

ITを活用した環境計測と政策評価*

Information Technology for Environment Monitoring and Policy Evaluation *

馬場 剛**・毛利雄一***牧村 和彦****・森尾 淳****・及川 潤****

By Tsuyoshi BABA, Yuichi MOHRI, Kazuhiko MAKIMURA, Jun MORIO and Jun OIKAWA

1. はじめに

道路沿道環境が依然として改善の兆しが見られず、尼崎公害訴訟や東京大気汚染訴訟などにおいても、沿道環境対策が喫緊な課題として指摘されている。このように社会的な要請が高まる中、自動車NOx法の改正や自動車排出ガス単体規制の強化といった施策が矢継ぎ早に打ち出されている。一方、交通施策の面からも、TDMやITSの活用などが沿道環境対策として提案されているところであるが、車両挙動と排出ガス量に関する詳細なデータがないために、定量的な評価が十分に行われていないのが現状である。

本研究では、定量的な評価が行われていない現状を踏まえ、自動車の車両挙動とNOx及びPM排出量との関係を解明し、TDMやITS、渋滞対策による環境改善効果の予測に必要な排出原単位を作成することを目的に、「リモートセンシング」や「車載型」計測器といった最新の技術を用いた計測を行い、速度や加速度、勾配、車両総重量の変化がNOx、SPM排出量に与える影響を分析する。特に本稿では、「車載型」計測結果の分析を中心に報告を行う。

2. 車両挙動を考慮した排出ガス計測調査

(1) 調査の概要

計測では、「リモートセンシング」と「車載型」の異なる2つの計測方法を採用した。各方法の特徴を、排出特性を把握する上で必要な項目とその計測可能性の視点から整理する(表-1)。

*キーワード：沿道環境，IT，排出原単位

**非会員，政策メディア修，財団法人計量計画研究所

(東京都新宿区市ヶ谷本村町2番9号，

TEL:03-3268-9911，E-mail:tbaba@ibs.or.jp)

***正員，工博，財団法人計量計画研究所

****正員，工修，財団法人計量計画研究所

表-1 排出特性の把握に必要な項目の計測可能性

	車載型	リモートセンシング
速度・加速度	・詳細なデータが取得可能	・車載型より精度が劣るが取得可能
車両特性(車種，使用燃料，積載状況等)	・計測器を付け替えが必要なため車種は限定。 ・積載重量の把握は可能。	・車両登録番号より車種，使用燃料のデータが取得可能 ・積載重量は軸重計の利用により，重量車のみ取得可能
道路特性(勾配等)	・走行ルートの様々な勾配が取得可能	× ・設置箇所の勾配のみ計測可能

リモートセンシングの計測では、排出ガス濃度と同時に計測した車両登録番号を陸運局のデータと照合することにより、車種や使用燃料別の排出濃度データが取得可能である。一方、車載型の計測では、調査対象となる車種が限定されてしまうが、様々な道路を走行することで、勾配などの道路特性別の排出量データが取得可能である。2つの調査手法の長所を利用することで、車種別に速度や加速度、勾配、車両総重量などを説明変数とするNOx、PM排出原単位を作成することが本調査の目的である。

なお、本研究で行った計測は、土木学会道路利用の効率化及び環境負荷軽減のためのITS研究小委員会WG2.1の活動として筆者らが中心に行ったものである。

(2) リモートセンシングによる計測調査

平成14年10月2日から10月4日の期間に、東名高速道路横浜青葉IC入口の第2レーンを使用してリモートセンシングによる自動車排出ガスの計測と周辺の大気環境の計測を行った。計測ではESP社製のRSD4000を利用し、個々の車両の排出ガス成分を計測するとともに、車両挙動と排出ガスの関連性を分析するために排出ガス計測と同時に速度と加速度の計測を行った。また、路側にCCDカメラを設置し、車両

のナンバープレート情報を収集することで、自動車登録情報から車種や排ガス規制区分を把握した。さらに、軸重計を使用して車両総重量のデータを取得した。分析可能なデータは約8千サンプルであり、現在、分析を進めているところである。



写真 - 1 リモートセンシングによる計測風景

また、自動車の通行がIC周辺の大気環境に及ぼす影響を確認するためにNO_x (NO, NO₂) , SPM (粒径別個数, 濃度) の濃度と気象条件 (風向・風速, 気温・湿度, 日射量) の調査も行っている。

