

事前情報を用いた土壤汚染概況調査における試料採取地点の最適配置探索

京都大学大学院 学生会員 坂内 修
 三菱総合研究所 非会員 岩田 留美
 京都大学大学院 正会員 米田 稔
 京都大学大学院 正会員 森澤 眞輔

1. はじめに

近年、企業の工場跡地等の再開発に伴い、重金属、揮発性有機化合物等の土壤汚染が顕在化しており、土壤汚染対策法が制定された。土壤汚染概況調査における土壤採取地点決定法は汚染の恐れがある場合調査対象を 100 m²区画ごとに調査し、汚染の恐れが少ない場合は 900 m²区画について 5 地点混合法について調査を行い、指定基準を超過した区画全体を汚染指定区域として設定する。土壤汚染概況調査において土壤採取地点を決定する際、過去の実測データではなくこのあたりが高そうだというあいまいな情報が存在しているケースが多い。本研究では条件付確率分布を用いた土壤採取地点の評価関数を用い、あいまいな事前情報を組み込んだ土壤採取地点の最適配置を決定し、事前情報を利用する方法の有効性について検討した。

2. 評価関数の設定

土壤概況調査におけるサンプリング地点配置の最適性を表す関数を以下のように定義した。まず対象領域内の汚染物質の高濃度地点を把握することを目的とし、観測データから推定される地点濃度の期待値が真の地点濃度に最も近くなる配置を最適な配置と考える。しかし実際には真の場は未知なので、図 1 に示すようなモンテカルロ的手法を用いて推定誤差の二乗の期待値を求めることにした。

手順 1 汚染物質の空間的確率分布の母数（期待値 μ 、分散 σ^2 、相関スケール L ）を仮定して実際には未知の真の場の確率的標本（模擬真の場）を多数（ N_{sim} 個）発生させる。

手順 2 発生した各模擬真の場において、新たなサンプリング候補地点から得られる観測データを用いて最尤推定を行い確率分布の母数を推定し直す。相関スケールは 5m から 200m まで 1m 間隔として尤度関数を最大にする相関スケールを母数として選択した。

手順 3 手順 2 で推定した母数を用いて、サンプリング候補地点から得られるデータで条件付けした場の条件付き期待値を求める。

手順 4 手順 3 で推定した場の条件付き濃度値 $\{T_{est}\}$ と、模擬真の場における真の濃度値 $\{T\}$ の差の 2 乗を各地点について求め、推定誤差の 2 乗の期待値を求める。

手順 5 各模擬真の場において求めた推定誤差の 2 乗の期待値の期待値を求める。

3. あいまいな事前情報の導入

あいまいな事前情報を導入する場合は手順 1 において、他の地点より濃度が高そうだという地点を汚染予想地点とし、汚染予想地点が領域の期待値 μ 以上となる濃度分布を模擬真の場として設定した。図 2 に手順を示す。あいまいな事前情報を加えない場合は条件による選択を行わない。

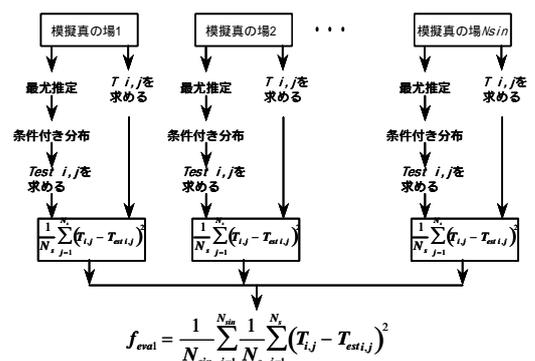


図1 評価関数の求め方

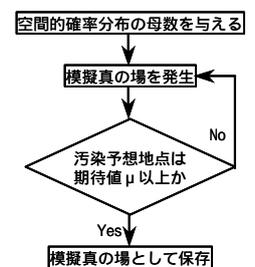


図2 事前情報の導入

キーワード 土壤汚染 試料採取地点 最適配置 地球統計学

連絡先 〒606-8317 京都府京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 環境リスク工学講座

