

# 速度制限を導入したマイクロ交通流モデルのシミュレーション

真坂 順也<sup>1</sup>, 末吉郁<sup>1</sup>, 谷本 潤<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院 総合理工学府 総合理工学専攻

<sup>2</sup>九州大学大学院 総合理工学府 環境理工学部門

## 概要

Cellular automata (CA) モデルにより、渋滞部の流れ方向手前側に段階的な速度制限領域を設けることの渋滞緩和策としての有効性を検討した。その結果、流量の改善効果は見られなかったが、平均渋滞長、渋滞数、最大渋滞長が減少し、速度制限の有効性を示すことが出来た。

## Microscopic Traffic Flow Simulation With Velocity Restriction

Junya Masaka<sup>1</sup>, Jun Tanimoto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

<sup>2</sup> Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University

## Abstract

We built a specific cellular automata (CA) model so as to explore the effectiveness of putting gradual max-velocity reducing areas prior to a jam region. Numerical result reveals that the average jam length, number of emerging jams and maximal jam length are all ameliorated despite none of significant improvement of flux.

## 1. 緒言

高速道路における渋滞緩和策として、時空間変動する渋滞発生ポイントを検出し、その手前側に最高速度を段階的に引き下げることで後続車両の流入を制限する方策がある[1]。本報では、Cellular automata (CA) モデルを構築して、その有効性を検討した。

## 2. CA モデルと速度制限ルール

周期境界(1周 3000 セル)を適用した Revised S-NFS[1] モデルをベースに、渋滞発生個所の流れ方向に向かって手前側に一定のエリアを設け速度制限ルールを適用する。

### 2.1 Revised S-NFS モデル

Revised S-NFS モデルは Sasaki, Nishinari ら[2]によって提示された S-NFS モデルに、ランダムブレーキの車間距離依存性を考慮すること、NaSch (Nagel-Schreckenberg) 系モデル[3]では再現できない、Kerner の3相理論[4]で云う Synchronized 流を高精度に再現する CA モデルである[5]。Revised S-NFS モデルは以下に記される4つのルールに従って 1 time step ごとに目標速度を決定し、これを最大限維持するように各車両が移動する。

#### Rule 1. "Acceleration"

$$v_i^{(1)} = \min[V_i^{max}, v_i^{(0)} + 1] \quad (1)$$

(Rule 1 is applied only if  $g_i \geq G \vee v_i^{(0)} \leq v_{i-1}^{(0)}$ )

#### Rule 2. "Slow-to-start"

$$v_i^{(2)} = \min[v_i^{(1)}, x_{i-S_i}^{t-1} - x_i^{t-1} - S_i] \quad (2)$$

(Rule 2 is applied only if  $\text{random}[0, 1] \leq q$ .)

#### Rule 3. "Quick start"

$$v_i^{(3)} = \min[v_i^{(2)}, x_{i-S_i}^t - x_i^t - S_i] \quad (3)$$

(In Rule 2 and 3, If  $\text{random}[0, 1] \leq r$ ,  $S_i = S$ ; otherwise,  $S_i = 1$ .)

#### Rule 4. "Random brake"

$$v_i^{(4)} = \max[1, v_i^{(3)} - 1] \quad (4)$$

(if  $\text{random}[0, 1] \leq 1 - p_i$ , Rule 4 is applied)

#### Rule 5. "Avoid collision"

$$v_i^{(5)} = \min[v_i^{(4)}, x_{i-1}^t - x_i^t + v_{i-1}^{(5)}] \quad (5)$$

## 2.2 速度制限の機構

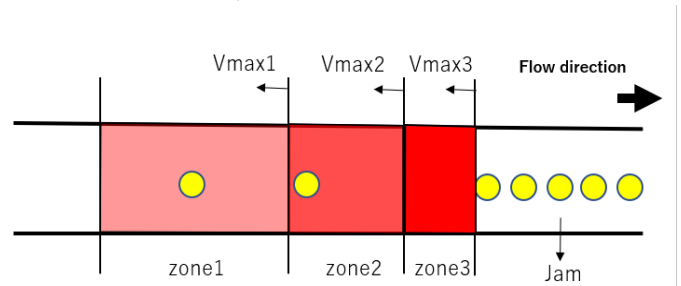


図1 速度制限の機構

ドメイン内で、速度ゼロとなる車両クラスター(そのようなクラスターが間隔を空けずに連なり、かつ、5台以上連結している場合は全体を1つの渋滞クラスターとする)を全て検出し、その手前側に図1に示す速度制限域を3段階に

わたって設定する. Revised S-NFS モデルにおける最大速度を 5, 最小速度を 1 とし,  $1 \leq V_{\max 3} \leq V_{\max 2} \leq V_{\max 1} < 5$  を課す. 以下のシミュレーションでは, Zone1, Zone2, Zone3 のセル長を夫々, 200 セル, 100 セル, 50 セルに固定した(次節にします  $V_{\max 1}, V_{\max 2}, V_{\max 3}$  の設定による最適な各 zone 長の組み合わせに大きな感度がないことを確認している).

