

3. 成果 (3)アウトカム / インパクト

6) 技術・運用の発展 ~今後の衛星プロジェクトへの寄与(3/3)~

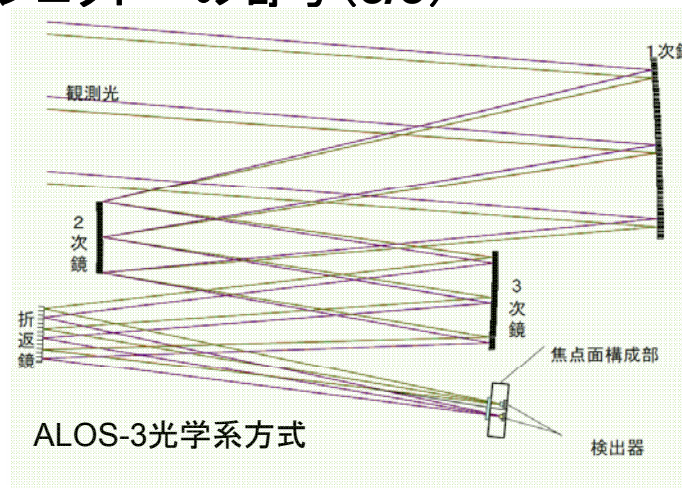
1) ALOS-3光学センサの分解能向上

ALOS-3は、「だいち」PRISMの光学系方式をベースに「軸外し3枚鏡＋折返鏡」とすることでロケットフェアリングに搭載可能な高分解能・広画角の光学系を達成。

ALOS/PRISM
分解能 2.5m
画素数: 28,000画素



ALOS-3
分解能 0.8m
画素数: 62,500画素



2) ALOS-3性能と可能性

○「0.8m高分解能と30~50km観測幅の両立」の性能。災害に対し、例えば以下のような貢献が可能。

- ・道路の通行可否判断や液状化被害箇所の抽出により、交通インフラや住宅地の状況を把握し、二次災害等の防止に貢献
- ・被災地におけるがれき量・建物被害などの推定により、災害からの復旧活動に貢献
- ・原子力発電所などの詳細な観測画像の撮像により、被災地の安全・安心に貢献

○高頻度観測の運用向上

(任意の地点を、2日程度1回→1日1回の観測)

また、ALOS-2との連携により、より一層 高頻度な観測が可能。

- ・「だいち」では識別できない津波被害による鉄道や道路の被害箇所が、ALOS-3では識別可能。
- ・津波や地震、水害等による港湾や道路等の被災状況が把握可能となり、復興に向けた計画策定(都市計画等)にも貢献

ALOS-3
シミュレーション画像



[分解能0.8m相当]

JR大船渡
線が崩落 「だいち」画像



[分解能2.5m]

NASA中継衛星(TDRS)

インターオペラビリティ

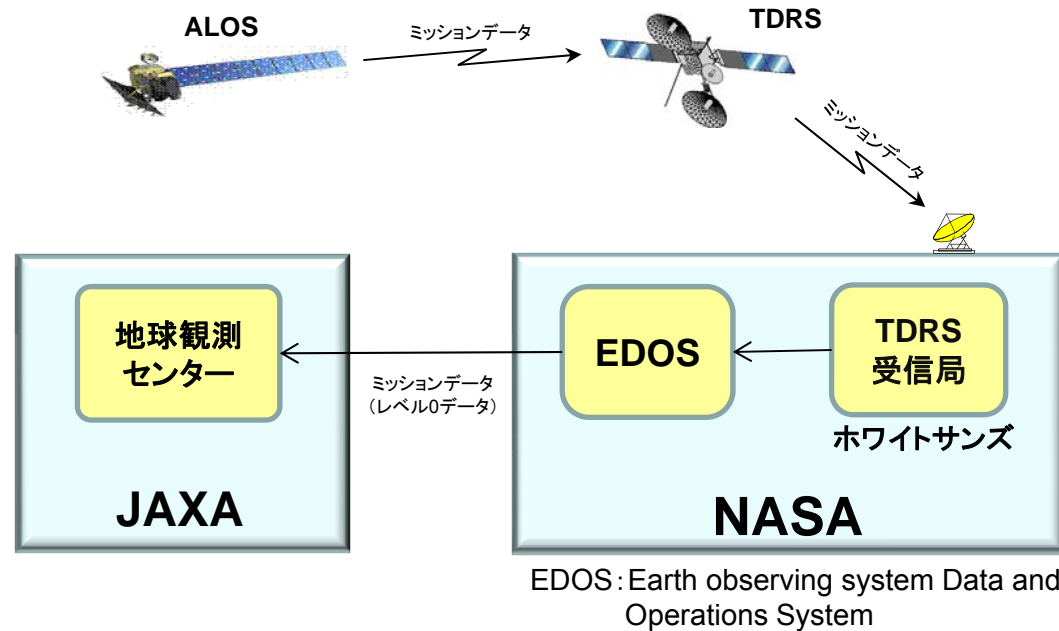
平成22(2010)年4月12日より、NASAの中継衛星(TDRS)を利用した「だいち」データの取得、①リアルタイム観測運用、②ノード設定領域内(アメリカ大陸)観測。が開始された。

