

マイクロモデル交通シミュレーションにおける感知器情報融合方式の検討

5 V-4

尾崎 敦夫† 古市 昌一† 西 乃武夫†
三菱電機(株) 情報技術総合研究所†, 鎌倉製作所†

1 はじめに

交通車両の増加に伴う交通渋滞は、快適なドライブの妨げとなるだけでなく排気ガスによる大気汚染や、騒音などの環境問題を引き起こす大きな要因となる。社会問題となって久しい交通渋滞を解決するための方法としては、的確な信号制御、ドライバーへの旅行時間情報の提供[1]、そして道幅の拡幅などが考えられる。これらを実現する前段階として効果を検証するための手段が必要であり、計算機を用いたシミュレーションが重要視されている。より正確な検証を行なうためには、ターゲットとする道路上の交通状況を詳細かつ正確にシミュレータ上に実現する技術が必要となる。

我々はこのような技術を確立すべく、道路に備え付けられた感知器から得られる統計(マクロ)情報を、リアルタイムに近い処理速度でシミュレータに融合し、シミュレーションの精度を向上するための研究を行なっている。

2 情報融合方式の検討

交通シミュレータの基本モデルとしては、個々の車が周囲の交通状況を判断し、加減速処理を行なうマイクロモデル[2]を採用した。マイクロモデルのシミュレータは、渋滞の出来始めや、渋滞解消時の道路状況を実現する上で最適な手法であるが、大きな計算パワーを必要とするなどの問題もある。我々はこのマイクロモデルシミュレータをベースとして、車両追従方程式の各パラメータと車両流入分布を調整することにより、感知器からのマクロ情報に融合させることを検討することとした。車両追従方程式は、以下の理由より(1)式[3]に示すものを採用した。

- 様々な車両追従モデルが考案されているが、殆んどものが(1)式を基本としている。
- 計算量が少ない。
- パラメータが c と m だけなので、車両追従モデルが交通状況に及ぼす本質的な影響を解析するのが容易。

$$\ddot{X}_s(t + \Delta t) = c \frac{\dot{X}_f(t) - \dot{X}_s(t)}{\{X_f(t) - X_s(t)\}^m} \quad (1)$$

ここで、 t : 時刻, Δt : タイムステップ, X : 車両の位置座標, c : 定数, m : 定数, s : 自車, f : 先行車。

3 実験

初段階として、車両追従方程式の各パラメータおよび車両流入分布が及ぼす交通状況への影響を調べる必要がある。このため、一車線単路を対象とした交通シミュレータと表示系を試作し、実験を通して動作解析を行なった。

3.1 実験用交通シミュレータの概要

試作した実験用交通シミュレータの概要と、実験に使用したパラメータ値を以下に示す(図1参照)。

ターゲットとする道路: 3kmの一車線単路。

シミュレーションの1タイムステップの精度: 0.1秒。

感知器: 単路の流入部分と流出部分に感知器を設置し、一定時間周期毎(5分毎)の「通過台数」と「平均速度」を出力(マクロ情報)。また、各周期時間内の単路上の車台数を別途出力。

ドライバーの前方視野範囲: 各車は(1)式に基づき、前方の道路状況だけを見るものとした。前方を見る距離は、走行速度に比例するものとした¹。また、見る範囲に車が存在しない場合は、最高速度(時速80km)に達するまで一定の割合で加速するものとした²(これを加速処理と称する)。

信号機: 単路の車両流出部(図1のB地点)に信号機を設定。信号のサイクル長を150秒、スプリットを60%とした。

車長: 全ての車長を5mに固定。

3.2 実験方法

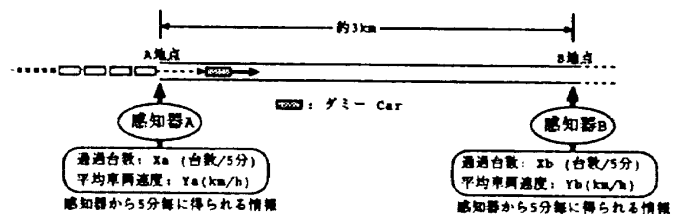


図1: 実験用交通シミュレータ

ターゲットとする単路への車両流入分布は、「均等流入」と「集中流入」の二種類を実施。均等流入は $\frac{5 \text{分(時間周期)}}{80 \text{台}}$ の均等時間間隔で、車が1台1台単路に流入するものであり、集中流入は均等流入に比べて車間距離を短め(15m)に保った80台の車が、5分(時間周期)毎に単路に流入

1 例えば時速60km 走行時は、60×5m 前方を見る。

2 時速0kmで始動した車が30秒後に最高速度に達する加速度を採用。

するものである。また、単路へ流入する車の初速度は時速30kmとし、シミュレーション時間は120分とした。

実験では、図1に示すように定速走行する時速30kmのダミーCarを走らせ、この車を追従するかたちでシミュレーションを開始するものとした。また、それぞれの流入分布に対して、表1に示す(1)式のパラメタの組み合わせをシミュレーションした。

