

衝突危険性評価を用いた都市高速道路センターランプにおける合流挙動分析

松村 悠貴¹・鈴木 弘司²

¹学生会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市御器所町)
E-mail:cju13569@stn.nitech.ac.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院准教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市御器所町)
E-mail:suzuki.koji@nitech.ac.jp

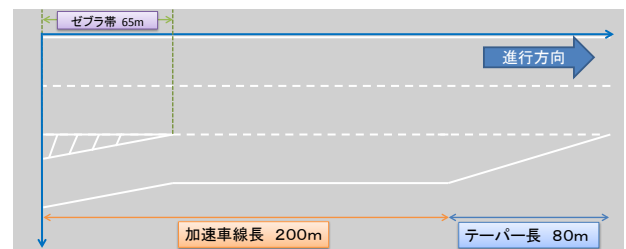
都市高速道路合流部における円滑性向上を目的とし、合流長の異なる2か所のセンターランプを対象として、合流挙動に影響を及ぼす周辺交通状況を比較分析した。まず、合流挙動のデータに対し、コンフリクト指標であるPICUD指標を用いて衝突危険性を評価することで、合流部における衝突危険性の高い錯綜の発生状況を明らかにした。また得られたPICUD指標の結果をもとに判別分析を行い、衝突危険性に影響を与える要因を示した。これらの結果から合流車両が合流を開始する位置が衝突危険性に対して影響を及ぼす主要な要因となることがわかった。

Key Words : Urban expressway, Merging section, Collision, PICUD

1. はじめに

合流部は、合流車両と本線走行車両との錯綜が頻繁に発生する区間である。運転者は、合流部流入時において短時間で周辺交通状況を認知し、判断する必要がある。そのため、合流部は運転者にとって走行の負担が多く存在する区間であるといえる。また合流部における交通状況は、本線走行車両の挙動や安全性、円滑性に対して影響を及ぼすと考えられ、適切な運用管理が求められる。他方、都市高速道路では、土地利用の制限から合流部構造が影響を受けるため、右側からの合流となるセンターランプ（以下、右側合流）が採用される場合がある。右側合流では、速度の低い合流車両が、速度の高い追越車線へ合流するため、本線に与える影響が大きくなると推察される。例えば田村ら¹⁾は、都市高速道路合流部に着目し、合流時の円滑性を分析しているが、コンフリクト指標を用いた分析を考慮に入れていない。

そこで本研究では、名古屋高速道路における右側合流部のデータから、コンフリクト指標を用いて、合流車両と本線走行車両との潜在的な衝突危険性を定量的に評価する。また評価値を用い、合流時の安全性に影響を与える要因について分析する。なお、本稿は、合流長の異なる2か所の合流部を対象とした比較を行っており、その点において先行研究²⁾とは異なる。



2. 計測対象区間概要

本研究では、名古屋高速3号大高線堀田入口及び笠寺入口を対象として撮影された映像データを用い、各走行車両の走行位置、速度の計測を行う。堀田入口の構造を図-1、笠寺入口の構造を図-2に示す。名古屋高速道路において堀田入口及び笠寺入口を含む区間は、片側2車線

であり、規制速度が60km/hと定められている。また、堀田入口は、平成22年4月より、合流部延長工事が行われ、平成23年10月下旬に工事が完了し、合流部が80m延長されている。本稿では、合流部延長後のデータを用いて計測、分析を行う。

また、堀田入口及び笠寺入口のQ-V関係を図-3、図-4に示す。堀田入口における本線は、14時台において自由流に近い交通状況にあり、16時台は渋滞状態にあることがわかる。また笠寺入口においては自由流に近い状況が続き、渋滞状態に至っていないことがわかる。本稿では、堀田入口の14:00~14:15、15:20~15:35のデータおよび笠寺入口の16:15~16:30のデータを用いて比較検討を行う。また、図-5に堀田入口及び笠寺入口の第二車線利用率を示す。各合流部ともに第一車線と比較して第二車線が多く利用されていることがわかる。したがって、合流車両及び本線走行車両間において錯綜が発生しやすい状況にあると考えられる。

