC と PATRAF-APPLICATION との関係を Fig. 2 に示す。PATRAF-BASIC は、各交通変量の統計解析とモデルパラメータの推定計算を行う PATRAF-IA、それらの解析結果をコンピュータのディスプレイ、プリンタ、XYプロットなどに出力する PATRAF-IG およびこれらのプログラムの演算や結合を統括する PATRAF-IM からなる。一方、PATRAF-APPLICATION は、解析的なアプローチを中心とする PATRAF-II、シミュレーション的なアプローチによる PATRAF-III、自動設計のための PATRAF-IV で構成される。

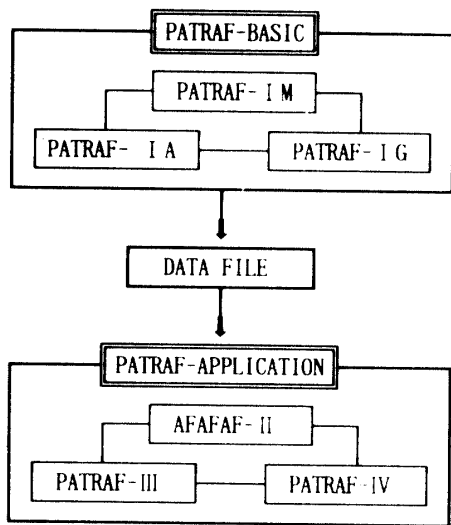


Fig. 2 PATRAF-BASIC and PATRAF-APPLICATION

2.4 PATRAFで取り扱うデータ

PATRAFが取り扱うデータは、観測データ、条件データ、生成データの3種類に大別され、その内容を示せばTable 1のとおりである。なお、観測データは基本的には、観測区間上・下流点の到着時刻および車種データであるが、必要に応じて車頭時間および速度データを基本データとして用いることもできる。

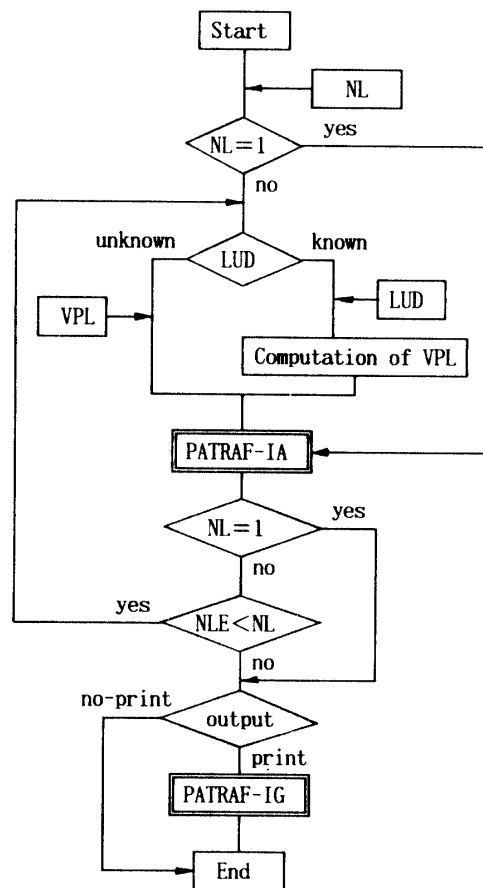
なお、現在のプログラム開発状況は、PATRAF-BASICの開発を終えた段階で、PATRAF-APPLICATIONについては、道路分合流部における合流車線長の決定問題や道路横断時の安全性解析のためのプログラム開発に着手したところであり、その具体的な内容を示しうるに至っていない。そのため、これらの内容については続報によるものとし、本報では、PATRAF-BASICの内容について説明を行う。

3. PATRAF-BASICの内容

PATRAF-BASICにより交通流解析を行うには、まず、最初に観測データ(車種、観測区間上・下流点到着時刻)にもとづいて基本データファイルを作成しなければならない。その際、1台(1レコード)に対して3つのフィールドを準備し、車種、上流到着時刻、下流到着時刻の順にデータを入力すればよい。なお、車種分類については、軽自動車は1、普通車は2、中型車は3、大型車は4の数値を入力する。基本データの作成が終わればFig. 3に示す手順に従ってPATRAF-BASICが実行できる。

Table 1 Input-and output-data in PATRAF

Types of data	Contents
Observed data	arrival time at upper and lower observation point, types of vehicles
Conditional data	lane-number
Generated data	headway, speed, density, volume, relative-speed of successive two vehicles, bunch-size, bunch-speed, each statistics, traffic model parameters and so on



