

AHS 交通流シミュレータのミクロ的検証

A verification of traffic movement with the micro-traffic simulation of AHS

村田 重雄** By Shigeo MURATA

上田 敏*** Satoshi UEDA

横田 敏幸**** Toshiyuki YOKOTA

1. はじめに

我が国における道路交通は社会経済の発展に大きく貢献し、今日の社会システムの中で重要な役割を果たしている。しかし、一方では交通事故による死亡者数は、1988年以降年間1万人前後に達している。また、都市部を中心として交通渋滞が慢性化し、それによる経済損失は12兆円とも言われている。CO₂やNO_xや騒音による沿道環境の悪化や、エネルギー消費量の増加も顕在化してきている。さらに、21世紀には高齢化や少子化の進展と生産年齢人口の減少などの社会的制約が顕在化することが明らかであり、それに対応した運転負荷の軽減や安心感の増大等道路交通サービスの高度化が求められている。

こうした課題や要請の解決を目的に、建設省は道路と車の協調により道路交通サービスの高度化を図るAHSの研究開発・実用化を推進している。

AHSは道路及び車両の各種センサにより道路や周辺車両の状況等の走行環境を把握し、路車間通信装置および道路情報提供装置により道路と車両が協調して、ドライバーへの走行環境情報の提供、危険警告からドライバーへの運転補助、さらには完全自動運転までの機能を実現するシステムである。

AHSはセンサや通信、車両制御等多くの研究分野から構成されており、このように複雑かつ実物大の実験が難しいシステムには、シミュレーションを利用した分析・評価が重要な役割を果たすことにな

る。

現在、建設省土木研究所ではAHSの評価ツールとして多くのシミュレーションモデルを開発中である。本研究では、その中の1つである、交通流シミュレータの開発について報告する。

2. 交通流シミュレータの開発

交通流シミュレータとは、AHSのシステムコンセプトで設定された機能等を再現し、AHSが交通流に与える影響を評価する評価ツールである¹⁾。このツールを用いることにより、現状もしくは将来の道路ネットワークや交通需要でのAHSの整備効果が評価および、サービスレベルや整備形態(混在レーン、専用レーン)を踏まえたAHSの導入及び普及のための整備シナリオの作成の支援を行うこととしている。

交通流シミュレーションはAHSの評価ツールの1つであることから、①AHSの特徴1つである、車頭時間および反応遅れ時間の短縮が表現できること、②AHS効果算定のため、大規模ネットワークに対応可能があること、を主な要件とした。

そのため、交通流シミュレーションは車1台1台の動きを再現するミクロシミュレーションを採用することとし、サグやトンネル等の局所的な渋滞モデル、織り込みや分合流部等のモデル、CO₂やNO_xの削減等による環境負荷の低減効果などを評価するためのモデルを組み込むこととした。

本シミュレーションの特徴を簡単に説明すると、まず、車両の発生のための需要交通量は時間帯別ODによって設定し、さらに細分化して発生させることが可能である。

また、車両の行動を規定する追従理論については、PARAMICSの追従モデル²⁾³⁾、Hermanモデル、越モデル⁴⁾⁵⁾の3つのモデルを選択可能とする予定である。

*キーワード: ITS

** 正会員 工修 高度道路交通システム研究室
研究員

建設省土木研究所 (〒305 茨城県つくば市旭1)

tel 0298-64-1496 fax 0298-64-0178

*** 正会員 工修 高度道路交通システム研究室長

**** 正会員 工修 MPA 高度道路交通システム研究室
主任研究員

さらに、運転者の性格および経験を表すために運転の荒さと認識度というパラメータを導入し、車頭間隔や反応時間等に影響を与えている。

3. 検証

開発したシミュレーションの妥当性を検証するために、交通量、Q-K曲線、ショックウェーブの測定を行った。

(1)交通容量

本シミュレータは車1台1台の動きを再現するミクロシミュレーションを用いており、道路の交通容量は外生的には与えていない。そこで、シミュレータの基本性能として再現している交通容量が妥当であることを検証する必要がある。図-1に示すような単純な1方向2車線ネットワークにおいて、通常考えられる基本交通容量⁶⁾以上(4,000台/h/レーン)の需要交通量を与え、交通流を構成する主要パラメータとして自由流速度、headway、反応遅れ時間を変化させながら交通量の測定を行った。ここで、headwayは定常状態における値として設定した。測定結果を表-1に示す。

