

交通シミュレーションを用いた ジャンクションの補助車線長に関する検討

村重 至康¹・邢 健²・山下 広秋³・平井 章一⁴・田中 淳⁵・金子 太郎⁶

¹非会員 株式会社高速道路総合技術研究所（〒194-8508東京都町田市忠生1-4-1）

E-mail: y.murashige.aa@ri-nexco.co.jp

²正会員 株式会社高速道路総合技術研究所（〒194-8508東京都町田市忠生1-4-1）

E-mail: xing@ri-nexco.co.jp

³非会員 中日本高速道路株式会社八王子支社（〒192-8548八王子市宇津木町231）

E-mail: h.yamashita.ac@c-nexco.co.jp

⁴非会員 株式会社高速道路総合技術研究所（〒194-8508東京都町田市忠生1-4-1）

E-mail: s.hirai.aa@ri-nexco.co.jp

⁵正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒151-0071東京都渋谷区本町3-12-1）

E-mail: tanaka-at@oriconsul.com

⁶非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒151-0071東京都渋谷区本町3-12-1）

E-mail: kaneko-tr@oriconsul.com

ジャンクション合流部における適切な補助車線長を求めるため、ミクロ交通シミュレーションを用いて、必要な補助車線長の検証を行った。検証に際し、4つのジャンクションにおける実際の合流部の車両挙動のデータとシミュレーション値が概ね一致したことを確認したうえで、交通量・補助車線長を変化させた42ケースでシミュレーションを実施した。また、合流部の必要な補助車線長を評価するに当たり2つの評価指標を定め、シミュレーション結果を基に目標値を設定した。最後に、HCM（Highway Capacity Manual）や交通実態調査の結果も含めて総合的に勘案すると補助車線長は約600m以上必要と判断され、NEXCO設計要領の目標値と概ね一致することが確認された。

Key Words：シミュレーション，ジャンクション，補助車線長，合流部車両挙動，サービス水準

1. はじめに

「道路構造令の解説と運用」¹⁾のインターチェンジの設計基準においては、安全かつ円滑な合流を誘導できるように、「合流後本線車線数 $\geq$ 合流前本線車線数+ランプ車線数-1」の車線数の関係が成立するよう、車線数のバランスを保つことが望ましいとされている。例えば、合流前本線車線数が2車線、ランプ車線が2車線の場合は、合流後本線車線数が3車線以上必要とされる。ただし、車線数のバランスを維持できない合流部においては、補助車線を設置する手法があるとされている。「道路構造令の解説と運用」における補助車線長は、誘導案内標識の判読時間および視認距離、合流に必要な時間と距離、運転者の判断と反応のために必要な時間と距離などを考慮し、適切に設定する必要があると定められており、基準値は明示されていない。

一方、高速道路会社の「設計要領第四集幾何構造編【インターチェンジ幾何構造設計要領】」²⁾（以下、「NEXCO設計要領」）において、ジャンクション（以下「JCT」）については、「補助車線長が最小600m、望ましくは1,000mあれば円滑な交通流が期待でき、所定の交通量処理能力を十分発揮できる」とされているが、根拠としては「運用上の経験」となっており、定量的に示されていない。

本研究では適切な補助車線長を把握するため、適切な車線数のバランスが保たれていないJCT合流部を対象に、合流部における補助車線の必要長について検証を行った。先行報告³⁾では、定点観測による交通実態調査の結果を、「テーパー区間で合流する車両の比率」（以下「指標1」）と「車頭時間2秒以下で合流する車両の比率」（以下「指標2」）の2種類の指標にて検証を行っている。本稿では、以下の2点について報告する。まず、車両挙動

の実測データに基づく交通シミュレーションを用いて前述の指標と補助車線長との関係性を評価した。そして、シミュレーションの結果の他、米国の基準であるHCM (Highway Capacity Manual) ⁴⁾や先行報告の結果なども含めて総合的な検討を行い、必要な補助車線長を検証した。

