

ACCを活用した高速道路サグ部の交通円滑化走行実験

鈴木一史・岩武宏一・鹿野島秀行・牧野浩志

1. はじめに

都市間高速道路の渋滞の約6割はサグ部と呼ばれる道路の縦断勾配が上り方向へ次第に変化する区間で発生しており、その対策が急務である。高速道路サグ部の渋滞要因として、渋滞発生前では、追越車線への交通集中による車線利用の偏り、密な車群の形成による減速波の増幅伝播、上り勾配での無意識な速度低下による交通流率低下等があり、渋滞発生後では、渋滞先頭位置通過後の速度回復の遅れ、渋滞巻き込まれ時間の増大による追従意欲の鈍化等が既往研究¹⁾において指摘されている。これら要因の多くはドライバーの運転挙動特性によるものであり、ドライバーへの運転支援により望ましい運転挙動に改善できれば、サグ部での渋滞の抑制あるいは緩和に繋がる可能性がある。

一方で近年、自動車メーカ各社から速度に応じて車間を一定に維持可能な制御装置 Adaptive Cruise Control(以下、ACCと呼ぶ)を搭載した車両が既に市販されており、その渋滞対策への活用が期待されている²⁾。これに対して国土技術政策総合研究所では、ACCを活用した渋滞対策サービス(図-1)の検討を進めてきた。このサービスは既往知見に基づき3つに大別され、渋滞前は、1)車線利用適正化サービスにより車線利用を平準化した上で、2)車間適正化サービスにより車間を適正化して交通流の整流化を図ることで渋滞発生を抑制するとともに、渋滞後は、3)追従・速度回復サービスにより先行車に遅れずに追従し、速やかに速度回復することで渋滞緩和を図るものである。

本稿では、これらサービスのうち、2)および3)のサービスを模擬体験可能な走行実験を実道で実施し、サービスによる車間適正化効果、交通流率の改善可能性、サービスのドライバー受容性を確認した結果について報告する。

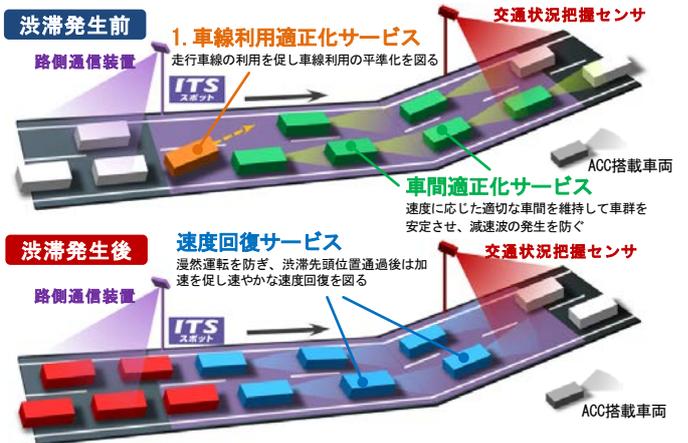


図-1 ACCを活用した高速道路サグ部渋滞対策サービス

表-1 サービスごとの走行パターンと被験者の割り当て

被験者グループ (体験するサービス)	走行 パターン	走行 回数	被験者 数
渋滞前 車間適正化サービス	日常運転	1	50
	ACC (M)	1	
	車間2秒	1	
渋滞後 追従・速度回復サービス	日常運転	1	50
	ACC (S)	1	

2. 実験方法

2.1 走行パターンおよび目標被験者数

被験者は表-1の通り、渋滞前の車間適正化サービス、渋滞後の追従・速度回復サービスのいずれかを体験する。それぞれの交通条件で被験者は、普段通りに運転する「日常運転」を行った後、サービス対象区間で情報提供を受けてからACCを作動させ自動追従する「ACC走行」を行う。ACCでは一般に、目標とする車間と速度を設定する必要があり、車間はS/M/Lの3段階(車間時間を車間距離を自車の走行速度で除して時間換算したものはそれぞれ約1.4/1.8/2.2秒、カタログ参考値)から設定可能である。本実験では交通流率の確保とドライバー受容性の観点から、ACCの車間の目標値として、渋滞前は車間M(以下、ACC(M))、渋滞後は車間S(以下、ACC(S))とし、速度の目標値を当該路線の制限速度とする推奨情報を被験者に提供する。なお、渋滞前では、ACCが普及過渡期にあることを考慮し、ACC搭

