

エコドライブ実施意識の差異を考慮した エコドライブ促進システムの効果分析

浪崎 隆裕¹・三輪 富生²・森川 高行³・山本 俊行⁴

¹学生会員 名古屋大学大学院 工学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: namizaki.takahiro@b.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学准教授 エコトピア科学研究所 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: miwa@nagoya-u.jp

³正会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

⁴正会員 名古屋大学教授 エコトピア科学研究所 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

CO₂排出量削減対策の1つとして、エコドライブへの関心が高まっている。これまで、一般ドライバーを対象とした大規模なエコドライブ実験の例は少なく、またエコドライブ情報の提供が運行動向や燃料消費量に与える効果についても十分に分析されていない。本研究では、豊田市で行ったエコドライブ社会実験のデータを使用し、燃料消費量の削減効果の分析を行った。また、この際、エコドライブの実施意識を考慮したモデル構築を行った。分析の結果、ドライバーの個人属性や道路条件により、燃料消費量の削減効果が異なることが示された。また、モデルの推定結果を都市データへの適用により、エコドライブ促進システムによってCO₂排出量が大幅に削減可能であることが示された。

Key Words : eco-driving, information provision, fuel economy, latent class analysis

1. 序論

(1) 背景と目的

近年、地球温暖化の危機に対する認識は世界各地で広がっている。2010年度の運輸部門でのCO₂排出量は車両自体の燃費の改善や交通対策、エコドライブ促進などにより減少傾向にある。しかしながら、運輸部門からのCO₂排出量は、産業部門の35.4%に続き総排出量の19.5%を占めていることから、運輸部門でのCO₂排出量の更なる削減が必要である。そのような中、エコドライブに対する関心が高まっている。

運輸業者に関しては、以前からエコドライブ講習の開催やデジタルタコグラフの普及により、燃料消費量削減に効果が挙げられている。一方で、一般車に関しては、走行中に平均燃費や瞬間燃料消費量を提示する機能を搭載する車両が普及し始めている。しかし、この機能は車種によって異なった情報を提示しており、またその効果について詳細な分析は行われていない。

本研究では、著者らがこれまでに開発したエコドライブ

促進システムを一般ドライバーに適用した場合の、エコドライブ実施意識の変化や燃料消費量の変化を分析することを目的としている。

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

エコドライブに関する既往研究として、鹿島ら¹⁾は一般乗用車を対象とし、燃費計による走行時の瞬間燃費及び走行前及び走行後の燃費改善に関する情報提供により燃費改善に効果があることを明らかにした。また、新田ら²⁾は、営業用貨物車を対象にし、音声ナビ付きデジタルタコメータでの支援により、燃費改善に効果があることを明らかにした。また、三輪ら³⁾は、乗用車を対象にLEDランプを用いて走行中の燃料消費量の可視化を行っている。加えて、走行後に運行動向の解析結果をWebを通じて情報提供している。これらにより燃費改善に効果があることが明らかにされている。

本研究で使用するデータは、三輪ら³⁾のデータと同じであり、一般ドライバーを対象とした社会実験のデータである。ただし、本研究では、ドライバー間のエコドラ

表-1 エコドライブの診断項目

走行状態	指標	定義
発進時	ふんわり発進の割合	発進後の最大速度が 20km/h を超える場合で、発進から 5 秒以内に速度変化量が 5km/h/s (1 秒間に 5km/h) 以上加速しない発進の割合
巡航時	定速走行時間の割合	時速 20km 以上の走行中に、加速・減速が 4km/h/s (1 秒間に 4km/h) を超えない走行時間の割合
減速時	惰性走行で減速する時間の割合	減速中に、ブレーキを踏まずに減速している時間の割合
停止時	アイドリングストップの割合	停止中に、燃料噴射量がゼロとなっている時間の割合
全体	燃費	総瞬間燃料噴射量と走行距離の比率

イブ実施意識の差異を考慮することで、エコドライブ促進効果のより詳細な分析を行う。

表-2 実験フレーム (各タームの開始日, 2011 年)

実験	実施期間	運転診断結果 (Web)	LEDインジケータ (車内)
第1ターム	2/27~3/31	表示なし	点灯なし
第2ターム	4/1~4/30	表示あり	点灯なし
第3ターム	5/1~	表示あり	点灯あり

2. エコドライブ促進システム

(1) CANデータ収集用車載機

本実験では、一般社団法人交通工学研究会が開発した CANデータ収集用車載機器を用いる。この車載機器は車内 OBD II コネクタと接続することで、燃料噴射量・アクセル開度率・実出力トルクなどの走行状態に関する情報のデータ (CANデータ) を収集することができる。また、GPSを内蔵しており一秒周期の位置情報 (緯度、経度) も収集でき、これにより走行経路、走行位置などを把握可能である。収集したデータは、本体に設置した SDカードに記録される。被験者は、SDカードに保存されたデータを PC からインターネットを通じてセンターサーバにアップロードする。センターサーバではデータの蓄積および解析が行われる。

