

流入車の速度調整行動を考慮した合流挙動モデル

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
鳥取大学大学院 学生員 ○原田 裕司

1. はじめに

高速道路流入部において、流入車は加速車線上で速度調整を行いながら安全な合流を行おうとしている。流入部における流入車の合流挙動のモデル化はこれまでになされてきたが¹⁾、流入車が速度の調整を行いながら流入のタイミングを図るような行動については考慮されていなかった²⁾。そのため、従来の合流挙動モデルでは、例えば、流入車のドライバーが「流入しない」という判断を行った場合、その時直面しているギャップを見送り、次のギャップを待とうと思っても、次のギャップに遭遇できないまま加速車線の終端に行き着いてしまうような、非現実的な状況が生じる場合がみられた。

実際には、直面しているギャップに流入できそうにない場合、流入車は加速を控えてそのギャップを見送ることが多い。本来、加速車線は流入車が加速しながら流入のタイミングを伺うための区間であり、この区間における流入タイミング調整行動の記述は合流挙動を表すモデルに不可欠である。

そこで本研究では速度調整行動をモデル化し、従来の合流挙動モデルの拡張を行った。このモデルは複数のギャップに着目して流入行動を選択するモデルとなるため、同時に着目するギャップの数についても検討を行い、実証分析をもとにその現象説明力を確かめた。

2. モデル拡張の考え方

本線に安全に流入するために、流入車は速度の調整を行い流入のタイミングを図っていると考えられる。そこで、流入車はある範囲内で速度の調整が可能であるとし、流入しようとするギャップに加えギャップへの流入時点をも選択していると考えた。

具体的には、流入車が常に一定の加速度で加速し続けることを仮定した従来のモデルに対し、流入車が加速を取りやめる時点を設定することができると考える。これにより、流入車は加速車線終端に接近してしまうことなく余裕をもってギャップに流入することができる。

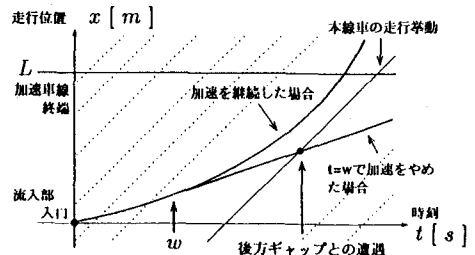
以上に示した考え方は、直近後方ギャップへの流

入のタイミングを選択できるだけでなく、より後方のギャップを待って流入するという選択が可能となることを同時に意味するため、速度調整が行われる場合の流入車の行動は、多項選択行動となる。

3. 合流挙動のモデル化

流入車の速度調整行動を記述するため、流入車が流入部入口に到着した時点（時刻 $t=0$ ）から何秒間加速を続けるかを加速継続時間 w で表す。 $t=w$ は、先に述べた加速を取りやめる時点と等しく、流入車はこの w を決定することで目的のギャップに遭遇し、かつ安全に合流できる位置を選択することができる。

図1 流入車の挙動



・流入車の走行挙動

$$\begin{cases} x_i = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 & \text{for } t < w \\ x_i = v_0 w + \frac{1}{2} a w^2 + (v_0 + a w)(t - w) & \text{for } t \geq w \end{cases}$$

w ... 加速継続時間 [s]
 v_0 ... 流入車の初期速度 [m/s]
 a ... 流入車の加速度 [m/s²]
 L ... 加速車線長 [m]

ただし、ここで言うギャップへの流入時点とはギャップとの遭遇時点と等しく、またギャップとの遭遇時点とはそのギャップを構成している前側の本線車と並んだ時点を示す。

流入車がギャップ k ($k=1, 2, \dots$) に着目した場合、そのギャップに流入する際に決定される加速継続時間 w とは、次に示されるギャップ k に流入す

ることの効用 $u_k(w)$ を最大にするような w である。本モデルではギャップ k の効用を次の線形関数として定義した。

$$u_k(w) = \eta_0 + \eta_1 t_\alpha(w) + \eta_2 t_\beta(w)$$

ここに、 t_α はギャップを構成する本線走行車に対する TTC [s] で、 t_β は流入車の速度で正規化した残存加速車線長 [s] である。前者は「そのままの速度関係を維持したとき、何秒後にギャップ k を構成する前方車が自車に追いつくか。」を、後者は「そのままの速度を維持したとき、何秒後に加速車線終端に行き着くか。」を表す指標であり、危険な状態に陥るまでの時間的余裕を相互に比較して行動選択を行っていると考えた。

