

高速道路流入部における走行挙動を踏まえた加速車線長設計法

(株)TLA ジャパン 正会員 ○原口 晃
鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

高速道路流入部における現行の加速車線長設計法では、流入車が本線速度まで加速するために必要な長さを基準として設定されている。つまり加速車線長は加速に必要な距離であり、流入車の流入調整待ち合わせ距離については余裕をもたせると言う形でしか考慮されていない。流入部の走行挙動は流入部の道路特性、交通特性によって変化するため、両者の関係を的確に把握し、実態に即した設計をする必要があるが、これまで流入部におけるドライバーの走行挙動分析が複雑かつ困難であることから、必ずしもそうはなっていなかった。また流入部上流で見られる本線車の車線分布が流入部に及ぼす影響も設計法には考慮されていない。

そこで、本研究では走行挙動に支配的影響を及ぼす幾何構造要因である加速車線長と後方視距を設計変数として取り上げ、流入部上流における車線分布形成モデルと加速車線流入車の相互関係を考慮した流入挙動モデルを開発し、事故危険度の指標より加速車線長の新たな設計法を提案する。

2. 流入部における車線利用率推定法

流入部の走行挙動に多大な影響を及ぼす流入部上流における車線分布形成モデルを考慮する必要がある。まず対象とする流入部は本線が走行車線($i=2$)と追越車線($i=3$)の2車線、流入車線が1車線とする。撮影された流入部区間のビデオより、流入部上流において流入車との錯綜を避けるために事前に流入部の状況を予測した上で走行車線から追越車線に先行避走行動が見られる。この先行避走行動により流入部を走行する走行車線交通量と速度が変化し、流入車の流入挙動に影響を与えるため、流入部上流における車線分布形成モデルを開発する。本モデルでは流入部の走行安全性（流入部を走行する上で本線車が安全と考えられるいずれかの本線を選択するモデル）と本線車の走行快適性（流入部を走行する上で本線速度に近い速度で走行可能ないずれかの本線を選択するモデル）を考慮し、流入部において車線変更が生じない均衡状態を求め、車線利用率より走行車線交通量と速度を導出する（図1参照）。モデル構築に欠かせない先行避走意思決定前の交通量は λ_2, λ_3 ($\lambda_2 + \lambda_3 = \lambda$)とする。先行避走確率 p により先行避走意思決定後の走行車線、追越車線の交通量は $\lambda_2^* = (1-p)\lambda_2$ 、 $\lambda_3^* = p\lambda_2 + \lambda_3$ と変化する。走行安全性モデルを考慮する上で車線利用率推定モデル¹⁾を改良する。流入部の本線車、流入車ドライバーの流入避走行動の意思決定はゲーム理論の利得関数で表せる。各ドライバーの意思決定が走行車線、追越車線の車両との衝突・追突等の状況が発生するため、流入部上流を走行する本線車ドライバーは安全性の高い車線を選択する。流入避走行動の組み合わせとその状況が

生起する確率より各本線の期待利得 EU_i が導出できる。次に走行快適性モデルにおいて本線車の先行避走後の交通量推移が走行速度に影響を与えると考える。希望速度で走行する本線車は希望速度達成距離が得られるが、他の本線車の影響を受ける場合、希望速度から追従速度となり、達成される距離が異なる。ここで走行快適性を表す関数として速度変化における距離損失を S_i とする。各本線の本線車は車線選択において距離損失の少ない車線を選択すると考える。

各車線の期待利得 EU_i と距離損失の利得 S_i を同時に用いる。しかし、 S_i に適切なデータがないためパラメータ β とおく。走行車線、追越車線の期待利得をそれぞれ U_2, U_3 で与えると次式で示される。

$$U_2(p) = EU_2(p) + \beta S_2(p) \quad (1)$$

$$U_3(p) = EU_3(p) + \beta S_3(p) \quad (2)$$

各車線の期待利得が先行避走確率 p によって均衡すると考えられることから、

$$U_2(\lambda_2^*(p), \lambda_3^*(p)) = U_3(\lambda_2^*(p), \lambda_3^*(p)) \quad (3)$$

