



1999年5月25日 (No.1)

## CONTENTS

1	はじめに .....	1
2	TRMM フォローオンの状況について .....	1
3	TRMM コロキウム (第5回、第6回).....	2
3.1	TRMM PR の検証.....	2
3.2	VERTICAL STRUCTURE OF RAINFALL SYSTEMS FROM THE TRMM PR.....	2
3.3	TRMM 降雨レーダの校正.....	2
4	最新画像 .....	3
5	TRMM ホームページ .....	5
5.1	PR (準リアルタイム画像).....	5
5.2	TMI (最新 SST 画像).....	6
5.3	VIRS (最新 SST 画像).....	6
	トピックス.....	6

## 1 はじめに

TRMM は 1997 年 11 月に宇宙開発事業団種子島宇宙センターから打ち上げられて以来、1 年以上経過し、降雨観測パッケージは順調に運用されています。1997 年から 1998 年にかけては史上最大とも言われる大きなエルニーニョがあり、TRMM はその減衰期からラニーニャに至る 1 年を観測しています。この観測では、熱帯赤道域の降雨域が東西ばかりでなく、南北にも移動している様子が明瞭に示されています。

また、TRMM 搭載降雨レーダ (PR) の降雨の 3 次元構造を海、陸を問わず観測できる能力から、降雨頂の世界分布も世界で初めて得られています。

TRMM は打ち上げ後のチェックアウトまた地上検証を通じてそのデータの信頼性を確認し、1998 年 9 月にデータの一般公開を開始しています。TRMM PR は世界で初めての衛星搭載降雨レーダであり、降雨観測からの降雨量の世界分布のより高精度の測定が第一の目的です。現在、PR の降雨量推定値と他の推定値との比較が精力的に行われており、PR の推定値は他の推定値と較べて低めに出るという傾向が現れています。

これには降水量推定法の中のパラメータなどにも問題があると考えられていますが、このような差そのものが研究対象と考えられます。このように絶対値には未だ問題を残しているものの、降雨分布は十分に信頼できます。

TRMM ニュースは今まで、主に TRMM の国内 PI への現状周知を目的として配付してきました。TRMM の運用状態などについては web site などからも知ることはできますが、必ずしも十分とは言えません。また、今後、TRMM のデータを実際に使った研究成果も大いに期待できるなかで、その結果の早期周知によるより幅広い研究を推進する必要があると考えられます。早期結果の討議のためには学会などを別にしても EORC において月 1 回程度で行われている TRMM コロキウムもあります。これは毎回 20 人程度で対話的に討議する場としては機能していますが、初期結果を広く周知するメカニズムとしては不十分です。

このような現状から、今回、TRMM ニュースを装いを新たにして発行することと致しました。今後は、年 4 回程度の発行を予定し、また、TRMM の運用状況などとともに、初期結果であるかもしれませんが最新の研究成果を載せ、研究交流としての役目も持たせたいと考えております。配付先も幅広く考えております。本ニュースが TRMM データのより広くかつ深い利用に少しでも助けとなり、地球大気システムの研究に寄与することを願っています。

(TRMM プロジェクトサイエンティスト  
名古屋大学大気水圏科学研究所 中村健治)

## 2 TRMM フォローオンの状況について

TRMM の後継ミッションとして、平成 8 年度に太陽非同期地球観測ミッション、平成 9 年度から降水観測技術衛星 (ATMOS-A) として、衛星システム並びに 2 周波降雨レーダの研究を進めてきた。しかし、TRMM が打上げられて数々の観測成果を得ているにもかかわらず、他プロジェクトとの関係から ATMOS-A を開発するという具体的な所までは至っていなかった。

一方、平成 10 年頃に NASA の TRMM 関係者は TRMM と同様に降雨レーダを搭載したコア衛星 1 個とマイクロ波放射計のみを搭載した小型衛星 8 個によるグローバル降雨観測ミッション GPM (Global Precipitation Mission) を提唱し、NASA 内部で高い評価を得た。この GPM は ATMOS-A の後継ミッションとして、2009 年の打上げとされていた。