(2) LEDインジケータ

LEDインジケータは、走行中の環境負荷状況に関する情報を提示することでエコドライブを促進するものである。LEDインジケータは、走行中の燃料消費量等に応じて、最大6個のLEDを点灯させることができる。車載機器は走行中に一定周期でCANデータを記録する。また、組み込まれたプログラムにてLED点灯用の指標を計算する。計算された値と被験者ごとに予め設定した閾値とを比較し、LEDの点灯数を変化させる。そのため、燃料噴射量の大きい運転をしている時はLEDの点灯数が多くなり、燃料噴射量の少ない運転をしている時はLEDの点灯数が少なくなる。なお、LED点灯用の指標値の算出方法については、三輪ら³⁾を参照されたい。

(3) エコドライブ診断システム

実験の被験者が、SDカードに蓄積されたGPSデータおよびCANデータをセンターサーバにアップロードし、実験に際して構築されたWebサイトにログインすると、解析結果を確認できる。このシステムをエコドライブ診断システムとよび、被験者に自らのエコドライブの結果を事後把握させるものである。診断項目は、表-1に示す発進時・巡航時・減速時・停止時・全体の5つである。診断システムでは、他にも過去の走行軌跡、日ごとの走行距離・走行時間・平均速度・燃料消費量・平均燃費・被験者全体におけるランキング (各指標ごとの順位で、日ごとのデータによる順位と過去2週間のデータによる順位) に関する情報を提供する。

3. 社会実験によるエコドライブ促進効果の検討

(1) 社会実験の概要

本研究で用いるデータは、愛知県豊田市で平成 23 年 3 月~12 月まで実施した豊田市エコドライブ推進プロジェクトで取得したものである。このうち、開始当初 (3 月) から実験に参加した被験者 146 名のデータを対象とする。

実験で予想されるエコドライブ促進効果は、エコドライブ診断システムを通じた情報提供による効果と、燃料消費量に応じて点灯する LED インジケータを用いることによる効果が存在する。そのため、これらを混同せず把握するために、表-2に示される3つの実験手順で実験を行った。本研究ではこれら3つの期間を第1ターム、第2ターム、第3タームとする。第1タームは、エコド

ライブに関する情報提供を行わずに通常走行を行った。ただし、エコドライブ実施方法については事前に説明しており、開発したシステムは大規模な一般ドライバーにエコドライブを継続させることを意図している。また、被験者は、エコドライブ診断システム（Webサイト）へのログインにより走行経路、走行距離、走行時間、走行速度は確認できる。第2タームからは、エコドライブ診断システムで、トリップや日ごとの燃料消費量、燃費、エコドライブランキング等エコドライブに関する情報が提供される。さらに、第3タームからは、エコドライブ診断システムによる情報提供に加え、LEDインジケータの点灯が始まる。以下、エコドライブ診断システムとLEDインジケータを合わせてエコドライブ促進システムとする。

本研究では、前述の146名の被験者のうち、第1～第3タームまでの全ての期間でデータアップロードがあった被験者58名のみを対象として分析を行う。被験者の概要を表-3に示す。表より、男性が大半を占めること、公務員・団体職員が約半数を占めること、50歳以上が半数以上を占めること、ハイブリッド車が7割近くを占めることが分かる。

表-3 被験者の概要（被験者数：58）

性別	男性：55名，女性：3名
職業	会社員：19名，公務員・団体職員：28名， その他・不明：11名
年齢	20代：4名，30代：14名，40代：8名， 50代：24名，60代～：8名
エンジン	ガソリン：19，ハイブリッド：39
車重	～1000kg：5，～1500kg：41，1500kg～：12
排気量	～1L：5，～2L：41，2.0L～：12

(2) 走行時の属性ごとの燃料消費量

本実験で用いたエコドライブ促進システムにより、走行時にどれほどの燃料消費量削減効果があったかを、個人属性（性別、年齢など）・車両特性（エンジン、車重）ごとに分析する。また、1日の走行距離が200m未満のものは分析の対象から除く。本研究では、実験全体での燃料消費量の変化を総量で把握するのではなく、被験者間の違いを直感的に理解しやすくするため、各被験者の燃料消費量（ml/km）を算出し、算術平均をとる方法を用いる。各タームにおける各被験者の単位距離当たり燃料消費量（＝同被験者の該当タームにおける総燃料消費量（ml）/同被験者の該当タームにおける総走行距離（km））を求めた。つづいて、各属性に該当する被験者の燃料消費量（ml/km）を算術平均した。簡単のため、この値を平均燃料消費量と呼ぶ。表-4は、各タームの属性ごとの平均燃料消費量を示している。表より、情報提供を開始した第2タームから燃料消費量が減少していることから、エコドライブ促進システムにより燃料消費量を削減できることがわかる。ここで、ガソリン車の第3タームにおいて、第2タームよりも燃料消費量が増加している。この第3タームの燃料消費量が増加する原因については、以降の分析を通じて検証する。性別に関しては、男性被験者はエコドライブにより燃料消費量が削減されていることが示される。女性に関しては3名からのみしかデータが取れていないため男性に比べると信頼度は低くなるが、女性被験者は実験を通して燃料消費量にあまり変化がみられないことがわかる。職種に関しては、非会社員は第2タームで大きく燃料消費量が削減されていることが示されている。年齢に関しては、40歳以上の被験者において第3タームまで増加することなく減少していることが示されている。一方で、40歳未満の被験者では第3タームで燃料消費量が増加している。車重に

