

# ひまわり 8 号打ち上げ成功と定常運用開始

西山 宏\*  
西村修司\*\*

## Successful Launch and Operational Service of Himawari-8

Hiroshi Nishiyama, Shuji Nishimura

### 要 旨

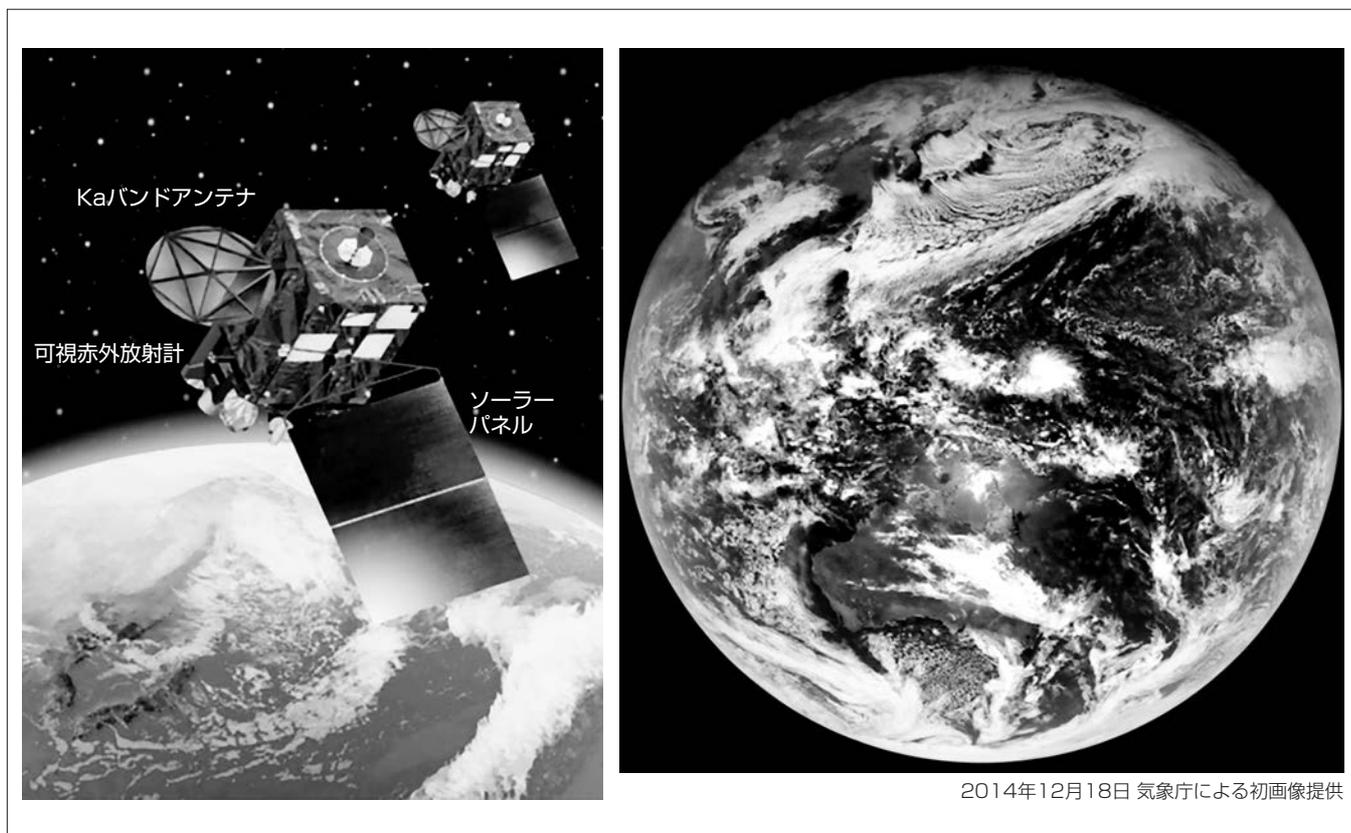
気象衛星“ひまわり 8 号”は、2014年10月に種子島宇宙センターから打ち上げられ、約半年間の点検及び画像調整を経て2015年 7 月から気象庁によって画像提供サービスが開始された。これまで使用されてきた“ひまわり 7 号”（運輸多目的衛星新 2 号：MTSAT-2）に比べて、性能が飛躍的に向上している。

