

都市内高速道路合流部のサービス水準に関する一考察*

A Consideration on Level of Service for Urban Motorway Merging Sections*

坏 聡史**、岩崎 征人***

By Satoshi AKUTSU**・Masato IWASAKI***

1. はじめに

現在、わが国はモータリゼーションの著しい発達により交通渋滞が多発しており大きな社会問題となっている。この問題を解決する手段として新たな道路の整備による交通の分散や道路交通容量の検討などが挙げられる。わが国の道路交通容量の検討は、1950年に出版された米国のHighway Capacity Manual(以下HCM)を参考としている。

ここで、1965年に改訂されたHCMでは道路交通容量の検討に際して道路のサービス水準と言うものの概念を示している。道路のサービス水準とは「道路がある交通状況において利用者に提供するサービスの程度を表すもの」である。HCMではサービス水準の評価指標として交通量・速度・密度・遅れなどを設定しており、道路の計画・設計・運用の体系に組み込まれている。わが国ではサービス水準に当たるものとして独自に計画水準を設定しているが、サービスの質の概念はこの中に組み込まれていなかった。このことは社会資本が絶対的に不足していた時代にはその量的な拡大がサービスの質の向上とほぼ同義であったため、あえてサービスの質に関する議論を行うまでもなかったと考えられている。しかし道路整備が量から質の整備に変わりつつある中で、道路整備効果の評価や交通状況の適切な評価手法が求められるようになってきている。これまでにサービス水準に関して行われてきた研究では高速道路単路部を対象としてきたケースが多く、合流部について論じられてきた例は少ない。首都高速道路合流部などは交通の集中による渋滞が多発するなどボトルネックとして知られている。今後の渋滞緩和策や環状道路の整備効果などの定量的な評価を行うためにもサービス水準による評価が求められるようになるだろう。

そこで本研究では、単路部におけるサービス水準の評価指標として提案されている指標について、首都高速道路合流部の車両感知器データを用いて合流部においても適用可能かどうかについて検討する。

*キーワードズ：交通流、交通管理、サービス水準、都市内高速道路、合流部

** 学生員、武蔵工業大学大学院工学研究科都市基盤工学専攻

*** 正会員、工博 武蔵工業大学工学部都市基盤工学科教授

〒158 - 8557 東京都世田谷区玉堤1 - 28 - 1

TEL 03 - 3703 - 3111 (内線)3260 FAX 03 - 5707 - 1155

2. 既往の研究

(1) 米国HCMの例

米国では道路交通容量に関する研究が早くから行われており、Transportation Research Board(以下 TRB)が1950年に HCM を初めて出版し、以降改訂を続けている。HCM におけるサービス水準評価指標の変遷については岡村¹⁾がまとめており以下に記す。

1965年に改訂されたHCMにおいて道路のサービス水準の概念が示され、道路の計画・設計・運用に際してサービスの質が検討されるようになった。ここでサービス水準とは速度・交通の中断・走行の自由度・安全性・利用者の快適性・利便性・経済性を総合的に示すものとされた。そしてその指標とされたのは、速度と交通容量に対する交通量の比(V/C)である。1985年版では走行の自由度や車間距離は速度よりも密度に関係することから、指標として密度が主に用いられるようになった。1997年版では速度と密度の関係式が見直されるとともに交通容量値が増加した。指標は引き続き速度、密度が用いられた。2000年版では個別施設(単路部・ランプ・織り込み区間)を組み合わせた場合について、密度・速度だけでなく V/C 比や旅行時間などに基づく評価が示されているが、基本的に密度・速度が示されている。HCM では道路のトラフィック機能、短時間の交通流の質を評価し、指標には簡易で計測可能な密度・速度を用いている。

(2) 我が国の例

a) 計画水準

わが国では HCM のサービス水準に当たるものとして計画水準が定められている。計画水準は計画目標年次における交通状態がある一定水準以上を保つこと、交通の

表 - 1 合分路部におけるサービス水準²⁾

サービス水準	交通密度(pcu/km/lane)
A	6
B	> 6-12
C	> 12-17
D	> 17-22
E	> 22
F	需要 > 容量

表 - 2 計画水準

計画水準	交通量・交通容量比(Q/C)		混雑の度合い
	地方部	都市部	
1	0.75	0.80	年間を通じて混雑しない
2	0.85	0.90	年間のうち約10時間は渋滞する
3	1.00	1.00	年間のうち約30時間は渋滞する

