

ミクロ交通流シミュレータを使用した ITS 解析・評価ツール

ITS Analysis and Evaluation Tool Using Microscopic Traffic Simulator

大矢 純子

OHYA Junko

平田 洋介

HIRATA Yosuke

上野 秀樹

UENO Hideki

ITS(高度道路交通システム)関連のシステムは、大規模なものである場合が多く、その機能を検証するために実際に車両を走らせて試験をするのは難しい。そこで、当社では、道路システムの研究・開発のための基盤技術として、分子動力学を応用したミクロ交通流シミュレータを使用し、ITS 解析・評価ツールの開発を進めている。このツールを利用すれば、新規システム立案やアルゴリズム開発の支援、新規機能の事前検証評価、交通施策の事前検討(意思決定支援)などが行えるようになる。

Evaluation of the functions of Intelligent Transport Systems (ITS) with real vehicles is difficult because of its large scale. In order to overcome this problem, Toshiba is now developing an ITS analysis and evaluation tool as a fundamental technology using a microscopic traffic simulator based on molecular dynamics theory. This tool supports various activities including the planning of new systems and development of algorithms, the pre-evaluation of new functions, and feasibility studies of traffic control measures.

1 まえがき

ITS 関連のシステムは、広範囲にわたる道路ネットワークを対象とするものが多い。これらのシステムの機能を検証しようとする場合、実道に多くの車両を走らせ、条件をいろいろと変えながら実験を繰り返すのは、時間も費用も掛かり現実的ではない。そのため、シミュレーションを利用して機能を検証することが重要となる。シミュレーションを利用すれば、大規模なシステムの機能検証を迅速かつ低コストで繰り返すことができる。

しかし、道路形状などの検証に従来用いられてきた交通流シミュレータは、交通流を流体として扱っているため、個々の車両の挙動を解析するような場合には不向きである。

そこで当社では、車両1台1台の挙動を模擬するミクロ交通流モデルを内蔵した ITS 解析・評価ツールを開発している。このツールは、次のように利用することができる。

- (1) 新規システムの機能検証
- (2) 新規システム立案やアルゴリズム開発の支援
- (3) 適切な道路整備計画(車線数や ETC(ノンストップ自動料金収受システム)料金所設置数など)の立案
- (4) 事故や工事に伴う交通への影響の解析
- (5) 交通施策(信号制御や交通規制など)の事前検討とオペレータ支援

ここでは、ミクロ交通流モデルによって再現できるいくつかの道路交通状況を取り上げ、ITS 解析・評価ツールの概要について述べる。

2 対象道路

ITS 解析・評価ツールは、対象道路として、主に高速道路などの自動車専用道路を想定している。対象道路の一般的な例を図1に示す。対象とする自動車専用道路は、上り/下り車線が分離している片側複数車線の道路である。通常、車両感知器^(注1)などの交通量センサが、300m ~ 10km 程度の間隔で車線ごとに設置され、車両の通過台数を計測できるようになっている。路線への流入出口には料金所が設けられており、通過車両の情報が磁気式通行券や ETC のデータから得られるようになっている。

3 ITS 解析・評価ツールの概要

ITS 解析・評価ツールの概念を図2に示す。ITS 解析・評価ツールは、ミクロ交通流モデルを本体部分として内蔵し、データ入力部 条件設定部 結果出力部などを装備している。ミクロ交通流モデルは、原子や分子の挙動から物質の特性を考える分子動力学を応用して車両の挙動を模擬しており、こう配、車線変更、障害物回避などを表現できる。これにより、サグ(下り坂と上り坂の境目の部分)での自然渋滞の発生、低速車両があるときの追越しや渋滞、障害物があるときの回避走行、などの交通状況を解析できる。

