

次期ひまわりの地上システムについて Ground System and Operation for Next Generation Satellites

赤石 一英¹
Kazuhide AKAISHI

Abstract

The Japan Meteorological Agency (JMA) has implemented a Private Finance Initiative (PFI) to raise funds for the ground system and operations of its next-generation geostationary meteorological satellites called Himawari-8 and -9. This was the first implementation and use of PFI in the field of aerospace application in Japan and since then PFI has become a pioneering model for future programs of other government agencies. JMA indicates standards for the operational requirements, but does not give specified instructions regarding how to meet the standards. The method of implementing the requirements is left to the private sector. Along with showing key points in the ground system and operation of Himawari-8 and -9 while detailing the items needing consideration when preparing a PFI scheme, an outline of the ground system now under construction, which is based on proposals from private businesses, is also provided.

要旨

気象庁は、次期静止気象衛星（ひまわり 8 号、9 号）の地上システムの調達と運用について、PFI (Private Finance Initiative) 手法を導入した。航空宇宙分野に PFI を導入したのは我が国で初めてで、他府省等における今後の施策の先駆けとなっている。PFI による調達では、必要な機能について気象庁から業務要求水準を示して、実現方法は民間に委ねられる。そのため業務要求水準は具体的な実現方法には立ち入らないが、必要な機能を満たす提案を求めるものでなくてはならない。本稿では、業務要求水準作成時における検討の経緯及び検討内容を解説することにより、次期ひまわりの地上システムで重視した点を示すとともに事業者提案に基づき構築中の地上システムについての概要を説明する。

1. はじめに

平成 26 年及び 28 年に打ち上げが予定されている静止地球環境観測衛星「ひまわり 8 号/9 号」（以下「ひまわり 8 号/9 号」という。）の地上施設・設備については、平成 22 年度より PFI 事業として実施することとなり、「気象衛星ひまわり運用事業株式会社（Himawari Operation Enterprise Corporation 以下「HOPE」という。）と平成 42 年（平成 41 年度）までの 20 年間の事業契約を締結した。

PFI 事業においては、発注者である国は一般的なシステム整備と異なり、自らシステムの詳細を設計し、仕様書を書いて必要な整備を求めるというところを行わない。PFI を解説した内閣府のホームページには、PFI とは「公共施設等の建設、維持管

理、運営等を民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用して行う新しい手法です。」とあり、また、続けて「民間の資金、経営能力、技術的能力を活用することにより、国や地方公共団体等が直接実施するよりも効率的かつ効果的に公共サービスを提供できる事業について、PFI 手法で実施します。」と記述されている。今回の事業においては、サービス購入型として事業契約しており、効率的かつ効果的にサービスの提供を受けるための具体的な実現方法については民間の資金、経営能力、技術的能力の活用を図る必要がある。具体的には国が求めるサービス水準を業務要求水準として示して、その実現方法は民間の創意工夫に委ねるということとなる。しかしながら、今回の気象衛星の地上施設・設備に関する事業については、民間にその技術や能力があると言

¹ 気象庁観測部 気象衛星課

つつも、特殊な分野の技術であり、気象庁としても求めるサービスを受けるために必要な業務要求水準をどのように定めるべきか、どこまで求めるべきか等についての検討を要した。

本報告では、最初に本PFI事業の前提として、次期衛星に求められた性能を示す。次に業務要求水準の作成時における検討の経緯及び検討内容について、発注者（PFI方式導入に係る運用事業プロジェクトチーム）として特に留意した部分を中心に解説することにより、次期ひまわりの地上システムの構築において重視した事項を示す。最後に現在、設計・製造が進められている実際の地上施設・設備についての概要を説明する。

なお、本報告では、本来地上システムについての詳細を記述すべきところ、地上システムの詳細については、事業者のノウハウに係る部分を含むため、概要を述べるにとどまっていることをご容赦頂きたい。

2. 次期衛星の機能・性能

次期ひまわりでは、製造に要する期間の関係から地上システムの検討に先立ち衛星調達のための検討が行われた。庁内及び有識者の意見等を交えた検討の結果、次期ひまわりに求める性能として、①放射計の水平解像度の向上、具体的には、1km→0.5km(可視)、4km→2km(赤外)、②観測チャンネル数の大幅増加、具体的には、可視1チャンネル、赤外4チャンネルから可視3チャンネル、近赤外・赤外13チャンネル、③観測所要時間の短縮、具体的には、全球画像の撮像に30分間から10分間(全球画像及び各種領域画像を合わせて)、④伝送データ量の増加に対処するためのKaバンドによるダウンリンク、等が決定された。(表1および表2参照)

