



資料38-3
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38回) 平成29.10.18

データ中継技術衛星「こだま」(DRTS)の 運用終了について

平成29年10月18日

宇宙航空研究開発機構
技術参与 舘 和夫



はじめに(報告の骨子)

- データ中継技術衛星(DRTS)は、衛星間通信技術、及びデータ中継運用技術の開発及び実証を目的として、平成14年9月10日 種子島宇宙センターからH-II Aロケット3号機により打上げられた。
- DRTSプロジェクトは、平成21年9月28日に7年間の定常運用を終了し、所定の目標を達成したことを宇宙開発委員会(平成21年10月7日)に報告した。
- 本報告は宇宙開発利用部会で定められたプロジェクト終了時の事後評価ではなく、定常運用終了後8年にわたり後期利用を実施し得られた成果について報告するものである。

- 定常運用終了後、後期利用運用を継続し、平成29年8月5日に運用を終了した。
- 後期利用運用では、定常運用に引続き「だいち」(ALOS)との衛星間通信実験を継続し、さらに「だいち2号」(ALOS-2)との衛星間通信実験を実施した。
- 定常及び後期利用期間を通じて、ALOS PRISMを活用した数値標高データ(DSM))利用による産業振興、環境問題への貢献(ブラジルの違法森林伐採監視による森林保護への貢献)、大規模災害での救助活動への貢献(東日本大震災、中国四川省大地震、等)などを行った。
- 今般、打上げ後約15年(設計寿命7年)が経過し、衛星搭載機器の老朽化による軌道離脱機能喪失リスクを回避し、同一軌道位置に投入する計画である光データ中継衛星(JDRS)の打上げへの影響を排除するため、平成29年8月5日に静止軌道からの離脱を行い、適切に運用を終了したことを報告する。
- 本日の説明内容は以下のとおり。
 1. データ中継技術衛星(DRTS)の概要
 2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果
 3. 衛星運用の結果
 4. まとめ



1. データ中継技術衛星 (DRTS) の概要



打上げ年度:平成14(2002)年度

主要諸元:

質量: 約2.8t(打上時)

約1.5t(静止軌道初期)

軌道: 静止軌道(90.75° E)

設計寿命: 7年

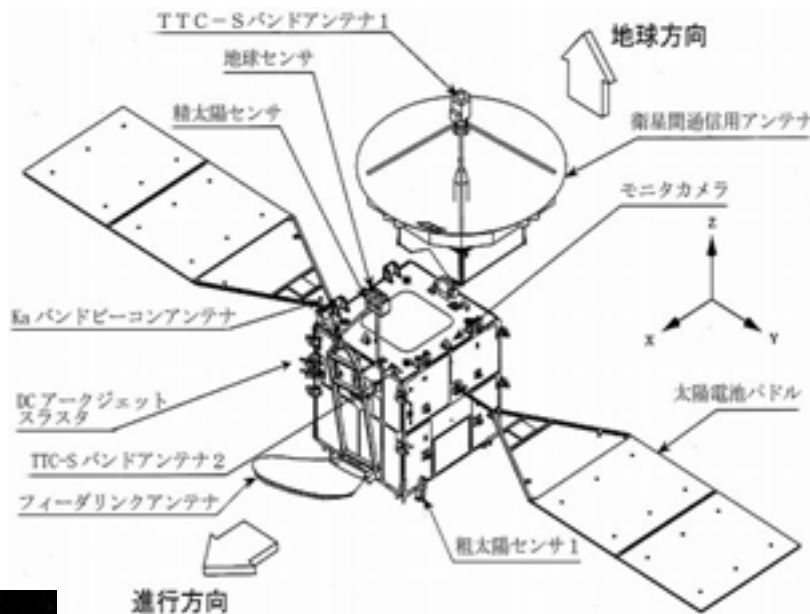
ミッション機器:

①Sバンド 衛星間通信機器

②Kaバンド 衛星間通信機器

③Kaバンド フィーダリンク機器

通信速度: 最大278Mbps



DRTS外観図

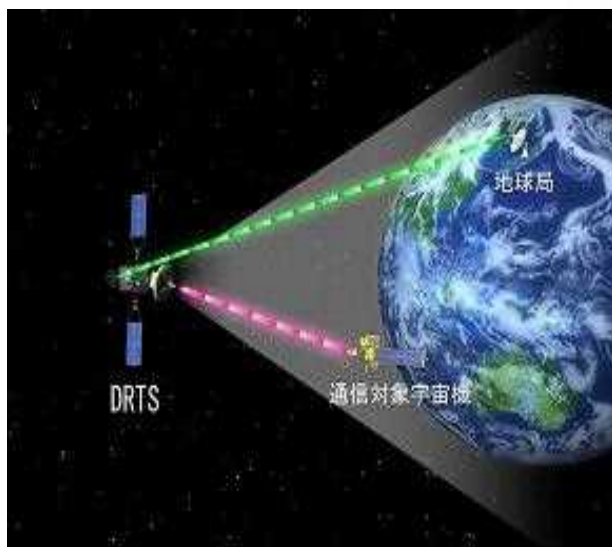
観測ミッションを支える通信インフラ

1. リアルタイム観測への対応

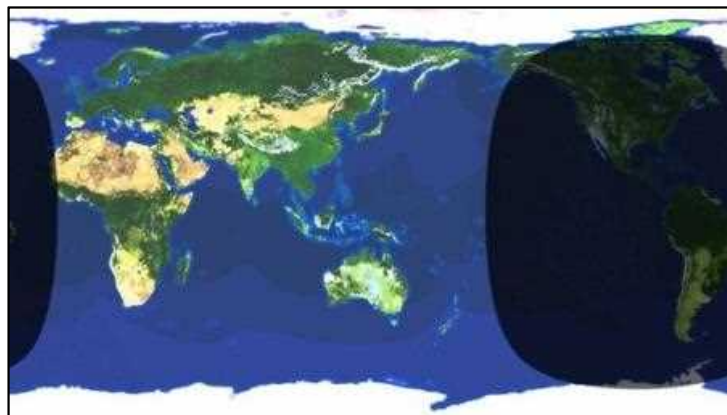
- ・全球の約2/3の可視域が確保できることから、これらの地域上空の観測衛星や国際宇宙ステーションとのリアルタイムの通信が可能となる。
- ・災害発生時の緊急観測要求や、衛星の異常発生時にも迅速な対応が可能となる。

