

ドライバーの認識推移に着目した運転者教育の効果分析モデル*

A Transition Model of Driver's Recognition for Evaluating Driving Education

橋本和茂**・喜多秀行***・谷本圭志***

By Kazushige HASHIMOTO, Hideyuki KITA and Keishi TANIMOTO

1. はじめに

春秋の交通安全週間や免許更新時の教習などドライバーの安全意識に訴えかけるさまざまな交通安全方策が行われているが、その効果のほどは必ずしも明確ではない。効果的な方策を実施するためには方策の実施がドライバーの運転意識に及ぼす影響、ドライバーの運転意識と運転行動の関係、運転行動が他のドライバーに及ぼす影響などの解明が必要不可欠である。本研究では、既往研究¹⁾²⁾を基にドライバーの学習プロセスとその動的な推移をゲーム理論と進化論的アプローチによりモデル化し、ソフトな交通安全方策の効果を分析する一つの方法を提案する。

検討対象としてロータリーにおけるドライバーの運転行動を取り上げる。これは、わが国のロータリーではドライバーが必ずしも正しい優先権認識を持っておらず、急停止や見合いが比較的多発しているため、格好の事例と考えたためである。優先権認識や安全運転意識、ならびにドライバー相互間で及ぼし合う影響を考慮に入れた上で、ドライバーの運転意識の向上方策がもたらす効果を定量的に計測するモデルを提案する。

2. 基本的な考え方

本研究では、進入車と周回車が互いにそのままの速度で走行すれば将来衝突するであろう状態を遭遇状態と呼ぶ。このような状態にあるドライバーは、相手の速度や位置関係と運転行動に注意を払い、自

身の持つ優先権認識や安全運転意識に照らして行動する。そして、遭遇を繰り返し経験する間に、周囲のドライバーの運転行動に応じて運転行動や優先権認識が変化していると理解される。

そこで、まず遭遇状態にある一組の進入車と周回車ドライバーの運転行動を2人非協力・不完備情報ゲームとしてモデル化する。さらに複数のドライバーが各々ゲームを繰り返し経験し、周囲のドライバーの運転行動に即して運転行動や優先権認識を変化させていくという時間的推移を記述し、交通安全方策の効果を事故や見合いの発生件数の変化により計測するシミュレーションモデルを構築する。

3. ドライバーの運転行動のモデル化

遭遇状態にある一組の進入車と周回車ドライバーの運転行動を不完備情報ゲームとしてモデル化しよう。各ドライバーは当該ゲームのナッシュ均衡解に基づく運転行動をとると考える。遭遇状態にある一組の進入車と周回車ドライバーをそれぞれプレイヤー1,2と呼ぶ。プレイヤーは進行(G)または避譲(S)の行動選択に迫られている。プレイヤーは進入車優先認識(タイプR)、周回車優先認識(タイプN)の一方を有しているが、互いに相手のタイプや信念について知るすべがないため、相手のタイプに関して信念を持ち、相手が持つ信念については自分と同じであるとしてゲームを行うと考える。タイプ θ_i のプレイヤー i が戦略 s_i を取った際に得られる利得 U_i は他のプレイヤーの戦略 s_{-i} により規定され、利得は事故発生による不効用($-c_i$)、避譲することによる不効用($-g_i$)、優先権を発揮できないことによる不効用($-r_i$)によって構成される。

不効用 c_i は速度が速い方のプレイヤーの速度により規定され、 $c_i = \lambda_c \cdot \max_i v_i$ とする。不効用 g_i は $g_i = k_r + l_i$

*キーワード：交通安全、交通行動分析、計画手法論

**正会員、工修、㈱ハタシ東京営業所

(東京都新宿区西新宿1丁目26番地2, TEL03-3349-6990, FAX03-3349-6991)

***正会員 工博 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(鳥取市湖山町南4丁目101番地, TEL0857-31-5309, FAX0857-31-0882)

本ゲームの展開型を図-1に示す.

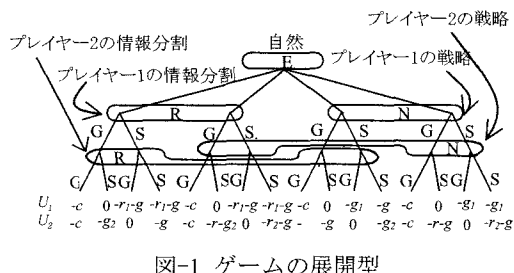


図-1 ゲームの展開型

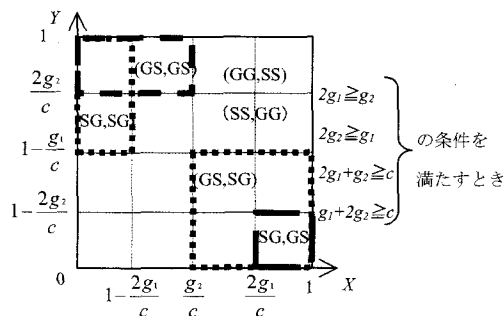


図-2 信念と均衡解

$$p_i^t(s_{-i} | \theta_{-i}) = \frac{n_i^t(\theta_{-i}, s_{-i})}{\sum_{\theta_{-i} \in \{G, S\}} n_i^t(\theta_{-i} | s_{-i})} \quad (3)$$

