

光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクトに係る 事後評価実施要領(案)

平成 20 年 2 月 12 日
推 進 部 会

1. 概要

光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクト(以下「OICETS プロジェクト」という。)は、世界初となる双方向の光衛星間通信を実現するために、欧州宇宙機関(以下「ESA」という。)の先端型データ中継技術衛星(以下「ARTEMIS 衛星」という。)との間で、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の要素技術の軌道上実験を行ったプロジェクトである。

本プロジェクトでは、平成 17 年 8 月に実験衛星「きらり」(OICETS)が打ち上げられ、平成 19 年度をもって一連の研究開発が終了したため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 19 年 4 月 23 日 宇宙開発委員会推進部会)に基づき、宇宙開発委員会として事後評価を行う。

2. 事後評価の目的

これまでに得られた OICETS プロジェクトの成果をとりまとめ、今後の研究開発に資することを目的として、事後評価を実施する。

3. 事後評価の対象

事後評価の対象は、OICETS プロジェクトとする。

4. 評価項目

- (1) 成果
- (2) 成否の原因に対する分析
- (3) 効率性

評価票は別紙 1 のとおりとし、構成員は宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)からの説明を踏まえ、評価票への記入を行う。

5. 評価の進め方

時期	部会	内 容
2 月 12 日	第 3 回	OICETS プロジェクトについて
2 月 26 日	第 4 回	OICETS プロジェクトについて
3 月上旬	第 5 回	事後評価結果について

なお、第 3 回推進部会における JAXA からの説明に対し、別途質問票による質疑を受けるものとし、第 4 回推進部会において、回答・審議を行う。評価票への記入はその質疑応答を踏まえて実施することとする。

6. 関連文書

OICETS プロジェクトの評価に当たっての関連文書は、別紙 2 のとおりである。

光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクト 評価票

構成員名: _____

1. 成果

(1) アウトプット

平成17年3月の第4回推進部会において、OICETSプロジェクトのサクセスクライテリアが了解されています。(別紙2参照)このサクセスクライテリアの各項目について、具体的にどのような結果が得られ、目標がどの程度達成できたのかについて評価してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

(2) アウトカム

平成4年7月に開発研究への移行が審議された際、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ます。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して実施しました。

このプロジェクトの目的に照らして、OICETSプロジェクトで得られた成果が、現時点でどの程度効果があるかについて評価してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

(3) インパクト

本プロジェクトで得られた成果の波及効果として、目的として設定していた範囲を超えた、経済的、科学技術的、社会的な影響等についても、現時点で注目しておくべきものがあれば併せて評価して下さい。

(コメントを記入下さい。)

2. 成否の原因に対する分析

OICETSプロジェクトを通じて得られた成果のほか、明らかになった技術的課題に関し、成否の要因分析が実施され、OICETSプロジ

エクトの遂行に活かされたか、将来の光衛星間通信技術の研究等への教訓として有効なものとなっているかについて評価してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

3. 効率性

効率性の評価は、プロジェクトの効率性と実施体制の2つの観点から行います。

(1) プロジェクトの効率性

OICETS プロジェクトの計画段階において予定された予算やスケジュールに関し、軌道上での実験が効率的に実施されたか、外的要因による計画の変更に如何に適切に対処したか、その他特段の問題点が認められるかについて評価してください。

評価にあたっては、国際共同研究による効率性も考慮してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

(2) プロジェクトの実施体制

プロジェクトの実施体制について、長期にわたる開発期間の中でどのように効率的に機能したかを評価してください。

評価にあたっては、関係機関及び企業を含めた連携、役割分担及び責任体制の明確さも考慮してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

4. 総合評価

上記3項目を鑑み、総合的なコメントを記入下さい。その他、助言等があれば記載願います。

期待以上 期待通り 許容できる範囲 期待外れ

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

光衛星間通信実験衛星(OICETS)プロジェクトに関する経緯

1. 宇宙開発委員会における審議の経緯

平成 4 年 7 月	平成 5 年度からの開発研究移行
平成 5 年 8 月	実験装置等の開発着手
平成 6 年 7 月	平成 7 年度からの開発移行
平成 8 年 8 月	打上げの延期(平成 10 年から平成 12 年へ)
平成 11 年 8 月	打上げの延期(平成 12 年から平成 13 年へ)
平成 13 年 8 月	当面打上げ見合わせ
平成 14 年 8 月	開発計画の妥当性等の審議継続
平成 15 年 7 月	打上げ計画変更(平成 17 年打上げへ)
平成 16 年 12 月	打上げロケットの決定
平成 17 年 1 月	進捗状況の確認
平成 17 年 3 月	サクセスクライテリアの設定

