

IV-284 ドライバーの危険運転行動と交通事故危険に関するモデル分析

鳥取大学工学部

○正会員

福山 敬

鳥取大学工学部

正会員

喜多秀行

コベルコシステム(株)

保科博靖

1. はじめに

正面衝突や車両同士の接触のような複数の車両が当事者となる交通事故は、多くの場合それら車両の意思決定と行動の組み合わせの結果発生するものと考えられる。個々のドライバーの行動に関する意思決定は、その個人の危険に対する認識や態度、さらには他人のそれらのあり方によって大きく異なる。危険な車操作やルール違反を好んで行うドライバーは、危険を嫌う他のドライバーの自主的な危険回避行動によって危険の社会的コストを払うことなく(後者が危険回避的な行動をとるというコストを肩代わりすることで)その行動を行っていると考えられる。本研究は、事故危険に対する態度と行動の異なる複数ドライバーからなる社会において、危険に関する運転行動についていかなる均衡状態が成立するかをモデル分析し、無策下の均衡の非効率性を明らかにする。また、この分析をもとに、社会的により安全なドライバー行動を誘導するための費用負担システムについて考察する。

2. モデルの前提条件

事故危険に関する認識や態度の異なる複数のドライバーによって形成される社会を考える。社会には、危険な運転を愛好する危険愛好的ドライバー(タイプ1)と、不注意な運転を嫌い、危険を回避することを選択する危険回避的ドライバー(タイプ2)の2つのタイプのドライバーが存在すると考える。タイプ1のドライバーは、危険な運転を行なう(R で表す)か否か($\bar{R}$)の戦略を持ち、一方、タイプ2のドライバーは、危険回避行動を行なう(A)か否か($\bar{A}$)の戦略をもつ。各ドライバーは、当該社会で絶えず道路ネットワークを走行しており、他のドライバーと潜在的に事故を起こす距離に接近する「(2人)遭遇」を繰り返す。遭遇は完全にランダムであり、遭遇の相手の情報は記憶されない。ドライバーは、各遭遇相手のドライバーのタイプを事前に知ることはできず、「各タイプのドライバーが社会に占める割合」という社会のマクロ情報の下で、各期の戦略を決定する。

3. モデルの定式化

N を社会全体の人数、 n_1 , n_2 を、それぞれタイプ1, 2の人数とする。タイプ1の危険行動の便益を B 、タイプ2の回避行動のコストを C とする。 p をタイプ1が危

険行動を行う確率($\hat{p}$ を自分以外のタイプ1の p の戦略確率)、 q をタイプ2が回避行動を行う確率とすると、各期の危険愛好的ドライバーの期待利得 $U_1(p; \hat{p}, q)$ と、危険回避的ドライバーの期待利得 $U_2(q; p)$ は次式で与えられる。

$$U_1(p; \hat{p}, q) = \frac{n_1}{N} \left[p \{ B - (P_3 - P_0) d_1^{(1,1)} \} - P_0 d_1^{(1,1)} \right] + \frac{n_2}{N} \left[p \{ B + q(P_2 - P_1) d_1^{(1,2)} - (P_2 - P_1) d_1^{(1,2)} \} - P_0 d_1^{(1,2)} \right] \quad (1)$$

$$U_2(q; p) = \frac{n_2}{N} \left[-P_0 d_2^{(2,2)} - Cq \right] + \frac{n_1}{N} \left[q \{ (P_2 - P_1) d_2^{(1,2)} p - C \} - (P_2 - P_0) d_2^{(1,2)} p - P_0 d_2^{(1,2)} \right] \quad (2)$$

ここで、 $P_3 = P_{11}^{RR}$, $P_2 = P_{12}^{RA} = P_{11}^{RR}$, $P_1 = P_{12}^{RA}$, $P_0 = P_{22} = P_{12}^{AA} = P_{12}^{AA} = P_{11}^{AA}$ ($P_3 > P_2 > P_1 > P_0$)はそれぞれ各遭遇時の事故発生確率であり、 P_{ij}^{kl} は遭遇したタイプ i と j の各ドライバーが、それぞれ k と l の戦略をとるときの事故確率である。 $d_k^{(i,j)}$ ($k=i, j$)は事故が起きたときのタイプ k の負担する事故費用である。

