

エコドライブし易い走行環境の形成を意図した バス先頭交通流の実態分析

塚田 悟之¹・新倉 聡²・本田 和浩³・福島 正夫⁴

¹正会員 日産自動車株式会社 IT&ITS開発部（〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山1-1）

E-mail: n-tsukada@mail.nissan.co.jp

²非会員 神奈川県警察本部 交通部（〒231-8403 神奈川県横浜市中区海岸通2-4）

³非会員 株式会社京三製作所 交通機器事業部（〒230-0011 神奈川県横浜市鶴見区上末吉2-10-5）

E-mail: k-honda@kyosan.co.jp

⁴非会員 日産自動車株式会社 環境・安全技術渉外部（〒243-0192 神奈川県厚木市岡津古久560-2）

E-mail: masao-f@mail.nissan.co.jp

エコドライブは、これまでに関係諸機関などの取り組みを通じて、その認知度を高めてきた。しかし一方で、エコドライブの実施率は必ずしも高いとは言えず、その定着を十分に図れてこれていないのが実際のところである。本稿では、“エコドライブの定着には、信号制御による走行環境の改善を図り、エコドライブ実施の際にドライバに生じる運転負荷を軽減することが必要”との観点に立ち、その実現への具体的な手がかりを探った。まず、エコドライブ実施率が自然と高くなっていると考えられる、バスを先頭とする交通流に着目し、その実態を調査した。そして、調査データの整理を通じ、非飽和時に、規制速度走行を促すことにより、走行速度と車頭時間の様な車群を形成しうることを明らかにし、これを踏まえた信号制御の新たな考え方を述べた。

Key Words : eco-driving, platoon, traffic flow study, the following vehicles, signal control

1. はじめに

地球温暖化の原因物質の一つである二酸化炭素（以下、CO₂）の排出量削減が求められている。特に、CO₂排出量寄与率の大きい運輸・交通部門においては、CO₂排出量の抑制目標を設定し、①電気自動車やハイブリット車など自動車単体の燃費改善、②アイドリングストップなど省エネ運転に代表されるドライバの運転改善、いわゆるエコドライブ、③道路の改良や信号制御の高度化といった交通流の円滑化などによる走行環境の改善、④自家用車から公共交通機関への利用転換の促進、などの対策が積極的に進められてきている。今後、さらなるCO₂排出量削減を目指していくためには、これらの対策を個々に推進、強化してだけでなく、従来の枠組みを超えた新たな対策も積極的に講じていく必要がある¹⁾²⁾。

このような認識のもとに、本論文では、②と③に着目し、走行環境の改善からエコドライブの定着をどう図るかを追求した。特に、信号制御によるエコドライブし易い走行環境の形成を指向しつつ、エコドライブ実施率の高いと考えられる交通流の実態分析を通じ、その実現へ向けた手がかりを探った。

なお、本研究で言うエコドライブとは、エコドライブ普及連絡会の推進する「エコドライブ10のススメ」(注1)のうち、次の3つを指している。

- (a) やさしい発進を心掛ける「ふんわりアクセル」
- (b) 車間距離に余裕をもち、交通状況に応じた安全な定速走行に努める「加減速の少ない運転」
- (c) 減速の際、エンジンプレーキを積極的に使う「早めのアクセルオフ」

2. エコドライブ定着に向けた課題

エコドライブがCO₂削減につながることは、これまで様々な研究の中で実証されてきた⁴⁾。そして、今日では、エコドライブを推奨する啓蒙活動が盛んに行われたり⁵⁾、エコドライブを実践するためのガイドブックが多数出版されたり⁶⁾している。しかしながら、エコドライブの認知度の高まりとは対照的に、エコドライブの実施率がさほど高くなく、その定着を十分に図れていないのが実際のところである⁷⁾。その理由は、運転中、ふんわりアクセルや早めのアクセルオフ、加減速の少ない運転といったエコドライブを意識することやそれに伴う操作がドライバに一定の努力を必要とさせ、交通安全上問題にならないまでもドライバに通常の運転行為とは異なる負荷をかけてしまっているからとされている⁸⁾。特に、信号機の多いわが国では、赤信号による停止機会が必然的に増え、エコドライブを実施できる機会が頻繁に発生するため、ドライバに相当大きな負荷がかかり、エコドライ

ブの継続を難しくさせているのである⁹⁾。したがって、このような運転負荷がエコドライブの定着を妨げる要因であるとするならば、直接的には、この負荷を少しでも軽減することが必要であり、間接的には、信号停止の機会を極力減らすなど運転負荷のかかりにくい走行環境へと改善することが重要になると考えられる。

