

(論文内容の要旨)

本論文は、降雨の確率・統計的特性、特に降雨の極値特性を再現することを可能とする降雨時系列の模擬発生手法を開発し、実流域に適用してその有効性を確認したものである。主な成果の概要は以下の通りであり、7章から構成されている。

第1章は序論であり、水工計画における降雨の確率・統計的発生モデルの重要性を述べている。特に、発生させた降雨時系列が現実の降雨データから得られる極値特性を適切に再現できることが、水工計画において特に重要であり、そうした研究がこれまで十分なされていないことを示して本論の位置付けを述べ、本論で展開する手法の概要を示している。

第2章では、確率降雨モデルとして本論で採用した Neyman-Scott Clustered Poisson Rectangular Pulse Rainfall Model (以下、NSM) の構成と NSM のモデル同定手法およびモデルの評価手法を述べている。NSM はポイントプロセスモデルの一つであり拡張性や柔軟性が高く、モデル同定の過程で降雨の極値情報を反映させることができる可能性がある。ただし、こうした試みはこれまでに十分なされていない。このことが本論で展開する研究開発の動機となっており、NSM を用いた問題設定がなされ、本論で用いる降雨データと適用地域を述べている。

第3章では、わが国の降水観測所を対象として、従来型の NSM を用いてモデルを同定し、数値シミュレーションによる降雨時系列から得た極値降雨量と観測データから得たその確率分布を比較している。NSM はどのような確率・統計的特性を保持させるかによってモデルの同定結果が異なる。そこで、降雨時系列情報の2次モーメントまでを保持する従来型の NSM を採用した場合の12通りのモデル同定結果を用い、同定したすべての NSM を用いて、1時間から48時間までの降雨継続時間の月最大降雨量について、シミュレーション値と観測値の確率分布特性を分析した。その結果、月降雨量の平均値や分散などの基本的特性は観測データによる値を再現できるものの、上記の月最大降雨量の確率分布特性に関しては、シミュレーション値と観測値とは統計的に同じ確率分布とすることはできないことを示した。つまり、従来型の NSM を用いた降水シミュレーションでは、降水の極値特性を確率・統計的に再現することはできず、そのままのモデル構成では水工計画において不十分であることを示した。

第4章では、降雨極値特性の再現性を向上させるためのNSMの改良手法と、改良した手法によるシミュレーション結果が示されている。まず、NSMに含まれる降雨セルの確率分布関数を、従来型の指数分布からグンベル分布、ワイブル分布、あるいはガンマ分布に変更し、降雨極値特性の再現性が向上することを示した。さらに、モデル同定の過程に降雨時系列の3次モーメントの情報を含めることにより、月降水量の降雨極値特性の再現性が向上することを確認した。

第5章では、ある閾値以上の降雨時系列情報から得られるFanoべき係数を用いて、降雨の極値特性を直接、NSMのパラメータ探索に反映させる方法を考案した。第4章でのNSMの同定では、降雨時系列の高次モーメントの情報を導入することによって降雨極値特性の再現性が向上することが確認されたが、直接、降雨極値の観測情報をモデル同定の過程に組み込むことは実現されていない。そこで、本章では、降雨強度の閾値を設定して、その閾値を超える降雨の回数から定まるFanoべき係数をモデル同定の過程の導入することにより、降雨極値情報をモデル同定の過程に導入した。この手法により、4章で用いた3次モーメントを用いる方法と同様に、降雨極値特性の再現性を向上させることに成功した。これにより、降雨の極値情報をより直接的にNSMのモデル同定の過程に反映させることができるようになった。

第6章では、第5章で展開したNSMを用いて降雨時系列データを発生させ、さらにその降雨時系列データを、流出モデルを介して河川流量の時系列情報に変換し、流量時系列情報から河川流量の極値特性を分析することに成功している。また、従来、わが国の水工計画で実務的に用いられる手法によって河川流量を算定し、それとの比較を行って、本手法の有効性を示している。従来手法では、ある発生確率のもとに想定される数パターン極値降雨量を用いて水工計画の基本となる河川流量が算定されるため、極値降雨の発生確率と洪水の発生確率とが必ずしも対応しないという問題点があったが、本手法では、河川流量の時系列データを発生させることでその問題点を回避することに成功している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果を取りまとめるとともに、今後の研究課題についてについて要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、降雨の確率・統計的特性、特に降雨の極値特性を再現することを可能とする降雨時系列の模擬発生手法を開発し、実流域に適用してその有効性を確認したものである。その主な成果の概要は以下の通りである。

1. ポイントプロセスモデルの一つである Neyman-Scott Clustered Poisson Rectangular Pulse Rainfall Model (NSM)を用いて降雨時系列を発生させ、それから得た極値降雨量と観測データから得たそれとを比較し、従来型の NSM では治水計画の基本となる降雨の極値特性を再現することが難しいことを示した。
2. 次に、NSM に導入されている降雨セル発生の確率分布形を変更するとともに、モデル定数の最適化において、降雨強度の 3 次モーメントの適合性も評価するようにモデルの同定手法を変更した。この結果、降雨の極値特性の再現性が向上することを確認した。
3. 上で示した手法は、降雨の極値特性の再現性を向上させることが可能であるが、降雨の極値情報を直接、NSM のモデル同定に反映させたわけではない。そこで、降雨の極値情報をモデル同定に反映させるために、ある閾値以上の降雨極値特性から得られる Fano べき係数をモデル定数決定の過程に採用し、降雨の極値特性を直接、NSM のパラメータ探索に反映させる方法を考案した。これによって、従来の 3 次モーメントを用いる方法に比べて、より直接、極値特性の情報をモデル同定過程に反映させることに成功した。
4. さらに、発生させた降雨時系列情報を、流出モデルを介して流量時系列情報に変換し、河川流量の極値情報を生成することを可能とした。

以上のように、本論文は、降雨の確率・統計的特性、特に降雨の極値特性を再現することを可能とする降雨時系列の模擬発生手法を開発し、水工計画の基本となる降雨時系列情報をコンピュータシミュレーションによって発生させることを実現したものであり、学術上、実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 20 年 7 月 31 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。