

光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクト に係る事後評価について

平成20年2月12日

宇宙航空研究開発機構

理事 堀川康

上席開発員 荒井功恵

目次

		推進部会評価項目(事後評価)		
		a. 評価	b.成否の要因に 対する分析	c.効率性
1. 「きらり」(OICETS)の概要	2~7頁			
2. 開発経緯	8~10頁			
3. 成果 (アウトプット、アウトカム、 インパクト)	11~24頁	○		
4. 成否の原因に対する分析	25~26頁		○	
5. プロジェクトの効率性に対 する分析	27~28頁			○
6. 外部からの表彰等	29頁			

1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

ミッションの目的(意義の確認)

光衛星間通信は、電波による衛星間通信に比べ、機器の小型化及び通信能力の向上が図れ、他の通信との干渉の発生が少ない等の特徴を有し、将来の衛星間通信に重要なものとされている。OICETSプロジェクトは、この光衛星通信技術の実証プロジェクトとして位置付けられ、捕捉・追尾・指向技術、双方向光通信技術などの、光衛星間通信に必要な基盤技術を確立することを目的とする。

宇宙開発に関する長期的な計画

平成15年9月1日 総務大臣 文部科学大臣 国土交通大臣

Ⅱ. 重点的に取り組む業務に係わる目標と方向

1. 社会的要請への対応 (2) 通信・放送・測位 ③衛星間通信分野より引用

地球観測衛星など低軌道周回衛星や惑星探査機からの大容量データをリアルタイムに受信可能な通信網の確立に必要な光やミリ波を利用した衛星間通信のための基盤技術を確立する。

このため、光による衛星間通信実験を行い、大容量衛星間通信のための基礎技術を獲得する。さらに、観測データの増大とその迅速な収集に対するニーズを踏まえ、大容量衛星間通信網を構築するための基盤技術を確立する。

1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

光衛星間通信の特徴

▶ 高速大容量の信号伝送が可能

地上における光通信の普及理由と同様に帯域等の制限がなく、将来の地球観測で必要なギガビットオーダーの高速・大容量伝送が可能。

▶ 小型・軽量化が可能

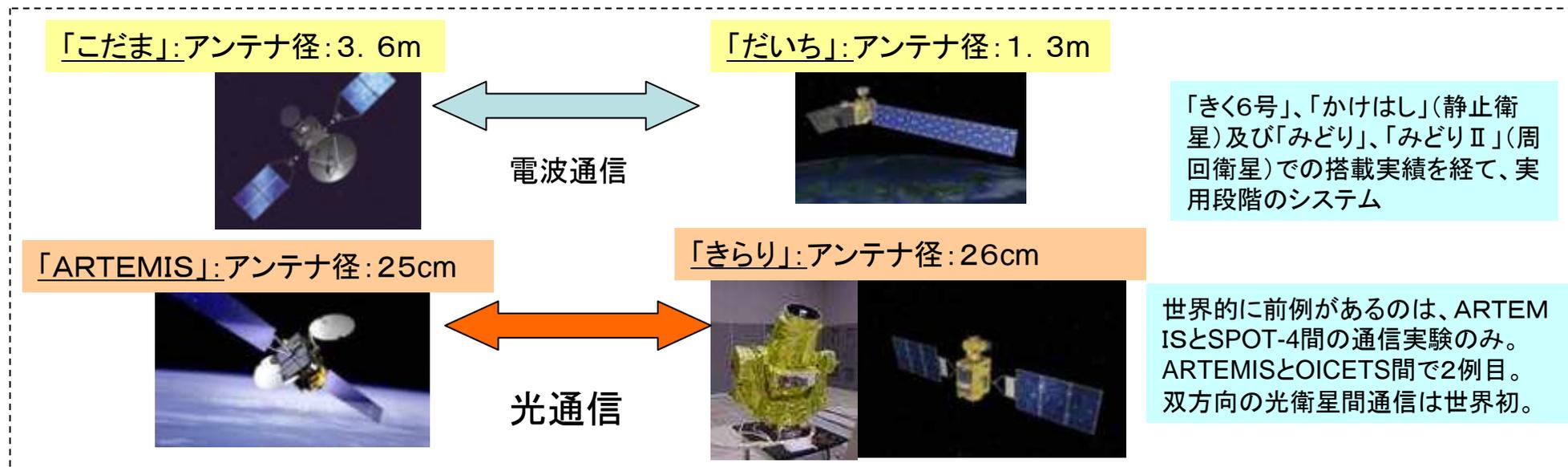
小型・軽量の通信機器を実現することができ、衛星への搭載性が良い。また、高分解能な地球観測センサへの擾乱による影響を小さくすることができる。

▶ 通信システム間の干渉が発生しにくい

通信波の拡がり小さく通信システム間の干渉が発生しにくい。
宇宙機のミッションに様々な制限を与えている周波数割り当て調整又は周波数調整を必要としない。

▶ 通信妨害及び受信傍受に強い(秘匿性)

通信を妨害あるいは、傍受するには技術的に極めて困難である



1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

衛星システムの概要



OICETS軌道上想像図(光通信実験中)



光衛星間通信機器



寸 法	衛星本体 0.78m×1.1m×1.5m(高さ) 光アンテナを含む全高 2.93m、 太陽電池パドルを含めた全長 9.36m
質 量	打上げ時 約570kg
軌 道	円軌道(高度約610km、軌道傾斜角:約98度)
打上げ日	平成17年8月24日

1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

「きらり」が実証する光衛星間通信の要素技術

▶ 宇宙環境下での高精度な光学性能を維持する技術

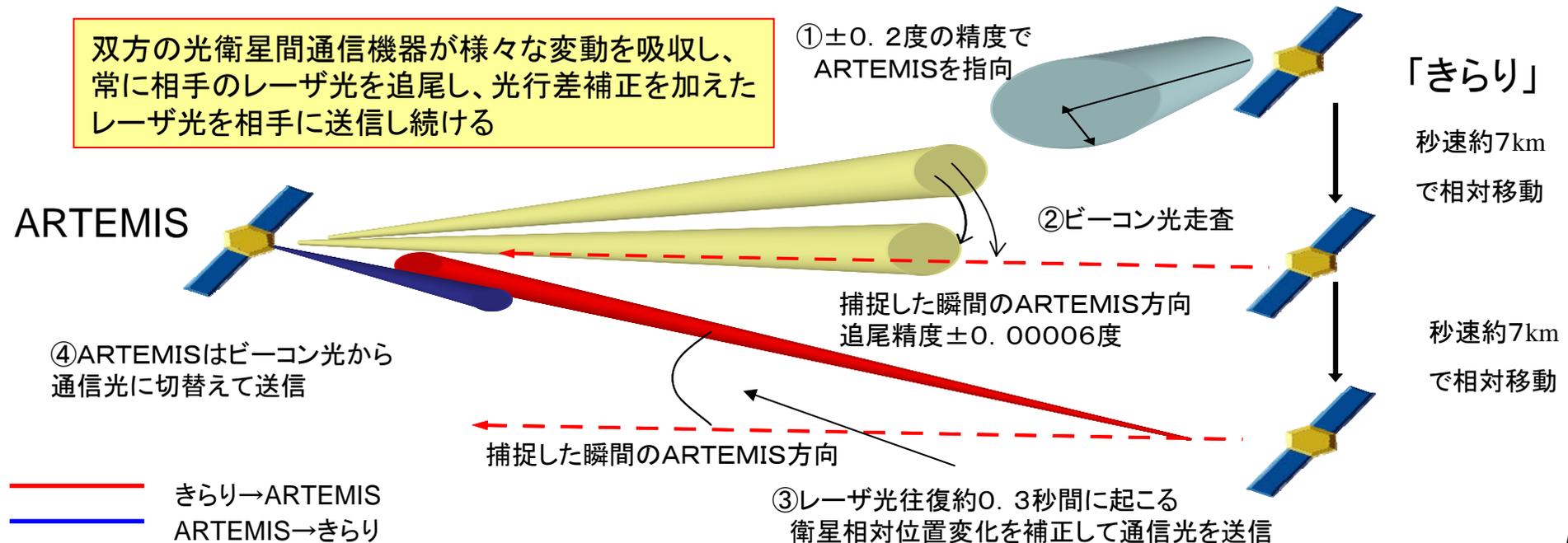
放射線・熱入射等の環境下において、光学的なロスや劣化がないような、材料選定、熱制御設計等を必要とする。