NL : number of lanes
 LUD : lane use distribution
 VPL : volume per lane
 NLE : number of lanes those analysis came to an end

Fig. 3 Flow chart of PATRAF-BASIC

3.1 PATRAF-IA の構成と内容

PATRAF-IA では、基本データの読み込み後、各サブプログラムの実行により新たなデータファイルが生成され、次段階のサブプログラムで利用される。Fig. 4に各サブプログラムと生成されるデータファイルならびに各サブプログラムで使用されるデータファイルを示す。図中* 印を付したものがサブプログラム、そうでないものはデータファイルを表す。

各サブプログラムで実行される処理内容は、以下のとおりである。

(1)データ入力：* KOSU はデータ入力を行うサブプログラムであり、この実行によって基本データ数がカウントされ、保存領域が確保された後、基本データが基本データファイル N に格納される。なお、基本データファイル N はユーザーが自由に命名できる。

(2)データ形式の選択：PATRAF-IA の基本データ形式は時刻形式のものと同頭時間形式のものとの二つが選択できる。基本データが時刻形式であれば、サブプログラム * JIKOKU により、到着時刻データから車頭時間と速度が計算され FILE 1 に保存される。また、車頭時間形式の場合には、* HEADWAY により同内容のデータが生成され FILE 1 に保存される。

(3)異常値の削除と修正：観測データ中に測定誤差などによる異常値が存在すると、これが後の解析に悪影響を及ぼす場合がある。そこで、* ICUT では FILE 1 中の速度、車頭時間データの異常値を削除あるいは修正して新たなデータファイル FILE11 を生成する。

(4)車種分類：* SHASHU は、FILE11 のデータを読み込み、各車種に割り当てられた数字に従って車種構成率ならびに平均速度を求め FILE 2 に保存する。

(5)交通変量の集計と統計量の計算：* VAR は、FILE11 のデータを読み込み階級幅を1秒として車頭時間データを分類集計する。その後、各車頭時間階級ごとに先行車と後続車の速度の平均と分散、共分散、相関係数、連行車両の相対速度の平均と分散を求め、これらを FILE 3 に格納する。また、* WVAR は、時系列分析を行うために、これらの交通変量の3点移動平均を計算しデータファイル FILE 4 を生成する。

(6)自由車率の計算：* ALPHA は、FILE 4 のデータを読み込み、連行車両の速度の分散、共分散あるいは相対速度の分散と車頭時間との関係にもとづいて、自由車率を算出し FILE 5 に保存する。なお、本プログラムでは、複数の回帰曲線の中から最も推定精度の良いものを選択できる。