そこで、本研究では、信号停止の機会が極力少なくなるような交通流、すなわち、信号制御によるエコドライブし易い走行環境の形成を念頭に置きながら、その実現への手がかりを交通流の実態調査から探った。より具体的には、規制速度走行するバスが先頭車となる交通流の現象解析を通じ、バスの後続車が走行速度と車頭時間のほぼ一様な車群を形成し、エコドライブを自ずと実施せざるを得ない状況に誘導されていることを発見した。そして、これをヒントに、エコドライブし易い走行環境を信号制御で形成するための考え方を述べた。

なお、先行研究には、CO₂排出量削減を狙った信号制御手法を検討したもの¹⁰⁾や、信号機の情報を活用しながら赤信号による停止機会を減らす方法を検討したもの¹¹⁾の他、エコドライブの普及や促進に関するもの¹²⁾が数多く存在している。しかしながら、本研究のような信号制御による走行環境の改善を図りながら、エコドライブの定着を目指した研究は著者らの知る限り見当たらない。

3. バスを先頭車とする交通流の実態調査

(1) 調査仮説

片側1車線のバス路線では、非飽和時に、バスを先頭車とする長い交通流を目にすることができる。この現象の発生は、本来、自由走行状態であるにもかかわらず、バスの後続車が乗用車よりも小さい速度や加減速度で走行するバスの存在により、拘束を受け、追従走行を強いられているからである。だとすると、バスの後続車もバスの走行に合わせ、速度や加減速度の小さな走行を強いられているはずであり、エコドライブを自ずと実施せざるを得ない状況に置かれているはずである。この仮説のもとに、バス路線において、バスを先頭車とする交通流とバスを先頭車としない交通流の実態調査を実施した。

(2) 調査概要

調査は、神奈川県厚木市愛甲石田地区の「愛甲宮前」交差点と「赤坂」交差点を結ぶ路線のうち、図-1に示した、信号交差点5つを含む全長1,050m区間の上下線で実施した。当区間は、片側1車線の規制速度40km/h道路である。著者らが2012年5月9日(水)に図-1のD地点で実施した午前10時から4時間交通量調査によれば、赤坂方面の平均時間交通量は489台、愛甲宮前方面は537台であった。また、同区間は、民間バス路線と日産自動車(株)の通勤バス(以下、日産バス)路線(注2)になっている。ただし、日産バス後続車は、日産バスの停留所が同区間

に無いため、規制速度運行する日産バスを追い越しできなくなっている。本調査では、日産バスを先頭とする交通流(以下、日産バス先頭交通流)およびバスやトラックなどの大型車を混入しない交通流(以下、乗用車先頭交通流)について、発進、巡航、減速の走行状況で表-1の4項目を計測した。なお、表-2は、調査実績である。

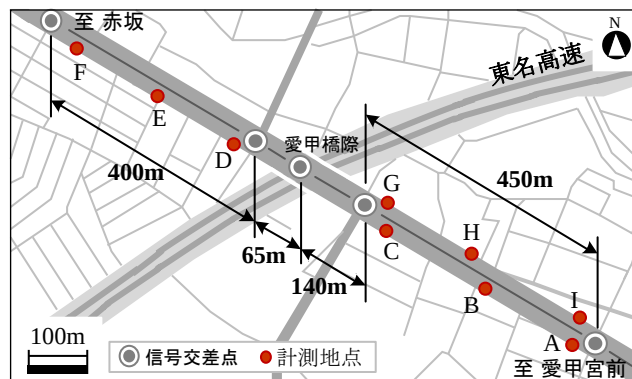


図-1 調査路線

表-1 計測項目

項目	計測方法	計測地点
車頭時間	調査対象車の前端が通過するたびに、プリンタ付きストップウォッチでその時刻を記録。	A, B, C, D, E, F, G, H, I
加速度	路側に設置したビデオの映像をもとに、停止線とその先20m地点から各々10m区間で地点速度を算出し、両区間の所要時間を除して算出。	A, D, G
地点速度	ビデオ映像をもとに、10m区間の通過時間を読み取り、地点速度として算出。	B, E, H
減速度	ビデオ映像をもとに、停止線の上流50m地点と30m地点から各々10m区間で地点速度を算出し、両区間の所要時間を除して算出。	C, F, G

表-2 調査実績

調査日時	2012年5月16日(水), 17日(木), 18(金) 10:00~15:00				
調査地点別の計測総数(台)	A	B	C	D	E
	1,212	1,278	1,304	1,294	1,310
	F	G	H	I	-----
	1,301	1,245	1,326	1,267	-----

