

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K13009

研究課題名(和文)九州地方を対象とした梅雨前線強化に伴う豪雨発生予測

研究課題名(英文) Prediction for the heavy precipitation associated with the Baiu front over Kyushu

研究代表者

杉本 志織 (Sugimoto, Shiori)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(環境変動予測研究センター)・研究員

研究者番号：90632076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：九州地方を対象として梅雨前線に伴う大雨発生事例を選定し、広域スケールの水蒸気輸送過程について解析した。大雨発生日には、西日本上空の低気圧性循環が強化され、太平洋から多量の水蒸気を輸送した。この低気圧性循環は、チベット高原上の陸面加熱に起因して発生した低気圧性渦が東に拡大・伝播したことにより形成されることを明らかにした。また、「平成29年7月九州北部豪雨」事例を対象とした大量の数値実験を水平解像度2kmで実施し、狭域スケールの豪雨予測可能性を検証した。予測性の高い実験結果を得ることはできなかったが、継続的に豪雨が発生するためには狭域スケールの大気条件を適切に再現し続けることが重要であったと考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

広域スケールの水蒸気輸送過程に関する研究成果から、大雨発生時における活発な水蒸気輸送の一要因である低気圧性循環場は、チベット高原上で大雨発生数日前に発生することが明らかとなった。このことから、チベット高原を含む広域の大気概況を監視することが、梅雨期における九州地方の大雨発生を予測精度を向上させる可能性がある。また、狭域スケールの豪雨再現実験により、豪雨の再現には水平解像度1km以下の数値実験が必要不可欠であることが示唆された。本研究では豪雨の予測可能性が見いだせなかったものの、コンピュータサイエンスのさらなる発展や大気モデルを構成する基礎研究の重要性を支持する結果であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Synoptic-scale conditions to cause heavy rainfall events were analyzed over Kyushu during the Baiu season in 1981-2015. A cyclonic circulation is formed over the Tibetan Plateau at several days before the occurrence of heavy precipitation events, in association with the surface heating, and it extends to east and reaches Western Japan. This cyclonic circulation enhances moisture transport to Kyushu and causes heavy precipitation there. The regional-scale ensemble simulation was conducted using the regional atmospheric model with 2km horizontal resolution to examine a prediction skill for heavy precipitation occurrence over Kyushu. Although the prediction for extremely heavy precipitation event is quite difficult, I suggests that the 2km horizontal resolution is insufficient to simulate the local-scale atmospheric conditions to occur continuous heavy precipitation.

研究分野：気候学

キーワード：梅雨 大雨解析 領域大気モデル 水蒸気輸送過程

## 1. 研究開始当初の背景

九州地方では梅雨前線の影響により例年6-7月に250-400 mm/月の降水が観測される。梅雨前線は東シナ海上の暖湿気塊の流入によって活発化し豪雨被害をもたらす。梅雨前線の発達メカニズムは様々な要因が複合的に絡んでいるため合理的な理解に至っておらず、有効な災害予測システムも確立されていない。

中村(2012)は、九州地方の顕著な豪雨事例に対して中国で形成された「低気圧性渦」が九州地方にまで到達し梅雨前線を強化する可能性を示した。「低気圧性渦」は積雲対流の活性化や暖湿空気の供給に重要な役割を果たすが、その実体解明にはまだ解析の余地があると考えられる。研究代表者はこれまでに、夏季のチベット高原東部や四川盆地周辺で数十 km スケールの積雲群(MCS)が発生し、その一部が低気圧性の渦を伴いながら東進することを明らかにしてきた(Sugimoto and Ueno 2010; 2012)。長江流域では既に、MCS 生成と関連する低気圧性渦の東進が、梅雨前線を活性化し甚大な豪雨・洪水災害をもたらすことが知られている(Yasunari and Miwa 2006; Xie and Ueno 2011)。このことから「梅雨前線を強化し豪雨を発生させる「低気圧性渦」は、チベット高原東部上で励起されているのではないかと推測する。

一方、自治体での防災対策には、数時間～数日持続する豪雨を1-2kmの空間スケールで予測することが必要不可欠である。領域大気モデルは、計算領域を限定することで効率的に時空間解像度の高い気象場を計算することができるため、豪雨のように狭い領域で短時間に発生する降水システムの解析・予報によく用いられる。ところが任意に選定した全球気候データから初期値や境界値を与える必要があるため、入力値に依存した不確実性を出力結果に内包するという欠点を併せ持つ。この短所を補うために、異なる初期・境界値を用いた数百～1000 ケース程度の数値実験、すなわちアンサンブル力学ダウンスケーリング(EDDS)法(藤田ら、2019)を用いることで、梅雨前線に伴う豪雨の再現精度を検証できるとともに、豪雨発生確率を面的に予測できる可能性がある。また、豪雨の再現可否を決定付ける気象場の特徴についても調べる必要がある。

