

# 都市交通政策評価のためのファジィ理論に基づくミクロ交通流シミュレーション\*

## Fuzzy Logic Based Microscopic Traffic Simulation for Urban Transport Policy Evaluation \*

奥嶋政嗣\*\*・秋山孝正\*\*\*・エランパリマデュー\*\*\*\*

By Masashi OKUSHIMA\*\*・Takamasa AKIYAMA\*\*\*・Madhu Errampalli\*\*\*\*

### 1. はじめに

これまでに、都市道路網を対象としたいくつかの交通流シミュレーションモデルが提案されている。ここで、地方都市の都市交通政策評価においては、自動車交通およびバス交通の相互の影響による複雑な作用を表現する必要がある。特に、各ドライバーの主観的な認知および運転操作に対応した車両挙動記述が必要となる。本研究では、都市道路網を対象として個々の車両移動を表現する交通流シミュレーションモデルをファジィ理論に基づいて構築する。ここで、追従挙動、車線変更、経路選択および駐車車両回避挙動など、すべての車両挙動について、ドライバーの認知および運転操作におけるあいまい性を考慮したモデル記述を行う。このように、あいまい性を考慮することで、各種の複雑な車両挙動を比較的容易に表現できる。これより、都市交通政策評価のために、ファジィ理論に基づいて都市道路網の交通流シミュレーションを構成することの有効性が提示可能となる。

### 2. 都市交通政策評価のための交通流シミュレーション

#### (1) 交通流シミュレーションの全体構成

本研究では、都市交通政策についての影響分析を行うため、これまでに開発されている都市道路網を対象とした交通流シミュレーションを基本とする<sup>1)~4)</sup>。本研究の交通流シミュレーションの基本構成を図-1に示す。本研究の交通流シミュレーションでは、5種類の入力データに基づいて、単位時間を1秒とし、①信号現示更新、②経路探索、③車両発生・到着、④車両移動、⑤区間指標更新を順に算定し、数時間後までの交通状況を推計する。ここで、車両属性は普通乗用車、大型貨物車、バスの3種類とし、バスは規定経路を走行するものとする。

\*キーワード：都市交通政策，ファジィ理論，マイクロ交通流シミュレーション，バス優先レーン，駐車規制  
 \*\*正会員，博士(工)，岐阜大学工学部社会基盤工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2446,

E-mail: okushima@gifu-u.ac.jp)

\*\*\*正会員，工博，岐阜大学工学部社会基盤工学科

\*\*\*\*博士(工)，Central Traffic Research Institute

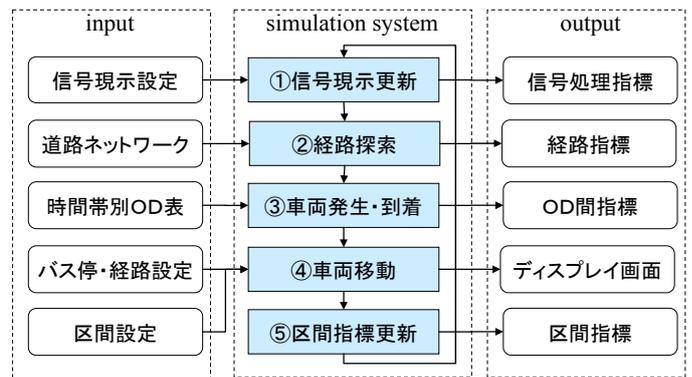


図-1 交通流シミュレーションの全体構成

また、各時刻における交通状況を4種類の指標として出力するとともに、画面上で表示可能としている。

#### (2) 対象道路網の概要

本研究では、都市交通政策による交通流動への影響を分析するために、岐阜市を対象とする。岐阜市は人口約40万人であり、トリップの交通機関利用の構成割合は、自動車利用が86.4%を占めている。ここで、対象地域における都市道路網を図-2に示す。

