

ファジィ的ニューラルネットワークを用いた微視的道路交通シミュレーションモデルの開発

Development of Microscopic Road Traffic Simulation Model by using Fuzzy Neural Network

井ノ口 弘昭*, 河上 省吾**, 荻野 弘***

Hiroaki INOKUCHI, Shogo KAWAKAMI, Hiroshi OGINO

1. 研究の背景と目的

交通需要予測に関する研究は広く行われているが、必要とされる交通政策に対応した方法が求められており、近年注目を集めているものの1つが従来の静的な均衡配分に時間軸を導入した動的交通量配分理論に関する研究である¹⁾。しかしながら、各種の交通対策の効果を微視的に予測する場合や、排ガス量の予測などの道路交通の環境へのインパクトを予測する場合においては、様々な要因を考慮する必要がある、数理モデルの作成が困難となるため、交通量配分理論のみで解を求めることは難しいであろう。

このような数理モデルの作成が困難な場合は、シミュレーション手法を用いて実験的に解を求めることが有効な手段である。交通流シミュレーションモデルは、個々の車両に注目して、その動きを記述する微視的モデルと、車両の集合を単位として、その動きを記述する流体モデルとに大きく分けることが出来る。流体モデルとしては、SATURN²⁾、AVENUE³⁾などが挙げられる。これらは大規模ネットワークに適用可能であるという利点を持つ反面、微視的な挙動を再現出来ないことから、動的交通量配分理論と同様に微視的な効果予測や、環境へのインパクトの予測には適用しがたい。微視的モデルとしてはNETSIM⁴⁾、TRANSYT⁵⁾などがある。これらのモデルでは、数千リンクの大規模ネットワークでの計算は現在のコンピュータの性能では難しいが、ある程度の大きさのネットワークの微視的な効果予測に

適している。また、流体モデルと微視的モデルとを組み合わせたハイブリッド型のシミュレーションモデルの研究⁶⁾も行われている。

しかしながら、近年の高齢化の伸展等により自動車運転者の運転特性のばらつきが以前に増して大きくなっていると考えられるが、従来の追従走行モデルでは個人の運転特性を考慮したものは、ほとんどなかった。そこで我々は、ファジィ的ニューラルネットワークを用いることにより個人の運転特性を考慮した追従モデルを開発した⁷⁾。本研究では、この追従モデルを組み込んだ微視的道路交通シミュレーションモデルを開発する。これを市街地道路網に適用し、TDMの交通政策の効果予測を行ない、また、高齢運転者の増加が道路容量にどのような影響を与えるかを予測し、考察を行なう。

2. 微視的道路交通シミュレーションモデル

(1) モデルの概要

本研究では、自動車走行モデル、道路網モデルと経路選択モデルとを兼ね備えたシミュレーションモデルの構築を行なう。シミュレーションモデル技術には、システムの変化の状態を記述するイベントスキニング法と、微小時間刻み Δt 毎にシステムの状態がどのように変化するかを記述するタイムスキニング法があり、それぞれ一長一短がある。本モデルでは、タイムスキニング法が適していると考えられ、タイムスキニング法を採用する。ここでは、計算誤差と演算時間との関係を考え、 Δt を0.5秒とした。これは、60km/hで走行する車両は1ステップあたり約8m進むことになる。しかしながら、経路選択モデルの中での最短経路の計算は、10秒毎に行うこととした。これは、最短経路の計算に要する時間が長い、交通量の大幅な変動がない限り、最短経路はあまり変化しないためである。

キーワード：交通流、交通容量、TDM

* 学生員，工修，名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Tel.052-789-3730 FAX 052-789-3738

