

# TRMM 降雨レーダデータ処理システム

TRMM Precipitation Radar Data Processing System

川瀬 誠一  
S. Kawase

押村 康一  
K. Oshimura

堀口 耕平  
K. Horiguchi

大崎 英二  
E. Osaki

地球規模の気候変動の解明や、環境変化のモニタに重要な熱帯地域の降雨強度やその分布にかかるデータを取得することを目的として、1997年後半に日米共同プロジェクトとして熱帯降雨観測（TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission）衛星を打上げ予定である。

TRMM に搭載される降雨レーダ（PR: Precipitation Radar）は、世界で初めての衛星搭載降雨観測用レーダである。この PR の運用要求を作成し、観測データを処理して降雨の三次元構造、降雨の定量的観測、降雨構造などに関するデータをプロダクトとして量産するとともに、プロダクト検査、データ検証も行える設備として“TRMM 降雨レーダデータ処理システム”を開発中である。

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Satellite will be launched in the second half of 1997 as a joint project between NASA and NASDA. The purpose of this project is to clarify changes in global weather and acquire data concerned with the strength and distribution of rainfall. These data are important for monitoring changes in the Earth's environment. On board the satellite will be a precipitation radar system, which is a radar system for rainfall measuring. This will be the first time in the world that this type of radar system has been deployed by satellite.

This paper reports on the TRMM precipitation radar data processing system that is currently being developed. This system will mass-produce data on three-dimensional structures of rainfall, constant rainfall observation, rainfall structures, etc. by processing observation data, as well as being a facility which can carry out data product tests and data verification.

## 1 まえがき

近年、地球規模での環境監視の必要性が注目され始めている。これに伴い、日・米共同プロジェクトとして熱帯降雨観測ミッション（TRMM）のプロジェクトが進められている。

この計画では、地球規模での大気変動を左右する熱帯地域での降雨に対する観測を目的とした衛星搭載 PR を日本が開発し、TRMM 衛星を米国航空宇宙局（NASA: National Aeronautics and Space Administration）が担当して、その打上げを 1997 年後半に日本が行うこととなっている。

この PR および地上処理システムは宇宙開発事業団の委託により東芝が開発を行っているものである。ここでは、その地上でのデータ処理概念とデータ処理関連設備“TRMM 降雨レーダデータ処理システム”的概要を紹介する。

ながらレーダサイトを中心として三次元状の雨量分布を計測するシステムである。

PR は、このレーダ本体部（アンテナ、送受信機、信号処理部など）を TRMM 衛星に搭載したもので、フェーズドアレーインテナによりビームを走査しつつ衛星の軌道運動を利用して、地表面から高度 15 km までの領域を連続的に計

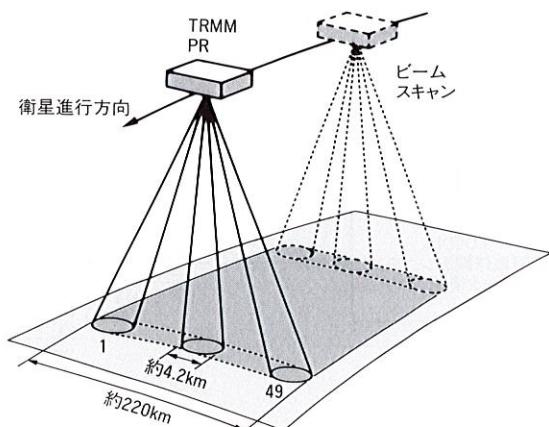


図1. PR のデータ取得概念 フェーズドアレーインテナによりビームをスキャンしつつ照射し、衛星の移動に伴って、降雨のエコーデータを三次元状に取得していく。

Concept of precipitation radar data acquisition

## 2 TRMM 降雨レーダデータ処理システム

### 2.1 システム概要

従来、降雨量を計測するシステムとして雨量レーダシステムが知られている。

これは、レーダからマイクロ波のパルスを送出し、雨滴粒子より反射されるエコー信号を受信して、その強度から降雨量を推定するもので、アンテナの方位角・仰角を変え

測する。地上での走査幅は約 220 km, 各ビームのフットプリントは 4.2 km で、地球を 1 周回する間に約 9,150 スキャンすることで、三次元状にレーダエコーデータを収集する。図 1 および図 2 にその概念を示す。