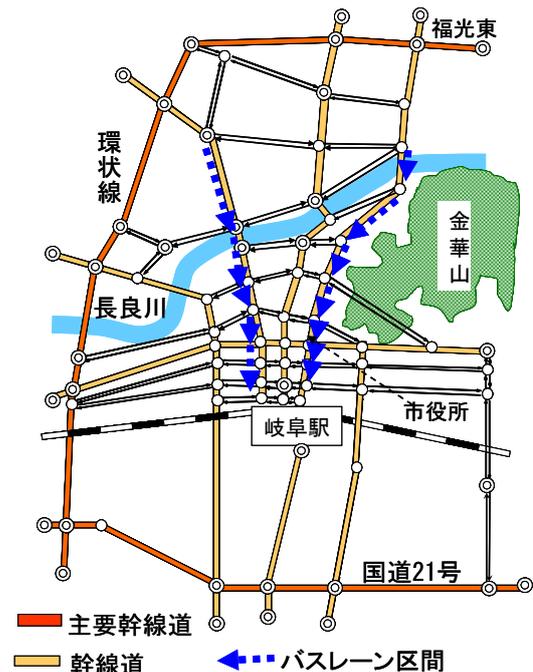


図-2 対象都市道路網とバスレーン区間

岐阜市では岐阜駅周辺に中心市街地が形成され、これを取り囲むように主要幹線道路が整備されている。また、長良川の各橋梁において朝ピーク時(7:00-9:00)に交通集中による交通渋滞が観測される。この時間帯の自動車交通量は25.3%を占めている。本研究ではバス優先レーンについての影響分析のため、岐阜中心部の都市道路網について、主要幹線道路、幹線道路、都心部および長良川北部の補助幹線道路についてネットワーク表現を行った。

図-2に示すバス優先レーン導入区間は、長良北町～徹明町の区間であり、区間延長は5.3kmで、4本のバス路線が通過し、13停留所が存在する。これらのバス路線での乗降客数は、ピーク時に約2000人/時であることが報告されている。この区間のバス所要時間は、移動時間および各停留所での停止時間と6箇所の交差点で信号待ち時間の合計となる。本研究では、このような状況を想定した条件下で、交通流シミュレーションを用いた都市交通政策評価を行うこととする。

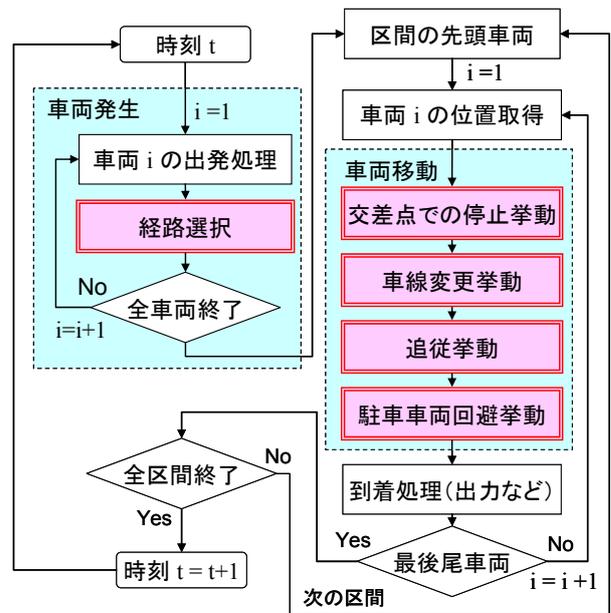


図-3 交通流シミュレーションの推計フロー

### 3. ファジィ理論に基づく交通流シミュレーション

ここでは、都市交通政策の都市道路網への影響分析を行うため、個々の車両移動をファジィ理論を用いて記述する交通流シミュレーション(FLoMiTSiM)を構築する。

#### (1) 交通流シミュレーションの推計フロー

ここでは、運転者の判断要因の認知のあいまいさに基づく現実の複雑な車両挙動を表現するために、ファジィ理論を用いて、運転者の交通挙動として5種類の意思決定をモデル化する。これら5種類のファジィ交通挙動記述モデルの関連性を推計フローとして図-3に示す。

交通流シミュレーションモデルにおける各車両の運転者は、出発時点で「経路選択」を行い、走行経路を決定する<sup>1)</sup>。このあと、各時点において、状況に応じて「交差点での停止挙動」<sup>2)</sup>、「車線変更挙動」<sup>2), 4)</sup>、「追従挙動」<sup>3)</sup>、「駐車車両回避挙動」に関する判断を行い、その結果として次時点の存在位置に車両を移動する。これら5種類の運転者の判断における不確実性に対応するため、ファジィ理論を用いる。

