

シミュレーション手法による交通現象解析

名城大学理工学部土木工学科

栗本 譲

1. はじめに

交通計画、街路計画が近代都市計画の骨格として極めて重要視されているが、交通計画等は発展しつつある都市の将来を見越して、生活環境が劣悪とならないように十分な計画性をもって考慮されなければならない。しかしながら交通計画等のあり方を研究するとしても、道路交通流という複雑でかつ大規模なシステムについてその挙動と制御効果を評価しなければならずきわめて困難なことである。

道路交通流は、車両と人間および道路・交通環境の結びつきにより発生する複雑なシステムであり、その評価には3種類の方法が考えられている。第1はシステムを数学的モデルで表現する方法であり、第2は実測・実験による方法であり、第3はシミュレーションによる方法である。

シミュレーション手法の道路交通システムへの応用は、車両のモデルが感覚的にとらえやすく、また計算機による表現方法にもよく一致するためその試みがなされてきた。しかし、道路交通システムの複雑性のために、モデルの作成はそれほど容易でなく、システムに影響するすべての要因を模擬することは極めて困難なことである。しかしながらシミュレーション手法によれば、理論的解析におけるモデルよりはるかに厳密なモデルにもとづき、実測・実験によるものよりはるかに広範囲、高速かつ経済的に問題を処理することができる。

道路交通流シミュレーション手法の特徴を列挙すると

- (1) 一般に理論的解析が不可能な場合に有力な手法となる
- (2) 道路交通システムの現象を短時間で解析できる
- (3) 種々のパラメータの重要性がわかり、理論的解析への手助けとなる
- (4) 既存システムで得られない内容の実験が試行錯誤的に行える
- (5) 実測・実験にくらべて費用が安い
- (6) 社会実験ができないシステムについても実測・実験が可能である
- (7) 複雑な道路交通について直観的な知識が得やすい

道路交通流シミュレーション手法を、これらのモデルから分類すると、決定的か確率的か、微視的か巨視的か、また時間の進め方によって、定間隔時間方式か事象間隔時間方式に分けられる。

また、車両の表現方法で微視的方法と巨視的方法とを分類すると

- (1) 微視的モデル(追従モデル)
システム内の車両を一台ごと表現する方法で、車頭間隔と速度により走行車両の速度等を表現する方法
- (2) 巨視的モデル
 - (a) 車群モデル
特に信号交差点等の解析に利用されるもので、数台の車両をひとまとめとして表現する方法
 - (b) 流体モデル
道路交通流を流体とみて表現する方法で、交通速度と交通量との関係から走行車両の速度等を表現する方法である

2. 従来の研究概要

シミュレーション手法を交通流に適応する考えが1949年の初期に提案⁽¹⁾され、1955年にアナログ計算機によるシミュレーションが実施されて以来多くの交通流シミュレーションモデル⁽²⁾⁽³⁾が開発使用されているがここでは主として交通挙動に関する研究について考えてみる。

1958年F. W. Websterによる単独十字型交差点を対象としたシミュレーションは有名である。ネットワークシミュレーションは1962～1968年にかけて米国のPRC (Planning Research Corporation) でGerioush, WagnerおよびKatyによりTRANS(Ⅰ～Ⅳ)と名づけられたモデルが開発された。TRANSは当初交差点信号制御理論を評価するためのモデルであったが、その後道路の幾何学的構造の設計変更、歩行者の影響、右左折や駐車禁止などの規制変更、交通需要の変化などをシミュレートするように改良された。TRANSはDYNET、SIGNETおよびUTCS-Ⅰなどのモデル開発の基礎となっている。一方、英国では1967～1975年にかけてRobertsonとGowerによりTRANSYTモデル(Ⅰ～Ⅵ)が開発されている。TRANSYTモデルは信号機で制御されている道路網の交通流をモデル化し、信号による車両の遅れを最小にする信号パラメータを山登り法で求めるものである。