2. シミュレーションモデルの概要

本研究で利用した交通シミュレーション (FAMS : Future Advanced Micro Simulator) の合流モデルの概要とパラメータについては以下の通りである。

本シミュレーションにおける合流挙動の概要を、図-1に示す。合流車は、加速車線内における自車の位置に応じて合流の判断を行い、前方及び後方ラグをみてギャップを見つけ、それに対応した加減速挙動をとる。また、本線走行車両 (避走車) は、合流車との位置関係や速度差等の避走条件パラメータから、必要に応じて避走を行

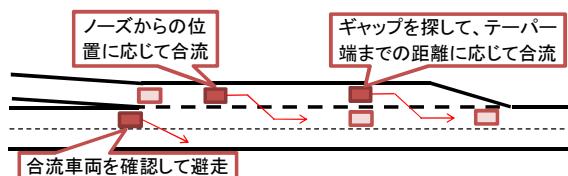


図-1 合流挙動の概要

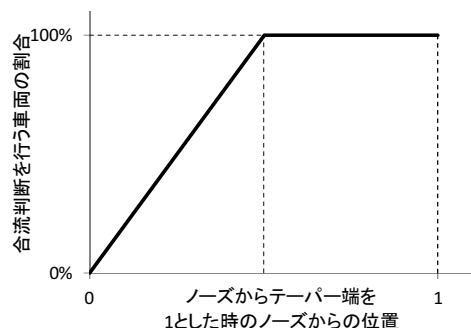


図-2 「ノーズからの位置 (距離) に応じて合流を判断するパラメータ」の概念図

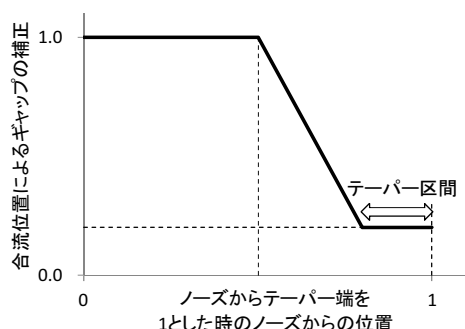


図-3 「合流車が本線ギャップを探して、テーパー端までの距離に応じて合流を行うパラメータ」の概念図

う。

合流部で実施するノーズからの位置による合流判断、合流ギャップの判断、避走の挙動を実施するために、2つのパラメータを用いる。1つ目は、「ノーズからの位置 (距離) に応じて合流を判断するパラメータ」である。2つ目は「合流車が本線ギャップを探して、テーパー端までの距離に応じて合流を行うパラメータ」である。それぞれの概念図を図-2及び図-3に示す。この2つのパラメータを用いて、合流部の車両挙動を実行している。

3. シミュレーションモデルの検証

(1) 実測状況再現箇所

シミュレーションが実測状況を正しく表現できているか検証する。車両挙動の実測状況や補助車線長などの距離データについては、先行報告の交通実態調査結果を使用する。検証に用いる実測状況再現箇所の道路条件を表-1に、表-1における延長の計測方法を図-4に示す。また、対象時間帯は各JCTで交通量レベルが最も高かった1時間であり、交通量は表-2の通りであった。

表-1 実測状況再現箇所の道路条件

JCT名	対象路線 上段:本線 下段:接続道路	補助車線長	加速車線長	ゼブラ区間長	テーパー長	区間長	合流可能
大山崎JCT	名神高速道路(下)左ルート 京滋バイパス	285m	195m	95m	90m	190m	190m
三ヶ日JCT	東名高速道路(下) 新名神高速道路	450m	335m	85m	115m	365m	365m
豊田JCT	東名高速道路(上) 伊勢湾岸自動車道	510m	438m	190m	72m	320m	320m
宮野木JCT	京葉道路(上) 東関東自動車道(上)	580m	510m	130m	70m	450m	450m

