

気候変動による降雨時空間分布の将来変化と 流域デジタルテストベッドの活用

令和7(2025)年12月16日

国土技術政策総合研究所
河川研究部 水循環研究室
主任研究官 山地秀幸

1. 研究の背景・目的
2. アンサンブル気候予測データ
3. 降雨時空間分布のクラスター分析
4. 時間集中度・空間集中度
5. 流域デジタルテストベッドの活用

1. 研究の背景・目的

治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。

①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

雨水貯留機能の拡大

〔国・市、企業、住民〕

雨水貯留浸透施設の整備、
ため池等の治水利用

集水域

流水の貯留

〔国・県・市・利水者〕

治水ダム等の建設・再生、
利水ダム等において貯留水を
事前に放流し洪水調節に活用

〔国・県・市〕

土地利用と一体となった遊水
機能の向上

河川区域

持続可能な河道の流下能力の 維持・向上

〔国・県・市〕

河床掘削、引堤、砂防堰堤、
雨水排水施設等の整備

氾濫水を減らす

〔国・県〕

「粘り強い堤防」を目指した
堤防強化等

②被害対象を減少させるための対策

リスクの低いエリアへ誘導／

住まい方の工夫

〔国・市、企業、住民〕

土地利用規制、誘導、移転促進、
不動産取引時の水害リスク情報提供、
金融による誘導の検討

氾濫域

浸水範囲を減らす

〔国・県・市〕

二線堤の整備、
自然堤防の保全



③被害の軽減、早期復旧・復興 のための対策

土地のリスク情報の充実

氾濫域

〔国・県〕

水害リスク情報の空白地帯解消、
多段型水害リスク情報を発信

避難体制を強化する

〔国・県・市〕

長期予測の技術開発、
リアルタイム浸水・決壊把握

経済被害の最小化

〔企業、住民〕

工場や建築物の浸水対策、
BCPの策定

住まい方の工夫

〔企業、住民〕

不動産取引時の水害リスク情報
提供、金融商品を通じた浸水対
策の促進

被災自治体の支援体制充実

〔国・企業〕

官民連携によるTEC-FORCEの
体制強化

氾濫水を早く排除する

〔国・県・市等〕

排水門等の整備、排水強化

県：都道府県 市：市町村 〔 〕：想定される対策実施主体

気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 改訂版【概要】

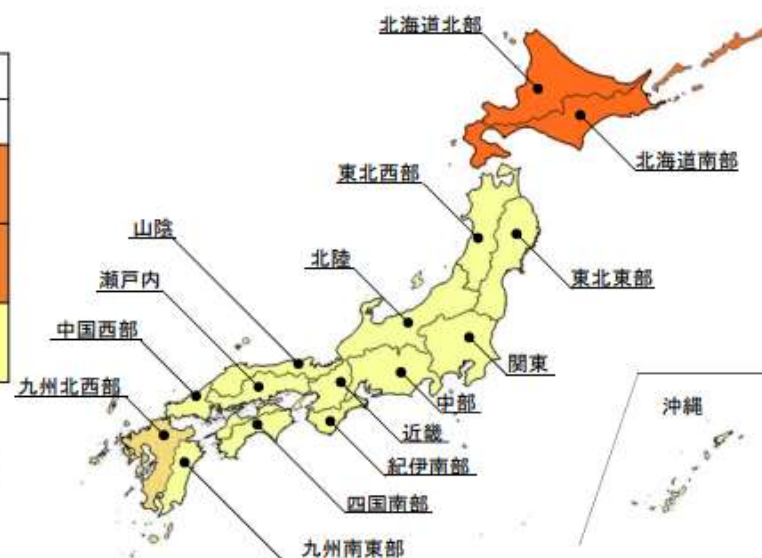
＜気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化＞

- 降雨特性が類似している地域区分ごとに将来の降雨量変化倍率を計算し、将来の海面水温分布毎の幅や平均値等の評価を行った上で、降雨量変化倍率を設定。
- 2℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道で1.15倍、その他(沖縄含む)地域で1.1倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道・九州北西部で1.4倍、その他(沖縄含む)地域で1.2倍とする。
- 4℃上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きいため、別途降雨量変化倍率を設定する。

＜地域区分毎の降雨量変化倍率＞

地域区分	2℃上昇	4℃上昇	
			短時間
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

- ※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと3時間未満の降雨に対しては適用できない
- ※ 雨域面積100km²以上について適用する。ただし、100km²未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。
- ※ 年超過確率1/200以上の規模(より高頻度)の計画に適用する。



＜参考＞降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

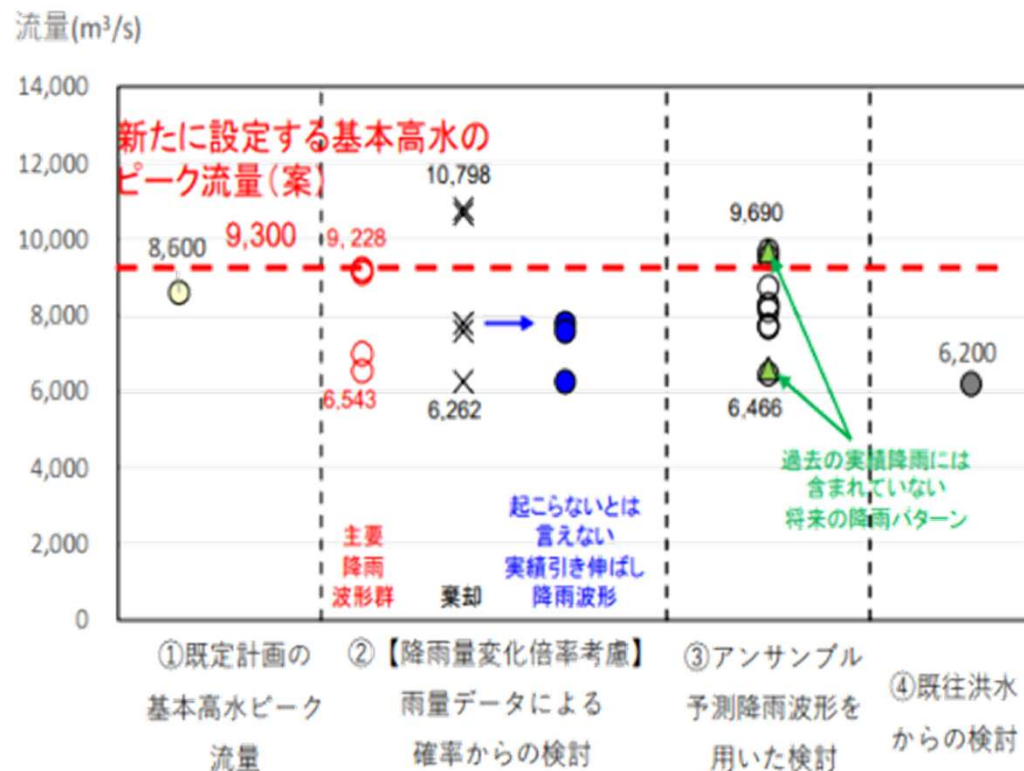
気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4℃上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

