

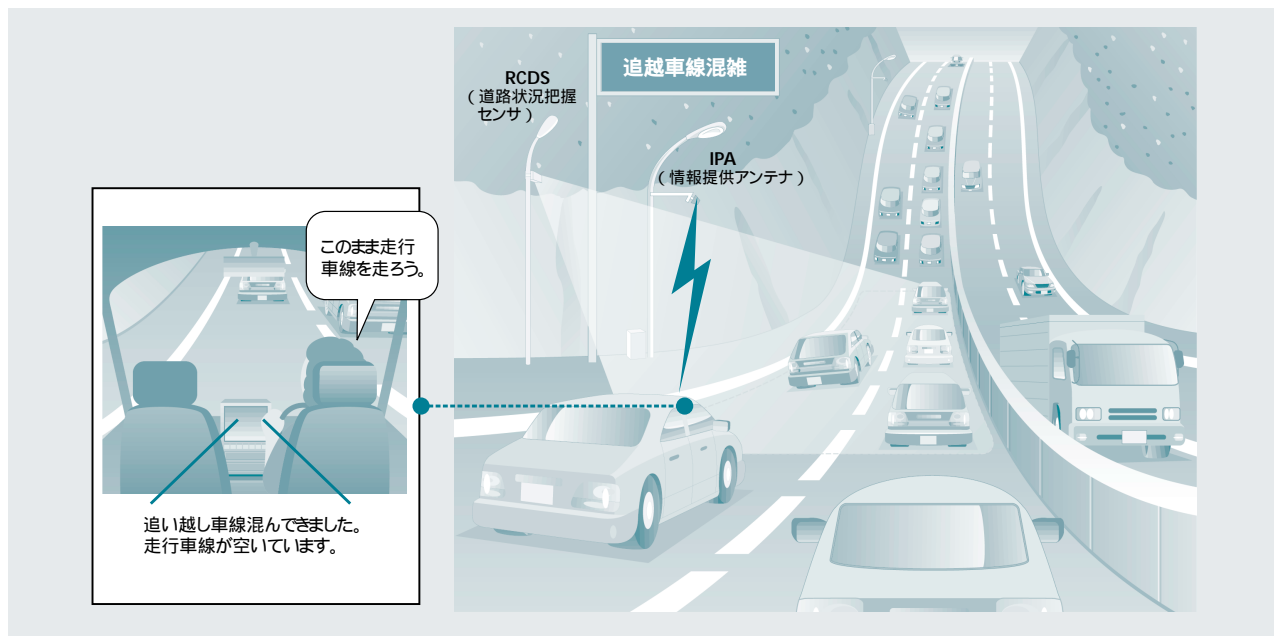
# 路車協調による安全運転支援 AHSによるサグ部円滑化走行支援の検討

Assistance for Safe Driving by Vehicle-highway Cooperation

片山 恭紀 Yasunori Katayama

石黒 祐司 Yuji Ishiguro

可児 明生 Akio Kani



注:略語説明 RCDS( Road Condition Detection Sensor ),IPA( Information Provision Antenna )

図1 AHS(走行支援道路システム)によるサグ部円滑化走行支援サービスのイメージ

サグ部上流側で交通状態を検出し、渋滞発生の可能性があるときには、AHSによる情報提供により、渋滞の緩和を行う。

## 1.はじめに

現在、日本では料金所において、ETC( Electronic Toll Collection )による渋滞対策が進行しており、サグ部( 凹部 )トンネル部の渋滞対策が次の課題としてクロ-ズアップされている( 図1参照 )。

日本の高速道路における渋滞の損失額は年間約9,400億円に上る。渋滞発生個所は料金所部が最も多く、次いでサグ・トンネル部となっている( 図2参照 )。

また、高速道路の交通量と事故発生の関係を調査した結果、渋滞直前や渋滞中は交通の流れの良いときと比較して、約50倍の事故率になることが明らかになっている<sup>1)</sup>。このため、渋滞損失の低減だけでなく、安全性向上面からも、早急な渋滞対策が望まれている。

ここでは、日本における代表的なサグ部渋滞個所である東名高速道路下り線大和地区の渋滞対策を対象に行った交通実態の分析と、サービス提供の可能性や提供するタイミングの決定方法など、情報提供によって渋滞を緩和するAHS

