

## 地球温暖化の影響を考慮した我が国における降雨特性の将来変化に関する研究

法政大学大学院デザイン工学研究科  
法政大学大学院デザイン工学研究科  
法政大学デザイン工学部

学生員 中根 武志  
学生員 岡田 翔太  
正会員 鈴木 善晴

## 1. 目的・背景

近年,世界各国において猛暑・豪雨・台風・ハリケーンなどの異常気象が多発し,地球温暖化の影響が懸念されている.我が国においても,「平成24年7月九州北部豪雨」では,九州北部を中心に,各地で観測史上最大の降水量を観測し,多くの避難者,死者・行方不明者を出す甚大な災害が発生した.

温暖化の進行に伴い,今後も豪雨による被害が増加すると考えられる中,文部科学省では,気候変動対応政策へ科学的基盤を提供することを目的に,5カ年計画(平成19年度~23年度)で「21世紀気候変動予測革新プログラム(以下,革新プロとする)」を実施した.これまでの成果として,梅雨前線に伴う集中豪雨が増加することなどが指摘されている<sup>1)</sup>.このように,地球温暖化の進行に伴い,豪雨の発生頻度は増加傾向にあることが示唆されているが,どの地域の降雨イベントがどのように変化するのかなど詳細はまだ明らかでない.

そこで本研究では,温暖化進行時における日本域の降雨特性の将来変化を明らかにすることを目的として,革新プロにより開発されたGCM20(MRI-Atmospheric Global Climate Model 3.2S)及びRCM5km(MRI-Regional Climate Model 5km)の出力データの解析を行った.降雨イベントの将来変化を発生頻度,発生規模の観点から解析するとともに,降雨特性の変化傾向把握を目的として,時空間集中特性を表現することができるDAD解析を行った.また,それらの結果から,他の事例に比べ,極端に雨域面積の大きい事例や降雨強度の大きい事例,近似曲線から外れる事例を極端事例とし,このような個々の事例がどのような要因により発生するのか,目視による調査分析を行った.本稿では,RCM5kmを使用した解析結果について記す.

## 2. 解析データ及び解析手法

GCM20とは水平解像度約20kmの全球気候モデルであり,革新プロでは海面水温を境界条件として,現在・近未来・将来の3期間について計算が行われている.この境界条件は,IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)第4次報告書に記載されているシナリオのうち,全てのエネルギーバランスを重視して高い経済成長が実現すると仮定したA1Bシナリオが用いられている.本研究で使用する期間は,現在条件が1979年~2008年,近未来条件が2015年~2044年,将来条件が2075年~2104年の各期間の1月~12月である.日本域における降雨量のデータ

に対し,20km格子内部の変化を少しでも表現するため,対象グリッド近傍の4つの格子情報を用いた面的な線形内挿(双一次内挿,bi-linear interpolation)によるダウンスケールを行い,水平解像度5kmのデータを作成した.

一方,RCM5kmは,GCM20の出力データに対して,気象庁非静力学モデル(JMA-Non-Hydrostatic Model)による物理的ダウンスケールを行った,水平解像度約5kmの日本域における出力データである.本研究で使用する期間は,現在条件が1979年~2003年,近未来条件が2015年~2039年,将来条件が2075年~2099年の各期間の暖候期(6月~9月)である.GCM20はメルカトル図法を用いているのに対し,RCM5kmはランベルト正角円錐図法を用いており,両者の比較を容易にするため,それぞれの格子の位置情報を用いてRCM5km出力データの最近傍補間(Nearest neighbor)を行った.

