

大気質モデルと GIS を用いた大気粒子の運動軌跡の推定方法

楊兆欣・山本佳世子

A Method of Estimating the Motion Trajectory of Atmospheric Particles Using Air Quality Model and GIS

Zhaoxin YANG and Kayoko YAMAMOTO

Abstract: With the rapid industrialization of the world and the expansion of the scale of economic activities, emissions of air pollutants are increasing rapidly. Therefore the present study aims to propose a method of estimating the motion trajectories of air pollutants discharged from a particular source. Among air pollutants, the present study picks up PM_{2.5} which has a strong relationship with the tremendous impact on human health. The specific methods are as follows: First, using terrain data and weather data to create the meteorological field. Second, using the emission data and the air quality model, a two-stage estimation will be performed. In the first stage, using a wide-area air quality model throughout the study region the areas where the concentration distributions of PM_{2.5} are tremendously high are selected as the targeted areas in the second stage. In the second stage, the pollution sources for the areas where the concentration distribution of PM_{2.5} is tremendously high are checked in detail, using roadside air quality model, the motion trajectory of PM_{2.5} which is discharged from particular pollution sources is estimated. By this estimation method, it is possible to provide effective information for the reduction of pollutants.

Keywords: 大気質モデル (Air Quality Model)、地理情報システム (Geography Information System)、微小粒子状物質 PM_{2.5} (Particulate Matter 2.5)、運動軌跡 (Movement Trajectory)

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

人間は、生産活動や消費活動の結果、さまざまな排出物や廃棄物を生み出している。これらの量がそれほど多くないときには、自然の浄化作用によって十分に処理されていたが、多量になって自然の処理能力を超える一方で、自然の浄化能力に処理を依存できない新しい廃棄物も発生するようになった。こうして自然環境の汚染が進み、生態系が破壊されるとともに、人間の健康にも被害が生じ、大気汚染をはじめとする公害問題が発生するようになった。こうした問題に対処するためには、まずは大気汚染の現状をできるだけ正確に

把握し、適切な対策を講じる必要がある。

以上の背景に基づき、本研究は大気質モデルと地理情報システム (GIS) を利用し、特定の発生源から排出された大気汚染物質の運動軌跡を推定する方法を提案することを目的とする。本研究では大気汚染物質として、人間の健康への影響が強く懸念されている PM_{2.5} (微小粒子状物質) を取り上げる。また、推定した粒子の運動軌跡により、PM_{2.5} の削減対策に対して従来よりも有効な情報提供を行う。

1.2 関連分野の先行研究と本研究の位置付け

本研究の関連分野における先行研究では、(1) 大気汚染物質に関する研究として、東野ら (2007)

などはダイオキシン類の性質や構造を分析し、発生源の寄与を把握した。(2)大気汚染物質と大気質モデルに着目した研究として、佐藤ら(2004)は大気拡散モデルによるダイオキシン類の挙動のシミュレーションを行い、大気拡散モデルの有用性を検証し、Viel(2011)などはダイオキシン類の大気中の挙動を推定するために大気拡散モデルとGISを併用することの有用性を示した。(3)環境リスクの評価に関する研究として、Ishii et al.(2014)は大気拡散モデルとGISを用いて、広範囲と高濃度地域の狭範囲の2段階でダイオキシン類の拡散状況を把握して、環境リスクを評価する方法を提案した。以上の先行研究に対して、本研究ではこれまであまり対象とされなかった特定の発生源から排出されたPM2.5を取り上げ、大気質モデルとGISを利用して詳細な運動軌跡を推定できる方法を提案することで独自性を示す。また、既存の拡散式と組み合わせてモデルの精度向上させることで有用性を示す。

