

課題番号：2-1503

課題名：地球温暖化に伴う気候変動と日本・東アジア域
の降水現象の変化に関する研究

研究代表者：高薮 縁 東京大学大気海洋研究所

研究実施期間：平成27年度～平成29年度

累計予算額：11,090千円

研究体制

サブ①-1 東京大学大気海洋研究所（高薮、佐藤）・東京大学生産研究所（芳村）

水蒸気の大循環変動が日本と東アジア域の強雨に及ぼす影響・（総括班）

サブ①-2 東京大学先端科学技術研究センター（中村、小坂、西井）

東アジア降水に対する大気海洋結合変動の影響

サブ② 気象庁気象研究所（尾瀬、遠藤、楠）

CMIPデータを用いたアジアモンスーンの現在気候再現性評価と将来変化

サブ③ 北海道大学（堀之内）

対流圏上層ジェットの変動と東アジア降水帯への効果の解明

サブ④ 岡山大学（野沢）

温暖化に伴う北極圏雪氷の変化による日本・東アジア降水への影響解明

サブ⑤ 海洋研究開発機構 JAMSTEC（河谷）

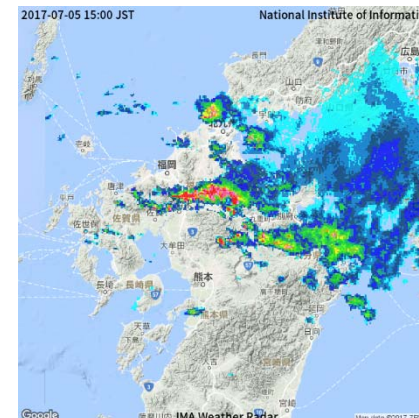
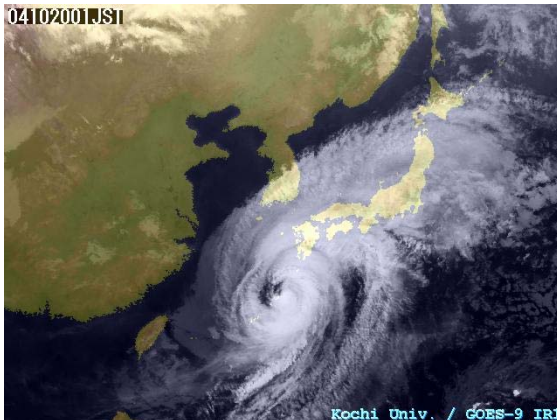
温暖化に伴う成層圏循環の変動の解明

サブ⑥ 海洋研究開発機構 JAMSTEC（城岡）

熱帯大規模擾乱の東アジア気象に対する影響

背景

- 地球温暖化は明らかに進行している（IPCC AR5）。
- 近年、記録的な豪雨・豪雪による災害が多発し、温暖化の影響による「**降水異変**」が**危惧**され、その精確な把握についての社会的要請は大きい。
- 国民の安全な社会生活のため、**温暖化に伴う気象と降水の変化の可能性を把握した対策**が喫緊に必要。
- 日本・東アジア域は、ユーラシア大陸と太平洋の境に位置し、気象は、大陸と海洋、中高緯度と熱帯の多方面からの影響を受ける。気候変化に対する応答が複雑で大変敏感な可能性があり、注意深い調査が必要。
- **現行の気候モデルでは雨や雪の降り方までは未だ語れない。**



九州北部豪雨

デジタル台風
http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/heavy_rain/cases/20170705/radar-8/

研究の目的

- 気候変動に伴う大気大循環の変化に伴う日本・東アジア地域での降水特性変化や極端降水の将来変化について、有効な温暖化影響対策に生かすための情報を抽出する。
- そのために、観測データをもとに現実に行き起きている豪雨や降水のメカニズムを研究し、さらに大規模場との関係を明らかにする。
- その結果を、気候モデルが予測する大規模場の将来変化情報と組み合わせ、日本・東アジア域の降水特性の将来変化の情報を抽出する。

