

交通流マイクロシミュレーションモデルのパラメータ設定に関する一考察 A Study on Setting Parameters for Microscopic Traffic Simulation Model

塚本直幸* 勝呂純一** 笹沼慶与*** 松浦譲**** 大島秀樹*****

Naoyuki Tsukamoto, Junichi Katsuro, Yasutomo Sasanuma, Yuzuru Matsuura, Hideki Ohshima

1. はじめに

自動車交通は、ドアツウドア、トリップの個別性、トリップ開始時刻の自由性など多くの利便性を持っている。その一方で、交通事故、渋滞、大気汚染など、様々な問題が発生しており、これらの解決は緊急の課題となっている。近年の情報・通信技術の高度な発展を背景とするITSは、これらの交通問題を解決する有効な手段として期待されている。

道路整備や交通安全事業など従来からの施策では、現在の延長上で影響を予測し、効果を評価してきた。これに対し、ITS施策による交通問題への対処は、従来にはない方策であり、新たな交通流の状態をもたらすことから、現在の交通流動の延長では測ることが困難な場合がある。そして、新たな施策とその結果出現する交通流を解析する手段の開発が強く求められている。マイクロシミュレーションは、ITS施策やTDMなどの新たな交通施策を直接的に評価・解析する手段として有効な技術である。

自動車交通流は、個々の車両の判断・走行挙動のミクロな階層と、交通流のマクロな階層をもつシステムである。そして、ミクロ階層の運動がマクロ階層のパターン(秩序)を創りだし、それがまた、ミクロ階層の運動の境界条件となりフィードバックされる。マイクロシミュレーションは、「個々の自動車・ドライバーの挙動をモデル化し、道路網の場で走行させる」ことで交通流を再現する。例えば、TDM 施策におけるドライバーのトリップの選択行

動をモデル表現し、道路網を走行させて、その結果実現するマクロな交通流を解析し、TDM施策を評価することができる。

我々は、現在、追従モデルをベースに、情報提供や経路選択を分析できる交通流マイクロシミュレーションを開発中である。マイクロシミュレーションの開発に当たっては、車両挙動の理論的再現性の検証、実交通流との対比で評価される再現性の検証が重要である。この前提として、モデルパラメータの取得が必要であるが、既往の研究からは、質・量・実験条件の公開性等の面で、利用がなかなか困難である。本研究では、車両挙動パラメータのうちドライバーの反応遅れ時間に着目して、マイクロシミュレーションによる交通挙動検討と走行実験によるデータの収集を行った。

2. モデルパラメータの違いによる交通流挙動の変化

(1)シミュレーション方法

本研究では、マイクロシミュレーションの車両を制御する追従モデルについて、Gazis モデル(式-1)を用いて検討した。

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \frac{\alpha}{x_n(t) - x_{n+1}(t)} [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \quad (\text{式-1})$$

反応遅れ時間(以下Tと表記)と刺激反応強度(以下 α と表記)は、交通流の速度や個人差に依存する。実験は、一般道の走行に相当する50km/h 時について、Tと α を組み合わせる各種シミュレーションを行った。

ここでは、反応遅れ時間により交通流の挙動の差異が見られる刺激反応強度を20としたケースについて述べる。

実験の方法は、50km/h で定常走行している車群において(12台)、先頭車が2秒間 -2m/s^2 で減速し、2秒間 $+2\text{m/s}^2$ で加速して元の速度に戻る。後続の車両は

キーワード 交通行動分析、ネットワーク交通流、マイクロシミュレーション

*正会員 工博 大阪産業大学工学部土木工学科

〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 Tel 072-875-3001(3721)

Fax 072-875-5044

**正会員 株式会社 長大 ITS事業部

〒110-0015 東京都台東区東上野5-1-5 Tel 03-5828-9681

Fax 03-5826-7801

***株式会社 長大 ITS事業部

****工博 大阪産業大学工学部交通機械工学科

*****正会員 大阪産業大学工学部土木工学科

Gazisの追従モデルで加減速度を調整する。そのとき追従する車両に発生する衝撃波を調べる。 α を20に固定し、 T を0.6、1.0、1.6秒に変えて実験した。