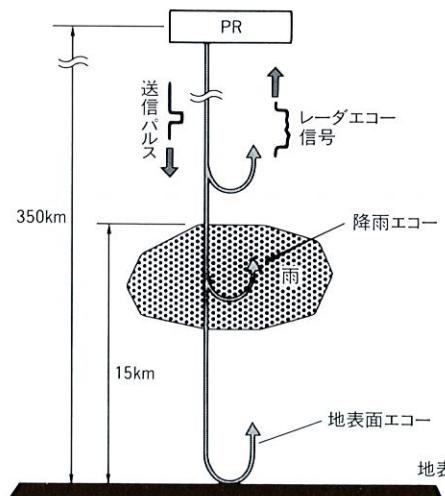


図 2. 雨とレーダエコー信号 PR からレーダパルスを送信し、空中の雨滴粒子から次々と反射されるレーダエコーを受信する。

Precipitation and radar-echo signal

PR により取得されたデータは、その信号処理部で A/D (Analog/Digital) 変換され、ミッションテレメトリとしてデータ中継衛星 (TDRS: Tracking and Data Relay Satellite) を介して、NASA の地上局 (NASA ホワイトサンズ局) に送信される。

NASA ではデータを時刻順に並べるなどの処理 (レベル 0 処理) を行い、国際回線を通じて日本へレベル 0 データを伝送する。このデータは国内回線を通じて宇宙開発事業団 地球観測センター (EOC: Earth Observation Center) へ送られ、TRMM 降雨レーダデータ処理システムでデータ処理が行われる。図 3 にその概念を示す。

このように、地上の雨量レーダでは、レーダ部分とデータ処理部分がレーダサイト内にまとめられているが、PR ではハードウェア本体が TRMM 衛星上に、そのデータ処理部が TRMM 降雨レーダデータ処理システムとして EOC に設置され、両者の機能を統合して雨量レーダを構成するしくみとなっている。

ここで、TRMM 降雨レーダデータ処理システムは、処理、検証、運用の大きな機能をもち、それぞれ処理設備、検証設備、運用計画設備から構成される。以下にその設備ごとの概要を示す。

