

車載機器を用いたエコドライブ支援の効果*

Effect of the support for "Eco-driving" using the on-board device*

竹内雄亮**・新田保次***・松村暢彦****・吉田雄亮*****・藤江徹*****

By Yusuke TAKEUCHI**・Yasutsugu NITTA***・Nobuhiko MATSUMURA****・Yusuke YOSHIDA*****・Toru FUJIE*****

1. はじめに

自動車交通においては、CO₂削減による地球温暖化防止と窒素酸化物や浮遊粒子状物質の削減による沿道環境改善の視点から貨物交通対策が急務となっている。この対策については、行政・民間（運輸部門）の双方から様々な施策が提案され、取り組まれている。しかし大多数を占める中小企業において、車種規制への対応や低公害車の自主的導入などを積極的に行うことは困難な状況にある。その背景として物流2法（貨物自動車運送事業法、貨物運送取扱事業法）の施行からの過当競争による運賃低迷、環境・安全対策強化によるコスト上昇、原油価格上昇による運営費用の上昇による経営圧迫が挙げられる。

そこで「ECOLOGY」かつ「ECONOMY」な運転方法である「エコドライブ」が注目されている。なぜならばエコドライブを導入することにより環境面（CO₂の削減）、経済面（使用燃料の節約やタイヤ費、車両修繕費の削減による営業費用の削減）、安全面（安全運転による事故率低下）の3面で効果があると言われており、事業所自体に利益が直接的に還元され、中小企業にも受け入れやすいメニューであると考えられるからである。

【本研究で対象とするエコドライブ】

- ・ 無用なアイドリングをやめる
- ・ 経済速度で走る
- ・ 無駄な空ぶかしをやめる
- ・ 急発進、急加速、急ブレーキをやめる
- ・ MT車は早めにシフトアップする

*キーワード:地球環境問題、交通公害、エコドライブ、貨物交通

**正会員、日揮株式会社エンジニアリングマネジメント部（横浜市区みなとみらい2-3-1, TEL:045-682-1111, FAX:045-682-1112）

***正会員、工博、大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻（吹田市山田丘2-1, TEL:06-6879-7608, FAX:06-6879-7612）

****正会員、工博、大阪大学大学院工学研究科ビジネスエンジニアリング専攻（吹田市山田丘2-1, TEL:06-6879-4079）

*****非会員、大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

*****非会員、(財)公害地域再生センター

（大阪市西淀川区千船 1-1-1 あおぞらビル 4 階、TEL:06-6475-8885, FAX:06-6478-5885）

このような観点から行政や業界は、ホームページやパンフレットの配布、キャンペーン実施といった方法により、エコドライブの啓発を行っているが、ドライバーへの啓発内容は知識を与えることに偏重しており、実践行動として実施できる取組み方法を探ることがポイントとなっている。

なお、本研究で対象とする運転行動全体を対象としたエコドライブに関する既往の研究は数少ない。鹿島らが主に行っており¹⁾、乗用車（オートマチックのガソリン車）を用いた実走行実験により、燃料消費情報の提供が燃費削減に効果があることを明らかにした。しかしながら、本研究で対象とする貨物車を対象に、しかも CO₂、NO_x の排出削減効果も含めて探った研究は見当たらない。

2. 運転行動変容の視点からみた車載機器を用いたエコドライブ支援の位置づけ

(1) 効果的な運転行動変容を促す視点から

藤井²⁾は、非協力行動から協力行動への行動変容プロセスを述べている。エコドライブに関連していえば「エコドライブを実施する」という行動実践がなされるためには、まずエコドライブに対する肯定的な態度「エコドライブが好きである」、知覚行動制御「エコドライブをすることは自分にもできる」、道徳意識「エコドライブは環境によいから実施すべきだ」（道徳意識は責任感「エコドライブをすることはドライバーの責任である」の影響を受け、「責任感」は重要性認知「エコドライブをすることは環境に良いと思う」の影響を受ける）から「エコドライブをしよう」という行動意図が形成される。そして実際の行動実践「エコドライブを実施する」ためには、さらにエコドライブを実際に行う際の具体的な方法に関する実行意図を形成させる必要があることになる。このことよりドライバーのエコドライブ実施においては、知覚行動制御、重要性認知、責任感、実行意図に働きかける指導方法が有効であると考えられる。

また堀内³⁾はそのドライバーの教育方法として、①させてみて、②直してやって、③再びさせてみて気づかせる、という3過程を行うべきであると述べている。

(2) 車載機器を用いたエコドライブ支援方法と行動変容との関連

対象とする車載機器を用いたエコドライブ支援は、①走行基準値の設置（エコドライブの定義を設定する）、②走行基準値に基づいた運行中のリアルタイムの運転指導（実際にどのように行えばよいかを走行中に音声やディスプレイ表示等により指示する）、③走行解析結果によるエコドライブ実施状況の事後把握（運行後に車載機器により記録された走行データの解析結果を用いドライバーに自分の運転行動を確認させる）の3つで構成されている。これらの運転支援によって知覚行動制御と実行意図に働きかけることができる。加えて運転中ではないが、ドライバーが燃料を充填する際に、燃料消費量の多少を自らの運転行動と関連させて捉えることができるので、エコドライブが重要であるとの重要性認知にも働きかけることが可能となる。

また堀内の挙げた効果的な運転教育方法にも当てはまる。つまり車載機器を用いた運転支援は合理的なエコドライブ支援方法であると考えられる。そしてこの運転支援によりドライバーの運転態度・行動が変われば、その結果として環境面・安全面・経済面に利益を与える。

