

都市間高速道路の合流部における交通実態を踏まえた 加速車線長に関する考察

森田大也・田中良寛・河野友佑・瀬戸下伸介

1. はじめに

高速道路等の合流部においては、車両が円滑かつ安全に合流するために、本線走行車両との速度差を小さくするための十分な加速及び本線交通に合流するための待合せ走行を考慮した適切な加速車線長の設定が必要である。また、合流部はボトルネックとなり、渋滞発生の要因ともなることから、合流部の適切な設計は、交通円滑化の観点からも重要である。

既存の加速車線長の設定については、「道路構造令の解説と運用（以下「同解説書」という。）」によって本線設計速度に対応した加速車線長や勾配区間の補正率に関して標準値が定められているが、加速車線長は、本線設計速度により一意に定まるものではなく、道路幾何構造や本線の交通状況等に応じて変化させるべきものであると考えられる。

そこで、本稿では、都市間高速道路の加速車線における、車両の合流速度及び合流位置等の合流挙動実態、合流挙動実態に基づく合流挙動に影響を及ぼす要因についての分析を行うとともに、現行基準を基に算定された加速車線長と合流挙動実態に関する考察を報告する。

2. 現行基準における加速車線長の算定根拠

加速車線長は、同解説書において、本線設計速度に応じた標準値が示されている。これは通常のトラックを対象とした加速所要長をもとに決定されており、具体的には下式による計算結果をもとにしている。

$$L = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \quad \text{-----式 (1)}$$

ここで、 L ：加速車線長 (m)、 a ：加速度 (m/s^2)、 v_1 ：設計到達速度 (m/s) v_0 ：設計初速度 (m/s)

$$\alpha = \frac{dv}{dt} = \frac{g}{1+\epsilon} \left\{ \frac{\eta H}{Wv} - \mu - \frac{\lambda S}{1,000W} v^2 \right\} \quad \text{---式 (2)}$$

ここで、 g ：重力加速度 (m/s^2)、 η ：機械効率、 μ ：ころがり摩擦抵抗、 S ：投影面積 (m^2)、 H ：軸出力 (有効出力) (kW)、 ϵ ：加速抵抗比、 W ：車両重量 (kN)、 λ ：空気抵抗係数 (Ns^2/m^4)、 v ：走行速度 (m/s)

なお、式 (1) における設計到達速度については、本線設計速度に応じ設定 (例えば本線設計速度が100km/hの場合65km/hなど)、設計初速度については、ランプ設計速度と同値に設定している。

3. 現地調査方法

3.1 現地調査の目的と調査対象箇所を選定

合流挙動に対して本線の交通状況が与える影響について把握するため、現地調査を実施することとした。①本線車線数が片側1車線及び片側2車線以上の都市間高速道路、②本線交通量が400台/h・車線から1,200台/h・車線、③加速車線における合流挙動をビデオ観測可能、の選定条件を基に、表-1に示す調査箇所を選定した。また、加速車線に関する定義は、図-1に示すとおりである。路線A及び路線Cについては、同解説書に規定される加速車線長標準値と実際の加速車線長が等しいが、路線Bは標準値より短く、路線Dについては標準値より長い加速車線長が確保されている状況である。

表-1 調査対象箇所の概要

	路線A	路線B	路線C	路線D
本線車線数(片側)	1	1	2	3
本線設計速度(km/h)	100	100	100	100
ランプ設計速度 V_0 (km/h)	40	30	40 </td <td>40</td>	40
設計到達速度 V_1 (km/h)	65	65	65	65
加速車線長標準値(m)	240	240	240	240
実際の加速車線長(m)	240	210	240	300
ピーク時間交通量(台/h・車線)	458	547	645	1,073

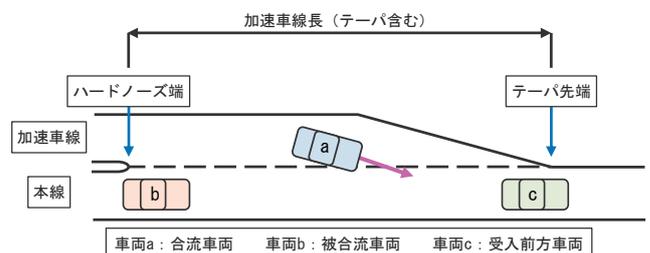


図-1 加速車線に関する定義

3.2 データの取得方法

加速車線における合流挙動の実態を把握するため、各調査箇所において、平日12時間（7時から19時）におけるビデオ観測データを取得した。また、常時観測交通量データ（様式QV-11 高速道路交通量速報値様式（日別））及び現地状況により、ピーク時間帯（2時間）を特定し、その時間帯のビデオ観測データを抽出した。本研究における観測項目は以下のとおりである。