A Feasibility Evaluation on Congestion Countermeasures at Expressway Sag Sections by Utilizing Adaptive Cruise Control

載車両でなくともドライバの運転操作で一定車間を維持する「車間2秒走行」についても実施する。これはドライバが先行車両の最後尾が路面標示の端部、あるいは標識柱等の目標物付近を通過後「ゼロ・イチ・ゼロ・ニ」と唱えはじめ、唱え終えたときに自車の先頭部が目標地点を通過し終えるよう車間を調整しながら走行³⁾するものである。また、被験者数は渋滞前、渋滞後の各パターン50名ずつ、合計100名となるよう割り当て、被験者の高速道路利用頻度(高/低)、性別が均等となるよう募集する。

2.2 走行区間と走行開始タイミング

走行区間は、渋滞多発地点である大和サグ部を含む東名高速道路下り横浜青葉IC～海老名IC間(図-2)とする。被験者は、海老名SA上りを出発し、慣らし走行(ACC走行および車間2秒走行の練習を含む)を行いながら横浜青葉ICへ向かい、折り返して港北PA下りで一時待機する。走行開始タイミングは、渋滞前は下り21.52KPのトラカンで観測される追越車線交通量が120台/5分を超過したときに、渋滞後は渋滞が発生したときに、港北PAを出発する。

2.3 サービス対象区間と情報提供の方法

サービス対象区間は図-3の通りであり、減速波多発区間をカバーしつつ、ドライバが情報を認知してからACCを作動させ、車両挙動が安定するまでの時間も考慮する。本サービスは、路車間通信によりカーナビ等を通じてドライバに情報提供を行うことを想定するが、実験ではこれを模擬的に再現するため、図-4のようにカーナビ画面を模したタブレット端末を同乗調査員が所定の地点で操作することで、ACCの車間・速度に関する推奨情報を走行パターンごとに被験者に提示する。

2.4 実験に用いるACC搭載車両および調査方法

実験にはACCを搭載した乗用車(日産フーガ・ハイブリッドまたはシーマ・ハイブリッド)10台を使用する。これら車両のACCは速度を32～100km/hの範囲内で、車間をS/M/Lの3段階で調整可能であり、24km/h以下で先行車を検出しないとACCが解除される仕様となっている。

実験では、路側に設置されたビデオカメラにより、速度や車間時間の変動等から車間適正化効果を確認し、走行後のアンケート調査により、快適性・負担感等、ドライバ受容性等を確認する。

