

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

名古屋大学大学院 学生会員 ○浪崎 隆裕 名古屋大学 正会員 三輪 富生
 名古屋大学 正会員 山本 俊行 名古屋大学大学院 正会員 森川 高行

1. はじめに

エコドライブは自動車利用に伴うCO₂排出量を削減する運転方法であり、個人が比較的容易に実施できるため、国内外で様々な取組が行われている。その中で、走行中及び走行後にエコドライブ実施効果に関する情報提供を行うことが燃料消費量削減に効果的であることを明らかにしている研究は数多くある^{1), 2)}。このように、エコドライブ実施を支援するシステムを活用した研究は多いが、対象がトラックやバスの運転手である場合が多く、また被験者や車種などに制約があり、広く一般市民を対象としている研究は少ない。また、被験者間における情報提供による実施意識の差異を分析したものはない。

広く一般市民を対象にエコドライブを普及させるためには、情報提供をした場合の運転者ごとに異なるエコドライブ実施意識を把握し、運転者に適した情報提供をしていく必要がある。そこで、本研究では、著者らが開発したエコドライブ促進システムを一般運転者に適用した大規模実験にて得たデータを用い、情報提供によるエコドライブ実施意識の差異と燃料消費量削減効果の分析を行う。

2. エコドライブ促進システム

(1) 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機器である。走行中の燃料消費量等に応じて、最大6個のLEDが点灯する。環境負荷の大きい運転をしている時はLEDの点灯数が多く、環境負荷の小さい運転をしている時はLEDの点灯数が少なくなる。

(2) エコドライブ診断システム

被験者は、車載器に記録したデータをセンターサーバにアップロードし、実験Webサイトにログインすると、診断結果を確認できる。診断項目は、ふんわり発進・定速走行時間・惰性走行で減速する時間・アイドリングストップ時間の各種割合と燃費の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の情報も提供する。

3. 分析対象データと燃料消費量の分布

分析には、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³⁾で取得したデータのうち6月までのデータを使用する。被験者の属性を表-1に示す。表より、男性、公務員・団体職員、ハイブリッド車が多くを占めることが分かる。実験で予想されるエコドライブ促進効果は、トリップ後のエコドライブ診断システムの閲覧と走行後のLEDインジケータの点灯による情報提供の効果が存在する(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称す)。そこで、表-2に示される手順で実験を実施した。た

表-1 被験者の概要(有効被験者数*: 58)

性別	男性:55名, 女性:3名
職業	会社員:18名, 公務員・団体職員:27名, その他・不明:13名
年齢	20代:4名, 30代:14名, 40代:7名, 50代:25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
LED点灯指標	瞬間燃料消費量:28, 効率性指標:30

表-2 実験フレーム(各タームの開始日, 2011年)

被験者数	有効被験者数*	第1ターム 2/27~3/31	第2ターム 4/1~4/30	第3ターム 5/1~
146	58	通常走行	エコドライブ診断のみ	エコドライブ診断 + LEDインジケータ

*すべてのタームに参加した被験者

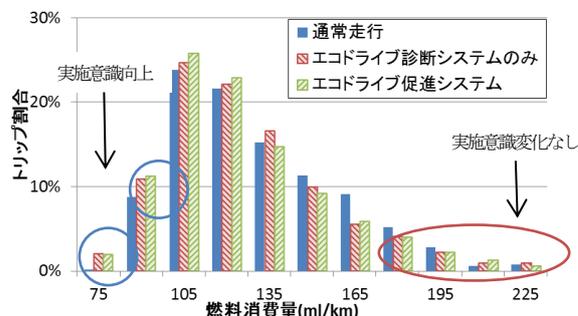


図-1 燃料消費量に関するヒストグラム

だし、第1タームは通常走行としているが、エコドライブ診断システムへのログインにより、自らが行ったトリップの走行経路、走行距離、走行時間、平均速度は確認できる。

本分析では、得られたデータを120秒以上の停止により分割し、これを1トリップとしており、トリップごとに集計を行っている。

通常走行期間からエコドライブ促進システム導入後のエコドライブ実施意識の変化を燃料消費量の関係から確認する。例として、ガソリン車(1500kg~)の燃料消費量の分布(ml/km)を図-1に示す。この図より、情報提供後では、通常走行期間に比べて小さい燃料消費量におけるトリップ割合が増加していること、大きい燃料消費量においてはトリップ割合に大きな変化が見られないことが分かる。このことから、情報提供により、エコドライブ実施意識が向上し、運転行動が変化することで、燃料消費量が減少する被験者と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が混在することが予想される。

