

# 自動車の二酸化炭素排出量の道路勾配による影響分析\*

## The Impact Analysis by the Road Gradient of CO<sub>2</sub> Emission of the Automobile\*

井ノ口弘昭\*\*・袴田 洸史

By Hiroaki INOKUCHI\*\*・Koushi HAKAMATA

### 1. はじめに

京都議定書が2005年に発効され、日本では2008年から2012年までに温室効果ガスの1990年比6%削減が求められている。また、2008年7月に開催された洞爺湖サミットでは、G8が2050年までに世界全体の温室効果ガスを少なくとも50%削減するという長期目標の採択を求めていくことで合意した。しかしながら、日本の温室効果ガス排出量の推移<sup>1)</sup>をみると、基準年が1261.3百万トン-CO<sub>2</sub>に対して、2006年は1340.1百万トン-CO<sub>2</sub>であり、6.2%の増加となっている。一方、部門別間接排出量をみると、2006年では19.9%が運輸部門からの排出であり、そのうちの87%は自動車からの排出である<sup>2)</sup>。従って、自動車からの排出量削減対策は急務である。京都議定書目標達成計画では、自動車・道路交通対策として、自動車単体対策の推進、交通流対策の推進、環境に配慮した自動車使用の促進、国民運動の展開が掲げられている。

このような中で、自動車からのCO<sub>2</sub>排出量削減対策として、自動車メーカーではハイブリッド自動車等の技術開発を積極的に行っている。しかしながら、実際の排出量は加減速や走行速度等の走行状態、道路の幾何構造によって大きく異なる。自動車の排出ガスの計測は、シャーシダイナモを用いた室内実験で行うのが一般的であったため、道路の幾何構造と排出ガスとの関係を調べた研究は乏しい<sup>3)</sup>。そこで我々は、自動車に測定器を搭載した自動車を走行させることにより、詳細な排出ガスデータを得る走行実験を継続的に行っている。

日本では山地が多く、また郊外部では自動車が欠かせない存在になっている。従って、自動車の走行分析において道路勾配は重要な要素の1つである。しかしながら、前述のシャーシダイナモを用いた室内計測では、道路勾配を考慮することが出来ない。そこで本研究では、道路の幾何構造のうち、特に勾配に着目して排出量との関係を分析する。

\*キーワード：地球環境問題、交通環境

\*\*正会員、博士(工学)、関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (大阪府吹田市山手町3-3-35、TEL/FAX 06-6368-0964、E-mail hiroaki@inokuchi.jp)

### 2. 排出ガス測定実験の概要

#### (1) 測定装置

測定項目は、CO<sub>2</sub>濃度・排ガス流量・走行速度・エンジン回転数である。CO<sub>2</sub>濃度は、島津製作所製の赤外線式ガス濃度測定装置CGT-7000を用いた。装置の写真を写真-1に示す。排ガス流量は、東亜工業製のピトー管式流速/流量計MP-2000を用いた。CO<sub>2</sub>吸引管およびピトー管は、写真-2に示すようにマフラー出口にアダプターを取り付けて設置した。なお、マフラーアダプターには排ガスの温度を測定するための温度センサーも取り付けており、排ガス量の温度補正を行っている。走行速度・エンジン回転数の記録は写真-3に示すように堀場製作所製のHIT-GSを用いた。走行速度は、GPSデータを使用している。



写真-1 CO<sub>2</sub>濃度測定装置



写真-2 CO<sub>2</sub>吸引管・ピトー管の取り付け状況

表-1 測定車両の諸元

自動車の種別	軽自動車	小型自動車	普通自動車
車両総重量(車両重量)	1040(820)kg	1555(1280)kg	1745(1470)kg
燃料の種類	ガソリン	ガソリン	ガソリン
総排気量又は定格出力	0.65L	1.49L	1.98L
2010年燃費達成基準達成	○+10%	○+10%	—
排出ガス認定レベル	★★★★低排出ガス車	★★★★低排出ガス車	★良—低排出ガス
10・15モード燃費	21.0(km/l)	15.0(km/l)	11.4(km/l)
CO <sub>2</sub> 排出量	111(g/km)	155(g/km)	207(g/km)



写真-3 HIT-GSの取り付け状況

#### (2) 測定車両

本研究では、表-1に示すレギュラーガソリンを燃料とした種類の異なる自動車3台(軽自動車、小型自動車、普通自動車)を用いて調査を行った。

#### (3) 走行経路

幅広い速度域のデータを得るため、一般道及び高速道路を走行し、途中、一部の安全な区間で急発進あるいは急加速を意図的に行った。その他は、制限速度の範囲内で他車の流れに合わせて走行した。

