

気象衛星ひまわりシリーズの開発と運用 —ひまわり7・8・9号による, 20年間の気象観測に向けて—

磯部昌徳*
西山 宏*
古市正生*

Development and Operation of Japanese Meteorological Satellite "Himawari" Series—For 20 years Meteorological Observation by Himawari-7,8 and 9—
Masanori Isobe, Hiroshi Nishiyama, Masao Furuichi

要 旨

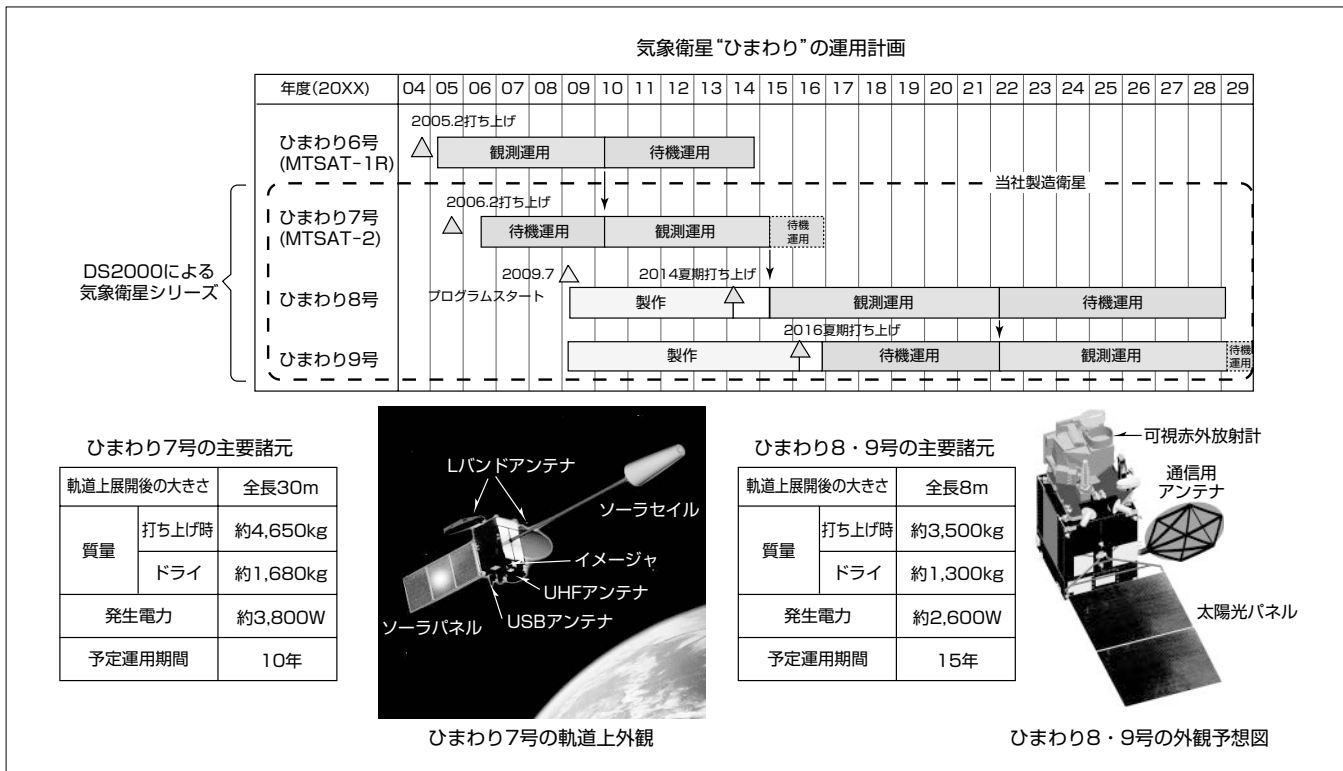
気象衛星ひまわりは1978年に1号機の運用が開始されて以来、現在運用中の7号機まで日本の気象観測に欠かせない存在となっており、テレビの天気予報でその画像は広く国民生活に浸透している。また、日本だけでなく、アジア太平洋の30以上の国や地域に観測結果を配信しており、気象観測、災害監視等に大きな役割を果たしている。

三菱電機は国際市場における商用衛星の競争力強化に取り組んでおり、(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)の技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)をベースとする標準衛星バス“DS2000”を開発し、DS2000適用衛星として2000年に運輸多目的衛星新2号(MTSAT-2)を受注し、2006年に打ち上げに成功、“ひまわり7号”となった。その後、約4年間の待機運用を経て2010年7月から本運用を開始し、画像品質・配信サービス共順調に稼働している。