3. 合流車両の挙動

(1) 合流開始位置の推移

各合流部における合流開始位置の分布を図-6に示す。ここで合流開始位置とは、合流車両の車体(左端部)が第二車線と合流車線の車線境界線に達した位置を指す。

図-6より、堀田入口においては時刻が経過するにつれ合流開始位置が加速車線開始位置付近へ推移していることがわかる。十分な加速を行わない状態で合流を開始しているため衝突危険性の高い錯綜が発生していると推察される。また、笠寺入口の16時台においては、合流部中流付近で合流を開始する車両が多い傾向にある。

(2) 合流経過時間の分布

各合流部の合流経過時間の分布を図-7に示す。本研究では、合流車両が合流開始位置に達し、車体全体が第二車線に進入するまでの時間を合流経過時間と定義する。各合流部の合流経過時間の分布を比較すると、笠寺入口のほうが合流経過時間が短いことがわかる。堀田入口に比べ笠寺入口は合流長が短いため、より短時間で合流を完了する必要があると考えられる。他方、堀田入口では本線の交通状況を十分に確認できる機会が増加していると考えられる。

(3) 合流開始時速度の比較

各合流部における合流車両の合流開始時の平均速度と標準偏差を図-8に示す。また、表-1に2つの合流部における合流開始時平均速度の検定の結果を示す。合流開始時の平均速度は笠寺入口よりも堀田入口の方が高いこ

