

# 千葉県におけるエコドライブ調査（Ⅱ）

## － 一般道路における調査結果 －

竹内和俊

### 1 はじめに

2005年4月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」（2008年3月改訂）において、「環境に配慮した自動車使用の促進」施策の1つとしてエコドライブが取り上げられている。このエコドライブの効果については10%を超えるという報告<sup>1)</sup>もあるが、単にエコドライブと言っても、その実施に係る要件は地域の実情によって異なると考えられる。

本調査は、実走行試験の結果から低燃料消費・低二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出走行について解析し、千葉県におけるエコドライブの実現要件について検討して自動車CO<sub>2</sub>排出量の削減を推進することを目的とするものである。ここでは、第1報<sup>2)</sup>に引き続き、実走行試験のうち一般道路を対象とした調査の結果について報告する。

### 2 調査方法

調査は走行ルートを設定し、車載式ディーゼル自動車排気ガス測定装置及びGPS航法装置による走行計測システム<sup>3)</sup>を搭載した試験車両を実走行し、1回/秒の頻度で試験車両の空燃比（A/F）、位置（緯度・経度、高度）及び車速などを収録することにより行った。

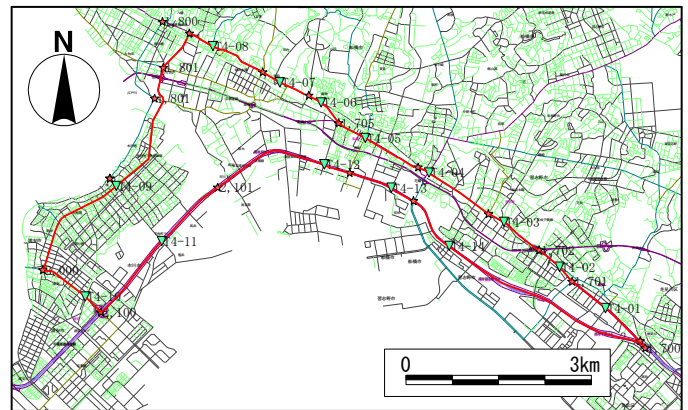
#### 2・1 走行ルート

走行ルートは、図1に示す2つの周回ルートで、これらは2003年度調査<sup>4)</sup>のルート4及びルート5（一部変更）で、これらのルートには国道、主要地方道、県道及び市道など複数の規格の道路がある。

なお、各調査日には、走行ルートを左周回及び右周回の計2周回することにより試験を実施した。

#### 2・2 調査年月日

ア ルート4 : 2010年10月26日、28日、11月1日、2日、8日及び9日の計6日間で、調査時間



a ルート4



b ルート5（一部変更）

図 1 実走行調査を行った走行ルート

帯は概ね9時～11時及び12時～14時

イ ルート5 : 2009年10月8日、15日、19日及び20日の計4日間で、調査時間帯は概ね8時～10時及び13時～14時

#### 2・3 試験車両

調査では、レンタルしたディーゼル平積み2tトラ

表 1 試験車輛の諸元

種別・用途	小型貨物
車体形状	キャブオーバ
初度登録年	1997年4月
メーカー	ニッサン
型式	KC-SP4F23
定員	6人
車体最大積載量	1250kg
車輛重量	1690kg
車輛総重量	3270kg

ックを試験車輛とした。試験車輛には2名が乗車し、車載式ディーゼル自動車排気ガス測定装置など約50kgの試験装置を搭載した。

試験に用いた車輛の諸元を表1に示す。

#### 2・4 主な測定項目及び方法

ア 空燃比 : 直挿型 NO<sub>x</sub>・A/F 分析計 MEXA-720NO<sub>x</sub> ((株)堀場製作所製) により測定した。

イ エンジン回転数 : FV コンバータ ((株)京都エス・アール製) により ECU (電子制御ユニット) のエンジン回転数を収録した。

ウ 外気温 : 温湿度変換器 THT-B121 (神栄(株)製) により測定した。

エ 車速及び緯度・経度 : パイオニア・ナビコム(株)製 GPS-303PT を用いた GPS 航法装置による走行計測システム (三井造船(株)製)<sup>2)</sup> により測定した。