また、 η_0, η_1, η_2 はパラメータである。実証分析では喜多・平井の研究²⁾のモデルで推測される「流入しない」という効用との効用差の関数のパラメータを用いた。

この最適な加速継続時間の下で、ギャップ k に流入するという行動 A_k の効用 $U(A_k)$ は

$$U(A_k) = \max_w u_k(w)$$

となり、流入車の遭遇するいくつかのギャップは、この効用の大きさでもって相互に比較される。

流入車は、まず初期時点 ($t=0$) で同時選択可能な c 個のギャップ k' ($k'=1, \dots, k, \dots, c$) について、その位置と速度を確認できたとする。流入車はこれら c 個のギャップのそれぞれに流入するときの最適な流入時点をまず見出す。そして、最適な流入時点で流入する場合の各ギャップ k' の効用 $U(A_{k'})$ を比較し、 c 個のギャップのどれかに「流入する」か、あるいは、いずれにも「とりあえず、流入しない」か、という $c+1$ 個の選択肢の中から行動の選択を行う。このとき、以下の確率 $P_s(A_k)$ で流入行動が選択される。

$$P_s(A_k) = \frac{\exp[U(A_k) - U(A_{c+1})]}{\sum_{k'=1}^c \exp[U(A_{k'}) - U(A_{c+1})]}$$

ギャップへ「流入する」という行動が選択された場合には流入行動は完了するが、「流入しない」場合には本線車を1台やり過ぎたびにこのような選択を繰り返すものとする。

ここで $U(A_{c+1})$ はギャップ k ($k=1, \dots, c$) のどれにも流入しないという選択肢の効用、 c は同時に着目する選択ギャップ数である。

4. 実証分析の結果

実際の流入部における流入車の行動の選択実績データを収集し、尤度比を指標として構築したモデルの現象説明力を確かめた。データの収集には、昭和63年10月29日の7:00～9:00の間に京葉道市川インターチェンジ上りの流入部に撮影されたビデオテープを用いた。また、同時選択ギャップ数 c については、ドライバーが通常どの範囲のギャップを考慮して流入判断を行っているのかの情報がなく、実験的に与えることができないため $c=1 \sim 3$ とした場合についての現象説明力を比較した。

表1 尤度比分析の結果

c	Sample数	初期対数尤度	最終対数尤度	尤度比
c=1	55	-38.123	-6.954	0.82
c=2	32	-35.156	-13.977	0.60
c=3	8	-11.090	-6.774	0.39

上表よりいずれの尤度比も良い値を示しているが、 c の値が増すにつれてその現象説明力は減少していく傾向がみられる。このことは、得られたサンプル数の影響も考えられるが、同時選択可能な、すなわちモデル上で可能な速度調整を行った場合に遭遇可能なギャップ数については1個または2個の場合が多く、3個以上の場合は少ないことが影響しているともいえる。いずれにしても、 $c=1$ としたモデルはどのサンプルにも適応でき説明力も十分といえるので、検討した範囲では $c=1$ としたモデルを採用すべきであると結論づけられる。

しかし、本線の交通量がより大きい場合にはかなり後方のギャップまで見通すことが多いと思われるため、同時選択ギャップ数は大きくなる可能性があり、これを一定として分析するには問題があるとも言える。また視距との関係から線形的设计にも影響を及ぼすため、道路条件や交通条件の異なる区間を対象にさらに吟味する必要がある。

(参考文献)

- 1) たとえば、巻上安爾・松尾 武：流入確率に基づく都市高速道路入路接続方式の評価について、土木学会論文集 第389号, pp.93～101, 1988.
- 2) 喜多秀行・平井克尚：運転行動分析に基づく低速合流時の潜在事故危険度推定法, 土木計画学研究・論文集 No.11, pp.327～334, 1993.