$$p_i^t(s_{-i}) = \frac{\sum_{\theta_{-i} \in \{R, N\}} n_i^t(\theta_{-i}, s_{-i})}{\sum_{\theta_{-i} \in \{R, N\}} \sum_{s_{-i} \in \{G, S\}} n_i^t(\theta_{-i} | s_{-i})} \quad (4)$$

$$p_i^t(\theta_{-i} | s_{-i}) = \frac{p_i^t(s_{-i} | \theta_{-i}) \cdot p_i^{t-1}(\theta_{-i} | \theta_i)}{\sum_{\theta_{-i} \in \{R, N\}} p_i^t(s_{-i} | \theta_{-i}) \cdot p_i^{t-1}(\theta_{-i} | \theta_i)} \quad (5)$$

$$p_i^t(\theta_{-i} | \theta_i) = \sum_{s_{-i} \in \{R, N\}} p_i^t(\theta_{-i} | s_{-i}) \cdot p_i^t(s_{-i}) \quad (6)$$

ただし、均衡解には相手の取った戦略から相手のタイプを特定できる分離均衡と、特定できない一括均衡があり、信念を更新できるのは分離均衡の時のみである。例えば、均衡解(GS,SG)を選択したプレイヤー1が、プレイヤー2の取った行動Sを観測した場合、相手ドライバーはタイプRで行動Sを選択したという推論を行うことができる分離均衡である。ここでは(GS,GS),(SG,SG),(GS,SG),(SG,GS)が分離均衡であり、(GG,SS),(SS,GG)は一括均衡である。

さて、ドライバーは自分がもつ優先権認識に対して必ずしも確固とした自信を持っておらず、自分が経験した周囲のドライバーの運転行動に依存して、自らの持つ優先権認識を変更していると考え。そこで、ゲーム終了後、更新した信念の下で優先権認識までも変更する必要があるかどうかを検討するものとする。このとき、各プレイヤーはどちらのタイプとして振舞った方がより高い利得が得られたかを比較し、タイプを変更した方がより高い期待利得が得られるのであれば自発的にタイプを変更すると仮定する。すなわち、ゲーム終了後、プレイヤー*i*が現行のタイプ θ_i で戦略 s_i を選択し得られた利得 $E(s_i, \theta_i)$ と、タイプ θ_i^* として戦略 s_i^* を選択したとき得られる利得 $E(s_i^*, \theta_i^*)$ を比較し、 $E(s_i^*, \theta_i^*) \geq E(s_i, \theta_i)$ が成立する時タイプ変更を行うとする。

以上に述べた、一連の信念の更新とタイプ変更のプロセスを図-3に示す。

6. 安全運転意識と交通安全方策のモデル化

前節で構築した運転行動モデルを安全運転意識をも組み込んだモデルへと拡張し、それを基に、複数のドライバーが各々遭遇を繰り返す互いに影響し合

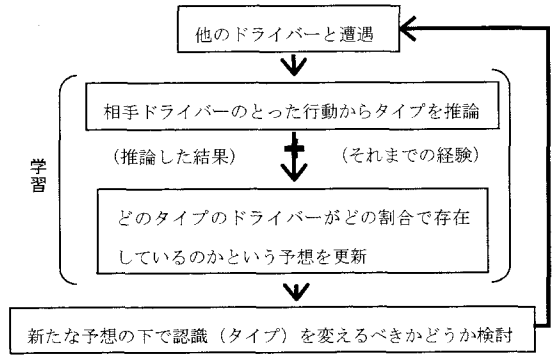


図-3 信念の更新とタイプ変更のプロセス

いながら信念や優先権認識を変更していくという時間的推移を考慮したシミュレーションモデルを開発する。そして、ドライバーの優先権認識や安全運転意識を改善・向上させるいくつかの交通安全方策をとりあげ、方策の実施が交通状況の改善に及ぼす効果を検討するための方法論を構築する。

安全運転意識の程度は不効用 c_i, g_i のパラメータにより規定され则认为。安全運転意識が高(H)、中(I)、低(L)の3種類のドライバーに対し、 λ_c については $\lambda_c^H > \lambda_c^I > \lambda_c^L$ 、 λ_g については $\lambda_g^H = \lambda_g^I = \lambda_g^L$ 、 λ_w については $\lambda_w^H < \lambda_w^I < \lambda_w^L$ であると想定する。

交通安全方策として、正しい優先ルールを認識させる「教育」と、事故の悲惨さを教える「キャンペーン」の2つを想定する。具体的には、個々のドライバーに対して教育とキャンペーンを行う確率をそれぞれ γ および ε とし、両者の組み合わせ (γ, ε) を「政策」と呼ぶこととする。キャンペーンは、効果の持続期間 η (持続性)とパラメータ λ_c^i の変化量(強度)により特徴づけられるとする。キャンペーンの効果はキャンペーンを受けてから他車と η 回遭遇する間持続するとし、この間キャンペーンを受けたドライバーが事故に関与した場合にパラメータ λ_c^i が増加するものとする。

