

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

平成 20 年 2 月 26 日  
宇宙航空研究開発機構

【本資料の位置付け】

本資料は、平成 20 年 2 月 12 日に開催された第 3 回推進部会における光衛星間通信実験衛星(OICETS)プロジェクトの説明に対する構成員からの質問に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の回答をまとめたものである。

評価項目 1(成果)に関する質問

1-1	「だいち」に搭載された通信機器について	3 ページ
1-2	光衛星間通信での誤りについて	4 ページ
1-3	衛星間光通信について内外の研究動向について	5 ページ
1-4	次世代データ中継衛星の光通信部分に関して	6 ページ
1-5	今後の光衛星間通信の見通しについて	7 ページ
1-6	国際標準仕様の策定について	8 ページ

評価項目 3(効率性)に関する質問

3-1	OICETS の実験計画について	9 ページ
-----	------------------	-------

【質問番号 1-1】「だいち」に搭載された通信機器について

【質問内容】

光衛星間通信機器は、口径 26 cm、質量 150 kg、速度 50 Mbps とあるが、「だいち」に搭載された機器の質量、情報速度はどの程度か。

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 17 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

- 「だいち」に搭載された通信機器は以下の通りです。
- ・ 機器の質量: 157.1 kg
  - ・ アンテナ口径: 153 cm
  - ・ データ伝送速度: 278 Mbps(「だいち」と「こだま」の衛星間通信)

OICETS は共同実験として、ARTEMIS で設定した 2 ~ 50 Mbps 規格を採用したため、現時点で Ka バンドにより実現されている通信速度に比べて低くなっています。また、OICETS に搭載された光衛星間通信機器の質量は、「だいち」とほとんど差はありませんが、OICETS では実験衛星ということでマージンを十分にもたせた設計としました。軌道上の通信結果より、光アンテナには十分にマージンがあることが確認されたため、小型・軽量化は可能と考えております。

OICETS で獲得した要素技術に地上の光通信技術を盛り込むことで、次世代の光衛星間通信機器では、アンテナ口径 10 ~ 15cm、質量 50

kg、通信速度 2.5 Gbps といった小型大容量化を目標に研究を継続しています。

## 【質問番号 1-2】光衛星間通信での誤りについて

### 【質問内容】

光衛星間通信での誤りの発生について 2 件質問があります。

#### (1) BER の大幅な改善

2005/12/9 の実験データでは  $1 \times 10^5$  個/秒の誤りがあったが、2006/2/9 以降大幅に改善されている。どのような対策を施したのか。

