

エコドライブ実施時の車両挙動に関する一考察

森 健二¹・矢野 伸裕²・横関 俊也³・牧下 寛⁴

¹正会員 科学警察研究所 交通科学第一研究室（〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1）

E-mail:mori@nrips.go.jp

²正会員 科学警察研究所 交通科学第一研究室（〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1）

E-mail:yano@nrips.go.jp

³正会員 科学警察研究所 交通科学第一研究室（〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1）

E-mail:yokozeki@nrips.go.jp

⁴非会員 科学警察研究所 交通科学部（〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1）

E-mail:makishita@nrips.go.jp

自動車から排出されるCO₂を削減するためにエコドライブが注目されている。その効果については既に多くの研究により確認されている。一方、エコドライブを実施した場合の円滑性への影響については定量的に示した研究は少ない。今後、多くのドライバーがエコドライブを実践する世の中が到来するのであれば、エコドライブを前提とした交通運用を行うために、それによる車両挙動の変化を把握することが求められる。そこで本研究では、飽和交通流率や車の捌けに影響する車両挙動に着目し、エコドライブ実施時と通常運転時との比較を行った。その結果、エコドライブ中は加減速度の範囲が小さくなること、巡航時の車間距離が伸びることが確認された。それに対し、発進時の反応時間と停止時の車間距離については変化が見られなかった。

Key Words : fuel economy, driver behavior, 'eco-driving'

1. 研究の目的

エコドライブは自動車から排出されるCO₂削減のための対策として期待されている¹⁾。エコドライブのより一層の普及を図るためには、安全性や円滑性に対する懸念を払拭するとともに、何らかの問題があるとすれば、それを改善する方法を検討する必要がある。そのためにはエコドライブ中の車両の挙動を把握しておく必要がある。本研究では、安全性や円滑性に影響する車両挙動に着目し、エコドライブによってそれらにどのような変化が生じるかを走行実験によって明らかにする。

2. 研究の考え方

対象とするエコドライブは運転操作に類するものである。具体的には、発進時の加速を緩やかにすること、巡航時の加減速を極力少なくすること、減速時に早めにアクセルをオフにすること、信号待ち時にアイドリングストップをすること、の4項目である。

そして、安全性や円滑性に関係する車両挙動としては、

加減速度の大きさ、巡航時の車間距離、停止時の車間距離、発進時の反応時間に着目する。

3. 走行実験

(1) 実験の概要

本稿で扱うデータは、過去に筆者らが実施した走行実験²⁾で得たものである。その実験とは、複数の実験参加者にエコドライブと通常運転の2種類の走行を実施して

表-1 計測項目

項目	計測方法 : ()は単位
走行位置	GPSによる緯度経度
速度	速度パルスによる車両速度 (km/h)
前後加速度	加速度センサーによる加減速度 (G)
アクセル開度	ペダルに取付けたポテンショメータによる変位量 (全閉状態を0%、全開状態を100%)
ブレーキ踏力	ペダルに取付けた圧力センサーによる抵抗値 (kgf)
エンジン回転数	エンジン点火パルスによる算出値 (rpm) 別途エンジンのオンオフを係員が確認
映像	前後の様子と被験者の表情をビデオで撮影
車間距離	フロントグリルに取り付けたレーザーレーダによる計測 (m) 計測最大値は120m

もらい、車両挙動を計測したものである。

実験参加者は、第一種中型自動車免許保有、運転経験1年以上を条件として公募した。その結果、30～50歳の男性8名、60歳以上の男性7名、30～50歳の女性2名、合計17名により実験を行った。

実験車は2,000ccクラスの乗用車(AT車)とした。車内には、アクセル開度、ブレーキ踏力、速度、前後加速度などを計測するセンサーを搭載した。さらにビデオカメラで前方と後方の様子を撮影し、走行中の周囲の様子を捕捉した。本稿に関連する計測項目を表-1に示す。

(2) 走行コース

コースを図-1に示す。起終点はつくばエクスプレスの柏の葉キャンパス駅とし、国道16号の若柴交差点を中心に8の字を逆に描く道のりで、延長は約6.2kmである。様々な混雑状況を呈することと、幹線道路を含むことを考慮して設定した。このコースをひとりあたり6周した。1～2周目は通常運転、3～6周目をエコドライブとした。エコドライブを後に設定したのは、通常運転への影響を懸念したためである。実験は、平成19年11月19日～12月13日の間の平日の昼間に実施した。コース1周の平均旅行時間は約23分、標準偏差は約3分であった。

