

## IV-48

交通安全情報の評価のための交通シミュレーターの開発  
—セルラーオートマトンの適用—

室蘭工業大学	学生員	大居俊輔
室蘭工業大学	学生員	宮西健司
函館高等専門学校	正員	佐々木恵一
室蘭工業大学	正員	田村亨
株)シー・イー・サービス	正員	正岡久明

## 1. はじめに

これまでの交通事故分析の多くは、事故発生地点の道路線形、見通し、路面状況、発生時の気象条件、またドライバーの運転経験、健康状態などの要因を取り上げて事故との関係を把握してきている。その意味では、事故が起こった地点を分析対象として解析するのが一般的である。また、近年の交通事故対策は、地点特有の要因によって引き起こされる可能性があることと、交通事故データが体系的に整ってきたために、事故多発地点を特定して、それぞれの地点において交通安全対策を行う動きになってきている。勿論、この中には、ITSなどの交通情報を取り込んだ施策の検討が始まっている。

本研究では、交通情報を道路区間で提供し、これを交通安全に繋げることを考えている。このような研究は、アメリカのFHWAにおいて既に始まっている。これは、GIS上に交通事故多発地点などのデータを載せてドライバーに示すというもので、社会実験を通した有効性の検討がされるに至っている(Interactive Highway Safety Design Model: IHSDMと呼ばれている)。この実験対象は、山地部の数十km区間であり、交通安全に関わる情報を線的に提供することに特徴がある。FHWAのDr. Krammesへのヒアリングによると、これをモデル化して普遍性を持たせた分析はまだ行っていないとのことである。このように、本来、交通事故は空間的影響が大きく、空間的視点で事故分析を行うことが必要である。それと同時に、物理学上の性質より、時間的視点からの分析も必要となる。そこで本研究

は、従来の道路管理者側から空間的概念による情報を「点情報」、各ドライバー側からの時間的連続性を考慮した情報を「線情報」と定義した上で、山地単路部区間に交通安全に関わる「線情報」の情報提供を行った場合の効果を空間的、定量的に把握する交通シミュレーターの開発を行うことである。具体的には、セルラー・オートマトン(以下CAと略す)を用いて交通シミュレーターを構築する。

## 2. 自己組織性におけるCAの位置付け

交通安全に関する研究は、すでに数多くなされているが、そのほとんどが交通状況の改善という一つの合理的目標により、交通システムを変えようと努めているにすぎない。しかし、人間社会は個人が状況を認識し、それをもとに状況を再組織化するという、成員によるシステムの自己認識に基づく自己組織を行う。この人間固有の行動を基とする交通現象は、再組織の仕方が、状況とその認識に依存してさまざまありうる可能性があり、根本的に不確定な要因を内包しているといえる。

交通のようなそれぞれ異質な個性を持つ要因を共生させていくには、システム全体の大義や目的を優先するために部分を管理するという発想は避け、異質な部分同士の動的相互作用からなる自立分散系の発想が望ましい。自律分散系の特徴は、個々の要素が自律性を持ち、少数のルールにしたがって、要素同士が相互作用するなかから全体としてシステムが形成されることにある(図1)。