4. 最適反応戦略の導出

各タイプのドライバーの期待利得式(1), 式(2)を自身の戦略で偏微分することにより最適反応を求めることができる。

$$\hat{p} \begin{cases} < \\ = \\ > \end{cases} \frac{B + \frac{n_2}{N} \{ (P_2 - P_1) d_1^{(1,2)} q - (P_2 - P_0) d_1^{(1,2)} \}}{\frac{n_2}{N} (P_3 - P_0) d_1^{(1,1)}} = f(q) \Rightarrow p^{best} = \begin{cases} \text{より大きい方がよい} \\ [0, 1] \\ \text{より小さい方がよい} \end{cases} \quad (3)$$

$$p \begin{cases} > \\ = \\ < \end{cases} \frac{C}{\frac{n_2}{N} (P_2 - P_1) d_2^{(1,2)}} (=W) \Rightarrow q^{best} = \begin{cases} 1 \\ [0, 1] \\ 0 \end{cases} \quad (4)$$

式(3)における $\hat{p}$ の閾値を $f(q)$ とおくと、 $f(q)$ は危険愛好的ドライバーと危険回避的ドライバーの遭遇において、危険愛好的ドライバーが危険運転行動を行なうことによる便益(行わないことによるコスト)を表す。この便益は q の関数であり、危険回避的ドライバーが回避行動を行う確率 q に依存しているため、 $f(q)$ の大小関係により危険愛好的ドライバーの最適反応戦略は異なることになる。一方、式(4)における p の閾値を W とおくとすると、 W は危険愛好的ドライバーと危険回避的ドライバーの遭遇において、危険回避的ドライバーが回避行動を行うことによる便益を表している。また、分子分母が共に正の値をとるため常に $W > 0$ となる。 W は

キーワード 危険行動, 危険に対する態度, 事故, ゲーム理論, リスク
〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101 TEL0857-31-5310 FAX 0857-31-0882

表-1：社会におけるナッシュ均衡解

	条 件	均衡解 (p^*, q^*)
$W > 1$	$f(0) > 1$	$(1, 0)^*$
	$0 < f(0) < 1$	$(f(0), 0)$
	$f(0) < 0$	$(0, 0)^*$
$0 < W < 1$	$W < f(0) < 1 < f(1)$	$(1, 1)^*$
	$0 < f(0) < W < 1 < f(1)$	$(1, 1)^*$ $(f(0), 0)$ (W, G)
	$f(0) < 0 < W < 1 < f(1)$	$(1, 1)^*$ $(0, 0)^*$ (W, G)
	$W < f(0) < f(1) < 1$	$(f(1), 1)$
	$0 < f(0) < W < f(1) < 1$	$(f(1), 1)$ $(f(0), 0)$ (W, G)
	$f(0) < 0 < W < f(1) < 1$	$(f(1), 1)$ $(0, 0)^*$ (W, G)
	$0 < f(0) < f(1) < W$	$(f(0), 0)$
	$f(0) < 0 < f(1) < W$	$(0, 0)^*$

意思決定変数に依存しない定数であり、危険回避的のドライバーは、危険愛好的ドライバーの戦略のみにより自分の戦略が決定することがわかる。一方、式(3)に着目すると、危険愛好的ドライバーは、同タイプのドライバーと危険回避的ドライバーの双方の戦略により自身の最適反応戦略を決定することがわかる。