オ 高度 : 簡易 GPS システム WBT-201 (Wintec 製) により測定した。

#### 2・5 燃料消費量等推計方法

燃料消費量は、以下に示す簡易法により各項目を算出して推計した。

ア 排気ガス量 : 排気ガス量 (L/秒) は、試験車輛のシリンダー容積、エンジン回転数及び充填効率 (設定値) などから算出した。

イ 新気量 : 新気量 (g/秒) は、空気平均分子量 28.966、空気の酸素含有率 20.93%、セタンの平均 CH 組成を CH<sub>2.13</sub>(軽油:CH<sub>1.8</sub> ~

CH<sub>2.1</sub>)、軽油比重 0.860 (0.8017 ~0.8762) として完全燃焼を仮定して排気ガス量から推計した。

ウ 燃料消費量 : 燃料消費量 (g/秒) は、新気量を空燃比 (A/F) で除して算出した。

#### 2・6 交通量

交通量は、千葉県警察本部交通部交通規制課から提供されたトラフィック・カウンターの交通量データを使用した。

なお、一部欠測データについては、「平成 17 年度道路交通センサス」<sup>5)</sup> の交通量を使用した。

#### 2・7 各種データの取扱

ア 加速度 : 加速度 (km/時/秒) については、GPS 航法装置の車速測定精度等を考慮して -7km/時/秒未満及び 7km/時/秒超過を欠測とした。速度及び加速度による各モードの判定条件を表 2 に示す。

イ 道路勾配 : 道路勾配(%)は、走行計測システムによる 1 秒毎の移動距離及び簡易 GPS による 1 秒毎の高度差から算出(上り勾配:正, 下り勾配:負)した。

なお、道路整備に係る基準を参考として、1 秒毎の勾配については-12%未満及び 12%超過を欠測とした。

#### 2・8 解析方法

ここでの解析は、2010 年度に実施したルート 4 の実走行データをショートトリップ (ST) 単位のデータに区分して行った。また、解析の主眼は、「エコドライブ 10」に示されているような運転方法ではなく、地域交通流としてのエコドライブ実現要件に置いた。

なお、2009 年度のルート 5 の実走行データについては、主にルート 4 の解析結果を検証するためのデータとして、同じく ST 単位に分けて使用した。

表 2 走行モード判別条件

モード	速度 (km/時)	加速度 (km/時/秒)
停止	0	0
定速	0 超過	-0.5 超過 または 0.5 未満
加速	0 以上	0.5 以上
減速	0 以上	-0.5 以下

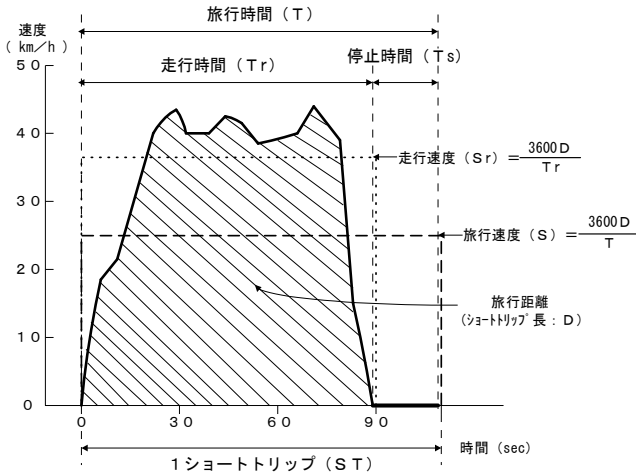


図 2 ショートトリップ及び各要素の定義

参考のため、図 2 に ST 及びその要素の定義を示す。

### 3 調査結果

#### 3・1 ショートトリップの要素の特徴

図 2 に定義した ST の各要素の千葉県内の各種道路における特徴については既報<sup>4)</sup>に詳しいが、ここの解析に用いた要素の特徴について述べる。

##### 3・1・1 旅行速度と旅行距離の関係

ルート 4 における旅行速度と旅行距離の関係を図 3 に、同じくルート 5 における関係を図 4 に示す。

既報<sup>4)</sup>では、旅行速度と旅行距離の関係を図 3 及び図 4 の赤線のように二次関数で近似して説明したが、両者の関係は同じ図の青線のように累乗でも良く近似することができ、両者は良い関係にあることが分かる