まず処理設備では、伝送されるレベル 0 データを高密度

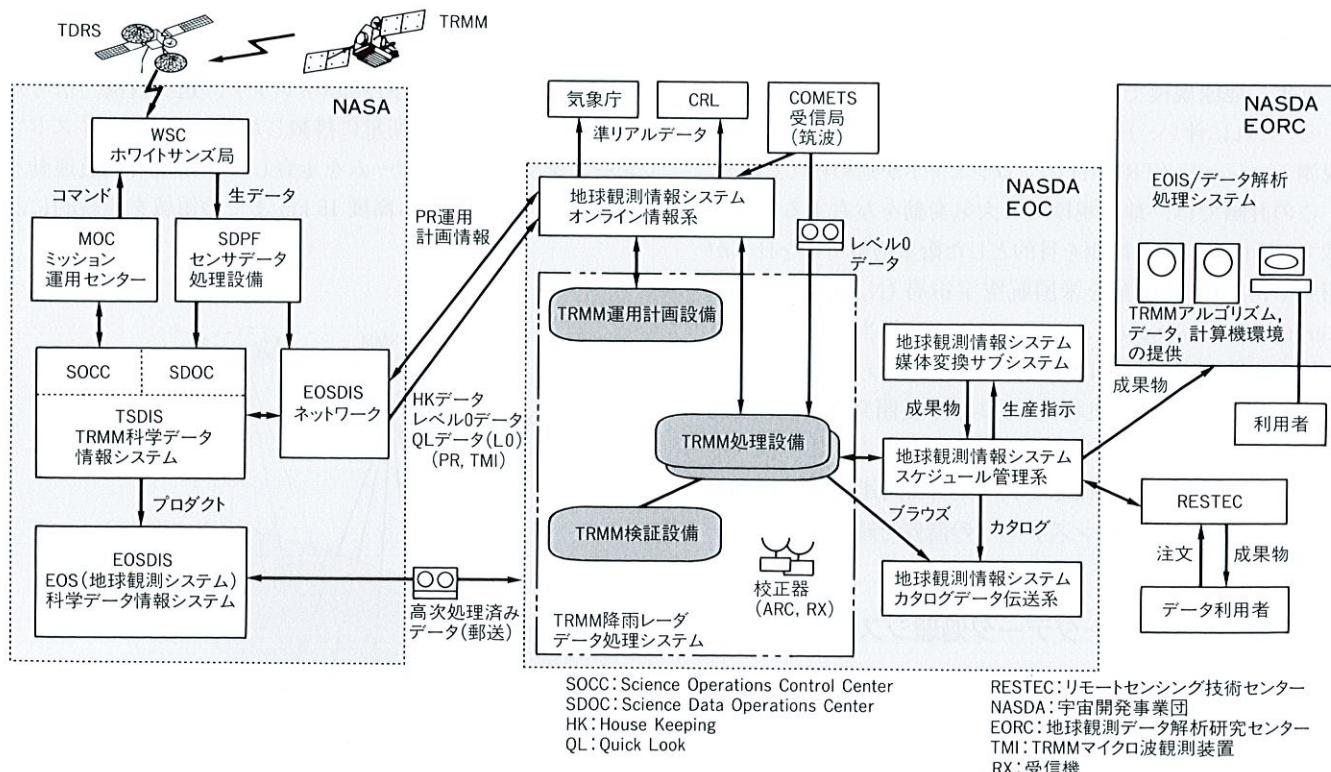


図 3. TRMM 降雨レーダデータ処理システムの全体構成 PR のデータを受信しレベル 0 処理を行う NASA、および NASDA 地球観測センターの関連システムの全体系統とこのシステムとの関連を示す。

Configuration of TRMM precipitation radar data processing system

SOCC: Science Operations Control Center  
 SDOC: Science Data Operations Center  
 HK: House Keeping  
 QL: Quick Look

RESTEC: リモートセンシング技術センター  
 NASA: 宇宙開発事業団  
 EORC: 地球観測データ解析研究センター  
 TMI: TRMM マイクロ波観測装置  
 RX: 受信機

磁気テープに記録・保存し、これにより温度特性の補正などPRの内部校正を行って、校正された受信電力値や雨滴粒子のレーダ波に対する反射強度を示すレーダ反射因子（Z因子）を算出する（レベル1処理）。

さらに、このレーダ反射因子を降雨強度などの物理量に変換（レベル2処理）するとともに、月1回、地表面上の一定メッシュごとに月間降雨量を算出する（レベル3処理）。これらは、プロダクト（製品）としてEOC内の地球観測情報システム（EOIS: Earth Observation and Information System）を介して、特定および一般ユーザに配布されることとなる。このようなデータ処理は、運用員の立案する作業計画にのっとり、1日当たり24シーンずつプロダクトを量産する予定である。

また、PRには降雨データを連続的に取得する観測モード以外に、レーダ自体を校正する校正モードもあり、この校正モードのデータから処理に用いるパラメータ（校正係数）を決定したり、作成したプロダクトの品質管理を行う立場から、プロダクトの検査や処理データの検証を行う機能を検証設備がもっている。

一方、PRのモード変更などのコマンド操作はNASAのミッション運用センター（MOC: Mission Operation Center）から行われるが、どのようなコマンドを送出してPRを運用するかの計画立案、NASAへの要求と調整などは運用計画設備で行う。

なお、PRの校正のために、理想的なレーダ反射体としての能動型レーダ校正器（ARC: Active Radar Calibrator）も、このシステムの一部として開発する予定である。

## 2.2 システムの特長

TRMM降雨レーダデータ処理システムは、TRMMプロジェクトの性格およびPRの特性に関連して、次に示すようないくつかの特長を備えている。

- (1) アルゴリズムの交換とプロダクトの整合性 PRの処理アルゴリズムの中で、PRの内部校正を行うレベル1処理を日本が、レベル2以降の高次処理アルゴリズムをNASAが分担し、これらを相互交換して日・米で共通のプロダクトが生成できるようにしている。
- (2) アルゴリズムの更新と再処理 世界初の衛星搭載PRに対するデータ処理のため、プロダクト量産開始後にもアルゴリズムの更新が想定される。この場合も、再処理を行えるようにシステムの拡張性を配慮した設計としている。
- (3) PRの校正機能 PRは、アンテナから電波を送出することなく、信号を装置内部で折り返す内部校正モードおよび、地上にARCを置き、みずからを校正する外部校正モードをもっている。

