

**宇宙開発に関する重要な研究開発の評価  
光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクトの  
事後評価結果(案)**

1.	評価の経緯.....	1
2.	評価方法.....	1
3.	OICETS プロジェクトを取り巻く状況.....	2
4.	OICETS プロジェクトの事後評価結果.....	2
参考 1	宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について.....	6
参考 2	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.....	8
参考 3	宇宙開発委員会推進部会で評価を行う「成果」に対するイメージ.....	19
参考 4	光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS) プロジェクトの評価に係る推進部会の開催状況.....	20
付録 1	光衛星間通信実験衛星(OICETS) プロジェクトの評価票の集計及び意見	
付録 2	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	
付録 3	光衛星間通信実験衛星(OICETS) プロジェクトの事後評価質問に対する回答	
付録 4	光衛星間通信実験衛星(OICETS) プロジェクトの事後評価評価票ご意見に対する説明	

平成 20 年 3 月 11 日  
宇宙開発委員会 推進部会

## 1. 評価の経緯

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、宇宙開発委員会においては、「宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について」(参考1)に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることとしている。

光衛星間通信実験衛星「きらり」(以下「OICETS」という。)については、平成17年8月に打ち上げられ、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った。推進部会の構成員は、参考1の別紙のとおりである。

## 2. 評価方法

評価は、OICETS プロジェクトを対象とし、推進部会が定めた評価実施要領(参考2)に則して実施した。

今回は、以下の項目について評価を行った。

- (1) 成果
- (2) 成否の原因に対する分析
- (3) 効率性

評価の進め方は、まず、JAXA から OICETS プロジェクトについて説明を受け、各構成員から提出された評価票(参考2の別紙1)により、評価項目ごとに意見、判定を求めた。各評価項目に対する判定は3段階表示、総合評価については4段階表示として集計した。

本報告は、各構成員の意見、判定を集約して、事後評価結果としてとりまとめたものである。

なお、本報告の末尾に構成員から提出された全意見及び JAXA

の説明資料を付録として添付した。

## 3. OICETS プロジェクトを取り巻く状況

光衛星間通信は、電波による衛星間通信に比べ、通信能力の向上及び通信機器の小型化が図れ、他の通信との干渉の発生が少なく、周波数の有効利用及び通信妨害に強い等の特徴を有している。OICETS プロジェクトは、光衛星間通信技術の実証プロジェクトとして位置付けられ、光衛星間通信に必要な捕捉・追尾・指向技術、双方向光通信技術などの、基盤技術を確立することを目的として、欧州宇宙機関(以下「ESA」という。)の静止衛星である、先端型データ中継技術衛星(以下「ARTEMIS」という。)との間で、光通信実験を行い、世界で初めて双方向の光衛星間通信を実施したプロジェクトである。

この OICETS プロジェクトについては平成7年度から開発に着手したが、ARTEMIS の静止衛星軌道への投入が大幅に遅延する見込みとなったことから、平成13年8月時点で OICETS の打上げを延期することとした。その後平成15年度初頭に ESA が ARTEMIS を静止衛星軌道へ投入する見通しを得たため、平成17年8月にロシア・ウクライナのドニエプルロケットにより OICETS を打ち上げた。

打上げ後、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した。現在後期利用段階に移行している状況である。

## 4. OICETS プロジェクトの事後評価結果

### (1) 成果

成果についてはアウトプット(結果)、アウトカム(効果)、インパクト(波及効果)の3つに分類して評価を実施した。アウトプット(結果)

は具体的にどのような結果が得られたか、プロジェクトの目標がどの程度まで達成されたのかという直接的成果であり、平成 17 年 3 月の第 4 回推進部会における事前評価で設定した、サクセスクリ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を評価した。また、アウトカム(効果)はアウトプットからもたらされた効果・効用であり、プロジェクトの目的に照らした本質的内容についての成果とし、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のかについて評価した。更に、インパクト(波及効果)は意図していた範囲を越えた、経済的、科学技術的、社会的影響としての間接的成果であり、現時点で注目しておくべき事項について必要に応じて評価した。

#### <アウトプット(結果)>

衛星間通信に先立ちシリウス等の恒星及び火星・木星を目標の精度で捕捉・追尾し、その後 ARTEMIS との双方向光衛星間通信実験を行い、フルサクセス基準である捕捉追尾シーケンス等の光衛星間通信の要素技術を実証した。さらに、100 回以上の ARTEMIS との光衛星間通信を実施し、統計的データを取得すると共に、1 年間を超える運用において光学系素子の長期的な変動特性を観測し、劣化傾向が無いことを確認した。また、衛星微小振動を計測し、捕捉・追尾特性に大きな影響を与えないことを確認した。

上記のように、ミニマムサクセス、フルサクセス、エクストラサクセスまでの全ての評価基準を達成し、特に衛星間光通信で重要となる高精度の捕捉追尾シーケンスの確立や、目標としていたポイントング精度、追尾精度等を実証することで、この分野での我が国の技術力の高さを内外に示すことができ、十分に目標を達成していると判断できる。