なお、前述のようにルート 4 及びルート 5 とともに国道など複数の規格の道路が含まれており、ルート 5 の二次関数による関係は既報<sup>4)</sup>の高速道路を除く全道路の関係式とほぼ一致している。一方、ルート 4 の関係は既報<sup>4)</sup>の国道と高速道路の関係の中間に位置するような二次関数式となっている。これはルート 4 で非常に長い旅行距離の ST が比較的多く観測されたためと考えられる。この非常に長い ST は、湾岸千鳥町における高速道路と国道 357 号の合流に伴う慢性的な渋滞を解消するために 2003 年度に完工した改良工事の結果、長い距離に渡って信号のな

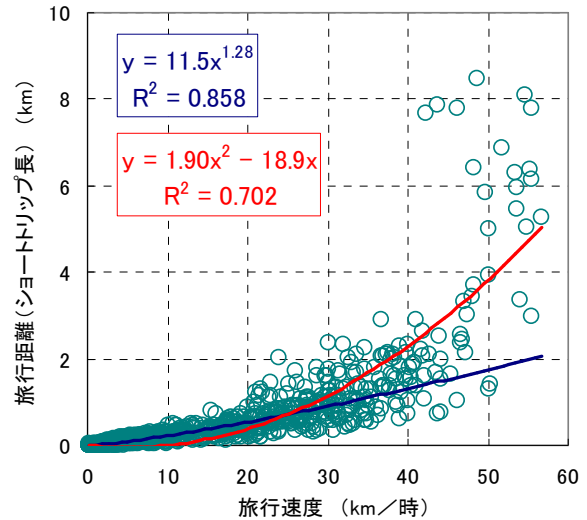


図 3 旅行速度と旅行距離の関係 (ルート 4)

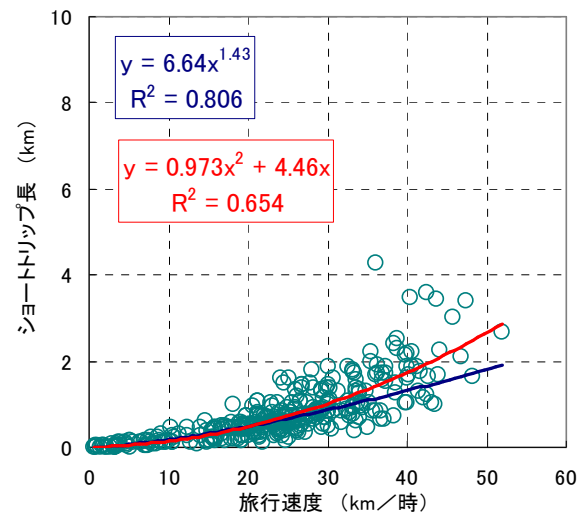


図 4 旅行速度と旅行距離の関係 (ルート 5)

い区間が生じ、この間の交通流が高速道路に近い状態となったために生じたものである。

##### 3・1・2 停止時間比率と加速時間比率の関係

ルート 4 における停止時間比率と加速時間比率の関係を図 5 に、同じくルート 5 における関係を図 6 に示す。

前報<sup>2)</sup>のように、燃料消費量や燃費 (km/L) は加速度と密接な関係にあるが、ST が図 2 のように発進から次ぎの発進までであるため、ST の平均加速度はほぼ 0 km/時/秒となる。そこで、ST の加速度に対応する指標としてモード別時間比率を用いるが、図 5 及び図 6 のように加速時間比率は停止時間比率と一次的な良い関係にある。

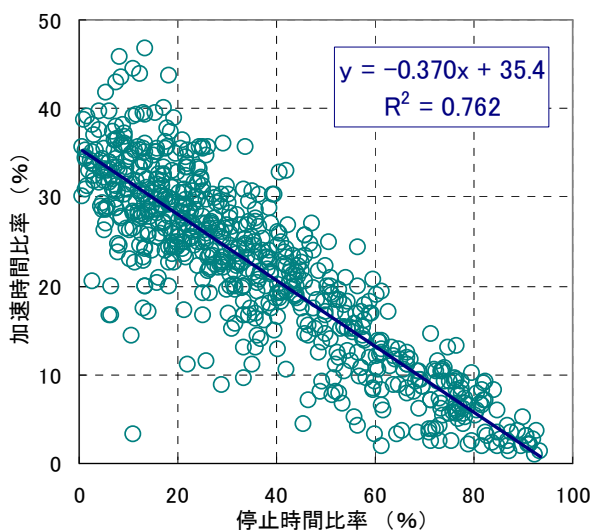


図5 停止時間比率と加速時間比率の関係(ルート4)