E-mail inokuchi@genv.nagoya-u.ac.jp

** フェロー，工博，名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

*** 正会員，工博，豊田工業高等専門学校 環境都市工学科

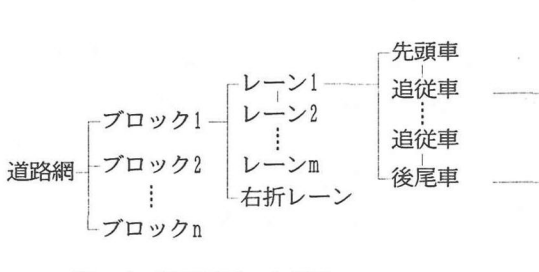


図-1 道路網データ構造

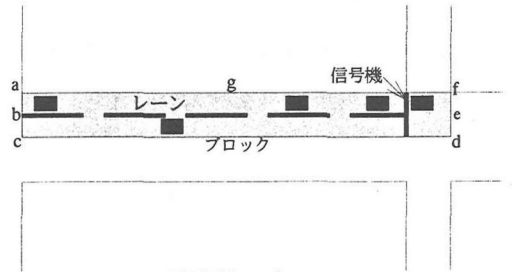


図-2 道路網モデル

自動車走行モデルでは、都心部での複雑な交通挙動を再現する必要があるため、交通流を流体としてシミュレートする巨視的モデルではなく、車1台1台の動きをシミュレートする微視的モデルとする。

(2) 道路網モデル

道路網モデルは図-1に示すように、ブロック、レーン、車両で構成される。図-2に示すように、1方向のリンク(acdfで示される部分)をブロックとして定義し、このブロックを組み合わせる道路網を表現する。その中に1車線毎にレーン(abef および bcde)を定義する。信号機および交差点は、レーンの終端に付随しているものとする。ブロックには各レーンに共通するデータとして信号現示パターン、リンク長および交差点内の各方向への距離、制限速度、ブロック内のレーン番号、接続ブロック番号等のデータを持つ。また、レーンではレーンの先頭車・後尾車の車両番号、交差点での右左折直進可否パターン等のデータを持つこととする。個々の車両には先頭車・後続車の車両番号、走行速度、走行位置、発着地等のデータを持たせる。信号現示パターンはオフセットを設定することにより、系統信号制御の評価なども行うことができる。

道路網への流入は始端(ab または bc)から行うこととする。走行終了時の流出は、ブロック内の駐車場を目的地とするという観点から、ブロック長の1/2の地点(g)より行うこととした。

(3) 自動車走行モデル

(a) 速度決定モデル

先頭車と追従車とは速度決定メカニズムが異なると考えられるため、これを分けてモデル化を行った。

1) 先頭車に対するモデル

自車と以下の対象物との距離により走行速度を決定する。

- ・ 交差点の停止線の手前にいる場合
信号現示に従い、次のようにする

青：次に走行するブロックの最後尾車

黄：停止線(減速が大きければ青処理とする)

赤：停止線

矢印：右左折状況により青または赤信号処理

- ・ 交差点内の場合

左折・直進・右折(対向車線に入っている場合)時：

次のブロックの最後尾車

右折(自車線内の場合)時：

対向車との距離による判定を行い、進んだ場合に対向車が減速する場合は停止する

なお、以上で求めた速度に対して加速・減速の限界、および制限速度を考慮して修正を行い、走行速度とする。ここでは、加速・減速とも過去の実測結果を参考にして、その限界を 3.0m/s^2 とした。

2) 追従車に対するモデル

追従車については、ファジィ的ニューラルネットワークを用いた追従走行モデルを適用する。この場合も、先頭車に対するモデル同様、加速・減速の限界、および制限速度を考慮して修正を行う。また、前車が交差点内にいる場合は、先頭車に対するモデルも適用し、信号停止処理を行う。

なお、追従走行モデルは運転者の属性別で作成しているため、構成比率を設定する必要がある。車種

表-1 車種および運転者属性の構成比率

普通車	59 歳まで	男性	43%
		女性	31%
	60 歳以上	男性	8%
		女性	2%
大型車			16%

の構成比率については交通安全白書の中の「用途別及び車種別自動車保有台数」、運転者属性の構成比率については「日本における年齢層別運転免許保有」より表－1の比率とした。