わが国では、昭和42年に道路公団が追従理論を応用した”シミュレーションによる合流交通量の研究報告書”を提出し、つづいて日本自動車工業会、科学警察研究所等が中心となり昭和47年以降TRANSモデルをわが国の交通実態に適合するよう改良を加えた。またPRCの開発したシミュレーションモデルを発展させ”リンク間処理””車線変更”等の機能を付加して街路網交通の微視的モデルを開発している。また、交通工学の研究者や行政担当者を対象として、昭和41年以来隔月出版で現在まで発行している”交通工学”があるが、これら雑誌の”論文と報告書”でシミュレーション手法が適応された回数を調べると昭和43年3回、48、49年各1回、50年3回、54年1回、62年1回、平成元年2回、4、5年各1回と比較的少ないことがわかる。

3. 信号交差点のシミュレーションモデル⁽⁶⁾～⁽⁷⁾

このモデルは、右折レーンを含む信号交差点のシミュレーションモデル(東京理科大学 内山久雄)である。

(1) 交差点の形状

4車線と2車線の信号交差点で4車線側に右折レーンがある平面交差点である。交差点を中心として各1000mの範囲内で演算処理を行うことができる。

(2) インプット及びアウトプットデータ

信号現示、大型車混入率、右左折車混入率の3項目で、出力は、信号待ち、右左折車待ちによる遅れ時間、総通過交通量である。

(3) 走行挙動モデル

車両の車頭時間は指数分布、速度は正規分布に従う。このとき交通の影響がなければ必ずこの速度を維持するものとし車線変更、追従挙動は下記の手順によった。cp(自車)が前車によって自由走行が妨げられ、車線変更の判断を行おうとすると、隣接前車との距離(dPS[2])と後車の距離(dPS[3])を計算し、さらにそれぞれの1秒間に進む距離を計算し車線変更が可能な場合には車線変更し、不可能な場合には追従する。さらに自車が第2車線にいる場合に限り、後車の速度が速い場合、車線変更が可能であれば自車が車線変更する。なお、車両が渋滞した場合、車線変更の条件は、 $dPS[2] > 3 \text{ sec}$ 、 $dPS[3] > 5 \text{ sec}$ とし、移動時の加速発進の遅れをモデルに取り入れた。

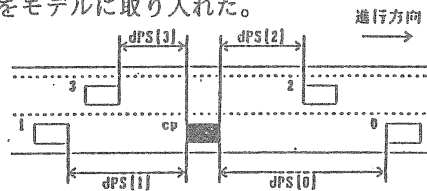


図1 隣接車線との車両の関係

(4) 右折判断

図2、3は交差点における右折の挙動を示したものである。まず交差点内をいくつかのメッシュに区切り、その後メッシュ内の車両の存在状態を確認し右折可能な状態であれば右折し、不可能だと判断すれば交差点内に停止する。

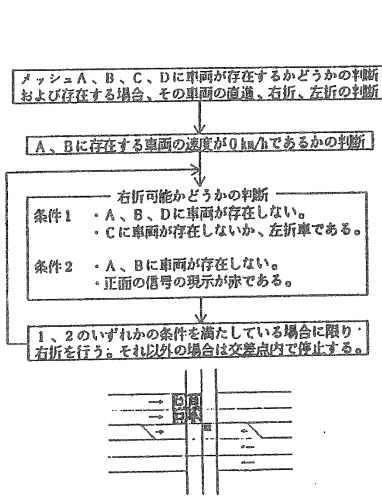


図2 4車線の場合の右折判断条件

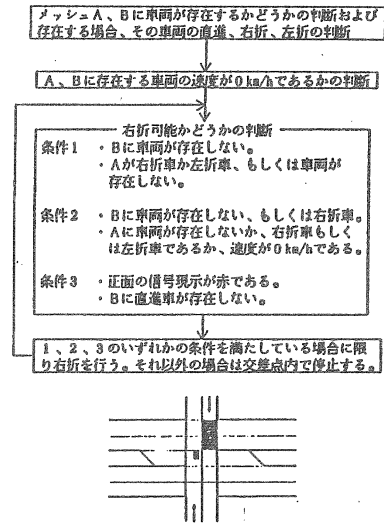


図3 2車線の場合の右折判断条件

(5) 分析結果

図4はモデルの再現性を検討した結果であり、10分毎の捌け交通量はシミュレーション結果と実測値との整合性は良く、本モデルの再現性を確認できた。さらに、右折専用レーンの有無に対する右折車混入率と捌け交通量の関係を検証した結果(図5)は、定常的な交通状態において右折専用レーンの有る交差点の方が概ね20%程度の交通量が多く捌けることを示している。

