

地球環境変化の実態把握、将来予測のためのモデル化に必要な観測データ取得には人工衛星による観測が不可欠である。宇宙開発事業団 (NASDA) が 1996 年に打ち上げる地球観測プラットフォーム技術衛星 (ADEOS) には東芝が担当する二つの主要なバス機器として姿勢軌道制御系 (AOCS) および太陽電池パドル系 (PDL) が搭載され、ミッション機器として温室効果気体センサ (IMG) が搭載される。IMG は、通商産業省資源エネルギー庁からの委託により開発が進められているマイケルソン干渉計を使用したフーリエ変換赤外放射計であり、地球環境問題でクローズアップされている温室効果気体のグローバルな観測などを目的としている。

また、1997 年度に打ち上げられる熱帯降雨観測ミッション (TRMM) は、熱帯、亜熱帯地方の降雨を衛星により長期的に観測することにより、気象変動、水分循環、熱帯気象などの解明を目的とした日米共同プロジェクトであり、東芝は TRMM に搭載する主要な観測機器である降雨レーダ (PR) を開発している。

Toshiba is in charge of building two major subsystems—the attitude and orbit control subsystem (AOCS) and the solar paddle subsystem (PDL)—of the Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS) to be placed into orbit by the National Space Development Agency of Japan (NASDA) in 1996 for the purpose of gathering global environmental data. In addition, the interferometric monitor for greenhouse gases (IMG), which has been developed under a contract with the Ministry of International Trade and Industry, will be on board the ADEOS spacecraft. The IMG is a Fourier transform infrared radiometer employing a Michelson type interferometer, and is designed to measure greenhouse gases.

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) is a joint program between the U.S. and Japan. The objective of this program is to conduct long-term satellite measurements and systematic studies of tropical rainfall, which are a prerequisite for major advances in weather and climate research. The precipitation radar (PR) being developed by Toshiba, which is the main observation equipment on board the TRMM program, is also described here.

## 地球観測プラットフォーム技術衛星

Advanced Earth Observing Satellite

倉益 凌一  
R. Kuramasu

加藤 達夫  
T. Katô

### 1 まえがき

ADEOS は、1996 年に H-II ロケットにより種子島宇宙センターから打ち上げられ、高度 800 km の太陽同期準回帰軌道を約 101 分で一周する。東芝は、8 種類のセンサが観測時に必要とする衛星姿勢を高精度で維持する AOCS、およびすべての搭載機器が必要とする電力を太陽エネルギーから変換して供給する PDL、の二つのサブシステムの開発を進めている。

### 2 AOCS および PDL の特長

AOCS は、技術試験衛星 III 型 (ETS-III) 以降、技術試験衛星 VI 型 (ETS-VI) に至る既開発技術を最大限に活用して

おり次の特長をもっている。

- (1) 柔構造制御方式として面内・面外制御方式
- (2) フォールトトレラント姿勢軌道制御電子回路 (AOCE) を中核とした自律的制御システム
- (3) 直接地球捕捉 (そく) 方式による自動的初期姿勢捕捉
- (4) 軌道上再プロミング機能によるフレキシビリティ増大  
また、PDL は ETS-III、海洋観測衛星 1 号 (MOS-1)、ETS-VI などの開発で得た技術を基に次の特長をもっている。
  - (1) 収納展開効率向上のためのフレキシブルパドル方式
  - (2) 高剛性関節型伸展マストと伸展機構を組み合わせている。
  - (3) 実績のある高効率シリコン結晶系太陽電池セルを採用

### 3 試験とその結果

AOCS のサブシステムプロトフライト試験は、初期電気性能試験、音響試験、正弦波振動試験、熱真空試験、最終電気性能試験の順で実施され、要求性能が最終的に確認された。

