

エコドライブの実践効果に関するシミュレーション研究*

Simulation Study on the Effects of Eco-driving*

増田智志**・屋井鉄雄***・高川剛****

By Satoshi MASUDA**・Tetsuo YAI***・Tsuyoshi TAKAGAWA****

1. はじめに

地球温暖化が危惧される昨今、様々な分野において温室効果ガスである二酸化炭素(CO2)の排出抑制が求められている。とりわけ、我が国における自動車交通からのCO2排出量は国内総排出量の17%にもものぼり¹⁾、排出抑制のために様々な施策が検討・実施されている。中でも、自動車利用者であるドライバーの意思や心掛けによって実践されるエコドライブ(表1.)²⁾は、道路インフラの整備や改善の如何に関わらず実践出来ることから、その普及が期待されている。

我が国のエコドライブを取り巻く環境に目を向けると、貨物車等の業務用車両においては、トラック業界全体としての取り組みの充実(環境基本行動計画等)に加え、走行経費の削減等利点も多いことから積極的な普及が図られている。業務用車両のドライバーは、企業管理者により意識付けされその運転が評価されるとともに、車両に対し社費によって補助ツールが導入される等、エコドライブが普及しやすい環境にある。一方で一般ドライバーに関しては、当事者のインセティブが小さい事や運転頻度の低さ、自分には出来ないという諦めや誤認、教育機会の少なさや情報の混同、実践が当事者の意識に委ねられてしまう点等、未だエコドライブが普及しにくい環境にあると言える。すなわち、現実の自動車交通においては、エコドライブ実践車が散在しているものと考えられる。

しかしながら、エコドライブも通常の運転同様に他車

両との相互関係の中で行われるにも関わらず、通常とは異なる運転挙動と言えるエコドライブの実践が他車両に与える影響に関して定量的に把握した例は少ない。

また、エコドライブに関する既往知見を見るに、それらは大きく4つに分けることが出来る。A) 教育方法や普及方法に関するもの³⁾、B) 実践具合等の現状を把握したもの⁴⁾、C) 直接的な実践効果(実践車燃料消費量)を対象とするもの⁵⁾、D) 実践車燃費面以外の副次的効果に関するもの⁶⁾、の4分野である。その中で、我が国においては、C)に分類される知見が多数を占める。それ故に、その他の効果(副次的効果)や他車両への影響に関した知見を得ていくことは、今後、更なるエコドライブの普及を進める上でも意義あるものである。

そこで本研究では、エコドライブ項目の中から運転テクニック面に注目し、実践車およびその後続車を対象とした走行実験を行う事で、実践車排出量という直接的効果に留まらない実践効果を検討した。

2. DS概要と排出推計モデル

本研究ではエコドライブ実践データ取得にあたり、ドライビングシミュレータ(DS)を用いた走行実験を行う。DSを用いるメリットとしては、実走行では得ることの出来ない同一環境下における複数走行データを得ることが出来ること、他車両との相互関係データを取得出来ることが挙げられる。

表 1. 日本におけるエコドライブの定義

エコドライブ10のススメ(エコドライブ普及連絡会の定義)

運転テクニックに関わる項目

1. ふんわりアクセル「eスタート」 [やさしい発進(5秒で20km/h)]
2. 加減速の少ない運転 [車間距離に余裕を持って定速走行]
3. 早めのアクセルオフ [エンジンブレーキの積極的利用]
4. アイドリングストップ [駐車時、信号待ち時等]

知識や意識に関わる項目

5. エアコン使用を控えめに
6. 暖機運転を適切に [暖気の必要性は寒冷地のみ]
7. 道路交通情報の活用 [計画的な運転で余計な運転を減らす]
8. タイヤの空気圧をこまめにチェック
9. 不要な荷物を積まない
10. 駐車場所に注意する [渋滞の原因にならない]