#### 判定:妥当

#### <アウトカム(効果)>

OICETS プロジェクトにより、光衛星間通信の要素技術について、統計処理が可能なレベルまでデータを取得し、宇宙軌道上で実証することができた。この要素技術をベースに、現在の地上における光通信技術を反映することで、次世代の光衛星間通信機器として小型、大容量化を実現することが可能となると期待される。

また、衛星バス機器の軌道上データを 2 年半にわたり取得したことで、リアクションホイール等、今後の衛星開発に寄与することが可能となると共に、衛星の擾乱管理技術や、コンタミネーション管理技術、電波による高速 S バンド通信方式等他衛星へ応用可能な技術を取得できた。

更に、国際電気通信連合(ITU)において、JAXA から自由空間における光通信の共用検討のための勧告文書案を提示し、その文書が ITU からの勧告文書として配布される等、光衛星間通信分野において国際的に主導的な立場に立っている。

以上のように、光衛星間通信に必要な基盤技術を確立し、今後の小型化・大容量化の見通しをつけることができ、目的に見合う成果を得たものと判断する。

今回の貴重な実証実験の成果は、次世代通信衛星の開発に繋がることでその意義を高めるものであり、そのためにも成果や更に改善を要する点を形式知として整理し、次なるプロジェクト及び衛星に生かす努力を期待したい。

#### 判定:妥当

### <インパクト(波及効果)>

追加実験として衛星-地上間の光通信実験を、独立行政法人情報通信研究機構(以下「NICT」という。)と共同で実施し、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した。その結果、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した。将来的には人工衛星から大量のデータを地上に送信するニーズが出てくると考えられることから、今後も大気による減衰・ゆらぎの影響など、実用化に向けた課題について検討を継続するべきである。

なお、今回実証した高精度の追尾精度を応用することにより、現在の衛星による測地・測位の精度を大幅に向上させる可能性があり、地殻変動等、地表面の変化の測定などへの応用も考えられる。

## (2) 成否の原因に対する分析

プロジェクトの成否の原因として、円滑な国際共同開発と、様々な外的環境に適切に対応したプロジェクト管理が挙げられる。国際共同開発においては JAXA と ESA が共同で設定した技術仕様(光衛星間通信インタフェース文書)に基づき、両機関が独自に衛星及び光衛星間通信機器を開発した初めてのケースとなった。最終的な End to End 試験として、OICETS 打上げ前に光通信機器の地上試験モデルと静止衛星軌道上の ARTEMIS との間で、光通信実験を実施して適合性を確認してリスクを減らすことができ、適切に国際共同開発がなされたものと評価できる。

また、光衛星間通信は、前例の無い難易度の高いものであったため、光衛星間通信機器の開発が難航したが、適切に技術課題

を抽出し外部有識者の支援も得ることで、開発を遂行することができた。

さらに ARTEMIS の静止衛星軌道への大幅遅延に対応し、想定を超えた保管期間に対処するため、定期的なシステムレベル試験や長納期の寿命切れ部品の交換を行う等により信頼性の維持を図ることができた。

その後、ARTEMIS の静止化に伴い、短期間でプロジェクトの再立ち上げと打上げ準備を実施することになったが、開発担当者のみならず、他衛星開発経験者および打上げ経験者を結集し、さらに有識者の参加を得てプロジェクト点検を実施する等、適切なプロジェクトマネジメントを実施することにより、成功に結びついたと評価される。

### 判定: 妥当

## (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つの観点から行った。

### <プロジェクトの効率性>

技術開発項目の多いミッション機器については、段階を踏んだ試験の実施など確実な開発を期する中で、国内研究機関や大学との連携を図り、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、開発試験の効率化を図ることで、経費を極力抑えることができています。

また、国際共同研究として、衛星間通信実験の相手方となる ARTEMIS が静止軌道上にいる機会を得て実験することで、静止衛星の開発や打上げにかかる費用の負担、更に地上系の準備等を軽減することができ、少ない投資による効率的な成果を得ること

ができた。打ち上げ遅延・再開によって追加分が発生しているが、この追加分はやむを得ないものと認められる。

判定: 妥当

#### < プロジェクトの実施体制 >

開発にあたり、JAXA のみならず国内研究機関・大学と連携し、わが国のリソースを効果的に有効に活用した。また、衛星保管時には大幅に縮小したプロジェクト体制とし、打上げに向けたプロジェクトの再立ち上げ時に、開発担当者のみならず、他衛星開発経験者および打上げ経験者を結集したプロジェクト体制とするなど、プロジェクトの状況に応じて効率的に体制を変化させることにより、最終的な成果につながったものと評価できる。

