

5 OICETS を使用したレーザー通信実験の国際キャンペーン

5 *International Campaign of Laser Communication Experiments using OICETS*

5-1 GOLCE の概要

5-1 *GOLCE Overview*

高山佳久 豊嶋守生

TAKAYAMA Yoshihisa and TOYOSHIMA Morio

要旨

2008 年～2009 年に衛星 OICETS と地上局との間で実施した光通信実験 (Ground-to-OICETS Laser Communications Experiments: GOLCE) の概要を述べる。

The Ground-to-OICETS Laser Communications Experiments, GOLCE, that was carried out in 2008 and 2009 is introduced.

[キーワード]

宇宙光通信, 衛星-地上, OICETS, GOLCE

Space laser communications, Satellite-ground, OICETS, GOLCE

1 まえがき

2006 年 9 月の OICETS の定常運用終了に伴い、JAXA の地上設備から一部の実験運用機能が取り除かれた。しかしその後、NICT が実験に必要な機能の再構築と衛星の実験運用を担うことを JAXA と合意し、2008 年 10 月、OICETS と NICT 光地上局とによる通信実験が JAXA との協力に基づいて再開された。2009 年 4 月からは、OICETS と JPL、DLR、ESA および NICT がそれぞれ保有する光地上局を用いた国際共同実験が始まり、同年 9 月末までに全ての機関が衛星との光通信実験に成功した [1]。図 1 に示す実験スケジュールのうち、2008 年以降の実験を Ground-to-OICETS Laser Communication Experiments (GOLCE) と呼び、その成果は 2010 年 5 月に OICETS との実験に関わった機関が会する国際ワークショップにおいて各機関の測定

データおよびその解析結果などの共有が図られた [2]。以下にその概要を述べる。

2 OICETS-地上局間光通信実験

NICT による OICETS の実験運用に必要な機能の再構築および作業者の操作訓練を 2009 年 9 月のうちに終え、OICETS に搭載した光通信装置 (LUCE) の軌道上での性能確認を実施した。確認項目は、恒星を利用した LUCE のオープンポインティング精度、粗追尾センサの雑音特性、および送受信光軸のアライメントである。2005 年に実施した OICETS の機能確認結果と比較したところ、幾分の劣化が見られた。しかしこれは、実験に支障がない程度と判断し、再開後最初の衛星-地上局間光通信実験を 2008 年 10 月 21 日に実施した。

OICETS との衛星-地上局間光通信実験は、

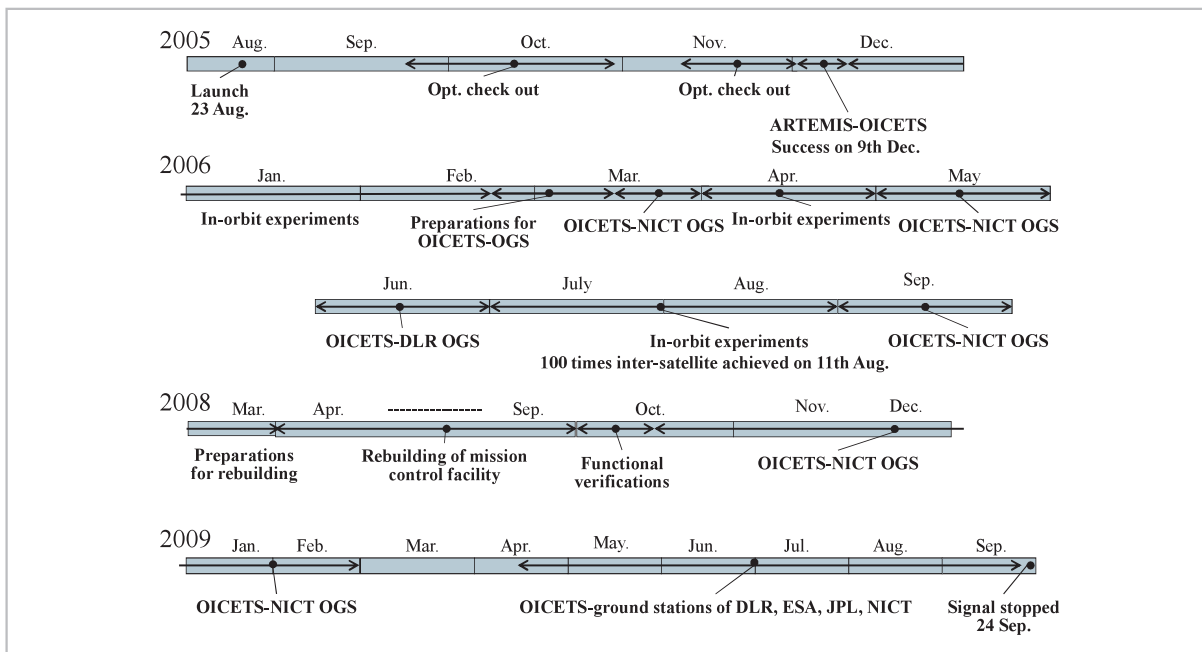


図 1 OICETS の実験スケジュール

表 1 OICETS との実験回数

	NICT	JPL	DLR	ESA
Planning times	10	7 (3 cancelled)	10	9 (1 cancelled)
Link times	2	4	5	8

