

# ダム運用の高度化に向けた d4PDF のクラスタリングおよび アンサンブル予測とのマッチングに関する研究

## Clustering of d4PDF and Its Matching with Ensemble Forecast for Advanced Dam Operation

○大野峻聖・小柴孝太・川池健司・角哲也

○Shunsei ONO, Takahiro KOSHIBA, Kenji KAWAIKE, Tetsuya SUMI

In the practical application of dam operation methods using ensemble forecast, the more advanced the proposed method is, the more burden on dam operators. Therefore, “pattern operation” that selects dam operations from pre-prepared candidates is desirable. In this study, d4PDF rainfall is divided into 6 clusters according to spatial-temporal characteristics (clustering), and each member of ensemble forecast is classified into clusters (matching) under the assumption that each cluster is pre-tied to a dam operation. The Ward method was applied for clustering, and matching was performed using Euclidean distance and cosine similarity. The result shows that rainfall patterns can be estimated with high accuracy from approximately three days before the start of rainfall events.

### 1. 序論

近年の度重なる豪雨や高まる水力発電の需要に対応するため、ダムには「治水」と「利水」の両立が求められている。そこで、大規模な出水が予測された際に、前もって発電の最大使用水量以下で放流を実施する事前放流が注目されている。これにより、洪水貯留機能の拡大と発電量の増大という「治水」と「利水」の両方のメリットが得られる。事前放流の実用化に欠かせないのが高精度な降雨予測である。近年、僅かな違いがある複数の初期値から出発して複数の予報を行い、統計的な情報を用いて気象現象の発生を確率的に捉えるアンサンブル予測を、事前放流の意思決定に活用するための研究が活発に行われている。しかし、アンサンブル予測を活用したダム操作手法の実用化に際して、提案された手法が高度であればあるほど、ダム運転員は複雑な操作を強いられ負担が大きくなると予想される。そのため、あらかじめ用意された候補から操作を選択する「型紙操作」の実現が期待されている。

本研究の概要を図 1 に示す。本研究では、d4PDF の降雨を時空間的特性に応じていくつかのクラスターに分け（クラスタリング）、各クラスターとダム操作手法があらかじめ紐づけられているという仮定のもと、過去の大雨の事例を対象に、逐次的に更新されるアンサンブル予測の各メンバーをクラスターに分類（マッチング）することに主眼を置く。これにより、早期に降雨パターンを推定することが可能になり、スムーズかつ効果的なダム

運用の実現が見込まれる。

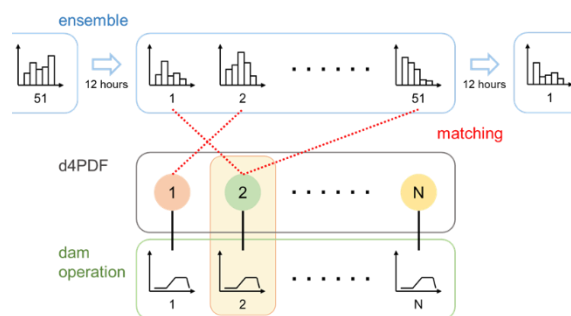


図 1 本研究の概要

### 2. 研究対象

本研究では、最上川、阿賀野川、天竜川、矢作川、宮川、淀川、筑後川の 7 つの一級水系流域を対象とした。各流域から 2017 年以降に発生した顕著な降雨イベントを 4 つずつ選定し、各降雨イベントにおいて、解析雨量の流域平均総雨量が最大となる 72 時間を対象期間とした。

### 3. d4PDF のクラスタリング

本研究では、クラスタリングの対象とする降雨の数を十分に確保するために、全国 5 km メッシュアンサンブル気候予測データ<sup>1)</sup>（以下、d4PDF）を用いた。まず、d4PDF 過去実験の 12 メンバー×61 年間=732 年間の雨量データから流域ごとに各年 3 つずつ 72 時間の雨量を抽出した。次に、抽出した 2196 個の降雨を、階層的クラスタリングの代表的な手法であるワード法を用いて 6 つのクラ