一方、ひまわり6・7号の後継機として2014年、2016年にそれぞれ打ち上げが計画されているひまわり8・9号に

ついても、ひまわり7号での実績が評価され、2009年に当社が衛星と地上画像処理システムを受注することができた。これによって、ひまわり7・8・9号と3機にわたって、2010年から約20年間の日本の気象観測は当社の衛星が担当することになった。ひまわり8・9号は世界に先駆けて、次世代放射計を搭載し、現在運用中のひまわり7号に比べて画像の解像度は約2倍ときめ細くなり、地球全体の観測に要する時間は従来の1/3に短縮される。加えて、日本域などの小領域を高頻度に観測することが可能となる。さらに、チャンネル数が従来の5チャンネルから16チャンネルに増え、気象現象や地球環境の監視強化が可能となる。現在ひまわり8・9号は基本設計を完了し、詳細設計中である。

ここでは、ひまわり7号の衛星と地上処理装置(IDACS)の開発及び運用状況と、ひまわり8・9号の衛星と地上のデータ処理装置(RDACS)の開発状況と運用計画について述べる。



ひまわり7・8・9号

ひまわり7号は航空保安システムと気象ミッションの多目的な衛星であり、気象観測センサの要求によって太陽電池パドルは南面のみの片翼構成で、北面側には太陽輻射(ふくしゃ)のバランスを取るために、ソーラーセイルを搭載している。ひまわり8・9号は気象ミッション単独衛星であるが、搭載する気象観測センサの熱入力条件が厳しいため、ひまわり7号に搭載したソーラーセイルは搭載せず、北面側には何も搭載していない。

1. ま え が き

気象衛星ひまわりは1978年に1号機の運用が開始されて以来、現在運用中の7号機まで日本の気象観測に欠かせない存在となっており、テレビの天気予報でその画像は広く国民生活に浸透している。また、日本だけでなく、アジア太平洋の30以上の国や地域に観測結果を配信しており、気象観測、災害監視等に大きな役割を果たしている。当社は2000年にひまわり7号を受注し、2006年に打ち上げ、約4年間の待機運用を経て2010年7月から本運用を開始しており、画像品質・配信サービス共順調に稼働している。その運用状況を述べるとともに、後継機として2014年、2016年にそれぞれ打ち上げを予定しているひまわり8・9号の衛星、地上のデータ処理装置の開発状況と運用計画について述べる。

2. 静止気象衛星“ひまわり”

“ひまわり”は、広く国民に知られている日本の静止衛星・気象衛星の愛称であり、その歴史は30年を超える。1号から5号までは静止気象衛星GMS(Geostationary Meteorological Satellite)と呼ばれたスピン衛星であり、当時は全球(衛星から見える地球のすべての範囲)の観測を3時間ごとに行っていた。6号からは気象観測機能以外に、衛星通信を利用した航空保安システムも一緒に搭載する運輸多目的衛星MTSAT(Multi-functional Transport Satellite)となった関係で、衛星規模が大きくなり、従来のスピン衛星から三軸姿勢制御型へと変更され、これに伴って観測機器も変更された。なお、現在運用中のひまわり7号はMTSAT-2として、当社が初めて気象衛星を担当した衛星であり、2006年2月に打ち上げられ、2010年7月1日から運用が開始された。現在運用中のひまわり7号の気象ミッションでは次のことが行われている。

(1) イメージャによる観測

光学系の観測装置(イメージャ)によって、表1に示すとおり、可視1チャンネル、赤外4チャンネルによって地球画像の撮影を行っている。観測は1時間ごとに全球の観測を行い、おおむね30分ごとに北半球域(衛星から見える地球の北半分)の観測を行っている。

(2) 観測データの中継

離島や航空機、船舶からMTSATを介して観測データを中継するサービスが行われている。ほとんどはセルフタイ

表1. ひまわり7号の観測装置特性

チャンネル	観測波長帯(μm)	空間分解能(km)	反射量輝度温度分解能(階調)
可視(VIS)	0.55~0.90	1	1024(10ビット)
赤外1(IR1)	10.3~11.3	4	1024(10ビット)
赤外2(IR2)	11.5~12.5	4	1024(10ビット)
赤外3(IR3)	6.5~7.0	4	1024(10ビット)
赤外4(IR4)	3.5~4.0	4	1024(10ビット)

ム型で、時間が来ると衛星に向けてデータをとばし、衛星が地上のCDAS(衛星通信局)に中継、CDASから衛星情報処理センターを通り、気象局の通信網を通じて、全世界の気象機関に配信される。

