



# 天 気

1988年11月  
Vol. 35, No. 11

412:5013 (極軌道気象衛星; 地球観測衛星)

## 極軌道気象衛星等の地球観測衛星の最近の動向\*

福井 徹 郎・木 村 光 一\*\*

### 1. はじめに

極軌道気象衛星とは、北極および南極の上空を通過して、地球を縦方向に周回しつつ気象観測を行う人工衛星である。現在、米国の NOAA シリーズ、ソ連の METEOR シリーズが運用されている。GMS「ひまわり」のような静止衛星は赤道上空に静止しているため、観測範囲は北緯及び南緯60度程度であるが、極軌道衛星は両極付近を通過し、赤道通過位置が周回毎に移動するため、全球の観測が可能である。静止衛星の場合には、観測範囲内の地域の常時監視が可能であるのに対し、極軌道衛星の場合には、現象の観測を行うにはその地域の頭上を通過する時にしか観測できない。しかし、極軌道衛星は、全球の観測を行える特長を有している。極軌道衛星において、太陽光の入射方向と一定の方向での観測が望ましい場合、太陽同期軌道と言って地方時の時刻に頭上を通過する軌道を設定しており、NOAA や METEOR も太陽同期軌道である。本文では、極軌道気象衛星を中心に、主な地球観測衛星について述べる。

### 2. 現在運用中の極軌道気象衛星

ここでは米国の極軌道気象衛星 NOAA シリーズについて述べる。なお、NOAA という名称は、運用機関である米国海洋大気庁 (NOAA) の名をそのまま採用

している。

気象衛星の第1号は1960年に打上げられた TIROS である。TIROS シリーズの後、ESSA シリーズを経て ITOS シリーズが開始された。ITOS シリーズの第1号は、1970年に打上げられた。ITOS シリーズの衛星には、可視、赤外による地球画像の取得する走査放射計 (SR)、超高分解能放射計 (VHRR) の他、大気の種類、水蒸気の鉛直分布を測定する鉛直温度測定放射計 (VTPR) を搭載し、1976年打上げの NOAA-5 まで継続した。

ITOS シリーズの後継として、TIROS-N シリーズが開始され、その第1号は1978年に打上げられた。この第3世代の衛星には、VHRR を改良し可視、赤外を4~5チャンネルで観測する改良型超高分解能放射計 (AVHRR)、VTPR を改良し、より高精度な大気鉛直分布観測を行う TIROS 運用鉛直サウンダー (TOVS) 等が搭載された。現在、1984年12月12日打上げの NOAA-9 (午後軌道) と1986年9月17日打上げの NOAA-10 (午前軌道) が運用されている。1988年9月23日には NOAA-H が打上げられた。

### 3. 1990年代中期頃までの極軌道気象衛星の動向

NOAA-H は NOAA-9 に替わる衛星で、打上げ後は NOAA-11 として NOAA-10 とともに2衛星体制で運用されることとなっている。なお、米国では打上げ前の衛星にはアルファベットの通番を、打上げ後は数字の通番をつけるのが慣例である。NOAA-H には、NOAA-9

\* Recent Trend of the Earth Observation Satellites, Especially Polar Orbiting Meteorological Satellites.

\*\* Tetsuo Fukui・Koichi Kimura, 気象衛星室.

第1表 NOAA シリーズ衛星の主要諸元

項	目	NOAA—E～J	NOAA—K～M	備	考
画像取得 (AVHRR)					
チャンネル数		5チャンネル	6チャンネル		
波長 ( $\mu\text{m}$ )		0.58～0.68	同左		
		0.7～1.1	0.82～0.87		
		3.55～3.93	1.57～1.78		時刻により切り替えて使用
			3.55～3.93		同上
		10.3～11.3	同左		
		11.5～12.4	同左		E, G には搭載されていない。4番目のチャンネルが繰り返えられる
距離分解能					
可視		0.5 km			
赤外		1.0 km			
サウンディング					
チャンネル数					
赤外 (HIRS/2)		23チャンネル	20チャンネル		
マイクロ波 (MSU, AMSU)		4チャンネル	20チャンネル		
距離分解能					
赤外		17.5 km	同左		
マイクロ波		110.0 km	40.0 km		
オゾン測定		SBUV 搭載	SBUV 搭載		午後衛星のみ搭載
赤道通過時刻 (地方時)	午前衛星	7:30	同左		
	午後衛星	14:30	13:30		

