

日本気象学会誌 気象集誌
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第87A 巻 2009年 3 月 目次と要旨
特別号「衛星降水計測」

巻頭言：沖 理子	i
井口俊夫・古津年章・John KWIATKOWSKI・Robert MENEGHINI・阿波加 純・岡本謙一： TRMM 降雨レーダのための降雨プロファイル推定アルゴリズムにおける不確定性	1-30
阿波加純・井口俊夫・岡本謙一：TRMM 衛星搭載降雨レーダ標準アルゴリズム 2A23と それによる融解層検出の結果	31-52
古津年章・井口俊夫・久保田拓志・吉田直文・瀬戸心太・John KWIATKOWSKI・高薮 縁： TRMM 降雨レーダによる雨滴粒径分布推定の可能性	53-66
David A. SHORT・広瀬正史・中村健治：TRMM レーダによる浅い対流性降雨の観測特性に関する 降雨セルモデルを用いた解釈	67-81
清水収司・沖 理子・田川哲也・井口俊夫・広瀬正史：TRMM 軌道高度変更による 降水強度推定への影響評価	83-92
Liang LIAO・Robert MENEGHINI：熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の高度変更に伴う 降雨レーダ (PR) バージョン 5 及びバージョン 6 プロダクトの変化	93-107
Eyal AMITAI・Xavier LLORT・Daniel SEMPERE-TORRES：TRMM レーダ降雨推定と NOAA 次世代定量的降水量 (QPE) 推定の比較.....	109-118
青梨和正・阿波加 純・広瀬正史・古津年章・久保田拓志・劉 國勝・重 尚一・木田智史・ 瀬戸心太・高橋暢宏・高薮 縁：GSMAP マイクロ波放射計降水リトリバル アルゴリズム：アルゴリズムの記述と検証	119-136
牛尾知雄・笹重和史・久保田拓司・重 尚一・岡本謙一・青梨和正・井上豊志郎・高橋暢宏・ 井口俊夫・可知美佐子・沖 理子・森本健志・河崎善一郎：カルマンフィルタを用いた マイクロ波及び赤外放射計データによる全球降水マップの作成	137-151
久保田拓志・重 尚一・青梨和正・岡本謙一：TRMM 観測データを用いた受動マイクロ波放射計の 海上降雨推定における降雨非一様性補正手法の開発	153-164
木田智史・重 尚一・久保田拓志・青梨和正・岡本謙一：37 GHz マイクロ波放射シグナルを用いた 海上における降水判定手法の改良	165-181
瀬戸心太・久保田拓志・井口俊夫・高橋暢宏・沖 大幹：GSMaP および GPROF による 陸上降水強度推定の評価—低周波数チャンネルの役割に着目して	183-202
久保田拓志・牛尾知雄・重 尚一・木田智史・可知美佐子・岡本謙一：雨量計により補正された 地上レーダデータを用いた高分解能衛星推定降雨データセットの日本域での検証	203-222
Liang HONG・W. Linwood JONES・Thomas T. WILHEIT・Takis KASPARIS：TMI と WindSat の衛星間のマイクロ波放射計の較正についての 2 つのアプローチ	223-235
Nai-Yu WANG・Chuntao LIU・Ralph FERRARO・Dave WOLFF・Ed ZIPSER・ Chris KUMMEROW：TRMM 2A12の陸上降水プロダクト —ステータスと将来計画—	237-253
Thomas T. WILHEIT・Christian D. KUMMEROW：TRMM-PR を用いた TMI による	

ビーム充満誤差補正の推定	255-263
A. K. MITRA・A. K. BOHRA・M. N. RAJEEVAN・T. N. KRISHNAMURTI：雨量計データ と TRMM TMPA データを融合させた降水量推定法によるインドにおける日降水量 の解析	265-279
Robert F. ADLER・Jian-Jian WANG・Guojun GU・George J. HUFFMAN：TRMM 降水プロダクトコンポジットに基づく10年間の熱帯降雨気候値	281-293
増永浩彦：TRMM 観測による南半球夏季の MJO および低周波赤道波の研究	295-315
中澤哲夫・Kavirajan RAJENDRAN：TRMM 3A25データを用いた熱帯降雨特性の変動と 高度変更の影響	317-338
高藪 縁・彦坂健太：梅雨期の海上における降雨特性についての TRMM PR データを用いた 統計的解析	339-352
広瀬正史・沖 理子・David A. SHORT・中村健治：10年間の TRMM PR データによる 規模別降水システムの地域特性	353-368
Daniel J. CECIL・Matt WINGO：TRMM による台風に伴う降雨の強度推定値の比較	369-380
井上豊志郎・Daniel VILLA・Kavirajan RAJENDRAN・濱田 篤・Xianqian WU・ Luiz MACHADO：TRMM および GOES-W によって観測された東部熱帯太平洋に おける深い対流システムのライフサイクル	381-391
T. N. KRISHNAMURTI・A. K. MISHRA・Anu SIMON・谷田貝亜紀代：インドの稠密な 雨量計ネットワークを使った TRMM 複合プロダクトと気象モデルのダウンスケール の改良	393-412
原 政之・吉兼隆生・高橋 洋・木村富士男・時岡達志・野田 彰：20 km 格子 GCM で再現された 海洋大陸上における降水の日変化の TRMM PR データを用いた検証	413-424
永戸久喜・青梨和正：衛星搭載マイクロ波放射計及び地上レーダ観測データを用いた梅雨前線に伴う 降水系についての雲解像モデル降水物質予測特性の検証	425-446

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

井口俊夫・古津年章・John KWIATKOWSKI・Robert MENEGHINI・阿波加 純・岡本謙一：TRMM 降 雨レーダのための降雨プロファイル推定アルゴリズムにおける不確定性 Toshio IGUCHI, Toshiaki KOZU, John KWIATKOWSKI, Robert MENEGHINI, Jun AWAKA and Ken'ichi OKAMOTO：Uncertainties in the Rain Profiling Algorithm for the TRMM Precipitation Radar

熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の降雨レーダによる降雨プロファイル推定アルゴリズムの基本的な構造と流れについて述べ、アルゴリズムに含まれる主な仮定と誤差要因について議論している。特に、各パラメータに付随する不確実性がどのように減衰補正と降雨強度の推定値に影響を与えるかを記述している。それにかかわる主なパラメータは、粒径分布、降水粒子の相、それらの密度と形状、視野内での降水分布の非一様性、雲水と水蒸気による減衰、氷結高度、地表面散

乱断面積の不確実性、そしてレーダエコー信号の揺らぎである。降雨強度の推定値に影響を与えるこれらのパラメータのうち、特に降雨分布の非一様性の影響について詳しくまとめている。また、標準アルゴリズムである 2A25 のバージョン 5, 6, 7 における主な違いをまとめ、その違いのもととなった推定法に関する考え方、誤差分布に関する仮定、および非一様性の取り扱いについて記述している。

阿波加 純・井口俊夫・岡本謙一：TRMM 衛星搭載降雨レーダ標準アルゴリズム 2A23とそれによる融解層検出の結果

Jun AWAKA, Toshio IGUCHI and Ken'ichi OKAMOTO : TRMM PR Standard Algorithm 2A23 and its Performance on Bright Band Detection