7. 交通安全方策の効果分析の一例

タイプRとNのドライバーが各50人おり、ランダムに遭遇を繰り返す社会を想定する。安全運転意識に関するパラメータは(高,中,低)に対し $\lambda_c = (10.0, 7.0, 5.0)$ 、 $\lambda_g = (1.0, 1.0, 1.0)$ 、 $\lambda_w = (0.1, 0.3, 0.5)$ とした。存在比率については、 $(p_H, p_I, p_L) = (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1/2, 0, 1/2)$ 、

(1/3,1/3,1/3) の5ケースとした。ここでは安全意識Lのドライバーにキャンペーンを実施することによりパラメータ λ_c^L の値が λ_c^H まで上昇し、遭遇回数で測った持続期間 $\eta=5$ が経過すると元の値に戻るものとする。4種類の政策 $(\gamma, \varepsilon)=(0,0), (1,0), (0,1), (1,1)$ の下でそれぞれ遭遇を10000回発生させ、事故と見合いの累積発生件数を比較した。

何も実施しないという政策 (0,0) の下では、安全運転意識がHであるドライバーのみの社会では見合いが多発し、Lであるドライバーのみの社会では事故が多発する。事故と見合いを同時に削減する方策は設定した条件下では存在しなかった。また、安全運転意識の異なるドライバーが社会にどのような比率で存在しているかによって、事故や見合いの発生を抑制する政策が異なるとの結果が得られた。図-4に初期信念 $(X=0.1, Y=0.9)$ 、安全運転意識別比率が $(p_H, p_L, p_L) = (1/3, 1/3, 1/3)$ の場合の結果を例示する。

次に、施策がもたらす効果の長期的な推移を分析した。表-3は、初期信念 $(X=0.1, Y=0.9)$ の下で、10,000回の遭遇のうち 初期 (0~500回) と末期 (9,500~10,000回) における状況を取り出して比較したも

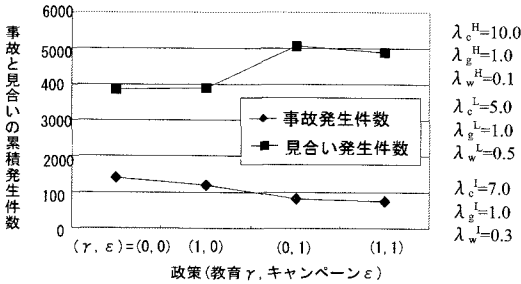


図-4 政策別の事故と見合いの累積発生件数

表-1 施策の効果の時間的推移

政策 安全意識	(0, 0)	(1, 0)	(0, 1)	(1, 1)
1, 0, 1	90→23 210→308	47→17 256→315	90→23 210→308	47→17 256→315
0, 1, 0	223→33 73→247	89→52 171→243	223→33 73→247	89→52 171→243
0, 0, 1	304→98 35→142	96→92 139→126	258→75 60→176	103→80 150→157
1/2, 0, 1/2	175→46 90→222	63→64 176→204	147→45 130→230	69→31 184→271
1/3, 1/3, 1/3	230→66 70→213	76→68 184→189	176→59 109→204	72→40 201→244

上段：事故発生件数 (初期→末期)

下段：見合い発生件数 (初期→末期)

のである。初期段階では、事故発生件数の減少には教育が最も効果を発揮し、見合い発生件数の減少には教育かキャンペーンのいずれかを単独で実施する場合に効果が高いと考えられる。末期段階においては見合い発生件数の減少に教育が最も効果を発揮すると考えられる。

8. おわりに

本研究では、ドライバーのもつ優先権認識や安全運転意識を組み込んだ運転行動モデルを構築し、交通安全方策の効果を定量的に分析する手法を提案した。また、数値分析を通じ、キャンペーンの実施確率や効果の持続性、強度の組み合わせによって、交通状況の改善に及ぼす効果が異なることが明らかとなった。また、不効用 c_a, g_i のパラメータ設定を変化させ、交通安全方策がもたらす効果の違いを見たとく明らかな差異が認められるなど、交通安全方策の効果分析を行う上でドライバーの安全意識や利得構造の解明が必要不可欠であることが示唆された。

もとより大胆な単純化や比較的強い仮定も少なからず残されており、数値実験から得られた結果も現段階では一般性を持つまでには至らないが、これまでこれといった分析手法が存在せず必ずしも適切な評価が行われてこなかったドライバー教育や安全運転意識の啓発活動に対し、ドライバーの持つ運転意識に応じた適切な交通安全方策を見出すための一つの方法論を提供しえたものとする。

参考文献

- 1) 橋本和茂・喜多秀行・谷本圭志：優先権とその認識度の違いがロータリーの走行挙動に及ぼす影響，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，IV, pp.354-355, 1999.
- 2) 喜多秀行・谷本圭志：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－，IATSS Review, Vol.26, No.1, pp.23-31, 2000.
- 3) 橋本和茂：異なる交通ルール下における走行挙動の比較分析，鳥取大学工学部社会開発システム工学科平成10年度卒業論文，1999.