

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760365

研究課題名（和文）水分野における実利用に適した衛星降水マップの作成

研究課題名（英文）Development of satellite precipitation maps for hydrological applications

研究代表者

瀬戸 心太 (SETO SHINTA)

長崎大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：50533618

研究成果の概要（和文）：衛星降水マップのさらなる改良のため、マップ作成に重要な役割を果たしている熱帯降雨観測衛星 (TRMM) に搭載の降雨レーダ (PR) の最新プロダクト Version7 (V7) を評価した。V7 は、更新前の Version6 (V6) と比べて、陸上での 50mm/h 以上の強い雨が増えており、中には 300mm/h という非常に強い雨の推定値も存在している。一部には、グラウンドクラッタを雨と見間違えたケースがあるが、大部分については、明らかな誤りとは言えない。強い雨の推定値が増えたことは、表面参照法の改良の結果として説明できる。続いて、V7 の強い雨の推定値を、PR が推定する降水強度のタイムスケールに近い 1 分間解像度を持つ日本域の雨量計データを用いて検証した。50mm/h 以上の推定値はやや過大評価とみられるが、そのバイアスは+50%を超えないと結論できた。次に、GSMaP 作成に用いられるマイクロ波放射計が表層土壌水分量にも感度を持つことに着目し、マイクロ波放射計による輝度温度観測値の変化から観測間における降水の有無を判定する手法を開発した。現在 GSMaP の作成の際、マイクロ波放射計の観測のない時間帯について、赤外放射計の観測により補っているが、今回開発した手法は、植生の少ない場所では、現手法と同等に近い精度を示した。

研究成果の概要（英文）：For further improvement of satellite precipitation maps such as GSMaP, we have conducted two studies in this project. Firstly, rain rate estimates in the new standard product of TRMM/PR (Version 7, V7) were evaluated. Owing to the improvement of surface reference technique, heavy rainfall estimates appear more frequently in V7 than in the previous version. We also evaluated V7's rain rate estimates with high-temporal resolution rain gauge dataset over Japan and concluded that the heavy rainfall estimates (higher than 50 mm/h) are overestimated, but their biases are less than 50%. Secondly, we developed a new method to detect rainfall for the interval of two measurements of microwave radiometers. In this method, we judge rain or no-rain from the decrease in brightness temperature at low frequency channels. This method yields comparable results with the method used in GSMaP for less vegetated area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：水文学

1. 研究開始当初の背景

衛星観測に基づく降水量グリッドデータ（衛星降水マップ）の作成が世界の複数のグループで競争的に行われており、日本では GSMaP という衛星降水マップが開発されている。GSMaP の開発にあたっては、世界初の衛星搭載降水レーダである TRMM/PR による観測結果を用いて、マイクロ波放射計による降水強度推定の改善が進められた。なお、本研究の研究代表者である瀬戸は GSMaP の開発に初期段階から参加し、主に陸上での降水有無判定および降水量推定を担当した。

GSMaP の開発を中心的に進めてきた JST/CREST プロジェクトは 2008 年 3 月に終了したが、その後も開発・改良は進められており、準リアルタイム版が JAXA により作成・公開されており、地上気象観測が不十分な途上国での防災をはじめ、世界中の様々な分野で利用されることが期待されている。

しかしながら、マイクロ波放射計による降水量推定は陸上では海上に比べて精度が低いことが指摘されており、実利用を拡大する上での障害となっている。

2. 研究の目的

本研究は、GSMaP などの衛星降水マップのとくに陸上における推定精度の向上に寄与することを目的とする。

そのための基礎研究として、マイクロ波放射計よりも降水強度推定の信頼度の高いとされている衛星搭載降水レーダ TRMM/PR の降水強度推定精度について、とくに豪雨時に着目して検討する。

また、衛星降水マップの精度向上を阻んでいる原因の一つにサンプリング頻度（マイクロ波放射計の観測頻度）が十分でないことがあげられる。そこで、マイクロ波放射計が表層土壌水分量にも感度を持つことに着目して、表層土壌水分量の変動から、マイクロ波放射計の観測間に生じた降水についての情報が得られないか検討する。

3. 研究の方法

(1) TRMM/PR の降水強度推定精度に関する研究

TRMM/PR は、1997 年末より運用を開始し、現在までに 15 年以上、熱帯域を中心とした地域の降水観測に利用されている。TRMM/PR は周波数 13.8GHz の一周波レーダであり、水平分解能 5km、鉛直分解能 250m で地表面付