(7)1分間交通量の集計：* TVUNIT は、FILE11

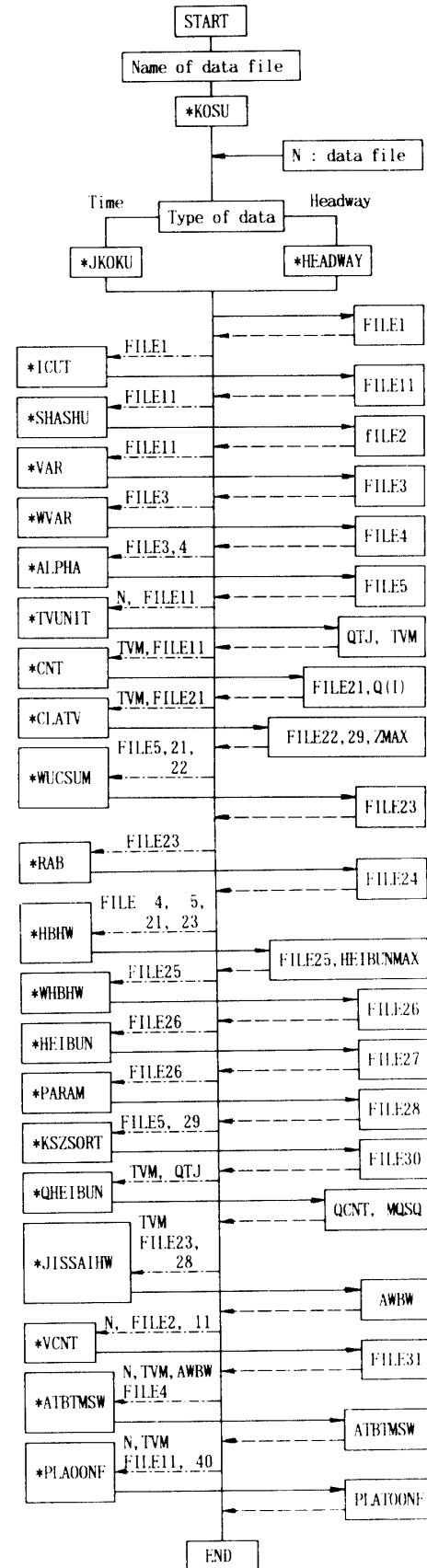


Fig. 4 Sub-programs and data-files in PATRAF-IA

のデータにもとづき1分間交通量データQTJを生成する。

(8)交通量レベルごとの車頭時間の集計：*CNTは、車頭時間データを1分間交通量レベルごとに集計し、各々に含まれるサンプル数と車頭時間データとをFILE21,Q(I)に格納する。なお、Q(I)中のIは、単位時間交通量を表わす。これらのデータを用いて、*CLATVにより、各交通量レベルごとの車頭時間分布データが生成されFILE22に保存される。

なお、PATRAFでは、車頭時間分布は全て0.3秒ごとに集計される。また、PATRAF-IGでのグラフ作成に必要な車頭時間分布の最大値頻度がZMAXに、適合度検定に必要なデータがFILE29に格納される。

(11)自由車・追従車の分離：*WUCSUMは、*ALPHAで求められた自由車率を用いて、各交通量レベルにおける自由車と追従車の車頭時間を分離し、自由車・追従車割合を算出する。さらに、自由車・追従車割合の交通量に対する3点移動平均を計算し、これらをFILE23に保存する。また、以上の計算の後、*RABにより、自由車割合と1分間交通量の回帰計算が行われ、回帰定数がFILE24に格納される。

(12)車頭時間分布の平均と分散の計算：*HBHWは、各交通量レベルに属する自由車、追従車の車頭時間の平均と分散を算出しFILE25に格納するとともに、これらの最大値をHEIBUNMAXに保存する。こうして求められた平均、分散と交通量との回帰計算が、*HEIBUNによって実行されFILE27に保存される。

(13)基本車頭時間分布モデルのパラメータ計算：PATRAFでは、基本車頭時間分布に複合対数正規分布モデルが採用されており、*PARAMにより車頭時間分布の平均、分散から分布パラメータが算出されFILE28に格納される。

(14)適合度検定データ集計：*KSZSORTは、基本車頭時間モデルの適合度検定に必要な車頭時間分布データを作成し、FILE30に格納する。

(15)交通量分布モデルのパラメータ計算：PATRAFで用いられている各交通流モデルは、まず、均質な交通量レベルに対して基本モデルを求め、これに重み付き交通量分布を考慮して実際モデルを求める構成になっている。*QHEIBUNは、これに必要な交通量に関する統計量を計算するプログラムで、データファイルQTJの1分間交通量データから交通量分布を求めQCNTに格納し、また、重み付き交通量分布の平均、分散を求めてMQSQに保存する。

(16)実際車頭時間分布の計算：*JISSAIHWは、実際車頭時間分布のパラメータ算出に必要な各定数を

回帰計算により求めるとともに実際車頭時間分布データを生成し、AWBWに格納する。

(17)実際速度分布の計算：*VCNTは、実際速度データを階級幅3 km/hごとに集計し、FILE31に格納する。また、PATRAFでは自由車・追従車構成を考慮した複合正規速度分布モデルが用いられており、*ATBTMSWによって、自由車・追従車に対する速度の平均、分散ならびにモデルパラメータの計算に必要な回帰定数が算出され、ATBTMSWに保存される。

(18)実際車群台数分布の計算：*PLATOONFは、車群分布モデルパラメータを求め、さらに車群台数と車群速度の分布計算を行い、PLATOONFに保存する。

3.2 PATRAF-IGの構成と内容

PATRAF-IGは、上述のPATRAF-IAによる一連の処理が終了した後、その結果を必要に応じてCRT、あるいは、プリンター、XYプロッターに出力するためのプログラムである。

すなわち、PATRAF-IGは、Fig. 5に示す2枚のメニュー画面に従って、Fig. 6に示すように16種類の出力用サブプログラムを任意に起動することにより、PATRAF-IAの計算結果を出力するものであり、その内容を示せば以下のとおりである。