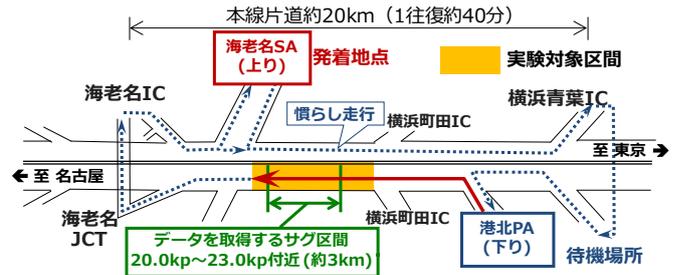


図-2 走行区間と実験対象区間

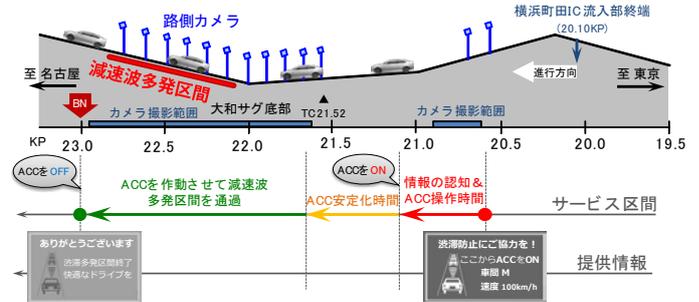


図-3 サービス対象区間と情報提供位置

表-2 走行実験の実績と分析対象データの抽出

走行実験の実績日および被験者数					
交通状況	渋滞前		渋滞後		
実験実施日	12/10(火), 12(木), 17(火), 22(日), 26(木), 1/11(土)	12/7(土), 14(土), 21(土), 29(土) 1/12(日)			
被験者数(実績数)	男32名/女28名	男24名/女25名			
被験者数(有効数※1)	男24名/女20名	男21名/女19名			
車両挙動分析の対象データの抽出					
走行パターン	渋滞前			渋滞後	
	日常	ACC(M)	車間2秒	日常	ACC(S)
有効走行数	44	44	44	40	40
抽出条件と抽出結果					
①実験車、先行車のいずれも車線変更をしていない	36	36	37	28	26
②先行車の速度が100km/h(渋滞後は70km/h)以下、かつ先行車の最高速度と最低速度の差が30km/h(渋滞後は40km/h)以内	26	33	36	24	18
③実験車の車頭時間※2が3秒以内(日常運転は対象外)	26	28	30		

※1 雨天、事故・落下物等による突発的な渋滞発生、計測機器の機材トラブル等を除く
 ※2 先行車のバンパーと自車のバンパーの距離(車頭距離)を自車の速度で除したものを



