



資料49-2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第49回) R1. 7. 10

超高速インターネット衛星 (WINDS) 運用終了報告及び成果報告について

令和元年7月10日

宇宙航空研究開発機構
理事補佐 舘 和夫



事後評価と本資料の位置づけ



【経緯】

- 超高速インターネット衛星(WINDS)は、2008年2月23日に打上げ後、定常段階における基本実験、利用実験に続き、後期利用段階として社会化実験を実施してきた。
- 2019年2月9日に通信異常が発生し、衛星の監視・制御ができなくなったため、同年2月27日、停波処置に関わる一連の作業を実施した。
- WINDSの運用終了について、令和元年5月21日の理事会議において了承された。

【本資料の報告内容と位置づけ】

- 本資料では、「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」(平成31年4月18日宇宙開発利用部会決定)における基本的な考え方を踏まえ、JAXA自らが評価実施主体となって実施したWINDSの事後評価結果を報告するものである。

JAXA自らが実施した研究開発プロジェクトの評価結果について、目的、目標、開発方針、開発計画、成果等についての調査審議を行う。

※JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。(「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」より)

- ✓ WINDSの目的、目標、開発方針、開発計画については、平成14年6月に宇宙開発委員会の計画・評価部会による評価を受け、同年6月26日の第4回計画・評価部会において報告書が承認されている。
- ✓ 本資料ではWINDSの成果等について、基本実験結果(平成23年7月20日の第20回宇宙開発委員会で報告済み)を含め報告する。

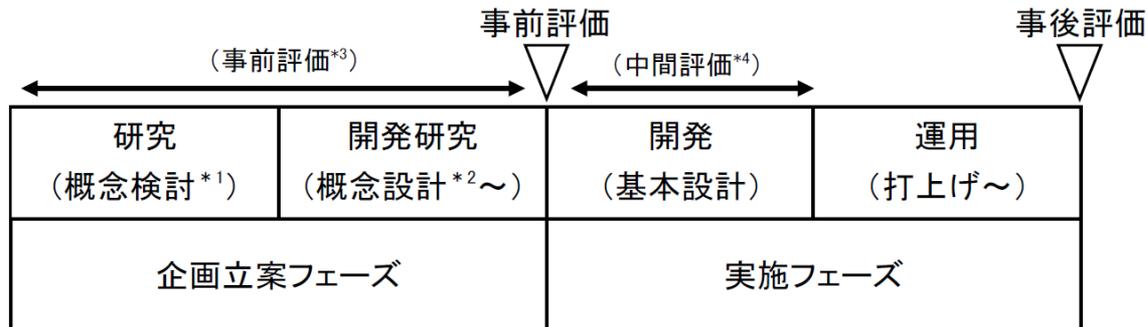


事後評価と本資料の位置づけ



事前評価
 平成14年6月26日
 (宇宙開発委員会
 第4回計画・評価部会)

事後評価(今回)
 令和元年7月10日



- *1 基礎的研究からプロジェクトの目的・目標・開発方針等を固めるまでの設計
- *2 システムの基本設計要求を固めるまでの設計
- *3 プロジェクトの重要性等(文部科学省が重要と判断するものへの貢献度・影響度の高いもの等)に応じて実施する場合がある。
- *4 プロジェクトを取り巻く環境条件が企画立案フェーズから大きく変化し、事前評価における前提条件が妥当でないことが明らかとなった場合や、当初想定したスケジュールをリスク管理や利用可能な資源の観点から大幅に変更せざるを得ない場合などにおいて実施する。

図-1 JAXA が実施する宇宙に関する研究開発プロジェクトのフェーズ



目次

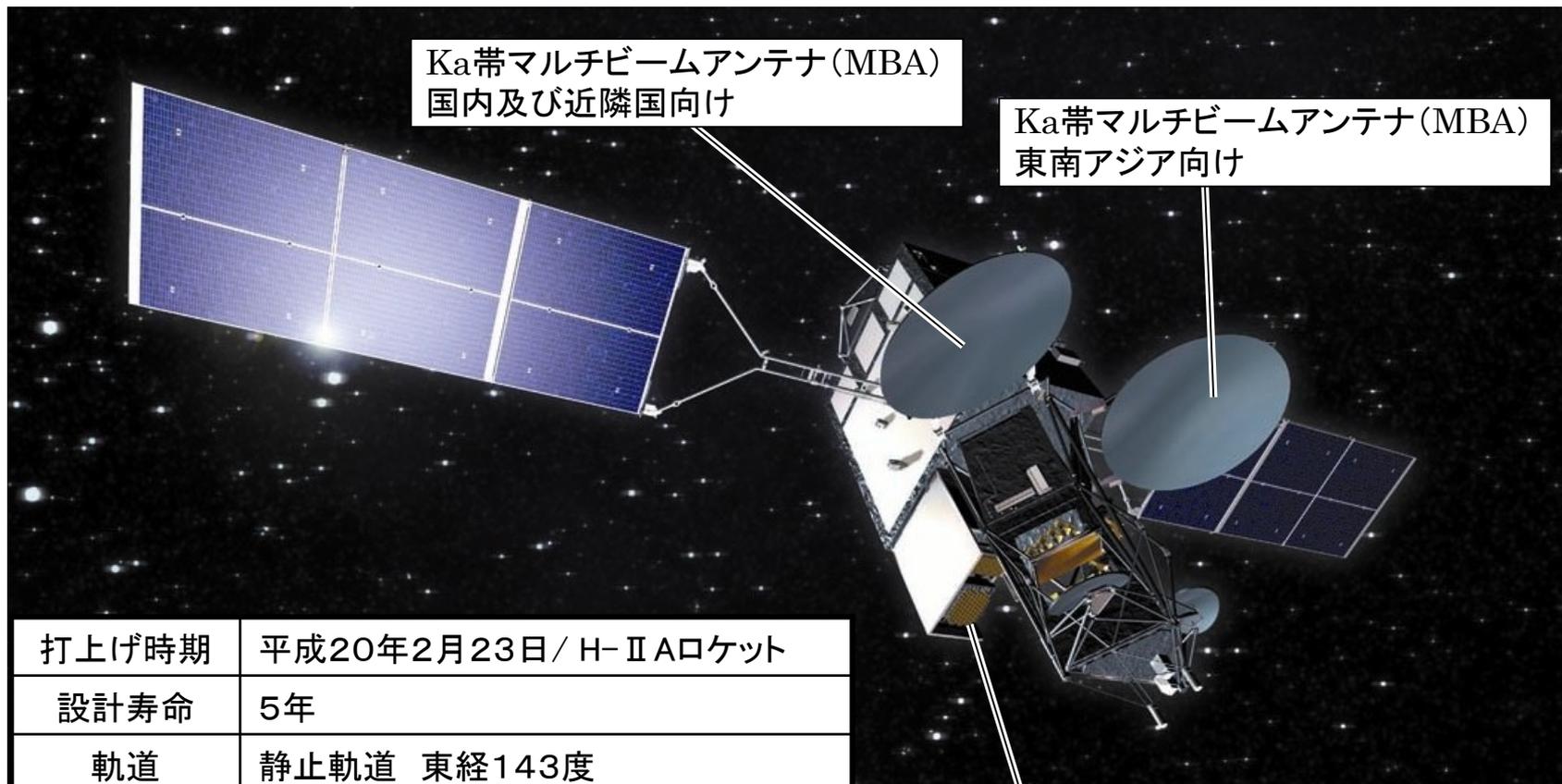
1. WINDS衛星の概要
2. 実証実験結果
3. 衛星運用の結果
4. まとめ



1. WINDS衛星の概要



1. 1 外観及び主要諸元



打上げ時期	平成20年2月23日 / H-II Aロケット
設計寿命	5年
軌道	静止軌道 東経143度
重量	約 2,700kg(静止軌道上の初期重量)
電力	5,200W以上

