

セルオートマトン化された Pipes モデルの基本特性の解析

Analysis of the basic properties of a cell-automated Pipes model

山本尚輝¹, 星野貴弘²Yamamoto Noki¹, Hoshino Takahiro²

Abstract: In recent years, various traffic flow simulators have been utilized to solve and improve transportation-related issues such as problem of traffic congestion. Traffic flow models are classified roughly into the car-following model and cellular automaton model. Therefore, this study examines methods to convert the car-following model into a cellular automaton model.

1. はじめに

近年、交通に関する諸問題の解決や改善のために、様々な交通流シミュレータによって得られた知見が活用されることが多くなっている。代表的な交通流モデルとして時間および状態変数を連続値として扱い微分方程式で表現される追従モデルと時間、空間、状態を離散値で表現するセルオートマトンモデルが存在する。本研究では、連続値で扱う追従モデルをコンピュータで扱いやすいセルオートマトンモデルに変換する方法(CA化)を検討する。

2. 交通流モデル

<2.1 確率速度モデル^[1]> 確率速度モデルとは、CAモデルの一つであり、このモデルでは最高速度 v_{max} と自車速度 v の比率 v/v_{max} と一様乱数 p_x の関係が $v/v_{max} > p_x$ の時に、自車両を1セル進める。この方法により、任意の速度を離散値に変換できるため、PipesモデルのCA化に応用した。

<2.2 Pipesの追従モデル^[2]> 本研究で使用する Pipes の追従モデルは前方車両と自車両の速度差から加速度を決定するものであり(1)式で表される。

$$\dot{v}_n(t) = k\{v_{n-1}(t) - v_n(t)\} \quad n = 2, 3, \dots, N \quad (1)$$

ここで、 n は車両番号、 $(n-1)$ は前方車両、そして k は車両感応度である。

<2.3 変換方法> 追従モデルである Pipes モデルを CA モデルに変換する手順は以下の通りである。

[Step1] (1)式の右辺 $k\{v_{n-1}(t) - v_n(t)\}$ を計算し、その結果を整数部 a_i と小数部 a_d に分ける。

[Step2] 小数部 a_d と一様乱数 p の関係が $p < a_d$ ならば $\dot{v}_i \rightarrow a_i + 1$ とし、それ以外ならば $\dot{v}_i \rightarrow a_i$ とする。

[Step3][Step2]で求めた加速度と前時点での速度の和により下式に従い次時点の加速度を決定する。

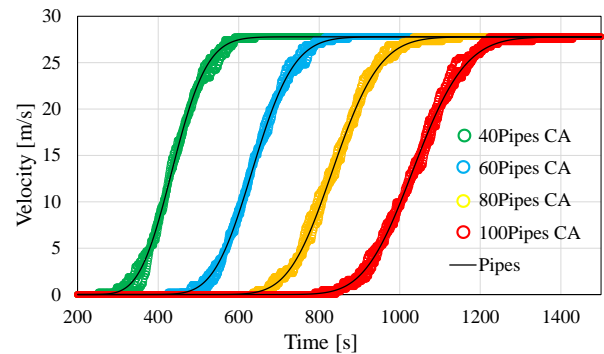


Figure 1. Numerical examples of Time-Velocity diagram

$$v_i(t) = v_i(t-1) + \Delta t \dot{v}_i(t) \quad (2)$$

以上の手順により計算される車両挙動に基づくモデルを Pipes CA モデルと呼ぶことにする。

3. シミュレーション条件

本研究では $\Delta t=1s$ とし、1s ごとの Pipes モデルと PipesCA モデルの位置、速度、加速度を比較する。シミュレーション値については乱数の seed 値を変え、複数回のシミュレーションを行った。

<2.1 シミュレーション条件> 車両台数を 100 台、最大速度を 27.8m/s、車両感応度を 0.1、シミュレーション時間を 1500s とした。Pipes CA モデルは乱数の初期値を変化させて 5 回分のデータを取得した。

<2.2 シミュレーション結果> Figure 1 は 40, 60, 80, 100 台目の時間に対する車両の速度のグラフである。後ろの車両ほど Pipes モデルに対して、Pipes CA モデルの分布の広がりが見られるものの、全体的には Pipes モデルと同様の傾向が確認できたため、提案する CA 化が妥当な方法であると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では Pipes モデルを対象に CA 化した。今後は他の追従モデルについても CA 化する方法について検討していきたい。

参考文献

- [1] 玉城龍洋, 安江里佳, 北英輔:「確率速度モデルと CA 法による交通シミュレーション」, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.3, pp.858-869
[2] L. A. Pipes: "An Operational Analysis of Traffic Dynamics", Journal of Applied Physics, Vol.24, No.3, pp.274-281 (1953)