

交通の円滑性とエコドライブの効果との関係

A Study on the Relationship between Traffic Smoothness and Effect of Eco-Drives*

森 健二**・牧下 寛***

By Kenji MORI**・Hiroshi MAKISHITA***

1. 研究の目的

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求められている。エコドライブを象徴する運転技法として、緩やかな加速や、速度変動を少なくする走り方が挙げられる。そのためには、アクセルやブレーキ操作の加減が必要となる。こうした運転操作が、そもそも速度が低く抑えられる混雑時にも効果をもたらすか否かを、公道での走行実験によって確認する。

2. 研究の考え方

(1) エコドライブ中の運転挙動の実態把握

複数の被験者に普段の運転とエコドライブの両方を実践してもらう走行実験を行う。そして、実験時の車速の変動模様から燃料消費量を推定し、エコドライブの効果把握する。実験を公道上で行うことで、多様な混雑状況下からデータを収集し、エコドライブによる消費燃料の削減効果と混雑レベルとの関係を分析する。

(2) 消費燃料の評価方法

検討にあたっては、消費燃料を車両挙動によって推定するモデルが必要である。本研究では既存のモデルを活用する。モデル選定にあたっては、走行や停止といった車両挙動の違いが反映できる計算方法であること、複数の車種による平均的な値が推定されることを条件とした。

その結果、谷口ら¹⁾のモデルを活用することとした。このモデルは1km走行あたりの燃料消費量 F [cc/km]を次式(1)~(3)によって求めるものである。

$$F = F(idle) + F(run) \quad \dots (1)$$

$F(idle)$: アイドリング時燃料消費量[cc/km]

$F(run)$: 走行時燃料消費量[cc/km]

(1)式において停止時消費分 $F(idle)$ は次式(2)の通り。

$$F(idle) = 0.345 \times T(idle) \quad \dots (2)$$

$T(idle)$: 1km 走行あたりの停止時間[sec/km]

そして、走行時消費分 $F(run)$ は次式(3)の通り。

$$F(run) = 27.6 + 0.3102 \times T(run) + 0.05636 \times AAEE \quad \dots (3)$$

$T(run)$: 1km の走行に要する時間[sec/km]

$$AAEE = \frac{1}{D} \sum_{k=1}^K \delta_k (v_k^2 - v_{k-1}^2)$$

: 1km あたり加速エネルギー当量[(m/sec)²/km]

D : 計測時間の走行距離[km]

k : 計測時間間隔

K : 計測時間を計測時間間隔で割った値

v_k : 計測周期 k における速度[m/sec]

δ_k : 加速時に1、そうでない時に0

3 走行実験

(1) 実験の概要

この実験は2007年に科学警察研究所がエコドライブの安全性を検証するために実施した²⁾。そこで得られたデータを分析に用いる。図-1に実験コースを示す。起終点のはつくばエクスプレスの柏の葉キャンパス駅で、国道16号の若柴交差点を中心に8の字を逆に描く全長約6.2kmのコースである。コース選定にあたっては、様々な混雑状況を呈するエリアであることと、幹線道路を含むことを考慮した。

被験者は、第1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名が被験者となった。

(2) 実験要領

被験者はそれぞれコースを6周した。1~2周目は普段通りの運転とし、3~6周目はエコドライブを意識して運転するよう求めた。エコドライブの周回を後回し

*キーワード: エコドライブ、交通管理

**正員、工修、科学警察研究所

(E-mail: mori@nrrips.go.jp)

***非会員、博(情)、科学警察研究所

(E-mail: makishita@nrrips.go.jp)