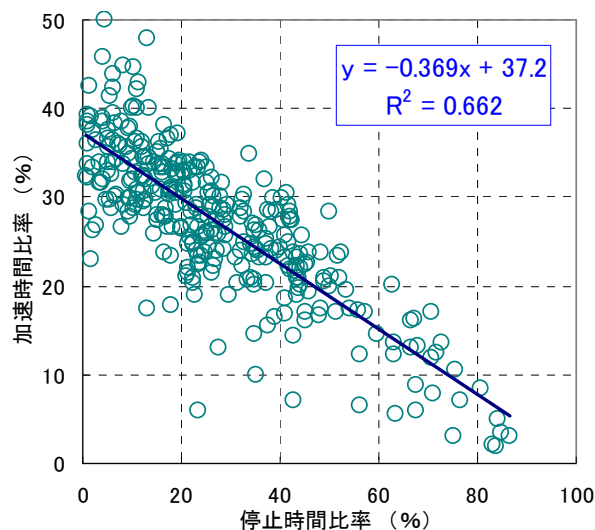


図6 停止時間比率と加速時間比率の関係(ルート5)

そこで、ここでの解析では、走行モードの状態を表す指標としては停止時間比率を用いた。

### 3・2 燃料消費量等に及ぼす各種要因の検討

ルート4における実走行結果から燃料消費量及び燃費に及ぼす各種要因の影響について検討するため、前報<sup>2)</sup>と同様に重回帰分析を行った。ルート4の全ST及び比較的多くのSTが観測された国道14号、国道357号、主要地方道市川浦安線のSTを対

象に平均燃料消費量または燃費と旅行速度、勾配(平均値)、停止時間比率及び交通量との関係について、P値を基にした変数減少法による重回帰分析を行い、その結果を表3に示す。

燃料消費量については、高速道路(区間解析)では前報<sup>2)</sup>に記載したとおり最終的には切片がなく、車速、加速度及び交通量、特に車速に依存していたが、今回行った一般道路のSTでは切片を有し、旅

表 3 路線別に見た燃料消費量及び燃費に関する重回帰分析結果

区分	ケース番号	決定係数	重回帰係数				切片	P値				
			旅行速度	勾配	停止時間比率	交通量		旅行速度	勾配	停止時間比率	交通量	切片
全ルート	1	0.844	0.0109	0.0107	0.0000968	-0.0000115	0.137	7.81E-170	0.0630	0.544	0.0843	2.36E-30
	2	0.841	0.0106	—	—	—	0.139	6.83E-280	—	—	—	3.57E-154
	3	0.751	0.191	-0.554	-0.0861	0.000639	10.1	1.64E-52	0.0174	3.87E-36	0.0177	2.24E-80
	4	0.757	0.191	—	-0.0852	—	10.5	5.14E-58	—	9.33E-38	—	3.39E-102
国道14号	1	0.835	0.0111	0.00879	0.000102	-0.0000112	0.133	3.32E-91	0.214	0.604	0.343	7.35E-20
	2	0.834	0.0109	—	—	—	0.133	2.02E-144	—	—	—	5.99E-85
	3	0.787	0.256	-0.341	-0.0677	0.000380	8.71	9.56E-44	0.228	1.75E-16	0.423	2.05E-43
	4	0.785	0.261	—	-0.0663	—	8.83	3.27E-47	—	3.72E-16	—	6.23E-49
国道357号	1	0.911	0.0100	0.0294	0.0000289	-0.0000490	0.175	5.02E-44	0.0359	0.918	0.0122	7.59E-07
	2	0.902	0.0104	—	—	—	0.114	6.36E-75	—	—	—	3.66E-35
	3	0.750	0.173	-2.12	-0.0960	0.00180	10.1	3.51E-10	0.00398	8.07E-10	0.0755	5.50E-08
	4	0.744	0.139	—	-0.106	—	13.1	1.75E-10	—	4.85E-12	—	3.92E-31
市川浦安線	1	0.774	0.0102	-0.00490	-0.00115	0.00000857	0.174	4.18E-11	0.749	0.889	0.756	0.0118
	2	0.938	0.0161	—	—	—	—	7.15E-61	—	—	—	—
	3	0.794	0.183	0.394	-0.0838	-0.000425	9.97	8.87E-06	0.369	0.000536	0.590	1.50E-06
	4	0.791	0.186	—	-0.0810	—	9.37	5.80E-06	—	0.000692	—	2.03E-07