これら5種類のファジィ交通挙動記述モデルの構成について、特徴および分析的意義を表-1に整理する。各時点において実行される「経路選択」以外のモデルは、ファジィ推論を用いてモデル記述を行っている。ここで計算時間の短縮のため、ファジィ推論の算定を、テーブル関数としてモジュール化し、計算効率を上げている。

ここで、たとえば、追従挙動モデルは、ファジィ推論を用いて記述されており、70ルールで構成されている。このモデルの特徴は、①先行車両との接近状態（急減速が必要な状況）と通常の追従状態をあいまい性を考慮して判別することにより、円滑な速度減速を表現可能としている。②また先行車両との相対距離が大きい状況において、自由走行状態と追従走行状態をあいまい性を考慮して判別することにより、自由走行状態から追従走行状態への移行を円滑に記述できる。この結果として、局所的不安定な状況の表現などが可能となるとともに、急停止回数、区間速度の推計精度向上を図ることができる。

このように、交通挙動について、ファジィ理論に基づくモデル化を行うことにより、状況適応型の車両挙動を表現し、結果的に推計精度の向上が可能となる。

表-1 ファジィ交通挙動モデルの構成

交通現象	モデル化手法	特徴	分析的意義
経路選択	ファジィ測度	①複数の経路探索基準の組み合わせによる運転者の多様性の表現 ②認知所要時間のあいまい性を考慮した経路選択行動の記述	区間交通量の推計精度向上 OD間所要時間の推計精度向上
交差点での停止挙動	ファジィ推論 (24ルール)	①停止線までの距離など多指標での交差点通過可能性判断の記述 ②相対距離のあいまい性を考慮した右折車両の通過可能性判断の記述	交差点待ち台数の推計精度向上 右折通過台数の推計精度向上
車線変更挙動	ファジィ推論 (54ルール)	①多様な車線変更意図ごとの車線変更可能性の判断の記述 ②後続車両の譲り挙動に対応した車線変更挙動の表現	車線変更回数の推計精度向上 車線渋滞回数の推計精度向上
追従挙動	ファジィ推論 (70ルール)	①接近状態の判別による車両接近時の滑らかな減速挙動の表現 ②自由走行状態と追従状態の判別による自由走行挙動の表現	急停止回数の推計精度向上 区間速度の推計精度向上
駐車車両回避挙動	ファジィ推論 (15ルール)	①駐車車両回避のための部分的車線逸脱走行挙動の表現 ②部分的車線逸脱時の減速走行挙動の表現	車線変更回数の推計精度向上 駐車車両による交通容量低下

## (2) ファジィ交通挙動モデル

ここでは、ファジィ交通挙動モデルの具体例として、駐車車両回避挙動モデルについて記述する。現実の都市道路網においては、駐車車両による容量低減は日常的に観測することができる。特に、バス交通政策を検討する場合には、この駐車車両による交通容量低減を無視することはできないものと思われる。

このとき、駐車車両を考慮しないモデルでは、区間交通容量の過大推計となる。一方で、路側帯の駐車車両回避挙動として、車線変更を仮定した場合には、区間交通容量の過小推計となる。このため、本研究では、駐車車両回避挙動として、部分的な車線逸脱を仮定する。特徴的な車両挙動記述の例として、駐車車両回避のための加減速と部分的な車線逸脱について図-4に示す。

本研究では、この駐車車両回避挙動を3段階の過程で構成している。①第1段階は駐車車両への接近段階であり、接近車両は減速するとともに右側に進路をとる。②第2段階は駐車車両側方を走行する段階であり、駐車車両に対して側方余裕を確保しながら、部分的に車線を逸脱し、減速したまま走行する。③第3段階は駐車車両を通過する段階であり、車両は元の車線に戻り、追従走行状態に移行する。

本モデルでファジィ推論が適用されている第2段階での走行速度決定プロセスでは、相対距離 (RDS) と側方余裕 (LOD) の2種類の要因を考慮して、15ルールからなる推論モデルを構成している。これら2種類の要因のメンバシップ関数を図-5に示す。

相対距離は5段階、側方余裕は3段階のレベルを想定している。また、双方とも距離が大きくなるにつれて、認知幅 (スプレッド) が大きくなる設定としている。

このようにファジィ交通挙動モデルを構築し、現実の複雑な状況適応型の車両挙動を表現可能としている。

## (3) 現況再現性の検証

ここでは、交通シミュレーションによる交通状況の推計精度について検証する。具体的には平成11年道路交通センサス区間交通量観測値 (8時台) を抽出し、交通シミュレーションによる推計値と比較する。これらの実測値と推計値の分布を示したものが図-6である。

