

高速道路サグ部における渋滞緩和のための 走行方法に関する公道実験

鈴木 一史¹・金澤 文彦²・岩崎 健³

¹正会員 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
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: suzuki-k92td@nilim.go.jp

²正会員 室長 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
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: kanazawa-f87bh@nilim.go.jp

³正会員 元部外研究員 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
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: iwasaki-k@tokencon.co.jp

わが国の都市間高速道路の渋滞の約6割はサグ・上り坂部で発生しており、その対策が急務である。そこで国土技術政策総合研究所では、ACC (Adaptive Cruise Control)等の車両制御技術と道路インフラが連携した交通円滑化サービスの研究を進めるとともに、ACC等を搭載していない車両においてドライバ自身の運転操作で渋滞緩和に寄与する走行方法についても検討を進めている。本稿では、これら走行方法の一つである車間時間一定走行について、その実現可能性やドライバ受容性を確認することを目的とした公道実験について報告する。本実験は東名高速道路大和サグ部をフィールドに実施し、車間時間を一定に維持する走行を行う車両を渋滞発生前に投入し、路側のビデオカメラ映像、被験者へのアンケート調査結果等にもとづき、車間時間一定走行の実現可能性およびドライバ受容性について確認している。

Key Words : expressway sag section, congestion countermeasure, following gap, driving tests

1. はじめに

都市間高速道路の渋滞の約6割はサグ・上り坂部で発生しており、その対策が急務となっている。高速道路サグ部の渋滞発生要因として、追越車線への交通集中による車線利用の偏り、密で大きな車群の形成による減速波の増幅・伝播、勾配変化区間での無意識な速度低下、渋滞発生後の漫然運転による交通流率の低下等が既往研究において指摘されている¹⁾。これに対して近年、車間距離や車速を一定に制御可能なACC (Adaptive Cruise Control) を搭載した車両が普及しつつあり、ACCの活用により渋滞削減効果が期待されている²⁾。ACCにより車両を直接制御することで、勾配変化による無意識な速度低下の防止、渋滞発生後の漫然運転の防止等、ドライバの運転操作のばらつき抑制に繋がるものと考えられる。

そこで国土技術政策総合研究所では、自動車メーカーと連携しつつ、路車間通信技術であるITSスポット (DSRC) 等を活用し、ACCを搭載した車両との路車間連携によるサグ部渋滞箇所での交通円滑化対策について

検討を進めている³⁾。一方で、これら車載器やACCを搭載した車両がある程度普及するには一定の時間を要することから、車載器やACCを搭載していない車両であっても、ドライバ自身の運転操作で渋滞緩和に寄与する走行方法 (以下、「円滑化走行」) についても検討を進めているところである。具体的には、1) キープレフトの遵守 (車線利用の偏りの是正)、2) 適正な車間時間を目指した走行 (車間時間のばらつきの抑制)、3) 勾配変化区間でも車間時間が極端に増加・減少しない走行、の3つが挙げられる。これらのうち、2)および3)については、渋滞発生そのものを直接的に抑制できなくとも、車間の空けすぎに伴う交通流率の低下防止のほか、車間の詰めすぎに伴う減速波の増幅・伝播の抑制による追突危険性の低下等、安全性の向上にも繋がるものと期待される。これら円滑化走行は、ACC制御により比較的容易に実現できると考えられるが、これをドライバ自身の運転操作により実施した場合の実現可能性やドライバ受容性については十分な検証が必要である。

このような背景のもと本研究では、ドライバの運転操

作による円滑化走行の実現可能性について、東名高速道路下り大和サグ部をフィールドに、車間時間一定走行を実施した場合の実現可能性、ドライバ受容性、周辺交通への影響等について確認することを目的とする。

2. 実験概要

(1) 実験場所および走行区間

走行実験は、図-1に示す東名高速道路下り大和サグ部（22kp付近）を挟む横浜青葉IC～海老名IC間において、交通需要の集中する土曜・祝日（年末年始を除く）の早朝を対象に平成24年11月から平成25年1月にかけて合計10日間実施した。各実験日には、車間時間を一定に維持する走行（走行パターン1）、速度変化を少なくする走行（走行パターン2）のいずれかを実施した。なお本稿では、走行パターン1のみを対象に述べる。