Ka帯アクティブフェイズドアレイアンテナ(APAA)
アジア太平洋地域向け高速可動ビーム



1. WINDS衛星の概要



1.2 「WINDS」(きずな)プロジェクトの目的

【国家戦略・政策における位置付け】

● e-Japan重点計画(平成13年3月19日 IT戦略本部)

世界最高水準の高度情報ネットワーク形成のための研究開発

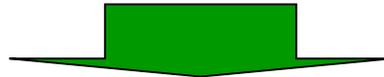
2005年までに超高速インターネット衛星を打ち上げて実証実験を行い、2010年を目途に実用化

- 無線による広範囲の超高速アクセスを可能とする技術の実用化
- 無線超高速の固定用国際ネットワークの構築

● 宇宙開発に関する基本計画(平成13年6月28日)

超高速インターネット社会の実現に向けた宇宙インフラの開発研究

- 広域性、同報性、移動性、耐災害性といった衛星通信の特性を活かし、地上インフラと相互に補完しうる超高速インターネット衛星等の宇宙インフラについて、利用実験も含めた開発研究の実施



【WINDSプロジェクトの目的】

① 固定超高速衛星通信技術の開発・実証

- 実用化に向けた世界最高水準の技術開発・実証

通信速度の超高速化に必要な技術: マルチビームアンテナ(MBA) / マルチポートアンテナ(MPA)

通信カバレッジ広域化に必要な技術: アクティブフェーズドアレイアンテナ(APAA)

② 衛星の特長を活かした利用分野の開拓

- 利用実験による社会的・経済的有効性の確認

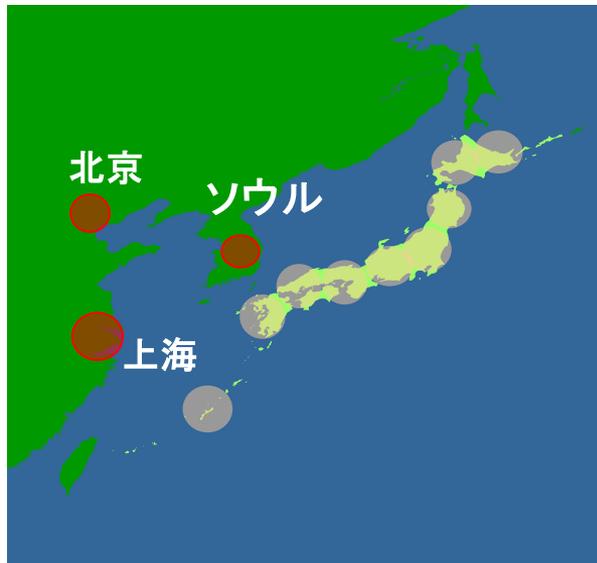
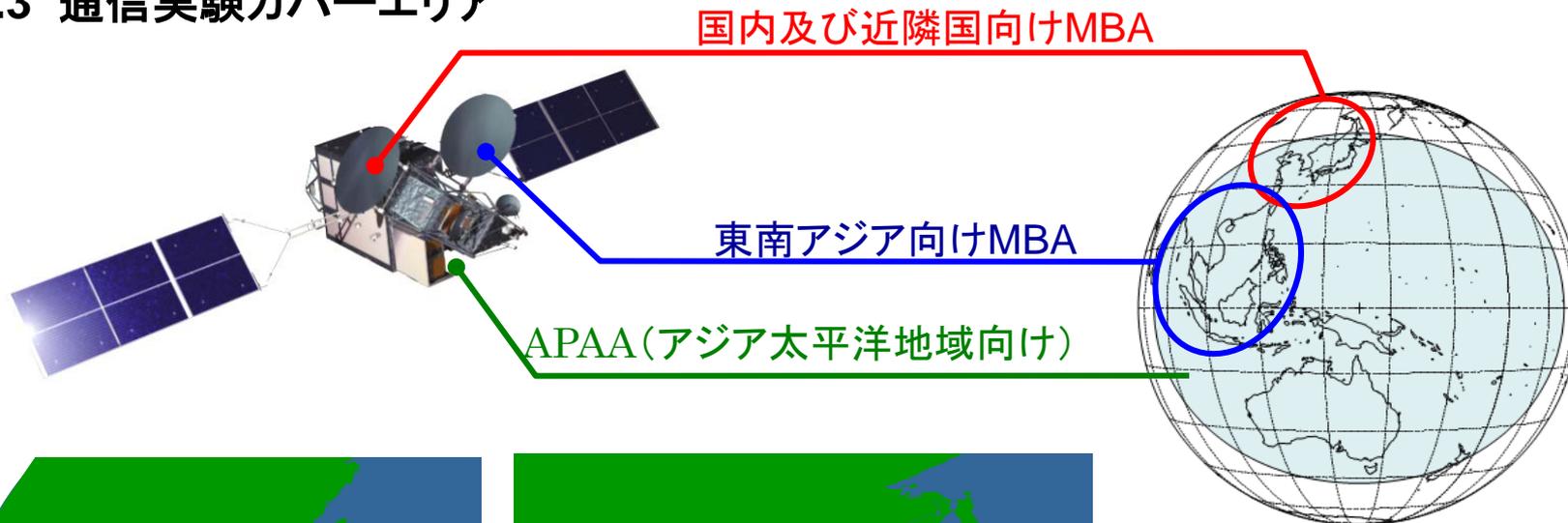
超高速通信ネットワークの検証を行い、利用実験の実施を促進