- ・合流車両、被合流車両、受入前方車両の車種（車種分類は、小型車及び大型車とし、全国道路・街路交通情勢調査の車種分類に準拠）
- ・ハードノーズ通過時の合流車両の速度
- ・合流時の合流車両の速度
- ・合流車両の加速度
- ・合流時の被合流車両、受入前方車両の速度
- ・合流位置（ハードノーズ端からの距離）
- ・合流時の車間距離（流入ギャップ）
- ・被合流車両における危険挙動（減速・避走）の有無

4. 現地調査結果による合流挙動実態の把握

4.1 初速度と到達速度

加速車線における初速度（ハードノーズ通過時の速度）の分布を図-2に、到達速度（合流時の速度）の分布を図-3に示す。

設計初速度はランプ設計速度と同値に設定されることから、調査対象箇所における設計初速度は、路線Bでは30km/h、その他路線では40km/hである。路線Bについては、全ての車両において、設計初速度以上の速度で流入しているとともに、全体的に初速度が高い傾向にあることが示された。また、その他路線では、設計初速度未満の車両が多い箇所でも10%程度存在するものの、ほとんどの車両において、設計初速度以上の速度で流入していることが確認された。

設計到達速度は、本線設計速度に応じて設定されており、調査対象箇所の設計到達速度は、65km/hである。加速性能が低い大型車についてみると、全路線において、小型車よりも低い速度であることが確認された。特に、路線A及び路線Cにおいては、50%以上の車両が設計到達速度未満であり、十分な加速を行わずに本線に合流していることが示された。一方、その他の車両におい

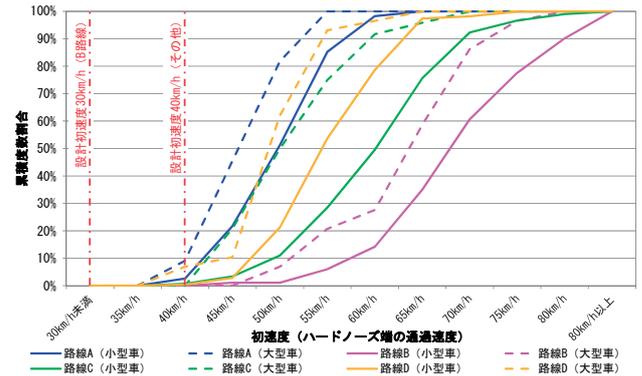


図-2 初速度の分布

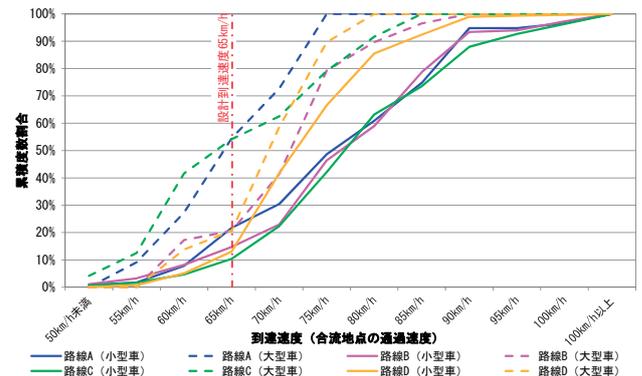


図-3 到達速度の分布

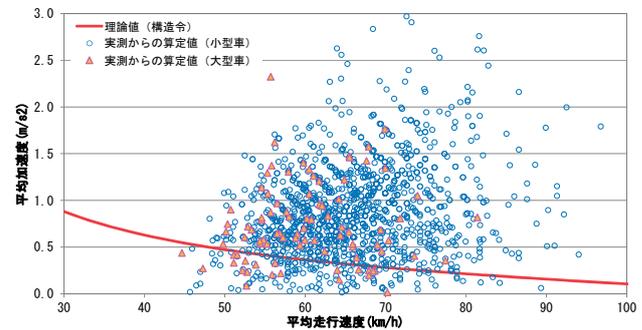


図-4 平均加速度の分布

ては、80%程度の車両が設計到達速度以上の速度で本線へ合流していることが確認された。

4.2 加速度

加速車線長は、車両が本線に合流するに際して必要な速度まで加速するのに必要な長さであり、走行車両の加速度は加速車線長に最も影響を与える要因であるといえる。そこで、合流車両における加速度の実態を把握するため、図-4に加速車線における平均走行速度（初速度と到達速度の平均値）と平均加速度の分布を示す。なお、理論値については、式（2）より算定した平均加速度であり、実測からの算定値（以下「実測値」という。）については、式（1）を用いて実測結果から算定した平均加速度である。

