

アンサンブル気候予測データを用いた確率降雨量の将来変化に関する試算

幕内加南子・工藤 俊・土屋修一・川崎将生

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次報告書によると、気候システムの温暖化には疑う余地がなく、今後、気候変動の影響による被害の拡大がより深刻になるおそれがある。また、気象庁の気候変動監視レポート2018によると、わが国で頻発する河川の氾濫を引き起こす豪雨は、近年、大規模化しつつあることが指摘されている。大規模洪水におけるこうした気候変動の影響に対応するため、河川整備の目標とする降雨外力に気候変動による将来変化を定量的に反映し、気候変動に適応した河川整備を計画的かつ速やかに実施していくことが必要である。このため筆者らはこれまで、最新の気候モデルによる気候予測データを用いて、河川整備の対象降雨量の将来変化に関する分析を行ってきた¹⁾。本稿では、低頻度の極端降雨現象の議論に適したアンサンブル気候予測データを使用し、河川整備の計画規模に概ね相当する1/100確率降雨量の将来変化率（以下「降雨量変化倍率」という。）について試算した結果を報告する。

2. 降雨量変化倍率の試算方法

2.1 使用したデータ

本試算で使用した気候予測データは、文部科学省の気候変動リスク情報創生プログラムによって作成された「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：database for Policy Decision making for Future climate change）²⁾を元としている。d4PDFは、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を、確率的、かつ高精度に評価することを目的に、日本域について水平解像度約20kmで、過去及び将来気候それぞれ数千年分というこれまでにない多数のアンサンブル実験が行われたものである。一級河川における河川整備の目標となる降雨外力は100年～

200年に一度の確率規模であり、d4PDFの多数のアンサンブル予測計算は、今後の河川整備の検討に資する水準にあると考えられる。今回の試算は、d4PDFに収録されている過去気候のシミュレーションである過去実験及び産業革命(1850年)以前に比べて全球平均温度が4℃上昇した将来気候のシミュレーションである将来実験のデータを境界条件として使用し、より詳細な水平解像度約5kmの力学的シミュレーションモデルを用いて再計算（ダウンスケーリング）した結果のデータセット^{3),4),5)}を使用した。このデータセットは、北海道地域については北海道大学が、本州以南については文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）が、海洋開発研究機構の地球シミュレータを用いて計算したものである。

2.2 地域区分

降雨量変化倍率を算出する領域として、全国をいくつかの地域に区分することとした。水文・気象分野でこれまで実用に供されている地域の区分方法として、想定最大規模降雨に関する地域区分⁶⁾、地域別比流量図をもとに大規模降雨の発生頻度分布の同一性が高くなるように修正した地域区



図-1 検討に使用した地域区分

分⁷⁾、気象庁・地方季節予報の予報区分⁸⁾等があるが、このうち今回は、地域区分によって水系が分断されないため水系ごとに検討される河川整備の計画に試算結果を反映しやすいこと等を考慮し、図-1に示す想定最大規模降雨に関する地域区分によることとした。

2.3 試算方法

降雨量変化倍率の算出は、以下の手順によった。

- 1) 過去実験・将来実験のそれぞれのデータについて、降雨継続時間・雨域面積・降雨継続時間積算雨量（以下、単に積算雨量という。）の関係を抽出する⁹⁾。
 - 2) 年毎に、雨域面積に対応した積算雨量の年最大値を見出す。
 - 3) 気候予測データの年数分得られる雨域面積に対応する積算雨量の年最大値データを使用し、確率分布にgumbel分布を適用して、100年確率降雨量を算出する。
 - 4) 過去実験、将来実験のそれぞれで算出される100年確率降雨量の比をとることにより、当該雨域面積に対応する降雨量変化倍率が算出される。
- 2)～4)を降雨継続時間毎に行うことで、雨域面積と降雨継続時間を組み合わせた降雨量変化倍率を得ることができる。

3. 降雨量変化倍率の試算結果

降雨量変化倍率の試算結果の一例として、雨域面積400km²と降雨継続時間12時間、雨域面積1600km²と降雨継続時間24時間、雨域面積3600km²と降雨継続時間48時間の3組み合わせに対する地域区分毎の降雨量変化倍率を図-2に示す。d4PDFで採用されている将来の6つの海面水温パターン毎に降雨量変化倍率を算出したため、各地域区分に6点ずつプロットしている。同一地域区分でも、海面水温パターンによって降雨量変化倍率は差異がある。6つの海面水温パターンによる降雨量変化倍率の幅の大きさは、地域区分毎に概ね0.1程度から大きいところで0.5程度と差があり、将来の海面水温によるバラツキの程度が地域毎に異なることが見て取れる。海洋の影響を受けやすい日本の気象特性を考えると、同一地域でも、将来の海面水温によって、気温の上昇量が異なると考えられることや、大規模降雨をもたらす気象擾乱のタイプが変化することによる影響など、この原因については様々な可能性が考えられ、今後の検討課題である。

