

IV-339

高速道路流入部における避走挙動分析

旭化成情報システム 正会員 久保 寛

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

鳥取大学大学院 学生会員 平井 克尚

1. はじめに

流入部では、本線走行車が流入車との錯綜を避けようとして追越車線へ車線変更をする避走現象が数多くみられる。これは、流入部に特徴的な交通現象であり、流入部の交通挙動を分析する上で無視することはできない。しかしながら、避走挙動についてはほとんど研究されておらず、そのメカニズムはよく分かっていない。

そこで本研究では、本線走行車の避走行動を含む流入部の交通挙動をモデル化し、双方向の相互作用を明示的に考慮した流入車の流入確率、および本線走行車の避走確率算定モデルを構築する。

2. 基本的な考え方

本研究では低速合流の場合を取り扱い、特定の流入車との顕在化した衝突危険を避けるために避走している本線走行車を対象とする。このような交通現象のもとでは、直近後方から接近する本線車と流入車との間にある種のコンフリクトが生じており、その当事者である双方のドライバーは、それぞれどのような行動をとるのが自分に最も有利であるかを選択していると考える。このようなコンフリクトの状態を分析する有効な手段の一つがゲーム理論である。

以下では流入車と直近後方の本線車をプレイヤーとみなし、両者が様々な戦略を行使しあうことによって最終的に落ち着く先である均衡解を用い、流入車の流入確率、本線車の避走確率を算定する方法を考察する。

3. 流入-避走行動モデル

流入車(P1)および本線車(P2)は、流入車を認識した時点、または着目しているギャップに流入することが確定した時点の遅い方の時点で判断しているものとする。全てのドライバーは同一の効用関数(利得行列)を持ち、流入車と本線車のドライバーは、それぞれ相手が直面している状況とその状況下における相手の行動基準(利得行列)に関して十分な情報を有している。しかし、流入するか否かとい

う流入車のドライバーの意思、および避走するか否かという本線車のドライバーの意思は、お互いに相手に伝えることができないと仮定する。このような状況下におけるドライバーの流入-避走行動は、異なる利得行列を有する完全情報下の非ゼロ和二人非協力ゲームとして定式化できる。

P1の純粋戦略を、流入する(I)、見送る(2)、P2の純粋戦略を、避走する(I)、避走しない(II)とし、その利得を、

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \end{array} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{cc} & \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \end{array} & \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \end{array}$$

P_1 P_2

と表わすと、P1, P2の利得は、

$$E_1(p, q) = \sum \sum a_{ij} p_i q_j \quad \dots (1)$$

$$E_2(p, q) = \sum \sum b_{ij} p_i q_j \quad \dots (2)$$

となる。ただし、

$$p = (p_1, p_2), \quad p_1 + p_2 = 1 \quad \dots (3)$$

$$q = (q_1, q_2), \quad q_1 + q_2 = 1 \quad \dots (4)$$

は、P1, P2の混合戦略であり、利得 a_{ij} と b_{ij} は、両者が置かれている状況に依存して定まる。

いま最適混合戦略を (p^*, q^*) とするなら、 p^* はP1にとって、 q^* はP2にとって最も望ましい戦略であり、次の条件式を満たす。

$$E_1(p^*, q^*) \geq E_1(p, q^*) \quad \dots (5)$$

$$E_2(p^*, q^*) \geq E_2(p^*, q) \quad \dots (6)$$

この (E_1, E_2) が均衡解であり、このときの混合戦略 p^* が流入車の流入確率、 q^* が本線車の避走確率を表わしている。なお、均衡解が複数個存在することもあるが、この場合は双方の利得の和が最大となるもの、すなわち、優越解を採用する。

したがって、利得行列と戦略空間を適切に与えることができれば、流入車と直近後方本線車が置かれている状況ごとの流入確率と避走確率を算定することができる。

4. 利得行列

上述のモデルにおいては、戦略ごとに与えられる

利得の大きさが戦略の決定を支配している。避走行動と流入行動は、現在走行中の車線をそのまま走り続けるか、隣接車線へ車線変更をするか、の選択であるという点で類似している。よって流入挙動と周辺交通状況との関係を分析した結果¹⁾等を踏まえて、利得を規定する影響要因を選定し、以下の式にまとめた(図-1参照)。

$$\begin{aligned} a_{11} &= \theta_1 t_3 + \theta_2, \quad a_{12} = \theta_1 t_2 + \theta_2 \\ a_{21} &= a_{22} = \theta_3 t_1, \quad b_{11} = b_{21} = \theta_4 t_5 + \theta_5 \quad \cdots (7) \\ b_{12} &= \theta_6 t_2, \quad b_{22} = \theta_7 t_4 \\ t_1 &: (\text{流入車の残存加速車線長})/(\text{流入車速度}) \\ t_2, t_3, t_5 &: (\text{二台の車間距離})/(\text{相対速度}) \\ t_4 &: (\text{二台の車間距離})/(\text{後方車速度}) \end{aligned}$$