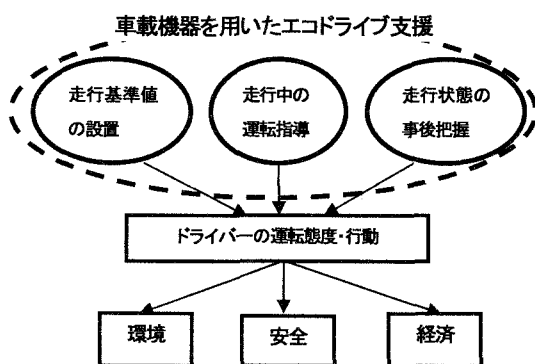


図-1 車載機器を用いたエコドライブ支援

(3) 本研究の目的

筆者ら⁴⁾は、2003年11月～2004年2月にかけて、小規模運輸業者の1社を対象に、表-1に示す車載機器を用いたエコドライブの実証実験を行った。エコドライブ支援車載機器として、図-1の機能を備えたDTG2（矢崎総業（株））とMHS-01（ミヤマ（株））を用いた。

この結果、車載機器による運転支援によりドライバーの運転行動が変わり、環境面（CO₂排出量が約10%削減）、経済面（燃料費が約10%削減、事業所全体の取り組みで約100万円～200万円の削減）、安全面（危険を伴う運転方法の回数削減）での効果があることがわかった。

しかし対象事業所が長距離輸送と単一的なこと、対象車両が3台と少ないため一般性に乏しく説得性が欠けているという課題が残された。また沿道大気汚染対策とし

ての位置づけを示すため、NO_xの削減効果も把握する必要性があった。

そこで、本研究ではこのような課題を踏まえ、対象とする事業所数を増やし、表-1に示す実験方法と同様な実験を行うことにした。具体的には、次の点を明らかにすることを目的にした。

- ① 運転支援がドライバーの運転行動に及ぼす影響
- ② ドライバーの運転行動の変化による環境面（CO₂、NO_x排出量の削減）、経済面（燃料費の削減）における効果

なお、本実験は、(財)公害地域再生センターが、環境省から受託し、大阪大学大学院工学研究科新田研究室と共同して実施した調査研究の一環として、実施されたものである。

表-1 実証実験の概要

実験期間	2003年11月～2004年2月
被験事業所	大阪市西淀川区の運輸業1社（所有貨物車20台以下の小規模事業所）、1出発当たりの平均走行距離は、575km（概算）、貨物車使用目的は、納品・販売、業務機材輸送、廃棄物輸送、主な輸送品目は金属機械品
実験貨物車	4t貨物車1台と10t貨物車2台（3人のドライバー）
実験方法	i）測定期間（通常運転状況の把握期間）、ii）指導期間（車載機器の運転支援下での運転状況測定期間）を設け、走行状態や燃料消費量等の比較

3. 車載機器を用いたエコドライブ実証実験

本研究では、エコドライブを支援する車載機器を実際の営業に使用される貨物車に取り付け、その運転支援の効果を検証する実証実験を行った。（2004年10月4日～2004年12月18日）

(1) 本実験で用いるエコドライブ支援方法

本実験では車載機器としてDTG2を用いる。図-1の運転支援が可能であるだけでなく、タコグラフの装着法定義務に対応し、さらに日報作成等への拡張性が大きいいため今後の普及が望めると考えられるため選定した。

まず車載機（図-2左）に走行基準値（速度、エンジン回転、加速度、アイドリング時間の制限値、警告値）（表-2）を設定する。なお、走行基準値はデジタルタコメーターのメーカーである矢崎総業株式が提案した値をもとに、関係者（事業者、ドライバー、筆者らデータ分析当事者）が協議して決めた。そして走行中ではこれら基準値を超過した場合、リアルタイムに音声指導が行われる。また

車載機器には運転状態（法定3要素である速度、時間、距離+エンジン回転）を記録するデータカード（図-2中）が挿入されており、帰庫時に得られたデータを走行解析ソフト（図-2右）によって解析し、その結果（安全運転日報：走行距離・時間、速度、エンジン回転を超過した頻度等）をドライバーが自主確認することで、自分の運転行動の把握、確認が行える。（図-3）このように①走行基準値の設置、②運行中リアルタイムでの音声指導、③走行解析による運転状態の事後把握、という3点からエコドライブ（アイドリングストップ、経済速度走行、空ぶかしをやめる、急加速・減速・発進をやめる、早めのシフトアップ）支援を行う。

なお、図-3に示す走行解析結果は安全運転分析評価と経済運転分析評価、さらに両者を加えて評価した総合評価からなる。安全運転分析評価、経済運転分析評価は、次の評価項目によって評価され、その結果がドライバーや運転管理者などに理解されやすいようレーダーチャートで示されている。そして、これらの個別評価をもとに総合評価がなされ、100点満点で示されるとともにコメントも付加される。

〔安全運転分析の評価項目〕最高速度（一般道）、最高速度（高速道）、平均速度（一般道）、平均速度（高速道）、急発進・急加速・急減速回数、連続走行時間、速度オーバー時間（一般道）、速度オーバー時間（高速道）

〔経済運転分析の評価項目〕急発進・急加速・急減速回数、アイドリング時間、速度オーバー時間（一般道）、速度オーバー時間（高速道）、エンジン回転オーバー時間（一般）、エンジン回転オーバー時間（高速）、エンジン回転オーバー回数（一般）、エンジン回転オーバー回数（高速）