本論文では熱帯降雨観測 (TRMM) 衛星搭載降雨レーダ (PR) の標準アルゴリズムのうち融解層の検出と降雨タイプの分類を行っている 2A23バージョン 6 (V6) について説明し、続いて PR で観測された融解層の統計的性質について述べる。本論文におけるデータ解析はアルゴリズム改訂を念頭において行ったものである。検出された融解層の個数はアンテナスキャン角に大きく依存することが示される。PR で検出された融解層高度を米国環境予報センターの再解析値 2 (NCEP2) で計算した 0°C 高度と比較した。平均的に見て融解層高度は NCEP2 で計算した 0°C 高度よりも 500 m 程度下方で検出されているが、これら 2 つの高度が大きく異なる場合がある。融解層高度と NCEP2 で計算した 0°C 高度が大きくずれる主原因は融解層の誤検出である。1 アンテナスキャン (49 方

向) 中で検出された融解層の個数が 5 以下の場合融解層を誤検出したとして取り除く簡単な個数フィルタを導入することで、融解層検出の信頼性を向上できることが判明した。次期バージョンの 2A23 V7 には、この個数フィルタの改良版を導入する予定である。10 年間のデータを調べると、2001 年 8 月の衛星高度変更の影響が降雨タイプの統計及び融解層の統計に小さいながら認識可能な形で現れていることがわかる。融解層中の Z 因子の最大値 (Z_{\max} BB) の帯状平均は海上では緯度に対してほぼ一定であるが、陸上では北緯 20 度よりも高い緯度で減少している。融解層幅は Z_{\max} BB が大きくなるにつれて広がる。融解層幅の帯状平均は程度は小さいながら非常に滑らかな形で高緯度になるにつれて狭くなっている。

古津年章・井口俊夫・久保田拓志・吉田直文・瀬戸心太・John KWIATKOWSKI・高藪 縁：TRMM 降雨レーダによる雨滴粒径分布推定の可能性

Toshiaki KOZU, Toshio IGUCHI, Takuji KUBOTA, Naofumi YOSHIDA, Shinta SETO, John KWIATKOWSKI and Yukari N. TAKAYABU : Feasibility of Raindrop Size Distribution Parameter Estimation with TRMM Precipitation Radar

TRMM 降雨レーダ (PR) による雨滴粒径分布 (DSD) 推定の可能性について検討した。まず、PR では $Z-R$ 関係式 ($Z = aR^b$) を基にした DSD モデルが用いられていること、ならびに PR で用いられている 13.8 GHz における降雨減衰係数 (k) と等価レーダ反射因子 (Z_e) の関係式 ($k = \alpha Z_e^\beta$) の係数 α の調整パラメータ (ϵ) について説明した。 ϵ は PR による降雨および地表面観測結果の比較により安定な降雨減衰補正を達成するためのものであり、 a と 1 対 1 の関係がある。この結果から、 a あるいは ϵ が DSD パラメータとみなせること、PR 観測でそれらが推定できることを示した。 ϵ が 1 より大きい (小さい) ことは、 a が基準値より小さい (大きい) ことを意味し、平均粒径が小さい (大きい) ことに対応している。次に、一般的な ϵ の性質として、陸上で顕著な日周変化を示すこと、PR で観測された降雨頂高度や

TRMM 搭載 LIS で観測された発雷頻度と明確な負の相関があることを示した。これは、特に陸上で、背の高い雷雨が大きな粒径を持つ傾向があることを示唆している。次に、PR アンテナビーム内の降雨非一様性、上空の霰などの固体降水粒子、および地表面観測に伴う ϵ 推定誤差について検討した。この結果、特に陸上において、PR 推定 DSD は、 ϵ を若干過小評価していると考えられた。しかし、誤差量の考察から、PR は少なくとも定性的には、地球規模で DSD パラメータのマッピングが行えることが示唆された。さらに、世界各地のディストロメータ観測結果と、PR による DSD 推定結果を a の季節変化として比較し、全般に矛盾のない結果が得られることを示した。最後に、PR の 10 年間の観測結果をもとに、DSD パラメータの地域依存性を示し、定性的な議論を行った。

David A. SHORT・広瀬正史・中村健治：TRMM レーダによる浅い対流性降雨の観測特性に関する降雨セルモデルを用いた解釈

David A. SHORT, Masafumi HIROSE and Kenji NAKAMURA : An Interpretation of TRMM Radar Observations of Shallow Convection with a Rain Cell Model

分解能より小さいスケールの対流性降雨が衛星搭載レーダの観測に及ぼす影響を調べるために、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載の降雨レーダ (PR) による浅い孤立した対流性降雨の観測結果と降雨セルモデルによるシミュレーション結果とを比較した。中央太平洋熱帯収束帯における浅い孤立した対流性降雨の PR データを用いた。対象とする降雨頂高度は1000 m から3750 m の範囲であり、その分布において最頻の降雨頂高度 (モード) は1500 m であった。これらの降雨をさらに降雨の広がりによって3種類に分類した。三つ以上の隣合う瞬時視野のピクセルにまたがる降雨、隣合う二つのピクセルだけからなる降雨、孤立したただ一つのピクセルからなる降雨の3種である。一般に降雨の空間的広がりが小さくなるほど、降雨頂は低くなりレーダ反射因子 (dBZ) が小さくなる。この研究における主な対象は孤立した1つのピクセルだけからなる降雨である。

この研究の第一の目的は、分解能以下の大きさの浅い対流雲に対して、その水平スケールと降雨強度に関する情報を PR による観測から得ることができるかどうかを、シミュレーションによって得られた dBZ の

分布と観測された dBZ の分布関係を見つけたことにより調べることである。シミュレーションによる降雨セルにおいては、その高さや直径は独立ではなく、その比の平均が1となると仮定した。シミュレーションで得られた dBZ の確率分布と観測された dBZ の確率分布を、降雨セルの二種類の変動に対して比較した。高度対直径の比が一定で、セルの dBZ が変動する場合と、セルの dBZ が一定で高度対直径の比が変動する場合である。どちらの場合も、観測された分布と非常によく合う結果が得られた。

この研究の第二の目的は、シミュレーションにより作成した降雨の真の分布 (Ground truth) から計算した降雨強度と、レーダ観測をシミュレートしそのデータから推定された降雨強度とを比較し、観測視野の有効サンプル面積を決定することである。一般にレーダ観測から推定された降雨強度は、Z-R 関係の非線形性から期待されるように、正の偏差を含んでいた。しかし、モデルで作られた降雨セルの大きさと強度によつては、より複雑な分布により負の偏差を生じる場合もあった。

清水収司・沖 理子・田川哲也・井口俊夫・広瀬正史：TRMM 軌道高度変更による降水強度推定への影響評価

Shuji SHIMIZU, Riko OKI, Tetsuya TAGAWA, Toshio IGUCHI, and Masafumi HIROSE : Evaluation of the Effects of the Orbit Boost of the TRMM Satellite on PR Rain Estimates

熱帯降雨観測衛星 (TRMM) は降雨レーダ (PR) を搭載し、1997年11月28日に打ち上げられて以来、地球上の降水を測定し続けている。2001年8月には観測期間を延長するために、観測軌道高度を350 km から402.5 km に上昇させた。その結果10年以上の運用が可能となったが、軌道高度変更以降に PR による全球地表面平均降水量が減少した。ただし直下付近のみを用いた平均地表面降水量や高度2 km での平均降水量では顕著な減少が見られなかった。軌道高度変更における降水強度推定変化の主たる原因として考えられるのは、1) 高度上昇による感度低下、2) フットプリン