実験では、実験車は海老名SA上りを出発し、車間時間一定走行の慣らし走行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。交通状況が一定条件（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）を満たした時点で港北PAを出発する。実験車を運転する被験者ドライバは途中、横浜町田ICの合流部付近から大和サグの上り勾配終端通過後までの約4km（19.7～24.3kp、通過におよそ2～3分）にわたって円滑化走行を実施する。各実験日いずれも1回の走行でACCを搭載していない車両8台（ドライバ運転）、ACCを搭載した車両1～5台（ACC制御）を投入し、渋滞が発生するまで1日最大3回走行を行う。

(2) サグ部での被験者の走行方法

被験者（ドライバ運転）は、円滑化走行区間においてドライバ自身の運転操作により一定の車間時間を維持する走行を行う。本実験では、車間時間を一定に維持する目安とするために、ドライバが「ゼロ・イチ・ゼロ・ニ」と復唱しながら車間を調整する方法⁴⁾を採用した。具体的には、図-2に示すように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、唱え終わったときに自車の先頭部が目標地点を通過し終わるように車間を調整しながら走行するものである。一方、被験者（ACC制御）は自車の目標速度を110km/h、車間を「中」段階（車間時間1.85秒相当）に設定してハンドル操作のみで走行する。なお、実験に際しては、円滑化走行の実施・中断の判断は被験者に委ね、安全を最優先しドライバの意思で任意に中断できるものとした。

