

確率場における透水(量)係数の空間分布の推定

九州大学工学部 ○学生員 岡部 俊男 学生員 平野 文昭
九州大学工学部 正員 神野 健二 正員 上田 年比古

1. まえがき 地下水流動の広域的なシミュレーションを行う場合、透水(量)係数、貯留係数などの帯水層の水文地質パラメータは、解析対象領域内での揚水試験および地質データなどから評価し、確定的に入力されることが多いが、出力としての地下水頭にはこの入力データの不確かさを反映して必ずしも高い精度を期待できないのが現状であろう。したがって、流れの場を支配する帯水層の水文地質パラメータの推定は、地下水頭分布の算定や揚水計画を策定する上でその精度を左右する重要な作業と考える。本報は福岡市室見川流域について、カルマンフィルター理論により最適な透水量係数の空間分布を推定した計算例を示し、検討を行ったものである。

2. 室見川流域の概要 (1) 観測値として用いた透水量係数と地下水位 図-1に室見川流域の地質図¹⁾を示す。図中の番号は昭和53年に実施した揚水試験箇所(●印)で、破線で示す境界線は基盤境界線である。揚水試験からえられる透水量係数(表-1)は境界線より上流域では風化花崗岩、下流域では深層部の砂礫層のものと考えられる。表-1の値から透水量係数の対数変換値の線形回帰式を求めると次式をえる。

$\log T = -7.5 + 0.7 \times 10^{-3} x + 0.2 \times 10^{-3} y \dots (1)$ 地質図と線形回帰式から透水量係数の変化の傾向はx方向に小さく、y方向に大きいと考えられる。地下水位は領域内41箇所の井戸について昭和56年8月から昭和57年7月までの1年間に24回観測した。

(2) 領域内の地下水収支 涵養量としては、降雨量、減水深を、流出量としては、揚水量を考慮した。降雨量については、福岡市の降雨資料から各観測期間毎の平均雨量を求め、その20%を涵養量とした。減水深については資料から旬毎の平均値を求めその値から蒸発散量(平均5mm/day)を引いた値を涵養量とした。揚水量については資料により面揚水量と点揚水量の合計を用いた。図-2にNo.38の流入量を示している。

3. 解析例 (1) 領域の分割と計算Case 領域を図-3に示すように三角形要素147個に分割し、地下水位の観測節点に1~27、透水量係数の観測節点に47~67、地下水位の境界条件に61~89の番号をつける。図中●印は水位の観測節点、*印は透水量係数の観測節点である。計算は文献2)の方法により、透水量係数に関するシステム雑音を $\sigma_{sk}^2 = 2.35$ (式(1)と観測値からえられる不偏分散を用いた)、観測雑音を $\sigma_{ok}^2 = 0.235$ 、地下水位に関するシステム雑音を $\sigma_{sh}^2 = 0.1^2 \text{ m}^2$ 、観測雑音を $\sigma_{oh}^2 = 0.05^2 \text{ m}^2$ として、透水量係数の観測点に21個を用い、地下水位の観測点に15個(No.1~15)(Case 1)と27個(No.1~27)(Case 2)にした2つのCaseについて行った。

(2) 解析結果と考察 図-4に各Caseの推定誤差共分散行列のトレースを示す。これにより時間ステップが進むにつれてトレース値が収束しており最適な推定が行われていると考えられる。また、Case 2の方がトレース値が小さく観測個数の増加によって推定誤差が小さくなったと考えられる。図-5に観測節点(No.8,10,14)の地下水位の変動図、図-6,7に非観測節点(それぞれNo.50,59)の地下水位の変動図を示す。図-6,7とともに Case 1に比べ観測個数の多いCase 2の方が推定値の変動が小さく速く収束している。またNo.50の推定値が両者ともにほとんど同じ値を示すのはその点の周囲に観測点が少ないから

