

氏名	さ やま たか ひろ 佐 山 敬 洋
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3929 号
学位授与の日付	平 成 19 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	降 雨 流 出 系 の 分 布 型 モ デ ル イ ン グ と 予 測 の 不 確 実 性 評 価 に 関 す る 研 究
論文調査委員	(主 査) 教 授 寶 馨 教 授 椎 葉 充 晴 助 教 授 立 川 康 人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、分布型モデルによる降雨流出予測の不確実性を、モデルパラメタ、モデル構造、入力降雨、降雨の空間スケールの成因別に分析するとともに、淀川全流域の流出予測システムの開発とその応用について論じたものである。本論文は序論、本論（6章）、結論からなっている。

序論では、広域分布型流出予測システムの特徴と流出予測の不確実性を成因別に分析する意義を論じている。

第1章では、パラメタ同定が不十分である場合の流出予測の不確実性を評価する方法を提案している。また、その方法を複数のモデルに適用し、流量データの入手条件と予測対象洪水の規模に応じて不確実性が少ないモデルを選択する方法を提案している。

第2章では、モデル構造を、ハイドログラフの適合性以外の観点から評価するために、流出の時空間起源に応じたハイドログラフの成分分離法を提案している。この方法は、時空間起源構成比マトリクスという仮想的な値をトレーサに見立ててモデル上で追跡するものであり、分布型流出モデルで計算するハイドログラフを流出の時空間起源に応じて分離することができる。この方法を不飽和・飽和中間流、表面流を考慮する分布型流出モデルに適用した結果、同モデルで計算される洪水流出は、降雨イベント中の雨水が主な構成要素であることを明らかにしている。この分析結果と観測結果とを比較することで、分布型流出モデルが再現する流出過程の妥当性を検証できる。

第3章では、降雨推定の不確実性を評価する方法として、共変量クリギング型逐次ガウシアンシミュレーション法という方法を提案している。これは、地上観測雨量とレーダ観測雨量とを共変量クリギングで合成する際に、推定誤差分散が理論的に求まることを応用し、それをもとに誤差を加味した降雨分布を生成する方法である。これにより、ひとつの降雨イベントに対して誤差を加味した降雨分布を多数生成し、分布型流出モデルに入力することで、降雨を起源とする流出予測の不確実性を評価できる。

第4章では、入力降雨を空間的に集約することによる流出予測の不確実性を分析している。降雨がどこに位置するかを陽に取り扱うことなく流域下端での洪水流出を再現できる最大の流域面積を基準面積と定義したうえで、基準面積を分析するための数値実験を実行している。その結果、流域面積が150 km²から1500 km²の範囲では基準面積が絶対的な大きさで決まること、主として河道網の効果が基準面積の大きさを規定していることを明らかにしている。また、降雨の空間分解能と流出予測の不確実性から、基準面積を求めるための経験式を提案している。

第5章では、第1章から第4章までの不確実性評価に用いた分布型流出モデルをもとに、淀川流域全域を対象とする広域分布型流出予測システムを開発している。このシステムの特徴は、流域内8基の多目的ダムと堰の操作をモデル化し、詳細な地形効果を考慮する分布型流出モデルと統合している点にある。本論文の検証例では、予備放流やピークカットなど洪水時のダム操作を再現しながら、流域内の複数の河道地点で高い精度をもって流量を再現できることを示している。さらにこれを発展させて、実時間の降雨流出予測システムを開発している。

第6章では、第5章で開発した広域分布型流出予測システムを用いて淀川流域におけるダム群の治水効果を分析している。

下流の枚方地点を対象にして年代別に治水効果を分析した結果、1960年代に建設されたダムは年超過確率が1/30から1/50程度の比較的小規模の出水に対して治水効果を示すのに対して、それ以降に建設されたダムは年超過確率1/100から1/150程度の大規模な出水に対して治水効果を発揮することを明らかにしている。さらに、木津川流域と桂川流域とを対象にしてダム群の治水効果を比較分析した結果、上流域のダムの配置と規模によって発現する治水効果の傾向が異なることを明らかにするとともに、現状のダム群と河川整備の状況に基づいた治水安全度を示している。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、分布型モデルによる降雨流出予測の不確実性を、モデルパラメタ、モデル構造、入力降雨、降雨の空間スケールの成因別に分析するとともに、淀川全流域の流出予測システムの開発とその応用について論じたものである。その主な成果は次の通りである。

1. 流出モデルのパラメタに含まれる不確実性が予測の結果に及ぼす影響を評価し、観測情報の入手状況に応じて適切なモデルを選択する方法を提案した。
2. モデル構造を評価する方法として、流出の時空間起源に応じたハイドログラフの成分分離法を提案し、不飽和・飽和中間流、表面流モデルに適用した。
3. 地上観測雨量とレーダ観測雨量とを合成する段階で統計的に求まる誤差をノイズとして推定降雨量に加えることにより、不確実性を加味した降雨分布の生成に成功した。また、これを分布型流出モデルに適用して降雨の推定に伴う流出予測の不確実性を分析した。
4. 降雨の位置を考慮しないことによる流出予測の不確実性を分析するため、様々な数値シミュレーションを実行し、流出モデルで反映すべき降雨の空間スケールを明らかにした。
5. 淀川全流域を対象とする広域分布型流出予測システムを開発した。このシステムは、流域の地形を250 mの分解能で詳細に表現する分布型流出モデルと、ダム・堰の操作過程を再現するモデルとを統合したものである。さらに、このシステムを発展させてリアルタイムの流出予測を実現した。
6. 5. で開発したシステムを用いて、ダム群の治水効果を年代別、流域別に分析するとともに、流域の治水安全度を複数の地点で評価した。

以上のように、本論文は、分布型モデルを用いた降雨流出予測において、不確実性が生ずる原因と機構を詳細に分析するとともに、中小河川を含めた流域一体の河川流量予測を実現したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年12月25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。