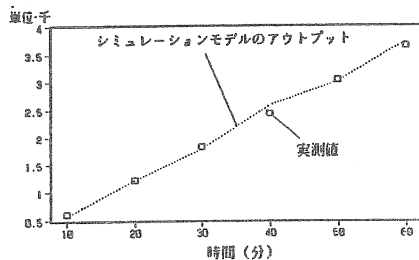


図4 捌け交通量の比較

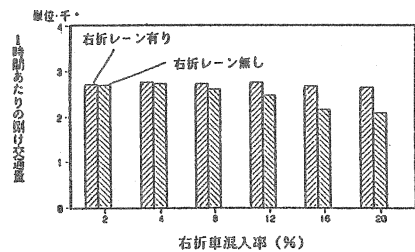


図5 右折車混入率と捌け交通量の関係

4. 道路占用部のシミュレーションモデル⁽⁸⁾⁽⁹⁾

高規格道路が交差する単一交差点をサブシステムとするセグメントを考え、セグメントを適切に組み合わせることによりトータルシステムとしての任意道路網を構築しようように考えた。なお、本研究の主旨から個々の自動車の挙動を再現する必要から個々の自動車の走行速度と車頭間隔から挙動を決定し表現し得る微視的シミュレーションモデルによる手法を採用することとした。

(1) 基本車線

基本車線は、図6に示すような構造で車道幅員 W_m (通常1車線幅)、長さ L_m の単路でその先端ABに信

号機を設置したものである。基本車線はモデル化対象地域の道路・交通条件に適合するよう適時組み合わせることにより所望の道路網を構成することができる。基本車線は、道路・交通条件がほぼ同一の単路と考えているので、車線長 L^m は、実際の道路条件から一義的に決定でき、最長時で信号交差点間隔となる。基本車線を並列に並べたものを基本ブロックと言いい多車線道路を表現できる、また基本ブロックを直列に接続することにより道路条件の異なった道路延長を表現することができる。

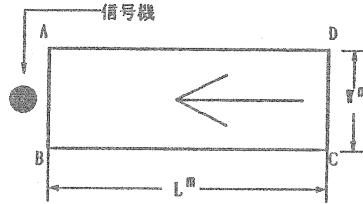


図6 基本車線

基本車線の先端にある交通信号機は、実際の道路上に信号機が設置されているときはそれぞれの信号機の種類により青、黄、青矢及び赤の表示を信号制御サブルーチンで演算処理させ表示させるが、比較的長い単路部で道路・交通条件が変化するときでは、その前後で基本車線を変えなければならないが、このときの交通信号機は、常に青現示とすることで信号機が設置されていないと同じ状態に保つことができる。

基本車線への車両の流入はAB端からの流出、CD端からの流入を原則とする。基本車線完走車はAB端から流出を、他の基本車線完走車はCD端からの流入であるが、条件によりAD端、BC端からの車両の流入も許される。基本車線を3個並列にならべた一方方向3車線基本ブロックを考えると、中央の基本車線ではAD、BC端からそれぞれ流入が、外側の基本車線ではAD端から内側の基本車線ではBC端からの流入車が発生することになる。このため車両の走行挙動を考えると、基本車線内での動きと基本車線を完走したときの動き、車線変更時の動き及び信号交差点内での右左折車の動きに分けて考える必要がある。

(2) 対象地域の道路網

車線占用工事で発生する交通流の挙動を解析するため図7に示すような対象地域の道路網を考える。一方方向3車線道路と一方方向2車線道路が信号交差点で交差し、3車線道路側には右折専用車線が付設され、これに対応するように信号機は、青、黄、赤の他青矢も現示する4現示信号機とした。また、2車線側には横断歩道を設置した。なお、対象地域を構成するために、12の基本ブロック(34基本車線)を使用した。対象地域への車両の流入はIとIIから、流出は①~⑦である。