1. WINDS衛星の概要



1.3 通信実験カバーエリア



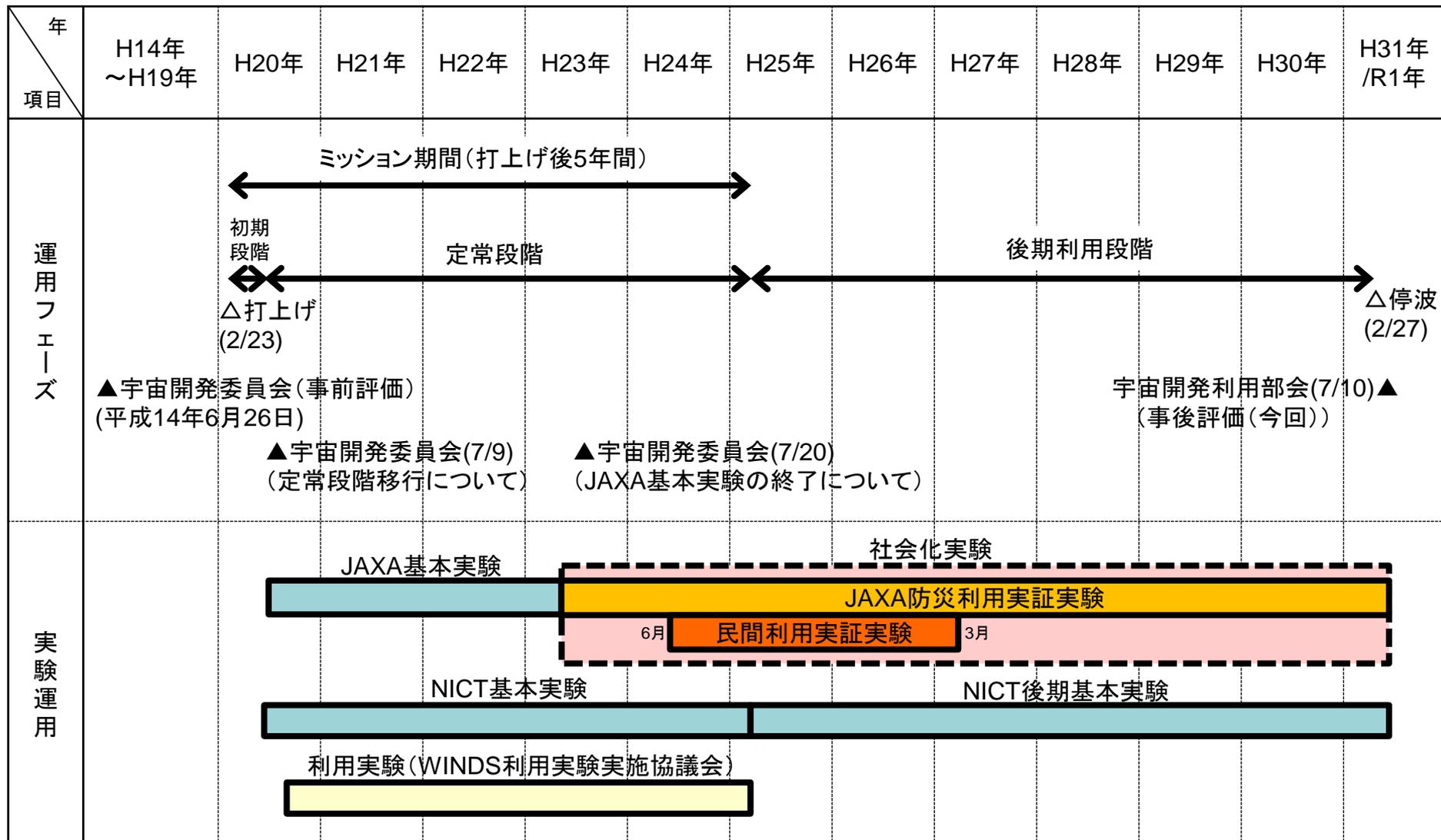
Ka帯高利得アンテナ(MBA)で日本国内及びアジア主要都市部をカバー

- 【固定マルチビームアンテナ(MBA)】**
 通信エリアに対応して複数のホーンアンテナと主反射鏡で構成される複数エリア向けの送受共用の固定ビームアンテナ(マルチポートアンブ(MPA)との組合せにより送信電力の高出力化を実現)
- 国内及び近隣国向けMBA
 日本国内9地域、及び近隣国(ソウル、北京、上海)向けの計12エリアを固定ビームでカバー
 - 東南アジア向けMBA
 香港、マニラ、バンコク、クアラルンプール、シンガポール、ジャカルタ、バンガロール向けの計7エリアを固定ビームでカバー
- 【アクティブフェーズドアレイアンテナ(APAA)】**
 送受信各2ビームを独立に駆動し、アジア太平洋地域を広域にカバーする電子走査アンテナ
- 【NICT開発機器:再生交換機(ABS)】**
 オンボードでの高速回線接続を行う機器(衛星内部に搭載)



1. WINDS衛星の概要

1.4 運用、実験スケジュール





2. 実証実験結果



定常段階

後期利用段階

【基本実験(JAXA、NICT)】

WINDS通信網実験システムとして開発した「通信速度の超高速化に必要な技術」、「通信カバレッジ広域化に必要な技術」の技術実証

基本実験成果を踏まえ利用実験及び社会化実験に移行

【利用実験(利用実施協議会)】

WINDSを利用し、衛星通信の高度化、利用の発展に資するための実験
(JAXAは利用実験に必要な衛星運用、利用実験実施協議会への地球局設備の貸与・定期保守等を支援)

東日本大震災において
超高速・広域通信の有効性を確認

【後期基本実験(NICT)】

【社会化実験(JAXA)】

防災利用実証実験

- ・ 緊急災害医療における防災利用実験
- ・ 災害医療センターとの防災利用実証実験等

民間利用実証実験

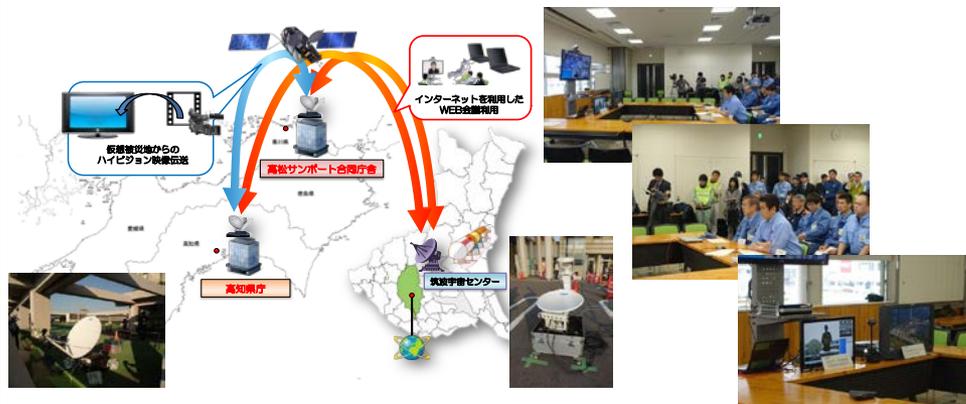
- ・ 海上ブロードバンド通信に実証実験
- ・ 離島向け衛星通信システムの検証実験等

社会化実験による新たな衛星利用分野の構築

【アウトカム】

商用衛星の利用領域の拡大

- ・ 離島におけるインターネット回線構築
- ・ 海上インターネット接続サービスの構築
- ・ 民間災害医療活動における運用要因の増加
- ・ 災害救急医療活動における通信インフラの構築



～緊急災害医療における防災利用実験～



～海上ブロードバンド通信実証実験～



2. 実証実験結果

2.1 JAXA基本実験

(平成20年7月～平成23年6月)

(1) JAXA基本実験結果 (平成23年7月20日の宇宙開発委員会で報告済み)

項目	目的	テーマ	主な結果概要
その1	開発機器の機能性能を確認する実験	マルチ・ビーム・アンテナ(MBA)特性確認実験	<ul style="list-style-type: none"> ・季節における主反射鏡の熱歪状態を確認し、ピーク方向の遷移が仕様値内であることを確認し、良好な通信特性を維持。 ・これまでの実験で継続して性能が安定している。
		マルチ・ポート・アンブ(MPA)特性確認実験	<ul style="list-style-type: none"> ・平成23年6月までは良好なアイソレーション特性を維持していた。 ・初期チェックアウト段階でTWTA#5の異常が確認されたため電源オフ。 ・定常段階以降後、TWTA No7は平成23年6月10日から正常復旧せず。7本で実験運用を継続。
		アクティブ・フェーズド・アレイアンテナ(APAA)特性確認実験	<ul style="list-style-type: none"> ・四半期毎に送受128素子の健全性を確認し、良好な通信特性を維持。 ・これまでの実験で継続して性能が安定している。
その2	WINDS通信網システムの有効性を実証する実験	マルチキャスト実験	<ul style="list-style-type: none"> ・筑波大学が調達した地球局により、タイとマレーシアの大学3地点間での遠隔授業を実施した。また従来の衛星から遅延が半減したことから授業での質疑応答が円滑となった。本実験の成果は国連アジア太平洋統計研修所(SIAP)での研修でも利用された。
		アクセスパッチ実験(容易な回線開設)	<ul style="list-style-type: none"> ・北京オリンピックにおいて、映像データ伝送速度が既存通信衛星の約7倍を記録し、世界最高速度を達成。 ・センチネルアジアにおいて、衛星データ大容量データを海外に設置したWINDS局に対し高速データ伝送を実施。この成果を踏まえ、10カ国・機関の防災機関等へ設置済みであり、各機関の要請により計6回の災害緊急実証運用を実施。 ・東日本大震災において、岩手県への通信回線提供支援を実施、これまでの実験成果をそのまま適用できることを実証。
		デジタル・デバインド解消実験	<ul style="list-style-type: none"> ・離島診療所と支援病院間での放射線画像やリアルタイム技術指導で確実な治療、患者の状態改善等の遠隔医療に適用できることを実証。 ・洋上船舶通信実験において、既存の商用船舶通信に比較し、通信速度が下り50倍以上、上り40倍以上を記録し、世界最高速度を達成。



2. 実証実験結果

2.1 JAXA基本実験

(平成20年7月～平成23年6月)