- ※ 2℃、4℃上昇時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度がそれぞれ2℃、4℃上昇した世界をシミュレーションしたモデルから試算
- ※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた降雨より算出した、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100～1/200)の流量の変化倍率の平均値
- ※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100～1/200)の降雨の、現在と将来の発生頻度の変化倍率の平均値(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)

1. 研究の背景・目的

気候変動による降雨外力の増大を考慮した河川整備基本方針の見直しにあたっては、アンサンブル気候予測データを用いて、ワード法によるクラスター分析を実施することにより、主要洪水群に不足している降雨の空間パターンを確認しつつ、最終的に既往洪水のうち1つの降雨波形に降雨量変化倍率を乗じることで、河川の基本高水を設定している。

基本高水の設定に係る総合判断（中角地点）

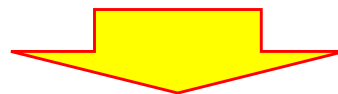


クラスター分析結果



※国土交通省 水管理・国土保全局「九頭竜川水系河川整備基本方針の変更に係る説明資料」（令和5年12月）より引用

- 気候変動下では、**本川に影響を与える降雨だけでなく、支川や一部の集水域に対し局所的に影響を与える降雨の発生が想定**されることから、多様な降雨の時空間分布の将来変化を捉える必要がある。
- 河川整備基本方針の見直し時に実施しているクラスター分析は、降雨の空間パターンを対象としたものであり、降雨のハイトグラフや空間パターン図を別々に目視するだけでは、**降雨の時空間分布パターンの特徴把握が難しい**。



気候変動による降雨時空間分布の将来変化を捉えるために、

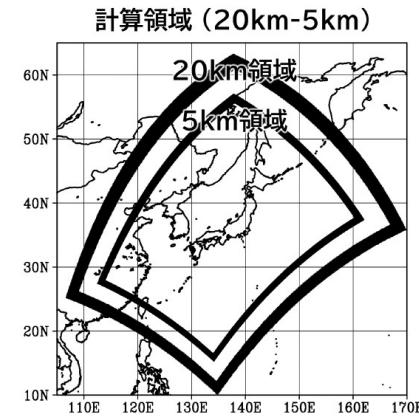
- **自己組織化マップによる降雨の時空間分布のクラスター分析**を行い、気候変動下における多様な降雨の時空間分布を分類。
- 所得格差の指標として用いられるジニ係数を応用し、**降雨の時空間分布の時間的・空間的な集中度（時間集中度・空間集中度）**を数値化。
- 流域デジタルテストベッドを活用し、治水計画の検討時に用いられる降雨イベントを対象に、**3次元の地図空間上に降雨の時空間分布を可視化**。

2. アンサンブル気候予測データ

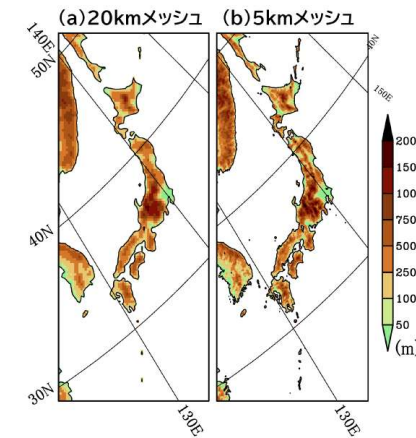
- 気候変動を踏まえた治水計画の検討時には、大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ（東北から九州）（以下、SI-CAT）と北海道域5kmメッシュアンサンブル気候予測データ（大雨イベント）（以下、yamada）を活用。
- 2023年11月にDIASで全国5kmメッシュアンサンブル気候予測データ（以下、新d4PDF）が公開。



ダウンロード画面(DIAS)



