

令和元年6月25日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06510

研究課題名（和文）現業アンサンブル気象予報と人工知能を活用したダム弾力的操作支援システム

研究課題名（英文）Decision Support System for Integrated Reservoir Operation Using Artificial Intelligence Based on Operational Ensemble Meteorological Forecasts

研究代表者

野原 大督（Nohara, Daisuke）

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号：00452326

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：現業アンサンブル気象予報によって提供されるメンバ別の降水量予測値に加えて、気圧高度場や気圧場に関する予測情報と、流域における過去の出水状況とその際の気圧場との関係を用いることで、想定される今後の降水の状況とその可能性をより効果的に推定する方法論の構築を行った。その上で、リアルタイムで提供される膨大な予測データと予測されるダムの状態量から、予測の不確実性を加味して各ダムの操作戦略案を導出し、治水面および利水面でのリスクを加味しながら、最適な操作戦略を分かりやすくダム管理者に示すダムの弾力的放流のための意思決定支援システムの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的な特色は、アンサンブル予報に含まれる複雑な情報を高速に処理する上で親和性が高いことに着目して、ダム操作時の予報データの活用に必要な大量の情報処理を人工知能技術や情報工学的手法を駆使して支援する手法を開発する点にある。また、アンサンブル予報の降水量予測値がそのままでは精度が芳しくないことに鑑み、予報に含まれる気圧場などの予測データを活用することで、降水予測精度の改善を図るとともに、流域の過去の出水時の経験を活用しながら、ダムの弾力的操作を行うことによって治水・利水管理の高度化を図る手法を検討しており、実管理者にも受け入れられやすい予測の利用方法を提案している。

研究成果の概要（英文）：A decision support system for integrated reservoir operation considering operational ensemble meteorological forecasts was developed using artificial intelligence techniques. A method to estimate basin rainfall prediction and its uncertainty by use of statistical relationship between pressure distributions and basin rainfall estimated from historical flood records in the target river basin. An optimal reservoir operation strategy is then estimated from predicted conditions of pressure distributions and rainfall by ensemble forecasts for integrated reservoir operation such as prior release operation considering its effects and risks in both the flood and drought managements.

研究分野：水資源工学

キーワード：アンサンブル予報 ダム 弾力的操作 人工知能 意思決定支援

1. 研究開始当初の背景

ダム貯水池の高度な運用方法として、近年、ダムの弾力的操作が検討されている。この操作は、降雨・流出予測を考慮して貯留水を出水直前に放流することで、貯水池内の空き容量を増大させ、より大きな洪水調節効果を得ようとするもので、事前放流操作とも呼ばれている。平常時には利水用に貯水位を高く維持しながら治水効果を向上できることから、ダムの治水・利水機能を最大限に引き出す操作方式として期待されている。しかし、操作決定には予測情報が重要な役割を担うため、予測が外れた場合には、不要な事前放流の実施により出水後に貯水位が回復しなかったり、逆に事前放流を十分に行えずに洪水調節容量が不足する結果になる恐れもある。そのため、予測の不確実性に対応するかが、ダム弾力的操作における重要な課題となっている。

一方、現業気象予報においては、近年、複数の数値予報の集合を統計的に処理し、単独の数値予報より確からしい予報を得ようとする手法（経田，2006）であるアンサンブル予報が導入されてきている。これらの複数の数値予報（メンバと呼ばれる）を考慮することによって、最終的に総合された予報値のみならず、想定される複数の状況とそれらの状況が発生する可能性、予報の信頼性や不確実性に関する情報が得られる。これらの情報を考慮に入れてダムの弾力的操作の意思決定を行うことができれば、単一の予報値を利用する場合と比較してより安定した操作を行うことができると考えられる。しかし、実際には、ダム管理現場においてアンサンブル気象予報を利用するためには、以下のような課題を克服する必要がある。

