

# 交通障害発生時に対応した高速道路リアルタイム交通流シミュレーションの基礎的検討\*

## Real Time Traffic Simulation Model for Traffic Control with Accident on Urban Expressway\*

岡上政史\*\*・奥嶋政嗣\*\*\*

By Masashi OKAUE\*\*・Masashi OKUSHIMA\*\*\*

### 1. はじめに

現在、都市高速道路の交通管制では、リアルタイム交通シミュレーションシステムが導入され、交通制御・情報提供において、その推計結果が参考とされている。ここで、交通障害の発生は、交通流動に多大な影響を及ぼすため、交通障害発生時のリアルタイムでの交通流動推計は非常に重要である。しかしながら、交通障害の影響を的確に表現するのは容易ではない。

本研究では、都市高速道路のリアルタイム交通流シミュレータの推計精度向上を目指して、マクロ交通流モデルとミクロ交通流モデルを統合し、交通障害時の交通流動を的確に推計可能な交通流モデルを構築する。特に、マクロモデルとミクロモデルの接合部に緩衝区間を設定し、両モデルの融合を図ることで精度の向上を目指す。

### 2. 統合型交通流シミュレーションモデルの構築

ここでは、本研究で提案するマクロ・ミクロ統合型交通流シミュレーションモデルの基本構造と特徴について記述する。

#### (1) 交通障害発生時における課題

都市高速道路では、交通障害発生に起因する長時間の交通渋滞への対応が重要課題となっている<sup>1)</sup>。ここで、都市高速道路の交通管制では、リアルタイム交通シミュレーションが実際に用いられている<sup>2,3)</sup>。これらのリアルタイム交通シミュレーションでは、計算時間の制約があり、マクロ交通流モデルを基本としたメソスコピック型交通シミュレーションが採用されている。マクロ交通流モデルは、処理時間間隔、対象道路区間の車線構成および個別車両挙動の記述が詳細ではない。したがって、交通障害発生時の交通流の正確な表現が容易ではない。

\*キーワード：交通流，交通制御，交通管理，交通容量

\*\*学生員，徳島大学大学院先端技術科学教育部

\*\*\*正会員，博士(工)，徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部エコシステムデザイン部門

(〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1, TEL:088-656-7340, E-mail: okushima@eco.tokushima-u.ac.jp)

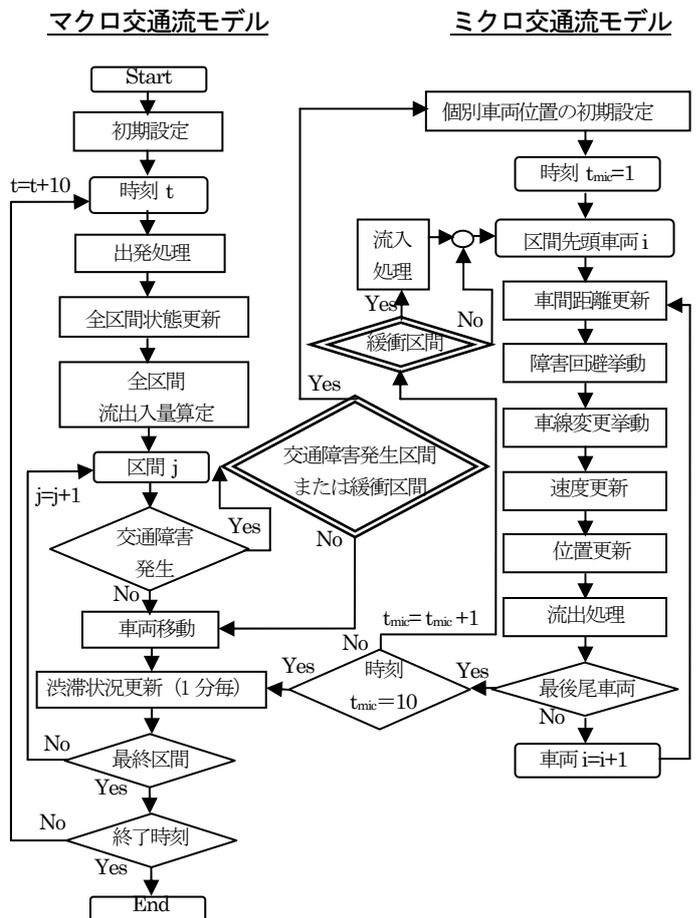


図 - 1 統合型交通流シミュレーションの概要フロー

一方、ミクロ交通流モデルは、マクロ交通流モデルと比較して、上記の構成要素が詳細に記述可能である<sup>4)</sup>。しかしながら、ミクロ交通流モデルは、車両挙動の表現が複雑で計算量が大きくなる。そのため、これまでの計算機速度の飛躍的向上を勧奨しても、大規模な道路網でのリアルタイム交通シミュレーションには適していない。したがって、マクロ交通流モデルおよびミクロ交通流モデルの長所を複合した交通流モデルが必要である。

