

遺伝的アルゴリズムによる基盤高と地下水パラメータの推定について

八代高専 正 員 藤野 和徳

1. はじめに

地下水位や地下水中の汚染物質の挙動などを求めるには、精度よく地下水パラメータ（透水係数，空隙率）や基盤高や帯水層厚の分布を求めておく必要がある．基盤高や帯水層の分布を精度よく求めるには多点のボーリング調査が必要であるが，ボーリング調査には多大な経費がかかるのが現状である．したがって，本研究は海岸地域の地下水場を対象に，観測地下水位から，遺伝的アルゴリズムを用いて基盤高および地下水パラメータを同時に推定する手法を提案するもので，シミュレーションモデルを用いて本手法を検討している．

2. 地下水流の基礎方程式

不圧地下水で透水係数，空隙率は一定として，準一様流を仮定すると，淡水層，塩水層の流速および淡水位，塩水位の時間的変化は次式で表される．

$$u_f = -k \frac{\partial h_f}{\partial x} \quad , \quad u_s = -k \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{\rho_f}{\rho_s} h_f + \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_s} h_s \right\} \quad (1)$$

$$\lambda \frac{\partial h_f}{\partial t} - \lambda \frac{\partial h_s}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \{ u_f (h_f - h_s) \} + Q_0 \quad , \quad \lambda \frac{\partial h_s}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \{ u_s (h_s - h_g) \} \quad (2)$$

ここに，

h_f : 淡水位(m), h_s : 塩水位(m), h_g : 岩盤高(m)
 k : 透水係数 (m/日), λ : 空隙率, Q_0 : 涵養量(m/日)

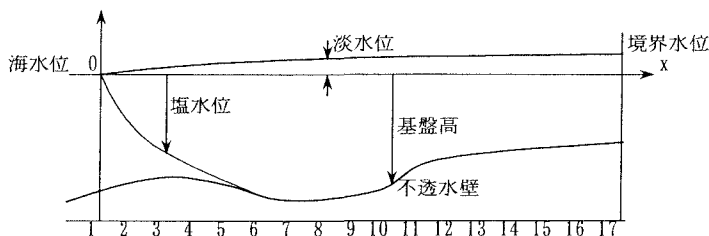


図-1 シミュレーション領域

3. 基盤高と地下水パラメータの推定手法

図-1のシミュレーション領域内の基盤高と地下水パラメータの推定を例に説明を行う．推定には地下水位観測点の観測水位のみを利用し，遺伝的アルゴリズムを用いて基盤高と地下水パラメータ(k/λ)推定する方法をとった．領域内の基盤高分布は図-1の1, 5, 9, 13, 17の5点の基盤高を推定し，その間は線形補間して表している．推定するパラメータ数は基盤高推定点5と地下水パラメータ(k/λ)1の合計6個である．遺伝的アルゴリズムは生物の進化論をもとに3つの過程，選択，交叉，突然変異によって適合する子孫到達をモデル化したもので，計算水位と観測水位の差の2乗和である適応関数 f が小さくなるように，基盤高と地下水パラメータを同定した．なお，1つのパラメータは6ビットの2進数で表した．

$$f = \sum_{i=1}^N (h_i - h'_i)^2 \quad N : \text{地下水位観測点数} \quad (2)$$

4. 適応例

2つの基盤高を設定し、透水係数は80m/日、有効空隙率0.3、境界水位として、格子点番号1では平均海水位0.0mで、振幅0.6m、周期12時間の潮汐を与え、格子点番号17の水位は4mの一定値として、式(2)を用いて非定常解を得て、これを観測水位として基盤高と地下水パラメータ(k/λ)とを同定した。

図-2は中央に窪みのある設定基盤高1で4箇所の観測水位(格子点番号4, 5, 9, 13)が得られたとしたときの同定基盤高である。このとき地下水定数 $k/\lambda = 280\text{m/日}$ (真値 $k/\lambda = 266.7\text{m/日}$)となり、ほぼ基盤高、地下水定数ともに同定ができたと考える。図-3は同定基盤高と地下水パラメータを使用したときの淡水位と塩水位の分布である。

