

自動車からの CO₂・NO_x 排出量の予測手法

井ノ口 弘 昭*

Prediction method of CO₂ and NO_x emission of the automobile

Hiroaki INOKUCHI

1. はじめに

2005年に発効された京都議定書では、日本は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、本年7月に開催された洞爺湖サミットでは、G8諸国が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¹⁾をみると、基準年が1261.3百万トン-CO₂に対して、2006年は1340.1百万トン-CO₂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²⁾。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CO₂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³⁾。

ここでは、自動車メーカー側の立場ではなく、道路管理者(国や都道府県・市町村の道路整備・維持管理

事業)および交通管理者(警察等による信号制御や交通規制等)の立場で分析を行っている。つまり、交差点の改良、道路の新設・拡幅、公共交通の利用推進といった交通対策を行った場合に交通渋滞がどの程度改善され、それによりCO₂・NO_x排出量がどの程度減少するのかを予測するシステムの開発を行っている。本稿では、それらの概要を述べる。

2. 自動車排出ガスの測定

2.1 測定装置

測定項目は、CO₂濃度・NO_x濃度(ディーゼル車のみ)・排ガス流量・走行速度・エンジン回転数である。CO₂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。CO₂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



写真-1 CO₂濃度測定装置

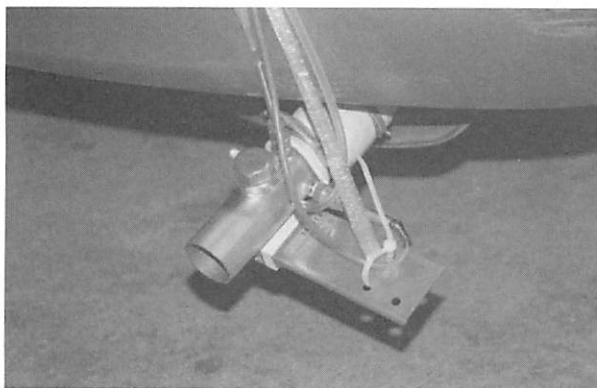


写真-2 CO₂吸引管・ピトー管の取り付け状況

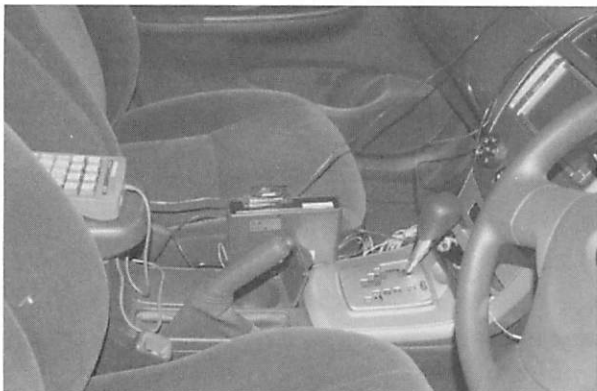


写真-3 HIT-GS の取り付け状況

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。

2.2 測定車両

道路上には様々な車両が走行しているが、代表的な車を用いて調査を行っている。ディーゼル貨物車では4t積トラック・2t積トラック・ワンボックスバン、ガソリン乗用車では軽乗用車・小型乗用車（カローラクラス）・普通乗用車（クラウンクラス）で過去に実験を行った。

2.3 測定経路

本測定実験のポイントは、シャーシダイナモを用いた室内実験ではなく、様々な条件の道路を実際に走行して計測するという点である。そこで、一般道路や都市高速道路（阪神高速）、都市間高速道路（名神高速）を走行し、幅広い速度域のデータを取得している。

2.4 測定データの分析

NO_x および CO₂ の排出量を予測するために、排出量予測モデルを推計する。これは、コンピュータ上で

車を動かして渋滞対策等の効果予測を行うための交通シミュレーションに NO_x および CO₂ 排出量の計算機能を組み込むために構築するモデルである。ここでは、測定実験により得られたデータを使用して線形および非線形の重回帰分析で推計する。

線形重回帰モデル

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

非線形重回帰モデル

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

$Y(t)$: CO₂ 排出量 (g/s)、 $\nu(t)$: 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

排出量はエンジン回転数の影響を大きく受けると考えられる。しかしながら、適用を考えている交通シミュレーションでは、外部からの観測が不可能なエンジン回転数は計算に組み込まれていない。従って、排出量予測モデルの説明変数として、エンジン回転数は用いずに走行速度・加速度・勾配を用いている。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、分けている。

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、CO₂ 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、CO₂ 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。

測定データの分析および排出ガス予測モデルの構築から得られた知見はいくつかあるが、ここではその一つとして速度の影響について述べる。車両1台・1km当たりのCO₂の排出量は60km/h程度での運転の場合に最小になる。これより低い速度で走行する場合は、車のパワーを活かしきれていない状態で長時間走行することになるため、排出量は増加する。また、これより高い速度の場合は走行時間は減少するが、瞬間の排出量がそれ以上に増加するため、トータルの排出量は増加する。NO_x 排出量については、速度による影響はそれ程ないが、速度が高くなるほど1km当たりの排出量は若干減少する。

国道43号線では最高速度が40km/hに制限されているが、この研究の成果から得られた範囲では、この速度規制はCO₂・NO_x排出量の面からは必ずしも適切とは言えない。もちろん、速度規制は交通安全や騒音低減など様々な要因を考慮して総合的に決めているものであるため、運転する際は守らなければならない。

3. 微視的道路交通シミュレーションを用いた排出ガス予測システムの構築

図-1に示す我々が開発した微視的道路交通シミュレーションシステム(CaTS)⁴⁾に排出ガス予測モデルを組み込み、排出ガス予測システムの構築を行う。CaTSの特徴として