2. 推定の枠組と方法

2.1 推定の枠組み

(1) 気象場の作成

地形データを用いて、解析対象となる計算範囲を選択し、作成する。4時間値と集計値の気象データを用いて、対象計算範囲の気象データを作成する。

(2) 排出量シナリオの作成

排出シナリオは時間変化あると一定値の二つの排出シナリオを作成する。排出量は排出データ処理システムSMOKE(Sparse Matrix Operator Kernel Emission)をベースとして、空間・時間・化学種の配分を投入して推計する。空間配分の指標は、計算領域の面積や人口、道路長などのGISデータを用いて作成する。

(3) 大気質の推計

気象場とSMOKEで推計した排出データを用いて、計算ケースを作成する。CMAQ(Community

Multi-scale Air Quality Model)により大気質を推計することで、PM2.5の汚染濃度分布を把握する。

(4) 第一段階の推定

第一段階ではCMAQの広域大気質モデルを用いて、研究対象地域全域という広範囲で1kmグリッド指標データ(3次メッシュと同様)を用いて推定し、PM2.5の粒子濃度が高い地域を選定する。また、推定値と観測値を比較することにより、モデルの精度を検証する。

(5) 第二段階の推定

第一段階で選定されたPM2.5の粒子濃度が高い地域において発生源に関する調査を行い、木村ら(2013)を参考に沿道大気質モデルを用いて、特定の発生源で100mグリッド指標データ(5次メッシュと同様)を用いて、特定の発生源から排出されるPM2.5の運動軌跡を詳細に推定する。

2.2 推定方法

2.2.1 大気質モデル

大気質モデルは、大気中に放出される物質の放出量と環境濃度の関係を数式等で記述したモデルである。また、大気質モデルには、パフ・プルーム型拡散モデル、ボックス型光化学反応モデル、トラジェクトリー型モデルなど多くの種類のモデルがあり、利用目的に応じて選択されるべきである。しかしながら現在では、大気質モデルといえば、三次元オイラー型(格子)のフレームワークを持ち、大気中を輸送される多種多様な物質とあらゆる物理・化学過程を扱い、刻々と変化する濃度を予測するモデルがイメージされる。

2.2.2 広域大気モデル

(1) 広域大気質モデルの概要

一般に、大気環境は、人間の活動及び自然界からの大気への排出物が、風によって輸送されるとともに大気化学反応を起こすことによって形成される。化学物質の移動は長距離にまで及んでおり、日本の大気質には大陸からの排出物の寄与が

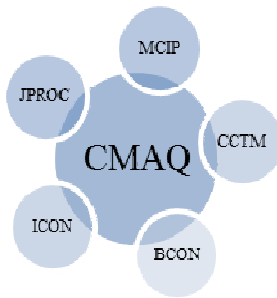


図-1 CMAQ の主なプログラム

あることが知られている。このようなスケールの現象を再現予測する大気モデルを広域大気質モデルと呼び、都市における一般的な大気環境の予測にもこのモデルが用いられている。これに対し、本研究で用いる CMAQ は、Fortran90 で書かれた大気化学輸送モデルのためのプログラム群である。CMAQ の主なプログラムを図 1 に示す。