と同様にオゾン等の測定のため紫外線領域を観測する太陽後方散乱紫外線測定計 (SBUV/2) が搭載されている。さらに、1989～91年にかけて NOAA-D, I, J が打上げ予定であるが、観測要素は従来の NOAA シリーズと大差はない。

その後、NOAA-K, L, M が1992年から打上げ予定であるが、観測要素が一部変更となる。まず可視、赤外の画像を取得する AVHRR は、5チャンネルから6チャンネルに増強される。また、TOVS 機器の一部に改良型マイクロ波装置 (AMSU) が採用され、気象庁等が従来から行っていた TOVS データによる衛星からの大気鉛直分布処理のソフトウェアは使用できなくなる。また、衛星から送信される信号フォーマットの変更が計画されており、その場合は気象衛星センターをはじめ、NOAA 受信局の改造が必要となる。なお、現行と将来の NOAA シリーズの衛星の主要諸元を第1表に示す。

#### 4. 1990年代中期頃以降の極軌道プラットフォームの動向

NOAA-M 以降については、極軌道プラットフォーム (POP) に NOAA シリーズを吸収し発展させようとする計画がある。

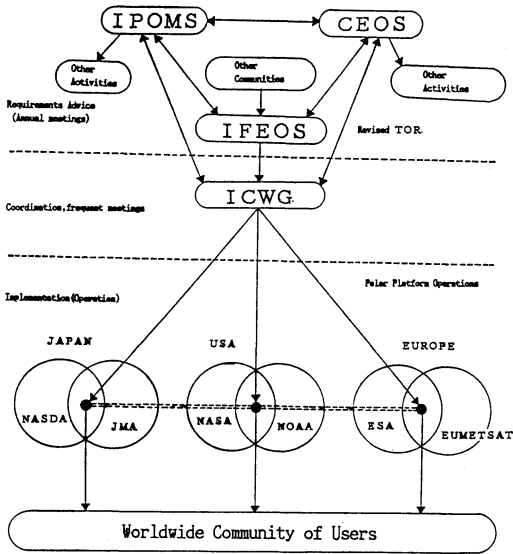
その検討の場の一つとして国際極軌道気象衛星グループ (IPOMS) がある。これは1984年の先進国首脳会議 (ロンドンサミット) において設置された会議で、本来は財政難から米国による2個の NOAA 衛星の維持が困難になったため、国際的な協力体制を構築し NOAA 衛星を継続させようとするものであった。一方、世界各国の国際協力によって宇宙ステーションと一体となった極軌道プラットフォーム構想が具体化したこと、また、1990年代中期頃までは、米国による極軌道気象衛星の維持の見通しが立ったため POP を次世代の極軌道気象衛星として利用する検討が開始された。このため、POP に搭載する気象・海象といった地球観測を行うために望ましいセンサについて各国の気象機関の間の調整、取りまとめを IPOMS で行うこととなっている。日本から