そこで、情報提供による燃料消費量の変化を分析していく上で、どのような被験者に対して情報提供が実施意識に変化をもたらすのかを考える必要がある。

4. 情報提供による意識変化を考慮した燃料消費量モデル (a) エコドライブ実施意識確率(二項プロビットモデル)

3.の結果より、被験者間で情報提供によるエコドライブ実施意識の変化に差があると考えられる。そこで、この違いを表すために以下の効用関数(式(1))を用い、二項

ロジットモデル (式 (2)) で意識変化確率を表現する.

$$U_{Ei} = \alpha_{Ei} Z_{Ei} + \varepsilon_{Ei} \quad (1)$$

$$P_{Ei} = \int_{-\infty}^{\alpha_{Ei} Z_{Ei}} \varphi(\varepsilon_{Ei}) d\varepsilon_{Ei} \quad (2)$$

U_{Ei} : トリップ i で被験者がエコドライブの実施により得られる効用, z_{Ei} : エコドライブ実施意識に影響する説明変数ベクトル, α_{Ei} : 未知パラメータベクトル, ε_i : 正規分布に従う誤差項, $\varphi(\cdot)$: 標準正規分布の確率密度関数, P_{Ei} : エコドライブ実施確率

(b) エコドライブ実施意識を考慮した燃料消費量モデル (潜在クラス回帰モデル)

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. そこで, ここでは潜在クラス回帰モデルを適用する. この際, 実施意識が変化していない被験者は, 通常走行期間 (第1ターム) と燃料消費量の分布が大きく変化しないと仮定する. 潜在クラス回帰モデル (式 (3), 式 (4)) を適用することで, どのような被験者が情報提供により実施意識が変化し, 燃料消費量が変化するか把握することが可能となる.

$$F_{i,1} = \beta x_{i,1} + \gamma y_{i,1} + \varepsilon_{i,1} \quad (3)$$

$$F_{i,t} = \{(\beta + \Delta\beta_2 \delta_{i,2} + \Delta\beta_3 \delta_{i,3}) x_{i,t} + \gamma y_{i,t} + \varepsilon'_{i,t}\} \times P_{Ei} + (\beta x_{i,t} + \gamma y_{i,t} + \varepsilon'_{i,t}) \times (1 - P_{Ei}) \quad (4)$$

$F_{i,t}$: トリップ i の単位距離あたり燃料消費量 (ml/km), $x_{i,t}$: ターム間で燃料消費量に与える影響が変化すると仮定する説明変数ベクトル, $y_{i,t}$: ターム間で影響が変化しないと仮定する説明変数ベクトルであり, 添え字の1及び t は第1ターム (1) 及び第2, 第3ターム (t) を示す. $\delta_{i,t}$: トリップ i が行われたタームが第 t ターム以降の時に1となるダミー変数, $\beta \cdot \Delta\beta_t \cdot \gamma$: 未知パラメータベクトル, $\varepsilon_i \cdot \varepsilon'_{i,t} \cdot \varepsilon''_{i,t}$: 期待値0の正規分布に従う誤差項

推定結果を表-3に示す. 実施意識確率の推定結果より, エコドライブは排気量の小さい車, 男性の方が実施されやすく, 昼オフピーク以外の時間帯や休日, 走行時間が短すぎるトリップでは実施されにくいことが分かる. また, 40歳未満ダミーのパラメータより, 年齢の若い人ほど情報提供によりエコドライブを実施することが分かる. 次に燃料消費量のパラメータ推定値より, 情報提供により車重が大きいほど燃料消費削減量が大きい. また, 休日のトリップ, 多車線道路を多く走るトリップほど燃料消費削減が望めないことが分かる. さらに, 同じ平均走行速度でも, 単位距離当たりの発進回数が多いほど燃料消費量が大きくなる. 次いで, 気温の2乗と気温のパラメータから, 平方完成により 12.9°C ($=0.548/2/0.0213$) の気温で燃料消費

