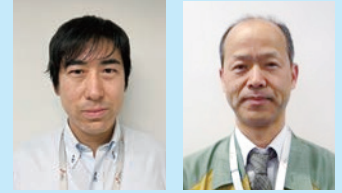


AIを活用した水力発電計画策定支援システムの開発

AI-based system for planning hydropower generation

水系一貫で複数の水力発電所における発電計画の最適化を実現する 3つのAI技術

水系一貫での水力発電計画の最適化を目的とした、水力発電計画策定支援システムへ搭載する各種AIを開発した。AIは、(1)流量予測AI(2)最適化計算AI(3)過去検索AIの3つであり、これらを搭載する本システムの運用により発電計画の最適化に加え、計画策定業務の効率化および技術継承にも寄与する。



執筆者
再生可能エネルギーカンパニー
水力事業部
運用・システムグループ
中瀬 友之
川辺水力制御所
松尾 光徳

1 背景

水力運用では、ダム流入量の予測を元に水資源を最大限有効活用した最適な発電計画を策定することを目指している。一方で、近年は線状降水帯やゲリラ豪雨が頻発し、国主体で治水・利水を目的にダム運用自体の見直しが各地で検討されており、今後水力発電にはさらなる運用の柔軟性が強く求められると想定される。

加えて、従来の水系一貫での水力発電計画の策定業務は、ベテラン社員のノウハウに頼ることが多く、その技術継承も課題となっていた。

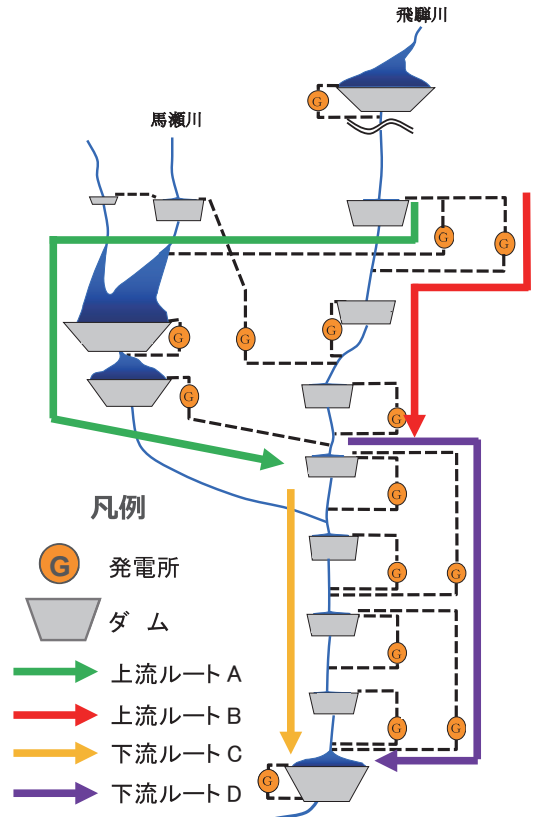
本検討では、当社管内で最も複雑な運用を行う飛騨川水系を対象として、AIソフトを用いて水系一貫での最適な発電計画を提案する手法を確立した。これにより、発電量および収入の増加を見込むことができるだけでなく、効率的かつ今後の運用変化にも対応可能な柔軟性をもった発電計画支援体制を構築することができる。現在、システム化の工事期間中であり、2024年度中の運用開始を予定している。

2 水力発電計画策定支援システムの概要

水力発電計画策定支援システム（以下、本システム）は、当社の中でも運用ルートが複雑な飛騨川水系（第1図）を対象に、(1)ダムへの流入量を予測する流入量予測AI、(2)ダムおよび発電所の運用制約を守りつつ3つの目的関数（発電量最大、売電金額最大、溢水量最小）が最適となる発電計画を提案する最適化計算AI、および(3)翌日の諸条件に近い過去の日の計画を参照する過去検索AI、の3つのAIソフトを活用し、増電および増収を目指すものである。これらのAIを活用した発電計画策定フローを第2図に示す。運用者は最適化計算AIと過去検索AIの結果を参考に、翌日の発電計画を策定する。以下に各AIについて説明する。