(b) 車線変更モデル

追越しをする場合の車線変更と、右左折のため、道路の端の車線に寄る車線変更とはその性格が異なり、車線変更の判断基準も異なると考えられるため、これを分けてモデル構築した。

また、車線変更に要する時間は考慮せず、その場で隣接車線に流入するものとする。

1) 追越しのための車線変更

希望速度(前車の影響を受けない場合の走行速度)と前車の速度とに大きな差があり、かつ前車が加速中でない場合は追越しをしたいと意思決定を行う。流入先車線の状況を見て安全に割り込みが出来る場合は、その場で車線変更を行う。

2) 右左折のための車線変更

当該ブロックに流入した時点で車線変更の意思決定を行い、流入先車線の後車に減速を生じなければ車線変更を行う。

(c) 経路選択モデル

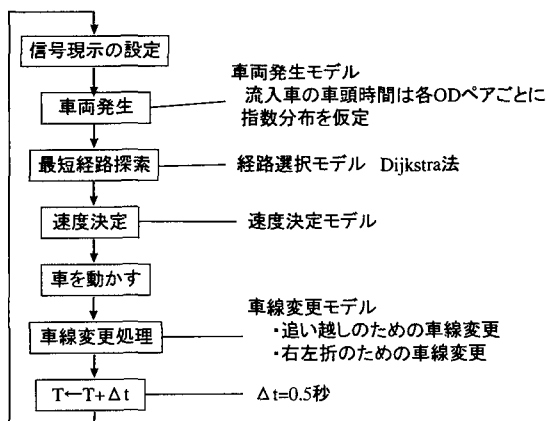
本モデルでは主に通勤交通の評価に適用するという観点から、運転者は道路状況を完全に把握しているものと仮定し、各車両について各リンクに流入した時点での目的地までの所要時間が最短の経路を選択して走行する。

(d) 車両発生モデル

システムへの流入は、各ブロックの始端から行うものとする。流入時の車頭時間分布が指数分布をしているものと仮定した。但し、乱数処理を行なう関係上、流入台数に誤差を生じるため、ここでは演算開始時にすべての車両の流入時刻をあらかじめ計算し、流入台数に合うように各流入時刻を補正した。

(4) 計算手順

計算は、図－3に示す手順で行なった。ここで速度決定と車を進める処理とを分けた理由は、処理するブロックの順番による影響をなくするためである。



図－3 計算手順

3. 豊田市都心部への適用

(1) データ・ネットワークの概要

対象地域は豊田市役所を中心とする約 9km²とした。リンクは幹線道路を中心に設定した。リンク数は228(片側)、ノード数は83である。ODデータは、平成3年度中京都市圏パーソントリップ調査をベースとしているが、平成7年5月から実施されたトヨタ自動車の勤務体制変更の影響があること、平成3年度から現在までの成長を考慮することから、平成9年2月19日(水)に対象地域に流出入する車両についての交通量調査を行い、ODデータを修正した。

リンクデータについては都市計画基本図を基にリンク長などを測定して作成した。また、信号現示データについては、時間帯ごとに現示パターンを変えているため、シミュレーション対象時間帯に各信号機で計測して入手した。

(2) TDM政策に関する分析

平成7年11月に豊田市都心部へのマイカー通勤者を対象として行った交通渋滞を緩和するためのモデル実験の中で、アンケート調査で通勤方法の変更が可能であると回答した通勤者の交通量(1,114台)をODを考慮して減少させてモデルの適用を行った。

中心市街地の通り抜けが容易になったことにより、郊外方向へのリンクを中心として若干、平均速度が低下したリンクもあったが、中心市街地へ向かうリンクでは大幅な速度向上が見られた。これにより、

