



セルラオートマトンを用いた高速道路の渋滞緩和に関する基礎的研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2021-11-04 キーワード (Ja): キーワード (En): cellular automaton, complex system, expressway, Kakuto Tunnel, traffic congestion 作成者: 坂本, 真人, 牟田, 直輝, Muta, Naoki メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/00010295">http://hdl.handle.net/10458/00010295</a>

# セルラオートマトンを用いた 高速道路の渋滞緩和に関する基礎的研究

坂本 真人<sup>a)</sup>・牟田 直輝<sup>b)</sup>

## Basic study on expressway congestion mitigation using cellular automata

Makoto SAKAMOTO, Naoki MUTA

### Abstract

In recent years, traffic congestion is a social problem in Japan. The annual congestion loss time in Japan is about 3.8 billion hours, and the economic loss amount is about 12 trillion yen. In particular, on expressways that aim for smooth traffic flow, traffic congestion causes enormous time loss and economic loss. Furthermore, since the exhaust gas from automobiles causes environmental problems and reduces the efficiency of distribution, it is essential to take measures to eliminate and alleviate traffic congestion. By the way, recently, with the improvement of computer functions, research on elimination / mitigation of traffic congestion by traffic simulation has been conducted. In other words, traffic simulation can reproduce and evaluate traffic phenomena that occur on the road on a computer. On the other hand, there is a long tunnel called the Kakuto Tunnel between the Ebino IC on the and the Hitoyoshi Kuma Smart IC on the Kyushu Expressway. Congestion frequently occurs in the Kakuto Tunnel due to lack of traffic capacity. In this paper, we focus on the Kakuto Tunnel as an example and perform traffic simulation. We will create a simple traffic simulator using a cellular automaton model as a complex system model, which is a simple model and has a feature of low computational complexity, and examine whether increasing lanes is an effective method for alleviating traffic congestion.

**Keywords:** cellular automaton, complex system, expressway, Kakuto Tunnel, traffic congestion,

### 1. はじめに

現在、日本では交通渋滞が社会問題となっている。国内で年間に発生する渋滞損失時間は約 38 億時間で、経済損失額は約 12 兆円である<sup>1)</sup>。特に、スムーズな交通流を目的とする高速道路において、交通渋滞は莫大な時間損失、経済損失をもたらす。さらに、自動車の排気ガスによる環境問題や物流の効率低下を引き起こすことから、渋滞の解消・緩和への取り組みは必須である。

近年、計算機の機能向上に伴い、交通シミュレーションによる渋滞の解消・緩和の研究が行われている。交通シミュレーションによって、道路上で起こる交通現象をコンピュータ上で再現し、評価することができる。

ところで、九州自動車道えびの IC と人吉球磨スマート IC の間に加久藤トンネルという長大トンネルが存在する。加久藤トンネルでは、交通容量の不足によって、渋滞が頻繁に発生している。

本研究では、加久藤トンネルに注目して交通シミュレーションを行う。単純なモデルで、計算量が少ない特徴を持

つセルラオートマトンモデルを用いて、簡易的な交通シミュレータを作成する。交通シミュレーションでは、車線の増加が渋滞緩和の方法として有効か否かを検討する。

### 2. 高速道路における交通渋滞の原因

日本の高速道路における主な渋滞原因として、“交通集中渋滞”、“工事渋滞”、“事故渋滞”の3つが挙げられる<sup>2)</sup>。交通集中渋滞は、道路設計時に設定された交通容量以上の交通が集中することによって発生し、全渋滞の約 64%を占めている。また、工事渋滞は工事の規制、事故渋滞は交通事故によって発生する。

高速道路では、交通集中によって渋滞が発生しやすい場所が存在する。上り坂やサグ部、トンネル部では速度低下が起きやすく、渋滞が発生しやすいことが明らかになっている<sup>2)</sup>。

### 3. シミュレーション手法

交通流を表現するためのモデルは大まかに 2 種類に分けられる。車の流れを個々の車両ではなく、流体として捉えるマクロモデルと個々の車の動きをシミュレーション

a) 情報システム工学科准教授

b) 情報システム工学科学部生

するマイクロモデルがある。マクロモデルは広範囲のシミュレーションに、マイクロモデルは狭い範囲でのシミュレーションに適している。

本研究では、個々の車の動きに着目した動的シミュレーションを行うため、マイクロモデルを用いる。

### 3.1 セルラオートマトン

セルラオートマトンは 1950 年代の初めにノイマン (John von Neuman) とウラム (Stanislaw Marcin Ulam) により提案された<sup>3)</sup>。格子状のセルと単純な規則によって計算でき、複雑系解析でよく用いられる手法である<sup>4)</sup>。