(3) ブロック接続表

対象地域の道路網を所用な数の基本ブロック、基本車線を用いて構築したとき、各基本車線の接続順序関係を示すものがブロック接続表である。ブロック接続表は、最左列に対象道路網の内、対向車線と流出

表-1 ブロック接続表

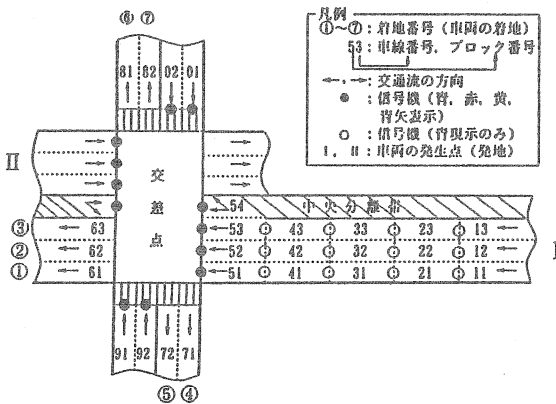


図7 研究対象地域の道路網模式図

ブロック番号	車線番号	着地番号						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	1	21	22	22	21	21	22	22
	2	21	22	23	21	21	23	23
	3	22	22	23	22	22	23	23
2	1	31	31	32	31	31	32	32
	2	31	32	32	31	31	33	33
	3	31	32	33	32	32	33	33
3	1	41	42	42	41	41	42	42
	2	41	42	42	41	41	43	43
	3	42	42	43	42	42	43	43
4	1	51	52	52	51	51		
	2	51	52	52	51	51		
	3	52	52	53			54	54
5	1	61	62	63	71	72		
	2	61	62	63				
	3		62	63				
	4						81	82
9	1	61	62	63			81	82
	2	61	62	63			81	82
0	1	61	62	63	71	72		
	2	61	62	63	71	72		

基本車線を除いた基本車線番号を、最上行に着地番号を記入し、行列の要素に接続先の基本車線番号を記入したマトリックスである。すなわち、ブロック接続表はある基本車線を完走した車両がそれぞれの目的地に到着するために次にどの基本車線に流入しなければならないかを示す表である。表-1は対象地域道路網のブロック接続表である。

(4) 車両と歩行者の発生

車両の道路網への流入は、ポアソン到着と考え $[0, 1]$ の一様疑似乱数を発生して限界車頭間隔(1秒)以下の車頭間隔が生じないようにトランケートした指数関数を用い、各車線交通量を与えて計算し流入端 I、II から流入させた。なお、各車両発生時に着地、車種、車線変更可否記号及び希望速度を付与したが、着地車線変更可否記号及び車種は一様乱数を求めて予め与えた表と対比して決定したのに対し、希望速度は各車線毎平均速度と標準偏差を与えて正規乱数を求めて上・下限値を切った正規分布型で決めた。歩行者の発生は、車両の発生と同様であるが限界車頭間隔を0とした。

(5) 車両情報

基本車線内を走行する車両の情報を収集するために、各車両毎下記の11情報を持って走行させた。

情報は車両の現在位置、走行速度、希望速度、基本車線流入時刻、発地、着地、車種、走行状態判定記号、待ち時間、車線変更可否記号、及び対象地域への流入時刻である。このうち初期値として与える情報は希望速度、発着地、車種及び対象地域への流入時刻の5情報であり、基本車線完走毎に変化するのが基本車線流入時刻で、他の5情報は演算のサイクルタイム毎に計算判定される可変情報である。各基本車線内の先頭車となった車両に対して、基本車線番号、流入基本ブロック番号、流入基本車線番号、基本車線の信号機表示、ジレンマ時間及び発進遅れ時間をそれぞれ計算して付与した。