(3) 車載型計測装置による計測

平成14年9月末～10月中旬にかけて、朝・夕のピーク時と日中の1日3回、合計約6時間の実走行調査を行った。走行ルートは、様々な速度帯のデータを得るために高速道路と一般道路から構成し、また、勾配のデータを得るために起伏のある道路をルートに加えた。結果、神保町を起点に靖国通り - 内堀通り - 国道246号 - 山手通り - 駒沢通り - 環状7号 - 中原街道 - 首都高2号 - 首都高都心環状を経て神保町に戻る都内ルートと、リモートセンシングとの同時計測を目的とした横浜青葉IC周辺ルートの2ルートを設定した。

計測車両はH06規制のいすゞフォワードをベースにした4t積みの散水車を使用し、散水車に積み込む水量で積載条件を調整し、空・半・満の積載条件で計測を行った。計測した項目はNO_x濃度、PMの代理指標である不透明度 (オパシティ) や、濃度から排出量を算出するために必要な吸気流量などの指標であり、計測の時間間隔は現在取り得る最小の0.1秒間隔とした (表 - 2)。また、車両挙動と排出ガス量の関係性を分析するために、速度・加速度の計測を行った。なお、PM排出量は、「車載型」計測と

シャーシダイナモ試験の同時計測より推定したオパシティとPM排出量の関係式から求めている。

表 - 2 車載型計測装置による計測項目

計測装置	計測項目
車載型計測装置	NO _x 濃度, 不透明度 (オパシティ), 吸気流量, 吸気圧, 吸気温度, 大気圧, 大気温度, 大気相対湿度, 酸素濃度, エンジン回転数
セイフティレコーダ	緯度・経度, 速度, 前後加速度, 横加速度

3. 車両挙動と排出ガス量の関係分析

(1) 走行ルートにおけるNO_x, PM排出量

都内ルート (積載条件: 空) で計測した速度, 加速度, NO_x および PM 排出量を整理した (図 - 1 ~ 4)。NO_x, PM 排出量の変動は速度の変化だけではなく, 加速度の増減に大きな影響を受けている。駒沢通りは環状7号線に比べて速度が全般的に低い, 双方の排出量に大きな違いはなく, 排出量の強弱はむしろ加速度の変動に近い。首都高2号線においても, 大きくカーブする目黒周辺において, 加速度の変動が排出量に大きく寄与する結果が見られる。

また, 図 - 4 と図 - 5 の比較から, NO_x 排出量は PM 排出量よりも速度や加速度の変動に対して感度が高いことが読み取れる。

これらの図化された情報は, 排出量の多い区間の原因を究明するだけに利用されるのではなく, 信号現示の切り替えや交差点の改良といった施策の検討に際しても, 優先箇所を決定する場合などに有益な情報を提供するものと期待される。



図 - 1 走行ルートにおける速度分布



図 - 2 走行ルートにおける加速度分布



図 - 3 走行ルートにおけるNOx排出量



図 - 4 走行ルートにおけるPM排出量

(2) 積載・勾配条件別のNOx, PM排出量

(a) 積載条件別の排出量

都内ルートのNOx排出量データを積載条件別に整理した(図 - 5, 図 - 6)。図 - 5は横軸に速度をとり、加速度が1 ~ 5 km/h/sの範囲にあるデータを積載条件別に図化したものである。また、図 - 6は横軸に加速度をとり、速度が20 ~ 30km/hの範囲にあるデータを積載条件別に図化したものである。各図に描いた実線は、積載条件別のデータから作成した速度および加速度と排出量の回帰直線である。

図 - 5, 図 - 6の排出分布を見ると、空載, 半載, 満載の順にグラフの上へとシフトしており、積載が重いほど排出量が多い傾向にある。また回帰直線を積載条件間で比較すると、速度及び加速度の上昇が、空載, 半載, 満載の排出量の差を拡大させている。