5. 均衡解分析

式(3)、式(4)の最適反応戦略の安定的組み合わせより、ナッシュ均衡解(p^*, q^*)を求めた結果をまとめると以下の表-1のようになる。利得パラメータの大小により11とおりの均衡解が存在する。ただし、表中の各パラメータは以下で与えられる。

$$f(0) = \frac{B - \frac{\alpha_2}{N} (P_2 - P_0) d_1^{(1,2)}}{\frac{\alpha_1}{N} (P_3 - P_0) d_1^{(1,1)}} \quad (5)$$

$$f(1) = \frac{B - \frac{\alpha_2}{N} (P_1 - P_0) d_1^{(1,2)}}{\frac{\alpha_1}{N} (P_3 - P_0) d_1^{(1,1)}} \quad (6)$$

$$W = \frac{C}{\frac{\alpha_1}{N} (P_2 - P_1) d_2^{(1,2)}} \quad (7)$$

$$G = \frac{\frac{\alpha_1}{N} (P_3 - P_0) d_2^{(1,1)} W + \frac{\alpha_2}{N} (P_2 - P_0) d_1^{(1,2)} - B}{\frac{\alpha_1}{N} (P_2 - P_1) d_2^{(1,2)}} \quad (8)$$

W は回避行動を行うことによる便益であり、 $f(1), f(0)$ はともに危険行動を行うことによる便益である。この3変数の大小関係により均衡解は異なる。 $W > 1$ のときタイプ2にとり回避行動を行うことが支配戦略となる。 $0 < W < 1$ のとき $f(1)$ の値が大きいほどタイプ1は危険行動を行う確率が高くなり、 $f(0)$ の値が大きいほどタイプ2は回避行動を行う確率が高くなる。 $f(0) < W < f(1)$ のとき複数均衡となる。*は進化論的に安定な均衡解を示している。

6. 事故費用負担の変化と均衡解

$0 < W < 1$ のときに注目し、事故発生時にドライバーが負担する事故費用の配分を変化させることにより均

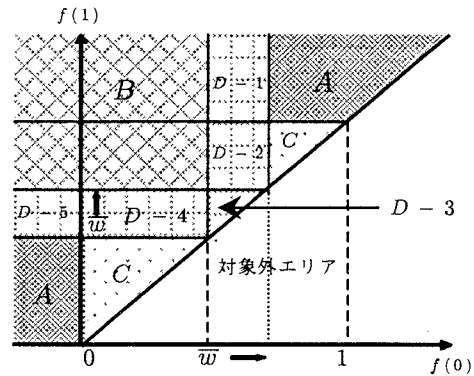


図-1：事故費用負担の変化と均衡解

衡解と各タイプのドライバーの戦略にいかなる変化をもたらすかを考察する。ここで、タイプ1の事故費用負担を増加させたときの均衡解の変化と戦略の変化を考察するため、横軸に $f(0)$ 、縦軸に $f(1)$ をとり、均衡解エリアを色分けした図を図-1に表す。

エリアAは事故費用負担額の変化に対して、均衡解、戦略が共に不変のエリアである。エリアBは事故費用負担額の変化に対して均衡解は不変である。複数均衡解のうち実現している均衡解によって危険行動を行なう確率が増加、または減少し、回避行動を行なう確率も増加、または減少するエリアである。エリアCは事故費用負担額の変化に対して均衡解は不変である。回避行動を行なう確率は不変であるが、危険行動を行う確率は減少する。エリアDは事故費用負担額の変化に対して、エリアD-1、D-2では均衡解戦略は不変の可能性が高く、エリアD-3においては危険行動戦略をとる確率は減少し、回避行動を行なう確率も減少する。エリアD-4、D-5においては両タイプの戦略をとる確率は不変か減少するかのどちらかである。

7. まとめ

事故の危険意識の異なる複数ドライバーにより形成される社会において、ドライバーが道路ネットワークを走行する社会をモデル化した。さらに、ドライバーのタイプにより事故費用負担を変えることによる均衡解の変化を考察した。タイプ1の事故費用負担が少なくなると、多くの場合タイプ1が危険行動を行う確率が減少する。しかしながら、成立している均衡解によっては、タイプ1の事故費用負担の増加が、より多くの危険行動を誘発する場合が認められた。今後の課題として、ドライバーの過去の交通事故や交通ルール違反等の経験により差別化したよりきめ細かな事故費用負担ルールの効果の分析があげられる。