(3) 取得データ

車間時間一定走行の維持状況、自車および周辺車両へのネガティブな挙動（急減速、急ハンドル等）の有無を

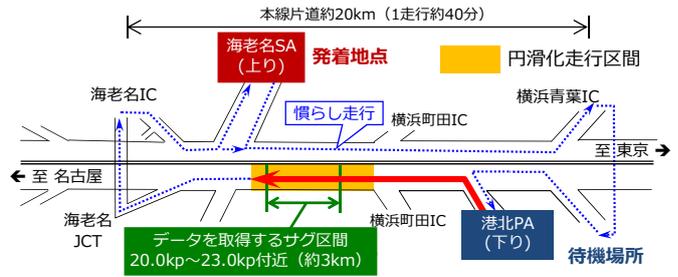


図-1 実験における走行ルートと円滑化走行区間

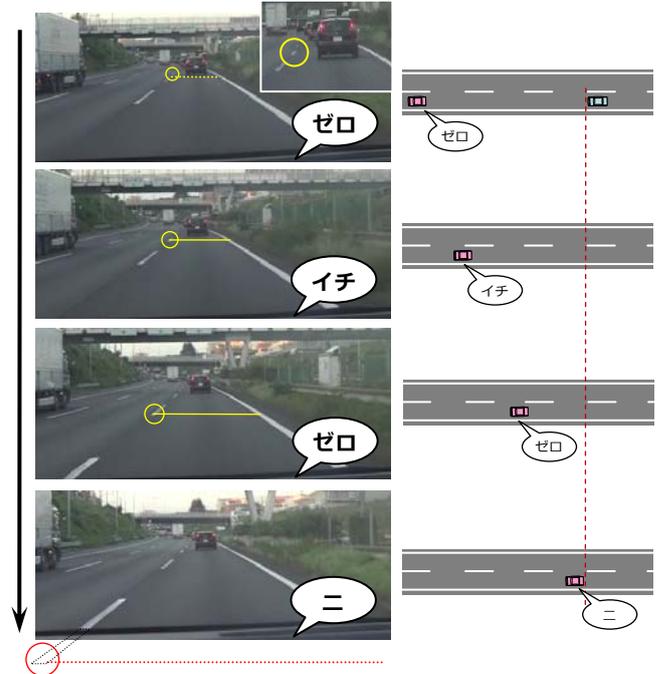


図-2 車間時間一定走行の走行方法

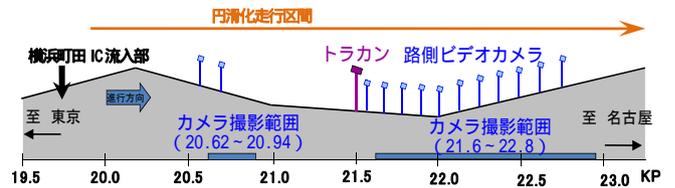


図-3 実験区間における路側カメラの設置状況

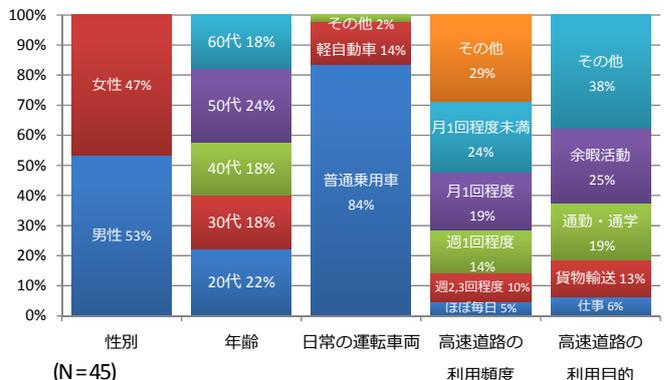


図-4 走行実験に参加した被験者の属性（パターン1および2）

確認するため、実験車両には前後左右を撮影するビデオカメラ、速度・加速度等を取得可能な計測機器を搭載するとともに、図-3に示すサグ部の20.5～23.0kp間の路側

に設置されたカメラより撮影されたビデオ映像より車両の通過時刻を観測する。また、車間時間一定走行のドライバに対する受容性・難易度・協力意向等を把握するため、1回の走行終了ごとに被験者にアンケート調査を実施する。なお、各被験者には走行前にHQL式運転スタイルチェックシート⁵⁾により運転特性の把握を行う。

(4) 被験者および実験に用いた車両

被験者は20～60代の男女45人を性別・年代に偏りがないうよう募集する。図-4に本実験に参加した被験者の属性を示す。日常の運転車両は約80%が普通乗用車、高速道路の利用頻度は約50%が月1回程度以上、高速道路の利用目的は約40%が通勤・通学・商用利用、約25%がレジャー目的という結果となった。また、実験車両には、ドライバ運転の場合には乗用車（カローラクシオ、総排気量1,500cc）、ACC制御の場合にはACCを搭載した乗用車（プリウス、総排気量1,800cc等）を用いる。

3. 実験結果

(1) 実験実施状況および分析対象データ

実験は全10日間実施し、実験開始直前に落下物を契機に渋滞が発生し中止となった1日目、パターンのみが実施された3、4日目を除く7日分17走行のうち、円滑化走行対象区間到達までに事故・落下物等により渋滞に巻き込まれた5走行を除く合計12走行（105台走行）が分析対象データとして得られた（表-1）。このときの実験実施状況を図-5に示す。このうち20.62～22.70kpの区間において、実験車およびその先行車が車線変更した場合、実験車の手前で割り込みが発生した場合、実験車の速度が60km/hを下回った場合、先行車の速度が上限速度（ドライバ運転では120km/h、ACC制御では110km/h）を超えた場合を除く63台走行を分析対象とした。また、これら実験車の比較対象として、同区間内で車線変更が生じなかった後続車72台走行を抽出した。

(2) 一定車間時間の維持状況

サグ部の底部前後約1km（21.66～22.68kp）における実験車の一定車間時間の維持状況を確認するため、ビデオ映像より20mおきに車両の通過時刻を計測し、各地点の車両の通過時間差・速度より平均車長を5mとして実験車および後続車の車間時間を算出した。これら車両の車線別の車間時間分布を図-6に、その平均および標準偏差を表-2に示す。これらより、いずれの車線においても後続車より実験車（ドライバ運転）で車間時間のばらつきが小さく1.8秒付近を中心に分布している。また、追越車線では後続車が左に大きく偏って分布しており、1秒未満のかなり短い車間時間で走行を続ける車両が存在していることがわかる。一方、実験車（ACC制御）で