表-4 走行時における各個人属性ごとの平均燃料消費量

分類	分類名	サンプル数	第1ターム	第2ターム	第3ターム
エンジン	ガソリン	19	78.9	75.6	76.0
	ハイブリッド	39	45.7	44.1	43.8
性別	男	55	57.1	54.8	54.8
	女	3	46.9	47.2	47.0
職種	会社員	19	51.8	50.8	51.1
	非会社員	39	58.9	56.2	56.0
年齢	20歳代	4	58.3	54.7	55.5
	30歳代	14	59.7	57.8	58.1
	40歳代	8	77.3	74.6	74.3
	50歳代	24	50.8	48.8	48.6
	60歳代以上	8	46.6	45.0	44.8
車重	～1000kg	5	48.7	46.6	47.5
	～1500kg	41	53.7	52.3	52.4
	1500kg～	12	77.9	71.6	74.0

関しては、車重の大きい車の方が燃料消費量の削減量が大きいことが示されている。

(3) 日数経過による燃料消費量変化

エコドライブに関する情報提供により燃料消費量が削減される効果は、情報提供に対する慣れやエコドライブ実施意識の低下により、日数の経過とともに小さくなる可能性が、既往研究でも報告されている⁴⁾。そこで、経過日数ごとの燃料消費量についての集計を行う。

集計は、各経過日数での各被験者の燃料消費量 (ml/km) を算術平均したものとし、10日間隔で集計を行った。結果を図-1に示す。なお、第1タームにおいては通常走行であるため、日数経過による変化はないものとし、1つの平均燃料消費量値を算出する。第2タームと第3タームに関しては、日数経過による燃料消費量を算出し、通常走行時の燃料消費量と比較する。図-1より、ハイブリッド車はガソリン車に比べると、エコドライブ促進システムによる燃料消費量の削減量が小さいことが分かる。次に、ガソリン車においては結果から日数の経過により燃料消費量が第2タームでは減少していき第3タームでは増加することが読み取れる。このことから、第2タームでは被験者はエコドライブ実施意識が向上していきエコドライブが実施され始めていることが分かる。しかし、第3タームが開始する頃から燃料消費量が上昇に転じていることから日数が30日ほど経つとエコドライブ促進システムに対する慣れや意識の低下が生じる被験者と持続的にエコドライブを実施する被験者とに分かれ

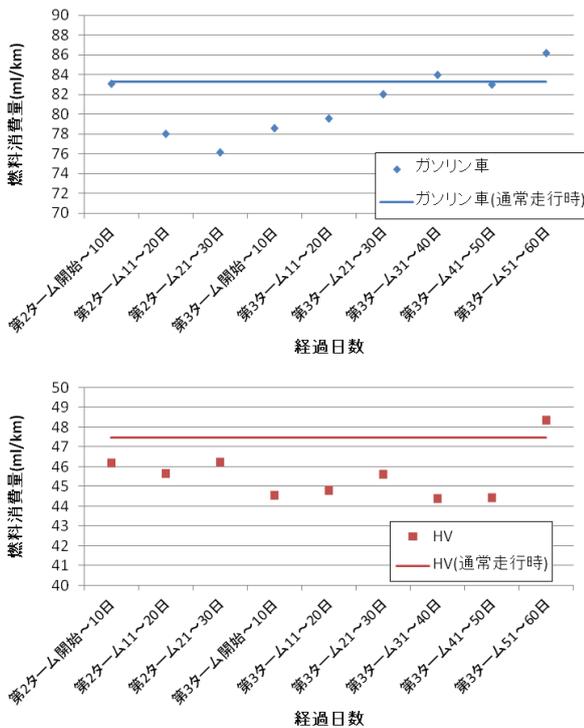


図-1 経過日数と燃料消費量の関係
(上：ガソリン車，下：ハイブリッド車)

ていくのではないかと考えられる。一方、ハイブリッド車は、第3ターム51日以降で増加していることはガソリン車と同じであるが、経過日数による変化はそれほど明確ではない。