判定: 妥当

#### (4) 総合評価

OICETS プロジェクトは、大容量観測データの伝送を可能とする高速光衛星間通信回線の実現を目指し、光衛星間通信技術の実証プロジェクトとして位置付けられたプロジェクトである。ESA の ARTEMIS との間で捕捉・追尾・指向技術や双方向光衛星間通信等、設定された目標を十分に達成し、今後の光衛星間通信に必要な基盤技術を確立するという目的に見合う成果を上げることができた。本プロジェクトは、開発時点での技術的課題、ARTEMIS の遅延による保管、短期間での再立ち上げという様々な状況に、フレキシブルな開発体制の設定や、適切な国際共同開発等により、効率よく対応することができた。

今後、光衛星間通信が実利用上必要となる状況に備え、今回 OICETS で得られた成果をきちんと整理、保持することが重要である。また、本成果を今後のデータ中継衛星等へどのように生かしていくのか、更には将来の地球観測衛星等の衛星間通信の開発をどうするのか、今後検討が深められることを期待する。

判定: 期待通り

(参考1)

て、必要に応じ、進捗状況確認を行う。

## 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について

平成19年5月30日  
宇宙開発委員会

### 1. 目的

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(以下「評価指針」という。)等に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることを目的とする。

このため、重要な研究開発について、推進部会において平成19年度の評価を行う。

### 2. 評価方法

評価指針の評価対象要件に合致する重要な研究開発について、その目標や効果・実施体制等について評価する。

### 3. 評価の対象

評価は、次の段階のプロジェクトを対象に実施する。

- (1) 事前評価(企画立案フェーズにおけるフェーズアップのための評価)
- (2) 中間評価(実施フェーズにおける評価)
- (3) 事後評価(実施フェーズ終了時での評価)

また、各プロジェクトのうち、重要な状況変化等があるものについ

### 4. 日程

評価については、対象とするプロジェクトの状況に応じて、適宜実施する。

### 5. 推進部会の構成員

別紙のとおり。

### 6. 会議の公開

「宇宙開発委員会の運営等について」(平成13年1月10日 宇宙開発委員会決定)に従い、推進部会は、原則として公開とし、特段の事情がある場合には、非公開とすることができるものとする。

(別紙)

## 宇宙開発委員会推進部会構成員

(委員)

部会長	青江 茂	宇宙開発委員会委員
部会長代理	池上 徹彦	宇宙開発委員会委員
	野本 陽代	宇宙開発委員会委員(非常勤)
	森尾 稔	宇宙開発委員会委員(非常勤)

(特別委員)

栗原 昇	社団法人日本経済団体連合会宇宙開発利用推進委員会企画部会長
黒川 清	国立大学法人政策研究大学院大学教授
小林 修	東海大学工学部教授
佐藤勝彦	国立大学法人東京大学大学院理学系研究科教授
澤岡 昭	大同工業大学学長
鈴木章夫	東京海上日動火災保険株式会社顧問
住 明正	国立大学法人東京大学サステイナビリティ学連携研究機構地球持続戦略研究イニシアティブ統括ディレクター・教授
高柳雄一	多摩六都科学館館長
建人ひとみ	アッシュインターナショナル代表取締役
多屋淑子	日本女子大学家政学部教授
中須賀真一	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授
中西友子	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科教授
廣澤春任	宇宙科学研究所名誉教授
古川克子	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科准教

授

水野秀樹	東海大学開発工学部教授
宮崎久美子	国立大学法人東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科教授

## 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11日	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より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 500 km 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 500 km 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 ケ月遅延する。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。