図-4 模擬カーナビによる情報提供の様子と情報内容

なお、事前に被験者の運転特性を把握し、標準的なドライバ群であることを確認している。

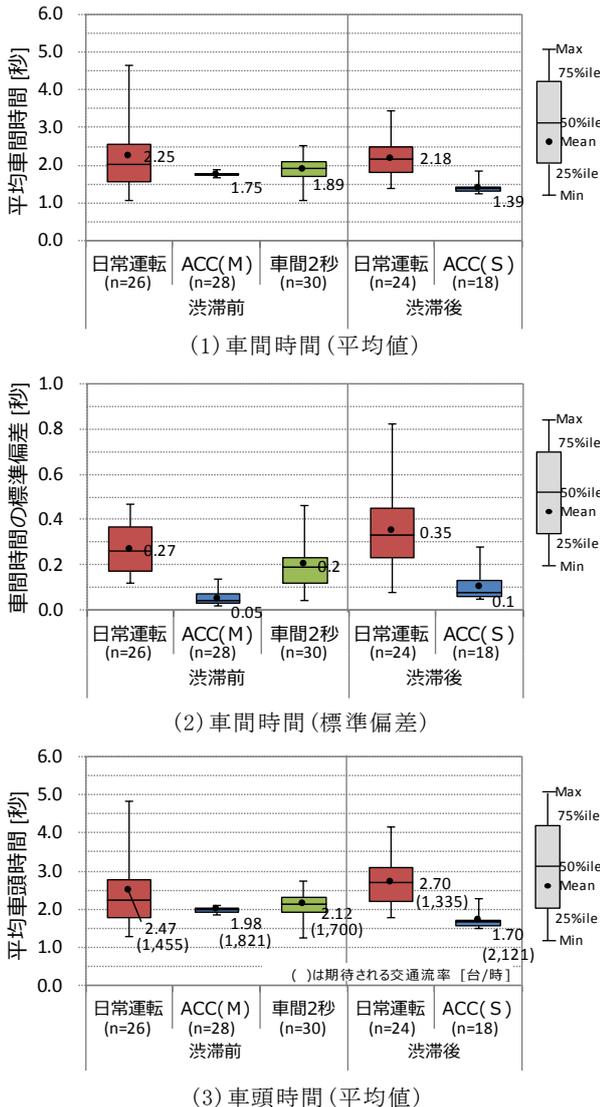


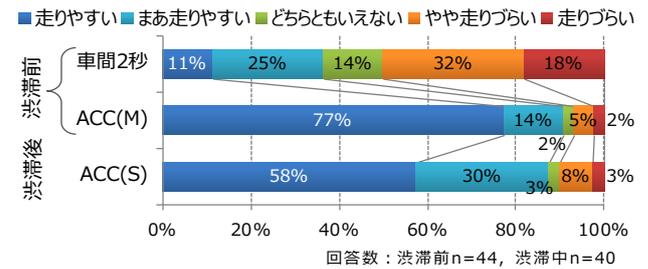
図-5 評価区間(21.82~22.82KP)における車両ごとの車間時間・車頭時間の分布

3. 実験結果

3.1 実験実施状況および分析対象データ

走行実験は、2.の実験方法に基づき2013年12月~2014年1月の11日間に合計109名の被験者により実施した(表-2)。このうち、雨天時に走行したケース、渋滞前の走行実験にも関わらず事故・落下物等の突発事象により渋滞が発生したケース、渋滞後の走行実験にも関わらず渋滞しなかったケースを除く84名(渋滞前44名、渋滞中40名)の被験者を正しくサービスを体験できた被験者とし、次節以降の車両挙動分析およびアンケート調査分析に用いる。なお、車両挙動分析では表-2に示す手順により、①車線変更が生じたケース、②先行車の速度が高すぎて追従状態にないケース、③車頭時間が3秒を超えるケースを除き、分析対象データの抽出を行っている(太字が最終データ数)。

Q. サービス区間中の各運転方法は走りやすかったか? (快適性)



Q. サービス区間中の各運転方法は楽だった/疲れたか? (疲労感)

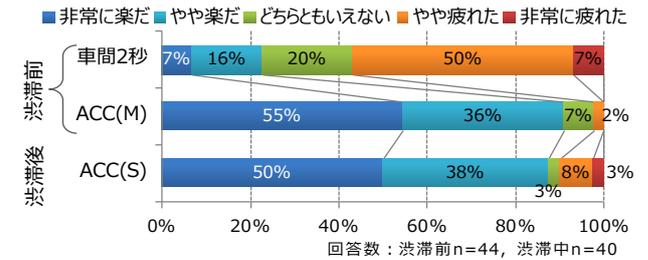


図-6 サービス区間走行中の快適性および疲労感

3.2 車間の適正化効果

図-5(1)、(2)は評価区間における実験車ごとの車間時間の平均値および標準偏差の分布を走行パターン別に示したものである。(1)車間時間の平均値は、日常運転は2.25秒で大きくばらついているのに対し、ACC(M)は1.75秒、ACC(S)は1.39秒と目標値に近く、ばらつきも小さいことから、ACC走行により車間時間が車両によらず均一に確保できることがわかる。また、(2)車間時間の標準偏差は、日常運転および車間2秒走行と比較して、ACC走行であるACC(M)およびACC(S)の標準偏差が小さいことから、ACC走行により走行中の車間時間の変動を抑制されていることがわかる。

以上より、車両間の車間時間の均一化という点で、車間2秒走行でも一定の効果がみられ、特にACC走行において高い効果がみられた。また、車両ごとの車間時間の変動も、ACC走行、車間2秒の順に抑制効果が得られ、特にACC走行で高い効果がみられた。

3.3 交通流率の改善可能性

図-5(3)は評価区間における実験車ごとの平均車頭時間の分布を走行パターン別に示したものである。これら平均車頭時間より期待される交通流率と、現況当該区間での捌け交通流率(渋滞前の追越車線で1,800~2,100台/時、渋滞後の1車線当たりで1,500~1,800台/時)との比較から、サービスによる交通流の改善可能性を考察する。渋滞前