観測データはJAXAへ早期に伝送された。

受信実績を下表に示す。TDRS利用後の受信時間増加は10%程度。「だいち」アーカイブの増加及び他領域観測へDRTSの回線リソースが効率的に使用された。

成果

「だいち」の観測データの取得拡大に貢献するとともに今後の衛星運用システムの国際協力、利用の道を作った。



	後期利用段階(2010/04/12-2011/01/23)の観測時間		TDRS運用開始後のTDRSの割合	
	DRTS+DT経由	TDRS経由		
PRISM	2,371,396	69,386	2.84%	
AVNIR-2	2,683,722	261,898	8.89%	
PALSAR	アセンディング	2,403,744	675,244	21.93%
	ディセンディング	1,050,578	46,898	4.27%
合計	8,509,440	1,053,426	11.02%	

単位:秒

	受信パス数	データ量 (GB)	欠損パス数 ()内全損	欠損率 (%)
DRTS 経由	9,488	405,847	87(34)	0.92
TDRS 経由	1,226	29,450	24(24)	1.96

- 運用計画に対し約99%のパスを正常に受信している。
- データ取得率は、DRTS経由が約93%、TDRS経由が約6.5%、DTが約0.5%となっている。
- 欠損分はDRTSの不可避な原因(降雨減衰等)、TDRSは、シャトル等の優先順位による運用キャンセル等。

6) 技術・運用の発展 ~ 事業効率化 ~

民間事業者の参画による事業効率化

- 打上げ後5年間の運用でエクストラサクセスを達成したこと、及びデータノード制終了(注)を踏まえ、災害把握等公共目的利用の衛星としての性格を維持しつつ、一層の利用の拡大を図ることを目的として、「だいち」運用、データ取得・処理・配布の業務をJAXAから民間事業者に移管することとした。
 - 平成23年4月から民間事業者がミッション運用業務を行い、データ処理・提供を行う体制に移行。
 - 民間事業者の裁量により一般配布価格を設定し、民間のニーズに基づいて利用を拡大。
 - データノード制の終了に伴い、事業者は全世界向けに一般配布を行うことが可能。
なお、旧データノード機関に対する研究目的での利用に向けたデータ提供は継続。
 - 研究開発業務等のデータは、JAXA業務の一環としてJAXAが事業者から購入し利用者に提供。
- 現在の状況
 - 国内外の協力機関(国土地理院等の機関や大学等研究機関)にJAXAとしてデータを提供中。
 - 平成23年4月の「だいち」運用停止により新規データの取得ができなくなり、当初目指した規模での活動にはなっていないが、アーカイブデータのみにも関わらず、運用中の5年間に近い規模で利用・配布が行われていることから一定の成果が挙げられていると考える。
(33ページ 3.成果 1)利用拡大 データ提供状況を参照。)

