

相互作用を考慮した流入・回避挙動の分析モデル

鳥取大学工学部

正会員 喜多 秀行

(株)大日本コンサルタント

正会員 ○田中 真一

1. はじめに

ドライバーは周囲を走行する他の車の行動を予測しながら走行しており、この相互作用は交通現象を理解する上で無視することができないものと考えられる。しかし、この影響を明示的に取り扱った研究はほとんど見られない。そこで、本研究では、この影響がとりわけ卓越して見られる高速道路流入部を例にとり、ドライバー間の相互作用をゲームの理論でモデル化した従来の研究¹⁾を減速回避等の行動を新たに加えるなどし、精緻化しようとしたものである。

2. 減速挙動の定式化

従来のモデルでは本線車は避走により流入車を回避していたが、流入車を回避することで追い越し車線走行車との衝突危険性が新たに生まれる。したがって、この回避挙動は必ずしも現在の状況よりも安全であるとは限らない。そこで本研究では、衝突危険性を確実に下げることのできる減速挙動を新たに本線車の行動として考慮する。

前方に流入してくる流入車に対して本線車は様々な減速挙動を取るが、簡単のため、以下では本線車は一定の減速度で減速をするものと仮定する。従来の研究²⁾から、流入部におけるドライバーの行動がTTC(衝突に至るまでの時間的余裕)の大きさに比較的良好に説明できることがわかっている。各ドライバーは自車が将来おかれる最悪の状況を想定して行動を決定すると考えると、減速回避をとりまく状況のうち最大の関心事は将来最小となるTTCであると考えられる。TTCは〈2車間の将来の車間距離〉／〈2車間の将来の相対速度〉で定義され、流入の時点基準時刻 $t=0$ とすると、時刻 t における流入車と本線車の間のTTCは次式で表される。

$$TTC(t) = \frac{l'}{v_j - v_i} = \frac{l + \{(v_{i0} - v_{j0})t + \frac{1}{2}(\alpha + \beta)t^2\}}{(v_{j0} - v_{i0}) - (\alpha + \beta)t} = \frac{l + \frac{1}{2}At^2 - Vt}{V - At}$$

ここに、

v_{i0} : 流入車の現在の速度, v_{j0} : 本線車の現在の速度, V : 2車間の現在の相対速度

g : 2車間の $t=0$ の時のギャップ, l : 2車間の $t=0$ の時の車間距離

v_i : 流入車の時刻 t における速度, v_j : 本線車の時刻 t における速度

l' : 2車間の時刻 t における車間距離, α : 流入車の加速度, $-\beta$ ($\beta > 0$): 本線車の減速度

A : 2車間の相対加速度

両車が衝突しないという条件のもとで、TTCの最小値 TTC^* は次式で与えられる。

$$TTC^* = TTC(t^*) \quad , \quad t^* = \frac{V}{A} - \frac{\sqrt{-V^2 + 2Al}}{A}$$

この値が、流入車、本線車各々の行動を支配する影響要因であるとし、これに基づき利得行列を決定する。

3. 利得行列と行動選択確率

流入車、本線車各々の利得行列は、各要素を決定する利得関数で構成される。この利得関数は、先に求めた最小TTCに、選択肢相互間の重みと行動変化に対する抵抗を表すパラメータ θ_m ($m=1, \dots, 8$)を付加したものである。

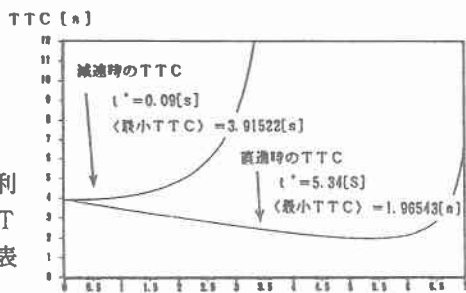


図1 TTCの時間変化 $t[s]$

本研究では、本線車の選択行動に新たに“減速”を加えることとしたので、流入車の戦略は{流入する(1)、流入しない(2)}、本線車の戦略は{回避しない(I)、避走する(II)、減速する(III)}となる。流入車、本線車それぞれの利得行列は以下に示す通りである。