表2.1-1 基本実験 ミッション達成基準と達成状況

成功基準	開発項目 (実証項目)	評価基準	達成時期	達成状況
ミニマム サクセス	通信速度の 超高速化	家庭で155Mbps、企業 等で1.2Gbpsの超高速 通信が実施できること	初期機能確認 (WINDS開発仕様書を満足 すれば達成可能)	[達成] (平成20年7月9日報告済み)
	通信カバレッジの 広域化	アジア・太平洋地域の 任意の地点との超高速 通信が実施できること	初期機能確認 (WINDS開発仕様書を満足 すれば達成可能)	[達成] (平成20年7月9日報告済み)
	パイロット実 験	パイロット実験が実施さ れWINDSへの仕様要 求が明確化されること	打上げ以前	[達成] (達成確認後、打上げ実施)
	衛星IP技術 検証	開発された通信ネット ワーク機能が予め設定 された基準範囲内にあ ることが確認でき、その 有効性が実証できるこ と	基本実験終了確認会 (利用実験ユーザへ実験環 境を提供するための実験が 終了していること)	[達成] (平成23年7月20日報告済み)
フル サクセス			基本実験終了確認会	[達成] (平成23年7月20日報告済み)
	通信網システ ム(ミッション 期間達成)	国内外の実験がミッシ ョン期間(5年目標)継続 して実施されること	平成25年2月23日 WINDSを利用した実験が継 続できたことで達成	[達成] フルサクセス5年目標のうち、3年4ヶ月を基本実験で 確認(平成23年7月20日報告済み)。 残り1年8ヶ月をその後の実験にて確認。
エキストラ サクセス	衛星IP技術 検証	実用化への技術的な目 処が立つこと	基本実験終了確認会 (基本実験(その2)で実証 されたものが利用実験へ橋 渡しされた時)	[達成] 評価基準を満足(平成23年7月20日報告済み)



2. 実証実験結果



2.1 JAXA基本実験

(平成20年7月～平成23年6月)

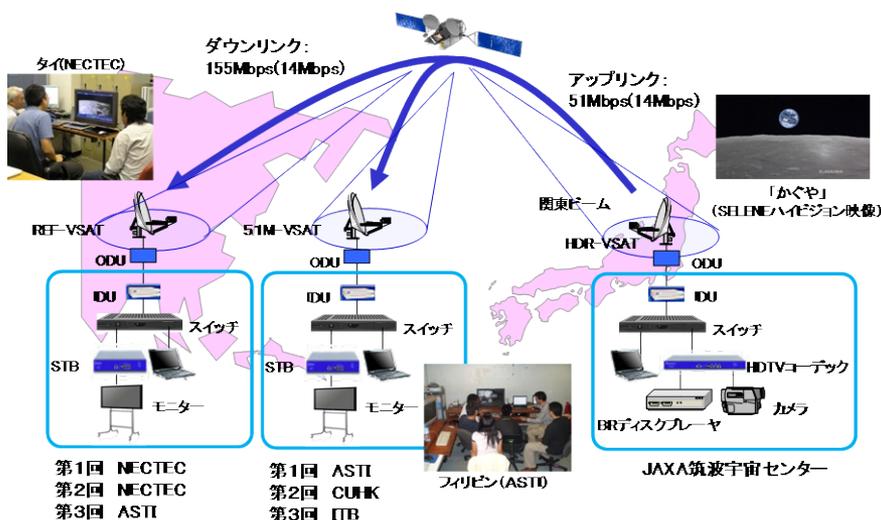
- ✓ 基本実験として、開発機器の機能性能を確認する実験、およびWINDS通信網システムの有効性を実証する実験を定常段階以降、3年間に亘り実施した。

■目的

WINDS搭載交換機のマルチキャスト機能を用い、海外に設置したWINDSユーザ局に対してHDTV伝送を行うことによって遠隔教育実験、遠隔医療実験等の映像を扱う基本機能を確認する。

■成果

WINDS衛星のマルチキャスト機能により、衛星リソースを効率的に使用し高速の映像配信を確認することができた。本実験の成果は、筑波大学の遠隔教育実験や国際会議(2009年国際宇宙会議等)等に反映された。



～マルチキャスト実験～

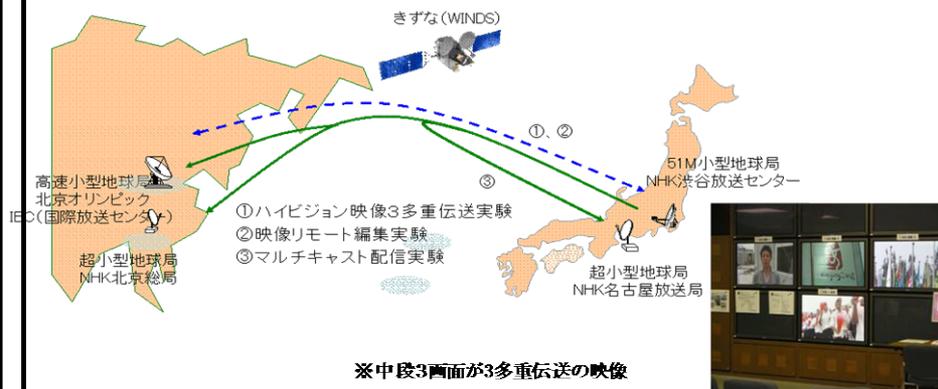
※マルチキャストとは、一つの拠点から送信したデータを複数の拠点に同時配信する通信方式をいう。
 ※アクセスパッチとは、可搬型アンテナによる任意に設置した拠点との通信を可能とする通信をいう。

■目的

HV(ハイビジョン)映像による報道利用の実用化に向けた検証を行う。

■成果

- 北京からNHK渋谷へリアルタイムハイビジョン映像(75Mbps)の3多重伝送に成功。IP化映像データの衛星による伝送速度は、既存通信衛星の約7倍の世界最高速度を達成。
- 既存衛星(10Mbps程度)で困難であった映像リモート編集を「きずな」(40Mbps程度)で実現。
- NHK渋谷から北京IBC、NHK北京総局およびNHK名古屋放送局へマルチキャスト映像配信を実現。
- この実験結果は「皆既日食中継」に適用された。



～アクセスパッチ実験～



2. 実証実験結果



2.2 NICT基本実験(参考)

(平成20年7月～平成25年2月)

項目	目的	テーマ	主な結果概要
その1	開発機器の機能性能を確認する実験	レベルダイヤ確認実験	レベルダイヤにおける通信回線の評価を実施した。
		周波数特性確認実験	周波数特性における通信回線の評価を実施した。
		APAA性能評価	四半期毎に送受信128素子の健全性を確認し、良好な通信特性を維持した。
		再生交換中継器機能確認実験	通信プロトコルの実証及び運用条件の確認を実施した。
	WINDS通信網システムの有効性を実証する実験	TDMA同期実験	高速バーストモデムの同期性能評価を実施した。
		降雨減衰補償実験	通信プロトコルの実証及び運用条件の確認を実施した。
		ベントパイプ中継伝送特性実験	ベントパイプ中継回線の品質評価を実施した。
		再生交換中継伝送特性実験	再生中継回線の品質評価を実施した。
		ABS輻輳実験	搭載交換機の性能評価を実施した。
		1.2Gbps伝送実験	高速バーストモデムの同期性能評価を実施した。
その2	WINDS通信網システムの有効性を実証する実験	スター型ネットワーク実験	通信プロトコルの実証及び運用条件の確認を実施した。
	将来衛星ネットワーク研究実験	メッシュ型ネットワーク実験	通信プロトコルの実証及び運用条件の確認を実施した。
		プロトコル評価実験	TCPアクセラレータの機能評価を実施した。
		ダイナミックデマンドアサイン実験	動的スロット割り当ての機能検証を実施した。
		スーパーハイビジョン伝送実験	スーパーハイビジョン映像の伝送品質評価を実施した。
	アプリケーション実験	地上網との接続実験	JGN(Japan Gigabit Network)等との接続性評価を実施した。
		医療ICT衛星通信実験	ボディアエリアネットワークとの接続性評価を実施した。