画像解像度 (衛星直下点)	可視・近赤外： 0.5km、1.0km、2.0km 赤外： 2.0km
観測チャンネル	16チャンネル (可視：3、近赤外・赤外：13)
観測性能	全球を約10分で観測 ＋小領域観測機能

表1 次期衛星の性能

観測種別	観測範囲	観測間隔	用途(観測対象)
全球観測	現行衛星と同等程度	10分	全球を観測
領域観測1	東西2,000km 南北1,000km	2.5分	日本領域(北～東)
領域観測2	東西2,000km 南北1,000km	2.5分	日本領域(西～南)
領域観測3	東西1,000km 南北1,000km	2.5分	台風領域
領域観測4	東西1,000km 南北500km	30秒	ランドマーク観測
領域観測5	東西1,000km 南北500km	30秒	ランドマーク観測 及び積乱雲観測

表2 観測種別等

3. 業務要求水準及び事業者選定基準について

PFI事業では、発注者は入札手続きにおいて、求めるサービス水準を業務要求水準書として示す。提案者は、自らの経験、技術を駆使することにより、効率のかつ効果的に発注者から示された業務要求水準書を満たす提案を行う。そして落札後は業務要求水準書及び提案書をもとに事業契約を締結する。仮に業務要求水準書に求めるべきものが示されていない場合は追加負担なしに事後に提供を求めることはできない。そのため、業務要求水準書には求めるサービスを満たすための条件が不足なく示されていない場合、一方で発注者が求める条件を子細に示してしまうと提案者側での創意工夫の余地が無くなり、PFIとしてのメリットを欠くこととなる。つまり業務要求水準書の作成にあたっては、求めるサービスを過不足なく示すことが求められる。また、業務要求水準書では伝えきれない発注者の意図を明確化するために事業者選定基準の活用も必要となる。

本項では、業務要求水準書及び事業者選定基準の作成にあたって特に留意した事項の説明を行った後、実際に作成した業務要求水準書の構成と事業者選定基準を示す。

(1) 業務要求水準書及び事業者選定基準の作成

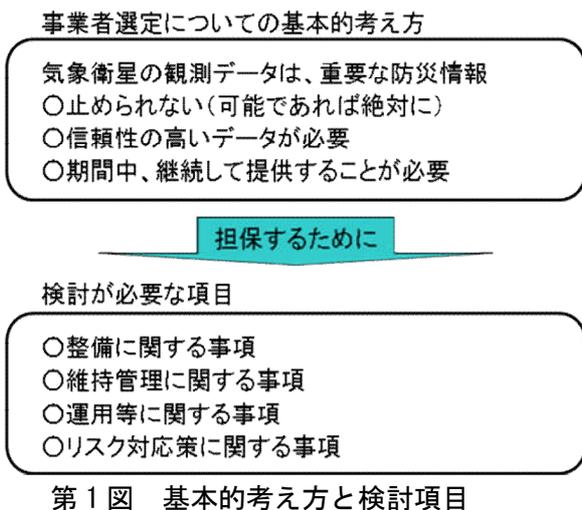
業務要求水準書の作成にあたっては、前記の新たな衛星に求める機能・性能に対応した地上施設の構築と運用に関して、最低限押さえておく必要がある要素は何か、何を特に重視すべきか、どのような懸念があるか等の議論を重ねながら、具体的な検討を行った。

このうち、システムとしての最低限の要素は、次期衛星に求められる機能を満たすものとして、衛星製造事業者から示された地上施設に対する要求要件をベースとして検討を行った。具体的な検討の方法を大まかに説明する。まず、要求要件をもとに具体的なシステムを想定し、文章化した。その後、文章の内容が具体的になりすぎないように抽象化を行った。文章化と抽象化においては、最低限確保しなければならないものが抜け落ちないことと提案者の創意工夫の余地を残し、要求要件で想定している以上の提案が可能となることを特に留意して作業を進めた。一方、要求水準を超えるものとして気象庁が提案者に何を期待するのか、PFI にすることによって何が懸念されるのかについては、様々な観点からの意見があったため、まず担当者間の共通認識の醸成を図った。担当者間で打合せを繰り返し、次期システムにおいて気象庁として何を重要と考えるべきかについて、次のキーワードを作成し、共通認識とした。