( Advanced Cruise-Assist Highway System )による円滑化走行支援サービスの検討について述べる。

なお、この研究は、AHS研究組合の研究活動の一環として日立製作所や研究組合参加各社によって行ったものである。

## 2.サグ部における渋滞発生メカニズム

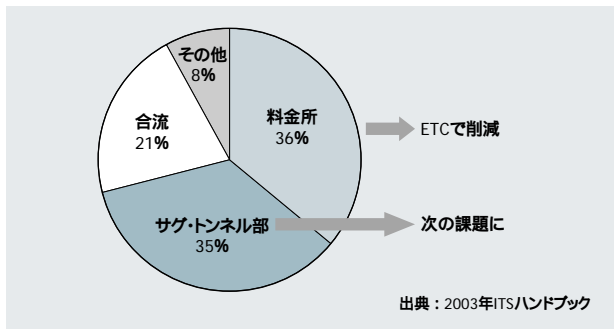
高速道路の単路部で下り勾こう配から上り勾配に変化し、その勾配変化に気付かないドライバーによる無意識な速度低下が交通容量上のボトルネックとなって、容量を超えた交通量が到達したときに渋滞が発生することは知られている。

サグ部の、渋滞発生原因は次のように考えられる( 図3参照 )。

( 1 ) 進行方向の車両挙動に関連する要因:漫然運転により、サグ部で無意識に速度を低下し、前方車との車間を過度に空けるために車線容量の効率的な利用を妨げている。特に、渋滞発生後の容量低下が著しい。

( 2 ) 車線利用に関する要因:渋滞直前の交通状態は、走行

日本における高速道路の渋滞のうち、サグ・トンネル部に起因する渋滞は全体の35%を占めている。また、渋滞直前の臨界領域や、渋滞領域の事故率は非拘束領域より1けた以上大きいと言われており、渋滞による直接的な損失低減に加え、安全の面からも渋滞対策のニーズが高まっている。渋滞の発生原因の一つとして、渋滞直前には追い越し車線へ交通量が過度に集中する一方で、走行車線には比較的余裕があるという不均衡な車線利用がある。その対策として、渋滞発生前にドライバーに対して情報提供を行うことにより、車線利用率を適正化して、断面交通容量を効率的に利用することで渋滞の削減を図るAHS(走行支援道路システム)円滑化サービスの検討を行っている。



注:略語説明 ETC(Electronic Toll Collection)

図2 高速道路の道路構造別渋滞発生回数の内訳  
サグ・トンネル部での渋滞発生は料金所に次いで多い。

車線に余裕があるにもかかわらず、過度に追い越し車線に車両が集中することで追い越し車線から渋滞が始まる。また、近年の研究では車群の到着パターンと渋滞発生の相関についての研究<sup>2</sup>がなされており、次の要因があると推察される。  
(3) 特定車両の挙動に関する要因:高い交通流率において、サグ部上流の追い越し車線に密で大きな車群が形成される。サグ部における、微小な速度低下(速度擾(じょう)乱)がきっかけとなって、車群の後ろへ行くに従って、だんだんと大きなブレーキになっていく減速波(ショックウェーブ)により、車群後

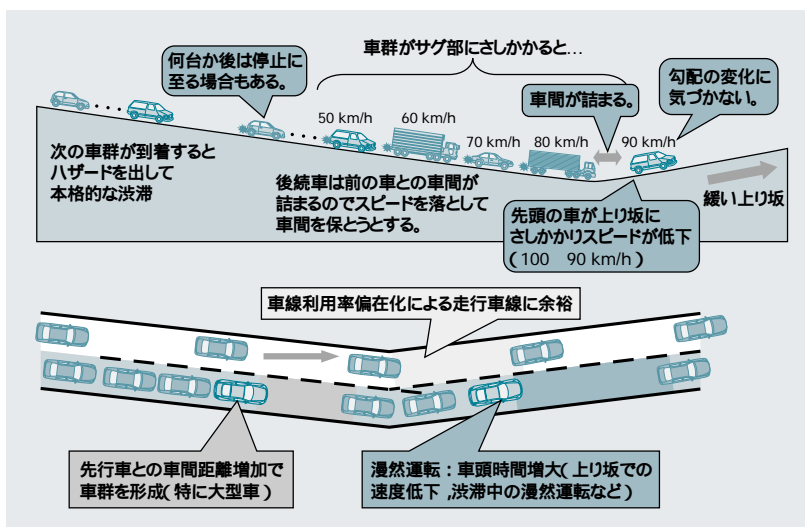


図3 サグ部における渋滞発生の基本メカニズム

勾配変化に気づかずに車間が詰まったことにより、後続車がスピードを次々に落とすことで渋滞になる。

方車両は急減速・停止が強いられる。その状態で後続車群が到達すると、継続的な渋滞となってしまふ。

### 3. 渋滞対策の着眼点と実施方針

前記(1)~(3)に対応したサグ部渋滞対策の着眼点を表1に示す。(1)の対策は東名高速道路下り線の大和地区のサグ部で適用<sup>3</sup>済みであり、渋滞発生後のさびき交通量が7%増加し、渋滞緩和に貢献した。