表 - 3 混雑度の解釈

混雑度	交通状況の推定
1.0未満	飽和時間:0、 $Q/C < 1.0$ 昼間12時間を通してほとんど混雑しない。渋滞や極端な遅れはない
1.0 ~ 1.25	飽和時間:1 ~ 2、 Q/C はほとんどの区間で1.0以下 昼間12時間のうち道路が混雑する可能性のある時間帯が1 ~ 2時間あるが混雑が連続する可能性は小さい
1.25 ~ 1.75	飽和時間:0 ~ 12、 $Q/C > 1.0$ の時間が10 ~ 15% ピーク時を中心に混雑する時間帯が増加する可能性が高く、ピーク時のみから日中の連続的混雑への過渡状態
1.75以上	飽和時間:0がほとんどない、 $Q/C > 1.0$ の時間が50%を超える

混雑に対する安全率として考えることを根拠としており、設計交通容量に対する年間の混雑の度合いから3つの水準を設定している。設計交通容量は、可能交通容量に計画水準ごとに設定された低減率を乗ずることで算出する。

計画水準の問題点として、計画水準が主に意識するのは計画対象年におけるサービスの質であって、実際の運用状態でのサービスの質については考慮されていない。

b) 現在用いられている運用評価指標

わが国で用いられている交通状況を評価する指標として「混雑度」と「飽和時間数」がある。

混雑度は道路区間に想定される1日あるいは12時間の評価基準となる交通量に対する、実際に通過した交通量の比として定義されている。したがって混雑度が1.0よりも大きい場合には、その道路区間が持つべきであるとして計画時に設定された交通量の水準を実交通量が超えたことを意味し、道路管理者にとって交通容量が足りているか否かの判断材料となる重要な数値である。しかし、混雑度による評価は12時間のような単位をとっているため総合的な判定を行うことはできるが、HCMのサービス水準が想定しているような時間単位の評価はしにくい。

飽和時間数は時間ごとの通過交通量を設計交通容量で除した値、すなわち交通量・設計交通容量比が、24時間内あるいは昼間12時間内で1.0を超過する時間数として定義されるものである。この値は混雑度と密接な関係にあるが、設計交通容量のみを決定すればK値を用いずに一義的に定まる。ただし評価段階において意味のある基準値を設定するのが難しいという問題点がある。

c) サービス水準に関する研究

サービスの質やその評価指標に関して、現在までに十分な研究の蓄積がなく、評価の視点・指標・基準など多くの課題・論点が存在する。

HCMのサービス水準の閾値に関連のある例として藤田³⁾は岡村やBrilonの研究を紹介している。岡村は道路管理上重要な交通容量が様々な要因によって変動することからボトルネック部の渋滞発生確率によって可能交通容量を算出することを提案した。渋滞発生確率とはある階層の交通量が出現したときに渋滞にいたる割合を示すものである。

Brilonは、交通量が多い状態でのわずかな交通需要の増大が道路管理・運用の有効性を大きく減少させ、ある

確率で渋滞もありうる不安定状態が始まる、この有効性という概念を交通効率という交通特性指標で検討した。交通効率は1つのマクロ的な指標として考えられるが、QV関係が明らかであることが前提であり、交通効率が最大の場合でも渋滞発生確率は0ではない、適用が高速道路に限定されるなど注意が必要である。

先に述べた米国のHCMにおけるサービス水準評価指標や、わが国で用いられている混雑度や飽和時間数は、道路のトラフィック機能に着目し巨視的な交通指標を用いたものである。これらは道路管理者が道路の運用状態を知るのには適しているが、道路利用者の視点から見た場合には必ずしも適してはいない。そのため道路利用者の視点からも分かりやすいサービスの質を表す指標が必要との議論もある。