気象衛星の観測データは、重要な防災情報

- 止められない（可能であれば絶対に）
- 信頼性の高いデータが必要
- 期間中、継続して提供することが必要

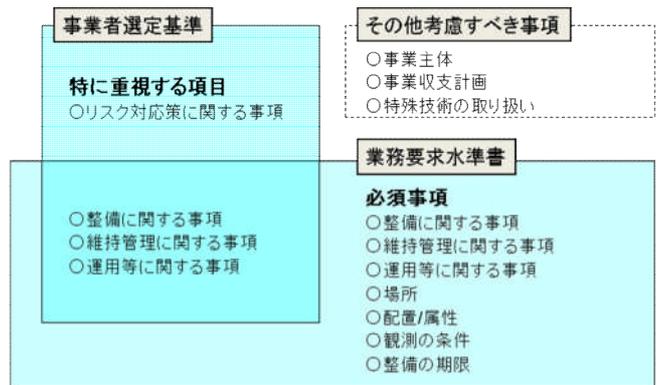
このキーワードをもとに提案者に何を期待するのか、PFI にすることによって何が懸念されるのか、についての具体的な検討を行い、リスク対応策、整備、維持管理、運用の各項目において検討が必要であるとの結論に至った(第 1 図参照)。



第 1 図 基本的考え方と検討項目

また、これらの検討をとおして、本事業における業務要求水準書と事業者選定基準の役割、事業者選

定の方法等を整理した(第 2 図参照)。



第 2 図 事業者選定基準と業務要求水準の整理

第 2 図をもとに本事業の事業者選定の方法を具体的に解説すると、本事業における必須事項を網羅するものとして業務要求水準書を作成し、事業者の評価においては、基礎点項目として必ず担保することを求めた。これに加えて、業務要求水準書を超えて特に重視する項目については、事業者選定基準において、加算点項目として重点的に配点することにより、国の意図を伝えた。

(2) 業務要求水準書の構成と事業者選定基準

前記の検討を経て、実際の業務要求水準書では、PFI 事業を実施するために必要な業務を次の 3 つに分けて示した。

- ① 「対象施設及び対象設備の整備等に関する業務」(以下「整備業務」という。)
- ② 「対象施設及び対象設備の維持管理等に関する業務」
- ③ 「本事業衛星の運用に関する業務」

地上システムに求められる要件については、このうち整備業務の中に記述してある。そこでは、整備業務について、「無線に係る設備の整備」、「衛星管制に係る設備の整備」、「放射計データに係る設備の整備」、「通報局資料に係る設備の整備」及び「周波数の確保、無線局の申請」の 5 つの整備業務があることを示し、これら整備業務全体に対して求められる要件を「総論」及び「前提条件」として示した。「前提条件」の中では「整備の期限」「整備の基本要件」等を示している。更にそれぞれの業務毎に固有の「業務別要件」について、「設備の要求水準」を示した。「設備の要求水準」では、業務毎に求める要件を「…でできること」として示し、具体的な実現の方法については提案者の創意工夫に委ねた。

(例)

1 総論

S P Cは、本事業衛星を運用するために必要な施設を整備する。またS P Cは、本事業衛星の運用に必要な設備として、…中略…整備する。

これらの施設及び設備の整備にあたっては、以下に示す要求水準を満足するものとする。

2 前提条件

(整備の期限)

(ア) ひまわり8号用は、平成26年3月末までに使用可能、平成26年12月末までに運用可能な状態にすること。

(イ) ひまわり9号用は、平成28年3月末までに使用可能、平成28年12月末までに運用可能な状態にすること。

(整備の基本要件)