PDL のプロトフライト試験はサブシステム熱真空試験を終

了し、最終確認段階にある。

ADEOS AOCS への要求性能である姿勢制御精度は、3軸ともに $0.2^\circ$ 、また姿勢安定度は $0.003^\circ/\text{s}$ を満たしている。これらの精度は、わが国で打ち上げられた地球観測衛星の中でも最高精度を達成している。

AOCSのプロトフライトモデル (PFM) (図1) は、横2.5m、縦1.4m、高さ0.4mの箱型で、ユニット外表面は熱制御材で覆われており、搭載電子機器の発熱量に応じて排熱させるための放熱面 (写真の多数の角形の部分) が張り付けられている。また、ユニットボックスの端に取り付けられている機器は、太陽方向を高精度で検出するための太陽センサである。

ADEOS PDL の発生電力は、ミッション期間の終了時 (3年後) までの要求値4.5kW以上を満たしている。PDLは、軌道上でブーム展開とマスト伸展の2段階で展開され、展開後のPDL全長は約23mにもなる。

図2は、パドル展開試験でPDLが展開された状態を示す。太陽電池パネルは横約0.5m、縦約2.7mのフレキシブルな

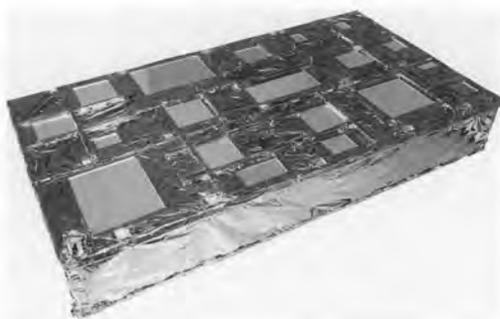


図1. AOCSユニットPFM 横2.5m、縦1.4m、高さ0.4mの箱型でユニット外表面は熱制御材で覆われている。

AOCS protoflight model unit

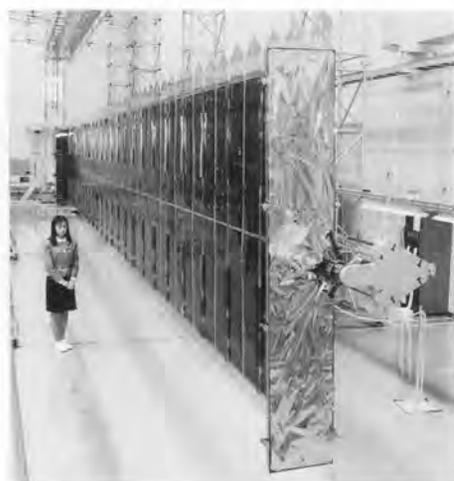


図2. フレキシブル太陽電池パドル パドル展開試験でPDLが展開された状態を示す。

Flexible solar paddle

ブランケットパネル50枚で構成され、両端のパネルを除き、全面に太陽電池が実装されている。

フレキシブルパネルは収納効率が非常によく、折り畳んだ場合のパネル全厚 (ブランケット) は約4cmである。

## 4 あとがき

ADEOSのAOCSおよびPDLの概要を述べた。AOCSのPFMは1994年8月31日、筑波宇宙センターにおいてADEOSシステムへの引渡しを完了し、PDLのPFMは現在サブシステムプロトフライト試験の最終段階にある。

## 温室効果気体センサ

Interferometric Monitor for Greenhouse Gases

中島 南海夫  
N. Nakashima

## 1 まえがき

1996年打上げ予定のADEOSに搭載されるIMGは、通商産業省資源エネルギー庁からの委託により開発が進められている。IMGはマイケルソン干渉計を使用するフーリエ変換赤外放射計であり、地球環境問題でクローズアップされている温室効果気体のグローバルな観測などを目的としている。IMGのPFMは1994年11月1日、筑波宇宙センターにおいてADEOSシステムへ引き渡され、システムインテグレーション、システムプロトフライト試験へと順次進んでいる。

## 2 IMGの特長

IMGは、基本的に対流圏の微量気体濃度と地表および海面の温度を測定する。ある種の気体は特定の波長の光を吸収/放射し、吸収/放射の程度は気体の濃度と波長および温度に依存する。