図-2 使用したハード及びソフト

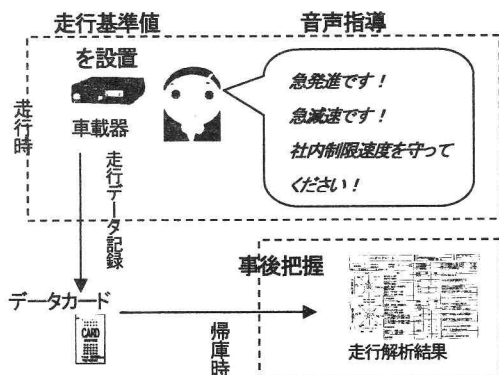


図-3 DTG2 を用いたエコドライブ支援

表-2 走行基準値と警告値

	走行基準値（猶予時間）	警告値
速度（一般道）	66km/h（2or3s）	64km/h
速度（高速道）	86km/h（2or3s）	84km/h
エンジン回転	グリーンゾーン上限（2s）	走行基準値-100rpm
加速度	9.0km/h/s（-）	9.0km/h/s
減速度	13.5 km/h/s（-）	13.5 km/h/s
アイドリング	10分（-）	10分 or なし

*走行基準値：制限値の範囲内での走行をエコドライブと定義

**警告値：この値を超過した場合に警告音声が出力される

***猶予時間：この範囲内は走行基準値を超えても超過と見なさない

(2) 被験事業所・ドライバー

本実験では、2事業所（A,B事業所）においてMTディーゼル貨物車6台（ドライバー6人）、A社のA1～A3車、B社B1～B3車を実験対象とする。被験事業所、実験車両は表-3～4、図-4の通りである

表-3 被験事業所

	主な輸送品	所有貨物車
A社	建築資材	普通貨物車16台、大型貨物車7台
B社	ソーダ事業の製品、食用油脂、特殊樹脂	大型特殊用途車16台（会社全体では44台）

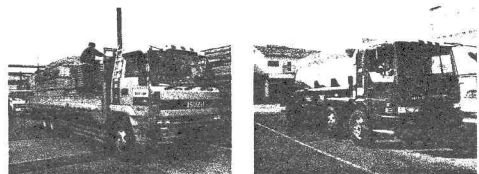


図-4 実験車両（A1車（左）とB2車（右））

表-4 実験車両

	車両性能	初年度登録	走行距離
A1車	10t車	1991年	約150 km/day
A2車	6t車、積載型トラッククレーン有	1997年	約200 km/day
A3車	4t車、積載型トラッククレーン有	2004年	約200 km/day
B1車	10t車、ローリー	1998年	約300 km/day
B2車	車	1998年	約300 km/day
B3車		1995年	約300 km/day

(3) 実験方法

エコドライブ支援の効果を相対的に評価するため、i) 測定期間（ドライバーの普段の運転行動を測定する期間）、ii) 指導期間（車載機器による支援下における運転行動を測定する期間）を設け、運転態度・行動の比較を行う。さらにiii) 測定期間2（指導期間終了後、車載機器の支援がない状態で、ドライバーの運転行動を測定する期間）も設けた。そして測定期間、指導期間にそれぞれ1回の同乗調査、実験前後でのアンケートパネル調査、実験後でのヒアリング調査を行うことで、運転態度・行動の変容について補足測定を行った。（図-5）

そして、1週間に1度程度実験スタッフが各事業所に行きデータカードの回収・交換に当たる。（指導期間中は走行解析結果をドライバーに配布する）（図-6）データカードは1貨物車（1ドライバー）に対し2枚用意しており、回収・解析中はもう1枚のデータカードを用い運行記録を行う。

また実験ドライバーにして頂いたことは、出庫時・帰庫時のデータカードの車載器への挿入・取り出し（この間を1走行と定義）、高速道/一般道・実車/空車の切り替え、軽油充填量とその時点の走行距離のメモである。

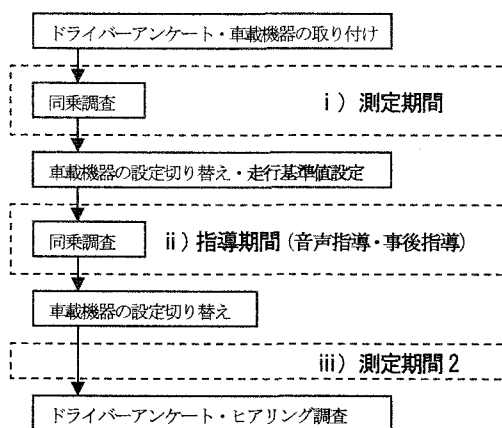


図-5 実験スケジュール

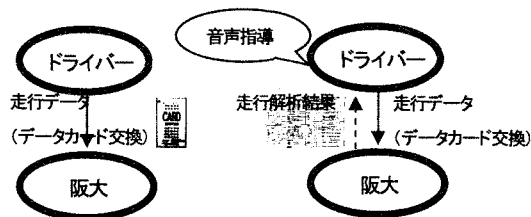


図-6 測定期間（左図）と指導期間（右図）

(4) 実験結果

a) 運転態度の変容

実験前後でのアンケート調査（サンプル数 6）において、各エコドライブ（i.経済速度走行、ii.急加速・急減速をやめる、iii.早めのシフトアップ、iv.空ぶかしをしない、v.アイドリングストップの5種類）を対象に、①「エコドライブをすることは、環境によいと思うか」、②「エコドライブをすることは、困難でないと思うか」、③「エコドライブをすることを努力しているか」の質問を被験者に行い、「かなりそう思う」を5、「全く思わない」を1の5段階で回答してもらった。