▶ 光ビーム(レーザー光)の高精度な捕捉・追尾・指向技術

少しでも送信光ビームの出射方向がずれると通信相手に届く光の強度が急激に低下し、全く通信ができなくなる。また、受信側も受光する 光ビームを高精度に追尾しなければ、安定に通信信号を得ることができない。そのため、光ビームを正確に制御し、安定な通信回線を形成・維持する捕捉・追尾・指向する技術を必要とする。

▶ 地上における開発・検証に必要な測定・試験技術

世界でも実証例がないレーザー光を高精度に捕捉・追尾・指向する光衛星間通信機器の開発・検証に必要な測定・試験技術を必要とする。熱歪みに対応したミラー、レンズ等の光学機器の開発。



1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

「きらり」が開発する光衛星間通信機器

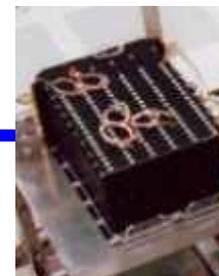
光アンテナ

- ・0.04 μ の鏡面精度の研磨
- ・低熱膨張ガラスの一体構造
- ・ガラス構造の強度評価確立
- ・不正光反射対策



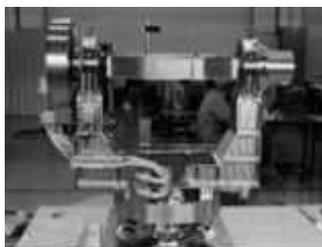
電子回路部

- ・高速の捕捉追尾制御演算
(ビーム捕捉から0.3秒以内に指向)
- ・自衛星及び相手衛星の軌道位置・速度予測計算



二軸ジンバル

- ・極低速回転摩擦対策
- ・低熱歪みフレーム構造



内部光学部

- ・低熱歪みフレーム構造
- ・内部温度の均一化
- ・歪み伝達の防止機構



* 1: ESAの光衛星間通信機器との適合性を評価するため、同機器の試験装置を製作した欧州のメーカ製とした。

* 2: レーザダイオードについては、国産品を検討したが、高出力の観点から米国製とした。



光学特性試験装置*1

- ・高性能の光学性能測定装置
(熱真空下での光学特性の測定が可能)



