

技術報 将来降雨予測データを用いた降雨分布パターンの分類

河川計画事業部 第六部 ○大平菜央 / 近者敦彦 / 関本大晟

近年、気候変動の影響により災害が激甚化・頻発化している。治水分野では、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」¹⁾が示されるなど、気候変動による降雨等の変化を踏まえた計画策定が求められている。本稿では、2℃上昇実験気候予測データ (d2PDF, 5km)²⁾を用いて空間的および波形的な降雨分布パターンの分類を行い、その将来変化について分析を行った事例を報告する。

キーワード：気候変動、d2PDF、降雨分布、クラスター分析、治水計画

1. はじめに

近年、気候変動の影響により災害が激甚化・頻発化しており、今後も災害リスクが増大することが懸念されている。治水分野では、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」¹⁾が示されるなど、気候変動による降雨等の変化を踏まえた計画策定が求められている。治水計画において基準となる基本高水の設定においては、降雨量の増加だけでなく、降雨分布パターンの将来変化を加味した設定が望ましいといえる。

そこで、本稿では、2℃上昇実験気候予測データ (d2PDF, 5km)²⁾を用いて空間的および波形的な降雨分布パターンの分類を行い、それぞれの将来変化について分析を行った事例を報告する。

2. 分析方法

1) 分析手法

分析手法は、類似度が高いデータから順に群（クラスター）としてグルーピングする手法である階層的クラスター分析（ward 法）³⁾を用いた。図-1 は、クラスター分析の樹形図の例であるが、横軸が各データ、縦軸がデータ同士の距離（類似度）を表し、距離が小さいほど結合データ同士の類似度が高いことを示す。

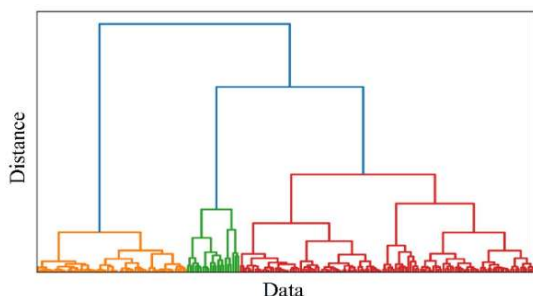


図-1 クラスター分析の樹形図の例

2) 対象データ

2℃上昇実験気候予測データ (d2PDF) における、将来実験 372 年分 (2060～2091 年, 12 実験) および過去実験 372 年分 (1980～2011 年, 12 実験) の 20km メッシュ降雨データを 5km メッシュにダウンスケーリングしたデータ²⁾を分析対象とした。

3) 対象降雨の抽出

2) のデータから、対象降雨の抽出を行った。まず、高水計画検討の手引き（案）⁴⁾の一降雨の考え方より、対象河川の洪水到達時間（2 時間）の半分である 1 時間の流域平均雨量が無降雨（1mm/hr 未満）であった場合に、次の降雨は別降雨として、降雨の分割を行った。そして、4) に示すバイアス補正を実施した降雨の中から、10 年確率雨量相当以上の降雨（A: 降雨継続時間 [24 時間] 136.6mm 以上または B: 洪水到達時間 [2 時間] 51.6mm 以上）を抽出条件とし、計 190 個の対象降雨を抽出した（図-2）。また、実験データとは別に、実績対象降雨として、対象流域の河川整備計画で検討されている計画対象降雨 9 降雨も分析対象に含めた。

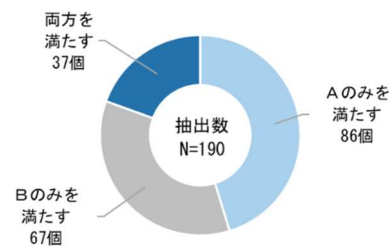


図-2 対象降雨抽出結果

4) バイアス補正

実験降雨データの気候モデルが持つ系統的な誤差を補正するため、クオンタイルマッピング型⁵⁾のバイアス補正を行った。この手法では、過去実験雨量と実績雨量の累積確率分布を求め、過去実験雨量の累積確率分布が実績雨量の累積確率分布と等しくなるように補正する（図-3 左）。将来実験雨量については、補正前の過去実験雨量と等しい雨量において、同等のバイアスが存在するとして補正する（図-3 右）。なお、本検討においては、過去実験雨量と実績雨量の確率雨量の関係を確認したところ、直線近似で強い相関が確認できたため、簡易的な補正として、補正式を用いた（図-4）。図-5 に示すように、3) で分割した実験データの各降雨において、対象とする降雨を含む最大の 24 時間雨量を算出し、補正式より求めた補正後の 24 時間雨量になるように降雨一連の時間雨量に等倍率（補正前後比率）を乗じることで補正を行った。