そして重要性認知の指標として上記①の項目を、知覚行動制御の指標として②を、実行意図の指標として③を適用した。つまりそれぞれの値（1～5）が高いほどエコドライブに対し重要性を感じている、自分にもできると感じている、実行意図が高いということを示す。これらの指標の平均値の実験前後の変化を図-7に示す。「ii」急加速・急減速をやめるの実行意図が低下しているものの他の項目はすべて実験後向上している。なお、急加速・急減速の実行意図が低下した理由については現段階では明確ではない。

また同乗調査、ヒアリング調査結果より「エコドライブは意識すればできる、難しくない（A1、A2）」、「グリーンゾーン内でシフト操作をするようになった（A1）」といった対話データも得られたことから、この運転支援によりエコドライブに対する肯定的な態度が形成されたと考えられる。

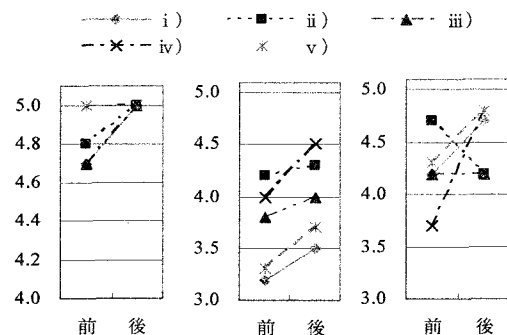


図-7 エコドライブに対する態度変容

（左：重要性認知，中：知覚行動制御，右：実行意図）

*注）図のi）～v）は以下を表す。

i) 経済速度走行、ii) 急加速・急減速をやめる、iii) 早めのシフトアップ、iv) 空ぶかしをしない、v) アイドリングストップ

b) エコドライブに関連した運転行動の変容

1. で挙げたエコドライブに関連した運転行動の評価項目・指標として表-5を設定した。これらを（3）で定義した1走行ごとに算出し評価を行った。

表-5 運転行動の評価項目・指標

評価項目	評価指標	説明
i) 速度	最高速度 (km/h)	1 走行中の最高速度
	速度超過率 (%)	走行基準値を超過した時間/全走行時間
ii) エンジン回転	エンジン回転超過率 (%)	走行基準値を超過した時間/全走行時間
iii) 加速	急発進・加速率 (%)	走行基準値を超過した回数/全加速回数
iv) アイドリング	アイドリング率 (%)	走行基準値を超過した時間/全走行時間

それぞれの指標の時系列変化を図-8～11に示す。図中の縦線は測定期間から指導期間への切り替え、指導期間から測定期間2への切り替え時を示す。なおA社については指導期間当初、単純な機械の設定ミスのため音声指導が行われなかった。ただドライバーには走行基準値の設定について説明し、エコドライブ運転を心がけるよう指導した。なお、設定ミスに気づき設定をやり直し、音声指導が行えるようになった時期を図中では縦の点線で示している。

i) 速度

最高速度と速度超過率について指導期間においてすべてのドライバーで低下している傾向が見られた。しかし測定期間2において、6ドライバー中3ドライバーが再びこれらが増加した。(図-8)

ii) エンジン回転

エンジン回転超過率も指導期間において大きく低下した。(図-9 左) 特に一般道のエンジン回転超過率はすべてのドライバーで測定期間2においても持続している傾向が見られた。これはシフト操作を早めにする習慣がついたためと思われる。高速道のエンジン回転超過率は走行速度に非常に影響するため再び増加しているケースもあった。

iii) 加速

急発進・加速率も指導期間において低下が見られた。(図-9 右) しかし他指標と比べ低下が遅いケースもあった。速度や回転数がメーターから把握可能であることと比べ感覚的な要素が大きいためだと思われる。

iv) アイドリング

指導期間において一旦、低下している傾向が見られた。しかし測定期間2において、再び増加している傾向が見られる。(図-10)

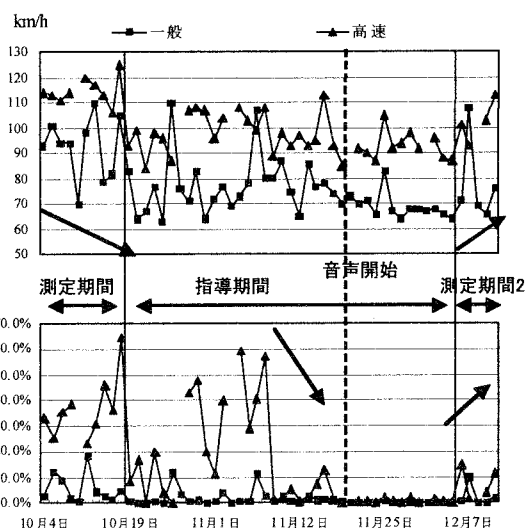


図-8 最高速度(上)、速度超過率(下)の推移 (A3車)