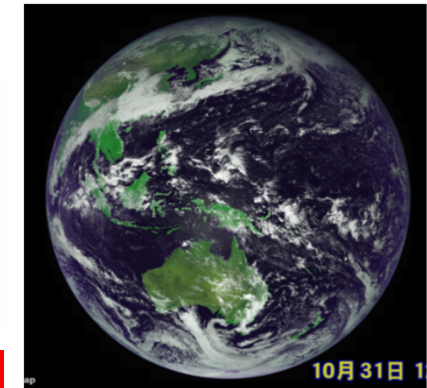
研究の戦略と成果

衛星 3D降水データ・豪雨事例

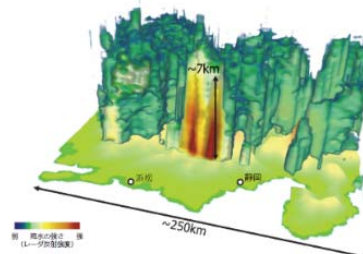
大規模場が決める降水の特徴

海面水温 降雨タイプと大規模場の関係の抽出

大規模風循環（ジェット気流・寒冷渦）



広島豪雨のメカニズム統計的確認



豪雨をもたらすシステム
の特性抽出

日本・東アジア域
の降水特性・豪雨

CMIP5予測データ

・MRI高解像度モデルによるモンスーンの変化
・降雨特性の将来変化

地球温暖化による
雨特性の将来変化

成層圏循環

成層圏の表現が降水
分布に及ぼす効果

ユーラシア雪氷

近年の雪氷被覆の
変化と循環の変化

対流圏大規模循環
（ジェット気流）

高解像度水温
情報の重要性

海面水温

CMIP5予測データ

南岸低気圧

熱帯対流活動

活動報告（2015.6-2018.3）

・ 研究会議開催

◎研究打ち合わせ会議 2015/6/16, 2016/7/8, 2017/7/21

◎アドバイザー会合 2015/10/19, 2016/10/17, 2017/10/02

◎国内会議主催

1. 2016.10.26-28 名古屋大学（観客約100名）日本気象学会2016年度秋季大会スペシャルセッション
「気候変動が日本・東アジア域の降水現象の変化に及ぼす影響の理解に向けて」
2. 2017.11.2 北海道大学 日本気象学会2017年度秋季大会 専門分科会「気候変動が日本・東アジア域の降水現象の変化に及ぼす影響の理解に向けて」

◎国際会議主催

1. 2016.2.29-3.1 TKP Garden City お茶の水（5カ国、38名参加）
The International Workshop on “Climate Change and Precipitation in the East Asia”
2. 2017.3.27-28 TKP Garden City お茶の水（4カ国、35名参加）
The 2nd International Workshop on “Climate Change and Precipitation in the East Asia”
3. 2018.2.22-23 TKP Garden City お茶の水（4カ国、34名参加）
The 3rd International Workshop on “Climate Change and Precipitation in the East Asia”