(2)シミュレーション結果

$T=1$ 秒のケース(図-2)では、衝撃波は漸次減衰して消滅する。2台目の車両では、減速開始時点を中心に約10秒後に元の速度に戻る。同様に5台目の車両では15秒後に元の速度に戻る。このときの変動は後続の車両ほど小さく、もとに戻るまでの時間は長くなる傾向にある。衝撃波が消滅するまでの時間は長く、台数を増やした実験では、30台、約2分後まで影響が残った。

$T=0.6$ 秒のケース(図-1)では、 $T=1$ 秒のケースに比べ衝撃波は小さくなるが、消滅までの時間には大差はない。

$T=1.6$ 秒のケース(図-3、図-4)では、衝撃波は発散する。2台目と3台目の車両の車頭距離の変化率は約10%大きくなる。10台目の車両では車頭距離は21~63m変化し、速度は50→8→63→50km/hと大きく変動する。

多くのモデルで用いられている反応遅れ時間を1秒としたケースでは、衝撃波は漸次吸収される。反応遅れ時間が長い交通流では衝撃波は拡大し後続車に伝播する。また、短い場合では衝撃波は小さいものの、衝撃波は長く存在する。このように、反応遅れ時間は交通流挙動を決める重要なパラメータである。

社会的な背景として今後ますます高齢ドライバーが増加する。その結果、交通流を構成する個々のドライバーの反応遅れ時間が多様化し、交通流に何らかの影響を及ぼす可能性がある。また、現在研究が進められているAHS車(ACC機能搭載車を含む)では、逆に反応遅れ時間が短くなり、そのときの一般車とAHS車が混在した交通流についても研究する必要がある。このような点から、マイクロシミュレーションを用いた、ドライバーパラメータ研究の重要性は高い。

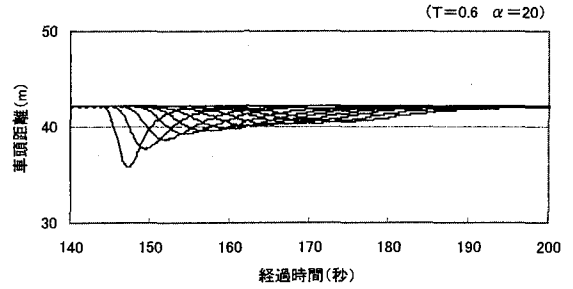


図-1 車頭距離の変化($T=0.6$)

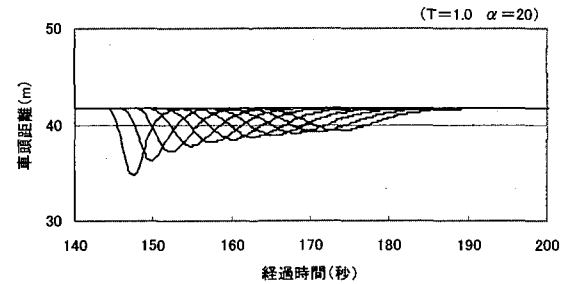


図-2 車頭距離の変化($T=1.0$)

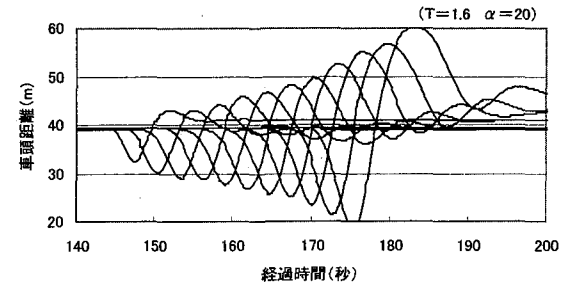


図-3 車頭距離の変化($T=1.6$)