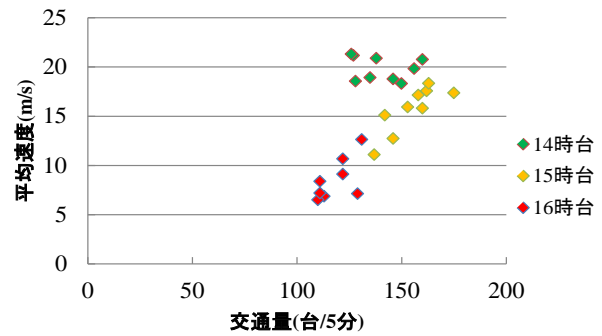


図-3 堀田入口における Q-V 図

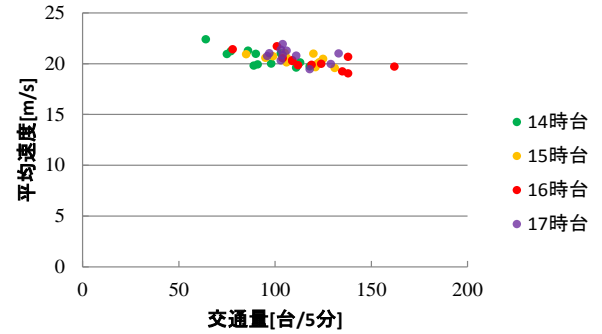


図-4 笠寺入口における Q-V 図

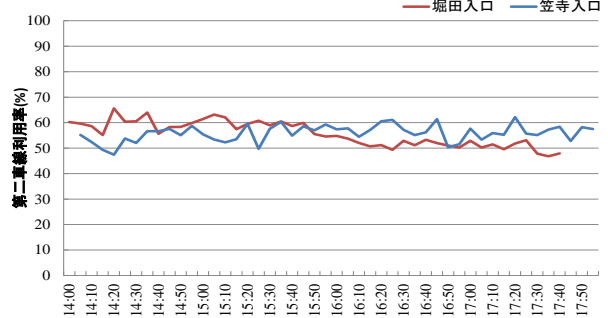


図-5 第二車線利用率

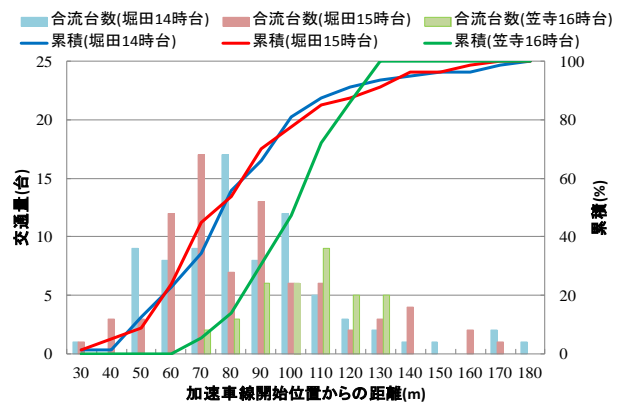


図-6 合流開始位置分布

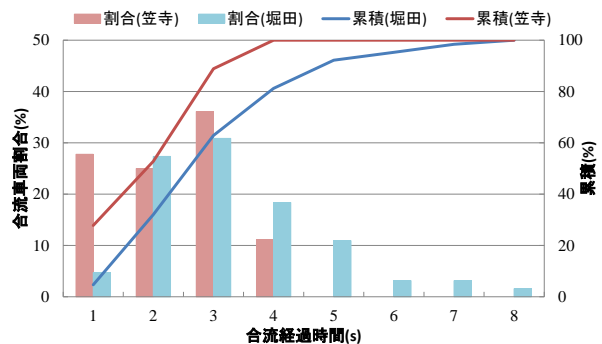


図-7 合流経過時間の分布

とがわかる。合流経過時間の場合と同様にして、堀田入口の方が合流長が長いので、合流車両が加速車線において十分な加速を行うことができるため、合流開始時の速度が高いと考えられる。以上より十分な合流長が確保されている場合、合流車両は本線状況を確認でき、十分な加速を行ったうえでの合流が可能となると推察される。

4. 潜在的衝突危険性の評価

(1) 錯綜事象に対する評価指標

本研究では、コンフリクト指標としてPICUD指標³⁾を用いる。PICUD指標は、宇野、飯田らにより提案されたコンフリクト指標である。前方車両が急減速し、後続車両が反応遅れを伴い急減速を行う状況を仮定し、両車両が完全に停止した状況での車両間の距離を表したものである。PICUD指標が0以下である時、両車両が衝突する潜在的危険性が高い状態であることを示す。本稿では、減速時の加速度は0.3Gを用いて分析を行う。合流開始から完了までのPICUD指標を算出し、各合流において計測された最小値を「最小PICUD」として定義する。

また、PICUD指標は、2台の車両間において算出されるため本稿では、合流車両と本線後方車両の錯綜時に算出されるPICUD指標を対象として分析する。

(2) 危険事象発生分布

各合流部における危険事象発生分布を図-9、図-10、図-11に示す。なお、危険事象発生分布は、式(1)を用いて算出した危険事象割合を合流車両位置毎に示したものである。ここで堀田入口の全長は280mであるがサンプル数の都合上、200m以上の範囲としてまとめている。

$$\text{危険事象割合} = \frac{\text{走行位置毎のPICUD0以下の合流車両数}}{\text{走行位置毎の合流車両数}} \quad (1)$$

堀田入口においては合流部上流付近にて危険事象が発生しやすい状態であることがわかる。一方、合流部下流付近においては危険事象が検出されづらくなることがわかる。これは合流部上流において合流車両が加速を十分に行わない状態で本線第二車線に合流するため衝突危険性が高まったと考えられる。合流部下流では合流車両が十分に加速を行えているため衝突危険性は低下していると推察される。一方、笠寺入口では危険事象の発生が、合流部上流から中流にかけて高いことがわかる。堀田入口と比較して笠寺入口は合流長が短いため、同様な本線交通状況であっても適切な合流挙動がとりづらいつとされる。合流部下流へ向かうにつれ危険事象割合は低下しているため、堀田入口の場合と同様にして加速車線において十分な速度まで加速することが影響していると考えられる。

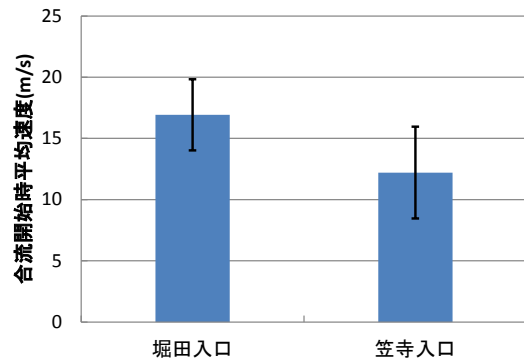


図-8 合流開始時平均速度

表-1 合流開始時平均速度(t検定)