T E L 075-753-5156 FAX075-753-5066

4. 最適配置の評価方法

土壤採取候補地点を N ，土壤採取地点数を k とすると，採取地点の組み合わせは ${}_N C_k$ 組存在する． $N=125$ ， $k=10$ の場合 ${}_{125} C_{10} = 1773670910$ 94050 組存在し，全組み合わせについて評価関数を計算させるのは不可能に近い．最適配置を探索するアルゴリズムとして図3に示す最急降下地点探索法を用いた．初期配置をランダムに生成し，初期配置のうち1つの地点について東西南北4方向のいずれか1方向の隣接地点に移動させた配置を候補として生成する．領域外に移動する場合および他の採取地点と重なる場合は候補に含めない．生成した候補について評価関数を計算し，最も優れている候補を1つ選択する．初期配置と選択された候補について評価関数を比較し，候補がより適している場合にはその候補を新たな初期配置とする．初期配置の方がより適している評価関数の値を持つ場合には，地点配置が局所解に到達したとみなし，探索を終了する．本研究では初期配置の組み合わせを10000組生成し，そのうち評価関数の値が適している100組について最急降下地点探索法を行った．100組の局所解のうち最も適した配置を最適配置とする．

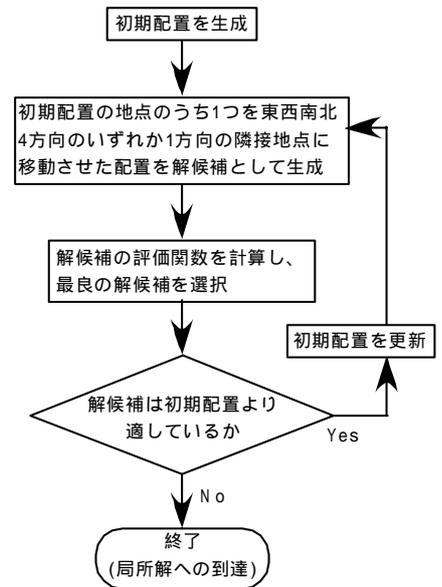


図3 最急降下地点探索法のフローチャート

5. 試料採取地点の探索

図4に示す125地点について土壤採取地点を20地点とし，事前情報を与えない場合と の地点を汚染予想地点として事前情報を与えた場合について最適配置の探索を行った．図中の円の面積はNiの土壤中濃度分布を示す．結果を図5(a)，(b)に示す．事前情報を与えない場合は領域内で概ね均等な配置を取り，事前情報を与えた場合は汚染予想地点を含むような配置をとっている．

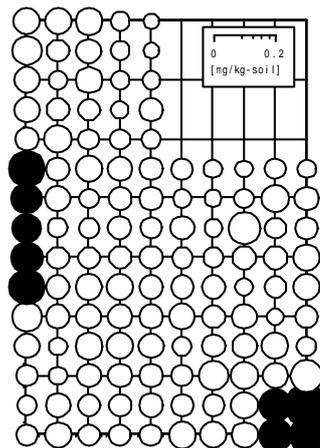


図4 Niの濃度分布

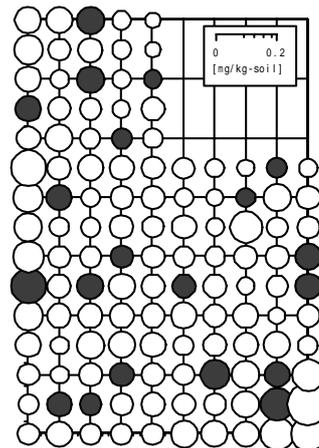


図5(a) 事前情報なし

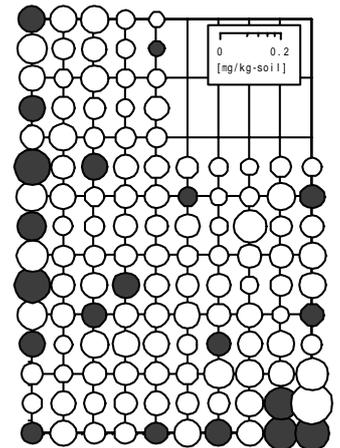


図5(b) 事前情報あり

6. まとめ

本研究では確率論的手法を用いて場の不確定性を考慮した最適なサンプリング地点を選択する方法について検討した．ある地点が高そうだという事前情報が存在するが濃度値などの確実な情報が存在しないあいまいな事前情報を組み込んだサンプリング地点配置を探索した結果，無情報により決定した地点配置よりも対象領域の濃度分布を精度よく推定することができた．

7. 参考文献

中央環境審議会答申，土壤汚染対策法に係わる技術的事項について，2003

木内智明，米田 稔，森澤眞輔，大塚順基，ハイブリッド遺伝アルゴリズムを用いた土壤汚染概況調査における試料採取地点最適配置探索，土木学会論文集，No.699/VII-22，pp.11-21，2002.2.

西村留美，米田稔，森澤眞輔，確率論的手法と遺伝アルゴリズムを用いた土壤汚染調査地点の最適配置，環境衛生工学研究，第13巻第2号，1999