*キーワード：地球環境問題、エコドライブ、エミッション、ドライビングシミュレータ

**正員、首都高速道路株式会社

(東京都新宿区西新宿6-6-2

TEL03-5320-1632, Fax03-5320-1658)

***正員、工博、東京工業大学大学院総合理工学研究科

(神奈川県横浜市緑区長津田町4259 G3棟10階、

TEL045-924-5615、FAX045-924-5675)

****非会員、シミュレーション・リサーチ・ラボ株式会社

(1) ドライビングシミュレータMOVIC-T4の概要

本研究で用いるDS(MOVIC-T4)は、ヘッドマウントディスプレイに走行画面を投影するとともに、走行時の体感速度を2軸Motion-baseにより再現する事で、実走行に近い没入感や走行感覚を再現している(図1.)。また、およそ1/10秒単位で走行データを計測することが可能である。任意の車種特性を再現することが可能であり、本研究で



図 1. 本研究で用いた DS(MOVIC-T4)

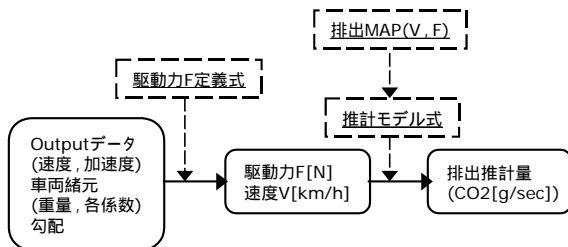


図 2. 排出推計の考え方

表 2. 駆動力 F[N]の定義式

$$F = (1 + \text{ACC}) * W * \text{ACC} / 3.6 \quad (\text{加速抵抗項})$$

$$+ A * W * 9.80665 \quad (\text{転がり抵抗項})$$

$$+ W * 9.80665 * \text{Sin} \quad (\text{重力勾配項})$$

$$+ B * 9.80665 * V * V \quad (\text{空気抵抗項}) \quad [N]$$

(: 回転部分相当慣性重量比率 W : 車両質量
 ACC : 加速度 A : 転がり抵抗数 : 道路縦断勾配
 B : 空気抵抗係数 重力加速度 : 9.80665

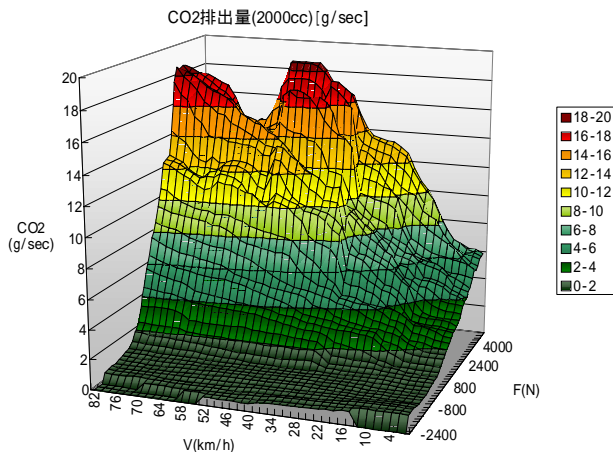


図 3. 排出マップ(JCAP2 による排出データを加工)

はSUBARU Legacy(4door-type sedan, 2.0L, 2002)車両データを用いている。

周辺走行車両の台数や車種構成, 車両特性を設定出来る他, 当DSでの事前走行を再現する機能を有する。

(2) 排出推計システムの導入

さらに, 本研究ではエコドライブに対する評価を目的としているため, 各走行における温室効果ガスCO2の排出量データを推計するシステムを導入した。排出推計の考え方を図2. に示す。DSのアウトプットデータ及び車両諸元, コースデータを駆動力に変換し, 推計モデルによって推計する。本システム導入により, 各瞬間や特定区間の排出量推計が可能となるとともに, 温室効果ガス排出係数(2.320 [kg-CO2/l])を用いることで, 燃料消費量や燃費(km/l, l/km)の算出が可能である。

a) モデル作成に用いたデータ

モデル作成には, 財団法人石油産業活性化センターによるJCAP2プロジェクトによって作成された排出データを用いた。実車両を用い, オリジナルの走行モードによって測定された実測データである。排出マップは速度, 及び駆動力によって表され, 駆動力は表2. で定義される。駆動力の定義式には加速抵抗に加え, 道路縦断勾配抵抗や車両重量, 転がり抵抗, 空気抵抗が含まれており, 勾配や積載量等の状況による排出変化が表現された式となっている。

