

# (Ⅲ - 11) 拡張ベーズ法を用いた地下水解析パラメーターの逆解析と最適モデルの選択

長岡技術科学大学 学生会員 ○福井 宏行  
 長岡技術科学大学 正会員 本城 勇介  
 長岡技術科学大学 正会員 小川 正二

## 1. はじめに

近年の数値解析計算技術の発展により、地下水の挙動予測の問題においても、有限要素法などにより地下水滞水層をモデル化し、解析を行なうことが多い。一般に地下水を含む地盤工学の問題では、この様な解析モデルを用いるとき、そのモデルパラメーター値の決定が地盤の不均質性などのため、構造力学の問題などに比べて困難である。そこで、地盤工学の解析では、パラメーター値の決定にあたり、地盤調査・土質試験などの結果に基づき、工学的判断も加えて、一応パラメーター値を設定し解析を行ない、すでに得られている観測結果（例えば、井戸の水頭解析結果など）の挙動がうまく説明できるまでパラメーターを試行錯誤によって調整するという手続きがとられる場合が多い。

従来試行錯誤によって行なってきた上記の様なパラメーター値の決定の問題を数理的に明確に定式化し、より系統的に行なおうとするのが、いわゆる逆解析といわれる方法である。

本研究では、この逆解析の手法を用いることにより、地下水浸透流解析モデルのパラメーター推定を行なうときの、最適モデルの選択法に付いて、拡張ベーズ法を用いた方法を提案し、これを簡単な計算例によって検討を行なった。

## 2. 計算例

図1に本計算例で設定した滞水層の水理定数や境界条件と、有限要素解析のためのメッシュ分割図を示した。この滞水層では上方より一定量の流入があり、下方は水頭一定である。両側は不透水境界となっている。領域内では貯留係数は0.001と一定であるが、透水量係数は図1に示すように分布している。

図2に揚水井戸および観測井戸の分布を示した。観測データの作成方法は、上記境界条件下における定常水頭を初期値として、図2に示した2本の揚水井戸よりそれぞれ400m<sup>3</sup>/dayの揚水を行なったときの各観測井戸における水頭変化を有限要素法により求め、これにN(0.0, 0.25)の正規乱数によりノイズを加えたものを用いた。このとき観測継続時間は102日であり、この間に17回の観測を行なっている。

図3に今回考慮した推定におけるゾーン分割と各ゾーンにおける透水量係数の設定初期値を示した。Zoning2は、原滞水層の変化と同様に斜め方向に分割したものである。また、局所平均のための係数 $\beta_H$ 、 $\beta_v$ は、前者は左下がりの、後者は右下がりの重み係数である。

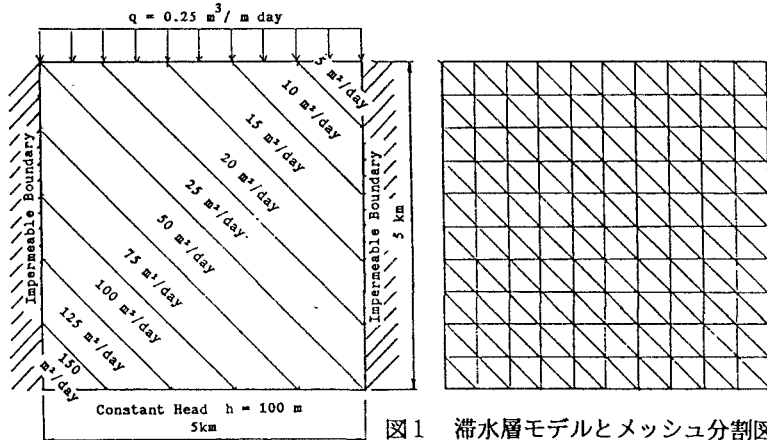
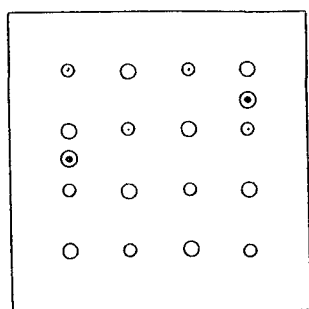


図1 滞水層モデルとメッシュ分割図



○ Observation Well  
 ⊙ Discharge Well ( $-400 \text{ m}^3/\text{day}$ )

図2 揚水井戸及び観測井戸の分布図

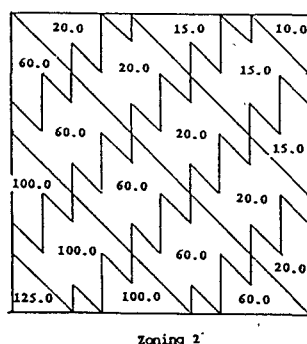


図3 推定ゾーン分割図

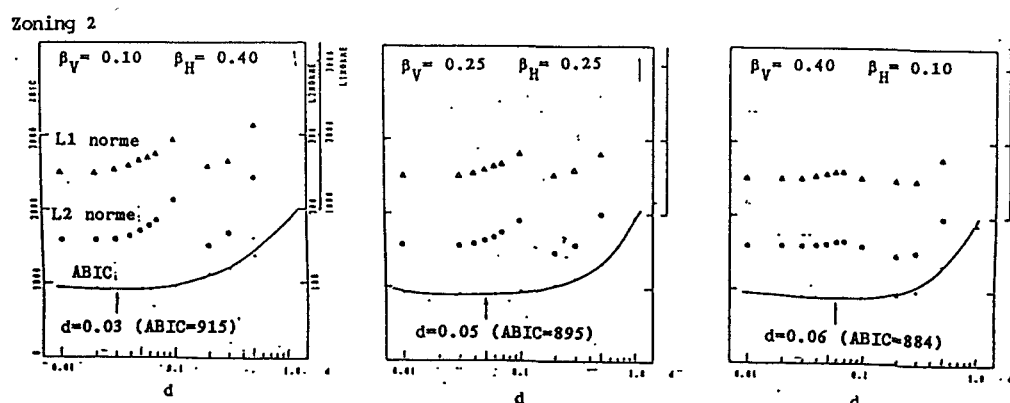


図4 ABICの解析結果

### 3. 解析結果と考察

図4に最終的な解析結果を示した。最適モデルの選択には、以下のABICを用いて行なった。また、ABICに合わせて、この計算例では透水量係数の真値が分かっているため、推定値のこれからの隔たりをL1ノルムとL2ノルムでそれぞれ示した。

$ABIC = -2$  (ベイズモデル対数尤度)  $+ 2$  (超パラメーター数)

ここで、超パラメーター数は2である。

Zoning2では、 $\beta_H = 0.1$ 、 $\beta_V = 0.4$ のとき最小のABICを取っている。これは、透水係数が右斜め方向に高い相関を持っていることを考えれば、最適の選択が行なわれていることが分かるであろう。さらに、このときのdの値を見ると、全てのケースの中で最大値を示しており、相対的に事前情報を高く重み付けて推定が行なわれていることが分かる。

### 4. むすび

本研究では、地下水浸透流解析モデルのパラメーター推定を行なうときの、最適モデルの選択法について拡張ベイズ法を用いた方法を提案し、これを簡単な計算例によって検討を行なった。検討した範囲ではこの方法は妥当性の高いものであると思われる。

### 参考文献

- 1) 本城(1989)土質工学会講演集No. 24, 604, pp. 1647-1650
- 2) 本城・森嶋(1988)土木学会論文報告集No. 400/111-10, pp. 215-224
- 3) Akaike, H. (1980) Likelihood and Bayes procedure, Bayesian Statistics (ed. Bernardo et al.) pp. 143-163