※総務省主催の衛星アプリケーション実験推進会議にて報告済み(2009年～2013年)



2. 実証実験結果



2.3 利用実験(参考)

(平成20年10月～平成25年2月)

総務省により公募・採択された分野毎の実験テーマを設定し、利用実験として実施された。
詳細は別紙2を参照。

◎遠隔教育 … 6件

従来のナローバンド衛星通信の持つ狭帯域の制約に縛られない環境下における、遠隔教育システムでの広帯域を活用した大容量データ伝送(TV会議システム、ハイビジョン伝送、e-ラーニングシステムの動作等)の検証を行った。

◎医療関連 … 3件

島嶼地域(デジタルデバイド)における医療データや遠隔治療に関するデータを配信・共有することによる遠隔医療の重要性及びその効果について検証を行った。

◎伝搬関連 … 4件

Ka帯に関する降雨減衰対策、電波伝搬特性評価、ダイバーシティ評価、熱帯雨林での通信性能評価を行った。

◎防災関連 … 4件

離島・山間地における災害時応用実験、大規模自然災害時に利用するスカイメッシュシステムの開発・検証、不整地走行ロボット群の衛星通信による遠隔制御システムの検証等を行った。

◎伝送関連 … 6件

TCP/IP仮想NW構築検証、通信制御方式の研究、移動体衛星通信の開発・検証、衛星通信環境の評価、暗号化技術の検証、衛星と地上網のハイブリット通信技術の開発等を行った。

◎その他 … 4件

衛星回線を用いた空間データの高度利活用、日食映像の通信、東南アジア域でのダウンスケール数値天気予報、Kaバンドマルチビーム衛星によるハイビジョン映像信号の検証実験を行った。



2. 実証実験結果



2.4 社会化実験

(平成23年6月～平成31年2月)

(平成23年7月20日 宇宙開発委員会報告資料抜粋)

- JAXA基本実験が終了したことから、今後はこれまでに得た成果を普及させること、更なる利用拡大や民間企業等への利用の裾野を広げるために新たな利用推進方策について検討を進める。
- また、東日本大震災での岩手県への通信回線提供支援結果を踏まえ、自治体への更なる利用促進を行う。

本方針を踏まえ基本実験終了後の実験とし、「防災利用実証実験」、「民間利用実証実験」を2本柱とした社会化実験を実施した。

◆ 防災利用実証実験

- ① 東日本大震災の経験を踏まえ、自治体等における災害発生時を想定した実験を実施する。
- ② アジア太平洋諸国の防災利用の持続的発展に貢献するためセンチネルアジアに対して地球観測データなどの伝送実験を実施する。
- ③ 実災害時には、自治体などの要請に応じて可能な限り対応する。

◆ 民間利用実証実験

- ① JAXA 基本実験成果の普及促進や民間利用拡大を推進するための民間利用者による実験を実施する。
- ② 実験をとりまとめる民間の実施者(以降「実験推進者」という)は、実験実施に係る実費相当額を実験者から負担してもらい、実験を推進する。



2. 実証実験結果



2.4 社会化実験

(平成23年6月～平成31年2月)

表2.4-1 社会化実験サクセスクライテリアと達成状況

	成功基準	評価基準	実施結果	達成状況
防災利用 実証実験	ミニマム サクセス	センチネルアジアでの利用 及び自治体等と防災実証 実験を通してWINDS の有 用性を示せること	被災地への地球局のヘリ輸送、政府やDMAT(災 害医療派遣チーム)による自律的な地球局運用訓 練等を通して、緊急医療搬送や災害状況の伝送な ど、国民の救命活動に役立つとの認識を得た。	達成
	フルサク セス	実災害で利用されること	熊本地震(2016年4月14日)の発生に伴い、熊本県 高森町において、WINDSを用いて応急ネットワー クを構築した。	達成
民間利用 実証実験	ミニマム サクセス	利用促進・衛星運用一括し た連携を民間と実施し、年 度毎に3 ユーザ開拓するこ と	実験推進者であるスカパーJSAT社は、利用促進・ 衛星運用を一括して実施し、毎年度3件以上の新 規ユーザを開拓した。 (2012年度:3件、2013年度:4件、2014年度:3件)	達成
	フルサク セス	実験推進者による自立運 用の見通しが得られること	ユーザー開拓、計画立案、実験実施・報告という一 連の実験運用を実験推進者(スカパーJSAT社)が 自立して実施した。	達成



2. 実証実験結果



2.4.1 防災利用実証実験

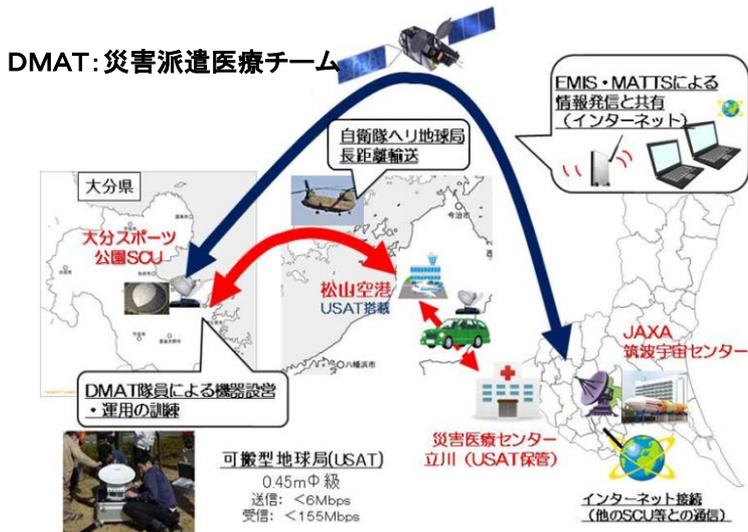
(平成23年6月～平成31年2月)

- ✓ 東日本大震災時の課題をふまえ、災害発生早期における衛星通信の確立及び利用者による自律的な地球局運用の確立を図るために、緊急医療搬送等の救命活動、及び航空機緊急観測結果の早期展開につなげるための体制構築
- ✓ センチネルアジア活動の一環として、アジア太平洋域の大規模災害を想定した災害状況に関する地球観測データの提供

WINDS社会化実験(防災利用実証実験)

【大規模地震時医療活動訓練におけるDMAT実験】

- ・ WINDS回線の高速性が情報交換に有効
- ・ DMAT隊員による地球局輸送、設置、運用の自立化に貢献



【Before】

- ・ 大規模災害発生時の情報共有手段は狭帯域(128kbps以下)の文字情報のみ

【After】

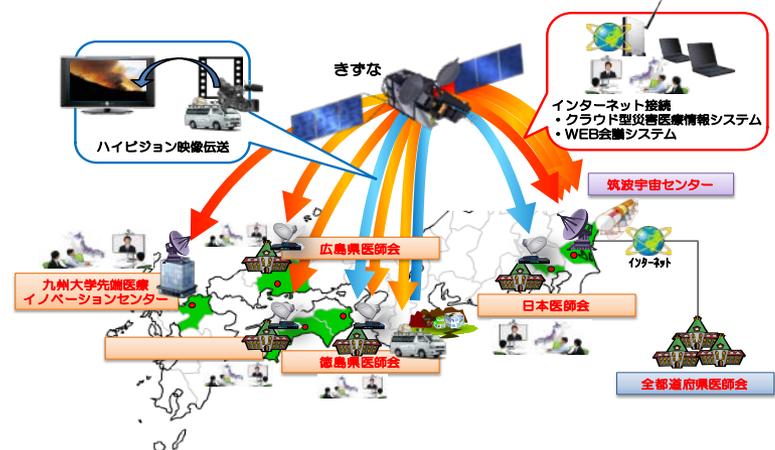
- ・ 商用衛星回線を利用した広帯域データ(映像:1Mbps程度)等の伝送手段構築