このような状況を踏まえ、平成 11 年 1 月下旬に TRMM 後継ミッションに関する協力関係の調整を NASA と行い、ATMOS-A とコア衛星を統合して、衛

星バスとマイクロ波放射計を NASA が、2 周波降雨レーダ(DPR)とロケットを NASDA が提供するという TRMM 方式を継承する方向で、2006 年頃の打上げを目指して検討することになった。コア衛星は、NASA の衛星カタログリストでサポートされている衛星バスを使用することから、観測機器は 500kg/500W を満足させる必要がある。そのため、2 周波降雨レーダの軽量化/低消費電力化が一つの開発課題で、現在検討を行っている。

本年秋頃に NASA と NASDA 共同による、TRMM フォローオンに対するワークショップを開催し、TRMM フォローオン計画の実現に向けて具体的な検討を開始していく予定である。

(宇宙開発事業団 地球観測システム本部  
地球観測システム技術部 川西登音夫)

### 3 TRMM コロキウム (第 5 回、第 6 回)

第 5 回:1999 年 3 月 18 日開催

第 6 回 1999 年 4 月 8 日開催

EORC では、TRMM 研究に関連する情報交換を目的として、「TRMM コロキウム」を開催しております。研究ベースの自由なディスカッションの場となることを目指し、月に 1 回程度の開催を予定しています。なお、世話人は沖(riko@eorc.nasda.go.jp)がやっております。お問い合わせ、話題提供のご要望、などがあればお寄せ下さい。

#### 3.1 TRMM PR の検証

発表者:中村健治、Ji Li、広瀬正史、B.C. Bhatt  
(名古屋大学大気水圏科学研究所)

熱帯降雨観測衛星 (TRMM)には世界で初めての降雨レーダが搭載されている。この降雨レーダの検証名古屋大学と通信総合研究所鹿島宇宙通信センターにおかれた雨滴粒径分布計などによって行った。

レーダは降雨の反射因子を測定し、降雨強度そのものを測定するわけではない。レーダ反射因子から降雨強度を推定するには雨滴粒径分布が必要となる。名古屋大学と通信総研の雨滴粒径分布計によるデータからレーダ反射因子と降雨強度を比較した。1998 年 2 月から 9 月までで、雨滴粒径分布計のあるところで、ある程度以上の降雨が TRMM overpass 時にある、というケースを探し、19 ケースについて比較した。PR と雨滴粒径分布から得られたレーダ反射因子は 2dB 程度以内で一致が得られた。4 月までは PR が若干多めに、またその後はその逆に小さめに出ているという傾向が見られた。また降雨強度についての比較では全体としては概して PR の方が低い降雨強度を示した。この差は一つにはレーダ反射因子そのものでも PR が若干低く測定していることがある。また PR の 0.5 度メッシュの月降雨量と AMeDAS 月降雨量を比較も行った。降雨の分布はかなり差があり直接比較は難しいが、全体的には PR はより少ない降雨を推定している。別の独立な検証のために、降雨

の直接エコーとミラーエコーとの比較を行った。直接エコーとミラーエコーの強度の比は降雨減衰を含んでおり、降雨減衰は降雨強度と良い相関があることから、レーダ反射因子から直接に推定される降雨強度とは別の推定が得られる。この比較からもレーダ反射因子から直接に推定される降雨強度が弱い傾向があるという結果が得られた。

IMCET'98 時の TRMM PR、航空機搭載レーダ (CAMPR)、地上レーダとの比較も行っている。観測時刻の差は降雨域の移動、変動によるミスマッチングを引き起こし、ある程度の相関は明らかに見られるが、1 dB レベルの比較は困難である。

(第 5 回)

#### 3.2 Vertical Structure of Rainfall Systems from the TRMM PR

発表者: Dr. David A. Short  
(IHAS, Nagoya University)

The TRMM PR provides detailed information on the vertical structure of rainfall systems over both land and ocean. The vertical structure information is essential for determining the vertical profile of latent heat release required in numerical weather prediction models. In addition, the vertical structure information is needed to improve rainfall algorithms based on microwave, visible and infrared radiometers. TRMM PR products analyzed in this study include monthly averaged convective and stratiform storm height and bright band height, at spatial resolutions of 5 x 5 degrees and 0.5 x 0.5 degrees (latitude, longitude). Over the Tibetan Plateau the seasonal cycle of storm height and rainfall are well correlated, with the heaviest rainfall occurring in summer when the convective storm height exceeds the stratiform height.