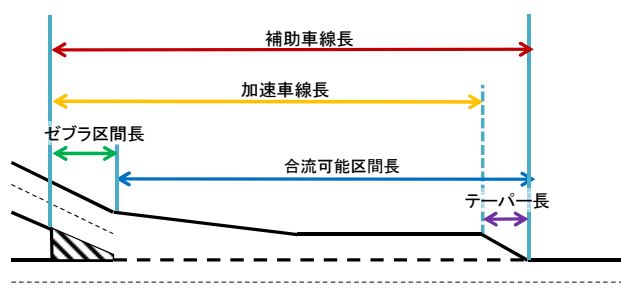


図-4 合流部補助車線に関する用語の定義

表-2 実測状況再現時の交通量

		単位:台		
		小型車	大型車	全車
大山崎JCT	本線	356	157	513
	ランプ	971	334	1,305
三ヶ日JCT	本線	866	508	1,374
	ランプ	460	359	819
豊田JCT	本線	1,087	351	1,438
	ランプ	898	510	1,408
宮野木JCT	本線	1,653	138	1,791
	ランプ	907	91	998

(2) 実測状況を踏まえたシミュレーション結果

先行報告にて検証に使用した2つの指標それぞれに対しての実測状況の再現結果を述べる。なお、代表例として宮野木JCTの結果を詳述する。

a) テーパー区間で合流する車両の比率（指標1）

指標1の算定根拠となる合流位置に関する結果を述べる。合流位置は、図-5に示す通り合流部を50m単位で9つのエリアに分割し、実測値とシミュレーション値の比較を行った。

従来のシミュレーションモデル⁵⁾では、2車線ランプJCTの検証実績がなかったこと、及び高い交通量レベルの状態が想定されていなかったことから、実測状況に合わせて、前掲の図-2に示す「ノーズからの位置（距離）に応じて合流を判断するパラメータ」と、図-3に示す「合流車が本線ギャップを探して、テーパー端までの距離に応じて合流を行うパラメータ」を変更した。

図-6に、パラメータ変更前及び変更後のシミュレーション結果と実測値との比較を示す。パラメータの変更により、合流位置がおおむね実測値と一致するようになった。

b) 車頭時間2秒以下で合流する車両の比率（指標2）

指標2の算定根拠となる、合流前本線第1車線車頭時間の、実測値とシミュレーション値の比較を図-7に示す。比較は、シミュレーションを実施した1時間のうち連続する10分間のデータで行っている。結果は、実測値とシミュレーション値で概ね同様の傾向が見られた。

c) まとめ

今回は宮野木JCTの結果を代表例として報告したが、他のJCTでも同様の結果が得られていることから、シミュレーションによる今回の実測状況の再現性がほぼ確保されていると判断した。

4. シミュレーションの実施

(1) 道路条件

a) 基本的な考え方

本研究における検討対象は、車線数のバランスが保たれないJCTの合流部である。演算ケースは、このような合流形態において、交通量の違いに応じた望ましい補助車線長を検討することを考慮し、設定する。

演算ケースの設定において、車線数のバランスが保たれないJCTの合流部は、2車線の本線に2車線のランプが合流し、2車線の本線となる場合を想定する。

b) 合流車線長

今回の検証において用いた道路条件は、前掲の図-4に示す模式図の通りとする。補助車線長については、300、400、500、600、700、900、1,100mの7ケースとした。なお、合流手前区間長（ゼブラ区間長）は100mとした。

c) 設計速度

今回の検証においては、本線100km/時、ランプ60km/時とする。

(2) 交通条件

交通量は表-3に示す6パターンとした。設定条件の詳細とその理由は以下の通りである。

a) 合流後本線交通量

交通量条件については、図-8に先行報告の交通実態調査時の15分フローレートを示す。これによれば、合流後本線交通量が3,000台/時に近い状況が見受けられることから、3,000台/時を最大とした。

b) ランプ交通量

ランプ交通量は、2車線ランプが検討対象となるため、HCMで規定されている1車線ランプの交通容量1,500pcu/時（設計速度60km/hの場合）を基本とし、大型車混入率30%を考慮して、最低1,200台/時（ $\div 1,500\text{pcu/時} \times \text{大型車混入率}$ ）とし、それに200台/時ずつ加えた1,400台/時、1,600台/時の計3種類とした。