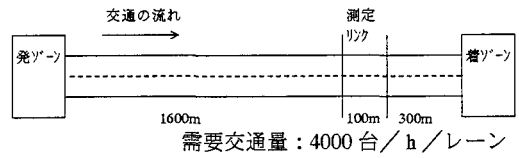


図-1 実験ネットワーク(1方向2車線)

表-1 交通量測定結果(普通車)

		実測値		設定値				
		Q (台/h)	速度 (km/h)	車線幅員 (m)	勾配 (%)	曲率 (1/m)	headway (s)	反応遅れ 時間(s)
速度変化	①	2,380	40	3.25	0	0	1.5	1
	②	2,460	60	3.25	0	0	1.5	1
	③	2,460	80	3.25	0	0	1.5	1
	④	2,440	100	3.25	0	0	1.5	1
headway 変化	①	2,460	80	3.25	0	0	1.5	1
	②	1,810	80	3.25	0	0	2	1
	③	1,640	80	3.25	0	0	2.25	1
反応遅れ 時間変化	①	2,460	80	3.25	0	0	1.5	1
	②	1,830	80	3.25	0	0	1.5	1.2
	③	1,750	80	3.25	0	0	1.5	1.4

(Qは上位10%の平均値)

結果を見ると、交通量は速度変化に対してはほぼ

一定であった。しかし、最小 headway および反応遅れ時間に対しては大きく影響を受けることが明らかとなった。測定結果の交通量は一般的に言われている2,200pcu/hから大きくはずれずるものではなく、再現性は十分であると思われる。

(2)Q-K曲線

本シミュレータではQ-K曲線を外生的には与えていないため、Q-K曲線を求めて、シミュレーションの妥当性の検証を行うこととした。

図-2に示すような信号機を有するネットワークを想定する。そこに5分間隔で変動する需要交通を発生させ、24時間シミュレーションを行うことによって、できるだけ多くのQ-Kパターンを再現することとした。自由流速度を40 km/hとした場合の結果を図-3に示す。Q-K曲線は折れ線で仮定し、その頂点のQは上位10%の平均値、KについてはQの上位10%に対するKの平均値とした。

図-3において自由走行領域の傾きは設定速度とほぼ同じであり、設定通りに走行していることがわかる。また、Q-K曲線を直線(折れ線)としても大きな乖離は見られず、自由走行時、渋滞時ともに走行の再現性に大きな問題はないと思われる。

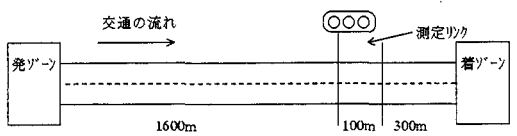
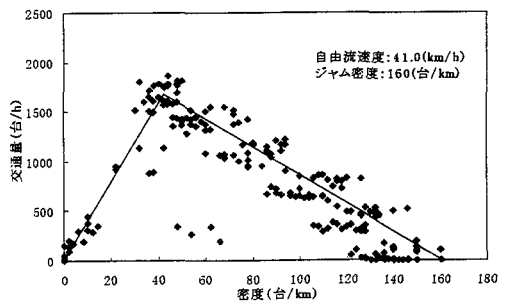


図-2 実験ネットワーク(信号機有)



設定: 自由流速度 40km/h、headway 1.5(s)、反応遅れ時間 1.0(s)

図-3 Q-K曲線

(3)ショックウェーブ

本システムの交通密度の再現性を、リンク上の交通密度分布の変化を観測し、ショックウェーブの速

度を理論値と比較することで検証する。

ショックウェーブとしては図-4に示す①～⑤の検証を行ったが、ここでは①②の2つについて示す。なお、交通流の設定は自由流速度 80km/h、headway1.5(s)、反応遅れ時間 1.0(s)とした。