第2表 極軌道プラットフォーム用各観測装置(機器)の概要

観測装置(機器名)	機能概要	研究開発フェーズ*	開発開始年次	開発主体
改良型中解像度放射計 (AMRIR)	現行の NOAA 衛星に搭載されている AVHRR と HIRS の後継器。可視、赤外11チャンネルにより全球の雲分布、海面水温、雪氷分布の観測その他、植生分布を測定。同時に大気鉛直温度、水蒸気分布を測定。分解能 500 m (直下点) 情報速度 3500 Kbps	B	1990	米
改良型マイクロ波サウンデン グ装置-A (AMSU-A)	マイクロ波15チャンネルで鉛直温度分布、降水量、氷の情報を得る装置。現行の NOAA 衛星に搭載されている MSU, SSU の後継器。AMSU-B と共に運用される。分解能 45 Km (直下点) 情報速度 2.2 Kbps	C/D	1987	米
改良型マイクロ波サウンデン グ装置-B (AMSU-B)	マイクロ波5チャンネルで鉛直水蒸気分布、降水量、氷の情報を得る装置。AMSU-A と共に運用される。分解能 15 Km (直下点) 情報速度 4.4 Kbps	C/D	1987/1988	英
全球オゾン観測放射計 (GOMR)	紫外線6チャンネル、赤外線10チャンネルで、全球のオゾンを観測する装置。GLS と GNS の2装置から構成される。GLS は赤外による大気の上層のサウンダであり GNS は紫外線により全オゾン量を観測する装置である。情報速度 5.0 Kbps	B	1990	米
宇宙環境モニタ (SEM)	衛星高度での太陽からの陽子、電子等を固体素子を用いて測定する装置。TED と MEPED の2装置から構成される。TED は低エネルギーのイオン、電子を測定し、MEPED は高エネルギーの陽子、電子、イオンを測定するものである。情報速度 0.16 Kbps	NOAA 衛星に搭載	—	米
データ収集システム (ARGOS)	データ収集局から地球環境に関するデータを収集すると同時にデータ収集局の位置を決定する。	NOAA 衛星に搭載	—	仏
捜索救助システム (SARSAT)	遭難した船舶・飛行機からの緊急信号を受信・中継して、その遭難信号の発信場所の決定を行う。	NOAA 衛星に搭載	—	仏・加
散乱計 (SCATT)	4チャンネルの能動型マイクロ波放射計で、海上の風ベクトルを得る。分解能 25 Km 情報速度 5.0 Kbps	B	1990	米
改良型マイクロ波放射計 (AMSR)	5チャンネルのマイクロ波放射計で、MOS-1 の MSR の改良型であり大気の水蒸気分布、海水分布等を観測する。分解能 5~20 Km 情報速度 100 Kbps	A	1989	日

