

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23681037

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推定手法の開発

研究課題名(英文) Development of orographic heavy rainfall retrieval from space-borne microwave radiometers

研究代表者

重 尚一 (Shige, Shoichi)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60344264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地形性豪雨に対する衛星搭載マイクロ波放射計による降雨量推定の高精度化を行った。補助データから推定した地形性上昇流と地上水蒸気フラックスの収束に基づく、地形性降雨/非地形性降雨を判別するスキームを導入した。地形性降雨と判定された場所には、地形性降雨の降水鉛直分布を用いて求められた参照テーブルを用いて降雨量を推定し、非地形性降雨と判定された場所では、アルゴリズムで元々使われてきた通常の降水鉛直分布を用いて求められた参照テーブルを用いて降雨量を推定した。このように改訂されたアルゴリズムは元のアルゴリズムに比べて、衛星搭載降雨レーダや地上設置レーダによるデータと一致するようになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we improve the performance of estimates made using a satellite-borne passive microwave radiometer algorithm for orographic heavy rainfall. An orographic/nonorographic rainfall classification scheme is developed on the basis of orographically forced upward vertical motion and the convergence of surface moisture flux estimated from ancillary data. Lookup tables derived from orographic precipitation profiles are used to estimate rainfall for an orographic rainfall pixel, whereas those derived from original precipitation profiles are used to estimate rainfall for a nonorographic rainfall pixel. Rainfall estimates made using the revised algorithm are in better agreement with estimates from data obtained by the spaceborne radar and by ground radars than are estimates made using the original algorithm.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学(自然災害科学)

キーワード：気象災害 衛星リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

衛星搭載マイクロ波放射計降水量推定アルゴリズムの開発は、1997年11月の熱帯降雨観測衛星(TRMM)打ち上げで加速した。我が国でも、科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業から支援を受けた「衛星による高精度高分解能全球降水マップの作成」研究チーム(H14~H19)が、マイクロ波放射計から降水量を推定するGSMaP(Global Satellite Mapping of Precipitation)アルゴリズムを開発し、米国航空宇宙局のGPROF(Goddard PROFiling)アルゴリズムを凌駕する部分を持つに至った。GSMaPアルゴリズムを用いた全球降水マップは、宇宙航空研究開発機構によって「世界の雨分布速報」(http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm)として準リアルタイムでデータ公開され、洪水予測モデルの入力値としての試験的利用が始まっていた。しかしながら、GSMaPやGPROF等のマイクロ波放射計降水推定アルゴリズムが地形性豪雨を過小評価していることがボトルネックとなり、世界各国機関が作成・配信している衛星降雨データが自然災害軽減の本格的な実利用に結びついていない状況にあった。

2. 研究の目的

陸上では、マイクロ波放射計の高周波帯(30GHz以上)における観測輝度温度を、0高度より上層に存在する雪・霰などの固体降水の鉛直積算量と対応すると見なし、地上の降雨量を間接的に推定する散乱アルゴリズムが利用されている。散乱アルゴリズムの推定精度は、降雨量と輝度温度の関係を表す参照テーブルを求める際に仮定した降水鉛直分布に大きく依存する。衛星降水推定アルゴリズムが地形性豪雨を過小評価している原因は、地形性豪雨が固体降水量の鉛直積算量に対する地上雨量の比が大きい、すなわち背の低い降水鉛直分布を持つにもかかわらず、通常の陸上降雨で見られる固体降水量の鉛直積算量に対する地上雨量の比が小さい、すなわち背の高い降水鉛直分布を仮定していることにある。したがって、地形性豪雨が生じる環境場特性を把握し、正しい降水鉛直分布を与えることによって、マイクロ波放射計から地形性豪雨を精度良く推定することを目的とした。

3. 研究の方法

GSMaPアルゴリズムを対象に、地形性豪雨推定の高精度化を行った。降水観測に適したマイクロ波放射計が数多くの衛星で運用されており、GSMaPアルゴリズムは各マイクロ波放射計用に開発されているが、TRMM衛星に搭載されたマイクロ波放射計(TMI)用のものを対象に高精度化を図り、順次、他のマイクロ波放射計用アルゴリズムに適用した。TRMM衛星には、受動型センサのマイクロ波放射計

