

アジア領域を対象としたケッペンの気候区分を用いた

気候変動評価と水害の関係の検討

福島大学大学院共生システム理工学研究科 吉田 司

福島大学共生システム理工学類 江坂 悠里

福島大学大学院共生システム理工学研究科 川越 清樹

1. はじめに

世界各国の研究機関より開発された気候モデルにより、人為起源の温室効果ガス排出量増加に伴う気候システムの温暖化が明らかにされつつあり、気温上昇の他、極端な降雨事象の出現が予測されている。こうした極端な降雨事象の中に含まれる降雨量増大は、水災害のリスク、水資源の効率的な運用などの今後の課題を顕在化させるものであり、現在の段階で事前の評価を行い、今後の水管管理体制を提言していくことが必要といえる。温暖化の指針となるべく IPCC 第4次評価報告書でも、こうした水関連の課題をよりクリアにしていくことが望まれている。先に示すとおり、近年の科学技術の発展により、数値解釈による気候モデルの開発が進み、複雑な大気・水循環をモデル化することで飛躍的に将来の気候、気象状況を予見することが可能にされた。こうしたデータを利用することで温暖化による水災害の様々な影響を見積もる研究が進められている。例えば川越(2010)等によって、日本列島での温暖化に伴う降雨変化による斜面崩壊発生確率が明らかにされている。このように、様々なアプローチから温暖化に伴う影響予測の取り組みがなされている。ただし、こうした予見の結果は、一部の専門家、および技術者が把握するだけではなく、一般市民、特に今後の将来を担う若年層にも理解できるようしていくことが重要と思われる。また、取得することのできるデータも利用しながら現在の気候の変動傾向を明らかにしていくことも必要と思われる。

こうした背景を踏まえて、本研究では、現在取得されている世界各国の降雨量データ、特に水災害に影響を及ぼす日最大降雨量データを整理した。また、気候との関係性を明らかにするためにケッペン・ガイガーによる気候区分と日最大降雨量出現の関係を求め、気候帯に応じた日最大降雨量の特徴を明らかにすることに取り組んだ。また、気候帯に応じた水災害の履歴と比較検証することで日最大降雨量の特徴による災害分析を試みた。こうした既往気象、および災害データを整理・検証する研究のアプローチと共に、今後は大気大循環モデル(GCM: General Circulation Model)の利用も視野に入れ、気候モデルの出力結果もデータ化し比較検証することで、地球温暖化による水災害の影響を定量化かつ分布的に明らかにし、安全、安心な社会構築へ反映することを目指している。

2. 解析方法とデータセット

現在の地球の総人口は約70億人であるが、その半数以上の人々はアジアに住み、その大部分は、アジアモ

* Evaluation of relationship between water disaster and climate change in Asia monsoon area, Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University by Tsukasa Yoshida, Yuri Esaka, Seiki Kawagoe.

シスーン地域に含まれる中国、インド、バングラデシュ、東アジア諸国などの人口で占められている。アジアモンスーン地域では、人口増加と気候変動の影響が同時に生じており、“Too much water (水災害)”, “Too little water (渇水)” の問題が顕在化している。以上の実情を踏まえて、アジアモンスーン地域を本研究の対象領域に設定した(図-1参照)。アジアモンスーン地域を対象に研究を進めることで、隣接する日本列島の温暖化影響と比較検討することも可能であり、温暖化の時空間変化の推計に有用な成果になりうる。

本研究で取り組んだ気候帯に応じた最大降雨量の特徴を明らかにすること、気候帯に応じた水災害の履歴と比較検証することで最大降雨量の特徴による災害分析を試みたことまでの解析方法は以下の 1)~4)に示すとおりである。

- 1) NOAA Satellite and Information Service, NNDC CLIMATE DATA Online(<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>)によりアジアモンスーン地域の 1982 年から 2011 年の日降雨量データを取得し、最大値降雨量などのデータ整備を行った。
- 2) Hijmans, R.J. et al(Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis : Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: pp.1965-1978, 2005.)により開発された高解像度(空間解像度 1km×1km)の月平均気温、月平均降雨量データを利用し、ケッペン・ガイガーの気候区分を行った。
- 3) 1), 2)データを利用して、気候帯に応じた最大降雨量の特徴を明らかにした。
- 4) アジア防災センターが整理した災害データベース(http://www.adrc.asia/latest_j/index.php)を利用し、気候帯の災害状況を整理し、気候帯、降雨量との比較検討を行った。