(ウ) 本事業衛星を運用するために必要となる地上施設の技術要件に照らして地上設備を整備すること。

(エ) 防災情報となるデータを取り扱うシステムとして、24時間365日の安定した稼働を考慮すること。

以下省略

3 業務別要件

(1) 無線に係る設備の整備

ア 基本方針

S P Cは、本事業衛星を運用するために必要な地上設備のひとつである無線に係る設備(以下「無線設備」という。)を以下の要求水準に従い整備する。

イ 設備の要求水準

(ア) 本事業衛星と常時通信ができること。

(イ) 本事業衛星との間でUHF帯周波数の送信ができること。

(ウ) 本事業衛星との間でKu帯周波数の送信及び受信ができること。

以下省略

また、事業者選定基準の別紙として「加算点項目」、「評価ポイント」、「配点」を示した。この中で「加算点項目」として、整備等に関する業務、維持管理等に関する業務、運用に関する業務及びリスク対応策に係る提案に対する配点が相対的に高いことを明示的に示すことにより、事業者にこれらについての検討を促したものとなっている。

別紙 加算点項目、評価ポイント及び配点

加算点項目	評価ポイント	配点
対象施設及び対象設備	・ 本事業衛星の運用中断時間を最小とするために優	26

の整備等に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ された方策を提案しているか ・ 設備の監視機能が業務の安定性確保のために特に有効な方策を提案しているか ・ 対災害性に格段の配慮を行った設計であるか ・ ライフサイクルを通じて適切な施設・設備となっているか 	
対象施設及び対象設備の維持管理等に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設・設備の維持のために特に優れた方策が提案されているか ・ 運用中断を伴わずに施設、設備の更新を行うための特に優れた方策が提案されているか 	15
本事業衛星の運用に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 統括責任者を置くなど、迅速かつ適切な判断と行動が行えるような体制が設定されているか ・ 安定してデータを取得、配信できる体制が構築されているか ・ 事故・故障時等の対応について、日時を問わず、迅速な対応がとれるような体制が構築されているか ・ 要員の知識、技術等を維持し、技術の継承が行われるための特に優れた方策が提案されているか 	23
事業主体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本事業の業務内容に対応する特に効果的な体制となっているか ・ S P Cの経営体制は本事業の各段階において適切かつ安定的に事業を遂行できるものとなっているか ・ 本事業の安定的な遂行に特に貢献する出資計画となっているか ・ 事業のマネジメントのための考え方は適切か 	10
事業収支計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業収支計画及び資金調達の方法は明確か ・ 調達方法が具体的であり、実現性の高い資金調達計画となっているか 	10

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金利変動リスクへの効果的な対策が講じられているか ・ 不測の資金需要発生時に特に効果的な処置が提案されているか ・ 明確かつ具体的な財務管理方針が提案されているか 	
特殊技術の取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象衛星に関する特殊技術を理解し、事業計画へ反映するために特に有効な業務能力を有しているか ・ 米国の国際武器輸出規制（ITAR）への適合について特に有効な業務能力を確保しているか 	6
リスク対応策に係る提案	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業期間中に発生しうるリスクへの対応策が明確であるか ・ 気象衛星特有のリスクを緻密に分析し、これを最小化するための効果的な対応策がとられているか 	10

なお、この表の中で示した気象庁として特に重視する項目については、これを確実に提案者に伝える必要があったため、事業者選定基準に加えて、競争的対話を始めとする事業者選定過程での様々な局面で何度も伝えるよう努力を重ねた。その結果、提案内容において各提案者の提案してきた内容は、概ね気象庁の特に重視した項目について十分検討され、創意工夫が図られた内容となっていた。

4. 地上システムの概要について

本項では次期ひまわりの地上システムの概要について示す。事業者からは、前項までの業務要求水準書で求めた要件を満たすものとして、入札段階で提案書が提出されている。その後、事業契約を経て気象庁(衛星製造事業者も含む)及び事業者との間でシステム具体化に向けての協議を行い、基本設計、詳細設計、設計図書の提出と順調に作業が進んでいる。本報告では設計図書までに確定した内容をもとに基本的考え方、概要、特徴について述べる。

(1) システム整備における基本的考え方

本システムの構築に関しては、提案時から一貫して、気象衛星観測データが国の重要な防災情報であ

ることを鑑み、いかなる状況下でも『国に対する観測データの提供を継続する』ことが基本指針とされている。

基本指針を実現するために施設・設備の整備においては、以下の基本方針が示されている。

(A) 各階層での冗長化

局、設備、装置の各階層で冗長化を行い、障害発生時の影響範囲を局所化する。各階層において、主系に障害が発生した場合は、即座に障害箇所を特定し、従系へスムーズかつ確実に切り替えを行い、国へのデータ伝送経路を確保する。また、局の設置場所については、万が一の災害においても両局が影響を受けないよう選定する。