ひまわり 8 号は、2009年に気象庁によって国際公開入札が実施され、欧米を含めた数社が応札する中、三菱電機が受注し、衛星本体、及び地上の画像データ処理ソフトウェアの開発を進めてきた。また、同型機となる“ひまわり 9 号”の製造も現在当社の鎌倉製作所で進んでおり、2016年度の

打ち上げを予定している。

一方、地上局は、日本で初めてのPFI方式(Private Finance Initiative)での衛星運用事業であり、気象衛星ひまわり運用事業(株)(Himawari Operation Enterprise Corporation：HOPE)の指導の下、当社の通信機製作所が、埼玉県鳩山町、東京都板橋区及び北海道江別市にアンテナ設備及び衛星管制設備を納入し、衛星の打ち上げ以降順調に稼働している。

ひまわり 8、9 号は、台風の進路予想の精度向上、積乱雲等局所気象変動の予測、火山噴火、黄砂の監視など、防災に大きく貢献すると期待される。



2014年12月18日 気象庁による初画像提供

### ひまわり8、9号の軌道上想定図と観測の画像例

当社標準衛星バスDS2000に可視赤外放射計を搭載した三軸姿勢制御方式のひまわり8、9号と可視帯域のバンドが光の3原色となったフルディスク観測の画像例。

## 1. ま え が き

ひまわり 8 号は、ひまわり 7 号の実績と経験を踏まえて、新型の可視赤外放射計(以下“放射計”という。)の運用に最適な設計を行ったものである。ひまわり 7 号に搭載したイメージャと比べて画像の解像度は約 2 倍の高精細となり、また、地球全体の観測にかかる時間が約 1/3 に短縮され、日本域などの小領域を高頻度に観測することが可能である。

一方、放射計の観測精度実現のためには、放射計を搭載する衛星バスシステムも従来に比べて高い性能を要求された。そのため、低熱歪(ひずみ)の光学ベンチの採用、高精度姿勢制御系システム、低擾乱(じょうらん)アクチュエータの採用による擾乱低減を図るとともに、地上での画像補正処理のために、高精度・広帯域に光学ベンチの姿勢を計測・決定する機能を持つ。衛星バスには、当社が開発してひまわり 7 号や各種通信衛星に採用してきた実績ある標準衛星バス“DS2000”を採用している。撮像画像は、Kaバンドのマイクロ波で伝送する。データ伝送レートは衛星の各種技術情報(テレメトリ)を含めて60Mbps程度である。直径約2.2mのアンテナを具備し、日本国内の2か所の地上局(埼玉県鳩山町と北海道江別市)に効率的に電波放射できるように設計としている。

本稿では、ひまわり 8、9 号の衛星及び地上局の性能について述べ、ひまわり 8 号の幾つかの画像を示す。

## 2. 放 射 計

地球を撮像する放射計は、米国航空宇宙局(NASA)などが中心となって開発した。気象衛星観測の新世代を担う最先端の性能を持ち、ひまわり 8、9 号では、これをいち早く導入するとともに日本独自の仕様を追加した。まだ米国で打ち上げた実績がなく、日本が世界で初めて運用したものである。次に放射計の性能進化について述べる。

### 2.1 観測バンド(波長帯)数の増加

放射計の観測帯域(バンド)をひまわり 7 号のイメージャと比較して表 1 に示す。

可視帯域のバンドが光の 3 原色となったことによって、地上で重ねあわせ処理をしてカラー画像が得られる。これによって、黄砂、火山噴煙、土地利用など様々な情報が得られている。

### 2.2 分解能の倍増

放射計の受光素子密度が高くなり、デジタル処理技術の進歩と相まって、表 2 に示すように分解能が向上した。これによって、積乱雲や台風の進路、発達の監視がより詳細にできるようになり、火山噴火などの現象も把握しやすくなった。図 1 に台風の領域観測画像を示す。

### 2.3 観測時間短縮

走査幅を広くするとともに放射計が小刻みに動けるよう、

ひまわり 8 号から 2 枚の走査ミラーを導入して、南北・東西にそれぞれ個別に動くことで複雑な観測が可能になった。これによって、局所的な領域観測、例えば日本領域を、地球全体の観測を行いながら 2.5 分間隔で連続撮像できるようになった。この画像をつなぎ合わせることで、滑らかで精細な動画を作成することも可能となり、局所的に発達する積乱雲をいち早く検知できるようになった。表 3 に示すように、観測にかかる時間を短縮したことによって、雲や台風の動きをより早期に緻密に追跡することが可能となり、気象災害の防止・軽減に寄与するものと期待されている。

