

ITSを活用した高速道路サグ部渋滞対策である「AHS円滑化サービス」のコンセプトと、その具体化に向けた研究開発の一環として実施した東名高速道路大和地区における時空間連続的な交通分析等について紹介する。

高速道路サグ部における渋滞対策のための AHS円滑化サービスの開発に向けた取組み

牧野浩志*
大内浩之**
平沢隆之***
山田康右****

はじめに

我が国の高速道路における渋滞のうち、サグ・トンネル部におけるものは全体の40%を占めており最も多く、次いで料金所部、合流部となっている（平成16年実績）。ETCの普及により料金所渋滞が削減された現在、サグ・トンネル部の渋滞対策が次の重要課題となっている。

国土交通省国土技術政策総合研究所では、AHS技術を活用した渋滞対策として、ドライバーへの適切な情報提供により交通流を適正化し、円滑化を図るAHS円滑化サービスの研究開発を進めている。その一環として、渋滞発生直前の交通現象として知られる追越車線への交通量の偏りを防止あるいは是正し、断面交通容量の効率的な利用をねらいとした車線利用率適正化サービスの検討を行ってきた。

本稿では、AHS円滑化サービスのコンセプトを紹

介するとともに、具体化に向けた取組みの一環として実施したサグ部交通現象の時空間における解析結果等について報告する。

1. サグ部での渋滞発生要因

高速道路サグ部はボトルネックとして知られており、そこでの交通流現象や渋滞発生要因の解明については古くから研究が行われている。

既往研究を通じてよく知られている知見として、ドライバーがサグ部の勾配変化に気付かないため速度低下が起きやすいことや、渋滞発生直前での追越車線への交通集中によって断面全体の容量が十分に利用されないまま追越車線から渋滞が始まること等が挙げられている⁽¹⁾。また、近年では、こうした車両挙動の画一的・巨視的な把握のみに基づいて渋滞発生との因果関係を特定することは困難との認識から、一部の特定車両の挙動（「動作が緩慢」等）に起因する車群形成等も一要因であるとする仮説およびそれに基づく研究報告もなされている^{(1),(2),(3)}。

このようにサグ部の渋滞現象・発生要因に関する知見は蓄積されてきているものの、未だ完全な解明には至っていない。

著者らは、既往知見や仮説を踏まえ、過年度に実施した実道での交通現象調査等に基づき、サグ部渋滞発生要因をドライバー心理・車両挙動との因果関係の観

* 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室主任研究官（現 国土交通省道路局企画課企画専門官）

** 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室主任研究官（現 西日本高速道路㈱建設事業部技術グループサブリーダー）

*** 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室研究官

**** 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室交流研究員

点から、i) 進行方向の車両挙動（勾配変化の認知ミス等）、ii) 車線利用の偏り、iii) 特定車両の車線変更挙動等に起因する交通流の攪乱、iv) 特定車両の挙動に起因する車群形成に分けて整理している（表-1）。

2. AHS 円滑化サービスのコンセプト

従来、サグ部等のボトルネック部においては、道路拡幅等のハードウェア対策が実施されてきた。しかし、今後の渋滞対策においては、道路構造を改変することなく低コストで実現が可能で効果的な手法として、IT を活用した道路運用面での対策（ソフトウェア対策）が重要である。その中でも代表的な手法といえるのが情報提供による対策である。

前述の渋滞発生要因 i) ~ iv) に対応したサグ部渋

滞対策の方針と対策案について整理すると、①ボトルネック部で速度低下を起こさせない、②車線利用を均等化・整流化する、③車群を形成させない、の3つにまとめられる（表-2）。

こうした情報提供による対策の一部は、既に実用化されている。2003年に日本道路公団が東名高速道路下り大和地区サグ部で供用した速度低下防止サービス、速度回復サービスは、サグ部下流に設置した情報板を用いて速度低下に対する警告や、サグ部で低下した速度の回復を促す情報提供を行うものである。その効果として、渋滞時のボトルネック部の捌け交通量が8.9%向上したことが報告されている^[5]。