2. 光衛星間通信実験衛星(OICETS)プロジェクトに関する宇宙開発委員会の審議結果(抜粋)

- (1) 平成 4 年 7 月「宇宙開発計画」(平成 4 年 3 月 25 日決定)に基づき関係各機関において新規に実施する予定の施策及びその見直しに関する要望事項について
光衛星間通信実験衛星の開発研究

1. 審議事項

- (1) 光衛星間通信実験衛星の開発研究(科学技術庁)
将来の衛星間通信システムに有望な光通信技術について、欧州宇宙機関(ESA)との国際協力により、同機関の静止衛星 ARTEMIS との間で、捕捉追尾を中心とした要素技術の軌道

上実験を行う光衛星間通信実験衛星を平成 9 年度頃に J-1 ロケットで打ち上げることを目標に開発研究に着手したい。

- (2) 光衛星間通信実験用研究開発衛星の開発研究(郵政省)
周回衛星搭載の光衛星間通信機器等に関する技術を開発し宇宙空間において実験・実証を行うため、平成 9 年度ころに J-1 ロケットにより打ち上げることを目標に、光衛星間通信実験用研究開発衛星の開発研究を行う。

2. 審議結果

- (1) 将来の宇宙活動において衛星間通信は、地球観測衛星のデータ取得、連続通信回線の確保、宇宙往還機の運用等のために不可欠である。
- (2) 特に光衛星間通信は、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である。
- (3) 光衛星間通信システムの開発は技術開発要素が多いため、段階を踏んだ開発が必要であり、まず、技術的な困難さの最も高い、通信相手先の衛星を捕捉追尾する技術及び高出力半導体レーザー技術を中心とした実験を行うことは有意義である。
- (4) また、地上においては、大気の揺らぎ、散乱光等により実験の実施に困難を伴うため、光衛星間通信の補足追尾系の検証に当たっては、軌道上における実証が必須となる。
- (5) さらに、光衛星間通信の実験を行うためには、光衛星間通信端末を搭載した 2 機の衛星が同時に必要となり、実験相手側の衛星のスケジュールについても留意する必要があるところ、欧州宇宙機関(ESA)の静止通信技術衛星(ARTEMIS)が

平成7年度に打ち上げられ、光衛星間通信について3年間の実験運用を行うこととなっている。

(6) したがって、衛星間通信システムに有効な光通信技術について、ESAとの国際協力により、同機関の静止衛星ARTEMISとの間で補足追尾を中心とした要素技術の軌道上実験を行うため、光衛星通信実験衛星を平成9年度頃にJ-1ロケットで打ち上げることを目標に、科学技術庁及び郵政省が連携をとって開発研究に着手することは妥当である。

(2) 平成5年8月「宇宙開発計画」(平成5年3月17日決定)に基づき関係各機関において新規に実施する予定の施策及びその見直しに関する要望事項について光衛星間通信実験衛星(OISETS)の開発について

1. 審議事項
(郵政省)

周回衛星搭載の光衛星間通信の基礎的技術を宇宙で実証一実証するため、光衛星間通信実験衛星(OISETS)をJ-1ロケットにより、平成9年度に打ち上げることを目標に実験装置等の開発に着手したい。

2. 審議結果

光衛星間通信実験衛星(OISETS)については、引き続き開発研究が進められることになっているので、本件OISETSを用いた通信実験に関する地上実験装置等について、その整備を行うことは妥当である。

(3) 平成6年7月「宇宙開発計画」(平成6年6月13日決定)に基づき関係各機関において新規に実施する予定の施策及びその見直しに関する要望事項について
光衛星間通信実験衛星(OISETS)の開発

1. 審議事項

(科学技術庁)*

衛星間通信システムに有効な光通信技術について、捕捉追尾を中心とした要素技術の軌道上実験を欧州宇宙機関(ESA)の静止技術衛星(ARTEMIS)との間で行うため、平成10年度にJ-1ロケットにより高度約500kmの略円軌道に打ち上げることを目標に開発に着手したい。

2. 審議結果

(1) 衛星間通信技術は、地球観測衛星によるデータの取得、宇宙ステーション等の有人宇宙システムとの連続的通信回線の確保、宇宙往還機等の運用のために必要であり、特に、光衛星間通信技術は電波による衛星間通信に比べて機器の小型化・軽量化及び通信能力の向上が可能であり、将来の大容量衛星間通信に必要である。

(2) 光衛星間通信の開発は技術開発要素が多いため、段階を踏んだ開発が必要である。捕捉追尾系の検証に当たっては軌道上における実証を行う必要があるが、将来的に光衛星間通信においては国際的な相互運用が行われることが考えられ、OISETSを使用して欧州宇宙機関(ESA)の静止技術衛星(ARTEMIS)との間で光衛星間通信実験を行うことは有意義である。