IMGの特長などを列挙すると次のようになる。

- (1) マイケルソン型干渉計方式を採用
- (2) 干渉計の走査鏡部には磁気軸受を採用
- (3) 半導体赤外線検出器および大口径 (10 cm $\phi$ ) 光学系を採用

図3に走査機構を示す。この機構は磁気軸受を採用したことにより、高信頼性、長寿命を実現し、光学的な動的アライメント方式との併用により、ラジオメトリック精度達成に必要な走査鏡の視線方向安定度要求である $2/10,000$ 度というきわめて高い精度を達成している。

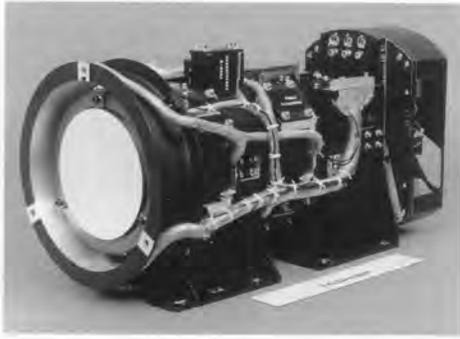


図3. IMG 走査機構 PFM 磁気軸受を採用し、高信頼性と長寿命を実現した。

Traveling mirror mechanism employing magnetic bearing

### 3 試験とその結果

プロトフライト試験は、初期検査、初期電気性能試験、音響試験、正弦波振動試験、熱真空試験、最終電気性能試験、最終検査の順で実施した。

熱真空試験の試験構成概観を図4に示す。また、得られたIMGのPFMの主要特性を表1に示す。

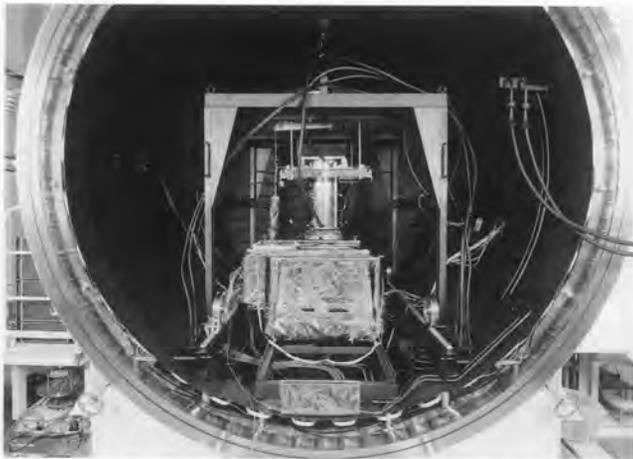


図4. IMG PFMの熱真空試験構成 IMGは防振台上に搭載、外部校正黒体は温度可変黒体と深宇宙模擬黒体の2種類を使用している。

Setup for IMG thermal vacuum testing

表1. IMG PFMの主要特性

Major characteristics of IMG protoflight model

観測スペクトル幅	バンド1: 3.3~4.3 $\mu\text{m}$ バンド2: 4.0~5.0 $\mu\text{m}$ バンド3: 5.0~14.0 $\mu\text{m}$
波数分解能	0.1 $\text{cm}^{-1}$ 以下
波数精度	0.05 $\text{cm}^{-1}$ 以下
波数安定度	$3 \times 10^{-7}$ 以下
ラジオメトリック精度	1.34 K以下 (3 $\sigma$ , 3年間)
ラジオメトリック安定度	0.16~0.38 K (1 $\sigma$ , 4日間)
ラジオメトリック分解能 (10 $\mu\text{m}$ だけを示す)	10 $\mu\text{m}$ : 0.023 W/cm <sup>2</sup> /Sr/cm <sup>-1</sup> 以下

