

# 衛星による全地球規模の観測

市川憲二・中島淳  
勝山良彦・石田十郎

## 要旨

全世界規模での大気・水蒸気を始めとした地球の変動、変化を、性能が統一されたセンサで短期間に観測することが、比較評価の観点で重要と認識されています。その目的を達成するため、人工衛星からの地球環境監視の需要がますます増大する傾向にあります。NEC並びに、NEC東芝スペースシステムは、衛星搭載用の観測衛星システムのパイオニアとして、多くの地球観測衛星の開発と、搭載するセンサの開発を行っています。本稿では、NECの搭載センサ開発と、その成果、今後の動向について説明します。

## キーワード

●衛星 ●観測センサ ●陸域観測技術衛星 (ALOS) ●TANSO ●地球環境変動観測ミッション ●人 ●自然

## 1. はじめに

NEC宇宙システム事業部並びにNEC東芝スペースシステムは、リモートセンシングの分野で、環境・エコに通ずる多くの人工衛星搭載センサを開発しています。

本稿では、宇宙からのリモートセンシングの一般的な計測原理と、NECが開発し現在活躍している陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の成果、今年1月に打ち上げられ、現在校正検証中の温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)に搭載された温室効果ガス観測センサ「TANSO」について説明します。更に、現在開発中の地球観測衛星GCOMシリーズ、並びに、GCOMを始め衛星に搭載予定で現在開発中の各種センサについて概要を説明します。

人工衛星による地球の観測・監視を通して、NECの宇宙からのリモートセンシング技術についてご理解いただければ幸いです。

## 2. 宇宙からのリモートセンシングの一般的な原理

NECが衛星搭載用の地球観測用観測センサの開発に着手したのは、海洋観測衛星「もも1号」搭載の「可視近赤外放射計」(MESSR)からで、1976年頃より開発に着手しています。

なぜ、宇宙からリモートセンシング技術を利用して観測することが良いのでしょうか。その理由は、以下のように考えることができます。

1) 世界をくまなく、かつ早く観測することができます(宇宙空間では国境はありません。また、衛星は約100分で地球を一周します)。

2) 同じ計測精度で観測することが可能で、地域などの比較も数値データで可能となります。

ただし、以下に示すようなデメリットも当然存在します。それを考慮しつつ活用することが重要であると考えます。

1) 計測精度は、地上での直接観測精度に比べると、一般的には悪いといえます。

2) 地上との校正によって精度保証が可能となることから、経年変化を含めた校正系が重要な位置づけとなります。

NECでは現在、多くの衛星搭載センサを開発しており、その波長領域は、電波から光学までの幅広い波長をカバーしています(図1)。

## 3. 陸域観測技術衛星「だいち」と「PRISM」、 「PALSAR」

「だいち」はNECがシステムインテグレータとして、「宇宙航空研究開発機構(JAXA)」殿より受注し、開発した総重量4トンの大型地球観測衛星です。「だいち」に搭載されている、パンクロマティック立体視センサ(PRISM)並びに、フェーズドアレイタイプLバンド合成開口レーダ(PALSAR)システムもNECが開発を行ったものです。

PRISMは、1回の観測で立体視を可能とするセンサで、その利点から、地図作成への貢献が期待される他、産業廃棄物の不法投棄の場所特定や監視などの利用が期待されています。また、都市計画への応用や、耕作面積調査、作付面積調査への活用など、多くのアプリケーションが期待されています。

また、PALSARに関しては、二酸化炭素の吸収効果が期待され、世界規模のCO<sub>2</sub>のバランスに極めて重要な熱帯雨林の伐採の状況監視に利用され始めています。