(1)*INSHASHUは、FILE2のデータを読み込み車種構成率を画面表示する。

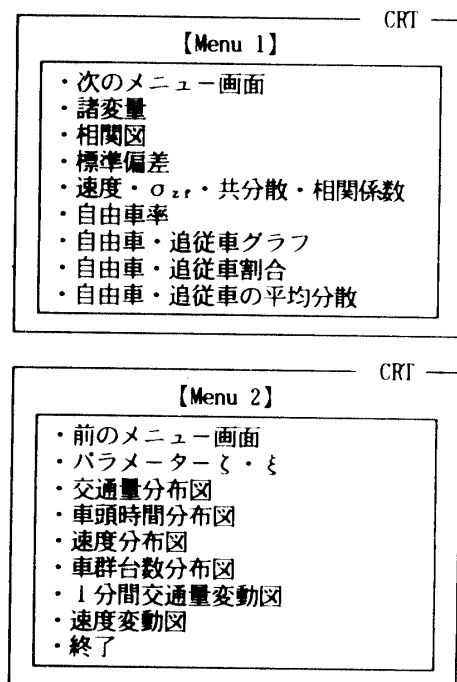


Fig. 5 Menu of PATRAF-IG

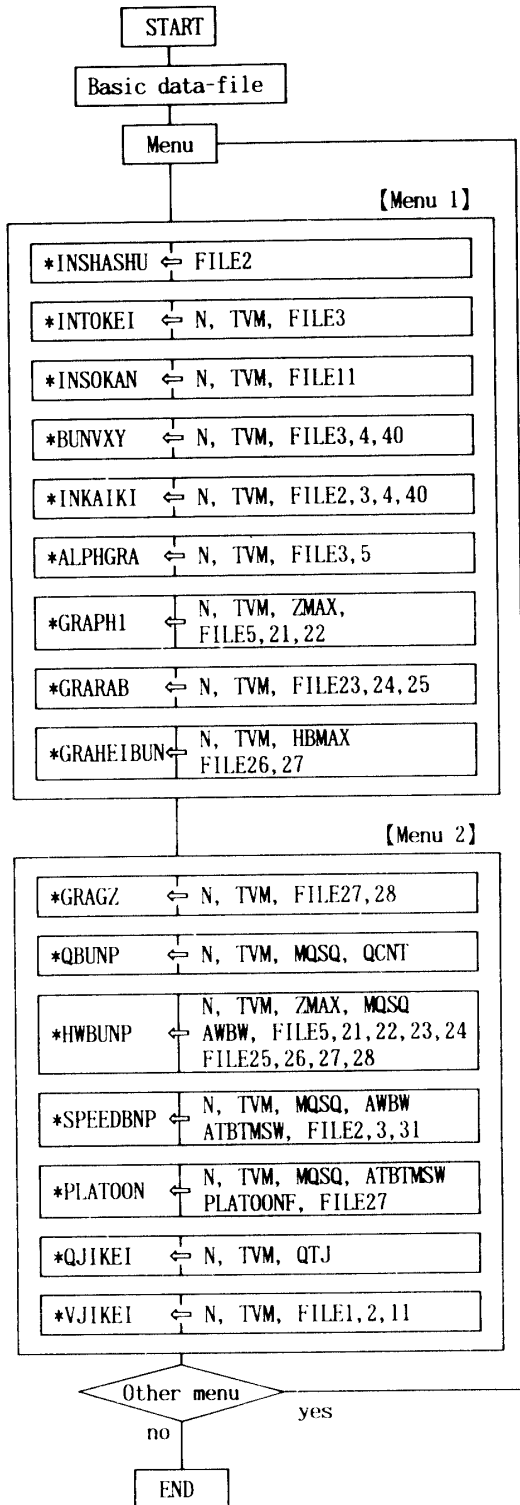


Fig. 6 Sub-programs and data-files in PATRAF-IG

(2) * INTOKEI は, FILE 3 に格納されている車頭時間 1 秒ごとに集計されたサンプル数, 階級値, 先行車と後続車の速度の平均と分散および標準偏差, 標準偏差の積, 相対速度の平均と分散, 連行車両の速度の相関係数を画面に出力する。

(3) * INSOKAN は, 各車頭時間ごとの連行車両の速度の相関図を画面出力する。

(4) * BUNVXY は, FILE 3 (未調整データ)ならびに FILE 4 (3点移動平均データ)の標準偏差データを読み込みゴンペルツ回帰曲線と併せてグラフ出力する。