## 4 あとがき

IMGのPFMは1994年11月1日、筑波宇宙センターにおいてADEOSシステムへ引き渡され、システムインテグレーション、システムプロトフライト試験へと順次進んでいる。

## 熱帯降雨観測衛星搭載用降雨レーダ

Precipitation Radar on Board Tropical Rainfall Measuring Mission

川西 登音夫  
T. Kawanishi

### 1 まえがき

全世界の降雨量の2/3を占めるといわれる熱帯降雨は、大気・海洋循環の駆動源として、地球環境の維持変動にきわめて重要な役割を担っている。この降雨観測はほとんど行われておらず、将来的にも地上・船舶からの観測だけでは全世界的な観測は不可能である。TRMMは、熱帯・亜熱帯地方の降雨を衛星から長期間にわたり観測するものである。衛星には、PR以外にTRMMマイクロ波観測装置(TMI)、可視赤外線観測装置(VIRS)、雲および地球放射エネルギー観測装置(CERES)が搭載され、これらは米国航空宇宙局(NASA)の分担になっている。PRは、概念設計およびキーコンポーネントの試作まで郵政省通信総合研究所(CRL)で開発され、基本設計以降NASDAがその成果を引き継ぎ、CRLの協力を得て開発を行っている。エンジニアリングモデル(EM)による開発試験を行い良好な結果を得た。現在PFMを製作中である。

### 2 降雨レーダ

TRMMに搭載されるPRは、世界で初めて衛星に搭載される降雨観測用レーダで、目的は、降雨の三次元構造、特に垂直分布を観測することと、海洋および陸地の定量的観測を行うこと、降雨構造に関するデータをTMIによる降雨観測精度の向上に役だてることにある。

PRは、アンテナ系、送受信系、信号処理系、構造系、熱制御系、計装系の6サブシステムで構成している。図5にPRの機能構成を示す。

アンテナ系は、128素子の導波管スロットアレイアンテナで構成する平面アレイアンテナで、開口径2.1×2.1mである。送受信系は、128個の固体電力増幅器(SSPA)と低雑音増幅器(LNA)、5ビットピンダイオード移相器を含んだ16台の分合波器2、16分合波器と送受分離用サーキュレータを含む分合波器1、送受信系への入出力信号レベルを調整するための送信/受信系駆動増幅器(TDA/RDA)およびこれらに電力を供

