

往復2車線道路における付加追越車線の設置水準に関する研究^{*1}

A Study on the Level of Installing Passing Lane for Two-Lane Highways^{*1}

小林 正人^{*2}・中村 英樹^{*3}

By Masato KOBAYASHI^{*2} and Hideki NAKAMURA^{*3}

1. はじめに

都市間を連絡する道路では、高い水準の通行機能が要求されるが、交通需要の少ない地方部をはじめ、それらの多くは往復2車線道路である。特に日本の往復2車線道路では、地形条件や交通規制により後続車は低速車を追い越すことが容易でないため、都市間道路として十分なサービスの質を提供できないばかりでなく、低速車にとっても後続車から煽られるなどしてストレスを感じさせることも少なくない。このため、適当な位置に付加追越車線を設置し、後続車を車群から解放することが必要である。道路構造令の解説と運用¹⁾では、付加追越車線の設置延長は1.0kmから1.5km、設置間隔は6kmから10kmを標準としているが、交通量の程度に応じて実現する追従状態を考慮したサービスの程度とこれらの数値との関連が不明確である。

そこで本研究では、追従車密度を指標として往復2車線道路のサービスの質を定量的に表し、付加追越車線の設置による追従車密度の推移をミクロ交通流シミュレータを用いて分析することで、交通量に応じた付加追越車線の設置水準を明らかにすることを目的とする。

2. 付加追越車線によるサービスの質の改善の分析方法

(1) 往復2車線道路のサービスの質の評価指標

付加追越車線の設置に伴うサービスの質の改善効果を明らかにするためには、往復2車線道路のサービスの質の評価指標を決める必要がある。

米国のHCM2000²⁾では、2車線道路の交通運用状態を表すサービス水準(LOS)の指標として、平均旅行速度と追従時間率を用いている。追従時間率は旅行時間のうち追従していた時間の割合を示すものであるが、計測が極めて困難である。一方、南アフリカのSANRAL³⁾では、2車線道路のLOS評価のための代理指標として、追従車密度(follower density; FD)を提案している(図-1)。追従車密度は、1km区間の道路に存在する追従車の台数として

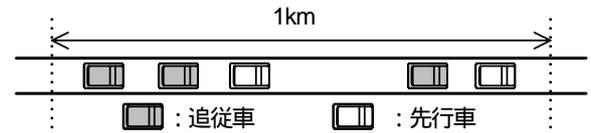


図-1 追従車密度の概要

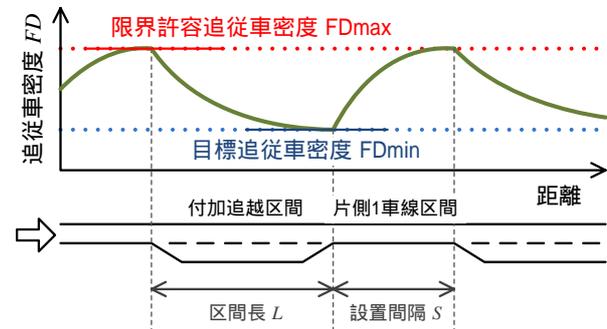


図-2 追従車密度の推移イメージ

定義され、区間内の追従車率と交通密度の積として求められる。追従車密度は、代表断面において観測される追従車率と地点速度・交通量から推定される交通密度を用いて算出することができるため、比較的計測が容易な指標である。

(2) 追従車の判定方法

HCM2000では、車頭時間が3秒以内の車両を追従車としているが、本研究では、追従状態であるかどうかは車頭時間だけでなく速度にも依存し確率的に表されるという仮定に基づく、Catbaganら⁴⁾によって提案された確率的判定方法を用いる。

(3) 付加追越車線の設置水準の決定方法

図-2に、追越しのできない2車線道路に付加追越車線を設置したときの、追従車密度の推移を表す仮説を図示する。片側1車線区間で先行車を追越することができない場合、始端からの距離が長くなるにつれて追従する車両が増え、追従車密度は大きくなると考えられる。このとき、サービスの質の改善が必要とされるような追従車密度を定め、この値を限界許容追従車密度FDmaxとする。追従車密度がFDmaxに達した位置に付加追越車線を設置することで、追従車は先行車を追越することが可能となるので、追従車密度を減少させ、サービスの質を改善させることができるはずである。その後の1車線区間では、再び追従車密度が増加してやがて限界許容追従車密度