気候モデルの計算領域



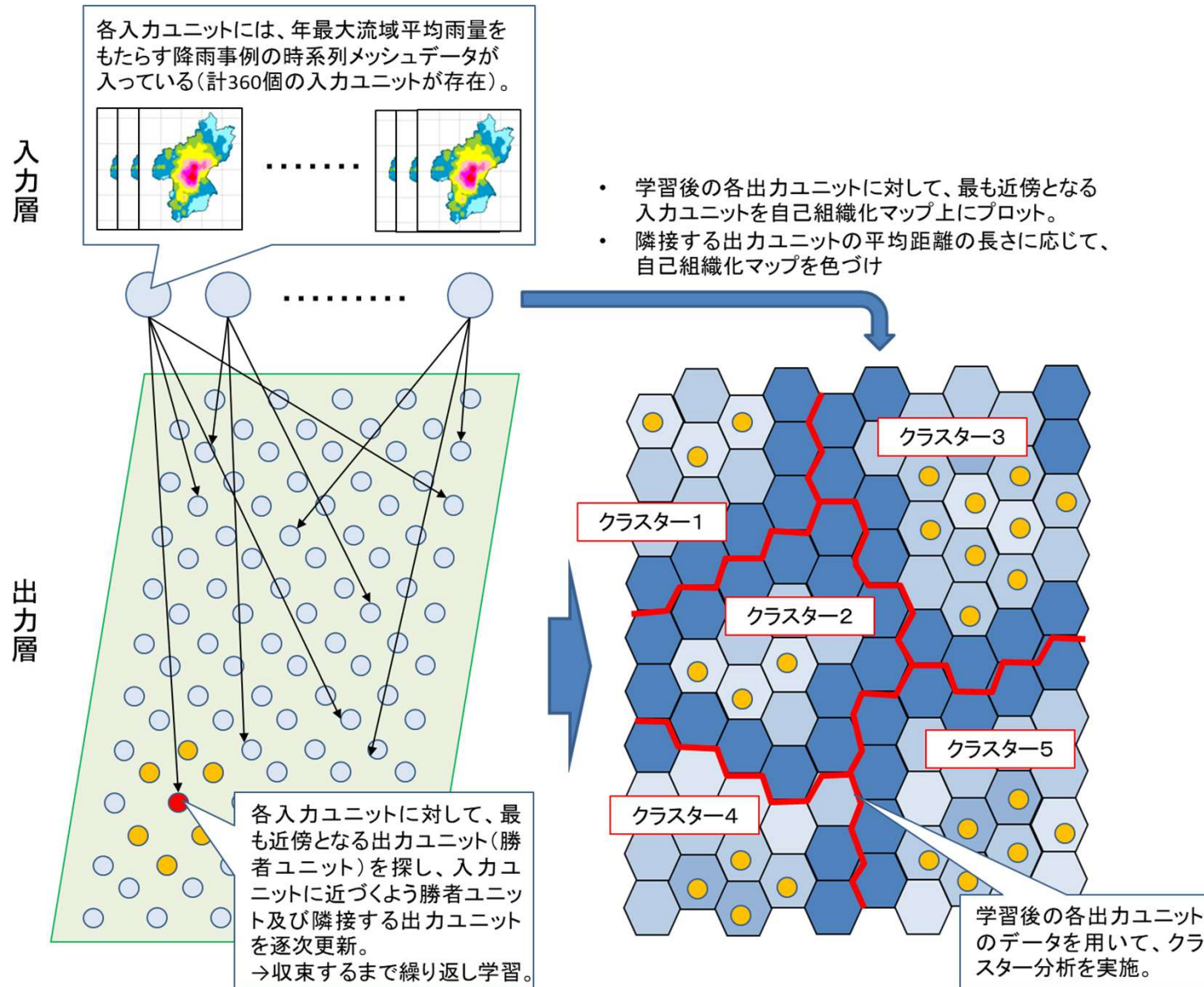
名称	気候変動	領域モデル	領域モデル	地形	対象期間	計算パターン
d2PDF(5km,SI-CAT) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (2℃上昇 相当)	5km (東北～九州)	NHRCM05	5km格子内で GTOPO30※ の最大標高	現在 30年分 将来 30年分	現在:12パターン 将来:12パターン (6SST×2摂動)
d2PDF(5km,yamada) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (2℃上昇 相当)	5km (北海道)	NHRCM05	5km格子内で GTOPO30※ の平均標高	現在 60年分 将来 60年分	現在:50パターン 将来:54パターン (6SST×9摂動)
全国5kmアンサンブル 気候予測データ 先端プログラム【文科省】	RCP8.5 (2℃上昇 相当)	5km (全国)	NHRCM05	5km格子内で GTOPO30※ の平均標高	現在 60年分 将来 60年分	現在:12パターン 将来:12パターン (6SST×2摂動)

(参考):「全国5kmメッシュアンサンブル気候予測データ」利用手引き第3版(令和6年5月15日)

※GTOPO30: 数値標高モデル(米国地質調査所)、約1km格子の解像度

3. 降雨時空間分布のクラスター分析

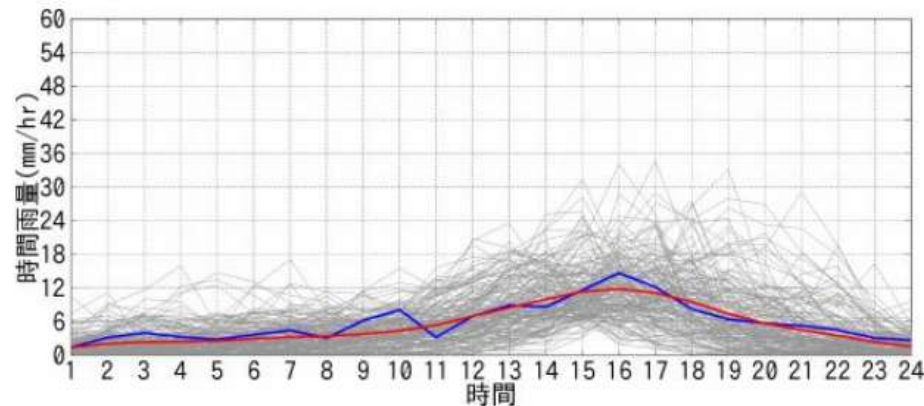
- 降雨の時空間分布に関するデータ（降雨量、時間、空間）を機械学習させることで、降雨の時空間分布の特性を自己組織化マップ上に可視化。
- 学習後の自己組織化マップに対してクラスター分析を適用することで、降雨の時空間分布を分類。



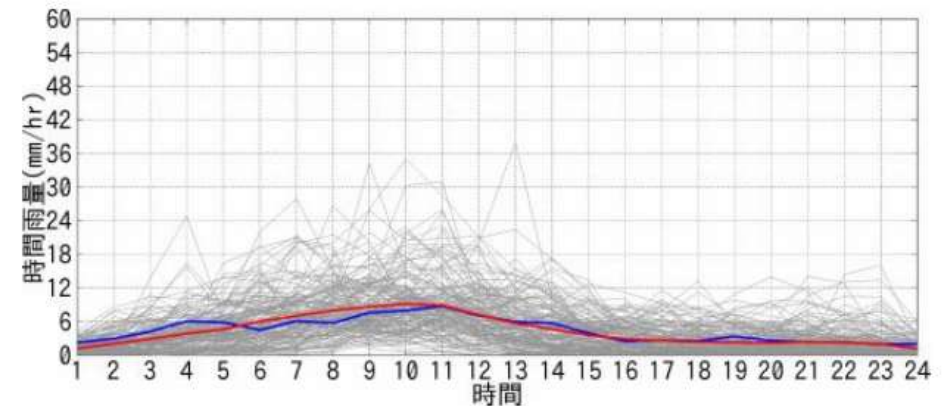
3. 降雨時空間分布のクラスター分析(時間分布)