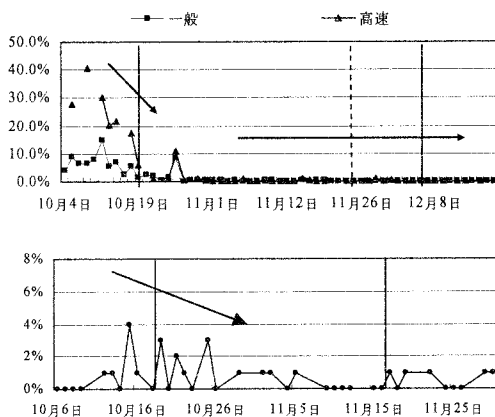


図-9 エンジン回転超過率 (A1車、上)
急発進・加速率の推移 (B3車、下)

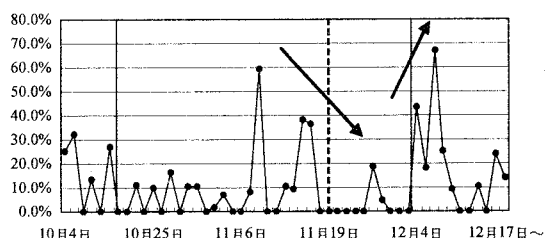


図-10 アイドリング率の推移 (A2車)

c) 環境面・経済面の効果 (満タン法)

各期間の燃費 (km/ℓ) を図-11に示す。%は測定期間を基準とした改善率を示す。指導期間について運転行動の変容の大きいA1, A2, A3, B2について大幅な燃費改善が見られる。また運転支援を行っていない測定期間2

については、指導期間に比べ燃費が悪化しているものの測定期間から改善されている。ただ、B3を除いて若干指導期間より燃費が悪くなっており、いずれ指導期間前の状態に戻ることも予想され、指導効果を継続的に発揮させるためには、車載機器を継続的に使用する必要があるともいえる。なお、各車の実験中の総走行距離は、A1=9579km, A2=10926km, A3=11856km, B1=10137km, B2=14223km, B3=11098kmである。

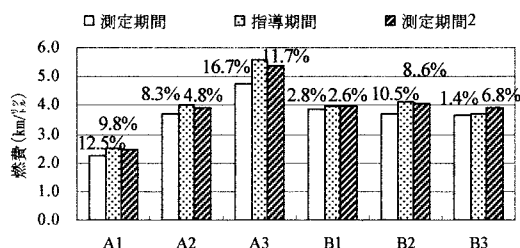


図-11 燃費の変化

この燃費と各車両の年間走行距離を用いて、エコドライブを1年間実施した場合の年間CO₂排出量と燃料費の削減量を概算した結果、非常に大量に削減されることがわかる。(表-6)

表-6 CO₂排出量と燃料費の削減量

車両	CO ₂ 排出量 (t/year)	燃料費 (円/year)
A1車	-6.5	-23万
A2車	-2.3	-8万
A3車	-3.4	-12万
B1車	-1.3	-4万
B2車	-6.1	-21万
B3車	-0.72	-3万

また事業所全体でエコドライブを取り組んだ場合、A社(全23台)ではCO₂が約70t、燃料費が約240万円の削減、B社(全44台)ではCO₂が約86t、燃料費が約290万円の削減がなされる。このように事業所全体で取り組む意義は大きい。

(5) まとめ

このエコドライブ支援によってドライバーの運転行動が変容し、その結果CO₂排出量と燃料費が大量に削減されることがわかった。また高速度走行や急加速の減少による安全面での効果もあると考えられる。

4. 車載型排出ガス計測機器を用いた実測実験

(1) 本実験の位置づけ

3章で述べた車載機器を用いたエコドライブ実験では、DTG2(矢崎総業株)を用い、表-5に示す指標を計測したが、CO₂、NO_x排出量を測定するには、別途測定機器を用意する必要がある。そこで車載型排出ガス計測機器として一般的に使用されている(株)堀場製作所のOBS-1300を用いることにした。しかしながら、この機器をすべての実験期間において使用することは、予算上の制約のため不可能であった。そこで次節に示すようにある限られた区間での通常走行状態(音声指導なしで、ドライバーに普段の運転をするように指示)を対象に実験を行い、必要なデータ(表-7)を得ることにした。

(2) 測定実験の概要

走行状態とCO₂、NO_x排出量の関係を明らかにするため、2004年12月4日～28日の期間、実際に運用中のディーゼル貨物車に車載型排出ガス計測機器(株)堀場製作所のOBS-1300を搭載した測定実験を行った。

この実験の対象貨物車として3.で述べたエコドライブ実証実験の実験車両でもあるA3車を適用した。この車両は初年度登録が2004年の最大積載量2900kg(積載型トラッククレーンの重量を入れると約4t)のディーゼル車で、平成10年規制(長期規制)適合車である。

最大積載量が3000-3999kgのディーゼル車は全普通貨物車台数の約25%を占め⁵⁾、さらに本実験車両は自動車NO_x・PM法に対応しているため今後同様な車両の増加が予想され、一般的な貨物車として位置づけられる。

測定項目、演算項目を表-7に示す。これらを0.5秒毎に取得した。その結果CO₂排出量については63,039データ、NO_x排出量については148,845データを得ることができた。なお、両者のデータ数が異なる理由は、使用した排出ガス測定機器の都合により、どちらか一方しか計測できない事態が生じたためである。また、排出ガス測定中の総走行距離は、測定機器の不具合もあり正確には把握できないが、判明している走行距離は1573kmであり、総走行距離はこの倍程度であると推測される。

表-7 測定項目・演算項目

測定項目	- CO, CO₂, HC, NO_x濃度/AFR - 排出ガス温度, 圧力/大気温度, 圧力, 湿度 - 車速, エンジン回転, 緯度, 経度, 海拔高度
演算項目	- 排出ガス流量/CO, CO₂, HC, NO_x排出量(瞬間値, 積算値) - 燃料消費, 燃費(瞬間値, 積算値) - 走行距離