---

Development of the Transportation Simulator for Evaluation of ITS

By Shunsuke Ooi, Kenji Miyanishi, Keiiti Sasaki, Tohru Tamura, Hisaaki Masaoka

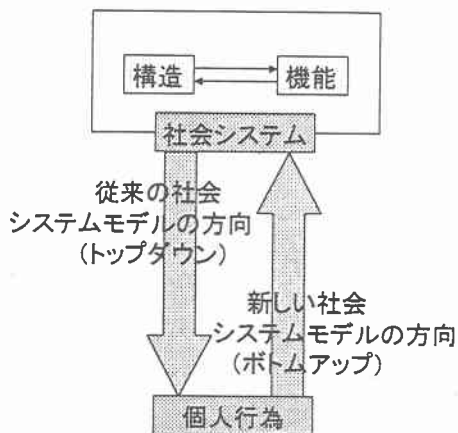


図1 社会システムモデル概念

そこで本研究では、このような自律分散型自己組織性理論を提示する方法としてCAを用いる。自己組織性という一見抽象的な用語は現在、さまざまな意味に使われているが、本研究では「行為者が自己言及を行い、自省作用を行う」ものと定義する。具体的には、「各車両の行動構造」という構造（パターン）が「交通状況」という機能（パフォーマンス）を生み出し、その状況から「各車両の相互差異」により、それぞれの意味（ディファレンス）を見つけ出し、それがボトムアップされ、再び構造がつくられる（図2）。このようなCA構造により、自己組織化理論の一端を提示していく。

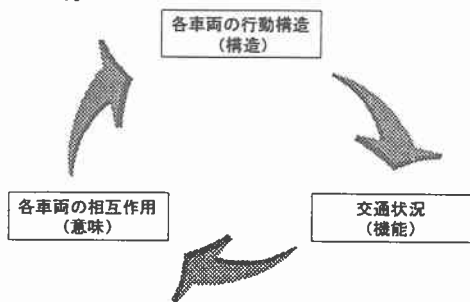


図2 自己組織性下のCA概念

### 3. 問題の設定

CAは、システム内の構成要素をセルという局所ルールを持った要素に分解して、そのセルを並列処理で扱うことで、システムの複雑な挙動を再現するモデル概念である。CAの最大の特徴は、局所ルールが全体に及ぼす影響を取り込めるということである。

本研究で扱う交通流は、独立した一台一台の車両の挙動からなる現象として、各車両の挙動は道路線形と交通量により決まる、と考える。交通安全に関わる要因としては、周囲の車両との車間距離と道路線形による速度調整に分類できる。周囲の車両との車間距離は、衝突・追突事故の回避に必要な距離であり、前方の車両との距離を保つための速度調整である。また、道路線形は急カーブや見通しが悪い場合の徐行などによる速度調整である。両者とも車両が独立に判断し動作へ移るが、周囲の車両と道路線形によって影響を受ける。そのため、各セルの次の挙動を決定するという局所ルールの議論が重要となり、本研究ではこの部分に関してモデル構築を行う。

本研究では、CAが持つ「各セルが単純な局所ルールに基づいて挙動するにも関わらず、全体の挙動は予測ができないような複雑な振る舞いをする」という概念を交通シミュレーターへ適用する。具体的には、セルを一車両として、道路走行環境(交通量、道路線形、情報)により車両の挙動(局所ルール)を構造化する。車両の挙動と道路走行環境の関係については、次の二つを考える。

- ① ドライバーは山地単路部の道路線形や事故多発地点情報を事前に知って車を運転する。
- ② 前の車に追従した運転をする。

本研究においては、①がある場合とない場合の走行の差異から、情報の有無によって全体の交通流がどのように変化するかを把握できるモデルを構築することにある。そのために社会実験を通して、情報の有無による交通流の違いをデータ化し、それを用いたモデルパラメータの決定が必要である。そこで今回、国道230号線で実験を行いモデルの構築している。

### 4. CAによる交通シミュレーター

ドライバー $i$ の挙動 $M_i$ を以下の5項目により定義する。

$$M_i = (\Sigma, Q, \delta, \sigma, q)_i \quad \dots \text{式-①}$$

$M_i$ : ドライバー $i$ の挙動

$\Sigma$ : 入出力の態度の集合

$Q$ : ドライバーの状態の集合

$\delta$ : 状態遷移式

$\sigma$ : ドライバー $i$ への他車からの入力態度

$q$ : ドライバー $i$ の現加速度

ただし、 $\sigma, q$ の初期状態は所与とする。  
ここで、ドライバー*i*の*t*時から*t+1*時へ  
推移する状態遷移式 $\delta$ は、

$$(q_i)_{t+1} = \delta(\sigma_i, q_i, e_i), \quad \dots \text{式-②}$$

と定義される。環境要因 $e_i$ は

$$e_i = \alpha \left\{ \prod_{k=1}^t (q_i)_k dt \right\} \quad \dots \text{式-③}$$