なお, 用いた排出データはDS設定に合わせたガソリンエンジン乗用車(排気量2000cc, 2002年式)の排出計測データ(図3.)である。

b) 推計モデルの作成

推計モデルのパラメータは排出マップデータを重回帰分析することにより求めた。その際, マイナス駆動力データを除外する等, 想定される実験条件や他の排出モデルを参考に研究適応性を高めている。

パラメータ推計結果を表3. に示す。本モデルを用いると, 推計結果が極端に小さくなるケースやマイナスとなるケースが生じるが, 排出マップとの整合を図るためアイドリング時排出を基準として近似している。排出マップデータを用いた推計結果を図3. に示す。なお, 図中加速度はおおよその値のため, プレが生じている。

3. 走行実験

通常走行及びエコドライブ走行データの取得, 排出量と走行時の走行環境(他車両)との関係データ取得を目的に前述DSを活用した走行実験を行う。排出量や燃料消費効率が高いと考えられる都市内における走行を対象として選び, エコドライブの実践効果を検証・考察する。

(1)実験概要

被験者は仮想都市内コースにおいて先行車を追従する(図5.)。走行コースは片側2車線道路3.5kmであり、500m毎に信号交差点を設置した。交差点における右左折は行わず、左側車線のための走行とし車線変更を禁止した。

走行実験の構成を図6.に示す。走行形態を便宜的に走行実験1と走行実験2に分けて記す。走行実験1では設定した先行車両を追従し、実験2において異なる被験者の実験1データを追従するというものであり、得られるデータは以下4通りである。

- 1: 被験者の一般的な追従走行データ
- 1e: 被験者のエコドライブ実践データ
- 2: 1を追従する通常走行データ
- 2e: eを追従する“通常”走行データ

なお、エコドライブ実践前にはエコドライブ実践方法を教示するとともに、十分な練習時間を確保した。また、被験者にはアンケート調査も行った。

(2)実験シナリオの設定

実験シナリオとして前方車走行挙動を図6.に示す。前方車走行挙動には、信号交差点における大きな減速(右左折車の存在)や、追従時の速度波状走行など、実走行において起こる特徴的な挙動を取り入れている。これらは、都市内道路実走行による事前調査及び排出ガス試験モードであるJC08モードを参考に決定した。事前走行調査では、実験と同条件の道路(都市内片側2車線道路)を走行した際の追従走行をビデオ映像に記録しており、追

表 3. 排出推計式のパラメータ

調整済みR2	=	0.953
		(パラメータ) (変数) (t値)
CO2	=	-4.13E-01 -7.39
[g-CO2/sec]	+	7.79E-02 V 32.09
	+	-5.59E-04 V2 -21.34
	+	1.17E-03 F 74.44
	+	3.91E-05 V*F 103.67
ただし、CO2<0.72022(=アイドリング時排出量)ならば、 CO2=0.72022[g-CO2/sec]とする		
V:速度[km/h] F:駆動力[N]		