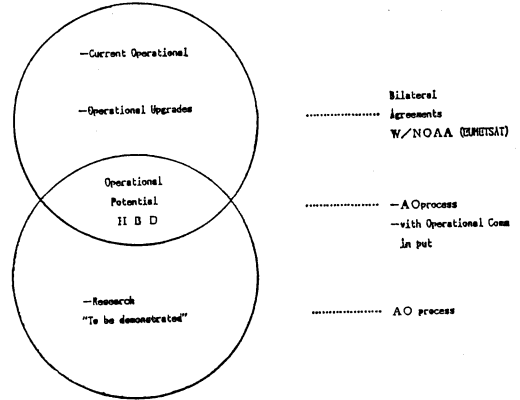
観測装置 (機器名)	機能	概要	研究開発フェーズ	開発開始年次	開発主体
改良型マイクロ波画像放射計 (AMIR)	5チャンネルのマイクロ波放射計で、海面水温、水蒸気分布等を求める。分解能 5~40 Km 情報速度 100 Kbps	5チャンネルのマイクロ波放射計で、海面水温、水蒸気分布等を求める。分解能は、0.7 Km 情報速度 2,100 Kbps	B	1989	伊
海色・海温度走査計 (OCTS)	可視・赤外12チャンネルの放射計で、MOS-1のVTIRの改造型である。海色分布、海面水温分布を測定する。分解能は、0.7 Km 情報速度 2,100 Kbps	可視5チャンネルの電気的走査放射計で、海の色のはか植生のモニタを行う。分解能 1 Km 情報速度 TBD	A	1989	日
海色モニタ (OCM)	可視5チャンネルの電気的走査放射計で、海の色のはか植生のモニタを行う。分解能 1 Km 情報速度 TBD	可視5チャンネルの電気的走査放射計で、海の色のはか植生のモニタを行う。分解能 1 Km 情報速度 TBD	A	TBD	伊
高度計 (ALT)	能動型マイクロ波放射計で、海面高、波高、海流、風速、海水縁を観測する。水平分解能 24.2 Km と 63 Km、鉛直分解能 3.5 cm 情報速度 9.0 Kbps	能動型マイクロ波放射計で、海面高、波高、海流、風速、海水縁を観測する。水平分解能 24.2 Km と 63 Km、鉛直分解能 3.5 cm 情報速度 9.0 Kbps	A/B	1990	米
高度計 (ALT)	詳細は未定。上記と同じものが考えられている。情報速度 10.0 Kbps	詳細は未定。上記と同じものが考えられている。情報速度 10.0 Kbps	—	—	(日)
軌道方向走査放射計 (ATSR)	赤外3チャンネル、マイクロ波2チャンネルで海面水温、大気中の水蒸気量の測定を行う。情報速度 215 Kbps	赤外3チャンネル、マイクロ波2チャンネルで海面水温、大気中の水蒸気量の測定を行う。情報速度 215 Kbps	C/D	—	英・仏・豪
地球放射収支観測装置 (ERBI)	紫外線と赤外線8チャンネルで、全球の大気層上部の放射収支を測定する放射計。情報速度 1.0 Kbps	紫外線と赤外線8チャンネルで、全球の大気層上部の放射収支を測定する放射計。情報速度 1.0 Kbps	B	1990	米
円錐走査放射計 (CSR)	紫外・可視・赤外10チャンネル程度で、全球の放射収支を測定する放射計。また、雪氷、植生等の情報も得ることが出来る。情報速度 1.0 Kbps	紫外・可視・赤外10チャンネル程度で、全球の放射収支を測定する放射計。また、雪氷、植生等の情報も得ることが出来る。情報速度 1.0 Kbps	—	TBD	西独・仏
受動型大気サウンダー用マイクロ波干渉計 (MIPAS)	圏界面付近の温度、エプロゾル、微量ガスを測定する。情報速度 700 Kbps	圏界面付近の温度、エプロゾル、微量ガスを測定する。情報速度 700 Kbps	—	STS FLIGHT 1989/1992	西独
酸素Aバンド分光器(SPOX)	可視域10チャンネルにより海面から反射する太陽放射の散乱を測定し、海面の気圧を測定する。情報速度 164 Kbps	可視域10チャンネルにより海面から反射する太陽放射の散乱を測定し、海面の気圧を測定する。情報速度 164 Kbps	—	TBD	豪
雲サイズ解析装置 (CSA)	近赤外、赤外各チャンネルにより、高分解能で雲の大きさを解析する処理装置が搭載されており、雲の分布を解析した後、雲の分布のみを地上に送信する。分解能 100 m 情報速度 2.72 Kbps	近赤外、赤外各チャンネルにより、高分解能で雲の大きさを解析する処理装置が搭載されており、雲の分布を解析した後、雲の分布のみを地上に送信する。分解能 100 m 情報速度 2.72 Kbps	—	TBD	豪

\* 研究開発フェーズA: 概念設計 B: 予備設計 C: 基本/詳細設計 D: 製作/試験



Missions For Polar Platforms

Mech. For Approval



第1図 Block diagram of possible future advisory and coordination mechanisms for polar platform operation

は、気象庁及び宇宙開発事業団 (NASDA) がメンバーとなっている。IPOMS の第4回総会は、昨年11月に気象庁で開催された。その時に取りまとめられたセンサ候補について第2表に示す。

この結果は、極軌道プラットフォームの地球観測のための利用について実質的な調整を行う場である、極軌道プラットフォーム調整会議 (ICWG) に答申された。ICWG では搭載地球観測センサの基本仕様、データフォーマット等に関する調整、開発分担、運用に関する検討、調整の他、利用に関する参加募集案内 (AO) の発出等の調整が行われている。POP の利用に関する参加募集は、日本では科学技術庁が取りまとめており、現段階では予備的なものである。