*1 キーワード: 交通流, サービス水準, 道路構造, 2車線道路

*2 学生会員, 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻

*3 正会員, 工博, 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻

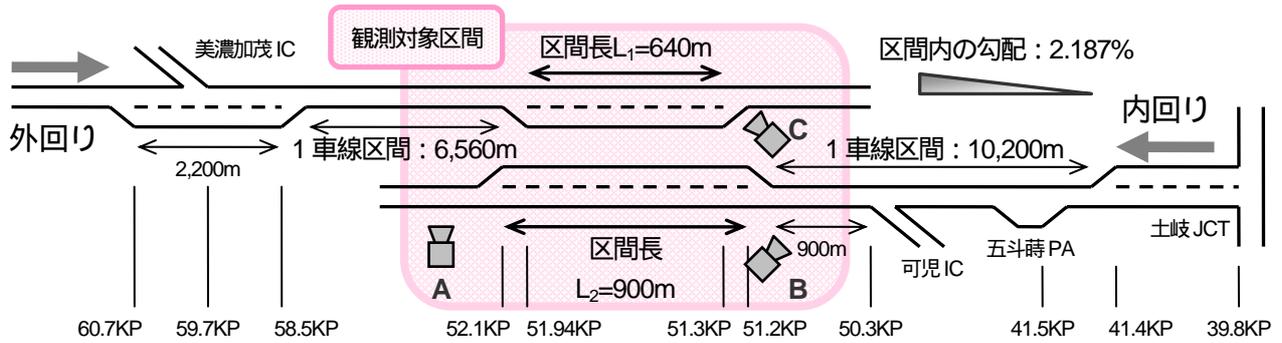


図-3 交通流観測箇所の詳細(東海環状自動車道, 可児IC~美濃加茂IC間)

FD_{max}に達する．そのときの長さを，ある付加追越車線の区間長に対して設定することができる最大の設置間隔とする．すなわち，追従車密度の限界許容値を定めることで，設置区間長ごとにに対応する設置間隔を求めることができる．これらの値は，交通量水準によって異なるはずである．

様々な付加追越区間長や設置間隔に応じた追従車密度の分析には，マイクロ交通流シミュレータAIMSUN NG v5.1を使用するが，往復2車線道路における交通流が的確に再現されるよう，実態調査データに基づきシミュレーションのキャリブレーションを行った．

3. シミュレーションの調整と現況再現性の検証

(1) 交通流実態調査とシミュレーションのチューニング

交通流実態調査は，図-3に示す東海環状自動車道の可児御岳IC~美濃加茂IC間に設置されている付加追越区間で平成20年11月23日の日曜日に行った．交通状況は15分間交通流率がおよそ400veh/hから800veh/hの間であり，付加追越区間の始端部では大きな車群が時折見られた．図中に示すカメラA，B，Cによって交通流の撮影を行い，交通量，車種，通過時刻，地点速度を観測した．

シミュレーションでは希望速度，加速度，および追越し条件の調整を行った．希望速度はガンベル分布に従うという仮定に基づいて，Catbaganらの提案した車頭時間と速度より希望速度の分布形を求める方法を適用した．

(2) シミュレーションの検証

シミュレーションの付加追越区間，および付加追越区間上流の片側1車線区間の区間長に，実際の道路構造を入力し，再現性の検証を行った．図-4は，外回りにおける交通流率と追従車密度の関係である．交通流率が高いほど追従車密度が大きくなる傾向を，シミュレーションは良好に表現している．また，外回りにおける車両の15分間平均地点速度と追従車密度の関係を図-5に示す．追従車密度が大きいほど平均速度が低下する傾向が再現されていることがわかる．