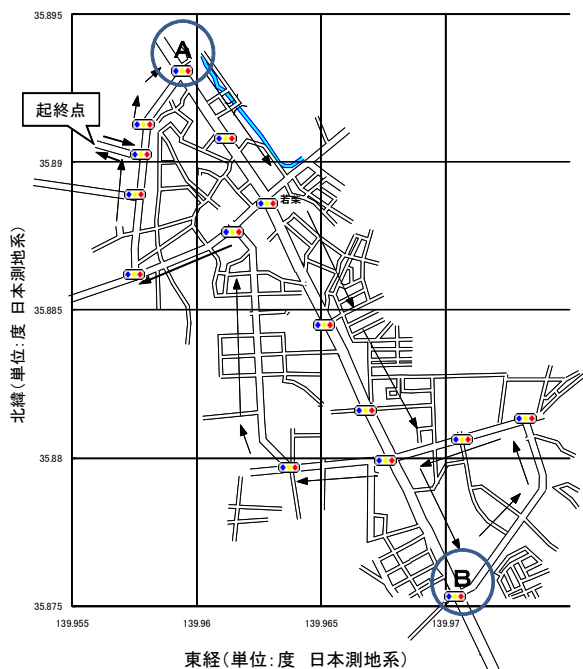


図-1 実験コース

にしたのは、通常の運転への影響を懸念したためである。また、エコドライブの周回を多く設定したのは、慣れによる挙動変化の可能性を考慮したためである。

実験は、平成19年11月19日～12月13日の間の平日に実施した。時間帯は日中とし、午前1人、午後1人のペースで計測した。実験時の混雑状況は被験者によって異なり、コース1周の平均所要時間は約23分、標準偏差は約3分であった。

実験車は全被験者同一とし、車両による加速性能の相違を排除した。2,000ccクラスの乗用車（オートマチック車）を準備し、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及び車両の前方と後方の状況、被験者の表情を撮影するためのビデオカメラを搭載した。

(3) 被験者に対するエコドライブの教示

ふんわりアクセルと称し、ゆるやかな加速の目安として、5秒かけて20km/hになるつもりで発進するよう求めた³⁾。そして、数台先の車両の動きなどに注意するとともに、余裕のある車間距離で走行し、加減速を控えることを求めた。さらに、信号表示、先行車両や交通環境を勘案し、早めにアクセルをオフにすることで、できるだけブレーキペダルを使わずに減速するよう求めた。

ただし、エコドライブの実施はあくまで自己責任とした。例えば、対向直進車の間隙を利用するなど、実際の交通場面では、すばやい発進が必要となる場合もある。こうした安全上必要な運転操作がエコドライブ操作と相反する場合の判断については、その一切を運転者の裁量にゆだねた。

4. エコドライブの効果検証

(1) 旅行時間と消費燃料の関係

図-2は実験車が該当区間を走行した際の旅行時間と、(1)式によって算出した単位走行距離あたりの燃料消費量（以下、燃料消費率と称す）との関係である。プロットの1点が1区間の走行を意味する。ただし、走行コース1周を幹線道路区間（図-1のAからBの約2.1km）とそれ以外の区間（残り約4.1km）とに分け、さらに、エコドライブ時と通常走行時でも印を色分けしている。

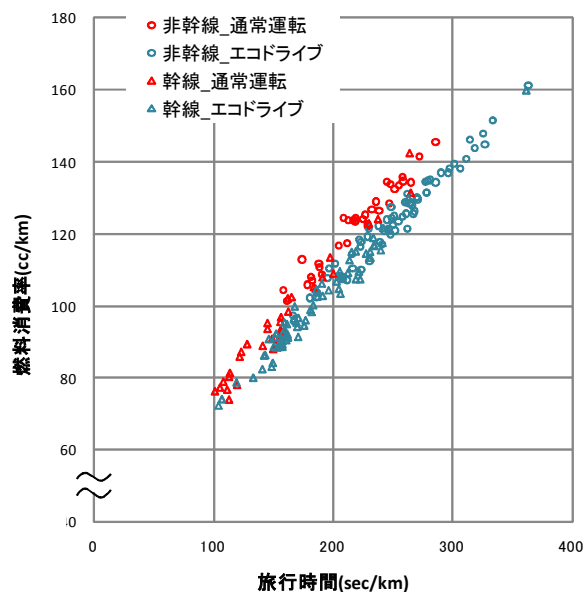


図-2 エコドライブの効果

図-2からは、今回の実験が様々な混雑状況の元で実施されていたことがわかる。そして、走行区間や混雑状況にかかわらず、エコドライブ中の燃料消費率が低い傾向にある。すなわち、旅行速度が低く抑えられる混雑時であっても、アクセルやブレーキを加減しながら速度変動を押さえることで消費燃料を少なくすることが可能であることが確認されたといえる。