トサイズの増加による地表面クラッターのより高い高度への影響、3) 32パルスに一回、送受信がずれること (ビーム mismatch) の3点である。軌道高度が350 km から402.5 km に上昇するのに伴い、受信電力は1.21 dB 減少する。高度変更前のデータを使って感度低下のシミュレーションを行ったところ、0.5%の地表面降水量減少が見積もられた。高度上昇によりフットプリントサイズが増加すると、地表面クラッターの影響がより高い高度まで及ぶことになるので、降水エコーが観測可能な最低高度が上昇するため、背の低い降水を見逃す可能性が増加するという影響が出

る。ビームミスマッチ補正は現状の1 B21アルゴリズムの中で行われているが、スキャンの後半において、地表面付近の降水を過小評価する傾向が残っている。全アングルビンの降水量が真下付近の降水量と同じであると仮定した場合の全球降水量と実際の降水量との偏差を比較することで評価した結果、地表面降水量で

フットプリントサイズの増加により2.5%の減少、ビームミスマッチの影響により2.9%の減少と見積もられた。以上を合わせると、PRのバージョン6プロダクトによる高度変更後の全球降水量は、変更前に比べて5.9% (= 0.5+2.5+2.9%) 減少していると見積もられた。

Liang LIAO・Robert MENEGHINI：熱帯降雨観測衛星（TRMM）の高度変更に伴う降雨レーダ（PR）バージョン5及びバージョン6プロダクトの変化

Liang LIAO and Robert MENEGHINI：Changes in the TRMM Version-5 and Version-6 Precipitation Radar Products Due to Orbit Boost

熱帯降雨観測衛星（Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)）降雨レーダ（Precipitation Radar (PR)）のバージョン5及びバージョン6プロダクトについて、フロリダ州メルボルンに設置された地上レーダ（WSR-88 D）の長期観測データ（1998年1月から2004年2月）と比較を行うことにより、高度変更前後の検証を行った。降雨の上端付近での反射強度データについては、メルボルンレーダと比較して、両バージョンともバイアスが1 dB程度であり、高度

変更後も引き続き良く校正できていることを示している。地上レーダとの地上付近の反射強度の比較では、どちらのバージョンも層状性降水に対する減衰補正を正しく行っているのに対し、対流性降水に対しては、どちらのバージョンも反射強度を過小評価しており、特にバージョン6プロダクトでその傾向が強い。降水強度の比較でも、反射強度と同様の傾向を示している。

Eyal AMITAI・Xavier LLORT・Daniel SEMPERE-TORRES：TRMM レーダ降雨推定とNOAA次世代定量的降水量（QPE）推定の比較

Eyal AMITAI, Xavier LLORT and Daniel SEMPERE-TORRES：Comparison of TRMM Radar Rainfall Estimates with NOAA Next-Generation QPE

TRMMレーダ観測から得られた降水量を、米国海洋大気庁（NOAA）の新しい次世代の高分解能米国降水量格子プロダクト（QPE/Q2）と比較した。両者は、現時点で入手可能なもっとも広域をカバーする宇宙及び陸上でのレーダ観測データであり、もっとも高度なレーダによる降水量データと考えられる。これら2つのデータはどの程度一致しているだろうか？すべての軌道の降水量積算値は10%以下でQ2と一致し

たが、両者の確率分布関数（pdf）は大きく異なった。一般的に、米国本土では、両者のpdfに系統的な差が認められた。TRMMレーダのpdfは、Q2のpdfと比較すると、弱い降雨強度側で頻度が多くなっている。Q2には、TRMMレーダと比較して、弱い降雨強度と強い降雨強度に2つのピークが現れることが多い。

青梨和正・阿波加 純・広瀬正史・古津年章・久保田拓志・劉 國勝・重 尚一・木田智史・瀬戸心太
・高橋暢宏・高藪 縁：GSMaP マイクロ波放射計降水リトリーバルアルゴリズム：アルゴ
リズムの記述と検証

Kazumasa AONASHI, Jun AWAKA, Masafumi HIROSE, Toshiaki KOZU, Takuji KUBOTA, Guosheng LIU,
Shoichi SHIGE, Satoshi KIDA, Sinta SETO, Nobuhiro TAKAHASHI and Yukari N. TAKAYABU :
GSMaP Passive Microwave Precipitation Retrieval Algorithm : Algorithm Description and Validation

本論文は、Global Satellite Mapping of Precipitation project (GSMaP) で、著者の以前のアルゴリズムを改良することで開発した、TRMM マイクロ波放射計 (TMI) 用の降水リトリーバルアルゴリズムを記述する。GSMaP アルゴリズムの基本的な考え方は、輝度温度観測値と最もよく合う放射伝達モデル (RTM) 計算値を与えるような最適な降水強度分布を求めることである。GSMaP アルゴリズムの著者の以前のアルゴリズムからの主な改良点は以下の通りである：1) TRMM 観測研究に基づく降水物理モデル (降水プロファイル、雨滴の DSD 等)、リトリーバル法 (降水域判定、降水非一様性推定) の使用；2) 散乱シグナルとして TMI の 37, 85.5 GHz の Polarization corrected temperature (PCT) を使い、降水頂高度と 0°C 高度間の層厚 (Dtop と呼ぶ) が 6 km 以上の、背の高い降水についての散乱シグナル補正を行う。

検証のため、GSMaP アルゴリズムで 1998 年の TMI 輝度温度からリトリーバルされた降水強度データを TRMM 降雨レーダ (PR), Goddard Profiling Algorithm (GPROF) の降水強度データ (2A12 version 6) と比較した。その結果以下のことがわかった：1) GSMaP アルゴリズムのリトリーバル値は、

陸上および海岸の Dtop が 4 km 以上で 10 mm h⁻¹ 未満の降水で GPROF より PR に近い。但し、GSMaP, GPROF とも 10 mm h⁻¹ 以上の降水を PR と比べて過小評価する；2) GSMaP アルゴリズムのリトリーバル値は海上の 10 mm h⁻¹ 以上の降水を GPROF より PR とよい対応をしている。但し、10 mm h⁻¹ 未満の降水で、GSMaP 降水リトリーバル値が PR および GPROF よりもわずかに降水強度を過大評価している；3) GSMaP アルゴリズムは亜熱帯域の 2 mm h⁻¹ 未満の降水域の一部を見逃している。

また、以前のアルゴリズムからの改良点のインパクトを調べるため、降水物理モデルと散乱シグナルを使ったりトリーバル法を変えた実験的アルゴリズムを 1998 年 7 月の TMI 輝度温度データで実行した。その結果以下のことがわかった：1) 降水物理モデルのうち、降水プロファイルモデルの改良により、陸上、海岸での 10 mm h⁻¹ 以上の降水の過小評価が軽減した。また、降水プロファイル、雨滴の DSD、混合相粒子のモデルの改良の組み合わせにより、海上での 10 mm h⁻¹ 以上の降水の過小評価が軽減した；2) 散乱アルゴリズムの PCT37 の使用と、背の高い降水についての補正により、陸上、海岸の Dtop が 4 km 以上の 10 mm h⁻¹ 未満の降水の過大評価が軽減した。