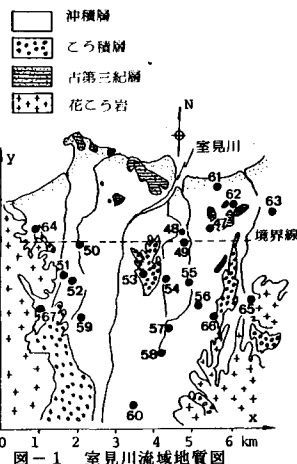


表-1 帯水層パラメータ

No.	学校名	透水量係数(m^2/s)	貯留係数
47	高取小	5.412×10^{-3}	1.22×10^{-1}
48	室見小	3.166×10^{-3}	4.50×10^{-1}
49	高取中	5.516×10^{-3}	6.12×10^{-2}
50	石丸小	9.482×10^{-3}	2.87×10^{-2}
51	老岐小	4.140×10^{-3}	1.00×10^{-2}
52	老岐中	1.084×10^{-2}	1.05×10^{-2}
53	西福岡中	2.000×10^{-3}	8.00×10^{-2}
54	有田小	4.120×10^{-3}	6.65×10^{-2}
55	原 中	3.344×10^{-3}	4.00×10^{-2}
56	飯倉小	5.391×10^{-3}	2.40×10^{-2}
57	賀茂小	5.774×10^{-3}	7.23×10^{-2}
58	田隈小	3.387×10^{-3}	2.68×10^{-2}
59	老岐南小	8.194×10^{-3}	3.95×10^{-2}
60	西新小	8.054×10^{-3}	5.29×10^{-2}
61	西新小	4.385×10^{-3}	1.37×10^{-1}
62	鳥飼小	2.973×10^{-3}	9.92×10^{-2}
63	当仁中	1.660×10^{-3}	2.90×10^{-2}
64	西陵中	5.002×10^{-3}	1.40×10^{-1}
65	金山小	1.243×10^{-3}	1.40×10^{-1}
66	七隈小	6.860×10^{-3}	2.06×10^{-2}
67	養護学校	1.800×10^{-3}	1.80×10^{-2}

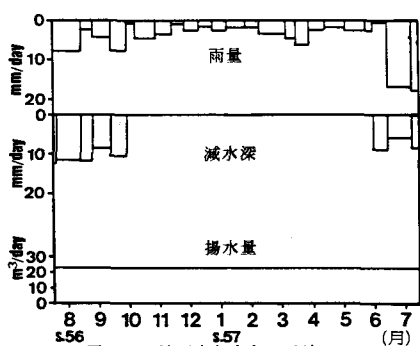


図-2 地下水収支(No.38)

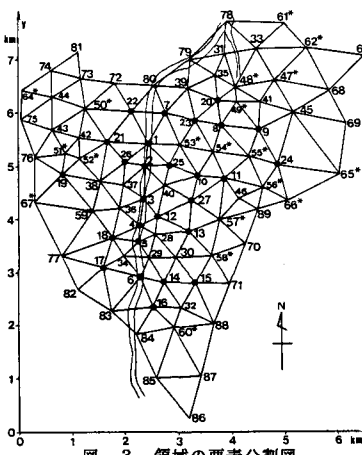


図-3 領域の要素分割図

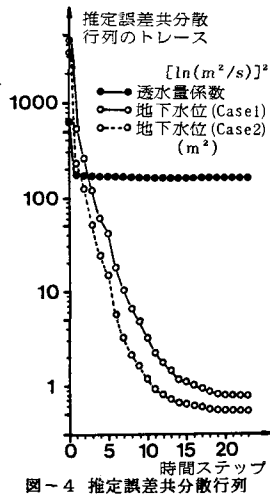


図-4 推定誤差共分散行列のトレース

であり、No.59の推定値がCase2でよくなるのは観測点の影響を受けるからである。図-8,9に各Caseの地下水位等高線図を示す。両図を比較するとNo.38付近で、Case1では不自然な地下水分布になっているがCase2では観測点が増えたことにより改善されている。図-10,11に各Caseの地下水位に関する推定誤差共分散の等値線図を示す。両図を比較するとCase1に比べCase2の推定誤差共分散が小さくなっていて観測点の多い方が精度が良いといえる。また観測点のない所では推定誤差が大きい。図-12に透水量係数に関する等値線図を示す。図-13に透水量係数に関する推定誤差共分散の等値線図を示す。図から観測点の推定誤差共分散は非観測点に比べて小さい。なお、図-8~13は24ステップでの値である。

4. むすび 本報はカルマンフィルター理論を用いて透水量係数の空間分布の推定を行い、あわせて地下水位の分布を観測個数の異なる2つのCaseについて推定したものである。今後、雑音や透水量係数のシステム方程式が推定値に及ぼす影響等を研究していきたい。

(参考文献) 1) 松下久道:福岡市周辺地質図
2) 上田,平野,神野:非定常確率過程における地下水頭の予測と透水(量)係数の空間分布の推定,第27回水理講演会論文集。

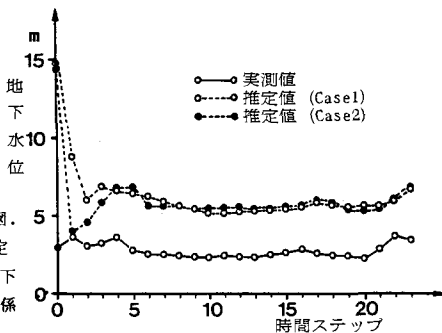


図-6 地下水位の変動図(非観測点; No.50)

