

ドライバーの交通ルール認識と 危険回避行動の推移に関するモデル分析

ロータリーの通行方法を例に

喜多秀行* 谷本圭志**

ドライバーを取り巻く走行環境や走行経験、交通ルール等がドライバーの危険回避行動に及ぼす影響メカニズムについては未解明な点が多い。本研究では、ロータリーを対象として進入車と周回車が遭遇した際の危険回避行動モデルを構築し、交通ルールがドライバーの運転行動に及ぼす影響を分析した。その際、交通ルールに関して異なる認識を有する二種類のドライバーが混在していると考え、不完備情報下の二人非協力ゲームとしてモデル化を行った。また、他車との遭遇経験を介してタイプ別構成比率に関する主観確率とルール認識を更新するプロセスを組み込んだシミュレーションモデルを用いてルール認識と危険回避行動の変化の様相を分析し、交通安全施策の効果を検討した。

Model Analysis of Drivers' Traffic Rule Awareness and Changes in Risk-Avoidance Behavior Negotiating Roundabouts

Hideyuki KITA* Keishi TANIMOTO**

This study analyzes the influence of drivers recognition on the driving behavior under conflict between merging and diverging cars at a roundabout. The driving behavior is modeled as a two person non-cooperative game under imperfect information to take into consideration the existence of two types of drivers with recognition of different traffic rules. The transition of their rule recognition and the resultant traffic phenomena are traced by using a newly developed self-automata type micro-simulation model with learning function of drivers under several conditions to evaluate traffic safety policies.

1. はじめに

効果的な交通安全対策を策定するためには、ドラ

イバーの運転行動に対する理解が不可欠である。なかでも、事故の危険に直面しているドライバーがとる「危険回避行動」は事故の発生に關与する支配的な要因の一つである。しかし、交通事故リスクに関する認識の形成やドライバー間での認識のずれ、さらにはドライバーを取り巻く種々の環境が危険回避行動にどのような影響を及ぼしているかということについては研究の蓄積が十分になされていないのが現状である。このため、危険回避行動を規定する要因やその形成構造に関する検討とともに、ドライバーを取り巻く走行環境や走行経験ならびに交通ルール等がドライバーの危険回避行動に及ぼす影響と事故への關与のメカニズムの分析が重要な課題となっ

* 鳥取大学工学部教授
Professor, Faculty of Engineering,
Tottori University

** 鳥取大学工学部助手
Research Associate, Faculty of Engineering,
Tottori University
原稿受理 2000年8月7日

この論文は(財)国際交通安全学会平成10年度H049プロジェクト「ドライバーの危険回避行動に関する基礎分析」(PL:喜多秀行)および同平成11年度H160プロジェクト「ドライバーの危険回避行動に関するモデル分析」(PL:喜多秀行)の調査研究をもとに執筆された。

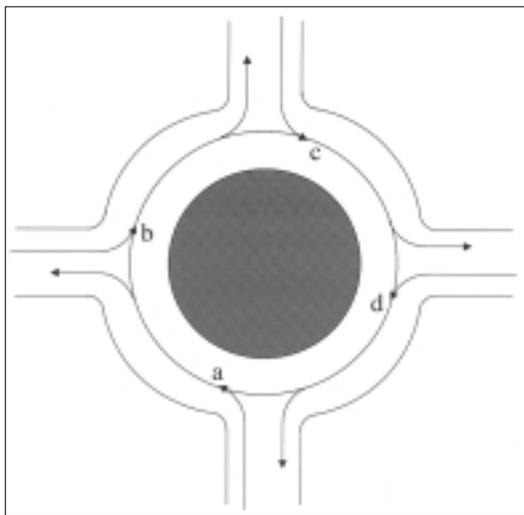


Fig.1 ロータリーの形状と交差点

ている。

ドライバーの危険回避行動はドライバーの危険認識に大きく依存している。しかしながら、その形成メカニズムには不明な点が多く、十分な説明がなされていないのが現状である。そこで本研究では、所与の危険認識の下でドライバーがとる危険回避行動の選択構造を明らかにするとともに、危険認識の形成メカニズムをモデル化することにより、危険認識に影響を及ぼす諸要因が危険認識の形成を通じて危険回避行動にどのような影響を及ぼすかを検討する。具体的には、ゲーム理論に基づく行動モデルを組み込んだシミュレーションモデルを用いて、

- (1)成り行きに任せただけの場合にドライバーの認識と危険回避行動はどのように推移していくのか
- (2)その結果もたらされる状況は社会的に望ましいものなのか
- (3)望ましくない場合にどのような施策を行えば改善することが可能なのか

