

平成22年5月31日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20760328

研究課題名 (和文) 地球規模気象・水文情報を活用した水資源管理の高度化

研究課題名 (英文) Enhancement of water resources management utilizing global meteorological-hydrological information

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

研究成果の概要 (和文)：本研究では、近年世界的に急速に整備が進んでいる地球規模気象・水文情報を利用し、特に貯水池の長期的な放流意思決定を支援する手法の開発を行った。具体的には、気圧高度や気温、海面水温の全球的な分布情報を用いて、管理対象とするダム流域の将来3か月間における降水量・流量を決定論的および確率的に予測する手法を構築した。また、当該情報を放流意思決定に反映させる手法を開発し、これを実装した貯水池操作支援モデルを構築した。

研究成果の概要 (英文)：A decision support technique for long-term reservoir operation was developed by use of global meteorological-hydrological information, which has been recently well developed worldwide. Deterministic and stochastic prediction methods of basin precipitation and streamflow for the coming three months were developed by utilizing global distributional characteristics of pressure height, temperature and sea surface temperature. Decision support methods for long-term water release of a reservoir with consideration of the predictions were also developed, and then introduced to a real-time decision support system for reservoir operation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：水資源工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：貯水池操作、地球規模気象・水文情報、渇水、降水予測、水資源管理、意思決定支援

1. 研究開始当初の背景

近年、地球規模での水動態把握について世界的に関心が高まっており、昨今の観測技術

の発達や計算機資源の向上に伴って、世界各国にわたり気象・水文情報網が整備されてきている。一方、水資源管理においては、極端

な気象現象の多発や社会の水依存性の増大等から、水資源の一層の計画的・効率的運用が求められている。しかし、現行では、管理単位である河川流域内での水文情報と当該流域での過去の統計的情報をもとに管理が行われており、将来の状態の定量的な予測に基づく最適な管理には至っていない。近年、短時間の降水予測技術の精度が向上しているため、洪水調節を対象とした管理では予測情報の利用が始まっている。一方、特に渇水調節を対象とするような長期の予測については、気象・降水現象のカオス性による予測の限界から、予測精度は低く管理上考慮されていないのが実情である。

広域気象・水文情報は、その空間的・時間的スケールから、流域の比較的長期の将来における水動態に関する情報を含有している可能性が大きい。これらの広域情報から流域スケールの予測に有益な情報を抽出し、将来の流域の状態について定量的な評価手法を確立することは、効率的な水資源管理の実現に大きく貢献し、水資源管理技術を飛躍的に向上させるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地球規模で得られる広域的な気象・水文情報を活用したより高度な水資源管理手法の開発を行うことである。具体的には、水資源実管理において大きな役割を果たす貯水池の利水操作を対象として、地球規模気象・水文情報を利用した3か月先までの降水予測手法を開発する。さらに当該予測手法を利用して主に利水操作を対象とした貯水池の実時間管理手法を開発し、当該管理手法を、研究代表者がこれまでに開発している貯水池の操作意思決定支援システム (Decision Support System: DSS) に統計学的手法及び情報学的手法を用いて導入し、実時間管理における意思決定の高度化を行うことを目的とした。

地球規模気象・水文情報は多岐にわたるため、これらの多様な情報から、流域の将来の状態を推定する際に有用な情報を合理的に選別する方法の開発することと、3か月先までという比較的長期の予測を行いこれを意思決定において利用する点を踏まえ、長期の予測に含まれる不確実性を意思決定に反映させる手法の開発を検討することが特に重要であると考えられた。

3. 研究の方法

以下の(1)～(3)で記す方法に従って貯水池操作支援モデルを構築し、これを実流域に適用することによって、提案手法の有効性の検討を行う方法を取った。

(1) 利用する地球規模気象情報の概要利用する情報は、貯水池での実管理で用いること

を念頭に置くと、データへのアクセス性が高く、また、最新のデータを素早く入手できることが求められる。さらに、過去の統計データを用いる上では、長期間のデータの蓄積があることが望ましい。そこで、格子点データとして全球にわたってデータが整備されている気象諸量のうち、最新のものを含む長期間のデータがオンライン上で公開され、かつ日本での長期的な降水量に影響を及ぼすと考えられる気圧高度分布と地表面気圧分布、気温分布、海面水温分布の月平均値を利用した。500hPa 気圧高度分布、地表面気圧分布、気温分布については、NCEP/NCAR 再解析データの月平均データを利用し、海面水温分布については、北東アジア地域全球海洋観測システムの地域遅延モードデータベース (NEAR-GOOS RDMDB) で公開されている、月平均海面水温データセット (Global Sea Surface Temperatures: glbsst) を利用した。

