

# Flood risk assessment considering uncertainty in climate change impacts using large-ensemble simulations

その他（別言語等）のタイトル	大規模アンサンブルシミュレーションに基づく気候変動の不確実性を考慮した洪水リスクの評価
著者	NGUYEN Thanh Thu
学位名	博士（工学）
学位の種別	課程博士
報告番号	甲第482号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2021-09-27
URL	<a href="http://doi.org/10.15118/00010423">http://doi.org/10.15118/00010423</a>

氏 名 NGUYEN THANH THU (グエン タイン トゥー)

学位論文題目 大規模アンサンブルシミュレーションに基づく気候変動の不確実性を  
考慮した洪水リスクの評価

論文審査委員 主査 教授 中津川 誠  
教授 木村 克俊  
准教授 有村 幹治

## 論文内容の要旨

この数十年で、気候変動による異常気象とそれに起因する自然災害は、自然環境や私たちの生活に対する脅威の一つとして急速に関心を集めるようになった。こうした自然災害の中でも、洪水は世界的に頻発しており、世界各地で甚大な被害を引き起こしている。さらに、洪水による災害は、将来的により頻繁に発生し、より深刻な被害を発生させると考えられている。特に河川の氾濫原の住民や、早期の洪水警報システムが整備されていない地域で生活している人々は、洪水による影響を最も大きく受ける。日本では、近年、短時間での極端豪雨による洪水氾濫が頻発し、大きな被害をもたらしている。顕著な例として、2016年8月には北海道で大規模な洪水が発生した。また2019年10月には日本の中部から東北地方にかけて多数の河川で深刻な洪水と地すべりが発生した。これらの被害により、尊い人命と資産が失われた。

日本の北端に位置する北海道では、過去には1981年8月、近年では2016年8月の洪水において、石狩川流域は甚大な被害を受けた。石狩川流域内は石狩平野が大部分を占め、その中流域から下流域にかけては北海道のみならず全国で最も生産性の高い農業地域となっていることから、北海道の社会経済的発展に重要な役割を果たしている。そのため、本研究では、北海道の石狩川流域を対象とし、気候変動による極端豪雨の降雨量の変化と、それに伴い大規模洪水を引き起こす河川流量の変化を推定することを目的としている。石狩川流域とその主要な支川における不確実性を考慮した極端豪雨のデータとして水平解像度5kmの大量アンサンブル降雨情報(d4PDF)を用いた。また、石狩川とその主要支川の河川流量の推定には統合洪水解析システム(IFAS)を用いた。さらに、千歳川流域の洪水氾濫の変化についても、d4PDFと降雨-流出-氾濫モデル(RRI)を用いることで、石狩川からの背水影響を考慮した氾濫計算を行った。本研究では、豪雨と洪水の評価に高解像度の大量アンサンブル気候シミュレーションを使用したことが特徴である。これは、100年に一度以上の低頻度で生起する極端豪雨と、それによって発生する深刻な洪水を予測することができる。さらに、大量アンサンブル気候シミュレーションを用いることにより、極端豪雨時の降雨の不確実性を適切に評価することができる。

本研究において判明した結果は、河川流域管理、特に氾濫原における洪水被害の軽減といった気候変動への適応策に役立てることが期待される。

## ABSTRACT

In recent decades, extreme weather events associated with climate changes have rapidly become one of the global concerns threatening natural environments and human life. Floods are the most frequent type of natural disaster on earth, causing massive damage all over the world. Flood disaster is considered to become more frequent and higher intensity in the future. In particular, people who live in floodplain areas, or lack early flood warning systems are the most affected by flooding. In Japan, flood inundation disasters due to short-term extreme rainfall have occurred frequently and caused considerable damage in recent years. Notable severe flood events in recent years in Japan can be mentioned as the large-scale flood event in August 2016 in Hokkaido, or severe flooding and landslides occurred in many river basins in central-northern parts of Japan in October 2019, causing great loss of life and property.