(B) 同時並行処理

本事業衛星から受信したデータは、常に複数の系統で同時並行処理し、障害によるデータの欠損や処理のやり直し等のペナルティを最小限に抑える。

(C) 障害発生時の迅速な冗長構成への復帰

障害発生時は、可及的速やかに冗長構成に復帰し、多重障害によるサービスの停止を回避する。そのため、特に重要な設備については3重化以上の多重冗長構成を採用する。また、予め予備部品を準備し、障害復旧時間を短縮する。

システム整備の検討にあたっては、これら基本方針に則り、HOPE、気象庁(衛星製造業者を含む)間で十分な時間をかけてコミュニケーションを図りつつ具体的な検討を行い、基本設計、詳細設計と検討を深化させた。特に基本設計と詳細設計においては、HOPEが審査会を開催し、気象庁及び衛星製造事業者も参加して十分な意見交換を行った。

(2) システム概要

① 概要

本システムは、「ひまわり 8 号/9 号」を安定的、持続的にかつ、効率的、効果的に運用することを目的とし、ひまわり 8 号/9 号の運用に必要な設備として、「無線に係る設備」・「衛星管制に係る設備」・「放射計データに係る設備」・「通報局資料に係る設備」の大きく 4 つのカテゴリーの設備を整備する。更に、これらの設備において、ひまわり 8 号/9 号から受信・処理した観測データを気象衛星センター及び大阪管区气象台へ伝送するための情報通信インフラを整備する。

また、K a バンドを採用することによる衛星からの電波の降雨減衰等に対応するため、サイトダイバーシティを求めており、過去の気象データ等

の解析により、関東と北海道にデータ受信局を設置することを求めていた。本システムでは、設備の設置拠点として「アンテナサイト」（「無線に係る設備」・「通報局資料に係る設備（計算機類を除く）」を埼玉県比企郡鳩山町（国有地：気象衛星通信所敷地内）及び北海道江別市に設置、「データセンター」（「衛星管制に係る設備」・「放射計データに係る設備」・「通報局資料に係る設備（計算機類のみ）」を東京都板橋区及び北海道江別市（アンテナサイトと同地区）に設置する。そして、関東地区に設置のアンテナサイト及びデータセンターを主局、北海道地区に設置のアンテナサイト及びデータセンターを副局と定義する。運用は、データセンターにのみ運用者を配置し、基本的にアンテナサイトは無人にて遠隔操作する。

なお、サイトダイバーシティを取ることで、耐災害性も向上しており、首都圏での大災害等により主局が被災しても副局により業務を運用することが可能となっている。

また、より良い観測データを提供するために放射計データについては、2つのデータセンターからのデータを両方常時受信し、相互比較を行い、最も優れたデータを作成する方針となっている。（第3図参照）