(2) 降水予測手法の概要

① 降水予測機関と予測の時間解像度の設定

ダム操作による渇水対策では、通常、数週間から数ヶ月先までの流況が予測できれば、その情報に基づいて適切な操作を選択することができるかとされている。これを踏まえ、本研究では降水予測期間を3ヶ月間と設定した。また、降水量予測の時間解像度については、まずは将来における大まかな傾向として月単位の流況を把握することを目標とし、1ヶ月とした。この予測条件のもとで、以下の②、③、④の降水予測手法を開発した。

② 統計回帰式を用いた降水予測手法

前項で述べた地球規模気象情報は全球にわたって整備されているわけであるが、これをそのまま全て考慮することは、対象とする流域における降水量との関係が小さな領域における現象についても情報の中に含まれることになるため、予測精度が低下することが考えられる。そこで、予測精度の低下を防ぐため、全球の気象分布から対象とする流域における降水量との関係が深い情報を取り出すことが重要となる。ここでは、一般に日本の降水と関係が深い気象現象があることが知られている複数の領域の気象状態 (気圧高度分布、海面水温分布) についてのみを考慮した。

具体的には、気圧高度分布については、日本が存在する北半球における分布状態のみに着目するものとし、さらにこれを南北方向に3つの領域に分割して考えた。また、海面水温分布については、日本における長期的な天候との関係が指摘されている4つの領域を考えた。すなわち、エルニーニョ現象監視領域、日本近海の黒潮と親潮が衝突する海域、海面水温が台風の発達・衰弱に影響を与える日本南海、インド洋ダイポールモード現象が

観測される領域の4領域である。

以上の3領域における気圧高度分布と4領域における海面水温分布に関する解析情報を、7つの異なる気象情報として考えた。そして、7つの気象情報を説明変数とし将来における流域降水量を目的変数とした重回帰式を構築した。ただし、7つの情報を全て説明変数とするのではなく、最も再現性の良い重回帰式を構成する情報の組み合わせを、AIC(赤池情報量基準)を用いて求めた。この情報の組み合わせを説明変数とした重回帰式を用いて降水量の予測を行うことにした。重回帰式は、向こう1ヶ月間、向こう1~2ヶ月の間、向こう2~3ヶ月の間の3期間における降水量をそれぞれ目的変数とした3つの式を別々に求めた。

③ 全球気象情報を用いた確率的な降水予測手法の開発

将来3か月程度を考えるような長期的な予測は、しばしば不確実性が大きくなることから、予測情報の提供時においてこうした不確実性の程度を示すことは重要である。そこで、クラスタリング手法を利用して全球の気象情報を一定数の特長的なパターンに分類し、各パターンが生起した際の流域降水量の頻度分布(カテゴリ分布)を利用して予測を行う確率的降水予測手法を開発した。ここでは、500hPa気圧高度分布情報を利用して、全球の気圧高度分布教協を6つのパターンに分類するとともに、流域降水量を多寡に応じて5つのカテゴリに分け、その上で各パターンが観測された場合に各カテゴリに属する降水量が観測される条件付き確率を求め、このカテゴリの期待生起確率の分布を予測値とした。

④ 多様な気象要素に関する全球情報の利用手法の開発・検討

事前の選別を行うことなくさらに多くの気象要素に関する情報を考慮するため、全項②の降水予測手法とは別に、地表面気圧、地上気温、850hPaおよび500hPa気圧高度面における気圧高度および気温、海面水温のそれぞれの全球分布を考慮した長期降水予測手法の開発も行った。ここでは、予測因子の候補を各気象観測要素の格子点値として考え、全球の格子点値のうち対象流域の降水量との相関が高い格子点値のみを実際の降水予測の予測因子として利用し、統計回帰式による降水予測モデルを構築した。

(3) 地球規模気象情報を用いた予測情報を活用した放流意思決定手法の開発

ここでは(2)③で構築した降水予測モデルによる確率的降水予測情報を利用した放流意思決定手法の開発を行った。

① 貯水池流入量の予測

放流意思決定のためには、対象となる貯水

池における将来の流入量に関する見通しが必要となる。そこで、意思決定機構の構築に先立ち、降水量の予測情報から貯水池における流入量を予測するモデルを構築した。流入量予測モデルの仕様は、(2)①で定義した降水量予測モデルの仕様と同じとした。すなわち、予測期間は3か月、予測時間解像度は1か月である。予測モデルには統計回帰モデルを採用し、降水量の各カテゴリに対応する流入量の予測値をあらかじめ回帰モデルを用いて求めておき、流入量の各予測値が対応する降水量カテゴリの予測生起確率と同じ確率で生起するものとした。

② 放流意思決定手法の構築

①で構築した確率的流入量予測情報を用いた貯水池の放流意思決定手法を構築した。貯水池の操作対象として利水操作を考え、予測情報を考慮しながら利水補給を効率化することを意思決定の目的とした。具体的には、この問題を確率的な流入量予測情報が提供される状態における最適化問題と考え、治水操作を制約とした渇水被害の最小化問題として定義し、これを確率的動的計画法(Stochastic Dynamic Programming: SDP)として定式化した。なお、渇水被害を表す関数は、利水補給が需要量を下回ることによって生じる被害として定義した。そして、SDPにより現在の貯水状況と3か月先までの流入量の予測状況を考慮した放流戦略の最適化の計算を行い、得られた放流戦略に基づいて日単位で望ましい放流量を判断する貯水池操作モデルを構築した。