牛尾知雄・笹重和史・久保田拓司・重 尚一・岡本謙一・青梨和正・井上豊志郎・高橋暢宏・井口俊夫
・可知美佐子・沖 理子・森本健志・河崎善一郎：カルマンフィルタを用いたマイクロ波及び
赤外放射計データによる全球降水マップの作成

Tomoo USHIO, Kazushi SASASHIGE, Takuji KUBOTA, Shoichi SHIGE, Ken'ichi OKAMOTO, Kazumasa AONASHI,
Toshiro INOUE, Nobuhiro TAKAHASHI, Toshio IGUCHI, Misako KACHI, Riko OKI, Takeshi MORIMOTO and Zen-Ichiro KAWASAKI : A Kalman Filter Approach to the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) from Combined Passive Microwave and Infrared Radiometric Data

低軌道衛星の受動マイクロ波センサと静止気象衛星の赤外放射計を併用して、0.1度・1時間分解能の全球降水マップを作成した。そのプロダクト (GSMaP_MVK) は、連続する 2 枚の赤外画像から算出され

る移動ベクトルによって移動された降雨量をカルマンフィルタによって補正することによって作成されている。この手法を、レーダアメダス及び他の降水マップと比較することによって評価した。その結果、カルマ

ンフィルタを用いない場合に比べて、カルマンフィルタを用いた方が優れた性能を有していることが明らかとなり、また、連続する1時間分解能の降水マップ画像から、本プロダクトが台風の追跡や降雨域の監視に

有効であることが示された。そして、GSMaP_MVKプロダクトは、CMORPHや3B42 RTプロダクトに比して同等のスコアを示した。

久保田拓志・重 尚一・青梨和正・岡本謙一：TRMM 観測データを用いた受動マイクロ波放射計の海上降雨推定における降雨非一様性補正手法の開発

Takuji KUBOTA, Shoichi SHIGE, Kazumasa AONASHI and Ken'ichi OKAMOTO : Development of Nonuniform Beamfilling Correction Method in Rainfall Retrievals for Passive Microwave Radiometers over Ocean Using TRMM Observations

衛星搭載受動マイクロ波放射計データを使った降雨推定において、有効瞬時視野内の降雨の不均一性(Non-uniform beam filling, NUBF)は主要な誤差要因である。本研究では、Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 衛星に搭載されているTRMM Microwave Imager (TMI) と Precipitation Radar (PR) の同時観測を利用して、海上のTMI 10 GHz チャンネルの有効瞬時視野内におけるNUBFの影響について解析を行った。2000年1~12月の期間で、対数正規分布の仮定により定義される非一様性パラメータの変動を調べた。

PRデータの地表降雨強度から計算したパラメータは、層状性降雨で小さく、対流性降雨で大きくなる傾向がある。TMI 85 GHzの輝度温度から推定した地

表降雨強度から計算したパラメータは、PRデータから求めた値を基準とすると、層状性降雨で系統的に低くなる。系統的な違いは対流性降雨では見られない。非一様性パラメータの系統的な違いが降雨推定に与える影響を評価するために、非一様性パラメータを補正し、TMI 10 GHz 鉛直偏波チャンネルの輝度温度データを用いて海上降雨推定を行った。非一様性パラメータは補正により全緯度でほぼ同程度で増加する一方、補正されたパラメータを用いた場合に降雨強度は熱帯でより多く増加する。これは非一様性パラメータの変化が降雨推定に対して与える影響が非線形で、非一様性パラメータが熱帯で中緯度より大きいことと、熱帯で強い降水強度の頻度が多いことの、両方が関係しているためであることが示唆された。

木田智史・重 尚一・久保田拓志・青梨和正・岡本謙一：37 GHz マイクロ波放射シグナルを用いた海上における降水判定手法の改良

Satoshi KIDA, Shoichi SHIGE, Takuji KUBOTA, Kazumasa AONASHI and Ken'ichi OKAMOTO : Improvement of Rain/No-Rain Classification Methods for Microwave Radiometer Observations over the Ocean Using a 37-GHz Emission Signature

熱帯降雨観測衛星(Tropical Rainfall Measuring Mission: TRMM)に搭載されているマイクロ波放射計(TRMM Microwave Imager: TMI)を用いた降水判定は、TRMM搭載降雨レーダ(Precipitation Radar: PR)が観測した水平スケールの小さな浅い雨を捉えることが出来ていない。本研究では、マイクロ波放射計降水推定アルゴリズムが海上の浅い雨を捉えるために、水平分解能の良い37 GHzによる降水からの放射シグナルを降水判定に利用した。改良した降水判定手法をGlobal Satellite Mapping of Precipita-

tion (GSMaP) アルゴリズムに適用し、TMI標準降水アルゴリズムのGoddard profiling algorithm (GPROF)と共に、PRの降水域を真値として評価した。

本研究で改良した降水判定手法(GSMaP2)は、従来の降水判定手法(GSMaP1)やGPROFが見逃している中緯度域寒冷前線の後方にある浅い雨を捉えることができた。そのため、一年を通してGSMaP1やGPROFと比較すると、GSMaP2は中緯度において良い結果を得ることができた。しかし、GSMaP2

は浅い雨の卓越している亜熱帯海上における降水を多く見逃がす結果となった。GSMaP アルゴリズムでは、前方計算において、降水域と無降水域を区別する雲水量の鉛直積分値を全球に亘って一定としているが、浅い雨の卓越している領域では雲水量が小さいため、降水を見逃していると考えられる。そのため、新

たに浅い雨の卓越している領域に対して PR で観測された降水頂によってパラメータ化した雲水量を GSMaP アルゴリズムに導入した (GSMaP3)。その結果、GSMaP3では、GSMaP2で見逃している亜熱帯域における降水判定に改善が見られた。

瀬戸心太・久保田拓志・井口俊夫・高橋暢宏・沖大幹：GSMaP および GPROF による陸上降水強度推定の評価—低周波数チャンネルの役割に着目して

Shinta SETO, Takuji KUBOTA, Toshio IGUCHI, Nobuhiro TAKAHASHI and Taikan OKI : An Evaluation of Over-Land Rain Rate Estimates by GSMaP and GPROF Algorithms : The Role of Lower-Frequency Channels

本研究では、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載マイクロ波放射計 (TMI) 用の GSMaP および GPROF アルゴリズムによる陸上の降水強度推定値を TRMM 搭載降雨レーダ (PR) の標準アルゴリズムによる推定値との比較により評価した。既往の評価研究に対する本研究の特長として、次の3点をあげることができる。(1) 降雨判定部分とリトリーバル部分から生じる誤差を分離する手法を提案し、それに基づき評価した。(2) 融解層高度および地表面物理温度の変動が推定値に与える影響について定量的に評価した。(3) 低周波数チャンネル (37.0 GHz 以下) の役割に着目した。

GSMaP は、PR の観測を統計的に処理して作成したデータベースを参照しており、月平均・帯状平均で比較すると、GSMaP と PR の推定値はよく一致する。ただし、降雨頂高度が高い (低い)、層状性 (対流性) の、夕方 (午前中) の雨に対して、降水強度を高く (低く) 推定するといったバイアス特性が、GPROF と同様にみられる。降雨頂高度に対する依存性は、85.5 GHz 観測に現れる固体降水の散乱シグナ