同様の会議に宇宙ステーションを利用した地球観測に関する国際フォーラム (IFEOS) がある。これは、地球観測衛星のデータ利用者と POP 計画者との意志疎通を図ることを目的として、POP 利用の技術運用面について検討、諮問する会議である。

POP に関する会議としてはこの他にも各種あり、その関連を第1図に示す。

極軌道プラットフォームに搭載するセンサとしては、第2表に示すセンサが候補として考えられているが、現

行の NOAA 搭載センサを継続・発展させた現業的気象センサと研究用のセンサに区別されている。IPOMS では、現業的気象センサの観測データについては、従来どおり無料で放送することを前提条件としている。

POP に対して、日本からは、MOS-1 の MSR を発展させた高性能マイクロ波放射計 (AMSR) 及び資源観測等を目的とした中間熱赤外放射計 (ITIR) の2件を応募している。

5. 日本での動向

日本では、昭和68年度に打上げる計画で地球観測プラットフォーム技術衛星 (ADEOS) の開発研究が行われている。これは、昭和62年 (1987年) に打上げられた海洋観測衛星 MOS-1 (もも1号)、昭和64年度打上げ予定の MOS-1b、66年度打上げ予定の地球資源衛星 ERS-1 等で開発した地球観測技術の継続、発展を図るとともに、将来のプラットフォーム型衛星に必要なとされる技術の開発等を目的としたものである。

この衛星には、海面水温走査放射計 (OCTS) 及び高性能可視近赤外放射計 (AVNIR) の2センサが搭載される予定である。この2センサについては、利用研究テーマのアンケート調査が行われ、気象庁をはじめ関係機

第3表 ADEOS の主要諸元

項目	内容
海色海温走査放射計 (OCTS)	
可視チャンネル数	6チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	0.44, 0.49, 0.515, 0.56, 0.62, 0.66
近赤外チャンネル数	2チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	0.77, 0.86
中間赤外チャンネル数	1チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	3.7
熱赤外チャンネル数	3チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	8.5, 11.0, 12.0
距離分解能	700m
高性能可視近赤外放射計 (AVNIR)	
可視チャンネル数	3チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	0.45, 0.55, 0.67
近赤外チャンネル数	1チャンネル
中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	0.87
距離分解能	16m

第4表 TRMM の主要諸元

項目	内容
軌道傾斜角	35°
軌道高度	350 km
降雨レーダー	
周波数 (GHz)	13.8
距離分解能	250 m
フットプリント	4 km
走査幅	220 km
マイクロ波放射計	
周波数 (GHz)	19, 37, 90 (2 偏波)
距離分解能	10 km
走査幅	600 km
可視赤外放射計	
距離分解能	1 km
走査幅	600 km

関からの応募がある。

ADEOS にはこの他に搭載センサの応募を国内外から受付けている (AO センサ)。

NASA は、全オゾン量分布の測定が可能な TOMS (全オゾン分布測定計) の搭載を希望している。このセンサではオゾンの他、二酸化硫黄の分布も測定可能なため、火山の観測にも利用することが考えられる。

国内では、通産省と科学技術庁が応募している。

通産省は、大気中の炭酸ガス等による温室の効果の検討等のため中間赤外から熱赤外の領域を干渉分光計により測定し、温室効果に影響すると考えられる気体の観測を行うシステムの搭載を希望している。

環境庁は、成層圏のオゾン等の気体の調査のため、地球の縁辺方向に太陽をみて、その赤外域太陽光からオゾン等の気体の高度分布の算出するシステム等を応募している。

ADEOS の主要諸元について第3表に示す。

#### 6. 熱帯降雨観測ミッション

以上の他、宇宙から降雨観測を行う熱帯降雨観測ミッション (TRMM) と呼ばれる計画がある。これは上記のような極軌道衛星ではなく、赤道付近上空を低高度で

周回する衛星に降雨観測レーダーを搭載し観測するもので、米国と我が国の協同プロジェクトとして位置づけられている。具体的には、米国は、TRMM の衛星本体、可視赤外放射計、受動型マイクロ波放射計の開発を行い、日本は搭載する降雨レーダーの開発、H-II ロケットによる打上げを行い、気象庁を含む日米の科学者がデータの利用を行うという分担で実施されることで計画されている。