これら既往の情報提供による対策は、主として渋滞発生後を対象としたものである。しかしながら、より

表-1 サグ部渋滞発生要因の整理（仮説）

渋滞発生要因	摘要
i) 進行方向の車両挙動 (無意識な速度低下)	<ul style="list-style-type: none"> 漫然運転や勾配変化に対する認知ミスにより、多くのドライバーが無意識に速度低下する。 減速波が発生、後方へ拡大・伝播し、最終的に渋滞に至る。
ii) 車線利用の偏り (追越車線への交通集中)	<ul style="list-style-type: none"> 渋滞直前に、早く行きたい車両が追越車線に集中し、追越車線から渋滞が始まる。 渋滞開始直後には、追越車線上の車両が速度低下を嫌って一斉に余裕のある走行車線へ復帰するため、走行車線もまた一挙に渋滞に至る。 このため、断面全体での容量が効率的に利用されない。
iii) 特定車両の車線変更挙動等に起因する交通流の攪乱 (減速波の誘発)	<ul style="list-style-type: none"> 特定車両の強引な割り込み等に起因するコンフリクトが発生し、減速波を誘発する。
iv) 特定車両の挙動に起因する車群形成 (減速波が伝播しやすい状況の形成)	<ul style="list-style-type: none"> 特定車両（例：希望速度が遅い、加速性能が悪い等）が原因となり車群が形成される。 車群がサグ部へ到着すると、先頭車の速度低下に起因する減速波が車群中を後方へ拡大・伝播する。 密度の高い大きな車群の場合、最終的に渋滞に至る。

表-2 渋滞発生原因とその対策

サグ部における問題点		対策の方針		対策案（サービス）
主として 渋滞発生後	i) 無意識な速度低下	①	• 漫然運転車両に加速を促す。	(1)速度低下防止サービス (●)
			• 車頭時間を短縮させる。	(2)速度回復サービス (●)
渋滞発生前	ii) 車線利用の偏り	②	• 車線利用を均等化し、走行車線の未利用の交通容量を活用する。	(3)車線利用率適正化サービス (◎)
	iii) 交通流の攪乱		• 攪乱原因となる挙動を抑制し、整流化を図る。	(4)路肩等活用による車線利用率適正化サービス (○) (動的な付加車線運用)
	iv) 車群形成	③	• 車群形成を防止あるいは解消する。	(5)車群対策サービス (○)

●：JH 実施中 ◎：短期的な開発の対象 ○：中長期的な開発の対象

効果的に円滑な交通を実現するためには、渋滞発生を事前に予見し適切なタイミング・内容の情報提供を行い、渋滞発生を抑制することが有効と考えられる。

AHS 円滑化サービスは、このようなニーズに対応し、渋滞発生前の交通状況に応じた適切な情報提供により円滑化を図る新しい対策である。すなわち、道路側のセンサーが全体の交通状況を俯瞰して正しい情報を把握し、適切な注意喚起方法によりドライバーに伝え、その結果として全体が調和した交通流を実現して渋滞の削減を期待するものである。その研究開発の一環として検討中の車線利用率適正化サービスは、渋滞直前の車線の偏りを防止あるいは是正することで断面全体の交通容量を有効利用することをねらいとした情報提供を行うサービスである（図-1）。

ITSの要素技術であるセンサー、路車間通信、ITS車載器等は、上記のサービス実現に必要な交通状況の把握、余裕のある車線への車両の誘導等に有効な手段になり得ると考えられる。現在、これらを活用した車線利用率適正化サービスの具体化の検討を進めている。

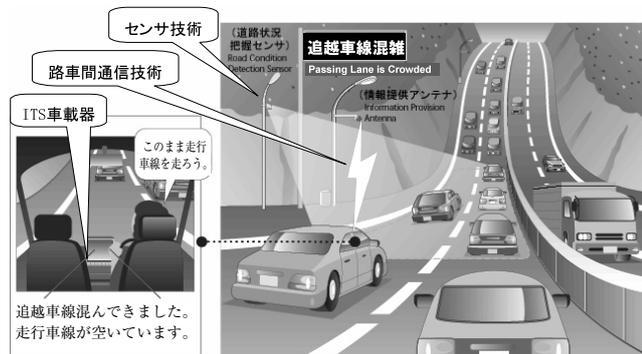


図-1 AHS 円滑化サービスのイメージ（車線利用率適正化サービス）

3. サグ部における時空間連続的な交通現象解析

(1) サグ部交通流の連続的な観測

車線利用率適正化サービスの具体化にあたっては、サグ部前後における交通現象の時間的・空間的な特性を把握した上で渋滞発生との因果関係を特定し、これに応じて情報収集・提供手段、提供位置、提供タイミング、情報内容等を決定する必要がある。前述のとおり、この因果関係を特定するのは、車両挙動を巨視的にとらえる視点からだけでは困難であり、個々の車両の挙動を道路延長方向および時間軸方向に連続的にとらえる必要がある。このため、ビデオカメラを用いた時空間連続的な交通現象観測・分析を行った。