(注)データノード制:膨大な処理を要するALOSデータを、地域のニーズにあった利用に供するため、全世界を4つの地域に分割し、当該地域の担当機関がデータの処理・提供を実施する体制。

3. 成果 (3)アウトカム / インパクト

7) アウトリーチ ～ 新しい分野での利活用(教育等) ～

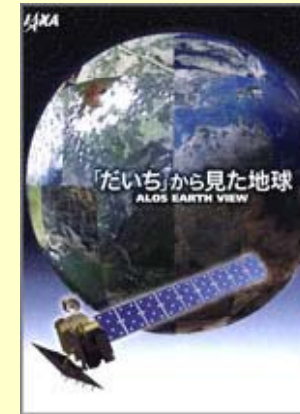
小中学校の理科・社会・環境の授業で



教科書・副読本に



小学校社会科副読本
「わたしたちの武蔵村山市」

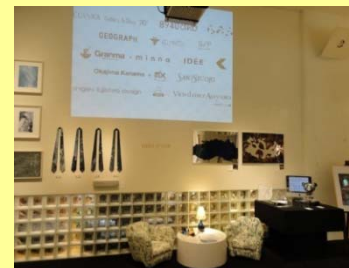


環境教育用
だいち画像セット

ユネスコとの世界遺産監視協力



アートとの融合



民話による、「だいち」画像を利用してプロダクトやアートを開発するプロジェクト「Share a Piece of the Earth」が開催。

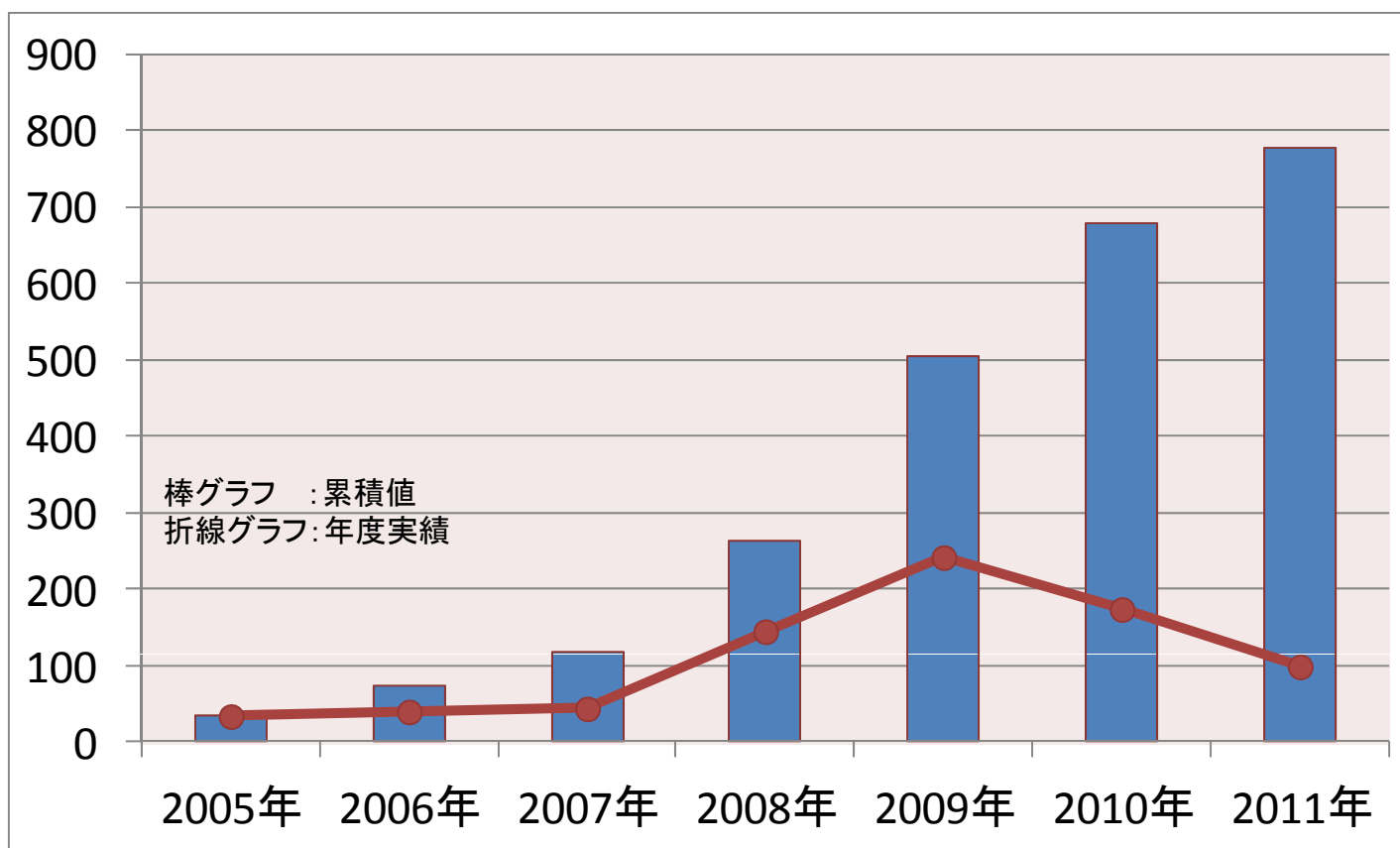


3. 成果 (3)アウトカム / インパクト

7) アウトリーチ ～ 「だいち」に関連する学術論文掲載 ～

「だいち」に関連する学術論文の掲載数は、衛星打上げの平成18年(2006年)以降、順調に数(総数:約800件)を増やしてきた。

打上げ3年後の平成21年(2009年)には242件が発表されている。



「だいち」関連論文数のScpusによる検索結果、2011年11月1日現在

4. 成否の原因に対する分析

- (1) プロジェクトマネジメント
- (2) 総点検活動
- (3) 衛星間通信「こだま」の有効性

4. 成否の原因に対する分析

(1) プロジェクトマネジメント

1) ミッション要求と開発仕様

