

# セルオートマトンを利用したミクロ交通シミュレーションによる車線変更挙動解析

遠藤紀彬<sup>1</sup>・中山晶一郎<sup>2</sup>・高山純一<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生員 金沢大学大学院 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail : [be-nice@stu.kanazawa-u.ac.jp](mailto:be-nice@stu.kanazawa-u.ac.jp)

<sup>2</sup> 正会員, 博(工), 金沢大学環境デザイン学類 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail : [snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp](mailto:snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

<sup>3</sup> フェロー会員, 工博, 金沢大学環境デザイン学類 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail : [takayama@t.kanazawa-u.ac.jp](mailto:takayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

近年, 高度な交通シミュレーションが開発されてきているが, マクロ的視点の研究に比べ, ミクロ的な視点での研究はそれほど多くはなく, 車線変更などの車両挙動についてはいまだ不明瞭な点が多く, 解明する余地が大いにある. ドライバーの車線変更挙動は走行車線, 追い越し車線など, 車線によって異なる判断基準によってなされているように考えられる. ドライバーがどのような判断をすると, どのような交通現象が起きるのかを, ミクロシミュレーションを用いて研究する.

本研究ではCA(セルオートマトン)によって交通流をシミュレーションする. 本研究ではモデルのパラメーターや車両の移動ルールなどを変えてシミュレーションすることで, 車線ごとの特性の解明を目指す.

**Key Words** : 交通シミュレーション, 交通流

## 1. 研究の背景

近年コンピューターの進歩などの理由から, 高度な交通シミュレーションが開発されてきているが, マクロ的視点の研究に比べ, ミクロ的な視点での研究はそれほど多くはなく, 車線変更などの車両挙動についてはいまだ不明瞭な点が多く, 解明する余地が大いにある.

ドライバーの車線変更挙動は走行車線, 追い越し車線などの, 車線ごとに異なる判断基準によってなされているように考えられるが, どのような要因がどうドライバーの思考に影響しているかということははっきりしていない. また, 逆にドライバーの行動がどのように交通流に影響していくかということも, 研究の余地がある. そこで, 本研究では, 平均速度や密度, その他の車線ごとに生まれる特性は, ドライバーそれぞれの思考に基づいた行動の結果形成されたものなのか, それとも, 道交法などの法律や交通規制などがなければ形成されなかったものなのかということや, 渋滞など道路の状態が変わった時にどのような特性を示すかどうかなどをミクロな視点から解明することを目的とする.

本研究ではミクロシミュレーションを用いて車線ごと

の特性の解明を目指す, ここで, 複雑化したシミュレーションモデルはブラックボックス的な面があり, 得られた結果がはたしてどの程度信頼に足るものなのか判断しにくいという問題がある. そこで, 本研究では既存のシミュレーションソフトは使わず, 自分でシミュレーションモデルを作り, それによって車線変更に関する要素を探る.

個々のドライバーレベルでの行動ルールや相互作用による効果などが, 全体として交通システムに結果的にどのような影響を与えるかなどを検討することで, どのような要素が車線ごとの特性に影響するかなどを調べる.

## 2. 既存研究

### (1) 車線変更について

ドライバーが車線変更をしようとする要因はいくつか考えられるが, ドライバーによって重みが違うことが予想される.