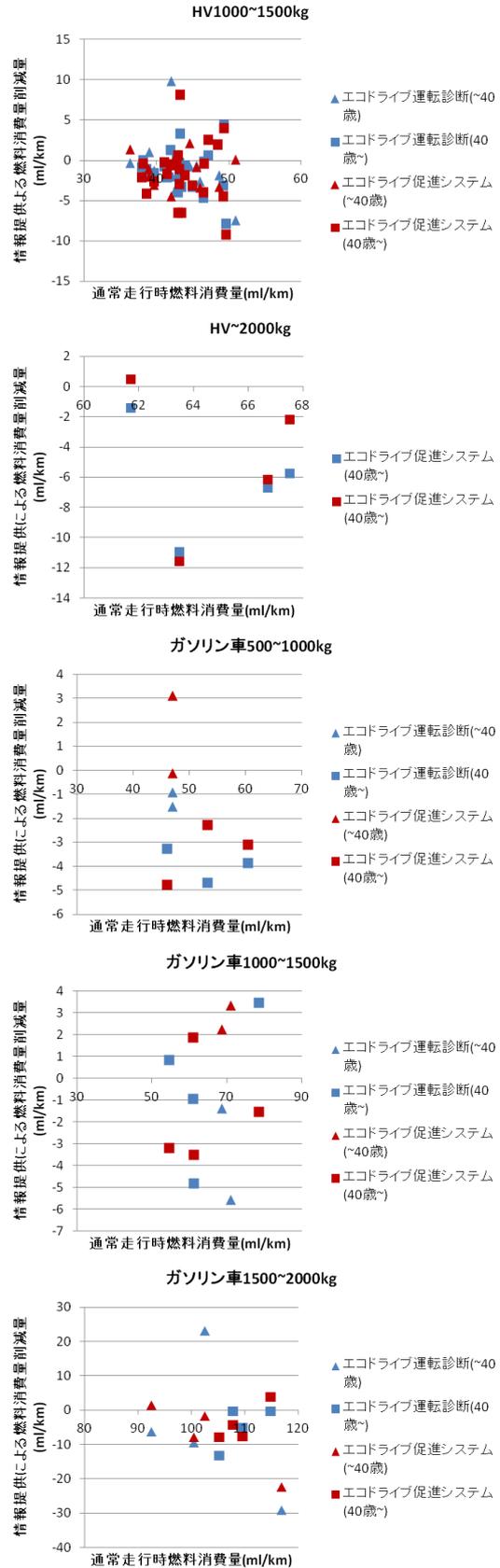


図-2 車種・車重・年齢別燃料消費量削減量

表-5 停止時の集計結果

エンジン	ターム	停止時間割合(%)	アイドリングストップ回数割合(%)	停止時燃料消費量(ml/min)
ガソリン	1	24.5	2.2	13.9
	2	23.3	3.9	13.8
	3	24.5	6.0	15.5
ハイブリッド	1	21.8	81.9	2.9
	2	22.7	86.1	1.6
	3	22.6	87.2	1.5

表-6 豊田市における月別平均気温

月	ターム	平均気温(℃)
3月	第1ターム	6.4
4月	第2ターム	12.4
5月	第3ターム	18.2
6月		23.1

(4) 情報提供による運転行動変化

エコドライブ促進システムがすべての人に対して効果がある場合は、すべての人がエコドライブを実施し燃料消費量の削減がなされると考えられる。しかし、上記のように、車種やドライバーの年齢などによって燃料消費量の変化には差がみられ、また燃料消費量は単調に減少せず、日数が経つにつれエコドライブ実施意識が変化し、エコドライブ実施者が減少していることが予測される。また、経過日数による実施意識の低下以外にも、エコドライブ促進システムを導入直後からエコドライブ実施意識が向上せず運転行動の変化が起きにくい被験者も存在すると考えられる。そこで、通常走行から運転診断システムとLEDインジケータを導入した時の運転行動の変化を燃料消費量の関係から考える。通常走行時の燃料消費量 (ml/km) と情報提供による燃料消費量削減量 (ml/km) の関係を図-2に示す。図-2より情報提供によりエコドライブを実施し燃料消費量が削減されていることが読み取れる。一方で燃料消費量 (ml/km) に変化のみられない被験者が存在することも明らかとなった。また、エコドライブを実施した場合に車重の大きい車ほどエコドライブを実施した場合に燃料消費量削減量が大きいことが示されている。また、エコドライブ促進システムにより、年齢の低いドライバーに比べ年齢の高いドライバーの方がエコドライブを実施する傾向が読み取れる。また、情報提供をした後の走行の方が通常走行時よりも燃料消費量が大きいドライバーが存在する。このことについては以降のモデル構築において検証する。

