

東アジアにおける大気浮遊物質の移流・拡散とその将来変化に関する研究

法政大学 デザイン工学部 ○ 学生員 北村 亮輔
法政大学 デザイン工学部 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

産業革命以降、加速度的に使用された石炭や石油などの化石燃料は二酸化炭素などを大量に放出し人間の暮らしを豊かにすると同時に健康被害も与えてきた。日本では大気汚染防止法を初めとする様々な規制の制定により大気汚染物質の値は減少傾向であるが、それに対し東アジアにおいて大気汚染物質の排出量が増加傾向を示し今後も増加が予想されている。中でも世界第二位のエネルギー消費大国である中国において、急激な工業化に伴う経済成長に応じた環境対策は十分に行われていない。また近年ではPM2.5の影響により、中国国内には様々な健康被害に加え農作物の生育不良といった二次被害も顕在化している。中国に対し偏西風帯の下流域に位置する日本において、PM2.5は山岳域における植物生態系への影響のみならず環境基準の達成にも影響を及ぼし、深刻な社会問題となる可能性がある。さらに、1891年以降100年間の世界の平均気温は上昇しており、特に東アジアを含む北半球の中・高緯度において地球温暖化が今後顕在化し、同地域の大気環境にも少なからず影響を与えられとされる。

そこで本研究では、地球温暖化などの気候変動を考慮した影響評価を目指して、領域化学輸送モデルWRF/Chemを用いてSO₂及びPM2.5の輸送過程に着目した解析を行った。具体的には全球気候モデルGCM20 (General Circulation Model) により算出された現在と将来の集計データに対してパターン認識手法の一つである自己組織化マップ (Self-Organizing Maps) を用いて、中国からの移流拡散の影響が大きい冬季の気象条件のパターン分類を行った。また、詳細な移流・拡散の解析を行う為に領域化学輸送モデルであるWRF/Chemを用いて、東アジアにおける大気浮遊物質の移流・拡散とその将来変化について実験的な数値シミュレーションを実施した。

2. モデルの概要および計算条件

WRF/Chem (Weather Research and Forecasting model with Chemistry) とは、アメリカ大気研究センター (NCAR) およびアメリカ国立海洋大気圏局 (NOAA) が開発を主導している領域化学輸送モデルであり、気象場と化学反応系をオンラインで結合して同時に計算を行う事で、アジア域や日本域などの特定の領域における汚染気体の輸送や化学反応のシミュレーションを行うモデルである。

本研究では大気場データとして、全球気候モデルGCM20¹⁾の出力データを与え、地形標高データにはUSGS (U.S. Geological Survey) 提供の緯度・経度30秒 (約0.925km) の分解能データを用いた。植生起源放出量については、全球を対象とし季節変動が考慮される水平解像度が1°×1°で整備されたGuenther biogenic emissionsを用いた。また計算領域は、北緯35.00°、東経127.50°を中心としネスティングを用いた。解析するドメインの格子数は120×120及び199×160、格子間隔をそれぞれ60km及び20kmとした。計算効率を考慮し大気場計算ステップを1分、化学計算ステップを10分、光分解計算ステップを30分とし、出力時間間隔は3時間として計算を行った。

3. SOMを用いた大気場のパターン分類

(1) 自己組織化マップ (SOM)

自己組織化マップ (SOM) とは、教師なし学習のニューラルネットワークである。この手法は、非線形かつ多次元データが示す複雑なパターンを二次元のマップ上に射影し視覚的に理解しやすくすることを目的に開発された手法であり、その応用範囲は多岐にわたっている。このマップの特徴として、互いに酷似する特徴を持つベクトルはマップ上で近接し、異なる特徴を持つベクトルは相対的に遠くに配置する事であり、これにより類似性と異質性を可視化している。本研究では、現在と将来の気候のパターン分類を行うため、GCM20により算出された集計データ (1.25°メッシュデータ) を用いてクラスタ分類を行った。データの期間として現在条件が1979年1月～2009年2月、将来条件が2075年1月～2105年2月であり、各日付に対し0時、6時、12時、18時の4時刻のデータが含まれている。

(2) 現在及び将来条件における大気場の傾向

結果を図-1に示す。この結果から本研究では一番色の濃いノード間 (グリッド) を1として分類のし易さ、データの量などを考慮し閾値を0.5に設定した。そのマップを用いて境界判別を行った結果を図-2に示す。今回のクラスタ分類に選出されたのは、現在条件の5958ケース (55.2%)、将来条件の6917ケース (64%) である。ここでは、クラスタ