これらの解析結果を利用して、“この先上り坂/速度低下

(注1) 通過車両台数や速度、感知範囲の車両専有率などを計測するための装置で、超音波式、光学式、ループ式などがある。

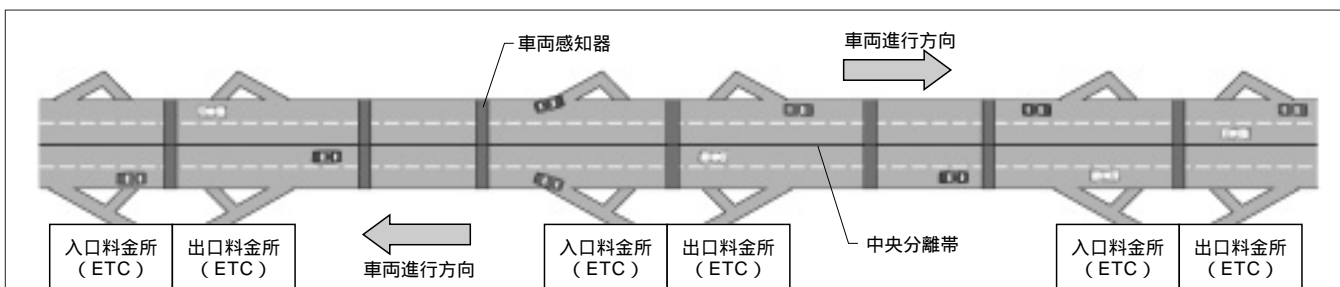


図1. 対象道路の例 - 片側複数車線の自動車専用道路であり, 車両感知器などの交通量センサが設置されている。路線への流入出口には, 料金所が設けられている。

Example of object road image

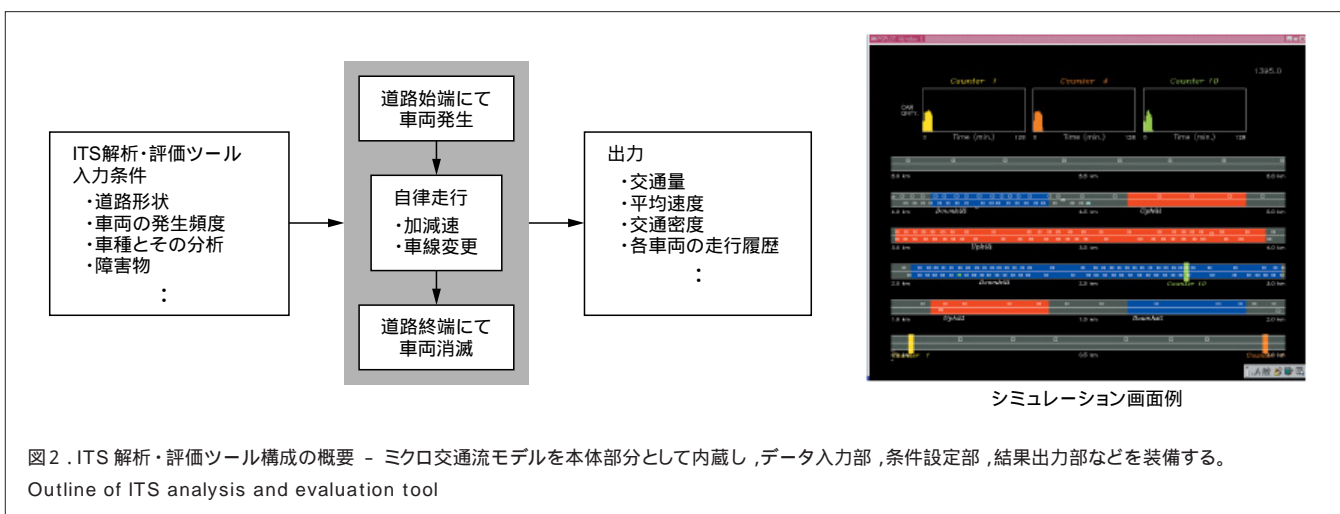


図2. ITS 解析・評価ツール構成の概要 - ミクロ交通流モデルを本体部分として内蔵し, データ入力部, 条件設定部, 結果出力部などを装備する。
Outline of ITS analysis and evaluation tool

