

氏 名	ポール ジェームス スミス Paul James Smith
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2596 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 都 市 社 会 工 学 専 攻
学位論文題目	PROBABILISTIC FLOOD FORECASTING USING A DISTRIBUTED RAINFALL-RUNOFF MODEL (分布型流出モデルを用いた確率論的洪水流出予測に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 小 尻 利 治 教 授 池 淵 周 一 教 授 中 北 英 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、分布型流出モデルとモンテカルロシミュレーションを用いた確率論的降雨パターン発生手法、および、実時間での洪水予測手法を結合させ、流域内の空間的、かつ、確率論的洪水予測モデルを提案することであって、9章より構成されている。

第1章は、序論であり、近年の洪水災害の深刻さをまとめ、洪水予測の重要性を訴えると共に、ハードとしてのコンピュータの進歩とソフトとしての情報処理技術の開発による分布型での洪水予測の可能性を述べている。

第2章においては、流出モデルが数理統計的モデルから物理モデルへの変遷を要約し、近年の数値情報の整備や計算機性能の向上による分布型流出モデルの実用可能性をまとめている。その結果として、洪水予測に導入可能な分布型流出モデルの選択を行い、モデルの信頼性と開発の容易さより、Kinematic Wave 法をベースに、8方向流出、河道網、および、地下水(中間流)で構成される分布型モデルを採用している。

第3章では、流出モデルに適合する降雨入力データを発生させる確率論的降雨時系列シミュレーション過程を開発している。御在所と蛇峠に設置されている国土交通省の雨量レーダ情報を利用して、移流ベクトルと ARIMA モデルを連動させ、6時間先までの降雨時系列の模擬発生を可能にしている。そして、分布型でのアンサンブル短時間洪水流出予測を提供するために、モンテカルロシミュレーションを用いて確率論的降雨一流出発生モデルを展開している。

第4章では、得られる予測流量に対して、分布型を考慮したフィルタリング手法を開発している。すなわち、限られた流量観測地点情報を利用して、予測流量の誤差最小を可能とする逐次修正を行うものである。こうした成果の実用性を高めるため、第5章では、実時間の降雨一流出モデルの誤差予測を取り扱っている。短時間で相応できる手法が要求され、Self-organizing Map で分類した入力パターンに対して、関数形に制限を付けた Genetic Programming による誤差推定を行っている。

第6章では、観測地点ごとに予測された流出量をもとに、Local Linear Modeling 手法による相関の高いパターンでの空間的内挿法を導入し、任意の河道地点での洪水流量推定を可能としている。適用に際しては、遅れ時間を考慮した方法、ピークや低減時などの流出特性を考慮した方法と比較し、予測方法の有効性を確認している。

第7章では、シミュレートされた洪水予測分布を集約し、洪水の確率分布とすると同時に、河川に設定された計画高水に対する氾濫の時間的確率予測として危険度を表現している。適用結果では、予測時間と流出遅れより6時間先までの氾濫確率が求められている。

最後に、第8章においては、提案している確率論的洪水予測システムに対して、流域内での土地利用・標高情報を用いた水位予測モデルを結合させ、避難時間・避難方向に関する意思決定支援システムを提案している。氾濫確率の危険度への変換を基に非難時間関数と危険度に対する多段避難意思決定過程を結合させ、氾濫の危険性表示と必要な非難手順の提示可能

性を示唆している。

第9章は結論であり、得られた成果の総括と今後の研究課題をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、分布型流出モデルとモンテカルロシミュレーションを用いた確率論的降雨パターン発生手法、および、実時間での洪水予測手法を結合させ、流域内の空間的、かつ、確率論的洪水予測モデルを提案したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 実時間予測に用いる分布型流出予測手法を数値情報と Kinematic Wave 法をベースに開発し、8方向流出、河道網と地下水（中間流）で構成される分布型モデルを作成した。

2. 雨量レーダ情報を利用して、移流ベクトルと ARIMA モデルを連動させ、6時間先までの降雨時系列の模擬発生を可能にした。また、分布型でのアンサンブル短時間洪水流出予測を提供するために、モンテカルロシミュレーションを用いて確率論的降雨一流出発生モデルを展開した。

3. 限られた流量観測地点情報を利用して、予測流量の誤差最小を可能とする逐次修正を行うため、人工知能手法を導入して実時間の降雨一流出モデルの誤差予測を行った。すなわち、関数形に制限を付けた Genetic Programming による誤差推定を行い、適用を通じてその有効性を確認した。

4. 観測地点ごとに予測された流出量をもとに、距離による空間的内挿法を提案し、任意の地点での洪水予測を可能とした。さらに、シミュレートされた洪水予測分布を集約し、洪水の確率分布とすると同時に、河川に設定された計画高水に対する氾濫の時間的確率予測として氾濫危険度を表現した。適用結果では、予測時間と流出遅れより6時間先までの氾濫確率を表すことができた。

5. 提案している確率論的洪水予測システムに対して、流域内での土地利用・標高情報を用いた水位予測モデルを結合させ、避難時間・避難方向に関する意思決定支援システムを提案した

以上要するに本論文は、流域全体にわたる洪水氾濫を確率論的観点より試み、その予測と対応を提案したものであり、学術上、実際に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1月24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、合格と認める。