#### (2) 統合型交通流シミュレーションモデルの基本構造

本研究で提案する交通流モデルは、リアルタイム交通シミュレータ (HEROINE)<sup>5)</sup>におけるマクロ交通流モデルに対し、交通障害発生時に発生区間付近の個別車両挙動

を詳細に記述するマイクロ交通流モデル(SMOOTH)<sup>6)</sup>を統合したマクロ・マイクロ統合型交通流モデルである。

本研究で提案するマクロ・マイクロ統合型交通流シミュレーションモデルの概要フローを図-1に示す。

マクロ交通流モデルにおいて、交通障害発生の有無を判定する。交通障害が発生した場合は、発生区間および緩衝区間において、マイクロ交通流モデルにより推計を行う。すなわち、基本的には既存のマクロ交通流モデルにより交通流動推計を行うが、交通障害発生時の交通障害発生区間および緩衝区間でのみマイクロ交通流モデルにより個別車両の移動を表現する。これより、リアルタイムでの交通流動推計について、短時間での計算処理を確保しつつ、交通障害発生時の交通状況および車両挙動の的確な記述が可能となる。

### (3) 緩衝区間

マイクロ交通流モデルによる推計が必要とされる交通障害発生区間の最上流地点では、マクロ交通流モデルの算定結果との統合が必要となる。このため、交通障害発生区間の上流側の1区間を緩衝区間として設定する。この緩衝区間ではマクロ交通流モデルおよびマイクロ交通流モデルの両方で推計を行う。

また、緩衝区間の流入交通量に関しては、マクロ交通流モデルの推計結果を利用する。一方、緩衝区間の流出車両(交通量)に関しては、マイクロ交通流モデルの推計結果を優先する。これにより、下流側の交通障害区間での個別車両の流動の影響が上流側区間(緩衝区間)に適切に伝播する構造とする。

緩衝区間に関する計算プロセスの概念図を図-2に示す。以下の[step1]~[step4]を繰り返し、対象時間帯における交通流動を推計するものである。

[step1] ブロック密度法：各区間の存在台数に基づいて、流出需要量、受入可能量を算出する。また、交通障害発生区間を除く全区間の流出入交通量を算定する。

[step2-1] 上流側車両発生：緩衝区間上流地点での流出交通量に基づいて、各車両の流入予定時刻(発生時刻)を算定する。車両の流入時刻間隔は、非渋滞時には指数分布、渋滞時には一様分布にしたがうものとする。

[step2-2] 下流側流出車両速度制御：交通障害発生区間の下流側区間の存在台数と区間速度に基づいて、各先頭車両の速度を調整する。

[step3] 個別車両移動(マイクロシミュレーション)：交通障害発生区間および緩衝区間において、初期の車両位置分布に基づいて、個別車両の移動(追従挙動、車線変更挙動など)を1秒ごとに10秒後まで推計する。