走行ルートは、関西大学を出て、新御堂筋(国道423号線)を通り、国道171号線へと曲がり、府道1号線に入り、府道110号線を通り、茨木I.C.から名神高速道路に入り、京都南I.C.で降り、一般道を少し走り、京都南I.C.から名神高速道路に入り、茨木I.C.で降り、行きと同様に府道110号線を通り、府道1号線に入り、国道171号線へと曲がり、新御堂筋(国道423号線)を通り、上山手の一般道を少し走り、関西大学に到着というルートである。府道1号線および府道110号線は山道である。走行距離は、1回あたり一般道52km、高速道路48kmである。

#### (4) 測定日程

測定は、軽自動車・小型自動車では各3回、普通自動車では2回行った。測定の日程を表-2に示す。

表-2 測定日程

車種	調査日程
軽自動車	平成19年8月28日
	平成19年8月29日
	平成19年8月30日
小型自動車	平成19年9月3日
	平成19年9月4日
	平成19年9月5日
普通自動車	平成19年9月6日
	平成19年9月7日

### 3. 測定データの分析

#### (1) 勾配データ

勾配データは、特定の道路であれば測量により求めることができるが、今回のような100kmの道路区間全てについて調べるのは不可能である。道路管理者から縦断面図を入手することも考えられるが、国道・府道(大阪府・京都府)・市道など様々な道路があるため、資料が散在しており、また、資料が膨大になる。速度・エンジン回転数を記録するHIT-NOxにはGPSを搭載しているため、GPSの標高データを使うことも考えられるが、勾配を求めるのに必要な精度を確保できない。そこで、一般道の勾配はGPSの緯度・経度データと国土地理院発行の5mメッシュ標高データをマッチングして標高データを取得し、これにより求めた。走行経路のうち、一部区間では5mメッシュの標高データがなかったため、その区間は除外した。また、名神高速道路については、縦断面図を入手し、これにより求めた。

## (2) CO<sub>2</sub>排出量推計モデル

排出量推計モデルは、微視的な道路交通シミュレーションに適用することを想定しているため、説明変数には外部からの観測が不可能であるエンジン回転数はいわずに、走行速度・加速度・勾配を採用した。なお、加速度は、正の加速度と負の加速度ではメカニズムが異なるため、説明変数を分けた。また、勾配についても同様に上り勾配と下り勾配では影響度が異なるため、説明変数を分けた。

排出ガス流量は自動車のマフラーアダプターに取り付けたピトー管で、CO<sub>2</sub>濃度はマフラーアダプターから管で測定装置にガスを引き込んでいるため、走行速度、排出ガス量、CO<sub>2</sub>濃度の間には時間のずれが生じている。そのため、ずれを解消するようデータを修正している。

排出量推計モデルは、式(1)に示す線形重回帰モデルおよび式(2)に示す非線形重回帰モデルとした。

線形重回帰モデル

$$Y(t) = Av(t) + B\alpha_+(t) + C\alpha_-(t) + Di_+(t) + Ei_-(t) + F \quad (1)$$

非線形重回帰モデル

$$Y(t) = Av(t)^j + B\alpha_+(t)^k + C\alpha_-(t)^l + Di_+(t)^m + Ei_-(t)^n + F \quad (2)$$

$Y(t)$ : CO<sub>2</sub>排出量(g/s)、 $v(t)$ : 速度(km/h)、

$\alpha_+(t)$ : 正の加速度(km/h/s)

$\alpha_-(t)$ : 負の加速度(km/h/s)、

$i_+(t)$ : 上り勾配(%),  $i_-(t)$ : 下り勾配(%)

$t$ : 時刻(s)、

$A, B, C, D, E, F, j, k, l, m, n, :$  係数

## (2) 勾配による影響分析

重回帰モデルを用いて、加減速がない場合の、道路勾配によるCO<sub>2</sub>排出量の変化を調べた。一例として非線形重回帰モデルを用いて推定した軽自動車のグラフを図-1に、線形重回帰モデルを用いて推定した小型自動車のグラフを図-2に示す。走行速度が小さいほど、勾配による影響が大きくなるのが分かる。軽自動車のCO<sub>2</sub>排出量推計モデルは、上り勾配のパラメータの説明力が他に比べて若干低かったため、上り勾配よりも下り勾配の方がCO<sub>2</sub>排出量の変化が大きいという結果になった。一方、小型自動車での線形モデルでは、上り勾配と下り勾配では対称の形になった。これらの結果に関しては、更に検討が必要である。また、計測精度が高くなるように工夫する必要がある。

