

セルラ・オートマタ法を用いた交通シミュレーションについて

大内 学 玉城 龍洋 桂田 善弘* 北 英輔**

名古屋大学大学院 人間情報学研究科

*名古屋大学大学院 工学研究科

**名古屋大学 情報文化学部

本研究では、交通流をセルラ・オートマタを用いてシミュレートする方法について述べる。セルラ・オートマタを用いたシミュレーション手法では、ローカル・ルールと呼ばれるセル間の局所近傍則に従ってシミュレーションが行われる。本研究は、名古屋市内にある中央走行方式基幹バスレーンを取り上げ、一般にあるバスレーンと比較し、中央走行方式基幹バスレーンの交通がスムーズであるかを検証する。

Traffic Flow Simulation Using Cellular Automata

Manabu Ohuchi, Tatsuhiro Tamaki, Yoshihiro Katsurada*, and Eisuke Kita**

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

Graduate School of Engineering, Nagoya University*

School of Informatics & Sciences, Nagoya University**

This paper describes traffic flow simulation using cellular automata. The cellular automata simulation is driven according to the local rule, which is defined as the local relationship between the neighboring cells. Finally, one considers as the numerical example a characteristic bus system named as "central running-bus system" and its traffic flow is compared with that in case of usual bus system.

1. はじめに

セルラ・オートマタ(Cellular Automata, CA)の基礎といえる有限オートマトン理論は1948年にNeumannによって初めて提案された。その後、Neumannは友人の数学者であるUlamの示唆を取り入れて、現在我々がセルラ・オートマトンとよんでいるものに改良していったと考えられている。現在では、セルラ・オートマトン(または、複数形ではセルラ・オートマタ)法は複雑現象に対する有力なシミュレーション手法として流体现象、生物系、原油流出による海洋汚染、森林火災のシミュレーションなどに利用されている。交通流も複雑現象の一つと考えられており、最近では熱心にセルラ・オートマタ法による解析が行われている。

セルラ・オートマタ法では、時間軸を単位時間ステップに、解析領域を正方格子(セル)に一樣に分割し、各セルに状態量を定義する。そして、各時間ステップでの各セルの状態量の更新は、ローカル・ルールと呼ばれる局所近傍則により行われる。ローカル・ルールに

よる更新を各時間ステップで実施することにより、解析領域全体の状態は更新される。ここで用いるローカル・ルールは注目しているセルとその近傍のセルの間だけで定義される関係式である。したがって、解析対象全体を支配する関係式を導出するような問題の解析に特に効果的と考えられている。本研究で取り上げる交通流の解析はそのような問題の典型例である。

ところで、名古屋市の市バスには、中央走行方式基幹バスレーンと呼ばれるシステムがある。このシステムでは、市バスは道路の中央付近を走行する。このようなシステムの導入により、通常のバスレーンに比べて、同一区間の走行時間が約40%短縮されたとの報告がある。そこで、実際にそれほどの走行時間の短縮が可能であるかについて検討をするために、本研究ではセルラ・オートマタ・シミュレーションを適用する。

本論文は以下のような構成になっている。第2節では中央走行方式基幹バスレーンについて簡単に紹介する。第3節では、セルラ・オートマタシミュレーションについて述べる。

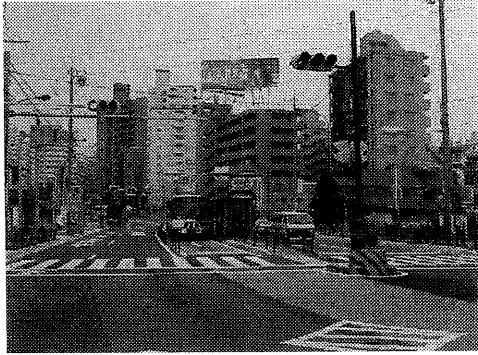


Fig.1: 中央走行方式基幹バス

第4章では簡単な解析結果について述べる。
第5章はまとめである。

2. 中央走行方式基幹バス

名古屋市に初めて自動車でも乗り入れた人の中には、とまどう人が少なからずあると思われる。名古屋市内のある地域では、通常路肩を運行しているはずのバスが道路の真中を運行しており、道路中央で停車して乗客を乗り降りさせているからである。この方式のバスレーンは世界的にも大変目珍しく、正式には中央走行方式基幹バスレーンと呼ばれている (Fig.1)。この方式のバスレーンは、1980年代に市バスの復権を目的に導入された。構想段階では中央バスレーンを導入する区間は8区間が検討されていたが、結果的には現在の基幹バスのうち1区間だけが中央走行方式で運行されている。

中央走行方式バスレーンでは、バスは中央分離帯の横に設置されたバスレーンを運行する。そして、バス以外の自動車はバスレーンよりも左側の道路を運行する。したがって、交差点では右折車の右側をバスが直進していくことになる。通常、バスレーンは路肩よりに設置されるが、その結果道路工事や路上の違法駐車に進路を妨げられる可能性が高くなる。さらに、交差点などで左折する車があるたびに速度を低下させたり、停車することを余儀なくされるので、スケジュール通りの運行が困難になる。そのことが利用者にバスの利用を躊躇させることとなり、バス利用者減少の要因にもなっている。これに対して、中央走行方式では、道路の中央よりをバスが運行するので、左折車や路上駐車している自動車により運行が妨げられる可能性は非常に小さくなる。