[step4] 存在台数更新：交通障害発生区間および緩衝区間において、流出入交通量を集計する。さらに、流出入交通量に基づいて、各区間の存在台数を更新する。

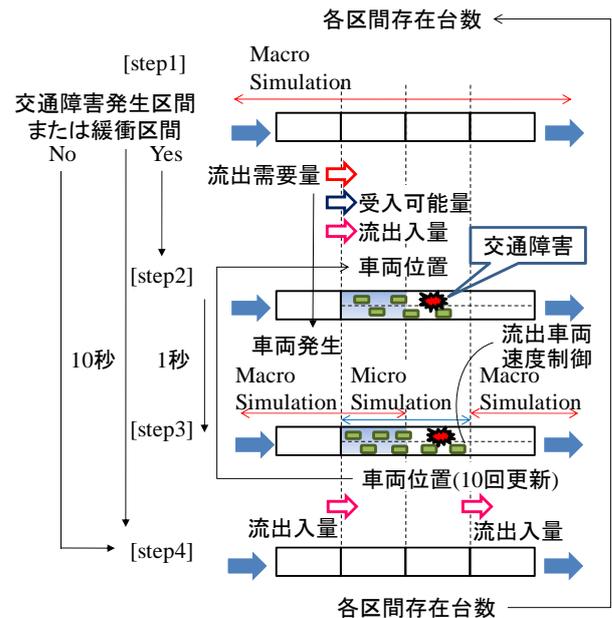


図-2 緩衝区間に関する計算プロセスの概念図

このように、緩衝区間を設けることで、交通障害発生区間の車両挙動の影響が的確に上流側に伝播できる。

## 3. 統合型交通流シミュレーションモデルの適用

ここでは、本研究で提案したマクロ・マイクロ統合型交通流シミュレーションモデルを仮想的な高速道路区間単路部に適用し、その適用性を検証する。

### (1) 交通障害の路線への影響分析

マクロ・マイクロ統合型交通流モデルの検証の対象とする対象道路区間と交通需要を検討する。道路形態は直線で2車線とする。また、区間距離は1区間250mとし、路線全体(50区間)で計12.5kmとする。つぎに、阪神高速道路路線の流入交通量を参考に平日8:00~10:00の流入交通需要を作成した。さらに、交通障害は最下流点から2.6km地点において、8:30に発生し、9:00に処理が完了することとする。また、交通障害の規模は、車両が1台停留したものとする。すなわち、通過車両は区間10の100~105m地点の1車線を8:30~9:00の間、通行できない設定となっている。なおマクロ交通流モデルでは、この交通障害により区間10の1車線が閉塞することとする。

交通障害発生による路線への影響分析として、提案モデルを用いて、a) 交通渋滞状況およびb) 遅れ時間について分析を行う。

#### a) 交通渋滞状況

マクロ交通流モデルの推計結果と比較して、統合型交通流モデルの渋滞状況を図-3に示す。

統合型モデルの推計結果をみると、最大渋滞長は

7.5km であり、処理完了時刻は 9:32 である。一方、マクロ交通流モデルの推計では、最長渋滞長は 3.00km であり、処理完了時刻は 9:11 となっている。渋滞量では、既存モデル：5.04[km・hr]、提案モデル：21.77[km・hr]と 16.72 [km・hr]、過少に推計となっている。このため、マクロ交通流モデルでは交通障害発生時の交通状況を的確に表現できていないことが分かる。

b) 遅れ時間

最下流地点の累積到着台数の推移を図 - 4 に示す。ここで、「障害なし」の場合と「障害あり」の場合の同一累積到着台数の時刻差により「遅れ時間」を計測する。

「遅れ時間」は交通障害発生時刻である8:30から徐々に増加している。さらに、「遅れ時間」は交通障害解消時刻である9:00頃から徐々に減少しており、9:25以降は解消されている。また、「遅れ時間」は最大で約20分である。このように、「遅れ時間」の分析においても交通障害の影響を表現できていることがわかる。

以上のように、マクロ・ミクロ統合型交通流シミュレーションモデルでは、マクロ交通流モデルと比較して、渋滞状況についての的確に表現できている。また、ミクロ交通流モデルによる推計よりも短時間で計算可能となった。したがって、ミクロ交通流モデルの正確性とマクロ交通流モデルの短時間での計算能力を合わせ持つマクロ・ミクロ統合型交通流モデルが開発できた。

