

IV-312 流入車の加速挙動を考慮した低速合流のモデル分析

鳥取大学大学院 学生員 ○ 平井 克尚
鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

高速道路の流入部では、流入車と本線走行車の走行軌跡が錯綜するため事故率が高い。この事故率は加速車線長と密接な関係にあることが知られており、流入部の交通現象を加速車線長と関連づけてモデル化することにより、加速車線長が流入挙動に及ぼす影響の分析が行われてきた。しかし従来のモデル¹⁾²⁾では、加速車線の第1の機能である「流入車が加速すること」が明示的に考慮されておらず、特に流入速度より速い本線交通に加速しながら流入するという低速合流のモデル化においては、この点で不十分であった。

そこで本研究では、流入車のギャップアクセプタンス挙動に着目した従来のモデルを用いて、加速の影響を考慮した流入車存在確率、TTC(Time to Collision)を定式化する。これらの指標を用いて加速車線長が走行挙動に与える影響の理解を図るとともに、安全で無理のない道路設計法開発の基礎とすることを目的とする。

2. 用いたギャップアクセプタンスモデル

ギャップアクセプタンス挙動は、直面したギャップに対し、「流入する」、「見送る」の二つの選択肢のうちどちらか一方を選択することから、二項選択行動とみなすことができる。従来の研究ではいずれかの選択に直接影響を与える要因として、後方ラグ g 、残存加速車線長 $l = L_0 - x$ (L_0 : 加速車線長 x : 走行位置)、相対速度 $v = v_i - v_j$ (v_i : 流入速度 v_j : 本線速度) の三つを挙げており、これらを説明変数とした二項ロジットモデルを用いてギャップアクセプタンス挙動を記述している。

本研究では、市川IC上り線流入部における実態観測調査データを解析する事により以下のモデルを得た。

$$P(a) = \frac{1}{1 + \exp\{-1.89 - 2.66g + 0.04l - 0.17v\}} \quad (1)$$

$$P(r) = 1 - P(a) \quad (2)$$

ここに $P(a)$ は本線ギャップに流入する確率、 $P(r)$ は本線ギャップを見送る確率である。

このモデルの的中率は93%、尤度比は0.74であった。また、同様の調査が行われた東名高速川崎IC上り線のデータに対してこのモデルを用いたところ、的中率95%尤度比0.77という高い値を示した。よってこのモデルのパラメータの空間移転性はかなり高いものといえる。

3. 加速度を考慮した流入車存在確率

流入車存在確率とは、流入車がある地点 x までずっと流入せずに加速車線上に存在している確率である。流入車の加速度を組み入れたモデルを用いて定式化することにより、加速に必要な長さや流入待ち合わせに必要な長さが考慮でき、加速車線長が流入挙動に及ぼす影響を理解することができる。

本研究では、走行位置 x および x における走行速度 v_i を、各車に対して一定な加速度 α さらに初期速度 v_0 (ゼブラ区間先端での速度) を用いて次式で表すことで、モデル中に加速度の影響を組み入れる。

$$x = \frac{1}{2}\alpha t^2 + v_0 t \quad v_i = \alpha t + v_0 \quad (3)$$

但し、 t は流入車がゼブラ区間先端 ($x = 0$) にさしかかったときからの走行時間である。

走行位置 x における存在確率を直接定式化することは、各々の式が煩雑になり困難であるので、まず走行時間 t 、すなわちゼブラ区間先端から加速車線上を何秒走行しているか、という時間的な概念を用いて t 秒後に加速車線上に存在している確率 $P_e(t)$ を求めると、

$$P_e(t|L_0, \alpha, v_0) = \sum_{i=1}^{\infty} P_{ei}(t|L_0, \alpha, v_0) \quad (4)$$

となる。ここに $P_{ei}(t)$ は、 i 個目のギャップに遭遇してそれに流入せずに t 秒後に加速車線上に存在する確率で、以下のように表される。

$$P_{ej}(t|L_0, \alpha, v_0) = \int_0^{\xi} \int_0^{\xi-g_1} \dots \int_0^{\xi-(g_1+\dots+g_{j-2})} \int_{\xi-(g_1+\dots+g_{j-1})}^{\infty} \prod_{i=1}^j g(g_i) dg_j \dots dg_1 \quad (5)$$

$$g(g_i) = P(r|g_i) f_g(g_i)$$

ξ は t 秒後にちょうど流入車と本線車が並ぶような後方ラグ g_1 を表しており、 f_g は $i \geq 2$ のときギャップの分布、 $i = 1$ のとき後方ラグ分布で、この理論分布としてアーラン分布およびその初期分布³⁾を適用した。