(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できると期待される。

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、今後とも引き続き十分配慮すべきである。

(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。

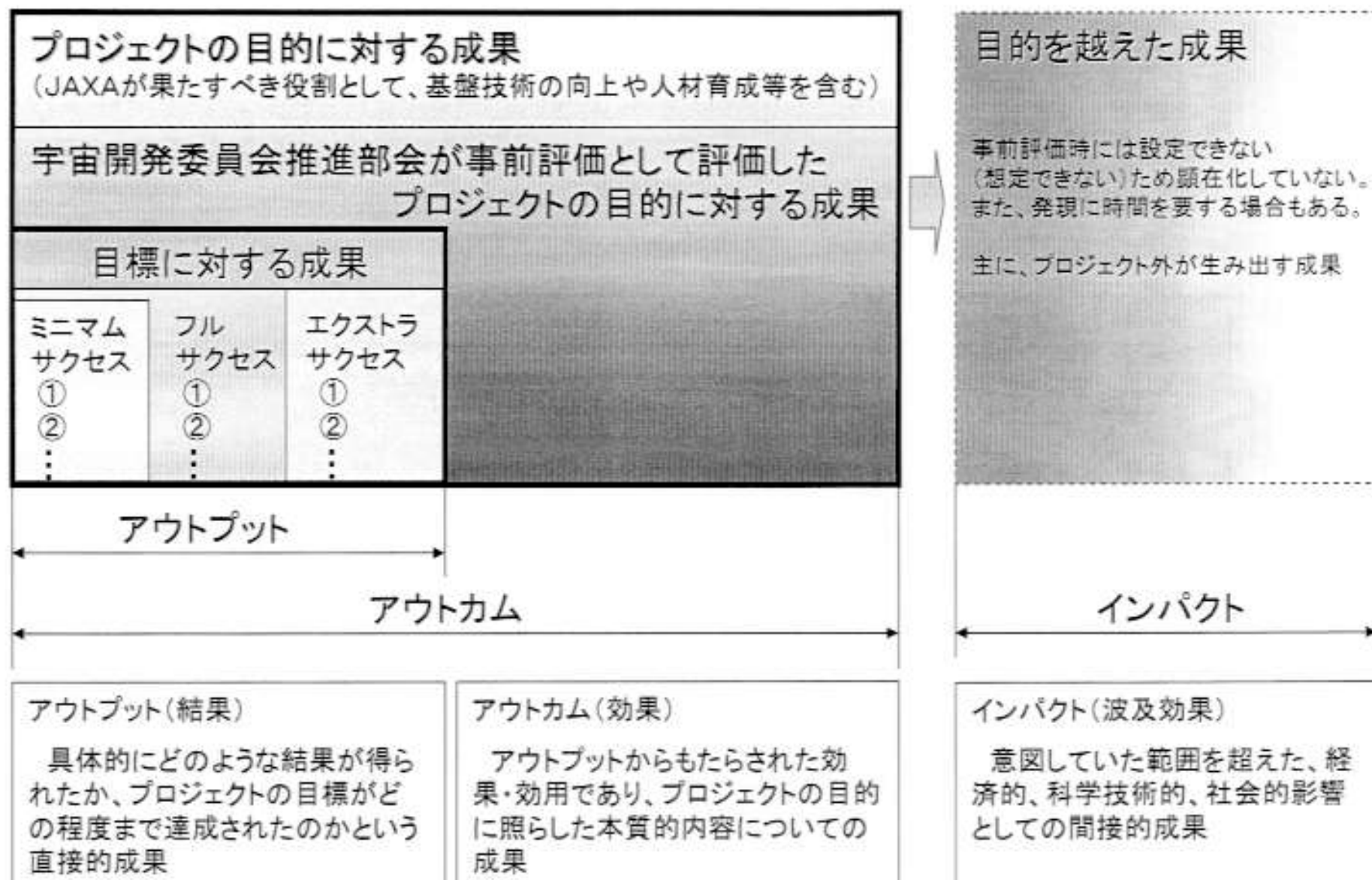
	評価基準	対応する実験項目
ミニマム サクセス	目標: 恒星・惑星を捕捉・追尾し、光衛星間通信機器の捕捉追尾性能確認ができること。 評価基準 以下の捕捉追尾特性が確認できること。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総合オープンポインティング精度が ±0.2 度以下。</li> <li>・ 捕捉追尾シーケンスが成功。</li> <li>・ 追尾精度が ± 1 μ rad (3 )以下。</li> </ul>	OICETS 単独での実験 ( 恒星・惑星等を使用 ) I. 光高精度捕捉追尾実験 1. 光捕捉追尾特性評価実験
フルサク セス	目標: ARTEMIS との光衛星間通信実	ARTEMIS との実験 I. 光高精度捕捉追

	評価基準	対応する実験項目
	<p>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"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> <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"> <li>ARTEMIS に対する総合オープンポイント精度が <math>\pm 0.2</math> 度以下。</li> </ul>	<p>尾実験</p> <p>2. 光捕捉追尾系総合特性評価実験</p> <p>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>
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"> <li>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。</li> </ul>	<p>ARTEMIS との実験</p> <p>光衛星間通信実験</p> <p>3. 光衛星間通信の統計的データ取得</p>

	評価基準	対応する実験項目
	<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>評価基準:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul> <p>CCD:(Charge-coupled Device) 電荷結合素子</p> <p>QD:(Quadrant photo Detector)4象限光検出器</p> <p>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"> <li>衛星の微小振動(精度 100 <math>\mu</math> G)を測定し、捕捉追尾精度との相関が評価できること。</li> </ul>	<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>



宇宙開発委員会推進部会で評価を行う「成果」に対するイメージ



(参考4)

## 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクトの 評価に係る推進部会の開催状況

### 【第3回推進部会】

日時:平成20年2月12日(火)10:00~12:05

場所:文部科学省 3階 1 特別会議室

議 題:

- (1) 水星探査計画(BepiColombo)プロジェクトの事前評価について
- (2) 第1期気候変動観測衛星(GCOM-C1)プロジェクトの事前評価について
- (3) 光衛星間通信実験衛星(OICETS)プロジェクトの事後評価について
- (4) その他

### 【第4回推進部会】

日時:平成20年2月26日(火)10:00~11:45

場所:文部科学省 16階 特別会議室

議 題:

- (1) 第1期気候変動観測衛星(GCOM-C1)プロジェクトの事前評価について
- (2) 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクトの事後評価について
- (3) その他

### 【第5回推進部会】

日時:平成20年3月11日(火)10:00~12:00

場所:文部科学省 16階 特別会議室

議 題:

- (1) 光衛星間通信実験衛星「きらり」(OICETS)プロジェクトの事後評価について
- (2) その他

付録1

光衛星間通信実験衛星(OICETS)プロジェクトの  
評価票の集計及び意見

評価結果

	妥当	概ね妥当	疑問がある	
1. 成果(1)アウトプット	11	0	0	
1. 成果(2)アウトカム	7	4	0	
1. 成果(3)インパクト	-	-	-	
2. 成否の原因に対する分析	7	4	0	
3. 効率性(1)プロジェクトの効果性	8	3	0	
3. 効率性(2)プロジェクトの実施体制	7	4	0	
	期待以上	期待通り	許容できる範囲	期待はずれ
4. 総合評価	2	9	0	0

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
1. 成果(1)アウトプット	11	0	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 ミニマムサクセス～エクストラサクセス(その2)まで全ての目標を達成している。
- 2 打上げが当初より大幅に遅れたにも係わらず、担当者のインセンティブが低下することなく様々な成果を得た。特に衛星間光通信で重要となる十分高いポイントング精度を実証でき、この分野での我が国の技術力の高さを内外に示すことが出来た。
- 3 ESA との国際協力によりスタートした本プロジェクトは、主としてESA 側の理由により再三遅れが生じ、結果的には当初計画より8年遅れで目標としていた成果は100%も達成できたと考えられる。プロジェクトを中断した後の再立ち上げ等、関係者の苦労は並大抵のものではなかったと思われるが、End to Endの試験を事前に行うなどの努力により、プロジェクトを成功に導いたことは評価したい。
- 4 予め規定されたフルサクセスおよびエクストラサクセスの目標を達成し、光通信が宇宙空間での通信手段として実用可能であること

を実証して、プロジェクトの当初の目的を十分に達成している。

- 5 目標は満たしていると判断できる。
- 6 サクセスクライテリアの各項目について、目標毎に設定されていた評価基準を達成した結果を残している。アウトプットは妥当なものと評価できる。
- 7 サクセスクライテリアの評価基準を十分に満たしていると判断される。
- 8 OISETS プロジェクトが目指した実験は光衛星通信技術自体、また衛星の姿勢制御等を含めて、難度の高いものであったと認められるが、ESA との協力のもとに衛星間双方向光通信に世界で初めて成功したことは高く評価される。成功基準に関しては、フルサクセスとして目指した目標、すなわち高精度の光捕捉追尾とデータ伝送、ならびにそれらの性能評価、を十分に達成するとともに、エクストラサクセスとして目指した実験に関しても目標を達成している。
- 9 ミニマム・フル・エクストラサクセス、それぞれの目標はすべて達成されている。さらに、それ以上の成果を出しているので妥当。
- 10 OISETS 単独の実験、ARTEMIS との衛星間通信の実験とも、エクストラサクセスまで含めて当初の目標を達成したことは評価でき、アウトプットとしては妥当である。

#### 1. 成果(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
1. 成果(2)アウトカム	7	4	0

#### 評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 光衛星間通信に必要な基盤技術を確立、今後の小型・高速化に効果がある。
- 2 高速・大容量通信に光通信が適していることは衆目の一致するところであるが、これをより小型化・高速化することで種々の衛星のデータ中継に役立つものと思われる。衛星間光通信は大気の影響がほとんどなく、このような環境下、例えば各種衛星間(観測衛星、宇宙ステーション、月面活動基地、等とデータ中継衛星間)、のような場合に極めて有効な通信手段を得たと考える。
- 3 リアクションホイールの信頼性、リアクションホイールの回転による擾乱の測定、コンタミネーション管理技術等、今後の衛星技術に生かせるものである。
- 4 光衛星通信技術の実証プロジェクトとしての成果は認められる。今後、通信の大容量化、ターミナルの小型・軽量化に期待する。
- 5 中・小型衛星への高速衛星間通信機能付加の実現性、リアクションホイールの軌道上データ取得・評価などによる今後の衛星開発への寄与、他衛星への技術応用、光通信分野における国際的な

イニシアティブ形成にも貢献しており、アウトカムは妥当なものと評価できる。

- 6 光衛星間通信は、将来的に宇宙において必要となる基盤技術の一つと見なされるが、OICETS プロジェクトは、捕捉・追尾・指向、双方向光通信など、光衛星間通信のための基本技術の実証に取り組み、大きな成果を挙げたものである。開発研究への移行がなされた平成4年7月から数えると、実験実施まで13年強の年月が経過していたが、ESAのARTEMISとわが国のOICETSとによって計画された衛星間双方向光通信と競合するようなプログラムは、その間、世界的に、他にはなく、高い価値を保ったまま実験実施に至ったものと認められる。アウトカムとしてあげられている「中・小型衛星への高速衛星間通信機能付加の実現性」はOICETSプロジェクトの成果の意義を明確に要約したものとなっている。また、光衛星間通信の国際標準仕様の策定など、今後の光衛星間通信の分野において国際的なイニシアチブを取っていく立場に立てることも意義あることである。