図-3は、雨域面積400・1600・3600km²と降雨継続時間12・24・48時間の9組み合わせについて、全国及び各地域区分における6つの海面水温パタ

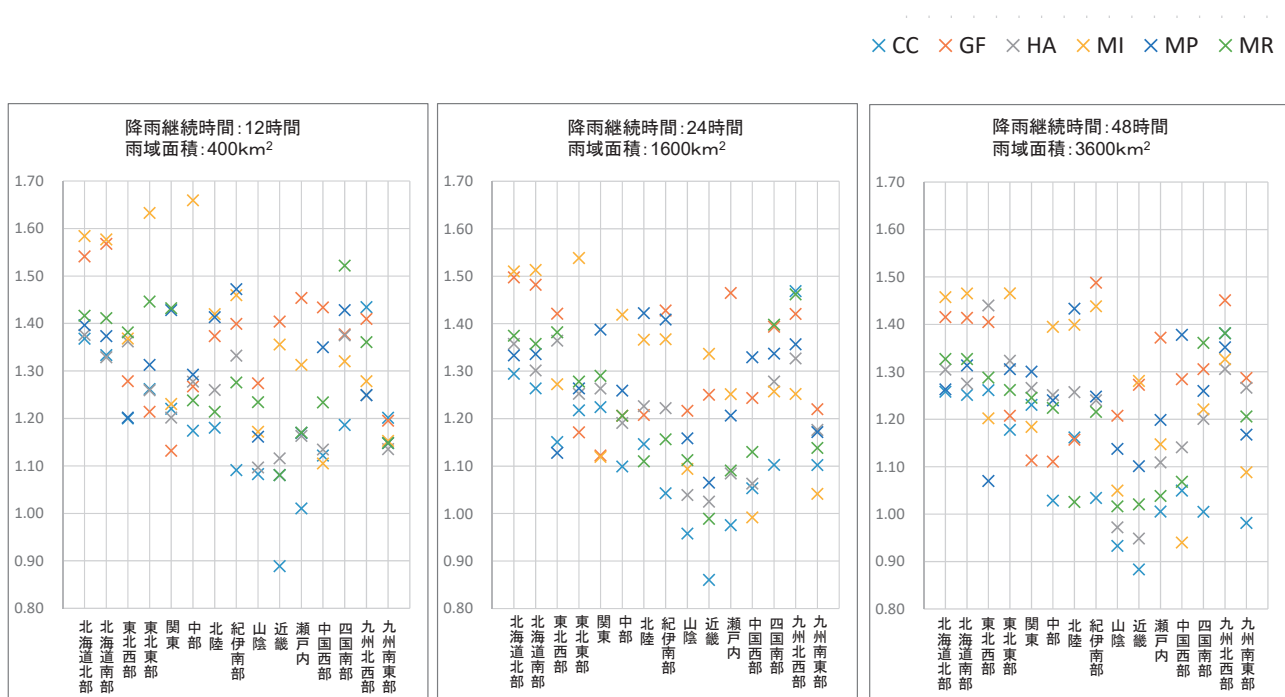


図-2 各地域区分における海面水温パターン毎の降雨量変化倍率

降雨継続時間

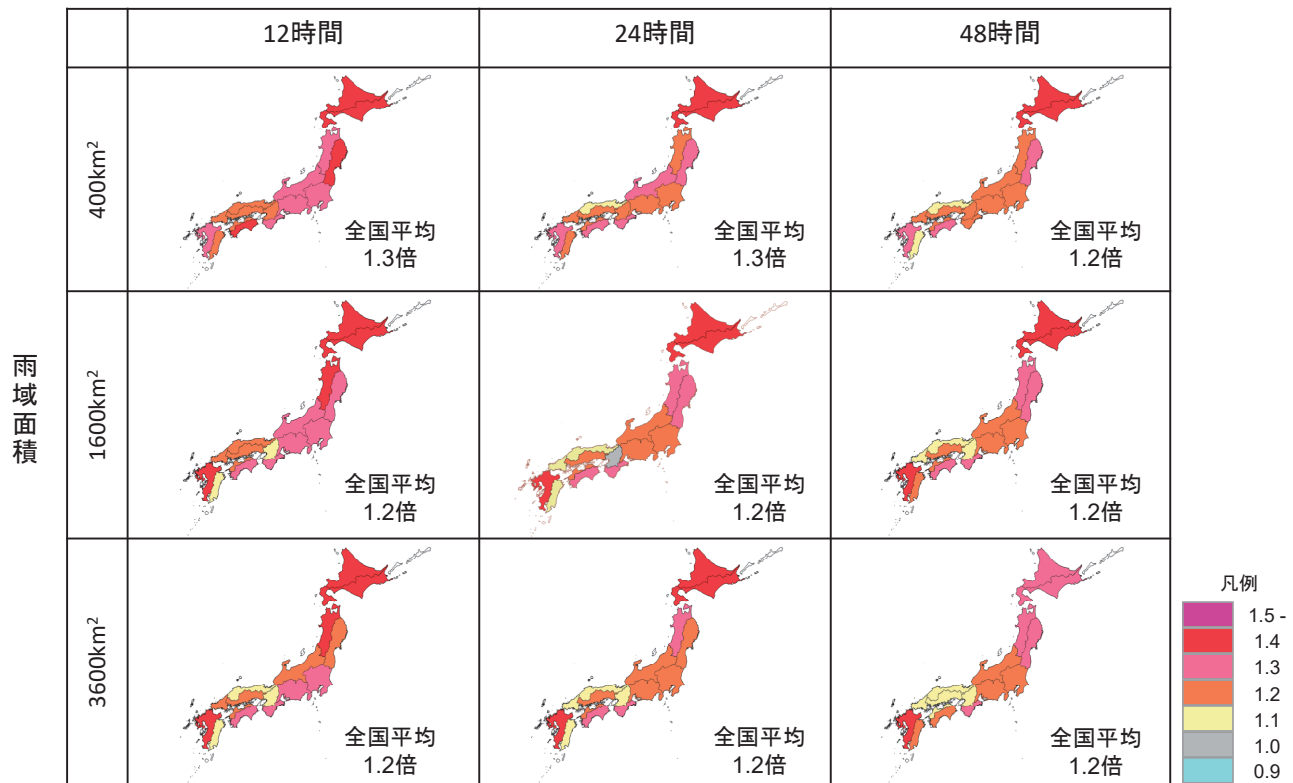


図-3 海面水温パターン毎に求めた降雨量変化倍率の平均値

ーンによる降雨量変化倍率の平均値を示したものである。全国平均値はいずれの組み合わせでも1.2～1.3であり、地域区分毎に見ても、この時間・空間スケールの範囲では、雨域面積、降雨継続時間によって降雨量変化倍率の平均値が大きく変動する傾向は見られない。むしろ特徴的なのは、全ての組み合わせに共通して、北日本、特に北海道北部、北海道南部の降雨量変化倍率の平均値が他の地域に比べて大きい傾向を示していることである。これは、図-4に示すように、一般に気温の低い高緯度地域ほど、将来の夏季の気温上昇量が大きく予測されており、これによって飽和水蒸気量がより増大することと整合している。また、九州北西部の降雨量変化倍率の平均値も、周辺地域に比べてやや大きい傾向を示している。これは、d4PDFで採用されている海面水温パターンのほとんどが、九州北西部西側の東シナ海の海面水温にやや大きな昇温を予測しており、この影響で九州北西部に流れ込む水蒸気量が増大することが一因であると考えられている¹⁰⁾。

4. おわりに

アンサンブル気候予測データを用いて、将来、産業革命以前に比べて4℃上昇する場合の河川整備の対象降雨量の将来変化に関する分析を行い、地域区分毎に、雨域面積および降雨継続時間に対応した100年確率降雨量の将来変化倍率の試算を行った。今後、各地域における豪雨の気象要因の変化や降雨の時空間分布の変化など、将来変化のメカニズムについてさらに分析を進めるとともに、2℃上昇を想定したアンサンブル気候予測データを用いた検討を行い、気候変動を踏まえた河川整備の計画外力設定に資する情報を提供していく考えである。