注意」という表示をサグの手前何mに出せば自然渋滞解消にもっとも効果的か, 登坂車線をどの範囲で作るのがもっとも効果的か, といった事前検討ができる。また, 交通量から障害物を自動で検知するアルゴリズムの開発や, 目的地までの走行所要時間を予測するアルゴリズムの精度検証などにも利用できる。

4 ITS 解析・評価ツールを使用した道路交通状況の解析

ITS 解析・評価ツールでは, 現在, 次のような再現が可能である。

- (1) こう配での車両挙動
- (2) 車線変更挙動
- (3) 障害物回避挙動

これらの道路交通状況の解析例を, 以下に述べる。

4.1 こう配での車両挙動の再現

ITS 解析・評価ツールでは, 車両走行速度がこう配によって変化する状況を模擬できるため, サグでの自然渋滞を再現できる。サグでは, 上り坂にさしかかったときに, 気づか

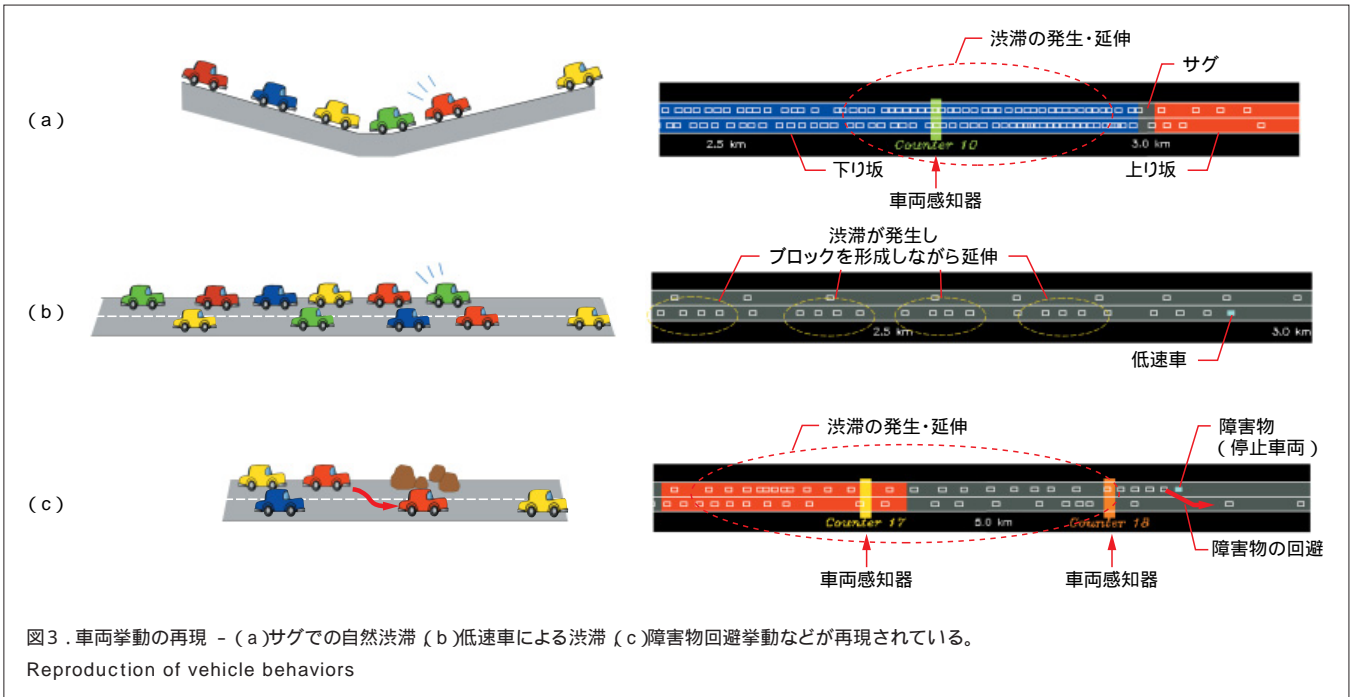
ないうちに速度低下してしまう車がある。このため, 後続車との車間距離が縮まり, 後続車は車間距離を保とうとして次々にブレーキを踏むことになる。これが渋滞発生の原因と考えられている。