- 7 光による衛星間通信は、小型・高速化により大容量電送が可能となる。新型国産ホイール技術は、他衛星への応用や技術蓄積にもなり、今後必要とされる科学分野での貢献にもつながる。

【概ね妥当】

- 8 通信相手衛星の高精度追尾が出来たこと、更に宇宙空間における光通信の実用化と衛星間光通信の効率化/軽量化の目処を得たこと等は有効であった。また副次的な目的としたリアクションホイールの軌道上実証が出来たこと、Sバンド帯衛星-地上高速通信方式、電波によるUSB/SSA共用トランスポンダ等他の衛星に応用できる技術開発が出来たこともアウトカムとしては有効であった。ただし人工衛星技術の目指すところは国際マーケットであるべきであり、アウトカムと言う以上国際レベルが何処にあり、そのレベルに

対してどのような位置にあるかの認識と評価が必要である。また技術試験衛星である限り、次なるプロジェクトおよび衛星にどのように生かされるか、具体的なターゲットを欲しいところである。

- 9 平成15年度の計画評価部会での中間評価において評価されているように、本技術実証の意義は失われていないと評価されるが、開発・打ち上げ遅延による先進的な意義の弱体化は認めざるを得ない。しかしながら、プロジェクト遂行結果が今後の宇宙開発の進展に大きく役に立てば、その意義は高いものになると考えたい。今回の貴重な実証体験を生かして、次のステップ(ギガビットオーダー)の通信開発の実用化に繋げる努力を期待したい。
- 10 衛星間通信機器の小型化や、リアクションホイール、コンタミネーションなどの他衛星への技術応用等の結果は評価できる内容である。今後の光通信分野における国際的なイニシアチブをとるため、国際標準仕様の策定を是非行っていただきたい。

#### 1. 成果(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

- 1  $1\ \mu\text{rad}$  は5 km先の5 mmの目標に相当する精度であり、測地・測距に適用した場合に現状の精度を大幅に上回る可能性がある。地殻変動などによる地表面の変化などへの応用が可能ではないか。

また、今回はリアクションホイールの国産化についてあまり詳細に報告されていない。衛星のキー技術である本件については他の衛星プロジェクトにも波及する大きな成果と考える。

- 2 地上局(固定局、移動局ともに)との通信実験の成果に期待したい。
- 3 将来的には人工衛星から大量なデータを地上に送信するニーズが出てくると思われることから、衛星と地上間で光通信が可能であることを実証したことは意義が大きいと考える。従って大気揺らぎの補正方法に関しても今後共研究を進めるべきではないか。
- 4 衛星 - 地上間光通信の軌道上実証の実施は、天候状態、大気による減衰・ゆらぎの影響など、光衛星間通信より実用化に至る課題も多いが、短時間で地球観測衛星の大量データなどを地上へ直接送れる点で、将来的に期待されている衛星 - 地上間光通信技術開発への端緒ともなる試みとして評価したい。
- 5 最終的には、地上局の体制や対応が重要であり、衛星と地上間の問題が大きくなる。さらなる通信技術や大気揺らぎの影響などの研究成果が望まれるが期待したい。
- 6 光衛星間通信実験の成功により、高い技術力を示すことができたのは評価できます。光衛星間通信の国際標準仕様の策定においても中心的な役割を果たすことを願います。
- 7 NICT からの要請を受けて共同で行った衛星 - 地上間光通信の軌道上実証を追加実験として行えたことは本プロジェクトで得られた成果の波及効果として評価できる。

## 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

ロジェ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
2. 成否の原因に対する分析	7	4	0

## 評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 ARTEMIS 打ち上げ不調に対応した適切なプログラムマネジメントが成功に結びついたと評価される。
- 2 資料の推進 3-3-3 に示されている JAXA の見解に異議なし。
- 3 成否の要因分析が行われ、問題点は解決されている。
- 4 実験の成功は、技術課題への対処、外的要因による打ち上げ延期や衛星保管などの状況に的確に対応し、機会を逃さず打ち上げを判断した適切なプログラムマネジメント、それに JAXA/ESA の両機関による適切な国際共同開発が実施された結果である。先端的ミッションの国際共同開発におけるモデルケースの一つともなっている。
- 5 プログラム進行の過程を見ると、三つの大きなエポックがあり、それらへの対処が適切になされたことが認められる。一つめは「開発」での光通信機器開発における困難な課題への遭遇とそれらの解決、二つめは ARTEMIS の打ち上げ不調に伴い、完成していた衛星を長期間保存待機させなければならなかったこと、第三は打ち上げに向けての短期間での再立ち上げと打ち上げ準備、である。特に後者二つは特異な状況への対処で、そこでの対処経験はプログラムマネジメント上の教訓となりうるものを含むであろう。

また ARTEMIS との共同実験成功に至る経過が分析されている。ここでなされた国際共同開発の進め方は、一つのモデルケースとして、今後有効に参照していけるものであろう。