よって走行位置ごとの存在確率は、(4)式を x について変数変換し、 α と v_0 のばらつきを考慮して次式で表される。

$$P_e(x|L_0) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_{\alpha}(\alpha) f_{v_0}(v_0) P_e(x|L_0, \alpha, v_0) d\alpha dv_0 \quad (6)$$

$$P_e(x|L_0, \alpha, v_0) = P_e(t(x)|L_0, \alpha, v_0) \frac{dt}{dx}$$

$f_a(\alpha)$ は加速度分布, $f_v(v_0)$ は初期速度分布であり, それぞれ実態観測結果から正規分布で近似した。

図-1 は市川 IC における累積流入確率 ($1 - P_e(x|L_0)$) の実測値と理論分布であるが, 比較的良好に適合していることが分かる。

4. 流入時の TTC 分布

TTC⁴⁾ とは, 相前後して走行する車両がそのままの速度で走行したとき, 何秒後に衝突するかという潜在的な事故危険度を示す指標の一つであり, これを t_c とおくと $t_c = v_j g / (v_j - v_i)$ で表される。流入したときの TTC を求めることにより, 所与の加速車線長においてどれくらい危険な(安全な)流入が起こっているかを知ることができる。

t_c を g について変形し, $g(t_c) = (v_j - v_i)t_c / v_j$ とおくことにより, t_c をギャップアクセプタンスモデルの変数と置き, 走行位置 x において流入したときの TTC が t_c である確率は次式で表される。

$$P(t_c|a, x, L_0) = \int_0^{v_j} P(t_c|a, x, L_0, v) f_v(v_i|x) dv_i \quad (7)$$

$$P(t_c|a, x, L_0, v) = \frac{f_g(g(t_c)) d_g/dt_c P(a|g(t_c))}{\int_0^\infty f_g(g(t_c)) d_g/dt_c P(a|g(t_c)) dt_c}$$

$$f_v(v_i|x) = \int_0^{v_i} f_a(\alpha(v_0)) \frac{d\alpha}{dv_0} f_v(v_0) dv_0$$

$f_v(v_i|x)$ は走行位置 x における流入車の速度分布であり, 加速度分布を含んでいる。図-2 は, 市川 IC の流入位置別の TTC 分布を表している。加速車線終端に近づくほど小さな TTC に流入する割合が多くなっており, 終端での事故率が高くなることが理解できる。

(7) 式より加速車線全体でみた流入時の TTC 分布は, 以下のように表される。

$$P(t_c|L_0) = \int_0^{L_0} P(t_c|a, x, L_0) P(a|x) dx \quad (8)$$

$P(a|x)$ は, x において流入する確率である。図-3 は (8) 式で L_0 を変化させたものである。加速車線が短い程小さな TTC に流入する割合が多くなることがわかる。

5. おわりに

本研究では, 既存のギャップアクセプタンス行動モデルを用いて, 実態観測調査データからパラメータの推定を行い, このパラメータが他の区間においてもある程度有効であることを確認した。

またこのモデルを用いて, 加速度を組み入れた流入車存在確率, 流入時の TTC 分布を加速車線長と対応づけて算定し, 加速車線終端であるほど, また加速車線長が短いほど危険な合流が行われていることが理解された。

これらを用いて, 加速車線終端での存在確率がある一定値以下となる加速車線長, また危険な TTC の値 t_c を定め, 流入時の TTC が t_c 以下である割合が一定値以下となる加速車線長が算定できるため, 事故危険度と関連

づけられた安全性を考慮した加速車線長を求めることができると考えている。

6. 参考文献

- 1) 喜多・畠中: 高速道路流入部におけるギャップアクセプタンス挙動の解析, 第 11 回交通工学研究発表会論文集, pp.9 ~ 12, 1991.
- 2) 喜多・久保蘭: 加速車線長が高速道路流入部の交通挙動に及ぼす影響, 第 44 回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp.460 ~ 461, 1992.
- 3) Frank A. Haight: Mathematical Theory of Traffic Flow, Academic Press Inc., pp.97 ~ 100, 1963.
- 4) Hayward J.C.: Near-miss Determination through Use of a Scale of Danger, Hwy. Res. Record, No.384, pp.24 ~ 35, 1972.

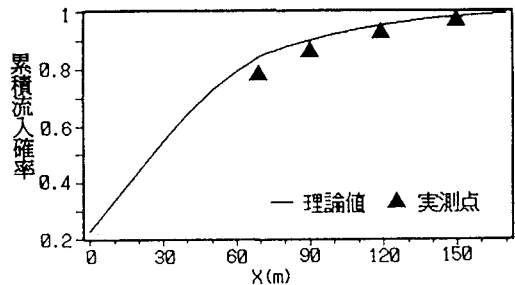


図-1 累積流入確率(市川 IC $L_0 = 170(m)$)

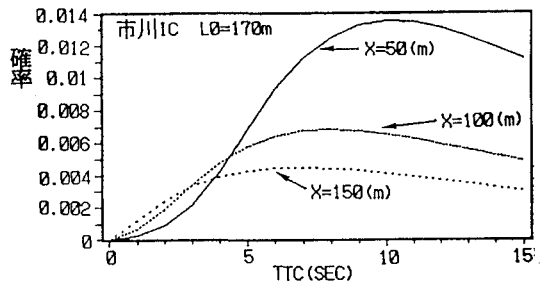


図-2 流入位置別 TTC 分布

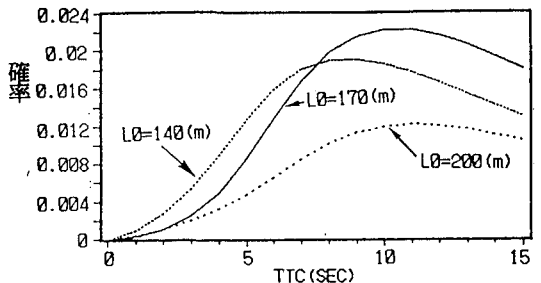


図-3 流入時の TTC 分布