これら、特殊モードのデータ処理結果を用いて、PRの内部校正アルゴリズム（レベル1処理）に校正係数と

して反映させることで軌道上でのPRの経年変化などに対処するくふうをしている。

- (4) 國際回線を用いた間接受信とプロダクトの計画生産 TRMM衛星からのデータ受信はNASAのホワイトサンズ局が行い、NASAのセンサーデータ処理設備（SDPF: Sensor Data Processing Facility）でレベル0処理を行うため、EOCでは国際回線を用いた間接的な受信となる。そこで、このレベル0データのマスタ作成を確実に行うため、記録設備を冗長にしており、さらに回線障害に備えたオフラインバックアップ（8mmテープ）体制をとっている。また、PRはグローバルセンサとして連続的にデータ取得するため、従来の注文生産と異なり、計画量産できるシステムとしている。
- (5) 準リアル処理機能 NASAからのデータ入手には時間遅れが生ずるため、速やかに降雨データを入手したいユーザのために、軌道予測値を用いた準リアル処理（データ受信後1h以内）が行える。
- (6) COMETS実験処理機能 通常用いるTDRS衛星の代わりに、通信実験衛星であるCOMETS（通信放送技術試験衛星）を用いてデータ中継し、レベル0処理を行ったデータと、通常ルートでのデータを比較評価することができる。
- (7) コマンド要求機能 このシステムは、単にデータ処理だけ行う設備とは異なり、ARCを用いた校正などを配慮してセンサ（PR）に対するコマンド運用要求を行うことができる。
- (8) クイックなモニタリング 処理設備では、プロダクトを計画量産しており、入力データに対する必要なチェックを行っている。このチェック項目については、PRの異常に対して速やかにアラームを上げることができる。

## 2.3 システムの構成

図4にシステム構成を示す。処理設備は高速の計算機を冗長として構成し、他の設備は汎（はん）用のワークステーションを用いている。

## 2.4 ソフトウェアの体系と内部校正の概念

図5にこのシステムのソフトウェア体系を示す。

この中で、PRレベル1ソフトウェアは、TRMM衛星打ち上げ後の実データを用いてパラメータチューニングする予定である。

## 2.5 システム運用とユーザサービス

ユーザサービスとしては、通常の各種センサデータのプロダクト同様、ブラウズ（画像カタログ）やカタログデータを作成するとともに、緊急処理要求も作業計画として取り込めるようになっている。