2. 大容量データ伝送への対応

- ・低軌道衛星に対して、日本付近の地上局での通信時間と比較して、10倍以上の通信時間が確保でき、観測衛星等からの大容量データ伝送が可能となる。



データ中継概念図



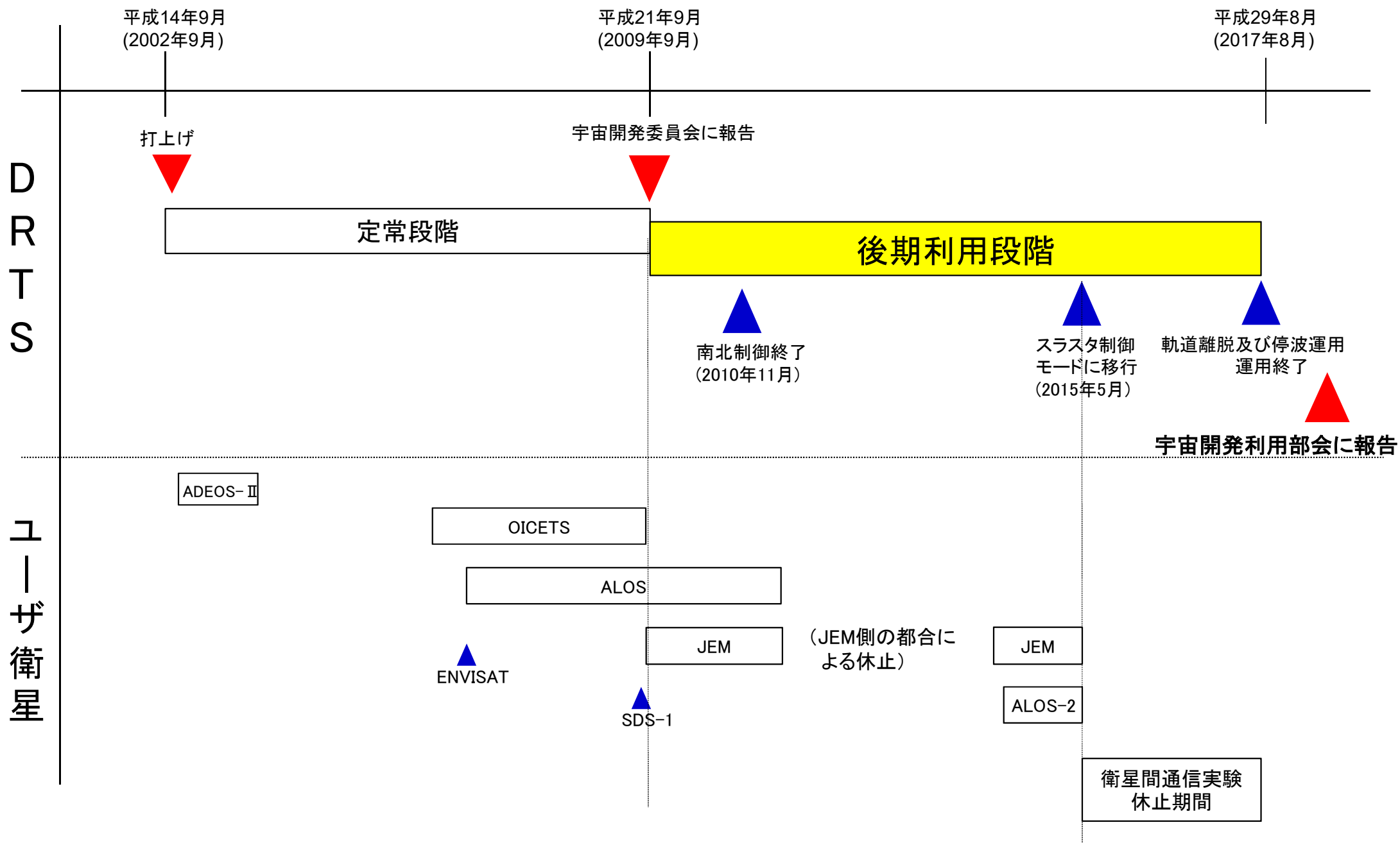
DRTSを使用した場合の可視範囲
全球の約2/3の領域で通信が可能。



地上局(国内)のみの可視範囲
1回に数分~10分程度の通信時間しか確保できない



1. データ中継技術衛星 (DRTS) の概要 — 実験運用全体スケジュール —





2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



2.1 成果

獲得した技術	成果(アウトプット)
衛星間通信技術 (通信速度278Mbps)	観測データ伝送量の増加 ✓ ALOSでは95%がDRTS経由 ✓ ALOS-2では25~50%がDRTS経由 (DRTS衛星間通信利用期間)
広域性・即時性	観測データ提供までの遅延時間短縮 ✓ 緊急コマンド等ユーザ衛星との衛星間通信は国内・海外観測で有効 ✓ データ伝送は国内局不可視域での観測で特に有効
データ中継運用技術	99%以上の運用達成率 定常7年:ADEOS-II、OICETS、ALOS、 ENVISAT、SDS-1、JEM 後期8年:ALOS、JEM、ALOS-2



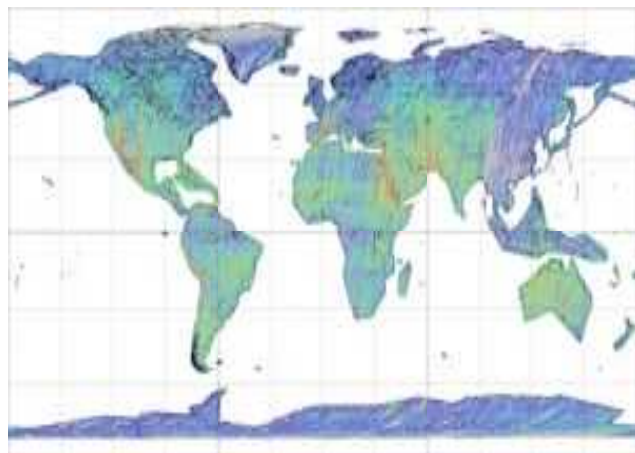
2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



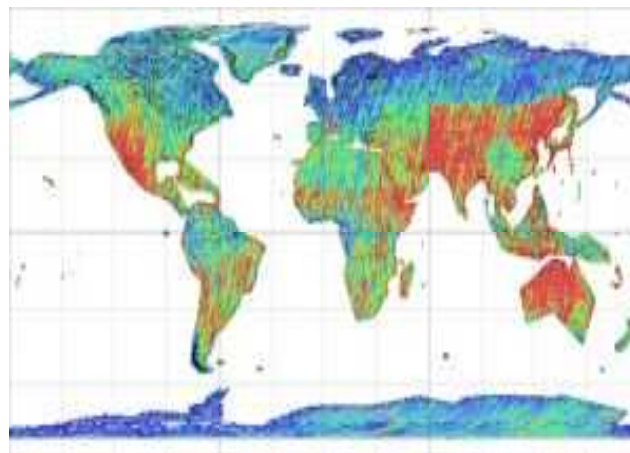
2.1 成果

ALOSミッション運用への貢献(DRTS定常段階～後期利用段階)

