

A5 クリギング法と探索アルゴリズムを用いた 大気常時監視測定局の適正配置の検討

Optimization of air pollution monitoring networks by kriging and search algorithm

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域
28H14013 岩橋香季 (Koki IWAHASHI)

Abstract: In Japan, discussion on specific arrangement of air pollution monitoring station is not sufficient. In addition, it is expected to review the monitoring station because of worsening financial condition of the local government. In this study, the spatial distribution of nitrogen dioxide was predicted by ordinary kriging based on the data from the existing monitoring stations. Then the removal of monitoring stations with relatively low importance was considered by using a Hybrid method of Genetic algorithm and Simulated annealing (HGS). HGS makes full use of the abilities of genetic algorithm for searching a big space and of simulated annealing for finding local optimization. Further, the spatial distributions of ozone and suspended particulate matter obtained from the optimized monitoring stations were compared with those obtained from the existing monitoring stations to verify the optimization. The results showed that HGS is effective tool.

Keywords: Kriging, Monitoring station, Genetic algorithm, Simulated annealing, NO₂

1. はじめに

大気環境を的確に把握するために、大気汚染防止法に基づき都道府県および大気汚染防止法上の政令市において常時監視システムによる大気汚染の監視が行われている。日本の常時監視システムの設計に関しては環境省から「望ましい測定局数」の算出方法が示されているが、具体的な「配置」に関しての考え方の議論は十分ではない。また、測定局は主に人口が集中する都市域などの地域に設置されることが多く、一次汚染物質に関しては高濃度地域を把握することは可能である。一方で、昨今の自治体の財政状態悪化に伴って測定局の削減も予想されることから、より少ない測定局数でも現在と同様の濃度分布を得られることが求められる。そこで、大気汚染物質の空間濃度推定に有効だと考えられるクリギング法¹⁾を用いて大気汚染物質濃度空間分布の把握をし、そのうえで探索アルゴリズムの中でも探索能力、汎用性共に最良であるハイブリッド・アルゴリズム²⁾を用いたモニタリング局の削減について検討することを目的とする。

2. 濃度分布予測について

大気汚染物質の空間分布予測に、地理統計解析手法として使用されることが多いクリギング法を用いた。濃度空間分布予測をする対象物質は二酸化窒素 (NO₂)、浮遊状粒子物質 (SPM)、光化学オキシダント (O_x) とした。対象領域は都市スケールで大阪府、全国スケールで日本とし、対象年度は得られるデータで最も新しい 2010~2013 年のものを用いた。

3. 測定局の適正配置について

昨今の自治体の財政状態悪化に伴って今後モニタリング局の削減がなされるという想定のもと、クリギング法から得られた空間分布予測を基に測定局を都市スケールでは既存の測定局の 3 分の 1, 2 分の 1 にあたる 20, 30 局削減した。全国スケールでは環境省が提言している全国的視点からの測定局数で少なくとも 1000 局程度必要ということから、200 局の測定局を削減した。探索アルゴリズムとして、大局的探索得意である遺伝アルゴリズムと局所的探索が得意な焼きなまし法を組み合わせたハイブリッド・アルゴリズム (HGS) を用いた。その後削減前後得られた濃度分布予測を比較した。

4. 結果と考察

対象とした3物質, 2空間スケールの中で濃度分布の予測精度が最も良い大阪府のNO₂濃度分布予測を図1に示す. クリギング法によって得られたNO₂濃度空間分布は大阪湾沿岸の中部西側が高濃度となり, その場所を中心とした同心円状に濃度が低下していく傾向があった. 対象地域には高濃度部分に日本でも有数の大都市である大阪市があり, 工場や交通量も多くNO_x排出源が大量にあるため高濃度になったと考えられる. R²値が概ね0.8を超えており得られた濃度分布は発生源の分布を反映していると考えられる. また, 日本のNO₂濃度分布予測も良好な結果が得られた. 一方, SPM, O_xに関して, 濃度分布予測は都市スケールよりも全国スケールの方が良好な結果を示した.