について検討する。

分析の対象として、ロータリー (roundabout) におけるドライバーの危険回避行動とそれを規定するルール認識を取り上げる。わが国ではロータリーがあまり普及しておらず特別な交通ルールが定められていないこともあって、ロータリーの優先通行権に関する認識が必ずしも全てのドライバー間で共通でない。各ドライバーは走行経験に基づいて認識するルールとその時々交通状況に基づき危険回避行動を選択していると考えられ、また、ドライバーのルール認識はロータリーを走行する際の経験 (予期せ

ぬニアミスや譲り合いの発生) によって時間的にも変化していく。そこで、このような状況を表現するマイクロシミュレーションモデルを構築する。このモデルを用いてドライバーの危険認識と交通状態の動的な推移を分析することにより、ドライバー教育や交通キャンペーンといった交通安全施策の効果分析を行うための枠組みを提案する。

以下第2章ではロータリーの特性とわが国におけるロータリーでの交通ルールの認識に関する実態を紹介し、第3章ではルール認識に関する主観確率が所与の場合のロータリーにおけるドライバーの行動をモデル化する。次いで第4章ではルール認識に関するドライバーの学習モデルを内包したマイクロシミュレーションモデルを構築し、それをを用いて第5章で交通安全政策がルール認識の変化を通じて事故危険の現象にどのような効果を及ぼすかを検討する。第6章では得られた成果を整理し、今後の交通安全対策に関する若干の提言を行う。

2. ロータリーの特性と交通ルール認識

ロータリーは無信号交差点の一種であり、一般的にFig.1のような形をしている。ロータリーの中心には円形ないし楕円形の島があり、進入した車両はこの島を中心に交通ルールで定められた方向に周回し流出してゆく。信号が設置されていないため安全かつ円滑な通行がなされるよう、通常は周回路または進入路の一方に優先権を与えている。非優先側の道路には通常一時停止の標識を設置せず、他方からの車両が走行していても安全に走行できる場所では一時停止による待ちが少なくなるよう配慮されている。

道路のロータリーは通常の交差点に比べて交通量の小さい領域での停止による待ちが少なく、かつ構造特性上車両が進入時に周回車両を確認するという特長を有しているため、近年世界的に再評価される傾向にある。

欧米の多くの国では、進入車に対する周回車・流出車の通行優先権が設定されておりドライバーもそれを認識し走行しているので、上述の安全性と処理能力の両面における利点が発揮されており、比較的ロータリーが多用されている。それに対し日本では数が少ないこともあって特段の交通ルールが定められておらず、一般的な交通ルール (左方優先) が適用されている。つまり、進入車優先となっているが、数がきわめて少ないためにドライバーの多くが明確

Table 1 アンケートの質問項目

1. あなたは免許を持っていますか？ はい いいえ
2. あなたは鳥取で車を運転しますか？ はい いいえ
3. 鳥取市内に瓦町ロータリーというロータリーがあります。あなたはこのロータリーを車を運転して通ったことがありますか？ はい いいえ
4. 一時停止の標識がない道路からこのロータリーに進入する時、周回路を走行するほかの車と衝突する可能性があります。図のA、Bどちらに優先権があると思いますか？ A B 状況による
5. 優先権の有無を決めているものがあると思いますか？ 交通ルール 慣習 その他(具体的に) ない
6. このロータリーはほかの交差点と比べて安全だと思いますか、危険だと思いますか？ 危険である 変わらない 安全である
7. そう思う理由を書いてください。 [理由]

な優先権を認識しておらず、互いに見合って停止してしまったり減速せず衝突しそうになって急ブレーキを踏むといった状況がかなり発生している。そのため、ロータリーが多用されている国々で高い機能を発揮しているという事実のみから直ちに導入を図ろうとしてもロータリーの機能がしかるべく発揮されると考えてよいかどうかは疑問である。

2-1 ロータリーの交通ルールに関する認識

ロータリーの通行方法に関するアンケート調査結果と鳥取市内のロータリーにおいて実施したビデオ観測調査結果から、わが国のドライバーがロータリーの交通ルールに関してどのような認識を有しているのかを推計した。

まず、ロータリーにおける交通ルールの認識の程度とその内容に関するアンケート調査を行った。調査対象は鳥取大学工学部社会開発システム工学科3年生である。アンケート内容をTable 1、その結果をTable 2に示す。