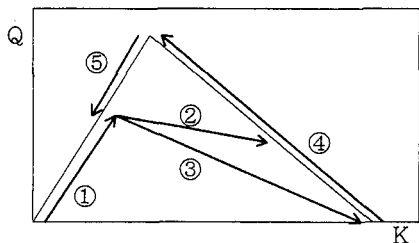


図-4 検証を実施したショックウェーブ

①このショックウェーブは自由流の到着波を表している。図-5に示すようなネットワークを想定し、先頭車両の到着時間より到着波の速度を観測した。

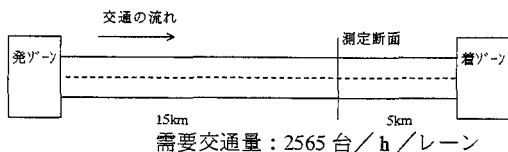


図-5 実験ネットワーク (1方向2車線)

その結果、到着波の速度は45.86 km/hで、設定速度より約1割程度早くなっていた。

②このショックウェーブは事故車両等によってボトルネックが発生している場合に生じる衝撃波を表している。そこで、図-6に示すようなネットワークを想定し、あらかじめ障害リンクの第二レーンを閉鎖して車両が発生させ、その時のショックウェーブを測定する。発生させる交通量は交通容量の約半分とした。縦軸に経過時間、横軸に距離をとり、ある速度以下の車両の位置をプロットとし、ある速度以下になった車両が初めて現れた時間からショックウェーブを求めることとした。速度は0 km/h、5 km/h以下、9 km/h以下の3種類で計測した。結果を図-7～9に示す。

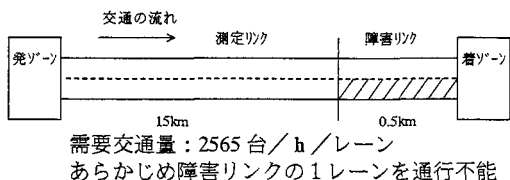


図-6 実験ネットワーク (通行不能)

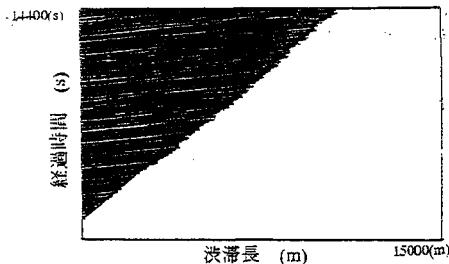


図-7 ボトルネックによるショックウェーブ (0km/h)

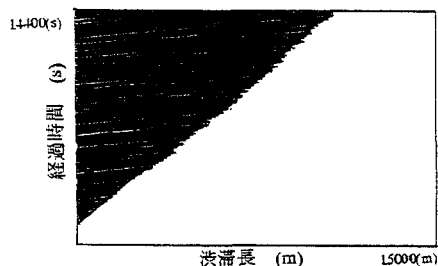


図-8 ボトルネックによるショックウェーブ (5km/h以下)

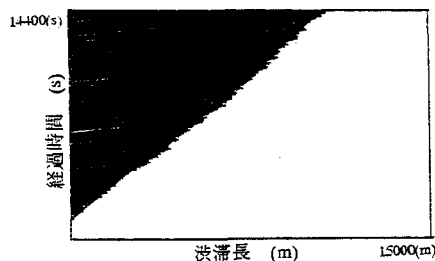


図-9 ボトルネックによるショックウェーブ (9km/h以下)

図7～9より、ショックウェーブの速度を求めると3.34～3.38 km/hとほぼ同じ値となった。この値は交通流を流体とした理論値(②の傾きとして求める)である3.60 km/hと整合がとれており、再現性は高いといえる。

交通を流体として考えるシミュレーションの場合、今回条件でボトルネックによるショックウェーブが発生している時の渋滞流の速度は理論上は約9 km/hであり、すべての車両が同じ速度で走行する。しかし、本シミュレータを用いた場合、図-7を見れば明らかのように、0 km/hの車両も存在している。図-7～9を比べてみると、図-9は図の左上の領域の空白部分が図-7よりも少ないことがわかる。そのことはショックウェーブが走った後の渋滞領域においても、尺取り現象が発生していることを意味する。現実の走行を鑑みると、渋滞中といえど