マイクロモデルの1つであるセルラオートマトンモデルを交通シミュレーションに適用することにより、交通流を単純化できる。

### 3.2 ルール 184

セルラオートマトンモデルにおいて、ルール 184 と呼ばれる基本的なモデルについて紹介する。ルール 184 とは 1 次元セルラオートマトンのルールの 1 つである<sup>3,5)</sup>。ルール 184 のセルの状態は 0 と 1 のみを持つ。その場所自身に加え、左右のセルによって次の状態を決定する。ルール 184 は下の表 3.1 のルールセットを適用する。

表 3.1. ルール 184 のルールセット.

現在の状態	111	110	101	100	011	010	001	000
中央のセルの次の状態	1	0	1	1	1	0	0	0

ルール 184 の「184」は、表 3.1 の下の行「10111000」を 10 進法で表したものである。ルール 184 を適用する場合、車の速度は一定で、加速を考慮しない。1 ステップで 1 セル分だけ進むことができる。セルを複数飛ばして移動することはできない。1 つ前のセルに車がない場合は進み、1 つ前のセルに車が存在する場合は現在のセルに留まる。道路をセルに分割し、同時にステップを経過させることで交通流を表現することができる。

本研究では、ルール 184 を適用して交通シミュレータを制作する。

## 4. 交通シミュレーション

交通シミュレーションの対象道路およびシミュレーション内容について述べる。

### 4.1 シミュレーション対象

九州自動車道えびの IC と人吉球磨スマート IC の間にある加久藤トンネルをシミュレーション対象とする<sup>2)</sup>。規格は以下の通りである<sup>1,2)</sup>。

- 全長：上り：6255m、下り：6264m
- 車線数：片側 2 車線
- 設計速度：80 km/h

トンネル内の形状や全長が大差ないことから、上りのトンネルを想定してシミュレーションを行う。

### 4.2 シミュレーション内容

最初にセルラオートマトンを用いた 2 車線シミュレーションを行う。2 車線シミュレーションの結果と加久藤トンネルの実測データから渋滞発生割合を算出し比較することで、制作したシミュレータの精度を示す。次に 3 車線シミュレーションを行う。3 車線シミュレーションの結果から渋滞発生割合を算出し実測データと比較することで、車線の増加が渋滞の解消・緩和方法として適切か検討する。セルラオートマトンモデルは、加速を考慮しないモデルであるため、シミュレーション対象道路の制限速度である時速 80 キロ一定または時速 80 キロ以下の車速を想定している。また、シミュレーションで得られるデータはトンネルを抜けた車の交通量と渋滞の発生回数である。交通量の結果は 50 台ごとの階層に分け、各階層に対して回数を記録する。

## 5. 実装したプログラム

本研究でのプログラムは、Microsoft Visual Studio Community 2019 を使用した。C 言語を用いたプログラムで交通シミュレータの作成を行った。

### 5.1 道路と車の表現

車を「1」、道路を「0」で動的シミュレーションを行うと、車と道路の区別がつきにくい。そこで、車を記号「\*」、道路を空白で表現することによって見やすくした。

### 5.2 車線の追加

ルール 184 は、1 車線の高速道路でのシミュレーションに適している。実際の高速道路では、2 車線以上の道路がほとんどである。2 車線以上の道路でシミュレーションできるように拡張した。

### 5.3 車線変更

現実の高速道路では、車線変更の動きが見られる。車線を追加に伴い、走行車線、追い越し車線への車線変更ができるようにした。

## 6. シミュレーション結果

実装したプログラムを用いて 2 車線シミュレーション及び 3 車線シミュレーションを行った。

## 6.1 実行結果

図6.1はセルラオートマトンモデルを用いた2車線シミュレーションと加久藤トンネルの渋滞発生割合を比較したものである。比較に用いたデータは過去2年間の実測交通量から算出したものである<sup>6)</sup>。