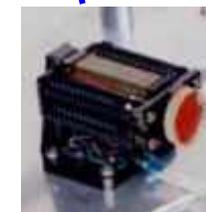
光センサ類

- ・高感度光センサの開発
- ・耐宇宙環境性



レーザダイオード*2

- ・200mW出力
- ・耐宇宙環境性



ビーム制御機構

- ・高精度角度制御
- ・低熱歪み締結構造

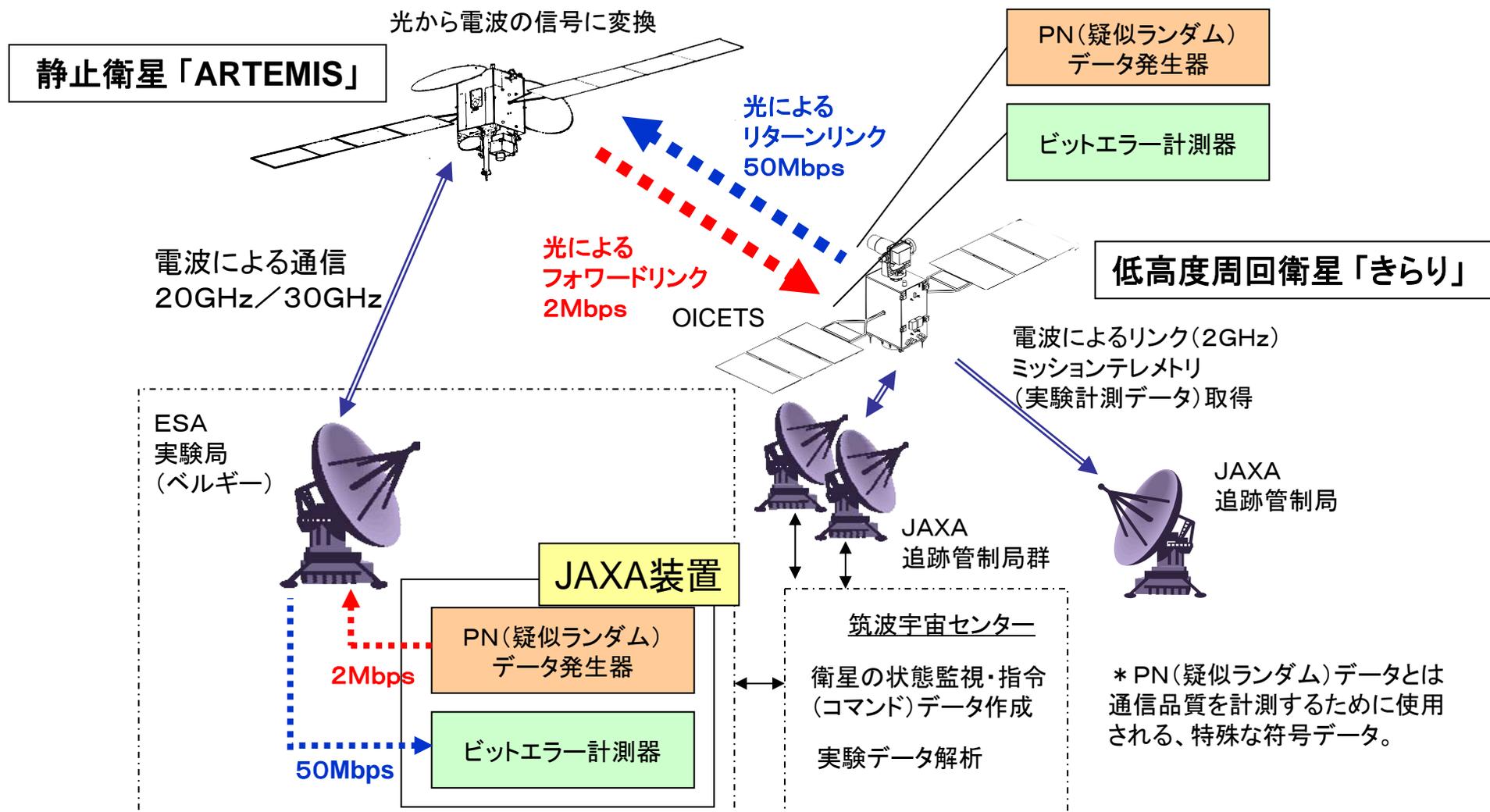


光学素子類

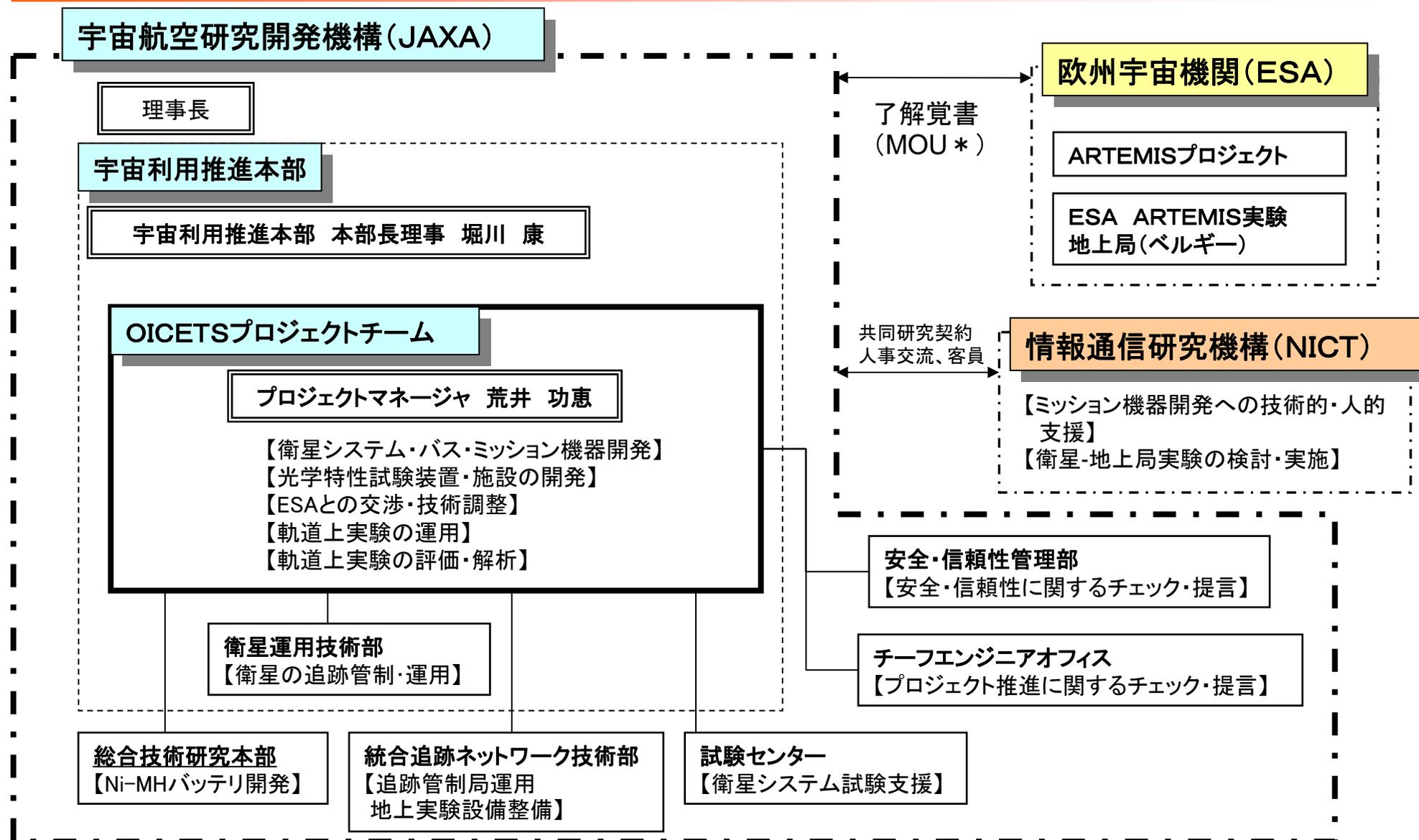
- ・低熱歪み締結構造

1. 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)の概要

光衛星間通信実験の概要



2. 開発経緯（プロジェクト実施体制）



2. 開発経緯（開発着手～打上げ前）

- 平成4年度に実施した日ESA行政官会合において、ESAと共同での光通信実験実施に向けた調整を開始することで合意。
- 平成5年度から光衛星間通信実験衛星(OICETS)の開発研究に着手した。国際協力のもとで欧州宇宙機関(ESA)のARTEMISを光衛星間通信の実験相手とし、ESAとの技術調整を開始。
- 平成6年12月にESA長官と宇宙開発事業団(NASDA)理事長間で光衛星間通信実験に関する了解覚書(MOU)を締結。
- 平成7年度より開発に着手し、ESAとの詳細な技術調整と併行して衛星開発を実施。
- 平成13年7月に打上げロケット(アリアン5)の問題によりARTEMISの静止衛星軌道投入の大幅遅延が明らかとなったため、平成13年8月の宇宙開発委員会において「当面OICETSの打上げを見合わせる」ことを決定。
- 平成14年8月に、ARTEMISが平成15年初頭に静止軌道へ投入される見通しが得られたことから、平成17年度打上げ目標とした見直し要望を宇宙開発委員会計画・評価部会に提案し、「当初の意義、目的が失われていないことの確認」、「打上げロケットを含めた計画の妥当性」等について継続審議を行うことを決定。
- 平成16年12月の宇宙開発委員会において、打上げ手段をロシア・ウクライナのドニエプルロケットとし、平成17年度の打上げを目指すことを了承。
- 平成17年1月及び3月に実施された宇宙開発委員会推進部会において、OICETSの意義・目的の確認及びサクセスクライテリアの審議がなされ、計画は妥当である旨判断。

2. 開発経緯（開発スケジュール）

年度	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
衛星開発								衛星開発終了△				打上げ△	
	開発研究		開発						保管				
													打上げ準備
ESA関連		△	了解覚書 (MOU)				ARTEMIS打上げ △				△ARTEMIS静止化		

3. 成果 実験運用経過

- 平成17年8月24日(日本時間)、バイコヌール宇宙基地からドニエプルロケットにより打上げ。所定の軌道への投入に成功。
- 平成17年12月9日に欧州宇宙機関(ESA)のARTEMISとの双方向光衛星間通信実験に世界で初めて成功。
- 平成17年12月16日より定常段階に移行し、ミッション期間として予定していた約一年間にわたる軌道上運用によりARTEMISとの双方向光衛星間通信実験を実施し、平成18年9月に当初計画していた実験を終了。
- 平成18年3月、5月及び9月に、情報通信研究機構(NICT)の要請により追加実験として、NICT光地上局との光通信実験を実施し、NICTとの共同作業により、世界初となる低高度周回衛星と地上局間の光通信実験に成功。
- 平成18年6月にドイツ航空宇宙センター(DLR)の可搬型光地上局との光通信実験に成功。
- 平成18年10月より後期利用段階へ移行。
- 平成20年2月現在、後期利用において、バス機器(ホイール等)及び一部の光通信素子の寿命評価のためのトレンドデータ取得を継続して実施。