4. バスが後続車に及ぼす影響

(1) 発進時の影響

ここでは、前方の信号機が青になり、停止している状態から走行を開始した「発進」に着目し、交通流を分析した。図-2は、日産バス先頭交通流と乗用車先頭交通流でそれぞれ計測した加速度を地点別に比較した結果である。日産バス先頭交通流における加速度は、乗用車先頭交通流のそれと比べ、いずれも平均値で約0.05G m/s²、標準偏差で約0.04G m/s²小さくなっている。また、図-3は、両交通流で計測した車頭時間を比較した結果である。日産バス先頭交通流の車頭時間は、いずれの地点で乗用車先頭交通流のそれよりも短く、平均車頭時間で1.0秒程度、標準偏差0.5秒程度それぞれ短くなっている。したがって、これらの結果は、日産バスを先頭とする後続車が発進の際、日産バス同様に、小さな加速度で緩やかな発進をし、結果として、車頭時間のほぼ一様な車群を形成し始めていたことを映し出している。

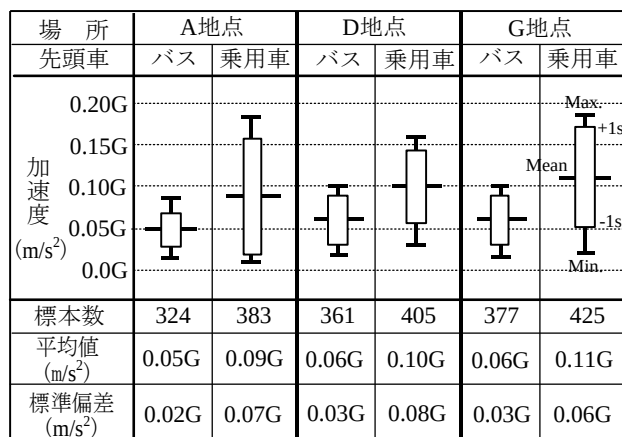


図-2 発進時における加速度分布の比較

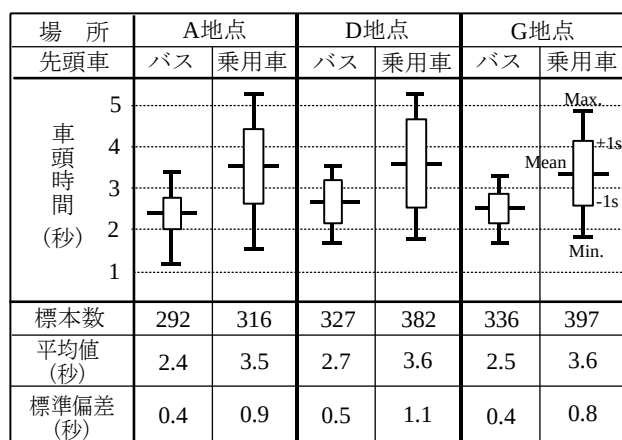


図-3 発進時における車頭時間分布の比較

(2) 巡航時の影響

ここでは、発進してから減速を開始するまでの「巡航」に着目し、前方信号機の影響を受けない状況下での交通流を分析した。図-4はその結果であり、日産バス先頭交通流と乗用車先頭交通流でそれぞれ計測した地点速度を比較したものである。日産バス先頭交通流の平均地点速度は、いずれの地点で当該路線の規制速度40km/hとほぼ同値となっている。これに対し、乗用車先頭交通流における平均地点速度は、規制速度を約10km/h上回る50km/h程度となっている。また、速度分布の目安となる標準偏差についても、日産バス先頭交通流はいずれの地点で3.0km/h前後となり、乗用車先頭交通流の9.0km/h前後を下回る結果となっている。この結果は、規制速度走行する先頭の日産バスにより、その後続車も規制速度走行を強いられていることを映し出していよう。

図-5は、日産バス先頭交通流と乗用車先頭交通流でそれぞれ計測した車頭時間を地点別に比較した結果である。日産バス先頭交通流は、乗用車先頭交通流に比べ、いずれの地点で平均車頭時間が1.0秒程度短く、標準偏差も0.8秒程度短くなっている。したがって、日産バスを先頭とする後続車は、規制速度走行するバスを追従せざる