国土地理院、農林水産省、経済産業省、災害観測関係機関の官民の想定ユーザ、センサ・地球観測分野の研究者、有識者及びJAXAからなるALOS委員会が構成されミッション要求書を設定、フィジビリティスタディを行い、総合システム仕様への反映し、衛星開発仕様等の開発計画が策定された。

ALOSプロジェクトは、ミッション要求条件書から開発仕様を適用した初の衛星プロジェクトである。

2) 開発審査へのユーザ参加

ALOSプロジェクト移行前審査以降、主要な開発審査(予備設計審査、基本設計審査、詳細設計審査及び開発完了審査)にユーザ代表(国土地理院、経済産業省、研究者等)が審査員・オブザーバーとして参加し、ユーザ、関係機関に開発状況の確認とユーザ側との密な情報・支援体制を図った。

3) 観測運用計画へのユーザ参加

ALOS運用では、ユーザ機関が委員となる「ALOS観測運用調整会議」を定期的(6月、12月)に開催し、ユーザ要求を踏まえて長期(6ヶ月間毎)の観測計画の調整、決定を図り実施した。

また、後期利用段階以降(平成21年6月 第6回)から民間事業者6社が会議に参加している。

4) 運用事業への民間事業者の参画 (47ページ / 3項 成果「事業効率化」を参照)

平成23年4月から民間事業者による運用事業を実施中である。

○開発当初から利用に至るまでJAXAと官民の想定ユーザ等との連携を図り、適切な協力体制を持ってプロジェクトを遂行したことが、多様かつ想定以上のミッションの成功に導いた。

○このようなユーザとの連携は、今後の衛星プロジェクトに必須であり、関係府省／ユーザ等が参加する連絡会議等でユーザ要求を集約し、組織的に利用を進める体制を構築することを目指す。

○ALOSシリーズを推進するプロセスにおいて、研究開発要素を考慮しつつ、民間事業者の参画(民間出資)を順次増加させていく方式を目指している。ALOS運用事業は、官民分業の試行として実施中であり成果を上げていると評価している。

