

平成 30 年 5 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26282109

研究課題名(和文) 衛星搭載マイクロ波放射計による地形性豪雨の降雨推定精度の向上

研究課題名(英文) Improvement of Satellite-Borne Passive Microwave Rain Retrievals in Mountainous Areas

研究代表者

重 尚一 (Shige, Shoichi)

京都大学・理学研究科・准教授

研究者番号：60344264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,100,000円

研究成果の概要(和文)：山岳域における衛星搭載マイクロ波放射計の降雨推定精度向上のため、熱帯降雨観測衛星のデータを利用して、地形性豪雨を引き起こす降水過程について解析した。沿岸山岳域における地形性上昇流によって発生した豪雨は、大気下層の鉛直安定度が高いほど降水頂が低いことが分かった。アジア夏季モンスーンの最大降雨域であるインド西岸(西ガーツ山脈)では、従来の研究で報告されていた海上ではなく、風上斜面で降雨量が最大となることを見出し、従来の研究が依拠していた可視赤外放射計降水推定アルゴリズムに問題点があったことを明らかにした。また、降水システムの地域的差異も得られた。

研究成果の概要(英文)：For improvement of satellite-borne passive microwave rain retrievals in mountainous areas, precipitation processes inducing heavy orographic rainfall are examined using data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. Precipitation-top heights of heavy orographic rainfall over coastal mountain range decreased with increasing low-level stability. Rainfall maxima are identified on the upslope of the coastal regions of western India (Western Ghats), one of regions experiencing the heaviest rainfall during the Asian summer monsoon, in contrast to the offshore locations observed in previous studies. Issues in the visible and infrared rainfall algorithms used in the previous were identified. The regional differences of precipitation systems were also obtained.

研究分野：大気物理学

キーワード：衛星降雨推定 地形性豪雨 リモートセンシング 気象学 地球観測 防災 自然災害

### 1. 研究開始当初の背景

頻発する豪雨に伴う洪水などの水災害に苦しむアジア域では、地上設置レーダ観測が不十分である。このため、災害に伴う人的・社会的被害を軽減するためにも、衛星観測を利用した高精度で速報性が高い降雨量データを社会に提供することが必須である。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から衛星全球降水マップ (GSMaP; Global Satellite Mapping of Precipitation) が準リアルタイムで配信されているが、特に大きな被害をもたらす地形性豪雨の精度向上が喫緊の課題であった。

GSMaP マイクロ波放射計アルゴリズムは、活発な水粒子の衝突・併合過程 (「暖かい雨」の過程) が支配的な背の低い降水雲の鉛直構造を仮定して降雨量を推定する手法の導入によってアジア沿岸山岳域の地形性豪雨を見逃すという問題は大幅に改善したが、推定精度に課題が残っていた。また、メキシコ山岳域のように過大推定して精度が低下する地域が生ずることが明らかになり、地形性降雨の降水過程解明による推定精度向上が必要となっていた。

### 2. 研究の目的

(1) マイクロ波放射計降水推定アルゴリズムの精度向上にとって重要な降水雲の鉛直構造に着目し、地形性上昇流で発生した降水雲を、「暖かい雨」の過程が支配的な背の低い降水雲となるか、大量の水粒子を伴う「冷たい雨」の過程が支配的な背の高い降水雲になるかを決定する環境場の熱力学的特性を明らかにする。

(2) 山岳ではなく風上の海上に最大降雨域が位置すると従来の研究で指摘されてきたアジア夏季モンスーンの最大降雨域であるインド西インド西岸 (西ガーツ山脈) とミャンマー沿岸 (アラカン山脈) の降雨特性を明らかにする。

(3) 降水タイプ等の条件別に平均した降雨強度鉛直分布データセットの地域的特徴を調査し、地形や環境場による影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) 熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 降雨レーダ (PR) が観測したアジア沿岸山岳の6地域ならびにメキシコ山岳域の地形性上昇流で発生した降水雲を対象に、再解析データを利用して降水頂 (降水雲の背の高さ) を決定する熱力学的パラメータを解析する。

(2) 16年間の TRMM PR データと再解析データを利用して、夏季モンスーン期における西ガーツ山脈とアラカン山脈の地形、日周期、季節内振動の降雨への影響を解析する。

(3) TRMM PR による降水システムごとの地表面降水量データベース (DB)、1km 規模の超高解像度降水量 DB、1度格子の降雨強度鉛直分布 DB 等を作成し、降水域の空間規模ごとの降水強度極大高度の出現状況や降水分布の