図-5 宮野木 JCT 合流部模式図

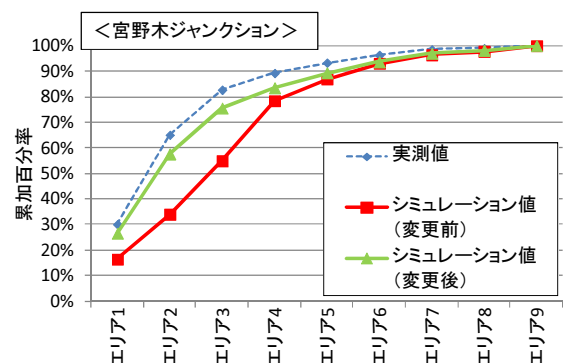


図-6 実測状況再現結果（合流位置）

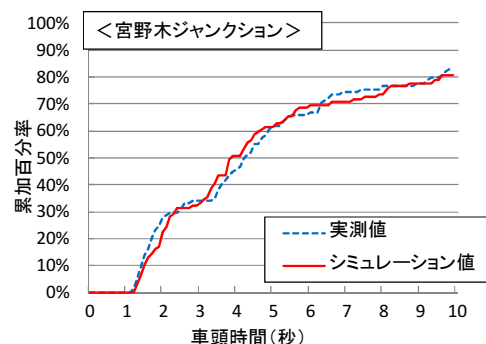


図-7 実測状況再現結果（合流前本線第1車線車頭時間）

c) 合流前本線交通量

合流前本線交通量は、基本的にランプ交通量よりも多い交通量が予想されるため、最低1,400台/時を基本として、それに200台/時ずつ加えた1,600台/時、1,800台/時の計3種類とした。

d) 大型車混入率

大型車混入率は、平成22年度の高速自動車国道の大型車混入率が平均24.6%である⁹⁾ことから、これより多少高め的大型車混入率として30%とした。

(3) シミュレーション結果

与条件として交通量6パターン、補助車線長が7パターンの計42ケースのシミュレーションを実施した。

a) テーパー区間で合流する車両の比率（指標1）

表-4は、指標1と補助車線長との関係を示したものであり、それをグラフ化したものが図-9である。指標1については、補助車線長が短くなればなるほど指標1の値が高くなる。また、この傾向は合流後交通量が多くなるほど顕著である。補助車線長が最も短い300mのケースの場合、交通量が最も多いときと少ないときの差が6.4ポイントほど発生している。

合流後交通量と補助車線長が同条件のもの同士で比較した場合、ランプ交通量が多くなるほど指標1の値が高くなることから、指標1の増減はランプ交通量に依存する傾向がある。

指標変化の変曲点は補助車線長が約500mの地点で見られ、この距離を境に指標1の増加率（減少率）が変化

表-3 合流部設定交通量

大型車混入率	合流前本線			
	ランプ	1,400台/時	1,600台/時	1,800台/時
30%	1,200台/時	○ (2,600台/時)	○ (2,800台/時)	○ (3,000台/時)
	1,400台/時	○ (2,800台/時)	○ (3,000台/時)	—
	1,600台/時	○ (3,000台/時)	—	—

※()内は合流後本線交通量

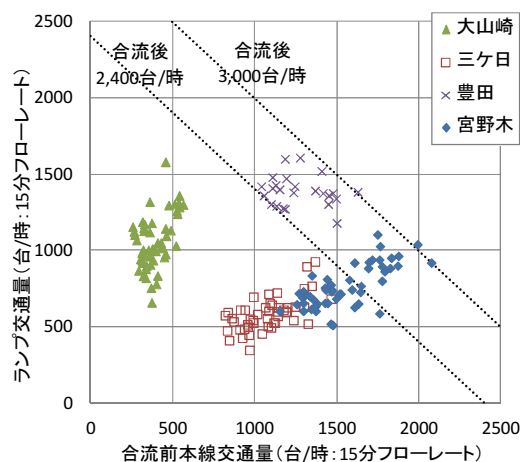


図-8 交通実態調査時出現交通量

する。

b) 車頭時間2秒以下で合流する車両の比率（指標2）

表-5は指標2と補助車線長との関係を示したものである。基本的な傾向は指標1と同じであるが、依存する交通量と変曲点は異なる。

同条件の合流後本線交通量と補助車線長に着目した場合、合流前本線交通量が多くなるほど指標2が高くなる。このことから、指標2の増減は合流前本線交通量に依存する傾向がある。