- 6 ARTEMIS の打ち上げ不調に対する適切な対処により結果的にプロジェクトを成功へ結びつけたことは評価できる。また、JAXA と ESA が共同で技術仕様を設定し、その開発を適確に双方が開発を進めることにより軌道上での通信実験を行えたことは国際共同開発のモデルケースとして評価できる。

【概ね妥当】

- 7 ほとんど全ての項目で「成功」となっているので、特に意見はない。一点、OICETS 開発終了(H 14.3)から打上げ(H 17.8)までの約2年半、光学機器の保管にあたり様々な問題を解決しノウハウを蓄積したと思われる。この点を是非 JAXA、あるいはメーカー内に資産として残して欲しい。
- 8 熱歪の影響、衛星微小振動等、抽出された課題に関して外部有識者の意見も取り入れて事前解決を図って衛星設計を行い成果を挙げたことは評価出来る。ただしその成果および更に改善を要する点等がどのように纏められており、またどのように生かされているか具体論が乏しいように思われる。
- 9 「きらり」での経験から、高出力ビーコン光源とビーコン光を広範囲に操作する機構が課題となり、「だいち」から「こだま」へのデータ伝送実現により次世代のデータ中継衛星として光通信単独か Kaバンドと併用にするかなど検討されることになり次の研究課題が明確となった。

3. 効率性(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対して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
3. 効率性 (1)プロジェクトの効率性	8	3	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 打上げ延期による経費増を極力抑えており評価できる。
- 2 計画変更に対しては良く対応できたと考えられるが、外的阻害要因がなければ、当初計画通り実行できたか否かは不明。
- 3 大幅なスケジュール変更があったにも係わらず、フレキシブルな体制で対処することによってほぼ当初予算通りにプログラムを遂行出来ている。また外国との共同プログラムで、打上げ済みの Artemis と OICETS のミッション機器とのマッテング試験を実施したことはリスクを回避上有効であった。
- 4 国際共同研究に伴って発生したスケジュールの変更に対して、本プロジェクトは適切に効率よく対応しており、開発完了後の打上げ延期に伴う保管費用、打上げ再開に伴う衛星開発と地上設備・運用に関わる追加経費なども妥当なものと思なせる。  
国際共同研究によるミニマムな投資による効率的な成果は達成されたと評価したい。
- 5 打上げ延期を含む多くの問題への対処は適切なものである。特

に、プロジェクト再立ち上げを成功に導いたマネジメントについては高く評価したい。

- 6 計画段階からのスケジュールの大きな変更は外的要因によるものであり、プロジェクトとしてはそれに適切に対処したと言える。

経費に関しては、開発完了まではほぼ予定通りであって、打ち上げ遅延・再開によって追加分が発生している。この追加分はやむを得ないものと認められ、額も妥当な範囲であろう。

ESA との共同実験は、光衛星間通信への初の技術的取り組みとして、極めて有効に行われたといえる。効率性という観点からも、高く評価できるものである。

#### 【概ね妥当】

- 7 少ない投資(約 170 億円)で大きな成果を上げたと思われる。また、我が国単独の実験計画とせず、欧州との協力関係の中で実施したことは衛星本体の開発もさることながら地上系の準備などでも効率的に計画が推進されている。
- 8 光衛星間通信は難易度が高く技術課題も多いが、衛星保管の環境対応、機器の寿命を考慮しての短期間での打ち上げなど、外的要因による計画変更はあったが、効率的に対処しプロジェクト推進ができています。
- 9 ESA との共同実験による投資の効率化や計画の変更に対する適切な対処の点は十分に評価できる。但し、ESA 側の打ち上げ延期という予想外の事態への対処とはいえ、プロジェクトの資金の内、例えば地上設備・運用関連の費用が開発認可時のほぼ倍額になった点に関しては、今後の開発へ向けた検討事項としていただきたい。

### 3. 効率性(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
3. 効率性 (2) プロジェクトの実施体制	7	4	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【妥当】

- 1 打ち上げ延期による経費増を極力抑えており評価できる。
- 2 プロジェクト再立ち上げに際して、他衛星開発及び打ち上げ経験者をプロジェクトチームに結集できたことは成功要因の一つだと思われる。  
今般、スケジュール遅れがないプロジェクトにおいてもこのようなチーム編成をすることが望ましい。
- 3 国内研究機関・大学との連携で、わが国のリソースは効果的に有効に活用されている。技術達成度に応じた効率的開発計画が進められ、JAXA 内人員の配置も適切で効率的だったと評価できる。
- 4 開発完了後、長期にわたっての待機状態に入り、その間大幅に縮小されたプロジェクトチームが、再開に当たって、極めて効率的なチームとして再結集され、短い期間をもって打ち上げを可能としたことは、異例のケースへの対応とは言え、評価できるものである。  
プログラムが長期にわたったことから、企業との連携には十分な配慮がなされ、最終的な成果に繋がったものと推察される。