(5) * INKAIKI は, FILE 3, FILE 4 中のデータならびに回帰曲線を画面出力する。

(6) * ALPHGRA は, FILE 5 より自由車率を読み込みグラフ出力する。

(7) * GRAPH 1 は, FILE22, FILE 5 を読み込み, 車頭時間分布の自由車・追従車構成図を出力する。

(8) * GRARAB は, 自由車・追従車割合を回帰曲線とともにグラフ出力する。

(9) * GRAHEIBUN は, FILE26, FILE27のデータにもとづいて1分間交通量と車頭時間分布の平均・分散との関係とこれらに対する回帰曲線をグラフ出力する。

(10) * GRAGZ は, FILE27, FILE28のデータにもとづいて, 1分間交通量と複合対数車頭時間分布モデルのパラメータとの関係および回帰曲線を出力する。

(11) * QBUNP は, 1分間交通量分布および重み付き交通量分布に対する分布モデルの当てはめ結果をグラフ出力する。

(12) * HWBUNP は, 実際車頭時間分布の頻度ならびに累加頻度データに対する実際車頭時間分布モデルの当てはめ結果を出力する。

(13) * SPEEDBNP は, 実際速度分布モデルの当てはめ結果を出力する。

(14) * PLATOON は, 車群台数分布モデルの当てはめ結果と車群速度分布の平均, 分散に対するモデルの当てはめ結果を出力する。

(15) * QJIKEI は, 1分間交通量の時系列変動図を出力する。

(16) * VJIKEI は, 速度の時系列変動図を出力する。

4. PATRF-BASIC の適用例

1986年10月21日午前7時から12時の間に, 国道190号線宇部市恩田で観測されたデータのうち, 走行車線の交通流を PATRF-BASIC により解析した結果を以下

に示す。なお、解析車両台数は2990台である。

4.1 連行車両の速度に関する統計量

連行車両の速度に関する統計量と車頭時間分布の関係を Fig. 7 ~ Fig. 11の各図に示す。

Fig. 7より先行車の平均速度 (V_x) と後続車の平均速度 (V_y) との間にはほとんど差がなく、しかも車頭時間により変化せず一定であることがわかる。また、相対速度の平均値 (V_z) は、車頭時間の大きさにかかわらず零とみなしてよい。速度の標準偏差に関しても、先行車のそれ (σ_x) と後続車のそれ (σ_y) との間にはほとんど差がなく、両者の平均と車頭時間との関係を示せば、Fig. 8のとおりである。これより、車頭時間の増加につれ、速度の標準偏差がわずかずつ増加する傾向が読み取れる。次に、連行車両の速度の共分散 (Cov) と先行車・後続車の速度の標準偏差の積 ($\sigma_x \cdot \sigma_y$) と車頭時間との関係を求めれば、Fig. 9に示すように、共分散は車頭時間が大きくなるほど小さくなり、

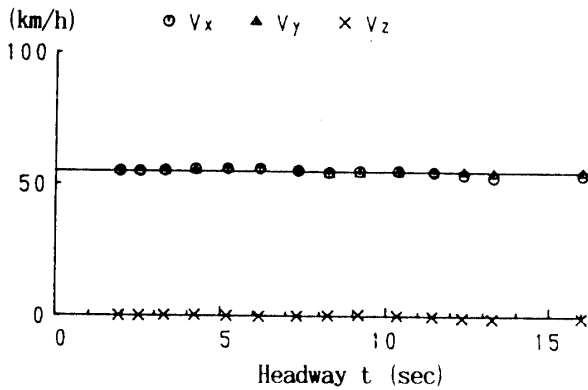


Fig. 7 Means of speed and relative-speed of leaders and followers

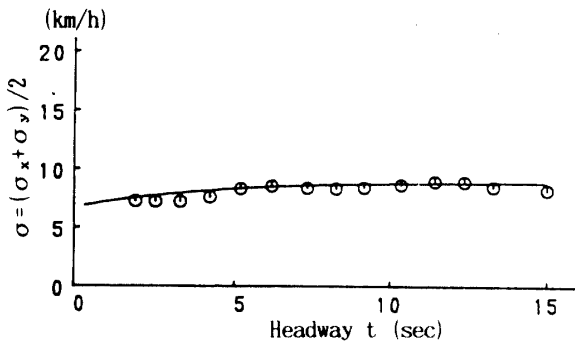


Fig. 8 Standard deviation ($\sigma_x \cdot \sigma_y$) of speeds of leaders and followers