4. 付加追越車線の設置水準の算出

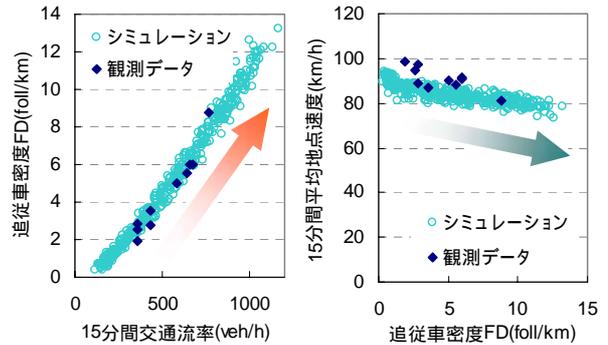


図-4 交通量-追従車密度関係 図-5 追従車密度-速度関係

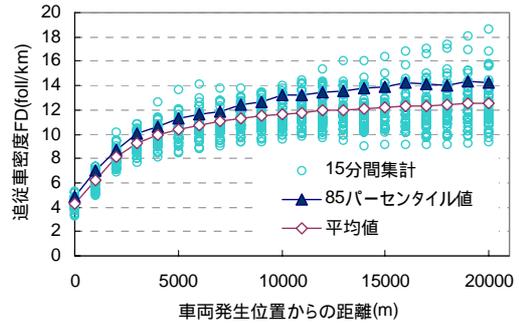


図-6 片側1車線区間における追従車密度の変化

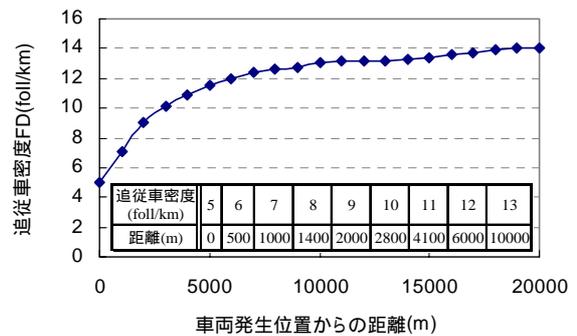


図-7 片側1車線区間における85パーセントイル追従車密度の推移 (5回の演算の平均値)

(1) 片側1車線区間における追従車密度の推移

追越しのできない片側1車線区間が長くなると，低速車の後部に追従車が連なって大きな車群を形成し，これらの車群がある程度距離を開けて点在するような状態になる．そのため，同じ計測位置においても時刻によって追従車密度は変動する．図-6は，シミュレーションを用いて1車線区間上流端で交通量1000veh/hの車両を指数分布に従った車頭時間間隔で発生させ，15分間集計の追従

車密度の変化を発生端からの距離に応じて示したものである。追従車密度の推移を分析するには、その位置において変動する追従車密度の代表値を定める必要があるため、ここでは85パーセンタイル値を用いることとする。

85パーセンタイル追従車密度の値は、1回10時間の演算を行い、集計時間を15分間として40サンプルの追従車密度から85パーセンタイル値を求め、この手順を5回繰り返し平均をとったものである。これ以降のシミュレーション結果では、この方法によって集計を行った。なお、今回の演算においては勾配を0とし、全車両を小型車としている。図-7は、このようにして求めた85パーセンタイル追従車密度の推移を示したものである。図中の表は、それぞれの追従車密度に達するまでの距離をグラフから読みとった値である。

(2) 付加追越車線による追従車密度の減少

図-8は、付加追越車線の区間長と付加追越車線終端部における1車線あたりの追従車密度の関係を、限界許容追従車密度 FD_{max} の設定値別に示したものである。図-7の結果から、車両発生位置からの距離が10km以内で、かつある程度追従車密度の減少が観測されるよう、今回は FD_{max} を10 fol/km 、および12 fol/km とした場合の分析を行った。0mの位置での追従車密度は、付加追越区間の始端部における追従車密度である。グラフより、区間長がおよそ500mから1000mの付加追越車線を設置した場合に追従車密度の減少量が大きく、設置効果が大きいことがわかる。しかし、500mより短い区間長では追越しを行うには距離が短いため、追従車密度の減少量は小さくなっている。また、付加追越区間長が長くなると、往復4車線道路の状況に近づくため、追従車密度は一定の値に漸近する。この値は交通量レベルによって異なると考えられる。

(3) 付加追越区間後の追従車密度の推移

図-9と図-10は、付加追越区間後の1車線区間における追従車密度の推移を、 $FD_{max}=12(fol/km)$ 、 $FD_{max}=10(fol/km)$ の場合についてそれぞれ示したものである。追従車密度が再び FD_{max} の値に達するときの付加追越区間終端部からの距離を読み取ることによって、付加追越区間長に応じた設置間隔を求めることができる。図中の FD_{min} は、上流の付加追越区間で達成されるべき目標となる追従車密度であり、付加追越区間後の1車線区間始端での初期値となるものである。このため、 FD_{min} が小さいほど、1車線区間の延長、すなわち付加追越車線の設置間隔は長くてもよいことになる。

(4) 付加追越車線の設置水準

a) FD_{min} に応じた付加追越車線の必要区間長

図-11は、 FD_{min} に応じた付加追越区間長を FD_{max} 別に示したものであり、付加追越区間終端部における FD_{min} を小さくする、すなわちサービスの質を高くする

