

第IV部門 高速道路流入部の走行安全性に及ぼす加速車線長と  
流入車線・本線交通量の影響に関するモデル分析

神戸大学工学部 学生会員 ○河野 拓斗  
神戸大学大学院工学研究科 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

高速道路流入部において、流入車線の車両が本線へ安全に流入できるか否かは、流入部の合流車線長が一つの大きな要因になっていると考えられている。実際、流入車線の下流側では、流入車が比較的小さなギャップで合流するという傾向が見られる<sup>1)</sup>。小さなギャップへの流入挙動は事故につながるだけでなく、本線走行車に対して避走や減速などの挙動をもたらすことで渋滞の原因にもなりうる。

そこで、本研究では、前述した流入挙動の危険性を、定量的に評価した危険度指標を用いて、合流車線長の設計法を提案する。具体的にはある条件において流入車が流入する・しないを判定するモデル(以下、流入挙動モデルと呼ぶ)を構築し、それらを危険性指標である TTC<sup>1)</sup>、PICUD<sup>2)</sup>指標を用いて評価し、一定の安全性を保証する基準を設けることにより最適な合流車線長を提案する設計法を構築する。

2. 分析手法

2.1 流入挙動モデル

流入挙動モデルは Kita<sup>1)</sup>らによって既にモデル化されているが、この流入者のみの挙動を独立にモデル化しているため、設計法への適応が難しいという点がある。そこで、本研究では巻上ら<sup>3)</sup>の多重合流確率を参考に流入車の前後関係を考慮する形でモデルを拡張する(図-1)。具体的には、合流確率を当該車が流入する際の前後状況によって場合分けを行い、それぞれのパターンにおける合流確率を算出し、全体の確率を求める(図-2)。これにより本線と流入車線の交通量を考慮した合流車線長設計が可能になり、車線長を変化させた時の整備効果を、同モデルを用いる事で推定することができる。また、モデルの簡略化のため、流入形態は本線走行車の速度が流入車のそれよりも大きい「低速合流」、また流入車が流入を見送るギャップは1つまでと仮定する。

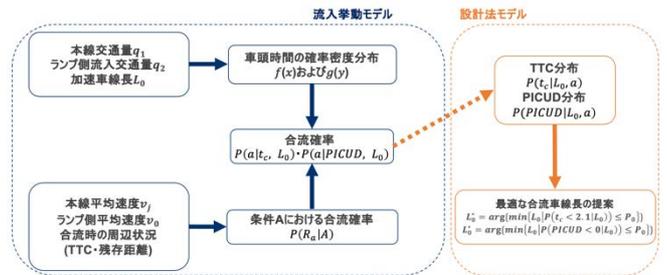


図-1 本研究のフローチャート

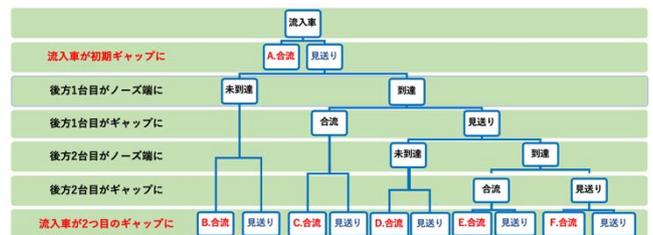


図-2 合流パターンの構造化

2.2 危険度指標に基づく合流車線長決定法

2.1 節で述べた流入挙動モデルを用いて、ある合流車線長において流入する車を危険性指標で評価した分布(TTC 分布・PICUD 分布)が得られる。TTC は次式で与えられ、そのままの状況があと何秒続けば衝突に至るかを示している。

$$t_c(\text{sec}) = \frac{(\text{車間距離})}{(\text{相対速度})} = \frac{gv_j}{v_j - v_0} \quad (1)$$

$v_0$  : 本線車速度[m/s]       $v_j$  : 流入車速度[m/s]  
 $g$ : ギャップ(s)

また PICUD は次式で与えられ、前方車両が急減速した際に後方車両が反応遅れを伴って急減速をし、完全に停止した状況における車間距離を示している。

$$PICUD(m) = \frac{v_0^2}{-2a} + s_0 - (v_j \Delta t + \frac{v_j^2}{-2a}) \quad (2)$$

$s_0$  : 車間距離[m]     $\Delta t$ : 反応遅れ時間[s]  
 $a$  : 減速時の加速度[m/s<sup>2</sup>]

