

微視的道路交通シミュレータ MITRAM による広域交通解析

石川 亮† 本多 中二†
風間 洋†† 猪飼 國夫†††

道路交通における渋滞発生は、環境や経済など様々な面で深刻な社会問題となっている。この問題を解決するためには道路整備や信号制御の適正化などの交通施策が必要である。これら施策の策定には道路交通シミュレータなどによる事前の効果検証が欠かせない。本論文では我々が研究開発している微視的道路交通シミュレータ MITRAM で広域な交通を対象としたシミュレーションを行うために、交差点を主体としたシミュレーション用の道路モデルモデルを新たに提案する。そして、実交通を対象としたシミュレーションにこのモデルを適用して有効性を検証する。

The wide-area traffic analyses by microscopic traffic simulator MITRAM

RYO ISHIKAWA†, NAKAJI HONDA†, HIROSHI KAZAMA††
and KUNIO YIKAI†††

In recent years, the congestion in traffic is a serious social problem at various points. To solve this problem, we have to improve a road or make adjustments to signal control. These measures require to get effectiveness from road traffic simulator. In this paper, we proposed novel simulation model concerned with intersections for wide area traffic simulation using microscopic traffic simulator MITRAM. And we show the effects of this model for actual traffic simulation.

1. はじめに

道路交通における渋滞は環境・経済など様々な面で大きな社会問題となっている。この解決のためには信号制御の適正化や幹線道路の整備などの施策が考えられるが、これらの効果をシミュレーションによって事前に把握することは重要である。こうした要求により古くから様々なアプローチによる道路交通シミュレータが開発され^{1),2)}、一部は実際の交通政策にも大きく寄与してきた。さらに近年では ITS と称される高度な交通システムが新たに多く提案されており、それらの効果を評価する上でもシミュレーションの果たす役割は大きくなってきている。

渋滞問題が特に深刻な都市部の道路交通においては、交通流に影響を与える要因が密集しており、大雑把な

アプローチによるシミュレーションでは交通の実態を正しく再現できない場合が多く、微視的なアプローチが求められる。このような背景から我々は都市部一帯程度をを解析の対象とする微視的道路交通シミュレータ MITRAM の研究開発を行っている³⁾。

本論文で我々は交差点を主体とした新しいシミュレーション用道路モデル「交差点ネットワークモデル」を提案し、それを道路交通シミュレータ MITRAM に適用して、比較的広域な道路交通を対象としたシミュレーションを行う。このモデルはシミュレートする交通の範囲や目的、条件設定などに柔軟に対応できるものである。まず、道路交通シミュレータ MITRAM の基本的なシミュレーションアプローチと提案する交差点ネットワークモデルの詳細を説明し、実交通などいくつかの道路交通を対象としたシミュレーションを行った結果について述べる。

2. MITRAM

2.1 システム概要

MITRAM のシステム概要を図 1 に示す。図中の上部に示す各データベースはシミュレーションを行う

† 電気通信大学

University of Electro-Communications

†† (株)京三製作所

Kyosan mfg. co. Ltd

††† エム・アイ・ベンチャー(株)

MI Venture's corp.

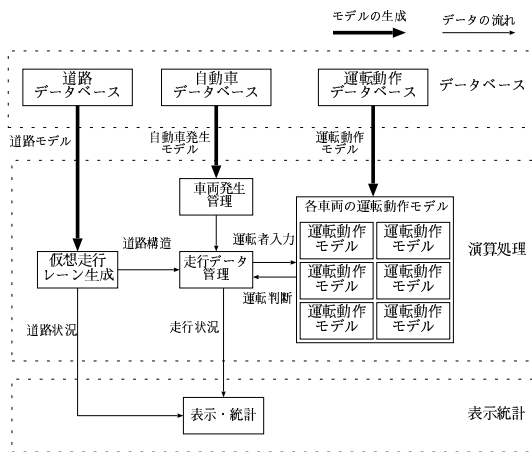


図 1 MITRAM システム概要

Fig. 1 Architecture of MITRAM system

ための前提条件などの各種情報である。これらデータベースからモデルを作成し、シミュレータに入力する。道路モデルは車両の走行する道路の形状や信号機、停止線といった道路付帯設備の情報である。車両発生モデルは、シミュレーションの各時点での道路端点からの車両発生の情報を持つ。そして、運転動作モデルはシミュレータ内で走行する車両が自律的に運転判断を行うための論理を提供する。道路状況は図の中央部に位置する「走行データ管理」部に集約される。MITRAM は原則として車両主体のシミュレーションであり、管理される情報は主に車両の位置、速度などである。そしてシミュレーション結果は最終的に統計情報やアニメーションとして出力される。