では、ACC(M)の車頭時間約2.0秒は交通流率1,800台/時であり、追越車線では十分な流率改善効果が見込めないといえる。一方、渋滞後では、ACC(S)の車頭時間約1.7秒は交通流率約2,100台/時であり、現状の渋滞後の捌け交通流率を大きく上回ることから、高い流率改善効果が期待できる。

3.4 サービスのドライバ受容性

サービス区間走行中の快適性および疲労感を尋ねた結果が図-6である。

快適性については、渋滞前の車間2秒は被験者によって評価が分かれている。一方、ACC(M)、ACC(S)いずれも約9割が比較的走りやすいと回答し、一部は「先行車がいなくなったときのACCの加速が不自然」「ACCが解除されることが多く煩わしい」等により走りづらいと回答している。

疲労感については、車間2秒において約6割近くが「車間を時間で確認する方法に不慣れ」等の理由から疲労感を感じる一方、ACC(M)、ACC(S)いずれも約9割近くが「十分な車間で安心感がある」「自動で調整されアクセル操作の負担が軽減される」等の理由により楽だったと回答している。また、ACC(M)、ACC(S)で疲労感を感じる理由として「ACCの加減速が自分の感覚とずれていて違和感がある」等があった。

4. まとめ

本稿では、ACCを活用した高速道路サグ部渋滞対策サービスとして、渋滞前の車間適正化サービス、渋滞後の追従・速度回復サービスを模擬体験可能な走行実験を行うことで、サービスによる車間適正化の効果と交通流率の改善可能性、サービスに対するドライバ受容性等を確認した。その結果、以下の点が明らかとなった：

- 1) ACC走行は勾配変化区間でも車間時間を一定

値かつ均一に維持する効果がある。また、車間2秒走行もACC走行ほどではないが、車間時間の変動抑制という点で一定の効果がみられる。

- 2) 渋滞後のACC走行は交通流率の改善可能性が高く、ACC(S)走行(車間時間1.4秒目標)で2,100台/時の交通流率が期待される。
- 3) サービス区間中の走りやすさは、ACC走行で約6~8割が「走りやすい」と回答しており、ACCに不慣れ等の不安感はあるものの、サービスに対して比較的高い受容性が確認された。

今後の課題として、本実験では、サービスの趣旨やACCおよび車間2秒の走行方法を調査員が事前に説明した上で走行を行っており、実際には情報提供を行ってもドライバに理解されない場合もある。今後、サービスに対する協力意向を高める広報・啓発のあり方についても検討する必要がある。また、既往研究⁴⁾では、相対的に速度が高い追越車線でACC車が車群先頭車となりやすく、逆に渋滞を悪化させる懸念が指摘されている。高速道路の渋滞ボトルネック区間で、ACCはどのような交通条件で、どのように使用することが望ましいか、受容性を含め精査する必要がある。

参考文献

- 1) 例えば、越正毅、桑原雅夫、赤羽弘和：高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究、土木学会論文集、No.458/IV-18、pp.65~71、1993
- 2) 大口敬：高速道路における交通渋滞緩和策の最新動向一特集『進化する道路関連技術』、自動車技術、Vol.67、No.10、pp.11~16、2013
- 3) 関根英仁、大畑和也、松永誠二、吉田伸一、福島友造：安全車間距離保持のための「0102(ゼロイチ、ゼロニ)」称呼の評価に関する研究、日本交通心理学会大会発表論文集、Vol.73、pp.43~46、2008
- 4) 金澤文彦、鈴木一史、坂井康一：高速道路サグ部におけるドライバの交通円滑化走行による渋滞緩和効果の推計、第33回交通工学研究発表会論文集、pp.137~143、2013。

鈴木一史



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 研究官
Kazufumi SUZUKI

岩武宏一



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 交流研究員
Koichi IWATAKE

鹿野島秀行



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室 主任研究官
Hideyuki KANOSHIMA

牧野浩志



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路交通研究
部高度道路交通システム
研究室長
Hiroshi MAKINO