

Ⅲ－41

遺伝的アルゴリズムを用いた地下水汚染源位置の推定法

東北大学()学生員 笠原 薫
 東北大学 正会員 朴 燦燦
 東北大学 正会員 風間 基樹

1. 序論

近年、TCE、PCEといった揮発性有機塩素化合物による地下水汚染が深刻な環境問題として注目されている。このような地下水汚染の特徴は、地下に存在する汚染源を取り除かないかぎり、汚染が回復するのに長期間かかることである。したがって地下水汚染を効率良く修復するためには、汚染現を特定することが重要となってくる。しかし、実際には、地下水の汚染状況は図1のように井戸のある数点の状況しか知り得ない。本研究では、数箇所の濃度の観測データから遺伝的アルゴリズム（以下GA）を用いて地下水汚染の汚染源位置の推定を試みた。

2. GAの地下水汚染問題への適用

ここでは、地下水中に溶解した物質の移流拡散を考える。限られた数の観測井のとびとびの濃度データが与えられたとき、元々の汚染源位置、濃度、流速を同定する逆問題である。GAを適用することは、組合せ最適化問題を対象としていることになる。

2.1 GAのアルゴリズムについて

図2にGAのアルゴリズムのフローチャートを示す。GAには、選択、交叉、突然変異の三つの基本操作がある。計算に用いた交叉法は一点交叉であり、交叉位置を乱数により変化させた。選択の方法は、アルゴリズム1（以下A1）：交叉によりできたデータの組の評価率が悪ければ新しいデータの組は採用せず、元のデータの組をそのまま残す方法。アルゴリズム2（以下A2）：評価率にかかわらず新しい組を採用する方法の2つを用いた。突然変異率は、A1、A2によらず0.3とし、エリート戦略を用いた。

2.2 評価関数について

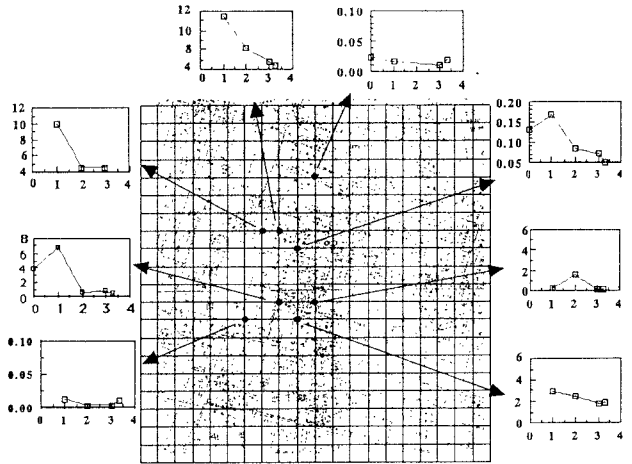
各データの組から移流拡散解析を行い、各観測井に対応する点の濃度の時刻歴を計算した。その計算値と実際の観測値の残差平方和を評価関数とした。

2.3 移流拡散方程式の解き方

移流拡散方程式をクランク・ニコルソン法により、時間による偏微分項を前進差分で、距離による偏微分項を中心差分で差分化し、ヤコビの反復法により収束させる。

3. 推定法の検証

本研究に用いたGAにより最適組み合わせを探し出せるかどうかを検証するため、まず、ある初期データを用いて移流拡散方程式を解いて真値とする観測井の値を計算した。差分のメッシュは、50×