各ドライバーの振る舞いは, それぞれの設定した時間内に目的地へ着くという目標があり, それによって大き

く左右されると考えられるが、それぞれの車両に対してこれを考慮することは難しいので、本研究のシミュレーションではこの要因を限定して解析する。

GippsPG<sup>1)</sup>によると、一般的に、ドライバーは車線変更をすることによって衝突の危険性がある場合は車線変更を実行しない。車線変更を実行する前に、目標車線(移動したい車線)の交通におけるギャップを確かめる。さらに、前後の両ギャップに対して、先行車に対して自分の速度は速すぎないか、後続車に対して遅すぎないかという相対速度の確認をする。ここで、必要なギャップの距離、時間、安全レベルはドライバー、状況によって変化する。車線変更を迫られる状況の例として、駐車や合流の接近や、誤って専用レーンにいる場合、曲がりたい交差点への接近などがある。また道路に詳しいドライバーの場合は、駐車されやすいゾーンや運転しにくい環境を避けようとして車線を変更しようとする場合がある。そのほかにもドライバーが交差点を曲がろうとしている場合など、特定の車線に移る必要がある場合、その地点に近づくほどその車線に近づこうとする。逆に、遠ざかる方の車線に移動する意欲は減衰する傾向にあること、前後の車両が大型車である場合は、見通しの悪さなどやその圧迫感から運転環境を改善しようと車線変更を試みることがあることなどを挙げている。

車線変更を試みる主な理由の一つとして速度を改善したいということが挙げられる。しかし、ドライバーによっては、追い越した後に遅い車両の後ろにはまってしまうことなどを避けて、敢えて車線変更を行わずに遅い速度に甘んじる場合もある。

後の車両が影響することも考えられる。自分の速度が相手より著しく遅い場合、後の車両からあおりを受けたとき、または、自発的に譲る場合も考えられる。

また、日本では基本的には走行車線を走り、追い越すときにのみ追い越し車線を使ってもよいという決まりがあるため、追い越し車線を走っている車両は上記の理由に当てはまらない場合でも、スペースがあれば車線変更を実行することが考えられる。

### 3. シミュレーションの概要

#### (1) モデルの骨格

本研究ではCA(セルオートマトン)によって交通流をシミュレーションする。CAは簡単な規則によるセル間の相互作用により複雑系の現象を表現するものであり、実際の交通現象を噛み砕いてセルの状態を決めるルールにあてはめる必要がある。しかし、ここでプログラムの作者の主観が入ってしまうことが考えられる。

本研究のモデルでは、1セルは1車両を表現している。

そのため、1セルは長さが縦3m、横3mの正方形セルとみなすことにする。車両は左のセルから右のセルへ移動していき、右端に達した車両は、また左端から侵入してくる。これは出口のない環状道路を一定量の車両が巡回しているものをイメージできる。道路長は3m×3000セルの9kmとなっていて、1タイムステップ0.5秒のシミュレーションである。交通量、速度、密度は任意の地点・区間で測定し、プログラム内を流す交通量は、初期の道路全体の密度を設定することによってコントロールする。

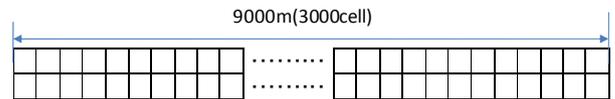


図1 道路図

このシミュレーションモデルは、車両の状態を決めるステップと、そのステップで決まったように移動を始めるステップの、2ステップによってひとつのサイクルとしている。

車両(各セル)は、両車線の前後の6セルの状態により、次にとるべき行動を決める。

道路上には二種類の車両が存在し、それは、遅い速度で満足する車両とより速い速度を目指す車両に分けることができる。このシミュレーションでは、速い速度を目指す車両は一度のタイムステップで5セルまで進むことができ、遅い速度で満足する車両は一度に4セルまで進むことができる。

このシミュレーション中での1タイムステップを0.5秒とすると、一度に5セル進んだ場合の速度は108km/hとみなすことができる。

初期の車の配置は、乱数を発生させ確率的に配置する。道路全体の車両の密度や速度別の割合なども調節することができる。

ドライバーはそれぞれ快適と感じる速度を設定しており、それは周囲の環境によって影響を受けるものと考えられるが、本モデルにおいては、各車両は最初に設定された速度を目標とし、その速度に達するために車線変更などを行って状況を改善しようとする。こととする。

各ドライバーは快適な速度で走行することを目標とし、そのために加速や車線変更を実行するが、それは、事故に遭遇せず、安全に走行できるという前提のもとに行われる。もしもドライバーが衝突の危険性を察知した場合は、車線変更や加速はあきらめ、必要によっては減速をし、場合によっては急ブレーキも行う。