#### (2) 周期的に発生する誤りの原因推定

50/150 秒間隔で周期的な誤りの発生が見受けられる。衛星姿勢制御、リアクションホイール動作、などを含め原因究明はどのような状況か。

補足:工学的な視点では実用上問題ないが、その周期性が気になった。

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 別紙 13 ページ

【回答者】JAXA

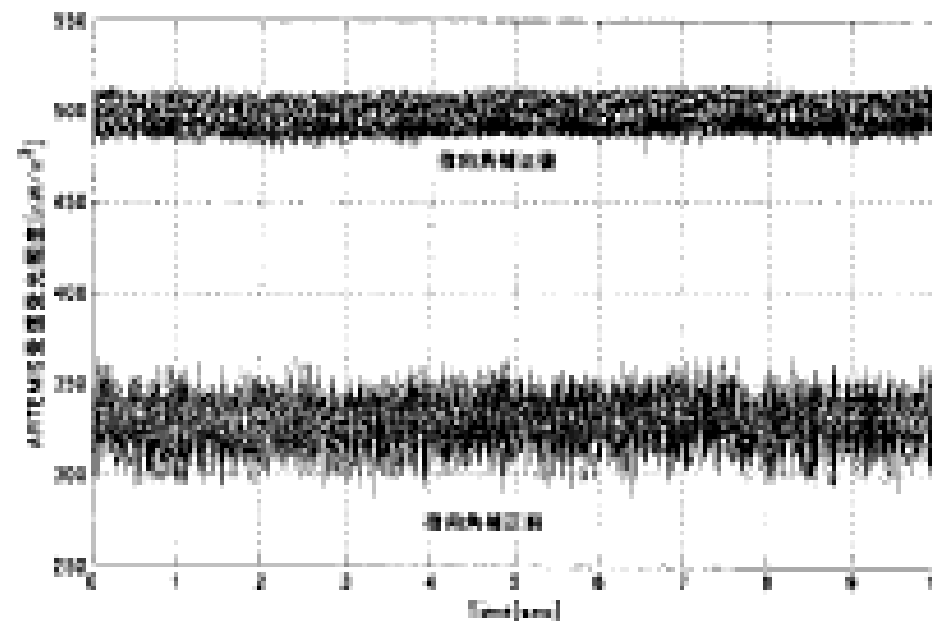
### 【回答内容】

#### (1) BER の大幅な改善について

「きらり」が送信するレーザー光軌道上での実験において、「きらり」の出射レーザー光の指向バイアス補正実験を実施しております。本実験は、「きらり」の送信レー

ザ光にオフセット角をスパイラル状に与え、ARTEMIS の受光電力の変化を測定した結果から得られた強度分布を評価し、指向バイアス誤差を推定・補正する実験です。この実験により得られた補正角は -X 軸方向  $2.5 \mu\text{rad}$ 、+Y 軸方向に  $1.8 \mu\text{rad}$  であり、「別紙 補足資料」P13 に示しているのは、指向バイアス補正により、ARTEMIS の受光電力の増加と安定化により、ビット誤りが改善した結果です。

下図に補正前後の ARTEMIS の受光電力の測定結果を示します。



#### (2) 周期的に発生する誤りの原因推定

ビット誤りの発生とその周期については、衛星の姿勢制御系、捕

捉追尾系の動作も含めて検証しましたが、明確な原因は得ておりません。

### 【質問番号 1-3】衛星間光通信について内外の研究動向について

#### 【質問内容】

平成 14、15 年の打上げを予定していたが約 3 年打上げが延期された。この間、衛星間光通信について内外の研究動向に変化はなかったのか。

また、現時点で 2～50 Mbps の衛星間光通信は世界のトップレベルにある技術と考えると良いのか。TerraSAR での実験概要を知りたい。

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 14、24 ページ

【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

衛星間光通信衛星は、ARTEMIS、SPOT-4、OICETS(この 3 つの衛星は同じ通信方式)であり、打ち上げ延期の期間に研究動向の変化はなかったと考えます。OICETS と ARTEMIS との光衛星間通信は双方向通信であり、現時点では唯一のものです。(ARTEMIS/SPOT-4 は一方向通信)

TerraSAR-X はドイツの地球観測衛星で、2007 年 6 月 15 日に打ち上げられました。TerraSAR-X に搭載されている LCT(Laser Communication Terminal)は、衛星と地上局間の光通信実験を行うもので、その伝送速度は 5.6 Gbps です。

現時点では、衛星 地上間の通信実験において捕捉追尾に成功したものの、データ伝送には至っていないと公表されています。また将来的に別の地球周回衛星との間で光衛星間通信実験を行う計画も示されています。

### 【質問番号 1-4】次世代データ中継衛星の光通信部分に関して

【質問内容】「きらり」は周回衛星、ARTEMIS は静止軌道衛星と、実験には非対称性がありました。次世代データ中継衛星をわが国として考えていくに当たっては、ARTEMIS が担った光通信機能のための技術も必要になるわけですが、「きらり」の実験で、それらも併せて修得できたと考えていいのでしょうか。残っている部分はありませんか。

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 5、7、23 ページ

【回答者】JAXA

#### 【回答内容】

ご指摘のとおり、静止衛星搭載用と周回衛星搭載用では必要な技術は若干異なります。ARTEMIS が担った光衛星間通信のための技術のうち、「きらり」で習得できなかった技術は、光衛星間通信の相手方を探して回線を成立させるための、高出力ビーコン光源と ビーコン光を広範囲に走査する機構になります。従って、次世代データ中継衛星(静止衛星)に向けては、この 2 点が開発課題として残っていますが、OICETS で獲得した技術の延長線上にあるものと考えています。

## 【質問番号 1-5】今後の光衛星間通信の見通しについて

【質問内容】最近 Ka バンド衛星の実用化が進んでいますが、Ka バンドの次のステップは光通信と理解してよいのでしょうか？ 光通信のメリット(データ伝送量、Security 等)を生かした実用見通しはどのように考えていますか。23 ページに示されている将来像は余り現実的では無いのでは？ ビームが絞れるなら深宇宙の高速通信等には使えないか？ また OICETS/ARTEMIS の成果をいかした国際標準化への動きは具体化していますか？

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 22、23 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