ルを利用する散乱アルゴリズムにとって本質的なものである。

いくつかのアルゴリズムでは、低周波数チャンネルが補助的に用いられており、上に示したバイアスを一部緩和する役割を果たしている。GSMaP の Version4.7では、37.0 GHz から散乱シグナルを得ることで、同 Version4.5で顕著に見られた降雨頂高度が10 km を超える背の高い雨に対する過大評価を緩和することに成功している。また、融解層を持つ層状性降水の場合、GSMaP による降水強度推定値は融解層高度に負の依存性を示すが、GPROF では、21.3 GHz または10.7 GHz を用いることで、結果的に推定値の融解層高度に対する依存性が打ち消されている。なお、低周波数チャンネルは陸面の物理温度の影響を受けるが、融解層を持つ層状性降水の場合において、降水強度推定値が陸面の物理温度に依存するとは認められなかった。今後、陸上での降水強度推定を改善するために、低周波数チャンネルのより有効な利用方法を検討するべきである。

久保田拓志・牛尾知雄・重 尚一・木田智史・可知美佐子・岡本謙一：雨量計により補正された地上レーダデータを用いた高分解能衛星推定降雨データセットの日本域での検証

Takuji KUBOTA, Tomoo USHIO, Shoichi SHIGE, Satoshi KIDA, Misako KACHI and Ken'ichi OKAMOTO : Verification of High Resolution Satellite-Based Rainfall Estimates around Japan Using a Gauge-Calibrated Ground Radar Dataset

低軌道衛星の受動マイクロ波センサと静止気象衛星の赤外放射計を組み合わせることで、高時空間分解能

の全球降雨プロダクトが提供されるようになった。本研究では、気象庁によって提供されている雨量計で補

正したレーダデータ（解析雨量）を真値として、6種類の衛星降雨推定雨量の比較を2004年1～12月の期間で行った。静止気象衛星の赤外データを使って雲移動ベクトルを算出し、それをういてマイクロ波センサから算出した降雨強度の時間補間を行うプロダクトでよい検証結果が得られた。衛星推定降雨量は暖候期の弱い降雨強度と非常に強い降雨強度で精度が悪くなる傾向が得られた。

さらに、データソースや地表面タイプについての解

析を行った。受動マイクロ波イメージャは最もよい検証結果を得たが、さらに受動マイクロ波サウンダを組み合わせることで、より効果的になることが確認された。全体として、衛星推定降雨量の精度は海上でよく、山岳域で悪い。受動マイクロ波放射計アルゴリズムの問題により、海岸上で精度が悪くなる傾向がある。本研究では地形性豪雨に注目し、衛星推定雨量が非常に強い降雨の際に精度が悪くなることと地形性豪雨の鉛直構造が関係していることを示唆した。

Liang HONG・W. Linwood JONES・Thomas T. WILHEIT・Takis KASPARIS：TMIとWindSatの衛星間のマイクロ波放射計の較正についての2つのアプローチ

Liang HONG, W. Linwood JONES, Thomas T. WILHEIT and Takis KASPARIS: Two Approaches for Inter-Satellite Radiometer Calibrations between TMI and WindSat

本論文は、僅かに異なる周波数、入射角を持つマイクロ波放射計間の輝度温度の観測バイアスをなくすための衛星間の放射計の相互較正の最近の進展について述べる。この研究の動機は、正確な相互較正法を様々な衛星搭載放射計について開発し、Global Precipitation Measurement (GPM) 衛星群に対して応用することである。この研究の意義は、複数のマイクロ波放射計から、機器によるバイアスのない一貫した数十年にわたる輝度温度の観測値が作られることである。これによって全球的な気候変動の研究が可能になる。

異なる放射計チャンネル間の海上の輝度温度のテイラー級数展開と多チャンネル輝度温度観測間の非線形回帰という、2つの独立した較正法について記述する。第1の較正法では、目標とする周波数の輝度温度を、元となる周波数の輝度温度からのテイラー展開で

表現する。輝度温度と周波数の関係は、海面と大気からの放射の放射伝達モデル (RTM) を用いた計算で求められる。同様に、放射計間の入射角の違いは、RTMで計算された輝度温度の入射角についての偏微分を使って補正される。第2の較正法は、様々な周波数、偏光の放射計輝度温度の間の相関に基づき、輝度温度の非線形関数を用いた回帰式を使う。

これらの較正法を、太陽非同期の TRMM マイクロ波放射計と太陽同期の極軌道を持つ WindSat について、2003-04年の観測を用いて、ほぼ同時の海上での輝度温度の組に対して比較した。これらの2較正法の結果は高い相関を示したが、TMIとWindSatの間にチャンネル毎にはほぼ一定の輝度温度の差 (~1-2 K程度) がみられた。これらは、有意な放射計の較正差で、物理量の推定の前に取り除くことができる。

Nai-Yu WANG・Chuntao LIU・Ralph FERRARO・Dave WOLFF・Ed ZIPSER・Chris KUMMEROW：TRMM 2A12の陸上降水プロダクトステータスと将来計画

Nai-Yu WANG, Chuntao LIU, Ralph FERRARO, Dave WOLFF, Ed ZIPSER and Chris KUMMEROW: The TRMM 2A12 Land Precipitation Product—Status and Future Plans

TRMM マイクロ波イメージャ (TMI) の2A12プロダクトは陸上と海上で異なる降水リトリバルアルゴリズムから構成されている。即ち、海上では放射アルゴリズム、陸上では散乱アルゴリズムが用いられている。本論文では2A12のバージョン6の陸上アルゴリズムの現在のステータスを報告するとともに、将来

のTMIのバージョン7およびGPMのGMIバージョン1に対する方向性も述べる。

全球規模では2A12の陸上アルゴリズムはTRMM降雨レーダ (PR) の2A25や雨量計観測と比較した場合にバイアスを生じており、GPCCとは6%程度、PRとは20%程度のバイアスがあった。詳細な比較を

行くと地域や季節のバイアスがあり、最大のバイアスは暖候期の対流性降雨の多い地域や半乾燥地域に見られる。負のバイアスは85 GHzでの散乱信号が検出できない暖かい雨の領域で見られた。TRMMの検証サイトの地上レーダ（フロリダ州メルボルン）との瞬時データの比較では2A12はやはり正のバイアス（過大評価）が見られた。最大の差は 2 mm h^{-1} 以下の降水強度の領域で見られた。

これまでわかってきた誤差についても本論文に示した。例えば、深い対流システムでは過大評価、暖かい雨では過小評価すること、そして雪面や砂漠ではアル

ゴリズムのスクリーニング手法に起因する異常値を示した。

将来のTRMM TMIのバージョン7に向けた改良についても言及した。主な改良としては、地表面の特徴を決める補助データの採用、降水強度と輝度温度の関係をより安定したものにするために数値予報モデル出力を用いて大気パラメータ（例えば地表面温度、水蒸気量）ごとにPR-TMIのマッチアップしたデータセットを作成した。最後にGPM/GMIのV1アルゴリズムの基礎となる高周波マイクロ波放射計データを用いた陸上アルゴリズムの展望についても述べた。

Thomas T. WILHEIT・Christian D. KUMMEROW：TRMM-PRを用いたTMIによるビーム充填誤差補正の推定

Thomas T. WILHEIT and Christian D. KUMMEROW：Use of the TRMM-PR for Estimating the TMI Beam Filling Correction