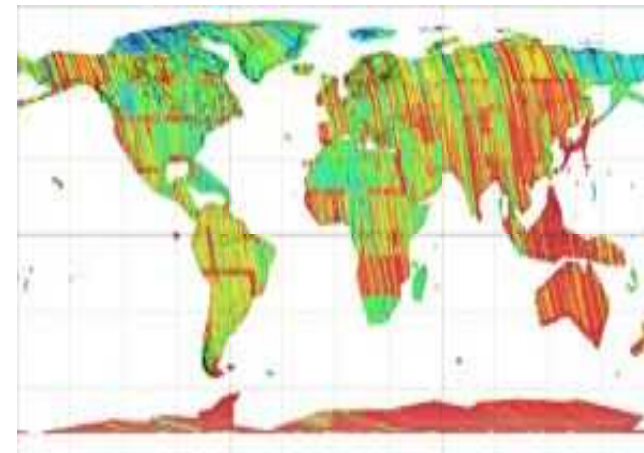
- ALOSのミッション達成は、高分解能でのグローバルな観測及び5年間にわたる継続的な観測による大量のミッションデータ取得がベースとなっている。
- 大量のミッションデータ取得は、DRTSを利用したリアルタイム伝送及び大容量データ伝送により実現された。ALOSデータの95%以上はDRTSで取得したものである。
ALOSのミッションデータ直接伝送部の伝送レートは120Mbpsであったのに対して、DRTS経由では2倍の240Mbpsが可能であったため、国内は半数以上、海外は殆どをDRTSを利用して緊急観測を実施。
- 以下にALOSの各センサ毎のデータ取得済みエリアを示す。同図において、全球規模で色が塗りつぶされていることから、全球データを取得済みであることがわかる。
- 全地球規模で収集することにより、地図作成、地域観測、災害状況把握等に幅広く利用された。



PRISM世界域



AVNIR-2世界域



PALSAR世界域





2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



2.1 成果

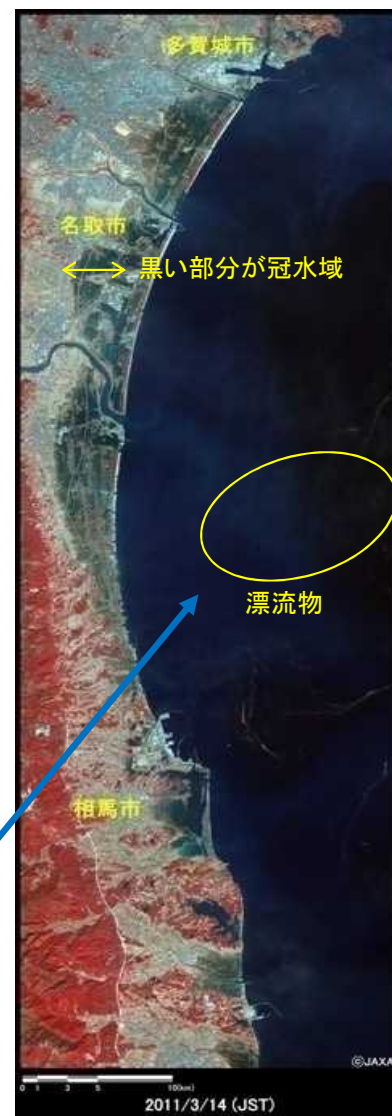
➤ ALOSミッション運用への貢献(続き)
 大規模災害が発生した場合は緊急観測を行い、国内外の防災機関に観測データを提供してきた。
 ALOSの運用期間(約5年間)に東日本大震災や中国四川省大地震等312件(国内57件、海外255件)の緊急観測に対応した。

【平成23年3月 東日本大震災観測(だいち)】

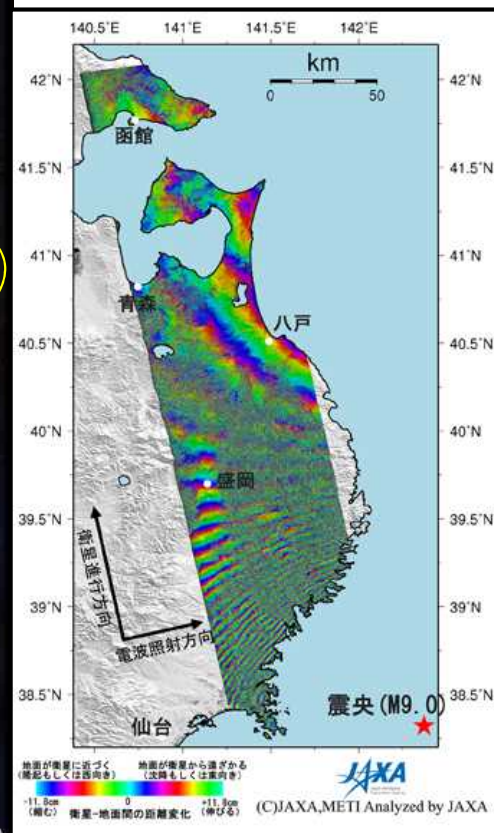
- 643シーン(3月11日~4月20日)の緊急観測画像の大部分をDRTS経由で取得した。
- DRTSの広域性を活かし、DRTS経由で緊急コマンド送信により対応。