(2) 混雑レベル別のエコドライブの効果

次に、混雑の度合いによって、エコドライブの効果に相違があるか否かを検討する。本研究で消費燃料の推定に用いているモデル(3)式をみると、燃料消費率は旅行時間と比例関係にある。そこで、混雑の度合いとして実験車の旅行時間に着目し、そのレベルを分類する。表-1は、混雑レベル別に、通常運転時とエコドライブ時の燃料消費率を比較した結果である。これを見ると、混雑レベルに関わらず、エコドライブ時の燃料消費率が通常運転時よりも低い傾向が見られる。

さらに図-3は、燃料消費率の削減量と削減率を示したグラフである。サンプル数が少ない旅行時間

表-1 エコドライブによる消費燃料削減効果

混雑レベル		サンプル数		燃料消費率 cc/km (注1)			
旅行時間 sec/km	旅行速度 km/h	通常運転	エコドライブ	通常運転 [A]	エコドライブ [B]	削減量 [A-B]	削減率 (注2)
120以下	30以上	8	3	77.9	75.1	2.8	(3.6%)
120-150	24-30	8	7	89.9	84.7	5.2	(5.8%)
150-180	20-24	13	28	99.2	92.8	6.4	(6.4%)
180-210	17-20	12	22	110.7	105.1	5.5	(5.0%)
210-240	15-17	15	26	124.0	114.4	9.6	(7.7%)
240-270	13-15	10	27	134.1	124.6	9.5	(7.1%)
270超	13未満	2	21	143.5	140.4	3.1	(2.2%)

(注1) 式1による推定値
(注2) 削減率=(A-B)/A

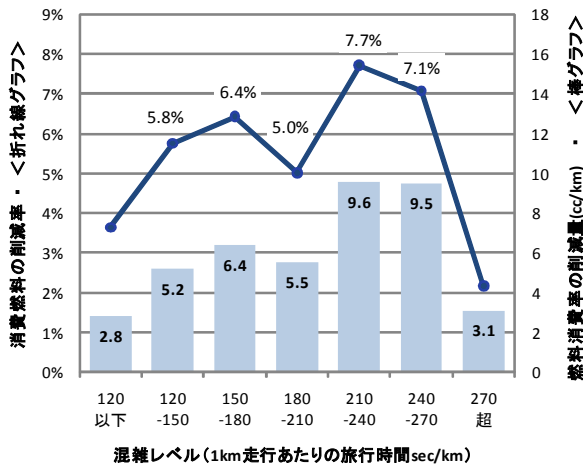


図-3 エコドライブによる燃料削減効果
・削減率は式1による燃料消費率に基づき算出

120sec/km以下と270sec/km超レベルを除くと、エコドライブによる消費燃料の削減効果は約5～9cc/km、率にして5～7%程度である。混雑レベルと削減効果との明確な関係はみられなかったと考える。

(3) エコドライブによる旅行速度低下の可能性

図-2をみると、エコドライブ時に旅行速度が遅いケースが多く、通常運転時に旅行速度が速いケースが多い。そして、表-1からも旅行時間270sec/kmを超える記録にはエコドライブ時が多い。こうした偏りが生じた理由は、実験エリアにおいて混雑が激しくなる時間帯が、エコドライブ時と重なってしまったためと考えている。特に、各被験者とも、実験への慣れに配慮してエコドライブを後回しとしたため、午後の実験において、エコドライブの周回が混雑の激しくなる夕方になったことが影響したと推察する。

以上のような影響については可能な限り検証する必要がある。なぜなら、エコドライブは加速を緩やかにするために、結果として旅行速度の低下に結びつくことが懸念されるためである。旅行速度の低下は燃料消費率の増加に結びつくので、せっかくのエコドライブが実は旅行速度の低下をもたらし、効果が打ち消されている可能

