

学 位 論 文 題 名

レーダ雨量情報と AI 手法に基づく洪水防御施設の操作

学位論文内容の要旨

地球観測衛星に高精度の光学レーダを用いて、雲・大気・地表など高精度の地球環境観測のためのプロジェクトが進められており、スペースシャトル・ディスカバリーでも既に実験が試みられている。今世紀中に宇宙衛星や地上からの観測など地球規模でのより高精度の情報提供がなされようとしている。新しい地球環境についての情報が得られることは、私達人類が、さらにもう一つ大きな役割と責任を果たさなければならないことを意味する。私たちの社会は、20世紀が生んだレーダ・テレビ・コンピュータ・遺伝子情報・映像解析ソフトなどにより、情報化社会への移行を示し始めているが、これを支援するためのシステム開発は遅れており、特に人間工学的な面では、緒に付いたばかりといえる。本論文でも扱っている情報伝達過程における多くの判断などは、人間との関わりの中で常に大きなテーマとなる。本論文における研究目的は、レーダ雨量の精度向上、AI手法の適用と関連するテクノロジーを実河川の現場に適用し降雨予測・流出予測・水門操作などの総合的制御システムにおける誤差項の修正・支援情報の確信度の表示など、洪水等制御施設に対する具体的な支援操作システムの新しい開発とその自己評価を可能にすることである。この成果は、今後、洪水等の流出予測・水門操作に関する技術レベルの向上・各種の新しい支援システム開発を必要としている多くの水系流域へも大きく波及していくものと考えられる。さらに広い意味で、社会工学的管理制御システムの開発のみに止まらず、自然科学的環境監視制御システムの開発への可能性を示唆するものであり、21世紀の新しいまちづくりやビックプロジェクトにおいてはこの両システムの支援なしにその開発が不可能であると考えられる。それは今後の新しいビックプロジェクトの代表である「千歳川放水路」においても避けることの出来ないハードルであり、むしろ積極的に取り組むことが時代の使命と考える。

また本論文における具体的な事例の多くは、主に石狩川流域を対象に行っており、論文の各章において物理モデルによる降雨予測やAI手法などシステム開発による適用、それらの結果の評価考察を行い、普遍的な成果と今後の課題に言及することができた。

本論文は、全6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、位置づけ、目的及び論文構成について述べている。

第2章では、降雨観測で最終的に必要となることが各単位面積当たりのより正確な降雨地域分布と降雨時間分布情報を迅速に把握することであることから、レーダ雨量

計による面雨量を出来るだけ地上の降雨量に近い形で地上時間面雨量に変換する事を試みた。すなわち、レーダ雨量計による雨量に対する補正係数をレーダサイトからの距離の関数として、降雨の時間ステップ毎に推定する逐次距離補正法を用いることで、地上時間面雨量の精度向上を図った。

第3章では、洪水制御施設の操作、洪水予報、災害対策等、降雨をリアルタイムで予測することが必要になることから、3次元ドップラー・レーダによる観測値を用いたリードタイムの長い降雨予測手法の開発を行った。本手法は、3次元ドップラー・レーダの観測値を初期値として、熱力学方程式、水蒸気量保存式及び大気水分量保存式において時間積分を行い降雨の発達・減衰を伴う降雨予測を可能とするものである。このことにより、より精度の高い地上面降雨強度と短時間降雨の予測時間の伸長が図られた。

第4章では、的確な洪水流出予測の有無が流量観測値・流域諸定数・流出システムと同様に流出予測値の精度を大きく左右することから、一般化貯留関数法をベースとした流出システム方程式の線形化・差分化によるカルマンフィルターを用いた流出予測モデルの適用性の向上を図った。また、カルマンフィルターを用いた流出予測モデルにおける予測降雨の誤差・観測誤差・流出モデルの誤差・流出パラメータの誤差について、実河川の観測や統計理論に基づいてシステムへの取り組む方法論を示した。さらに、本モデルを実河川の水位予測シミュレーションに適用し、リードタイムの長さや予測値の誤差分散について言及した。