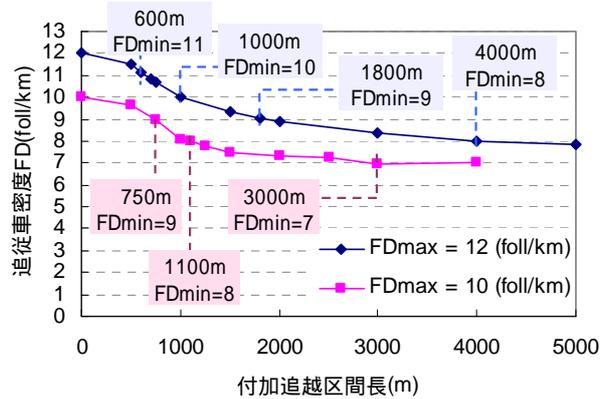


図-8 付加追越区間長と終端部の追従車密度

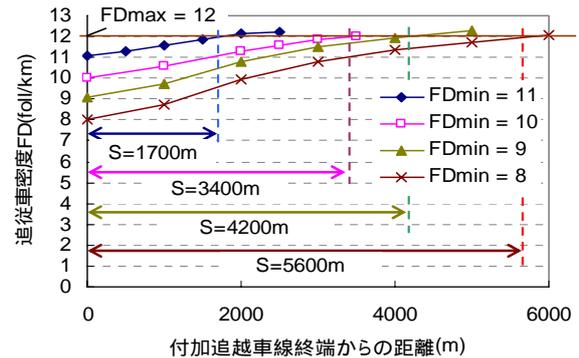


図-9 付加追越区間後の追従車密度の推移($FD_{max}=12$)

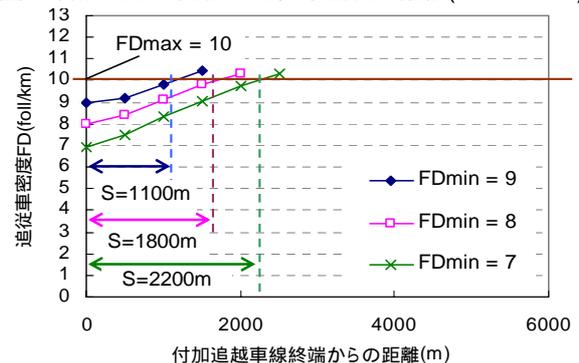


図-10 付加追越区間後の追従車密度の推移($FD_{max}=10$)

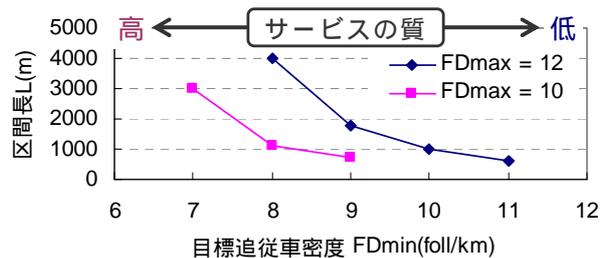


図-11 FD_{min} に応じた付加追越車線の必要区間長

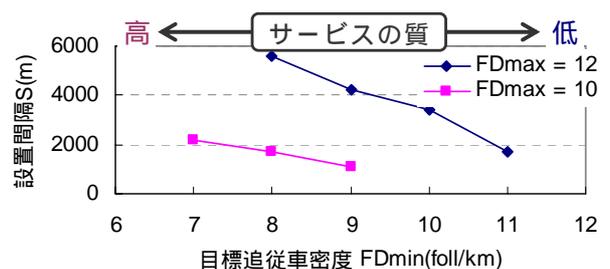


図-12 FD_{min} に応じた付加追越車線の必要設置間隔

ためには、長い区間長が必要であることがわかる。また、 FD_{max} が大きいとき、つまり付加追越区間始端部における追従車密度が高い場合には、追従車密度を目標とする FD_{min} まで下げるために必要な区間長が長くなることわかる。

b) FD_{min} に応じた付加追越区間の必要設置間隔

図-12は、目標とする FD_{min} に応じた付加追越区間の設置間隔を FD_{max} 別に示したものである。設置間隔がこの図に示された値を超えると、1車線区間終端部における追従車密度が FD_{max} の値を上回ってしまうことを意味している。 FD_{min} を小さく設定した場合、上流の付加追越区間終端部において高いサービスの質が確保されているため、その分設置間隔を長くとることができる。また、限界許容値である FD_{max} の値が大きいほど、設置間隔も大きくて良いことになる。