2車線シミュレーションによる結果は、実測データと比較して総合的に渋滞発生割合が高くなった。また、2車線シミュレーションの結果は1200台近くまでは実測データに近い結果が出ていたが、1250台を超えたあたりから急激に割合が高くなった。2車線シミュレーションの結果と実際のデータは、共に1350台から1400台の階層で渋滞発生割合が100%となった。

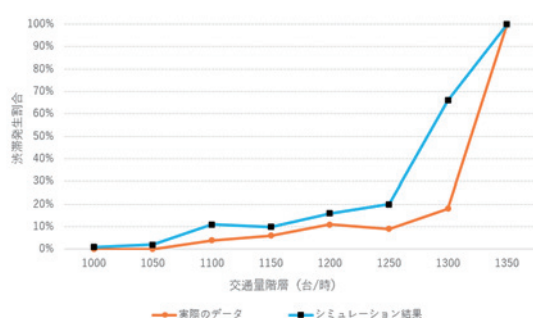


図 6.1. 2車線シミュレーションと実測データの比較。

同じ条件で、3車線シミュレーションを行った。図6.2はセルラオートマトンモデルを用いた3車線シミュレーションと加久藤トンネルの渋滞発生割合を比較したものである。3車線シミュレーションでは総合的に渋滞の緩和が確認できた。しかし、交通量階層によっては渋滞発生割合が実測データより高いところがあった。また、1350台から1400台の階層で50%を超える結果が出た。



図 6.2. 3車線シミュレーションと実測データの比較。

## 7. 考察

セルラオートマトンモデルを用いて2車線及び3車線の渋滞を表現し、簡易的な動的シミュレーションを行うことができた。2車線シミュレーションの結果は交通量が増えるほど実際のデータとの誤差が大きくなった。これは、現実的に制限速度を超えた車が多数存在していることが関係しているのではないだろうか。セルラオートマトンモデ

ルによるシミュレーションでは、加速を考慮しておらず、制限速度一定の車、または制限速度以下の車を想定している。制限速度を超えて走る車と制限速度以下で走る車の車速差によって、ブレーキを踏む車が多くなり、それが車列の後方に伝わることで、交通容量を超える交通量で爆発的に渋滞が発生しているのではないかと考える。

3車線シミュレーションの結果は、実際の測定データと比べ、総合的に渋滞発生割合は低くなった。しかしながら、交通量が1350台から1400台の階層において割合が50%を超える結果が出たことから、加久藤トンネルにおける車線の増加は渋滞緩和の方法として適切ではないことが示された。

また、いくつかの課題点が挙げられる。

- 制限速度以上で走る車の検討
- カーブ等の複雑な形状の道路の検討
- 天候を考慮したシミュレーションの検討

上記で述べたことを今後考慮し、改善できるよう努力したい。

## 8. おわりに

本研究では、長大トンネル内の渋滞を交通シミュレーションによって表現し、車線の増加が交通渋滞の解消・緩和の方法として適切か検討するという目的で行われた。考察で挙げた通り、今回は簡易的なシミュレーションであり、カーブや上り坂、天候の影響など実装できていない部分も多くある。まだ実用的な交通シミュレーションをするには課題が多く存在する。今後は、人の運転特性や渋滞の発生原因を研究することで、高速道路のシミュレーションだけでなく、一般道路の交通シミュレーションにも対応できるようにしたい。また、車両の動きや複雑な形状の道路などでもシミュレーションできるような交通シミュレータ制作を行い、交通渋滞の根本的な解消・緩和に貢献したい。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：統計情報 [Online].  
<https://www.mlit.go.jp/>
- 2) 西日本高速道路株式会社 道路交通情報サイト [Online].  
<http://www.w-nexco.co.jp/>
- 3) 友枝明保：「渋滞」を分析する数理モデルとしてのセルオートマトンとその応用 [Online].  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/bjsiam/22/1/22\\_KJ00008019600/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/bjsiam/22/1/22_KJ00008019600/_pdf/-char/ja)
- 4) 加藤恭義, 築山洋, 光成友孝:セルオートマトン法 — 複雑系の自己組織化と超並列処理, 森北出版, 1998.
- 5) 玉城龍洋, 安江里佳, 北英輔:セル・オートマトンによる自動車専用道路の交通シミュレーション, 情報処理学会論文誌 Vol. 46, No. SIG 10(TOM12), 2005.

- 6) 国土交通省道路局:道路交通センサからみた道路交通の現状、推移[Online].  
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/ir-data.html>