空間連続性などを調査し、降水システムの地域差異に焦点を当てた解析を行う。

### 4. 研究成果

(1) 一般的に下層ならびに中層の相対湿度が高いほど、地形性降雨の降水頂は低く、この傾向は特に夏季モンスーン期で見られた。対照的に、夏季モンスーンから冬季モンスーンの遷移期間におけるインドシナ半島のベトナム・アンナン山脈では、下層ならびに中層の相対湿度が高いほど、地形性降雨の降水頂は高くなっており、降水頂が単に相対湿度の関数という訳ではないことがわかった。一方、遷移期間におけるアンナン山脈を含む本研究で解析した全山岳領域で、大気下層の鉛直安定度が高いほど降水頂が低くなっていることを見出した。すなわち、大気下層の鉛直安定度が雲の鉛直方向の発達を抑制し、地形性降雨の降水頂を決定する最も重要なパラメータであることがわかった。この結果は、環境場の熱力学的特性が「暖かい雨」や「冷たい雨」といった雲物理過程に影響を及ぼすことを具体的に示したという点でも、気象学的な意義が大きい。大気下層の鉛直安定度を指標として導入することによって、メキシコ山岳域のような過大推定して精度が低下するという問題を解消できる。さらに、過小推定の問題が残っている内陸山岳域においても、精度向上が見込まれることがわかった。

(2) 西ガーツ山脈とアラカン山脈では、従来の研究で山岳ではなく風上の海上に最大降雨域が位置すると指摘されていたが、西ガーツ山脈では風上斜面、アラカン山脈では沿岸で降水量が最大となることになった。両地域では、下層西風が山岳とぶつかることによって背の低い地形性降雨がもたらされ、上層東風によって上層雲が海上に流される状況であった。このような状況の下では、従来の研究が依拠していた可視赤外放射計降水推定アルゴリズムは雲頂高度に比例して降雨量を推定するため、誤って海上に最大降雨域を推定していたことが分かった。さらに、従来の研究では熱帯陸上降雨の日周期変動の重要性が強調されていたが、両地域、特に西ガーツ山脈では、日周期変動の振幅は小さく、しかも、その振幅は山脈に向かう一般風が強いほど小さくなることを見出した。一方、降雨量はこの一般風が強いほど大きくなり、熱的強制による日周期変動よりも力学的強制が支配的であることが分かった。また、西ガーツ山脈での季節内振動に伴う降水量変動は、海上での変動に対して位相の遅れが生ずることなども明らかとなった。

(3) 降水頂別降雨強度鉛直分布の調査から、大規模降水システム (100km 超) のサンプル数は1度解像度では十分ではないこと、10km 以下の小規模降水システムはサンプルが多く地域の特徴が得られやすいこと、ノイズや上空のみの降水エコーが多数含まれていることなどがわかった。特に小規模な降水シス

テムの降水頂別降雨強度鉛直分布の地域差異に焦点を当て、降雨強度が極大となる高度の頻度分布を月別・1度格子ごとに作成してクラスター分類したところ、乾燥域では湿潤な海洋よりも高い高度にピークを持ちやすいことなどがわかった。また、衛星直下付近における0.1度格子ごとの含氷量と地表面降水量の散布図から、山岳に対応する細かい特徴については不鮮明であったものの、陸では上空の氷が少なくても強い雨が降りやすいという特徴が見出された。海岸線付近の降水パターンに関する解析では、明瞭な時空間変動を表す TRMM PR の解析結果に対し、米国で開発されている GPROF などのマイクロ波放射計アルゴリズムには沿岸部固有の推定誤差があること、GSMaP の沿岸部におけるパフォーマンスが高いことなどが明らかとなり、精度向上に関する議論に資する結果を得た。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計6件)

Shige, S., Y. Nakano, M. K. Yamamoto, Role of Orography, Diurnal Cycle, and Intraseasonal Oscillation in Summer Monsoon Rainfall over Western Ghats and Myanmar Coast, J. Climate, 査読有、30、2017、9365-9381、DOI:10.1175/JCLI-D-16-0858.1

Yamamoto, M. K., S. Shige, C.-K. Yu, L.-W. Chen, Further Improvement of the Heavy Orographic Rainfall retrievals in the GSMaP Algorithm for Microwave Radiometers, J. Appl. Meteor. Climatol., 査読有、56、2017、2607-2619、DOI:10.1175/JAMC-D-16-0332.1.