3. 成果 アウトプット: サクセスクライテリアによる評価(1)

	評価基準	対応する実験項目と結果
<p>ミニマム サクセス</p>	<p>目標: 恒星・惑星を捕捉・追尾し、光衛星間通信機器の捕捉追尾性能確認ができること。</p> <p>評価基準: 以下の捕捉追尾特性が確認できること。 ・総合オープンポインティング精度が± 0.2度以下。 ・捕捉追尾シーケンスが成功。 ・追尾精度が$\pm 1 \mu\text{rad}$(3σ)以下。</p>	<p>I. 光高精度捕捉追尾実験 1. 光捕捉追尾特性評価実験</p> <p>結果: シリウス等の恒星及び火星・木星を捕捉・追尾し、オープンポインティング精度が± 0.2度以下、捕捉追尾シーケンス、追尾精度が$\pm 1 \mu\text{rad}$(3σ)以下であることを軌道上で確認することができた。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <p>評価: 達成</p> </div>

- 打上げから約1ヶ月後の平成17年9月29日から恒星(シリウス)のオープンループ制御による捕捉追尾実験を開始。
- 平成17年11月30日までに18回にわたり、シリウス・火星等の恒星・惑星の捕捉追尾実験を行い、光衛星間通信機器の各アライメント調整、追尾センサのしきい値調整及び自動捕捉追尾シーケンスの検証を繰り返し行った。

3. 成果 アウトプット: サクセスクライテリアによる評価(2)

	評価基準	対応する実験項目と結果
フル サクセス	<p>目標: ARTEMISとの光衛星間通信実験を双方向で行い、光衛星間通信の要素技術を実証できること。</p> <p>評価基準:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ARTEMISからのビーコン照射から始まる一連の2衛星による捕捉追尾シーケンスが成功。 ・ARTEMISと双方向で光衛星間通信のデータ伝送(送信:50Mbps/受信:2Mbps)を行い、ビット誤り率の評価ができる。 <p>以下の捕捉追尾特性が確認できること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ARTEMISに対する総合オープンポイント精度が± 0.2度以下。 ・ARTEMISに対する追尾精度が$\pm 1 \mu \text{rad}$ (3σ)以下。 	<p>I. 光高精度捕捉追尾実験</p> <p>2. 光捕捉追尾系総合特性評価実験</p> <p>II. 光衛星間通信実験</p> <p>1. 光衛星間通信特性評価実験</p> <p>2. 光学特性評価実験</p> <p>結果:</p> <p>ARTEMISとの通信実験を行い、高精度な捕捉追尾に成功。また、双方向光衛星間通信に成功し、以下の予定していた性能評価を実施することができた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・捕捉追尾シーケンス ・ビット誤り率の評価: 送受信ともにビット誤り率の測定データを取得し、10^{-6}以下を達成することができた。 ・オープンポイント精度: ± 0.2度以下 ・追尾精度: $\pm 1 \mu \text{rad}$ (3σ)以下 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;">評価: 達成</div>

3. 成果 アウトプット: サクセスクライテリアによる評価(3)

	評価基準	対応する実験項目と結果
<p>エクストラ サクセス</p>	<p>目標: 光衛星間通信の統計的データが評価できること。</p> <p>評価基準: ・ARTEMISとの捕捉確率の評価のために、少なくとも15回以上の捕捉追尾実験を実施し、評価できる。</p> <p>目標: 光学系素子の長期的な変動特性が評価できること。</p> <p>評価基準: ・CCD、QD、APD等の光学系素子の宇宙空間における素子性能の変動特性が評価できること。</p>	<p>II. 光衛星間通信実験 3. 光衛星間通信の統計的データ取得</p> <p>結果: 全実験105回(地上設備不具合等を除く)のうち、100回の光リンク確立に成功し、実用に向けて安定した機能・性能を確認できた。 (センサの限界確認実験時に2回、捕捉は成功したものの追尾断が3回の計5回が不成功)</p> <p style="text-align: right;">評価: 達成</p> <p>III. 光学系素子評価実験 CCD、QD、APD、レーザダイオード及び内部光学素子(ミラー、レンズ、フィルタ)の1年以上の軌道上データ取得からは、劣化傾向は認められなかった。 後期利用段階においてレーザダイオードの連続点灯実験を行った結果、設計寿命(2千時間)を大幅に超える1万時間経過後も劣化傾向は認められなかった。</p> <p style="text-align: right;">評価: 達成</p>

略称; CCD: Charge coupled device、QD: Quadrant photo diode、APD: Advanced photo diode

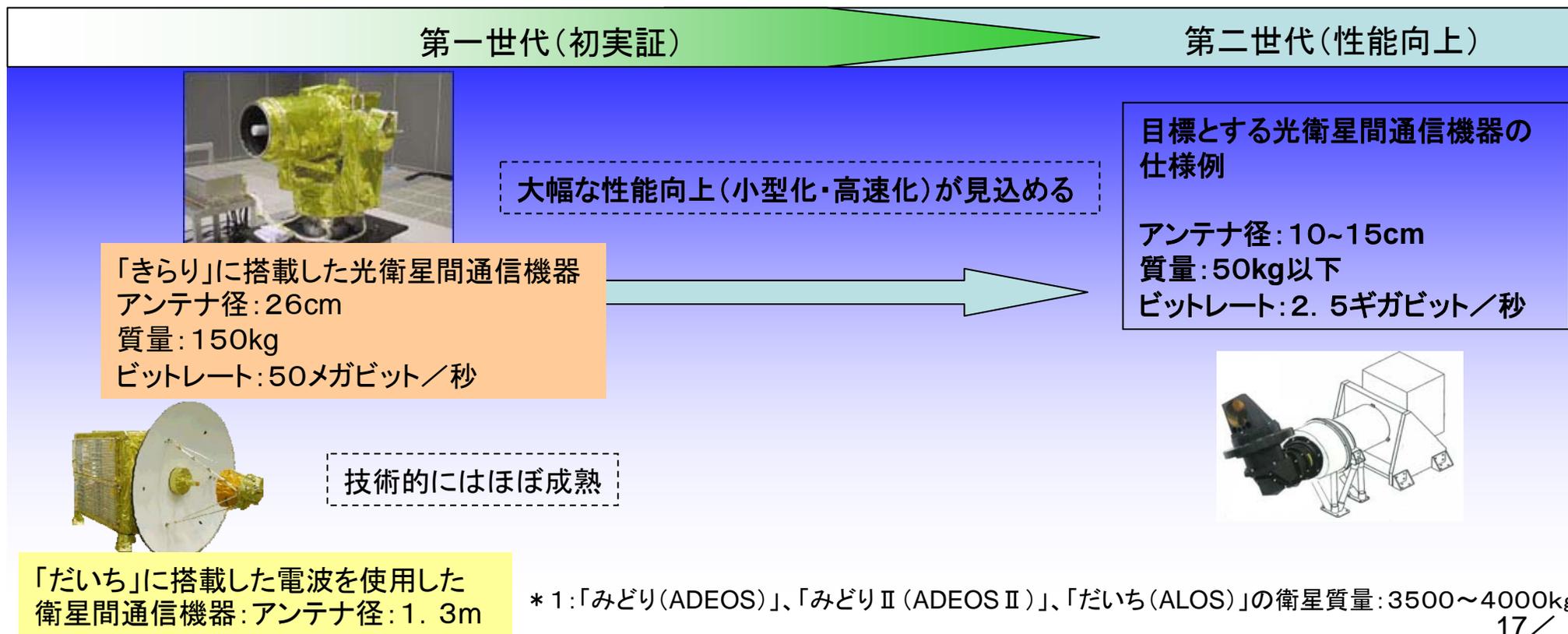
3. 成果 アウトプット: サクセスクライテリアによる評価(4)