区間交通量の推計誤差 (RMSE) は194台である。主要幹線では交通量が若干過少推計されるが全般的には良好な現況推計が可能といえる。また、本交通流シミュレーションによって渋滞状況の時間的変化や、渋滞のボトルネックの位置、発生時刻、渋滞長を推計することが可能である。主要橋梁部分がボトルネックとなり、7:30ごろより渋滞発生する現況の交通状況が表現できた。

このように、ファジィ理論に基づく交通挙動記述により、現実の複雑な車両挙動の表現が可能となり、推計精

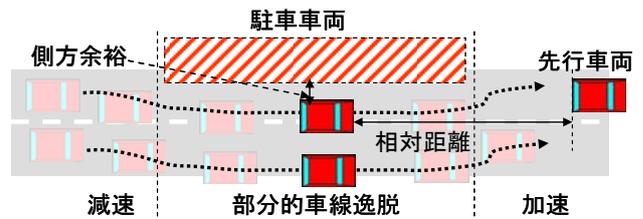


図-4 特徴的な車両挙動記述の例

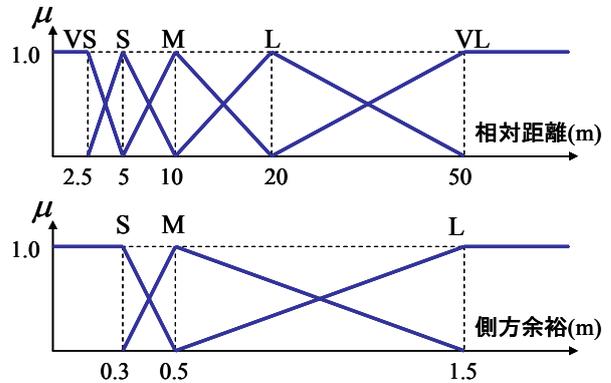


図-5 メンバシップ関数の例

推計交通量 (台/時/車線)

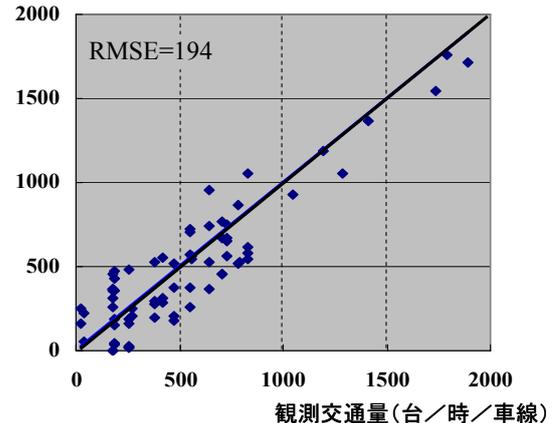


図-6 区間交通量の推計結果の検証

度の高いモデルが構築された。

## 4. 都市交通政策の影響分析

ここでは、都市交通政策としてバス優先レーン導入および駐車車両規制の複合政策を例として、ファジィ交通流シミュレーション (FLoMiTSiM) による影響分析を行う。

### (1) 都市交通政策の設定と評価

本研究では、具体的な都市交通政策として、バス優先レーン導入および駐車車両規制の複合政策を検討する。具体的には、図-2 に示したように長良橋通りおよび忠節橋通りにおいて、バス優先レーンを導入し、同時に駐車車両規制を行うものである。このときの交通状況を交通流シミュレーションにより推計し、都市交通政策の有

無による交通状況の相違について分析する。具体的な推計対象時間は朝ピーク時(7:00-9:00)としている。

都市交通政策の有無により、都市道路網における交通状況の推計結果を比較して表-2に示す。

バス優先レーン導入とともに駐車車両規制を行うことで、都市道路網全体の総走行時間は110[台時]短縮される。また、最大渋滞長は900[m]短縮され、平均走行速度は0.7[km/hr]上昇する。バス優先レーン区間を含む福光東-岐阜駅間の経路(長良橋通り)では、所要時間が13分短縮される。このなかで、特に市役所前の区間では3.8分の短縮となっている。これらの指標は、部分的な車線逸脱を考慮しないモデルでは過大推計となる。