性がある。ここではその点を検証する。

検証のために、実験コース付近の光学式車両感知器で得られる旅行時間データを活用する。エコドライブ時において、実験車の旅行時間と感知器によって推定される旅行時間を比較し、

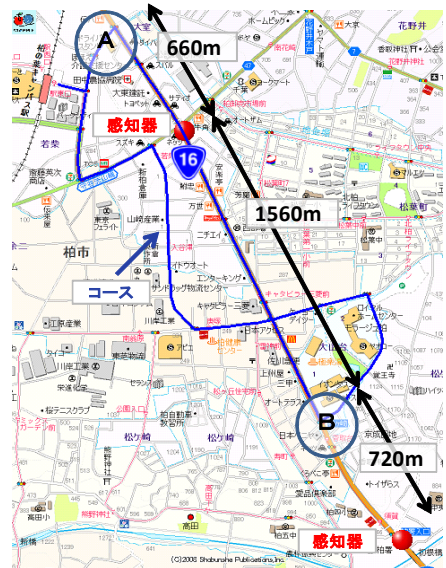


図-4 実験コースの幹線区間(A→B)と感知器の位置関係 (赤い丸印が感知器の位置)

両者がほぼ一致していれば、実験車の旅行時間の増加は、エコドライブによるものでなく、そもそも混雑した中での走行によるものであったことになる。感知器と走行コースの関係は図-4の通りで、対象区間は完全には一致しないが、7割程度は重なっている。

感知器データによる旅行時間の推定方法は以下の通りである。まず、実験車が図-4のA地点を右折して国道16号へ入る前後5分の間に、上流側の感知器で捕捉された一般車のうち、下流の感知器でも捕捉された車両をヒット車両とした。そして、当該5分間のヒット車両の旅行時間の中央値を感知器による推定旅行時間とした。ただし、ヒット車両の旅行時間の推移をみながら、異常値は除外した。

光学式車両感知器では VICS 対応の車載器を搭載した車両しか捕捉できないが、ほとんどの周回で数台から10台程度のヒット車両が捕捉された。ヒット車両がいなかった場合は、実験車が16号へ進入する前後5分を超えて最も近い時間にヒットした車両の旅行時間を推定旅行時間とした。

図-5は感知器による推定旅行時間と実験車の旅行時間の関係をプロットしたものである。両者は必ずしも一致せず、かなりのばらつきがあり、かつ旅行時間が長い右上に布置されたプロットには、実験車の旅行時間が大きくなるという偏りまで見受けられる。しかし、ここでのねらいは、エコドライブ時と通常運転時とで混雑状況に相違があったか否かを知ることであり、そのような検証には耐えうるデータと考えた。

図-6は、エコドライブ時と通常運転時それぞれにおける、感知器による推定旅行時間と実験車による旅行時間をまとめた結果である。感知器による推定旅行時間を見ると、通常運転時が162sec/kmであるのに対し、エコ