スターに分類した．例として，天竜川におけるクラスタリングの結果を図 2 に示す．紙面の都合上，4 時点のみの雨量を画像で示す．

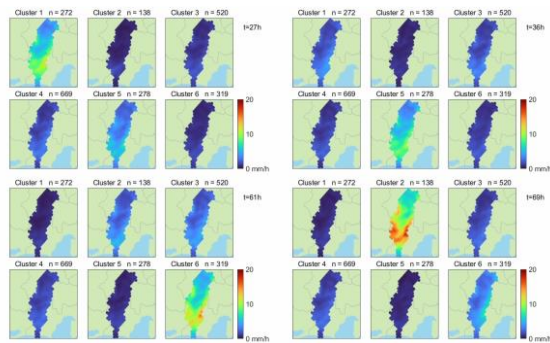


図 2 クラスタリング結果の例

#### 4. d4PDF とアンサンブル予測のマッチング

本研究では，アンサンブル予測として，（一財）日本気象協会が提供する JWA アンサンブル降雨予測を用いた．マッチングは，d4PDF のクラスタの平均的な雨量ベクトルとアンサンブル予測の雨量ベクトルの類似度を測り，最も似ているクラスタに分類することで実施した．類似度の測定には，ユークリッド距離とコサイン類似度を用いた．また，ユークリッド距離を用いたマッチングには Nash-Sutcliffe 係数の，コサイン類似度を用いたマッチングには余弦の閾値を設定することで，不適切なマッチング結果を除外した．例として，天竜川流域で 2021 年に発生した降雨イベントにおける，ユークリッド距離を用いたマッチングの結果を図 3 に示す．各マス上の数字は，そのリードタイムの時点（初期時刻）において，各クラスタにマッチングしたアンサンブル予測のメンバー数を表す．

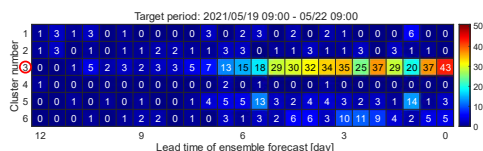


図 3 マッチング結果の例

#### 5. アンサンブル予測の的中率

図 3 の赤丸は，同期間の解析雨量がマッチングしたクラスタ番号を表す．赤丸がついたクラスタにマッチングしたアンサンブル予測のメンバ

一数が多いほど，その予測の精度は高いといえる．赤丸がついたクラスタにマッチングしたアンサンブル予測のメンバー数を分子に，総メンバー数である 51 を分母にして的中率を求めた（図 4）．的中率は徐々に上昇し，リードタイムがおおよそ 3 日未満になると，降雨パターンを高精度で推定できる可能性が示された．また，コサイン類似度を用いたマッチングのほうが的中率は高いものの，雨量の絶対的な大きさを考慮できない点に留意する必要がある．今後，アンサンブル予測の精度が向上することで，的中率のさらなる向上が期待される．

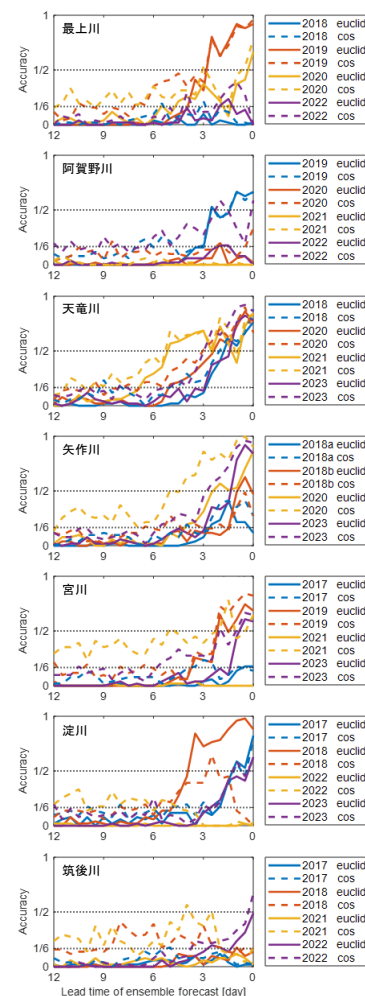


図 4 アンサンブル予測の的中率の推移

#### 参考文献

- 1) Hiroaki Kawase: 5-km resolution ensemble climate data in Japan [Data set], Data Integration and Analysis System (DIAS), 2023.