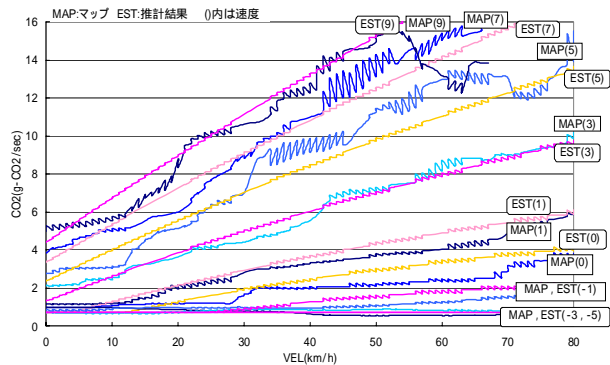


図 4. モデルによる排出量推計結果と排出マップ値

従走行時の速度推移を参考にしている。

また走行環境として、前方車に加え追い越し車線および後方に複数台のAI車両を発生させている(図5.)。

4. 実験結果

図8.は各走行の排出量結果を被験者別に表したもの、図9.は被験者平均の排出量及びその削減率である。

(1)エコドライブ実践車について

まず通常走行(1)とエコドライブ実践走行(1e)を比較すると、走行1自体に大きなバラつきがあるものの、わずかな削減も含め14名中13名の被験者において、エコドライブ実践により排出が削減される結果となった(1名の被験者において0.01%増である)。なお、最も削減率の高かった被験者は15.84%の排出量削減となった。

また被験者平均では、6.34%の排出量削減(N=14)となっており、両者には有意差が確認された(t=5.54, Z=3.23)。



図 5. 走行画面イメージ

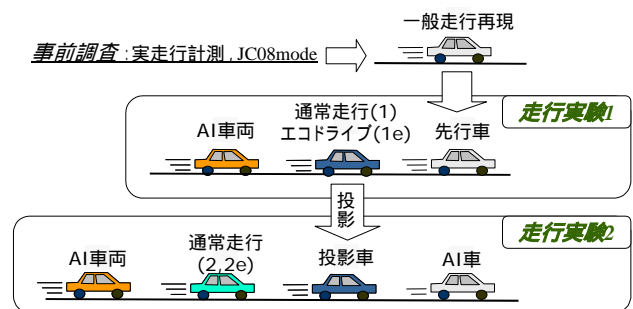


図 6. 走行実験の構成

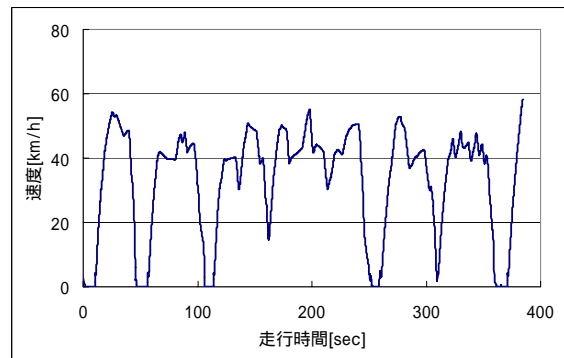


図 7. 先行車の挙動シナリオ

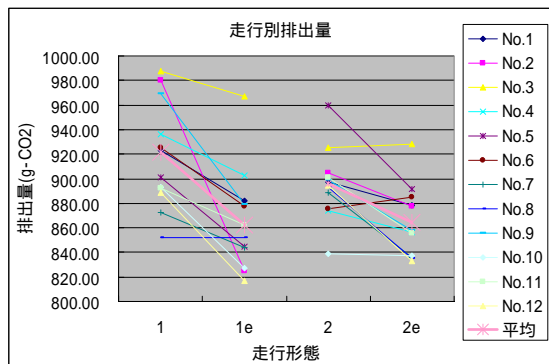


図 8. 被験者毎の排出量

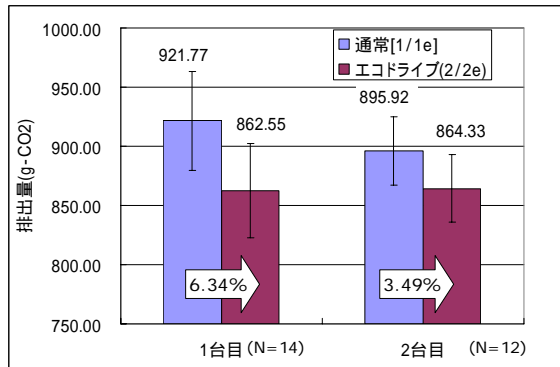


図 9. 走行実験の結果 (被験者平均)