サグによる渋滞が発生したときのシミュレーション画面を, 図3(a)に示す。図に示した道路は, 一方通行2車線で, 図の左側が上流, 右側が下流である。道路上で赤く示したのは上り坂, 青く示したのは下り坂, その境目の部分がサグである。車両は, 道路上に白線で描いた四角形で示されており, 各車両には, 目標速度, 加速性能など, ばらつきを持たせた設定値を与えてある。また, 道路を横切る形で表示されているバーは, 車両感知器を模擬しており, 設置地点を通過した車両の測定単位時間ごとの台数をカウントする。

図3(a)では, 見通しの良い直線道路であるにもかかわらず, 渋滞が発生し延びていくようすが再現できている。また, 渋滞に巻き込まれている車両が発進と停止を繰り返しながら, 渋滞が上流側に移動していくようすが再現できた。

4.2 車線変更挙動の再現

ITS 解析・評価ツールでは, 各車両は周りの状況を判断して自律走行している。例えば, 低速車に続いて走行してい



る車両は希望する速度で走行できないため、車線変更して低速車を追い越していく。

ある程度以上の交通量がある場合、低速車に続いて走行している車両は隣接車線へなかなか進入できず、低速での走行を余儀なくされるため渋滞が発生する。

低速車による渋滞が発生したときのシミュレーション画面を図3(b)に示す。走行車両のうち水色で示したものが、低速で走行する車両である。

シミュレーションでは、後続車が車線変更して低速車を追い越していくようす、車線変更のタイミングを計っているうちに低速車の後方に徐々に渋滞が形成されていくようす、などが再現できた。図3(b)では、個々の車両が発進と停止を繰り返すうちに、渋滞がいくつかのブロックを形成しながら延伸していくようすが再現できている。