## 引用文献

- M. Fujita et al., 2019: *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 387-401.  
S. Sugimoto and K. Ueno (2010): *Journal of Geophysical Research*, 115, D16105.  
S. Sugimoto and K. Ueno (2012): *Journal of Meteorological Society of Japan*, 90, 297-310.  
L. Xie and K. Ueno (2011): *Tsukuba Geoenvironmental Sciences*, 7, 3-12.  
T. Yasunari and T. Miwa (2006): *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 84, 783-803.  
中村(2012): 九州大学大学院修士論文。

## 2. 研究の目的

本研究では、「低気圧性渦」による梅雨前線強化とそれに伴う豪雨発生を理解するとともに、EDDS 法を用いて豪雨の発生確率予測精度を評価する。梅雨前線の強化に対して未知の要因である「低気圧性渦」の発生とその東方伝播に着目することで新たな豪雨発生要因を提唱する。また、EDDS 法を導入し先駆的な予測システム構築に貢献する。この目的を達成すべく、以下の事項を明らかにする。

- 九州地方で梅雨前線を強化する「低気圧性渦」とチベット東部で発生する MCS との関係
- 「低気圧性渦」の東進過程とそれを決定付ける広域気象場の特徴
- 「低気圧性渦」が梅雨前線を強化するときの物理過程
- 領域気候モデルを用いた EDDS 法による豪雨再現精度および予測可能性

## 3. 研究の方法

### (1) 「低気圧性渦」による梅雨前線強化に関する研究

地上雨量観測格子データ(APHRODITE)を用いて、1981 - 2015年の梅雨期における九州地方平均の日降水量を算出し、その日降水量が上位10%となる日を大雨事例として抽出した。梅雨前線に伴う大雨が対象のため、周辺域に台風が存在する日は除外することとした。大雨発生日の大気環境場の特徴を調べるために、大気再解析データを用いて、大雨発生日および大雨発生前数日間の総観場に対して合成解析を行った。

### (2) EDDS 法を用いた梅雨豪雨再現性の検証

2017年7月5-6日に発生した「平成29年7月九州北部豪雨」を対象事例とした。数値実験の初期値境界値に用いる全球アンサンブル予報システム(Global Ensemble Forecast System; GEFS)データを手入れし、領域モデルの入力データ形式にフォーマット変換した。WRFモデルを用い、2010年6月27日06UTC～7月3日18UTCを予報開始時刻とする計540ケースのEDDS実験を水平解像度2kmで実施した。10分毎に計算結果を出力し解析に用いた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 「低気圧性渦」による梅雨前線強化に関する研究

大雨発生日（計 109 日を抽出）の大気環境場の特徴を調べた。大雨発生日の対流圏下層では、九州から西日本を覆う領域で低気圧性循環偏差が、また日本南東の太平洋上で高気圧性循環偏差が明瞭にみられた。結果として、梅雨前線への水蒸気供給が活発となり、積雲活動が卓越した。高気圧性循環偏差は数日前からほぼ同じ位置で強化されていた。一方、低気圧性循環偏差は数日前に中国で発生し東方に拡大・伝播している様子が解析された。この低気圧性循環偏差の正体を突き止めるために、 $30^{\circ}\text{N}$ – $35^{\circ}\text{N}$  で平均した渦位の鉛直断面を調べた。高渦位域、すなわち低気圧性擾乱が、大雨発生日の 5 日前に、チベット高原での地表面加熱に応じて地表付近（500hPa）で発生した。この対流圏中層に発生した高渦位域は積雲対流を伴っており、上層の高渦位域とは無関係に東へ拡大した。豪雨前日になると、この中層の高渦位域は上層の高渦位と結合し強化され、九州地方での大雨を引き起こした。一連の成果は Sugimoto (2020) として学術誌 SOLA に掲載された。

梅雨前線活動の強化に対する「低気圧性渦」の影響やその力学的発達過程については古くから研究が進められてきたが、本研究ではこの「低気圧性渦」がチベット高原での陸面過程に起因して発生することを初めて提唱した。これにより、研究代表者は、チベット高原上の大気場を監視することが梅雨期の大雨発生予測につながる可能性を指摘する。今回はメソスケールの擾乱伝播に焦点を当てたが、今後はチベット高原上での積雲活動が日本の夏季天候に及ぼす広域的影響について研究を進めていきたい。

##### (2) EDDS 法を用いた梅雨豪雨再現性の検証

EDDS 法を用いた梅雨豪雨の再現性検証実験については、当初複数事例を対象とする予定であったが、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」事例における降水の再現精度のばらつきが予想以上に大きかったため、この事例の計算結果を詳細に解析することとした。

まず、全メンバー・全計算期間を対象とし、再現降水量が 10mm/10min 以上となった回数を各計算格子点上で計算した。観測された豪雨域よりやや北に位置する朝倉市山岳上で高発生頻度を示した(図 1a)。降水量の閾値を 20mm/10min にすると発生頻度は極めて低くなる一方、高発生頻度域は山岳の南に出現するようになり、位置的には観測とやや整合した(図 1b)。言い換えると、GEFS を入力値とした水平 2km の数値実験では、事前に豪雨の発生やその位置を適切に予測することは非常に難しかったことが示唆された。豪雨の再現性が低かった要因を探るために、実際に豪雨が発生した朝倉アメダス周辺地域で比較的強い雨（10mm/10min 以上）が 30 分以上連続して再現された数値実験結果を選定し、GEFS データを解析した。GEFS データにおいて、豪雨発生日に日本海上空に寒気が流入し大気不安定であったことは表現されていたが、対象とする九州北部周辺域には際立った大気の特徴が見いだせなかった。このことから、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」を予測するためには、入力値とした広域スケールの大気環境場の再現性以上に、継続的に豪雨が発生するためのメソスケールの大気条件を WRF モデル内で再現し続けることが重要であったことが示唆され、水平解像度 2 km の実験はその点で不十分であったと考察した。