(6) 車両の走行挙動

車頭間隔、走行速度、信号機の表示及び基本車線の先端までの距離により基本車線内を走行する車両には7種類の走行挙動を、また基本車線相互間では車線変更挙動を取らせた。

1) 基本車線内の走行挙動

基本車線を走行する車両には7種類の走行挙動の内のいずれかを判定して走行状態判定記号として付与した。その走行挙動は

- (a)自由走行車；希望速度での走行可能な車両
- (b)追従走行車；希望速度にまだ達していなく前車の速度で走行している車両
- (c)加速走行車；希望速度にまだ達していなく車頭間隔が充分あり加速可能な車両
- (d)減速走行車；車頭間隔が短くなり現在速度では走行できず減速中の車両
- (e)停止車；車頭間隔が短くなり停止状態になった車両、待ち時間が発生する
- (f)強制停止車；信号機の赤表示により停止する車両、待ち時間が発生する
- (g)強制減速車；占用部や車線変更車のために車頭間隔等が短くなり減速する車両

これらの走行挙動の内、強制停止と強制減速状態は通常の停止や減速状態に比べて急激な挙動とした。なお、強制停止状態を少しでも緩和させるため、信号機の黄表示でも一部の車両の通過を許すジレンマ時間を設定し、ジレンマ時間を経過しても、ある速度以上で停止線に到着した車両の通過を許可した。

基本車線内の先頭車は、常に基本車線の先端との距離を計測しながら、これと先端にある信号機の表示をみて走行状態を決定した。基本車線の先端との距離が2m, 6m, 12m, 18m, 24m, 30m, 40m及び60mに分けて考えるが、60m以上の場合は信号に関係なく走行させた。また、24m~60mの間については赤又は黄表示に応じて強制減速あるいは減速走行状態を加えた。24m以下については信号機表示との関係で上記の7種類の走行状態が選択される。

2) 基本車線間の車線変更挙動

車線変更の可能性は、自車(C)と車線変更を希望する隣接車線の直近前車(A)、後車(B)との車頭間隔及びそれらの速度(希望速度)を用いて下記の条件を満足するとき車線変更を可能と判断した。

D。 ; 前車との車頭間隔(m) V_b 。 ; 後車の走行速度(m/sec) V_c 。 ; 自車の走行速度(m/sec)

$$D_b ; \text{後車との車頭間隔(m)} \quad L_1 ; \text{自車の最小車頭間隔(m)} \quad L_2 ; \text{後車の最小車頭間隔(m)}$$

$$\alpha, \beta ; \text{変数 (通常は零)} \quad \delta ; [0, 1] \text{ の一様疑似乱数} \quad a, b, c, d, e, f, \gamma ; \text{常数}$$

$$L_1 = a + bV_c + cV_c^2 \quad \text{---(1)} \quad L_2 = d + eV_b + fV_b^2 \quad \text{---(2)}$$

$$D_c + \alpha > L_1, \quad D_b + \beta > L_2, \quad V_c > V_b + \gamma \cdot \delta \quad \text{---(3)}$$

上記の3条件式を満足するとき、車線変更予定車(自車)は車線変更を開始するがその時、同一車両が連続して車線変更することを防止する記号を導入した。

なお、車線占用部上下流部で発生する車線変更は強制的車線変更として考え上記条件の他に車線変更予定車と車線占用部の先端までの距離に応じて変化する制約条件(α, β は距離に関する関数)を付加し、先端部に近づく(占用部通過後)に従って流入を容易にした。

3) 基本車線完走車の走行挙動

基本車線を完走した車両は、ブロック接続表に従い下流の基本車線の流入余裕(車線容量、距離)を点検して余裕が有る場合は、1)の走行状態を判定して流入し、必要情報を下流側基本車線の最後尾車の後に記入し、流出基本車線の二番目以降の車両順位を繰り上げると共に先頭車のみの情報を計算し付与するが、流入余裕がない場合は、完走車を基本車線の先頭で停止させて次のサイクルタイムでの点検をうけさせた。

4) 信号交差点内での走行挙動

信号機が青現示となると、右・左折車は直進車と同様に一定の発進遅れ時間後発進する。右折車は交差点中央(18 m)まで前進し右折点検を受ける、点検項目は、対向車線上の車両(各車線ごと停止車及び交差点への接近車)及び横断歩道上の歩行者及び横断歩道への接近者の有無である。すべての点検項目をクリアしたとき始めて発進遅れ時間を消化した右折車を右折可とした。青矢現示となつた場合は、発進遅れ消化後発進を許した。左折車は交差点内に6m進み、歩行者に対する点検のみを受けて可否を決定した。