(3) 画像配信

イメージャで観測した画像は、衛星情報処理センターで処理された画像を、MTSATを介して受信ユーザー(受信局)に配信する。当初はHiRID, WEFAX, HRIT, LRITの4方式で配信されていたが、このうちHiRID(the High Resolution Image Data)及びWEFAX(WEather FAC-Simile)は、2008年3月に廃止され、現在はHRIT(High Rate Information Transmission), LRIT(Low Rate Information Transmission)の2方式のみである。HRITは、各画像ともに1024階調の精細な表現能力を持ち、可視画像では水平分解能が1km、赤外画像では水平分解能が4kmの高分解能画像として作成し、画像の種類も可視画像及び赤外1~4チャンネルの全種類を配信している。LRITは、小規模利用局(SDUS)向けに行っている画像配信サービスで、全球画像の水平分解能を5km程度に落とした低分解能画像としてデータ伝送量を少量に抑えつつ、画像の種類として可視画像、赤外1, 3, 4の4種類を配信している。

3. ひまわり7号の開発及び運用

3.1 ひまわり7号の開発

ひまわり7号は当社のDS2000衛星バスを採用した国産として初の三軸姿勢制御型の気象衛星であり、寿命は10年で、2016年まで使用可能なよう十分な推薬(2.95トン)を搭載している。イメージャの軌道上寿命は公称5年とされており、気象観測ミッション運用は、2010年から開始され、2015年まで継続する計画となっている。

3.2 イメージャデータ処理装置の開発

ひまわり7号のイメージャ画像は、イメージャデータ処理ソフトウェア(Imager Data Acquisition & Control Software: IDACS)によって、復調、画像処理され、雲画像(LRIT)と高分解能デジタル雲画像(HRIT)を生成・配信するものである。

当社は、このIDACSを2004年に気象庁に納入し、気象庁気象衛星通信所(埼玉県)に設置した。IDACSで処理した画像は、気象衛星センター(東京都清瀬市)に伝送され、ここでユーザーが利用しやすい画像形式に二次加工されるが、IDACSは図1に示すとおり気象衛星センターへの画像伝送までをカバーするものである。

特に重要な画像生成装置では、次の処理を行っている。

- ・受信データの校正
- ・ランドマークの抽出と、地球エッジ情報に基づく画像位置補正
- ・画像のリサンプリング

・LRIT・HRITデータの生成・送信

2006年の打ち上げから2010年までの約4年間はひまわり6号のバックアップとして待機状態としながら、IDACSの画像処理パラメータのチューニングを気象庁と進め、画像品質をより高めるとともに、計算機動作も含めたよりロバストなシステムへと改善を推進してきた。IDACS納入後に、気象庁と共同でIDACSに追加した主な機能は次のとおりである。

- ・赤外画像の縞(しま)模様を除去する機能
- ・落雷ノイズによる画像欠損を最小に抑える機能
- ・太陽雑音ノイズ入力時のIDACS誤動作防止機能
- ・HRITデータ伝送機能の強化

3.3 ひまわり7号の運用実績

2006年2月の打ち上げ後、約1週間は、衛星を静止軌道に乗せるクリティカル運用であった。この運用は当社の鎌倉製作所のサテライト・オペレーション・センター(SOC)で実施し、計画どおり成功裏に終了した。衛星製造業者がこのようなSOCを持っていることは衛星を軌道上でユーザーに引き渡すビジネスで極めて重要であり、当社は以前から施設整備を継続して来た。その後、軌道上試験を完了するまでの約半年についても、衛星バス運用は、このSOCから実施した。

2006年7月からは、航空ミッションが実運用に移行し、衛星バス運用は、国土交通省航空局の常陸太田航空衛星センター及び神戸航空衛星センターに移管された。一方、気象ミッション運用では、撮像計画を衛星に送信する運用を定期的に行う必要があり、気象庁気象衛星通信所がこれに対応している。当社は、これらの運用のユーザーへの確実な移行をサポートした。

現在は、神戸航空衛星センターが主局となって、バス運用が継続されているが、SOCでも常時テレメトリを受信し、衛星状態を監視モニタできるようにしており、衛星の万一の不慮の事故にもすみやかに対応できる仕組みを構築している。

また、気象ミッション運用を行う気象衛星通信所とも緊

急時には回線の接続が可能ないようにしており、ひまわりのサービス継続を確実にバックアップしている。

2010年4月からは、カスタマー・サポート・センター(CSC)を設立し、ひまわり7号の衛星運用支援及び地上設備等の保守を組織的に確実に遂行している。また、この組織によって、今後複数の衛星の運用及び地上設備の保守をサポートする体制を強化している。