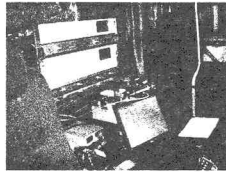
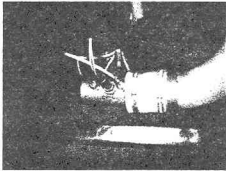


図-12 実験の様子 (左：マフラー部, 右：社内)

(3) 実測実験結果

a) 走行速度と排出量の関係

定速走行時（加速度が $\sim 1.799 \text{ km/h/s}$ 以上、 1.8 km/h/s 以下を指す）の速度と CO_2 、 NO_x 排出率（ g/km ）の平均値（データ数10以下は除外）の関係を図-13に示す。なおこの集計の際には停止（速度 3 km/h 未満と定義）と惰性走行（速度 3 km/h 以上、瞬間燃料消費量 0.1 g/s 未満と定義）を除外している。

CO_2 排出率について、ある速度（空車では 80 km/h 以下（点円）、実車では 90 km/h 以下（実円））で最も低く、それより低速度域、高速度域では増加している。 NO_x の場合も空車時では 80 km/h 以下が、実車時では 100 km/h 以下が最も排出率が低く、それより低速度域、高速度域では増加している。ここから高速度走行を行わず経済速度（この車両においては 70 km/h 以上 90 km/h 以下）走行を行うことが CO_2 、 NO_x 排出量を少なくする運転方法であることがわかる。

b) シフトチェンジと排出量の関係

シフトチェンジによって、総減速比（タイヤが1回転したときエンジンが何回転しているかを表す）を変えることができる。各走行速度の CO_2 、 NO_x 排出率と総減速比（式1）で算定）との関係を図-14～15に示す。なおこの集計の際には惰性走行（瞬間燃料消費量 0.1 g/s 未満と定義）を除外している。これより総減速比が大きくなるほど、 CO_2 、 NO_x 排出率が増加している傾向が見られるので、なるべく高いギア（低いエンジン回転数）で走行を行うことが排出量削減に効果的であることがわかる。

$$R = r / (v * 1000 / 60 / \pi d)$$

R :総減速比, r :瞬間エンジン回転数(rpm) (式1)

v :瞬間速度(km/h), d :タイヤ直径(0.86 m)

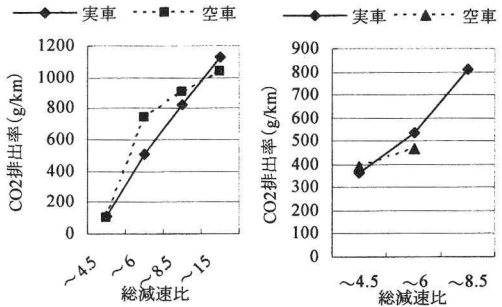


図-14 総減速比と CO_2 排出量の関係

(左図：時速 $20 \sim 30 \text{ km/h}$, 右図：時速 $50 \sim 60 \text{ km/h}$)

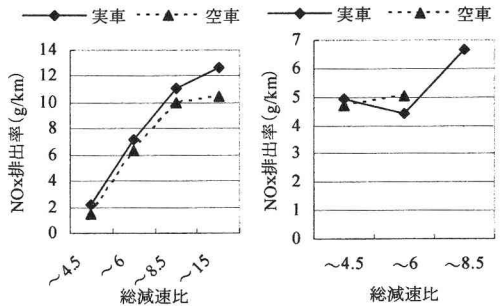


図-15 総減速比と NO_x 排出量の関係

(左図：時速 $20 \sim 30 \text{ km/h}$, 右図：時速 $50 \sim 60 \text{ km/h}$)

(4) まとめ

経済速度走行と早めのシフトアップが CO_2 、 NO_x 排出量の少ない運転方法であることが実証された。またこの結果から3.で述べたエコドライブ支援による運転行動変化による CO_2 排出削減効果を裏付けるのと同時に NO_x 排出量も削減されていることが示唆される。

5. 車載機器によるエコドライブ支援の排出量削減効果の詳細分析

(1) 分析方法

4.で述べた車載型排出ガス計測システムによる計測実験で得られたデータを用いることでA3車における CO_2 、 NO_x 瞬間排出量（ g/s ）を速度、エンジン回転、加速度で表す重回帰式が作成できる。この式に3.で述べたエコドライブ実証実験におけるA3車の走行データ（測定期間と指導期間での同条件（走行ルート、走行時間帯、積載量）の車載機器による取得データ（速度、エンジン回転、

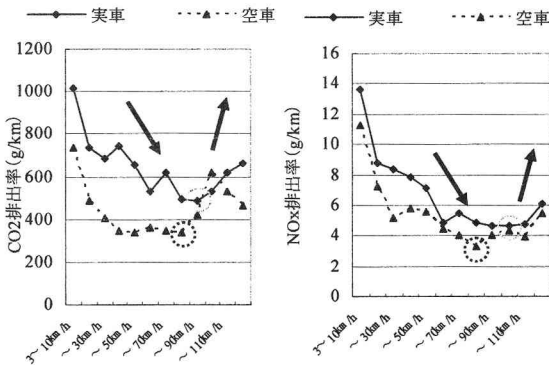


図-13 走行速度と排出率の関係 (左： CO_2 , 右： NO_x)