4. 成否の原因に対する分析

(2) 総点検活動

「ADEOS-2」、「PLANET-B」の一連の事故・不具合の原因究明および今後の対策について、「だいち」衛星の総点検を実施した。総点検内容は、網羅的、かつ重点的に、ミッション要求から設計・解析、製造、試験の全フェーズの妥当性の確認を行った。

①衛星不具合等の反映の視点に基づいた点検

②信頼性・サバイバル性向上の視点に基づいた点検

- ・新規技術、新しい設計が妥当であるか
- ・単一故障点の識別に抜けがないか。
- ・サバイバル性等の14項目。

③PFMの健全性確認の視点。

- ・長期トレンド評価、・不具合評価、
- ・可動物評価、・ソフトウェア評価

抽出された課題と実施すべき対策の件数

対処方法		抽出された課題の件数	実施すべき対策の件数
衛星システム	①PFMの改修	43	37
	②追加評価試験	46	42
	③追加点検評価解析	156	156
④地上システムに対する評価試験・解析等		53	48
合計		298	283

「だいち」の主な対策と効果。

- ・電力ハーネスの本数と配線ルートを分散し温度上昇を抑える対策。
- ・温度センサの追加や電源系異常を検出して自動的に消費電力低減化、テレメトリデータの記録保持、太陽電池パドルの写真取得の機能等モニタ向上対策を実施。

平成23年4月の電力低下発生時に、早期の異常把握及び不具合の解析等の技術評価作業に効果的であった。

○総点検活動において課題を抽出し対策を実施したことは、ミッションを達成する上で大きな効果があったと考える。

○軌道上の事象(マルチパス、電力低下等)が発生しており、新たな視点・着目点(解析向上、開発・試験等)の教訓を経験することになった。

これらの総点検で得られた成果及び教訓は、GOSAT、GCOMなどの今後の衛星設計基準へ反映するとともに着目点等を反映した試験評価・審査を実施している。

4. 成否の原因に対する分析

(3) データ中継技術衛星「こだま」(DRTS)の有効性

- ・「だいち」のミッション達成は、大量のミッションデータ取得とグローバルな観測、及び5年間にわたる継続的な観測がベースとなっている。

「だいち」の全観測量は5年間で654万シーン、約1ペタバイトにも上り、SPOTシリーズが5機、25年間で取得した1000万シーンと比べるとデータ取得効率が非常に高い。

これは自国のデータ中継技術衛星「こだま」(DRTS)を利用した衛星間通信によるものである。

(「だいち」データの95%以上は「こだま」で取得)

- ・NASAデータ中継衛星「TDRS」の実績。

TDRS運用は、優先順位等のユーザ利用制約があり、受信時間増加は10%程度に留まっている。

また、TDRS利用のバーターとしてTDRS経由で取得した画像データは利用共有とした。

(46ページ 3. 成果 TDRS利用 を参照)

○高いデータ取得効率及び緊急観測要求に対応するために、ALOSに対する運用性(運用頻度、運用時間、高速データ通信)に優れた自国のデータ中継衛星の利用が成功の要因である。

○今後のALOSシリーズの衛星についても、同様に運用性に優れた自国のデータ中継衛星が必要と考える。

5. プロジェクトの効率性に対する分析

(1) プロジェクトの効率性

スケジュールと資金

(2) プロジェクトの実施体制

5. プロジェクトの効率性に対する分析

(1) プロジェクトの効率性

1) スケジュール

- 平成10年度の開発開始時点では平成14年度冬期を打上げ目標としていたが、その後以下に示す打上げ計画見直しを経て、平成17年度冬期(平成18年1月)に打上げた。
 - 平成10年度:他衛星への開発成果早期反映のため、平成14年度夏期打上げに変更し、他衛星に適切に技術移転した。
 - 平成12年度:リアクションホイールの輸入品変更(他衛星不具合水平展開)のため、平成15年度夏期打上げ
 - 平成14年度:予算事情により平成16年度夏期打上げ
 - 平成16年度:H-IIA 6号機失敗やADEOS-II運用停止を受けた総点検の反映作業等を踏まえ平成17年度夏期打上げ
 - 平成17年度:トランジスタ交換(他衛星不具合水平展開)のため夏期打上げを延期し、最終的に平成18年1月24日打上げ
- 開発開始時に比べ打上げは3年遅れたが、他衛星不具合の水平展開やロケット事故に起因する予算事情によるものであり、ALOSの技術的な問題による遅延は無く、また遅延により生じた時間は総点検等により確実な開発、運用のための対策に充てたことから、スケジュール管理は適切に実施された。