4. ひまわり8・9号の開発及び運用計画

4.1 ひまわり8・9号の開発

ひまわり8・9号は気象ミッションだけの衛星となったが、世界に先駆けて、次世代放射計(表2にバンド特性を示す)を搭載し、現在運用中のひまわり7号に比べて画像の解像度は約2倍ときめ細かく、地球全体の観測に要する時間は従来の1/3に短縮される。加えて日本域などの小領域を高頻度に観測し、さらに、チャンネル数が従来の5チャンネルから16チャンネルに増え、気象現象や地球環境の監視強化が可能となる。

現在ひまわり8・9号は基本設計を完了し、2014年、2016年の打ち上げに向けて詳細設計中である。

4.2 放射計データシステムの開発

放射計データ処理システム(RDACS)はひまわり8・9号からダウンリンクされた信号を地上で受けた後、復調装置から出力される放射計観測データを入力し、放射計データファイル及び領域コマンドデータの作成等次の機能を持つ。

- ・放射計データファイル作成処理
- ・位置精度・校正処理
- ・領域観測選定処理
- ・画像診断情報
- ・監視情報
- ・クイックルック表示

ここで出力されたデータは、気象庁の衛星センターに送られ、衛星センターで画像処理され、その画像がユーザーに配信される。その機能の全体フローを図2に示す。

表2. ひまわり8・9号の放射計バンド特性

バンド	中心波長(μm)	波長幅(μm)
1	0.4310~0.4790	≦0.0750
2	0.5025~0.5175	≦0.0625
3	0.6250~0.6600	≦0.1250
4	0.8495~0.8705	≦0.0875
5	1.601~1.619	≦0.0750
6	2.253~2.268	≦0.063
7	3.740~3.960	≦0.500
8	6.061~6.425	≦1.038
9	6.890~7.010	≦0.500
10	7.258~7.433	≦0.688
11	8.440~8.760	≦0.500
12	9.543~9.717	≦0.475
13	10.25~10.61	≦0.875
14	11.08~11.32	≦1.000
15	12.15~12.45	≦1.250
16	13.21~13.39	≦0.750

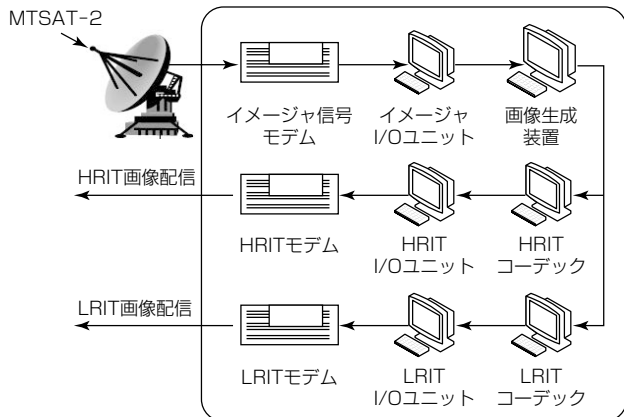


図1. IDACSの構成

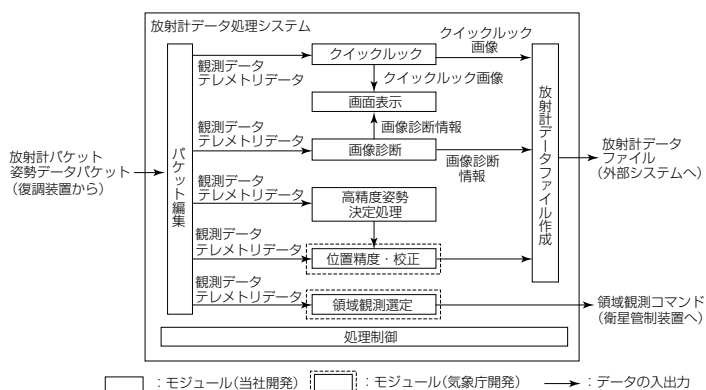


図 2. RDACSの全体フロー

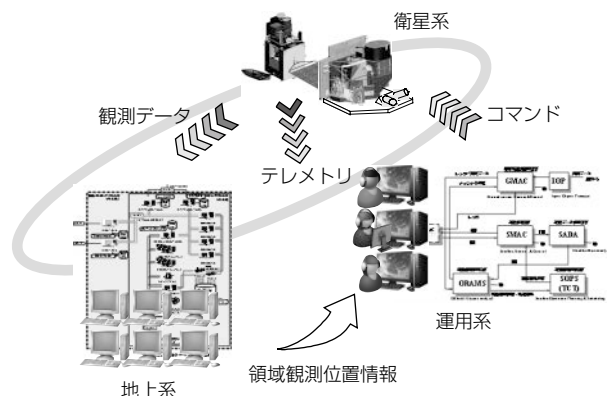


図 3. ひまわり8・9号の衛星・地上・運用総合システム

表 3. ひまわりの観測運用比較

観測種別	6・7号	8・9号
全球観測	24回/1日	1回/10分
半球観測	8回/6時間 32回/1日(最大)	なし
日本付近観測	半球観測による	4回/10分
台風観測	なし	4回/10分
ランドマーク観測	なし	2回/10分
積乱雲観測	なし	20 or 40回/10分