表 1. ひまわり 7 号から 8 号への放射計の進化

	ひまわり 7 号 イメージャ	ひまわり 8、9 号 放射計
可視観測	1 バンド(白黒)	青、緑、赤の 3 バンド (地上で合成処理してカラー画像になる)
近赤外観測	なし	3 バンド
赤外観測	4 バンド	10 バンド
合計	5 バンド	16 バンド

表 2. ひまわり 7 号から 8 号への水平分解能向上

	ひまわり 7 号 イメージャ	ひまわり 8、9 号 放射計
可視	1 km	0.5 ~ 1 km
近赤外・赤外	4 km	1 ~ 2 km

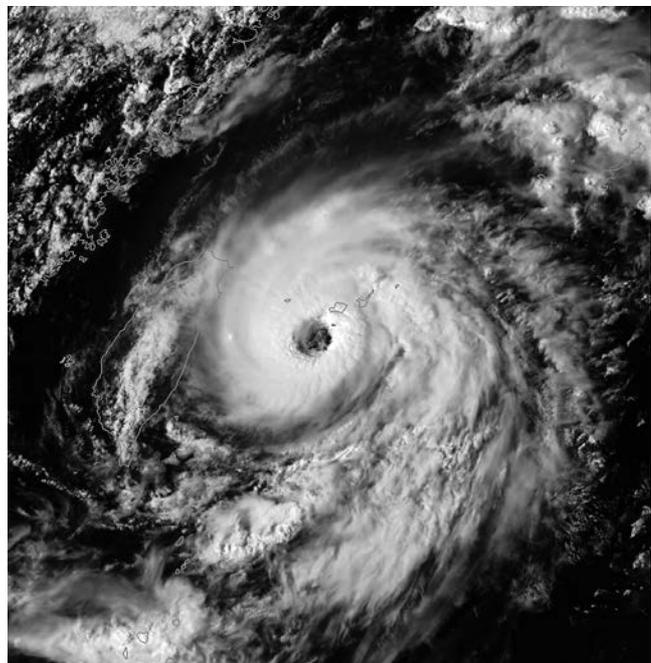


図 1. 台風の画像例(2015年3月31日試験撮像)(気象庁提供)

表 3. ひまわり 7 号から 8 号への観測時間短縮

	ひまわり 7 号 イメージャ	ひまわり 8、9 号 放射計
走査ミラー数	1 枚	2 枚
地球全体観測	30分	10分
局所領域観測	-	2.5分

### 3. 放射計の性能を最大限引き出す技術

放射計は、2章で述べたとおり、これまでになく高い機能が盛り込まれている。この機能を最大限に発揮するため、衛星・地上全体システム設計の最適化を行った結果、高精細な画像を得ることができた。具体的には、衛星の地球を向くパネル面に低熱歪のもう一枚のパネルを乗せ、このパネル上に放射計を搭載した。これに加えて、このパネル上に放射計の視線を高精度・広帯域に決定するために、スタートラッカー(STT)、慣性基準装置(IRU)等を搭載する構成にした。主な要点を次に述べる。

#### (1) 放射計の熱歪を最小化

衛星構体は、軌道上の周期的な温度変動で歪を生じる。特に表面は $-170\sim+100^{\circ}\text{C}$ の温度変化にさらされる部分がある。このため、放射計を衛星から極力熱的に分離して、衛星の熱歪が放射計の光学系を歪(ゆが)める悪影響を最小化した。

#### (2) 機械的な擾乱の最小化

衛星に搭載するリアクションホイールなどから出る微小振動が衛星構体を伝わり、放射計を揺らす擾乱という現象がある。これを最小限とする搭載方法を採用した。

#### (3) 高精度の姿勢制御方式

STTで姿勢を高精度に同定するとともにIRUで姿勢の変化(加速度の変化)を検知して衛星搭載コンピュータのソフトウェアで姿勢を制御するという、DS2000で蓄積してきた技術を用いて、定常観測時には $1/100^{\circ}$ の精度での姿勢制御を実現した。

