

三次元地下水モデルのパラメータ同定に関する研究

京都大学防災研究所 正員 池淵 周一
 京都大学防災研究所 正員 小沢 利治
 運輸省 正員 山本 浩
 間 組 正員 寺内 伸

1. 概 要

流域の水資源を考える場合、空間的にはダム・河川等の表流水系と、その下にある地下水系に大別せよう。これらの水資源の高度利用をはかるためには、流域内もしくは複数の流域間で効率的に利用できるよう有機的運用システムを構成することが急務である。そこで、本研究では、多層最適化手法¹⁾(Multilevel Optimization Method; MLOM)に基づく地下水モデルのパラメータ同定について、その基礎概念ならびに適用例を示すものである。

2. 三次元 Multicell Model²⁾(MCM)と多層最適化手法

地下水モデルのパラメータ同定に関して、従来の内挿検定ではなく、目的関数を

$$Z = \sqrt{\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^{J_j} (h_r^o(j) - h_r^c(j))^2} \rightarrow \min_{(S, K)}$$

$h_r^o(j)$: セル r の第 j 期平均水位(水頭)の観測値
 $h_r^c(j)$: 同・モデルアウトプット
 S : 貯留係数ベクトル, K : 透水係数・漏水係数

とする最適化問題を考えよう。ここに、全体問題を独立な部分問題に分割する MLOM を導入すると、その具体的な解の導出能力を高めることができる。MLOM は、大規模な静的最適化問題には極めて有効性が高く、等式制約に基づく Lagrange 関数法と等価である。すなわち、MLOM に対してモデルの時系列量(ここでは地下水位)を決定変数化することで、動的な最適化問題へと拡張することができる。また、平面二次元モデルの一種である MCM を漏水係数により三次元化したモデルへ適用すると、一般的な地下水モデルが構成される。この MLOM の動的問題への拡張の基礎概念は、一般のパラメータ分布型モデルの同定に対して、同様に適用可能である。

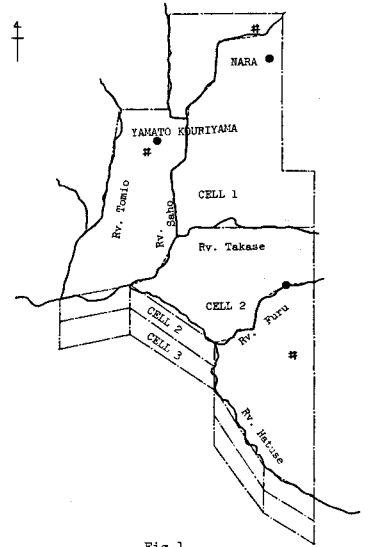


Fig.1

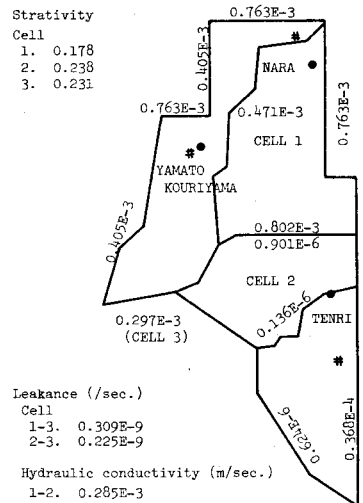
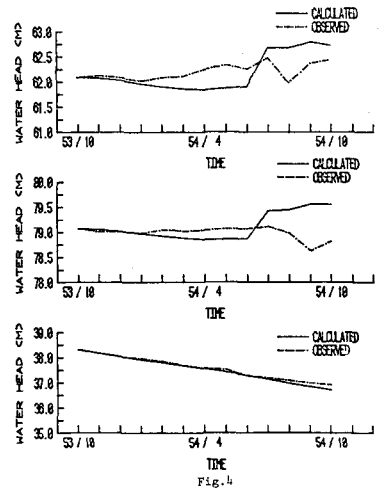
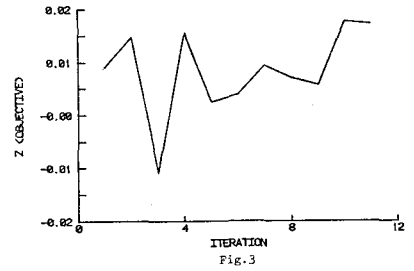


Fig.2

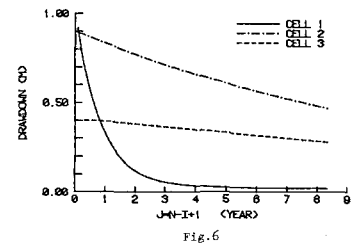
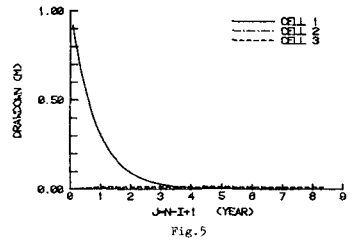
3. 奈良盆地における適用例

適用流域として、奈良市・大和郡山市・天理市を中心とした奈良盆地の北東域・約108km²のFig.1と示される地域を選び、不圧層2セル・被圧層1セルよりなる基本的モデルを構成した。本モデルにおいて決定すべきパラメータは、セル間の透水係数・漏水係数、境界からの透水係数、河川からの浸透係数であり、これら決定変数の個数は、セル1、2でともに7個、セル3で4個である。さらに、モデルが分割されると他のセルの水位が決定変数として加わるため、部分最適化問題の決定変数は、セル1・2・3の順に、3ヶ月同定では、16、16、13個となる。Fig.2はS.53/11～S.54/1の3ヶ月同定値であり、物理的にも妥当な値が得られている。Fig.3は、目的関数Zの収束状況を示すもので、鞍点を中心とする振動を示すものと考えられ、最小化問題の理論的収束過程によく合致する。Fig.4は、Fig.2の同定値に基づくS.53/11～S.54/10のモデル再現値と観測値とを比較したものである。モデル構成の精度から言って、十分な成果と言えよう。



4. 流域水資源システム運用への課題

流域水資源システムをモデル化し、その最適運用政策を決定していくためには、地下水モデルと河川および井戸の運用モデルとを統合することが望ましい。地下水位の外部入力(揚水・涵養)に対する応答は線形性が仮定でき、ここに井戸間の入力と水位応答との間に重ね合せの可能な線形応答関数 ψ (ATF)を導入することで、地下水モデルを単純な代数形式で全体モデルに統合できる。このATFを奈良モデルで求めた一例がFig.5である。セル1における単位揚水による各セルでの水位低下量の回復を示している。Fig.6は3セル同時揚水の場合で、ATFの重ね合せの原理がモデル上で実証された。



5. 結 語

以上の成果をもとに、今後、さらに詳細な地下水モデル同定と実流域に即した運用モデルの構成を進めることが必要である。また、MLOMの適用限界に関する考察も加えていきたい。

- 〔参考文献〕 1) Wiener, David A., et al (1971): Optimization Methods for Large-Scale Systems... with Applications, McGRAW-HILL
2),3) Drazin, Yusuf C. (1975): Applications of the Superposition Approach to the Modeling and Management of Ground and Surface Water Resources Systems Engineering Department, Case Western Reserve University