(注) ケース番号1及び2: 燃料消費量, ケース番号3及び4(青字): 燃費

行速度にのみ依存する傾向にある。ただし、主要地方道市川浦安線では最終的に旅行速度にのみ依存している。

この主要地方道市川浦安線は、国道 14 号の大部分の区間が片側 1 車線であるにも関わらず、ほぼ全線が片側 2 車線で、信号以外の停止が殆どない円滑な交通流の状況にあった。このことから、一般道路の切片はベースとなる停止（アイドル）時に近い燃料消費量で、全体としての燃料消費量はこのベースの燃料消費量に旅行速度に依存する増分に寄っていると考えられる。

一方、燃費については、前報<sup>2)</sup>のように高速道路（区間解析）では最終的には切片があり、加速度及び交通量に依存していた。それに対して、一般道路では最終的に切片があることは同様で、旅行速度及び停止時間比率に依存しており、交通量には依存していない。また、高速道路の重回帰式の決定係数が小さかったのに対して、一般道路の決定係数は大きく、良い関係が得られている。

一般道路の結果が交通量に依存しなかったのは、高速道路が区間のデータを対象に解析したのに対し、一般道路が ST のデータを対象としたと言う、解析方法の違いの影響が大きいものと考えられる。即ち、ST は自動車走行の基本単位で、同一の交通量でも信号管制の影響などによって旅行速度の速い（旅行距離の長い）ST も遅い（旅行距離の短い）ST も発生する可能性があり、ST 単位の分析では交通量の影響が顕著には解析されないためと言える。

結果として得られた重回帰式から、燃費は旅行速度が速いほど、停止時間が短いほど大きくなることになる。このことは、一般道路では円滑な交通流の状態にあるほど燃費が向上することを示している。

次に、燃費に関して得られた重回帰式を検証するため、表 3 の「全ルート」のケース 4 の重回帰式をルート 5 の調査結果に適用し、試験車両の燃費の実測値と予測値との関係を図 7 に示す。

図 7 から、燃費の実測値と予測値はほぼ 1 対 1 の良い関係にあり、表 3 に示した重回帰式は試験車両の県内一般道路の燃費を良く表していると言える。

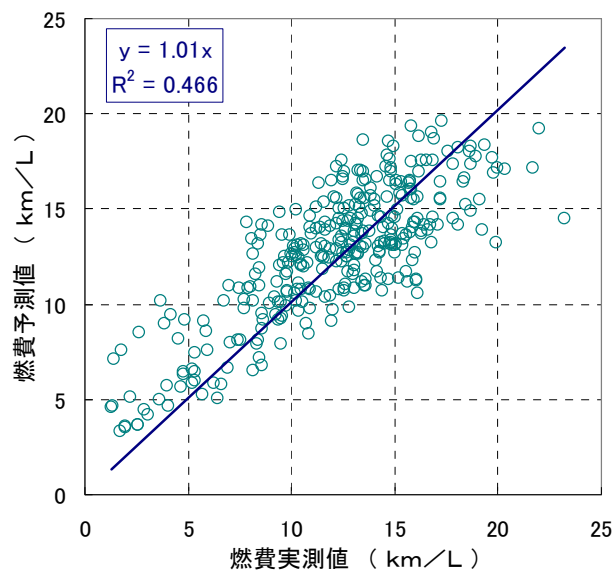


図 7 ルート 5 における燃費実測値と予測値の関係

### 3・3 ショートトリップの要素と燃費の関係

#### 3・3・1 旅行距離と燃費の関係

前項の結果から、旅行速度の増加により燃費が改善する傾向にあるが、一方で燃料消費量も増加する傾向にある。旅行速度が増加すれば同一区間の旅行時間は短縮されるものの、燃費の改善と燃料消費量の増加は背反する関係にあるとも考えられる。