分布状況についてみると、小型車、大型車とも

に理論値に対して多くの実測値が上方に分布しており、加速度の実態としては、設計時の加速度よりも高い加速度で加速している傾向が示された。

4.3 到達速度と合流位置

到達速度と合流位置の関係について把握するため、各路線別の合流位置累積割合及び合流位置別の到達速度構成割合を整理した結果を図-5から図-8に示す。

まず、合流位置について、各路線における合流位置の累積曲線をみていくと、ハードノーズ端から概ね80mから160mの区間で合流している車両が全体の80%以上を占めており、加速車線長の長さによる合流位置の差異は見られないことが確認された。また、全路線において、ハードノーズ端から160mまでの区間で90%以上の車両が合流していることから、現行基準を基に算定された加速車線長よりも早い位置で多くの車両が合流していることが確認された。

次に、合流位置別の速度構成について分析すると、全路線において、ハードノーズ端から100m位置よりも手前で合流する場合、設計到達速度65km/h未満で合流する車両割合が比較的高い傾向を示していることから、合流位置が早い位置であるほど、十分な加速を行わずに本線へ合流していることが分かる。一方、合流位置がハードノーズ端から離れるほど、到達速度が65km/h以上で本線に合流する車両割合が増加する傾向を示しており、加速車線を適切に利用することにより、設計到達速度65km/h以上の速度を実現可能であることが示唆された。しかし、路線C及び路線Dにおいては、ハードノーズ端から離れた位置で合流している車両においても、到達速度65km/h未満の割合が高い地点も見られることから、合流挙動に対してその他の要因が影響している可能性が考えられるため、次章にて合流挙動に影響を及ぼす要因について分析を行う。

5. 合流挙動に影響を及ぼす要因分析

加速車線における合流挙動は、合流車両の速度等（初速度、到達速度、加速度）以外にも影響を受けることが考えられる。そこで、合流挙動に影響を及ぼす潜在的な要因を抽出するため、各路線における本線の交通状況をもとに、目的変数を「合流位置（テーパ先端からの距離）」、説明変数