観測対象には、我が国の代表的なサグ渋滞箇所である東名高速道路下り大和地区（片側3車線）を選定した。過年度調査より判明している渋滞発生時の先頭位置を含む約2kmの区間を対象に120m間隔で13台のカメラを設置し、ビデオ撮影を行った。また、同時に前後区間の交通状況を把握するために、対象区間の上下流の車両感知器データを収集した。カメラ配置を図-2に示す。撮影は、2005年11月～2006年1月にかけての土日の中から渋滞発生の可能性が高いと予想される10日間を選定して実施した。

(2) 連続観測に基づく交通現象分析

1) 車線利用の時空間的特性

収集したビデオ映像から目視により各カメラの撮影範囲内の通過車両を車線別にカウントし、地点別に5分間交通量を集計した。図-3はその一例であり、12月10日(土)の渋滞直前の臨界状態（6時23分～6時38分）における5分間平均交通量の地点変動を示し

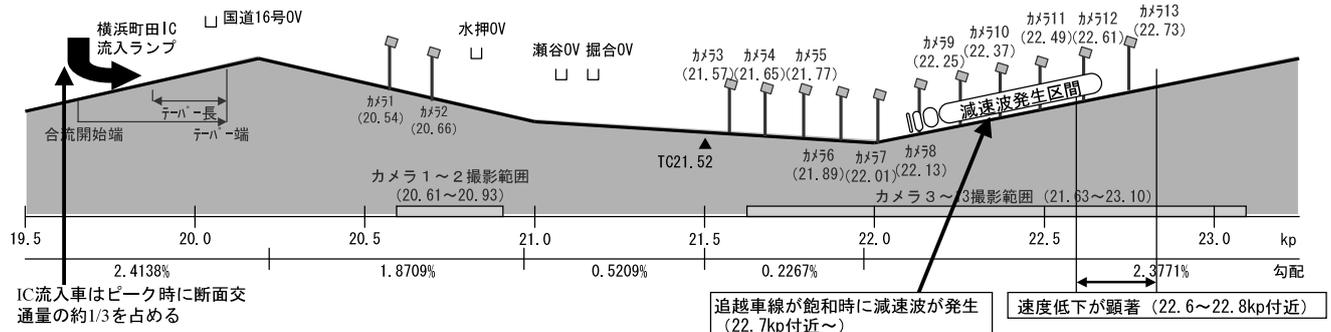


図-2 交通現象計測カメラ設置概略図（東名高速道路下り大和地区サグ部）

たものである。

これによると、追越車線への交通の偏りが確認できるが、その車線利用率は観測区間全体にわたり概ね45～50%弱であり、サグの底(22.0kp)から約1.5km程度上流地点において既に車線利用の偏りが概ね形成されている。カメラ1から700m程度上流の町田

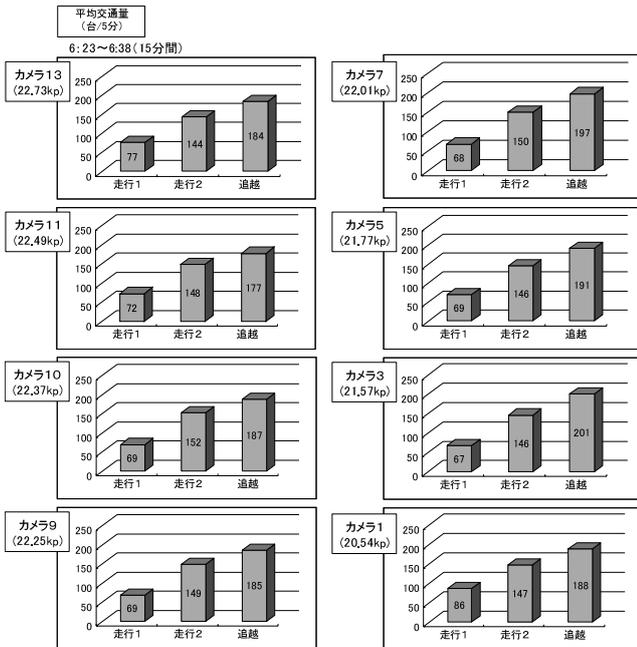


図-3 車線利用の特性 (車線別交通量) (2006年12月10日)

