

日本全国を対象とした広域洪水予測システムの開発と統合的パラメータ同定法 Development of a Nation-wide Flood Forecasting System and an Integrated Parameter Calibration Method of the Model

○佐山敬洋・山北文登・山田真史・菅原快斗

○Takahiro SAYAMA・Ayato YAMAKITA・Masafumi YAMADA・Yoshito SUGAWARA

For nation-wide flood forecasting including small to medium rivers, we have applied a distributed rainfall-runoff model, in particular the RRI model, with the spatial resolution of 150-m for the entire Japan. Unlike the previous model applications, the model cannot be calibrated for each river basin because of too many river basins. Therefore, it is important to find appropriate model parameters corresponding to the spatial distributions of soil and/or geology. This study proposes a new regionalization method for the hydrologic model parameters utilizing a hierarchical clustering. Based upon the application at 100 dam reservoirs with seven flood events for each dam basin, we found that the regionalization based on the soil map can significantly improve the flood simulations compared to the case with default model parameter settings.

1. はじめに

大型の台風に備えるための広域洪水予測や、洪水リスクの俯瞰的な評価を目的として、洪水予測モデルの適応が、従来の流域単位から領域単位あるいは国単位へと展開している。筆者らも、内閣府のSIPプロジェクト「スーパー台風被害予測システム開発」の中で、中小河川も予測の対象とする日本全国の洪水予測システム開発に取り組んでいる。流量観測情報の限られた河川も含めて精度よく洪水流出を予測するためには、当該流域の特性を的確に反映するモデリングとそのパラメータ同定が不可欠である。既往研究の成果によって、流域の土壌や地質が水文過程に影響を及ぼすことは明白である。しかし、洪水流出に関しては、豪雨の時空間分布と流域の地形に大きく影響を受けるため、土壌や地質が及ぼす影響を独立して評価することが困難であった。一方、分布型の流出モデルを用いることで、地形と降雨の空間分布はモデルで直接再現することができるため、同定するモデル構造やパラメータに、それらの影響が反映できる可能性がある。ただし、これまでの研究では、土壌や地質の空間分布情報を分布型モデルのパラメータ同定に用いる方法が確立されておらず、分布情報を使って流出特性の違いを恣意的に与えるような方法が一般的であった。これは、流出モデルのパラメータ地域統合化に関する課題であり、現状では必ずしも確立した方法が存在していない。

本研究は、全国を対象に空間分解能 150 m で適用した分布型モデルについて、土壌や地質の空間分布情報を用いてパラメータを推定するための方法を提案する。また、同定したパラメータの空間分布に基づいて、土壌や地質が洪水流出に及ぼす影響を明らかにする。

2. 方法

2.1 全国版 RRI モデル

本研究は全国に適用した RRI モデルを用いる。RRI モデルは、平面二次元で降雨流出と洪水氾濫とを一体的に解析する分布型の水文・水理モデルである。本研究では、日本全国を 14 の領域に分けてモデルを適用している。RRI モデルは、土地利用や地形に応じてモデル構造やパラメータを変えることによって、当該地域の流出機構をできる限り物理的に表現することを志向する。山地森林域では、不飽和・飽和地中流と表面流を一体的に解析する流量流積関係式を適用する。一方、水田や都市域では鉛直浸透をグリーンアンプト式によって計算する。日本の洪水流出には、主として山地森林域からの流出の表現が大きく影響するので、本研究のパラメータ地域統合化では、流量流積関係式のパラメータに着目する。なお、この式は、マニング粗度係数、土壌の空隙率、不飽和部の空隙率、飽和透水係数、不飽和透水係数に関わる係数の計 5 つのパラメータを同定する必要がある。