② 機器構成

地上システムの機器構成について以下に説明する。

(A) アンテナサイト

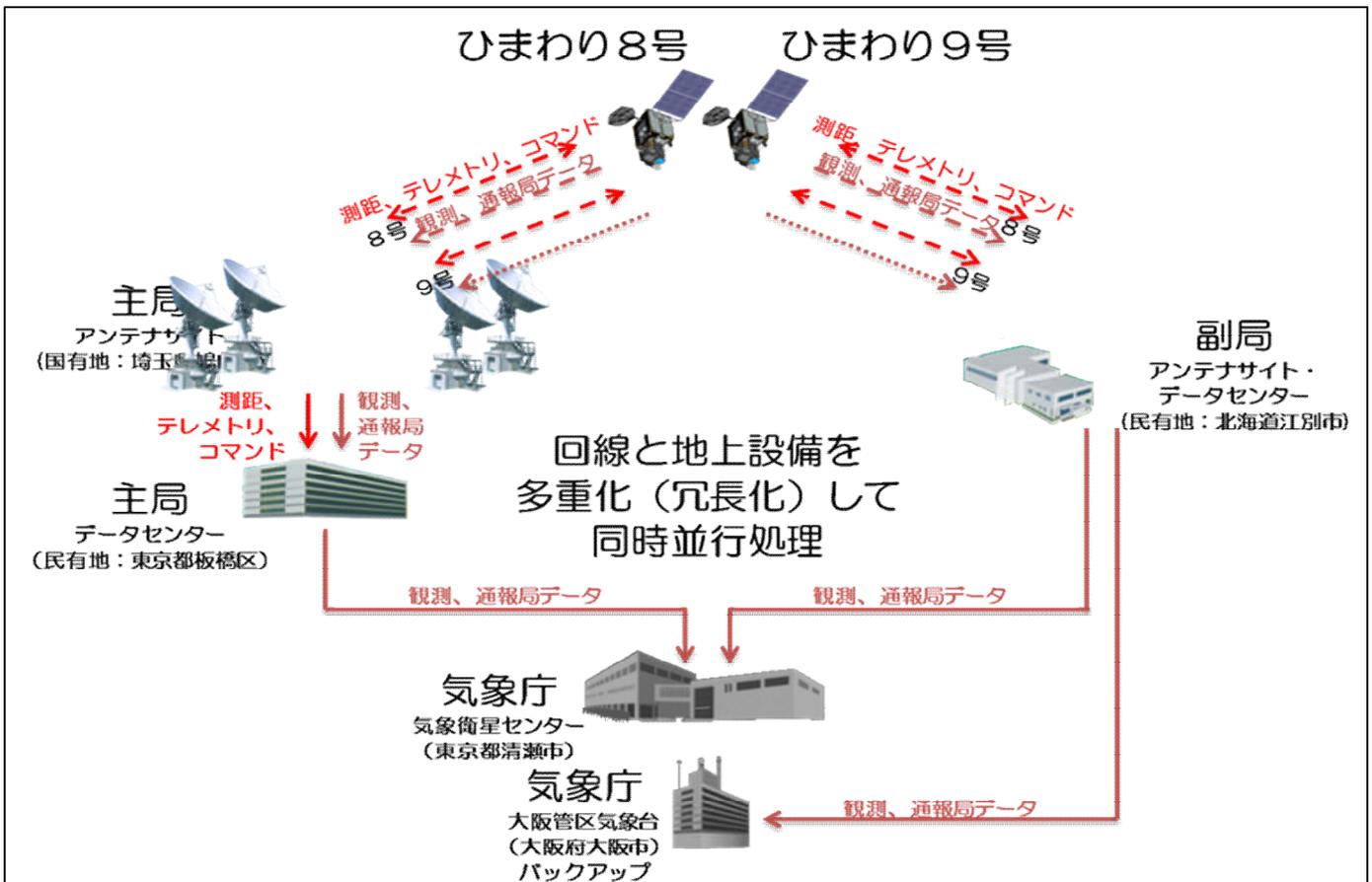
アンテナサイトは、アンテナと付随する送受信設備、ベースバンド設備、DCP処理設備で構成される。

(B) データセンター

データセンターは放射計データ処理設備、衛星管制設備、DCP処理設備の一部で構成される。

(C) 構成

これらの設備は、維持管理・保守が容易で対災害性、対障害性を考慮した構成となっており、また、それぞれ冗長構成を取っている。



第3図 システム概要

③ ネットワーク

本システムのネットワークの概要について、以下に説明する。

ネットワークの検討にあたっては、本事業で整備する地上システムが、15年以上という長期に亘って使用されるものであることを鑑み、システム管理者や運用要員が交代した場合でも素直に理解できるネットワークの構築を目指した。具体的検討においては以下の点に特に配慮した。

- ・複雑なネットワーク技術を利用せず、汎用的で枯れた技術のみで構築する。
- ・可用性を向上させることを重要視し、障害発生を検出して自律的に収束する冗長化プロトコルを採用する。
- ・ネットワーク技術の進歩は非常に早いので、高品質で安価な WAN 回線が普及してきた場合には容易に切り替え可能なものとする。
- ・内部システムは IPv4 で構築するが、国との接続においては IPv6 への移行にも対応できる拡張性を担保しておく。

上記により設計されたネットワークの拠点と接続先を以下に示す。(第4図参照)