#### (4) 高精度の画像位置ずれ補正技術

ひまわり8号では、放射計の視線方向を東西方向に高速走査することで、地球全体を10分ごと、日本付近を2.5分ごとに観測するが、この走査で発生する微小振動を衛星に搭載した各種センサで計測し、視線方向の振動を高周波微小成分も含めて高精度に推定する技術を地上ソフトウェアで実現した。地上局では、受信した視線方向推定用データ(姿勢角、角速度、加速度)を演算処理することで視線方向の振動成分を高精度に推定し、観測画像の位置ずれを補正する。この高精度姿勢決定機能と、気象庁が開発した画像位置合わせ機能を融合して、可視0.5km、赤外1kmの高分解能が得られている。

#### (5) 地上処理

ひまわり8、9号の画像データを地上局で一次処理するための放射計データ処理システム(RDACS)を衛星とともに開発した。このシステムは、地上で受信したデータを復調した後のデータ処理を担い、次の機能を持つ。

- ①放射計データファイル作成
- ②位置精度・校正処理
- ③領域観測選定処理
- ④画像診断・監視

このRDACSで出力されたデータは、HOPE地上局を経由して気象庁の気象衛星センターに送られて画像化・二次加工処理され、その画像がユーザーに配信される。RDACSは災害防止に必要な情報を途切れさせないという観点で、サービスの継続性・連続性を重視した設計となっており、さらに、地上局の構成機器として高い機動性のある観測運用を可能とするため、衛星運用との連動性も重視した設計となっている。

## 4. 地上局

ひまわり8、9号の地上局では、我が国で初めて宇宙分野で衛星運用にPFI方式が採用された。2010年にHOPEが“ひまわり8、9号の運用等事業”を受注し、当社はアンテナ設備や衛星管制設備などを担当した。当社にとって初めての宇宙PFI事業であり、安定的な衛星運用と確実なサービス提供を実現させるため、HOPE構成企業である三菱UFJリース(株)、新日鉄住金ソリューションズ(株)、宇宙技術開発(株)の協力の下に、信頼性の高いシステム設計及び装置開発を行い、HOPE地上施設・設備が2014年9月に完成した。HOPEは、ひまわり8、9号から受信した気象観測データを24時間/365日中断することなく気象庁へ送り届けることが主な業務である。

### 4.1 地上施設・設備の概要

ひまわり8、9号の地上施設・設備の概要を図2に示す。主局と副局の2局で構成され、主局のアンテナサイトは埼玉県鳩山町に、主局データセンタは東京都板橋区に設け、副局のアンテナサイトとデータセンタは北海道江別市に設置した。観測データの大容量化に伴い受信周波数にはKaバンドを採用しており、従来のひまわり7号と比べて降雨減衰の影響を受けやすいため、サイトダイバーシティ構成としている。

ひまわり8号からの観測データを常に主局と副局で同時に受信しており、例えば、大規模災害などで関東が大きな被害を受けて主局が機能しなくなった場合にも、副局(北海道)で観測データを受信・処理して運用が継続できる。なお、主局と副局は全て同じ装置で構成しており、機能・性能は変わらず、どちらの局でも同じ運用が可能である。

観測データは、HOPEが整備した地上専用回線を通じて東京都清瀬市にある気象衛星センター及び大阪管区気象台へ伝送する。図3にアンテナサイト、図4にデータセンター内にある運用室を示す。