(3) 実験参加者に対するエコドライブの教示

発進時、巡航時、減速時、停止時のそれぞれについて以下を心がけて運転するよう教示した。

- ・発進時：‘ふんわりアクセル’と称し5秒かけて20km/hになるつもりで加速³⁾すること。
- ・巡航時：余裕のある車間距離を保ち、加減速を控えること。
- ・減速時：信号や先行車の動静に注意を払い、早めにアクセルペダルから足を離すこと。
- ・停止時：図-1の5カ所の信号交差点でアイドリングストップを行うこと。

以上はあくまで心がけで、エコドライブの実施については、各自の判断に委ねた。実験参加者にはそうした内容を十分に説明し、参加することの同意を得た。結果として、安全性に十分配慮し、無理のない範囲でエコドライブが行われたものと思われる。

4. 分析結果

(1) 加減速度

この実験でエコドライブ中の加減速度が緩やかになったことは既に検証済みであり、加速については発進7秒後の速度が低下したこと、減速については制動によるエネルギー消失量が減少したことがそれぞれ示された²⁾。

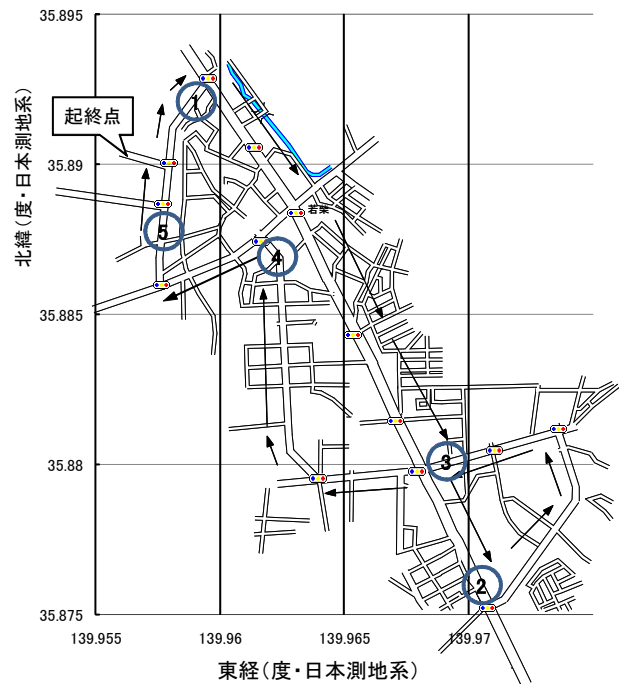


図-1 実験コース

(丸数字はアイドリングストップ指定した交差点)

それに対しここでは、加速度の最大値および減速度の最小値に着目する。ドライバーは加減速度のおよその限界値というものを知っており、その範囲内で場面に応じて加減速をコントロールしていると考えられる。エコドライブを意識するということは、その範囲を狭めようとしていることに相当する。こうした範囲を知ることは、エコドライブを前提とした交通流シミュレーションを実施する際にも有用となる。

限界値の範囲は次のように求めた。まず、加減速度はその時々々の速度に依存する。そこで10km/h毎にデータを分けて、各速度帯における被験者毎の最大加速度と最小減速度を抽出した(最大加速度として99パーセンタイル値を、最小減速度として1パーセンタイル値を採用した)。加速度、減速度とも各速度帯について17人分の値

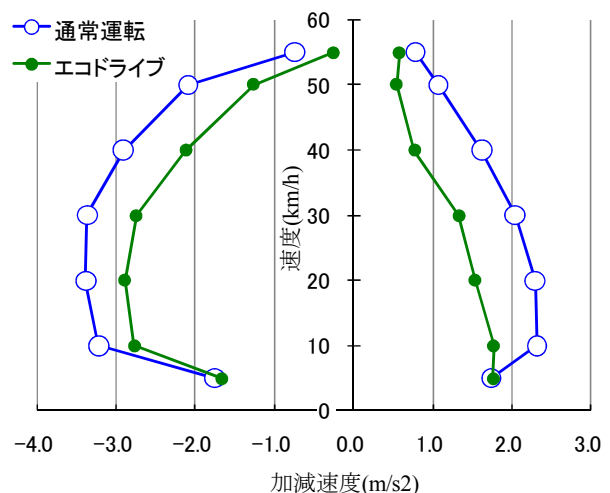


図-2 加減速度の範囲

表-2 加減速度限界値の比

速度帯 (km/h)	減速度(m/s ²)		エコ/ 通常	加速度(m/s ²)		エコ/ 通常
	エコ ドライブ	通常 運転		エコ ドライブ	通常 運転	
0-5	-1.67	-1.76	0.95	1.76	1.74	1.01
5-15	-2.77	-3.22	0.86	1.77	2.32	0.76
15-25	-2.89	-3.38	0.85	1.54	2.29	0.67
25-35	-2.74	-3.36	0.81	1.33	2.04	0.65
35-45	-2.12	-2.91	0.73	0.76	1.62	0.47
45-55	-1.26	-2.08	0.60	0.54	1.06	0.51
55以上	-0.25	-0.74	0.33	0.58	0.78	0.74