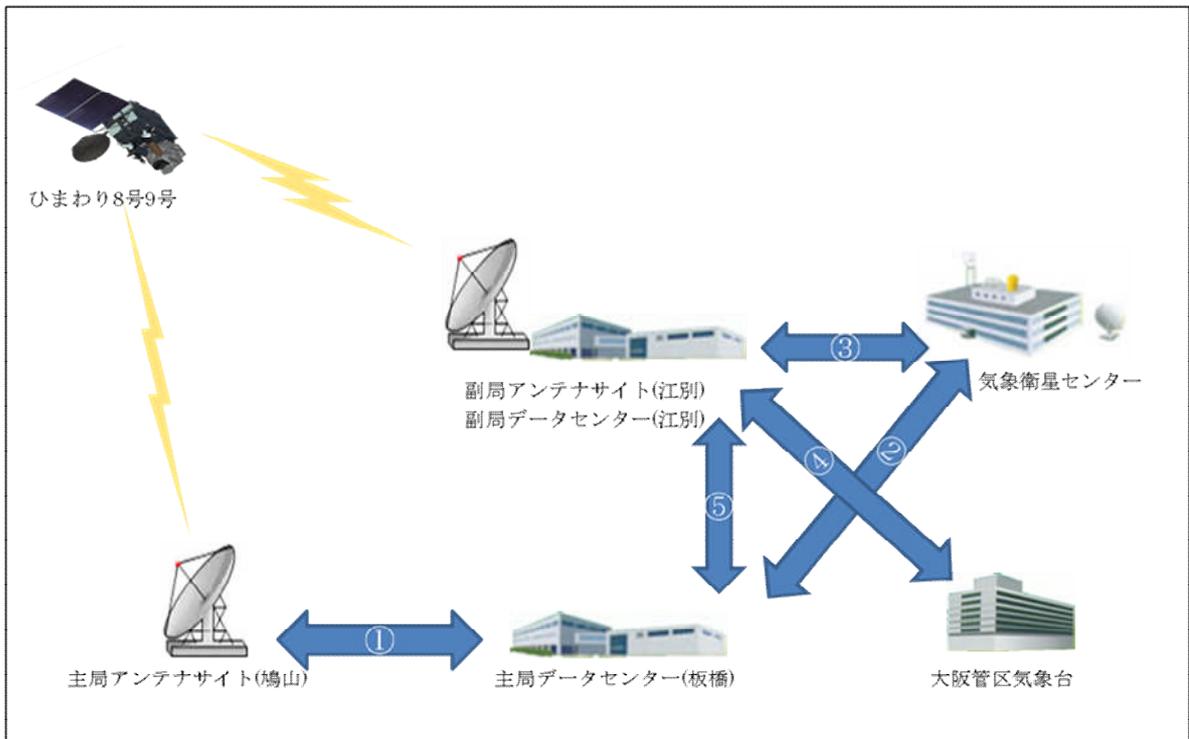
○ネットワーク拠点

- 主局アンテナサイト (埼玉県比企郡鳩山町)
- 主局データセンター (東京都板橋区)
- 副局アンテナサイト・データセンター (北海道江別市)
- 気象衛星センター (東京都清瀬市)
- 大阪管区气象台 (大阪府大阪市)

○拠点間ネットワーク (WAN : Wide Area Network)

- ① 主局アンテナサイト ⇔ 主局データセンター
- ② 主局データセンター ⇔ 国 (気象衛星センター)
- ③ 副局データセンター ⇔ 国 (気象衛星センター)
- ④ 副局データセンター ⇔ 国 (大阪管区气象台)
- ⑤ 主局データセンター ⇔ 副局データセンター

本事業で確保する WAN はすべて 2 重化する。WAN は通信事業者が整備するものを賃貸することとし、本事業のサービスレベルを満足する回線を選定する予定である。また、本事業衛星の運用期間中、WAN 設備の維持管理は通信事業者に委託するものとし、適正な SLA を定めて契約を締結することにより、サービス品質を確保する。



第4図 ネットワーク概要

(3) 本システムの特徴

本システムは、防災上欠くことのできない気象衛星データを途切れることなく配信することを実現するため、対災害性・対障害性への優れた対応が特徴となっている。特に配慮した項目について以下に説明する。