(7) シミュレーションプログラムの概要

プログラムの汎用性を考慮してFORTRAN-77を使用し、最大4次元の配列2つを含めて45個の配列を用いた。配列のうち6個は交通・道路条件のデータを入力するために、9個は演算中の車両情報を他の配列は計算結果を入力するために使用した。演算のサイクルタイムは任意に設定できるが車両の走行速度から考慮して特に指定がないときは、0.2secとした。

占用部データの読み込み項目は、占用部設置場所の基本ブロック、基本車線及び占用長さのみである。信号機の現示は、各交差点ごと付与されたデータに従い、1sec単位で青、黄、青矢、赤の表示を行う。

計算結果の出力は、走行車両に関する任意の情報を出力することができるが、通常は次の二つの形式で出力できるようにプログラムした。一つは、サイクルタイム毎に各基本ブロック、基本車線ごとに走行全車両の情報の出力である。他の出力は集計情報である、集計情報には3種類あり一般情報、速度分布及び車線変更位置の分布に関する情報でいずれの情報も各基本ブロック、基本車線ごとに5分集計と一時間集計の指定ができる。一般情報は流出入交通量、区間平均速度、旅行時間、停止時間、停止台数、車線変更回数、大型車台数であり、速度分布は各基本車線の区間速度を5 Km/h単位で集計した分布表で、車線変更位置の分布は基本車10m単位に区切りその間での車線変更回数を示した分布表である。

(8) 交通流解析シミュレーションモデルの検証

作成したシミュレーションモデルを用いて車線占用工事に関わる交通流の走行挙動解析支援システムとして使用するためには、シミュレーションモデルの走行挙動の再現性についての精度をチェックしておく必要がある。そこで占用部に関する実態調査結果⁽¹⁰⁾を用いてシミュレーションモデルの精度の検証を試みた。

実態調査場所は名古屋市西区南押切町の国道22号線東行き(片側3車線)で、その概要を図8で示す。交通量はA-A線とC-C線通過時の値を、区間平均速度は、A-B線間とC-D線間で求めた。シミュレーションは図7の基本ブロック3内の車線を占用車線(長さ45m)とし基本ブロック5の長さを30m、各車線のA-A線通過交通量及びA-B区間平均速度と標準偏差を初期値とした車両を発生しIより流入させ演算を実施し

た。なお、対向車線交通量は 200台/時・車線、歩行者交通量は100人/時・一方向とした。発進時間遅れは、先頭車が3secとし以下0.2sec遅れて6番目以降の車両は一律2.0secである。実一時間のシミュレーション結果の交通量・平均速度の演算値と実測値の一部を表2で示す。

交通量についてみると比率（演算値/実測値）は多くの車線で10%以下となり、最大30%の車線は実測交通量が異常に少ないために、計算値との比率が大きくなったものと思われるが、絶対値が小さいため全体に与える影響はほとんどないものと考えられる。

区間平均速度も比率でみるかぎり特に問題となる区間はなく比較の実現象を良く表現しているものと思われる。また、実測速度分布と演算速度分布との分布型に関する検定を行ったところ、4つの車線で1%有意を示したが、他は5%有意となりほぼ満足すべき結果がえられた。

これらの演算結果から、作成した車線占用工事に関わる走行挙動解析シミュレーションシステムの精度は高く、交通挙動解析支援システムとしての機能を持っているものと思われる。

作成したシミュレーションモデルを用いて車線占用工事等に関する交通現象を解析してみる。

1) 車線占用部がなく交通量を増加させた場合交通量の増加にともない区間平均速度と平均待ち時間との変化を調べた。その結果は図9の通りである。交通量は3車線の平均交通量(台/時・車線)であり、実測時の車線分布(第一車線20%、第二車線50%、第三車線30%)は交通量が増加して変化しないものとした。区間平均速度は30m区間の待ち時間はその区間での停止車の平均待ち時間である。