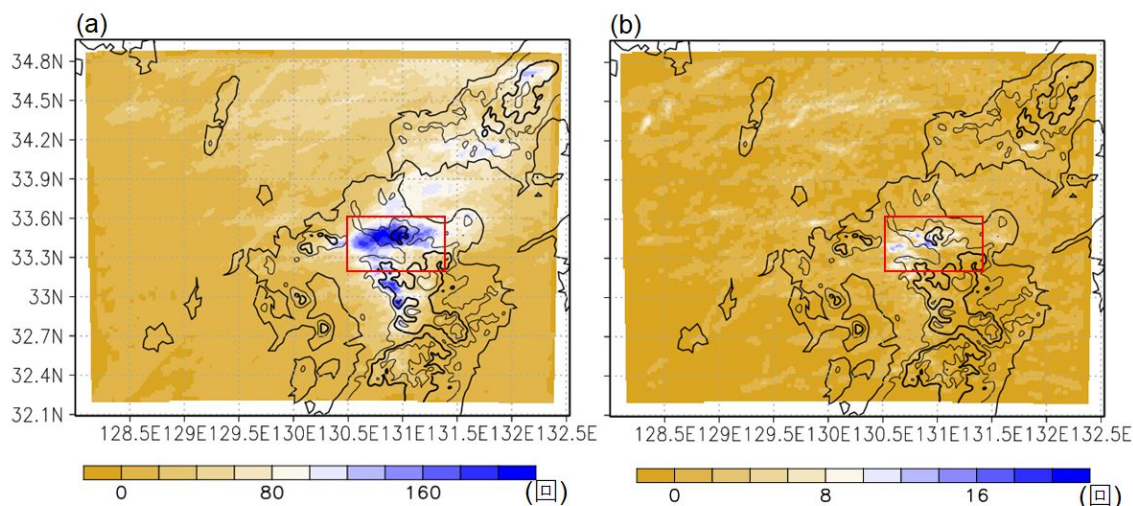


図 1 (a)10mm/10min 以上、(b)10mm/10min 以上の降水量を再現した頻度の空間分布。全計算期間、かつ、全 540 メンバーの結果を用いて算出した。実線は海岸線および地形（300, 600, 900m）を表す。

##### (3) その他の研究成果

当初の計画にはなかったが、領域大気モデルを用いた数値実験により、中国四川盆地における稲作灌漑が梅雨期の九州地方周辺における平均的な水蒸気輸送に対し遠隔的に作用することが示唆されたため、本研究計画の追加成果とした。詳細は査読付き論文 (Sugimoto et al.2019; Journal of Geophysical Research: Atmosphere) に譲る。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sugimoto Shiori	4. 巻 16
2. 論文標題 Heavy Precipitation over Southwestern Japan during the Baiu Season due to Abundant Moisture Transport from Synoptic-Scale Atmospheric Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 17~22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2020-004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shiori Sugimoto, Hiroshi G. Takahashi, and Hirosato Sekiyama	4. 巻 124
2. 論文標題 Modification of Near Surface Temperature Over East Asia Associated With Local Scale Paddy Irrigation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 2665-2676
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2018JD029434	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 S. Sugimoto, H. Fujinami, T. Nasuno, H. G. Takahashi, T. Sato, and K. Ueno
2. 発表標題 Advantages of the high-resolution simulation over the Asian mountain regions
3. 学会等名 International GEWEX/GASS/LS4P and TPEMIP Regional Modeling & Aerosol in Snow Workshop（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Sugimoto, H. Fujinami, T. Nasuno, H. G. Takahashi, T. Sato, and K. Ueno
2. 発表標題 Simulated clouds and precipitation over and around the Himalayas using the cloud resolving model
3. 学会等名 AsiaPEX Kick-off Conference（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Sugimoto, H. Fujinami, T. Nasuno, H. G. Takahashi, T. Sato, and K. Ueno
2. 発表標題 Challenges for high resolution simulation over the Himalayas
3. 学会等名 The International Conference on Regional Climate-CORDEX 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiori Sugimoto
2. 発表標題 An Impact of Low Vortex Propagated from the West on Heavy Precipitation over the Northern Kyusyu Island, Japan During the Baiu Season
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本志織、高橋洋
2. 発表標題 南アジアにおける降水特性の日変化の再現に対する陸面状態および空間解像度の影響
3. 学会等名 Post-MAHASRI プランニング会議
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

JAMSTEC研究者総覧 <a href="http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Shiori_Sugimoto_99d16-j.html">http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Shiori_Sugimoto_99d16-j.html</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------