pf-wada-0003.cod - Dim: 48, Size: 20*10 units, bubble neighborhood

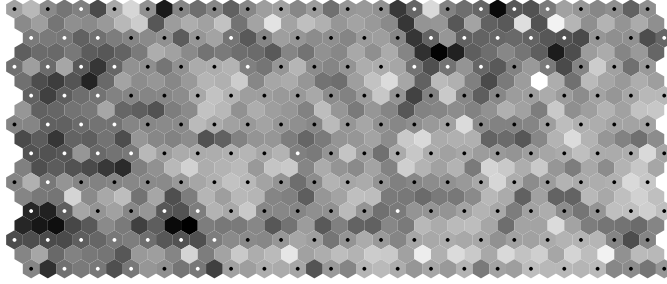
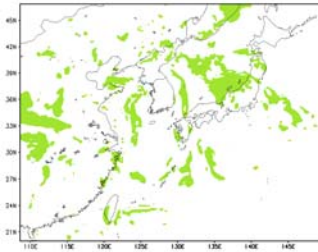


図-1 SOMにより得られた2次元マップ

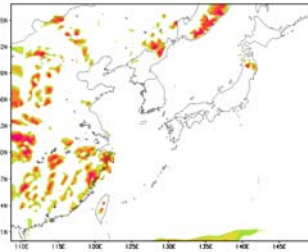
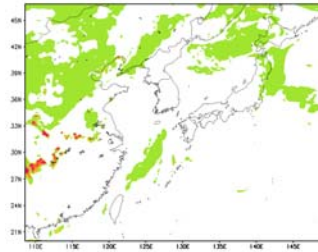
pf-wada-0003.cod - Dim: 48, Size: 20*10 units, bubble neighborhood



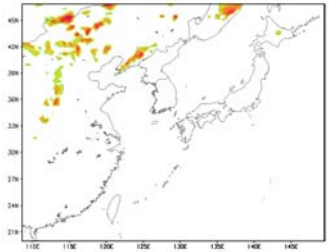
図-2 パターン分類を行った2次元マップ



PM2.5 (高度 200m, 42 時間後)

SO₂ (高度 200m, 42 時間後)

PM2.5 (高度 200m, 15 時間後)

SO₂ (高度 200m, 15 時間後)図-3 大気場 2 における PM2.5 と SO₂ の濃度分布図-4 大気場 5 における PM2.5 と SO₂ の濃度分布

分類結果を示す各色に対して blue = 1, green = 2, orange = 3, red = 4, yellow = 5, aqua = 6, purpul = 7 と番号を割り当てた。将来的な増加傾向が強い大気場は順に No.2, 5, 7, 1 の 4 つであり, 将来的な減少傾向が強い大気場は No.4 であった。将来の風速場において発生頻度が 74 % であり, 今回最も増加傾向を多く示した No.2 (green) は傾向として北西と北から, 南東に向けて風が流れ込み拡がっている。次いで増加傾向が高い (40 %) No.5 は, 北西で 2 つの渦が出来ており南西への風が確認された。比湿においてはどの大気場においても, 大陸側で低く海洋が広がる太平洋側で高いという傾向があった, さらに現在よりも将来の方が全体的に高い値を示す傾向も確認された。

4. シュミレーション結果と考察

クラスタ分類された中から増加傾向にある No.2 と No.5 に対して WRF/Chem を用いて移流・拡散のシュミレーションを行った。計算開始 15 時間後における No.2 の計算結果を, 図-3 に, 計算開始 42 時間後における No.5 の計算結果をそれぞれ, 図-4 に示す。No.2 では, 滞留している SO₂ と比較し PM2.5 の越流が見られ, 相対的な濃度としては低いものの日本への越境汚染が懸念された。また, 全体的な評価としては, 上層における SO₂ の分布は比較的少なく, 下層で活発な挙動が観察された。PM2.5 については高度の高い位置においても SO₂ よりも相対的に濃度は高い値を示しており, これは微小粒子であることで高い高度にも拡散している事が推察される。PM2.5 は大気中での化学反応により発生する 2 次生成物であるが, 今回のシュミレーションにおいても SO₂ の発生後, その地域の PM2.5 の濃度上昇や発生が見られ, これは SO₂ が拡散しきった時点やそれ以降でも確認された。

5. まとめと今後の課題

本研究では, 地球温暖化などの気候変動を考慮した影響評価を目指して, SOM により分類分けされた気象場に対し領域化学輸送モデル WRF/Chem を用いて SO₂ 及び PM2.5 の輸送過程に着目した解析を行った。その結果, 増加傾向にある大気場において大気汚染物質が広域, 高高度に影響に及ぼす事が推察された。なお, ここで挙げた 2 つの大気場の例以外でもその事が確認された。

今後の課題としては計算に入力する放出量データや, より再現性の高い計算スキームの検討を行う事と, その計算結果を比較する事で計算効率の両立と再現性の向上を図る事である。

参考文献

- 1) 井上剛, 中房悟, 吉川桃世: GCM20 と地域頻度解析による茨城県における極端降水量の将来変化の評価, 土木学会, 2011。