	評価基準	対応する実験項目と結果
エクストラ サクセス	<p>目標: 衛星微小振動の評価ができること。</p> <p>評価基準: ・衛星の微小振動(精度$100\mu\text{G}$)を測定し、 捕捉追尾精度との相関が評価できること。</p>	<p>IV. 衛星微小振動測定実験</p> <p>結果: 衛星の微小振動を精度$0.05\text{mG}(=50\mu\text{G})$で測定し、 光通信実施中の振動レベルは概ね$5.0\sim 10.0\text{mG}$で あり、予測値の$30\sim 100\text{mG}$より小さい結果であった。 また、衛星の微小振動が追尾に大きく影響を与えないこ とを確認した。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> 評価: 達成 </div>

3. 成果 アウトカム(1)

中・小型衛星への高速衛星間通信機能付加の実現性

光による衛星間通信技術は、衛星間通信機器の小型化を実現するものである。「きらり」によりこれを宇宙実証したことは、これまで大型衛星にしか搭載できなかった衛星間通信機器を、小型衛星にも搭載可能とするもの。また、今後は、大型の地球観測衛星の開発においても、光学センサの分解能の高精度化等の高度な要求に応える必要があるが、衛星間通信機器の小型化は衛星の擾乱の抑制に効果的であり、要求に応える一つの有力な手段。



3. 成果 アウトカム(2)

衛星バス機器の軌道上データ取得・評価による今後の衛星開発への寄与

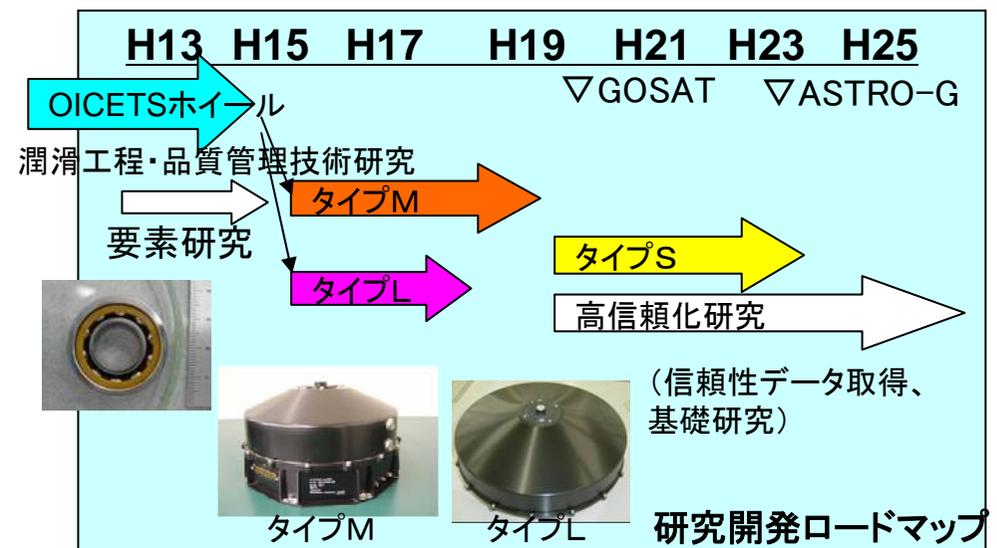
軌道上で2年半にわたって取得した衛星バス機器のデータ評価について、特に寄与が大きいリアクションホイールについて以下に示す。

- リアクションホイールのトレンドデータの取得・評価

地上での評価が難しいリアクションホイール(衛星の姿勢制御に使用)の軌道上でのデータ評価を行い、打上げから約2年5ヶ月(平成20年1月末現在)経過しているが、ホイール駆動機構の劣化を示すロストトルクの変動は小さく、駆動機構に問題がないことを確認。

- リアクションホイール及び軌道上データ取得・評価の国産ホイール開発への寄与

新型国産ホイールの技術ロードマップを右に示す。リアクションホイールで培った、ホイール用ベアリング寿命・信頼性確保にキーとなる技術(潤滑工程、品質管理、検査方法)は、これら新型国産ホイール開発に継承しており信頼性の維持・向上に寄与。また、軌道上データ取得・評価の結果は、長期連続運用試験の評価方法(駆動条件、評価項目(例:振動))、判定基準の確立に貢献。



3. 成果 アウトカム(3)

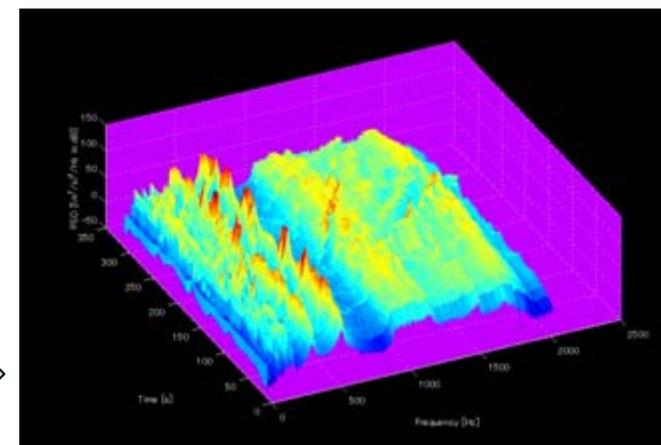
他衛星への技術応用

- 衛星の擾乱*1管理技術 → 「かぐや(SELENE)」への応用、JAXA技術標準化
リアクションホイール、太陽電池パドル駆動機構等から生じる衛星の微小な振動を地上で測定し、ミッション機器への影響を評価する手法を開発。



衛星を特殊なスプリングで釣った状態で擾乱データを取得している様子。

リアクションホイールの回転を変化させた場合の擾乱(微小な加速度を測定)測定例

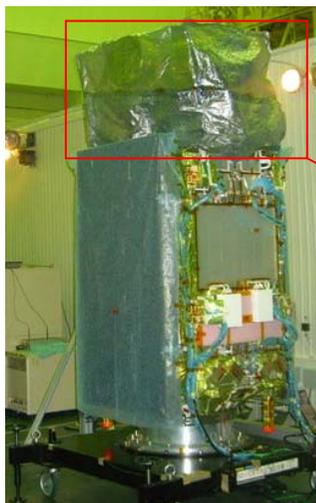


* 1; 衛星における擾乱: 人工衛星には、姿勢制御に用いるリアクションホイール(1分当たり数千回転)、太陽電池パドル駆動機構等の駆動機構から微小な振動が発生するため、光通信機器や高精度の観測センサへの事前に影響を評価し、対策を取る必要がある。