	合流開始時 平均速度(m/s)	標準偏差	t値
堀田入口	16.93	2.90	-6.97
笠寺入口	12.21	3.75	

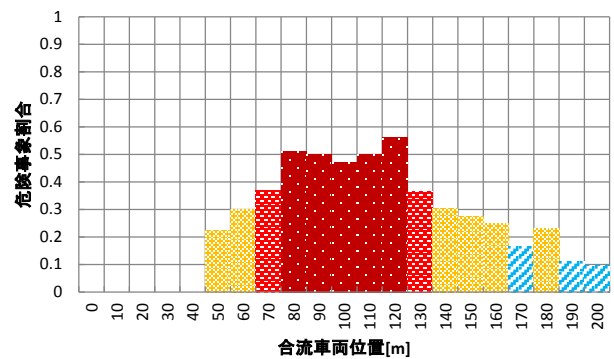


図-9 危険事象発生分布 (堀田入口 14:00~14:15)

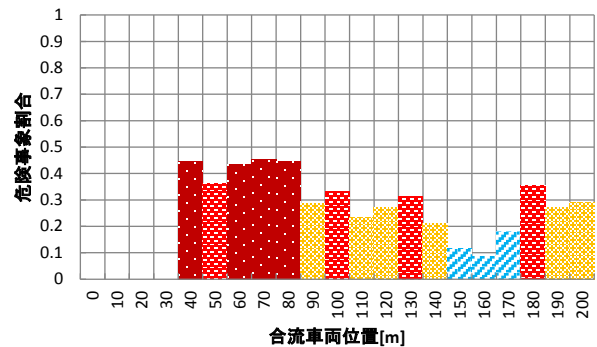


図-10 危険事象発生分布 (堀田入口 15:20~15:35)

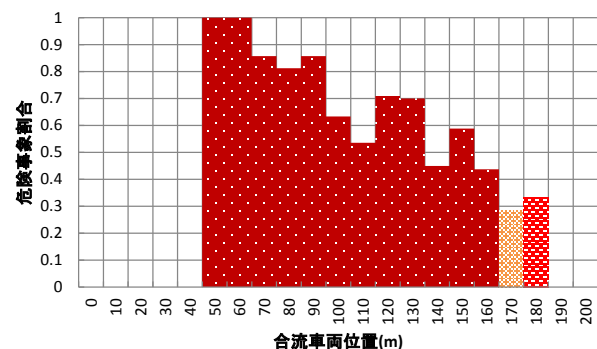


図-11 危険事象発生分布 (笠寺入口 16:15~16:30)

5. 錯綜発生時の安全性に関する要因分析

錯綜発生時において周囲の交通状況が合流挙動に与える影響を判別分析を用いて明らかにする。被説明変数を危険性の有無とし、式(2)を用いる。被説明変数及び説明変数の詳細を表-2に示す。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (2)$$

ここで y :判別得点, a_n :正準判別係数, x_n :説明変数である。

被説明変数である危険性の有無について、今回、最小PICUDが0以下の場合を危険として評価する。よって、PICUD指標算出の際に用いる各車両の速度や車間距離は、判別分析に用いる説明変数から除いている。また、堀田入口及び笠寺入口から得られたデータを組み合わせたものを使用して分析している。

合流車両及び本線後方車両データを用いて判別分析を行った結果を表-3に示す。分析結果は、標準化係数が正であれば合流時の安全性を高める要因となり、負であれば危険性を高める要因となる。

まず合流位置[140m以上160m未満]ダミー及び合流位置[160m以上180m未満]ダミーが安全性を高める要因となることがわかる。危険事象発生分布からもわかるように合流部下流付近では衝突危険性の発生が低下していることがわかる。合流部下流付近で合流を開始することにより合流車両は十分な加速を得るため、本線後方車両との錯綜時における衝突危険性は低下すると考えられる。また合流部下流付近で合流することにより合流車両は合流に適した本線走行車両間の車間を選択する機会が増えるため、安全性の高い合流挙動を行うことができると考えられる。また、本線後方車両の視点では、合流車両が合流部下流で合流を開始するまでに自車速度の低下や本線前方車両との車間距離を十分に設けるといった円滑な合流を促す環境を作ることができると推察される。一方、合流位置[100m以上120m未満]ダミーが危険性を高める要因となることがわかる。実現象においても合流部上流から中流付近にかけて衝突危険性の高い合流挙動が計測されている。そのため判別分析の結果からも加速を十分に行わずに早い段階で合流を開始してしまうことは合流時の危険性を高める要因となることがわかる。