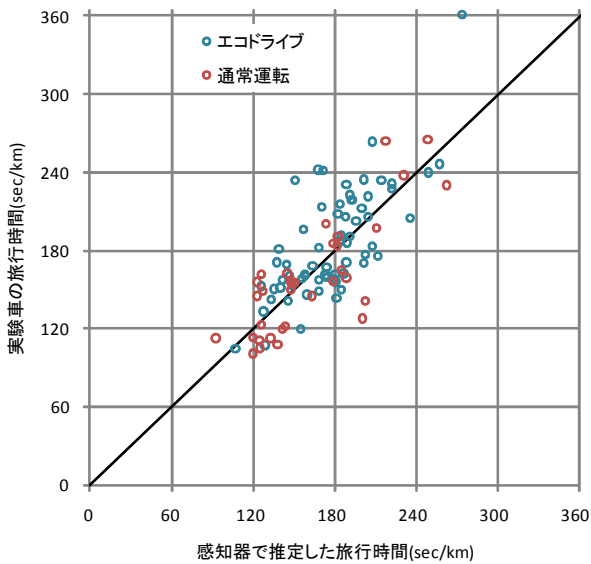


図-5 感知器旅行時間と実験車旅行時間

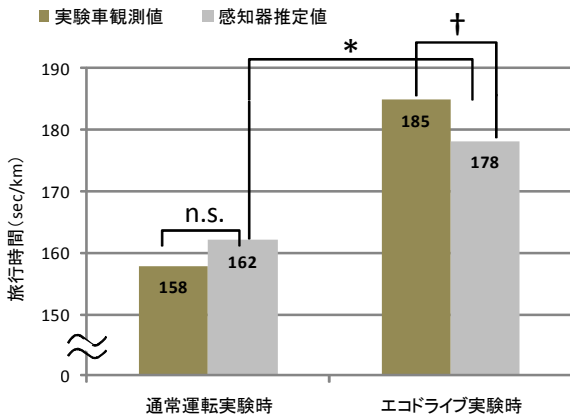


図-6 感知器と実験車の旅行時間
* 5%有意、†10%有意、n.s.有意差なし

ドライブ時は178sec/kmと長く、その差も統計的に有意である。つまり、エコドライブ時の方が、混雑が激しかったことを意味する。この理由としては、先にも述べたとおり、午後の実験における周回3以降のエコドライブを実施した時間帯が、夕方の混雑時に差し掛かることが多かったためと考えられる。

次に、各実験モードにおける、感知器と実験車との旅行時間の差についての考察を試みる。通常運転時では両者に有意な差はみられなかった。一方、エコドライブ時は、実験車の旅行時間が感知器で推定された旅行時間より長い傾向にある。つまりエコドライブをすると周囲の車より後れをとることを示唆している。その程度は今回の実験結果によると約7sec/kmである。

この7sec/kmの旅行時間の伸びが、どの程度の燃料消費の増加をもたらすかを(3)式の第2項で試算してみる。(3)式の第2項のパラメータ0.3102に増えた旅行時間の秒数7を乗じると、約2.2cc/kmとなる。一方、図-3で示したとおり、エコドライブによる燃料消費率の削減

量は5～9cc/kmと考えられるので、この2.2cc/kmの燃料消費率の増加分があつたとしても、エコドライブは十分に効果があると考えられる。

ただし、エコドライブによる旅行時間の増加量は混雑具合によって異なる可能性がある。この点についての詳細な検討は今後の課題と考える。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

アクセルやブレーキを加減することで速度変動を少なくすることや、発進を緩やかにするというエコドライブの典型的な運転操作を実践することによって、混雑している状況下においても消費燃料が削減されることを確認した。削減量は約5～9cc/km、率にして5～7%程度と考えられる。

一方で、エコドライブによって旅行速度が低下する傾向が見られ、その量は、旅行時間にすると約7sec/kmの増加である。エコドライブによるこうした旅行時間の増加量は混雑レベルによって異なる可能性はあるものの、おしなべてみると、旅行時間が長くなることによって生じる燃料消費率の増加分は約2.2cc/kmである。この程度の増加であれば、上述したエコドライブによるそもそもの消費燃料の削減効果を相殺することはないと考えられる。

(2) 今後の課題

今回、エコドライブとしてアクセルやブレーキの加減を取り扱ったが、これに信号待ち時のアイドリングストップを加えて、エコドライブの効果を検証する必要がある。なぜなら、今回の実験で実践したアクセルやブレーキの加減は、ペダルカットを多用するために、緩やかに停止していく挙動が生じやすい。そのため、1回あたりの停止時間が短くなる傾向がある。一方、アイドリングストップは1回あたりの停止時間が長いほど実施効果が高い。そこで、アイドリングストップの効果を含めてエコドライブの効果量を明らかにすべきと考える。

参考文献

- 1) 谷口正明、大口敬、岡本智、「実用燃費の要因構造に関する研究」、自動車技術会論文集Vol.28、No.1、pp.59-64、1997
- 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、44-2、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