NO.1は交差点の停止線からの区間を、NO.2は停止線から60m上流に離れた区間を、NO.3も同様に120m離れた区間を示す。これらの図表から交通容量は約1000台/時・車線で交通量の増加と共にNO.1とNO.2は区間平均速度が急激に減少しているが、NO.3はその影響がほとんど見られない。待ち時間も容量に達するまでは零となっている。

2) 車線占用部を固定して交通量を増加させた場合

車線占用部設置位置を実測時の状態とし、交通量の車線分布比率も変化させず交通量を増加させた時の交通挙動を、車線占用部通過後の基本ブロック4での区間平均速度と停止車の平均待ち時間から見たのが、表3である。なお、表内の交通量は車線当たり平均交通量を示している。交通量の増加と共に速度に大きな影響

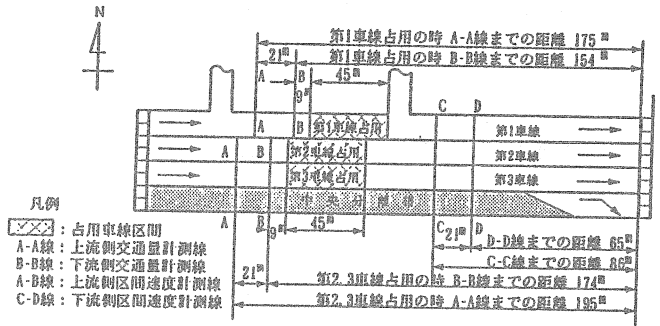


図8 占用部の交通挙動実態調査場所の概要図

表2 演算と実測結果との比較

占用部なし	交通量(台/時)			速度(km/h)			検定	
	演算値	実測値	比率	演算値	実測値	比率		
上流部	第1車線	424	391	1.08	55.3	50.4	1.10	**
	第2車線	1001	981	1.02	53.5	49.9	1.07	*
	第3車線	618	602	0.90	55.6	58.5	0.95	*
下流部	第1車線	432	479	0.90	52.9	51.9	1.02	*
	第2車線	970	942	1.03	51.6	50.7	1.02	*
	第3車線	635	598	1.06	53.3	56.0	0.95	*
第1車線占用	交通量(台/時)			速度(km/h)			検定	
	演算値	実測値	比率	演算値	実測値	比率		
上流部	第1車線	26	20	1.30	32.4	33.1	0.98	*
	第2車線	1279	1256	1.02	44.5	38.0	1.17	**
	第3車線	557	581	0.96	48.5	52.9	0.92	*
下流部	第1車線	205	185	1.11	43.9	45.7	0.96	*
	第2車線	1098	1034	1.06	49.7	44.8	1.11	**
	第3車線	555	580	0.96	49.3	50.4	0.98	*
第2車線占用	交通量(台/時)			速度(km/h)			検定	
	演算値	実測値	比率	演算値	実測値	比率		
上流部	第1車線	692	694	1.00	40.1	41.4	0.97	*
	第2車線	217	227	0.96	40.0	37.4	1.07	*
	第3車線	835	805	1.04	50.7	47.1	1.08	*
下流部	第1車線	653	619	1.05	50.5	46.8	1.08	*
	第2車線	347	349	0.99	52.1	48.9	1.07	*
	第3車線	741	743	1.00	54.0	53.1	1.02	*
第3車線占用	交通量(台/時)			速度(km/h)			検定	
	演算値	実測値	比率	演算値	実測値	比率		
上流部	第1車線	599	593	1.01	42.4	42.5	1.00	*
	第2車線	1228	1216	1.01	39.6	36.0	1.10	**
	第3車線	20	18	1.11	33.3	31.5	1.05	*
下流部	第1車線	583	611	0.95	40.9	41.4	0.99	*
	第2車線	1144	1102	1.04	40.2	41.1	0.98	*
	第3車線	108	97	1.11	42.2	39.8	1.06	*