c) 付加追越車線の設置水準

図-13は、交通量 q が1000veh/hの場合における、限界許容追従車密度 FD_{max} に応じた付加追越区間長と設置間隔の組み合わせを示したものである。また、表-1は限界許容値である FD_{max} と目標値である FD_{min} に応じた付加追越区間長と設置間隔の組み合わせをまとめたものである。図-13において、原点と曲線上の各それぞれの点を通る直線の傾き S/L は、区間長に対する設置間隔の比率を表しているため、傾きが大きいほど付加追越車線の設置効率が良いことを示している。区間長 L を長くしていくと、傾きは $L=1000m$ 付近で最大となり、それ以上では小さくなっていくため、区間長を必要以上に長くとっても効率的でないことがわかる。これは、図-8からわかるように、付加追越区間長が大きくなると、追従車密度の値が一定値に漸近し、それ以上減少しないためである。

これより、区間長と設置間隔の双方を同時に長くするよりは、ある程度サービスの質が改善されるような長さの付加追越車線を、短い間隔で設置したほうが効率よくサービスの質を改善することができる。例えば、往復2車線自専道のインター間10kmに付加追越車線を設置する場合、 FD_{max} を12fol/kmに設定すると、区間長4000m・設置間隔5600mの付加追越区間を1箇所設置するよりも、区間長1000m・設置間隔3400mの付加追越区間を2箇所設置するほうが効率がよいと考えられる。また、前者では FD_{max} が12fol/km、 FD_{min} が8fol/kmであるため、追従状況の振幅が大きめの道路になり、後者であれば、 FD_{max} が12fol/km、 FD_{min} が10fol/kmという、振幅が小さく比較的安定したサービスを提供する道路になる。

5. おわりに

本研究では、往復2車線道路のサービスの質を評価す

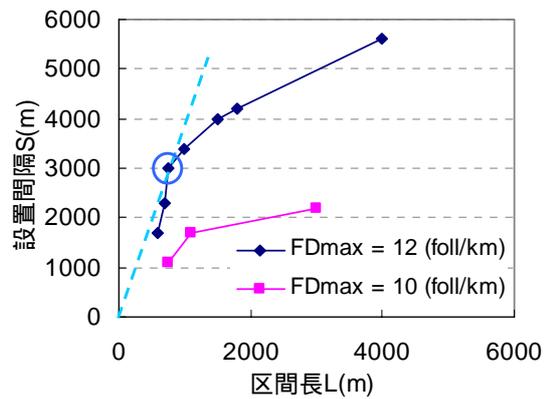


図-13 付加追越区間長と設置間隔の組み合わせ ($q=1000veh/h$)

表-1 FD_{max} と FD_{min} に応じた設置水準(1000veh/h)

目標値 $FD_{min}(fol/km)$	限界許容値 FD_{max} (fol/km)	
	10	12
11	-	600 / 1700
10	-	1000 / 3400
9	750 / 1100	1800 / 4200
8	1100 / 1700	4000 / 5600
7	3000 / 2200	-

(区間長 / 設置間隔)

る指標として追従車密度を用い、様々な区間長・間隔の付加追越区間の設置に伴う追従状態の改善効果をシミュレーションによって評価することで、付加追越車線の設置水準を求めた。

今回分析を行ったのは、交通量が1000veh/hにおける限界許容追従車密度 FD_{max} が12と10のケースについてのみであるが、今後は他の交通状況や FD_{max} についても分析を行っていく。また、勾配や大型車混入率の考慮をはじめ、道路規格や希望速度分布の異なる2車線道路についても分析を行い、より一般化された実用的な設置水準を明らかにすることが必要である。同時に、限界許容追従車密度 FD_{max} や目標追従車密度 FD_{min} の、道路規格に応じた望ましい設定値についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，pp.200-201，2004.
- 2) Transportation Research Board: Highway Capacity Manual (HCM2000), 2000.
- 3) Van As, C.: The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service of Two-lane Undivided Highways in South Africa (Project Summary), South African National Roads Agency Limited (SANRAL), 2004.
- 4) Catbagan, J. L. and Nakamura, H.: Probability-Based Follower Identification in Two-Lane Highways, TRB 88th Annual Meeting, Washington DC, 2009.