Hirose, M., Y. N. Takayabu, A. Hamada, S. Shige, M. K. Yamamoto, Spatial Contrast of Geographically Induced Rainfall Observed by TRMM PR, J. Climate., 査読有、30, No11、2017、4165-4184、DOI:10.1175/JCLI-D-16-0442.1

Hirose, M., Y. N. Takayabu, A. Hamada, S. Shige, M. K. Yamamoto, Impact of Long-Term observation on the Sampling Characteristics of TRMM PR Precipitation, J. Appl. Meteor. Climatol., 査読有、56, No3、2017、713-723、DOI: 10.1175/JAMC-D-16-0115.1

Shige, S., C. D. Kummerow, Precipitation-Top Heights of Heavy Orographic Rainfall in the Asian Monsoon Region, J. Atmos. Sci., 査読

有、73、2016、3009-3024、DOI: 10.1175/JAS-D-15-0271.1

Yamamoto, M. K., S. Shige, Implementation of an Orographic/Nonorographic Rainfall Classification Scheme in the GSMaP Algorithm for Microwave Radiometers, Atmos. Res., 査読有、163、2015、36-47、DOI: 10.1016/j.atmosres.2014.07.024

##### [学会発表](計42件)

山本 宗尚、重尚二、大気下層安定度を用いた GSMaP 地形性降雨推定手法の改良、GSMaP および衛星シミュレータ合同研究集会、2018

広瀬正史、堤勇人、海岸線付近の降水変動、GSMaP および衛星シミュレータ合同研究集会、2017

Hirose, H., A. Higuchi, T. Mega, T. Ushio, M. K. Yamamoto, S. Shige, A. Hamada, Seasonal and Regional Dependence of Rain Estimation from the Himawari-8, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017

Kubota, O., S. Shige, Modulation of the Diurnal Cycle of Precipitation over the Maritime Continent by the Madden-Julian Oscillation, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017

Shige, S., Y. Nakano, M. K. Yamamoto, Role of Orography, Diurnal Cycle, and Intraseasonal Oscillation in Summer Monsoon Rainfall over Western Ghats and Myanmar Coast, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017

Yamamoto, M. K., S. Shige, C.-K. Yu, L.-W. Cheng, Reevaluation of the Orographic/Nonorographic Rainfall Classification Scheme in the GSMaP Algorithm for Microwave Radiometers, Asia Oceania Geosciences Society 2017, 2017

Shige, S., Y. Nakano, M. K. Yamamoto, Role of Orography, Diurnal Cycle, and Intraseasonal Oscillation in Summer Monsoon Rainfall Over Western Ghats and Myanmar Coast, Asia Oceania Geosciences Society 2017, 2017

Shige, S., Rainfall over the Asian Coastal Regions Observed by TRMM Precipitation Radar: Role of Orography, Diurnal Cycle, and

Intraseasonal Oscillation, International Symposium on Earth-Science Challenges 2017, 2017

Shige, S., Rainfall over the Asian Coastal Regions Observed by TRMM Precipitation Radar: Role of Orography, Diurnal Cycle, and Intraseasonal Oscillation, South China Sea Science 2017, 2017

Nakano, Y., S. Shige, M. K. Yamamoto, Diurnal and Intra-Seasonal Variations of Coastal Orographic Rainfall in the Asian Monsoon Regions, The International Science Conference of MAHASRI, 2016

Shige, S., C. Kummerow, Precipitation Top Height of Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Regions, The International Workshop on "Climate Change and Precipitation in the East Asia", 2016

Nakano, Y., S. Shige, M. K. Yamamoto, Analysis of Diurnal and Intra-Seasonal Rainfall Variation in Asian Summer Monsoon, Estimation and Prediction of Asian Monsoon Rainfall, 2016

Shige, S., C. Kummerow, Precipitation Top Height of Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Regions, Estimation and Prediction of Asian Monsoon Rainfall, 2016

Hirose, M., K. Okada, Fine-Scale Precipitation Climatology Refined from the 16-Year TRMM PR Data, The International Science Conference of MAHASRI, 2016

Shige, S., C. Kummerow, Precipitation Top Height of Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Region, European Geoscience Union General Assembly 2016, 2016

Shige, S., Y. Nakano, M. K. Yamamoto, Role of Orography, Diurnal Cycle, and Intraseasonal Oscillation in the Nature of Summer Monsoon Rainfall over the Western Ghats and the Myanmar Coast, 第5回京都大学-国立台湾大学大気科学交流ワークショップ, 2016

Yamamoto, M. K., S. Shige, C.-K. Yu, L.-W. Chen, Reevaluation of the

Orographic/Nonorographic Rainfall Classification Scheme in the GSMaP Algorithm for Microwave Radiometers, 第5回京都大学-国立台湾大学大気科学交流ワークショップ, 2016

Shige, S., Diurnal and Intra-Seasonal Variations of Coastal Orographic Rainfall in the Asian Monsoon Region from Long-Term TRMM observations, The Second International Workshop on Extreme Weather in Changing Climate in the Maritime Continent, 2016

Hirose, M., Detection of Regional Characteristics of Precipitation Systems from the Short-Term GPM DPR Data, Proc. Of Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 13th annual Meeting, 2016

