

常監局濃度データに対する重回帰分析の適用とその応用^{*1}

Application of Multiple Regression Analysis to Pollutant Concentrations from Roadside and Ambient Air Quality Monitoring Stations

伊藤 晃 佳^{*2}

Akiyoshi ITO

平井 洋^{*3}

Hiroshi HIRAI

森川 多津子^{*2}

Tazuko MORIKAWA

林 誠 司^{*3}

Seiji HAYASHI

Abstract

Multiple-regression analysis was applied to assess the contributions of meteorology and vehicle and/or non-vehicle emissions to pollutant concentrations at roadside and ambient air quality monitoring stations. The analysis results demonstrate that the main contributors to pollutant concentrations are wind speed, emissions, background ozone, atmospheric stability, and time (weekday or holiday human activities). Characteristic contributions to high pollutant concentrations are also discussed.

1. はじめに

近年, 自動車排ガスに起因する大気汚染は, 全体として改善傾向にあるものの, 大都市圏に環境基準未達の大気環境常時監視測定局(以下, 「常監局」という)が依然として残っている状態であり, 更なる大気汚染物質低減対策が必要である¹⁾. 大気汚染物質の濃度は, さまざまな要因の相互作用によって決定されるため, 濃度低減に効果的な対策を講じるには, 汚染物質に対する各種要因の寄与度を把握することが重要である. 寄与度を求める方法には, 大気質モデルの利用²⁾などがあげられるが, 濃度再現性の問題や十分な計算機資源が必要など課題も多い.

そこで, 本研究では, 大気質モデルを用いた寄与度推計を補完する方法として, 計算負荷が非常に小さく, かつ, 観測データを直接利用することが可能な統計的手法である重回帰分析を用いて, 常監局濃度に対する各種要因の寄与度推計や重回帰式を用いた常監局濃度の再現性などについて検討した.

2. 方法および使用データ

2.1 重回帰分析の概要

重回帰分析とは, 目的変数(y)と複数の説明変数(x_k)を用いて, これらの関係を表す最適な1次多項式(重回帰式; 式1)を求める多変量解析の一種である^{3), 4)}.

$$y = a_0 + \sum_{k=1}^p a_k x_k \quad (1)$$

ここで, a_k は重回帰係数, a_0 は定数項, p は説明変数の種類数を表わしている. 本研究では, 目的変数 y には常監局濃度, 説明変数 x_k には各種気象データや発生源データを利用している.

重回帰式を用いた寄与度の評価には, 正規化した説明変数 x_k を利用したときに得られる重回帰係数を寄与度として用いた. また, あらかじめ作成した重回帰式に, 説明変数 x_k を代入することで目的変数 y の推計値を算出し, 常監局濃度の再現を行った.

2.2 使用データ

目的変数には, 東京23区内の一般大気測定局(以下, 「一般局」という)と自動車排ガス測定局(以下, 「自排局」という)のNO₂, NO_x, SPM濃

* 1 原稿受理 2007年11月19日

* 2 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部 博士(工学)

* 3 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部

度（1時間値）を利用した。また、説明変数には合わせて30種類の変数を採用し、気象要因として東京大手町の気象官署や立体局（東京タワー）、1都3県の全アメダス局での風向、風速、気温などの気象観測値を利用し、排出源要因としては、自動車および固定排出源のNO_xとSPM排出量推計値を利用した。解析対象は1995年度から2005年度までとし、これらの期間を、夏（4～9月）と冬（10月～3月）の2期間に分けて、それぞれ重回帰分析を行った。

3. 結果と考察

3.1 重回帰式を用いた濃度の再現性

重回帰式を用いた常監局濃度評価法の基本性能を評価するために、重回帰式を利用して算出される常監局濃度の推計値を観測値と比較した。

Table 1は、重回帰式を用いて算出した東京23区内自排局におけるNO₂、NO_x、SPM濃度の推計値と観測値の相関係数を、1時間値、日平均値、年平均値について表わしている。また、Fig. 1は、同じく年平均値について、重回帰式を用いて算出した濃度推計値と観測値の時系列を表している。

