第II部門　　令和6年能登豪雨を対象にした確率的災害イベントアトリビューション

京都大学大学院工学研究科　学生会員　○井川椋介
京都大学防災研究所　正会員　田中智大
京都大学防災研究所　正会員　佐山敬洋

1. 序論

近年，豪雨災害が激甚化の傾向にあり，その原因の一つとして考えられているのが地球温暖化による気候変動である．地球温暖化の影響評価の方法の一つとしてイベントアトリビューション(Event Attribution，以下EAと表記する)があり，過去に発生した特定の極端現象（例えば台風や梅雨前線）を対象にして人間活動の影響を評価する手法である．本研究は能登半島を対象に過去の温暖化による領域平均雨量，主要河川の洪水ピーク流量，および半島全体の浸水面積の頻度分布の変化を分析すること，さらに令和6年能登豪雨を対象にその結果を用いてアンサンブルデータから類似の事象を抽出し，発生頻度の違いから気候変動の影響を評価する確率的EAを実施し，その有用性を分析するとともに，気象変数から影響評価変数にかけての気候変動の影響の大きさの違いを考察することを目的とする．

2. 令和6年能登豪雨

2024年9月20日から23日にかけて前線が停滞した影響により，東北地方から西日本にかけて広い範囲で雷を伴った豪雨災害が発生した．特に秋田県と石川県では線状降水帯が発生した．能登では同年1月に震度7の地震も起こっており地盤が緩んでいたため，土砂災害が多く発生した．川瀬ら[1)]は気象モデルを用いて対象とする事例を再現したうえで，温暖化のトレンドを取り除いて非温暖化条件での仮想実験を行い，両実験による結果の違いから気候変動の影響を評価する量的EAを，両実験の降水量を降雨流出氾濫モデルRRIに入力することで，能登半島を対象に降水量，流量，氾濫面積に関して実施した．その結果，降水量は17%増加し，輪島市市街地を流れる河原田川ではピーク流量がおよそ40%増加した．また浸水面積は約100%増加した．

3. 方法

本研究では，能登半島における領域平均雨量，主要河川の洪水ピーク流量，領域全体の浸水面積を対象に，過去実験(HPB 実験)と非温暖化実験(NAT 実験)による頻度分布を各再現期間レベルで比較して過去の温暖化の影響を評価する．そのうえで，令和6年能登豪雨の再現期間および対応する再現期間の再現レベルの変化を調べることで確率的EAを実施する．使用するデータは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)を5kmメッシュにダウンスケーリングしたd4PDF5kmのHPB実験およびNAT実験を対象に2001年から2020年までの20年間分の雨量データから計算した確率雨量を比較する．また雨量からピーク流量，浸水面積を解析するために能登半島に分布する複数の二級河川における洪水氾濫を同時に解析できる降雨流出氾濫モデル(RRIモデル)を用いる．佐山ら[2)]は令和6年1月能登半島地震の地殻変動による標高の変化を考慮したRRIモデルを構築しており，これらを本研究で用いる．能登半島全域を対象として領域平均雨量を計算し，年最大6時間積算雨量を抽出して頻度解析を実施した．ただし，1年最大値は極値分布の適合度が極端に低かったため，5年最大値を抽出しGumbel分布を当てはめて雨量と再現期間の関係を得た．また年最大6時間雨量の発生前48時間および発生後18時間の計72時間の雨量データを抽出しRRIモデルに入力して得られた河原田川における洪水ピーク流量と能登地方全体における浸水面積を対象に5年最大値を抽出しGumbel分布を当てはめてピーク流量，浸水面積と再現期間の関係を得た．

4. 結果

Ryosuke IKAWA, Tomohiro TANAKA and Takahiro SAYAMA
Ikawa.ryosuke.86r@st.kyoto-u.ac.jp

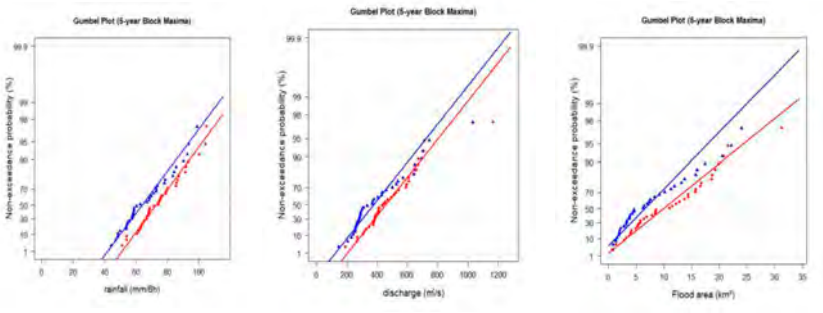


図-1 雨量，流量，浸水面積の Gumbel 分布を当てはめた結果．青色が HPB 実験，赤色が NAT 実験を表す．データの経験累積確率の描画にはワイブル公式を用いた．