そこで、ここでは図 3 及び図 4 に示したように、旅行速度と密接な関係にある旅行距離と燃費の関係について検討した。ルート 4 の全 ST の旅行距離と燃費の関係を図 8 に、同じく国道 14 号の ST の関係

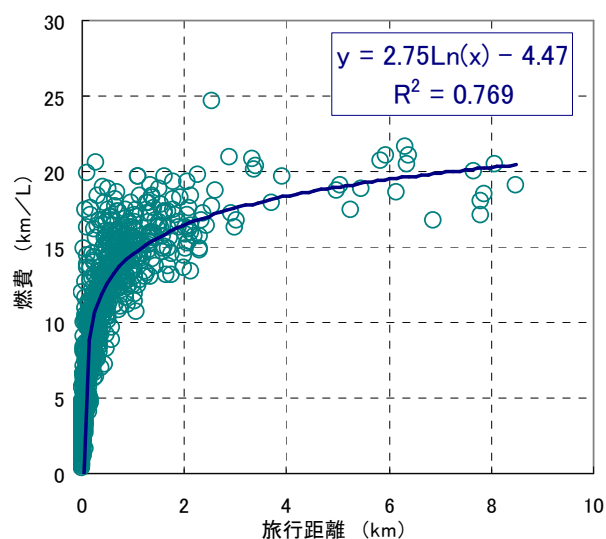


図 8 ルート 4 における旅行距離と燃費の関係

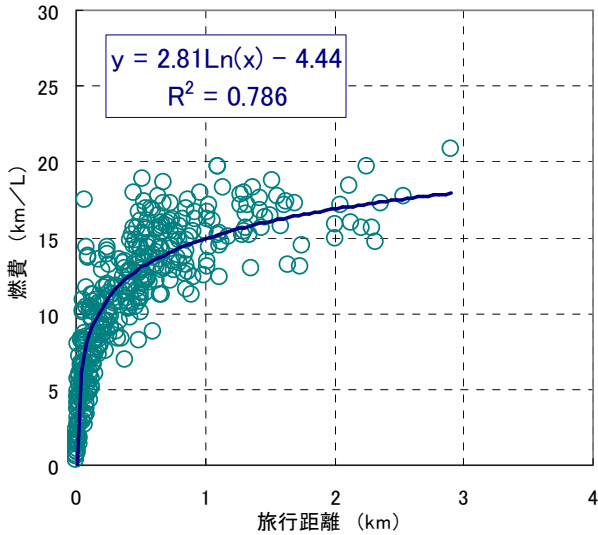


図 9 国道 14 号における旅行距離と燃費の関係

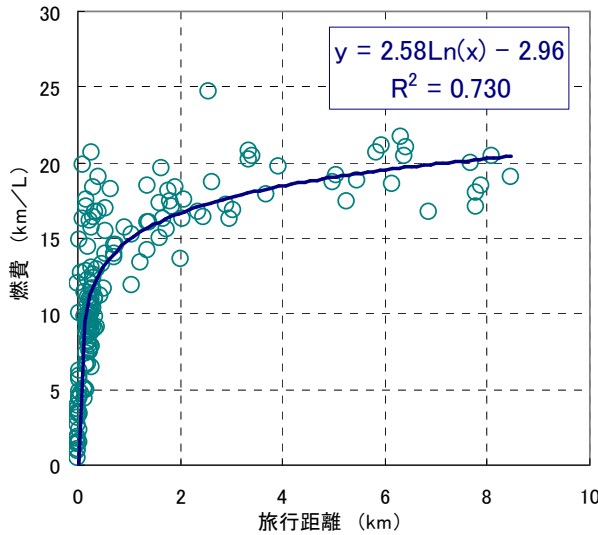


図 10 国道 357 号における旅行距離と燃費の関係

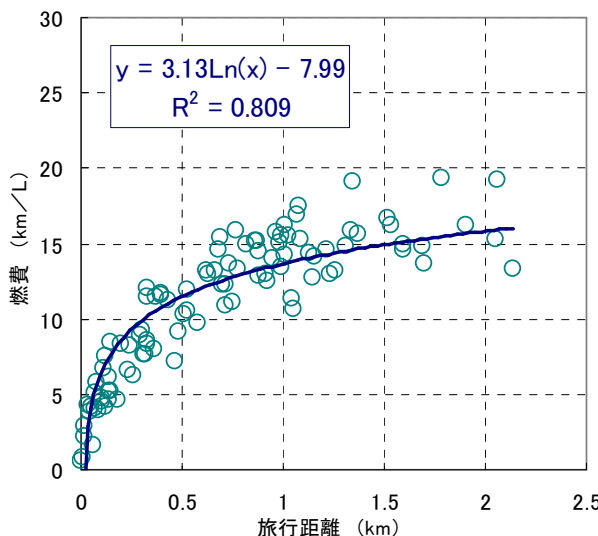


図 11 市川浦安線における旅行距離と燃費の関係

を図 9 に、国道 357 号の ST の関係を図 10 に、そして主要地方道市川浦安線の ST の関係を図 11 に示す。

図 8～図 11 から、ルート 4 の全ルートの ST でも、路線別にみた ST でも旅行距離と燃費はいずれも良い関係にあり、旅行距離の増加によって燃費が改善されることが分かる。特に、ST が 0km から僅かに増加する間、ルート 4 全体では約 10km/L、国道 14 号でも約 10km/L、国道 357 号では約 13km/L、そして主要地方道市川浦安線では約 8km/L までの燃費改善は顕著である。

これらの数値を各回帰式に導入すると、ルート 4 全体では 193m、国道 14 号は 171m、国道 357 号は 486m、そして主要地方道市川浦安線は 165m の旅行距離となる。このことから、一般道路の燃費を改善するためには、1 つの ST の旅行距離が 100 数十 m 程度となるような交通流を実現する必要があり、さらに規格高い道路ではより長い ST を実現する交通流対策が重要と言える。

この解析結果について検証するため、図 8 に示したルート 4 の全ルートの回帰式をルート 5 の調査結果に適用し、試験車両の燃費の実測値と予測値との関係を図 12 に示す。