(5) 停止時におけるデータ集計

ここでは、停止時の燃料消費量について集計を行う。エコドライブ診断システムではアイドリングストップについての診断も行っているため、運転行動の変化が期待される。また、LEDインジケータは仕様により停止中も

ランプが点灯するようになっておりアイドリングストップの促進につながっている可能性があるため第3タームも分けて集計を行う。ここで、ごく短時間の停止においてはアイドリングストップを行いくいと考え、ここでは、停止時間が5秒以上のものを「停止」として扱う。停止時における燃料消費量 (ml) を停止時間 (s) で除したものを単位時間当たりの燃料消費量(ml/s)とした。なお、1秒当たりでは値が小さいため本研究では60を掛けて集計では1分あたりの燃料消費量 (ml/min) とした。停止回数とアイドリングストップ回数は、各タームでの被験者の平均値であり、表-5にて示す。表より、ターム間で、乗車時間に対する停止時間の割合には大きな変化が見られないことが分かる。その中で1日の停止回数のうちアイドリングストップ割合が増加していることから、エコドライブ促進システムによりアイドリングストップの実施意識の向上が示唆される。しかし、ガソリン車ではアイドリングストップ割合が増加しているにもかかわらず第3タームの燃料消費量は増加するという結果になった。この結果より、第3タームはエアコンディショナーの使用や実験実施季節の違いが燃料消費量を大きくしているのではないかと考えられる。ここで、本研究で用いた期間の豊田市における平均気温を表-6に示す。表より平均気温が6度ずつ上昇しており、気温の変化が認められる。また、ハイブリッド車では、アイドリングストップ機能が搭載されているため、第2タームと第3タームで被験者の意図的なアイドリングストップが増えたのではなく、第1タームでは気温が低く、暖房のためにエンジンを使用し燃料消費量が多くなっており、第2ターム以降で通常に戻ったという可能性も考えられる。

4. 走行時の燃料消費量推定モデル

燃料消費量は、道路条件（車線数、道路種別など）や車両特性（車種、年式、車重など）、運転者属性（性別、年齢、職業など）により運転行動が変化するため大きく違いがある。エコドライブの実施に関しては、エコドライブを実施しやすい人、実施しやすい道路条件が存在すると考えられる。これらを基礎集計のみから分析するこ

表-7 各タームでの燃料消費量(ml/km)

\mathbf{X}_{in}	β_1	β_2	β_3
定数項	1.05	-2.11	-3.86*
休日ダミー	-0.909	0.762	1.24*
HVダミー	-34.6*	-31.9*	-32.3*
会社員ダミー	4.24*	1.72*	5.81*
年齢ダミー(50歳以上)	1.59*	2.88*	1.64*
女性ダミー	5.89*	7.69*	7.77*
多車線走行割合	-3.32	-0.654	-1.33
高速道路走行割合	-5.83*	-5.77*	-6.24*
国道走行割合	-13.3*	-13.6*	-14.7*
沿道の小売業延床面積(1000m ² /km)	18.1*	15.7*	16.2*
6-9時での走行割合	-0.305	-2.87*	-4.77*
17-20時での走行割合	3.74*	1.34	0.332
車重(kg)	0.0543*	0.0543*	0.0560*
修正 R ² 値	0.798	0.793	0.804
サンプル数	1346	1264	2570

*5%有意を満たす

とは困難であるため、燃料消費量やエコドライブの実施意図をモデル化し、その結果を通じてより詳細な分析を行う。ここで、被験者の性別・年齢や車両特性については事前アンケートにより把握ができています。しかし、道路条件については、車載機から得られるデータでは分からない。そこで、車載機で得ることのできる位置情報を日本デジタル道路地図協会のDRM（地図情報データ）とマッチングすることでそれぞれの被験者が1日に走行した道路の条件を算出した。

(1) 各タームごとの燃料消費量に関するモデル

ここで、個人 n の第 t タームに関し、 i 日目の1日当たりの燃料消費量を $F_{in,t}$ とする。各タームでの燃料消費量に関して、式(4.1)のような回帰モデルを推定する。

$$F_{i,n,t} = (\beta_1 \delta_{i,n,1} + \beta_2 \delta_{i,n,2} + \beta_3 \delta_{i,n,3}) \mathbf{X}_{i,n,t} + \varepsilon_{i,n,t} \quad (4.1)$$

また、 β_i をパラメータベクトルであり、説明変数ベクトルを \mathbf{X}_{in} とし、 δ_i は第 t タームでの m_i とするダミー変数である。また、 ε_{in} は正規分布に従う誤差項である。

式(4.1)より推定した各タームごとの燃料消費量の推定結果を表-7に示す。表より、情報提供による効果の傾向を読み取り、考察を行う。休日ダミーより、第3タームで推定値が大きくなっているためエコドライブ実施中には平日より燃料消費量が多いことが分かる。次いで、沿道の小売業延床面積での推定値が小さくなっていることから、小売業延床面積の大きい都心で燃料消費量削減効果がみられる。また、通勤・帰宅時間帯での走行において燃料消費量の削減がみられることが分かる。