質問項目4と質問項目5に対し、ロータリーにおける交通ルールを進入車優先と回答した者、すなわちロータリーにおける交通ルールを正確に認識している者は63名中わずか5名(7.9%)であり、残りの58名(92.1%)は周回車・流出車優先や状況によると回答した。ロータリーは危険であると感じている者が多いが、交通ルールを正確に認識している者は10%にも満たないことがこのアンケート結果からわかる。ただし、これは実際に走行していた者に対するアンケートではないので、ロータリーを通行したドライバーの認識とは必ずしも一致していない可能性がある。

Table 2 アンケート結果(項目4と5に関して)

項目4 項目5	進入車両	周回車両	状況による	計
交通ルール	5	19	3	27
慣習	0	18	3	21
その他	0	3	0	3
なし	0	8	4	12
計	5	48	10	63

Table 3 ビデオ観測結果

事象	n_{GS}	n_{SG}	n_{SS}	n_{GG}	n_E
発生回数	44	44	18	7	113

そこで、鳥取市内の通称瓦町ロータリーにおける遭遇時の危険回避行動をビデオ観測し(平成10年11月25日実施)、推計を試みた。遭遇の定義は「合流部において進入車と周回車がこのままの速度で走行すると衝突する状態」である。TTC(Time to Collision, 車間距離/相対速度)などによる判定基準を設けて遭遇のデータ収集を行うことができるが、ある観測者がこのままの速度でお互いが走行すれば危険な状態になると感じる時は他の観測者もほぼ同じように感じる事が観測経験からわかっており、そのような状況ではドライバーも概ね危険を感じていると推察される。そこで本研究ではビデオテープより明らかに遭遇状態であると分析者が判断したケースのみを抽出し、データを収集した。遭遇時におけるドライバーの行動は「進行する」か「避譲する」であり、双方のドライバーの行動の組み合わせごとに発生頻度をカウントした。

結果をTable 3に示す。ここに、 n_{GG} は両ドライバーが進行(G)した事象(ただし、実際には衝突しておらず危険な状態になった回数)、 n_{SS} は両ドライバーが避譲(S)した事象、 n_{GS} は進入側が進行(G)し周回側ドライバーが避譲(S)した事象、 n_{SG} は進入側ドライバーが避譲(S)し周回側ドライバーが進行(G)した事象である。また、 n_E は遭遇の総発生回数($n_E = n_{GG} + n_{GS} + n_{SG} + n_{SS}$)である。

進入車優先と認識しているドライバーの比率Pは次式で与えられる(推計方法の詳細については文献1を参照されたい)。

$$P \leq \frac{1 - 4_{GG} - 1 - 4_{SS}}{2}$$

Table 3から求めた $_{GG}$ 、 $_{SS}$

$$_{GG} = \frac{n_{GG}}{n_E} = \frac{7}{113}$$

$$ss = \frac{n_{ss}}{n_E} = \frac{18}{113}$$

を代入すると、 $P \leq 0.132$ となり、進入車優先と認識しているドライバーの比率は高々数10%と推定される。アンケート調査から得られた値(7.9%)とも勘案すると、わが国(鳥取市)のドライバーが進入車優先と認識している確率は概ね10%程度に過ぎないといえる。

3. ロータリーにおける危険回避行動のモデル化

3-1 モデル構築の基本的考え方

ロータリーの処理能力や安全性に関する調査研究は精力的に行われてきている^{2,3)}。しかし、これらの調査研究はいずれもロータリーを走行する全てのドライバーが交通ルールを認識している、またはドライバーが交通ルールどおりに走行することを前提としている。

そこで本研究では、ドライバーが認識している交通ルールが必ずしも同じでない状況を想定して運転行動モデルを構築し、交通ルール認識の不一致が運転行動に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、進入車が優先するとの認識をもつドライバーと周回車が優先するとの認識をもつドライバーが混在する状況下で、進入車と周回車がロータリー入口で遭遇する際、お互い自分にとって最良の結果を得られるように意思決定を行い行動した時に何が起こるかを検討する。ここで注意すべきは、最良の結果をもたらす行動が相手ドライバーがとる行動に依存しているという点である。すなわち“互いに相手のとる行動を予測して自分の行動を決定しなければならない”相互依存的状況が生じているのである。このような状況下でそれぞれのドライバーが結局どのような行動に落ち着くかを分析するにはゲーム理論が有用である。そこで本研究では、ゲーム理論的観点からドライバーの運転行動のモデル化を行う。

進入車は周回路に合流するために減速するので、以下では進入車が周回車の走行速度より低速で進入する場合を考える。これら進入車と周回車との速度の関係はロータリーの形状により左右されると考えられ、進入車が周回車の走行速度より高速で進入する場合へのモデルの変更も可能である。ロータリーにおいて危険な場面や混雑の発生が予想されるところはFig.1のa~dで示すような進入車と周回車・流出車の遭遇する合流点である。本研究では進入車線