ただし $e_i \subset E$

$e_i$ : ドライバー*i*が走行する地点の環境要因

$E$ : 環境要因の全集合

と定義する。

*t+1*時のドライバー*i*の態度を

空間写像関数 $\mu$ で定義し、

他ドライバーの入力態度となる。

$$\{(\sigma_i)_{t+1}\} = \mu\{(q_i)_{t+1}\}_{i \in n} \quad \dots \text{式-④}$$

$\mu$ : 空間上への写像関数

$n$ : ドライバー*i*が受ける情報提供内にある  
任意のドライバー数

ここで、従来の車両の相互関係は、

ドライバー*i*が前車しか見ていないと考えたとき、  
式②の他車からの入力態度が、

$$\{(\sigma_i)_{t+1}\} = \mu\{(q_i, q_{i+1})_{t+1}\}_{i \in n} \quad \dots \text{式-⑤}$$

と前後関係より決定するが、道路管理者が  
ITS等を使用することで、ドライバー*i*の  
認知の幅が広がるとここでは仮定する。

すると⑤式は、全ドライバーと環境を考慮して、  
⑥式のように変化する。

$$\{(\sigma_i)_{t+1}\} = \mu\{(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n)_{t+1}, (F)_{t+1}\}_{i \in n} \quad \dots \text{式-⑥}$$

$F$ : ドライバー*i*が受ける情報提供内の  
任意の環境要因

ここまでで、ドライバー*i*の*t*時から*t+1*時への推  
移を表現する事ができた。また、*t+1*時の状態をドラ  
イバー間の関係として写像することで、*t+2*時の状  
態推移を表現することができる。よって、*t=0* から  
*t=T*(有限)まで繰り返すことにより、ドライバー*i*の  
交通行動をシミュレーションできる。図3は、その概  
念図である。

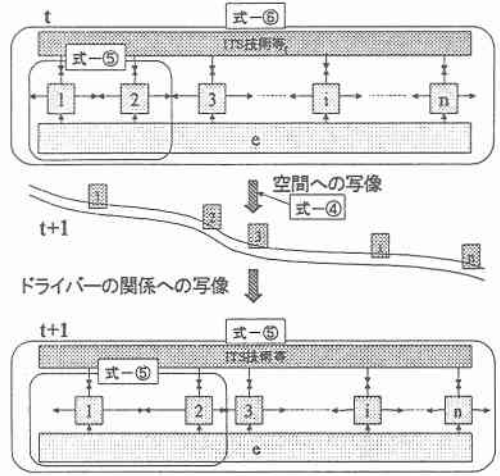


図3 CA交通シミュレーションの概念図

## 5. 本研究のCA概念

### (1) 本シミュレーターの概念

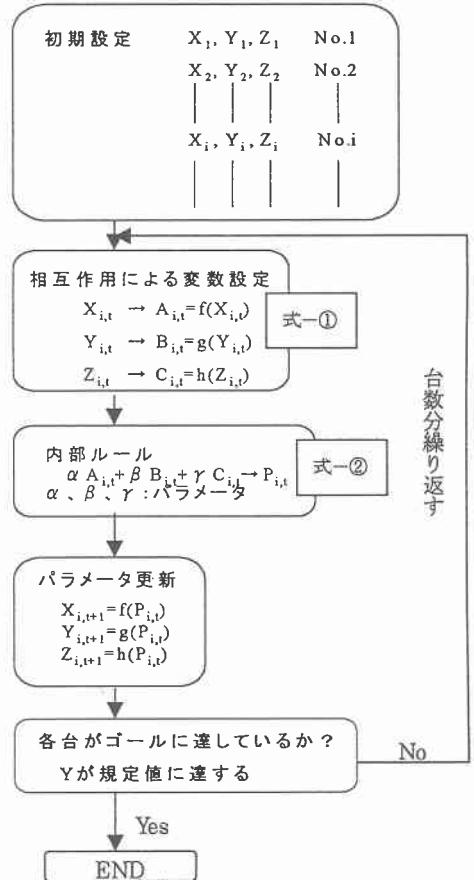


図4 今回のCAプログラムフローチャート

No.i: ドライバーi

$X_i$ : ドライバーiの車間距離データの集合

$Y_i$ : ドライバーiの道路線形データの集合

$Z_i$ : ドライバーiの情報データの集合

$P_{i,t}$ : ドライバーiのt時の加速度データ

本研究で提案するCAは、内部ルールを個人属性により分け、その違いと道路走行環境が変わることで走行挙動が変わる様子を分析する。図4は今回のCAプログラムの手順をフローチャートにしたものである。