が抽出される。その平均値と標準偏差を用い、[平均値±2×標準偏差]を加減速度の範囲とした。図-2にその結果を示す。

これをみると、5km/h未満の低速域を除けば、エコドライブ中の加減速度の絶対値が小さく、通常運転時との差は明確である。そして表-2はエコドライブ中の通常運転時に対する加減速度の比を整理したものである。速度5km/h未満では以上の速度域ではエコドライブ中に加速度が0.5～0.8倍に、減速度は50km/hまでの速度域で0.6～0.9倍にそれぞれ抑えられている。

(2) 巡航時の車間距離

車間距離もエコドライブ中には長くなることが既に示されている⁴⁾。ここでは、飽和交通流率に密接な関係のある巡航時に限ってこの傾向を確認する。およそ巡航時であったと考えられる状況として、速度が20km/h以上で加減速度が±1km/h/s (±0.028G) 以内のデータに着目する。図-3は車間距離の分布を箱ひげ図で比較した結果である。図において横長の長方形は「箱」と呼ばれ、この範囲にデータの半数が分布する。箱の中の線は中央値、点は平

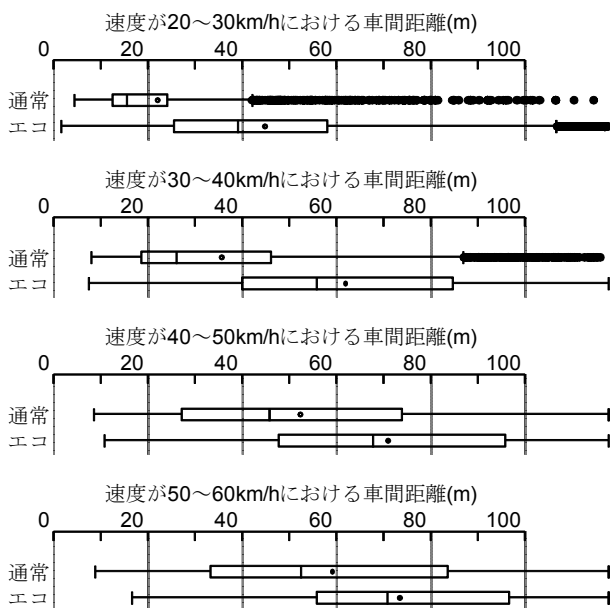


図-3 巡航時の車間距離の分布
加減速度が±1km/h/s以内を巡航時とした

表-3 巡航時の車間距離

	速度帯 (km/h)	データ数 (秒)	中央値	平均値	標準 偏差
通常 運転	20-30	1,903	16m	22m	17m
	30-40	3,665	26m	36m	24m
	40-50	4,040	46m	52m	30m
	50-60	947	53m	59m	28m
	60以上	63	85m	81m	22m
エコ ドライブ	20-30	11,496	39m	45m	25m
	30-40	14,284	56m	62m	28m
	40-50	4,124	68m	71m	28m
	50以上	239	71m	73m	27m

加減速度が±1km/h/s以内を巡航時とした

均値を示している。箱の端から伸びている線は「ひげ」と呼ばれ、箱の端から箱の1.5倍の範囲内にある最も遠い点まで伸びている。ひげの範囲を超えた点が「はずれ値」として個々にプロットされる。そして表-3には平均値、中央値、標準偏差を整理した。

図-3をみると、エコドライブ中の車間距離は閑散時と比べて圧倒的に長い。飽和状態における臨界速度付近と言われている40～50km/hの中央値でみると、通常運転時で46mなのに対し、エコドライブ中には68mと実に1.5倍となっている。ただし、データ計測時に交通流が飽和していたかどうかは不明であり、飽和時の車間距離について課題を残した。

(3) 停止時の車間距離

停止時の車間距離分布をエコドライブと通常運転で比較した結果を図-4に示す。車間距離の分布に大きな違いは認められない。そして、車間距離の平均値等を比較した結果を表-4に示す。これをみると平均値はいずれも3m前後で、エコドライブ中が0.09m長い。その差は統計的に有意とはならなかった(P=0.49)。以上より、エコドライブを意識したことによって停止時の車間距離が長くなることはないと考えられる。