Table 1 Correlation coefficient between observations and estimations of hourly, daily and annual mean concentrations of NO₂, NO_x and SPM from roadside air quality monitoring stations

R-value (Obs. vs Calc.)	Hourly	Daily	Annual
NO ₂	0.798	0.868	0.916
NO _x	0.839	0.908	0.940
SPM	0.708	0.794	0.911

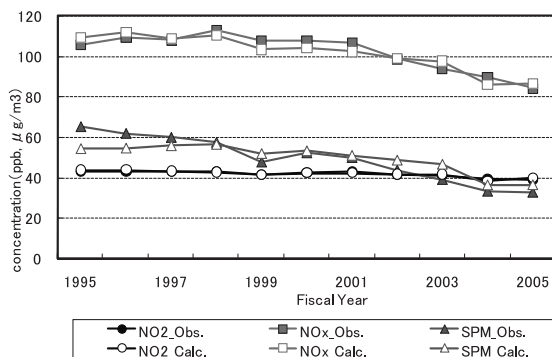


Fig. 1 Time-series comparisons of annual mean NO₂, NO_x and SPM concentrations between observations and calculations estimated from multiple regression equation

Table 1とFig. 1から、重回帰式を用いて算出した濃度推計値は、特に日平均値や年平均値のNO_xやNO₂で観測値との相関が高く、濃度変動の様子をよく追隨していることがわかる。SPMについては、NO_xやNO₂に比べ再現性が劣っており、SPMに対して寄与度の高い特有の要因が考慮されていないことが原因の一つと考えられるものの、全般的にみると、本研究で採用した説明変数を用いた重回帰分析により、自排局におけるNO₂、NO_x、SPM濃度を再現することが十分可能であることがわかった。

3.2 各種要因の寄与度の解析

3.1節で求められた重回帰式の回帰係数 a_k を用いて、要因 k の寄与度を評価した。Fig. 2は、夏季と冬季の東京23区内自排局のNO₂・NO_x・SPM濃度に対して、寄与度の高い上位10個の説明変数とその寄与度を表わしている。ここで、寄与度の正負は、それぞれ正の相関、負の相関に対応しており、寄与度の絶対値が大きいほど、濃度と説明変数の間の相関が強いことを表わしている。

これらの図から、主要な説明変数は、風速、自動車および固定排出量、一般局オキシダント濃度、大気安定度、曜日カテゴリ（平日・休日）となっており、これらの説明変数により、自排局濃度をほぼ説明できることを表わしている。

NO₂濃度については、自動車NO_x排出量の寄与度が相対的に低くなっているが、これは、近年各種規制により自動車NO_x排出量の低減が進んでいるにもかかわらず常監局のNO₂濃度が微減にとどまっている観測事実と一致する傾向である。

NO_x濃度については、特に夏季に自動車NO_x排出量による寄与が大きくなっているが、冬季になると気象要因による寄与が卓越することがわかる。また、周辺主風向東西成分（卓越風の東西ベクトル成分で、東風を1、南北風を0、西風を-1と設定）の寄与度が、共通して比較的大きな負の値となっている（一般局でも同様の傾向が見られた）。これは、卓越風が西風のときにNO_x濃度が上昇する傾向があることを示しており、東京都の西側にある地域からのNO_x発生の影響が大きい可能性を示唆している。