が1車線、周回車線が1車線のロータリーにおいて進入車と周回車の合流部における「遭遇」を考える。前述したように、遭遇とは進入車が交差点に進入した時に将来そのままの速度では周回車と衝突する状態のことをいう。遭遇状態下ではドライバーは互いに相手の行動により自分の行動を変化させるといふ相互依存関係下におかれる。しかし、優先権に関して異なる認識を有するドライバーが混在しており、かつ相手がどのような認識を持っているかを知るすべがないため、不都合が生じる可能性がある。そこで本研究では、ロータリーの合流部におけるドライバーの運転行動を不完備情報下の非協力ゲームとしてモデル化し、ゲーム理論的観点から双方の車が互いに進行または避譲をしてしまうケースの発生を分析することにより、ロータリーの安全性や処理能力に関する分析を行う。

3-2 モデルの特定化

ゲーム理論において、個々のゲームは「プレイヤー」「手番」「戦略」「利得」「タイプ」「情報」といった基本要素により特定化される。

1) プレイヤー

ゲームを行う当事者である。本モデルでは遭遇状態にある「進入車ドライバー」と「周回車ドライバー」をプレイヤーと考える。両者は互いの行動に関して事前に打ち合わせを行ったり取り決めを行うことができない。

2) 手番

プレイヤーがとる行動の順序であり、ここでは同時手番を考える。つまり、ドライバーは相手のドライバーの意思決定を知らずに自分の意思決定を行うものとする。

3) 戦略

プレイヤーが置かれている状況と行動との関連づけである。ドライバーの行動は「進行する(G)」か「避譲する(S)」である。各ドライバーは相手のドライバーのタイプと行動を予測し、自らの行動を選択するものとする。

4) 利得

選択した戦略の組み合わせとして生じた結果により規定される。優先権の有無に関するドライバーの認識の違いは“ルール違反を犯し相手の優先権を侵害することに対する不効用”と“(相手が優先権に関する認識を有していないため)自分の優先権を発揮できないことによる不効用”等により考慮する。ドライバーの利得は以下の変数から規定されると考

える。

- c 衝突事故発生による不効用
- v ルール違反をすることに対する不効用
- g_1 避譲に対する不効用 (進入車)
- g_2 避譲に対する不効用 (周回車)
- r 優先車が避譲することに対する不効用

5) タイプ

異なる利得をもつプレイヤーを区別する概念である。交通ルールに関する問題には交通ルール(ここでは優先権)の違いそのものに起因する問題と、交通ルールを正しく認識しているドライバーの比率に起因する問題がある。そこで、ロータリーを走行するドライバーは必ずしも全員が優先権を明確に認識しておらず、交通ルールに基づく正しい優先権(進入車優先)を認識しているドライバー(タイプR)と周回車優先と認識しているドライバー(タイプN)の二種類が混在すると考える。

6) 情報

利得と選択した行動に対するプレイヤーの知識である。ドライバーは自分が二種類のうち、どちらのタイプのドライバーであるかは認識しており、自分とは異なるタイプのドライバーが存在していることも認識しているものとする。しかし遭遇した相手のドライバーがどちらのタイプのドライバーであるかを特定することはできず、その可能性に関する予想(主観確率)のみを有している。この予想は自分がどちらのタイプであるかにより異なるものとする。すなわち、タイプRであるドライバーが相手がタイプRであると予想する確率を X 、タイプNであるドライ

バーが相手がタイプRであると予想する確率を Y とする。ただし($0 \leq X \leq 1, 0 \leq Y \leq 1$)である。

二人のドライバーが遭遇する場合のタイプの組み合わせとして(R,R)(R,N)(N,R)(N,N)の四種類が存在する。遭遇時における双方のドライバーがそれぞれどちらのタイプに属するかはランダムであると考え、自然(E)がタイプに関する四種類の組み合わせを確率 P_{ij} (ただし、 i : 進入車ドライバーのタイプ、 j : 周回車ドライバーのタイプ)で決定するものとする、本ゲームの展開型表現はFig.2のようになる。

3-3 均衡解とドライバーの行動

Fig.2のゲームの展開形表現より、まず進入車ドライバーと周回車ドライバーの条件付き期待利得を導出する。進入車ドライバーがタイプRである時の条件付き期待利得を例にとろう。進入車ドライバーの戦略がGであり、周回車ドライバーがタイプRの時戦略Gを、タイプNの時戦略Sをとるとしよう。