- 新d4PDF（過去実験及び2℃上昇実験）を用いて、年最大の流域平均雨量をもたらす降雨イベントを対象に、自己組織化マップによる機械学習を実施したところ、**降雨時空間分布の特性が異なる4つのクラスターに分類された。**

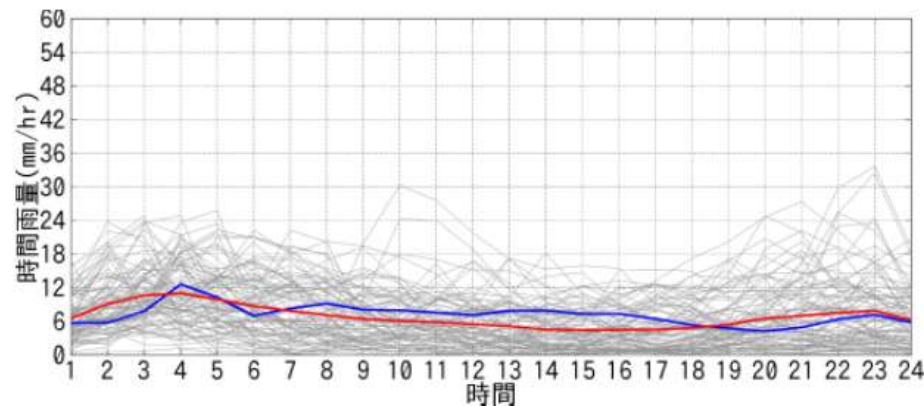
クラスターNo. 1



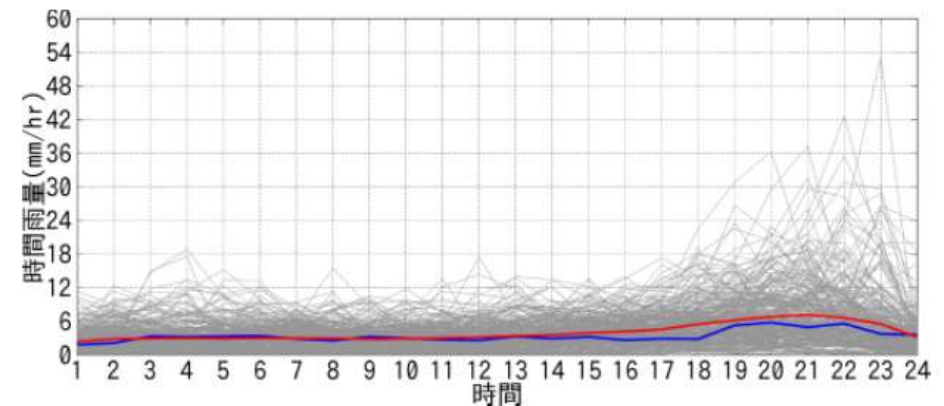
クラスターNo. 2



クラスターNo. 3



クラスターNo. 4

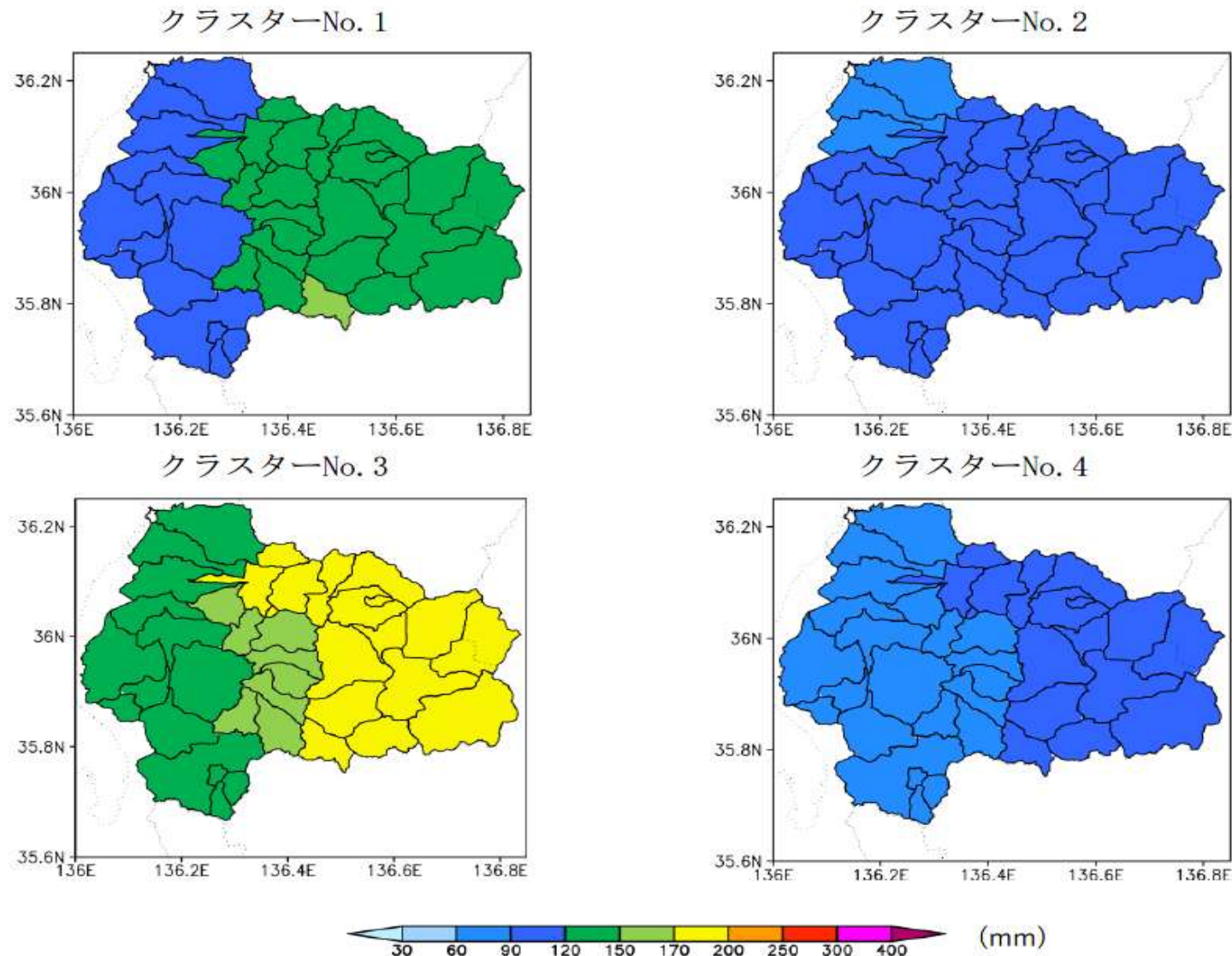


