

## 第II部門 年最大流量データを用いた2河川での洪水同時生起確率推定手法の妥当性についての検証

京都大学大学院工学研究科・特別研究員 DC1	学生員	○内村 在誠
京都大学防災研究所	正会員	田中 智大
名古屋工業大学大学院工学研究科	正会員	北野 利一
京都大学大学院工学研究科	フェロー	立川 康人
京都大学防災研究所	正会員	佐山 敬洋

## 1. はじめに

近年、豪雨災害の激甚化・頻発化が深刻な社会問題となっている。日本ではここ10年間だけでも、平成30年の西日本豪雨や令和元年東日本台風といった極端現象が観測されてきた。これらの事例では、複数流域で同時に氾濫が生じていた。このような事例では、インフラの途絶や復旧資源の不足によって被害が長期化・深刻化することが考えられる。また、保険分野では風水害による広域被害は、集積リスクとして注目されている。田中ら<sup>1)</sup>は2変量極値分布を大規模気候予測データセット d4PDF<sup>2)</sup>から計算された年最大流量<sup>3)</sup>に適用することで、2つの一級水系の基準地点間で同時に洪水流量が発生する事象（同時洪水）の再現期間を推定した。2河川の年最大値データは、たとえ同じ年であっても、それらが同じ降雨イベントから発生したとは限らない。本研究では、田中ら<sup>1)</sup>の同時洪水の再現期間推定に用いられた d4PDF 年最大流量データセットを解析することで、同推定手法および推定結果の検証を行った。

## 2. 2変量の裾従属性指標

田中ら<sup>1)</sup>は、2変量極値分布式中の従属関数 $D$ から、2変量の閾値超過事象の関連性を評価する指標として、2変量の裾従属性指標 $\chi_t$  ( $0 \leq \chi_t \leq 1$ )を提案した。

$$\chi_t = \frac{1 - D(t)}{\min(t, 1 - t)} \quad (1)$$

$\chi_t$ は、大きいほど分布の裾である極値での従属性が高いことを示す。これを年最大流量をもとに推定すれば、2河川の同時洪水の再現期間を導くことができる。

## 3. 年最大値の組の極値における従属性と同時性の関係

田中ら<sup>1)</sup>は、2河川の極値流量の発生がポアソン過程に従うことを仮定することで、年最大時間流量をもとに計算した $\chi_t$ から同時洪水の再現期間が推定できるとした。本研究では、この田中ら<sup>1)</sup>の手法の適用可能性を、年最大流量データの極値での同時生起性を分析することで確かめた。本研究では、同時生起の定義を1週間以内として、特に2河川で洪水流量が生起した場合にそれらが同時生起していた条件付確率を $\gamma$ として定義し、全国109の一級水系から得られるすべての組(5886組)で $\gamma$ を計算した。各水系の組で計算される $\gamma$ と $\chi_t$ の関係を図-1にプロットした。青線は $\chi_t$ の値0.1ごとの $\gamma$ の平均値を表す。この結果から、 $\chi_t$ が0.3以上の組では、ほとんど $\gamma$ が1になることがわかる。

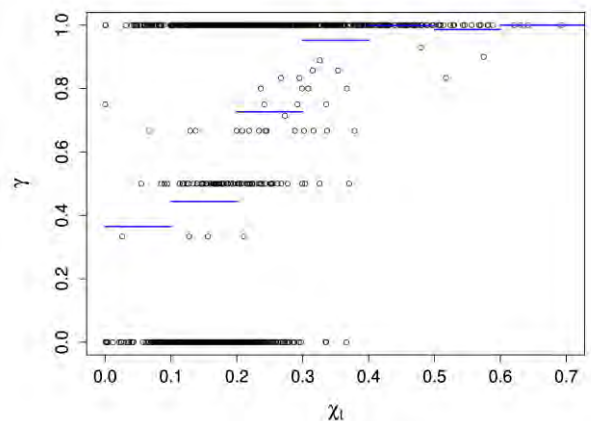


図-1 2変量の裾従属性指標  
 $\chi_t$ と極値同時性

以上より、年最大値を用いた同時洪水の推定手法の適用可能性が、理論だけでなくデータの側面からも確かめられたといえる。一方で $\chi_t$ が小さい組では、少なくとも年最大値データの同時性の確認からは同時洪水生起率の推定の妥当性が確認できなかった。