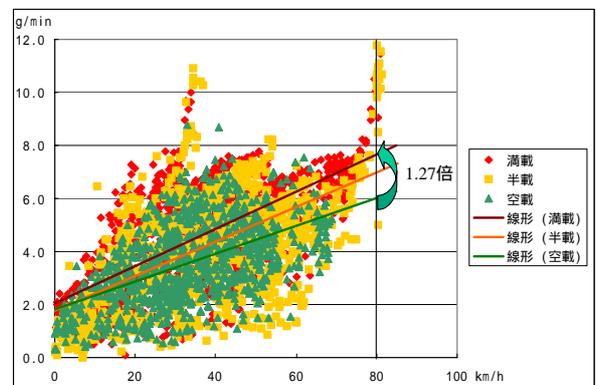


図 - 5 積載条件別の速度とNOx排出量の関係

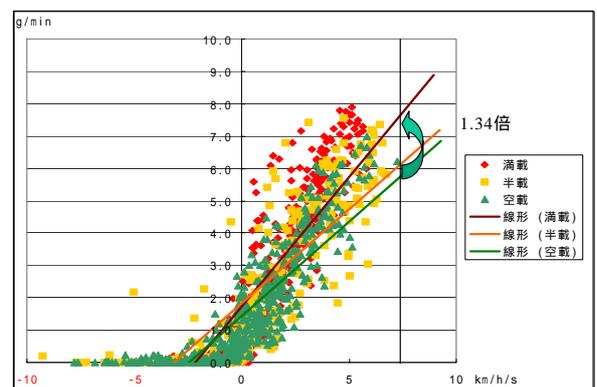


図 - 6 積載条件別の加速度とNOx排出量の関係

(b) 勾配条件別の排出量

都内ルートのPM排出量データを勾配条件別に整理した(図 - 7, 図 - 8)。図 - 7は横軸に速度を, 図 - 8は加速度をとり、勾配条件別に図化したものである。また、積載条件と同様、速度および加速度と排出量の回帰直線も図化した。

図 - 7, 図 - 8の排出分布を見ると、勾配が急な

データほどグラフの上方にプロットされており，急勾配な道路を通過する場合には排出量が多くなる傾向を示している．また，回帰直線を勾配レンジ間で比較すると，速度及び加速度の上昇が，勾配レンジ間の排出量の差を拡大している傾向が見える．

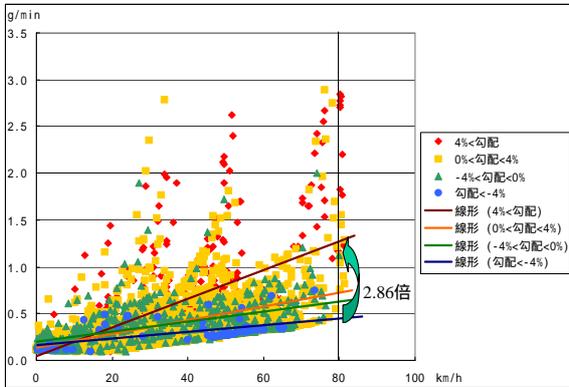


図 - 7 勾配条件別の速度とPM排出量の関係

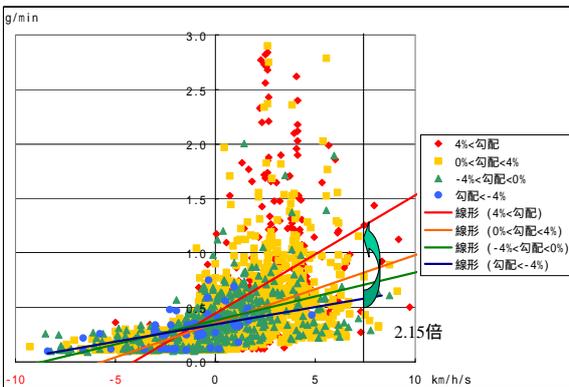


図 - 8 勾配条件別の加速度とPM排出量の関係

4. NOx, PM排出原単位の推定

3. より，NOx, PM排出量の原単位式には積載，勾配条件を考慮する必要がある．そこで，Oneyama et al.¹⁾の排出原単位式を参考に4つの式を設定し，パラメータの推定を行った．原単位式および推定結果の決定係数(R-sq)を図-9に示す．なお，図-9は1秒単位に集約したデータの分析結果であり，推定式は速度，加速度とも正の符号条件で適用する．