となる。(3)式を解き、走行車線の車線利用率 $p^* = \lambda_3^*/\lambda$ となる。これより流入部走行車線の本線交通量、追従速度を導出することができる。

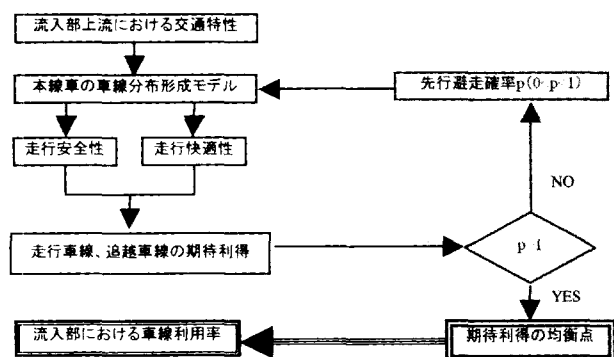


図1 流入部における車線利用率法のアプローチ

3. 流入挙動モデルと事故危険度

次に流入部における安全な加速車線長設計法を提案するために起こりうる流入車と走行車線本線車の事故リスク評価より事故危険度を導出する。喜多・原田³⁾の研究と同様に事故リスクの要因を主に本線に流入する流入車と直後方を走行する本線車との事故とする。しかし、既存の研究において相前後する流入車を独立に扱っているため、必ずしも実態にそぐわない点が存在した。つまり、流入車の流入挙動は相前後する流入車によって最も安全と考えられる本線車のギャップ（車頭間隔）に流入することが困難となり、無理な流入行動につながる。よって、本研究では相前後する流入車の相互関係を考慮した流入挙動モデルを開発する。本モデルでは流入部で起こりうる交通諸特性を踏まえ、

TTC 分布 (事故危険度) が導出される。TTC 分布を用いて流入車のギャップ選択における相前後する流入車が異なるギャップに流入する場合、同じギャップに流入する場合の事故危険度を求める。ここで相前後する車両の前方を流入前方車、後方を流入後方車とする。流入前方車と流入後方車の TTC 分布関数は $F_1(T)$ 、 $F_2(T)$ とする。相前後する流入車が異なるギャップに流入する場合は、流入前方車と流入後方車それぞれを独立に扱うことができる。これより異なるギャップに流入する事故危険度 $F'(T)$ は、次式で示される。

$$F'(T) = 1 - (1 - F_1(T))(1 - F_2(T)) \quad (4)$$

次に相前後する流入車が同じギャップに流入する場合の組み合わせは、(流入前方車と流入後方車)、(流入後方車と流入後方車) が考えられる。それぞれが生起する確率を p_1, p_2 とすると同じギャップに流入する事故危険度 $F''(T)$ は次式で示される。

$$F''(T) = p_1 \{1 - (1 - F_1(T))(1 - F_2(T))\} + p_2 \{1 - (1 - F_2(T))(1 - F_2(T))\} \quad (5)$$

(4)、(5) 式より起こりうるすべての事故危険度 $F^*(T)$ は、 $F^*(T) = q_1 F'(T) + q_2 F''(T)$ となる。ここで q_1, q_2 はそれぞれの状況が生起する確率である。

4. 本研究における加速車線長設計法

前章で導出された事故危険度 $F^*(T)$ より、本研究における加速車線長の設計法を明らかにする。 $F^*(T)$ が T_0 以下の場合、事故が発生すると考え、その T_0 以下となる確率 P を求める。ここで事故危険度の許容量 P_0 を設定し、その許容量以下となる加速車線長 L^* と後方視距 h^* の組み合わせより高速道路流入部における走行挙動を踏まえたいくつかの加速車線長を提案する (図 2 参照)。