漂流物の拡大図



↑ 広範囲な冠水の様子 (75km × 25kmのエリア) (3月14日午前撮影)



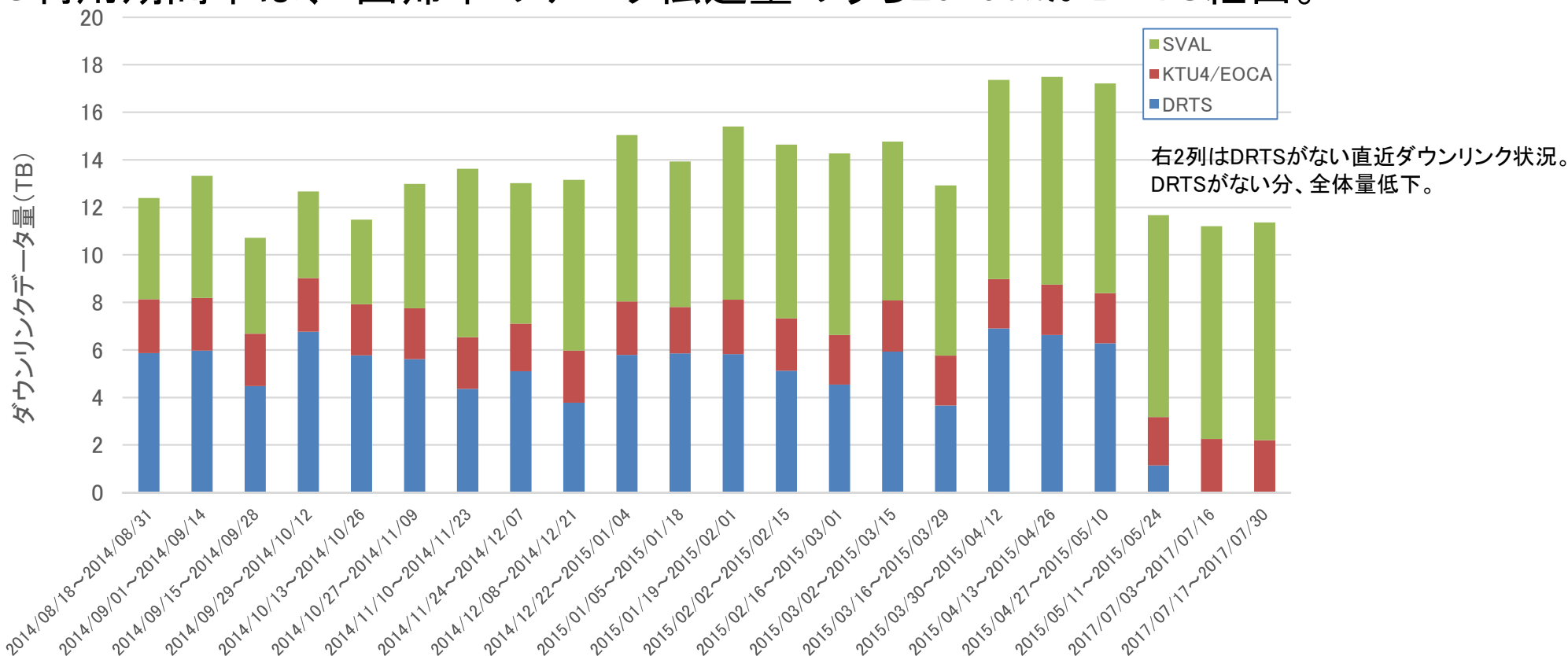
↑ 地殻変動の様子 (3月15日夜撮影の画像と過去の画像を重ね合わせて解析した結果)



2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果

2.1 成果

- ALOS-2ミッション運用への貢献(DRTS後期利用段階)
 - 地上ネットワークシステム(GN)、高緯度局(スバルバード局(SVAL))、観測データ国内直接受信局(KTU4/EOCA)だけの運用に比べ、DRTSがあることで、緊急観測の際に、ALOS-2へのコマンド送信の即応性向上及びダウンリンクの機会増加に寄与。
 - DRTS利用期間中は、1回帰中のデータ伝送量のうち25-50%がDRTS経由。



ALOS-2のダウンリンク実績(データ量換算)