2008年10月から2009年2月の間にNICTの光地上局を用いて行われた。また、2009年4月から2009年9月の間には、DLR、ESA、JPLおよびNICTの4機関が保有する光地上局をそれぞれ用いてOICETSとの光通信を行う国際共同実験に発展した。表1に、2009年4月から9月の実験について、計画の立案数と光リンクの形成に至った回数を示す。各機関にはそれぞれ、10回の実験が計画され、雲や雨などの天候の影響を受けない場合には、全て光通信の実施に成功した。同じ衛星を相手として異なる環境に置かれた複数の光地上局が実験を行うことで、大気が伝搬光に与える影響を評価する貴重なデータを取得できた。

3 国際ワークショップの開催

スペインのカナリア諸島にあるテネリフェ島、パラドールホテルにおいてワークショップ GOL-



図 2 ワークショップ GOLCE2010

CE 2010 (International Workshop on Ground-to-OICETS Laser Communications Experiments 2010) が開催された [2]。本ワークショップでは、2006年3月に実施した光衛星間通信実

験衛星（OICETS）による低軌道衛星-地上局間の光通信実験から、2009年9月までに実施したDLR、ESA、JPLおよびNICTとの国際共同実験について、研究成果の発表と情報交換が行われた。レーザー光の大気伝搬に関する解析に加え、衛星-地上間のコヒーレント光通信の成功、補償光学の適用など、最新の研究成果も発表された。タイトル写真を図2、集合写真を図3およびプログ

ラムを表2に示す。

会議期間は2010年5月13～15日である。6カ国（スイス、ドイツ、オランダ、アメリカ、スペインおよび日本）から33名が参加し、22件の発表が行われた。これは宇宙光通信の相互接続運用を目指して始まった宇宙機関の技術標準化会合においても、検討に用いられる貴重な成果となった。



図3 集合写真

表2 GOLCE 2010 Program

13 th May, 2010 (1 st Day)
Opening Session 〈Session Chair: R. Suzuki, NICT (Japan)〉 ◆ Opening Address - N. Kadowaki, NICT (Japan) ◆ Opening Address - C. Stavriniadis, ESA (Netherlands)
Plenary Session I 〈Session Chair: N. Kadowaki, NICT (Japan)〉 GOLCE2010-01 An Overview of Current Programs and Future Plans for NASA's Optical Communication Capability J. Rush, NASA Space Communication & Navigation Systems Planning Division (USA) GOLCE2010-02 Status of Lasercom Technology Development at JPL H. Hemmati, NASA JPL (USA) GOLCE2010-03 ESA's Activities in Optical Communications and Quantum Entanglement B. Furch, Z. Sodnik, J. Perdignes (TEC-MMO), ESA ESTEC (Netherlands)