本研究では,日本域全体と九州,中国・四国,近畿,中部,関東,東北,北海道の7つの地域において,発生頻度に関しては降雨強度別の発生回数やその空間分布の将来変化に関する解析,また発生規模に関しては1つの降雨イベントの継続時間及び雨域面積の将来変化に関する解析を行った.DAD解析は諸外国では降雨タイプを考慮した等雨量線を決定する際や,山岳地帯の河川流域における降雨流出量を求める際など様々な用途で用いられており,DD(Depth-Duration;平均降雨強度-降雨継続時間)関係とDA(Depth-Area;面積最大雨量-降雨面積)関係の2つに分けられる<sup>2)</sup>.本研究では,DD関係には三定数型降雨強度式(式1)とSherman式(式2)を,DA関係にはHorton式(式3)を使用して回帰曲線を求めた.なお,解析対象は,日本域を中心とした緯度20N~48N,経度123E~147Eの領域としている.

$$DD \text{ 式 (三定数型降雨強度式)}: i = \frac{a}{t^c + b} \quad (1)$$

$$DD \text{ 式 (Sherman 式)}: i = \frac{a}{t^c} \quad (2)$$

$$DA \text{ 式 (Horton 式)}: P = \exp(-\alpha A^\beta) \quad (3)$$

$i$ : 平均降雨強度,  $t$ : 降雨継続時間,  $P$ : 面積最大雨量,  $A$ : 面積,  $a, b, c, \alpha, \beta$ : 定数である<sup>3)</sup>.

## 3. 降雨特性の将来変化

日本域全体における豪雨の強度別発生頻度を図-1に示す.すべての月で発生頻度は将来条件にかけて大幅に増加していることが確認される.強度別に見ても全体的に発生頻度が増加しており,特に60~80mm/h

Key Words: 豪雨, 地球温暖化, 全球気候モデル, 地域気候モデル, 極端現象

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 TEL & FAX: 03-5228-1389

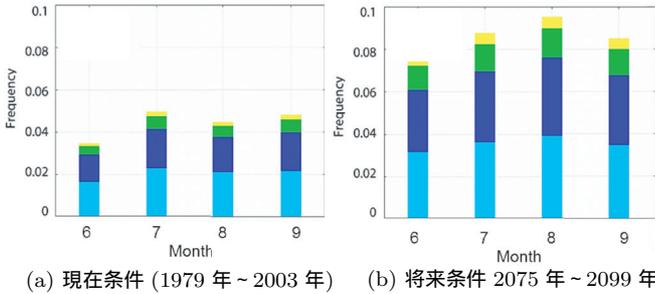


図-1 日本域全体における降雨強度別発生頻度

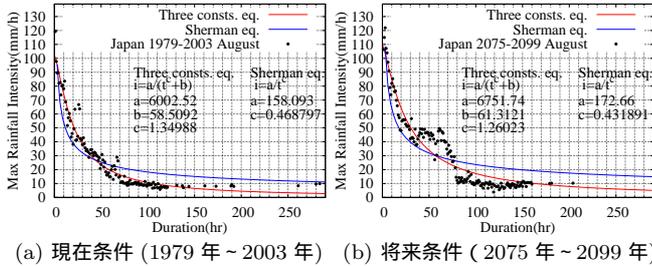


図-2 日本域全体における8月の降雨継続時間と降雨強度の関係 (DD 関係)

の豪雨の増加が顕著である。月ごとに着目すると、8月においては発生頻度の増分は約2倍となっている。また、発生頻度のピークは現在条件では7月となっているが、将来条件では8月にピークを示している。

月別にDD解析を行った結果のうち、大きな変化の現れた8月の結果を図-2に示す。図の縦軸は降雨継続時間毎の最大平均降雨強度、横軸はその降雨イベントの継続時間を示しており、赤い曲線が三定数型降雨強度式(式1)による近似曲線、青い曲線がSherman式(式2)による近似曲線である。現在条件においては三定数型降雨強度式により精度良く近似されている。現在条件から将来条件にかけて降雨強度は増加傾向にあり、将来条件では100mm/h以上の事例が複数発生している。継続時間が50時間付近において降雨強度が増加しており、回帰曲線から外れる事例が増えている。また、三定数型降雨強度式のtの値を1として時間最大雨量を求めたところ、現在条件から将来条件において増加が確認された。