喜多ら⁴⁾はドライバーの認識に基づくサービスの質を評価する上で共通の理論的基盤が必要であると指摘し、効用アプローチに基づく検討フレームを提案した。そしてマイクロレベルでの評価モデルとして、走行挙動からドライバーが認識するサービスの質を評価するモデルを構築した。また中村ら⁵⁾は検討フレームを踏まえて、走行快適性は走行環境に応じた車線変更挙動をモデル化することでドライバーのストレスとして計測可能であることを示した。これに対し、Surasakら⁶⁾は利用者の評価を車群の形成状況に着目して推計する方法を提案し、平均車群サイズに基づき交通状態を区分することで利用者の認識に即した評価が可能であることを実証分析により結論付けている。

一方石橋ら⁷⁾は、道路利用者の評価を反映した道路のサービス水準評価に関する実運用に向けた一つの方向性を示すことを目的として、道路利用者の満足評価と交通指標の関係を示すモデル式の構築を行い、15分単位の交通指標データから算出した道路利用者満足率の年間平均値および年間累加分布を組み合わせた評価方法の可能性を提示した。

これまでサービス水準に関して行われてきた研究はスタディケースとして主に単路部が扱われており、合流部に関して議論されたケースは少ない。そこで本研究では、単路部をスタディケースとしてきた研究において提案されてきたサービス水準評価指標について、合流部で適用可能かどうかについて検討する。

3. 合流部の交通現象解析

合流部のサービス水準評価指標を検討するに当たり、どのような交通指標が適しているかを見出すには合流部の交通現象を把握しておく必要がある。しかしながら合流部における QVK 関係などは明らかにされてきたが、サービス水準と関係が深い交通容量については研究事例が少なく不明瞭な部分も多い。そこで、本研究ではまず合流部の交通現象について単路部との決定的な違いである流入交通の存在に着目しその影響について分析を行った。

(1) 使用するデータ

使用するデータは首都高速道路 JCT 合流部 18 ヶ所、ランプ合流部 57 ヶ所について、合流部直近の本線上流側・下流側、支線上流側、ランプ入路の車両感知器データである。データの内訳は交通量、時間平均速度、時間オキュパンスでそれぞれ 5 分間値である。ここで、交通量や速度が 0 と計測されている異常なデータや事故や工事による影響のあるデータを除去した。次に QV 曲線、速度分布から自由流領域となるデータを抽出した。

(2) 分析手法

合流による各車線間の交通の影響を交通量の面から見るため、本線合流部下流の走行車線・追越車線の交通量の和を下流断面交通量とし、下流断面交通量を目的変数、上流走行車線・上流追越車線・支線あるいはランプ交通量を従属変数として重回帰分析を行った。分析によって得られた標準偏回帰係数はその交通量が合流後の交通量に対して持つ影響力を表すものと考えられる。合流による影響の変化を分析する点から、使用するデータを合流比率階層別に分類した。ここで、合流比率とは合流後の交通量に対する流入交通量の割合である。

(3) 結果と考察

a) 合流部ごとの結果

各合流部の合流交通間の影響関係について合流比率の点から分析を行った結果、多くの合流部において図 - 1 のような関係が見られた。合流交通の影響力は合流比率が増加するにつれて大きくなり、本線交通の影響力は低下する。ランプ交通の影響は合流比率が低い状態でも高くなることを確認された。

b) 合流形式別の結果

JCT 合流部について左側合流・右側合流、ランプ合流部についてサイド合流・センター合流形式ごとに先ほどと同じように合流交通間の影響関係を見たところ、JCT 合流とランプ合流の違いや合流形式によらずに、合流比率が増加するにつれて流入交通の影響力が増加し低い合流比率でも流入交通の影響力が高くなることを確認され