表-1 分析対象とした走行実験ケース

実験日	走行日	パターン	追越車線交通量[台/5分]	実験車両台数
2日目	2012/11/10(土)	1	152~184	10(2)
5日目	2012/11/24(土)	1	171~174	9(1)
6日目	2012/12/1(土)	1	147~155	9(1)
		3	166~174	
7日目	2013/1/12(土)	1	163~166	13(5)
		3	154~165	
8日目	2013/1/13(祝・金)	1	140~143	9(1)
		2	120~168	
9日目	2013/1/19(土)	1	119~170	10(2)
		2	129~141	
10日目	2013/1/26(土)	1	126~155	10(2)
		2	125~128	

()内の数字はACC車両の台数



図-5 サグ部における実験車の走行状況（ \blacktriangle 実験車両）

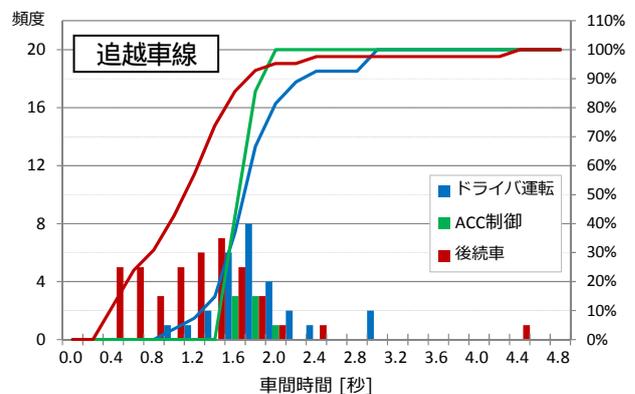
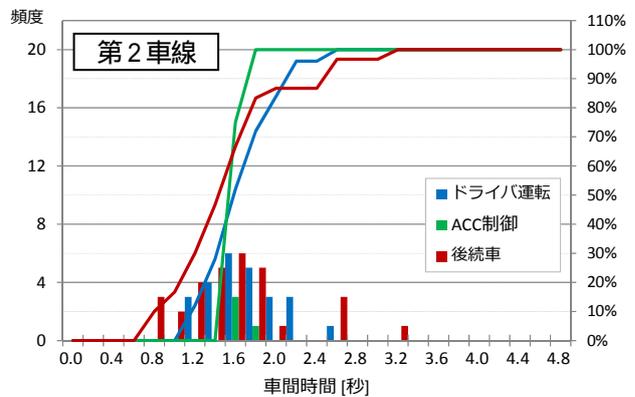


図-6 車線別の車間時間の分布状況（21.66～22.68kp 区間）

は、目標設定車間時間に近い1.8秒付近を安定して維持できていることがわかる。しかしながら、一部の実験車（ドライバ運転）は1秒あるいは3秒付近の車間時間となっており、特に追越車線においてその傾向が強く、追越車線での激しい速度変化により一定車間維持が困難な状況が生じていることが推察される。この点については今後、個別の車両ごとにさらに詳細な分析が必要である。

(3) 危険挙動の誘発状況

車間時間一定走行による自車および周辺車両へのネガティブな挙動（急減速、急ハンドル等）の有無を確認するため、走行挙動データが所定の閾値（減速度 0.25m/s^2 以上および角速度 8.5degree/s 以上）を超える場合について、車載ビデオ映像、路側ビデオ映像、被験者アンケート調査結果にもとづき確認を行った。その結果、2台走行分が該当したものの、ビデオ映像からは危険挙動は確認されておらず、また、アンケート結果においても危険を感じたとの回答はみられなかった。