— : クラスター平均 — : 平均値に最も近いイベント — : その他のイベント

クラスター別の流域平均雨量の時系列図（九頭竜川水系、2℃上昇実験）

3. 降雨時空間分布のクラスター分析(空間分布)

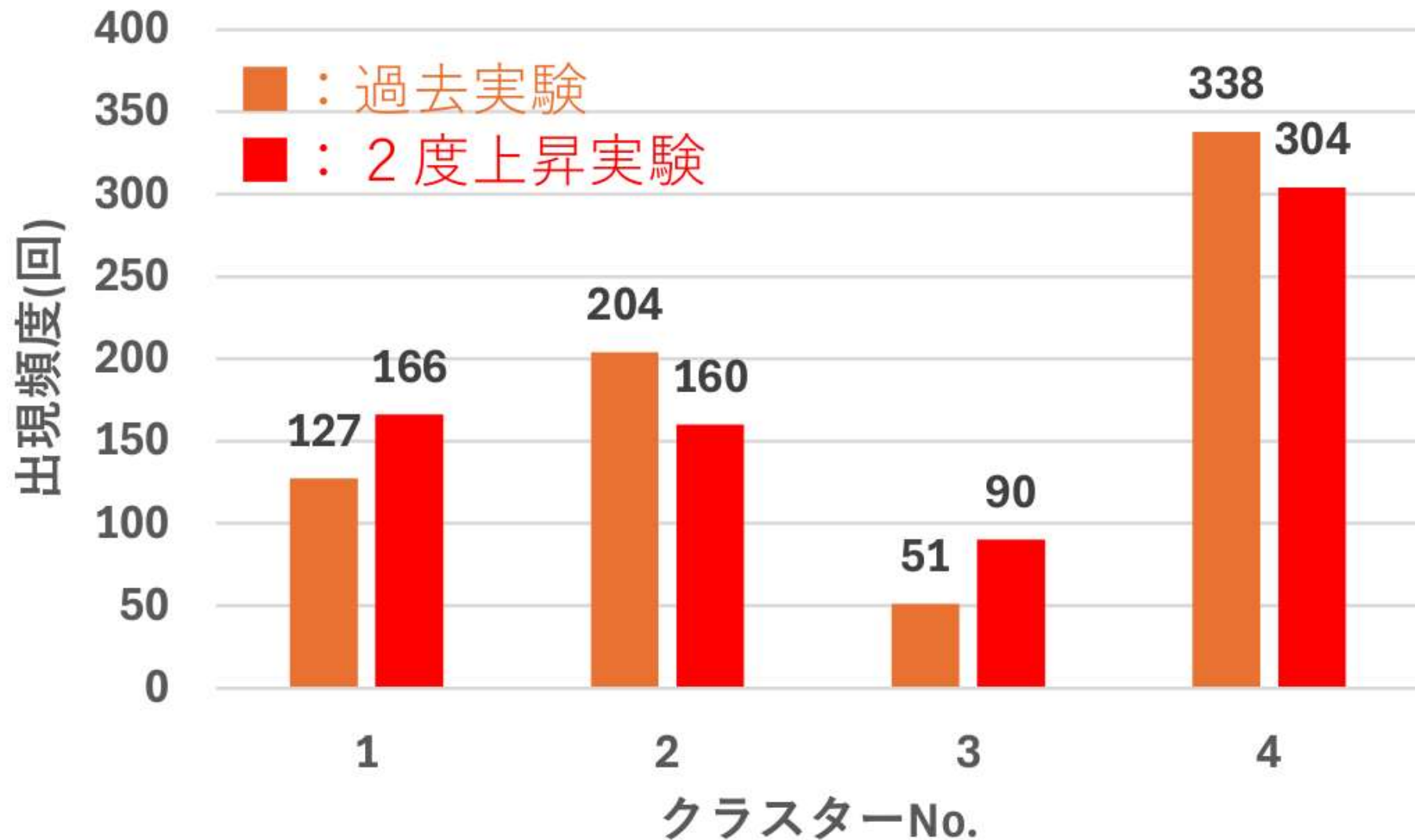
- 新d4PDF（過去実験及び2℃上昇実験）を用いて、年最大の流域平均雨量をもたらす降雨イベントを対象に、自己組織化マップによる機械学習を実施したところ、**降雨時空間分布の特性が異なる4つのクラスターに分類された。**