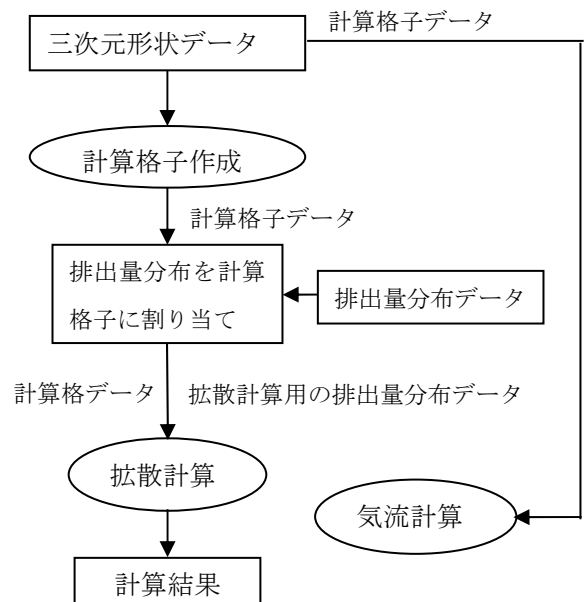


図 2 沿道大気質モデルの計算フロー
注) 木村ら (2013) を参考に作成

2.2.2 沿道大気モデル

排出ガスが一般環境に拡散するまでの比較的狭い範囲内で、大気化学反応も限定的である排出ガスの輸送には、一般的には、風に加えて、都市では並立する建物や高架道路などの構造物による局所的な気流が作用する。このようなスケールの現象を再現・予測する大気モデルを沿道大気質モデルと呼ぶ。沿道大気質モデルでは、排出ガス量及び構造物の幾何形状に基づいた気流場、拡散場などの影響要因を高精度に再現することができる。OpenFOAM を用いた沿道大気質モデルの計算フローを図 2 に示す。このモデルでは気流計算（定常解析）を行い、これで得られた気流計算結果とガス排出量分布を用いて、ガス拡散輸送方程式（定常解析）を解き、PM2.5 の空間濃度分布を予測する。

3. 研究対象地域の選定

本研究では、特定の発生源から排出された大気汚染粒子の運動軌跡を推定する対象地域として、広域大気質モデルを用いた第一段階の推定の対

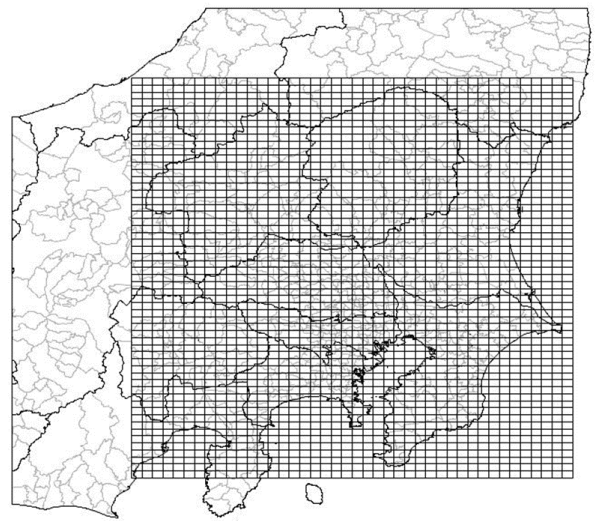


図-3 研究対象地域（関東圏）

象領域は、図 3 に示す関東圏全域とする。沿道大気質モデルを用いた第二段階の推定の対象領域は、第一段階で推定された汚染粒子の濃度が高い地域を選定する。第一段階で計算範囲を構成する計算グリットは 3 次メッシュ（約 1km グリット）5*5 個、つまり 5km*5km の領域となり、関東圏のグリット数は 42*57 となる。

4. 第一段階の推定結果

第一段階では、2009年1月1日から2013年12月31日までの関東圏における気象データを作成した。例として、2013年の風配図を図4、4時間値の風況図を図5に示す。図5より、研究対象地域における風の動きを把握することができる。これらのデータを用いて排出量シナリオを作成し、第一段階の推定を行う。この推定結果を基に推定値と観測値を比較し、大気質モデルの精度を検証する。そして、粒子濃度が高い地域を選定し、第二段階の研究対象地域とする。