図-4は-45mのフラットな設定基盤高2で観測水位を4箇所(格子点番号4, 5, 9, 13)使用したときの同定基盤高を示す。また、塩水位を考慮せずに地下水方程式を用いたときの同定基盤高を示している。この場合、塩水侵入域では基盤高がほぼ塩水位の高さとして現れている。

次に現地観測の水位に本手法を適用してみる。図-5は潮位と地下水位の観測値である。図-6に同定結果を示す。

5. まとめ

遺伝的アルゴリズムを用いることによって、基盤高、地下水パラメータは概ね同定可能であることがわかった。透水係数が大となり、また、帯水層厚が大となっても地下水位の変動は大きくなることから、必ずしも同定がうまくいかないこともあり、今後この点について検討していきたい。

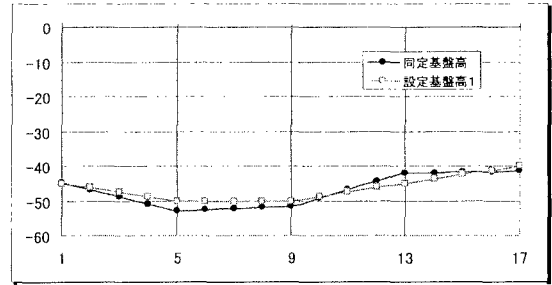


図-2 同定基盤高1

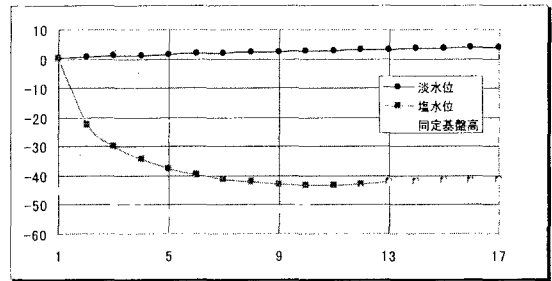


図-3 同定基盤高による淡水位と塩水位の分布

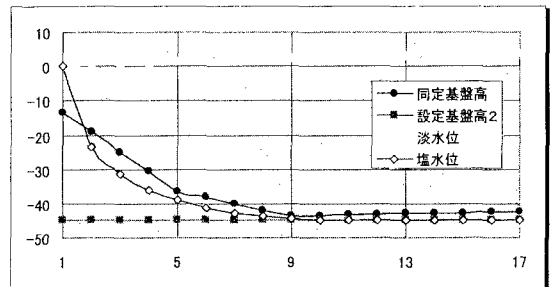


図-4 同定基盤高2

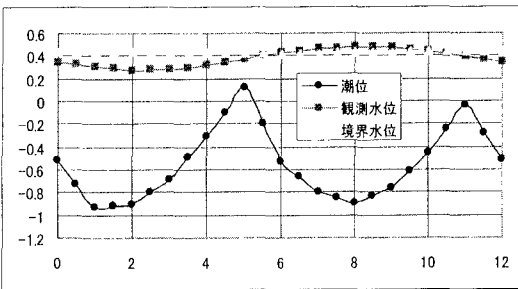


図-5 観測水位

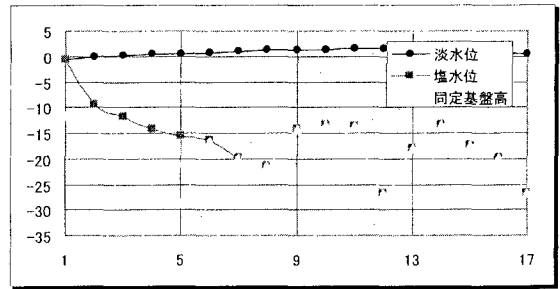


図-6 同定基盤高