図 12 から、一部の短い ST で負値が生じているが、燃費の実測値と予測値はほぼ 1 対 1 の良い関係にあ

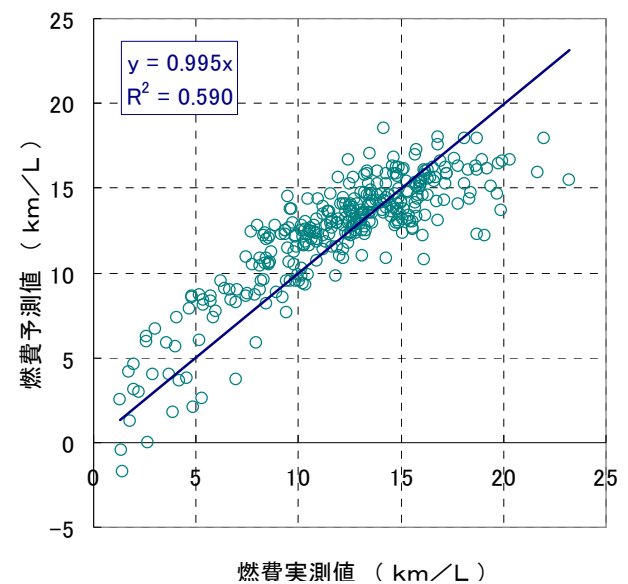


図 12 ルート 5 における燃費実測値と予測値の関係

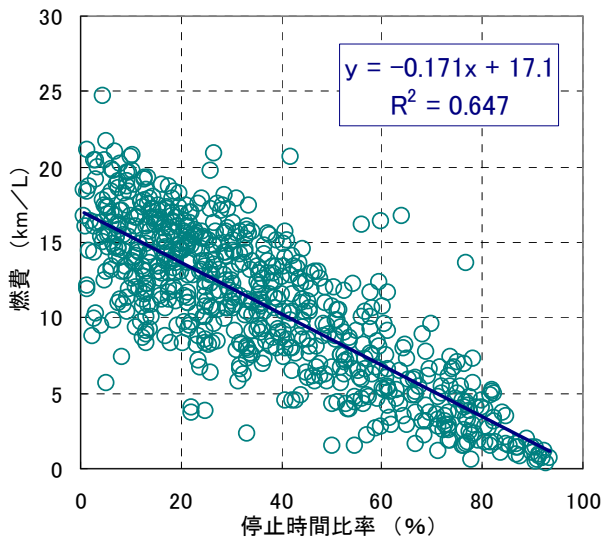


図13 ルート4における停止時間比率と燃費の関係

る。このことから、図8に示した回帰式は、試験車両の県内一般道路における旅行距離と燃費の関係を良く表していると言える。

### 3・3・2 停止時間比率と燃費の関係

ルート4の全STにおける停止時間比率と燃費の関係を図13に示す。

停止時間比率と燃費の関係は、図13のように負の傾きを持つ一次回帰式の関係にあり、停止時間が短いほど燃費が良くなる傾向を示している。この一次回帰式から停止時間比率0%における燃費は17.1km/時となる。

なお、この回帰式の関係は傾き、切片に若干の違いはあるものの、ルート4の路線別に見ても、またルート5でも概ね同様の傾向にあり、試験車両の停止時間比率による燃費の傾向を示していると言える。

## 4 おわりに

本報では、千葉県におけるエコドライブ調査のうち一般道路の結果について報告した。エコドライブにおける運転方法については、既に良く知られている「エコドライブ10」などの方法があるが、地域の交通流を改善してエコドライブを実現するという行

政的な施策も必要である。

一般道路に関する調査結果から千葉県の地域交通流を改善してエコドライブを実現する方策等を取りまとめると次のとおりである。

- ア 一般道路における円滑な交通流は、地域交通流としてのエコドライブを実現する。
- イ 一つのショートトリップの旅行距離が最低100数十mを実現することは、燃費の大幅な改善に寄与する。また、高規格道路ではより長い旅行距離を実現する施策が必要である。
- ウ 停止時間比率の低下により、燃費は一次関数的に改善する。

## 謝辞

本調査の実施にあたっては、交通量のデータを千葉県警察本部交通部交通規制課から提供いただきました。ここに記して深謝いたします。

## 引用文献

- 1) 加藤秀樹, 小林伸治 : エコドライブにおける燃費改善要因の解析. 自動車技術, 62, 11, 79~84 (2008).
- 2) 竹内和俊 : 千葉県におけるエコドライブ調査(Ⅱ) -高速道路における調査結果-. 千葉県環境研究センター年報, 第9号, XX~XX (2010).
- 3) 竹内和俊, 石井栄勇, 吉成晴彦 : GPS航法装置を用いた交通流調査に関する一考察. JSAE1998年春季大会学術講演会前刷集, 982, 83~86, 9832323 (1998).
- 4) 竹内和俊 : 千葉県における自動車走行実態と大気汚染(Ⅰ) -県内幹線道路におけるショートトリップの実態-. 千葉県環境研究センター年報, 第4号, 168~175 (2004).
- 5) 千葉県県土整備部 : 平成17年度道路交通センサス 一般交通量調査基本集計表 (2006).

Ecodrive Investigation in Chiba Prefecture (II)  
- Result of the Survey in Public Roads -  
Kazutoshi Takeuchi

地球温暖化の原因物質である二酸化炭素の自動車からの排出量低減を図るため、有力な手段であるエコドライブを千葉県において推進することを目的に、実走行試験によって県内の各種道路の自動車走行状態と燃料消費の関係について調査した。ここでは、そのうちの一般道路における調査結果について解析し、旅行速度などの燃費に対する影響について検討した。その結果、地域交通流の円滑化がエコドライブに大きく寄与することや一つのショートトリップの旅行距離を最低でも 100 数十 m とすることが大幅な燃費改善に寄与することが分かった。

キーワード : エコドライブ, 燃料消費量, 燃費, 車速, 加速度, 交通量