周回車ドライバーがタイプRであると予想する確率は X 、タイプNであると予想する確率は $1-X$ であるから、タイプRであると予想した時の利得の期待値 $-c \cdot X$ とタイプNであると予想した時の利得の期待値 $0 \cdot (1-X)$ の和がこの場合の進入車ドライバーの条件付き期待利得である。他の場合についても同様にして求めることができる。

この条件付き期待利得から、双方のドライバーの戦略の組み合わせに対する各ドライバーの期待利得を求める。例として戦略の組合せ(GG,GG)に対する進入車ドライバーの期待利得に着目しよう。ここ

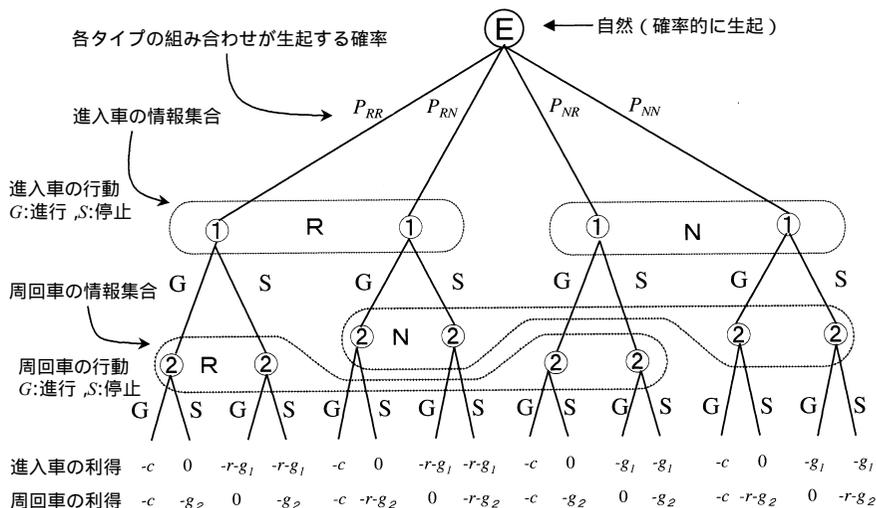


Fig.2 ゲームの展開型

に、 (IJ, KL) は “ 進入車ドライバーがタイプ R である時戦略 I を、タイプ N である時戦略 J を選択し、周回車ドライバーがタイプ R である時戦略 K を、タイプ N である時戦略 L を選択する ” ことを示す表記である。進入車ドライバーがタイプ R である確率を P とすると、周回車ドライバーがタイプ R であれタイプ N であれ戦略 G をとる時に進入車ドライバーが戦略 G をとることの期待利得は $(-c)P$ である。また、進入車ドライバーがタイプ N である確率は $(1-P)$ であり、上記と同じ戦略をとる周回車ドライバーに対して進入車ドライバーが戦略 G をとることの期待利得は $(-c+cX)(1-P)$ である。両者の和 $(-c)P+(-c+cX)(1-P)$ が戦略の組合せ (GG, GG) の時のドライバー 1 の期待利得となる。その他の場合も同様である。

得られた期待利得より、ナッシュ均衡解を求める。ナッシュ均衡とは、互いに相手の最適戦略に対して、自分にとって最適な戦略を選ぶということである。すなわち各プレイヤーが相手の戦略を一定と見た時自己の期待利得を最大化する戦略が最適戦略であり、互いに最適戦略となる戦略の組合せがナッシュ均衡解である (具体的な算定法については例えば岡田⁴⁾ を参照されたい)。ここでは進入車優先ルールの場合を考え、簡単化のため利得の大小関係に関する以下の条件を導入する。交通特性や優先権の違い等に

応じて条件を変更することはもちろん可能である。

$$c \geq 2g_2 \geq g_1 + g_2 \geq 2g_1 \geq g_2 \geq g_1$$

求めた均衡解、すなわち双方のドライバーがとる行動の組み合わせを Fig.3 に示す。相手ドライバーのタイプに対する主観確率 X, Y により均衡解が異なるものとなっていることに注意されたい。

4. ルール認識の推移と危険回避行動の変化

4-1 ドライバーの学習

主観確率 X, Y を有するドライバーが他車と遭遇する際の行動は上記のモデルで与えられるが、ドライバーの主観確率 X, Y は走行経験により変化していくであろう。すなわち、主観確率 X, Y を上回る比率でタイプ R のドライバーと遭遇するならば、このドライバーは “ タイプ R のドライバーの構成比率は実際には自分が思っているより多そうだ ” と考えて X, Y をより大きな値へと更新するであろう。そこで本モデルでは、社会に n 人のドライバーが存在する時、遭遇後の主観確率 X', Y' は事前の確率 X, Y より Table 4 に示すように更新されるとする。その際、他車と遭遇したドライバーはタイプ別構成比率に関する主観確率に基づいて均衡解を予測し、予測した均衡解と相手のとった行動から相手ドライバーのタイプを特定する、としている。