- 1) 現業アンサンブル予報では、予報モデル格子点における降水量予測値が提供される。格子点の間隔は河川流域の空間規模より大きいことから、流域の将来降水量を精度良く反映していないことが多く、ダム操作に利用するためには予測に補正を施すなどの処理が必要である。
- 2) 有望な対応策の一つとして、降水量予測値に加えて、気圧場や気圧高度場など現業予報データに含まれる他の気象要素の予測値を参考にする方法が考えられる。その場合、参照する情報が膨大かつ複雑となるので、リアルタイムに必要な情報を整理・集約した上で、想定される治水・利水リスク情報を操作官に示す情報利用支援手段が必要となる。
- 3) ダム管理現場において予測情報の利用が進まない背景には、予測情報と過去の観測事例に基づく操作官の経験との整合性が必ずしも取れていないという本質的な課題がある。過去の出水時の気象状況と比較しながら予測情報を利用する方法論を明らかにする必要がある。

こうした複雑な情報処理を可能とする技術に、人工知能がある。近年の人工知能技術の進展は目覚ましく、画像認識や推論・制御機構などの分野において新たな技術が開発されている。また、流域の水文観測データの蓄積や計算機性能の向上により、大量のデータを要し大きな計算負荷がかかる人工知能技術を駆使しながら実時間でダム放流決定の支援を行う意思決定支援システムの構築が可能な環境が整いつつある。本研究は、こうした技術背景を踏まえ、上述の課題に対応するため、人工知能技術を駆使したダム弾力的操作支援システムの開発を通じて現業中長期アンサンブル気象予報のダム弾力操作への利用手順を明らかにしようとするものである。

2. 研究の目的

人工知能技術を活用し、現業のアンサンブル気象予報が持つ大量の情報を効果的に活用したダム貯水池の弾力的操作決定を支援するシステムを開発する。現業アンサンブル気象予報によって提供されるメンバ別の降水量予測値に加えて、気圧高度場や気圧場に関する予測情報と、流域における過去の出水状況とその際の気圧場との関係を用いることで、想定される今後の降水の状況とその可能性をより効果的に推定する方法論を構築する。その上で、リアルタイムで提供される膨大な予測データと予測されるダムの状態量から、予測の不確実性を加味して各ダムの操作戦略案を導出し、治水面および利水面でのリスクを加味しながら、最適な操作戦略を分かりやすくダム管理者に示すダムの弾力的放流のための意思決定支援システムを構築する。

3. 研究の方法

過去の出水データと現業の中長期アンサンブル気象予報に含まれる情報を最大限に活用した実時間でのダム弾力的操作の支援手法の開発を目的に、アンサンブル予報の降水量予測値に加えて、気圧分布などの予測値や過去の観測情報といった膨大かつ複雑な情報を、人工知能技術を駆使して整理・集約しながら効果的に利用するための方法論の検討を行った。具体的には、1) 気象状況と流域降水量との関係の分析と知識ベースの構築、2) アンサンブル予報と過去の事例を考慮した流域降水量予測手法の開発、3) メンバ別アンサンブル予報データを用いたシナリオ分析手法の開発、4) アンサンブル予測情報の誤差および不確実性の分析、5) アンサンブル予報データを考慮したダム弾力的操作の代替案およびリスク情報の作成・提示手法の検討、などを行った。