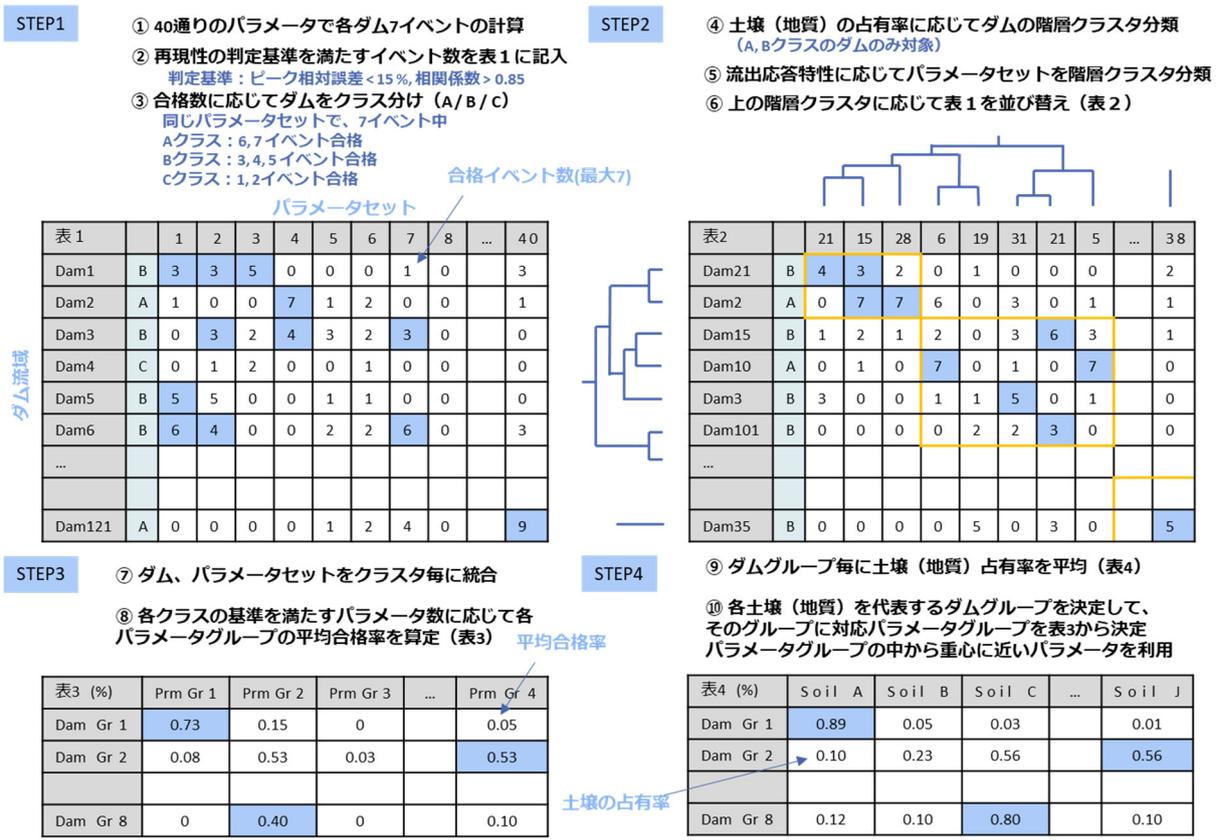


図 階層的クラスタリングによるモデルパラメータの地域統合化法

地域統合化のベースとなる土壌、地質マップについては、それぞれ農研機構が提供している 20 万分の 1 の全国デジタル土壌図、産総研地質調査総合手センターが提供している 20 万分の 1 の日本シームレス地質図 v2 を用いる。

2.2 使用するデータセット

本研究では国交省・水機構が管理する全国 121 のダムを対象に洪水流出のパラメータ同定や検証を行う。降雨データは 2002 年 6 月から 2018 年 12 月までとし、14 に分割した各領域で出水の 10 期間を選択する。そのうえで、各ダム流域、各出水の流域平均雨量を求めて、大きいものから 7 出水を選択して分析の対象とした。なお、当該期間にダム建設が完了していない、データが欠測しているなどの理由で 7 出水を選択できない 21 ダムについては、本研究の分析から対象外とし、計 100 のダムを分析対象とした。

2.3 方法

紙面の都合上、方法は図 3 の概念図を示すのみとし、その詳細については講演会で説明する。基本的な考え方としては、現行の RRI モデルで一つのパラメータセットが複数のイベントを同時に再現できるかどうかという観点から、100 のダムを A、B、C クラスに分けたうえで、A、B クラスで当

該の規準を満たすパラメータセットを特定する。一方で、流出計算の結果から各パラメータセットをクラスタ分類し、どのダム流域ではどのクラスタのパラメータセットが適用可能かを分析する。一方で、ダム流域についても、その流域を占める土壌や地質の割合に応じて同様にクラスタ分類を行う。図の STEP 3 と STEP 4 に示すように、最終的には、どのクラスタのダムはどのような土壌もしくは地質分布を有するか、それらのダムのクラスタは、どのようなパラメータが適するかを明らかにする。

3. 検証方法と結果

上記の方法で、土壌・地質の分類ごとに適用するパラメータセットを決定したうえで、改めて洪水流出計算を実施し、上述の出水イベントでダム流入量の再現性を評価する。その結果が、各ダムで独立して最適化した場合と、地域統合化によって推定したパラメータで計算した場合と、さらにはデフォルトパラメータと呼ばれる不飽和を考慮しない RRI モデルのパラメータとで比較した場合に、どの程度、流出の再現性が異なるかを明らかにする。