Over the Pacific ITCZ the heaviest rainfall also occurs where the convective storm height exceeds both the stratiform storm height and the bright band height.

(第 5 回)

#### 3.3 TRMM 降雨レーダの校正

発表者: 黒岩博司(宇宙開発事業団  
地球観測システム本部 地球観測システム技術部)

TRMM 降雨レーダ(PR)によって得られる降雨強度は、PR の観測量であるレーダ反射因子(Z 因子)から粒径分布を仮定して求められる。従って、精度の良い降雨観測のためには Z 因子が精度良く測定されている必要がある。レーダ方程式から分かるように、Z 因子を決定するパラメータは、レーダエコー受信電力、送信電力、アンテナ利得等があり、軌道上の PR の特性を知るために、これらパラメータの確認またシステムの校正を定常的に行っている。オーパオールな校正としての能動型レーダ反射装置(ARC)を用いた校正実験の方法と結果、各種パラメータの特性確認結果について報告する。

(第 6 回)

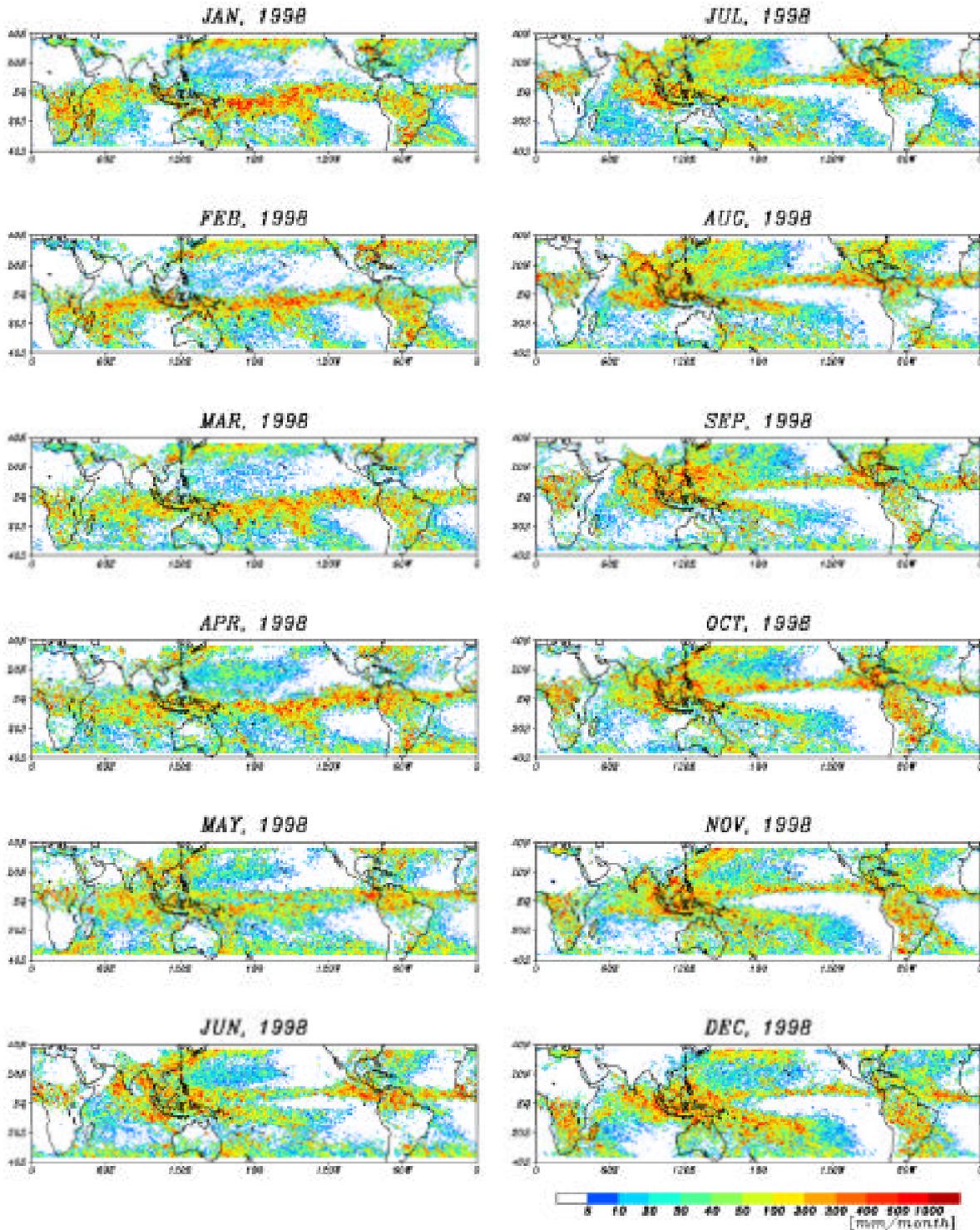
#### 4 最新画像

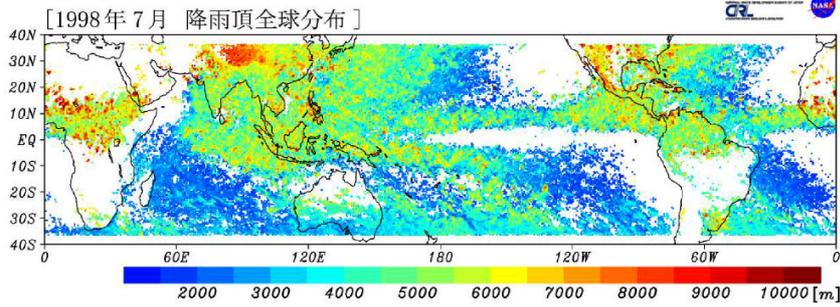
TRMM は、1997 年 11 月 27 日に打ち上げられ、その後順調に観測を続け 1 年が経過しました。NASDA ではその間に観測されたデータの解析結果を公開い

たしました。

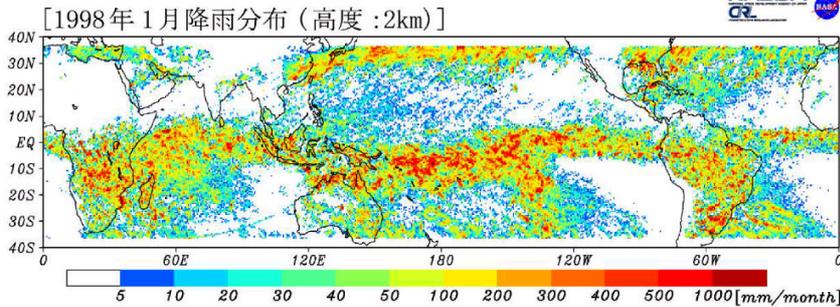
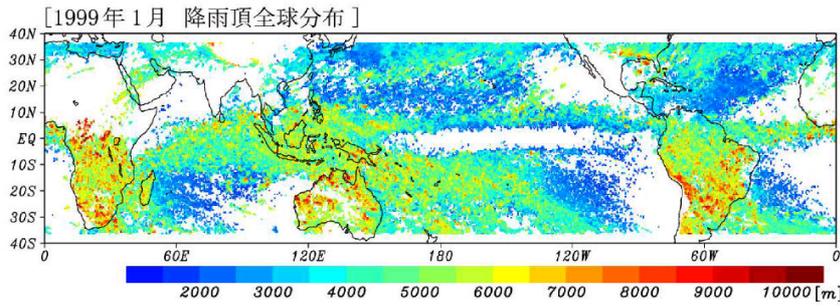
以下は、1999 年 3 月 5 日の記者発表の際に公開された画像と解説文です。