図－1 M県T町のTCE汚染例
 グラフは監視井戸のTCE濃度経年変化
 縦軸は、濃度(ppm)、
 横軸は、観測開始からの経過年数

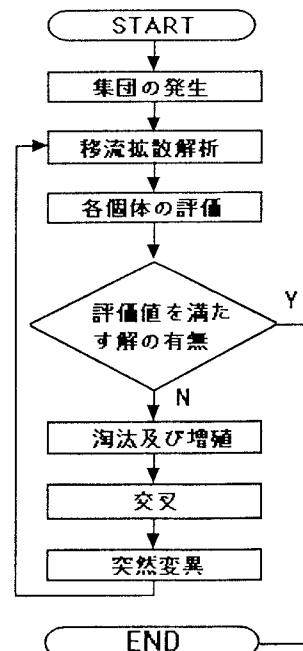


図.2 計算に用いたアルゴリズムのフローチャート

50である。この観測井の濃度から、方程式を解くのに設定した初期データの値を推定することとした。設定した真の初期値を表-1に、それらを用い計算した2400時間後の濃度の分布を図-3に示す。推定には、8つの地点120/1200/2400時間後の濃度を用いる。ここで、両アルゴリズムとも世代数と1世代あたりの個体数を変えた2つの条件について計算した。計4つの条件を表-2に示す。各条件の世代ごとの収束状況を図-4に示す。これによると、A1とA2では、A1の方がある程度の精度の解を求めるのには適しているが、より精度の高い解を探し出すのには、A2の方が適していることが分かる。また、世代数と個体数に関しては、A1では個体数が多く世代数が少ない条件の方が、収束が早い、解の精度にはそれほどの差異はない。A2では、2つの条件の間で解の精度、収束の早さとも明確な差は現れなかった。表-3に各条件により求めた同定値を、図-5に条件3で求めた解の2400時間後の汚染分布図を示す。

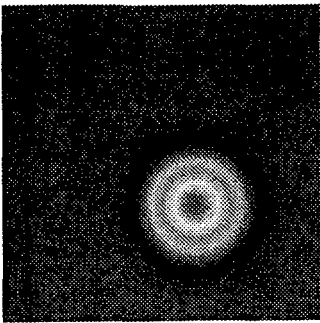


図-3 真値の2400時間後の濃度分布図

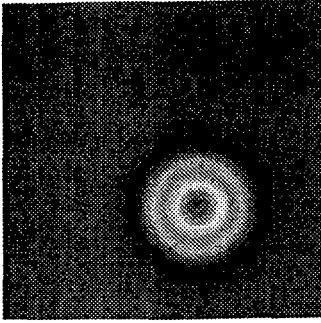


図-5 条件3で求めた解の2400時間後の濃度分布図

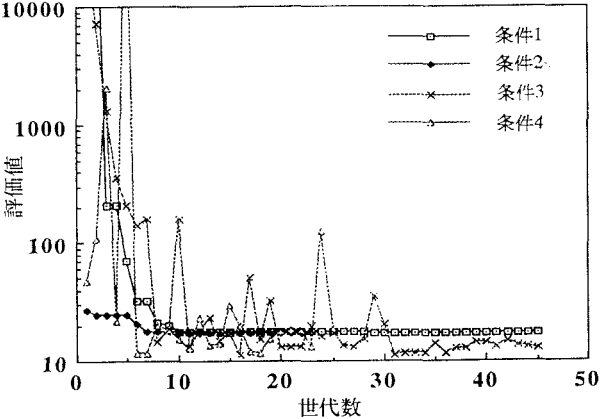


図-4 各条件の世代毎の収束状況

4. 実際の地下水汚染への適用と課題
GAを実際の地下水汚染の汚染源位置の推定に適用する場合、検証で精度のよかった条件3と条件2が適していると考えられる。ただし、今回の推定では、地下水中で汚染物質は飽和していない低濃度の地下水汚染を想定している。汚染物質が高濃度で環境中に曝露された場合、地盤中の土粒子との吸着・溶脱量なども含め、高濃度の原液がどのくらい存在するかは不明となる。この場合には、推定された汚染源位置においてより詳細な調査が必要と考えられる。また、汚染源の推定にあたっては地下水に溶解していない汚染物質の地下水中の移動や深さ方向に多層構造を持つ地盤も考慮する必要がある。

流速(x方向)	0.015(m/s)	総節点数(x方向)	50
流速(y方向)	0.0125(m/s)	総節点数(y方向)	50
初期位置(x方向)	25	節点間隔	5(m)
初期位置(y方向)	25	拡散係数	0.012(m ² /s)
初期濃度	100(ppm)		

表-1 真値とした各初期値

	初期位置(x方向)	初期位置(y方向)	初期濃度	流速(x方向)	流速(y方向)
条件1	24	24	102	0.018	0.017
条件2	25	24	92	0.019	0.0165
条件3	26	26	86	0.014	0.01
条件4	25	26	100	0.0165	0.011
真値	25	25	100	0.015	0.0125

表-3 各条件で求めた各パラメーターの最適組合せ

	アルゴリズム	世代数	個体数
条件1	A1	45	40
条件2	A1	25	80
条件3	A2	45	40
条件4	A2	25	80

表-2 GAの各条件