既に Yasunari et al(2005), 木口他(2009), yatagai et al(1997)によりアジアモンスーン地域の温暖化、および近年の降雨特徴を求める研究が進められているが、本研究では降雨極値に着目し水害影響までを見積ることのできる影響評価手法の開発を目指している。また、先にも述べた通り、地球温暖化による影響評価を、一部の専門家、および技術者が把握するだけではなく、一般市民にも理解できるようにしていくことを目的にケッペン・ガイガーによる気候区分を用いて評価を定量かつ空間化することも目標としている。ここで、ケッペン・ガイガーの気候区分とは、植生分布に注目して考案した気候区分であり、気温と降水量の 2 つの変数によって分類される気候区分のことである(例えば水越・山下, 1985)。

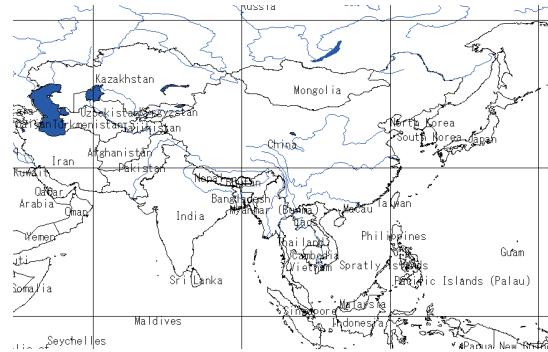


図-1 研究対象領域マップ

3. 解析結果と考察

3. 1 アジア領域の降雨極値と気候の関係

まず、図-2 に Hijmans ら (2005) 気候値を利用したケッペンの気候区分と、NOAA Satellite and Information Service, NNDC CLIMATE DATA Online より取得した降雨データによる日最大降雨量の分布を示した。この 2 つの図を比較すると、高緯度になるにつれて日最大降雨量が小さくなる傾向と、空間的に気候帯と降雨極値の

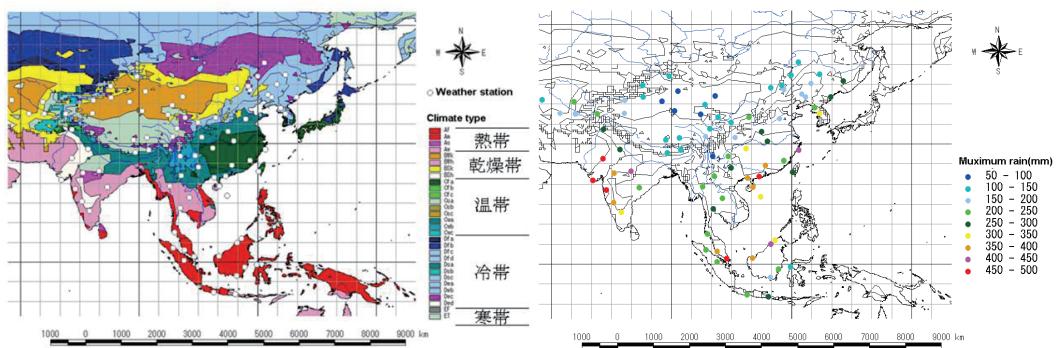


図-2 Hijmans ら (2005) 気候値を利用したケッペンの気候区分

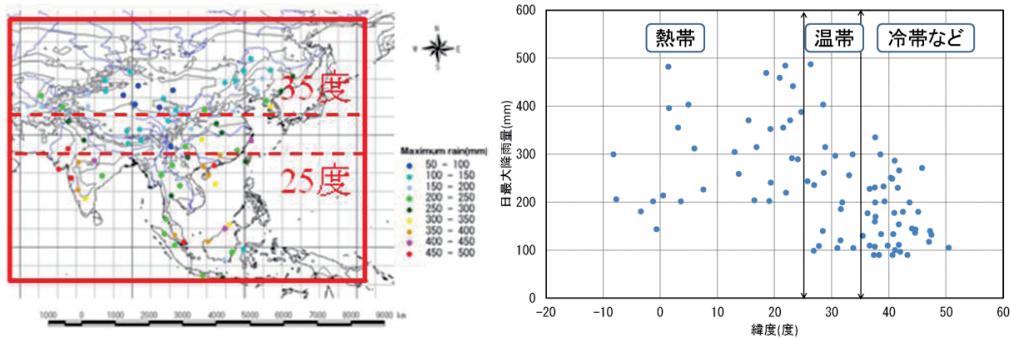


図-3 緯度と日最大降雨量の関係(1)