変曲点については変化率の差が小さいものの、補助車線長が約600mの地点で見られる。

5. サービス水準の検討

(1) 適用する基準

日本においてはサービス水準を定量的に評価できる基準がないことから、今回の検証では、米国の基準であるHCMにおけるサービス水準を準用し、目指すべきサービス水準を設定することとした。なお、最新版はHCM2010であるが、ランプ及び本線接続部に関しては単位の違いのみで基本的な概念は改訂前のHCM2000と同一であることから、今回は、国際単位系が採用されているHCM2000を適用することとした。

合流部のサービス水準は、容量を超えていない場合、

表-4 シミュレーション結果（指標1と補助車線長との関係）

交通量(台/時)			補助車線長(m)						
合流後	合流前本線	ランプ	300	400	500	600	700	900	1100
2,600	1,400	1,200	12.1%	6.1%	2.3%	1.3%	0.7%	0.7%	0.6%
	1,600	1,200	13.3%	6.4%	2.1%	1.4%	1.1%	0.3%	0.5%
2,800	1,400	1,400	14.5%	7.0%	2.6%	2.0%	0.8%	0.5%	0.4%
	1,800	1,200	15.6%	7.4%	3.1%	1.5%	1.2%	0.7%	0.5%
3,000	1,600	1,400	17.6%	7.4%	2.8%	1.3%	0.7%	0.6%	0.7%
	1,400	1,600	18.5%	8.2%	3.5%	2.6%	1.3%	0.9%	0.6%

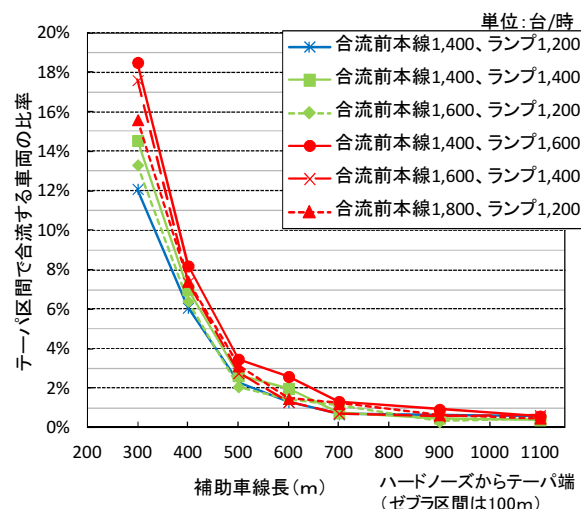


図-9 シミュレーション結果（指標1と補助車線長との関係）

式(1)に示すとおり合流前本線交通流率 V_{12} （外側2車線分のみ）（単位：pcu/時），ランプ交通流率 V_R （pcu/時），補助車線長 L_A （m）の3つのパラメータから密度 D_R （pcu/km/車線）を算出し，その密度を基にLOS（Level of Service：サービス水準）をAからEの5段階で評価することとしている⁷⁾。

$$D_R = 3.402 + 0.00456V_R + 0.0048V_{12} - 0.01278L_A \quad (1)$$

(2) 目標とするサービス水準の設定

HCMを基にした，目標とするLOSの設定に関する米国の目安としては，AASHTOで発行している通称Green Bookにおいてガイドラインが提示されている⁸⁾。同ガイドラインでは，道路の種類とそれが位置する地域条件に応じ推奨される設計LOSが示されており，本研究で着目する高速道路は，地方平地部・地方丘陵部ではLOS=Bとなっている。今回の検証においてもこの事例を準用し，LOS=Bを満足する補助車線長を算出する。

