

氏名	いとうかずまさ 伊藤 一 正
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3616号
学位授与の日付	平成13年11月26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	AI手法による貯水池操作支援システムの構築に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 池淵周一 教授 小尻利治 助教授 堀 智晴

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、時々刻々と変化する気象・水文環境のなかで、適切な対応を要求される貯水池操作に対して、最新の人工知能技術(AI)を用いた意志決定支援システムを構築するとともに、その実管理への展開を図ったものであり、序論、結論を含め七章から構成されている。

序論では、わが国における貯水池と貯水池操作の概況および貯水池操作支援システムの重要性を述べるとともに本論文の構成を示している。

第二章では貯水池操作支援システムの中核をなす知識表現の技術であるAI技術について、エキスパートシステム、ニューラルネットワーク、ファジィ理論、マルチメディア技術について、その技術的な内容を記述するとともに、各技術が貯水池操作の各分野に、どのように応用できるか示している。

第三章では、ダム貯水池操作支援システムの基本的な構成を示している。とりわけ出水時における貯水池操作の中から、発電ダムの操作を対象に、確実な操作を行う上で課題となる事項を示し、課題を解決するための支援システムについて、操作の手順、判断すべき事項、参照する情報項目等を基に基本条件を提案している。

第四章では、貯水池操作支援システムの有効性を確認するために、実際に貯水池操作を実施する場合のタスクフローを事例ダムで分析し、支援システムとしてソフトウェアを構築した上で事例出水に適用した結果を示している。出水予測に関しては一般に多く用いられている貯留関数法などの手法に加えて統計的な手法での予測、ファジィ推論での予測が有効であること、融雪出水や台風出水など降雨成因を加味してニューラルネットワーク技術を適用することにより的確な流出波形を出力できるとともに、6～7時間にわたる長時間の予測が可能であることを示している。さらに、出水可能性の判断について、実操作の結果から判断項目、参照情報、参照方法を詳細に分析し、評価ルールとルール別の確信度を提案し、これらのルールと確信度を用いることにより出水の可能性の総合評価をシステム化するとともに、総合評価の結果から貯水池操作のための貯留放流計画策定タイミングの判断、放流タイミングの判断等、意思決定タイミングのシステム化手法を提案している。

第五章では、過去の貯水池操作の結果をもとに、当該出水時の気象情報、放流操作量、貯水位の変化量などから、天気図情報の類似度から放流操作タイミングを推定するとともに、放流量の決定を行う操作支援システムを提案している。当システムでは実操作のタスク分析のみならず、気象情報や放流操作情報から、より深い知識を分析しモデル化することにより、実現象と既往事象との類似性を評価し貯水池操作のための意思決定を支援できることを示している。さらに、これらの仕組みを実現するためにはオブジェクト指向モデルによる知識表現と推論結果の表現にマルチメディア技術が有効であることを提案している。

第六章ではタスク分析により得られた知識を体系化するとともに、技術継承するための教育システムを実現する手法を示している。

結論では、論文全体のまとめと、各章ごとの主要な結果を述べている。人間は既往の出水を自ら体験することにより、判断のために必要な情報をおのずと選択し判断できる知識として身につける事が可能である。その結果、様々な出水に対して

的確な知識の適用を行い確実な操作が実現されてゆく。本論文では、このような人間の判断をシステム化できることを示すとともに、システム化に当たって抽出された知識を別の形態で管理することにより教育訓練システムとして再構築可能である事を実証している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、時々刻々と変化する気象・水文環境のなかで、適切な対応を要求される貯水池操作に対して、最新の人工知能技術（AI）を用いた意志決定支援システムを構築するとともに、その実管理への展開を図ったものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

- 1) 出水時における貯水池操作を対象に、支援システムとしての要件を明らかにするとともに、支援システムの概念設計を行い、プロダクションルールによる状態監視、計画作成空間、計画信頼性算定法を提案した。
- 2) 事例流域を対象に、ドメイン知識の収集とタスク分析を通じて、状態監視空間におけるダム流入量の予測機能と洪水発生リスクの判断機能、さらに、計画作成空間における貯留放流計画の有効性を検証した。出水予測に関しては、ファジィ理論の有効性とともニューラルネットワークにより降雨成因に応じた6～7時間の長期予測を実用化した。さらに、ルール別の確信度を実操作記録から決定することによって、出水可能性の総合判断を基にした貯留放流計画策定、放流、意思決定手順をシステム化した。
- 3) 最適操作ルールでの貯水池運用に向けて、当該出水の気象情報、放流操作量、貯水位変化量などから、放流量とその操作タイミングを推定する知識ベース型支援システムを作成した。すなわち、天気図、台風情報などの類似性評価には二次元空間での距離の概念を用いたファジィ評価手法を導入し、水文・気象情報のズレを考慮する台風進路、降雨、流量予測を行った。放流量の基礎知識作成には Dynamic Programming で定式化を行い、最適放流設計としての支援システムを提案した。このモデルは、オブジェクト指向のプログラム化とゲーム感覚での画面、およびアニメーションを付加して、実管理者の利用性・適用性を考慮している。
- 4) ダム操作および管理に関する技術の習得・継承のために、音声、静止画、動画などのマルチメディア技術による教育支援システムを提案した。すなわち、コンピュータ上に仮想現実空間を作成し、受講者のレベルに応じて規則の抽出、情報の選択、操作タイミング決定手順をモデル化し、受講者の訓練結果を通じてその有効性を確認した。

以上を要するに、本論文は最新の AI 技術を導入して貯水池操作支援システムを構築したものであり、得られた成果は学術上、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13年9月26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。