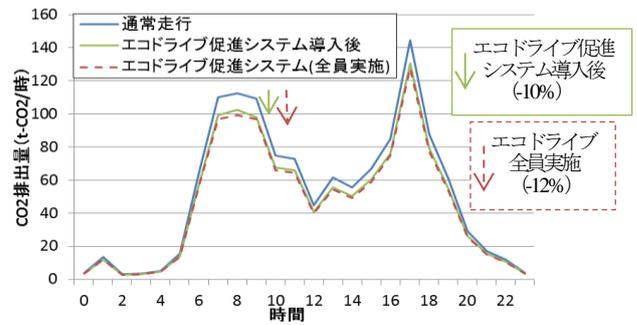


図-2 豊田市におけるエコドライブ実施概算 (平日)

量が最も小さくなるのが分かる.

表-3の推定結果を用い, 豊田市全体でどの程度のCO2排出削減が望めるかの試算を行う. 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であり, 結果を図-2に示す. 豊田市における年間のCO2排出量の試算より, エコドライブ促進システムの導入により通常走行時 (45.6万t/年) に比べ年間で4.5万tの削減効果 (-10.0%) があることが明らかとなった. また, 会社員, 女性, 排気量の大きい車や40歳以上の運転者などのエコドライブ実施意識が生じにくいと考えられる運転者に対して, より効果的なインセンティブを与え, エコドライブが実施されると, さらに0.9万t (2.0%) の削減が見込めることが明らかとなった.

5. おわりに

本稿では, 燃料消費量を運転者のエコドライブ実施意識を考慮してモデルを構築した. 情報提供によるエコドライブ促進に効果のある被験者とそうでない被験者の混在を明らかにした. また, エコドライブ実施意識が変化しにくい運転行動が変化しにくい運転者に対し, 適切なインセンティブを与えエコドライブを実施してもらうことでさらなるCO2排出量の削減可能性を示唆した. 今後は, 被験者の誤差相関を考慮して分析を進める予定である.

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, 関係各位に謝意を表す.

参考文献

- たとえば, Beusen, B., 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, pp.514-520, 2009.
- たとえば, 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削減効果の分析, 交通工学, Vol.40, No.3, pp.76-83, 2005.
- 川杉尚之, 三輪富生, 山本俊行, 森川高行: 車載器を活用したエコドライブ促進効果に関する研究, 平成23年度土木学会中部支部研究発表会・講演概要集, CD-ROM, 2012

表-3 エコドライブ実施意識を考慮した燃料消費量モデル

エコドライブ実施意識確率			燃料消費量			
Z_{Ei}	α_E	$\Delta\alpha_{E2}$	$x_{i,t}$	β	$\Delta\beta_2$	$\Delta\beta_3$
定数項	4.76 *	0.401 *	定数項	-26.0 *	14.6 *	-1.66
効率性指標	-	-0.765 *	車重 (1000kg)	58.7 *	-19.9 *	-0.476
会社員ダミー	-0.278 *		HVダミー	-33.5 *	5.90 *	-0.738
年齢(40歳未満)ダミー	1.21 *		多車線道路走行割合	-5.23 *	8.33 *	2.06 *
排気量(L)	-2.87 *		休日ダミー	-0.657	0.457 *	0.629
女性ダミー	-3.19 *					
情報提供経過日数(日)	-0.00825					
夜オフピークダミー (19:00~6:59)	-1.05 *		$y_{i,t}$	γ		
朝ピークダミー (7:00~8:59)	-0.912 *		発進回数割合 (回/km)	3.00 *		・サンプル数: 19,165
夕方ピークダミー (17:00~18:59)	-0.325 *		走行速度(-1乗) ((km/h) ⁻¹)	740.2 *		・通常走行期間
HVダミー	-0.352 *		走行速度 (km/h)	-0.0318		修正R ² 値: 0.670
休日ダミー	-0.536 *		走行速度(2乗) ((km/h) ²)	0.00326 *		・情報提供後
走行時間(分)	0.123 *		気温(2乗) ((°C) ²)	0.0213 *		修正R ² 値: 0.702
			気温 (°C)	-0.548 *		*5%有意を満たす