間に強い関係の傾向が見てとれる。また、インド西部、中国東南部の海岸地域が相対的に日最大降雨量の多い地域であることが示されている。

図-3は、緯度に応じた日最大降雨量の関係図である。なお、気候帯は緯度によって区分されるものではないものの、包括的、かつ連続的なデータの変動傾向を把握するため図-3を作成した。この図より、ある特定の緯度で極端に日最大降雨量が変化することが示されている。また、この変化する緯度は、大局的に気候帯の境界であることが示唆される。例えば熱帯と温帯の境（ここでは大局的に約北緯25度とする）で日最大降雨量は、熱帯で200mmから500mmの範囲、温帯以北で100mmから300mmの範囲に集約されていることが見てとれる。このように、気候帯に応じて日最大降雨量の変化は大きく異なる傾向が示されており、温暖化が生じて気候帯が変化した場合は、降雨極値量の変化も極端に生じると推測される。また、この結果は、気候帯の変化を推計することで、定量的な降雨極値変化を見積もることのできる可能性を示唆している。具体的には、温暖化により熱帯と温帯の境が将来的に北上した場合、気候帯が遷移した地域の日最大降雨量がどの程度大きくなるのかを説明する要素になりうる。

しかしながら、気候帯は緯度だけで区分されるものではなく、経度によってもかなりのばらつきがある。そこで、図-4に緯度に応じた日最大降雨量の関係図を示す（経度約110～120度、約95～105度、約70～80度毎に細分化）。経度約110～120度の図より、温帯の北緯20度～30度にかけて日最大降雨量が高い傾向であるこ