<p>Plenary Session II 〈Session Chair: H. Hemmati, JPL (USA)〉 GOLCE2010-04 Investigation of Optical Ground Station Networks for Small LEO Missions D. Giggenbach, DLR Institute of Communications and Navigation (Germany) GOLCE2010-05 Laser Communication Terminal, TDP-1 and EDRS, LEO-GEO Optical Data Relay Networks M. Lutzer, DLR (Germany) GOLCE2010-06 TESAT LCTs LEO-LEO LEO-OGS LEO-GEO Data Links F. Heine, U. Sterr, Tesat-Spacecom GmbH & Co.KG (Germany) GOLCE2010-07 TESAT LCT for the EDRS F. Heine, U. Sterr, Tesat-Spacecom GmbH & Co.KG (Germany) GOLCE2010-08 Joint United States-Germany Satellite Laser Communications Project: NFIRE-to-TerraSAR-X ISLs and NFIRE-to-Ground SGLs C. Lunde, R. Fields, R. Wong, J. Wicker, D. Kozlowski, The Aerospace Corporation (USA); J. Skoog, General Dynamics-AIS (USA); G. Muehlnikel, Tesat-Spacecom (Germany); J. Hartmann, General Dynamics-AIS (USA); U. Sterr, ST2C (Germany); M. Lutzer, DLR-Bonn (Germany)</p>
<p>Technical Session I 〈Session Chair: D. Giggenbach, DLR (Germany)〉 GOLCE2010-09 Development of Optical Inter-orbit Communications Engineering Test Satellite (OICETS) T. Jono, JAXA (Japan) GOLCE2010-10 Rebuilding and Operations of Ground Functions for OICETS-OGS Experiments Y. Takayama, M. Toyoshima, NICT (Japan); S. Yamakawa, JAXA (Japan); N. Kura, Space Engineering Development Co., Ltd. (Japan) GOLCE2010-11 Comparison of the Data Received by OICETS Y. Koyama, M. Toyoshima, Y. Takayama, Y. Shoji, H. Takenaka, NICT (Japan) GOLCE2010-12 Preliminary Analysis of OICETS to OGS Downlink A. Alonso, IAC (Spain); Zoran Sodnik, J. Perdignes, ESA ESTEC (Netherlands)</p>
<p>Technical Session II 〈Session Chair: Z. Sodnik, ESA ESTEC (Netherlands)〉 GOLCE2010-13 OCTL Planning, Tests and Operations for the Bi-directional Link to the OICETS K. E. Wilson, J. Kovalik, A. Biswas, M. Wright, W. T. Roberts, NASA JPL (USA); Y. Takayama, NICT (Japan); S. Yamakawa, JAXA (Japan) GOLCE2010-14 KIODO 2009: Trials and Analysis F. Moll, DLR Institute of Communications and Navigation (Germany) GOLCE2010-15 Study of Fiber Coupling Efficiency for Ground-to-Satellite Laser Communication Links Using OICETS H. Takenaka, M. Toyoshima, NICT (Japan) GOLCE2010-16 Results of the KODEN Experiments and Invitation to the Common Analysis Campaign M. Toyoshima, H. Takenaka, Y. Shoji, Y. Takayama, Y. Koyama, NICT (Japan) GOLCE2010-17 Optical Space Communications in ITU and CCSDS T. Mukai, JAXA Consolidated Space Tracking and Data Acquisition Department (Japan)</p>
<p>14th May, 2010 (2nd Day)</p>
<p>Plenary Session III 〈Session Chair: R. Suzuki, NICT (Japan)〉 GOLCE2010-18 JAXA's Future Plan in Optical Space Communications Technology - Activities beyond OICETS - S. Yamakawa, T. Hanada, H. Kohata, Y. Fujiwara, JAXA Space Application Program - System Engineering Office (Japan)</p>

GOLCE2010-19

R&D on Deep-space Link Experiments
T. Dreischer, RUAG Space Ltd, Switzerland

GOLCE2010-20

Adaptive Optics for Optical Satellite Downlinks
M. Knappek, DLR Institute of Communications and Navigation (Germany)

GOLCE2010-21

A Miniature Adaptive Optics System for the ESA OGS
D. Soltau, Kiepenheuer Institute for Solar Physics (Germany)

GOLCE2010-22

Adaptive Optics and ESA's Optical Ground Station
Z. Sodnik, ESA (Netherlands); R. Czichy, Synopta GmbH (Switzerland);
D. Soltau, T. Berkefeld, Kiepenheuer Institute for Solar Physics (Germany)

◆ Concluding Remarks - R. Suzuki, NICT (Japan)

4 むすび

本稿では、2008年以降に衛星 OICETS と地上局間で行った光通信実験 GOLCE の概要およびその成果を共有する国際ワークショップについて紹介した。今後、光通信を行う衛星が打ち上げられた場合には、GOLCE と同様に連携を図った共同実験が行われることを期待したい。

謝辞

OICETS との衛星-地上局間光通信実験は宇宙航空研究開発機構との共同研究により実施した。また、OICETS の実験運用を行う機能の再構築は、宇宙技術開発株式会社、日本電気株式会社、富士通株式会社、ソラン株式会社の多大なご協力により達成できたものである。ここに深く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1 高山佳久, 豊嶋守生, 竹中秀樹, 門脇直人, “衛星光通信の現状と展望,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No. 11, pp. 1443-1451, 2011.
- 2 豊嶋守生, 高山佳久, “宇宙光通信の動向—国際ワークショップ GOLCE2010 を中心に—,” 電子情報通信学会技術研究報告, OPE2010-26, 2010-27, pp. 21-26, 2010.

(平成 24 年 3 月 14 日 採録)



たかやま よしひさ

高山佳久

ワイヤレスネットワーク研究所
宇宙通信システム研究室主任研究員
博士 (工学)
非線形光学、位相共役光学、フォト
ニック結晶、電磁波解析、宇宙光通信
takayama@nict.go.jp



とよしま もりお

豊嶋守生

ワイヤレスネットワーク研究所
宇宙通信システム研究室室長
博士 (工学)
衛星通信、大気ゆらぎ、レーザ通信、
量子暗号
morio@nict.go.jp