このモデルにおける流入車(P_1)、本線車(P_2)の行動選択確率は、 $P_1: p=(p_1, p_2)$, $P_2: q=(q_1, q_2, q_3)$ を取るとした時の均衡解として与えられる。したがって、種々の状況下における行動選択結果を知ることにより、それらの行動を最もよく説明するパラメータ θ_m ($m=1, \dots, 8$)を逆に推定することができる。

4. 事例分析

京葉道市川ICの上りオンランプ流入部において、撮影されたビデオ画像から分析のためのサンプルデータを抽出した。抽出されたサンプル数は65である。まず、個々の流入状況を個別に検討したところ、本線車が直進した場合と減速した場合を比較すると、本線車がそのまま直進し続けたと想定した場合の流入車に対するTTCが、他の行動を取った場合のTTCより小さくなるとき、衝突回避行動をとることが多いという傾向が確認できた。また、衝突回避行動をとったケースの中では車線変更ではなく減速を選択したものが多くみられた。これにより、本線車の戦略として減速行動を考慮することの必要性が改めて確認された。

これをふまえ、利得行列を構成したパラメータ θ_m を最尤推定法により求めた。得られたパラメータは以下に示すとおりである。

$$\begin{array}{llll} \theta_1 = 1.124 & \theta_2 = -3.348 & \theta_3 = 1.000 & \theta_4 = -0.076 \\ \theta_5 = 3.602 & \theta_6 = 0.200 & \theta_7 = 1.000 & \theta_8 = -1.281 \end{array}$$

尤度比は、 $\rho^2 = 0.3794$ となり、減速回避行動を考慮しない既往モデル¹⁾より高い現象説明力を有することが確認された。

5. おわりに

本研究では、衝突回避のための減速行動を新たにモデル化することによって、本線車と流入車の間の相互作用を明示的に考慮した流入部区間の交通挙動モデルの改良を図り、事例分析を通してその妥当性を確認した。今後、このモデルを構成するゲームの情報構造が行動選択確率に及ぼす影響を検討することが残された課題である。

参考文献

- 1) 喜多, 久保蘭: 高速道路流入部における流入・避走挙動のモデル化, 交通工学研究発表会論文集, No.12, pp. 45-48, 1994
- 2) 喜多, 原田: 複数ギャップの同時選択を考慮した流入挙動モデル, 土木計画学研究講演集, No.37, pp. 161-164, 1995

	I	II	III		I	II	III	
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}		1	b_{11}	b_{12}	b_{13}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}		2	b_{21}	b_{22}	b_{23}

流入車の利得行列 本線車の利得行列

$$a_{11} = \theta_1 t_1 + \theta_2, \quad a_{12} = \theta_1 t_1 + \theta_3,$$

$$a_{21} = a_{22} = a_{23} = \theta_2 t_1,$$

$$a_{13} = \theta_1 t_1 + \theta_4, \quad b_{11} = \theta_4 t_2,$$

$$b_{21} = \theta_7 t_4, \quad b_{12} = b_{22} = \theta_4 t_2 + \theta_5,$$

$$b_{13} = b_{23} = \theta_4 t_2 + \theta_6$$

t_1 : 〈流入車の残存加速車線長〉 / 〈流入車速度〉
 t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 : 〈2台の車間距離〉 / 〈2台の相対速度〉
 t_4 : 〈2台の車間距離〉 / 〈後方車速度〉

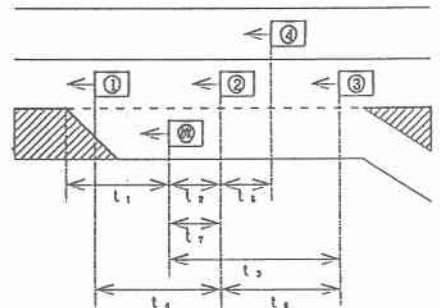


図-2 流入部での位置関係