5. プロジェクトの効率性に対する分析

(1) プロジェクトの効率性

2) 資金

- ALOSの開発経費(約624億円)は、同規模の衛星であるADEOS-II(約713億円)に比べ1割以上圧縮している。
- 衛星開発の増加分(61億円)の内訳は、他衛星への技術移転のための開発期間短縮対策(33億円)、試作試験結果を反映した追加地上評価試験、軌道上技術評価装置追加整備等の開発強化対策(16億円)、総点検等(3億円)及び寿命管理品目再製作等の打上げ時期遅延によるもの(9億円)である。地上設備整備の増加分(7億円)は、総点検や打上げ時期遅延によるものである。
- 衛星開発、地上設備整備とも、経費増加は当初計画の約15%に抑えられており、総点検や開発強化対策等、より確実な開発、打上げ、運用のための対策を講じたもの、及びこれに伴う打上げ時期遅延によるものである。
- 運用・利用実証・利用研究経費は、運用の効率化(設備運用のリモート化等)、及び校正・検証の進捗に伴う作業頻度見直しにより55億円削減した。
- 開発・運用総経費については、開発開始時に比べて34億円の増加に留まった。

	開発開始時 (平成10年度)	開発完了時 (平成17年度)	後期利用段階 (平成22年度)	コスト差分
衛星開発	409億円	470億円	←	61億円
ロケット	79億円	101億円	←	22億円
地上設備整備 ^{注1}	46億円	53億円	←	7億円
開発経費	535億円	624億円	←	89億円
運用・利用実証・利用研究 ^{注2}	270億円		215億円	△55億円
開発・運用総経費	805億円	894億円	839億円	34億円

(四捨五入のため、合計値が一致しないものがある)

注1: 情報システム(観測データの蓄積・管理・検索・提供システム)については地球観測衛星共通の設備として整備していることから、地上設備整備費には含めていない。ALOS対応のために要した経費は約31億円である。

注2: 運用・利用実証・利用研究は、打上げ前の運用準備や総合確認試験(平成15年度～平成17年度)を含む平成22年度までの総計。

(2) プロジェクトの実施体制

1) 外部機関との関係

- ミッション要求と利用実証

早期にユーザを定義し、ミッション要求を設定するとともに、サクセスクライテリアにおいても利用機関と共同での利用実証を明確に定義した。これにより、利用機関も自ら投資し、ALOSデータの利用を進めることができた。

- PALSAR共同開発

概念設計開始時(平成6年)においては、科学技術庁／NASDA(当時)と通商産業省／JAROS*(当時)がそれぞれ次世代合成開口レーダの研究を進めていたが、平成7年に共同開発することを決定した。これにより、NASDAのミッションである植生分布観測・地殻変動監視等と、通商産業省のミッションである資源探査を一つの衛星で実現し、効率的な開発とすることができた。