#### 4. 同時洪水の気象要因分析

本研究では、同時洪水の気象要因分析を通して、前章で確認した同時洪水が、同じ降雨イベントによって生じたものかどうかを確かめた。d4PDF 過去実験データセットのメンバ 1 から 10 までの 600 年間に於いて、各河川の計画規模の半分（100 年なら 50 年）を超える規模の流量が 2 河川で一週間以内に発生していた事象について、その気象要因を類型化した。d4PDF 気象変数として 1 時間降水量、海面気圧、850hPa 等圧面相当温位の 3 つの要素を図示して、目視による判断で停滞前線性、台風性、停滞前線+台風性、その他、の 4 つに類型化した。

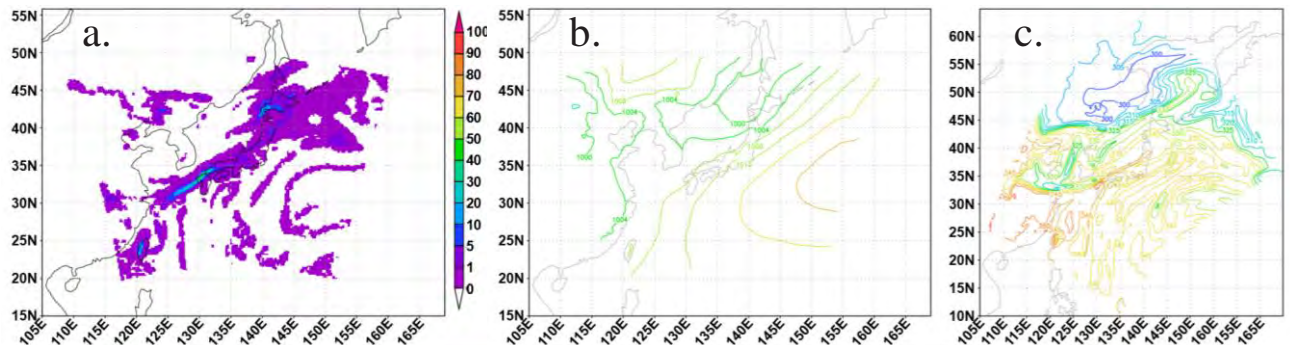


図-2 メンバ 2 の 1992 年 7 月 8 日の気象場。この事例は停滞前線性の同時洪水と判断した。(a)降水量、(b)海面気圧、(c)相当温位。

類型化の結果、九州地方では全 47 事例のうち、停滞前線性が 26 事例、台風性が 5 事例、停滞前線+台風性が 8 事例、その他が 8 事例であった。また、九州地方を北西地域の 12 水系と南東地域の 8 水系に分けると、北西地域内では停滞前線性、南東地域内では台風性が主要因となっていた。図-2 は九州北東部地域で同時洪水が生じていた事例を表している。以上の分析結果は既往の災害傾向と一致しており、d4PDF 年最大流量データを用いた同時洪水の再現期間の推定手法<sup>1)</sup>の妥当性を示している。

#### 5. まとめ

本研究では、d4PDF 年最大流量データの 2 河川での同時性を検証した。その結果、 $\chi_t$ が 0.3 以上の組では、年最大流量データを用いた分析によって、同一降雨イベントによって 2 河川で洪水が生じる確率を議論できることがわかった。

#### 【謝辞】

本研究は、文部科学省気候変動予測先端研究プログラム JPMXD0722678534 および JSPS 科研費 JP24K00988 の助成を受けた。分析においては、文部科学省による複数の学術研究プログラム（「創生」、「統合」、SI-CAT、DIAS）間連携および地球シミュレータにより作成された d4PDF を使用した。記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 田中智大, 内村在誠, 北野利一, 立川康人: d4PDF と 2 変量極値分布を用いた全国一級水系内の 2 水系間の河川流量の裾従属性の分析, 土木学会論文集, Vo. 80, No. 16, 23-16195, 2024.
- 2) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF: 実験デザイン・利用手引き, <https://climate.mri-jma.go.jp/d4PDF/design.html>. (2025/4/29 確認)
- 3) 小林敬太, 田中智大, 篠原瑞生, 立川康人: d4PDF を用いた日本全国一級水系における極値流量の将来変化分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 76, No. 1, pp. 140-152, 2020.