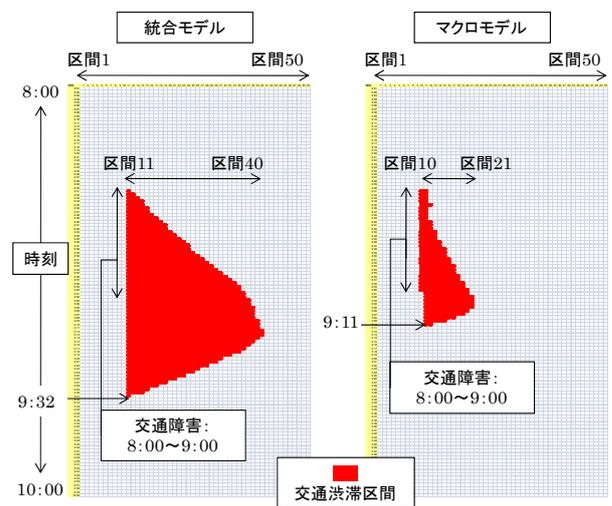


図 - 3 対象道路の渋滞状況

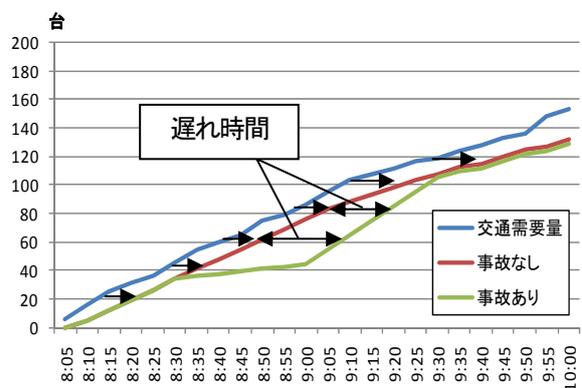


図 - 4 累積到着台数の推移

(2) 交通障害発生区間における局所的な交通現象分析

ここでは、交通障害発生区間における局所的な交通現象を分析することで、マクロ・ミクロ統合型交通流シミュレーションモデルの利点を整理する。

a) 個別車両軌跡

交通障害発生時の障害発生区間および緩衝区間における個別車両軌跡を図 - 5 に示す。ここで、個別車両軌跡は 8:40~8:45 の 5 分間における個別車両位置を 1 秒毎に計測し、その地点を結ぶことで表現している。

交通障害発生地点付近から車両軌跡が乱れ始めている。交通障害発生地点から 300m 上流付近にまで個別車両の間隔が密になる状況が観測され、交通障害の影響が及んでいることがわかる。このように、交通障害発生地点より上流区間に存在する車両に対して影響を与えるメカニズムを表現できている。

b) 流出交通量の時間推移

ここでは、最も基本的な交通評価指標である区間断面交通量について分析を行う。交通障害発生区間からの流出交通量の時間推移を図 - 6 に示す。

交通障害継続中 (8:30~9:00) においてマクロモデルでは一定値の 5 台が算定されているのに対して、統合型モデルでは 1~3 台の間で増減している。統合型モデルでは個々の車両ごとに走行特性が異なる。したがって、

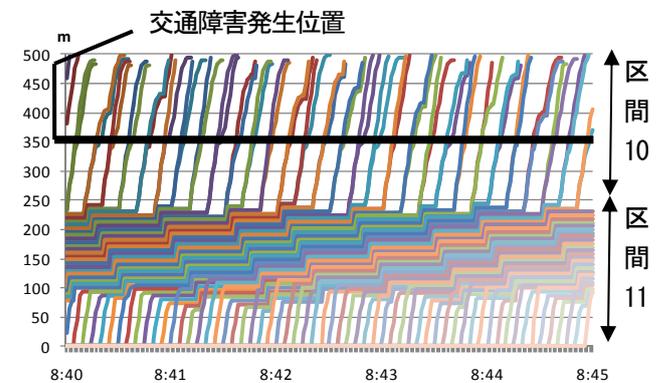


図 - 5 個別車両軌跡 (障害あり)

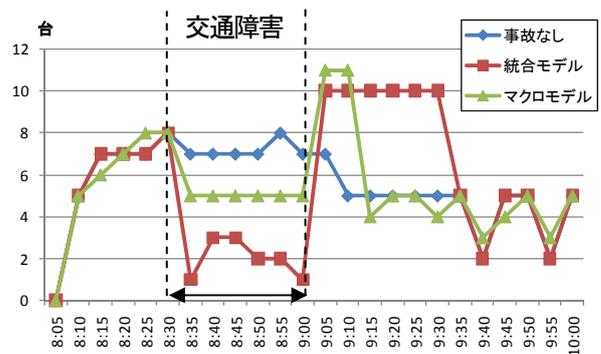


図 - 6 交通障害発生区間からの流出量の時間推移

個別車両の障害発生区間での交通障害回避のための車線変更挙動における円滑な車線移行の状況相違が要因であると考えられる。また、各個別車両の走行特性の相違により、走行速度が分布することも一因と思われる。このように、統合型交通流モデルではより詳細な車両挙動の表現が可能である。このことからマクロ交通流モデルでのみ推計を行うよりも、統合モデルを用いた推計の有効性が示される。

#### c) 個別車両の速度変化

本研究で参考としたミクロ交通流モデルでは各車両の走行特性の相違を「攻撃性」として表現している。すなわち、「攻撃性」の高い車両ほど最適速度が高く設定される。ここで、交通障害発生区間における個別車両の走行速度変化をマクロ交通流モデルの推計結果と比較して、攻撃性の異なる車両ごとに図-7に示す。