熱帯域は、太陽から大量の放射エネルギーを受ける地域であり、熱源として大気大循環の原動力となっている。その熱源を表す最もよい指標は降雨量といわれている。しかし、熱帯地域は大部分海洋に覆われ、地上の雨量計による直接観測では、熱帯地域全体の定量的降雨量を得ることは困難である。この TRMM が実現すれば、全熱帯域の 600 km 格子の定量的な月平均降雨量を得ることが可能となり、日本を含む東アジア地域の大気の流れの変動の実態が明らかになり、地球規模の大気の変動に果たす役割が明確になることが期待される。

TRMM の主要諸元を第4表に示す。

#### 7. その他

以上述べたように、衛星からの地球観測は今後増加の傾向にあるが、我が国の場合、その利用体制が必ずしも整備されていない。今後、国内関係機関で協力して体制等を早急に検討することが必要であろう。

## 8. おわりに

本文作成にあたり、山本孝二海上気象課長をはじめ関係の方々の協力を受けたことを感謝します。

なお、本文の情報は、昭和63年7月時点のものである。

## 略語表

ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) : 地球観測プラットフォーム技術衛星  
 AMSR: (Advanced Microwave Scanning Radiometer) : 高性能マイクロ波放射計  
 AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) : 改良型マイクロ波サウンディング装置  
 AO (Announcement of Opportunity) : 公募  
 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) : 改良型超高分解能放射計  
 AVNIR (Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer) : 高性能可視近赤外放射計  
 CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) : 地球観測衛星委員会  
 ERS (Earth Resources Satellite) : 地球資源衛星  
 GMS (Geostationary Meteorological Satellite) : 日本の静止気象衛星  
 ICWG (Meeting of the International Coordination Working Group of Space Station Partners for Earth Observation) : 極軌道プラットフォーム調整会議  
 IFEOS (International Forum for Earth Observation Using Space Station Elements) : 宇宙ステーションを利用した地球観測に関する国際フォーラム

IPOMS (International Polar Orbiting Meteorological Satellite Group) : 国際極軌道気象衛星グループ  
 ITIR (Intermediate Thermal Infrared Radiometer) : 中間熱赤外放射計  
 ITOS (Improved TIROS Operational Satellite) : 米国の改良型 TIROS 実用衛星  
 MOS (Marine Observation Satellite) : 日本の海洋観測衛星  
 NASDA (National Space Development Agency of Japan) : 宇宙開発事業団  
 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) : 米国の海洋大気庁 (衛星)  
 POP (Polar Orbiting Satellite) : 極軌道プラットフォーム  
 SBUV (Solar Backscatter Ultraviolet) : 太陽後方散乱紫外線測定計  
 SR (Scanning Radiometer) : 走査放射計  
 TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) : 米国の気象衛星  
 TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) : 全オゾン分布測定計  
 TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) : TIROS 運用鉛直サウンダー  
 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) : 熱帯降雨観測ミッション  
 VHRR (Very High Resolution Radiometer) : 超高分解能放射計  
 VTPR (Vertical Temperature Profile Radiometer) : 鉛直温度測定放射計

## 京都大学超高層電波研究センター共用利用研究の公募のお知らせ

当センターでは、現在昭和64年度前期(64年4月～64年9月)の共同利用研究課題を公募中です。

共同利用研究の中心的設備となる MU レーダーは我国最初の中層・超高層大気観測用 VHF 帯大型レーダーです。また、他に共同利用に供される設備としてはアイオゾンデ、二周波レーダー、ラジオゾンデ等がありま

す。

利用を希望される方は、下記に御問い合わせ下さい。締切りは昭和64年2月10日です。

〒611 京都府宇治市五ヶ庄

京都大学超高層電波研究センター事務室

TEL. 077-32-3111 内線 3330