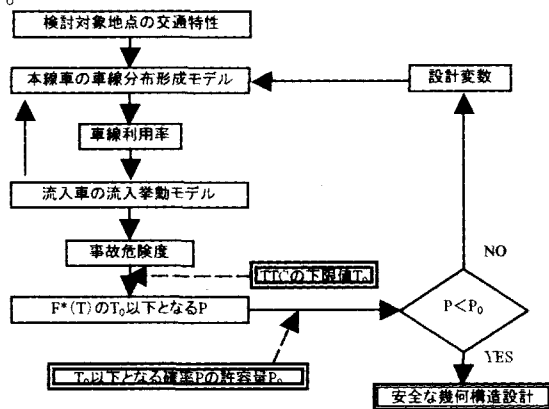


図2 加速車線長設計法のアプローチ

5. 事例分析

観測データを用いて事例分析を行う。ここで事例分析をする上で必要な値 T_0 は 3(秒)、 y は 200(m)、 k_c は 50(台/km/車線)とする。またパラメータ β は -0.0321 と推定した。データは 1999 年 9 月 9 日東名豊田インターチェンジ (13:33~13:58 の 25 分間) のノーズ端を通過する各車線 (追越車線、走行車線、流入車線) の交通量とノーズ端から上流 200m 地点までの区間における車線変更挙動を用いる。流入車線、走行車線、追越車線の交通量は 261 台、336 台、312 台であった。

先行避走車は流入部の安全性を予測するにあたって加速車線長が 200m、流入車線、走行車線、追越車線の速度は観測値を基にそれぞれ 82.8km/h、85.8km/h、95.7km/h に設定した。また「流入後方車と流入後方車」の状況が最も起こりやすいと考え $p_2 = 1$ 、 $q_2 = 1$ と仮定する。

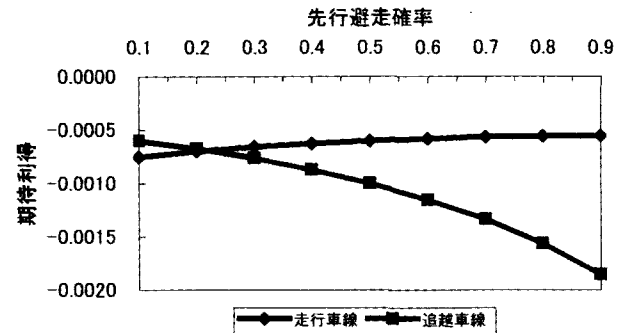


図3 各車線における期待利得

図3より車線利用率は 0.218、本線走行車線の 1 時間の交通流量 586 台/h と追従速度 74.2km/h が得られた。

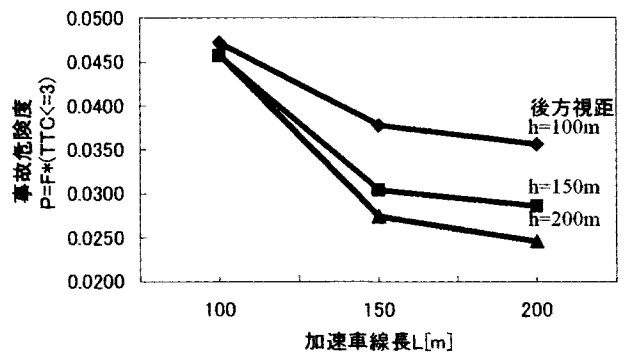


図4 加速車線長と事故危険度

ここで図4より流入部幾何構造設計において事故危険度許容量 P_0 を 0.035 以下とする場合、採用される設計変数 (L^*, h^*) は (150, 150)、(150, 200)、(200, 150)、(200, 200) の 4 つである。採用された設計変数の中で制約条件である建設費用、道路形状や用地等を考慮し最も良い設計変数の組み合わせが選ばれると考えられる。

6. おわりに

本研究では高速道路流入部における走行挙動を踏まえた加速車線長設計法に関するモデル化を行い、事例分析を行った。分析結果を基に加速車線長、後方視距の組み合わせが得られた。今後の課題として考慮されていない交通現象を改善する必要がある。

参考文献

- 1) 喜多秀行・原口晃:高速道路流入部設計のための車線利用率推定法、第 53 回土木学会中国支部研究発表会概要集、IV-3, pp505-506, 2001
- 2) 喜多秀行・原田裕司:流入タイミング調整行動を考慮した流入挙動モデル、土木計画学研究・論文集 No.12, pp673-679, 1995