また、いずれのタイプのドライバーでも、自分と同じタイプのドライバーの構成比率に関する主観確率がある程度以下となると、 “ 自分の認識しているルールは大多数のドライバーとは違っているのではないか ” との疑念を抱き、ルール認識 (タイプ) を改めるであろう。この変化をモデルに反映させるため、ここではドライバーが直面しているある状況 E に対し、 X', Y' の下でドライバーが現在のタイプ $T \{R, N\}$ および他のタイプ $T' \{R, N\}$ で同一の行

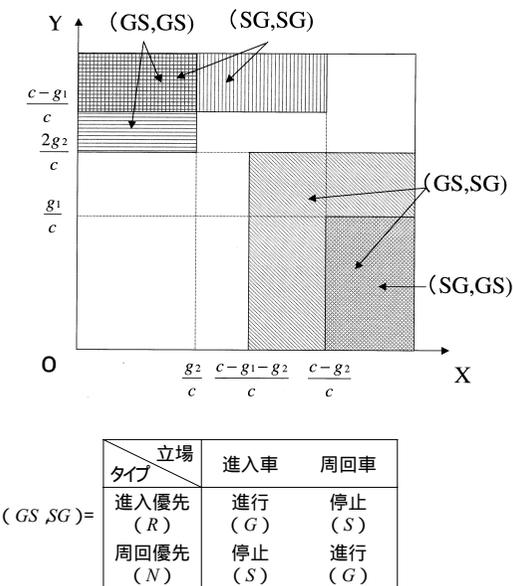


Fig.3 各ドライバーの行動

Table 4 主観確率の更新

	相手をタイプ R と予想する	相手をタイプ N と予想する
タイプ R	$X' = X + \frac{1}{n}$ Y : 更新なし	$X' = X - \frac{1}{n}$ $Y' = Y + \frac{1}{n}$
タイプ N	$X' = X - \frac{1}{n}$ $Y' = Y + \frac{1}{n}$	X : 更新なし $Y' = Y - \frac{1}{n}$

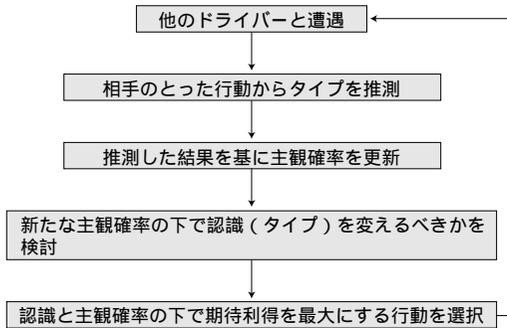
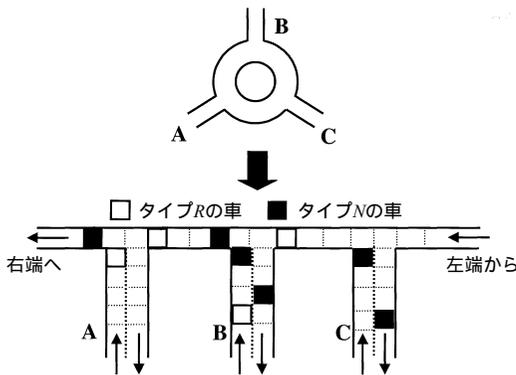