降雨強度と輝度温度との関係は非線形であるため、TMIなどマイクロ波放射計の瞬時視野（FOV）内での降雨構造は降雨強度の推定に誤差をもたらす。TRMM降雨レーダ（PR）から得られた降雨構造を用いて、この構造に起因する偏差を推定した。また、不規則誤差や偏差に含まれる地域あるいは季節スケールの不確かさも推定した。FOV内での降雨強度の分

散 V を用いてこの偏差を表現した。分散 V は、 $\langle r \rangle$ をFOV内での平均降雨強度とした時に、 $V = a \langle r \rangle^b$ の形で関係づけている。軌道上昇前のTMIの19.35 GHzの分解能に対しては、 $a = 0.144 \text{ mm}^2 \text{ h}^{-2}$ 、 $b = 2.46$ とした時に一番よい結果が得られた。ビーム充填誤差は降雨強度が小さいときには非常に少なく、降雨強度の増加とともに増加する。

A. K. MITRA・A. K. BOHRA・M. N. RAJEEVAN・T. N. KRISHNAMURTI：雨量計データとTRMM TMPAデータを融合させた降水量推定法によるインドにおける日降水量の解析

A. K. MITRA, A. K. BOHRA, M. N. RAJEEVAN and T. N. KRISHNAMURTI：Daily Indian：Precipitation Analysis Formed from a Merge of Rain-Gauge Data with the TRMM TMPA Satellite-Derived Rainfall Estimates

熱帯降雨観測衛星（TRMM）のTMIおよびPRは衛星による降水量推定技術を向上させた。インド気象局（IMD）雨量計データをTRMM複合衛星降水解析（TMPA：3B42）と融合させるアルゴリズムをインドモンスーン地域で検証した。大規模なモンスーン降水場を調べるために雨量計と衛星を融合させた緯度経度1度の日降水量データをインドモンスーン地域について作成した。第一推定値としてはTMPA日降水量データを用いている。IMD雨量計データを用いてTMPAのバイアスを補正した。TMPAだけでもモンスーン降水量の時空間パターンを表現できるが、

雨量計データを融合することにより作成された衛星雨量計融合データ（NMSG）の値は衛星の情報により信頼できるものになり、TMPAより代表性が良いことがわかった。陸域についてはIMD国立気候センターによって作成された同じ空間分解能の日降水量、月降水量、および季節降水量分布を用い比較を行った。この独立したデータセットについての比較からNMSGの有用性が確認された。NMSGデータから衛星データがバイアスを持つ領域があることがわかった。客観的な統計スコアからもNMSGのよさが確認された。NMSGデータはモンスーン域の数値実験に

よる降水の大規模場の特徴の検証に用いることができる。

Robert F. ADLER・Jian-Jian WANG・Guojun GU・George J. HUFFMAN：TRMM 降水プロダクトコンポジットに基づく10年間の熱帯降雨気候値

Robert F. ADLER, Jian-Jian WANG, Guojun GU and George J. HUFFMAN: A Ten-year Tropical Rainfall Climatology Based on a Composite of TRMM Products

熱帯の地上降雨の新しい気候値が10年間の Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) 降水リトリバル値をもとに記述される。この TRMM コンポジット気候値 (TCC) は、陸海で選ばれた TRMM 降水プロダクトの組み合わせから構成される。この新しい気候値は TRMM の地上降水強度推定のまとめとして、TRMM 以外の降水の推定値や全球モデルの降水予報との比較に有用である。

各月と年間の平均の降水量は3つのプロダクトの単純平均値で決められる(陸上と海上では異なるプロダクトの組み合わせを行う)。海上で用いた TRMM 降水プロダクトは、マイクロ波放射計 (2A12)、レーダ (2A25)、およびレーダとマイクロ波放射計の複合リトリバル (2B31) の出力である。陸上では、2A12 の代わりに複数衛星のマイクロ波放射計データと地上雨量計データを用いたプロダクト (3B43) を使っている。各点での3つのプロダクトの標準偏差を平均値

の信頼度の指標および推定誤差として使うことができる。この気候値で海陸を含めた TRMM 領域 (北緯35度—南緯35度) での平均の降水量は2.68 mm/日で標準偏差は0.05 mm/日 (平均値の2.0%) である。海上 (陸上) での平均の降水量は 2.74 (2.54) mm/日、標準偏差の平均値に対する比は2.1 (5.4%) である。陸上で推定誤差が大きくなるのは、陸上 (特に山岳、海岸) で衛星データ (特にマイクロ波放射計データ) による降水リトリバルがより困難になることが原因である。

異なる緯度帯に対する帯状平均値、季節変動および各降水プロダクトのコンポジット気候値との関係が示される。Global Precipitation Climatology Project (GPCP) の解析値との比較は、中緯度海上と、夏期モンスーン期のオーストラリア北部とインドで、TCC の値が GPCP より低くなっていることを示す。

増永浩彦：TRMM 観測による南半球夏季の MJO および低周波赤道波の研究

Hirohiko MASUNAGA: A 9-season TRMM Observation of the Austral Summer MJO and Low-frequency Equatorial Waves

熱帯降雨観測衛星 (TRMM) による長期観測解析にもとづき、マデン・ジュリアン振動 (MJO)、ケルビン波、赤道ロスビー (ER) 波の研究を行った。熱帯振動の個々のモードに伴う対流発達過程を明らかにするため、TRMM 降雨レーダ (PR) および可視赤外線観測装置 (VIRS) 観測データを共に利用した。海面水温 (SST)、鉛直積算相対湿度 (CRH)、湿度収束などを含む力学的および熱力学的な環境場の変動についても解析を行った。MJO では対流ピークに10日ほど先立ち海面の昇温が見られた一方、ケルビン波と ER 波については SST の先行的な上昇は MJO ほど明確ではなかった。MJO コンポジット図において、湿度収束と CRH は赤道から離れたピーク一組と赤道上

の弱いピークから構成される馬蹄型のパターンを示した。ケルビン波は理論的に予想されるとおり対流ピークに先行する赤道上の湿潤偏差を伴うが、湿潤偏差パターンはそのほか極方向に張り出す成分も認められた。

本研究の結果を総合し、MJO 伝播過程を説明し得る物理機構について議論した。インド洋で発生した MJO 対流は、ケルビン波によりその東進が導かれる。MJO が西太平洋に侵入し対流活動域が赤道から離れていくにつれ、ケルビン波は MJO 伝播機構における役割を失う。他方、ケルビン波対流加熱に対する応答として極方向への湿度輸送が促され、赤道から離れた領域で対流圏中層を湿潤化する。結果として形成され

る湿潤偏差が、ER波擾乱が到着した際にMJO対流の急激な活性化をもたらす要因になるという仮説を立てた。ケルビン波とER波が関与するそのような協同

作用は、一部のMJOイベントの駆動源として機能している可能性がある。

中澤哲夫・Kavirajan RAJENDRAN：TRMM 3A25データを用いた熱帯降雨特性の変動と高度変更の影響

Tetsuo NAKAZAWA and Kavirajan RAJENDRAN：Interannual Variability of Tropical Rainfall Characteristics and the Impact of the Altitude Boost from TRMM PR 3A25 Data