(2) エコドライブ促進システムによる行動変化

エコドライブ促進システムにより被験者はエコドライブ実施意識が向上し、その結果エコドライブを実施すると考えられる。しかし、3.(4)で示したように、被験者全員がエコドライブ促進システムによりエコドライブ実施意識が向上するのではなく、実施意識が向上する被験者と実施意識があまり変化しない被験者がいることが示された。そこで、本研究ではエコドライブ促進システムがどのような人に対してエコドライブ実施意識を向上させ、運転行動の変化をもたらすかを考えるために運転行動変化に関する意識関数を考慮する。

まず、エコドライブ実施を行うことで得られる効用を U_{En} 、効用の確定部分を V_{En} 、効用の確率項を ε_{En} とし、式(4.2)に示す。

$$U_{En} = V_{En} + \varepsilon_{En} \quad (4.2)$$

$$= \alpha_{Et} \mathbf{X}_{En} + \varepsilon_{En}$$

また効用の確定項は、第 t タームでの情報提供に関するパラメータベクトルを α_{Et} 、説明変数を \mathbf{X}_{En} により $\alpha_{Et} \mathbf{X}_{En}$ と表し、個人 n が E （エコドライブ行動）をする決定確率はプロビットモデルで示されるとする。

(3) 情報提供による行動変化を考慮した燃料消費量に関するモデル

エコドライブを実施するという意識が高い場合には、エコドライブを実施し、その結果、燃料消費量が削減されると考えられる。一方で、エコドライブ促進システムによる情報提供をしてもエコドライブ実施意識が変化せず、運転行動が変化しないため燃料消費量が変化しない被験者も存在すると考えられる。しかし、各被験者がエコドライブを意識しているか否かを客観的に把握することはできないため、ここでのモデル化には潜在クラスモデルを適用する。この際、エコドライブを意識していない被験者には、通常走行である第1タームと燃料消費量に関する確率密度関数の概形がほぼ同じであると考えられる。この時、式(4.3)は本研究で用いたモデルである。これは、4.(1)で示したタームごとの燃料消費量モデルを、4.(2)で示した行動変化モデルにて行動変化確率を考慮して統合したものである。エコドライブを実施しない場合には、通常走行である第1タームの推定により燃料消費量が表現できると仮定している。

$$F_{i,n,1} = \gamma_1 \mathbf{X}_{i,n,1} + \varepsilon_{i,n,1}$$

$$F_{i,n,t} = \left\{ (\gamma_2 + \lambda \gamma_3 \delta_{i,n,3}) \mathbf{X}_{i,n,t} + \varepsilon'_{i,n,t} \right\} \times P_{En} + \left(\gamma_1 \mathbf{X}_{i,n,t} + \varepsilon''_{i,n,t} \right) \times (1 - P_{En}) \quad (4.3)$$

F_{in} は第 t タームの個人 n の i 日目の走行時のみから算出した単位距離当たりの燃料消費量 (ml/km) , \mathbf{X}_{in} は説明変数, γ_1 は第1タームおよび第2ターム以降で情報提供後の運転行動に変化の見られない場合の未知パラメータ, γ_2

表-8 エコドライブ診断システムによる燃料消費量

X_{int}	α_2	α_3
定数項	5.69*	5.70*
HV ダミー	2.06*	
会社員ダミー	-0.697*	
年齢(40歳未満)ダミー	-0.417*	
女性ダミー	0.0266	
排気量(L)	-3.39*	
情報提供経過日数(日)	-0.00535*	

X_{int}	γ_1	γ_2	$\Delta\gamma_3$
定数項	2.60*	19.1*	-1.08*
休日	-0.783*		-0.177*
HV ダミー	-32.7*		-20.4*
会社員ダミー	3.71*		4.21*
年齢(50歳以上)ダミー	2.29*		2.73*
女性ダミー	5.47*		5.36*
多車線道路走行割合	-0.807*		1.97*
高速道路走行割合	-6.89*		-1.75*
国道走行割合	-12.8*		-4.70*
沿道の小売業延床面積(1000m ² /km)	18.5*		9.42*
6-9時での走行割合	0.582*		-3.61*
17-20時での走行割合	3.13*		-2.73*
車重(kg)	0.0533*		0.0321*
気温(C2)		0.0162*	
気温(C)		-0.514*	