得られた結果を図-1 に示す．観測情報に基づく能登豪雨の 6 時間雨量は 102mm であり再現期間は HPB 実験が 97.8 年，NAT 実験は 201 年となり発生頻度は 2.05 倍となった．再現期間が 97.8 年時の NAT 実験の 6 時間雨量は 93.6mm となった．すなわち令和 6 年能登豪雨時に推定された雨量の再現期間における HPB 実験と NAT 実験の雨量の変化率は 1.09 となった．能登豪雨に対する解析雨量を入力した RRI モデルによる河原田川の輪島地点における推定ピーク流量は 967 ㎥/s である．このときの再現期間は，HPB 実験は 332 年，NAT 実験は 598 年となり発生頻度は 1.80 倍となっている．再現期間が 332 年時の NAT 実験の流量は 888 ㎥/s となった．すなわち令和 6 年能登豪雨時に推定された流量の再現期間における HPB 実験と NAT 実験の流量の変化率は 1.09 となる．能登豪雨時の能登地方全体の浸水面積は 22 ㎢に対応する HPB 実験と NAT 実験の再現期間はそれぞれ 69.7 年，268 年となり，頻度は 3.85 倍となっている．再現期間 69.7 年時の NAT 実験の浸水面積は 16.2 ㎢となる．すなわち令和 6 年能登豪雨時に推定された浸水面積の再現期間における HPB 実験と NAT 実験の浸水面積の変化率は 1.37 となる．さらに，解析を行った全データを対象に，各メンバーで雨量，流量，浸水面積が上位何番目であるかを，同じ年の順位を HPB 実験と NAT 実験で比較した．その結果，順位相関係数は雨量，流量，浸水面積のいずれも 0.15 以下であり，同じ年の HPB 実験と NAT 実験との間で雨量や流量，浸水面積に相関は見られなかった．

5. 結論

過去の気候変動によって，令和 6 年能登豪雨における雨量の発生頻度は 2.05 倍，流量における発生頻度は 1.80 倍，浸水面積における発生頻度は 3.85 倍となっている．雨量と浸水面積は HPB 実験では 97 年と 67 年，NAT 実験は 200 年と 268 年であるが流量は HPB 実験が 331 年，NAT 実験が約 600 年と極端に再現期間が長くなっている．発生頻度は雨量を基準とすると，流量は 2.05 倍と 1.80 倍で差が少ないものの，それぞれの再現期間は 97 年と 331 年と全く異なっている．雨量や浸水面積が能登半島の対象領域全体を代表する変数であるのに対し，流量は河原田川という特定の河川流域での雨量の結果を代表する変数であり，空間スケールが異なる．その結果，雨量を条件に抽出した降雨事例の中で河原田川流域の雨量が小さい事例も含まれ，流量の再現期間が大きく見積もられたと考えられる．一方，浸水面積は，発生頻度の NAT 実験から HPB 実験の増加率は 2 倍ほど違うものの再現期間でみると雨量とはあまり差がみられないという結果となった．このことは，中小河川が集まる能登半島のような地域においては浸水面積に対して雨量を用いて災害変数の確率的 EA を行うことができる可能性を示している． 順位相関係数は雨量，流量，浸水面積のいずれも 0 から 0.15 であり順序に相関があるとはいえない．同じ年の HPB 実験と NAT 実験は温暖化以外の境界条件は同じであるため，年ごとの境界条件は能登豪雨ほどの限られた地域における災害にはほとんど影響を及ぼしておらず，局所的な気象場の影響を強く受けているものと考えられる．今後は能登豪雨が発生した 9，10 月の降雨に絞ってデータを抽出して EA を行う予定である．

参考文献

1) 川瀬宏明，佐山敬洋，渡邉俊一，今田由紀子．(2025)．近年の昇温が令和 6 年 9 月の能登の大雨と浸水に与えた影響，2025 年度秋季大会（ポスター発表）．
2) 佐山敬洋，菅原快斗，田中智大．(2026)．令和 6 年能登半島地震の地殻変動が奥能登豪雨の洪水氾濫に及ぼした影響．*土木学会論文集*, 82(16), 25-16113.