表1: 実験した(1)式のパラメタの組み合わせ

	$m = 0.5$	$m = 1.0$	$m = 1.5$
$c = 1$	✓	✓	✓
$c = 2$	✓	✓	✓

3.3 実験結果

実験より得られた単路上の車台数の時間変化グラフを図2と図3に示す。

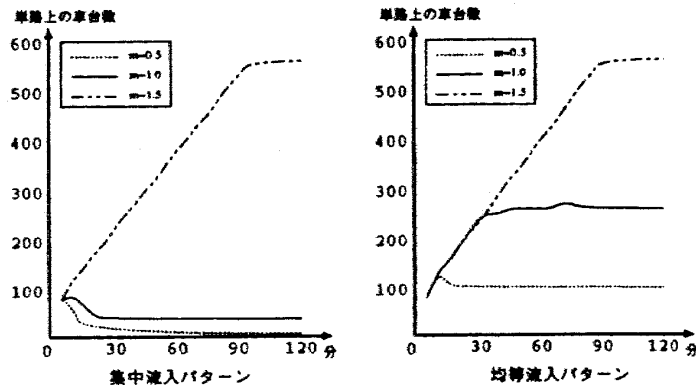


図2: $c = 1$ の場合

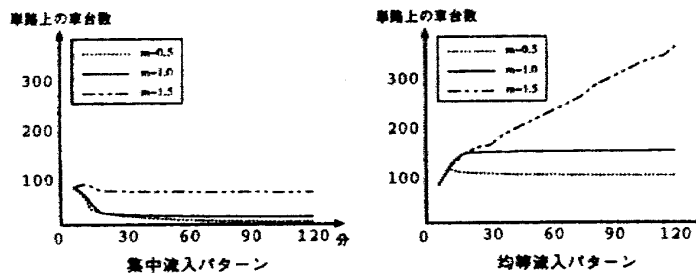


図3: $c = 2$ の場合

4 考察

得られた実験結果より、車両流入分布および各パラメタがシミュレーションに及ぼす影響に関して考察する。

4.1 車両流入分布に関して

集中流入では、各時間周期毎に先頭の車は前方車との距離がかなり開くことになるため、ドライバーの視野範囲に前方車は入らず加速処理を行なうことになる。そして、この先頭車に連なる後続車も速度を増すことになるため、単路への流入出時の速度は均等流入に比べて速くなり、また単路上に存在する車も少なくなる。このため渋滞長も均等流入に比べて断然短くなる傾向を示す。

集中流入と均等流入の比較を表2に示す。この結果は、パラメタ値(c, m)に依存しないものであった。

表2: 集中流入と均等流入の比較

	集中流入	均等流入
単路に流入する車台数	=	*
単路から流出する車台数	=	
単路上の車台数	\leq	
単路流入時の平均速度	\geq	
単路流出時の平均速度	\geq	

* 前提条件

4.2 車両追従方程式のパラメタ m の効果

車両追従方程式のパラメタ m は、車間で挙動の影響が伝わる速さと関係するものである。 m の値を小さくすると挙動の影響が短い時間で伝わり、大きくすると伝わる時間が長くなる。

このため m の値が小さい場合では、車間距離が延びたり縮んだりせず一定の間隔を保ったまま車が走行する状態となる。特に集中流入の場合では渋滞が解消し、15分後にはすべての車が最高速度に近い速度で走行するような状態となる。

逆に m の値が大きい場合では、車間距離が延びたり縮まったりするような状態となる。このため集中流入および均等流入共、かなりの渋滞を引き起こすこととなる。

4.3 車両追従方程式のパラメタ c の効果

(1)式を見て分かるように、 c は加速度を調整するものである。したがって、 c の値を大きくすると、単路への流入出時の平均速度は大きくなる。加速度を大きくすると、車間距離が一時的に広まり、ドライバーの視野範囲から前方車が消える確率が高くなる。このため、流入分布および m の値がどの場合でも、 c の値を大きくすると加速処理の比率 $(\frac{\text{加速処理の回数}}{\text{加速処理の回数} + \text{追従処理の回数}})$ が高くなる。

以上のことから、 c の値を大きくすると、単路上の車の混雑は解消される方向に進むが、 m の値が小さい場合 ($m = 0.5$) では、逆に車間距離を詰め過ぎてしまうため、単路上の車台数が多くなり、渋滞が酷くなる傾向を示す。

5 おわりに

シミュレーション実験を通して、様々なパラメタを組み合わせ、調整することにより、単路への流入速度、単路からの流出速度/流出台数、単路上の車台数、そして渋滞長等の多くの要素を制御できることが分かった。今後は、これまでに得られた知見を基に、交差点や複数車線等の複雑な道路についても検討を進めたいと考える。また、計算パワーの大きな並列分散環境を用いることにより、より高精度な、かつ大規模な感知器情報融合シミュレータを実現することも今後の予定である。

参考文献

- [1] N. Nishi et al. "Evaluation for Effectiveness of CDRGS (Centrally Determined Route Guidance System)". 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1997.
- [2] A. Ozaki et al. "Parallel Car Traffic Simulation Based on Space-Time Object". ESS96 (8th European Simulation Symposium) vol.II, pp. 33-37, 1996.
- [3] 吉川康雄他: 渋滞改善のための交通流マイクロシミュレータの開発, シミュレーション学会, 189-192, 1995.