20局削減した測定局の配置から得られたNO₂濃度分布予測を図1に削減前後の濃度分布予測の差分を図2に示す. NO₂の削減前後の濃度分布予測のRMSEは5%以内となった. また, SPM, O_xについても同程度の結果が得られ, NO₂濃度分布予測をもとにHGSで得られた測定局配置は, 汚染物質の種類に関係なく濃度分布予測に及ぼす影響が小さいことが分かった.

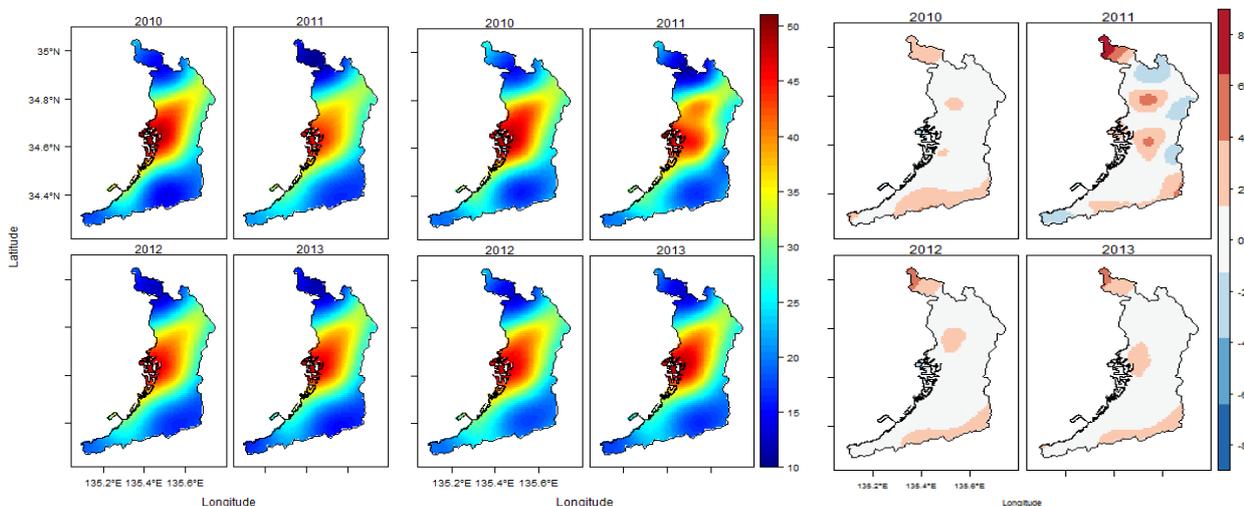


図1 NO₂濃度分布予測 (左:削減前, 右削減後)

図2 削減前後の濃度差分 (NO₂)

5. 結論

本研究の結論を以下にまとめる.

- 精度評価の結果, NO₂に関してクリギング法は都市スケール, 全国スケールとも濃度分布予測に有効な手法であった. 一方, SPM, O_xに関しては都市スケールでの濃度分布予測よりも全国スケールでの濃度分布予測の方が良好な結果が得られた.
- 本研究で使用したHGSで得られた削減後の測定局配置は, 汚染物質の種類に関係なく濃度分布予測に及ぼす影響が小さいことが分かった. 都市スケールでは, ある程度密集した測定局を3分の1程度まで削減することが可能であることが示唆された. 全国スケールでは全国的視点からの測定局数でも予測精度に大きな差はない.

今後の課題として, 探索アルゴリズムの有効性は示唆されたが, クリギング法による予測精度に関しては, まだまだ改善の余地がある. SPM, O_xに関しては, 線形回帰モデルとクリギング法を組み合わせたレグレッション・クリギング法を用いることで精度向上が期待できる.

参考文献

- 1) 間瀬茂他. "空間データモデリングー空間統計学の応用." 共立出版 (2001): 135-151
- 2) Araki, Shin, et al. "Optimization of air monitoring networks using chemical transport model and search algorithm." Atmospheric Environment 122 (2015): 22-30.