* JAROS: Japan Resources Observation system Organization 資源探査用観測システム研究開発機構

2) 衛星開発

- 搭載センサが大型・高性能であり新規技術が多いこと、及び開発当時の各衛星メーカーの得意技術が分散していたことから、衛星システムの開発はJAXAインテグレーション方式(インテグレーション支援メーカー選定)とした。
- 開発初期段階から新規技術と既存技術の識別を徹底し、JAXA/メーカーで密接に協力して開発管理を実施した。
- 新規技術開発はセンサ及びミッション要求を達成するために最小限必要なミッションデータ処理系及びバス系技術に絞り込み、その他は既存技術で対応することで、コストダウンに努めた。
- 「だいち」衛星開発体制は、大型かつ新規技術要素の多い衛星の開発を効率的に行う体制として有効であったと評価できる。
- 一方、大型衛星は経費が高く開発期間も長くなること、及び運用停止により複数のミッションが影響を受けるリスクもあることから、「だいち」より後の衛星ではミッションを絞った中型衛星を中心とし、またバスシステムについては信頼性の高いものを継続して用いることを基本としたことから、JAXA/企業の責任分担をより明確にしたプライム制(JAXAはシステム開発仕様の設定やミッション機器開発に注力、企業は製造設計及び製作試験に責任を持つ)に移行した。

5. プロジェクトの効率性に対する分析

3) 運用の実施体制

- データノード制について

31ページ、3.成果「データノード制の評価」を参照。

○JAXA設備／リソースの大幅な負担軽減等ミニマムな投資による「だいち」画像データの世界的な提供及び利用促進を効率的に実施することができた。

- ALOS観測運用計画へのユーザ参加について

51ページ、4 成否の～分析 3)観測運用計画への参画 を参照

○ユーザ・JAXAとの連携により、「だいち」の観測リソース(観測モード、データ伝送、観測領域等)を有効かつ効果的に実施することができた。

- 民間事業者の参画について

47ページ、3.成果「事業効率化」を参照。

○民間力の活用による「だいち」データ提供・配布拡大を効率的に実施している。

表彰

<p>☆2009年 日本航海学会 航海功労賞 「ALOS/PALSARデータを用いた海氷密接度画像自動作成アルゴリズムの開発」が冬期オホーツク海の海氷海難防止に貢献 上村治睦、改井洋樹、小野修史</p>	<p>日本航海学会</p>
<p>☆2009年 日本測地学会 第9回団体賞 「「だいち」搭載の合成開口レーダー(PALSAR)によるInSAR観測の高度化の実現」 ALOS/PALSARによるInSAR観測のシステム開発・運用研究グループ(代表:島田政信)</p>	<p>日本測地学会</p>
<p>☆2009年度 優秀論文発表賞 「ALOS/PALSAR による L バンド風速算出関数の開発(II)」 磯口治、島田政信</p>	<p>日本リモートセンシング学会</p>
<p>☆2007年度水路技術奨励賞 「ALOSデータを用いた海氷解析の開発及び利用に関する研究で悪天候時の安全航行に貢献」 鈴木明子、上村治睦</p>	<p>(財)日本水路協会</p>
<p>☆2007年 優秀論文発表賞 「ALOS PALSARの偏波校正について」 森山敏文、島田政信、渡辺学</p>	<p>日本リモートセンシング学会</p>
<p>☆2005年 優秀論文発表賞 「SAR画像のアジマスシフトと簡易補正:(ALOS高次成果物への応用)」 島田政信</p>	<p>日本リモートセンシング学会</p>
<p>☆2000年 優秀論文発表賞 Correction of the Satellite's State Vector and the Atmospheric Excess Path Delay in SAR Interferometry - Application to Surface Deformation Detection (ALOS高次成果物への応用) Masanobu shimada</p>	<p>IEEE Geoscience and remote sensing, Hawaii2000</p>

感謝状

「だいち」プロジェクトや関連するミッションに関連して、外部団体等から以下の感謝状を受賞した

2006年5月と8月に発生したタイの洪水へのデータ提供に対するタイ王室からの感謝状に関して	2006年12月1日 GISTDA長官
2008年5月12日に発生した中国四川大地震に対する貢献に関して	2008年7月25日 中国国家防災委員会・中国国家防災センター
ブラジル森林監視に関するPALSARデータの即時提供に関して	2008年12月5日 ブラジル環境資源再生院 (IBAMA)
英国皇室への「だいち」森林監視に関する説明に関する感謝の手紙	2008年10月28日 英国大使館
ハイチ地震発生の際のハイチ災害対策機関と世界の研究者への「だいち」データ提供に関して	2010年2月7日 地球観測に関する政府間会合 (GEO)
宇宙利用ミッション本部と“だいち”に対して、多年にわたる海氷画像提供が海氷海難防止に貢献したことにに関して	2011年9月12日 海上保安庁 第一管区海上保安本部長