4. 研究成果

現業アンサンブル予測情報によって提供される気圧分布、気圧高度分布の予測状況から、降水量の予測値を補正する手法の開発を行い、その有効性の分析を行った。具体的には、過去の日本周辺の気圧分布を、ファジィ・クラスタリング手法を用いてクラスタリングを行い、代表的な気圧分布のクラスターを推定した上で、各クラスターに属する気圧分布と、その際に観測された対象流域の降水量との統計的な関係を算出した。その上で、得られた統計的な関係を用いて、現業アンサンブル予報データから実時間で流域の降水量予測値を算出するアルゴリズムの開発を行い、気象庁の週間アンサンブル予報の降水量プロダクトを用いて当該手法により降水量予測を行った場合の予測精度についての検証を行った。その上で、得られた降水予測情報から、分布型流出モデル Hydro-BEAM を用いて、対象流域内のダム流入量や河川流量のアンサンブル予測値を算出できるようにした。さらに、多目的ダム貯水池の予備放流操作の意思決定過程をモデル化し、現業アンサンブル水文予測情報をリアルタイムで考慮する場合のダム予備放流操作・事前放流操作の効果やリスクを定量的に評価・検証する手法の開発を行った上で、アンサンブル予測情報を考慮したダム弾力的操作の代替案とリスク情報の作成手法の有効性の分析を行い、アンサンブル予測情報を効果的に考慮することでダム操作精度が向上する可能性を示した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

野原大督・佐藤嘉展：現業中長期アンサンブル降水予測情報を考慮した実時間ダム利水操作に関する研究，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, No.4, I_1315-I_1320, 2017.

Nohara, D.: Reservoir operation for water supply considering operational ensemble hydrological predictions, Journal of Disaster Research, Vol.13, No.4, pp.650-659, 2018.

野原大督・齋藤宏樹・HAPSARI Ratih Indri: 模擬作成されたアンサンブル流入量予測情報の再現性 - ダム洪水操作計画への適用に向けて - , 京都大学防災年報, 第 61 号, B, pp.696-701, 2018.

Nohara, D., Gourbesville, P. and Ma, Q.: Towards Development of Effective Decision Support Systems for Integrated Water Resources Planning and Management, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No.61B, pp.702-710, 2018.

[学会発表](計 8 件)

Nohara, D.: Decision support for integrated reservoir operation for flood management considering one-week ensemble forecast of precipitation, 12th International Conference on Hydroinformatics, Incheon, Aug. 22nd, 2016.

Nohara, D.: Advanced reservoir operation for water supply considering operational ensemble hydro-meteorological prediction, The 20th Congress of the Asia Pacific Division of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research, Colombo, Aug. 29th, 2016.

野原大督・佐藤嘉展：気象庁中長期アンサンブル降水予測情報を考慮した実時間ダム利水操作に関する研究，平成 28 年度京都大学防災研究所研究発表講演会，B28, 宇治，2017.

Nohara, D. and Saito, H.: A framework to assess effectiveness and risks of integrated reservoir operation for flood management considering ensemble hydrological prediction, Proc. XVI World Water Congress, Cancun, ABSID359(14pp.), 2017.

Nohara, D. and Sato, Y.: Real-time reservoir operation for drought management considering operational ensemble predictions of precipitation in Japan, Proc. SimHydro 2017, Sophia Antipolis, PaperID 15(10pp.), 2017.

Nohara, D.: INTEGRATED RESERVOIR OPERATION CONSIDERING REAL-TIME HYDROLOGICAL PREDICTION FOR ADAPTIVE WATER RESOURCES MANAGEMENT, 37th IAHR World Congress, Special Session 2A, Kuala Lumpur, August 18th, 2017.

Nohara, D. and Saito, H.: Assessment on Effects of Preliminary Release Operation of a Multi-purpose Reservoir Considering Ensemble Inflow Prediction, EPiC Series in Engineering, Vol.3 (Proc. 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo), pp.1568-1574, 2018.

Nohara, D.: Assessment on effectiveness and risks of integrated reservoir operation for flood management considering ensemble hydrological prediction, 2018 International Symposium on Water Systems Operations and CHINCOLD Professional Committee on Watershed Hydrology and Regulation, Beijing, 2018.

[図書](計 1 件)

Nohara, D. and Sato, Y.: Real-time reservoir operation for drought management

considering operational ensemble predictions, Advances in Hydroinformatics, Gourbesville, P. et al. (eds.), pp.331-345, 2018.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 無し

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：無し

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名： フィリップ・グーベスヴィル, ヤンオー・キム

ローマ字氏名： Philippe GOURBESVILLE, Young-Oh KIM

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。