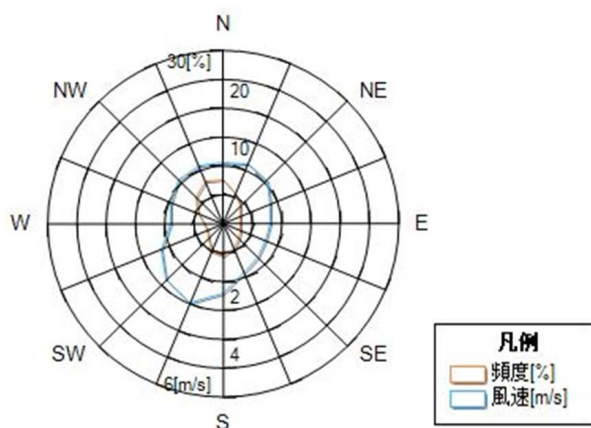


図-4 2013年における風配図

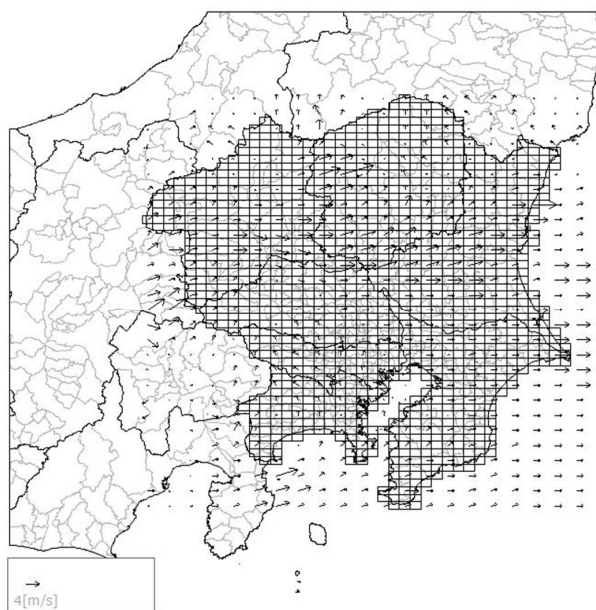


図-5 2013 における風況図

5. おわりに

本研究では、今後は、第二段階の推定により、特定の発生源からの拡散計算の精度を検証するとともに、本研究で提案する推定方法の予測結果をより実現象に近づけるために検討を重ねる。また、本研究では、汚染物質として今まであまり研究対象とされていなかったPM2.5を取り上げた。本研究の推定方法は、PM2.5だけではなく、沢山の汚染物質の推定にも応用することが可能である。さらに、本研究で推定した粒子の運動軌跡の推定結果を基に、環境リスクの評価方法を新しく提案する。

参考文献

- 1) 東野和雄, 阿部圭恵, 山本央, 橋本俊次, 柏木宣久, 佐々木裕子: ケミカルマスバランス法によるダイオキシン類の発生源寄与推計方法の検討, 2007年度東京都環境科研究所年報, pp.63-68, 2007
- 2) 佐藤圭輔, 清水芳久, 鈴木佑麻, 金秀眞, 中村昌文, 服部一美: 流域土壌を対象とした焼却に伴うダイオキシン類の空間分布推定に関する研究, EICA, Vol.9, No.2, pp.273-276, 2004
- 3) 石井真和, 山本佳世子: 大気拡散モデルとGISを用いた環境リスクの評価方法に関する研究, 修士論文, 2013
- 4) 妹尾賢: 副次的効果の評価のための大気質モデルの精度向上に関する研究, 修士論文, 2014
- 5) J. F. Viel: GIS and Atmospheric Diffusion Modeling for Assessment of Individual Exposure to Dioxins Emitted from a Municipal Solid Waste Incinerator, In J. A. Maantay, S. McLafferty, Eds., Geospatial Analysis of Environmental Health, Springer Verlag, Berlin, pp.443-456, 2011
- 6) M. Ishii, K. Yamamoto: An Environmental Risk Evaluation Method Employing Atmospheric Dispersion Models and GIS, Journal of Environmental Protection, Vol.4, No.12, pp.1392-1408, 2013
- 7) F. S. Binkowski, S.J. Roselle: Models - 3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Model Aerosol Component 1. Model Description, Journal of Geophysical Research, Vol.108, No.D6, pp.3-1-3-18, 2003
- 8) 木村真, 伊藤晃佳: OpenFOAMを用いた沿道大気質モデルの開発, JARI Research Journal, pp.1-5, 2013