ドライバーはまず自分と自分の周囲の状態を確認する。確認する状態とは、自分の目標とする速度、自分の速度、自分よりもひとつ前の車両までの距離(間にある空白セルの数)、隣の車線のひとつ前の車両までの距離、隣の車線のひとつ後ろの車両までの距離とその車両の速度である。

次にドライバーは行動の決定をする。まずは自分が目標速度に到達しているかどうかを確認し、到達している場合はその速度を維持することを考え、到達していない場合は目標速度に近づこうと努力する。前の車両との距離が自分の速度に比べて十分でない場合は、安全に移動するために速度を落とさなければいけない。このとき車線変更をすることで減速をしなくて済む場合、ドライバーは車線変更の可能性を検討する。もちろん車線変更の実行も安全に行われなくてはならないため、安全に実行できないと判断した場合は、ドライバーは自車両の速度を落とす決定をする。シミュレーションでは、この意思決定パートでの条件を少しずつ変えることで、ドライバーの行動を操作する。ここまですが車両の状態を決めるステップである。

この段階で決定された速度、車線変更の有無に基づいて、車両の移動が行われる。この移動のパートは、基本的にどのシミュレーションでも同じ働きをする部分であり、結果に影響するのは前段階のドライバーの意思決定のパートである。

## (2) 解析方法

本研究ではモデルのパラメーター(車両の移動ルール)を変えてシミュレーションすることで車線ごとの特性の解明を目指す。はじめに、初期の車両配置が車線ごとの特性にどのように影響するのか、あるいはしないのかを調べるため、左右の車線の移動ルールを同じにし、道路上に配置される車両の数を変えてシミュレーションをした。ここで、配置される車両の種類も調節し、目標速度が違う車両の割合が変わることによって交通流にどのような影響が起こるのかも観察した。

まずは、車線の特性は初期の車両配置によって決まるかどうかということ調べるため、左右の車線の車両の配置を変えたものをいくつか用意してシミュレーションをする。初期の車両配置は左車線と右車線の車両の割合を変えたものと、目標速度が速い車両と遅い車両の割合を変えたもので分けている。

## 4. シミュレーション結果の考察

シミュレーションの結果は交通量、密度、平均速度による基本図を比べることにより検証した。

基本図では自由流領域と、渋滞流領域の違いは現れ、メタ安定分岐現象と思われる状態も見られた。最大交通量を与える空間オキュパンシーは、どのモデルでもほぼ同じ値をとった。

車線の特性は初期の車両配置によって決まるかどうかということ調べるため、左右の車線の車両の配置を変

えたものをいくつか用意してシミュレーションをしたが、どのモデルにおいても大きな違いは認められなかった。

初期の車両の配置を片方の車線に偏って配置させた場合も、自動的に両方の車線に分散して、左右の車線で同じような基本図になった。ここで、本研究で使用したモデルは、初期に配置された車両数は時間の経過にかかわらず一定であり、流出した車両はまた端から流入してくるので、区間全体の車両密度、車両数は一定である。よって、初期に片方の車線にのみ車両を配置した場合には両車線の合計車両数はどうしても少なくなってしまうため、渋滞流での解析は十分にはできなかった。しかし、自由流では他のものと似たような形をとったので、渋滞流でも大きな違いは現れないだろうと考えられる。

目標速度が速い車両と遅い車両の割合を変えた場合、自由流での平均速度にわずかに違いがあらわれるが、基本図に大きな違いが表れることはなかった。

片側2車線道路では、観測地点を単位時間に通過した車両の数(流量)  $q$  と、通過した車両の速度の平均  $\bar{v}$  から算出される密度  $\rho = q/\bar{v}$  と流量の関係を表す基本図において、追い越し車線には明確な頂点があるが、走行車線にはないという傾向がある。しかし、本研究のシミュレーション結果からはどちらも同じような図になった。ここから、この現象は、走行車線と追い越し車線の意識の違いなどの車線のルールの違いが要因となると考えられ、初期の配置が走行車線だけであることなどは関係しない、もしくは、その要因単体では関係しないと考えられる。