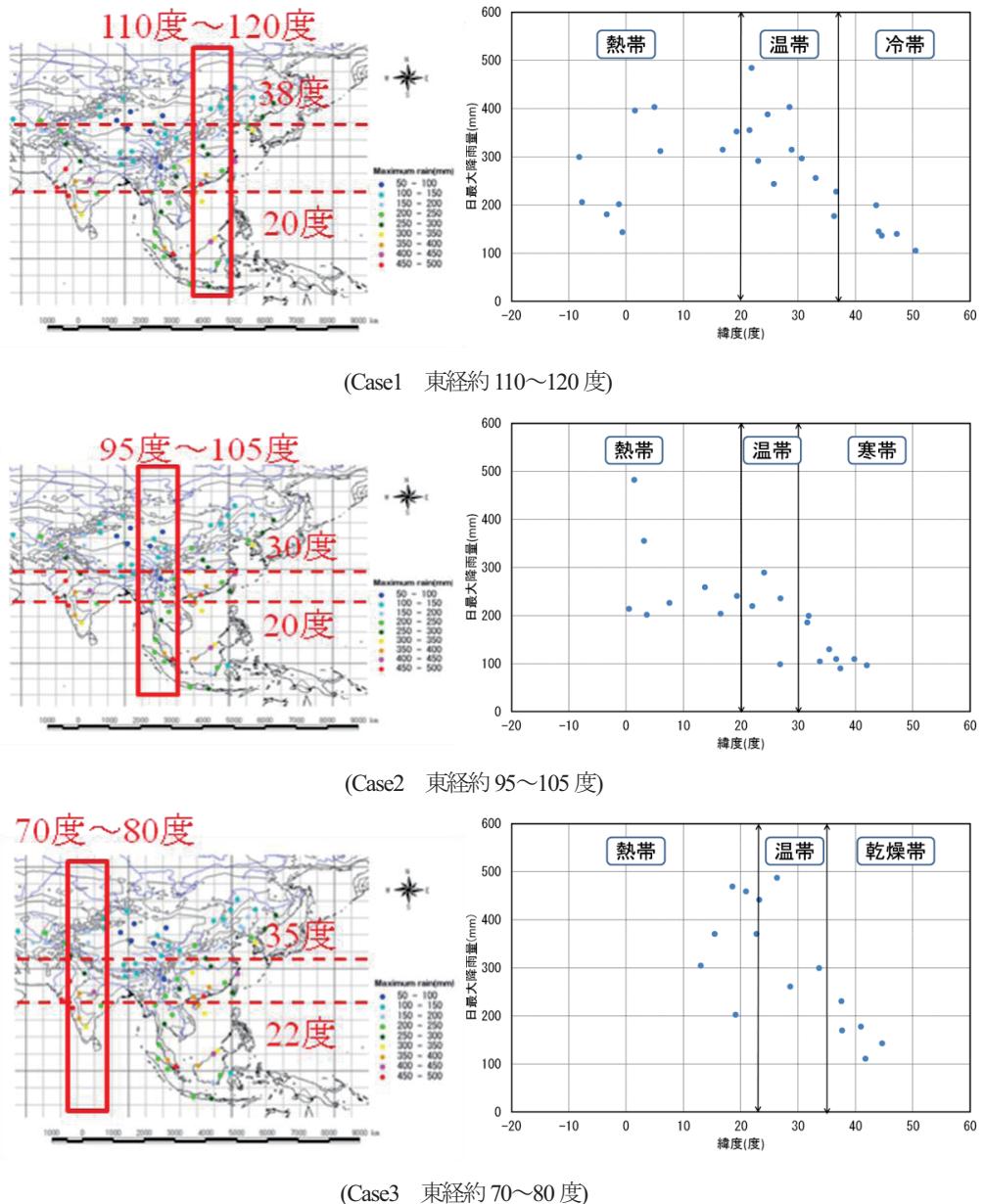


図-4 緯度と日最大降雨量の関係(2)

とが示されている。Yasunari ら (2005) による過去 40 年 (1960 - 2000) の東アジアの夏季降水の変化の研究でも、中国の長江流域では 1 日の降水量が 100mm を超えるような強い雨が増えており、降水量も増加傾向であることが示されている。この原因として、太平洋西部、東シナ海、南シナ海の海水温や大河の地形的な要因が影響している可能性を説明している。経度約 95°~105° の図より、北緯 10° から 20° にかけて日最大降雨量が極端に変化していることが見てとれる。これはインドシナ半島東部の山脈が影響している可能性も考えら

表-1 热帯温帯境界・温帯の甚大な水灾害

発生期間	国名	災害名	概要
1999/7/1	中国	洪水	長江(揚子江)流域で、6月下旬からの記録的な大雨で洪水が発生。洪水に直面しているのは、湖北、湖南、江西、安徽、江蘇、浙江などの流域各省。洪水による死者は少なくとも291名であり、6千万人の人々を脅かしている。
2004/6/21	中国	豪雨	中国南部の湖南省で豪雨が発生、この被害により少なくとも28人が死亡し、行方不明者が多数いることが報告された。
2004/9/5	中国	洪水	9月3日から5日にかけての暴風雨により、中国南西部で起きた洪水は、雨量の減少につれて水位が引いているが、177人あまりが死亡、60人以上が行方不明となっている。
2004/9/12	台湾	洪水・地すべり	台湾北部では、集中豪雨により洪水や地滑りが発生し、少なくとも7人が死亡したおそれがあると報じられた。
2005/6/1	中国	洪水	中国南部の湖南省で、豪雨により洪水や地すべりが発生し、少なくとも75人が死亡したと、水曜日に当局が伝えた。
2005/6/18	中国	洪水	中国南部では、大雨による洪水や地滑りが相次ぎ、少なくとも536人が死亡、137人が行方不明、数十万人が避難した。
2010/7/19	中国	豪雨・土砂崩れ	中国中央部で豪雨と洪水により23人が死亡、30人が行方不明。
2012/6/28	中国	洪水・地滑り	中国では2012年6月28日からの大雨により、8つの省で65人が死亡、30人が行方不明となっている。

考えられるが、観測地点数が少ないため、データポイントを増加させ検証することで推計させる必要がある。北緯30度から40度にかけても日最大降雨量が大幅に減少していることが見てとれる。これは、ヒマラヤ・チベット高原による影響である可能性が示唆される。Yasunariら(2005)による研究では、ヒマラヤ・チベット地域の降水量は、過去30-40年は増加地域と減少地域が対照的に分布していることが示されている。こうした研究事例を参考にしても、ヒマラヤ・チベット地域の降雨状況は今後よく検証しなければならない地域といえる。経度約70~80度の図より、温帯中で極めて大きな日最大降雨量を示す傾向が認められた。この領域はインド西部、インダス川付近である。降雨極値の増大には大河の地形的な要因が影響している可能性が高いと推測される。先にも述べた中国の長江流域と同様に、インドでも強い雨が増加しており、インド洋の海面水温の上昇も関係している可能性があることが、Yasunariら(2005)の研究も示されている。したがって、海洋に地形開放された大河、およびその大河に面する海洋の状況も今後もよく検証しなければならない事項といえる。