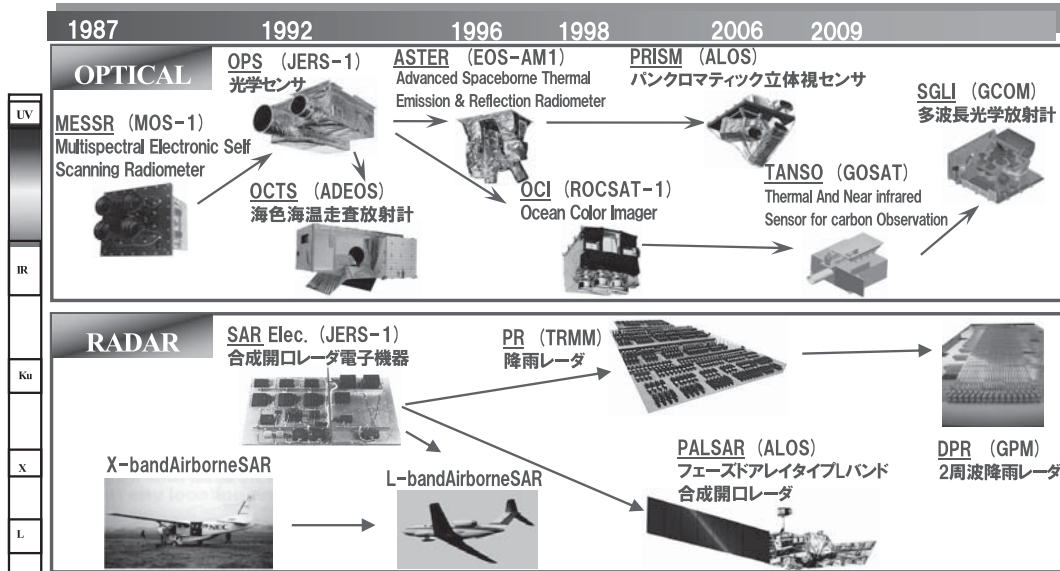
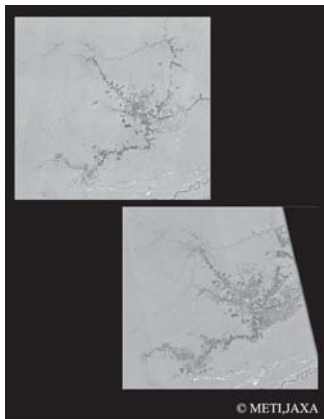


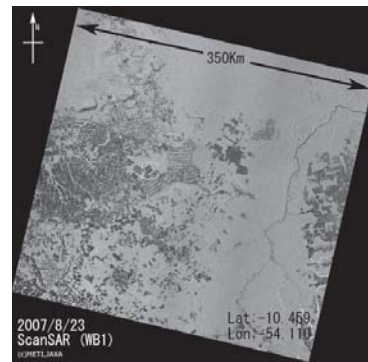
図1 NEC開発の搭載用観測センサ



JAXA EORC殿 ホームページより掲載

図2 PRISM観測によるブラジル熱帯雨林の変化（暗い部分が伐採地域）

PRISMでの観測による熱帯雨林の変化状況を 図2 に、PALSARでの観測による熱帯雨林開発変化を 図3 に示します。PALSARの観測データをインターフェロメトリ（干渉）処理することで、天然ガス田の地盤変動を調べ、ガス採取が環境や施設に与える影響を監視する試みが、日露共同で始められています。NECは、(財) 資源・環境観測解析センター (ERSDAC) 殿のご指導で、ロシアのガスプロムグループと



JAXA EORC殿 ホームページより掲載

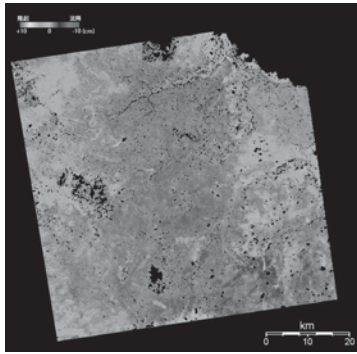
図3 PALSARが観測した、アマゾン川流域の熱帯雨林開発変化（黒い部分が変化が激しい）