6. 補助車線長の検討

(1) HCMによる算出

算定式(1)から「ランプ1,200台/時・合流前本線1,800台/時」の条件下でLOSがBの上限値となる密度 $D_R=12$

表-5 シミュレーション結果（指標2と補助車線長との関係）

交通量(台/時)			補助車線長(m)						
合流後	合流前本線	ランプ	300	400	500	600	700	900	1100
2,600	1,400	1,200	8.4%	7.4%	5.8%	4.7%	4.2%	3.1%	2.9%
2,800	1,600	1,200	12.2%	10.3%	7.9%	6.9%	5.7%	4.6%	3.9%
	1,400	1,400	9.8%	8.0%	7.1%	5.3%	4.8%	3.6%	3.4%
3,000	1,800	1,200	14.1%	11.5%	10.2%	8.0%	6.6%	5.8%	5.2%
	1,600	1,400	13.2%	10.8%	9.2%	6.6%	6.1%	5.3%	5.1%
	1,400	1,600	11.8%	10.2%	8.6%	6.2%	5.7%	4.8%	4.3%

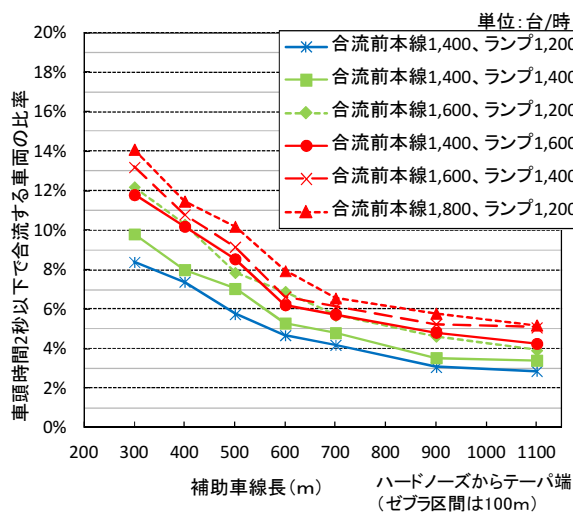


図-10 シミュレーション結果（指標2と補助車線長との関係）

（pcu/km/車線）の時（大型車混入率30%，乗用車換算係数1.5，ピーク時間係数0.95とする）の補助車線長を逆算すると，約670mとなる。また，「ランプ1,200台/時・合流前本線1,600台/時」の条件では約570mとなる。

(2) 目標とする評価指標目標値の算出

前掲の図-9及び図-10のシミュレーションの与条件（補助車線長と交通量）を算定式(1)を用いて密度に換算し，指標1及び指標2と密度との関係を整理した。

a) テーパー区間で合流する車両の比率（指標1）

指標1と密度との関係のうち，合流後交通量が3,000台/時の3ケースを抜粋した結果を図-11に示す。このグラフより，LOSがBの上限値における指標1の値は2%程度と読み取れることから，指標1の目標値を2%以下と設定し