表 4. ひまわり8・9号の観測運用

観測種別	最小範囲(赤道付近)と観測用途	観測間隔
全球観測	用途: 全球	1回/10分
領域観測 1	東西2,000km×南北1,000km 用途: 日本領域(北~東)	4回/10分
領域観測 2	東西2,000km×南北1,000km 用途: 日本領域(西~南)	4回/10分
領域観測 3	東西1,000km×南北1,000km 用途: 台風領域	4回/10分
領域観測 4	東西1,000km×南北500km 用途: ランドマーク観測	20回/10分
領域観測 5	東西1,000km×南北500km 用途: ランドマーク及び積乱雲	20回/10分

4.3 ひまわり8・9号の運用計画

ひまわり8・9号は、サービスの継続性・連続性及び、高い機動性のある観測運用に主眼が置かれる。

サービスの継続性・連続性のため、ひまわり8・9号を同じ軌道位置に配置し、相互補完を容易にする。一方、地上局を埼玉県鳩山町と、北海道江別市の2箇所に整備し、地震などの影響を回避した耐災害性を確保するとともに、大雨による通信回線の品質低下にもすみやかに対応できる。

ひまわり8・9号では、ひまわり6・7号に比べて、高頻度の観測運用が可能となる。表3にその比較を示す。ひまわり8・9号では、10分間に1回の全球観測に加え、同じ10分間で、日本付近観測(4回)、台風観測(2.5分間隔)及び積乱雲観測(30秒間隔)が可能である。さらに、観測画像の位置合わせ補正のため、ランドマーク(観測画像中の特徴的な地形)観測が、20回から40回可能である。

ひまわり8・9号の観測運用を表4に示す。全球観測以外は、領域観測と呼び、特定の領域をコマンド運用によ

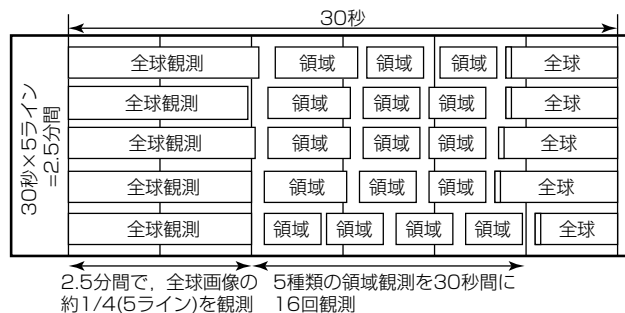


図 4. ひまわり8・9号の観測タイムライン(2.5分拡大)

て位置指定する。特に、領域観測3、4及び5は、観測位置指定によって、台風・積乱雲の追跡、さらに、晴天域のランドマークの選択的観測を実現する。

ひまわり8・9号の観測運用は、高機能化した衛星系、最適領域観測位置を決定する地上系及び活動的な気象状態に対して機動性のあるコマンド運用を実現する運用系との衛星・地上・運用総合システム(図3)として実現する。

衛星系では、DS2000衛星バスの自動運用機能と高性能化した放射計によるタイムライン観測機能を用いる。10分間を単位とするタイムラインで、全観測要求を時間管理し、自動運用機能によって24時間365日の観測運用を継続管理する。図4にタイムラインの2.5分間分を示す。

地上系では、台風の進路予測と発達状況、晴天域の検出、さらに、積乱雲の検出を行い、領域観測位置を決定する。

運用系は、衛星系の自動運用を計画管理するとともに、地上系からの領域観測位置情報にしたがって、2.5分間隔又は30秒間隔のコマンド運用を計画実行する。

5. むすび

現在運用中のひまわり7号から、2014年、2016年打ち上げのひまわり8・9号の概要について述べた。気象観測・配信サービスを提供する国家の重要なインフラの中核を確実に構築するための、総力を挙げて取り組んでいく。

最後にこのプロジェクトの遂行に当たり、ご指導及びご協力いただいている気象庁を始め関係各位に謝意を表する。