現在「だいち」から「こだま」に Ka バンドにより 278 Mbps でデータ伝送を実現していますが、今後の地球観測衛星では、より高分解能な観測と大容量のデータ伝送が求められることから、光衛星間通信はそのための有力な手段となりうると考えています。加えて、高速データ伝送、非干渉性といった光通信の特性を生かすことにより、同時に複数の衛星を運用することが可能になります。次世代のデータ中継衛星として光通信は有力な候補と考えておりますが、光通信単独にするか Ka バンドと併用するかは今後さらに検討を進める必要があります。

深宇宙の高速通信の利用も考えられますが、我が国では現段階で具体的な計画はありません。

国際標準化への動きについては、質問 1-6 の回答を参照してくださ

い。

## 【質問番号 1-6】 国際標準仕様の策定について

【質問内容】「今後の光通信分野における国際的なイニシアチブ」の項に、国際的標準仕様の策定が例として挙げられています。現在、国際標準仕様の策定は、国際的に、どのような状況にあるのでしょうか。また、今後、どのように進んでいくと見通されますか。

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 22 ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

現況としましては、国際電気通信連合 (ITU) Radiocommunication Sector (ITU-R) の第 7 研究部会 (Study Group 7) において、自由空間における光通信の共用検討のための勧告文書が議論されております。

JAXA からは、2006 年以降、同研究部会に対し、OICETS/ARTEMIS の光通信仕様をベースにした ITU 勧告文書案を総務省を通じて提出し、その後、同文書が勧告文書の形で ITU から配布されております。

空間光通信(にて適用する周波数)については、現状、無線通信規則における分配の範疇外となっておりますが、この様に、国際標準仕様に対する議論が活発化しており、また、昨年(2007 年)世界無線通信会議(WRC-07)におきましては、ITU-R 研究部会の成果を基に、空間光通信の利用手続きを検討していくことが、次の WRC-11 会議の議題として、採択されており、国際標準仕様が策定されていくと考

えています。

また、日 ESA 会合においても標準仕様について引続き連携を取っています。

### 評価項目 3(効率性)に関連する質問

#### 【質問番号 3-1】OICETS の実験計画について

【質問内容】 ARTEMIS との共同研究であるのに ARTEMIS が打ちあがった時点で OICETS は未だ完成しておらず、また ARTEMIS 静止化が完了して実験が出来る段階になった後 2 年後に打上げと言うのは共同実験としては不自然に思われますが、その理由は何ですか？

更に 1 年間で計画していた実験は全て終了したと言うことで OICETS は本来の目的からは既に不要となったと言うことでしょうか？  
或いは後期段階運用ではどのような作業が行われ、またどのような成果が期待できるのでしょうか？

【資料の該当箇所】 推進 3-3-3 10、12 ページ

【回答者】 JAXA

【回答内容】

OICETS の設計寿命は軌道上 1 年と規定されていたため、ARTEMIS が打ちあがった平成 13 年 7 月時点では、ARTEMIS 軌道上初期チェックアウトが終了する平成 13 年度冬期に OICETS を打ち上

げる計画で開発を進めており、平成 13 年度末に衛星開発が終了しました。しかしながら、ARTEMIS の静止衛星軌道投入の大幅遅延が明らかになったため、平成 13 年 8 月の宇宙開発委員会にて、当面 OICETS の打上げを見合わせる事となりました。

ARTEMIS 静止化の見通しが立った平成 14 年 8 月に、平成 17 年度打ち上げを目標とした見直し要望を提案しました。平成 16 年 12 月の宇宙開発委員会にて、平成 17 年度の打上げを目指すことが了承されました。これにより共同実験の実施は ARTEMIS 静止化から 2 年後となりました。

当初計画した OICETS の光衛星間通信実験は 1 年間で全て終了しました。本来の目的は達成しましたが、平成 18 年 10 月以降の後期利用段階においては、主に衛星バス機器の軌道上データ取得・評価を実施しております。推進部会資料: 推進 3-3-3「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」の 18 頁に記載しておりますが、機構部品であり、過去様々な不具合で出ているリアクションホイールの軌道上環境下における経年劣化データの取得・評価を継続して実施しております。

また、同じく推進部会資料: 推進 3-3-3「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」の 24 頁に記載しておりますが、NICT 及び DLR から光衛星間通信機器を用いた衛星と光地上局間の追加実験要望があり、平成 18 年 3 月、5 月、6 月及び 9 月に実施しました。これらの実験で得られた大気ゆらぎデータ等は、衛星と光地上局との通信の実現性に向けた対策や検討に貢献しました。