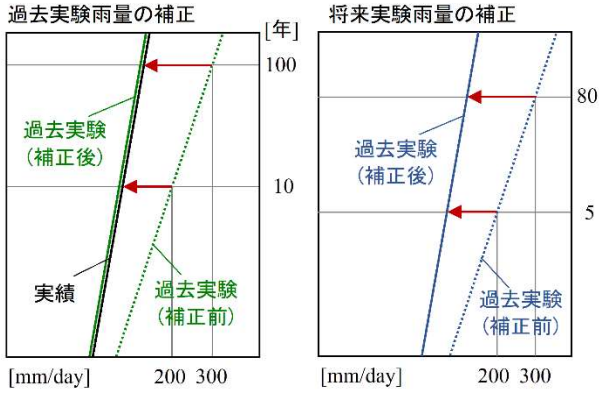


図-3 実験降雨データの補正イメージ

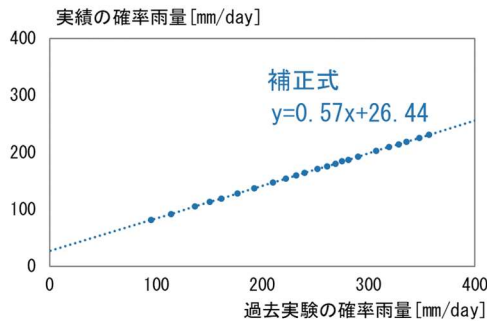


図-4 実績と過去実験の確率雨量の関係

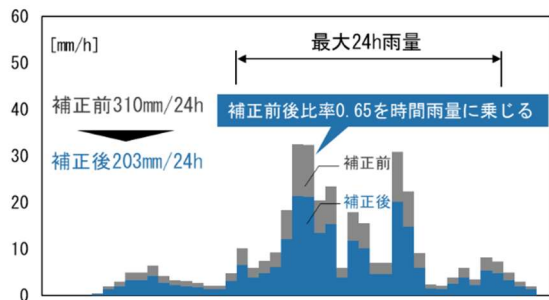
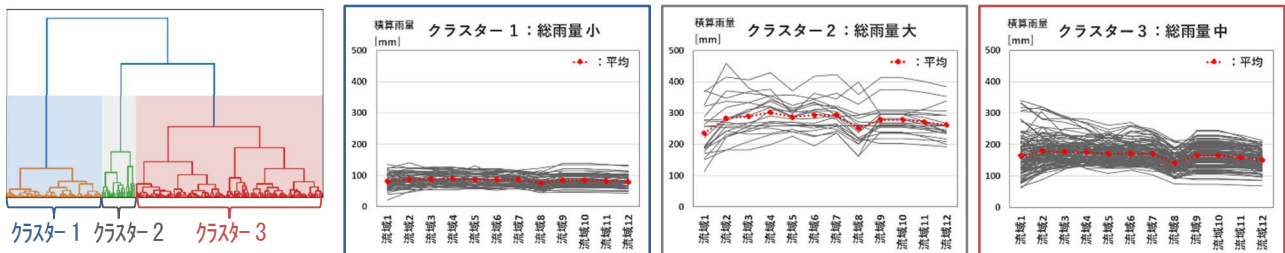