では観測不可能な降水3次元構造を観測することができる降雨レーダ(PR)が搭載され、降水システムを同時観測しているためである。

全球気象データと標高データを補助データとして使い、地形性豪雨が発生している領域を判定する手法を開発する。PRの観測データから対応する降水鉛直分布モデルを構築する。これらの判定手法と降水鉛直分布モデルをGSMaPアルゴリズムに導入して、降水マップを作成・検証する。地形性豪雨が頻繁に観測される紀伊半島を対象に研究をスタートさせ、次に、2009年8月、死者673名という甚大な被害を台湾にもたらした台風Morakot、そしてインド亜大陸西海岸の地形性降雨を対象とした。

4. 研究成果

過小評価していた紀伊半島の降雨事例を対象に、背の低い降水鉛直分布を用いて推定を行ったところ、過小評価が改善される領域もあるが、過大評価となってしまう領域も見られ、背の低い降水鉛直分布を適切な領域でのみ用いるべき事が分かった。

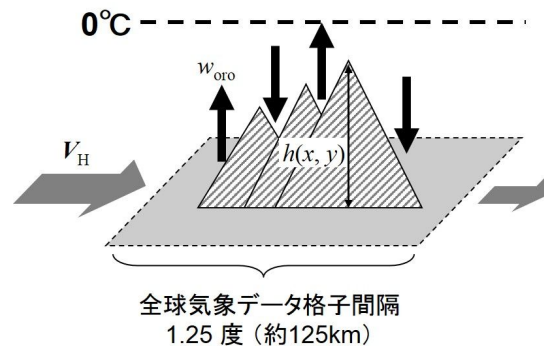


図 地形性豪雨発生域判定手法の概念図

背の低い降水鉛直分布を持つ豪雨は、衝突・併合過程による雨粒の成長を活発化させる地形性強制上昇流によってもたらされている。そこで、全球気象データの地表面水平風速ベクトルデータ V_H と標高データ $h(x, y)$ から地形性豪雨の主要因である地形性強制上昇流

$$w_{oro} = \frac{Dh}{Dt} = V_H \cdot \nabla h$$

を求めた(図)。水蒸気フラックス収束も条件に加え、 w_{oro} と水蒸気フラックス収束が閾値を超えた場所を地形性降雨域と判定して背の低い降水鉛直分布を用いて求めた参照テーブルを用いて降雨量を推定した。一方、それ以外の非地形性降雨域ではアルゴリズムで元々使われてきた背の高い降水鉛直分布を用いて求めた参照テーブルを用いて推定を行ったところ、紀伊半島の降雨事例で、過大評価の領域が軽減し、良い結果となった。

上記の手法を、2004年6-8月と1,2,12月という夏季と冬季の全事例の降雨量を推定し、レーダアメダスと統計的に比較した。その結果、夏季には、これまで推定できていなかった尾鷲付近の降雨量極値の推定に成功し、レーダアメダスと良い一致を示すようになった。一方、元々レーダアメダスとの差が小さかった冬季は、地形性豪雨発生域が判定されることがなく、推定値が変化しなかった。これは、水蒸気フラックス収束量の条件が有効に機能しているためと分かった。

台風 Morakot の事例では、 w_{oro} を求める際の最適な水平格子間隔の吟味を行った。 w_{oro} を求める際、水平格子間隔が大きく異なる全球気象データ(1.25度:緯度によるが約125km)と標高データ(約1km)を共通の水平格子間隔に揃える必要があるが、最適なスケールを求めた。両データを様々なスケールの水平格子間隔で揃えた上で w_{oro} を求め、PRで得られた地上降雨量と相関をとった。その結果、50kmで最も高い相関が得られた。水平格子間隔を狭くとると、高解像度の標高データに対して、低解像度の地表面水平風速が一定となり、 w_{oro} は詳細な地形を表現するだけで、地上降雨量と対応しない。一方、水平格子間隔を広くとると、 w_{oro} が滑らかになりすぎて、地上降雨量と対応しなくなることが分かった。