1997年12月から2007年12月までのTRMM降雨レーダー(PR)の3A25データを用いて主成分分析を行い、熱帯域での降水特性の全球及び地域における年々変動を調べた。その結果、このデータから、2002年や2004年の準エルニーニョ期を含むエルニーニョ・ラニーニャ期に密接に関連した熱帯域での降水の年々変動が、海面水温変動とともに検出できることがわかった。さらに、2001年8月に高度350キロメートルから400キロメートルに変更されたTRMM衛星高度の変化の影響を調べた。その結果、この高度変更が弱い降雨強度の年変化に影響していることがわかった。弱い

対流性降雨強度の起きる回数には年変化が見られ、高度変更後にはその平均値が高度変更前に比べ減っていることや、弱い層状性降雨強度と総降雨強度の起きる回数では、それらに見られる年変化の振幅が弱まっていることがわかった。しかしながら、年々変動について見ると、エルニーニョ・ラニーニャの明瞭な時空間構造が顕著に見られ、高度変更の影響は見られなかった。一方、強い対流性降雨強度についても、その頻度が高度変更後、特に陸上で減っているが、この減少が高度変更の影響であると結論づけることは困難であった。

高藪 縁・彦坂健太：梅雨期の海上における降雨特性についてのTRMM PRデータを用いた統計的解析

Yukari N. TAKAYABU and Kenta HIKOSAKA：Statistical Analysis of Oceanic Rainfall Characteristics in the Baiu Season Utilizing TRMM PR Data

梅雨期の日本南方海上における降雨特性の時間変化を定量的に解析し、環境場の変化との関係を議論した。降雨特性の解析にはTRMM降雨レーダー(PR)データを利用し、環境場の解析には気象庁の6点の高層観測データおよび気象庁客観解析データを用いた。1998-2006年の9年間の梅雨期を解析した。

9年分のTRMM PRをカレンダー日に固定して合成した時間変化からは、梅雨期の後半には、環境の大気成層の不安定化に伴って背の高い雨が有意に増加することが示された。次に、高層観測から求めたCAPEの値から、梅雨期を期間平均CAPE値よりCAPEが小さい日「前期的な日(EPT日)」と大きい日「後期的な日(LPT日)」に分け、それぞれの期間における降雨の特徴を解析した。EPT日には、降雨強度 $\sim 2.5 \text{ mm h}^{-1}$ 、降雨頂高度 $\sim 5 \text{ km}$ で特徴づ

けられる、梅雨前線に伴う弱い層状性降雨が卓越する。一方、LPT日には対流性降雨の割合が増加すると共に、層状性降雨は強度 $\sim 5.0 \text{ mm h}^{-1}$ 、降雨頂高度7-7.5 kmで特徴づけられる梅雨前線上の雲クラスターの雨が卓越する。

緯経度1度格子のTRMM PRデータから、対流性降雨の割合(35%)と降雨強度(2.5 mm h^{-1})との閾値から、雨を4つのタイプに分類した。タイプ1は梅雨前線上の弱い層状性の雨、タイプ2は組織化した雲クラスターを含む雨、タイプ3は亜熱帯高気圧下の比較的浅い対流性の雨、タイプ4は、タイプ1とタイプ2の時間的なミックスである。降雨タイプと周囲の環境場の統計からは、1000 hPaの相当温位や平均海面気圧などの環境場の情報から卓越する降雨特性を診断することの可能性が示唆された。

広瀬正史・沖 理子・David A. SHORT・中村健治：10年間の TRMM PR データによる規模別降水システムの地域特性

Masafumi HIROSE, Riko OKI, David A. SHORT and Kenji NAKAMURA : Regional Characteristics of Scale-based Precipitation Systems from Ten Years of TRMM PR Data

10年間蓄積された熱帯降雨観測衛星搭載降雨レーダ (TRMM PR) データを用いて、個々の降水システムのデータベースを作成し、降水域の大きさで分類した降水システムの地域的特徴を調べた。

はじめに、降水域の面積や降水タイプ (対流性・層状性降雨) によって分類した降水システムの日周特性を調査した。陸の大部分では、小規模の降水システム (<10²km²) が午後の早い時刻に最大降水量をもたらし、続いて大規模の降水システム (>10⁴km²) が夕方最大降水量を示していた。大規模の降水システムの最大降水時刻の空間分布には伝播が顕著に見出された。一方、小規模の降水システムはほぼ同じ地方時に最大降水量を示していた。小規模の降水システムは、

最大降水の地方時の空間分布が海陸それぞれにおいてほぼ一様であった。しかしこのような小規模降水システムの降雨強度の鉛直分布には、地域性があることが分かった。

次に、大雨をもたらす降水システムの分布と年々変化を調べた。大雨をもたらす降水システムは、連続した降雨域の総降水量が最大から1000事例の降水システムとして定義した。これらの降水システムは不均一に分布しており、特にラブラタ川流域や北西太平洋及び西太平洋域において多数検出された。熱帯全域における大雨をもたらす降水システムの個数の年々変化は、西太平洋域における熱帯低気圧の発生と関連していることが分かった。

Daniel J. CECIL・Matt WINGO：TRMM による台風に伴う降雨の強度推定値の比較

Daniel J. CECIL and Matt WINGO : Comparison of TRMM Rain-Rate Retrievals in Tropical Cyclones

台風に対して4つのアルゴリズムで与えられる降雨強度がどれほど違うかを調べた。Remote Sensing Systems (RSS) の新旧二つのバージョン (V03, V04) による降雨推定値を、TRMM の標準アルゴリズムである TMI 2A12および PR 2A25の V6を RSS で用いられている0.25度格子に落としたものと比較した。RSS V03は、しばしばそのアルゴリズムの上限である25 mm h⁻¹に達する降雨強度を推定し、他のアルゴリズムの倍以上の雨を出している。現在使われている他の3種類のアルゴリズムの中では、台風の中心から半径100 km 以内の領域で平均したときには、PR 2A25が最も降雨量を多く推定している。PR 2A25が、非常に強い雨のあるほんの少しの割合のグリッドにおいて、100 mm h⁻¹にも達する他よりもずっと強い降雨強度を推定しているためである。TMI 2A12は他に比べ5 mm h⁻¹付近の中程度の降雨強度を高頻度で推定し、合計では最も少ない降雨を出力している。アルゴリズム間の差は、カテゴリ3から5の台風の中心近くで最も大きくなっている。弱い台風や、台風の中

心から離れた所では、3つのアルゴリズムによる平均の降雨強度推定値は一致する傾向にある。しかし、領域平均で合うとはいえ、グリッド単位の降雨強度の分布は全く異なっている。PR 2A25では、降雨強度の大きいグリッドからの寄与が大きく、弱い雨や中程度の強度の雨からの寄与はほとんどない。RSS V04では大半が10 mm h⁻¹程度のグリッドから来ている。TMI 2A12では10 mm h⁻¹付近からの寄与はそれより少ないが、たまにあるより強い雨 (15 mm h⁻¹程度) と頻繁にある少し弱い雨 (5 mm h⁻¹程度) からの寄与が全体のバランスを取っている。0.25度スケールでは、TMI による推定値同士の方が PR 2A25とよりはお互いによく合っている。TMI 2A12より、二つの RSS よるものの方が PR 2A25によく合っている。いずれの場合も、お互いの相関は、降雨のないグリッドや弱い雨のグリッドを含ませるようにするほど (すなわち、弱い台風を含ませる、あるいは、対象とする範囲 (中心からの半径) を大きくするほど) よくなる。