共に、北極圏のシベリアの天然ガス田を対象に共同研究を行っています。

図4 に示すように、ガス採取による広域の地盤沈下が見られます。

#### 4. 温室効果ガス観測センサ「TANSO」

「TANSO」は温室効果ガスの全球濃度分布を測定し、地球



(C) ERSDAC/Gasprom Space Systems/NEC

図4 PALSARインターフェロメトリで解析したシベリアガス田の広域地盤変動



写真 TANSOの外観

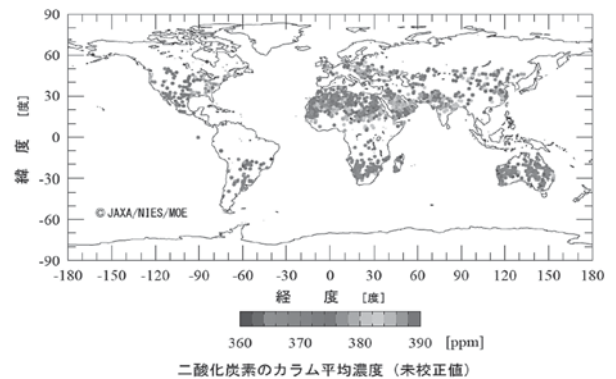
上の温室効果ガスのネット吸収排出量の推定誤差を半減することを目的に、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」に搭載されて今年1月23日に打ち上げられました。

「TANSO」は、太陽光の地球での散乱並びに熱輻射エネルギー内の短波長赤外域（ $1.6\mu\text{m}$ 及び $2.0\mu\text{m}$ ）及び熱赤外域（ $5.5\sim 14.3\mu\text{m}$ ）に存在する二酸化炭素などの温室効果ガスの吸収スペクトルをフーリエ干渉計（分光器）で測定し、ガス濃度を決定します。

温室効果ガスの観測は、従来約286点（2009年5月現在）の地上観測に頼っていました。これに対して、衛星からの観測により、3日で全球5万6千点の観測点をカバーするといった、観測域の飛躍的な向上が図られます。

「TANSO」は現在、校正運用期間で、期待通りの質の高い観測データを取得し続けており、おおむね従来の地上観測による結果に整合していることが分かってきています。

二酸化炭素(カラム平均濃度)の初解析結果(4月20日~4月28日の観測データ)



(JAXA殿ホームページより掲載)

図5 TANSOによる全球の二酸化炭素の平均濃度解析結果

写真にTANSOの外観を、図5にTANSO観測によるデータ解析結果一例を示します。

## 5. NECが開発中の観測衛星と各種センサ

### 5.1 地球環境変動観測ミッション「GCOM」の開発

地球環境変動観測ミッション（GCOM）は、地球規模での気候変動、水循環メカニズムを解明するため、全球規模で長期間（10～15年程度）の観測を継続して行えるシステムを構築し、そのデータを気候変動の研究や気象予測、漁業などに利用して有効性を実証することを目的としています。2種類のシリーズ衛星の計画があり、NECは、GCOM-W1衛星システムの開発、関連する地上システムの開発、並びに、GCOM-C1のシステム設計、搭載する観測センサ多波長光学放射計（SGLI）の開発を、JAXA殿より主契約者として受注し、開発に当たっています。

水循環に関する観測は、マイクロ波放射計を搭載する水循環変動観測衛星（GCOM-W1、2011年度打ち上げ予定）により実施します。気候変動に関する観測は、SGLIを搭載する気候変動観測衛星（GCOM-C1、計画中）により実施し、雲、エアロゾル、海色（海洋生物）、植生、雪氷などを観測します。