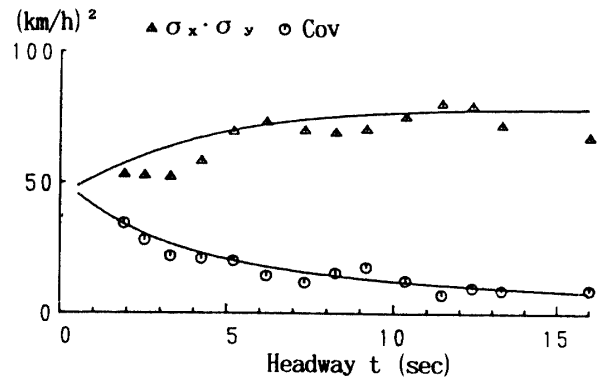


Fig. 9 Covariance (Cov) and $\sigma_x \cdot \sigma_y$ of speed of leaders and followers

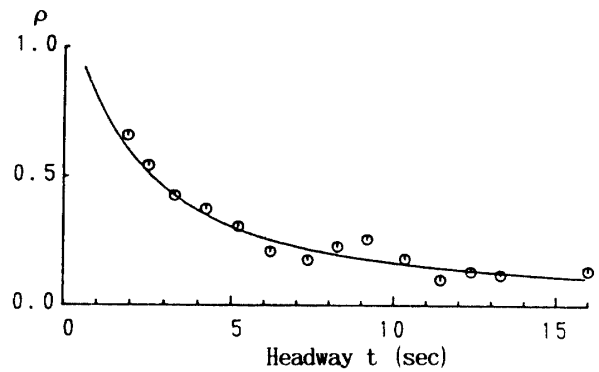


Fig. 10 Correlation coefficient (ρ) of speeds of leaders and followers

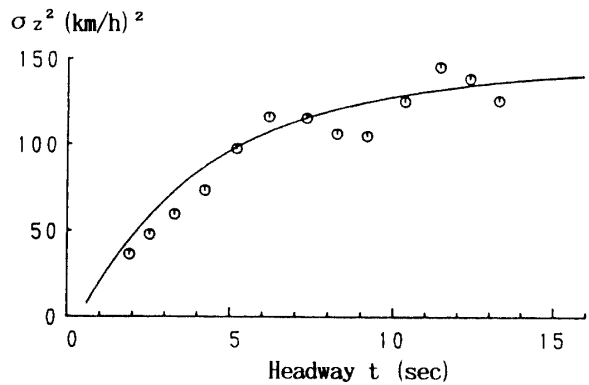


Fig. 11 Variance (σ_z^2) of relative-speeds

標準偏差の積は、Fig. 8の結果より推定されるとおり車頭時間に関し増加する。これらの値から、連行車両の速度の相関係数を求めれば、Fig. 10の結果が得られ、車頭時間が大きくなるほど連行車両の速度の相関が小さくなるのがわかる。さらに、相対速度の分散(σ_2)と車頭時間との関係は Fig. 11で与えられ、 σ_2 は車頭時間が大きくなるにつれて増加するが、十分大きな車頭時間に対して一定値に収束するものと推察される。こうして求められた相対速度の分散と車頭時間の関係にもとづいて自由車率(α)を算出した結果を、Fig. 12に示す。自由車率は車頭時間2.5秒付近で約50%、車頭時間5秒付近で約80%となり、以後緩やかに増加している。この α を用いて車頭時間データを自由車と追従車のそれに分離し、自由車率・追従車率を求めたのが Fig. 13であり、交通量20vpm付近で自由車割合と追従車割合が等しくなることがわかる。

自由車・追従車の基本車頭時間分布の平均と分散を求めたのが Fig. 14である。図より各統計量の傾向を回

帰曲線が良好に表わしていることがわかる。また、この結果にもとづいて複合対数正規車頭時間分布モデルのパラメータを算出したのが Fig. 15である。図より各パラメータと交通量との間に線形関係を仮定しうることがわかる。

こうして求められた統計量にもとづき、車頭時間、速度、車群台数の実際分布に対してモデルを当てはめた結果を Fig. 16~Fig. 18に示す。車頭時間分布については、Fig. 16に示すように、モデルは実際の分布のピークをやや低めに、また、大きな車頭時間の出現確率をやや高めに与える傾向はあるものの、おおむね良好に実際の分布傾向を表現し得ているといえる。速度分布については、Fig. 17より、モデルが実際の分布を極めて良好に表現していることがわかる。車群台数分布に関しては、Fig. 18より、モデルは単独車をやや過小に、それ以上の車群の出現確率をやや過大に与えるものの、ほぼデータの傾向を表現し得ている。