(3) したがって、光衛星間通信実験衛星(OISETS)について、J-1ロケットにより平成10年度に高度約500kmの略円軌道に打ち上げることを目標に開発に着手することは妥当である。

(4) なお、開発を進めるに当たっては、関係機関との連携を密接に図っていくことが必要である。

* (参考)

光衛星間通信実験衛星(OISETS)の開発については、郵政省からも要望が提出された。

(4) 平成8年8月 関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」(平成8年4月24日決定)の見直しに関する要望事項について

・宇宙インフラストラクチャーの分野

[支援系]

光衛星間通信実験衛星(OISETS)の打上げ年度の変更

1. 審議事項

光衛星間通信実験衛星(OISETS)については、J-1 ロケットにより、平成10年度に打ち上げることを目標に開発を行ってきたが、実験相手となる欧州宇宙機関(ESA)の先端型データ中継技術衛星(ARTEMIS)の打上げ時期延期を受け、打上げ年度を平成12年度に変更して、引き続き開発を進めたい。

2. 審議結果

実験相手となるESAのARTEMISの打上げが延期されることとなったことから、打上げ年度を平成12年度に変更して、引き続き開発を進めることは妥当である。

(5) 平成11年8月 関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」(平成11年3月10日決定)の見直しに関する要望事項について

6.3 支援系

(1) 光衛星間通信実験衛星(OISETS)の打上げ年度の変更(科学技術庁)

ア. 審議事項

技術試験衛星 型(ETS-)の軌道上の不具合を反映し、データ中継技術衛星(DRTS-W)に使用されているスラスタを打上げ前に交換する。このため、DRTS-W 及び民生部品・コンポーネント実証衛星(MDS-1)の打上げは約6ヶ月遅延する。これに伴い、射点整備及び追跡管制の都合等を考慮し、後続の光衛星間通信実験衛星(OISETS)の打上げを確実にを行うため、J-1 ロケット2号機によるOISETSの打上げ年度を平成12年度から平成13年度に変更したい。

イ. 審議結果

光衛星間通信実験衛星(OISETS)の打上げ年度の変更は、データ中継技術衛星(DRTS-W)及びミッション実証衛星1号(MDS-1)の打上げが平成12年冬期に延期されることによるものであり、射点設備整備期間や追跡管制の対応を考慮すると、本衛星の打上げ年度を平成12年度から平成13年度に変更することは妥当である。

(6) 平成13年8月 計画・評価部会 計画・評価部会審議結果

2. 審議の結果等 2-1. 宇宙開発活動全般の進捗状況

(2) 個別分野における取り組み 宇宙輸送システム

(略)・ 光衛星間通信実験衛星(OISETS)を打ち上げる計画であったが、共同で実験を行う欧州宇宙機関(ESA)の先端型データ中継技術衛星(ARTEMIS)の軌道上機 確認遅延等のため、当面、打上げを見合わせる...(略)

(7) 平成 14 年 8 月 計画・評価部会 OISETS の開発計画の変更

2-2. 新規の主要な計画等

(6) 光衛星間通信実験衛星(OISETS)の開発計画の変更

衛星間通信実験の相手衛星(ESA の ARTEMIS)の打上げトラブルに伴い、OISETS の打上げを見合わせていたが、その後の対策処置により ARTEMIS が平成 15 年度には所定の軌道に達する見通しが得られたため、宇宙開発事業団は、平成 17 年度の打上げを目指して準備を再開することを求めている。そのため、今後、当初の意義、目的が失われていないかの確認、打上げロケットを含めた計画の妥当性等について審議を継続する。

(8) 平成 15 年 7 月 計画・評価部会 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価結果

4-2 中間評価

(2) 光衛星間通信実験衛星(OISETS)

(概要・意義等)

衛星間通信実験の相手側衛星である ESA の先端型データ中継技術衛星(以下、「ARTEMIS」という)の打上げトラブルに伴い、光衛星間通信実験衛星(OISETS)の打上げを見合わせていたが、その後の対策処置により ARTEMIS が静止軌道に投入されたため、NASDA は、平成 17 年度の打上げを目指して準備を再開することを提案している。

本プロジェクトの評価にあたっては、平成 14 年度の宇宙開発委員会での審議における指摘を踏まえ、当初の意義・目的が失われていないかの確認を行った。

その結果、大容量衛星間通信の実現を目指して光衛星間通信技術の要素技術実証を行うことの意義は、観測衛星等のデータ伝送要求の増加の傾向にも鑑みて、現時点でも失われていないと判断される。通信機器としての大幅な小型・軽量化や低消費電力化などの技術向上は、将来の衛星システムにとっても有効であると考えられる。