WINDS社会化実験(防災利用実証実験)

【日本医師会による情報通信訓練/衛星利用実証実験】

- ・ 日本医師会と被災地の県医師会、DMAT、地上自治体との情報共有にEMIS※を活用
- ・ WINDS地球局をDMAT、日本医師会、地方自治体で利活用できる体制構築

※EMIS:DMATが運用・管理する広域災害緊急医療情報システム



【Before】

- ・ 災害時に医療関係機関がそれぞれ独立して通信リソースを確保

【After】

- ・ 商用衛星回線を利用したDMAT、日本医師会、地方自治体が保する情報の共有化



2. 実証実験結果



2.4.2 民間利用実証実験

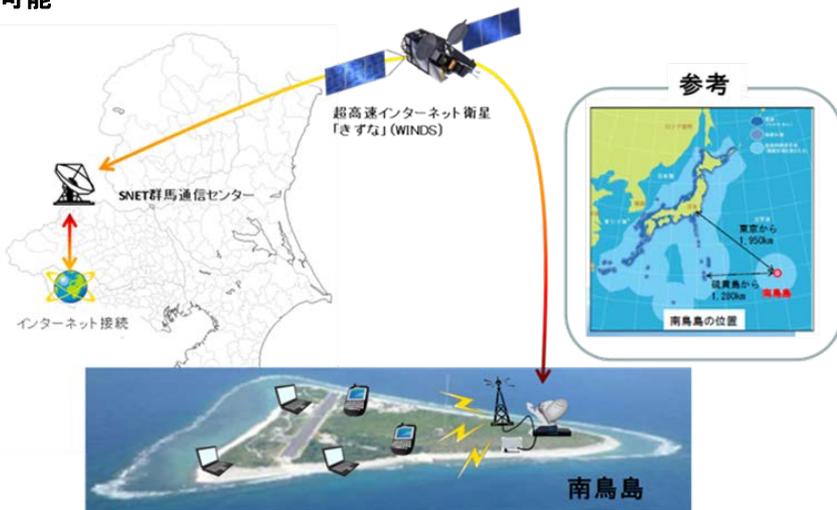
(平成24年6月～平成27年3月)

- ✓ JAXA基本実験成果の普及促進や民間利用拡大を推進するために、JAXAとの業務契約の下、実験推進者(スカパーJSAT社)が、民間利用実証実験として、実験取りまとめ、ユーザー開拓、計画立案、衛星運用、実験実施等、一連のWINDS実験運用を一括で実施

WINDS社会化実験(民間利用実証実験)

【離島向け衛星通信システムの検証実験】

- ・ WINDS回線が離島(南鳥島)でのインターネット利用及び携帯電話利用に有効
- ・ ネット上のストリーミング動画を視聴中でも、携帯端末による音声通話が可能



【Before】

- ・ 南鳥島と本土間の通信は音声回線のみ

【After】

- ・ 商用衛星回線を利用したインターネット回線構築

WINDS社会化実験(民間利用実証実験)

【洋上ブロードバンド通信の検証実験】

- ・ 船内の各ユーザ端末からWINDSを介したインターネット接続サービスの提供



【Before】

- ・ 衛星公衆電話による音声通話のみ(通話料高額、専用端末のみ)
- ・ 沿岸限定での携帯電話利用

【After】

- ・ 商用衛星回線を利用したフェリー「さんふらわあ」におけるインターネット接続サービスの提供化



2. 実証実験結果



2.5 NICT後期基本実験(参考)

(平成25年2月～平成31年2月)

実験項目	内容および成果
フルオート可搬型実験地球局機能検証実験	専門家でない人でも設置可能なフルオート可搬型地球局の基本特性測定 フルオート可搬型地球局は防災訓練等で使用
小型車載実験地球局機能検証実験	移動しながら通信可能な小型車載実験地球局の基本特性測定 小型車載実験地球局は防災訓練、移動体衛星通信実験等で使用
船舶搭載実験地球局機能検証実験	船舶搭載用実験地球局の基本特性測定 洋上通信実験に使用
衛星ネットワーク実験	スター型及びメッシュ型ネットワークを構成し、伝送特性を測定
災害対策実験	災害発生後に被災状況等把握、救助活動等のための映像/音声/データ伝送の検証 各地での防災訓練に参加、熊本地震時には通信支援を実施
地上網との接続実験	衛星網と地上網を接続し総合伝送特性を検証
医療ICT衛星通信実験	医療画像や各種医療データの伝送検証
将来衛星技術基礎実験	将来の通信衛星に必要な技術に関して検証実験 OFDM伝送実験、SHV伝送実験、 航空機通信実験、洋上通信実験など実施



3. 衛星運用の結果

3. 1. 衛星バスの状況

- JAXA基本実験終了後も衛星バスの状況は良好であり、2019年2月9日に発生した通信異常を除き、重大な不具合は発生しなかった。
- 本来の運用(南北軌道制御、東西軌道制御、姿勢制御)を継続すると、2017年3月には推進薬が枯渇することから、社会化実験継続のため、2016年5月5日から南北軌道制御を停止し軌道上寿命の延命を図った。これにより、軌道傾斜角が年間約0.8度の割合で増大することとなったが、実験が継続できるようマルチビームアンテナが目的外地域を照射しないようアンテナの指向制御及び衛星姿勢バイアス値の補正を実施した。

表3. 1 衛星バス運用結果

項目		実績値
電源・パドル系	電力制御機能(バス電圧)	50.1~50.13V(平成31年2月9日時点)と規格値を満足
	パドル発生電力	6.1kw(平成30年12月末時点)と規格を満足(図3. 1. 1参照)
姿勢制御系	三軸姿勢安定方式制御機能(定常時/軌道制御時)	3軸とも安定しており規格を満足
統合型推進系	軌道及び姿勢保持可能期間(残推進薬量)	打上げ後5年の設計寿命を超え規格を満足 延命措置のため、2016年5月5日以降、南北軌道制御を停止(図3. 1. 2参照)



3. 衛星運用の結果

【発生電力】

- 発生電力実測値は、概ね予測値(ノミナル)上回り、打上げから運用終了まで搭載機器への電力供給は良好であった。
- 2014年以降、予測値との差が大きくなっているが、これは放射線被爆量が予測より少なかったことに起因すると考えられる。

発生電力(W)