2.2 道路モデル

MITRAM では実交通において車両が走行しうる軌跡をシミュレータにあらかじめ設定する。これを仮想走行レーンと呼び、この集合として道路モデルを形成する。図 2 に道路モデルを構成する仮想走行レーンの概念を示す。シミュレーションにおいて走行する車両はこの仮想走行レーンをなぞるように走行する。この図では T 字路における仮想走行レーンの設定を例として示している。仮想走行レーンが分岐、合流、交錯する部位については、その種類と位置、通行権の優劣を付加情報としてあたえる。この情報はシミュレーション中に各車両の運転動作モデルに入力として与えられ、運転動作の決定の条件となる。

2.3 運転動作モデル

MITRAM では個々の車両に、その運転者の立場から得られる情報に基づいて自らの挙動を決定できる自律性を持たせる。その論理はファジィ推論をベースとした独自のモデルで構築する。まず、我々は現実の運

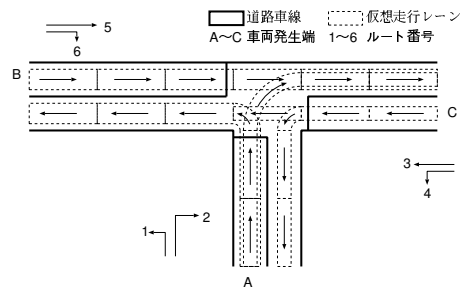


図 2 道路モデル概要

Fig. 2 Overview of Road-model

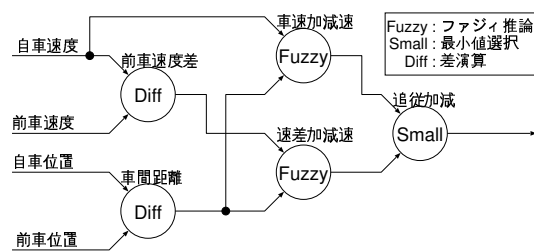


図 3 運転動作モデルの例

Fig. 3 Example of drivers maneuvering model

転者が行っている判断が以下の原則に従うものと考えた。それは

- 他の車両の後面に衝突しない (追従論理)
- 他の車両の前面に衝突しない (対向論理)
- 他の車両の側面に衝突しない (側方論理)
- 車両以外に衝突しない (前方論理)

である。そして、これらの原則を満たすモデルを個別にモデル化し、さらに並列に駆動することで現実の運転者と同様な運転判断を行える機能を実現する^{4),5)}。

運転動作モデルの実装例として図 3 に追従運転にモデルを示す。このモデルは前方の車両に対して、適切な車間距離を保ちながら衝突することなく追従走行するための運転判断を決定する機能を持っている。図中の左側に示される各項目を入力とし、2 入力 1 出力の演算子によって多段に組み込まれた論理構造となっている。各演算子にはファジィ推論をはじめとして数値演算や 2 値論理など任意の 2 入力関数を定義できる。

2.4 車両発生モデル

MITRAM ではシミュレータの幅広い利用目的に対応できるように、車両発生に関して厳しい制約は設けずに自由な設定が可能なモデルを採用している。具体的には表 1 に示すように、車両の発生時刻、車種、発生場所、走行ルート、車種を定義し、それにしたがってシミュレータ内で車両を発生させる。

表 1 車両発生ダイアグラム
Table 1 Diagram of Vehicle Generation

車両番号	発生時刻	発生場所	走行ルート	車種
1	0:00:01	A	1	普通車
2	0:00:03	B	2	大型車
3	0:00:07	C	3	バス
:	:	:	:	:

