

学位論文題名

Applications of Fuzzy Reasoning and Neural Network to Runoff Forecasting

(ファジィ推論とニューラルネットワークの流出予測への応用)

学位論文内容の要旨

降雨時にダム、遊水池、水門などの洪水防御施設の的確な運用および水防活動の支援のためには、リードタイムの長い流出予測が不可欠である。一方、流出予測のリードタイムが長くなるにともない降雨量の予測が必要になり、また、予測される降雨量も定量的な情報から「弱、中、強」などの定性的な情報にならざるを得ない。

本論文は、流量予測に際して入手できる各種の定量的あるいは従来の予測手法では用いられていない定性的な水文情報を有効に利用するために、ファジー理論やニューラルネットワークなどを利用した流出予測手法の開発を目的としている。

本論文は、8章からなっている。

第1章は、序論で目的について述べている。

第2章は、ファジィ推論の基礎理論を述べている。降雨～流出系のような物理系に適する If then の条件文の数式化とファジィ合成法を Modus Ponens 規範から論じている。これまでに発表されている

第3章は、ファジィ推論を用いた流出予測手法について述べている。まず、流出系を記述するシステム方程式について論じている。特に、流出予測を低廉なパーソナルコンピュータでも計算可能(計算時間とメモリー)のように単純な流出系のシステム方程式を提案している。

さらに、北海道内の雨竜川水系青山ダム流域(流域面積229km²)と New York 州の Butter nut Creek(流域面積155km²)に適用した結果について述べ、面積が100~200km²の流域では降雨量を予測しないで流出量を予測できる最大リードタイムが3時間程度であることを示している。

第4章は、ニューラルネットワークの特徴について論じている。

第5章は、ニューラルネットワークを流出予測に応用するときの問題点とその解決法について論じている。まず、ニューラルネットワークの教師信号へ依存性について貯留関数法を用いて検討している。一般に教師信号となる過去の洪水資料は限定されているので、流出予測問題を考えるとき、ニューラルネットワークの教師信号への依存性は重要な問題となる。この問題を克服するためにオンライン予測手法と既存の流出モデルを利用する手法を提案している。

次に、ニューラルネットワークの学習について検討している。降雨量は流出量に比較して遙かに高周波数成分を含んでおり、このような特性の異なる信号を教師信号とすると解が収斂しない場合のあることを示し、不完全結合型のニューラルネットワークを用いることにより、この問題を解決できることを述べている。さらに、第3章で用いた二つの流域を対象にニューラルネットワークを用いた流出予測を行い、ファジィ推論による結果と比較している。

第6章は、流出予測のリードタイムが長くなり降雨量の定性的な予測情報を用いる場合についてファジィ～ニューラルネットワークを用いた流出予測手法を論じている。

降雨量の定性的な予測情報は、気象庁の予報用語の定義にしたがった。すなわち、弱い雨(3mm/hr以下)、やや強い雨(10mm/hr以上で大雨注意報の基準に達しない雨)、強い雨(15～30mm/hr以上)、激しい雨(40～50mm/hr以上)の4段階の予測降雨量を与えた。降雨量の予測値を用いない場合は、予測の最大リードタイムが3時間が限界であったが、上述の定性的な降雨の予測情報を用いただけでも予測の最大リードタイムを5～6時間程度まで拡大できることを示している。

第7章は、気象レーダ降雨を直接用いた流出予測法を述べている。レーダ降雨はレーダの反射強度を意味しており、降雨強度そのものではない。通常は、レーダ反射強度は換算式を介して降雨強度に変換される。この際、必然的に換算誤差が生じる。本章では、直接レーダ降雨とニューラルネットワークを用いる予測システムを開発した。

このシステムの適合性を北海道開発局の道央レーダ降雨情報を用いて定山溪ダム流域に適用し、地上観測降雨を用いた場合と同程度の予測が可能であることを示している。

第8章は、本論文の結論を要約している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 藤 田 睦 博
副 査 教 授 板 倉 忠 興
副 査 教 授 佐 伯 浩

学 位 論 文 題 名

Applications of Fuzzy Reasoning and Neural Network to Runoff Forecasting

(ファジィ推論とニューラルネットワークの流出予測への応用)

近年、アメダス観測網、各種のテレメータ、気象レーダあるいはフリックスに代表される水文情報網の拡充にともない、市町村の端末装置からオンラインに近いかたちで降雨量や流量情報の入手が可能になってきている。これにともない、降雨時における流域内の水文量の現況の把握から、さらには、これらの水文情報を利用したリードタイムの長い流出予測手法の開発が要請されている。一方、流出予測のリードタイムが長くなるにともない降雨量の予測が必要になり、また、予測される降雨量も定量的な情報から「弱、中、強」などの定性的な情報にならざるを得ない。

本論文は、流量予測に際して入手できる各種の定量的、さらに従来の予測手法では利用することのできない定性的な水文情報をも有効に利用するために、ファジー理論やニューラルネットワークなどを利用した流出予測手法の開発を目的としている。

本論文は、8章からなっている。

第1章は、序論で目的について述べている。

第2章は、ファジィ推論の基礎理論を述べている。特に、降雨～流出系に適するファジー関係の定式化とファジィ合成法をModus Ponens規範から論じている。

第3章は、ファジィ推論を用いた流出予測手法を論じている。先ず、流出系を記述するシステム方程式について検討を加え、特に、流出予測を低廉なパーソナルコンピュータでも計算可能な単純な流出系のシステム方程式を提案している。

さらに、北海道内の雨竜川水系青山ダム流域(流域面積229km²)と New York 州の Butternut Creek(流域面積155km²)に適用した結果について述べ、面積が100~200km²程度の流域では予測降雨情報の無い場合、流出量を予測できる最大リードタイムが3時間程度であることを示している。

第4章は、流出系に適するニューラルネットワークの構成について論じている。特に、流出系が強い低域フィルターであることを考慮して、不完全結合型のニューラルネットワークを提案している。

第5章は、ニューラルネットワークを流出予測に応用するときの問題点とその解決

法について論じている。先ず、ニューラルネットワークの教師信号へ依存性について貯留関数法を用いて検討している。この問題を克服するためにオンライン予測手法と既存の流出モデルを利用する手法を提案している。さらに、第3章で用いた二つの流域を対象にニューラルネットワークを用いた流出予測を行い、ファジィ推論による結果と比較している。

第6章は、定性的な降雨量の予測情報が得られる場合についてファジィ～ニューラルネットワークを用いた流出予測手法を論じている。気象庁の降雨予測用語は、弱い雨(3mm/hr以下)、やや強い雨(10mm/hr以上で大雨注意報の基準に達しない雨)、強い雨(15～30mm/hr以上)、激しい雨(40～50mm/hr以上)の4段階になっている。これらの定性的な降雨量の予測情報を与えただけでも、実用的には予測の最大リードタイムを5～6時間程度まで拡大できることを示している。

第7章は、気象レーダ情報を直接用いた流出予測法を述べている。レーダ反射強度が換算式を介して降雨強度に変換され際の換算誤差を除去するために、直接レーダ情報とニューラルネットワークを用いる予測システムを開発している。このシステムの適合性を北海道開発局の道央レーダ降雨情報を用いて定山溪ダム流域に適用し、地上観測降雨を用いた場合と同程度の予測が可能であることを明らかにしている。

第8章は、本論文の結論を要約している。

これを要するに、著者は、流出予測法としてファジィ推論法やニューラルネットワーク法を応用する手法を提案し、多くの新知見を得たもので水文学に対して貢献するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。