これに対して、今後対策が必要な、同表(c)~(e)の円滑化走行支援サービスは渋滞発生前の適用を想定し、渋滞の発生時刻の遅延、または渋滞発生の抑制により、渋滞削減をねらう。

これらAHSによる円滑化走行支援サービスのうち、情報提供によって短期的に開発が可能な、(c)車線利用率適正化サービスを開発対象として、現在研究開発を進めているところである。

### 4. サグ部における交通状態の分析

(c)の車線利用率適正化サービスの実現可能性を検討するために、既存の車両検出器(トラフィックカウンタ。以下、トラカンと言う。)データを用いて、車線利用状況の分析を行った。

サグ部上流約500 mに設置されている21.52 KP(キロポスト)トラカンの車線別交通量と速度の時間推移を図4に示す。

この図から直前の6時30分ごろには、追い越し車線や第2走行車線(以下、走行2と言う。)に比べ、第1走行車線(以下、走行1と言う。)は75~100 pcu(Passenger Car Unit)5分で、交通量が少なく、余裕があることがわかる。その後、走行1では交通量が増えることなく、追い越し車線や走行2の渋滞発生に伴って、一挙に渋滞状況に遷移していることがわかる。渋滞直前での走行1と走行2の交通量の差

表1 渋滞の発生原因とその対策

サグ部における問題点の抽出と、その問題点を解決するための着眼点と対策案を示す。

サグ部における問題点		改善の着眼点 (未利用の交通容量を活用)	対策案(提供サービス)
すでに対策が 取り組まれている 課題点	(1) 漫然運転などによる 容量低下 (サグ下流部)	サグ部下流の漫然運転車両 に加速を促す。	(a) 速度低下防止サービス
		車頭時間を短縮させる。	(b) 速度回復サービス
今後対策が必要 な課題点	(2) 車線利用率の偏在 による追い越し車 線での早期の渋滞 発生	車線利用率を適正化させ、 走行車線の未利用の交通容 量を活用する。	(c) 車線利用率適正化サービス
			(d) 路肩などの活用による車線 利用率適正化サービス
	(3) 車群形成による道 路空間の非効率な 利用で渋滞が増長	車群先頭車などを走行車線 へ誘導し、追越車線の交通 流の円滑化を図る。	(e) 車群対策サービス

注:略語説明ほか JH(旧日本道路公団)

□:短期的開発の対象 □:JH実験済み □:中長期的な開発の対象

は、断面交通量の約10%に当たる。このことは、走行1の可能交通容量が走行2と同水準であると考えれば、少なくとも断面容量の10%が使われないまま渋滞に至っていることを示している。したがって、車線利用率を適正化することにより、ボトルネック部の交通容量を増加できる可能性があると言える。

ここで、渋滞前から渋滞後の交通状況を、便宜的に次のように区分した。

- 状態0:自由流で、追い越し車線の交通量が他より少ない状態
- 状態1:自由流で、追い越し車線の交通量が走行1の交通容量を超えた状態
- 状態2:自由流で、追い越し車線の交通量が走行2の交通容量を超えた状態
- 状態3:渋滞直前の臨界状態
- 状態4:渋滞発生後の状態