*: 5%有意, **: 1%有意

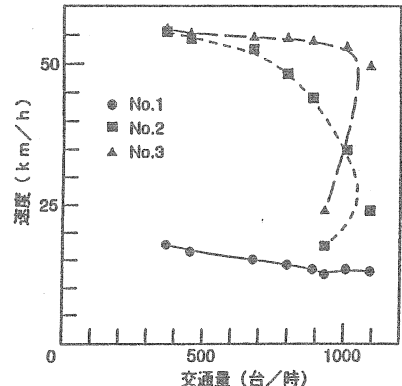


図9 交通量と平均速度との関係

を与えているのが第二車線占用時であり、交通量が400台/時・車線の増加で区間平均速度は約20km/h減少し、待ち時間もいずれの交通量でも他の車線占用時に比べて高い値を示した。

これに対して第三車線占用時は、他の車線占用時に比べて区間平均速度、待ち時間共に影響は最小であった。

6. おわりに

道路交通システムが包含する数多くの問題は、人と車両及び道路交通環境を含み基礎的な解析や多くの実験により徐々に解決されてきたとはいえ、システムの複雑さと大規模さのゆえに、近似のよい理論的取り扱いはいまだに容易でない。このような中で近代都市の骨格を形成する道路網を構築するためにも、道路交通流の的確な把握とその制御効率を評価することは極めて重要であり、多くの手法を講じて解決しなければならないが、シミュレーション手法はもっとも効果的な方法と考えられる。

特にシミュレーション手法の発展を支える最近の環境は急速に進歩しており、パソコンを始めとする計算機利用の一般社会への浸透、計算機利用技術の質的変化、スーパーコンピュータに見られる数値計算能力の飛躍的向上等が考えられる。

交通工学発展のためにも、今まで以上にシミュレーション手法が見直され、“新しい手法”でもって道路交通システム解析のための多くのモデルが開発されることを期待している。

参考文献

- (1) Gerlough, D.L. and M. J. Huber; Traffic Flow Theory, T.R.B. special report 165, pp. 175~176, 1945
- (2) Gerlough, D.L. and F. A. Wagner; Simulation of the Network, Conference on Traffic Surveillance, Simulation and Control, pp. 152~165, WASHINGTON, D. C., 1964
- (3) Lieberman, E. B. et al; Logical Design and Demonstration of UTCS-1 Network Simulation Model, 51'st Annual Meeting, H. R. B., 1972
- (4) Traffic Control Systems Handbook, U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1976
- (5) 中山健、内山久雄、Feliás. Herculano Jr.: 工事渋滞解析のためのトラフィックシミュレーションモデルの開発、土木学会第46会年次学術講演会、IV、pp. 230~231、平成3年
- (6) 中山健、内山久雄、Feliás. Herculano Jr.、高城周一郎: 信号交差点シミュレーションモデルの開発、土木学会第47会年次学術講演会、IV、pp. 314~315、平成4年
- (7) 別所則幸、海老原陽、内山久雄: 交差点シミュレーションモデルの開発とその応用、土木学会第48会年次学術講演会、IV、pp. 666~667、平成5年
- (8) 栗本讓; 道路交通流解析のデジタル・シミュレーション・モデル、土木学会論文報告集、第320号、pp. 137~148、1982年4月
- (9) 松本幸正、高橋政稔、栗本讓: 都市内高規格道路の車線占用工事における交通流解析支援システムに関する研究、土木情報システム論文集、Vol. 2, pp. 65~72、1993
- (10) 栗本讓、高橋政稔、舟渡悦夫、荻野弘、野田宏治、石田勝彦、太田征治、尾崎行雄、小野田一博、北村峰雄、阿部田武、玉置尊; 道路工事等に伴う車線占用が一般交通へ及ぼす影響等に関する調査研究、交通安全対策振興助成研究報告書、佐川交通社会財団、Vol. 3, pp. 7~30、1992

表3 占用部を固定して交通量増加の場合

交通量 台/時	第一車線占用		第二車線占用		第三車線占用	
	速度	待ち時間	速度	待ち時間	速度	待ち時間
600	46.4	2.5	49.6	8.4	40.2	2.6
800	42.8	3.9	47.5	9.5	37.8	3.3
1000	31.3	17.1	29.4	19.8	26.2	15.3

ただし 速度(km/h), 待ち時間(sec/台)