Fig.4 主観確率とタイプの更新



動Aを選択する場合の期待利得 $U(A, E; T)$ と $U(A, E; T')$ を比較し、

$$U(A, E; T) < U(A, E; T')$$

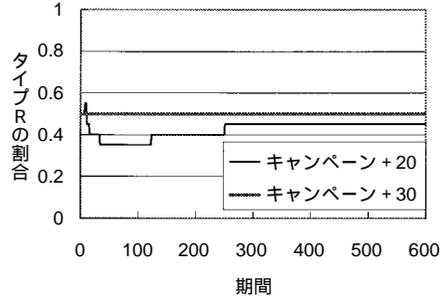
となった時点でタイプを変更するものとする。

以上のプロセスを整理したものがFig.4である。

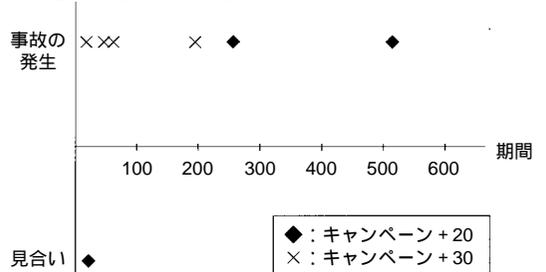
4-2 マイクロシミュレーションモデル

前節で述べた相互依存的な動的プロセスが時間の経過とともにどのように変化していくかを追跡するため、セル・オートマタ型のシミュレーションモデルを構築した。ロータリーはFig.5に示すように3箇所の分合流部を有するものを想定した。シミュレーションモデルではこれを变形して図中のような三つのT字型交差点を連続させたものとし、想定したロータリーと同様の車の動きを表現する。水平部分が周回路、鉛直部分が進入路と流出路に相当し、車はこの周回路を右から左に走行し左端に達すると直ちに右端から出てくるものとする。周回路は33のセルに、進入・流出路は15×2のセルに、それぞれ区切ってあり、個々のセルの状態(車両の有無)は周辺のセルの状態変数から構成する関数により規定される。

a) タイプRの割合の推移



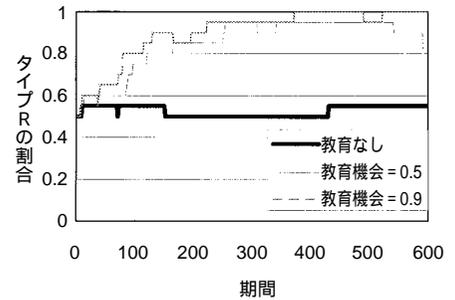
b) 事故と見合い件数の推移



注) 事故は1、見合いは0.5の値。

Fig.6 交通キャンペーンの効果分析

a) タイプRの割合の推移



b) 事故件数の推移

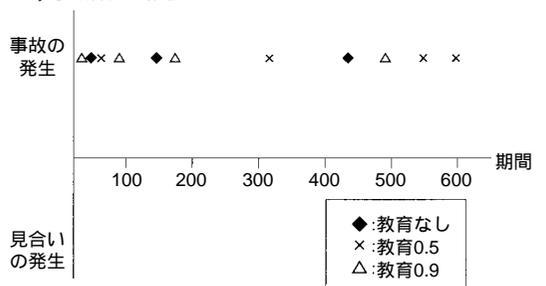


Fig.7 ドライバー教育の効果分析

各車には、ドライバーのタイプ、主観確率 X, Y の情報がそれぞれ与えられており、遭遇の際には進入車と周回車のドライバーのタイプや主観確率の組合せにより、Fig.3に示した行動(の組み合わせ)が生じ、その結果に応じて交差点で事故や見合いが

起こる。また前節で述べた学習メカニズムにしたがってドライバーの有する主観確率とタイプが更新される。

5. 走行挙動の推移と交通政策の効果分析

進入車優先ルールを採用している社会を想定し、初期条件 ($n_R = 10$, $n_N = 10$, X と Y はドライバーごとに異なる)の下で、交通政策の効果分析を行った。“交通キャンペーン”(初期主観確率を高めに設定)および“ドライバーの教育”(ある確率でドライバーを抽出し強制的にタイプ R にする)を実施した場合の認識、ならびに事故と見合い件数の推移を比較した。なお、Fig.6における「キャンペーン+20」、「キャンペーン+30」は初期主観確率(X , Y)をそれぞれ20、30%高めに設定したケースを、Fig.7における「教育0.5」「教育0.9」はそれぞれ確率0.5、0.9でドライバーを抽出し強制的にタイプ R にするケースを意味している。Fig.6,7の上図から何も交通政策を行わない時や交通キャンペーンのみでは進入車優先と認識するドライバーの比率はあまり変化しないが、ドライバーの教育を行うと確実に増加していくという効果が認められた。またFig.7の下図に示すようにドライバーの教育の機会が高い場合には初期に比較的多くの事故が発生しており、教育の機会をあまり高くすると事故が多発する可能性がある。一方、教育の機会が低い場合、Fig.7の上図の教育機会=0.5のケースにおいて500~600期間の間にタイプ R の割合が減少し事故が増加する傾向も見られ、教育を行うなら徹底的に実施することが必要であるという知見が得られた。

ドライバーの交通ルールに関する認識は教育の実施とともに共通化されていくものの、その過程において必ずしも事故が低減されるわけではないこと、さらには教育の徹底度の違いにより長期的な事故への影響効果は異なり、場合によっては危険な状況をもたらす可能性もあることが指摘される。事故やお見合い件数の推移比較では、Fig.6の下図に示すように交通キャンペーン(初期主観確率を高める政策)が推移に大きな影響を及ぼしていることから、主観確率(X , Y)の初期値が推移の変化に関して支配的であることが分かった。