重尚一, 中野雄揮, 山本宗尚, 長期 TRMM 衛星データを用いたアジアモンスーン沿岸域地形性降雨の日周期変化・季節内変動の解析, 名古屋大学地球水循環研究センター平成 27 年度共同研究集会プログラム, 2016

⑳ 中野雄揮, 重尚一, 山本宗尚, 長期 TRMM 衛星データを用いたアジアモンスーン沿岸域地形性降雨の日周期変化・季節内変動の解析, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016

㉑ 広瀬正史, 小川達也, 堤勇人, 地表近傍降水鉛直分布に関する入射角依存性の低減, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016

㉒ Yamamoto, M. K., S. Shige, Implementation of the Orographic/Nonorographic Rainfall Classification Scheme with Moist Froude Number in the GSMaP Algorithm, 30th ISTS/34th IEPC and 6th NSAT, 2015

㉓ Shige, S., M. K. Yamamoto, Improvement of Passive Microwave Rainfall Retrieval Algorithm over Mountainous Terrain, AGU 2015 Fall Meeting, 2015

㉔ Shige, S., M. K. Yamamoto, Further Improvement of an Orographic/Nonorographic Rainfall Classification Scheme in the GSMaP Algorithm for Microwave Radiometers, 2015 PMM Science Team Meeting, 2015

㉕ Hirose, M., Finescale Climatology of Widespread Precipitation Systems

Observed by TRMM PR, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 2015

- ②7 岡田啓太、広瀬正史、山岳域における降水の局所的特徴に関する比較研究、名古屋大学地球水循環研究センター平成 26 年度共同研究集会、2015
- ②8 田村夏美、重尚一、山本宗尚、衛星搭載降雨レーダデータを用いたブライトバンドの解析、日本気象学会 2015 年度春季大会、2015
- ②9 岡田啓太、広瀬正史、TRMM PR を用いた超高解像度降水気候値に見られる局所性、日本気象学会 2015 年度春季大会、2015
- ③0 山本宗尚、重尚一、GSMaP マイクロ波放射計アルゴリズムに対する地形性降雨推定手法の導入と推定降水量改善に向けた開発、日本気象学会関西支部 2015 年度年会、2015
- ③1 山本宗尚、重尚一、GSMaP 地形性降雨推定手法の改良と検証、日本気象学会 2015 年度秋季大会、2015
- ③2 重尚一、山本宗尚、中野雄揮、マイクロ波放射計降雨量推定アルゴリズム開発から見たアジアモンスーン域の地形性降雨、日本気象学会 2015 年度秋季大会、2015
- ③3 山本宗尚、重尚一、次期 GSMaP 改訂に向けた地形性降雨判定手法の改良、2015 年度第 2 回 GSMaP 研究会、2015
- ③4 広瀬正史、海と陸の降水推定値のバイアス、2015 年度第 2 回 GSMaP 研究会、2015
- ③5 田村夏美、重尚一、山本宗尚、TRMM PR データを用いたブライトバンド強度の解析、日本気象学会 2014 年度春季大会、2014
- ③6 重尚一、C. Kummerow, TRMM PR によって観測されたアジアモンスーン域における背の低い地形性豪雨、日本気象学会 2014 年度春季大会、2014
- ③7 Shige, S., C. Kummerow, Shallow Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Region Observed by TRMM PR, 7th International Scientific Conference on the Global Energy and Water Cycle, 2014
- ③8 Hirose, M., Sharp Contrast in Precipitation, Asia Oceania

Geoscience (AOGS) 11th annual meeting, 2014

- ③9 Shige, S., C. Kummerow, Shallow Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Region Observed by TRMM PR, Asia Oceania Geoscience (AOGS) 11th annual meeting, 2014
- ④0 Shige, S., C. Kummerow, Shallow Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Region Observed by TRMM PR, 2014 NASA Precipitation Measurement Missions (PMM) Science Team Meeting, 2014
- ④1 広瀬正史、2 つの衛星搭載降雨レーダデータの特性、日本気象学会 2014 年度秋季大会、2014
- ④2 Shige, S., C. Kummerow, Shallow Orographic Heavy Rainfall in the Asian Monsoon Region Observed by TRMM PR, AGU 2014 Fall Meeting, 2014

〔図書〕(計 1 件)

Shige, S., M. K. Yamamoto, A. Taniguchi, Improvement of TMI Rain Retrieval over the Indian Subcontinent, Geophysical Monograph, 査読有、206、2015、27-42、DOI: 10.1002/9781118872086.ch2

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織  
(1) 研究代表者

重 尚一 (SHIGE, Shoichi)  
京都大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：60344264

(2)研究分担者

広瀬 正史 (HIROSE, Masahumi)  
名城大学・理工学部・准教授  
研究者番号：40392807

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

( )