### 5. サービス提供タイミングの検討

車線利用率適正化サービスは、交通状況に応じたリアルタ

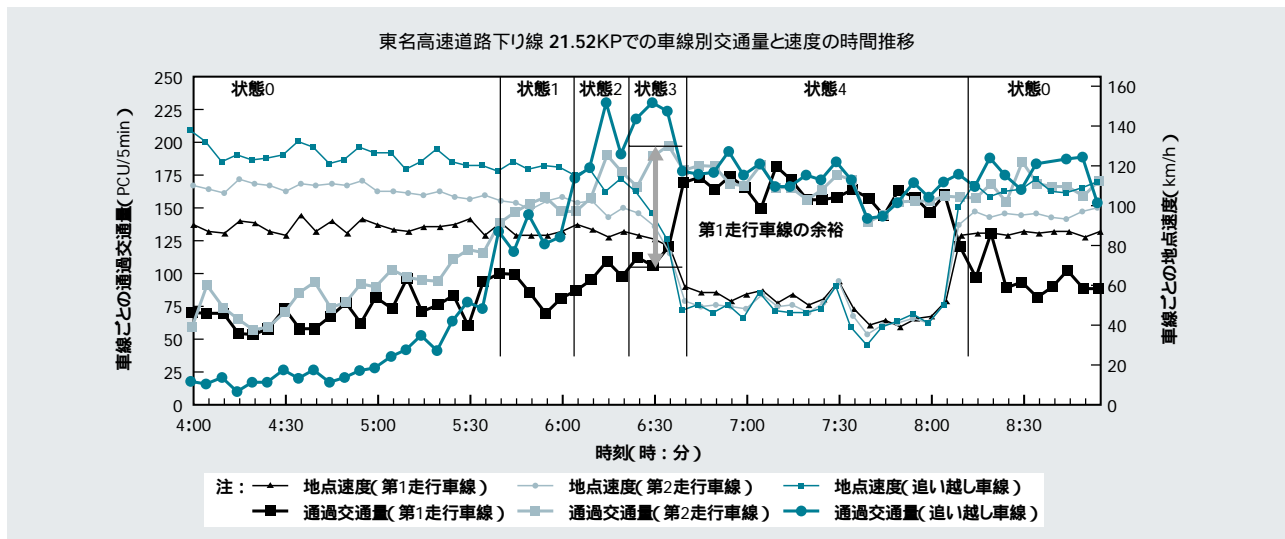
イムな情報提供を行うもので、渋滞が発生するタイミングを適切にとらえて、サービスを提供することが理想である。

一方、実証的研究<sup>2)</sup>によると交通量の大小と渋滞発生の際に必ずしも相関関係が認められないことから、情報提供タイミングは「ある程度以上の確度で渋滞発生の可能性が認められる状態になったら、『渋滞が発生しないかもしれないリスク』を考慮した情報内容を提供する。」という考え方を提案する。

2003年の大和地区サグ部における全渋滞発生日について、21.52 KPトラカンでの車線別5分間交通量と平均速度を、交通量-速度(Q-V)平面にプロットしたものを図5に示す。それぞれの日の渋滞発生時刻を基準に、渋滞発生前90~60分をグレーで、60~30分を淡青で、30分~渋滞発生時刻を薄青で、渋滞発生時刻~30分後を青で、30~60分後を濃青で、それぞれ色分けしてある。これを見ると、渋滞前の時間帯によって、プロットされる範囲がおおむね限定的であることがわかる。これは、渋滞発生までの状態遷移(状態0~状態3)が、おおむね同じパターンとなっていることを示唆している。

次に、各車線の交通状況が状態2または状態3を示す窓枠に入っていることをサービス提供の判断基準と仮定した場合に、サービス提供がどのくらいの時間継続したか、また、サービス提供後に実際に渋滞が発生したか否かを統計的に分析し、以下の知見を得た。

- (1) いったん状態2の窓枠に入ると、平均17分間その状態が継続する。また、状態2をサービス提供の基準とした場合、渋滞発生に対するサービス提供の的中率(サービス提供回数)



注:略語説明 PCU(Passenger Car Unit)

