

交通安全方策の効果が計測可能なシミュレーションモデルの提案

(株) HTSI 正会員 ○橋本和茂
鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行
鳥取大学工学部 正会員 谷本圭志

1. はじめに

春秋の交通安全週間や交通安全キャンペーンなどソフト面でのさまざまな交通安全方策が行われている。しかし、それら方策の効果のほどは必ずしも明らかにされていない。効果的な方策を実施するためにはドライバーの運転意識と運転行動の関係、ドライバー間で及ぼしあう影響、方策の実施がドライバーの運転意識に及ぼす影響の解明が必要不可欠であると考え、本研究では、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。

具体的には、特段の交通法規が定められていないためドライバーは必ずしも正しい優先権認識を持っておらず、合流部で急停止や見合いが比較的多発しているわが国のロータリーにおけるドライバーの運転行動を事例として、ドライバーのもつ優先権認識や安全運転意識、ならびにドライバー間で及ぼしあう影響を考慮に入れ、それらドライバーの運転意識の向上方策の効果を定量的に計測するモデルを提案する。

2. 本研究の基本的な考え方

本研究では、進入車と周回車が互いにそのまゝ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し、このような状態にあるドライバーは、相手の運転行動及び速度や位置関係を考慮し、自身の持つ優先権認識や安全運転意識に依存して運転行動を行っていると考えられる。この運転行動や優先権認識は遭遇を繰り返し経験することで、周囲のドライバーの運転行動に依存して変化していると考えられる。

こうした観点から、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ゲーム論的観点からモデル化する。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依存して運転行動や優先権認識を変化していくという時間的推移を記述し、事故や見合いの発生件数の比較により、交通安全方策の効果を定量的に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、相手を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。本ゲームの展開型を図-1に、均衡解と信念の関係を図-2に例示する。

4. 速度や位置関係を考慮した不効用の定式化

不効用 c_i, g_i, r_i は相手ドライバーとの速度や位置関係により規定されていると考える。進入路と周回路の交わる部分を合流地点と呼び、遭遇状態にあるプレイヤーが通常の停止操作を行えば合流地点直前で停止できる地点で戦略の意思決定を行うと仮定する。このときプレイヤー i の意思決定地点から合流地点までの距離を x_i^* 、そのときの速度を v_i とする。

不効用 k_i は自分が相手より先に合流地点を通過できる

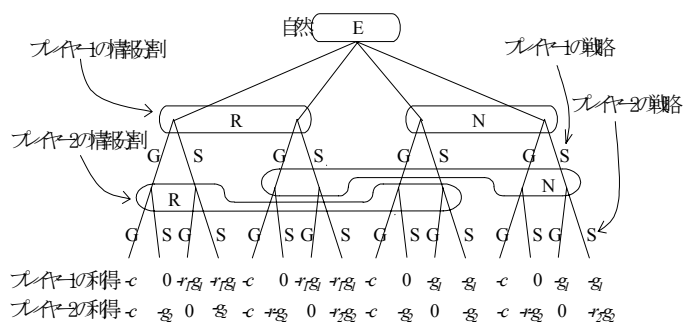


図1 ゲームの展開型

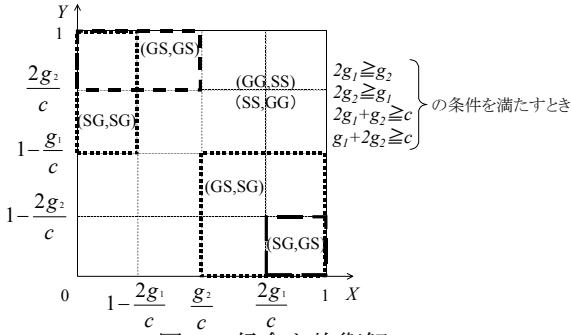


図-2 信念と均衡解

ときに発生し、そのときの遭遇ずれを δ_i により、 $k_i = \lambda_w \cdot \delta t \cdot v_i$ であるとし、不効用 l_i は距離 x_i^* により $l_i = \lambda_g \cdot x_i^*$ であるとする。そして、不効用 g_i は $g_i = k_i + l_i$ であるとする。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、 $c_i = \lambda_c \cdot \max_i v_i$ とし、不効用 r_i は相手に優先権を侵害され避譲しなければならないため $r_i = g_i$ であるとする。ただし、 $\lambda_c, \lambda_g, \lambda_w$ はパラメータである。