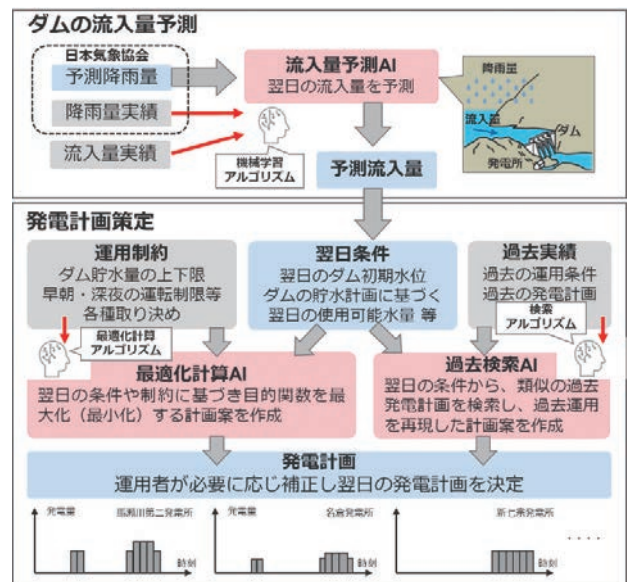
(1) 流入量予測AI

発電計画の元データとなる各ダムへの流入量について、第1図に記載する各ダムにおける流入量予測AI（機械学習アルゴリズム）を開発した。予測手法には教師データあり



第1図 飛騨川水系図

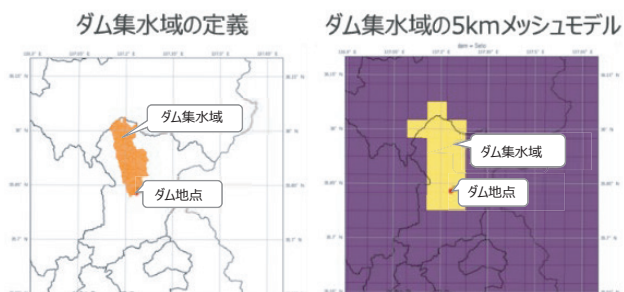
機械学習を採用しており、2019～2022年度の各ダム集



第2図 AI提案による発電計画策定フロー

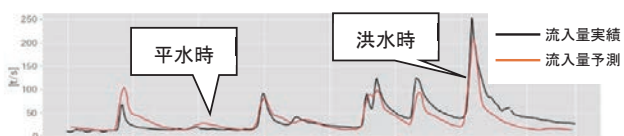
水域の降雨実績に基づくデータおよび、流入量実績を学習教材とした。

各ダム集水域はメッシュサイズ5kmで設定しており（第3図）、降水量の実績および予測値については、設定したメッシュ内の値に変換して活用した。



第3図 ダム集水域の設定例

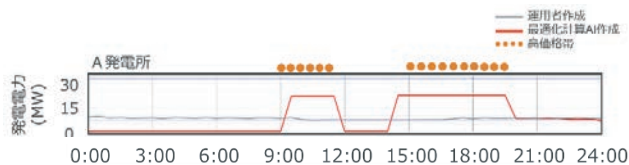
降雨実績は流入量と相関が強い期間として対象時刻の24時間前までのデータも学習している。AIによる流入量予測結果の例を第4図に示す。平水時、洪水時ともに流入量実績について日量および増減を再現することを確認できた。



第4図 流入量実績と流入量予測例

(2) 最適化計算AI

本検討の目的が水系一貫での発電運用の最適化であることから、増電および増収を対象発電所の合計で評価する必要がある。最適化計算AIでは、関連するダムおよび発電所の関係性を、ダム貯水上限、発電取水上下限、起動時刻制約、河川での流下時間等の運用制約を前提に、ダム貯水量、予想流入量、発電取水量、ゲート放流量等のパラメータを用いてモデル化し、最適化アルゴリズムにより対象発電所総合で前述の3つの目的関数をそれぞれ最適化する発電計画を提案する。なお、予想流入量には流入量予測AIの出力結果を用いる。第5図に売電金額最大を目的関数として最適化計算AIが提案した発電計画の例を示す。売電の高価格帯で発電を盛上げる適切な計画を提案できていることが確認できた。

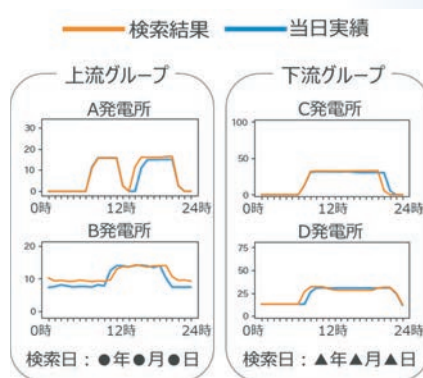


第5図 最適化計算AI提案例

(3) 過去検索AI

翌日の各ダム水位や、貯水計画に基づく使用可能水量等の諸条件を元に、検索アルゴリズムにより過去に類似の条件であった日の水系全体の発電計画を過去データから検索するAIを開発した。検討の中で、対象発電所全ての条件が近似する日を検索しようとするると検索精度が下がる（全発

電所の条件が近い過去の日は少ない）ため、飛騨川上流の貯水池運用の影響を大きく受ける上流グループと、馬瀬川からの合流が影響する下流グループに分けてそれぞれの条件に近い日を検索することとし、これにより各発電所の検索精度が向上した。第6図に検索例を示す。



第6図 過去検索AI提案例

最適化計算AIと過去検索AIはそれぞれ提案する計画の特徴がある。前者は目的関数の最適化結果を提案するため、例えば高効率を求めダム水位を上限で推移させる計画等、運用者が運転・管理する上で、必ずしも運転しやすい計画ではなく、実現性が低い計画となる可能性もある。一方で、後者は実際に策定した過去の計画を提案するため、運用者が心理的負担も含め運転しやすく実現性が高い計画となる。

実際の発電計画は上述する各AIが提案する計画の特徴を踏まえ、運用者がそれに手を加えて策定する。

3 検討成果と今後の展開

本検討は2021年4月より検証を行ってきており、本システム導入の効果として水系全体で年間2%程度の増電が期待できることを確認した。また、発電計画の策定に要する時間を従来の4分の1以下に削減し、業務の効率化を実現することに加え、これまでOJTが中心であった若手従業員の教育について、本システムを用いたシミュレーションにより短期間での技術習得が可能となる。

今後、流入量予測AIについては運用の中で予測精度を監視していき、学習データの更新等により性能維持および向上を図っていく。また、過去検索AIについては検索対象となる発電計画データを蓄積していき、検索精度向上を図っていく。

現在、当社管内の他水系への展開も検討・検証中であり、全社でのさらなる水力発電の増電および増収を目指す。

また、長期雨量予測を用いた週間発電計画の最適化も検討している。本システムでは日単位での最適化を目的としたが、週間単位で貯水池運用の最適化を図ることで、溢水の削減と、より需給ニーズに沿った発電計画の提案が可能となる。