月別にDA解析を行った結果のうち、大きな変化の現れた9月の結果を図-3に示す。図の縦軸は面積最大雨量、横軸はその降雨イベントの雨域面積(1グリッド=25km<sup>2</sup>)を示しており、赤い曲線がHorton式(式3)による近似曲線である。現在条件と将来条件共にHorton式により精度よく近似されており、現在条件から将来条件にかけて雨域面積の増加が顕著である。将来条件においては、雨域面積が12000グリッド(30万km<sup>2</sup>)を超える現在条件では見られない極端な事例の発生が複数確認される。これらの事例を目視による調査を行った結果、図-4に示したような大型の台風による降雨がほとんどであった。Horton式による回帰曲線も上方にシフトしており、降雨強度は増加傾向があることが確認される。また、曲線の傾きは、将来条件では僅かに緩やかになっている。

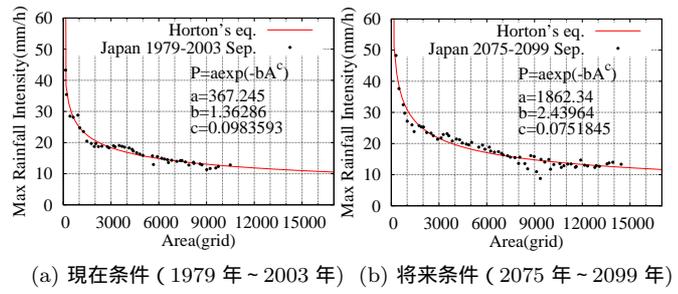


図-3 日本域全体における9月の雨域面積と降雨強度の関係 (DA 関係)

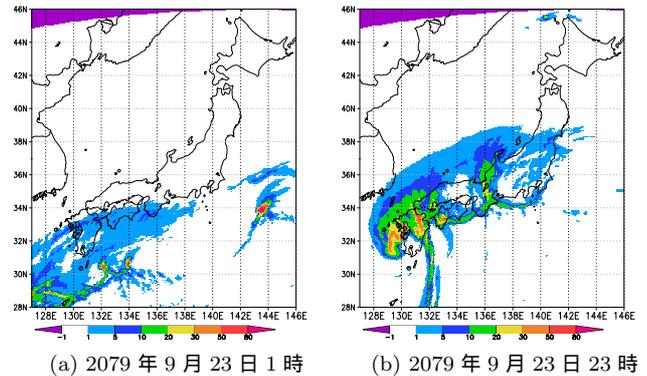


図-4 台風により雨域面積の大きい極端事例

4. まとめと今後の課題

本研究では、降雨特性の将来変化を明らかにすることを目的として、GCM20及びRCM5kmの出力データの解析を行い、豪雨の将来変化を発生頻度、発生規模の観点から解析するとともに、降雨特性の変化傾向把握を目的としたDAD解析を行った。その結果、豪雨の発生頻度が増加傾向であることを確認するとともに、DAD関係に関しては、極端に降雨強度や雨域面積の大きい事例、近似曲線から大きく外れる事例が増加する可能性が示された。目視による調査分析を行った結果、梅雨前線や台風などスケールの大きい降雨イベントによってもたらされた降雨がほとんどであった。

今後の課題としては、アンサンブル実験による不確実性の評価、DAD関係の将来変化に関する統計的有意性の検討や、降雨イベントの変化要因に関する3次元大気場データの解析などが挙げられる。また、台風性の豪雨や前線性の豪雨、局地的豪雨といったタイプ別の豪雨の特性が、温暖化の影響で将来どのように変化するのかについて解析を行う予定である。

参考文献

- 21世紀気候変動予測革新プログラム：平成23年研究成果報告会要旨集，227pp，2012。
- 宝馨，端野典平，中尾忠彦：DAD解析におけるレーダ雨量と非線形最適化手法の適用，土木学会論文集第57巻，pp.1-11，2001。
- 岡田翔太，鈴木善晴，喜田智也：GCM出力に基づいた日本域における降雨イベントの将来変化に関する研究，土木学会水工学論文集，第57巻，2013。