クラスター別の積算雨量の平均値（九頭竜川水系、2℃上昇実験）

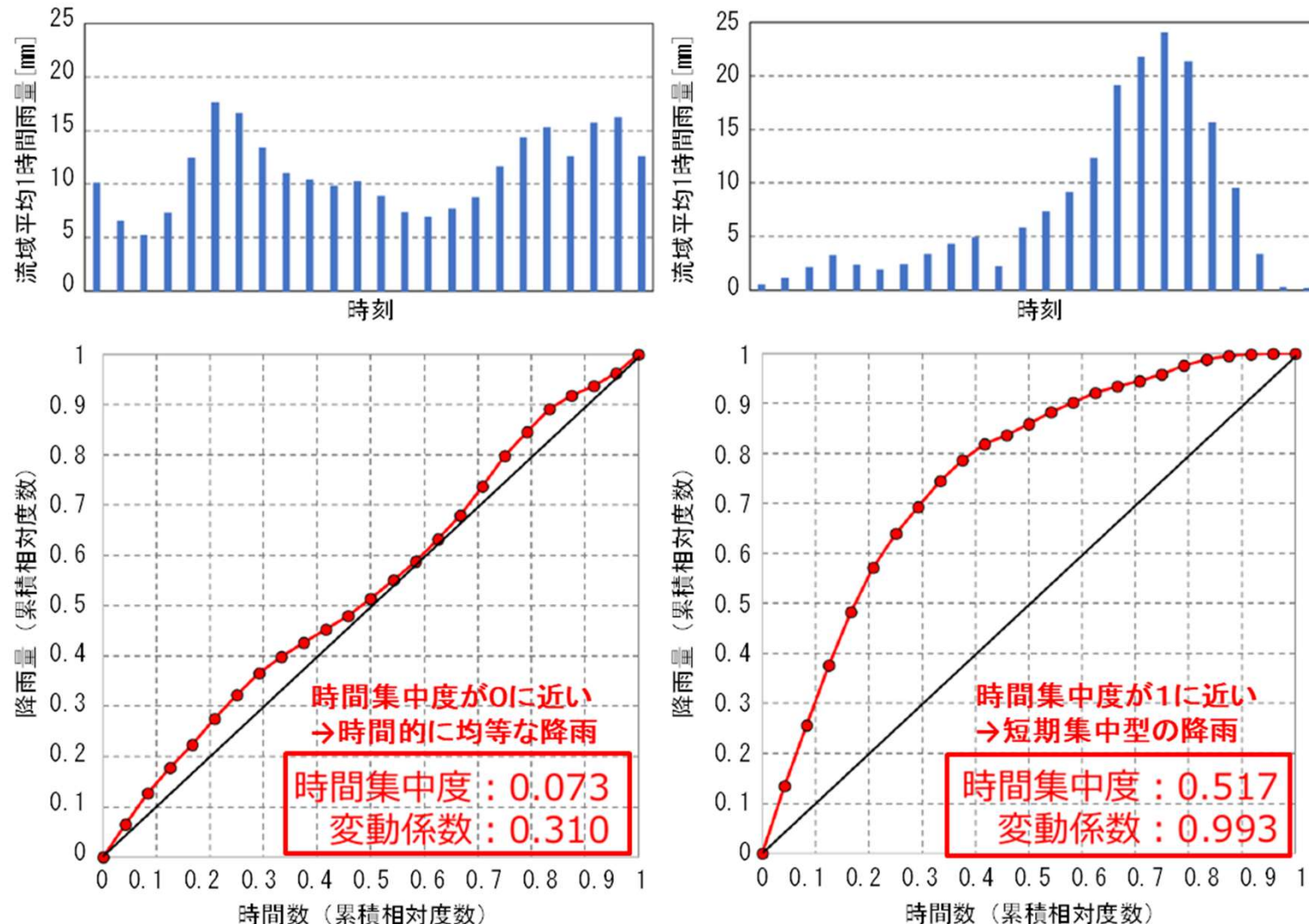
3. 降雨時空間分布のクラスター分析(降雨時空間分布の将来変化)

- 過去実験及び 2℃上昇実験ともに、最も出現頻度が多いのはクラスター 4（後半型、本川上・中流域型）の降雨時空間分布。
- 過去実験から 2℃上昇実験にかけて出現頻度が増えるのは、クラスター 1（中盤型、本川上・中流域・足羽川型）とクラスター 3（断続型、本川上・中流域型）の降雨時空間分布。



4. 時間集中度・空間集中度

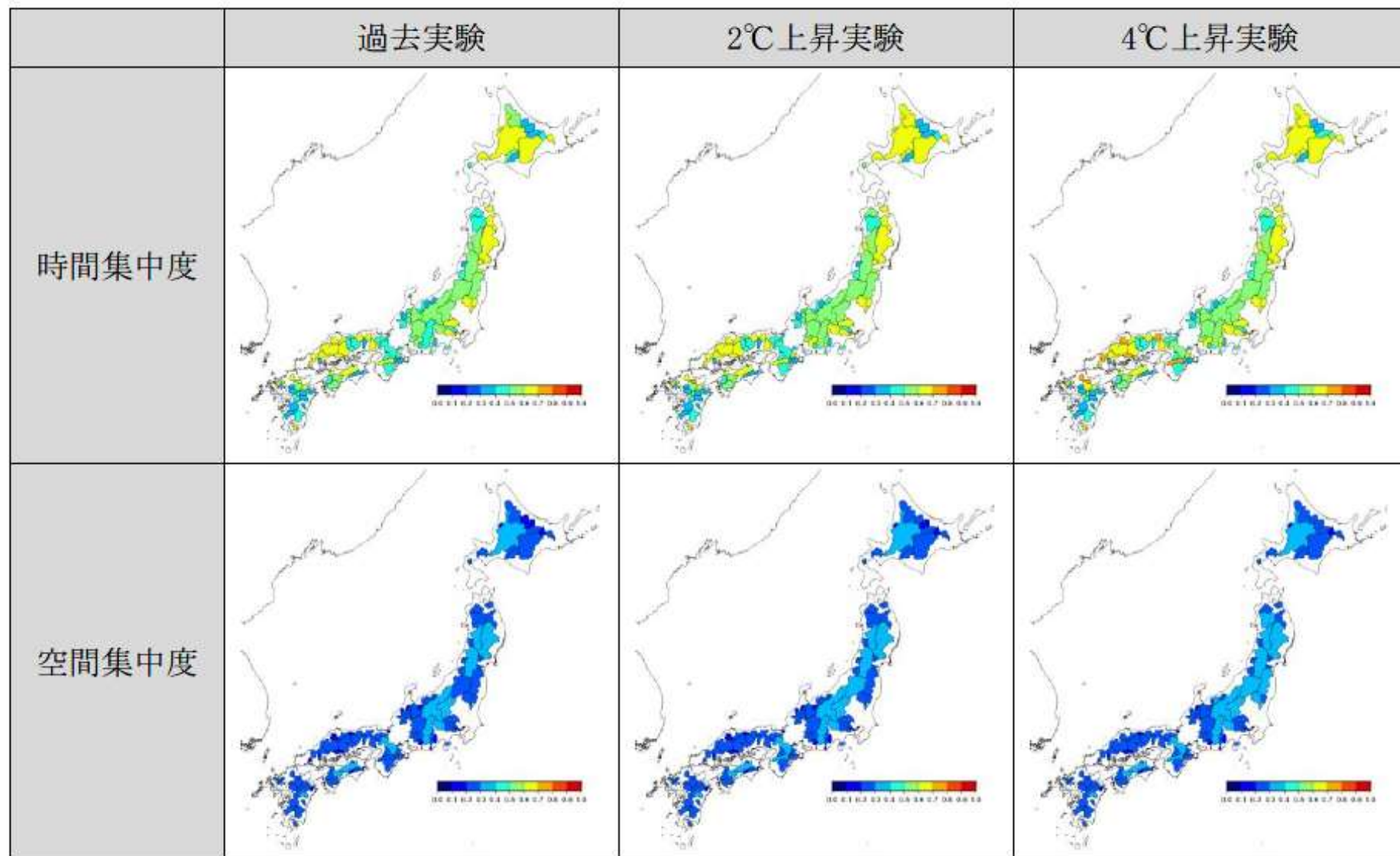
- 自己組織化マップによるクラスター分析では、降雨の時空間分布の特性を分類することはできても、時間的・空間的な集中度合いが不明。
- ジニ係数の考えに基づき、降雨の時空間分布の時間的・空間的な集中度合いを数値化。