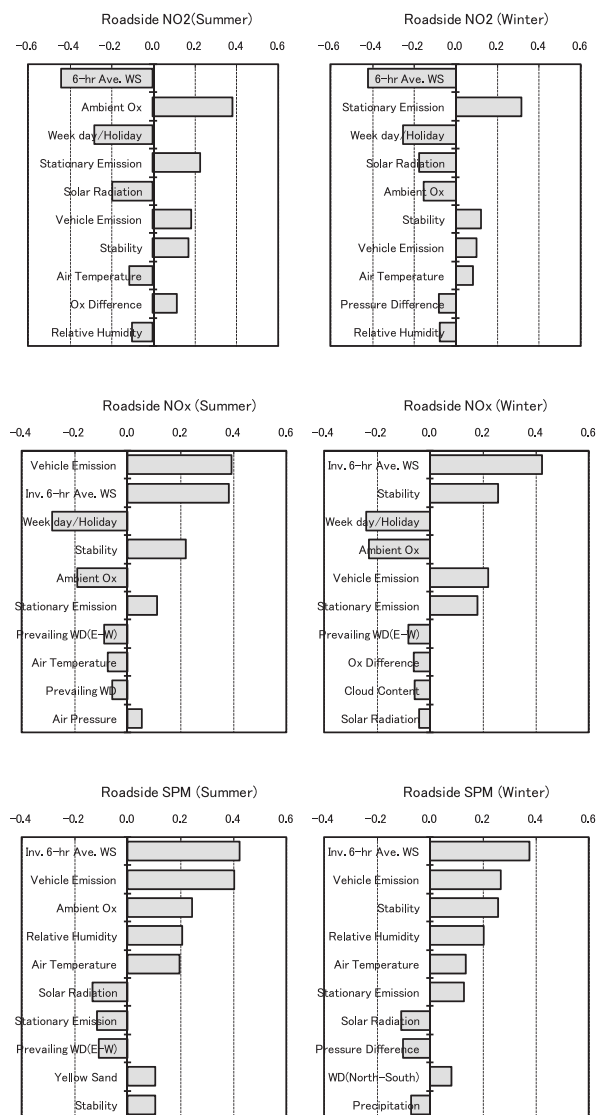


Fig. 2 Contribution factors of explanatory variables to roadside NO₂, NO_x and SPM concentrations

SPM濃度については、自動車排出量の寄与が非常に高くなっている。このことは、自動車SPM排出量の低減により自排局SPM濃度を効果的に減少できることを示しており、近年の自排局SPM濃度の着実な濃度低減傾向は、自動車SPM排出量の低減効果によるものと示唆される。また、SPM濃度の場合は、相対湿度の寄与が比較的高くなっているという特徴を持っているが、これは、大気中の水分によるSPMの凝結・成長と関連していることが考えられるが、測定器の湿度影響を表わしている可能性も否定できない。

3.3 高濃度日における各種要因の寄与度

前節では、1995年度から2005年度までの全データセットを用いて重回帰分析を行ったが、ここでは、同時期の高濃度が観測された日のみを抽出し、高濃度日を対象とした重回帰分析を行い、一般的な寄与度と高濃度日における寄与度に違いがあるかどうか調査した。ここで、高濃度日とは、NO₂、NO_x、SPM日平均濃度のうち、少なくとも1種類で、ある閾値を超える日であると定義し、閾値は、NO₂日平均濃度で60ppb、NO_x日平均濃度で175ppb、SPM日平均濃度で100 μ g/m³であると設定した。