近から最大 20km までの範囲の降水を観測できる。

降水のエコー（レーダ反射因子）の鉛直プロファイルから、降水強度を推定するための標準アルゴリズムが 2011 年に改良された。改良前 (Version6、V6 と略する) と改良後 (Version7、V7 と略する) のアルゴリズムを比較して、改良の効果を議論する。また、V7 について降水強度推定値を日本域における高時間分解能の雨量計による観測値と比較して、その精度を検証し、今後のさらなる改良のための指針を示す。

(2) 表層土壌水分量の変動に着目したマイクロ波放射計観測間の降水有無の推定

マイクロ波放射計の一つである TRMM/TMI は 10GHz~85GHz の間の 9 つのチャンネルにおいて輝度温度を観測している。このうち比較的周波数の低い 10GHz、19GHz などのチャンネルは、海上での降水観測には使われるが、陸上での降水観測には直接使われない。これは、海面と陸面の射出率の違いに起因する。陸上での降水観測は比較的周波数の高い 85GHz のチャンネルの利用のみに限定されるから、海上での降水観測に比べて精度が低い。

一方で、10GHz などの比較的低い周波数の輝度温度は、表層の土壌水分量に感度を持つことが知られている。同じ地点における 2 回のマイクロ波放射計による観測から表層土壌水分量の変動を知ること、それらの観測間に生じた降水についての情報を得ることができないか検討する。このことは、従来陸上の降水観測にほとんど使っていなかった低い周波数の情報を有効に活用することにもつながる。

アメリカのオクラホマ州を対象に、TRMM/TMI の連続する 2 回の観測（多くの場合、24 時間間隔）の輝度温度を比較することで、その間に生じた降水の有無について判定した。検証には、オクラホマ州に展開されているオクラホマメソネットの雨量計データを用いた。

4. 研究成果

(1) TRMM/PR の降水強度推定精度に関する研究

2000 年 1 年間の TRMM/PR の降水強度推定値を、V6 と V7 についてそれぞれ集計した。図 1 には、陸上と海上に分けて降水強度推定値の累積分布関数を示している。図の縦軸は、月降水量相当値に換算して示している。プロダクトのフォーマットの制約から、降水強度

推定値の最大は 300mm/h となっている。したがって、横軸の 300mm/h に対応する縦軸の値が本来の月降水量推定値となる。

陸上、海上ともに月降水量推定値は、V6→V7 で数%程度増加している。しかし、海上では弱い雨の増加が寄与しているのに対して、陸上では強い雨の増加が寄与している。強い雨の推定値は、とくに洪水対策などの防災目的の応用を考えると重要であるから、その変化の理由および精度を検証する必要がある。

変化の理由の一つに、降水強度の推定に使われる表面参照法の改良があげられる。TRMM/PR は、通常の地上設置の降水観測レーダに比べて高い周波数帯を利用しているから、降雨減衰量の補正が必要である。表面参照法は、晴天時と雨天時の地表面エコーの違いから、降雨減衰量を推定する手法である。しかし、地表面エコーを取る場所が異なると、降雨減衰量に大きな誤差が生じることがある。V6 では、表面参照法による降雨減衰量の推定精度が高くないと考えられていたため、表面参照法をあまり積極的に使っていなかった。V7 では、表面参照法を改良しその精度向上を図るとともに、表面参照法をより積極的に使うことにした。その結果、V7 では強い雨により降水減衰量が大きい場合に、その減衰量と降水強度を適切に推定できるようになった。

V7 のデータをみると、V6 ではほとんど見られなかった 300mm/h の推定値が年間 100 回以上発生している。その発生場所を図 2 に示す。そのほとんどは陸上であり、比較的広い範囲に分布している。一部については、グラウンドクラッタを降雨エコーと見誤った可能性がある。残りは、表面参照法により降雨減衰量を過大に見積もったり、Z-R 関係に定量的な問題がある可能性は排除できないが、実際に比較的強い雨が降っていた可能性が高い。これらのデータをさらに吟味することで、極値降水量について新たな知見が得られることが期待される。

そこで、V7 の強い雨の推定値について、雨量計による検証を行った。TRMM/PR で観測される降水強度は、その鉛直分解能を考えると、雨量計で観測される 1 分間の降水強度と対応すると考えられる。そこで、日本域で利用可能な雨量計の 1 分値データを用いた。図 3 に検証結果を示す。雨量計の観測値を 1 分単位で降水強度に直すと 30mm/h 間隔のデータとなるため、散布図としては大きくばらついている。しかし、平均化すると、図の赤線のようになり、1:1 の線に近づく。推定値が 20mm/h 以下の場合やや過小評価、推定値が 50mm/h 以上の場合やや過大評価とみられる。なお、比較にあたっては、TRMM/PR の観測できる最低高度が地上 1~2km 程度であることに注意し、雨量計の設置場所との高度差を補正する