### 3. シミュレーション結果と考察

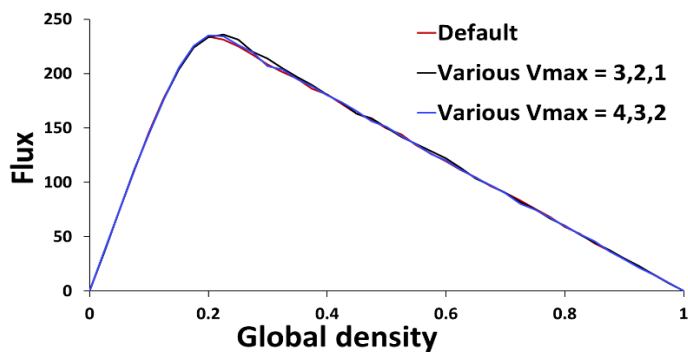


図2 流量

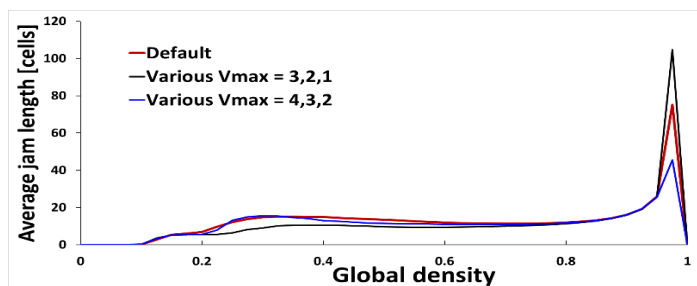


図3 平均渋滞長

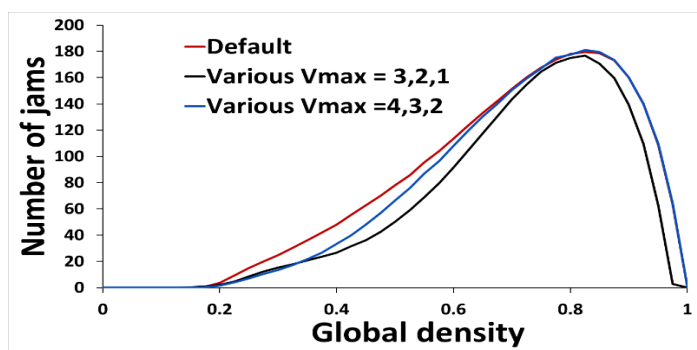


図4 渋滞数

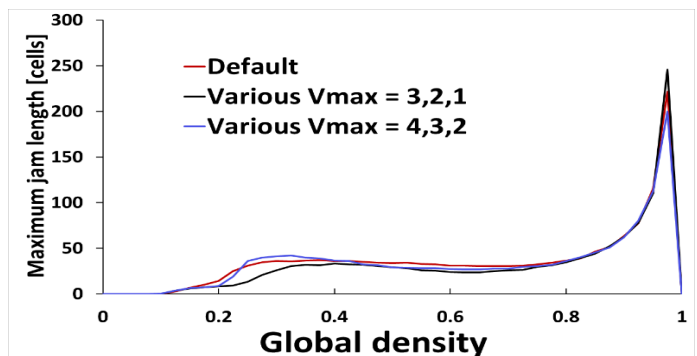


図5 最大渋滞長

図2から図5に( $V_{\max 1}, V_{\max 2}, V_{\max 3}$ )=(3,2,1)と(4,3,2)としたケースの流量, 平均渋滞長(検出された渋滞クラスターの平均セル長), 渋滞数(ドメイン内で検出された渋滞クラスターの総数), 最大渋滞長(検出された渋滞クラスターの最大値)を示す. 各図には比較対象として, このような時空間動的的速度制限エリアを導入しないケース(Default)を示している.

動的的速度制限により, Default に比して交通流量が改善される傾向はみられない. 本論では示していないが, 2車線系の固定ポイントに1車線となる bottleneck を設定した系にあっても, 有意なフラックス改善効果は観察されなかった. 渋滞数については, いずれのケースにも改善が観られる. 平均渋滞長に関しては, (4,3,2)ケースで, 特に高密度域における大きな緩和効果が観られる. が, 一方で(3,2,1)ケースは中密度(0.2から0.4にかけて)では効果的だが, 高密度域では Default より成績は悪化する. この傾向は, 最大渋滞長についても観察される. 高密度域は, そもそも全ドメインで大渋滞が生じている流れ場であるから, 上記の中密度域での改善効果に着目すべきだろう. その観点からは, (3,2,1)ケースが, (4,3,2)ケースより良好な渋滞緩和効果をしめしている.

### 4. 結言

時空間変動する渋滞発生個所の手前側に速度制限エリアを段階的に導入することは, 平均および最大渋滞長, 渋滞数と云った統計量の改善には効果があることが示唆された.

### 参考文献

- [1] Han, Y., Yu, H., Li, Z., Xu, C., Ji, Y, Liu, P. (2021). An optimal control-based vehicle speed guidance strategy to improve traffic safety and efficiency against freeway jam waves, *Accident Analysis & Prevention* 163, 106429, 2921.
- [2] Sakai, S., Nishinari, K., & Iida, S. (2006). A new stochastic cellular automaton model on traffic flow and its jamming phase transition. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 39(50).
- [3] Nagel, K., & Schreckenberg, M. (1992). A cellular automaton model for freeway traffic. *Journal de Physique I*, 2(12). <https://doi.org/10.1051/jp1:1992277>
- [4] Kerner, B. S. (2004). The Physics of Traffic: Empirical Freeway Pattern Features, Engineering Applications, and Theory (Understanding Complex Systems). In *Journal of Physical Oceanography* (Vol. 26).
- [5] Tanimoto, J.; *undamentals of Evolutionary Game Theory and its Applications*, Springer, 2015.