また合流部選択ダミーが安全性を高める要因であることがわかる。合流部選択ダミーは堀田入口を1、笠寺入口を0としてダミー変数を設定しているため堀田入口であれば合流時の安全性が高まることを示している。堀田入口及び笠寺入口ともに右側合流の構造であり、本線の交通状況が類似したサンプルを取得している。そのため笠寺入口と比較して合流部の全長が長い堀田入口では安

表-2 変数の詳細

説明変数		詳細
構造面	合流位置[20m間隔]ダミー	合流位置が対象範囲:1, それ以外の範囲:0
	合流部選択ダミー	堀田入口:1, 笠寺入口:0
円滑性	合流経過時間(s)	合流開始から完了までの時間(s)
車種	大型車混入率	各時間帯の第二車線における大型車混入率
	合流車両(大型)ダミー	合流車両が大型車両:1, 普通車両:0
	前方車両(大型)ダミー	前方合流車両が大型車両:1, 普通車両:0
	後方車両(大型)ダミー	後方合流車両が大型車両:1, 普通車両:0
本線交通状況	前方車両の有無ダミー	第二車線上に前方車両が存在:1, 存在しない:0
	後方車両の有無ダミー	第二車線上に後方車両が存在:1, 存在しない:0
	加速車線進入時第一車線密度[台/km]	加速車線進入時の第一車線密度[台/km]
	加速車線進入時第二車線密度[台/km]	加速車線進入時の第二車線密度[台/km]
	加速車線進入時本線密度差[台/km]	加速車線進入時の本線密度差[台/km]
	加速車線進入時本線密度比	加速車線進入時の本線密度比
	合流開始時第一車線密度[台/km]	合流開始時の第一車線密度[台/km]
	合流開始時第二車線密度[台/km]	合流開始時の第二車線密度[台/km]
	合流開始時本線密度差[台/km]	合流開始時の本線密度差[台/km]
	合流開始時本線密度比	合流開始時の本線密度比
他合流車両	前方合流車の有無ダミー	前方に他の合流車両が存在:1, 存在しない:0
	後方合流車の有無ダミー	後方に他の合流車両が存在:1, 存在しない:0
被説明変数		詳細
合流における危険性の有無		1. 合流時に観測された最小PICUDが正:安全
		0. 合流時に観測された最小PICUDが負:危険

表-3 判別分析結果

説明変数	標準化係数
合流位置[140m以上160m未満]ダミー	0.503
合流位置[160m以上180m未満]ダミー	0.660
合流部選択ダミー	0.473
合流位置[100m以上120m未満]ダミー	-0.188
分類結果	的中率
	77.5%
サンプル数	
151	

全性の高い合流時の交通環境を作りやすいと推察する。都市高速道路における特異な構造である右側合流であるが、堀田入口のように十分な合流長を設けることにより衝突危険性を低下させ、本線走行車両及び合流車両の双方に対して円滑な合流を促すことができると考えられる。

6. おわりに

本研究では、合流長の異なる都市高速道路右側合流部を対象に、危険事象発生割合の分布や合流挙動に影響を与える要因を判別分析により分析した。堀田入口と笠寺入口を比較することでセンターランプにおける合流長の違いによる合流挙動への影響を分析した。実現象及びモ

デルから堀田入口と比較し合流長の長い堀田入口において、衝突危険性の低い合流挙動をとることがわかった。現段階では2か所の合流部のみを対象としているため、他の合流長の異なるセンターランプの分析を進める必要がある。またセンターランプにおける危険性の特徴を明らかにするため、サイドランプでのデータ取得ならびに比較分析を試みる必要がある。

謝辞：本研究に使用した映像データは、名古屋高速道路公社より提供頂いたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田村，山田ほか：名古屋高速道路の入口合流部加速車線延長による効果検証，第32回交通工学研究会発表論文集，No.2，pp7-12，2012
- 2) 松村悠貴，鈴木弘司：都市高速道路合流部の錯綜事象と衝突危険性に関する分析，交通工学研究発表会論文集 33, 97-100, 2013.
- 3) 宇野伸宏ほか：一般道織込部におけるコンフリクト分析と速度調整モデルの構築，土木計画学研究講演集，vol.25，2002.

(2014.8.1受付)