・ アウトリーチ活動（一般向け講演他）「国民との対話」30件+パンフレット発行

・ マスコミ等への公表・報道等 新聞・テレビ報道 31件

太平洋10年規模変動、エルニーニョと米策、関東・東北豪雨、九州豪雨など

・ 研究成果発表

◎査読付学術誌論文 一流誌 46報（国際誌44+国内誌2）/3年

Nature Geoscience誌 2報（+Nature Commu誌1報：謝辞忘れで含められず）

◎口頭発表（学会等） 約241件

研究成果（科学的貢献）

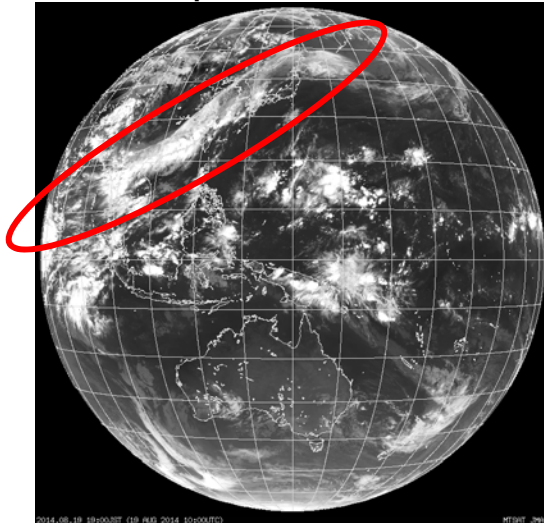
査読付き学術誌論文発表 46報（国際誌44）

- 衛星レーダ、再解析、CMIP5モデルを利用した日本周辺の初夏の降水の将来変化予測(サブ1+2)
- 衛星レーダデータを利用した亜熱帯ジェットと梅雨降水特性の関係の解析(1+3)
- 広島豪雨におけるAtmospheric River (AR)と上層寒冷渦の役割(1)
- 熱帯降雨観測衛星TRMM13年データで抽出された極端降水の環境場(1)
- CMIP5マルチモデルでシミュレートされた北ユーラシアの夏の降水の特徴(1)
- 黒潮続流の十年規模変動が雲・降水に与える影響(1)
- 夏季東アジアに異常気象をもたらすPJパターンの新たな維持メカニズムの発見(1)
- PJパターンの振る舞いを19世紀末まで遡るPJ指数を提示(1)
- 熱帯太平洋数十年規模結合変動による地球温暖化の加減速(1)
- ラジオゾンデデータの同化の黒潮と黒潮続流域への影響(1)
- 冬季東アジア気候変動のメカニズム(1)
- 高解像海面水温データを用いた気象庁再解析データの作成(1)
- 成層圏オゾン変動が対流圏大気循環にもたらす影響(1)
- 同位体観測データを用いた2014年の関東東北豪雨の研究(1)
- 年平均全球降水量の地理分布に関する観測値とCMIP5モデルの相関の研究(2)
- 高解像度MRI-GCMを用いた夏の東アジア降水の将来変化予想とモデル依存性(2)
- CMIP5モデルにおけるユーラシア大陸の気温誤差の解析(2)
- CMIP5モデル群による九州域の強雨の再現性についての検討(2)
- CMIP5モデル群における大気下層の暖湿気塊と日降水強雨との関係についての解析(2)
- 亜熱帯ジェットが降水におよぼす影響についての理論的研究(3)
- 海洋の長周期変動が梅雨期の降水分布、ジェットと気圧構造に及ぼす効果(3)
- 北極圏雪氷の急減が日本・東アジア域降水に及ぼす影響の調査(4)
- 気候モデルの成層圏の表現が対流圏循環の正しい表現に必要(5)
- 成層圏ジェットの変動が対流圏ジェットや地表面気圧の変動に及ぼす影響(5)
- 2016年成層圏QBOの乱れの初めての再現実験成功(5)
- MJOが南岸低気圧に与える影響(6)
- インドネシア域の降水の日変化観測(6) 他

広島豪雨 2014.8.20 (2015年度成果)

大気の川

Atmospheric River



寒冷渦

Cut Off Low



Aqua MODIS 13:40 JST Aug 20, 2014

線状降水帯の発生について地形効果による最下層の水蒸気収束が主要な要因とした見解が一般的。

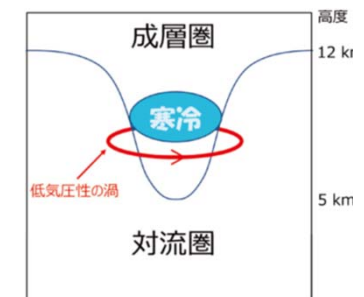
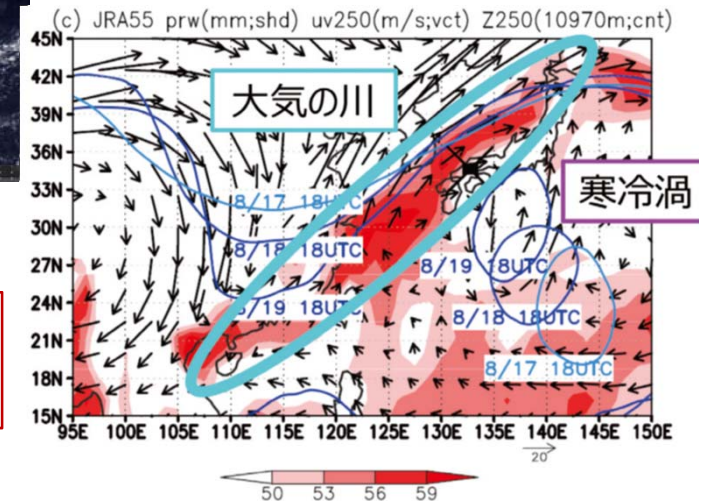
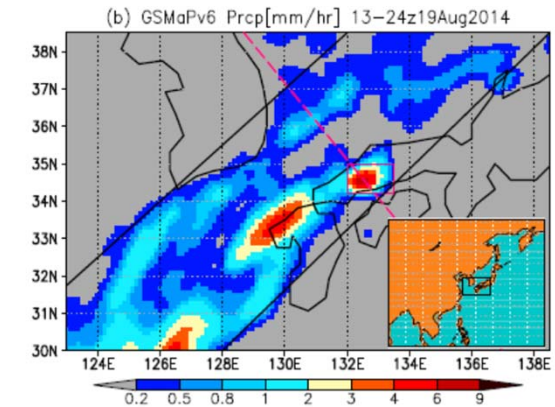
亜熱帯ジェット蛇行