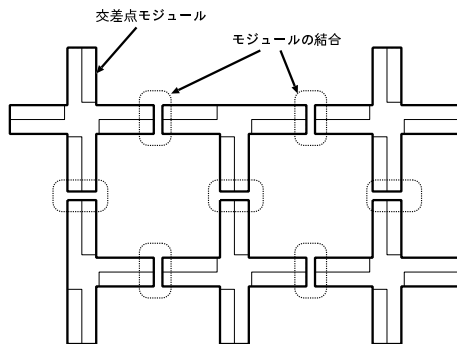


図 4 交差点ネットワークモデル概要
Fig. 4 Outline of Intersection Network Model

3. 交差点ネットワークモデル

3.1 モデル概要

本論文で提案する交差点ネットワークモデルは図 4 に示すように、道路網を交差点モジュールとその接続により構成される。各交差点モジュールは互いに独立しているが、その内部では分岐や合流、交錯などの状況を考慮した車両挙動を微視的に再現する。さらに、隣合うモジュール間の接続部分では交通流の連続性を損なうことなく、また渋滞の伝搬等も正しく反映するための手段を講じる。次節以降に交差点モジュールとその接続について詳細を述べる。

3.2 交差点モジュール

交差点モジュールの概要を図 5 に示す。この図に示すように、交差点モジュールは交通の流入端と流出端を結ぶ複数の仮想走行レーンの接続で表現する。流入端から流出端に至るまで接続された仮想走行レーンの列をルートと呼ぶ。通常は交差点モジュール内の全ての流入端から全ての流出端への組合せ分だけのルートを持つ。

モジュール内においては左折や右折のための分岐、合流部や右折と対向直進などの交錯部が存在する。このような部分に関してはその形状や通行権の優劣を付加情報として交差点モジュールの定義に加える。この情報は走行する車両に対して提供され、他車両との関係を認識させる。なお、この情報に基づいて交錯車両の通過を待つかどうかなどの最終的な判断は運転動作

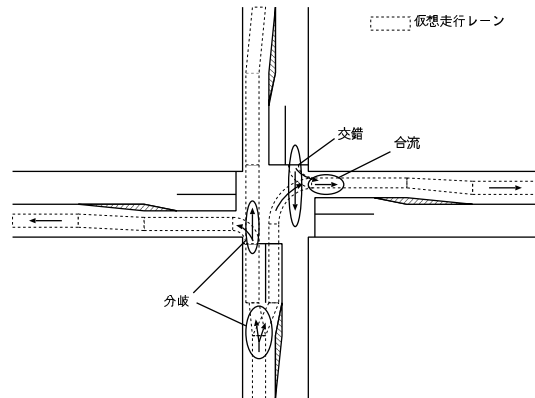


図 5 交差点モジュール概要
Fig. 5 Overview of Intersection module

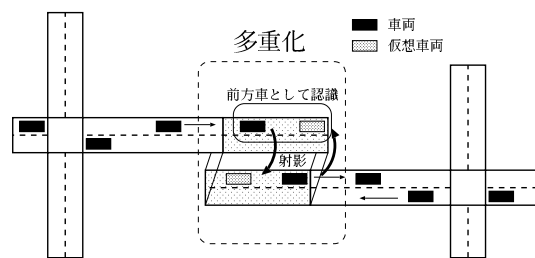


図 6 交差点モジュールの接続
Fig. 6 Connection of Intersection Module

モデルにおいて解決する。

3.3 交差点モジュールの接続

交差点モジュールの接続がもつ主要な役割は、モジュール間の車両の移動を管理することである。モジュール接続部は図 6 に示すように道路の一部を多重化して構築する。多重化された道路上を走行する車両の情報は相互に射影され、各レーン上の車両が互いの車両情報を共有することで、各車両は同一車線を走行する車両として認識することができる。あとは、多重化区域内で上流モジュールから下流モジュールへ車両の移し替えを行えば、交通流の連続性を損ねることなく、独立したモジュール間の接続が実現する。

4. シミュレーションモデルの検証

現実の交通問題に本シミュレーションモデルを適用し、その有効性を検証する。ここでは地方都市 A の国道沿い 7 交差点を対象にした比較的範囲の広いシミュレーションを行う。この路線の概略を図 7 に示す。この道路網を 7 つの交差点モジュールとその接続で表現し、シミュレーション用の道路モデルを構築した。この路線には多数の車両感知器が設置されており、この感知器データを利用して車両の発生と交差点分岐率