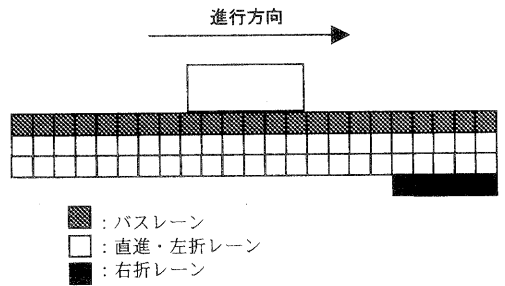


Fig.2: 解析区間 (一般にあるバスレーン)

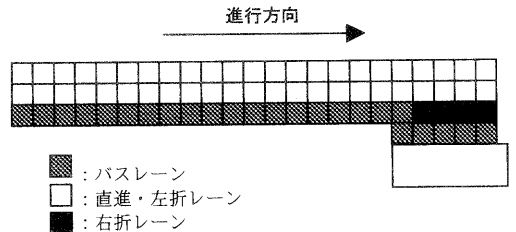


Fig.3: 解析区間(中央走行方式基幹バスレーン)

3 シミュレーション方法

3.1 解析対象のモデル化

解析対象は片側3車線の道路であり、交差点に挟まれた1区間を解析対象とする。

本シミュレーションモデルでは、1セルを10[m]×10[m]の正方格子とし、1セルに車・バスともに1台を占有するものとする。時間ステップに関しては1ステップあたり、1秒とする。なお、シミュレーションの対象となる解析領域の区間長は500[m]とする。各セルには、直進車、左折車、右折車、バス、存在しないの4つの状態を考える。

通常の路肩通行方式バスレーンを Fig.2 に、中央走行方式バスレーンを Fig.3 に示す。バスは向って左端から右方向に進入し、右端へ走り去る。バスは常にバスレーンを走行し、交差点は直進する。また、バス停では一定時間停車する。

これに対して、通常走行方式と路肩走行方式のいずれの場合においても、普通自動車が進入する場所は乱数で決定され、解析領域の右端の交差点を直進・右折・左折のいずれかの方向へ向かう。そして、各普通自動車が右端でとる進行方向は、左端で領域に進入するときに乱数によって決定される。

各車に関するローカル・ルールは、おおよ

そ以下のようになる。

3.2 バス

1. 一定時間毎に左からバスレーンに進入し、右方向に運行する。
2. バス停では一定時間（45秒）停車する。

3.3 交差点を直進する自動車

1) 交差点から十分離れている場合

1. 前方が空である場合は、前へ進む。
2. 前方が空でない場合は車線変更するが、左車線より右車線に優先的に変更する。

2) 交差点に近い場合

1. 前方が空である場合は、前へ進む。
2. 前方が空でない場合は車線変更するが、左車線より右車線に優先的に変更する。
3. 右車線がバス・レーンである場合は、バス停付近にバスがいる場合は右車線へ車線変更しない。
4. 右前に左折車がいる場合や左前に右折車がいる場合は、前方があいていても前には進まず、可能ならば車線変更する。

3.4 交差点を左折する自動車

1) 交差点から十分離れている場合

1. 左と左後ろが空である場合は、左車線に車線変更する。
2. 前が空であり、かつ左又は左後ろが空でない場合は、前に進む。

2) 交差点に近い場合

1. 左と左後ろが空である場合は、左車線に車線変更する。
2. 前が空であり、かつ右前に左折車がない場合は、前に進む。

3.5 交差点を右折する自動車

1) 交差点から十分離れている場合

1. 右と右後ろが空である場合は、右車線に車線変更する。
2. 前が空であり、かつ右又は右後ろが空でない場合は、前に進む。

2) 交差点に近い場合

1. 右が空である場合は、右車線に車線変更する。
2. 前が空であり、かつ右前に左折車がない場合は、前に進む。

4 解析結果

解析対象として、あるバス停留所から次のバス停留所までの一区間を考える。セルラ・オートマタによるシミュレーションの1時間ステップは実時間で1秒に当たるとする。1セルの幅は実空間でおよそ10mに当たるので、平均走行速度は約時速40kmとなる。

この1区間を、中央走行方式と通常の左車線走行方式によりバスを運行し、実際に運行にかかる時間を比較すると、中央走行方式バスでは約95秒かかるのに対して、左車線走行方式バスでは約165秒となり、約43%の時間短縮が実現できることがわかる。以前の名古屋市交通局の調査では、中央走行方式を導入することで、所要時間43分の運行区間が30分に短縮されたとの報告がある。この場合の短縮率は約39%であり、今回のシミュレーション結果と良く一致していることがわかる。

5 結論

本研究では、名古屋市市バスにおける中央走行方式基幹バスレーンのシミュレーションへのセルラ・オートマタの適用について述べた。解析条件やパラメータの設定に調節が必要なため、十分なシミュレーションが行えないが、今後改良を進めていく予定である。

参考文献

- (1) W. Clayton, *Adventures in Artificial Life*, edition = 1, Que Co., 1993
- (2) 森下 信, 李 仁烈, 中野孝昭, セルラオートマトン法による交通流の解析, 日本機械学会全国大会講演論文集, 1:362--363, 1997
- (3) 森下 信, 西山裕二, 栗山浩一, 大釜みち代, 駐車場及び周辺道路の交通シミュレーション, 計算工学会論文集, 2:145--150, 2000.
- (4) M. M. Waldrop, *Complexity, The Emerging Sciences at the Edge of Order and Chaos*, Simon & Schuster, 1992
- (5) 宇谷明秀, 鈴木 勝, セルラオートマトンによる場のモデル化に基づく物流計画に関する研究, 計算工学会論文集, 1: 79-86, 2000