図-5 補正式を用いた補正例

(a) 正規化なしデータの分類結果



(b) 正規化ありデータの分類結果

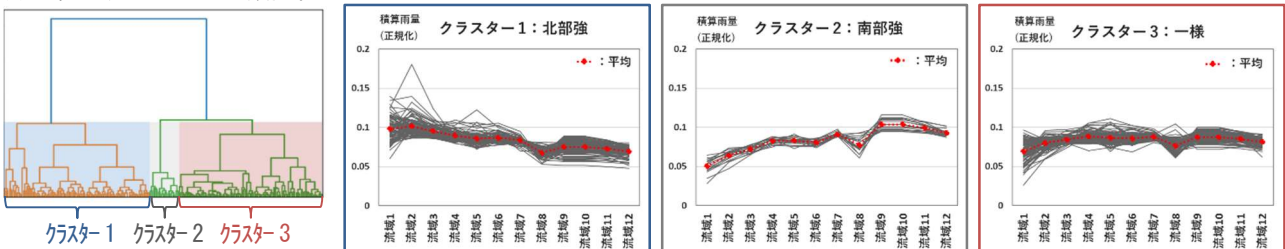


図-7 降雨空間分布パターンの分類結果

3. 降雨空間分布パターンの分類

1) データセット

降雨空間分布のデータセットとして、対象流域を 12 個の小流域に分割し(図-6 左)、各対象降雨における小流域ごとの総雨量を求めた。そして、(a) 正規化なしのデータと (b) 全小流域の合計を 1 として各小流域の雨量を正規化したデータの 2 ケース (図-6 右) でクラスター分析を行い、降雨空間分布パターンを分類した。

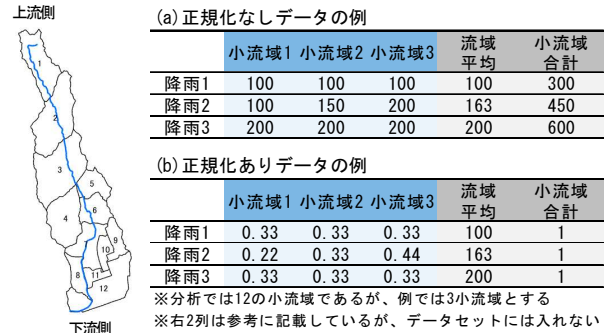


図-6 小流域図とデータセット (降雨空間分布)

2) 分類結果

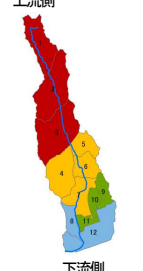
(a) 正規化なしのデータで 3 分類すると、空間的な分布傾向ではなく、総雨量の大ききで分類された(図-7 上)。さらに分類数を増やすと、総雨量の大ききで分類されつつ、空間的な分布での分類も確認されたが、1 クラスターあたりのサンプル数も少なく、空間分布を大別する主目的には合致しない結果となった。

(b) 正規化ありのデータで 3 分類すると、空間的な分布として、「クラスター1：流域北部が強い雨」、「クラスター2：流域南部が強い雨」、「クラスター3：流域全体で一様な雨」に分類された(図-7 下)。

3) 将来変化分析

2) (b) の分類結果より、平均値での分布パターン分類図を作成した(表-1)。各クラスターにおける将来実験、過去実験、実績降雨の出現回数と出現割合(図-8)より、「クラスター2: 流域南部が強い雨」は、実績降雨の該当がなく、将来の出現割合が増加することが確認できた。

表-1 降雨空間分布パターン分類図

	クラスター1	クラスター2	クラスター3
特徴	北部が強い	南部が強い	流域で一様
降雨空間分布	上流側  下流側	上流側  下流側	上流側  下流側

※上図に示す雨量は、各クラスターに分類された全降雨の平均値である

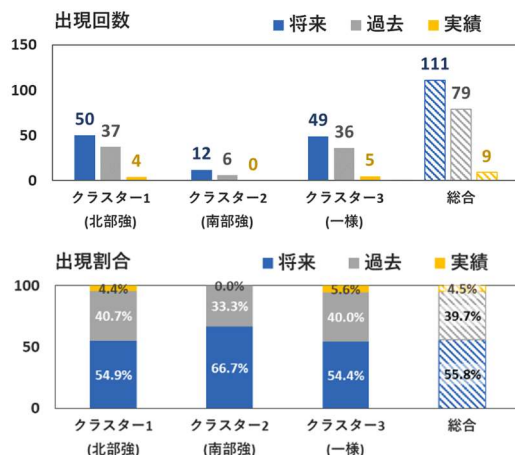


図-8 各降雨空間分布パターンの出現回数と出現割合

4. 降雨波形分布パターンの分類

1) データセット

対象降雨は降雨継続時間が様々であるが、降雨波形分布の分析を行うために、ピーク値を中央に揃えた同じ時間を対象としたデータセットを作成した。対象河川の計画降雨継続時間は 24 時間であるため、前方集中型、後方集中型を考慮し、ピーク値と前後 23 時間の計 47 時間の流域平均雨量のデータセットを作成した(図-9)。そして、(a) 正規化なしのデータと (b) 47 時間の総雨量を 1 として時間雨量を正規化したデータの 2 ケースでクラスター分析を行い、降雨波形分布パターン进行分类した。