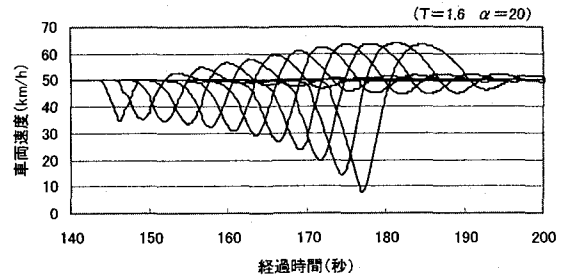


図-4 車両速度の変化($T=1.6$)

3. 車両走行実験

(1) ミクロな車両挙動観測の方法

マイクロシミュレーションモデル構築上、モデルパラメータの設定、およびシミュレーション結果の妥当性検証のために、実際の交通流におけるミクロな車両挙動データが必要となる。

例えば、2. において、反応遅れ時間Tを何種類か仮想的に設定してシミュレーションを実施したが、これらの結果から明らかなように、Tの値により交通流動状況は大きく変化する。平均的なTの値は 1.5 秒前後であると言われているが、当然のことながら車種、運転者等の車両特性によってばらつきがあると思われる。また同一車両であっても、時間帯(昼夜の別)、渋滞時・非渋滞時、加速時・減速時等の走行環境によって異なることが考えられる。

このように、車両挙動のうち反応遅れという現象に着目してみても、各種の観測が必要となる。特に、車両特性・走行環境との関連で車両挙動特性の分析を行おうとするならば、個別に特性付けられた車両に計測機器を設置し、走行実験を実施する必要がある。

従来、車両挙動を計測できる機器を装備した実験車両を保有することは価格面で困難であったが、近年の電子機器技術の発達と価格の低廉化により、比較的安価な(1台あたり約 30 万円)計測装置の開発が可能となっている。筆者らの研究グループにおいても、表-1に示す機能を有した計測機器を数台製作依頼し、実験車両に装備して走行実験を開始した。この装置により、0.1 秒単位で、各車両の位置、速度、加速度の計測が可能である。

表-1 計測機器の仕様

分類	項目
計測エンジン構成	GPSエンジン、二軸加速度センサ、角速度センサ、車速パルス計測器、GPS測位時刻装置
出力値	GPS経緯度、GPS測位時間、速度、加速度、角速度

表-2 テスト走行要領

走行日時	2000年6月12日(水) 15:00-18:00
実験車両	車両1(先頭車) エミーナ 車両2(中間車) グランビア 車両3(後尾車) フィエスタ
被験者	20代前半、男性 6人
走行ルート	ルートA 一般国道170号(2車線) ルートB 一般国道170号(4車線)

(2) テスト走行

表-2に示す要領で、本計測装置の利用可能性検討を目的として、3台の実験車に装置を装備してテスト走行を実施した。車頭距離、前車挙動に対する追従車両の反応等、車両相互間のインタラクションを計測するために、各車両運転者(被験者)に対しては、可能な限り3台のプラトーン走行を保ちつつも、通常運転しているのと同様の車間距離、アクセル、ブレーキで走行するよう指示した。また、各車両にはビデオカメラを装着し、計測機器と時刻を同調させて道路交通状況を目視で確認できるようにしてある。

ルートBは4車線道路であり、ルートAの2車線道路よりも相対的に高速走行である。なお、テスト走行の時間帯の全体的な交通流動状況は、特に混雑したり空いたりしているものではなかった。走行中、通行障害は特になく、急激なアクセル・ブレーキ操作を必要とするような事象も発生しない、比較的穏やかな走行状況であった。