(開発計画等)

リスク管理の観点から、通信実験相手である ARTEMIS の状況を適時適切に確認し、必要に応じて本プロジェクトの計画に反映することが必要である。ARTEMIS の光通信機器の設計寿命が平成 18 年 7 月となっていることから、衛星間通信実験衛星を実施して目標とする成果を得るために、平成 17 年度に打上げを行い、必要な実験期間を確保することは適切と考えられる。一方、成果を適切に確保するためには、実験期間の確保が重要であり、想定する打上げ時期を適切に維持できるよう、プロジェクト管理及びリスク管理が着実に実施される必要がある。

打上げロケットについては、打上げ目標年度に向けて NASDA が適切なロケットを選定していくことから、選定が完了した時点で、計画・評価部会にて打上げ計画に関する確認を行う。

(審議結果)

これらの結果、本プロジェクトについて、平成 17 年度の打上げを目指して準備を再開することは適切であると判断される。

打上げロケット及び打上げ計画については、打上げ後の実験計画を明確にした上で、その適切な実施時期を確保するとともに、打上げに向けて衛星とロケットのインターフェースに係る技術検討を確実に実施するために必要な期間を確保するために、遅滞無く確定する必要がある。

き続き十分配慮すべきである。

(9) 平成 16 年 12 月 宇宙開発委員会 OISETS の打上げについて

4. OISETS 打上げロケットの決定

以上により、OISETS については、ドニエプルロケットにより 17 年度夏頃打ち上げることとし、必要な準備作業を行うこととしたい。
 なお、今後、推進部会にて所要の確認を受けることとする。

(10) 平成 17 年 1 月 推進部会 光衛星間通信実験衛星 (OISETS) の進捗状況確認結果

(2) 審議結果

上記のとおり、平成 16 年 12 月に OISETS の打上げロケットが決定したことから、平成 17 年夏期の打上げまでに、衛星とロケットのインタフェースに係る技術的な検討を確実に実施するために必要な期間を確保することができた。

また、ARTEMIS の光通信機器の設計寿命が平成 18 年 7 月となっていることに対して、OISETS の打上げが計画通り平成 17 年夏期に行われれば、少なくとも 9 ヶ月間の軌道上での実験期間が確保されることとなり、所期の成果を適切に確保することができることと期待される。

これらのことによって、将来の宇宙における伝送データ量の増大に対応するため、宇宙空間における光通信技術の開発を行うという本プロジェクトの目的が達成されると考えられることから、OICETS の打上げ計画は妥当と判断される。

なお、JAXA は、ARTEMIS 及びドニエプルロケットを含めたプロジェクト全体の管理及びリスク管理について、今後とも引

(11) 平成 17 年 3 月 推進部会 光衛星間通信実験衛星 (OICETS) の今後の計画について

以下に示すサクセスクライテリアについて了解された。

	評価基準	対応する実験項目
ミニマムサクセス	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。 評価基準 以下の捕捉追尾特性が確認できること。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ± 1 μ rad (3)以下。 	OICETS 単独での実験 (恒星・惑星等を使用) I. 光高精度捕捉追尾実験 1. 光捕捉追尾特性評価実験
フルサクセス	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。	ARTEMIS との実験 I. 光高精度捕捉追尾実験 2. 光捕捉追尾系総合特性評価実験

	評価基準	対応する実験項目
	<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:50 Mbps/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ティング精度が ± 0.2 度以下。 	<p>光衛星間通信実験</p> <ol style="list-style-type: none"> 光衛星間通信特性評価実験 光学特性評価実験
エクストラサクセス(その1)	<p>目標:</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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>目標(b):</p> <p>光学系素子の長期的な変動特性が評価できること。</p>	<p>ARTEMIS との実験</p> <p>光衛星間通信実験</p> <ol style="list-style-type: none"> 光衛星間通信の統計的データ取得

	評価基準	対応する実験項目
	<p>評価基準:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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>CCD:(Charge-coupled Device) 電荷結合素子 QD:(Quadrant photo Detecolor)4 象限光検出器 AD: (Avalanche Photodiode) アバランシェフォトダイオード</p>	
エクストラサクセス(その2)	<p>目標(c):</p> <p>衛星微小振動の評価ができること。</p> <p>評価基準:</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星の微小振動(精度 100 μG)を測定し、捕捉追尾精度との相関が評価できること。 	<p>OICETS 単独での実験(恒星・惑星等を使用)</p> <p>衛星微小振動測定実験</p>