→ Atmospheric River: 対流圏中上層まで湿潤

+ Cut Off Lowの接近: 不安定化 & 力学的大規模上昇

AR+COLの相乗効果が大雨をもたらしたことを発見

→ データ解析および数値実験により確認した



Hirota et al., MWR 2016 "Roles of an Atmospheric River and a Cut-off Low in the Extreme Precipitation Event in Hiroshima on August 19, 2014."

p.8-p.13

現在論文執筆中の資料のため暫定的に非公開とさせていただきます。

施策へ活用できる知見 (上の例)

- 広島豪雨および統計解析より、豪雨の発生において上空の大規模場状態が顕著な効果をもつことが示された。

→数値モデルなどで表現されやすい大規模場状態を降雨特性に結び付ける知見の追及が効果的である

- 衛星 3Dデータによる統計的知見とCMIP5の大規模場の将来変化予測を組合せた降水タイプの将来変化予測を**世界で初めて**実施。日本周辺の初夏（5-7月）に、線状降水帯などの組織化したシステムによる降水が、**関東、東北、日本海側**で増えるため、この地域では、**将来豪雨の危険性が高まるという予測**の下に対策を立てるべきことが指摘される。
- **日本南西部の太平洋側**では、面積小タイプの顕著な増加が予測され、**ゲリラ豪雨をもたらすような雨が現在よりも増加する可能性**の下に対策を立てるべきことが指摘される。

施策へ活用できる知見（その他）

- 高解像度の海面水温データの利用により、日本周辺海域も含め、水温前線からの大気場（雲・降水分布も含む）への影響の表現が明確に改善された。今後の気候変動モニターや領域ダウンスケーリングに活用される気象庁の次期全球大気再解析JRA-3Qでは、主プロダクトの作成に高解像度SSTデータを用いるという方針が昨年9月末の再解析推進委員会で決まった。
- 東アジアの気候監視には、太平洋（エルニーニョ）のみでなくインド洋のモニターも重要である。
- 東アジア域の降水の将来変化には温暖化の海陸での現れを精確に表現しモンスーンを正しく表す必要がある。
- 上空の大規模な流れが対流圏降水に大きく影響するという知見の下、気候モデルは、成層圏を適切に表現するものを利用すべきである。

一般向けパンフレット 発行

》 今後の取り組み

ーアジア太平洋域における降水のリスク情報を得るためにー

2017 年は、スーパー台風 5 号、21 号、九州北部豪雨など、日本でも極端な大雨による被害が頻発しました。地球温暖化に伴い、降水の集中化、激甚化が危惧されています。雨や雪の降り方の変化によるリスクは、今後増加していくのでしょうか。これまで、私達は環境研究総合推進費課題 (2-1503) 「地球温暖化に伴う気候変動と日本・東アジア域の降水現象の変化に関する研究」を進めてきました。その成果として、特に西風ジェットなどの大気上層の状態が大雨に与える影響が見いだされました。通常、大雨の原因としては、大気最下層で水蒸気を集める効果が注目されがちですが、実は上空の状態にも雨を強化する仕組みがあることがわかったのです。

例えば、梅雨期の雨には、西風ジェット南側の空気の力学的持ち上げによって上空が湿ることの重要性が指摘されました。そこでさらに、衛星からの降水の立体観測データを用いて雨の特徴を抽出し、大規模な気候の状態が梅雨期の雨の特徴をいかに決めるかを調査しました。その結果、海面水温度と上空の大気循環を指標にして、この時期の日本周辺の雨が3つのタイプに分けられることがわかりました。この成果を使って、梅雨の雨の特徴の将来変化予測を作成しました。

また、2014 年 8 月の広島県の豪雨には、上層の西風ジェットに伴う大気の川 (Atmospheric River) と上層の寒冷渦の相乗効果が重要だったことが示されました。さらにこの大気の川と寒冷渦は海の上でも雨を強化することが統計的に示され、その効果が確認されました。

日本とアジア太平洋域は、降水の将来変化に対する脆弱性が指摘されています。社会が少しでも早く降水の変化に対して適応できるように、気候リスク情報の提供が重要です。しかしアジア太平洋域の雨に関して、現在の地域的な特性を決めるメカニズムはまだ十分に理解されていません。降水レーダを搭載して南北緯度 65 度という地球表面の 91%を観測できるようになった全球降水観測計画 (GPM) 主衛星の観測データがもうすぐ 4 年分蓄積されます。これらのデータを活用することによって、アジア太平洋の雨の地域的な特性を詳細に調べることができます。また、これまであまり注目されてこなかった上層の大気循環の降水強度への効果も調べることが重要と考えられます。今後、気候変動に対する社会のより適切な対応を可能にするため、地域的な降水特性の変化について注目し、効果的な調査研究を継続していく予定です。