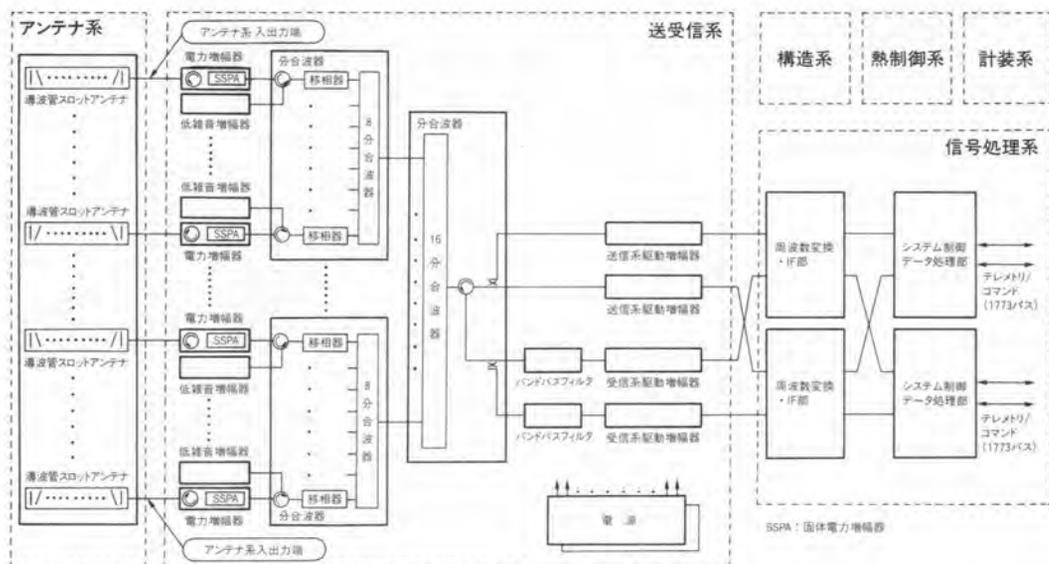


図5. PRの機能構成 アンテナ系、送受信系、信号処理系、構造系、熱制御系、計装系から成る。

Block diagram of precipitation radar

給する電源から成る。信号処理系は、周波数変換・IF (中間周波) 部とシステム制御・データ処理部で構成される。周波数変換・IF 部は、送信パルスの発生、受信信号の周波数変換・増幅・対数検波などの機能を持ち、システム制御・データ処理部にはビーム走査などにかかわる送受信系の制御、観測データのサンプリングとバケット化、ハウスキーピングテレメトリ/コマンド処理などの機能がある。なお、送受信系の電源、不送信/受信系駆動増幅器、信号処理系の周波数変換・IF 部およびシステム制御・データ処理部は、冗長構成を採用している。構造系は、電子機器を搭載するための箱型プラットフォームホームを形成し、平面アンテナを取り付けた構造である。熱制御系は、温度環境を最適なものにするため、温度制御を行っている。アンテナ面は白色塗装を行っており、アンテナ面以外は多層熱遮断材 (MLI) が取り付けられている。表2にPRの主要諸元を示す。

表2. PRの主要諸元

Parameters of precipitation radar system

レーダ方式	アクティブフェーズドアレイ方式
アンテナ形式	128素子導波管スロットアレイアンテナ
開口面	2.1 m × 2.1 m
周波数	13.796 GHz および 13.802 GHz
観測幅	215 km 以上
観測高度範囲	地表から高度 15 km 以上
距離分解能	250 m 以下
水平分解能	4.3 km (直下において)
検出可能降雨強度	0.7 mm/h 降雨時に降雨頂で S/N 0 dB 以上
独立サンプル数	64
走査幅	±17 deg 以上
ピーク送信電力	500 W 以上 (アンテナ端で)
PRF	2,776 Hz
ダイナミックレンジ	70 dB 以上
データ速度	93.5 Kbps 以下
質量	475 kg 以下
消費電力	250 W 以下

開発した降雨レーダ EM の外観を巻頭の口絵に示す。EM は、実際に打ち上げられる PFM と同じ設計であるが、冗長コンポーネントは搭載していない。開発試験は、この EM を用いて NASDA の筑波宇宙センターの設備で、各種の機能、性能および環境試験を実施し、各項目とも所定の機能性能を満たしていることの確認ができた。現在、PFM を製作中で、プロトフライト試験をこれから実施する。

### 3 あとがき

降雨レーダの概要を示した。PFM はプロトフライト試験終了後、NASA ゴダード宇宙飛行センター (GSFC) に引き渡され、TRMM 衛星に組み込まれた後、1997 年夏期に H-II ロケットで種子島宇宙センターから打ち上げられる。



倉益 凌一 Ryoichi Kuramasu

1975 年宇宙開発事業団に入社。地球観測衛星の開発に従事。現在、地球観測システム本部地球観測衛星グループ主任開発部長。National Space Development Agency of Japan



加藤 達夫 Tatsuo Katô

1969 年入社。人工衛星搭載機器およびシステムの開発に従事。現在、小向工場宇宙プログラム担当主幹。Komukai Works



中島 南海夫 Namio Nakashima

1963 年入社。人工衛星搭載機器およびシステムの開発に従事。現在、財資源探査用観測システム研究開発機構研究開発主幹。Japan Resources Observation System Organization



川西 登音夫 Toneo Kawanishi

1972 年宇宙開発事業団に入社。熱帯降雨観測衛星の開発に従事。現在、地球システム本部地球観測衛星グループ主任開発部長。National Space Development Agency of Japan