3. 成果 アウトカム(4)

他衛星への技術応用

- コンタミネーション*¹管理技術 → 「コンタミネーション管理標準」をJAXAのプログラム管理要求文書として制定する際、「きらり」で実施したコンタミネーション管理技術が取り入れられた。GOSATなどの光学機器を搭載する衛星のコンタミネーションの測定及び管理手法に活用されている。



衛星試験中の「きらり」は汚染を防止する機器によりコンタミネーション防止カバーを使い分けた



光アンテナに対しては、防塵布と帯電防止シートの2枚を組み合わせ、粒子状コンタミネーションと分子状コンタミネーションの両方からの汚染を防いだ



NVRモニタプレート*²

- * 1: コンタミネーション(汚染)が人工衛星に対し悪影響を及ぼし種々の不具合を誘発する原因であることは、以前より宇宙開発関係者の間では認識されている。人工衛星に搭載された光学機器の表面汚染にともなう光学性能の劣化や太陽電池の劣化等はミッションの成功、寿命に直接的に影響を及ぼすものとして問題視されている。
- * 2: NVR(不揮発性残渣)とは分子状コンタミネーションの一種で、光学機器の表面に膜を形成する。NVRは機器の潤滑油のみならず、クリーンルーム内の外壁や空気中の微量分子が汚染源となる。「きらり」では光学機器製造から試験・打上げまでの期間を通して1mg/0.1m²までを汚染による機能低下許容量として設定した。欧米のNVR測定手法では微量のNVRを正確に測定することは出来ないため、(株)住化分析センターの協力を得てシリコンウエハをモニタプレートとして使い、測定を行った。NVRが光学機器に付着すると除去することが困難なため、衛星をクリーンルームに入れる前にクリーンルーム内の特別清掃やNVR測定を行った。

3. 成果 アウトカム(5)

他衛星への技術応用(続き)

- Sバンド帯衛星ー地上高速通信方式 → 「きらり」で開発し、その後JAXAの標準方式としてJAXA追跡
(電波による高速Sバンド通信方式) 管制局に整備、JAXA以外のUSERS衛星(USEF*)も同方
式を採用
- 電波によるUSB/SSA共用トランスポンダ → 「みどりⅡ(ADEOS-Ⅱ)」、「だいち(ALOS)」に搭載
Sバンド衛星ー地上(USB方式)及び衛星間(SSA方式)の両方式に対応した統合型のトランスポンダを
開発。この技術と高速Sバンド通信方式を統合化し、さらなる軽量・小型化した共用トランスポンダ開発
中であり、ASTRO-G、GCOM-C1に搭載する予定。
- 光学機器の高精度保持方法(熱歪みに対する対策)
宇宙での環境下で、レンズ、ミラー等の光学機器の熱ひずみによる性能劣化を抑えることは重要であり、
低熱歪み光学ベンチ、高精度な熱制御及びキネマティックマウント(熱歪みを伝導させない特別な構造)
により、光学性能が劣化しないような対策を講じている。「きらり」の高精度光アンテナ取付け部分のキ
ネマティックマウントは、その後の大型光学センサ「だいち」搭載PRISM、GOSAT搭載TANSO、
GCOM-C1搭載予定のSGLIIに活用されている。

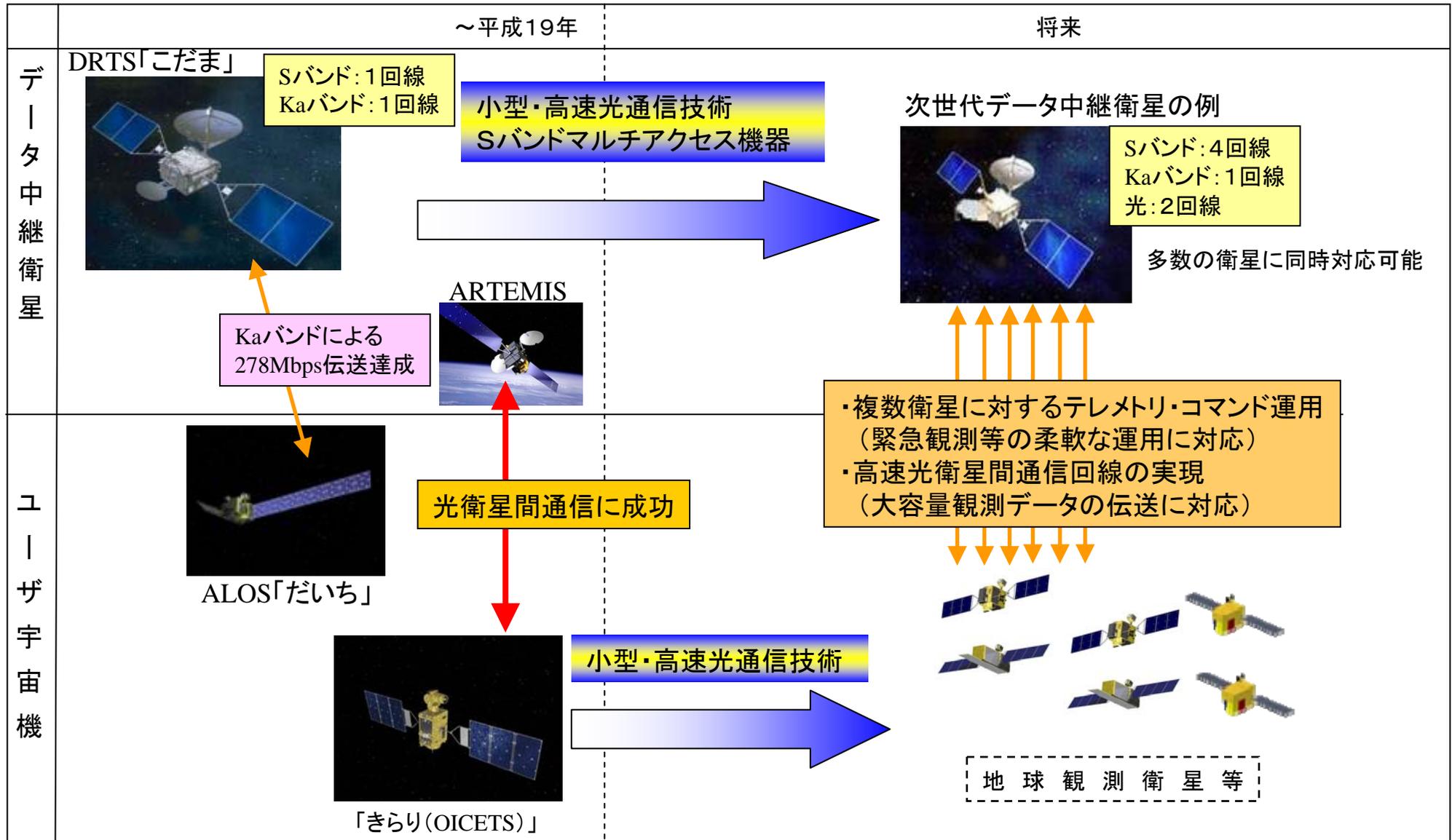
* USEF: 財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構