を得なくなり、その結果、走行速度と車頭時間のほぼ一様な車群を形成するに至ったことがわかる。

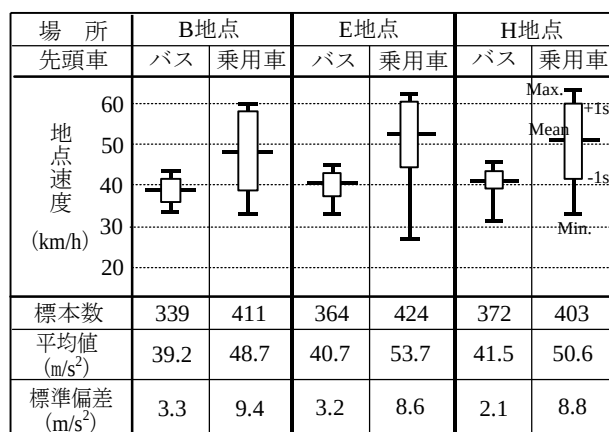


図-4 巡航時における地点速度分布の比較

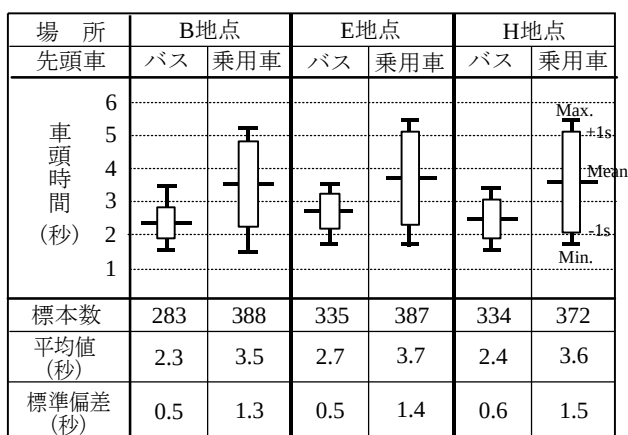


図-5 巡航時における車頭時間分布の比較

(3) 減速時の影響

「減速」については、前方の信号機が赤のとき、停止線に接近している交通流に着目した。図-6は、日産バス先頭交通流と乗用車先頭交通流でそれぞれ計測した車頭時間を地点別に比較したものである。日産バス先頭交通流の平均車頭時間は、いずれの地点で2.0秒程度であり、その分布も概ね2.0秒から3.0秒の付近に収まっている。これに対し、乗用車先頭交通流では、平均車頭時間で約3.2秒、その分布も概ね1.5秒から4.5秒の付近に広がっている。この結果は、日産バス先頭交通流の停止線接近分布が一様であるのに対し、乗用車先頭交通流がどちらかというとランダムになっていることを示唆している。

このことは、減速度分布の比較からも読み取れよう。図-7は、日産バス先頭交通流と乗用車先頭交通流でそれぞれ計測した減速度を地点別に比較した結果である。日産バス先頭交通流における減速度は、乗用車先頭交通流の減速度とは対照的に、全地点で減速度の低い範囲に分布し、その範囲も狭くなっている。したがって、日産バスを先頭とする後続車は、巡航時に形成した車頭時間