- ・車両1台1台の挙動を交差点内も含めて詳細に再現している
- ・タイムスキニング方式を採用している
- ・ファジィ的ニューラルネットワークを用いた追従モデルを用いている

ことなどが挙げられる。従って、排出ガスの予測システムの構築には適している。

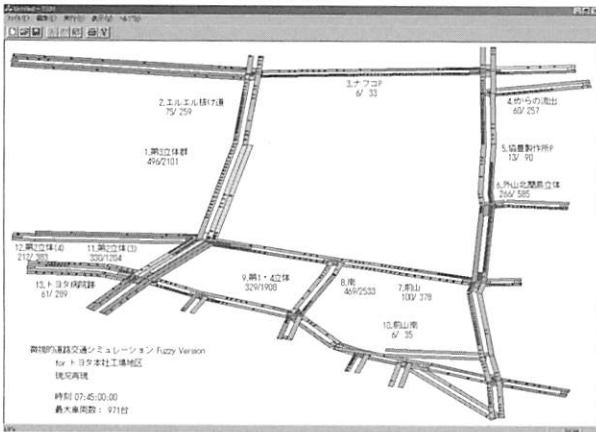


図-1 道路交通シミュレーション CaTS 実行画面

本モデルを大阪府吹田市南千里駅前交差点に適用した。交差点の幾何構造を図-2に示す。交通量の計測は過去にビデオカメラを用いて行っている。大型車混入率は11%であった。今回は走行車両の詳細なデータが得られなかったため、排出ガス量の予測は大型車のみを対象とし、大型車のうち排出ガス測定実験に使用した車両(4t積トラック・2t積トラック・ワンボックスバン)に相当する車両が同じ比率、積載についても空・半載・全載が同じ比率で走行していると仮定し、シミュレーションを行った。

8時から9時までの1時間の普通車も含めた全車両の平均所要時間、大型車についてのNO_x排出量・燃料消費量のシミュレーション結果を表-1に示す。次

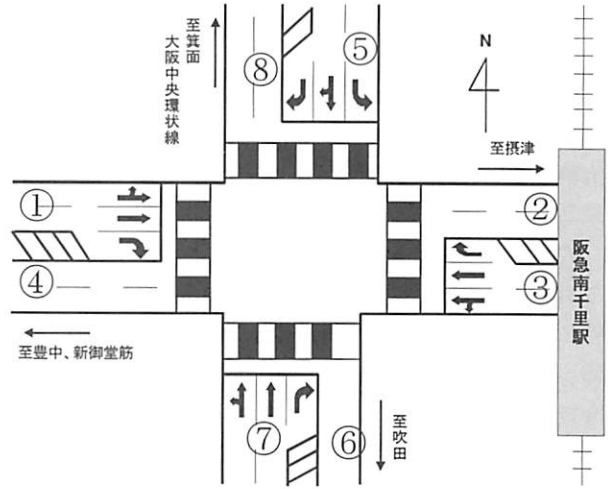


図-2 南千里駅前交差点の幾何構造

表-1 現況シミュレーション結果(8:00~9:00)

リンク	①	③	⑤	⑦
全車種交通量(台)	1694	829	1086	618
総走行時間(時間)	20.3	20.1	18.2	10.1
大型車交通量(台)	186	91	119	68
大型車NO _x 排出量(g)	144	642	132	73
大型車燃料消費量(l)	7.7	26.2	6.8	3.6

表-2 リンク③改良後のシミュレーション結果(8:00~9:00)

リンク	③	現況との比率
全車種交通量(台)	887	107%
総走行時間(時間)	13.48	67%
大型車交通量(台)	97	107%
大型車NO _x 排出量(g)	108	17%
大型車燃料消費量(l)	5.6	21%

に、交差点改良による環境負荷削減効果の算出例として、右折交通の影響で③のリンクが渋滞していることから交差点付近の車線数を1車線増やし、左折直進・直進専用・右折専用・右折専用の運用に変更した場合の削減効果を表-2に示す。入力交通量は同じであるが、リンクの終点まで達した車両を集計しているため、滞留台数が減った分、交通量は若干増加している。流れがスムーズになることで加減速が大幅に減り、環境改善効果も大きいことが分かる。この例に示す通り、従来の所要時間の削減効果に加えて、環境負荷の削減効果も考慮して交通対策の計画を策定することが出来る。

4. おわりに

本稿では、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、実道路で走行実験を行い、道路交通シミュレーションで環境負荷削減効果の推計を行う方法について述べた。

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 CO₂ 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いつ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。

CO₂ 排出等の環境負荷を削減するためには、まずは 1 人 1 人の認識が必要である。鉄道の CO₂ 排出量を 1 人当たりで見ると、乗車人員によって大きく変わるが平均すると自動車の 1/9 程度であると言われている。例えば、通勤・通学については自動車からバス・鉄道等の公共交通に変更することで大きな削減が可能である。主要駅から自宅までの公共交通があまり整備されていない地域では、パーク・アンド・ライド（最寄りの駅までは自動車で行き、駅周辺の駐車場に車を止めて電車を利用する）も有効な手段の 1 つである。

そのためにも、本稿で紹介したような排出量推計システムを用いて環境負荷を数値で示すことは意義がある。安全・便利でかつ環境負荷の小さな交通システムの実現のため、各分野での研究開発に期待している。

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) 井ノ口弘昭：交通量配分問題へのファジィ・ニューラルネットワークの適用に関する研究、名古屋大学学位論文、2001.