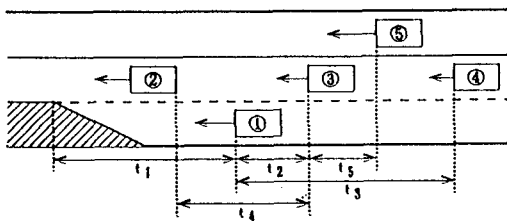


図1 走行車の位置関係

5. 戦略空間

ドライバーは通常、相手の行動を予測しながら運転している。流入-避走行動においても、P1はP2の行動qを予測して行動pを決定し、P2はP1の行動pを予測して行動qを決定していると考えるのが自然である。例えば、十分加速しきっていない流入車のドライバーは極めて短い本線上のギャップに流入しようとは考えないであろうし、本線車も流入車がそのような無謀な行動をとることはまずないと見込んで走行している。これは、双方のドライバーが過去の経験に基づいてある一定範囲の極端な戦略を考慮の対象から外していることを意味し、戦略空間を限定していることに相当する。

そこで、戦略空間が限定される程度を表すパラメータ α を導入する。ただし、その値はドライバーの経験等によって異なると推察されるため、データから直接推定することとする。

6. パラメータの推定方法

利得関数のパラメータ $\theta_1, \dots, \theta_7$ を決定すれば、流入車の流入確率と本線車の避走確率を算定するこ

とができる。本研究では、流入車と本線車のとる行動を離散的に考えるため、最尤法を用いてパラメータを推定する。

観測された走行車の行動選択結果 $s_k \in S = \{p_1, q_1\}$ とそのときの状況 $e_k \in E = \{t_1, \dots, t_5\}$ から、 s_k が生起する確率 $P(s_k | e_k)$ を算定することができ、パラメータの値を $\Theta = (\theta_1, \dots, \theta_7, \alpha)$ とすると、 Θ は $P(s_k | e_k, \Theta)$ の全データサンプルについての同時確率を最大にする Θ として求めることができる。以上より、尤度関数 $L(\Theta)$ は次式のように表わされる。

$$L(\Theta) = \prod P(s_k | e_k, \Theta) \quad \cdots (8)$$

このときの最尤推定量は、次式により得られる。

$$\frac{\partial L(s_1, \dots, s_n; e_1, \dots, e_n; \theta_1, \dots, \theta_7)}{\partial \theta_m} = 0 \quad \cdots (9)$$

7. 事例分析

京葉道市川インターチェンジにおける観測値データを用い、上述の方法でパラメータ推定を行なった結果、以下の値を得た。サンプル数は25である。

$$\theta_1 = 0.342, \quad \theta_2 = 4.671, \quad \theta_3 = 1.000, \quad \theta_4 = 0.001$$

$$\theta_5 = 0.099, \quad \theta_6 = 0.011, \quad \theta_7 = 1.000, \quad \alpha = 0.105$$

また、このときの尤度 $L(\Theta)$ と初期尤度 $L(0)$ から尤度比 ρ^2 を求め、 $\rho^2 = 0.353$ となった。尤度比は、推定したパラメータによって尤度がどの程度向上したかを示す指標であり、 $0 \leq \rho^2 \leq 1$ なる値をとる。 $\rho^2 = 0.3$ は0.65程度の相関係数に相当する²⁾ため、提示したモデルは比較的良好な現象説明力を持つと判断できる。

8. おわりに

これまで避走のメカニズムについてはほとんど解明されていなかった。しかし、流入車と本線車の双方が、それぞれ相手の行動を予測した上で最適行動をとるといったモデル構造のもつ意味、および事例分析を通じて示された現象説明力の高さを考えあわせると、ゲーム理論を導入して避走挙動を表現するという試みは一つの有効的な手段であると結論づけられる。

参考文献

- 1) 喜多・久保蘭：第12回交通工学研究発表会論文集，PP.81-84，1992。
- 2) 森地・山形：交通計画，P.151，技報堂出版，1991。