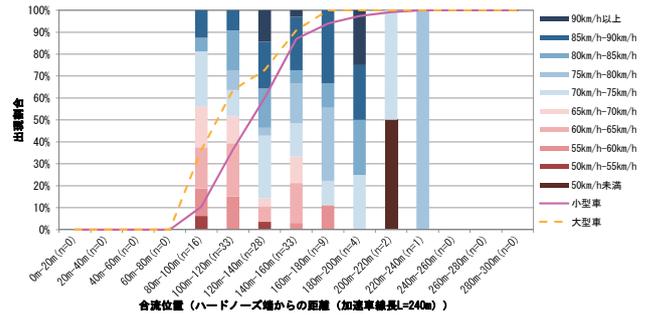


図-5 合流位置別の到達速度構成割合（路線A）

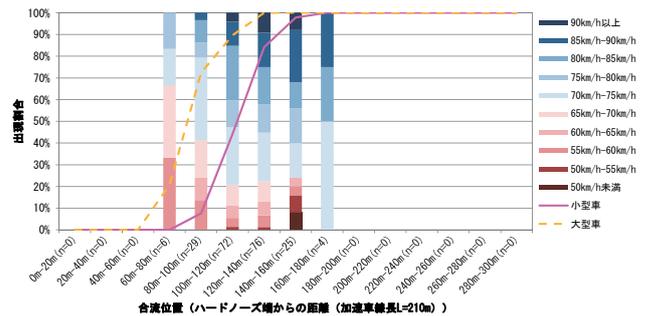


図-6 合流位置別の到達速度構成割合（路線B）

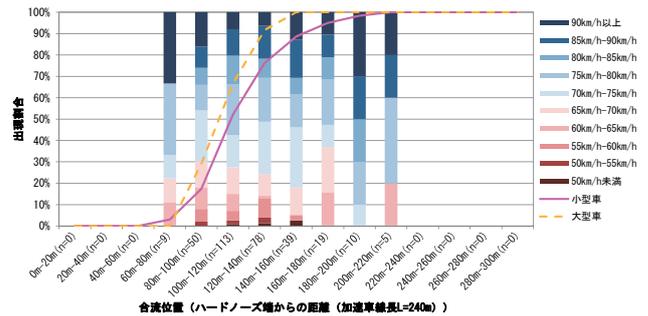


図-7 合流位置別の到達速度構成割合（路線C）

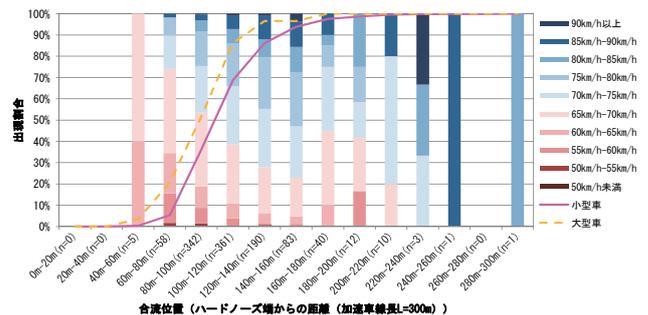


図-8 合流位置別の到達速度構成割合（路線D）

の候補を「本線車線数、大型車混入率、流入ギャップ、合流地点における相対速度（合流車両ー被合流車両）、避走挙動の有無」としてステップワイズ法による重回帰モデルを作成した。説明変数の選択に際しては、論理的符号が一致するとともに、最も決定係数が高い重回帰モデルを採用した。表-2に上記条件を満足する重回帰モデルの結果を示す。なお、重回帰分析の結果において、

表-2 重回帰分析の結果

説明変数	係数 (t値)	備考
定数項	118.87 (91.29)	
本線片側1車線	-27.23 (-17.19)	ダミー変数 (該当:1、非該当:0)
本線片側3車線	69.64 (55.58)	ダミー変数 (該当:1、非該当:0)
合流地点における相対速度 (合流車両-被合流車両)	0.15 (9.61)	
避走挙動の有無	5.21 (1.11)	ダミー変数 (有:1、無:0)
重決定係数R ²	0.707	
サンプル数	3,190	

論理的符号については、例えば、符号「正」の場合、各説明変数の増加により、目的変数（テープ先端からの距離）が大きくなるため、早い位置で合流することを示しているとともに、t値については、数値（絶対値）が高いほど、影響度が高いことを示している。分析の結果、合流位置においては、本線車線数の違いが大きく影響する可能性が示唆された。また、合流地点における相対速度や被合流車両における避走挙動の有無も挙げられ、本線を走行する車両挙動が合流位置に影響を及ぼすことが分かった。一方、大型車混入率、流入ギャップについては、説明変数として選択されず、合流位置には影響しない可能性が示唆された。

6. まとめ

6.1 分析結果

- ・合流車両の速度については、多くの車両において設計到達速度よりも高い速度（加速度も含む）を実現している。
- ・合流位置については、ハードノーズ端から概ね80mから160mの区間における合流車両が80%以上を占めており、加速車線長の長さによる合流位置の差異は見られない。
- ・合流位置が早い位置であるほど、設計到達速度未達の割合が高く、十分な加速を行わずに

本線へ合流している一方、合流位置がハードノーズ端から離れるほど、設計到達速度以上の速度を実現する車両割合が増加傾向にある。

- ・本線交通状況のうち、本線車線数が合流挙動に影響を及ぼす可能性がある。

6.2 考察

分析結果をもとに、現行基準における加速車線長の算定手法について考察する。まず、多くの車両が、加速車線区間において、設計到達速度よりも高い速度を実現していることから、現行基準に基づく加速車線長は概ね妥当であると考えられる。一方、十分に加速せずに早い位置で本線に合流する車両も見られ、現行基準が必ずしも現況の交通事情を捉えていない可能性も示唆された。十分に加速せずに合流することは、本線の走行車両との相対速度が大きくなり、追突等の事故発生や渋滞発生の要因となるため、安全性及び円滑性の観点からも十分な検討が必要であると考えられる。

今後の課題として、必要な加速車線長は、車両性能によっても変動するものであることから、近年の車両性能の向上についても検討が必要である。さらに、近年では高齢運転者の増加や運転支援システムの普及等により、更なる交通事情の変化も考えられる。そのため、本研究で得られた知見や設計に際して考慮すべき新たな事項も踏まえた上で、より安全で円滑な道路設計手法について、引き続き更なる検証・分析を進めていきたい。

参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用、pp.571～574、2015

森田大也



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 交流研究員
Tomoya MORITA

田中良寛



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 主任研究員
Yoshihiro TANAKA

河野友佑



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 研究員
Yusuke KONO

瀬戸下伸介



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室長
Shinsuke SETOSHITA