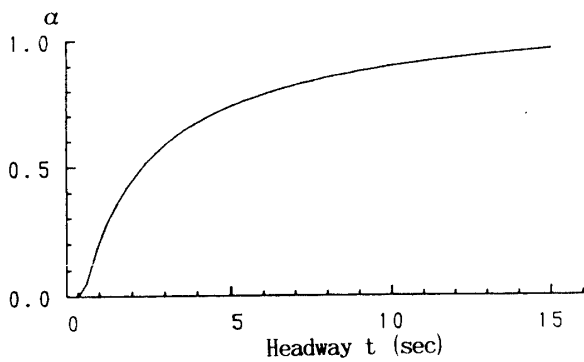


Fig. 12 Leaders-rate(α) in vehicles running with headway t

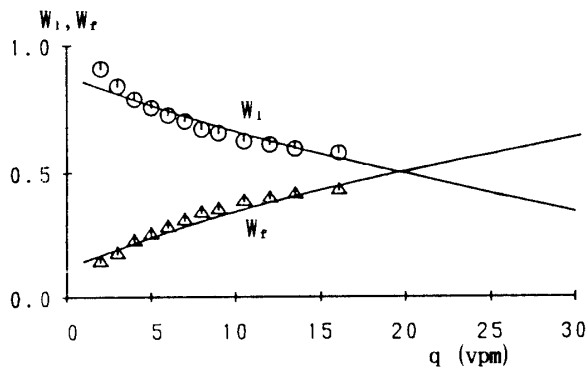


Fig. 13 Leaders-rate (W_l) and followers-rate (W_f) in traffic flow

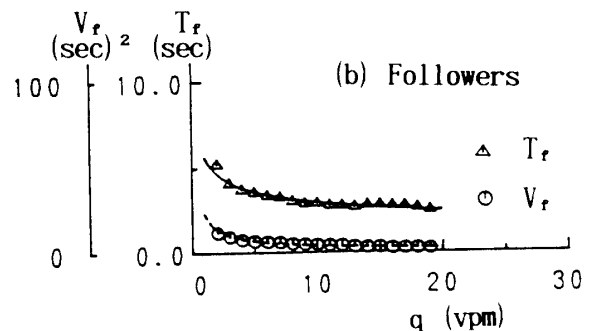
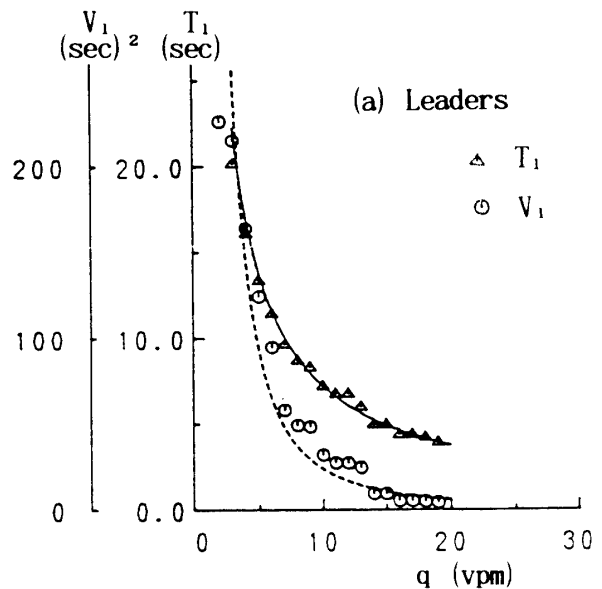