ために、250m につき 1 分の割合で時間差をつけている。また、TRMM/PR の水平分解能 5km と、雨量計の開口部 20cm の空間スケールの違いについては、平均化においてその影響が緩和されると考えている。

なお、V6 に対して同様な検証を行うと、推定値が 50mm/h 以上の場合の過大評価傾向が V7 より顕著にみられた。V6 では、表面参照法が降雨減衰量を過大に評価し、その影響で降水強度が過大評価された場合があったが、V7 ではその問題がおおむね解決されたと評価できる。

以上から、TRMM/PR の最新のプロダクトである V7 では、とくに強い雨に対する推定精度が V6 より改善されたと結論できる。GSMaP においても V6 より V7 を使った方が良い。日本域での検証からは、やや過大評価が残っている。今後は、様々な場所で雨量計や地上レーダによる検証を行う必要がある。

(2) 表層土壌水分量の変動に着目したマイクロ波放射計観測間の降水有無の推定

表層土壌水分量が高くなると、低周波数の輝度温度は低くなる。そこで、前回(約 24 時間前)の観測と比べて輝度温度が一定以上減少したならば、前回の観測以降に降水があったと判定する。検証には、オクラホマメソネットによる雨量計データを用いた。評価指標としては、Equitable Threat Score(ETS)を雨量計観測降水量で重みづけを補正した改良 ETS (rETS)を用いている。

輝度温度を観測するチャンネルと、降雨判定の閾値を様々にかえて判定とその評価を行った。結果を図 4 に示す。これは、オクラホマ州内の利用可能な全観測点を用いた結果であるが、10GHz の水平偏波チャンネルを使い、閾値を-5K とした場合にもっとも成績が良かった。また、観測点別に調べると、植生の少ない西部の方が、植生の少ない東部に比べて精度が良かった。

GSMaP では、マイクロ波放射計の観測がない時間帯については、赤外放射計から推定した雲移動ベクトルを使って降水量を推定している。この結果を降水量 0mm は降水なし、それ以外は降水ありとして、1 時間毎に雨量計で検証した。本手法についても、1 時間毎に雨量計で検証し、両者の精度を比較した。その結果を図 5 に示す。全体的に GSMaP の方がよい結果を示しているが、年平均 NDVI が 0.45 以下の比較的植生の少ない場所では、本手法と GSMaP のスコアが似通っており、一部の地点では本手法の方が良いスコアを示した。

このことから、本手法が降水有無の推定に一定程度の能力を持つことが示された。ただ

し、降水量の定量的な推定や、24 時間の間のいつ降水が生じたかの時間分布については、今後の課題である。複数のマイクロ波放射計を利用することで、観測間隔を短くすれば精度は上がることが期待できる。

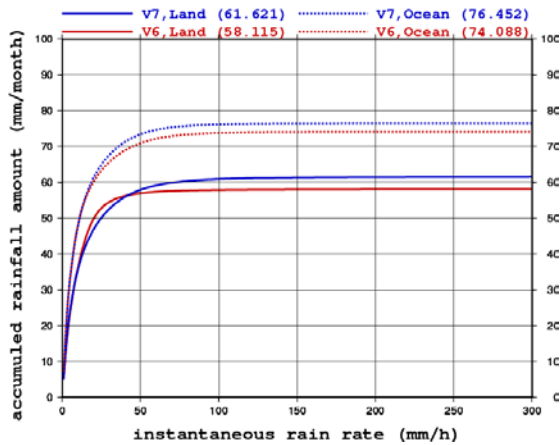


図 1 TRMM/PR の降水強度推定値の累積分布関数

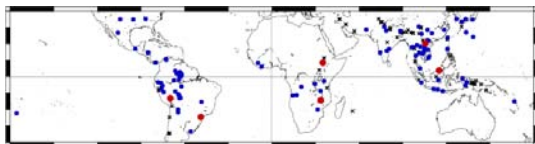


図 2 300mm/h の推定値を観測した地点(赤は信頼度高い、青は信頼度がやや低い、×は信頼度低い)