画像 1 TRMM 降雨レーダによって観測された 1 年間の降雨の全球分布 (高度:2km)

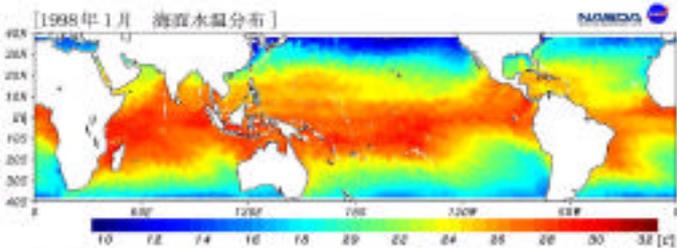
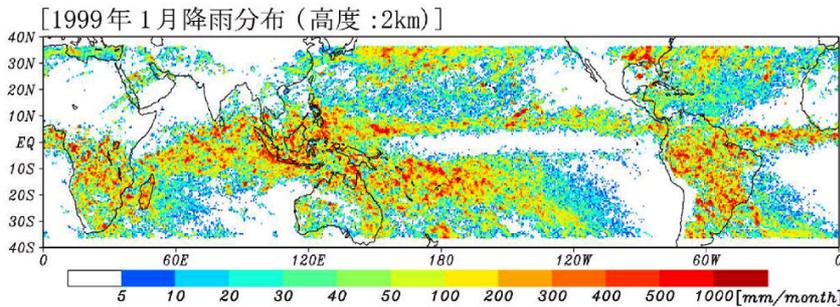




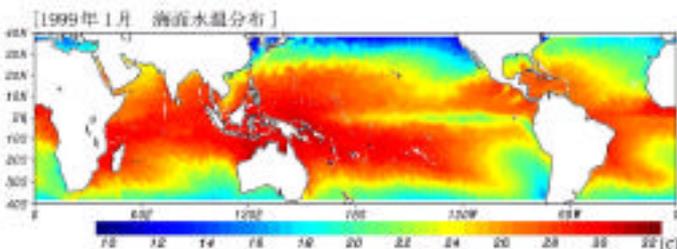
画像2  
TRMM 降雨レーダによって観測された降雨頂の全球分布



画像3  
TRMM 降雨レーダによって観測されたエルニーニョ年と通常年の降雨分布



(補足画像)  
TRMM マイクロ波放射計から求めた海面水温



画像 1 TRMM 降雨レーダによって観測された 1 年間の降雨の全球分布 (高度:2km)

TRMM 衛星は日米共同のプロジェクトとして、1997 年 11 月 28 日に宇宙開発事業団の種子島宇宙センターから打ち上げられました。PR は、日本の郵政省通信総合研究所と宇宙開発事業団によって共同開発された、世界で初めての降雨観測用の衛星搭載レーダです。打ち上げ以来、衛星本体および PR をはじめとする降雨観測用の各機器は正常に動作しており、順調に観測を続けています。

図は熱帯降雨観測衛星 (TRMM) に搭載された降雨レーダ (PR) によって観測された、1 年にわたる月降水量全球分布です。ここでは海面からの高度が 2 km に相当するデータを図示しています。PR は、これまでの衛星搭載センサと異なり、降雨を 3 次元的に観測できること、海上陸上を問わず定量的な観測ができることが大きな特長です。これにより降雨分布の季節変化および年々変動がわかります。

1997 年から 1998 年にかけては、ペルー沖の海水温度が上昇するエルニーニョ現象が起っていました。エルニーニョによって、大気の大循環のパターンが変わり、世界の各地で異常な天候が起こることは良く知られています。エルニーニョが起こると、大気の大循環の活発な領域が変わります。降雨が生成される過程で潜熱が大気に放出され、その場所や高度の違いが大気循環に影響を及ぼします。TRMM によって初めて、大気循環の駆動源である降雨の 3 次元分布を定量的に測定できるようになりました。その情報を用いることによって大気循環の駆動源の実態をより正確に把握することができるため、エルニーニョ発生消滅の過程の解明を含め、異常気象の解明など、広く気象現象の科学的理解に役立つことが期待されています。