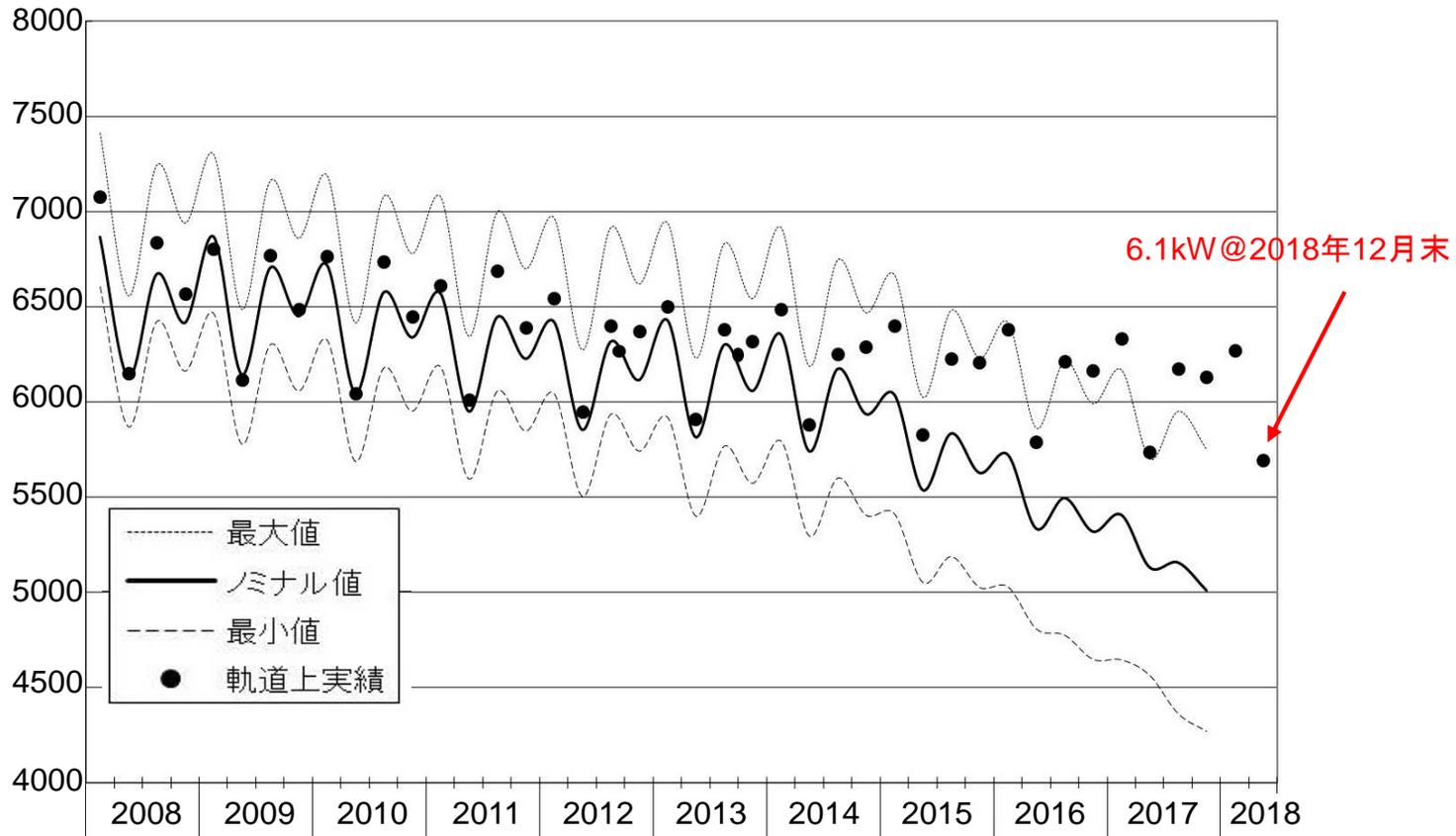


図 3. 1. 1 発生電力予測プロフィールと軌道上実績値

3. 衛星運用の結果



【残推薬】

- 打上げから定常段階を通して軌道及び姿勢保持に必要な推薬を確保することができた。
- 社会化実験継続のため、2016年5月5日から南北軌道制御を停止し軌道上寿命の延命を図った。

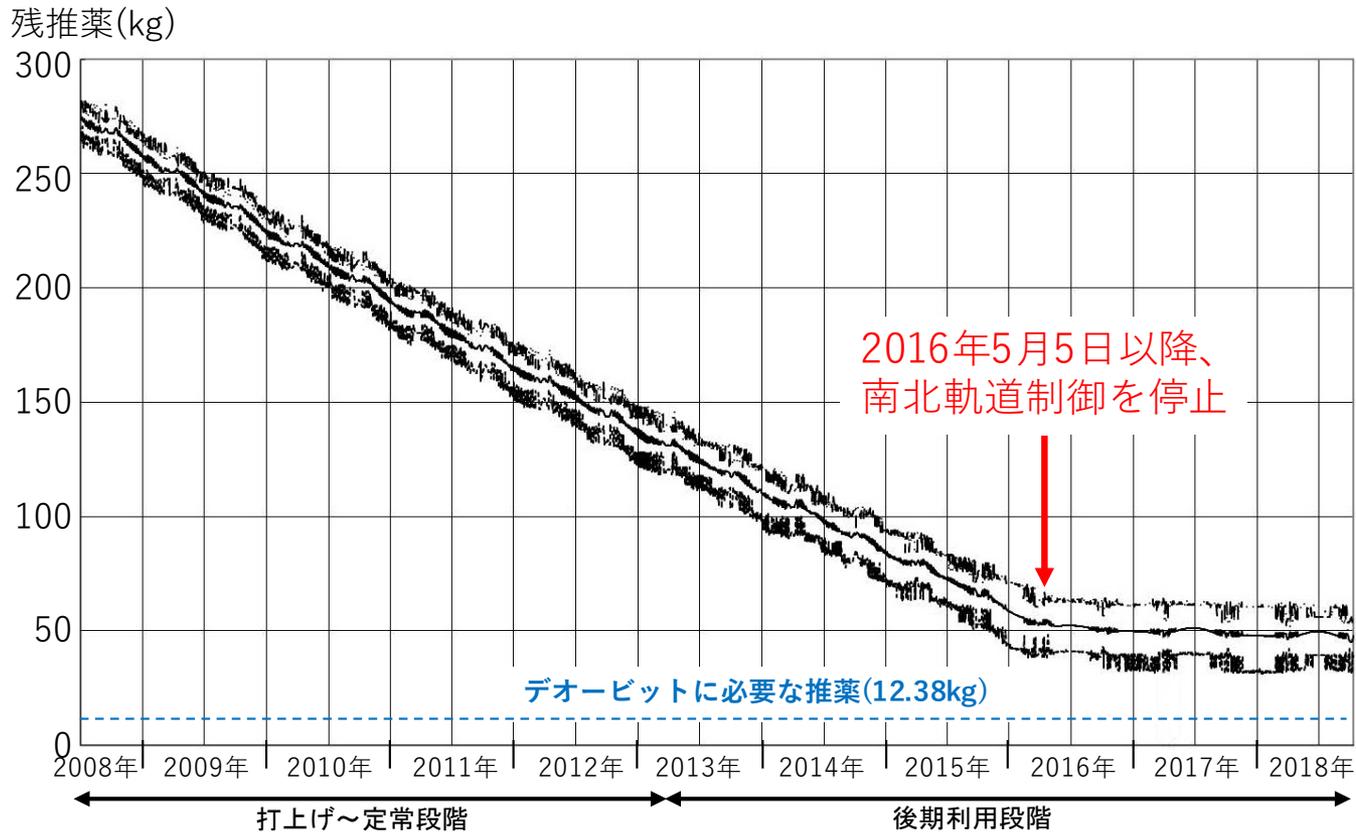


図 3. 1. 2 WINDS 残推薬予測(タンク温度圧力法)



3. 衛星運用の結果



3. 2. 通信異常に伴う運用終了

(1) 異常発生時の状況

2019年2月9日(土)にWINDSの運用実施中にSバンド及びKaバンドの通信がほぼ同時に断となる異常が発生(図3. 2. 1参照)。

(2) 対処

- 原因切り分けのための地上局の切り替えを実施
- 衛星側冗長系機器への切り替えを実施
- Sバンド送信機の再起動(リセット)を実施
- 光学望遠局による観測を実施し、軌道推定および衛星が破砕していないことを確認

(3) 原因究明

- FTAの結果、バス電圧異常、デブリ衝突(バス電圧供給不能、通信系機器の同時破損等)を発生要因として推定
- 一方、事象発生前までのデータ(設計・製造・試験結果を含む)から予兆を示す異常が確認できなかったため、さらなる原因究明は困難と判断

(4) 処置

- 復旧の見通しは得られておらず、西へとドリフトが始まっていること(別紙3参照)から、保持範囲を逸脱する前に停波処置として、バッテリー充電停止、S/Kaバンド送信器OFFコマンドを送信した(日本時間2月27日15時54分)。