3. 成果 アウトカム(6)

今後の光通信分野における国際的なイニシアチブ

- ARTEMISとの光衛星間通信実験のみならず、NICTとの協力により衛星－地上間の光通信実験に成功により、日本の高い先端技術力を示すことができた。今後、光通信機器の設計・開発ノウハウ、軌道上でのデータ等を保有する国・機関として、例えば光衛星間通信の国際標準仕様の策定において中心的な立場を得ることができる。

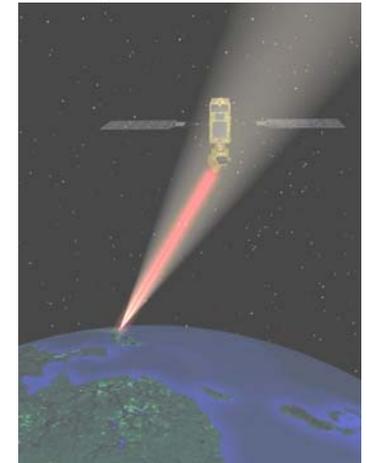
3. 成果 アウトカム(7) 今後のデータ中継衛星の可能性



3. 成果 インパクト

衛星－地上間光通信の軌道上実証

- NICTからの要請を受け、衛星-地上間の光通信実験を追加実験として共同で実施。
- 地上との実験は、レーザー光の追尾駆動速度が対ARTEMISと比較して、5倍以上の駆動速度。また、地上へのレーザー光の照射範囲は半径約5メートルであり、この範囲内に地上局を捕捉・指向し続けることが必要。
- 東京都内に設置されたNICT開発の光地上局との実験を平成18年3月に実施し、世界で初めて低高度周回衛星と地上間の光通信実験に成功。その後、5月及び9月に通信実験を実施。
- 光地上局との捕捉追尾が晴天時には100%の確率で成功。(18回試行のうち11回成功、7回は天候不良)また、大気ゆらぎの評価及び通信ビット誤り率の評価を行えるデータを取得。
- さらにNICTの仲介によりDLR(独)から同様の共同実験の実施要請があり、DLRの可搬型の光地上局との光通信実験に成功。
- 衛星-地上間の光通信は大気による減衰・ゆらぎの影響を受けるため、光衛星間通信よりもさらに実用までのハードルは高いが、しかしながら、僅かな通信時間で地球観測衛星の大量な観測データ等を地上へ直接送ることが可能であり、将来的に期待されている技術。
- 今回の実験で得られた大気ゆらぎデータ等は実現性に向けた対策や検討に貢献。



実験時の衛星姿勢
「きらり」の衛星姿勢を180度
反転させて実験を行った



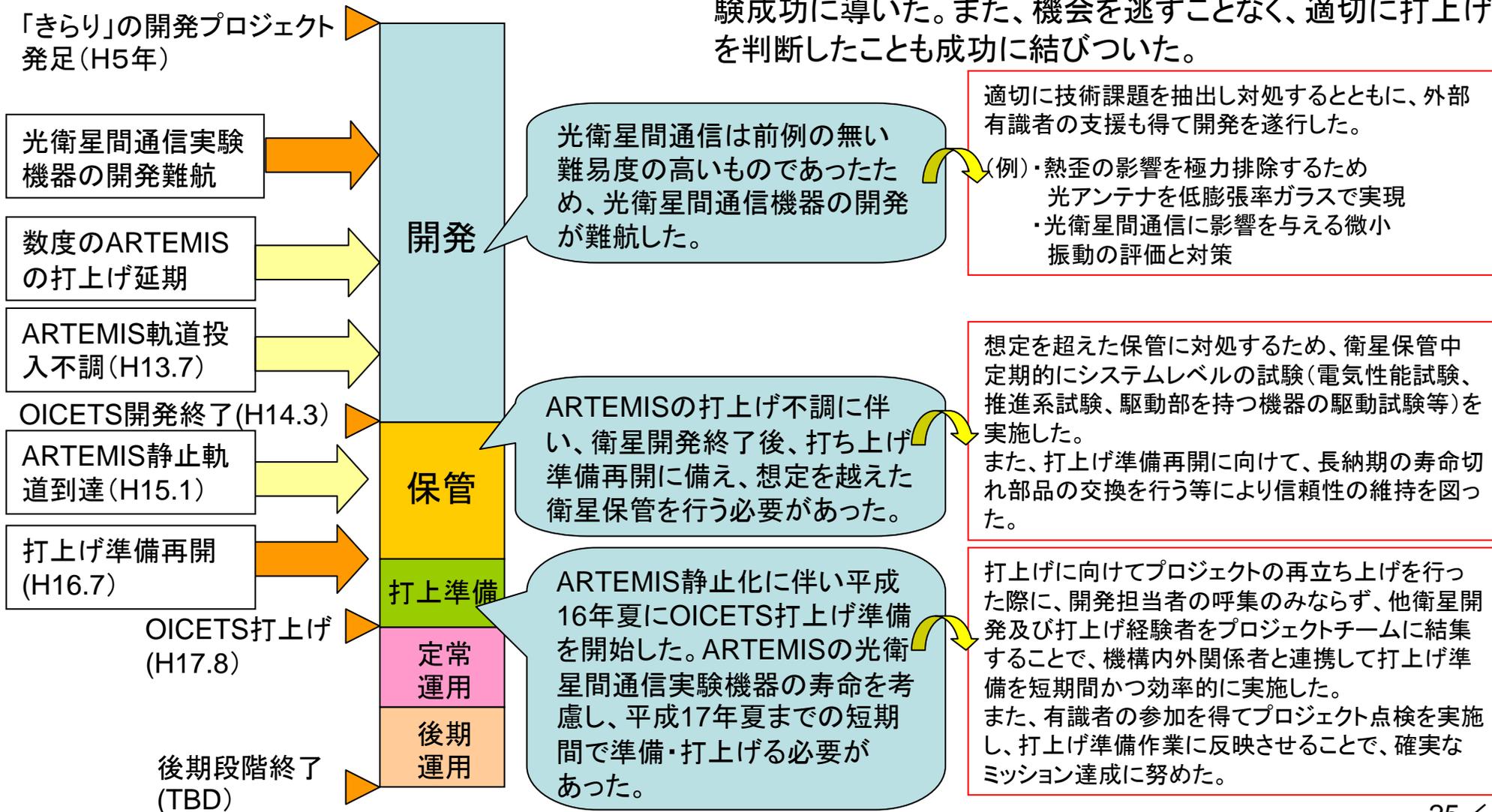
NICT光地上局
(NICT提供)

参考：欧州のTerraSAR衛星(地球観測衛星、平成19年6月打上げ)にも、衛星－地上間の光通信実験機器が搭載されており、「きらり」に続く2例目の成功を目指している。

4. 成否の原因に対する分析(1)