IC (19.7kp) からの流入車が多く、ピーク時には断面交通量の約1/3を占めることを踏まえると、流入後に速やかに右方向への車線変更が行われるため、流入車による走行車線の交通量増加は一時的なものに過ぎないことが分かる。

一方、追越車線の流率に着目すると、カメラ11地点(交通量計測位置22.54kp)が最も低く、同様の現象が自由流、渋滞流の状態にも共通してみられた。この流率低下箇所は、後述する車両軌跡図から読み取れる速度低下箇所と概ね一致しており、この付近が当該サグ部のボトルネックであることが特定できた。

2) 減速波の発生および伝播状況

収集したビデオ映像から目視によって個々の車両を追跡し、映像に記録されたタイムコードを基に映像間でのマッチングを行い、車両軌跡図を作成した。12月17日(土)の混雑時における追越車線の車両軌跡図の一例を図-4に示す。この日は顕著な渋滞は発生しなかったが、交通量は飽和に近い状態に達しており、減速波の発生・伝播等の状況を読み取ることができる。

サグ部において、各車両は約80～90km/hで上り坂に到達して微小な速度低下を起こし、それが次第に後続車に拡大・伝播している(22.6kp～22.8kp付近で最も顕著)。そこに比較的車頭間隔を長く保っている車両の前方のスペースに第2走行車線からの割り込み(車線変更)が発生している(6時39分前)。これに

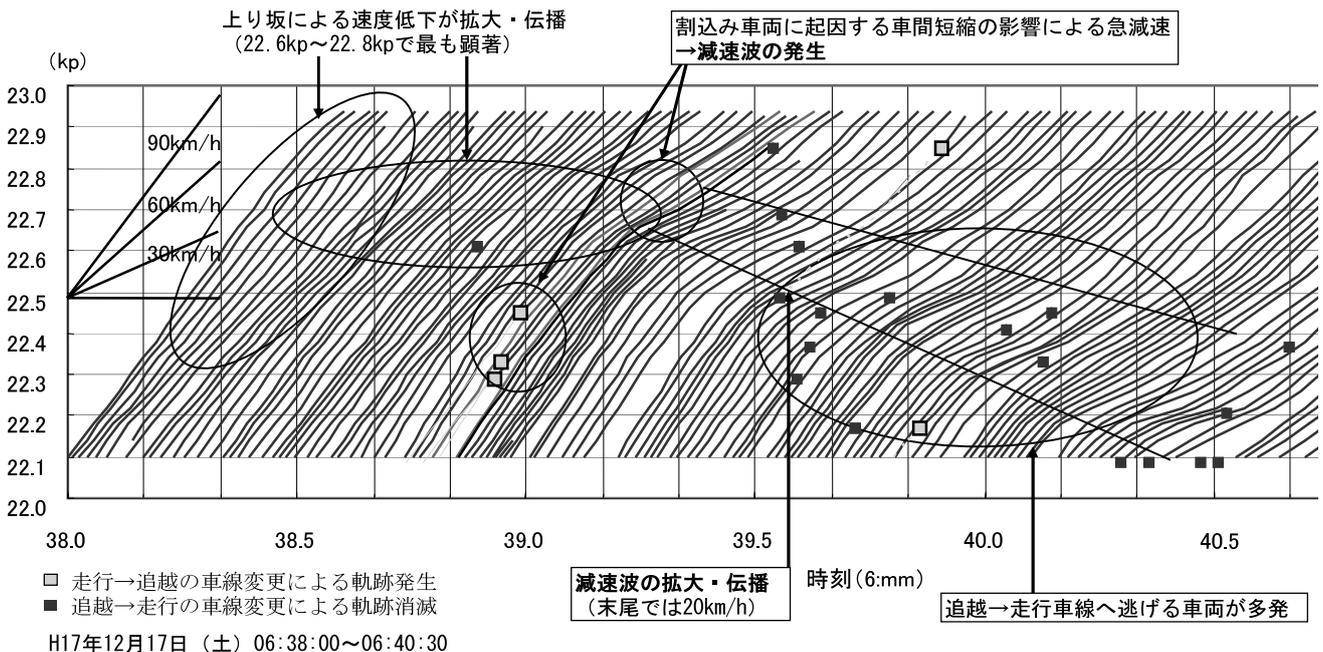


図-4 連続観測に基づく車両軌跡図 (追越車線)