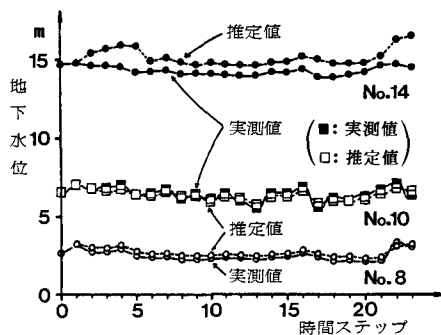


図-5 地下水位の変動図(観測点)

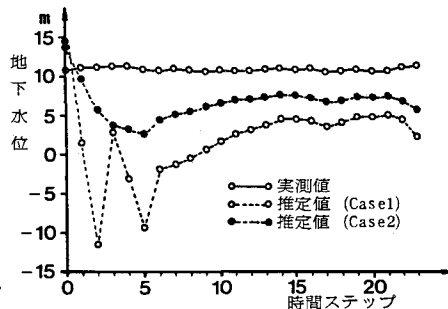


図-7 地下水位の変動図(非観測点; No.59)

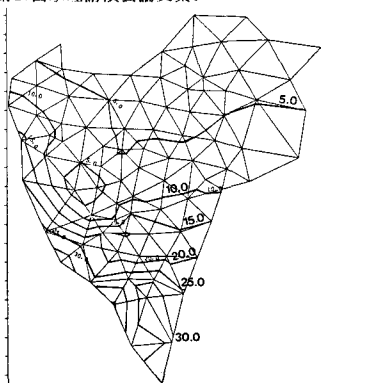


図-8 地下水位等高線図(Case1)(単位 m)

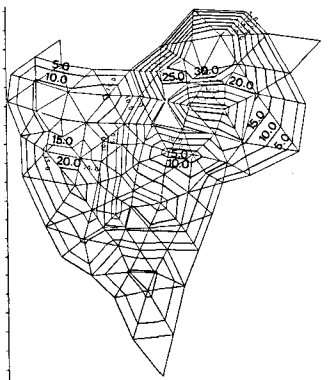


図-10 地下水位の推定誤差共分散の等値線図(Case1)(単位 $\times 10^{-3} \text{ m}^2$)

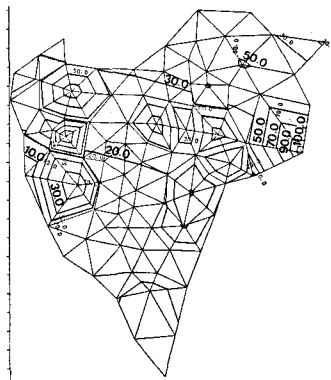


図-12 透水量係数の等値線図(単位 $\times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)

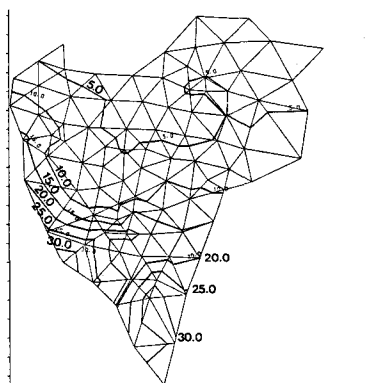


図-9 地下水位等高線図(Case2)(単位 m)

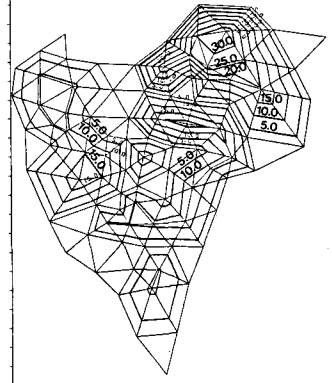


図-11 地下水位の推定誤差共分散の等値線図(Case2)(単位 $\times 10^{-3} \text{ m}^2$)

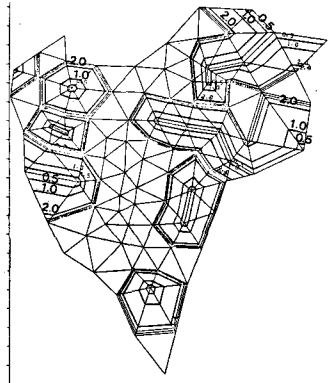


図-13 透水量係数の推定誤差共分散の等値線図(単位 $[\ln(\text{m}^2/\text{s})]^2$)