RRL⁵⁾は横断歩行者優先キャンペーンがドライバーの危険回避行動に及ぼす影響の経時変化を調査し、横断歩行者に対する危険回避行動をとるドライバーの比率がキャンペーン直後に増加し次第に減少

していく様子を報告しているが、この種のキャンペーンによりどのような経時変化のパターンが生じるかを本モデルを用いて検討することも可能ではないかと考えている。

6. まとめと提言

本研究では、ロータリー内で進入車と周回車が遭遇した際の危険回避行動モデルを構築し、交通ルールがドライバーの運転行動に及ぼす影響を分析した。その際、交通ルールに関して異なる認識を有する二種類のドライバーが混在していると考え、各ドライバーが相手のドライバーの種類と行動を予想した上で最適な行動を選択するという設定の下でゲーム理論によるモデル化を行った。また、他車との遭遇経験を介してタイプ別構成比率に関する主観確率とルール認識を更新するプロセスを組み込んだシミュレーションモデルを用いて、ルール認識と危険回避行動の変化の様相を検討した。

検討過程を通じて、経験のみで交通ルールの認識が推移する状況下では、放っておくと必ずしも望ましい状態には到達しないとの結果が得られ、規制の制定やドライバー教育、交通安全キャンペーンなどの政策の必要性が示唆された。政策を徹底させる程度の違いにより事故率への影響が異なることも明らかとなり、政策評価の必要性もあわせて指摘された。そこで、政策の実施による事故率への影響・効果をシミュレーションにより推定する方法を提案した。これにより、ドライバー教育、罰則、キャンペーン等が安全性の向上に及ぼす効果の計測可能性を示すことができ、政策評価の新たな可能性を拓いたものと考えている。

もちろん、本研究では多くの単純化がなされ、分析にも限りがあるため、結果の解釈についても限定的なものにならざるを得ない。前提条件のさらなる吟味やドライバーの利得、遭遇時の車両の位置関係と危険回避行動との関係などに関する実証分析を引き続き行う必要があることは言うまでもない。今後は、交通ルールの認識水準に関する動学的な変化をも考慮しようモデルの拡張を図り、交通ルールの設計方法論の開発へとつなげていくことも重要である。

最後に、得られた知見を今後の交通安全対策に関する若干の提言としてとりまとめたい。

(1)走行安全性は交通ルールに対するドライバーの認識の程度や共通性にかかなりの程度依存している。

したがって、走行安全性の比較評価を行う際には道路条件や交通特性のみならず交通ルールの認識についても把握しておくことが望ましい。

(2)他の地域である交通システムが高い機能を発揮しているからといって、それをそのまま導入しても同様の機能を発揮するとは限らず、かえって走行の安全性や円滑性を損なう可能性がある。新たな交通システムを導入するに際しては、ハードウェアのみを分離することなく交通ルールや慣習といったソフトウェアと共に導入するか、さもなければソフトウェアの一部または全部を分離することによる影響を評価した上で導入することが望ましい。

(3)交通ルールの認知はドライバー教育によって改善することが可能である。また、ドライバーが他車と遭遇し衝突の危険性が生じた際に共通の認識の下に結果的に安全が確保される行動が相互にとれるよう教育することの効果は、限定的ではあるものの本研究で示した方法を援用して定量的に評価することが可能であると考えられる。また、ドライバー教育による事故防止効果を可能な限り定量的に評価し、より実効ある内容へと修正していくことが望ましい。

[謝辞]

本研究の遂行に当たり、モデル開発と数値実験に関して橋本和茂氏（鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻）および高井豊文氏（鳥取大学工学部社会開発システム工学科：当時）の協力を得た。また、シミュレーションモデルの構築に当たって松島格也氏（京都大学大学院工学研究科）との討議が有益であった。記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 国際交通安全学会「ドライバーの危険回避行動に関する基礎分析」平成10年度研究調査報告書 H049、pp 52-53、1999年
- 2) Brilon, W (ed.): Intersections without Traffic Signals II, Springer-Verlag, Berlin, 1991
- 3) KYTE, M (ed.): Proc. of the 3rd Int. Symp. on Intersections without Traffic Signals, University of Idaho, 1997.
- 4) 岡田章『ゲーム理論』pp 23-29, 39-49, 155-171、有斐閣、1996年
- 5) Road Research Laboratory: Research on Road Safety, Her Majesty's Stationary House, London, pp 71-73, 1963
- 6) Goyal, Sanjeev and Maarten C. W. Janssen: Non-Exclusive Conventions and Social Coordination, Vol. 77, Journal of Economic Theory, pp 34-57, 1997