### (2) 都市交通政策による個別車両挙動への影響分析

つぎに、都市交通政策の有無による個別車両挙動について比較する。都市交通政策の有無による比較として、着目車両(バス)の走行軌跡を図-7に示す。

現行のバス運行状況としては、市役所前交差点を先頭とした700mにおよぶ渋滞が発生し、対象車両は渋滞区間において7分間走行することになり、相当の時間損失が発生している。

一方、ここで提案する都市交通政策を実施する場合には、バス優先レーンおよび駐車車両規制により、市役所前交差点を先頭とした渋滞は発生しない。このため、対象車両は当該区間において円滑な進行が可能となる。

このように、都市交通政策の有無による個別車両挙動の相違を明確に比較することが可能である。このように、都市交通政策に対して、統計的な指標、個別車両の運用の両側から評価できることが分かる。

## 5. おわりに

本研究では、都市交通政策評価のため、都市道路網を対象としたファジィ理論に基づくマイクロ交通流シミュレーション(FLoMiTSiM)の構築を行った。本研究で得られた成果は、以下のように整理できる。

- ① 運転者の判断要因の認知のあいまいさに基づく現実の複雑な車両挙動を表現するために、5種類の「ファジィ交通挙動モデル」を構成し、モデル化の意義を整理した。これより、運転者の状況認知のあいまい性を考慮した現実的な車両挙動の表現が可能となった。
- ② 都市交通政策評価のために、ファジィ理論に基づいて、個別車両の移動を記述する交通流シミュレーション(FLoMiTSiM)を構築した。これより、現実的な運転者認知と判断のメカニズムが明確化されるとともに、実測データとの比較により、影響分析の妥当性が統計的に検証された。

表-2 交通状況推計結果の比較

評価指標		政策なし	政策あり
総走行台時	千台時	26.37	26.58
最大渋滞区間長	km	26.40	27.30
平均速度	km/時	28.01	28.72
OD間所要時間(福光東→岐阜駅)	分	30.30	17.30
区間所要時間(市役所前)	分	10.80	7.00

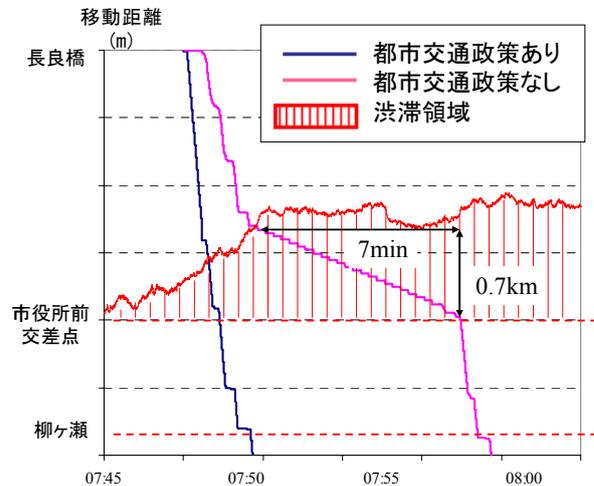


図-7 区間交通量の推計結果の検証

- ③ 都市交通政策の有無に関してファジィ交通流シミュレーションを用いて、個別車両についての影響分析を行った。ここでは、バス優先レーン導入と駐車車両規制の複合政策の有効性が検証された。

今後の検討課題として、①具体的な交通政策意思決定への適用、②個別車両の動向を踏まえた政策評価指標の整理が挙げられる。

### 参考文献

- 1) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Microscopic Simulation Model Considering Public Transport Policy, Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, pp.2718-2733, 2005.
- 2) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Evaluation of Public Transport Policy by Microscopic Simulation Model, Infrastructure Planning Review, Vol. 23, No. 4, pp. 945-953, 2006.
- 3) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Fuzzy Logic based Car-following Model for Microscopic Traffic Simulation on Urban Road Network, Proceedings of the 6th ITS Symposium 2007, CD-ROM, No.P1-16, 2007.
- 4) Madhu Errampalli, Masashi Okushima, Takamasa Akiyama : Fuzzy Logic based Lane Change Model for Microscopic Traffic Flow Simulation, Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics, Vol.12/No.2, pp. 172-181, 2008.