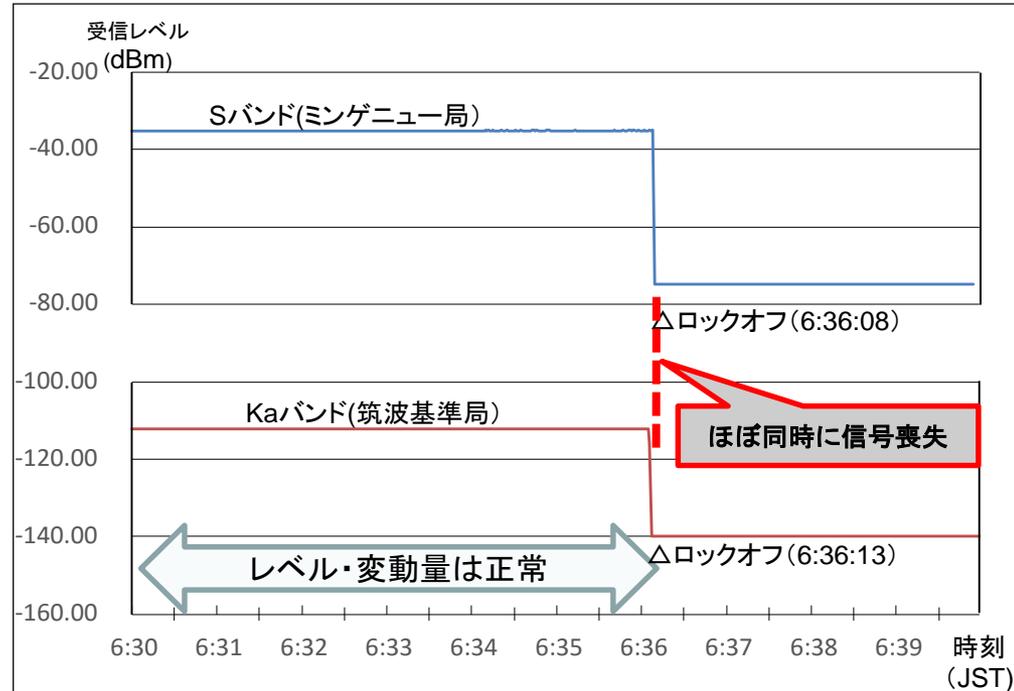


図3. 2. 1 地上局受信レベル



4. まとめ



WINDSはその目的を達成し、停波に伴う運用上の処置が全て完了したことから、2019年2月27日、設計寿命5年を超える10年に及ぶ運用を終了した。

- 高速衛星通信の帯域がKu帯からKa帯に急速に移行する世界動向の中、世界に先駆けてKa帯通信の実用化に向けた基盤形成に寄与した。
 - ・世界最高速1.2Gbpsの衛星データ通信の成功(平成20年当時)
 - ・APAAによる622Mbpsの衛星データ通信の成功(平成20年当時)
 - ・北京オリンピックにおいて、映像データ伝送速度としては、既存通信衛星の約7倍に当たる世界最高速度を記録(平成20年当時)
 - ・洋上船舶通信実験において、既存の商用船舶通信に比較し、通信速度が下り50倍以上、上り40倍以上の世界最高速度を記録(平成23年当時)
- 様々な形態の利用者に高速・広域通信ネットワークの利用機会を提供し、特に、2011年の東日本大震災では、被災地におけるインターネット回線およびTV会議システムによる映像伝送サービスの提供による現地活動の支援に貢献した。その後、現地活動における課題(機材輸送や防災関連機関による地上局自律運用)を改善することにより、災害医療活動における初動体制の強化に繋げるとともに、商用衛星利用による活動の定着に寄与することができた。
- さらに、民間主体による、より実利用に近い環境で実施した社会化実験を通して、船舶等の洋上活動の分野で、商用衛星による新たな利用形態の構築に寄与することができた。



(参考) 利用実験結果



総務省により公募・採択された利用実験の分野毎のごとの以下の実験テーマが利用実験として実施された。

適用分野	実験テーマ
遠隔教育	A-01 WINDS衛星による超高速インターネットを利用した遠隔教育事業の実証実験
	A-15 衛星回線を利用した日本・インドネシア間高速コンピュータクラスタ構築及びe-Learningの共同開発に関する実験
	A-31 アジア太平洋地域における遠隔教育・遠隔医療のアプリケーション実験
	A-33 アジア太平洋地域におけるWINDSを利用した衛星マルチメディアe-Learning及び映像伝送に関するアプリケーション開発
	A-45 WINDS衛星によるテレビ会議アプリケーション実験
医療関連	A-35 デジタル映像伝送システム使用の新規で改善されたアジア全域用遠隔教育システム
	A-22 災害時を想定したWINDS衛星による遠隔画像診断用医用画像の送受信
	A-22 医療分野でのWINDS利用実験
伝搬関連	A-51 アメリカ、アジア、太平洋地域における地域遠隔教育、遠隔医療、災害管理
	A-02 WINDS超高速インターネットシステムへの降雨減衰対策の適用方法の研究と実証実験
	A-07 電波伝搬特性の評価と高品質データ伝送に関する研究
	A-10 減衰軽減技術におけるサイトダイバーシティ及びタイムダイバーシティの評価実験
防災	A-46 熱帯地域における高速衛星通信に関する性能評価と降雨減衰軽減技術
	A-11 離島・山間地におけるインターネット通信に対する災害時応用実験
	A-12 大規模自然災害の通信確保を目的としたスカイメッシュシステムの開発・実証
	A-25 衛星通信回線を用いた不整地走行ロボット群による被災情報収集の実験
伝送方式	A-27 高速衛星通信を利用した非常通信及び教育通信に関するVoIPの評価実験
	A-03 WINDS上におけるTCP/IPを利用した仮想プライベートネットワーク構築に関する実証と検証
	A-04 超高速衛星インターネットに適した通信制御方式に関する研究
	A-06 WINDSとETS-VIIIを利用した移動体衛星通信方式の開発・改良・検証
	A-26 DTN (Delay Tolerant Network) 技術の衛星通信環境における評価
その他	A-36 Ka帯における暗号技術の実験
	A-48 衛星と地上網のハイブリッド通信技術の調査・開発
	A-08 衛星回線を用いた空間データの高度利活用に関する実験
	A-18 日食映像の通信に関する実験
	A-20 超高速インターネット衛星WINDSを用いた東南アジア域でのダウンスケール数値天気予報実験
	A-22 Kaバンドマルチビーム衛星によるハイビジョン映像信号の伝送実験



(参考)NICT後期基本実験



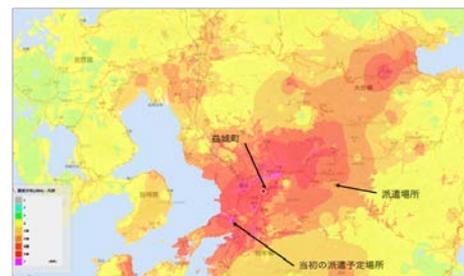
海底資源探査や海底地質調査の高度化、効率化のためには、大容量のデータレートをやり取りできる高速通信が必要。
 「きずな」を使用して陸上から相模湾沖水深約130mに潜行中の無人探査機「おとひめ」を遠隔操作するとともに、「おとひめ」が撮影する高精細深海映像や各観測機器・センサの計測結果をリアルタイムに陸上へ伝送。



「きずな」を使用した無人探査機遠隔操作実験

経緯及び目的: 現地のICT復旧技術の実証、耐災害技術の実証として重要な取組とし実施。
 熊本県高森町役場において、WINDS用大型車載局とメッシュネットワークを用いて、災害対策本部に行政用としてAPを1箇所、また、町役場入り口付近に住民用としてAPを1箇所の応急ネットワークを構築し、4月19日から20日20時30分ごろまで、鹿島宇宙センターを経由するインターネット回線を提供した。

熊本地震の概要 (震度分布)



熊本地震応急ネットワーク支援派遣(高森町)



(参考) 今後の衛星軌道