加速度))を代入することで、この間の CO₂、NO_x 排出量の比較を行った。

(2) 重回帰式の作成

従属変数として CO₂、NO_x 瞬間排出量 M_{C_2} 、 M_{N_x} (g/s)、独立変数として速度 v_i (km/h)・エンジン回転数 r_i (rpm)・加速度 a_i (km/h/s) を用いた重回帰式を求めた。ここでは本来トルクがこれら排出量に大きく影響するにもかかわらず、トルクデータが本実験では取得できないことを考慮し以下の点を留意した。

- ① 積載量の差による排出量への影響を緩和するため、空車時を除いた実車時のデータのみを用いた。
- ② 惰性走行時は燃料消費がわずかであり、アクセルを開いた際と排出特性が大きく異なる。そこで加速度 (a_i) が 0 未満の走行を惰性走行、加速度が 0 以上の走行をアクセルが開いた状態の走行と見なし重回帰式を 2 つに分けて作成した。

i) CO₂ 瞬間排出量

- ・ $a_i \geq 0$ (アクセルが開いた状態) $R=0.778$ $R^2=0.606$
 $M_{C_2}=0.106 \cdot v_i + 3.30 \cdot 10^{-3} \cdot r_i + 1.60 \cdot a_i - 2.40$
- ・ $a_i < 0$ (惰性走行) $R=0.646$ 、 $R^2=0.417$
 $M_{C_2}=7.14 \cdot 10^{-2} \cdot v_i + 7.91 \cdot 10^{-4} \cdot r_i + 1.21 \cdot a_i + 0.693$

ii) NO_x 瞬間排出量

- ・ $a_i \geq 0$ (アクセルが開いた状態) $R=0.743$ $R^2=0.553$
 $M_{N_x}=7.01 \cdot 10^{-4} \cdot v_i + 3.64 \cdot 10^{-5} \cdot r_i + 1.55 \cdot 10^{-2} \cdot a_i - 1.25 \cdot 10^{-2}$
- ・ $a_i < 0$ (惰性走行) $R=0.568$ 、 $R^2=0.323$
 $M_{N_x}=3.45 \cdot 10^{-4} \cdot v_i + 1.79 \cdot 10^{-5} \cdot r_i + 9.15 \cdot 10^{-3} \cdot a_i + 6.79 \cdot 10^{-3}$

2004 年 12 月 23 日の一般道、実車走行時の実測データにおける実測値と予測値との比較を図-16 に示す。

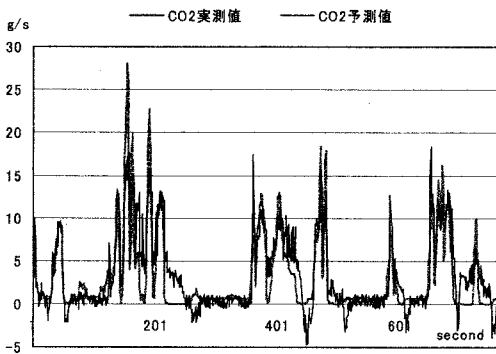


図-16(1) 一般道走行時における重回帰式の再現性(CO₂)

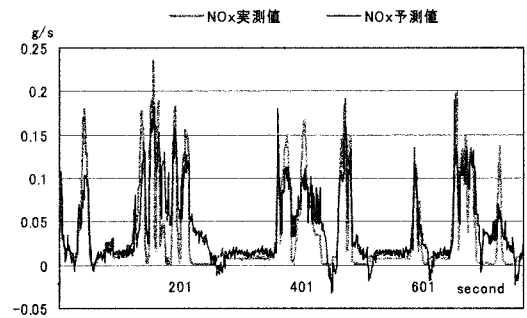


図-16(2) 一般道走行時における重回帰式の再現性(NO_x)

(3) 比較対象走行データの選定

エコドライブ実証実験における A3 車の走行データより、測定期間、指導期間から実車・一般道走行時における同ルート、同走行時間帯、同平均速度、同停止回数 of 区間を選定し、(表-8)速度(km/h)、エンジン回転数(rpm)、加速度(km/h/s)を0.5s毎に取得した。選定した2走行の運転行動の大きな違いは、指導期間のほうがシフト操作を早めに行っていることと考えられる。(図-17)

表-8 比較対象走行データ

	走行距離	走行時間	平均速度
測定期間	5.62 km	711s	28.5 km/h
指導期間	5.79 km	680s	30.7 km/h

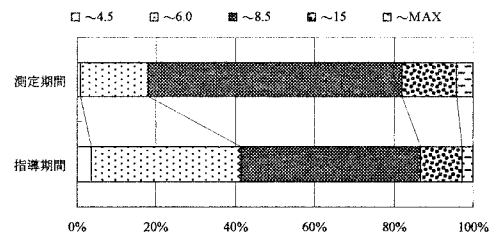


図-17 総減速比の割合の比較

(4) 排出量の算定

エコドライブ実証実験における A3 車の走行においては、先に示したように、測定機器の性格上、CO₂、NO_x 排出量を直接計測することは不可能であった。そこで(2)で求めた重回帰式に(3)で得られた走行データを代入することで、各時刻の瞬間排出量 M_{C_2} 、 M_{N_x} を推計することにした。そして(式2)を用い、測定期間と指導期間における走行時の総排出量を求め、指導期間の効果をみることにした。その結果、指導期間においては、測定期間に比べ CO₂ 排出量は 4.2%、NO_x 排出量は 6.8% の削減がなされていると推計されることがわかった。(表-9)

$$S_c = \frac{1}{2} \sum_i M_{c_i}, S_n = \frac{1}{2} \sum_i M_{n_i}$$

$$S_c : CO_2 \text{ 総排出量 (g)}, S_n : NO_x \text{ 総排出量 (g)}$$

t : 時刻

(式2)