図6に水循環変動観測衛星（GCOM-W1）の軌道上飛行想定図を示します。

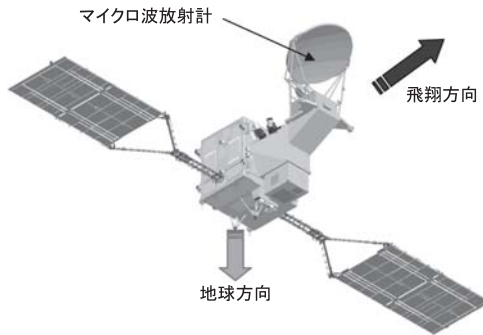


図6 GCOM-W1 軌道上飛行予想図

### 5.2 第1期気候変動観測衛星(GCOM-C1) 搭載の多波長光学放射計 (SGLI) の開発

GCOM-C1に搭載するSGLIは、可視近赤外放射計と赤外走査放射計から構成されます。観測波長、チャンネル数を表に記します。

また、SGLIの外観図を図7に示します。

### 5.3 二周波降雨レーダ (DPR) の開発

全球降水観測計画 (GPM) の主衛星に搭載する二周波降水レーダ (DPR) は、NECが受注し開発を行っています。

この二周波降水レーダは、Ku帯とKa帯という2つの周波数帯を持つ2台のレーダ (KuPR、KaPR) で構成され、弱い雨や強い雨、雪を、同時に、高精度・高感度に観測することができます。

### 5.4 ハイパースペクトルセンサの開発

ハイパースペクトルセンサは、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 殿より資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構 (JAROS) 殿とNECが受託し、2014年頃の打ち上げを目指して開発を進めています。

ハイパースペクトルセンサの最大の特徴は従来からのイメージング機能に加え、波長を185バンドに細分化する分光機能を有しているため、観測対象の物性まで含めた利用価値の高い画像情報を高頻度・高範囲に取得できる点です。鉱物・化石燃料資源探査、農作物の発育状況の監視、生態系・植生・環境モニタリングといった多様な用途への利用を可能としています。

表 多波長光学放射計 (SGLI) の観測波長諸元

構成	主要性能・諸元
①可視近赤外放射計 : SGLI-VNR	観測帯域、チャンネル数 380~865 nm・・・11ch 670、865 nm 各1ch
②赤外走査放射計 : SGLI-IRS	1.05~2.21 μm・・・4ch 10.8、12.0 μm 各1ch
	合計 19ch

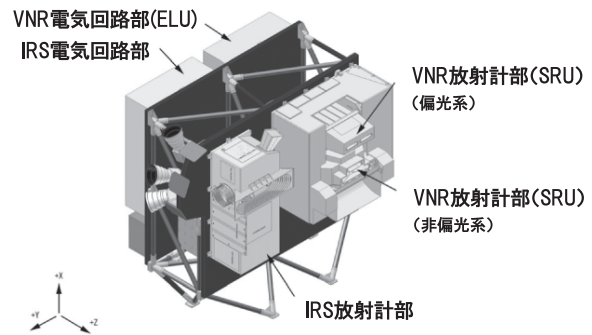


図7 SGLI外観図

## 6. 今後の展開

衛星搭載の観測センサは、小型軽量化の動きと、一方では高精度化、高分解能化の動きがあります。また、高精度化に伴うセンサの校正技術の発展や、機械的冷却に伴う振動の問題など多くの開発要素が今後も予測され、非常に難しい技術分野で、力量が試される部分でもあります。NECは、これら課題に積極的にチャレンジし、高性能なセンサシステムの開発を進めます。また、センサ開発にとどまらず、観測データから物理量への適切な変換、画像化などの高次処理を行い、ユーザが使いやすい情報にすることも、今後の課題と考えています。このような、地球観測の総合センサシステムの開発を通じて、地球環境の監視に貢献することを期待しています。

### 執筆者プロフィール

市川 憲二  
宇宙システム事業部  
主席技師長

勝山 良彦  
NEC東芝スペースシステム  
エグゼクティブエキスパート

中島 淳  
宇宙システム事業部  
エグゼクティブエキスパート

石田 十郎  
NEC東芝スペースシステム  
技術本部  
マネージャー