ALOS成功基準

平成17年10月3日、「独立行政法人宇宙航空研究開発機構の実施する衛星プロジェクトの成功基準【確定版】」

I. ミニмумサクセス基準

(1)陸域観測衛星技術の検証

軌道上バス技術データの取得をミッション期間:3年を通じて行い陸域観測衛星技術の評価ができること。

(2)高分解能衛星データ実利用技術の検証

(a)地図作成、(b)地域観測、(c)資源探査、(d)災害状況把握の項目について、3種類のセンサ(PRISM、AVNIR-2、PALSAR)のうち、いずれかのセンサを用いて必要な期間(*1)の運用を行い、実利用実証ができること。

(*1):必要な期間:技術検証に必要な様々な観測対象の季節変動を含む観測データ収集期間(別紙のとおり)。

II. フルサクセス基準

(1)陸域観測衛星技術の検証

打上げ3年後の時点で、バス系、センサ系に関する機能・性能、寿命評価を行い、バス系、センサ系の設計の妥当性を確認すること。

(2)高分解能衛星データ実利用技術の検証

3種類のセンサ(PRISM、AVNIR-2、PALSAR)を用いて、上記(a)~(d)の実利用実証ができること。

また、研究成果物(*2)の試作・検証ができること。尚、主要評価内容の数値等目標を別添に示す。

(*2):技術的に難易度が高いため、目標精度の設定が困難な研究的成果物。

III. エクストラサクセス基準

(1)陸域観測衛星技術の検証

打上げ5年後(目標)の時点で、バス系、センサ系に関する劣化、長期的変動を含む寿命評価を行い、今後のバス系、センサ系の設計、開発に資する知見を得ること。

(2)高分解能衛星データ実利用技術の検証

「だいち」のデータを用いて、想定を超える研究成果物(*3)が作成されること。

(*3):より技術的難易度が高い研究的成果物。広域森林分布図、土壌水分分布図、雪氷分布図、広域地殻変動図、土地被覆分類図等。

ALOS成功基準

平成17年10月3日、「独立行政法人宇宙航空研究開発機構の実施する衛星プロジェクトの成功基準【確定版】」

		主要評価内容の数値等目標詳細
(1)陸域観測衛星 技術の検証		<ul style="list-style-type: none"> ◆バス系機能・性能： 発生電力【7KW以上(日照EOL)】、姿勢制御精度【±0.1度】、データ記録/伝送レート【240Mbps(データ中継衛星経由)/120Mbps(直接伝送系経由)】 ◆センサ系機能・性能： PRISMデータ【分解能2.5m、走査幅35km、3方向視観測機能】、AVNIR-2データ【分解能10m、走査幅70km以上、ポインティング機能】、PALSARデータ【分解能10m/100m、走査幅70km/350km、ポインティング機能】 ◆データ処理【60シーン/日/センサ】 ◆データ提供(データノード、一般ユーザ等)
(2)高分解能 衛星データ 実利用技術 の検証	地図 作成	◆1/25000の地図作成、への実利用実証
	地域 観測	<ul style="list-style-type: none"> ◆現存植生図の更新、耕地/作付け面積把握、流水分布の実利用実証 ◆研究成果物(東南アジア森林分布図)の試作・検証
	資源 探査	<ul style="list-style-type: none"> ◆データ提供(経済産業省:資源探査) ◆土地被覆分類等の実利用実証
	災害 状況 把握	<ul style="list-style-type: none"> ◆大規模災害時での迅速な観測、データ受信、提供の実証(災害チャータへの貢献を含む) 【観測: 全球2日以内(晴天時)/5日以内 (曇天雨天時)、提供: 受信後1時間以内(速報画像)、3時間以内(標準処理)】 ◆研究成果物(日本域内地殻変動図)の試作・検証