表-3は、テスト走行による各車両の速度、加速度、車頭間隔の基本統計値である。なお、表-3の各値は、

表-3 テスト走行結果の基本統計値

ルートA	車両1		車両2		車両3		車頭距離	
	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	車両1-2(m)	車両2-3(m)
平均	4.54	0.077	4.52	0.074	4.53	0.089	13.42	15.62
最頻値	0.00	0.090	0.00	0.072	0.00	0.072	2.90	9.92
標準偏差	4.55	0.028	4.59	0.036	4.63	0.033	7.84	13.01
最小	0.00	-0.126	0.00	-0.234	0.00	-0.180	0.00	0.00
最大	16.39	0.234	17.78	0.252	18.33	0.270	52.85	98.98
ルートB	車両1		車両2		車両3		車頭距離	
	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	速度(m/s)	加速度(m/s ²)	車両1-2(m)	車両2-3(m)
平均	5.20	0.095	5.21	0.126	5.27	0.092	15.56	13.39
最頻値	0.00	0.108	0.00	0.108	0.00	0.090	5.24	7.38
標準偏差	4.71	0.043	4.78	0.048	4.81	0.038	11.17	10.31
最小	0.00	-0.018	0.00	0.036	0.00	0.000	2.46	0.00
最大	19.44	0.468	18.89	0.414	19.72	0.450	100.34	86.94

信号や交差点での停止時間帯データも含んでいる。

また、図-5に車両1のルートA走行時の走行速度分布を、図-6にルートA走行時の車両1と2との車頭間隔分布を例示する。

表-3より、今回のテスト走行においては、被験者により保持される車間距離には差があること、ルートAとBとでは平均車速が異なるのに車間距離には差がないこと、ただしそれに対応して加減速の分散が高速時の方が大きくなり、頻繁なアクセル・ブレーキ操作があること等がわかる。

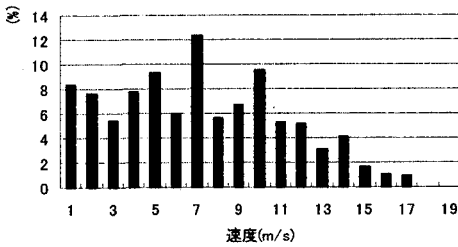


図-5 車両1(ルートA)の速度分布

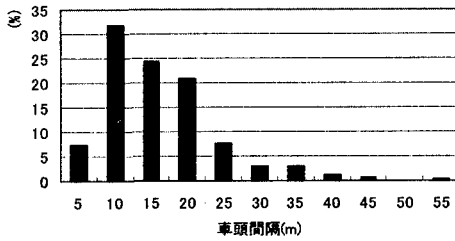


図-6 車頭間隔(車両1-2間、ルートA)の分布

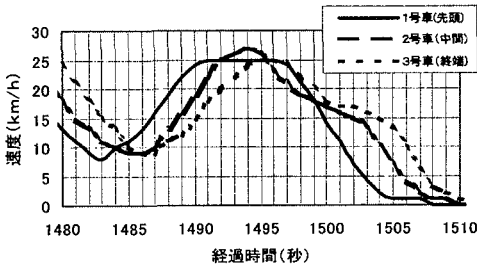


図-7 速度変化

(3) 反応遅れの計測

図-7は、3台の車両の速度変化の一部を示したものである。カーブの極大・極小点で比較的急な加減速操作がなされており、各車両毎の極大・極小点時間的差

異が各ドライバーの運転操作の反応遅れを示しているものと考えられる。この図では、おおよそ1~3秒の遅れがあることがわかる。このような走行軌跡図を用いて、車両特性や走行環境との関連で、反応遅れ時間特性について分析が可能であることが確認できた。

4. 結論と今後の課題

仮想的なパラメータを用いて、筆者らが開発中のマイクロシミュレーションモデルの結果を示し、モデルパラメータの値が結果に大きな影響をもたらすことを示した。そのため、走行実験によりこれらパラメータの値を設定することが重要であることを述べた。近年の電子技術の発展と低廉化により、これらパラメータ設定に必要なデータ収集が可能な計測機器を比較的安価に製作依頼し、実験車に装着することで各種データを収集できることがわかった。

今後の課題として2点をあげる。まず、第一に、今回用いた計測機器の精度について分析する必要がある。すなわち、テストコース等において外部計測機器を用いて位置や速度を測定し、内部に装着した機器による値との比較検討を行うことである。次に、車両特性や走行環境との関連で車両挙動特性を分析するために、車種、被験者、道路状況、交通状況、天候、時間帯等を要因とする実験計画を立案し、各因子と車両挙動との関連を分析する必要がある。

これらの課題を明らかにすることで、マイクロ交通シミュレーションモデル開発のための有用なデータを得ることが可能となる。