なお、上式においては、 t を0.5秒刻みとして集計しているため（なお、 M_{c_i} 、 M_{n_i} は1秒単位）、 Σ に1/2を乗じている。

表-9 総排出量

	CO ₂ (g)	NO _x (g)
測定期間 (10/12)	3491	39.73
指導期間 (11/24)	3346	37.03
測定期間－指導期間	145	2.70
削減率 (%)	4.2%	6.8%

(5) まとめ

エコドライブ支援による運転行動の変容により、CO₂排出量のみならず、NO_x排出量も削減されることがわかった。

6. おわりに

(1) 得られた知見

- ① 車載機器を用いたエコドライブ支援は、ドライバーの運転態度・行動を次のように大きく変容させることがわかった。
 - ・ 「経済速度走行」「早めのシフトアップ」「空ぶかしをしない」「アイドリングストップ」においては、実験前後で重要性認知、知覚行動制御、実行意図とも概ね向上した。
 - ・ しかしながら、「急加速・急減速をやめる」においては、実行意図のみ低下がみられた。この原因については、現在のところ不明である。
- ② これらの運転行動の変容により、燃費削減、CO₂、NO_xの排出量の削減において以下の点が明らかになった
 - ・ 燃費においては、各車とも指導期間においては、測定期間（音声指導あり）に比べ1.4～16.7%向上した。測定期間2（音声指導なし）においても、概ね効果（2.6～11.7%）が継続することが示された。
 - ・ 上記の燃費向上結果を踏まえ、燃料費、CO₂の削減量を試算することができた。
- ③ NO_x・CO₂排出量の測定実験においては、次の成果

を得ることができた。

- ・ 概ね総減速比とNO_xおよびCO₂排出率は比例関係にあり、早めのギヤチェンジが排出量削減に効果を及ぼす事がわかった。
 - ・ 瞬間の速度、エンジン回転数、加速度を用いて、NO_x・CO₂排出量を推計する重回帰式を求めた。
- ④ 以上のことより、車載機器を用いたエコドライブ支援は、ドライバーの安全、環境、燃費削減に配慮した運転行動に効果的に作用することが明らかになった。

しかしながら、今後の本格的な取組みに向けて次の課題が明らかになった。

(2) 今後の課題

- ・ 前項で示したように、一部、実験前後で実行意図の低下や継続性の低下がみられた点があり、今後は実験のサンプル数を増やして、エコドライブの効果をより詳細に探る必要がある。
- ・ エコドライブの継続性においては、同乗調査、ヒアリング調査による対話データから、ドライバーはエコドライブ実施時に、周囲の交通流に乗れないことや到着時間の遅れ等から、精神的プレッシャーを感じていたことが判明し、今後はこれらの外部要因が与える影響について分析する必要がある。
- ・ 車載機器を用いたエコドライブのシステムは、中小事業者が単独で導入するにはコストが高くつくので、共同して運営できる方法について検討する必要がある。

最後に実験に協力して頂いた信喜運輸（株）、佃運輸（株）に深く感謝致します。

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、pp.76-83, Vol.40, No.3, 2005
- 2) 藤井聡：交通計画のための態度・行動変容研究-基礎的技術と実務的展望、土木学会論文集、No.737/IV-60, pp.263-270, 2003
- 3) 堀内武徳：-これからの交通安全教育を考える-企業ドライバーに対する効果的な安全運転指導法の考え方と実践例、交通安全教育、pp.6～18, 2004-8
- 4) 竹内雄亮・松村暢彦・新田保次・片岡法子：車載機器を用いたエコドライブ実施の効果と課題、土木計画学研究・講演集 Vol.30 No.170, 2004
- 5) (財)自動車検査登録協会の：自動車保有車両数統計書（年版）諸分類別統計書、2003

車載機器を用いたエコドライブ支援の効果*

竹内雄亮**・新田保次***・松村 暢彦****・吉田雄亮*****・藤江徹*****

現在、貨物交通部門における地球温暖化対策、沿道大気汚染対策として環境、経済の両面で効果のある運転方法である「エコドライブ」が注目されている。本論文では、そのドライバーへの支援ツールとして「車載機器」を取り上げた。そして実際に運行中の貨物車に車載機器を装着し、その支援下で走行をしてもらう実証実験により「車載機器を用いたエコドライブ支援」の効果の評価を行った。その結果、車載機器を用いたエコドライブ支援は、ドライバーの運転態度・行動を大きく変容させた。そして運転行動の変化に伴い、CO₂、NO_x排出量や燃料費用を削減することがわかった。

Effect of the support for “Eco-driving” using the on-board device*

By Yusuke TAKEUCHI**・Yasutsugu NITTA***・Nobuhiko MATSUMURA****・Yusuke YOSHIDA*****・Toru FUJIE*****

In this paper, we focus on the support of “Eco-driving” using the on-board device and carried out the experiment; putting the on-board device in trucks under business activity and supporting “Eco-driving” for drivers, to evaluate the effect of it for small carriers. As a result, we clarified that this support of “Eco-driving” changed drivers’ attitude and behavior of driving greatly and the discharge of CO₂ and NO_x and the fuel cost were cut down by the modification.