1 年を通じて低緯度地域では、降水が多い領域が夏半球側に集中していることがわかります。このような季節変化の他に 1998 年冬季には、エルニーニョの影響により、通常は西太平洋に見られる降雨の多い領域が中部太平洋にシフトしています。5 月には、モンスーンの開始に伴いアジアモンスーン域で急激に降水量が増加しています。またこの頃エルニーニョは急速に終息しました。熱帯において帯状に降水量の多い領域である、熱帯収束帯 (ITCZ) の位置の変化も、この間に急激に起こっている様子がわかります。

画像 2 TRMM 降雨レーダによって観測された降雨頂の全球分布

この図は PR により観測された降雨頂 (降雨の最上端で、海面からの高度を示しています) の全球分布で、上図が 1998 年 7 月、下図が本年 1 月のものです。アフリカなどの大陸に見られるように、陸上では海上よりも降雨の頂が高い雨が観測されていることがわかります。これは陸上では海上よりも地表面が暖められやすく、対流活動が発達しやすいことによります。

南太平洋では南米の沿岸から遠ざかるに従い、徐々に降雨頂が高くなっています。このような傾向は今まで船舶の観測等によって指摘されていましたが、このような広い範囲にわたって観測されたのは初めてです。

またチベット高原のような標高の高い地域でも降雨が観測されています。この降水によって高い高度に放出される潜熱は、モンスーンをはじめとした大気の大循環に大きな影響を与えます。

これまで雲の高さについては気象衛星などで観測することは可能でしたが、PR によって初めて雲の内部で降水がどの高さまで存在しているかを、直接グローバルに観測することが可能になりました。これは、大気科学研究への利用のみならず、降雨減衰の影響を受ける衛星通信システムの設計にも役立つなど、幅広い分野への貢献が期待されます。

画像 3 TRMM 降雨レーダによって観測されたエルニーニョ年と通常年の降雨分布

図は、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載の降雨レーダ (PR) によって観測された 1998 年 1 月 (上図) および 1999 年 1 月 (下図) の、それぞれの月降水量の全球分布です。エルニーニョの有無による降雨分布の違いが明確に現れています。

1998 年 1 月 (上図) には、エルニーニョが続いていたため、通常年に比べて、太平洋上の降雨の多い領域は西太平洋から中部太平洋に移動しています。熱帯収束帯 (ITCZ) がエルニーニョの影響で、上図ではほぼ赤道上に位置し、南太平洋上の雨の多い領域も通常より東側にシフトしています。

下図はエルニーニョが終息した後の、今年の 1 月の降雨分布です。上図とは異なり、赤道中部太平洋上での降水量が少なく、ITCZ が通常的位置に見られます。またインドネシア周辺で降水が多く、対流活動の中心位置も通常的位置に戻っていることがわかります。

(エルニーニョ年と通常年における海面水温の状況を示すために、対応する 1998 年 1 月と 1999 年 1 月の、TRMM マイクロ波放射計から求めた海面水温を補足画像として添付します。)

## 5 TRMM ホームページ

TRMM ホームページでは、新たに PR リアルタイムデータを画像化したページを追加いたしました。また、TMI、VIRS の最新 SST 画像のページでは、バイナリデータのダウンロードも可能になりました。

(宇宙開発事業団 地球観測解析研究センター 広島和弘)

### 5.1 PR (準リアルタイム画像)

NASA から配信されているリアルタイムデータを画像化したものです。リアルタイムデータは気象機関で現業の天気予報に用いるために、プロダクトの作成に多少の簡略化を施し、データの受信からプロダ