空間オキュパンシーが0%に近いときは、自由流であり、車両はそれぞれの好む速度で巡航しているので、速度分布にばらつきが出るのが普通だが、本研究のモデルでは車両の速度は2種類であるため、速度のばらつきは少ない。実際の交通流と比べると、高い速度をとる車両が少ないようである。また、平均速度が1セル(20km/h)以下のデータがない。これらの原因は、車両がとりうる速度の幅が大きいことが影響していると考えられる。特に速度が0セル(ストップ状態)と1セル(20km/h)の間の速度が無いことが大きく関係していると考えられる。

次に、後からのプレッシャーを受けた時のみ車線変更をするというモデルで、左右の車線で同じルールを適用して同様にシミュレーションを送った。このモデルでも、基本図において、左右の車線での違いは現れなかった。基本図の概形も前述のモデルのものと大きな違いは認められなかったが、細かな違いについては未だ比較していない。

次に、左車線(走行車線)では速度を改良するときのみ、右車線(追い越し車線)では後ろからプレッシャーを受けた時のみ車線変更をするというモデルでシミュレーションを行った。このシミュレーションで得られ

た結果の Q-K 図を図2に示す. ここで, 交通量は両車線の合計であり, 渋滞流時には, 走行車線の方が平均速度が低い傾向がみられた.

## 5. まとめと今後の課題

### (1) シミュレーションのまとめ

今回のシミュレーションでは, 左右で同じルールを適用した場合には, 走行車線と追い越し車線の違いは現れなかった. このことから, 車両の目標速度の違いや, 車両が流入時に走行車線にいたことなどは, 車線ごとの特性の違いには直接関係しないということが考えられる. しかし, 左右の車線で移動のルールを変える, もしくは, 他の移動ルールと組み合わせた場合には, 車線ごとの特性の違いに影響を与えることも考えられる.

### (2) 今後の課題

モデルの種類が少ない為, 比較検討できる事象が少ない. よって, 様々なルールをモデルに組み込み, シミュレーションをしていく必要がある.

速度によってドライバーがとる車間距離は変化することや, ドライバーの特性を増やすこと, 速度のレベルを細かく分けることなどが課題となる.

また, モデルの客観性をもっと上げる必要がある. 違うルールを適用したモデルから得られた結果同士を比

較することや, 実際の交通流から得られたデータとの比較を目指す.

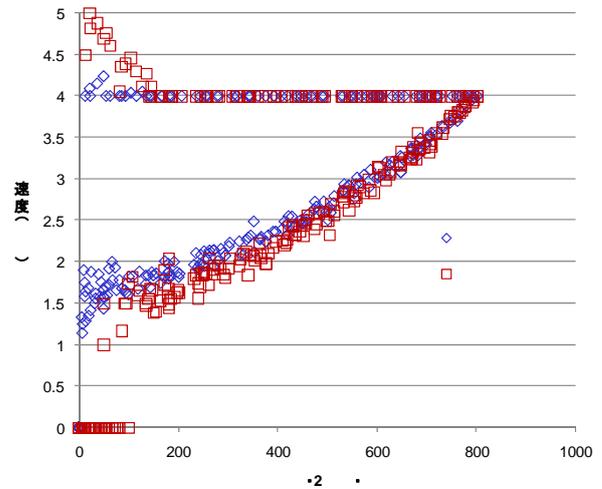


図2 Q-K図

### <参考文献>

- 1) Gipps P.G. (1986) A Model for the Structure of Lane Changing Decisions, Transportation Research, vol.20B, pp. 403-414, 1986

## Lane change behavior analysis by micro traffic simulation using Cellular automaton

Noriaki Endo , Sho-ichirou Nakayama , Jun-ichi Takayama

Recently, an advanced traffic simulation has been developed. There are not too a lot of researches by a micro aspect compared with the research of a macro one. So, about the vehicle behavior such as the lane changes, there are still a lot of indistinct points. Driver's lane change behavior is thought to be performed by a criteria different according to the lane such as the cruising lanes and the passing lanes. This paper research what traffic behavior occurs when the driver does by using micro simulation.

I simulate the traffic flow by CA (cellular automata). I simulate the traffic flow by changing the parameter of the model and the movement rule etc. of the vehicle.