ともない車頭間隔が短縮し、下流側から伝播してきた減速波を吸収できずに急減速に至っている（6時39分20秒頃）。この時、比較的車頭間隔を長く保っている車両は後方に密な車群を引き連れているため、車群中を減速波が拡大・伝播し、最後尾の車両は約20 km/hまで速度低下している（6時40分30秒）。なお、その後は前方の速度低下を確認した車両が第2走行車線へ避走して車頭間隔が大きくなることと、車群が連続しなかったこと等から、渋滞に至ることなく速度回復している。

以上のような状況は他のケースでも確認されていることから、渋滞発生前の高密度な交通流における車線変更挙動（強引な割込み）がコンフリクトを生じさせ、後続車の急減速から減速波の発生・伝播に至る要因となっている可能性がある。

ただし、ここに示した知見は一部の分析結果に基づくものであるため、現在、軌跡化を半自動的に実行しデータベースとして蓄積できる分析システムを用いて対象サンプルを増やし、検証を進めているところである。

4. サービスの具体化に向けた考察

今回の時空間連続的な交通現象解析によって得られた知見を踏まえ、サグ部における車線利用率適正化サービス具体化に向けて以下の視点から検討する必要がある。

○情報提供のねらい

車線利用率の均等化の実現方法として、以下のような意図の情報提供が考えられる。

i) 左方向への車線変更促進

サグ部手前で追越車線に偏った車両に対しキープレフトを促す情報を提供し、偏りを是正する。

ii) IC流入交通の右車線への流入抑制

断面交通量の約1/3を占める流入交通が右車線へ流入するのを抑制して第1走行車線に留めるような情報を提供し、偏りを防止する。

iii) 右方向への車線変更抑制

サグ部手前で右側車線への車線変更を抑制する情報を提供し、偏りの悪化および割込みによるコンフリクトの発生を防止する。

○情報提供の内容（表現）

意図に応じて適切な情報内容を決定する必要がある。車線別の混雑状況を事実情報として提供し、ドラ

イバーの判断に委ねる方法の他、ドライバーにサグ渋滞の実態を伝えた上で“渋滞回避のためのお願い”としてキープレフトを促す方法も考えられる。

○情報提供方法

情報板、路車間通信（DSRC）等を用いた車線別情報提供が挙げられる他、路面表示の変更、さらには動的な可変運用により車線変更規制を行う方法も考えられる。

○その他

情報提供位置、提供タイミング、情報収集方法、収集位置等のシステム化の要件を決定する必要がある。

まとめと今後の課題

本報告で得られた結果は以下のとおりである。

- 既存知見や過年度調査に基づき、AHS円滑化サービスのコンセプトを明らかにした。
- AHS円滑化サービス（車線利用率適正化サービス）の具体化に向けた検討の一環としてサグ部における時空間連続的な交通現象分析を行った。その結果、車線利用の偏り、減速波の発生・伝播の時空間的な特性に係る知見を得た。
- 分析結果を踏まえ、今後のサービス具体化に向けて検討すべき事項を明らかにした。

今後は、ここで得られた知見をもとにサービスの具体化を行うとともに、ドライビングシミュレータを用いた被験者実験によるサービス受容性の検証、ネガティブチェック等を踏まえ、2007年のサービス実用化に向けて実道での検証を行う予定である。

最後に、本稿の調査には中日本高速道路株のご協力を頂いたことを付記して謝意を表したい。

参考文献

- [1] 越 正毅；高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，第371号/IV-5，1986。
- [2] 邢 健，大口 敬，越 正毅；高速道路単路部の交通流の動的特性，土木計画学研究・講演集，Vol.14(1)，1991。
- [3] 大口 敬，片倉正彦，鹿田成則；高速道路単路部をボトルネックとする渋滞発生特性に関する実証的研究，『高速道路と自動車』，Vol.44，No.12，2001。
- [4] H. YAMADA, H. OUCHI, T. HIRASAWA, K. YAMADA, Y. KATAYAMA, R. HORIGUCHI, M. OIKAWA；“Applicability of AHS for Traffic Congestion in Sag Sections,” 12th World Congress on ITS.
- [5] 山田芳嗣，阿部重雄，長瀬博紀；LED表示板を活用した渋滞対策について，第23回交通工学研究発表会論文報告集，2003。