交通障害は100m地点で発生している。マクロ交通流モデルでの推計では、48km/hで一定である。一方、統合型モデルでの推計では、マクロ交通流モデルの結果と比較して、攻撃性によって多少の差があるものの、この時点での観測対象車両では速度減少を表現できている。また、全車両とも区間境界(250m地点)に近づくにつれて、減速している。これは、交通障害発生区間の下流区間がマクロ交通流モデルで表現されるため、流出量の制約を受けることが原因と考えられる。このことから、交通障害発生区間の上流および下流区間の境界付近での個別車両挙動を適正に推計する必要がある。したがって、交通障害発生区間の下流区間にもマクロ交通流モデルとミクロ交通流モデルの緩衝区間を設ける必要がある。

以上のように、流出交通量の時間推移については、個別車両挙動を表現できる統合モデルの有効性を示すことができた。また、個別車両の速度変化の分析については、緩衝区間の必要性が提示された。

#### 4. おわりに

本研究では、都市高速道路における交通管制システムに関して、既存のリアルタイム交通流シミュレーションシステムにおける交通障害発生時の交通流動推計精度向上のため、マクロ・ミクロ統合型交通流モデルを構築した。本研究の成果は、以下のように整理できる。

- 1) 交通障害発生時および発生区間のみ部分的に個別車両の詳細な挙動を記述する統合型交通流モデルを構築した。これより、高速な計算速度が要求されるリアルタイム交通流シミュレーションの計算性能を保持しつつ、交通障害発生時の交通流動を的確に推計することが可能となった。
- 2) 交通障害発生時の交通密度-速度関係を、平常時の交通密度-速度関係に基づいて規定することは

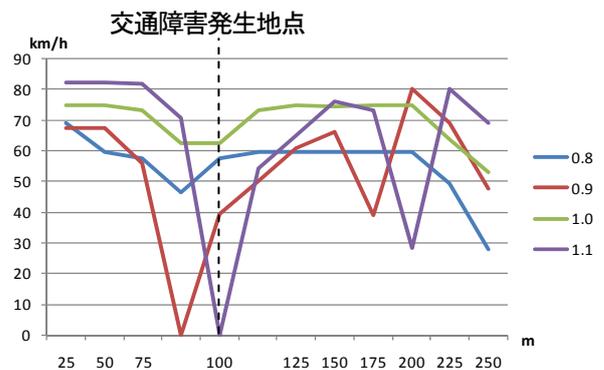


図-7 交通障害発生区間における車両の速度変化

容易ではない。ボトルネックとなる交通障害発生区間の交通挙動記述に基づいて推計される交通渋滞状況の差異は路線全体に及ぶことから、交通障害発生区間の交通流動推計には、車線変更を含む個別車両挙動を表現する必要性が示された。

- 3) 直近上流区間からの流入交通量の整流化の影響を排除するために、直近上下流区間を緩衝区間として、交通密度-速度関係だけでなく、個別車両挙動も併せて表現することで、交通障害発生区間の車両挙動の影響が的確に上流側に伝播できることがわかった。

また、今後の課題としては、(1) 分合流部付近を含む交通流シミュレーションへの拡張、(2) 現実の交通障害発生時の交通状況再現性の検証が挙げられる。

謝辞：本研究で提案した交通流モデルの検討に際しては、「阪神高速道路交通シミュレーション研究会」での議論を参考としている。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社ホームページ：  
<http://www.hanshin-exp.co.jp/company/index.html>
- 2) 大藤武彦，大窪剛文：阪神高速道路交通管制システムへのオンライン交通流シミュレーションの導入，交通工学，Vol.39，pp.27-32，2004。
- 3) 宗像恵子，田村勇二，割田博，白石智良：首都高速道路におけるリアルタイム交通流シミュレーションの開発，第29回交通工学研究発表会論文集，pp.297-300，2009。
- 4) (社)交通工学研究会編：やさしい交通シミュレーション，丸善，2000。
- 5) 奥嶋政嗣，大窪剛文，大藤武彦：都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーションシステム開発，土木計画学研究・論文集，Vol.20，No.3，pp.531-538，2003。
- 6) 八ツ元仁，北澤俊彦，三谷卓摩，羽藤英二：ミクロシミュレーションシステムSMOOTHの開発について，土木計画学研究・講演集，Vol.32/V-15，2005。