降雨の時間集中度の算出例
(赤線・黒線内の面積×2が時間集中度)

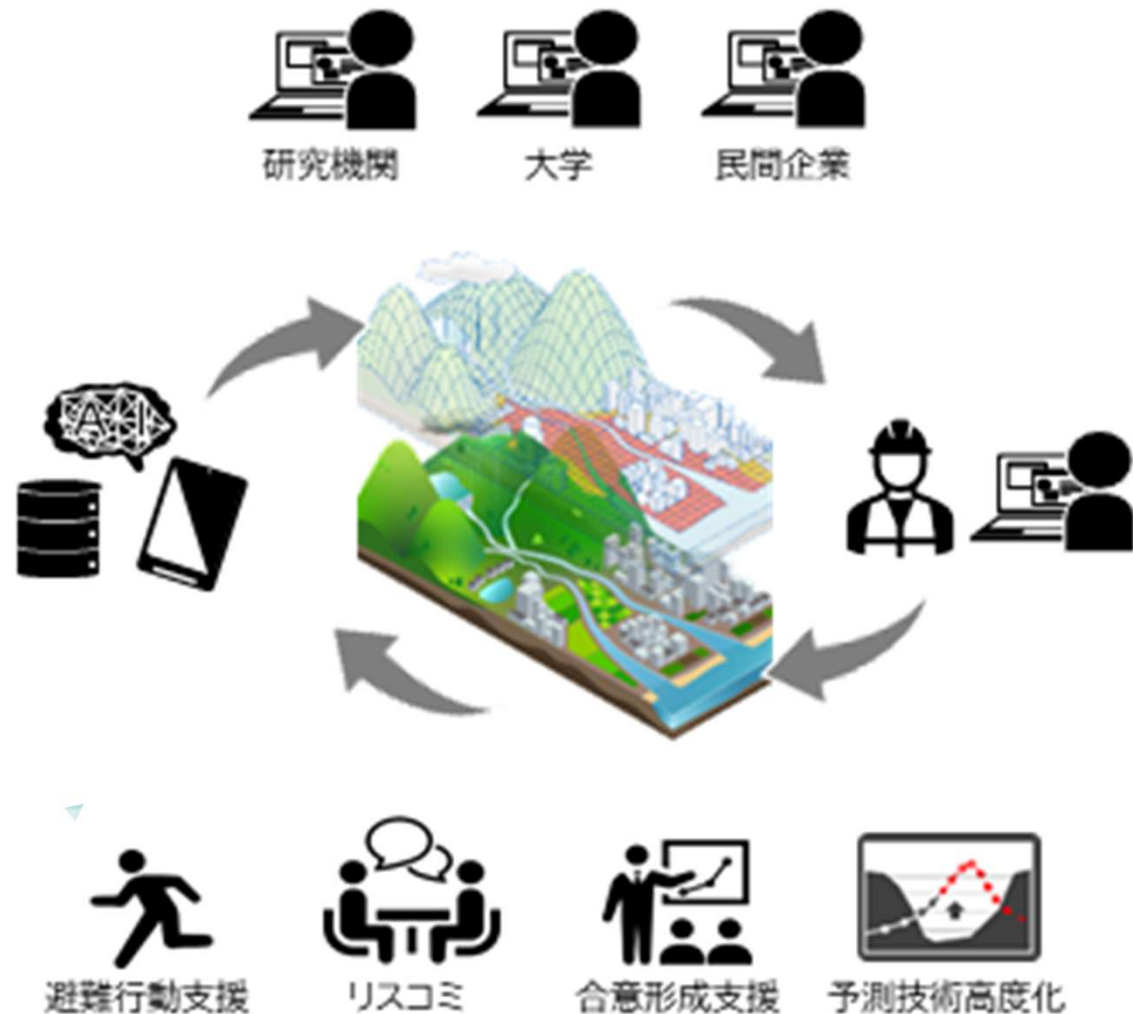
4. 時間集中度・空間集中度

- 新d4PDF（過去実験、2℃上昇実験、4℃上昇実験）のデータを用いて、年最大の流域平均雨量をもたらす降雨イベントを対象に時間集中度・空間集中度を算出し、109水系毎に時間集中度・空間集中度の平均値を整理。
- 過去実験から4℃上昇実験にかけて、時間集中度・空間集中度が増加傾向にあることを確認。