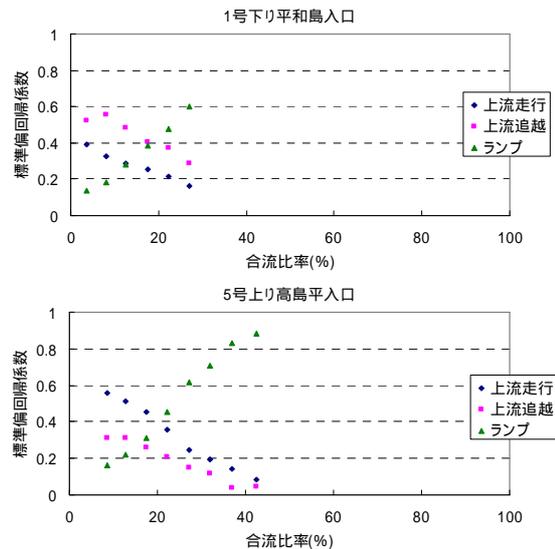


図 - 1 合流比率による合流交通への影響

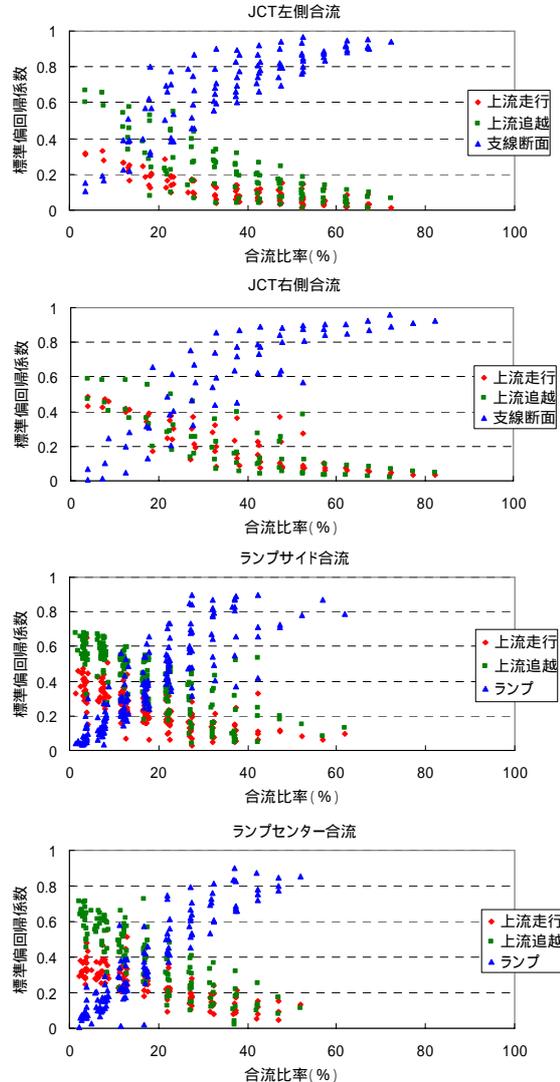


図 - 2 合流形式別の合流交通への影響比較
た。しかし合流部によってその影響力にばらつきが見られた。

c) JCT 合流部とランプ合流部の比較

JCT 合流部とランプ合流部でも本線の同じ車線に合流となる場合について差があるか比較を行った。その結果

JCT 合流部とランプ合流部の違いによる合流交通の影響には差が見られなかった。したがって合流交通による影響について JCT 合流部とランプ合流部を分けて考える必要はないと考えられる。

d) 合流のある車線の違いによる比較

走行車線と追越車線では交通量・速度といった基本的な交通指標が異なることは知られている。そこで合流のある車線が走行車線と追越車線で異なる場合について、合流交通の影響に差があるか比較を行った。その結果、合流のある車線が異なる場合でも合流交通による影響には差は見られなかった。

(4) まとめ

すべての合流部は合流比率の増加によって合流交通の影響が増加し、その影響力は合流比率が低い状態でも高くなることが確認された。しかしその影響は合流部ごとには差があることが確認された。JCT 合流・ランプ合流の違いや合流のある車線が走行車線か追越車線かという点については差が見られなかった。合流部ごとの差については交通量や速度といった基本的な交通条件が異なることから今後の検討が必要である。

4. 既往のサービス水準評価指標への応用

上述の分析結果より、合流交通が本線交通に対して影響を持つことが確認された。既往の研究³⁾において提案されている渋滞発生確率や交通効率といったサービス水準評価指標は、単路部をスタディケースとして扱っており本線交通量を一つの基準として考えられている。合流部における適用を試みるにあたり、本線交通量以外に合流交通について考慮する必要があると言える。例えば渋滞発生確率について本線交通量と流入交通量あるいは合流比率といったものを同時に考えるというようなことができるであろう。そのほか合流による速度低下に着目するなど、合流による影響を踏まえた上で様々な角度からのアプローチが必要になるだろう。