また、特定機関（JMA（気象庁）、CRL（郵政省通信総合研究所）へは、回線でのデータ配信も行う予定である。

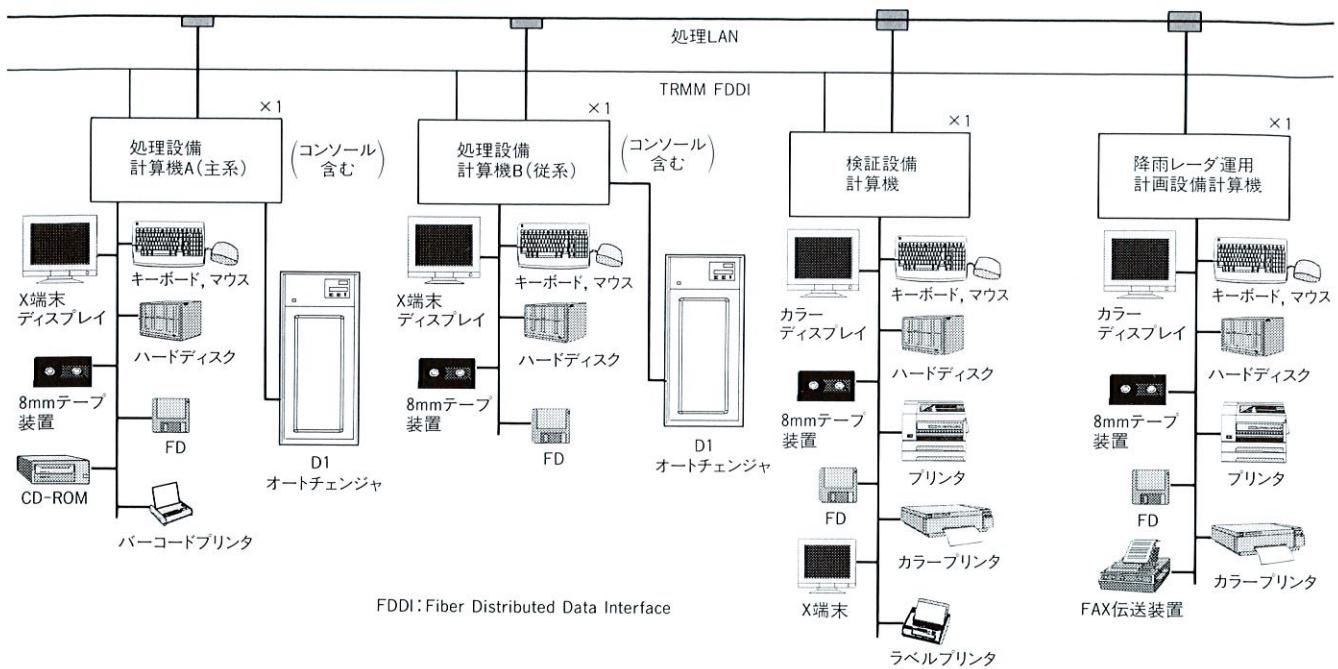


図4. TRMM 降雨レーダデータ処理システムのハードウェア構成  
処理設備は高速の計算機を冗長として構成し、他の設備は汎用のワークステーションを用いている。

Hardware components of TRMM precipitation radar data processing system

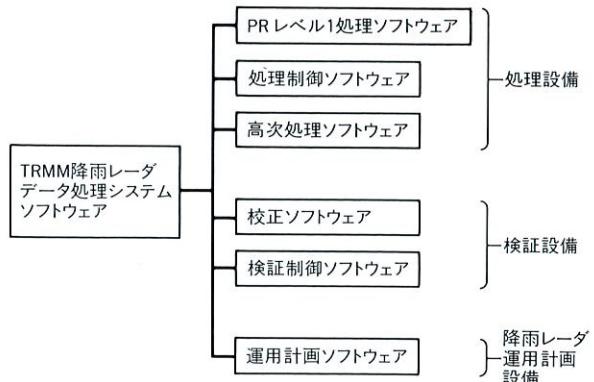


図5. TRMM 降雨レーダデータ処理システムのソフトウェア体系  
各設備ごとに用いるソフトウェアの内容を示す。

Software structure of TRMM precipitation radar data processing system

### 謝 辞

このシステムの開発にご助言をいただいている郵政省通信総合研究所、TRMM レーダチームおよび NASA の TRMM 関係者各位に感謝の意を表する。

#### 川瀬 誠一 Seiichi Kawase

宇宙開発事業団信頼性管理部。  
宇宙開発信頼性管理、リモートセンシング地上システムの開発に従事。

National Space Development Agency of Japan

#### 押村 康一 Koichi Oshimura

宇宙開発事業団地球観測センター。  
リモートセンシング地上システムの開発に従事。

National Space Development Agency of Japan

#### 堀口 耕平 Kohei Horiguchi

小向工場宇宙情報システム技術部。  
宇宙開発地上システムの開発に従事。

Komukai Works

#### 大崎 英二 Eiji Osaki

小向工場宇宙情報システム技術部。  
宇宙開発地上システムの開発に従事。

Komukai Works

### 3 あとがき

TRMM 搭載 PR とそのデータ処理システムは、世界初の衛星搭載による雨量レーダーシステムとなる。今後、その開発を完遂して熱帯地域の降雨データを広くユーザに提供することで、地球規模の環境監視に貢献するとともに、研究要素を含むこのシステム自身の評価検討を通じて、衛星搭載 PR を用いた雨量レーダーシステムの技術確立を図りたいと考える。