定常段階移行(2014/8/20)を含む回帰から、DRTSとの衛星間通信を休止した2015/5/15を含む回帰まで



2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



2.2 波及効果

DRTSを活用したミッションのうち、ALOSを通じて達成された波及効果

No	分野	内容	備考
1	DSMデータ利用による産業振興	全世界を撮影した約300万枚の「だいち」衛星画像(おおよそ地球の全陸域8個分、処理容量約3ペタバイト)から、全世界の地表面をデジタル情報化した3D地図(DSM)を関係機関と共同開発。ハザードマップの作成の他、風力発電所設計のシミュレーション、映画や観光、娯楽分野などで活用。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二回宇宙開発利用大賞 内閣総理大臣賞を受賞 ・ 平成29年度文部科学大臣表彰 科学技術省を受賞 ・ 2016年日経優秀製品・サービス賞「優秀賞」
2	ブラジルの違法森林伐採監視による森林保護への貢献	ブラジルの森林違法伐採の監視機関であるIBAMA(ブラジル環境・再生可能天然資源院)に観測データを即時提供。ブラジルにおける森林伐採(違法分含む)の面積は2007年には19,000km ² であったのが、2008は年12,000km ² 、2009年は7,000km ² と伐採面積が年を追うごとに激減。	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブラジル政府から感謝状が贈られた。
3	大規模災害での救助活動等への貢献	タイ洪水(2006年10月)に対する緊急観測データ提供。	<ul style="list-style-type: none"> ・ タイ地理情報・宇宙技術開発機関(GISTDA)より感謝状が贈られた。
		中国四川大地震(2008年5月12日)発生23時間後にALOSによる緊急観測を行い、世界に先駆けてALOSデータを提供。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中国国家防災委員(CNCDR)及び中国国家防災センター(NDRCC)より感謝状が贈られた。



2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果

2.2 波及効果



DRTSを活用したミッションのうち、JEMを通じて達成された波及効果

No	分野	内容	備考
1	ISS運用の信頼性向上 /JEM実験環境の安定的な提供への貢献	・米国TDRSのバックアップ回線として使用したが、TDRS回線が健全であったため使用する機会はなかった。 JEMで実施した実験データのダウンリンクに使用。	・ NASAからDRTSをバックアップとして使用することについて打診があった。(2014年6月)



2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



2.2 波及効果

➤ DRTSの波及効果

- 約13年間の衛星間通信運用実績によりデータ中継の有用性が評価され、政府機関ミッションとして採用。
- 光データ中継衛星として後継機の開発に着手。
 - ✓ 高速な光衛星間通信技術との融合により、「データ伝送の更なる高速化」、「可視範囲の拡大」、「コマンド／ミッション運用の柔軟性」を全て兼ね備えることが可能になる。
 - ✓ 直接受信に加え、データ中継衛星経由での送受信という選択肢が増える事により、ユーザ衛星のミッション運用の即時性、柔軟性が広がる。



2. 後期利用段階を含む主な利用の成果と波及効果



2.2 波及効果

電波によるデータ中継



技術試験衛星VI型「きく6号」(ETS-VI)
 打上:平成6(1994)年/H-IIロケット
 質量:2トン
 通信速度:最大10 Mbps
 通信相手:UARS (NASA衛星)
 地上模擬衛星局



通信放送技術衛星「かけはし」(COMETS)
 打上:平成10(1998)年/H-IIロケット
 質量:2トン
 通信速度:最大120 Mbps
 通信相手:地上模擬衛星局



データ中継技術衛星「こだま」(DRTS)
 打上:平成14(2002)年/H-IIAロケット
 質量:1.5トン
 通信速度:最大278Mbps
 通信相手:ADEOS-II
 OICETS、ALOS
 ENVISAT(ESA衛星)
 SDS-1、JEM、ALOS-2
 地上模擬衛星局

DRTSの開発成果及び13年のミッション運用実績が、政府機関によるデータ中継衛星の開発につながった

光データ中継衛星

・高速化(1.8Gbps)に対応した発展・展開

2019年
打上予定

光によるデータ中継



「きらり」搭載光衛星間通信機器 (低軌道周回衛星用)



光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)
 打上:平成17(2005)年/ドニエプルロケット(露)
 質量:570キログラム
 通信速度:最大50 Mbps
 通信相手:ARTEMIS(ESA)
 地上模擬衛星局



3. 衛星運用の結果

3.1 軌道上約15年にわたる衛星システムの評価

平成14年9月10日から平成29年8月5日の軌道上運用約15年間を通じた衛星システムの状況は以下の通り。

(1) ミッション系機器

衛星間通信実験系サブシステムについては、後述する平成27年5月の実験休止期間に至る約13年間を通して、機能・性能に問題なく、適切に維持され、衛星間通信実験運用達成率99%以上を達成した。



3. 衛星運用の結果



(2) バス系機器

バス系サブシステムについては、平成29年8月5日までの軌道上運用期間に至る約15年間を通して、姿勢制御系機器(モーメントムホイール)、及び衛星推進系機器(1Nスラスタ)を除いては機能・性能に問題なく、適切に維持された。