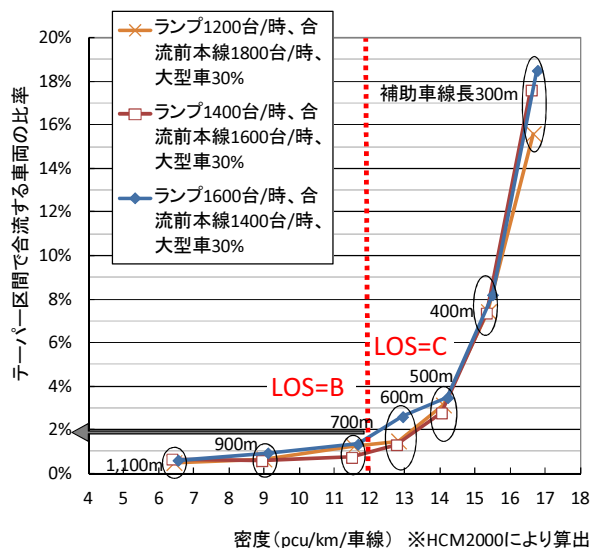


図-11 シミュレーション結果（指標1と密度との関係）

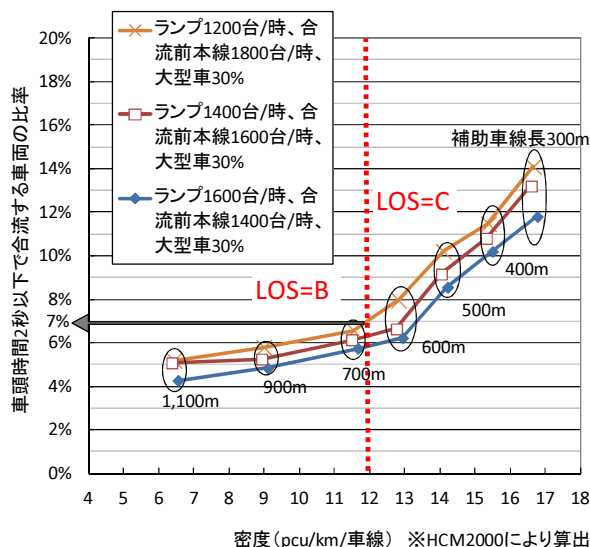


図-12 シミュレーション結果（指標2と密度との関係）

た。

b) 車頭時間2秒以下で合流する車両の比率（指標2）

指標2と密度との関係のうち、合流後交通量が3,000台/時の3ケースを抜粋した結果を図-12に示す。このグラフより、LOSがBの上限値における指標2の値は7%程度と読み取れることから、指標2の目標値を7%以下と設定した。

(3) シミュレーション結果との比較による評価

前節で設定した指標1及び指標2の目標値を前掲の図-9及び図-10のシミュレーション結果に当てはめると、指標1、指標2ともに目標値を満足する補助車線長として600～700m程度である。

(4) 実測値との比較による評価

前節で設定した指標1及び指標2の目標値と、先行報告の交通実態調査の結果との比較による評価を行った。

a) テーパー区間で合流する車両の比率（指標1）

図-13は先行報告の交通実態調査時の、合流後交通量の1分フローレートが2,400～3,200台/時における指標1と補助車線長との関係を示したものである。指標1の値が2%のとき、補助車線長は500～600mとなる。なお、実測