謝 辞

本検討で利用したデータセットを貸与していただいた北海道大学及び文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）に感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部：河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究、国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告、第56号、2017年4月
- 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：
<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>
- 3) Hiroaki Kawase, Takahiro Sasai, Takeshi Yamazaki, Rui Ito, Koji Dairaku, Shiori Sugimoto, Hidetaka Sasaki, Akihiko Murata, Masaya Nosaka: Characteristics of Synoptic Conditions for Heavy Snowfall in Western to Northeastern Japan Analyzed by the 5-km Regional Climate Ensemble Experiments, AJopurriln a2l0 o1f8 the Meteorological Society of Japan, Vol.96, No.2, pp.161-178, 2018. [DOI:10.2151/jmsj.2018-022]
- 4) Shiori Sugimoto, Rui Ito, Koji Dairaku, Hiroaki Kawase, Hidetaka Sasaki, Shingo Watanabe, Yasuko Okada, Sho Kawazoe, Takeshi Yamazaki, Takahiro Sasai: Impact of Spatial Resolution on Simulated Consecutive Dry Days and Near-Surface Temperature over the Central Mountains in Japan, SOLA, Vol.14, pp.46-51, 2018. [DOI:10.2151/sola.2018-008]
- 5) 山田ら：「北海道における気候変動による洪水リスク変化の評価」『地球シミュレータ 平成29年度アニュアルレポート 地球シミュレータ特別推進課題』
https://www.jamstec.go.jp/ceist/j/publication/annual/annual2017/pdf/2project/chapter3/3-3-2_yamada.pdf
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局：浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法、平成27年7月
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究気候変動適応研究本部：気候変動適応策に関する研究（中間報告）、国土技術政策総合研究所資料、第749号、平成25年8月
- 8) 気象庁：
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kisetsu_riyou/image/png/chihou_kubun.png
- 9) 土木研究所：レーダ雨量計から見た降雨の時空間特性に関する調査報告書、土木研究所資料、第2604号、昭和63年3月
- 10) 国土交通省水管理・国土保全局：気候変動を踏まえた治水計画のあり方、気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会提言、令和元年10月

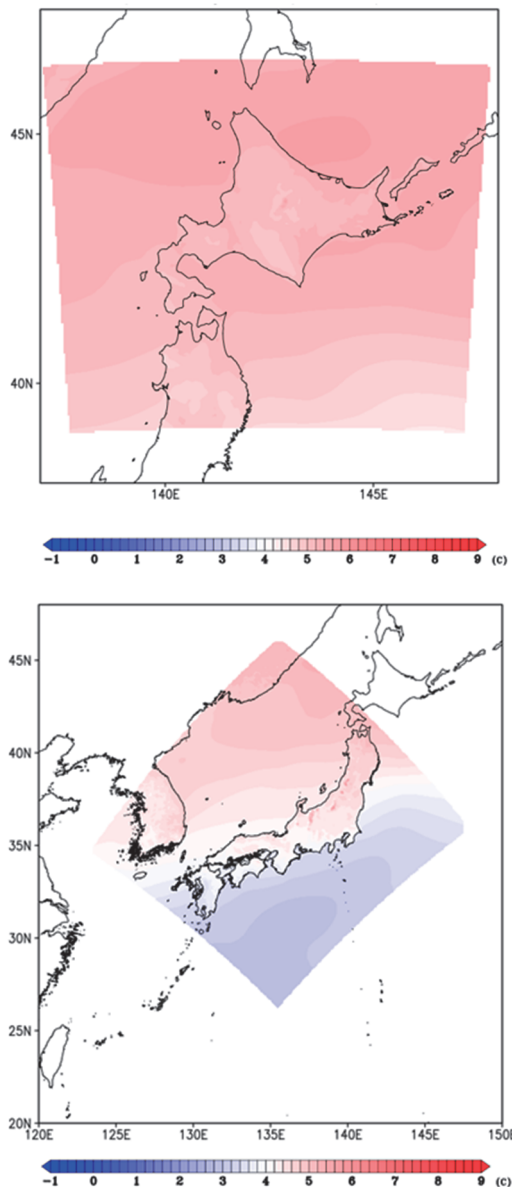


図-4 8月の月平均気温の将来変化量の分布
(将来実験の平均ー過去実験の平均)

幕内加南子



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水循環研究室研究官、現 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課観光事業調整係長
MAKUUCHI Kanako

工藤 俊



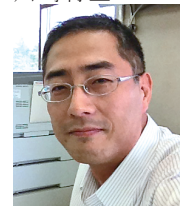
国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水循環研究室 研究官、博士（工学）
Dr. KUDOU Syun

土屋修一



国土交通省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、博士（工学）
Dr. TSUCHIYA Syuuichi

川崎将生



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水循環研究室長
KAWASAKI Masaki