台風 Morakot の事例では、地形性豪雨発生域の判定をTMI用のGSMaPアルゴリズムだけでなく、AMSRE、SSM/I、SSMIS、AMSU用に開発されたGSMaPアルゴリズムにも導入した。これら軌道にある全てのマイクロ波放射計データから降雨量を推定の上、GSMaP MVKアルゴリズムを用いて赤外放射計からの雲移動ベクトルに基づきカルマンフィルターによって降雨マップを高時間・高分解能化した。その結果、台風 Morakot にともなう豪雨を捉えることに成功した。世界各国機関が作成・配信している衛星降雨データは、台風 Morakot の豪雨を推定できておらず、世界初の成功であった。

近年、チベットのようないくつかの大規模山脈だけでなく、アジアのとりわけ海岸部に存在する中規模山脈のアジアモンスーンにおける役割が注目されている。しかしながら、マイクロ波放射計では、これらアジアの中規模山脈における地形性降雨を過小評価している。そこで上記の手法をインド亜大陸西海岸の地形性降雨を対象にしたところ、 w_{oro} と水蒸気フラックス収束が閾値を緩和し、降水雲の背の高さだけでなく、適切な固体降水粒子タイプ(雪あるいは霰)を降水物理モデルに組み込めば、精度向上できることが分かった。

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 2 件)

Shige, S., S. Kida, H. Ashiwake, T. Kubota, and K. Aonashi, 2013: Improvement of TMI rain retrievals in mountainous areas. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **52**, 242-254, 査読有.

Taniguchi, A, S. Shige, M. K. Yamamoto, T. Mega, S. Kida, T. Kubota, M. Kachi, T. Ushio, and K. Aonashi, 2013: Improvement of high-resolution satellite rainfall product for Typhoon Morakot (2009) over Taiwan. *J. Hydrometeorol.*, **14**, 1859-1871, 査読有.

[学会発表](計 9 件)

谷口藍奈, 重尚一, 2011: 山岳域におけるマイクロ波放射計を用いた降雨推定の改良に向けて, 日本気象学会 2011年度春季大会, 東京.

Shige, S and A. Taniguchi, 2011: Improvement of rainfall retrieval for passive microwave radiometer over the mountain areas, 2011 NASA Precipitation Measurement Missions (PMM) Science Team Meeting, Denver, USA.

谷口藍奈, 重尚一, 2011: マイクロ波放射計降水強度推定改良のための地形性降雨の解析, 日本気象学会 2011年度秋季大会, 名古屋.

Shige, S and A. Taniguchi, 2011: Improvement of rainfall retrieval for passive microwave radiometer over the mountain areas, The 3rd GPM Asia Workshop on Precipitation Data Application Technique, 東京.

Shige, S and A. Taniguchi, 2012: Improvement of rainfall retrieval for passive microwave radiometer over the mountain areas, AGU Chapman Conference on Remote Sensing of the Terrestrial Water Cycle, Kona, USA.

Shige, S and A. Taniguchi, 2012: Improvement of rainfall retrieval for passive microwave radiometer over the mountain areas, 12th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment, Frascati, Italy.

Shige, S., A. Taniguchi, and M. K. Yamamoto, 2012: Improvement of satellite rainfall products for orographic heavy rainfall, The 4th Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and Global Precipitation Measurement (GPM) International Science Conference, 東京.

Yamamoto, M. K., A. Taniguchi, and S. Shige, 2012: A Development of Rain Retrieval Algorithm from Satellite Microwave Radiometers Caused by Orography and over High Elevation Area,

SPIE Asia-Pacific Remote Sensing, 京都.

Shige, S., M. K. Yamamoto, T. Mega, S. Kida, and T. Kubota, 2013: Improvement of Satellite Rainfall Products for Heavy Rainfall associated with Shallow Orographic Rainfall Systems, Asia Oceania Geosciences Society(AOGS)10th Annual Meeting and Geosciences, Brisbane, Australia.

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