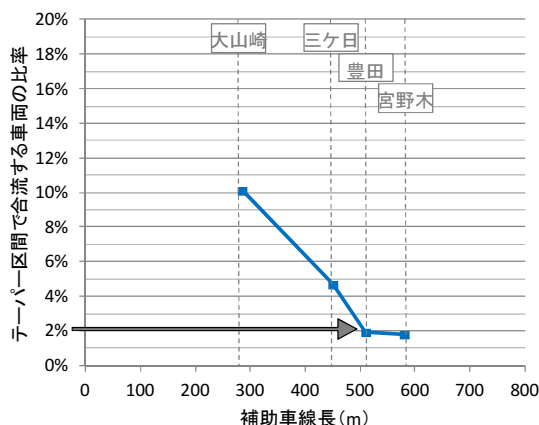


図-13 交通実態調査結果（指標1と補助車線長との関係）

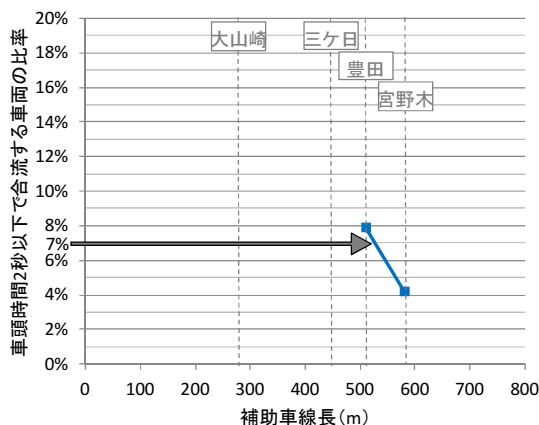


図-14 交通実態調査結果（指標2と補助車線長との関係）

値は2,400～3,200台/時の交通量における結果であり、シミュレーション結果より若干短くなっている。

b) 車頭時間2秒以下で合流する車両の比率（指標2）

図-14は先行報告の交通実態調査時の、合流前本線交通量の1分フローレートが1,400～1,800台/時における指標2と補助車線長との関係を示したものである。なお、大山崎JCTと三ヶ日JCTについては出現交通量が低くサンプル数が少ないため対象外としている。補助車線長510m（豊田JCT）では指標2の値7%以下を満足せず、補助車線長580m（宮野木JCT）で指標2の値7%以下を満足する結果となっている。

(4) まとめ

4章と前節までの結果を取りまとめると下記のとおりとなる。

- ・ シミュレーション結果からは、テーパー区間で合流する車両の比率、および車頭時間2秒以下で合流する車両の比率において、変曲点は補助車線長が500～600mの地点で見られ、補助車線長が600～700m以上となると値が安定している。
- ・ HCMでLOS=B以上を満たそうとする場合、合流後本線交通量が約3,000台/時で必要な補助車線長は600～700m程度である。
- ・ LOS=Bを満足する時のテーパー区間で合流する車両の比率は2%程度、車頭時間2秒以下で合流する車両の比率は7%程度であり、シミュレーション結果に当てはめると、指標の目標値を満足する補助車線長は600～700m程度である。
- ・ テーパー区間で合流する車両の比率2%以下を交通実態調査結果に当てはめると、合流後交通量が2,400～3,200台/時において、補助車線長が500～600mとなる。

以上の検証結果を総合的に勘案すると、補助車線長は最小で600m以上設ける必要があると考えられる。このことから、NEXCO設計要領に規定されている補助車線長600～1,000mの妥当性が確認された。

7. おわりに

今回、交通シミュレーションを実施し2車線ランプJCT合流部の補助車線長のあるべき姿について検討を行った。その結果、最小600m、標準1,000mという現行のNEXCO設計要領の規定は基準として妥当であることを確認した。

ただし、本検討結果をもって全ての2車線ランプJCTにおいて補助車線長600m以上を確保しなければならないということではなく、JCTが「地形、地物の条件や土地利用上の制約、施設に要する費用の大小により機能上

の制約を受けることは当然のこと」とNEXCO設計要領にも記載されている通り、現地状況や建設費、将来交通量などを勘案して総合的に判断すべきものである。

今後新規に計画・建設される2車線ランプJCTは多くはないものと想定されるが、その計画時には、NEXCO設計要領に記載されている数字だけにとらわれることなく、NEXCO要領の趣旨を踏まえて適切に設計されることを期待したい。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2004.
- 2) 中日本高速道路株式会社：設計要領第四集幾何構造編【インターチェンジ幾何構造設計要領】，2010.
- 3) 村重至康，邢健，山下広秋，金子太朗：高速道路の

ジャンクション部における補助車線の延長に着目した交通実態の分析・評価，第33回交通工学研究発表会論文集（CD-ROM）（掲載決定），2013.

- 4) TRB：Highway Capacity Manual 2010，2010.
- 5) 社団法人交通工学研究会：合流部の設計に関する調査研究(その2)報告書(日本道路公団委託)，1987.
- 6) 全国高速道路建設協議会：高速道路便覧 2011（平成23年度），2011.
- 7) 岡田知朗，平井章一，尾崎晴男：HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000:5.高速道路一織り込み区間・ランプ及び本線接続部の取扱い，交通工学 Vol.38 No.2，2005.
- 8) 尾崎晴男，森浩，鹿田成則：HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000:6.サービス水準(LOS)の考え方，交通工学 Vol.38 No.3，2005.

(2013.???.?? 受付)