The northernmost Japanese island, Hokkaido has recorded severe floods and caused massive damage, such as the flood event in August 1981, and recently in August 2016. The Ishikari River basin plays a vital role in the socio-economic development of Hokkaido. The Ishikari Plain occupies most of the basin's area and is located around the central and downstream basin area, which is the most productive agricultural area not only in Hokkaido, but also entire Japan.

Therefore, this study aims to investigate the change in extreme rainfall and severe floods associated with climate change, choosing the Ishikari River basin, Hokkaido, Japan as a case study. Change in extreme rainfall and river floods in the Ishikari River basin, as well as in its main sub-basins is evaluated using the Integrated Flood Analysis System (IFAS) coupled with the large-ensemble rainfall dataset with a super high-resolution of 5 km as an input data to the model. In addition, change in flood inundation in the Chitose River basin, a tributary of the Ishikari River is also evaluated using the Rainfall–Runoff– Inundation (RRI) model and a large-ensemble rainfall dataset of 5 km (d4PDF). Owing to the topographical characteristics of its low-lying area, the Chitose River basin is frequent affected by backwater from the Ishikari River and experiences severe flood inundation. The remarkable point of this study is to use the large-ensemble and super high-resolution climate simulations for extreme rainfall and severe floods assessment. It could predict extreme rainfall and severe flood

events with return periods equal to or larger than 100 years. Simulation with large ensemble members could properly verify the uncertainty in the estimation of the probability of extreme events. The results of this study are expected to provide useful information for river basin management, particularly for climate change adaptation and flood damage mitigation in floodplain areas.

## 論文審査結果の要旨

この数十年で気候変動による異常気象とそれに起因する自然災害は、全世界の人類に対する脅威の一つとして急速に関心を集めるようになった。こうした自然災害の中でも、洪水は我が国のみならず世界的に頻発しており、各地で甚大な被害を引き起こしている。積雪寒冷地にある北海道も例外ではなく、むしろ気候変動の影響はより強くあらわれることが懸念されている。そのような背景のもと、本研究は北海道・石狩川流域に注目してよりローカルで身近な問題として気候変動の影響がどのように表れるかを明らかにするものである。なお、石狩川の中流域から下流域にかけては北海道のみならず全国で最も生産性の高い農業地域となっており、我が国の社会経済のうえで重要な役割を果たしていることも研究の意義の一つである。

具体的には石狩川流域を対象とし、気候変動による極端豪雨の降雨量の変化と、それに伴い大規模洪水を引き起こす河川流量の変化を推定することを目的とした。研究手法としては、1) 水平解像度5kmの大量アンサンブル降雨情報(d4PDF)を用いて気候変動の不確実性が考慮できること、2) 大量アンサンブルデータから石狩川本川とその主要支川の任意個所の流量の推定ができるようになったこと、3) 低平地にある千歳川流域についても石狩川からの背水(バックウォーター)影響を考慮した氾濫計算ができるようになったことが評価できる。

研究結果からは、気候変動により、1) とくに石狩川流域南部で雨量の増加が見込まれること、2) 石狩川の洪水時流量が適切に再現できる流出モデルが提案でき、気候変動により流量の増加や支川・本川合流点の洪水ピーク時間差が短くなること、3) 低平地という脆弱性を有する千歳川では背水(バックウォーター)の影響が大きくなり、氾濫の範囲や時間が拡大することなどのリスクが定量的に提示された。このように得られた結果は、河川流域管理、特に氾濫原における洪水被害の軽減といった気候変動への適応策に役立てることが期待される。

以上より、本論文は、気候変動による地域レベルの水害リスク評価を行ううえで有効な手法を提示するものであり、今後の治水対策を立案する上でも有用であると考えられる。よって、ここで得られた成果は、学術的、また実務上の観点からもきわめて有益であり、本論文は博士論文に値すると認められる。