のほぼ様な車群を維持した形で、緩やかに減速していることが読み取れる。

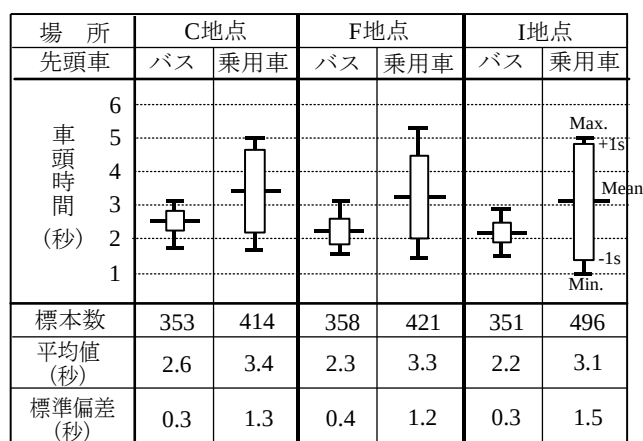


図-6 減速時における車頭時間分布の比較

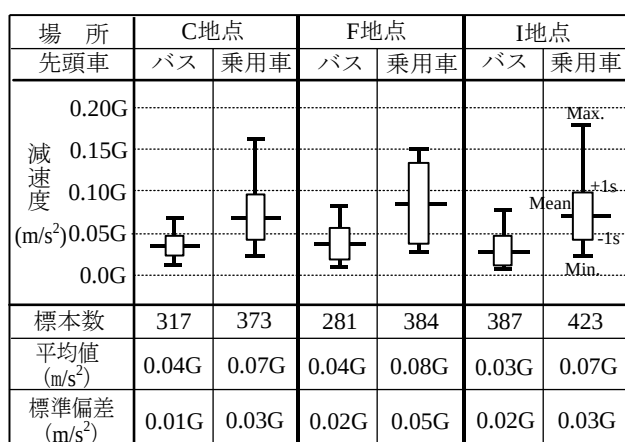


図-7 減速時における減速度分布の比較

5. まとめ

以上のように、本論文では、交通実態調査を通じ、バスを先頭とする交通流と乗用車を先頭とする交通流を比較した結果、バスを先頭車とする後続車においては、

- ① 小さな加速度による緩やかな発進
- ② 規制速度を中心とした速度変動の小さな巡航
- ③ 小さな減速度による緩やかな減速

という現象がみられたことから、エコドライブを自ずと実施してしまう状況にもたらされていたことが判明した。要するに、バスを先頭車とする後続車は、前方を規制速度で走行するバスに拘束されて走行せざるをえなくなったのである。つまり、実勢速度よりも低い規制速度で走行するバスが後続車のペースメーカーとなり、後続車を追従状態にさせたのである。そして、この状態は、バスを先頭とする後続車群を走行速度の変動が少なく、かつまた、車頭時間のほぼ様な車群へと変形させ、後続車群が自然にエコドライブしてしまうような交通流にさせたのである。したがって、規制速度よりも高い実勢速度の道路においては、非飽和時に、規制速度走行を促せられれば、走行速度と車頭時間のほぼ様な車群の形成を

図れ、交通流全体でエコドライブを実施させられることになろう。ただし、規制速度走行を順守させてもかえって赤信号による停止機会が増えるようであれば、ドライバーには受け入れてもらえず、この点を克服できるような仕組み、すなわち、車群形成と車群到着に合わせた信号制御の開発が必要と考えられる。

これを踏まえ、著者らは、“路上のインフラ機器から規制速度走行を促す情報を配信してもらい、ドライバーへの情報提供を通じ、その順守と順守車両を先頭とした車頭時間のほぼ様な車群の形成を期待しつつ、この車群が赤信号に引っかからないように青信号の開始と終了タイミングを調整する”新たな信号制御手法『路車協調型・車群信号制御』を提案し、横浜市中区の「横浜税関前」交差点に至る全長約600m区間でこの適用実験¹³⁾を開始したところである。

脚注

- (注1) 警察庁、経済産業省、国土交通省、警察庁から構成されるエコドライブ普及連絡会がエコドライブのポイントとして10の項目を挙げたものである。参考文献3)
- (注2) 日産バスは、日中、10分間隔で運行されている。

参考文献

- 1) 鹿島茂、横田久司、国領和夫、柴田直俊：燃料消費情報の提供による燃料消費量削減効果の分析、交通工学、Vol.40, No.3, pp.76-83, 2005.
- 2) 谷口正明：省エネ運転の推進と燃料消費削減の可能性、交通工学、Vol.41, No.5, pp.54-62, 2006.
- 3) 星沢哲也：安全運転管理者のためのセーフティ&エコドライブ、東京法令出版、2008.
- 4) 例えば、谷口正明、宮坂力：走行環境に即した省エネ運転操作に関する考察、自動車技術会 2005 年春季学術講演会概要集、No.20055086, 2005.
- 5) 例えば、日本損害保険協会：エコ安全ドライブシンポジウム in 福岡(2006 年 11 月 24 日)、2006.
- 6) 例えば、島下泰久：ラクして節約、鼻歌でエコ、極楽ガソリンダイエット、二玄社、2008.
- 7) 森川健：エコドライブによる地域の環境対策 京丹後市での取り組み、知的資産創造、pp.18-27, 2005.
- 8) 牧下寛、森健二：エコドライブを意識した運転時の車両挙動と反応時間、交通工学、Vol.44, No.2, pp.68-77, 2009.
- 9) 塚田悟之、山田勝規：信号残秒時間を活用したアイドリリングストップ支援システムの構築、第 31 回交通工学研究発表会論文集、2011.
- 10) 織田利彦、桑原雅夫、新倉聡：自動車交通からの CO₂ 排出量低減に向けた交通信号制御、電気学会、ITS 研究会、ITS-04-25, pp.19-24, 2004.
- 11) 塚田悟之：路車協調型エコドライブ支援システムの実行可能性、第 11 回 ITS シンポジウム Peer-Review Proceedings, 2012.
- 12) 例えば、市原隆司、熊野史郎：運転状況を考慮したエコドライブレベルの評価とエコドライブに対する意識状態推定、第 9 回 ITS シンポジウム Proceedings, 2010.
- 13) ITS Japan : Technical visits[Kanagawa Traffic Control Center and V2I Cooperative Systems“A world-first traffic control system with V2I cooperative technologies”], Preliminary Program of 20th ITS World Congress, <http://www.itsworldcongress.jp>, 2013.