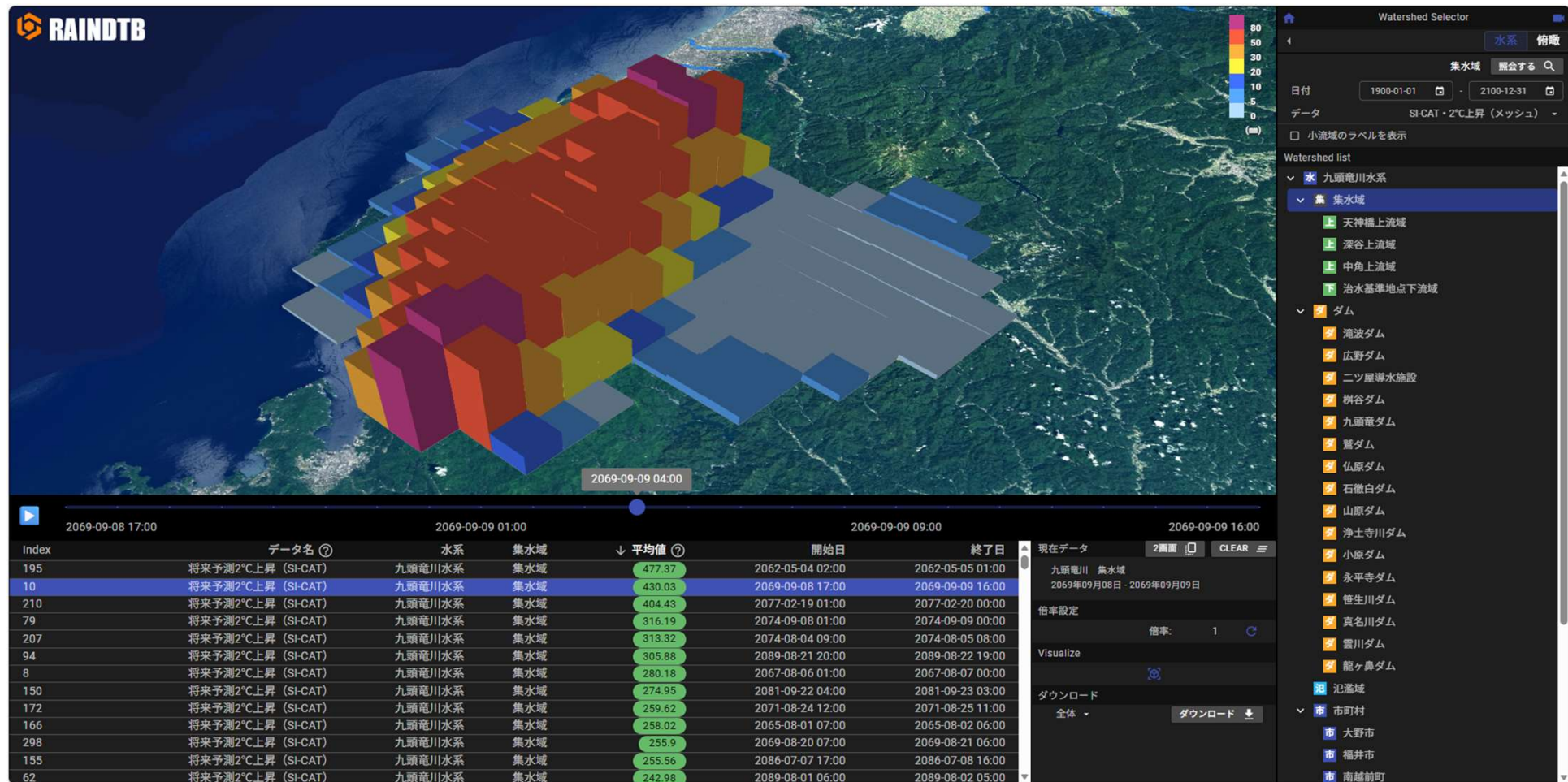
5. 流域デジタルテストベッドの活用

- 気候変動による水災害の頻発・激甚化への備えとして、令和7(2025)年10月にクラウド環境の実験場（流域デジタルテストベッド）の試験利用を開始。
- 大学・研究機関や民間企業も利用可能なものとし、産学官における技術開発を促進。
- 開発された技術を、地方整備局や河川事務所にて速やかに試行できる。



5. 流域デジタルテストベッドの活用

流域デジタルテストベッドを活用し、治水計画の検討時に用いられる**既往の主要洪水に関する降雨データ（実測の小流域毎の流域平均雨量データ、Cバンドレーダ同時刻合成雨量データ）と年最大の流域平均雨量をもたらす降雨イベントに関する気候変動予測データ（SI-CAT、yamada）を検索、可視化するツールを開発。**
⇒降雨の時空間分布の分析結果（自己組織化マップによる降雨時空間分布のクラスター分析、時間集中度・空間集中度）を可視化することで、流域治水対策等、適応策の検討に活用していく。



年最大の流域平均雨量をもたらす降雨イベントにおける降雨時空間分布を可視化
（九頭竜川水系 SI-CAT 2°C上昇実験）

- 気候変動による降雨時空間分布の将来変化を捉えるために、自己組織化マップによる降雨の時空間分布のクラスター分析を行い、気候変動下における多様な降雨の時空間分布を分類するとともに、所得格差の指標として用いられるジニ係数を応用し、降雨の時空間分布の時間的・空間的な集中度（時間集中度・空間集中度）を数値化。
- 「自己組織化マップによる降雨時空間分布のクラスター分析」では、クラスター毎に降雨時空間分布を分類することで、過去実験から将来実験にかけて発生頻度が増える降雨時空間分布を整理することができた。
- 「時間集中度・空間集中度」では、所得格差の指標として用いられるジニ係数を応用し、降雨の時空間分布の時間的・空間的な集中度を整理することで、過去実験から将来実験にかけて、時間集中度・空間集中度が増加傾向にあることを確認できた。
- 流域デジタルテストベッドを活用して、上記の降雨の時空間分布の分析結果を可視化することで、流域治水対策等、適応策の検討に活用していく。