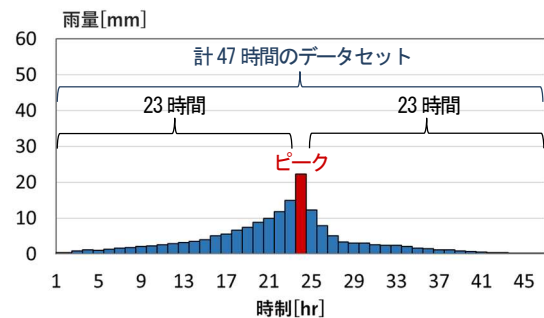


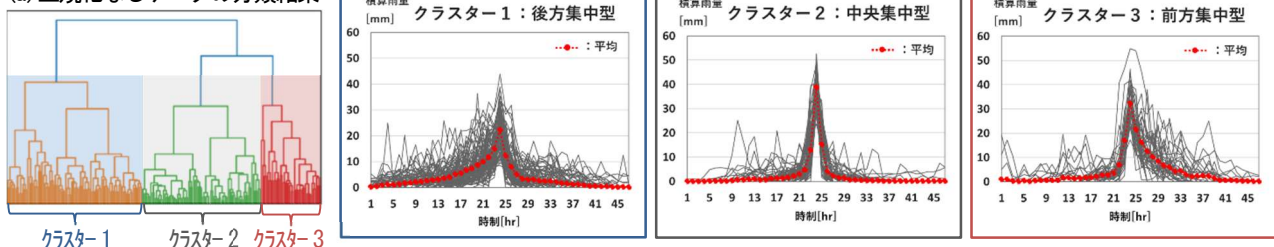
図-9 データセット (降雨波形分布)

2) 分類結果

(a) 正規化なしのデータで 3 分類すると、波形的な分布として、「クラスター1: 後方集中型」、「クラスター2: 中央集中型」、「クラスター3: 前方集中型」に分類された(図-10 上)。

(b) 正規化ありのデータで 2 分類すると、波形的な分布として、「クラスター1: 長時間降雨」、「クラスター2: 短時間降雨」に分類された(図-10 下)。

(a) 正規化なしデータの分類結果



(b) 正規化ありデータの分類結果

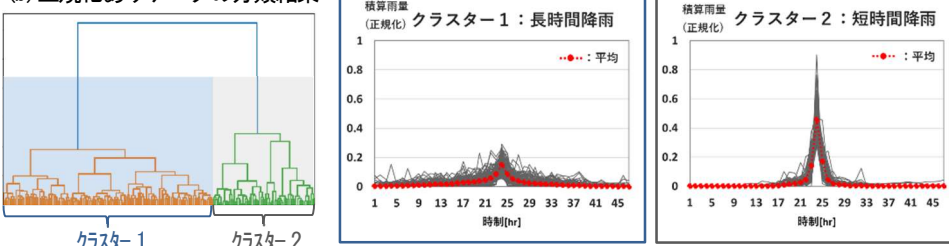
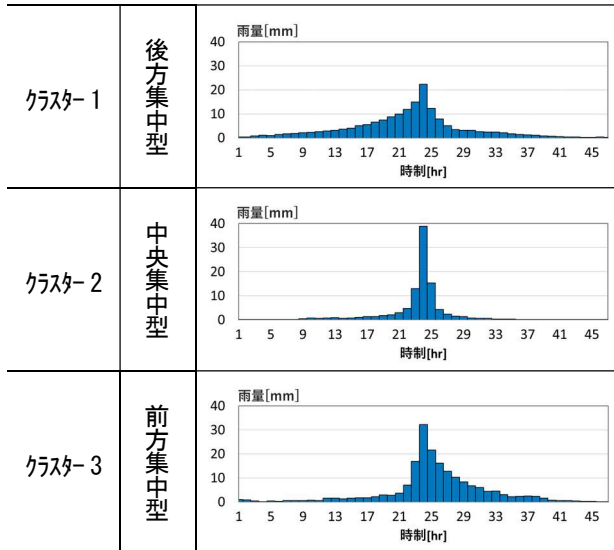