も速度が一定に保たれてはならず、渋滞のなかで、速度変化が起こっているものである。

すなわち、本シミュレータはショックウェーブについては流体理論を用いたシミュレーションと同様の結果が再現でき、さらに、流体理論を用いたシミュレーションでは再現できない交通のミクロ的現象である尺取り現象も再現できることが明らかになった。

4. AHSの導入

これまでに実施したミクロ的検証によって通常車の走行再現性は高いことが明らかになった。そこで、次にAHSの機能をシミュレーションに取り入れ、AHSの再現を試みる。今回はAHSの特徴を再現する主なパラメータとして以下のものを取り上げる。

①車頭時間

AHSの機能の一つとして、非常に短い車間で走行するプラトーン走行があげられる。その再現のため、ばらつきのない短い車頭間隔を設定する。

②反応時間の遅れ

AHS車は機械によって高度に管理されていることから、人間の反応時間よりも短い反応遅れ時間を設定する。

本研究ではとりあえず headway を 0.75(S)、反応遅れ時間を 0.3(S)となるように設定した。

AHSの機能を用いて、基本的な走行実験を行った。図-1に示している単純なネットワークに自由流速度および混在率を変化させてAHS車を走行させた。需要交通量は十分に大きな値 (8,000 台/h/レーン) とした。結果を表-2に示す。

表-2 交通量測定結果 (AHS車)

		実測値		設定値						
		Q (台/h)	速度 (km/h)	車載幅員 (m)	勾配 (%)	曲率 (1/m)	AHS車 headway (s)	AHS車 反応遅れ 時間(s)	AHS車 混在率 (%)	
速度変化	①	5,110 2.08	80	3.25	0	0	0.75	0.3	100	
	②	5,010 2.05	100	3.25	0	0	0.75	0.3	100	
混在率 変化	①	2,460 1.00	80	3.25	0	0	0.75	0.3	0	
	②	2,650 1.08	80	3.25	0	0	0.75	0.3	10	
	③	2,840 1.15	80	3.25	0	0	0.75	0.3	30	
	④	3,090 1.26	80	3.25	0	0	0.75	0.3	50	
	⑤	3,570 1.45	80	3.25	0	0	0.75	0.3	75	
	⑥	5,110 2.08	80	3.25	0	0	0.75	0.3	100	

(Qは通常車に対する比率) (Qは上位10%の平均値)

速度を変化させた場合を見ると、80km/h も 100km/h の場合も交通容量は 5,000~5,100 台/h であり、ほぼ同じ値となっており、交通量は通常車と同様にAHS車両の場合も速度の影響は受けていない。通常車両の交通量と比較すると、約2倍になっており、headwayが2分の1 (1.5秒から0.75秒) になったことが大きく影響していると思われる。

混在率を変化させた場合を見ると、AHS車の混在率が高くなればなるほど、交通量の増加率も高くなる。これは、AHS車両同士が追従した場合には短い車頭間隔の維持 (プラトーン走行) を行うため、AHS車の追従の機会の増加に従って、交通量が増えたものと思われる。

5. 今後の課題

今回、交通流シミュレータのミクロ的検証を実施した。今後も引き続き道路の交通容量およびQ-K曲線の形をシミュレータのパラメータと関連づけて把握する必要がある。また今後、実際の道路ネットワークやODを用いて大規模ネットワークにおける交通流シミュレータのマクロ的検証および一般街路における検証を実施する必要がある。さらに、実在する高速道路や一般道路にAHSを導入した場合をシミュレートし、AHSの影響や効果の算定を行っていく予定である。

本研究を進めるにあたり、東京大学生産技術研究所の桑原雅夫先生には多大なご指導を賜り、ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

1) 横田敏幸 他：AHS 交通流シミュレータの開発，土木学会第 52 回年次講演会概要集，1997
2) Paramics Ltd. : Car-Following, Lane-Changing and Junction Modeling, 1997
3) Quadstone Ltd. : Wide-Area Microscopic Traffic Simulation UK Motorway Validation Report, 1996
4) 尾崎晴男：車両の追従挙動とサグの陰路現象，1994.4
5) Jian XING : A Study on the Bottleneck Phenomenon and Car-following Behavior on Motorways, 1992.9
6) (社) 日本道路協会：道路の交通容量，1984.9