(4) 走行後のアンケート結果

ドライバにおける車間時間一定走行の走りやすさ、およびその実現度合いを確認するため、1回の走行ごとに被験者にアンケート調査した結果を図-7に示す。図-7より、車間時間2秒を維持する走行は「走りやすかった」「走りにくかった」の回答が半々となっており、「走りにくい」理由として、先行車の速度変化が激しく調整が難しいこと、普段、距離や速度を目安に走行しており時間で車間を測る方法に慣れていないこと、が挙げられていた。また、車間時間2秒を維持できた区間は「ほとんどの区間で達成できた」「半分くらいの区間で達成できた」を合わせると9割近くとなり、比較的多くのドライバが車間時間一定走行を達成できたと評価していることがわかる。以上より、今回の車間時間を一定とする走行方法はドライバの一部で不慣れなほか、先行車の速度変化が頻繁に発生するような場合には難しい等の課題があるものの、概ね実現可能性は高いと考えられる。今後はアンケート回答結果と実際の車間時間維持状況について精査する必要がある。

4. おわりに

本研究では、車間時間一定走行の実現可能性、ドライバ受容性等について公道実験を通じて確認した。その結果、ドライバの車間時間一定走行により車両間の車間時間のばらつきが小さくなる傾向が示され、アンケート結果からは、交通状況によるものの車間時間一定走行に対して概ね肯定的な回答が得られた。

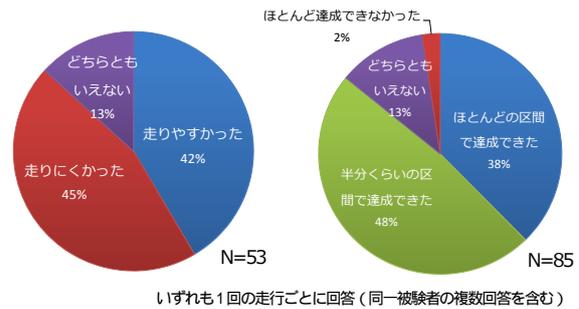
今後の課題として、サグ部底部通過前後での車間時間および車頭時間の変動状況、速度変化に対する車間時間

表-2 車間時間の維持状況（21.66～22.68kp 区間）

車線	走行方法	平均[秒]	標準偏差[秒]	走行台数
第2	ドライバ	1.82	0.34	25 (21)
	ACC	1.75	0.09	4 (2)
	後続車	1.69	0.59	30 (-)
追越	ドライバ	1.93	0.45	27 (13)
	ACC	1.83	0.17	7 (5)
	後続車	1.32	0.70	42 (-)

走行台数の()内の数字は被験者数

- Q. 車間時間2秒を維持する走行は走りやすかったか？
- Q. 所定区間のうち概ね車間2秒を維持できた区間はどのくらいか？



いずれも1回の走行ごとに回答（同一被験者の複数回答を含む）

図-7 走行後の被験者へのアンケート結果

の維持状況、先行車がドライバ運転またはACC制御による円滑化走行車の場合の後続車への影響等、交通流への影響と併せて詳細に分析していく必要がある。また、被験者の属性およびアンケート回答結果と実際の走行挙動データにもとづき、今回の一定車間時間走行のドライバ受容性を精査していくことも課題として挙げられる。

謝辞：本実験の実施にあたっては(株)中日本高速道路にご協力いただくとともに「高速道路サグ部等交通円滑化研究会（座長：東京大学生産技術研究所・大口敬教授）」の関係各位より貴重なご意見をいただいた。また、本研究会に参画する自動車メーカー各社よりACC車両の提供にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば越正毅ほか：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：交通渋滞の発生メカニズムと AHS 技術による対策，第 37 回土木計画学シンポジウム論文集，2001.
- 3) 金澤文彦ほか：高速道路サグ部における ACC 車両との路車間連携による交通円滑化、第 33 回交通工学研究発表会，2012.
- 4) 関根英仁ほか：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.
- 5) (一社)人間生活工学研究センター：「HQL式運転スタイルチェックシート」，2003.