初期対数尤度：-5618228, 最終対数尤度：-685298.5

サンプル数：5180

*5%有意を満たす

はエコドライブ診断システムによりエコドライブを実施していると考えられる場合の未知パラメータベクトル、 $\Delta\gamma_3$ はLEDインジケータの点灯による影響を考えた未知パラメータ、 δ_{int} は第3タームのみ1とするダミー変数、 ε_{int} 、 ε'_{int} 、 ε''_{int} は正規分布に従う誤差項、 P_{in} は情報提供による運転行動変化確率（エコドライブ実施確率）であり、効用関数は式(4.2)で表される。

エコドライブ実施意識を考慮した燃料消費モデルの量推定結果を表-8に示す。

1) 運転行動変化モデルについて

エコドライブ実施意識による運転行動変化関数のパラメータからエコドライブ促進システムによる情報提供が実施意識に対してどのような効果を与えるのかについて考察を行う。ハイブリッド車のドライバーほど行動変化がおき、エコドライブを実施しやすい。また、会社員、年齢（40歳未満ダミー）、排気量ダミーが負値であることから、これらのドライバーに対しては情報提供の影響は小さいことが示された。また、HVダミー（ $\alpha=2.06$ ）、排気量（L）（ $\alpha=-3.39$ ）と値が大きいことから運転行動に影響を与えやすいかどうかはエンジンと排気量と強く関係していることが示唆される。また、経過日数（ $\alpha=-0.00535$ ）は、パラメータが負になったことから、日数を

経るほど実施意識が少しずつ低下していき、エコドライブをしなくなると示された。

2) 燃料消費量に対する情報提供の効果

ここで、運転行動変化のある場合とない場合での燃料消費量に関する推定値より、各説明変数について比較・考察を行う。沿道の小売業延床面積のパラメータが小さくなっていることから、都心部で燃料消費量削減効果があると考えられる。また、6-9時、17-20時の走行割合のパラメータが正值から負値になっていることから、通勤・帰宅時間帯で情報提供が効果的であることが示された。次いで、気温のパラメータから、平方完成により1日の平均気温が15.9°C（ $=0.514/2/0.0162$ ）の際に燃料消費量が最も小さくなることが示された。（ただし、この影響は情報提供の効果ではない。）

5. 豊田市におけるCO2排出量

本研究で算出した燃料消費量のモデルを用いた場合に、豊田市においてどれほどのCO2排出量の削減になるのかを概算する。使用するデータは、平成17年度道路交通センサスオーナーインタビュー調査データである。これは、ある1日に行った自動車トリップの情報であり、起点、終点、走行距離、出発時刻、車種、燃料、高速道路利用の有無、運転者の性別や年齢が分かる。

(1) 分析上の設定

対象のデータは車の使用の本拠が豊田市であるもの、もしくは使用者の住所が豊田市であるものとする。対象車種はすべての乗用車とする（ハイブリッド車 5%）。車重は 1500kg、排気量は 1.75L であるとする。高速道路の走行割合は高速道路を走行したトリップは 70%高速道路を走行したものとして計算を行う。平日を 245 日、休日を 120 日として年間の CO2 排出量を求める。また、ガソリン 1 (L) につき 2.36kg の CO2 が排出されると換算した。なお道路条件については本実験での平均値を用いるものとする（表-9）。気温は、豊田市の 2011 年の年平均気温 14.8°Cとする。

表-9 道路条件

道路条件	数値
多車線道路の割合(%)	39.9
国道の割合(%)	28.8
沿道の小売業延床面積(m ² /km)	20.9

表-10 豊田市における CO2 排出量概算

条件	平日 (t /日)	休日 (t /日)	年間 ($万 t$ /日)
通常走行	1711	1261.6	57.1
エコドライブ促進システム	1475	1090	49.2

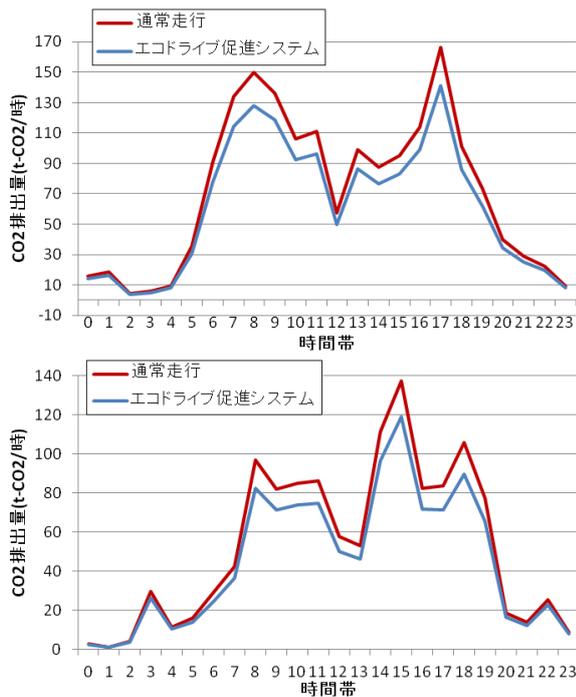


図-3 時間帯別CO2排出量
(上：平日，下：休日)