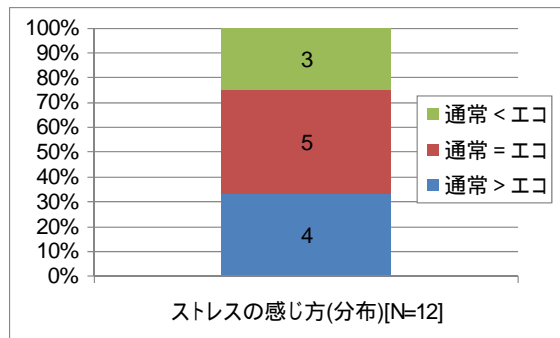


図 10. 前方者に対するストレスの違い

(2)後続車について

次に走行1,1eを通常走行により追従する後続車両(2,2e)については、12名中10名の被験者において、エコドライブ実践車を追従することで、通助走降車を追従した際よりも排出量が削減されるという結果となった(増加した被験者の排出量増加割合は0.27%,1.08%と小さい)。なお、最大削減割合は7.13%であった。

また被験者平均についても、3.49%の排出量削減(N=12)となっており、追従車(2,2e)においても有意差が確認された($t=4.11$, $Z=2.67$)。これらはエコドライブを実践することは、その後続車両の排出量削減にも繋がる事を示すものである。

これらは、緩やかな発進や早めの減速というエコドライブ項目の実践により、その後続車も必然的に同様の項目を実践する結果となったためと考えられる。

(3)後続車のストレスについて

図10.は、実験時に行った後続車(2,2e)に対するアンケート調査結果(N=12)である。後続ドライバーに対し、前方車の走行に対するストレス度合いを尋ね(11段階)ており、前方車が通常走行である際によりストレスを感じる被験者を「通常>エコ」、同程度の被験者を「通常=エコ」、前方がエコドライブ実践走行である際によりストレスを感じる被験者を「通常<エコ」として分類した。

結果、本研究での実験では、エコドライブを通常以上のストレスと感じる被験者は3/12人と、全体の25%に過ぎない結果となった。このことから、エコドライブの実践は後続車に対してストレスになる可能性はあるものの、その事は、エコドライブ車に限らない通常の走行が持つものと差のないものである可能性が示唆される。

5.まとめ

本研究では、エコドライブの実践に関して、その運転挙動の違いから後続車が受ける影響に着目し、DSを用いた走行実験を行った。その結果、エコドライブの実践によって、実践車両の排出量が削減されることを確認するとともに、後続する車両の排出量もが削減されることを示した。なお今回の実験では、後続車両の平均削減率は3.49%となっており、実践車の平均削減率(=6.34%)には及ばないものの、その5割を超える結果となっている。

また本研究における今後の課題としては、発進、巡航等の走行パターンから、後続車の排出量が削減される要因を分析すること。後続車1台に留まらず更なる後続車両データを取得し、後続に対する効果伝播について知見を得ること。後続車へのストレスに関しては、サンプルを増やすこと、及び実車両を用いた検討が必要であること等が挙げられる。

参考文献

- 1) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス、日本の温室効果ガス排出量データ、2008
- 2) エコドライブ普及連絡会、エコドライブ10のススメ、2003
- 3) 例えば、Swiss energy partner, Eco-Driver Facts & Figures, 2002
- 4) 例えば、Lisa Schweitzer et al.(USA), Truck driver environmental and energy attitude an exploratory analysis, Transportation Research Part D, No.13, pp.141-150, 2008
- 5) 例えば、谷口ら、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
- 6) 例えば、A.E.af Wählberg(Sweden), Short-term effects of training in economical driving: Passenger comfort and driver acceleration behavior, International Journal of Industrial Ergonomics 36, pp.151-163, 2006