Fig. 3は、夏季と冬季の高濃度日における東京23区内自排局NO₂・NO_x・SPM濃度に対する、説明変数の寄与度を表わしている。

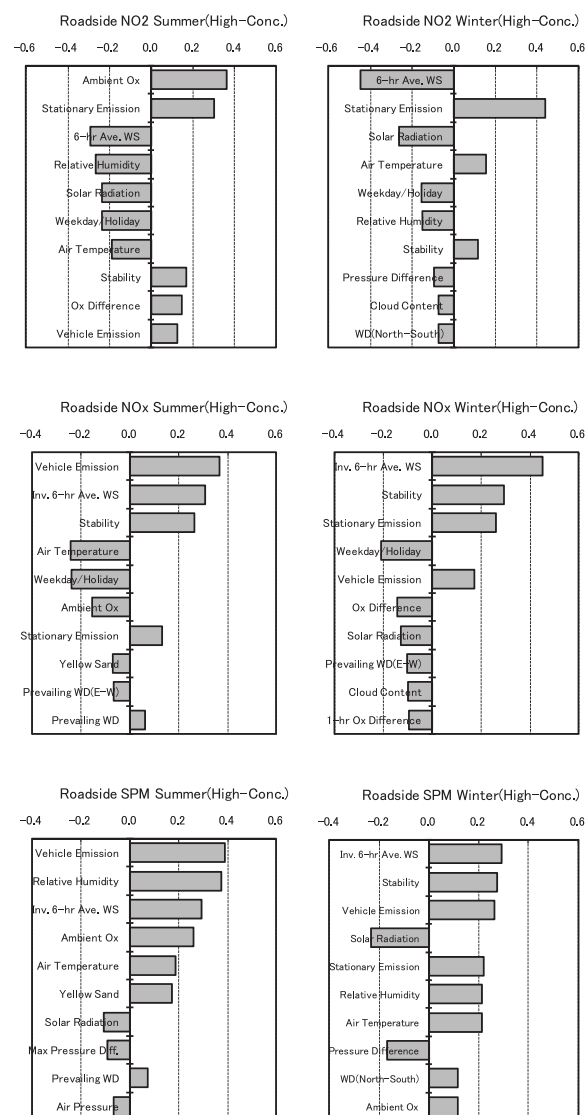


Fig. 3 Contribution factors of explanatory variables to roadside NO₂, NO_x and SPM concentrations at high pollutants concentration episode

高濃度日における各種要因の寄与度は、概して Fig. 2で示した通年での各種要因の寄与度と大きな差は見られないものの、すべての物質に共通して、特に冬季において、自動車排出量の寄与が減少し、固定排出量の寄与が増加するという傾向が見られる。この結果から、高濃度日においては、一般的な日に比べて、固定発生源からの排出量の寄与が大きくなり、自動車排出量の寄与は相対的に小さくなるということが言える。

ただし、ここで利用している自動車排出量・固定排出量は、実勢値ではなく2000年度をベースに各種統計量を用いて算出した推計値であり、現在のところ、発生量自体の精度や確度を検証する方法が存在しないため、排出量の実勢値と推計値の差がどの程度あり、これらの推計結果にどの程度影響を及ぼすかについては不明な点が多く、大きな課題が残されている。

4. まとめ

本報では、統計的手法である重回帰分析を用いて、常監局NO₂、NO_x、SPM濃度に対する気象や排出量など各種要因の寄与度の推計を行い、重回帰式を用いた常監局濃度の再現性について検討し、以下の結論を得た。

- ・本研究で採用した説明変数を用いた重回帰式により、自排局NO₂、NO_x、SPM濃度を精度よく推計でき、濃度変動の様子を十分再現できることがわかった。

- ・自排局濃度に対する自動車排出量の寄与について、NO_x・SPM濃度に対しては、寄与度が高いものの、NO₂濃度に対しては、寄与度が低いことが示された。このことから、NO_xやSPMについては、自動車排出量低減による濃度低減効果が大きい、NO₂はその効果が小さいことが示唆された。
- ・高濃度日を対象とした重回帰分析を行ったところ、高濃度日の常監局濃度に対して、特にNO₂とNO_xについて、固定排出量の寄与度が大きく、自動車排出量の寄与は相対的に小さくなるという結果が得られた。ただし、排出量データ推計値と実勢値の差など、不明な点が多く残されており、今後の検討課題である。

謝辞

本研究の実施にあたっては、気象庁提供の気象データ、および、東京都環境局提供の常監局濃度データを利用させて頂きました。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 環境省中央環境審議会：今後の自動車排ガス総合対策のあり方について（意見具申），平成19年2月23日
- 2) 財石油産業活性化センターJCAP推進部：平成16年度技術報告書「URMを用いた高濃度都市域の大気汚染解析技術の構築」
- 3) 河口至商：多変量解析入門Ⅰ，森北出版
- 4) 石村貞夫ほか：多変量解析のはなし，東京図書