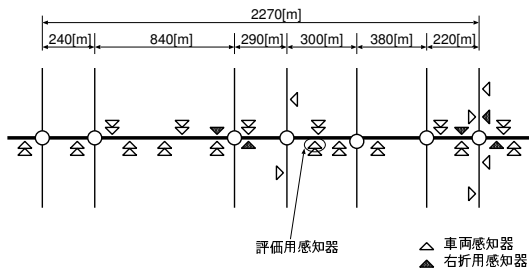


図 7 地方都市 A の連続 7 交差点
Fig. 7 Road environment of actual 7 intersections

表 2 感知器データの例
Table 2 Example data from detectors

時刻 (時:分)	車両通過台数 (台/5分)	平均速度 (km/h)	占有率 (%)
6:00~6:05	52	45	7
6:05~6:10	72	35	13
6:10~6:15	66	35	12
:	:	:	:

を決定する。

感知器データは本来、時々刻々と得られる時系列のデータである。本実験では平日朝から昼にかけての半日分のデータをあらかじめ取得し、このデータを時系列にシミュレーションに与える方法で、疑似的リアルタイムシミュレーションを行った。

ここで感知器から得られるデータは表 2 に示すような 5 分集計値であり、それぞれの感知器直下でその時間帯における車両通過台数と平均速度、道路占有率が得られるものとする。この情報に基づいてシミュレーション上での車両発生割合と交差点分岐率を決定する。これにより、実際の交通状況をリアルタイムにシミュレーション上に再現させる。

シミュレーション結果の評価として、現実の交通状況との比較を行う。ここでは車両発生に用いなかった感知器データと、シミュレータ上に仮想的に配置した感知機の出力値を比較した。その結果を図 8 に示す。この感知器は本シミュレーションの対象路線中でほぼ中流に位置するものである。現場の車両感知器では時刻 7 時あたりから徐々に交通量が増加していくが、シミュレーション上の仮想感知器においてもそれとほぼ同様の結果が得られている。このことから、本シミュレーションにおいて実交通から得られた車両感知器のデータを実時間でシミュレーションに反映し、現時刻における交通状況を精度良く再現できたといえる。

5. おわりに

本論文では道路交通シミュレータ MITRAM を比較

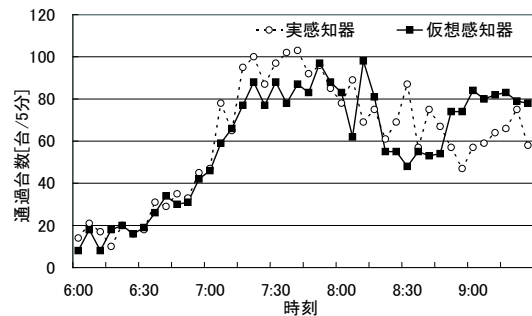


図 8 実交通感知器と仮想感知器の比較
Fig. 8 Comparison between actual traffic detector and simulated traffic detector

的広域な対象へ適用するために、交差点モジュールとその接続による交差点ネットワークモデルを提案し、実交通解析に応用した。このモデルを用いて孤立交差点、連続交差点の各シミュレーションを行い、基本的な動作を検証した。さらに、実交通を対象とした連続 7 交差点の比較的広い範囲のシミュレーションを行った。シミュレーションの評価の結果、本シミュレーションモデルにより現実の交通状況を精度よく再現できていることが確かめられた。以上の結果から、本論文で我々が提案した交差点ネットワークによるシミュレーションモデルの有効性が実証された。

参考文献

- 栗本 譲: 道路交通流解析のデジタル・シミュレーション・モデル, 土木学会論文集, No.320, pp.137-148(1982)
- 斎藤 威: 交通渋滞予測のための道路交通現象の再現, 電気学会誌, 117 巻, 9 号, pp.600-603(1997)
- 猪飼 國夫, 本多 中二, 板倉 直明ほか: ファジィ化微視的モデルによる渋滞解析を目的とした道路交通シミュレータ, シミュレーション, Vol.16, No.3, pp.199-208 (1997) .
- 猪飼 國夫, 本多 中二, 板倉 直明: 道路交通シミュレータのためのファジィ推論による自動車の運転モデル, 日本ファジィ学会誌, Vol.12, No.3, pp.425-435 (2000) .
- 猪飼 國夫, 石川 亮, 本多 中二, 板倉 直明: ファジィ推論を用いたネットワーク構造モデルによる自動車すり抜け運転動作などのシミュレーションと渋滞解析, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, Vol.42, No.SIG14, pp.90-97(2001) .