第5章では、洪水時における河川管理上最も重要な事項の一つである水門操作手法について、Fuzzy推論による洪水水門制御操作判断支援システムの開発を行った。洪水時において大型ゲートを操作するためには、水門制御操作システムの随所で実体験の豊富な熟練技術者の判断が要求されてきた。しかし、水門制御操作において技術者は、気象条件の厳しい中で長時間拘束されている。このことから、水門制御操作を行う技術者の精神的労力・肉体的労力・経験の積み重ね等の軽減を目的として、専門技術者の経験や勘を交えた操作判断にFuzzy推論を適用し、茨戸川の洪水水門制御操作判断支援システムの開発を行った。

第6章は結論で、各章の主たる結果をまとめている。

以上本研究は、レーダ雨量計による雨量情報を用いた洪水流出予測の開発と、それから得られる情報を基に行う洪水制御施設の操作にAI手法を取り入れたシステムの開発について論じたものである。

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

レーダ雨量情報と AI 手法に基づく洪水防御施設の操作

洪水時の洪水防御施設の操作に関しては、各施設に運用規定が設けられている。運用規定はあくまでも施設の基本操作概念を記述したものである。したがって、各施設の管理者は洪水時に時々刻々変化する水文情報を参考に管理者の知識と経験に基づいてダムゲートや水門などの施設を操作している。一方、気象レーダ、アメダス降雨計やテレメータなどが整備され、従前に比較して洪水時に迅速に、かつ、広域の水文情報を入手できるようになっている。また、現場での経験豊富な熟練技術者の不足もあって、気象レーダ、アメダスデータなどを用いた、総合的な洪水防御施設の操作支援システムの構築が要求されている。本論文はこの要請に応えるものである。本論文は、特に洪水防御施設として石狩川下流部の茨戸川に設置されている志美運河水門と石狩放水路水門を対象としている。この二つの洪水水門を制御するには、茨戸川に流入する伏籠川、創成川、発寒川の三支川からの流入量と内水、石狩川本川水位、日本海の潮位を考慮しなければならず、極めて複雑な水門制御が要求されている。

本論文では、気象レーダによる降雨量の現況の把握、降雨量の予測、河川流出量の予測手法について述べ、さらに、これらの成果を考慮した二つの水門操作支援システムをファジィ推論手法によって構築したものである。したがって、本論文で得られた結果は、他の洪水防御施設の制御にも利用が可能である。

本論文は、6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、位置づけ、目的及び論文構成について述べている。

第2章は、気象レーダを用いた降雨強度の地域分布、時間分布の現況把握手法について述べている。気象レーダ情報から推定される降雨強度は種々の誤差を含んでいる。本論文では、特に、地上雨量計で計測される降雨強度と気象レーダから推定される降雨強度のスケールの違いに着目し、Kriging法を用いたレーダ雨量の補正法を提案している。従来の補正法に比較して、洪水を引き起こすような10mm/hr以上の降雨強度の場合に補正の効果が大きいことを確かめている。

第3章は、降雨量の予測手法について述べている。すなわち、3次元ドップラレーダによる観測情報を初期値として大気の流れ、温度、水蒸気量の場を力学的に解く手法を提案し、従来の移流モデルでは表現できなかったレーダエコー

の発達・衰弱の効果を評価できることを示している。

第4章は、カルマン・フィルター法を用いた河川流出量の予測手法について述べている。特に、流出モデル内に含まれる各種の誤差項の特性について検討し、新たに水位、流量の変換式に含まれる誤差を考慮することにより、実用的にはリードタイムが6時間の予測が可能であることを示している。

第6章は、茨戸川の放水路と運河の二つの水門制御支援システムについて述べている。第2、3、4章で得られた結果を利用し、石狩川本川の水位、茨戸川に流入する発寒川、創成川、伏籠川の三支川の流入量および内水量の予測値、さらに、運用規定とエキスパートの意見に基づいて水門操作に関するファジィ推論システムを構築している。エキスパートと同程度の水門操作ができることを実測資料に基づいて再現している。また、本推論システムによって、大降雨時にはその水門操作の頻度を著しく減少できることを確かめている。

これを要するに、著者は、洪水防御施設の操作支援システムの構築に関して多くの新知見を得たもので、防災工学、水文学に対して貢献するところ大なるものがある。

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。