それぞれの指標については危険と考えられる値域<sup>4)</sup>があ

り、本研究ではその値域における合流を「危険合流」と定義する( $t_c < 2.1$ ,  $PICUD < 0$ )。その危険合流の割合が、分布において一定水準以下( $P_0$ )を満たす合流車線長のうち、最小のものを合流車線長として提案する<sup>5)</sup>。よって、

$$L_0^* = \arg\{\min\{L_0 | P(t_c < 2.1 | L_0) \leq P_0\}\} \quad (3)$$

$$L_0^* = \arg\{\min\{L_0 | P(PICUD < 0 | L_0) \leq P_0\}\} \quad (4)$$

$L_0$ : 合流車線長

を満たす $L_0$ を最適な合流車線長 $L_0^*$ として提案する。

### 3. モデルの実証分析

モデルの現象説明力を検証するため、実測データを用いて最適な合流車線長の提案を行う。実測データは阪神高速道路 11 号池田線(大阪方面)の塚本流入部のものを用いる。実際の合流車線長は約 50m である。合流車線長を変化させた時の TTC 分布、並びに PICUD 分布が図-3 である。

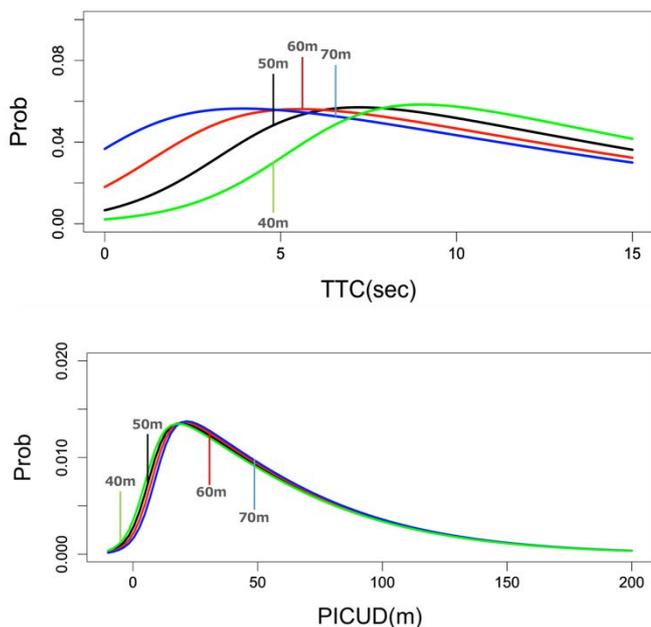


図-3 合流車線長を変化させた時の危険性指標の分布  
(上段:TTC 分布, 下段:PICUD 分布)

TTC 分布においては合流車線長を縮小することによって合流車の TTC が全体として長くなる、すなわち危険合流の割合が減少し、安全性が向上するとの結果が示された。これは筆者が当初想定していた結果とは相反するものであり、この設計法を持って合流車線長を提案するには課題が残るものとなった。

一方で PICUD 分布において合流車線長を伸ばすこと

により危険合流の割合が減少する、すなわち安全性が増すという結果となった。PICUD 分布を用いて今回は危険合流が 1% 以下になる最小の合流車線長を求めた。

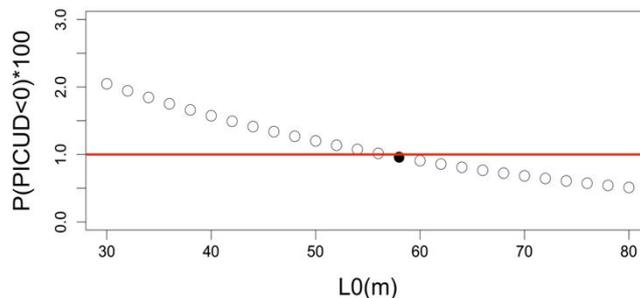


図-4 合流車線長を変化させたときの危険合流の割合

合流車線長は 58m にすることが望ましいとの結果になった(図-4)。

### 4. おわりに

今回は危険性指標として TTC, PICUD 指標を用いた合流車線長設計法の提案を行った。実証分析では PICUD 指標を用いた場合において、合流車線長を延伸することによって、危険合流の割合が減少し、安全性が向上するとの結果が得られた。指標ごとに異なる結果を示すことから、適切な設計法を提案するためにはさらなるデータを用いた検証を行う必要があるものの、設計法として危険性指標を用いる手法が可能であることを本研究で示した。今後はより合流車線長の長いデータを用いてモデルの安定性を検証すると、自動運転技術や路車間通信技術を導入した際の効果推定を本モデルで行えるように改良を進めていきたいと考える。

### 参考文献

- 1) H.Kita: Effects of Merging Lane Length on the Merging Behavior at Expressway On-Ramps, Transportation and Traffic Theory (C. Daganzo(ed.)), American Elsevier, pp.37-51, 1993.7
- 2) 鈴木弘司, 松村悠貴: 都市高速道路合流部の錯綜事象における衝突危険性評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集第 32 巻
- 3) 卷上安爾, 松尾 武: 多重合流を考慮した流入確率の算定方法について, 土木学会論文集, No413, pp.87-96.1990
- 4) Van der Hoist A.R.A, Brown GR: Time-to-Collision and Driver Decision-Making in Braking, TNO-report IZF
- 5) 阪神高速道路株式会社:ZEN Traffic Data, 2019