Fig. 14 Mean and variance of headway distribution

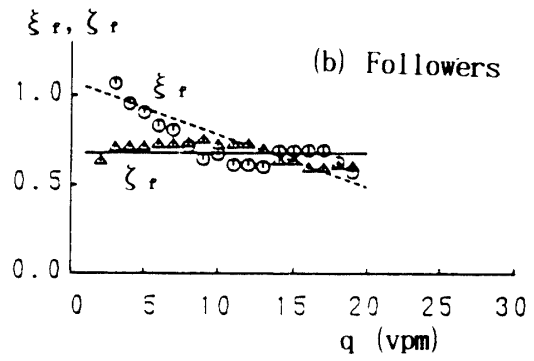
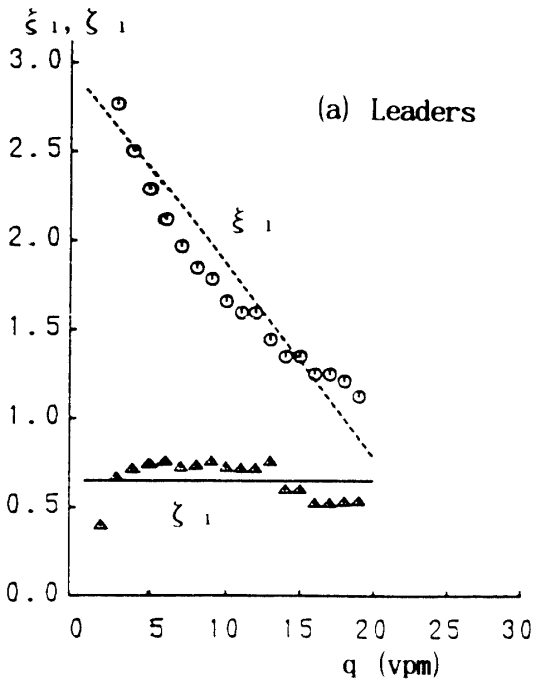


Fig.15 Parameters of headway distribution model

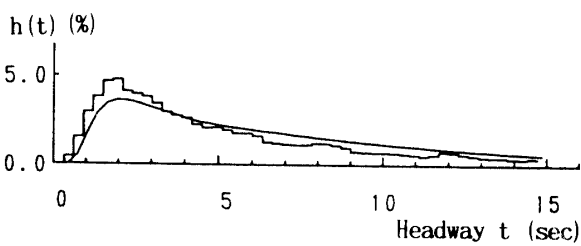


Fig.16 Headway distribution

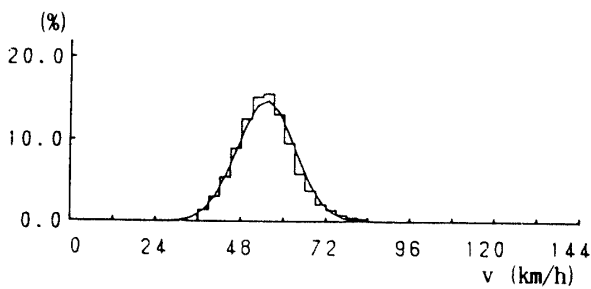


Fig.17 Speed distribution

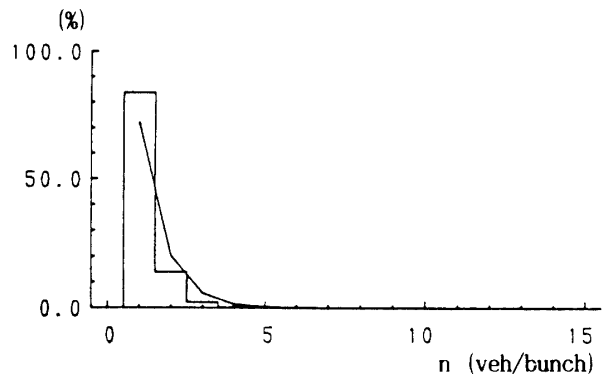


Fig.18 Platoon-size distribution

5. おわりに

本報告では、現在開発中である交通流解析プログラム PATRAF のうち、交通変量の統計解析と車頭時間、速度、車群の各分布モデルを計算する PATRAF-BASIC の内容とその適用例を示した。本文中にも述べたように、交通施設の設計および改良に供するプログラム PATRAF-APPLICATION については現在開発中であるが、合流付加車線長の決定、横断時の安全性解析に関するものについては開発が進んでおり、近いうちに報告の機会を得たいと考えている。また、PATRAF-BASIC については一応完成したものの、細部において改良すべき点も残されており、今後より実用的なものに改定を進めてゆきたい。

おわりに、本研究の遂行にあたり計算補助や、プログラムのチェックの面で御協力をいただいた大学院生加藤剛氏（現在、北九州市役所）に謝意を表する。

参考文献

- 1) 古池真砂也：自由車・追従社交性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
- 2) Chishaki, T, and Tamura, Y. : Headway distribution model based on the distinction between leaders and followers, Proc. of 9th Int. Symp. on Transportation and Traffic Theory, pp.43-63, 1984
- 3) Tamura, Y. and Chishaki, T. : Modeling and study of speed and bunch distributions considering fluctuations of traffic flow, Proc. of 10th Int. Symp. on Transportation and Traffic Theory, pp.99-118, 1987

(平成 2 年 4 月 14 日受理)