図4 東名高速道路下り線大和地区の渋滞発生時における交通量と速度の関係

渋滞が発生することによって速度が低下する。そのときには第1走行車線には100 pcu程度の交通容量に余裕がある。

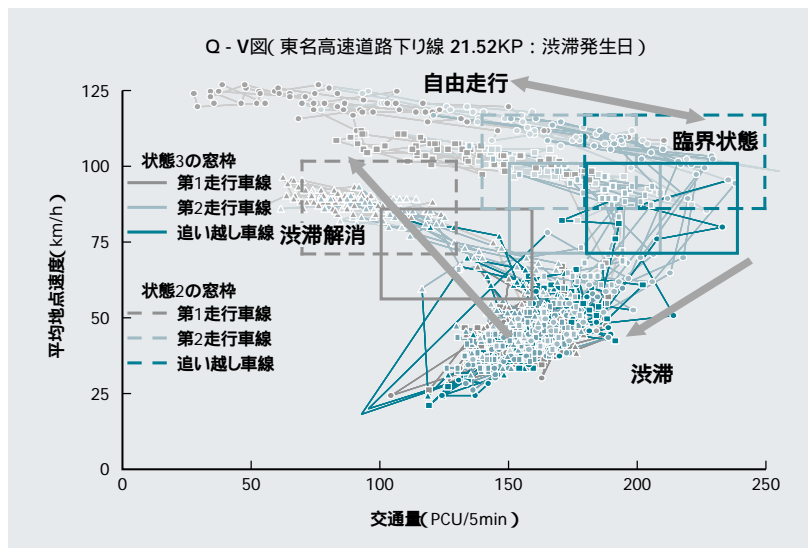


図5 交通状態と窓枠の関係

Q-V(交通量-速度)平面に、渋滞発生時の5分間トラフィックカウンタの交通量と平均速度をプロットしたもので、渋滞と非渋滞、および非渋滞から渋滞の遷移関係がわかる。

(渋滞発生回数)は71%，誤判定率(サービス提供後に渋滞が発生しなかった回数)(サービス提供回数)は70%であった。

(2) いったん状態3の窓枠に入ると、平均で14分間その状態が継続する。また、状態3をサービス提供の基準とした場合、渋滞発生に対するサービス提供の的中率は70%，誤判定率は32%であった。

状態2、状態3のいずれにおいても、誤判定率は小さくはないが、前述のとおりトラカンデータに基づく判別方法を取る場合は、これを問題視すべきではなく、今後、渋滞が発生しないリスクを考慮した情報提供内容・注意喚起内容などについての検討が重要となる。また、車線変更可能割合の分析結果を踏まえると、状態2と状態3では、車線変更のしやすさが異なるため、状態に応じて提供するサービス内容を変更するなどの対処を行うことが適切であろう。例えば、情報提供内容(メッセージ)を変える、あるいは、情報提供の対象車線を変えるなどの方法が考えられる。

## 6. おわりに

ここでは、東名高速道路下り線大和地区の渋滞対策を対象に実施した、AHSによる円滑走行支援サービスの検討について述べた。

サグ部における渋滞対策として、渋滞直前には車線利用率が追い越し車線に偏し、交通密度が高い追い越し車線から渋滞が発生するが、その時点でも第1走行車線の交通容量に余裕があることに着目し、車線利用率適正化サービスを検討して、以下の結論を得た。

既存のセンサを活用して短期的に実現可能なシステムを想定し、トラカンデータを用いて、状態2、状態3を窓枠方式で判

定し、情報を提供するタイミングを決定する方式を導いた。

今後は、効果的なサービス検討に資するため、ショックウェーブ発生の先頭より上流側の速度低下や車群形成などにかかわる交通挙動の連続的な計測・分析などを行い、交通流シミュレータとドライビングシミュレータを組み合わせた仮想実験環境下での実験や実道実験などで情報提供の有効性の検証を行う予定である。日立製作所は今後も交通流の挙動に関する知見を深め、本格的な安全運転支援サービスの展開に向け取り組んでいく所存である。

なおこの研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所が委託する「走行支

援道路システム研究開発」の一環として実施された。

この研究の推進にあたり、国土交通省国土技術政策総合研究所、AHS研究組合に対して、円滑化サービスのご指導、ご助言を賜り、関係各位に深く謝意を表する次第である。

### 参考文献

- 1) 大口, 外: 高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討, 交通工学, 39, 3(2004.5)
- 2) 大口, 外: 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, 44, 12(2001.12)
- 3) 山田, 外: LED表示板を活用した渋滞対策について, 第23回交通工学発表会論文報告集(2004.10)
- 4) H.Yamada, et al.: "Applicability of AHS for Traffic Congestion in Sag Sections." 12th World Congress on ITS

### 執筆者紹介



片山 恭紀

1975年日立製作所入社, 電機グループ 社会産業システム事業部 電機システム統括部 所属  
現在, AHSのサグ部円滑化の研究開発に従事  
電気学会会員, 交通工学研究会会員



可児 明生

1993年日立製作所入社, 電機グループ 社会産業システム事業部 電機システム統括部 所属  
現在, 道路ITS関連の企画, 拡販取りまとめに従事



石黒 祐司

1990年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 社会情報システム設計部 所属  
現在, 道路交通システムの設計・製作に従事