クト作成、配信までの時間を 3 時間以内にして、特定の機関に配信されているプロダクトです。NASDA でもこのリアルタイムデータの配信を受けて、可能な限り即時的に画像化し、Web ページに画像を掲載することにしました。画像化する範囲は、日本域 (20N ~ 45N、120E ~ 150E)、アジアモンスーン域 (5S ~ 45N、80E ~ 160E)で、gif 画像の他に Anonymous FTP サイトより Post Script ファイルもダウンロードも可能です。

このページで表示しているのは PR 2A25 プロダクトの内の Near Surface Rain Rate です。これは、PR が観測している各アンゲルピンにおいて地表面クラッタの影響を受けていない、地表面に最も近い高度での降雨強度です。その高度は、衛星直下では地表面上 500m 程度、観測幅の端では 2000m 程度に相当します。

なお、リアルタイムデータは即時性を重視するために予測軌道を用いており、標準プロダクトと比較すると、若干の位置ずれを起こしていることもあります。



URL : <http://www.eorc.nasda.go.jp/TRMM>

## 5.2 TMI (最新 SST 画像)

TMI レベル 1 (1B11) 標準プロダクトから計算された海面水温(Sea Surface Temperature; SST)を画像化したものです。

画像化した地域は以下の 3 地域です。

- 全球 (38N ~ 38S)
- 赤道太平洋域 (120E ~ 70W, 15S ~ 15N)
- 日本域 (100E ~ 180E, 0N ~ 38N)

これらの画像に加え、日平均および月平均の SST バイナリデータは、Anonymous FTP サイトからダウンロード可能です。

## 5.3 VIRS (最新 SST 画像)

VIRS レベル 1 (1B01) 標準プロダクトから計算された海面水温(Sea Surface Temperature; SST)を画像化した

ものです。

画像化した地域は、全球 (38N ~ 38S)です。

これらの画像に加え、日平均および月平均の SST バイナリデータは、Anonymous FTP サイトからダウンロード可能です。

## トピックス

### 「TRMM 降雨レーダの開発」に市村賞授与される

「熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載降雨レーダの開発」に関わる研究業績により、通信総合研究所 (現在は島根大学) の古津年章さん、宇宙開発事業団の川西登音夫さん、株式会社東芝の奥村実さんは共同で第 31 回市村学術賞 貢献賞を受賞され、去る 4 月 28 日その贈呈式が行われました。アクティブフェーズドアレイを用いた高い性能と信頼性を有した世界初の衛星搭載降雨レーダを開発し、それにより異常気象や気候変動監視に欠かせない降雨の世界分布の連続観測を実現したことが受賞理由です。今回の市村賞受賞は、全ての TRMM 関係者によっても栄誉であり、励みとなるものです。受賞された 3 名の方々、おめでとうございます。

市村賞は、新技術開発財団 (「リコー三愛グループ」創業者の市村清氏の提唱により昭和 43 年に設立された財団法人) が行っている事業の 1 つです。(ホームページ <http://www.sgkz.or.jp> 参照)

(宇宙開発事業団 地球観測システム本部  
地球観測システム技術部 黒岩博司)

### 受賞者からのコメント

上記にありますように、今回市村賞を受賞することができました。我々 3 名が栄誉に預かったのは、あくまで TRMM 降雨レーダ開発における各機関のとりまとめ (あるいは代表) として、と認識しており、受賞は、RF コンポーネントを開発された日本電気殿を含む TRMM プロジェクト全体に対するものであります。改めて、降雨レーダ開発、検証に携わってこられた各位に感謝申し上げます。どうもありがとうございました。

編集・発行：宇宙開発事業団 (NASDA)  
地球観測データ解析研究センター (EORC)  
(担当：広島 和弘)  
〒106-0032  
東京都港区六本木 1-9-9  
六本木ファーストビル 14F  
TEL:03-3224-7066 FAX:03-3224-7051  
Email:trmmcont@eorc.nasda.go.jp  
URL: <http://www.eorc.nasda.go.jp/TRMM/>

ご意見や関連情報等をお寄せいただければ幸いです。