① 冗長構成

基本方針でも述べているとおり、今回のシステム整備にあたっては、いかなる状況下でも『国に対する観測データの提供を継続する』ことを第一の目的とした冗長構成としている。具体的には、局、設備、装置の各階層で機器を冗長化するとともに同時並行処理を行うことにより、障害によるデータの欠損等を抑えている。また、障害発生個所の特定、系の切り替え等がスムーズかつ確実にできるよう考慮された構成となっている。更に主局、副局のいずれかが障害となっても、残った局により、8号、9号の2機の本事業衛星の衛星運用と観測データの国への伝送が可能となっている。また、重要な設備については予備部品も準備し、障害復旧時間の短縮も図っている。

② ネットワーク

ネットワーク構築においても、『国に対する観測データの提供を継続する』ことを第一の目的としている。

主回線（アンテナサイトから気象衛星センターまでを接続するメイン回線）については、本業務の重要性を鑑み、信頼性、性能、セキュリティ等のあらゆる面で最高のサービスレベルを担保した回線が採用されている。また、主回線のバックアップ回線も用意されている。

副回線（主回線以外の回線）については、専用線よりもコストパフォーマンスを重視した回線が採用されている。ただし、対障害性を考慮した回線の冗長性の確保が図られている。

ネットワーク全体では、常用回線に障害が発生した場合は、即座にバックアップ回線に切り替えるため、同時に2回線がダウンしない限り通信が途絶えることはない。

なお、回線容量設計に関しては、当初十分な容量を確保出来ている設計であったが、衛星製造側からの追加の情報により、十分な確保が困難な可能性が出てきた。そのため、HOPE、衛星製造事業者、気象庁の三者で検討を重ね、当初の回線容量は変更せずにデータの圧縮により対応する方針とした。

③ 機器の選定

本システムは、インターネット等の外部ネットワークと接点を持たず、外部からの攻撃にはさらされていない。また、ハードウェアの更新はソフトウェアの更新とそれに伴う障害発生リスク要因となり得る。そのため、本システムの構築においては、機器の更新は、設計により極力回避することが基本とされており、更新が必要な場合であっても、最少回数となるよう設計されている。

具体的には、衛星管制設備及びDCP処理設備のサーバ計算機には、コモディティ機器を活用し費用を抑えつつ長期運用を担保している。この計算機は、放射計データ処理に対する性能要求を十分に満足すると共にシステム更新を最少回数に抑えることが出来るよう通常よりも長期の保守が保証されている。

5. まとめ

本報告では、平成26年及び28年に打ち上げが予定されている「ひまわり8号」及び「ひまわり9号」の地上設備について、気象庁としてどのようなシステムを欲しているかを伝えるための業務要求水準及び事業者選定基準の検討経緯、要求内容等を概括し、あわせてPFI事業者が整備予定のシステムの概要を紹介した。

本システムの整備にあたっては、我が国で初めての衛星運用のPFI事業ということもあり、どのように取り組むべきか、迷うところもあったが、受注業者はもちろんのこと、衛星製造業者や気象衛星センターの担当者も含め、さらには関係府省や外部有識者などの協力のもと、次期気象衛星の成功という共通の目標のために相互に協力し、詳細設計を終えることができた。本システムは、耐災害性・耐障害性をはじめとするデータ提供の信頼性確保のための仕組みについて、非常にアドバンテージが高いものとなっており、このことは関係者一同自負するものである。

整備については、具体的な作業はまだまだこれからであり、運用開始までには様々な課題が出現し、また解決していくことが必要となると想定される。そのためには、事業者との間で責任関係を明確にし、それぞれの責任については確実に実行するとともに協議事項については真摯に対応することにより、信頼関係を構築することが大切である。幸いなことに現在まで事業者と気象庁の間では、本事業の成功という同じゴールを目指して相互の信頼関係を醸成できていると感じているところである。

今後、本事業が開始され、確実に運用されて成功するためには、気象庁と事業者との間の緊張感ある信頼関係が継続して持続される必要がある。今後も信頼関係を継続できるよう積極的な取り組みを期待する。

最後に、本原稿の作成にあたっては、気象衛星課、気象衛星センター、HOPEの方々に多岐にわたり、多大なるご知見やアドバイスをいただいた。本誌面をお借りして、深く感謝申し上げます。

参考資料

「静止地球環境観測衛星の運用等事業 業務要求水準書」

「静止地球環境観測衛星の運用等事業 事業者選定基準」

「測候時報第 79 巻第 1-2 号合併」