3.2 アジア領域の水灾害の現状

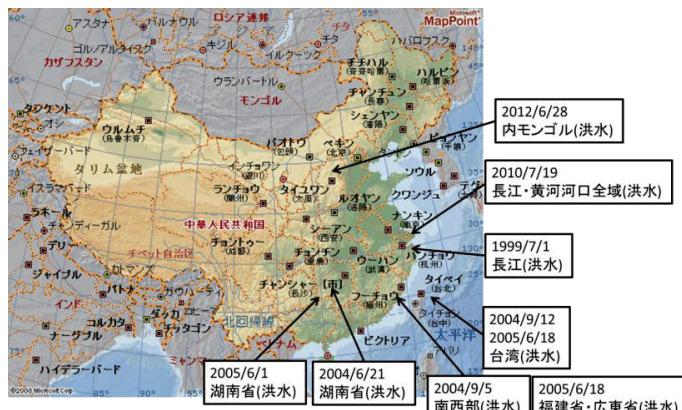


図-5 甚大な災害の位置関係

アジア防災センターが整理した災害データベース(http://www.adrc.asia/latest_j/index.php)を利用し、アジアモンスーン気候帶の過去の災害状況を整理し、気候帶、降雨量との比較検討を行った。表-1に熱帯温帯境界・温帯で起きた甚大な水災害の履歴を示す。また、図-5にはそれら災害の位置関係を示す。図より、中国の長江流域、黄河流域などの大河川周辺で甚大な災害が増加傾向にあることがわかる。これは気候変動の影

響も考えられるが、これらの地域では近年特に人口が集中してきていることから、人口増加による影響も大きいと推測される。また、発生年月日に注目してみると、近年甚大な災害が北上している可能性も考えられることが見てとれる。どのくらいの雨がこのような甚大な水災害を引き起こしたのか、今後これらの地点の降雨量も合わせて定量的に解析する方針である。

4.まとめと今後の方針

本研究の取り組みとして、ケッペン・ガイガーによる気候区分と日最大降雨量出現の関係を求め、気候帶に応じた日最大降雨量の特徴を明らかにすることに取り組み、以下の結果を得た。

- ①□気候帶と日最大降雨量は強い関係性を示している。
- ②□温暖化に伴う気候遷移により北部地域（全球でいう中緯度地域）で日最大降雨量が将来的に増大する可能性がある。
- ③□ヒマラヤ・チベット地域や、インダス川、長江などの大河川流域はこの傾向と異なる固有性を持っている可能性が高い。
- ④□近年甚大な災害は北上している可能性がある。

こうした既往気象、および災害データを整理・検証する研究のアプローチと共に、今後はさらに日最大降雨量の観測地点数を増やし、地形との関係を求める、大気循環モデル（GCM: General Circulation Model）の出力結果や人口分布もデータ化し比較検証することで、地球温暖化による水災害の影響を定量化かつ分布的に明らかにすることを目標とする。

謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費（S-8）の支援により実施された。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 安成 哲三：『地球温暖化』でアジアの雨と雪はどう変わるか？, 名古屋大学理学部・大学院理学研究科広報誌(理フィロソフィア), No.15, pp.4-7, 2008.
- 2) 安成 哲三：『地球温暖化』はアジアモンスーンをどう変えるか？, 科学 岩波書店, Vol.75, No.10, pp.1150-1154, 2005.
- 3) Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G Jones and A. Jarvis : Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: pp.1965-1978, 2005.
- 4) NOAA Satellite and Information Service : NNDCLIMATE DATA Online, <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>.
- 5) アジア防災センター：災害情報, http://www.adrc.asia/latest_j/index.php.
- 6) Endo N., B. AiLi Kun and T. Yasunari : Trends in Precipitation Amounts and the Number of Rainy Days and Heavy Rainfall Events during summer in China from 1961 to 2000, J. Meteor. Soc. Japan, Vol.83, No. 4, pp.621-631, 2005.
- 7) 例えば水越 允治, 山下 修二：『気候学入門』古今書院, 1985.
- 8) 例えば谷田貝 亜紀代, 安成 哲三: タクラマカン砂漠周辺の降水と水蒸気輸送場の経年変動, 地學雑誌, Vol. 106, No. 2, pp.260-269, 1997.
- 9) 例えば木口雅司, 山根悠介, 村田文絵, 寺尾徹, 林泰一, 沖大幹 : インド東北部・バングラデシュにおける2009年1～7月の降水現象, 2009年秋季日本気象学会講演予稿集, Vol.96, pp.236, 2009.