● モーメントムホイール

DRTSのホイールはモーメントムホイール(MW)2台、リアクションホイール(RW)2台の計4台構成で、いずれか1台のホイールが故障しても残りの3個で運用が可能な3out of 4の冗長構成をとっており、1台故障には対応可能であった。

しかしながら、平成25年5月、平成27年5月にそれぞれMWが1台ずつ停止したため、スラスタ制御モードに移行した。衛星間通信実験用の大型アンテナを駆動することにより推薬消費が増加し衛星寿命に影響を及ぼすことから、平成27年5月から定常的な衛星間通信実験を休止することとした。

● 1Nスラスタ

平成29(2017)年5月末、軌道位置保持のための軌道制御中にスラスタ不具合により三軸姿勢喪失した。原因は老朽化の進行によるスラスタ触媒流出あるいは触媒層の破壊等によるスラスタの急激な推力低下によるものと推定され、当該スラスタ以外のスラスタも同様な不具合発生の潜在リスクが懸念された。

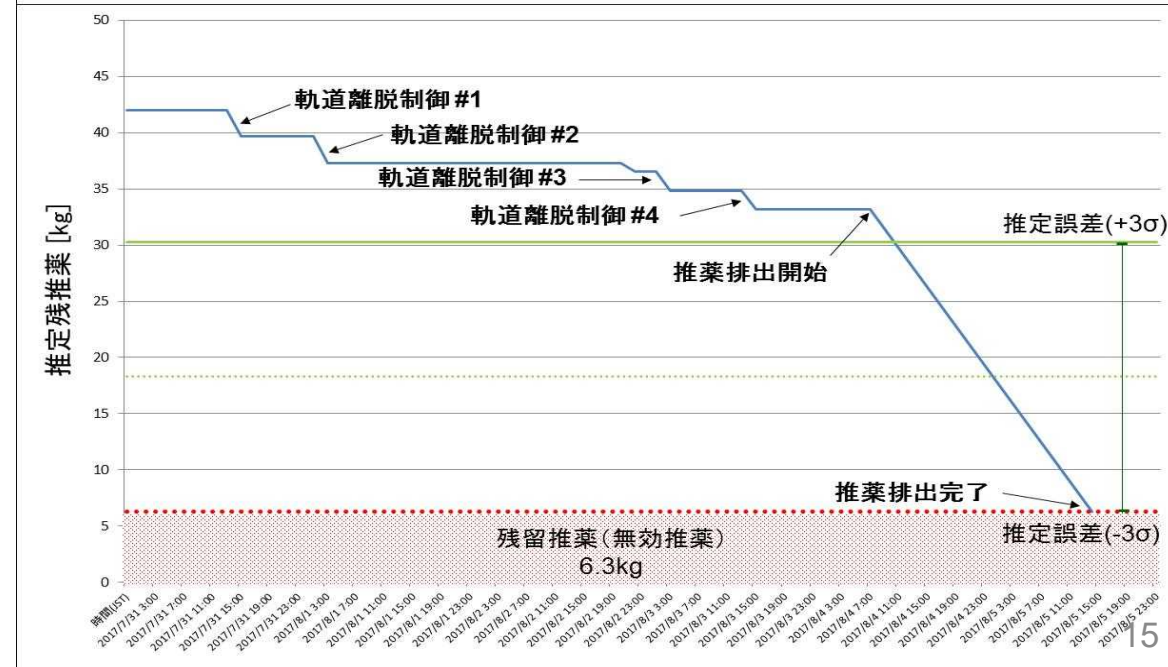
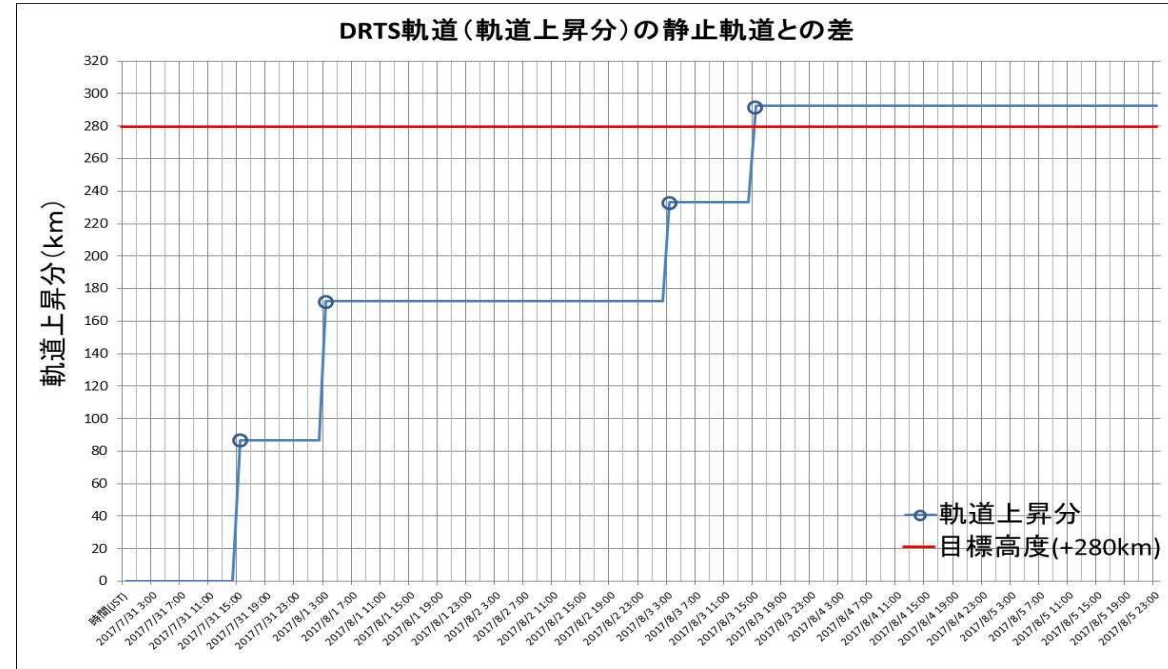
本不具合の発生により正常な軌道上運用継続に対する懸念が浮上し、デブリ発生防止対策を順守するための軌道離脱機能喪失リスクを勘案し、運用終了を判断するに至った。