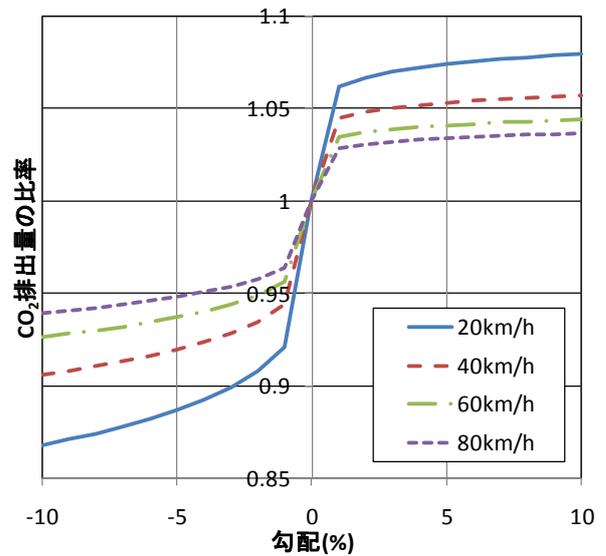


図-1 道路勾配によるCO<sub>2</sub>排出量の変化 (軽自動車)

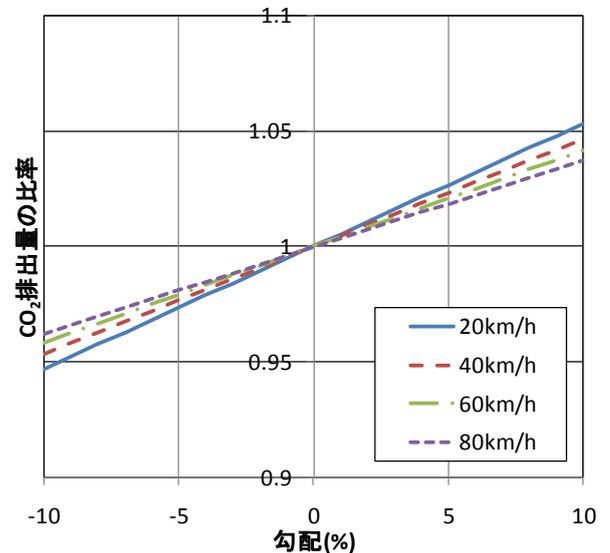


図-2 道路勾配によるCO<sub>2</sub>排出量の変化 (小型自動車)

## 4. おわりに

本研究では、自動車からの二酸化炭素排出量の削減が重要な課題であるという認識のもとで、シャーシダイナモを使用した室内実験では考慮されてこなかった道路勾配の影響を調べるために、実道路で走行実験を行った。計測データを基に、排出量推計モデルを構築し、勾配による影響を分析した。その結果、走行速度が小さいほど勾配による影響が大きいことが分かった。

大がかりな装置を用いた室内実験と比べて、本実験で用いた装置は簡易なものであるため計測精度が劣る。特にCO<sub>2</sub>測定装置は、構造上、機器の応答が遅いため、瞬間の濃度が出づらという欠点を有している。今後は精度を高めるための工夫が必要である。

#### 参考文献

- 1) 全国地球温暖化防止活動推進センター：日本における温室効果ガス排出量の推移（1990～2006年），<http://www.jccca.org/content/view/1043/784/>.
- 2) 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（1990～2006年），<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>.
- 3) 大西博文他：道路環境影響評価の技術手法(その1)，土木研究所資料，No. 3742，2000.
- 4) 馬場剛，高井嘉親：実走行時排出ガス計測データを用いた排出量推計結果に関する考察，大気環境学会年会講演要旨集，Vol. 45，698，2004.
- 5) 井ノ口弘昭，山辺宗記：ディーゼル自動車のCO<sub>2</sub>・NO<sub>x</sub>排出量推計モデルの構築，交通工学研究発表会論文報告集，Vol. 27，pp. 313-316，2007.
- 6) 小根山裕之，大城温，山田俊哉，大西博文：都市内交通による二酸化炭素排出量の推計モデル，月刊土木技術資料，Vol. 41，No. 11，pp. 24-29，1999.