1. プログラムマネジメント

技術課題への対処、外的要因による打上げ延期や衛星保管などの環境に対し、適切なプログラムマネジメントにより実験成功に導いた。また、機会を逃すことなく、適切に打上げを判断したことも成功に結びついた。

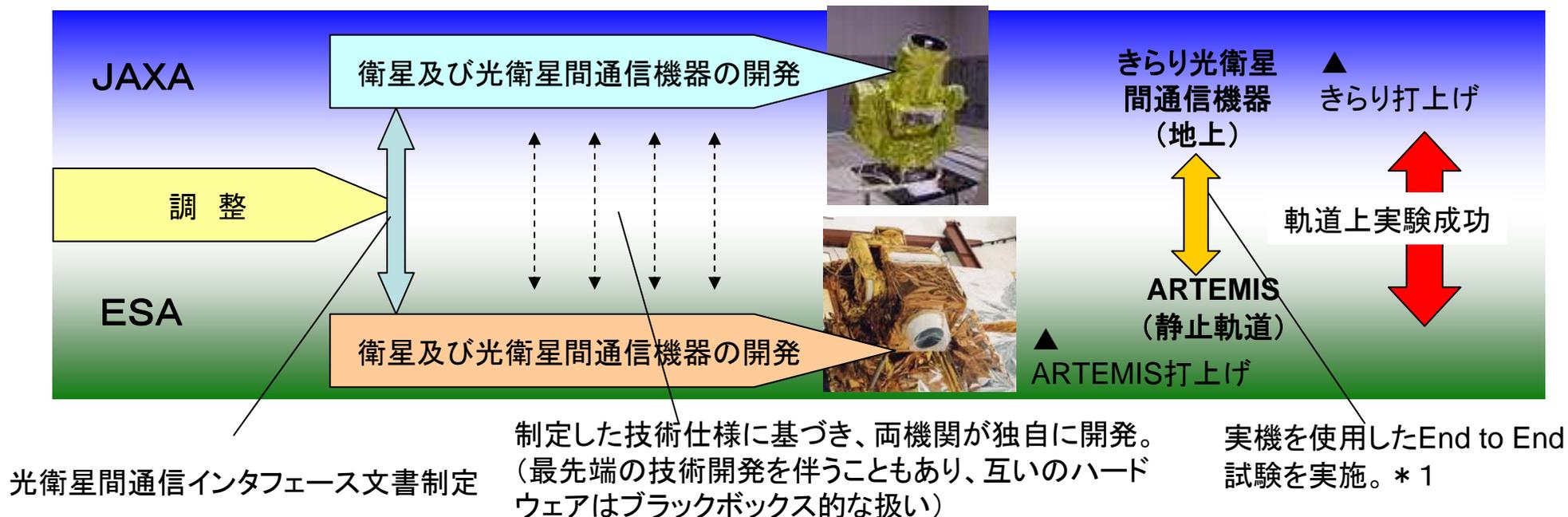


4. 成否の原因に対する分析(2)

2. 国際共同開発

ARTEMISとの通信実験のために、JAXA/ESA共同で設定した技術仕様に基づき、両機関がそれぞれ独自に衛星及び光衛星間通信機器を開発し、軌道上で通信実験を行うことを狙った初めてのケースである。本実験が成功裏に行われたことから、今後の先端的なミッションの共同開発におけるモデルケースとなることが期待される。

また、軌道上実験でのリスクに対処するため、ARTEMIS打上げ後にOICETSの地上試験モデルとの間で光通信実験を実施してOICETS打上げ前に適合性を確認した。



* 1 きらり光衛星間通信機器の技術試験モデルをテネリフェ島(アフリカ西岸、標高約3千メートル)に設置し、試験を実施。

5. プロジェクトの効率性に対する分析(効率的な開発・実施体制)

- ESAとの共同実験のため、衛星間通信実験の相手方となる静止衛星側の開発負荷及び衛星打上げにかかる費用(数百億円)を負担せずに、貴重な軌道上での光衛星間通信実験を実施する機会を得ることができた。
→ ミニマムな投資による効率的な成果
- 太陽電池パドルに対する耐放電性の検証試験を、九州工業大学との共同研究により、同大学の施設を利用することにより短期間での評価・検証を実施することができた。また、NICT(光衛星間通信機器の設計等)との連携及び東京工業大学(ガラスアンテナの強度評価)からの技術的な助言を得つつ光衛星間通信機器の開発を実施した。 → 国内研究機関・大学との連携により、わが国のリソースを有効かつ効果的に活用
- 技術開発項目の多いミッション機器については技術検証モデル(EM)製作を行うなど、確実な開発を行った。一方、バス機器については、既存技術を極力活用することにより、バッテリー等一部のコンポーネントを除き、フライトモデルのみを開発することにより、衛星開発の低コスト化を図った。
→ 技術達成度に応じた効率的な開発計画
- プロジェクト実施体制を大幅に縮小した状態で衛星を保管し、打上げに向けてプロジェクトの再立ち上げを行った際に、開発担当者の呼集のみならず、他衛星開発及び打上げ経験者をプロジェクトチームに結集させ、短い準備期間に確実な打上げ及び衛星運用の実施に結びつけた。
→ プロジェクトの状況に応じたJAXA内の人員を適切かつ効率的に配置

5. プロジェクトの効率性に対する分析(プロジェクト資金)



衛星開発に係る21億円の増加は、開発完了後の打上げ延期に伴う保管費用等(4億円)、打上げ再開に伴う追加試験・バッテリー再製作・輸送・射場整備作業等(12億円)、単一故障点対策・耐放電試験・海外支援局追加等の信頼性向上(4.7億円)。

地上設備・運用に係る15億円の増加は、開発完了後の打上げ再開に伴う追跡・実験設備の再整備・追加解析・試験等。

	開発認可時 (平成7年度)	開発完了 (平成13年度) (A)	打上げ後 (平成20年1月時点) (B)	打上げ再開 による追加 (B-A)
衛星開発	108	114 ^{*1}	135	21
地上設備・運用	16	17 ^{*2}	32	15

* 1: 6億円は光衛星間通信機器試験施設設備整備

(単位: 億円、少数点以下四捨五入)

* 2: 1億円は追跡管制システム更新

6. 外部からの表彰等

- 「平成18年度情報通信月間推進協議会会長表彰 情報通信功績賞」
光衛星間通信実験衛星「きらり」を使用して、レーザー光による双方向の光衛星間通信実験及びNICT光地上局と低軌道周回衛星間の光通信実験をいずれも世界で初めて成功させ、宇宙開発及び宇宙利用を支える基盤技術の更なる発展に向け多大な貢献をしたとして受賞。
- 「平成19年度 計測自動制御学会 学会賞(技術賞)」
光衛星間通信実験衛星「きらり」を開発し、欧州宇宙機関の衛星「ARTEMIS」との間で世界初となる双方向光衛星間通信実験に成功し、光衛星間通信が実用的に利用可能であることを明らかにしたとして受賞。
- 「第17回日本航空宇宙学会 学会技術賞」
光衛星間通信実験衛星「きらり」の開発及び双方向光衛星間通信実験の成功に対して受賞。