5. ドライバーのゲーム経験による学習

プレイヤーは各回のゲーム終了後、その都度ベイズ・ルールに基づいて信念を更新するとする。プレイヤー i は t 回目のゲームに用いた信念 $p_i^{t-1}(\theta_{-i}|\theta_i)$ を、ゲーム終了後相手 $(-i)$ の取った戦略 s_{-i} から、相手のタイプ θ_{-i} を推論し、それまでのゲーム経験による経験回数 $n_i^{t-1}(\theta_{-i}, s_{-i})$ を更新し、他のドライバーのタイプに関する信念を次式に基づいて更新を行う。ただし、確率 $p_i^t(\theta_{-i}|s_{-i}), p_i^t(s_{-i})$ は経験回数より確率法則により導かれる。

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

$$p_i^t(\theta_{-i}|\theta_i) = \sum_{s_{-i} \in \{G, S\}} p_i^t(\theta_{-i}|s_{-i}) \cdot p_i^t(s_{-i}) \quad (2)$$

また、ゲーム終了後プレイヤーはより望ましい利得が得られるタイプに変更すると考える。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 $E(s_i^*, \theta_i^*)$ を比較して、 $E(s_i^*, \theta_i^*) \geq E(s_i, \theta_i)$ が成立するときタイプ変更を行うとする。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。

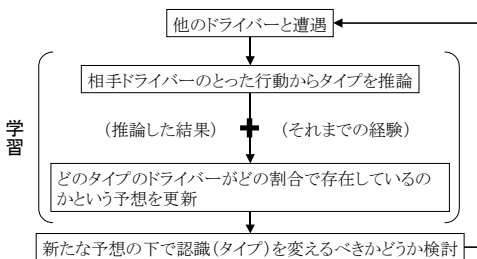


図-3 信念の更新とタイプ変更のプロセス

6. 安全運転意識と交通安全方策のモデル化

安全運転意識の程度は、不効用 c_i, g_i のパラメータ $\lambda_c, \lambda_g, \lambda_w$ により規定されると考え、安全運転意識が高(H)、中(I)、低(L)の3種類のドライバーを想定する(表-2)。

交通安全方策として、正しい優先ルールを認識させる

表-2 安全運転意識とパラメータ

H	I	L
$\lambda_c^H > \lambda_c^I > \lambda_c^L$		
$\lambda_g^H = \lambda_g^I = \lambda_g^L$		
$\lambda_w^H < \lambda_w^I > \lambda_w^L$		

「教育」、事故の悲惨さを教える「キャンペーン」を想定する。具体的には、教育とキャンペーンはそれぞれ確率 (γ, ϵ) でドライバーに実施し、その確率の組み合わせ (γ, ϵ) を「政策」と呼ぶ。さらに、キャンペーンによって、効果の持続期間 η (持続性)、パラメータ λ_c^L の変化量(強度)が異なると考えられ、キャンペーンを受けたドライバーが持続期間 η 回の遭遇において事故に関与した場合パラメータ λ_c^L が増加し、その効果はキャンペーンを受けてから遭遇 η 回持続するとする。

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、いずれも表-2に示す安全運転意識をもつドライバーが等比率で存在する社会を想定する。パラメータ λ_c^L の λ_c^I への変化をもってキャンペーンの効果の強度とし、効果の持続期間 $\eta = 5$ をもってキャンペーンの効果の持続性とする。4種類の政策 $(\gamma, \epsilon) = (0,0), (1,0), (0,1), (1,1)$ の下で、遭遇を10000回発生させたのちの事故と見合いの累積発生件数を図-4に例示する。異なった安全運転意識を持つドライバーが社会にどのような割合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ことが分かる。また、キャンペーンの実施確率、効果の持続性や強度の組み合わせによって、交通状況改善に及ぼす効果は異なることが分かる。

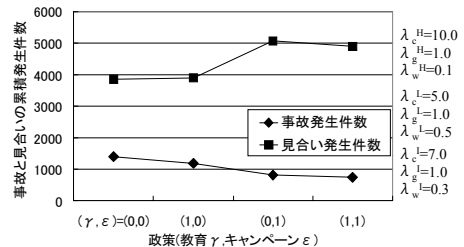


図-4 政策別の事故と見合いの累積発生件数

不効用 c_i, g_i のパラメータの初期設定により、発生する交通状況が異なり、また事故や見合いの抑制に効果を示す政策も異なった。つまり、方策の効果分析を行うためには、ドライバーの利得構造の解明が必要不可欠である。

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な把握し得ることを確認した。これにより、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。

1) 橋本和茂: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-177, pp.354-355, 1999