4. 研究成果

上記の3.の手法を実流域に適用し有効性を検討した結果、以下のような成果が得られた。

(1) 地球規模気象・水文情報を利用した降水予測手法

2. (2)②~④において三種の降水予測手法について、実在する1流域を対象に適用を行いその精度の検討を行ったが、いずれも気候値を予測値とした場合(すなわち統計実績のみを用い予測を行わない場合)と比較して、若干程度の予測精度の改善が見られた。

さらに詳述すると、まず2. (2)②の手法では、7種の情報のうち1種ないし2種の情報を予測因子として採用する回帰式が予測式として選択され、情報の選別効果が確認できた。ただし、当該手法は予測因子の対象となる変数が7種程度ではなく大量である場合は計算量が膨大となるため非現実的であり、この場合の対応の検討が今後の課題として残された。また、予測期間ごとの予測精度については、向こう2~3か月で予測精度があまり改善されなかったが、向こう1か月間では精度が大きく改善された。適用対象数が少

なかったため確実なことまでは言えないものの、予測期間によっては提案手法により予測精度の改善が見込める可能性があると考えられる。今後、適用数を増やしてさらに考察を重ねることが課題である。

また、2. (2)③の方法による予測手法については、全球の分布情報を、クラスタリング手法を利用して特長的なパターンに情報を集約することができ、これに基づいた確率的な降水予測手法を構築することができた。

さらに、2. (2)④の方法による予測手法については、多様な全球気象・水文情報を利用した降水予測手法を構築することができた。予測精度については、流域降水量と最も高い相関を示す気象要素・格子点を予測因子とすることで、各予測期間における予測精度を向上させることができた。ただし、流域降水量との高い相関を示す気象要素・格子点に安定性があるのか、適用事例を増やしながらか検討する必要がある、今後の課題であると考えられる。

(2) 予測情報を利用した意思決定手法

確率的な降水予測情報および流入量予測情報を用いることで、予測の不確実性を考慮した長期貯水池操作における放流意思決定支援手法を構築することができた。予測情報の確率的特性の違いが意思決定過程に対して与える影響に関する詳細な分析が今後の課題として挙げられる。

(3) 地球規模気象・水文情報を利用した貯水池操作支援

地球規模気象・水文情報を活用して長期貯水池操作を効率化する手法について、3 か月先までの流域降水量の予測手法の開発と開発手法の放流意思決定への実装という一連のフレームワークを構築し有効性の検討を行った。その結果、不確実性の比較的大きな情報を利用する場合でも情報の利用の方法によっては、貯水池における放流意思決定を効率化することができる可能性を確認することができた。今後の課題としては、今回利用を検討しなかった他の情報の利用、適用事例の増加による客観性の向上、多目的貯水池操作への拡張などが挙げられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 野原大督・岡田知也・堀智晴：地球規模気象情報を利用した渇水時貯水池操作のための長期降水予測に関する研究、水工学論文集、第 54 巻、pp. 541-546、2009、査読有。

- ② 野原大督、岡田知也、堀智晴：地球規模気象情報を用いた渇水時貯水池操作のための降水予測手法に関する研究、京都大学防災研究所年報、第 51 号、B、pp. 749-758、2008、査読無。

- ③ Daisuke NOHARA, Tomoya OKADA, Tomoharu HORI: Long-term Precipitation Prediction for Reservoir Operation Based on Global Meteorological Information, Proc. of 4th International Conference of Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources, Beijing, S2-03, 2008, refereed.

- ④ Daisuke NOHARA, Tomoya OKADA, Tomoharu HORI: Extraction Algorithm of Global Meteorological and Hydrological Information for Application to Reservoir Operation, Proc. of the 8th International Conference of Hydro-science and Engineering: Advances in Hydro-science and Engineering Vol. 8, pp. 2155-2164, 2008, refereed.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 三木博子・野原大督・堀智晴：貯水池長期操作のための多様な全球気象・水文観測情報の利用可能性、平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会、2010 年 5 月 22 日、京都大学。
- ② 岡田知也・野原大督・堀智晴：地球規模気象情報を用いた渇水時貯水池操作のための降水予測手法に関する研究、水文・水資源学会 2008 年度研究発表会、2008 年 8 月 27 日、東京大学。
- ③ 岡田知也・野原大督・堀智晴：地球規模気象情報を用いた渇水時貯水池操作のための降水予測手法に関する研究、平成 20 年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集、2008 年 5 月 27 日、近畿大学。

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 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