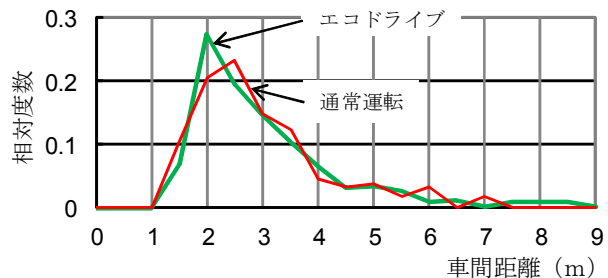


図-4 停止時車間距離の分布

表-4 停止時の車間距離比較

	平均値 (m)	中央値 (m)	標準偏差 (m)	データ数
通常運転時	2.98	2.7	1.20	155
エコドライブ時	3.07	2.6	1.51	346

(4) 発進時の反応時間

発進時の反応時間を、前車が動き出してから自車が動き出すまでに要する時間とする。‘ふんわりアクセル’で反応が緩やかになるのではと考え検証の対象とした。

ビデオ映像を元に、他車の割込などの発進タイミングに影響を与える事象がない459の発進挙動を抽出した。

表-5は、エコドライブと通常運転で反応時間を比較した結果である。エコドライブ中は、さらにアイドリングストップをした場合としない場合で分けて示している。

反応時間の平均値を見ると、通常運転中は1.00秒、エコドライブ中は1.11秒で、その差は統計的に有意ではなかった($P=0.43$)。ただし、アイドリングストップ後は1.69秒で、他の2ケースと有意な差が見られた。一方、図-5は反応時間の分布である。アイドリングストップ後でなければ、エコドライブと通常運転で分布の位置に差は見られず、最頻値はむしろ通常運転中が大きい。したがって、ゆるやかな加速を意識したことによって反応時間が大きくなることはなく、通常運転時との差はないとの見方が妥当と考える。

表-5 発進時の反応時間比較

	平均値 (秒)	中央値 (秒)	標準偏差 (秒)	データ数
通常運転時	1.00	1.1	1.14	138
エコドライブ時	1.11	1.0	1.41	193
アイドリングストップ後	1.69	1.3	1.90	128

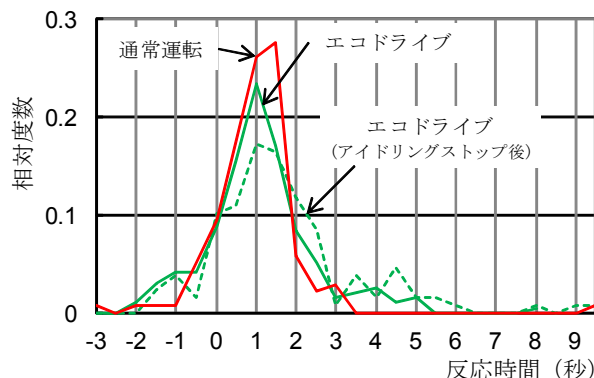


図-5 発進時反応時間の分布

た値をパラメータとして設定することで、エコドライブ中の車両の遅滞現象を再現できると考えられる。

5. おわりに

本稿では、エコドライブ中の車両挙動の特徴を実車実験によって調べた。結果は以下の通りである。

- ・速度が5km/h以上の走行中は、加速度が0.5～0.8倍、減速度は0.6～0.9倍に抑えられる。
- ・巡航時の車間距離が1.5倍になる。
- ・停止時の車間距離は変わらない。
- ・緩やかな加速を心がけるだけでは、発進時の反応時間が長くなることはない。

今後、エコドライブを前提とした様々な交通運用施策の評価に交通流シミュレーションを活用する際、こうし

参考文献

- 1) 中央環境審議会：今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十次報告），2010。
- 2) 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。
- 3) 谷口正明，笠井純一，三分一寛：発進時の省エネ運転意識と燃料消費量，自動車技術会2006年春季学術講演会概要集20055304，2006
- 4) 牧下寛，森健二：エコドライブと通常運転の車両挙動の調和，交通工学，Vol.45，No.2，pp.64-72，2010。

CHARACTERISTICS OF THE VEHICLES' BEHAVIOR UNDER PRACTICAL ENERGY SAVING DRIVES

Kenji MORI, Nobuhiro YANO, Toshiya YOKOZEKI and Hiroshi MAKISHITA

‘Eco-driving’ has drawn attention as a measure to reduce automobile CO2 emissions. Although various studies have demonstrated its effectiveness, little is known about its influence on traffic flow. Therefore, characteristics of vehicle behavior during ‘eco-driving’ must be clarified so that traffic flow can be controlled when many drivers come to use it. This study experimentally assessed vehicle behavior during ‘eco-driving’ conditions in comparison with those during an ‘ordinary driving’ condition. Results show that the degree of acceleration and deceleration decreased during ‘eco-driving.’ Moreover, the intervehicular distance was greater during stable driving. The response time of starting and the distance between cars showed no difference when stopping.