道路走行環境として、前車との車間距離・道路の線形(曲率半径、視距、勾配)・道路線形、交通事故多発地点などの関する交通情報の有無を考え、後車からの追いこしは考えなかった。個人属性としては、中山峠の走行頻度つまり経験の差で2組に分けることを考え、時間単位を1秒間隔に設定した。出力例として図5を示す。まず車両を1つのセルとして、周囲の道路走行環境を把握する。そして周囲の環境が変化することにセルの速度が変化する。ここでは、車両を■で示している。そして時間が進むにつれ■が移動することで、車両が走行する状態を示している。

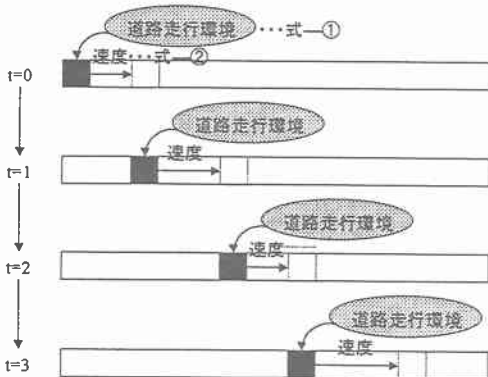


図5 車両の走行例

## (2) 交通情報の取り込み方

ここで取り上げる交通情報の特色は、走行区間に関する「線」情報となっている点で、この情報を事前にドライバーに与えることにより、その車の走行速度がどのように変化するかを分析の対象とする。この情報の与え方で興味深い点は、①連続した情報を人はどのように認知し行動するのかという点と、②連続した区間情報の提供のしかたについての検討である。

①について、例えば、日常行動として、つづらおり

の道路に関する情報を事前に得たとしよう。人は4つのヘアピンカーブがあり、そのうち2つ目がきつづく、4つ目が左折カーブで事故が多発しているなどという認知をするであろう。これは、個々の地点情報を独立に認知するのではなく、連続した情報として捕らえていることを意味する。②について、一般にカーブが連続して多くあり、速度を落とさざるをえない区間で事故が多いことはよく聞くところだろう。このような経験則を踏まえた交通情報として、個別地点ごとに危険個所を提示するのではなく、連続した区間情報とすることで、危険個所の効果的な提示方法が考えられる可能性は高い。

## 6. おわりに

本研究は、交通安全情報の評価のための交通シミュレーターについてモデル概念を示したものである。本研究でわかったことは、次の3点である。

①CAについて、自己組織化理論のとしての位置付けを明確にできた。

②CAを用いた交通シミュレーターの概念を整理し、社会実験を通してのモデル構築を検討した。

③点情報・線情報を定義し、道路利用者に対して有効な情報の提供を検討した。

なお、モデルシミュレーターの実測データを用いた分析結果については、発表時に述べる。

## 《参考文献》

- 1) 今田高俊：自己組織性 - 社会理論の復活, 創文社, 1986年
- 2) 今田高俊：混沌の力, 講談社, 1994年
- 3) 加藤恭義, 光成友孝, 築山洋：セルオートマトン法 - 複雑系の自己組織化と超並列処理 -, 森北出版株式会社, 1998年
- 4) 佐々木恵一, 田村亨, 正岡久明：交通安全に関わる山地単路部の交通シミュレーターの開発 - セルオートマトンの適用 -, 土木計画学研究・講演集 No.22(2), pp959~962, 1998年11月
- 5) 北野宏明編：遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993年