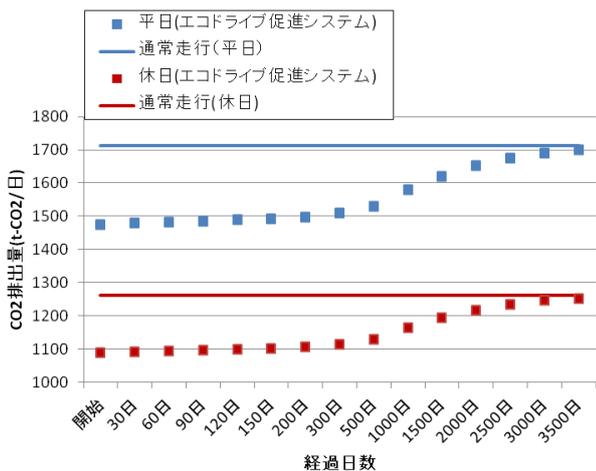


図-4 経過日数を考慮した豊田市のCO2排出量変化

(2) 分析結果

運転診断システムとLEDランプにより、エコドライブ促進システムに対する慣れ等の実施意識の低下を考えない場合、最大で年間に8万t(全体の14%)近くのCO2排出量を削減することができるが示された。

ここで、行動変化を考慮した燃料消費量推定モデルからエコドライブをしたと仮定したときに推定される時間帯別のCO2排出量について図-3にて示す。サンプル数が少ないため時間帯別の燃料消費量にばらつきがみられる。その中で、平日は朝の7-11時でのCO2排出量が多く、削減量も大きい。

また、日数の経過によるエコドライブ実施意識の低下を考慮した場合の1日のCO2排出量について図-5に示す。

図-5の結果より、エコドライブ促進システムの効果に対する経過日数の影響は1年程度では小さく、エコドライブ促進システムの効果が比較的長期にわたり続くことが明らかとなった。

6. 結論

(1) 研究成果

エコドライブ促進システムによりエコドライブ実施意識が向上しやすいドライバーと実施意識の変化がなされにくいドライバーの存在が示された。また、エコドライブ支援のための情報提供は、日数の経過によりエコドライブ実施に対する慣れや実施意識の低下により効果が小さくなるが示された。

各タームにおける燃料消費量推定モデルの構築を行い情報提供による燃料消費量の削減効果についての検討を行った。この結果、平日・通勤時間帯・都心部・帰宅時間帯において情報提供が燃料消費量の削減に効果的であることを明らかにした。

上記に加え、潜在クラスモデルを適用することで、情報提供によるエコドライブ実施意識に伴う運転行動変化を考慮した燃料消費量の推定モデルを構築した。その結果、年齢の高い人やハイブリッド車、排気量の小さい車のドライバーは情報提供によりエコドライブ実施意識が向上しやすいことが示された。加えて車重や車種といった車両特性、また運転経路による道路条件の違いによりエコドライブ実施による燃料消費量の削減効果が異なることが分かった。また、気温項より、約16°Cが最も燃料消費量が小さくなることが明らかになった。このことから、第3タームにおいて通常走行時よりも燃料消費量が大きくなる被験者の存在は、気温による影響が示唆される。推定結果より、豊田市において全員がエコドライブを実施し続けた場合に、年間で最大8万tのCO2排出量の削減になることが推定された。

アイドリングストップについても、情報提供をすることによりエコドライブ(アイドリングストップ)実施意識を高めることができることが分かった。

(2) 今後の課題

豊田市にモデル推定値を用いるに当たり、本研究は、道路条件は集計結果での平均値を用いて求めた。概算値の精度を高めるために、出発地と目的地から最短経路探索を行いそれぞれのドライバーの経路の道路属性を把握する必要がある。また、更に詳細な把握を行うために、1日ごとの集計ではなくトリップごとの把握をしていく必要がある。

謝辞

本研究に用いたデータは、(一社)交通工学研究会における「CO2排出量の可視化技術の開発」によるものである。ここに記して、関係各位に謝意を表す。

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) 新田保次, 藤岡太造: 車載機を用いたエコドライブ支援による貨物自動車の燃費・環境改善および安全性向上効果の分析, 土木学会論文集 D, Vol.65, No.3, pp.293-302, 2009.
- 3) 三輪富生, 川杉尚之, 浪崎隆裕, 森川高行, 山本俊行: Web サイトと車載機インジケータを用いた情報提供によるエコドライブ促進効果の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, CD-ROM, 2012
- 4) Beusen, B., Broekx, S., Denys, T., Beckx, C., Degraeuwe, B., Gijssbers, M., Scheepers, K., Govaerts, L., Torfs, R. and Panis, L.I.: Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course, Transportation Research Part D, 14, 514-520, 2009.