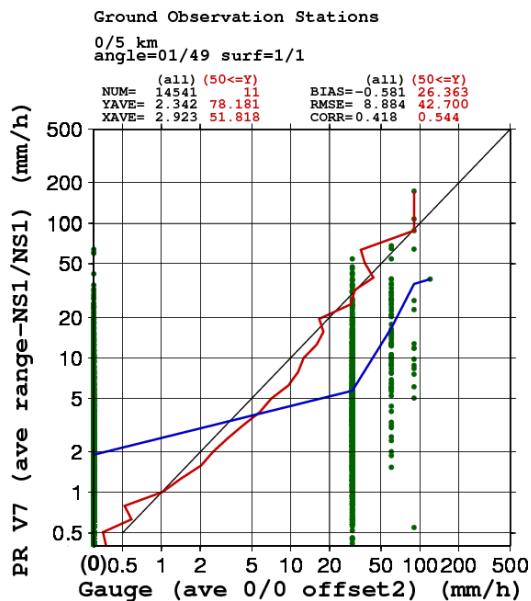


図 3 TRMM/PR V7 の降水強度推定値と雨量計による 1 分間観測値の比較(赤線は PR 推定値別の平均、青線は雨量計観測値別の平均)

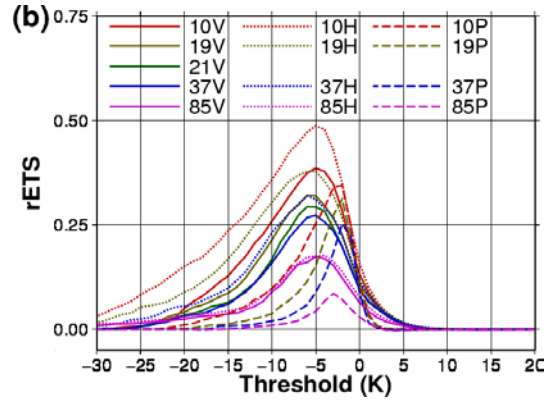


図 4 TRMM/TMI の輝度温度変化に着目した降水有無判定結果(様々なチャンネルと閾値について)

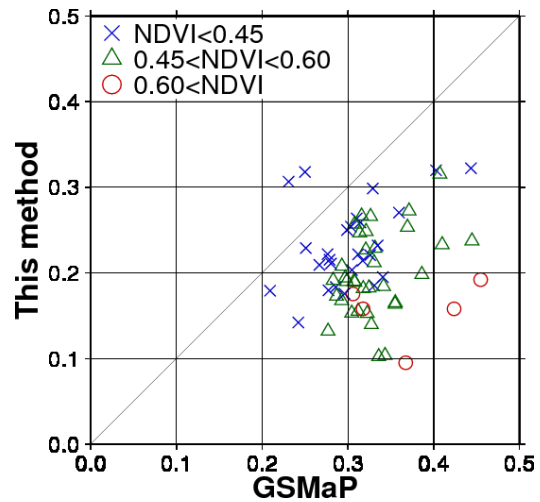


図 5 TRMM/TMI の輝度温度変化に着目した手法と、GSMap で用いる雲移動ベクトルによる手法の降水有無判定精度の比較(年平均 NDVI により異なるシンボルを使っている。)

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 3 件)

Shinta Seto, Takahiro Tsunekawa, Taikan Oki, A new rain detection method to complement high-resolution global precipitation products, Hydrological Research Letters, Vol.6, 2012, pp.82-86.

瀬戸心太、井口俊夫、内海信幸、沖大幹、TRMM/PR バージョン 7 プロダクトの強い雨、土木学会論文集 B1(水工学)、第 68 巻、2012、第 4 号、I_373-I_378.

鈴木聡、瀬戸心太、沖大幹、CloudSat データにおける雲粒有効半径と雲頂高度の関係の検証、土木学会論文集 B1(水工学)、第 68 巻、2012、第 4 号、I_421-I_426.

〔学会発表〕(計 4 件)

瀬戸心太、恒川貴弘、沖大幹、マイクロ波放射計の観測間に生じる降水の検出手法の開発、水文・水資源学会 2012 年度研究発表会、2012 年 9 月、広島

瀬戸心太、内海信幸、木口雅司、沖大幹、地上気象観測 1 分値データと TRMM/PR/V7 を用いた短時間降水強度極値、日本気象学会 2012 年度春季大会、2012 年 5 月、つくば

Suzuki S., S. Seto, T. Oki, Relationship between cloud droplet effective radius and cloud top height for deep convection clouds in CloudSat data product, IEEE IGARSS, 2011.

Seto S., T. Iguchi, R. Meneghini, Comparison of TRMM PR V6 and V7 focusing heavy rainfall, IEEE IGARSS, 2011.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸 心太 (SETO SHINTA)

長崎大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：50533618