図-10 降雨波形分布パターンの分類結果

3) 将来変化分析

2) (a) の分類結果より、平均値での分布パターン分類図を作成した(表-2)。各クラスターにおける将来実験、過去実験、実績降雨の出現回数と出現割合(図-11)より、全クラスターに実績降雨が含まれており、過去と将来の出現割合に大きな変化がないことを確認した。

表-2 降雨波形分布パターン分類図



※上図に示す雨量は、各クラスターに分類された全降雨の平均値である

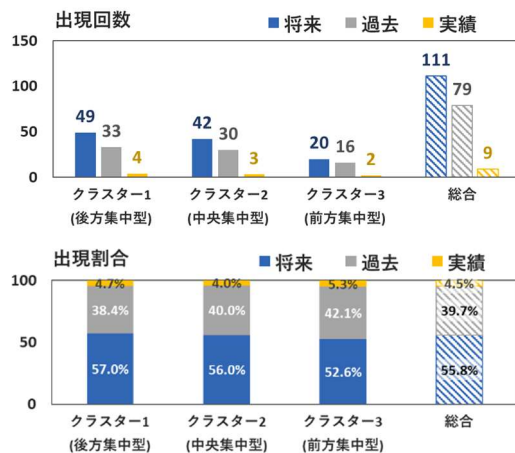
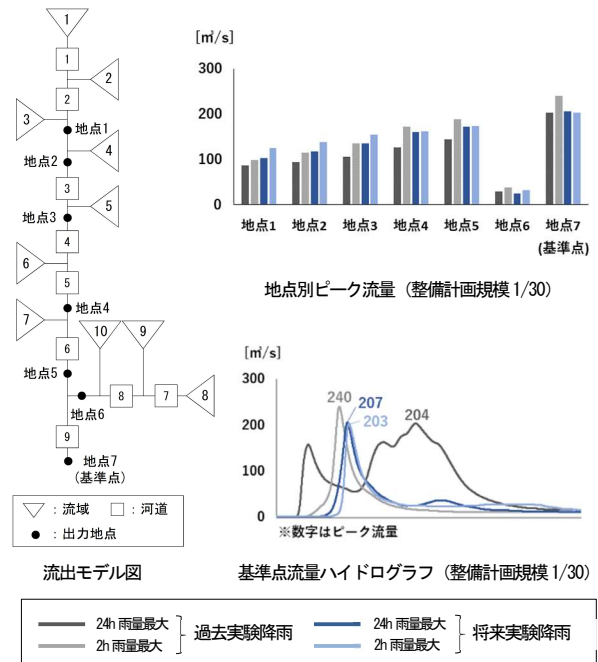


図-11 各降雨波形分布パターンの出現回数と出現割合

5. 将来増加する分布パターンの流出計算結果

3. (b) より、将来増加する降雨分布パターン(「クラスター2: 流域南部が強い雨」)に分類された過去実験および将来実験降雨のうち、降雨継続時間[24 時間]雨量および洪水到達時間[2 時間]雨量が最大の降雨について、計画降雨量(気候変動による降雨量変化倍率¹⁾考慮後)まで引き伸ばしを実施し、流出計算を行った(図-12)。



6. まとめ

2℃上昇実験気候予測データ(d2PDF, 5km)²⁾を用いてクラスター分析を行い、空間的および波形的な降雨分布パターンの分類を行った。また、各パターンの将来実験、過去実験、実績降雨の出現割合を分析することにより、将来増加する降雨分布パターンを確認した。本検討では、正規化の有無で2種類のデータセットを作成したが、それぞれで異なる分類結果となった。よって、本手法を適用する場合は、目的に応じた分類となるよう適切に正規化を行うなど、データセットの作成に留意する必要がある。

本稿では、対象1河川の分析事例を報告したが、本手法はどの河川でも活用可能であり、治水計画の設定のみならず、浸水予測や事業評価等、幅広い業務への活用が期待できる。

参考文献

- 国土交通省: 気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言, 2021.
- 文部科学省: 気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT), d2PDF(5kmダウンスケーリング)
- 吉田一紘・徳高平蔵: クラスタ分析の概要, Journal of Surface Analysis Vol.21 No.1 pp. 10-17, 2014.
- 一般財団法人国土開発技術研究センター: 高水計画検討の手引き(案), 2000.
- 飯泉任之直・西森基貴・石郷岡康史・横沢正幸: 統計的ダウンスケーリングによる気候変化シナリオ作成入門, 農業気象(J.Agric.Meteorol) 66(2):131-143, 2010.