### 4.2 地上施設・設備の特長

地上設備の主な特長は、(1)高い稼働率の確保、(2)高頻度観測の実現、(3)運用の効率化であり、次にその内容を述べる。

#### (1) 高い稼働率の確保

局、設備、装置の各階層で冗長化するとともに、受信データについては同時並行処理を行うことで障害発生による観測データの欠損を抑え、99.99%以上の高い稼働率を確

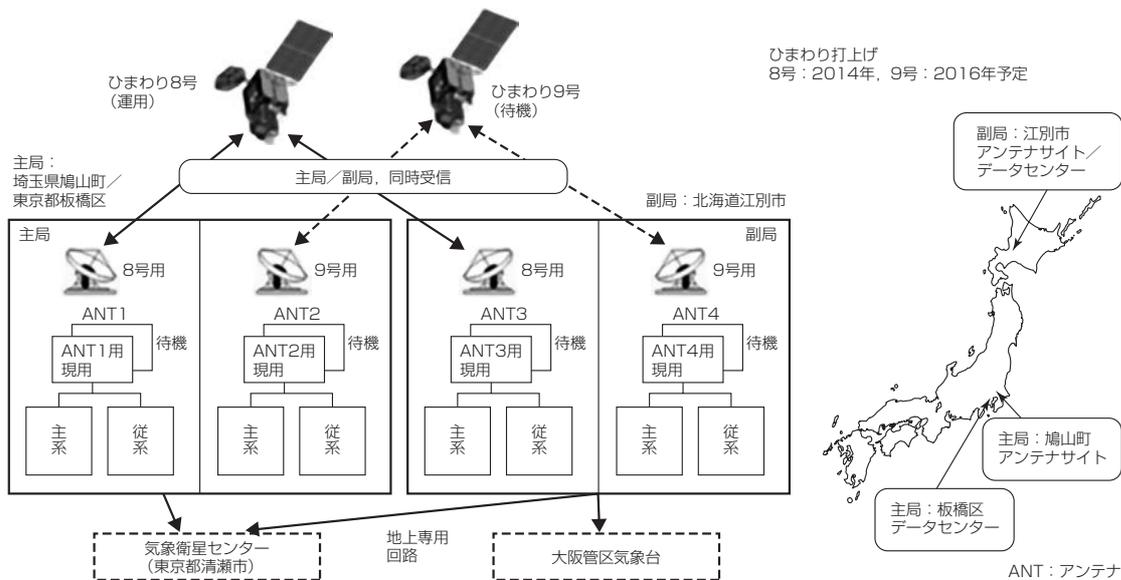


図2. 地上施設・設備の概要



図3. アンテナサイト(北海道江別市)



図4. データセンター運用室

保している。また、主局及び副局は大規模な災害や降雨での電波障害を同時に受けないう、地理的に離れた関東と北海道に設置し、各拠点をつなぐ地上専用回線についても二重化している。

(2) 高頻度観測の実現

衛星管制システムには、当社製の標準衛星管制ソフトウェア“Birdstar”を採用しており、日本域や台風付近などの領域を2.5分ごとの高い頻度で観測できるよう、2.5分間隔で確実にコマンド送信が可能なデータ処理システムを実現した。

(3) 運用の効率化

統合監視による運用負荷の軽減や運用計画の自動化を実現し、長期にわたって効率的な衛星運用が実施できる衛星管制システムを構築した。また、運用者の作業性向上や操作ミスを防止するため、設計初期段階から運用者の意見を取り入れて操作画面の設計を行った。

4.3 地上施設・設備の維持管理・保守

長期にわたって安定かつ確実なサービス提供を継続するため、施設・設備の日常点検や定期検査は必須であり、HOPE運用者及び維持管理者と連携して計画的に維持管理・保守業務を遂行している。また、PFI事業では維持管理・保守を含めたライフサイクルコストを十分に考慮して設計することが重要であり、高信頼性設計に加えて将来の

装置交換の容易性などを検討した。障害発生時には即座に冗長系に切代わって運用を継続するシステムとなっているが、障害復旧時間の短縮や確実なサービス提供のため、運用者の実機訓練や故障箇所特定フローの整備などを実施してきた。

5. むすび

ひまわり8号は、2015年7月から正式に画像配信を開始したところである。気象庁で、取得したデータの数値予報などへの活用も始まったところである。気象予報会社や大学、研究機関でも画像の活用、解析方法等の開発が始まったばかりである。今後に期待するとともに、その活用現場の生の声を聞いて次のひまわり衛星の開発に反映していくことが重要である。ひまわり9号の製造は進行中で、2016年に打ち上げ、2017年から待機運用の開始を予定している。2017年からは最新鋭の気象衛星による二機体制での運用となる。また、地上局は衛星運用と維持管理・保守を一体とした日本初のPFI事業としてスタートしたばかりであり、2030年3月までの長期間、24時間/365日確実に安定して観測データを気象庁へ送り届けられるように引き続き気象庁やHOPE関係者と連携し事業推進に努めていく。

おわりに、本稿の執筆に当たり御指導いただいた気象庁気象衛星課の皆様へ謝意を表す。