速度，加速度のみを説明変数とする式(a)では，R-sqがNOxで0.7452，SPMで0.6836であるが，式(d)の速度，加速度，勾配，車両総重量を説明変数とする原単位式では，NOxで0.7909，SPMで0.6842となり，わずかであるが説明力に向上が見られる．

$$E_{NOx,PM} = c_{11} \cdot v + c_{12} \cdot v^3 + c_{13} \cdot av + c_{14} \quad \dots (a)$$

$$E_{NOx,PM} = c_{21} \cdot Mv + c_{22} \cdot v^3 + c_{23} \cdot Mav + c_{24} \cdot av + c_{25} \quad \dots (b)$$

$$E_{NOx,PM} = c_{31} \cdot v + c_{32} \cdot \sin \theta v + c_{33} \cdot v^3 + c_{34} \cdot av + c_{35} \quad \dots (c)$$

$$E_{NOx,PM} = c_{41} \cdot Mv + c_{42} \cdot \sin \theta Mv + c_{43} \cdot v^3 + c_{44} \cdot Mav + c_{45} \cdot av + c_{46} \quad \dots (d)$$

v: 車両走行速度[km/h], a: 車両加速度[km/h/sec], M: 車両総重量[kg], θ: 道路勾配(正確には tan θ)
 $c_{11} \sim c_{46}$: パラメータ. 勾配は tan θ であるが θ が 0° に近いので sin θ = tan θ として計算した

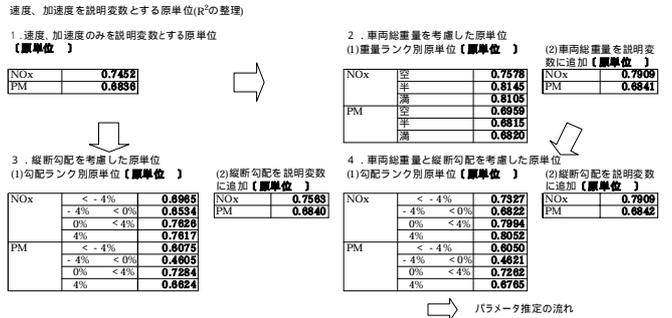


図 - 9 全推定式のパラメータ推定精度(R-sq)

以下の式は，式(d)をより詳細にみたものである．速度が正で加速度が負の場合および，速度が0の場合は定数をとる．式(d)のパラメータ推定結果を表-4に示す．表では，0.1秒単位と1秒単位のデータによる推定結果を示したが，1秒単位に集約した場合にわずかであるが推定精度の向上が見られた．

$$E_{NOx,PM} = c_{41} \cdot Mv + c_{42} \cdot \sin \theta Mv + c_{43} \cdot v^3 + c_{44} \cdot Mav + c_{45} \cdot av + c_{46} : v > 0, a > 0$$

$$= c_{a-} : v > 0, a < 0$$

$$= c_i : v = 0$$

表 - 4 パラメータ推計結果

NOx排出原単位算定式の係数										(上段が係数、下段がt値)	
分析データ	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C _{a-}	C _i	Aadj	R-Sq	N(自由度)
0.1秒データ	-3.03E-06 (-83.32)	5.86E-09 (0.85)	6.32E-06 (637.49)	6.14E-06 (327.15)	1.77E-02 (464.08)	1.05E+00 (378.52)	5.84E-01	2.91E-01	0.7696	1.930,765	
1秒集約データ	-1.66E-06 (-24.19)	2.33E-08 (2.51)	6.96E-06 (164.74)	5.69E-06 (108.48)	-2.55E-03 (-9.19)	1.09E+00 (99.30)	6.11E-01	2.90E-01	0.7909	115,831	

PM排出原単位算定式の係数										(上段が係数、下段がt値)	
分析データ	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C _{a-}	C _i	Aadj	R-Sq	N(自由度)
0.1秒データ	-8.83E-07 (-138.10)	-9.24E-09 (-7.63)	1.63E-06 (936.97)	6.37E-07 (193.49)	2.37E-03 (354.43)	1.51E-01 (310.44)	2.82E-01	1.31E-01	0.6717	1.930,765	
1秒集約データ	-8.42E-07 (-65.08)	1.03E-08 (5.89)	1.96E-06 (246.75)	6.31E-07 (63.93)	4.21E-04 (8.08)	2.07E-01 (100.40)	2.89E-01	1.31E-01	0.6842	115,831	

5. おわりに

本稿では，実走行時の自動車排出ガス計測とその計測結果の分析について報告した．推定した排出原単位は比較的精度の高いものであるが，1車種の分析結果に過ぎず，今後，リモートセンシングの分析結果等と併せて他車種についての推定が必要である．

参考文献

- 1) Oneyama et al. : Estimation model of vehicle emission considering variation of running speed, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, No.5, October, 2001