5 国内研究機関や大学等のリソースの有効活用や、プロジェクトの状況に応じた人員配置の効率化は十分に評価できる。

【概ね妥当】

6 JAXA、NICTなどの関係公的研究機関とメーカーとが協力しプロジェクトを成功裏に導いたと思われる。また、打上げ延期(中止)にも係わらず関係者のインセンティブを維持できた点も評価に値する。

7 技術課題に関して得意技術を持った機関の協力の下に問題可決を図ったこと、Artemis のスケジュール遅延および打上げトラブルに対応してフレキシブルな体制で臨んだことは、作業を効率的に実施したと評価できる。ただし技術試験衛星である限り将来の実用化が目標の筈であり、そのためには製造メーカーの熱意と協力が不可欠であると思われる。その点の評価がなされていないのは片手落ちである。

8 ARTEMIS の軌道投入が遅れたことで 3 年間という延期によりプロジェクトに影響がでたが、実際は「だいち」や「きらり」等に技術が活かされ実験を重ねるなど、次に展開できる効果的な研究成果がでている。

#### 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	期待はずれ
4. 総合評価	2	9	0	0

#### 評価根拠のコメント

【期待以上】

1 国際共同研究では避けられないスケジュールの変更、それに伴う追加経費の発生など、プロジェクト進行中に外部から巻き込まれた状況に、適切で効率良く対応し、目標を達成できたこと、国際共同研究のモデルケースの一つとなった事例として評価したい。

2 OICETS プロジェクトにおいて達成された技術的成果は、その技術的難度の高さから見て、予想されるレベルを越えたものであり、期待以上の成果と考える。

光衛星間通信が実利用上必要となる状況の到来に備えて、今後、OICETS で達成された技術を保持し、かつ次段階に向けての準備・検討を着実に進めていくのが適切であろう。

【期待通り】

3 本成果を今後のデータ中継衛星等へどのように生かしていくのか、更には将来の通信衛星の開発の進め方をどうするのか、その中で JAXA がどのように関与するのか、今後検討が深められることを期待します。

4 「成果」については全て「達成」したとあり、関係者の苦勞が十分伝わってこなかった。そもそも目標が低かったのではないかと、この疑問が出てくる位である。

技術的に非常に困難な課題に挑戦し、成功させたのであるから、ポイントを絞って成果をアピールしてはどうか。

装置の信頼性については、今回の実験で 1 万時間(約 1 年間)の寿命を確認出来たが、観測衛星、データ中継衛星などの寿命を 5 年程度と考えると約 5 万時間の寿命が必要となる。今後、研究を継続して実利用が可能な技術に仕上げたい。

5 以上の項目はすべて妥当という評価をしたが、にも拘らず、十分な満足感が持てないのは何故なのだろうか、と考える。

1. 当初計画より 8 年も遅れたにも拘らず、達成できたことは平成 4 年、5 年当時考えられたことであり、平成 9 年度に達成できてもおかしくない事柄であるからか。
2. 平成 8 年に ARTEMIS の打上げ延期に伴い、打上げを平成 12 年度に延期、更に射点整備及び追跡管制の都合で平成 13 年度に変更した。  
結局、平成 14 年の SAC での審議を経て 15 年 7 月に光衛星間通信技術実証を行うことは意義は失われていないとの判断により平成 17 年打上げが決まった。
3. 平成 13 年は計画を中断しているので平成 13 年から 15 年のブランクは止むを得ないと思うが、平成 8 年から 12 年の間の判断として、実験内容そのものを、時代の技術進歩を勘案して変更するチャンスがあったのではなかろうか。例えば、
  - (1) 衛星間通信は ARTEMIS の 2 ~ 50Mbps 規格で変更できないとしても、地上局との間で 2.5 Gbps の通信を試みる。
  - (2) 更に小口径の光アンテナの実験
  - (3) 回線を成立させるための技術として 高出力ピーコン光源とビーコン光を広範囲に走査する機構、等の実験
4. 要するに本プロジェクトは外的要因によるとはいえ、8 年も遅れたために得られた成果が見劣りする結果となってしまった、ということか。
- 6 当初目的を達成しているのでミッションとしては成功と言うべきであるが、ミッション期間が 1 年であり、それ以降はリアクションホイールの軌道上実証等の副次的目的はあるにしろ、更なるチャレンジが無いと言うのは相当の費用を掛けた技術試験衛星としてはいささか物足りない感じがする。OICETS の今後の活用計画を明確にすべきであり、もし計画があるとすれば後段階の運用計画を説明すべきである。

- 7 掲げた目的は達成している。今後、国内外の先端的なミッションとなることを期待する。
- 8 ドイツの TerraSAR - X の LCT の今後の成果も気になるところだが、今後、必要不可欠な「光通信」であり、衛星間での追尾データ伝送では日本の OICETS に大いに期待したいところだ。
- 9 宇宙における双方向の光衛星通信を実現するために、ESA の先端型データ中継技術衛星との間で、補足、追尾・指向、双方向通信などの要素技術の軌道上実験を国際協力の元で行い、目標とする成果を得たことは評価できる。今回得られた成果に関し、国内だけでなく海外からも高い評価や表彰を得られることを期待したい。