

氏名	たから 寶	かおる 馨
学位の種類	工 学 博 士	
学位記番号	論 工 博 第 2305 号	
学位授与の日付	平 成 2 年 1 月 23 日	
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当	
学位論文題目	水資源システムにおける確率論的モデルと手法の評価に関する研究	

(主 査)
論文調査委員 教授 高 棹 琢 馬 教授 池 淵 周 一 教授 石 原 安 雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、水資源システムにおいて重要な三つの課題、すなわち、水文頻度分析、洪水流出の解析とリアルタイム予測、利水用貯水池の信頼性評価をとりあげている。これらはすべてシステムに本質的に内在する不確定性を無視できないものであり、通常その不確定性を取り扱うのに確率論的なモデルと手法を用いる。本論文は、これらの問題に用いられる基本的な確率論的モデルと手法の評価を行うための客観的な規準・手順を提示し検証したもので、序論、結論のほかに、3編9章から成っている。

序論では、水文学・水資源工学・水資源システムの概要を述べ、この分野で用いられてきた確率論的手法とシステム分析の歴史を概観して、著者の基本的立場を明らかにしている。

第1編は、水文統計解析における母数推定法と確率分布モデルの評価について論じたものである。第1章では、水文頻度分析の意義とその問題点を明らかにして、琵琶湖流域の水文データについてコンピュータとグラフィック・ディスプレイを援用して基本的な2母数の分布をあてはめる客観的かつ簡便な手法を提示している。第2章では、極値水文量の頻度分析によく用いられる3母数対数正規分布、Gumbel分布、一般化極値分布について種々提案されている母数推定法の優劣を、データ数とも関連づけながら、モンテカルロ・シミュレーションにより明らかにしている。第3章では、頻度分析に多用されているほとんどあらゆる種数の2ないし3母数の確率分布モデルを候補として、それらを実際の極値水文データに当てはめ、4種の客観的な適合度評価規準によりそれらのモデルの適合性を明らかにしたのち、再現確率水文量の変動性をjackknife法やbootstrap法と呼ばれるリサンプリング手法を用いて評価し、この変動の小さいモデルを採用するというシステムティックなモデル評価の手順を提案している。

第2編は、流出モデルの同定と評価およびKalmanフィルタ理論を応用したリアルタイムでの洪水予測手法について論じたものである。第1章では、水資源システムにおける種々の分析の基本となる流出モデルを構築する際の基本的考え方、モデルの同定手法とモデル評価の規準について述べている。第2章では、流出モデルの確率過程的な観点からの評価法を提示し、kinematic waveモデルを基本として、それを簡略化した形式のモデルの評価問題を取り上げて、斜面系および斜面-河道系の表面流出モデル、斜面

系の表面流・中間流モデルへの適用例を示している。第3章では、流出モデルを確率過程的な非線形状態空間型モデルで記述し、Kalman フィルタ理論を非線形連続—離散モデルに応用する一般的な方法を提示し、実流域での豪雨出水データを用いてその有用性を検証している。

第3編は、水資源システムの性能評価の基準と手法について、特に利水用貯水池の運用方法の評価、渇水対策について論じたものである。第1章では、水資源システムの計画と管理へのシステム論的アプローチの必要性を述べ、システムの安全性・信頼性の評価基準を示している。第2章では、まず、利水用貯水池の年間の運用ルールの最適化問題に多用される確率 DP において、採用すべき評価関数としてどのようなものが望ましいかを明らかにしたのち、想定される渇水の期間・規模に応じた渇水時用の操作ルールを確率 DP で求めておき、渇水時にこのルールに切り替えて被害を軽減する方法を提案して、その効果を計量している。第3章では、近年頻発する渇水に対するハードな対策として実現されつつある渇水対策ダムについて検討し、当該流域にそれを導入した場合にトータルとしての利水システムの安全度がどの程度向上するのかを定量的に評価している。

結論では、本研究で得られた主な成果を取りまとめている。

論文審査の結果の要旨

水資源システムは複雑多岐かつ多階層にわたり、それが抱える諸問題には不確定な要素が多分に含まれているため、その分析・計画・管理においては確率論的なモデルと手法が有効である。本論文は、水資源システムにおける三つの重要な課題、すなわち、水文頻度分析、洪水流出予測、渇水対策に関して種々提案され実用されている確率論的なモデルと手法を評価する手順・規準について研究したものであって、得られた主な成果は次の通りである。

1. 水文頻度分析における簡便法である図式推定法を、グラフィック・ディスプレイ画面上に確率紙を実現して、省力化・客観化を図るとともに、種々のデータへの適合度の評価規準を提案した。また、豪雨・洪水などの水文量の極値データの頻度分析によく用いられる3母数対正規分布、Gumbel 分布、一般化極値分布に対する多種多様な母数推定法について、モンテカルロ・シミュレーションによりデータ個数とも関連づけてその特性を明らかにし、それらの優劣を評価した。

2. 極値データの頻度分析において、最適な分布を見出す手順を提案した。すなわち、11種の確率分布モデルを候補モデルとし、まず、4種の適合度の客観的評価規準によりスクリーニングを行ったのち、jackknife 法や bootstrap 法により再現確率水文量の変動性を定量化して、最小の変動を与えるモデルを採択するという手順を提案した。従来、確率分布モデルの最終的な選択の問題には、必ずしも明快な規準がなく曖昧な形で処理されることが多かったが、ここで提案した手順はこの点を明確化する一つの有力な考え方を示したものである。

3. 本来分布定数系の流出システムを確率過程的状态空間型の流出モデルで表現して、その確率成分の特性を規準としてモデル評価を行う手順を提案し、斜面系および斜面—河道系の表面流モデル、斜面系の表面流・中間流モデルに適用し、それぞれの場合に適合する集中定数系モデルを提示した。

4. 流出システムを非線形連続—離散型の確率過程的状态空間モデルで記述し、Kalman フィルタ理論

を応用したリアルタイム洪水予測の一般的な手法を展開した。特に状態方程式、観測方程式に導入するノイズ項の非定常性を考慮することが、流出予測精度を適切に見積る上で重要であることを示した。さらに、単一入力単一出力系の小流域のみならず、多入力多出力系の広い流域にも適用して、この手法の有効性を検証した。

5. 利水システムの性能評価の手法と規準を提示し、利水用貯水池の年間の運用ルールの最適化によく用いられる確率ダイナミックプログラミングにおいて設定される評価関数として望ましいものを提案するとともに、渇水時の適切な運用方式を具体的に例示した。

6. 計画規模を超過するような渇水に対して、水利施設によるハードな対策として、最近になって実現化されることになった渇水対策ダムについて検討し、その導入が当該地域の利水安全度向上に及ぼす効果を、実流域を想定してシステム性能評価規準により定量的に評価した。

以上、本論文は、水資源システムにおいて用いられる種々の確率論的なモデルと手法を客観的な規準で評価し、それらの解析法の選定にあたっての有用な知見を得たものであって、学術上、實際上、貢献するところが少なくない。よって本論文は、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成元年11月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。