5. 今後の課題

これまで合流部における巨視的な視点からのサービス水準評価指標に関する研究や交通現象に関する研究はあまり行われてこなかった。そのためサービス水準評価指標を提案するに当たり、交通現象について把握しておく必要がある。今後の課題として合流による影響のある要因を解明し、サービス水準評価指標を考える上で必要な要素を的確に取り込む作業が必要になると考えられる。

<参考文献>

1) 岡村秀樹：都市間高速道路のサービス水準についての考察，交通工学，Vol.37，No.6，pp.61-68，2002.11

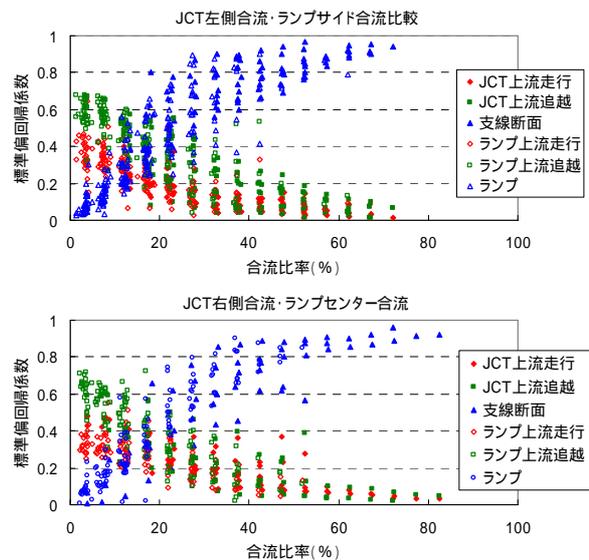


図 - 3 JCT 合流部・ランプ合流部間比較

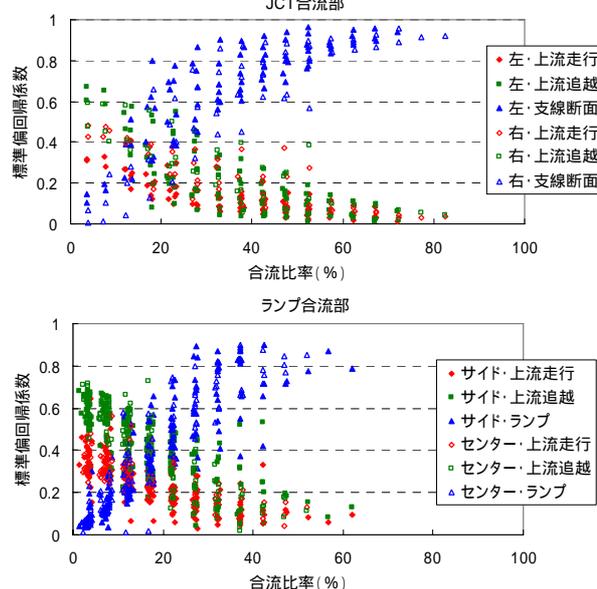


図 - 4 合流車線間比較

- 2) Transportation Research Board : Highway capacity Manual 2000
- 3) 藤田清二：高速道路のサービス水準の適用に関する考察，土木学会論文集，No.772/ -65，pp.33-39，2004.10
- 4) 喜多秀行ほか：道路交通における走行サービスの質とその計測：有効アプローチに基づく方法，土木学会論文集，No.772/ -65，pp.3-10，2004.10
- 5) 中村秀樹ほか：ドライバーストレスの間接計測に基づく高速道路単路部におけるサービス水準の評価，土木学会論文集，No.772/ -65，pp.11-21，2004.10
- 6) Surasak.T. et al. : Measuring Level of Service on Multi-lane Expressways by Platoon Parameters, J. Infrastructure Plan. And Man. , No.772/ -65，pp.23-32，2004.10
- 7) 石橋善明ほか：道路利用者満足評価に基づく高速道路のサービス水準の評価，土木学会論文集，No.772 / -65，pp.41-51，2004.10