この TDM 政策は非常に有用であると考えられ、実施が期待される。但し、本分析では平均速度向上による誘発交通は考慮していない。この誘発交通を予測することは難しく、どこまでこの誘発交通を押さえることが出来るかが本政策の成否の鍵となるであろう。

(3) 運転者特性の変化が道路容量に及ぼす影響についての分析

日本においては今後、ますます高齢化が進展すると予測されているが、豊田市のような中小都市では公共交通機関の整備が遅れており、高齢者自身が運転する機会が増加するであろう。そこで、ここでは高齢運転者の増加が道路容量にどのような影響を及ぼすかを考察する。なお、計算に用いる道路条件はリンク長 1km の単路部を設定した。

現行の運転者構成比率は表-1 から大型車を除いた比率とした。60 歳以上の運転者の比率を 2 倍にしたところ、表-2 に示す通り、現行の交通量の約 3% 減少した値となった。さらに詳しい分析を行うために、各属性の運転者のみの場合についての分析も行った。

これらの結果を見ると、59 歳以下男性のみの場合が一番交通量が多く、60 歳以上女性のみの場合の交通量が他と比べて極端に少なくなっている。現行の構成比率の場合についても比較的小さな値となっており、これは 60 歳以上女性の運転者の影響を受けているのが原因ではないかと考えられる。

本分析の結果、運転者による影響が大きいと考えられるため、道路計画の際は大型車混入率と同様に運転者の構成率も考慮する必要があると言える。

4. まとめ

本研究では、まず道路上での車両 1 台 1 台の挙動を再現する微視的道路交通シミュレーションモデルの構築を行った。次に、豊田市中心市街地において自動車交通削減政策の評価を行った結果、大幅な速度向上が期待できることが分かった。さらに、高齢運転者が増加した場合の道路交通容量の変化について予測を行ったところ、交通容量は若干減少し、また 60 歳以上女性運転者の影響を大きく受けることが分かった。

表-2 運転者属性を変更した場合の交通量

ケース	15 分間 交通量	現行と の比率
現行の属性構成比率	323	—
60 歳以上の男性・女性運転者を 2 倍に拡大した場合	314	97%
59 歳以下男性のみの運転者	430	133%
59 歳以下女性のみの運転者	366	113%
60 歳以上男性のみの運転者	358	110%
60 歳以上女性のみの運転者	216	67%
大型車のみの場合	387	120%

追従走行モデルについては、まだ改良の余地があり、より精緻なモデルにしていく必要がある。また、道路交通シミュレーションのユーザーインターフェースを改良していくことも課題の 1 つである。

参考文献

- 1) 赤松隆：交通流の予測・誘導・制御と動的なネットワーク配分理論，土木計画学研究・講演集 18(2)，pp.23-48，1995.12.
- 2) Hall, M.D., Van Vliet, D., and Willumsen, L.G. : A simulation assignment model for the evaluation of traffic management schemes, Traffic Engineering & Control, Vol.21, No.4, pp.168-176, 1980.
- 3) 堀口良太，片倉正彦，桑原雅夫：都市街路網の交通流シミュレーター AVENUE の開発，第 13 回交通工学研究発表会論文集，pp.33-36，1993.
- 4) Mahmassani, Hani S., Jayakrishnan R., Herman, Robert : Network traffic flow theory: Microscopic simulation experiments on supercomputers, Transportation research, Part A, Vol.24A, No.2, pp.149-162, 1990.
- 5) D.I. Robertson : ' TRANSYT ' Method for area traffic control, Traffic Engineering & Control, Vol.11, No.6, pp.276-281, 1969.
- 6) 飯田恭敬，藤井聡，内田敬：道路網における経路選択を考慮した動的交通流シミュレーション，土木学会論文集，No.536/IV-31, pp.37-47, 1996.4.
- 7) 井ノ口弘昭：ファジィ的ニューラルネットを用いた微視的道路交通シミュレーションモデルの開発，名古屋大学修士論文，1998.3.