3. 衛星運用の結果

3.2 軌道離脱制御及び停波運用の概要

- 実施期間： 平成29年7月31日～8月5日
- 軌道離脱運用
 - 7月31日より静止軌道からの離脱を開始し、静止高度より近地点高度を約292km上昇させ、離心率を0.003以下に調整。
- 残推薬排出運用
 - 8月4日より残推薬排出を開始。解析により26.258kgの推薬排出を確認。事前推定値は2.235～32.535kgの間に入ると推定しており、推薬管理は適正だったと判断。
- 停波運用
 - バッテリー充電を停止し衛星負荷により放電し、8月5日にバッテリー切り離し。
 - 同8月5日 14:45JSTに停波コマンド送信。





4. まとめ



- 我が国の衛星間通信データ中継システムは、技術試験衛星VI型(ETS-VI)、通信放送技術衛星(COMETS)を経て、データ中継技術衛星(DRTS)に継承された。
- 定常運用段階(7年間)においては、ALOSと世界最高速度(当時)278Mbpsの衛星間通信実験に成功するなど、様々なユーザ宇宙機計6機とのデータ中継により各ユーザのミッション達成に寄与した。
- 後期利用段階(8年間)においては、ALOS、ALOS-2等の観測データの大量伝送により、大災害での救助活動等への貢献、ブラジルの森林保護への貢献、DSMデータ利用による産業振興等に貢献した。

- 以上の通り、DRTSとしては目的を達成したため、運用を終了する。

- 13年間の衛星間通信運用実績により、データ中継の有用性が評価され、政府機関ミッションとして採用された。

- 光データ中継衛星として後継機の開発に着手した。



(参考) 定常運用終了のまとめ



宇宙開発委員会報告資料「データ中継技術衛星「こだま」(DRTS)の定常段階終了と後期利用計画について」(委30-2)より抜粋

- 我が国の衛星間通信衛星データ中継システムは、技術試験衛星VI型(ETS-VI)「きく6号」、通信放送技術衛星(COMETS)「かけはし」を経てDRTS「こだま」に継承された。
- 「こだま」の定常段階運用で得られたミッション成果概要は以下のとおり。
 - ALOSと世界最高速度278Mbpsの衛星間通信実験に成功した。また、打上げ後7年のミッション期間終了までにADEOS-II、OICETS、ENVISAT、SDS-1、JEMの様々なミッションと、Sバンド及びKaバンドによる衛星間通信実験を実施し、フルサクセスを達成した。
 - 欧州宇宙機関の地球観測衛星ENVISATとの衛星間通信実験成功による国際相互運用性の実証や、ALOSとの衛星間通信実験で99.9%以上という非常に高い運用達成率によりミッションデータ伝送のインフラ回線として実運用に耐えられるレベルであることを実証するなどのエクストラサクセスを達成した。
 - 大量データを伝送することで、ALOSミッションの地図作成、地域観測、被害状況把握、資源探査に貢献し(ALOSミッションデータ保存量は約600TB)、さらに、緊急観測を実現することにより中国の四川省や岩手・宮城の大地震などの大規模災害時に災害状況の早期把握に寄与した。
- 上記のとおり定常段階で目標とした成果を得たことから、後期利用段階においてもこれまでどおりの運用を継続していく。