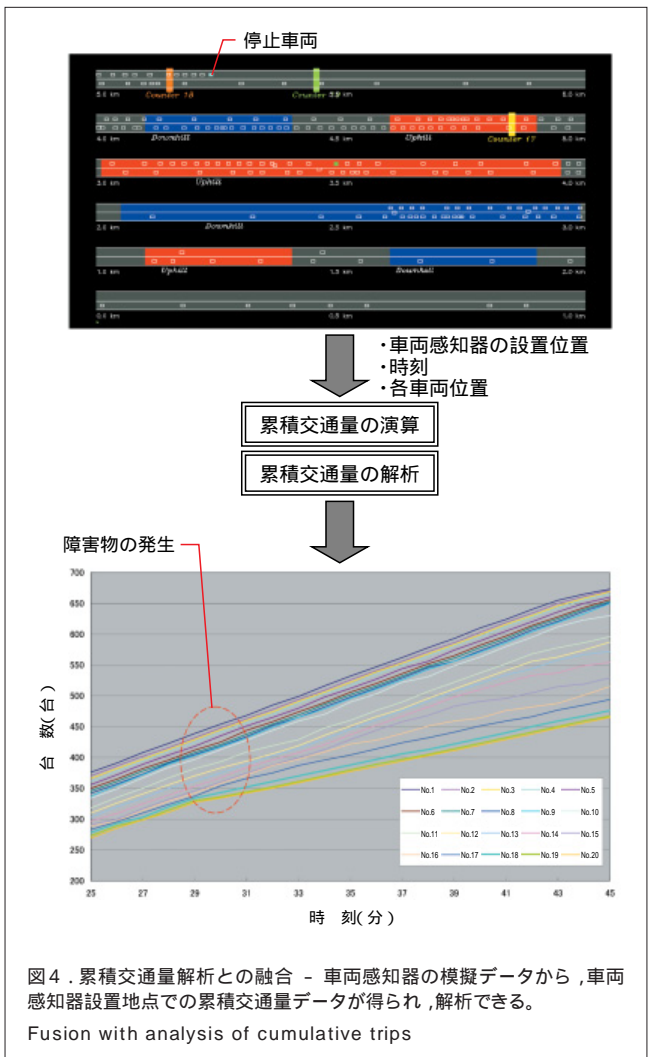
4.3 障害物回避挙動の再現

停止車両や落下物といった障害物は、低速車の特殊な場合(速度ゼロの車両)と考えることができる。低速車がある場合と同様、車両は車線変更し、障害物を回避して走行する。

図3(c)に、1台の車両が何らかの理由で停止した場合の交通流のシミュレーション画面を示す。走行車両のうち、水色の車両が停止した車両であり、2車線のうち1車線が通行できなくなる。このため、道路の持つ交通容量が半減し、停止車両の後方に渋滞が発生し延伸していく状況を再現できた。

5 累積交通量解析との融合

4.3節で示したシミュレーション例の路線には、300 m 間隔



で車両感知器を設定しており、各時刻での個々の車両の位置に基づいて車両感知器の出力データを模擬できる。このデータを車両感知器ごとに一定周期で加算していくことで、測定開始時刻からの通過車両台数（以下、累積交通量という）のデータが得られる。

4.3節のシミュレーション例で得られた累積交通量データを図4に示す。図の上部に示したのはシミュレーション画面、図の下部に示したのが累積交通量データのグラフである。シミュレーション画面では、全長6 kmの直線道路を6等分して下から順に表示してある。

時刻29分ころ、車両感知器No.18とNo.19の間で車両が停止すると、停止位置より下流側のNo.19及び20の車両感知器では、通過する車両が急に減少する。このため図4のグラフでは、これらの車両感知器設置位置での累積交通量の増加が急に鈍っている。また、停止車両の後方では渋滞が発生し、順次、1車線しか通れなくなっていく。このため、No.18、17、16...という順序で、これらの車両感知器設置位置での累積交通量の増加が鈍っていく。

この累積交通量データの推移を解析することにより、停止車両（障害物）の発生を検出でき、また、渋滞がどこまで延伸したか調べることもできる。

このように、ミクロ交通流モデルを累積交通量解析と融合し、渋滞予測方式の検証や障害物発生地点の特定ができるようになった。これらの機能は、将来的には、道路交通センタ系機能としても期待されている。道路交通センタは、路側インフラ設備、車両からのアップリンク情報、VICIS（道路交通情報通信システム）、複数のAHS（走行支援道路システム）スポットサービスなどからの収集データを統合的に処理し、広域にわたって交通流の円滑化及び事故低減を目指すものとして構想されている。機能としては、渋滞長予測、走行所要時間予測、障害物自動検出、経路誘導などが考えられている。

6 あとがき

ITS解析・評価ツールの概要について述べ、交通状況の解析例を示した。このようなツールを使用すれば、新規システムの機能検証、交通施策の検討、道路整備計画の立案などを効率よく行える。

今後は、次のような機能充実を図り、分岐合流や料金所を含む道路ネットワークへの対応を図っていく所存である。

- (1) 渋滞が頻繁に発生する区間の車線数を増やすかどうかの検討
- (2) 料金所間の走行所要時間を予測する方式の事前検証
- (3) ロードプライシングを実施した場合の交通流の解析
- (4) 経路誘導の実効性評価



大矢 純子 OHYA Junko

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 社会システム開発部。道路交通システムの開発に従事。電気学会、計測自動制御学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



平田 洋介 HIRATA Yosuke, D.Eng.

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター システム解析技術開発部主務、工博。分子動力学を中心としたミクロ解析技術開発に従事。日本物理学会、米国物理学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



上野 秀樹 UENO Hideki

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 官公システム技術部。システムエンジニアとして道路交通システムの開発に従事。交通工学研究会会員。

Public & Industrial Systems Div.