井上豊志郎・Daniel VILLA・Kavirajan RAJENDRAN・濱田 篤・Xianqian WU・Luiz MACHADO :
TRMM および GOES-W によって観測された東部熱帯太平洋における深い対流システムのラ
イフサイクル

Toshiro INOUE, Daniel VILLA, Kavirajan RAJENDRAN, Atsushi HAMADA, Xianqian WU and Luiz MA-
CHADO : Life Cycle of Deep Convective System over the Eastern Tropical Pacific Observed by TRMM
and GOES-W

東部熱帯太平洋における深い対流システムの発生から消滅についてスプリットウインドウ（11および12ミクロン）によって分類された雲型の観点から調べた。本研究では2001年1月から2002年12月までの2年間について1時間ごとに観測された米国の静止衛星（GOES-W）に搭載されたスプリットウインドウデータを用いた。深い対流システムの発生から早い段階では積乱雲型の雲が支配的で、時間の経過とともに巻雲型の雲が増加することがわかった。今回の解析期間、

解析領域の結果からは、ある時間での深い対流システムが発達、成熟、衰退のどのステージにあるかを、深い対流雲域内の巻雲の占める割合を計算することでその時間に観測された画像のみから定性的に判定できた。対流雲域内の巻雲の割合（ステージ）と降水強度の関係性を調べるためにほぼ同時観測されたTRMMの降雨レーダーを用いた。その結果、深い対流システムが発生して早い段階（対流雲域内の巻雲の割合が小さい時期）に降水強度がより強いことがわかった。

T. N. KRISHNAMURTI・A. K. MISHRA・Anu SIMON・谷田貝亜紀代：インドの稠密な雨量計ネットワークを使ったTRMM複合プロダクトと気象モデルのダウンスケールの改良

T.N. KRISHNAMURTI, A.K. MISHRA, Anu SIMON and Akiyo YATAGAI : Use of a Dense Rain Gauge Network
over India for Improving Blended TRMM Products and Downscaled Weather Models

本研究は、TRMMの出力である3B42（3 hourly 降水強度、格子点データ）をインドの2100近くの雨量計ネットワークで統計的に補正した。この補正した降水量データをフロリダ州立大（FSU）マルチモデルスーパーアンサンブルの降水予報値のダウンスケーリングに使うことで、その有効性を示す。このFSUマルチモデルスーパーアンサンブルは、各数値予報センター（ECMWF, NCEP, JMA, BMRC）の全球モデルの予報値の統計的加重平均をするものである。この降水予報値のダウンスケーリングは、モデルのアンサンブルを、本研究で補正した降水量データでト

レーニングすることで行われる（具体的には、ある期間について、格子点毎に降水予報を降水量データに対して、統計的にフィッティングして補正係数を求めることで行う）。このダウンスケーリングで作られた‘メソスケールスーパーアンサンブル’の予報のスキル（エクイタブルスレットスコア、アノマリ相関、標準偏差）を、本研究で補正した降水量データをもちいて検証した。その結果、‘メソスケールスーパーアンサンブル’は、各数値予報センターの予報値やそのアンサンブル平均、バイアス補正済みアンサンブル平均よりも高い予報スキルを示す。

原 政之・吉兼隆生・高橋 洋・木村富士男・時岡達志・野田 彰：20 km 格子 GCM で再現された海洋大陸上における降水の日変化のTRMM PR データを用いた検証

Masayuki HARA, Takao YOSHIKANE, Hiroshi G. TAKAHASHI, Fujio KIMURA, Tatsushi TOKIOKA and Akira NODA : Assessment of the Diurnal Cycle of Precipitation over the Maritime Continent Simulated by 20-
km Mesh GCM Using TRMM PR Data

本研究では、海洋大陸上を対象として20 km 格子MRI-GCMで再現された降水とTRMM 2A25 near

surface rainの再現性の比較検証を行った。特に、降水の日変化と位相の分布を焦点としている。水平ス

ケールが200 km よりも小さい島嶼・海峡では、降水特性の再現性が高かった。一方、スマトラ島・ボルネオ島などの水平スケールが大きい島では、降水の日変化の位相の再現性が低かった。これらの島上では、20 km 格子 MRI-GCM で再現された降水は午後早い時刻に最大になるが、TRMM 2A25では夜間に最大となる。特に水平スケールが大きい島の内陸部では、再現された降水の日変化が観測値と逆転している。また、スマトラ島西岸沖では降水量が過小評価となっており、海岸線に直交する方向に系統的な位相のずれも見られた。一方、水平スケールの大きなボルネオ島上での積雲対流パラメタリゼーションを用いずに、非静

力学モデルによる高解像度の実験では降水の日変化の位相が観測されたものを良く再現された。また、降水帯の移動や内陸部において深夜に降水が最大となる様子が再現された。局地循環の再現を行うために20 km の解像度は十分であると考えられるが、20 km 格子 MRI-GCM では水平スケールが200 km 以上の大きな島上などの降水の日変化の再現性が低い場所がある。この原因は、20 km 格子 MRI-GCM で用いられている積雲対流パラメタリゼーションでは対流活動と局地循環が結合したシステムを適切に表現できないためと考えられる。

永戸久喜・青梨和正：衛星搭載マイクロ波放射計及び地上レーダ観測データを用いた梅雨前線に伴う降水水系についての雲解像モデル降水物質予測特性の検証

Hisaki EITO and Kazumasa AONASHI: Verification of Hydrometeor Properties Simulated by a Cloud-Resolving Model Using a Passive Microwave Satellite and Ground-Based Radar Observations for a Rainfall System Associated with the Baiu Front

気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) を用いて、2004年6月8日に沖縄付近で観測された梅雨前線に伴う降水系の再現実験を行い、その結果を衛星搭載マイクロ波放射計および地上レーダ観測データと比較することによって、JMA-NHM に実装されている雲微物理スキームの検証を行った。

JMA-NHM は、形状や位置及び降水強度など観測された降水系の特徴を良く再現した。JMA-NHM の実験結果を用いて見積もられたレーダ反射強度やマイクロ波輝度温度を、情報通信研究機構沖縄偏波降雨レーダ (COBRA) や改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) による同時刻の観測データと比較した。JMA-NHM の実験結果は、融解層以下のレーダ反射強度や低周波 (18.7 GHz) のマイクロ波輝度温度において観測と良く一致しており、JMA-NHM が液体降水粒子の量を良く再現していることが示された。しかしながら、融解層より上空のレーダ反射強度や高周波 (36.5 GHz 及び89.0 GHz) のマイクロ波輝度温度

の観測との比較から、JMA-NHM が固体降水粒子による散乱を過剰に見積もっていることが示唆された。これは、JMA-NHM が昇華によって雪を過剰に生成しているためであることがわかった。

過剰な雪の生成は、JMA-NHM で仮定されている雪の落下速度を速くすることや、ライミングによってあられに変換される雪の割合を増やすなどの JMA-NHM の雲微物理スキームを調整することで緩和されることがわかった。これらの調整を組み合わせることによって雪の量や粒径の過大評価が改善され、JMA-NHM の実験結果が COBRA の観測とよく一致するようになった。さらに、これらの調整によって高周波数帯、特に36.5 GHz の輝度温度の実験結果も改善された。しかしながら、高周波数帯における AMSR-E 観測との誤差はまだ残っており、マイクロ波放射計降水観測への利用には、雲微物理スキームの更なる調整と改良が必要であることが示唆された。