

CCSDS で始まった光通信の議論について

向井達也¹、高山佳久²、倉伸宏³、ニコラスペルロット⁴

¹独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 統合追跡ネットワーク技術部
茨城県 つくば市 千現2-1-1 筑波宇宙センター

²独立行政法人 情報通信研究開発機構 宇宙通信ネットワークグループ
東京都 小金井市 貫井北町4-2-1

³宇宙技術開発株式会社 第二事業部 衛星技術部 システム技術グループ
茨城県 つくば市 竹園1-12-2

⁴ドイツ航空宇宙センター 通信航法研究所 デジタルネットワーク 光宇宙通信グループ
ドイツ ヴェスリング オーバプファッフェンホーフェン ミュンヒナー通 20 82234

mukai.tatsuya@jaxa.jp, takayama@nict.go.jp, kura.nobuhiro@sed.co.jp, Nicolas.Perlot@dlr.de

1. はじめに

宇宙用データ通信諮問委員会(CCSDS)では、無線通信を利用した宇宙ネットワークの議論がなされてきた。そして最近、光通信の研究グループが、CCSDSにおいて設立された。これは、光通信技術には、多くの利点があり重要な開発や実証を経て成熟したからである。^[1]

機関間相互運用会合(IOAG)^[2]では、宇宙ネットワークのシナリオも、宇宙ネットワーク戦略グループ(Space Internetworking Strategy Group : SISG)内にて議論がされてきた。この SISG とは別の専門研究グループが、光通信研究グループ(OLSG)であり、光通信が利用される運用シナリオの検討が開始された。

尚、前月号で紹介した「宇宙機関が活動する国際会合について」に続いて、最近、CCSDSにて議論が始まった光通信について、開発と実証の歴史を振り返りながら、この特集では、紹介する。

2. 光衛星間リンク

2. 1. ESA/CNES 共同プログラム

1991年頃、欧州宇宙機関(ESA)とフランス国立宇宙研究センター(CNES)による0.8 μ m帯を使用した光衛星間通信の共同プログラムが開始された。このプログラムをSILEX(Semi-conductor Inter-Satellite Link Experiment)プログラムと呼ぶ。このプログラムは、ESAの先端型データ中継衛星(Advanced data Relay Technology Mission Satellite : ARTEMIS)とCNESのSPOT-4(Satellite Probatoire d'Observation de la Terre 4)と呼ぶ周回衛星から構成され、両衛星には、光通信ターミナルが搭載されていた。ARTEMISのターミナルをOPALE(Optical Payload

for inter Satellite Link Experiment)、SPOT-4のそれをPASTEL(PASsengerTelecom)と呼ぶ。^{[3][4]}

ARTEMISとSPOT-4の衛星間リンクは、ARTEMISからの光フォワードビーコンをSPOT-4が受信した後、SPOT-4から光リターンリンク(50Mbps)を送信し、ARTEMISにより、光リターン信号を復調後、Kaバンドにより地上のフィーダリンク局に向けてリターンデータを送信することにより、検証され成功を収めた。^[5]

2. 2. JAXA/ESA 共同プログラム

1995年頃、SILEXプログラムに続いて光衛星間通信に関する日本の通信ターミナルの開発が開始され、欧州宇宙機関(ESA)のARTEMISとの共同プログラムとなった。宇宙航空研究開発機構(JAXA)が、日本電気(NEC)と開発した周回実験衛星をOptical Inter-Orbit Communications Engineering Test Satellite : OICETS(Kirari)と呼ぶ。^[6]

ARTEMISとSPOT-4間の光通信とは異なりOICETSは、ARTEMISからのフォワービーコン受信後、光リターンリンク(50Mbps)を送信することに加えて光フォワードリンク(2Mbps)を受信する機能も備えていた。この両リンクのデータ伝送の成功は、宇宙における光通信の適用の可能性を広げた。^{[7][8]}

さらにOICETSは、慣性空間に衛星姿勢を固定しながら地球局へ向け光直接リンクを形成する別機能を備えていた。これは次項で紹介する。^[9]

3. 国際協力による光周回- 地上リンク

光衛星間通信実験の成功に続いて 2006 年以降に世界中の複数の機関(ESA,DLR,JPL 及び NICT)が、光直接リンクの実験を実施するために JAXA との合意文書に署名した。光地球局は、世界(カナリア諸島(スペイン領)、ミュンヘン(ドイツ)、カルフォルニア(米国)及び東京(日本))の異なる4箇所に分散し、そして宇宙と地上間における大気影響の地域特性を取得する機会を提供した。この観点で、それは、光通信の可能性の道を切り開く実験と実証であった。各機関は、計画に基づき実験を実施し、大気特性の取得を含め光通信の確立を成功させた。^[9]

4. 新たな光通信機器の到来

0.8 μ m 帯の通信実験に続き 1.064 μ m で送信し運用するレーザー通信ターミナル(LCT)が、Tesat-Spacecom 社により製造されドイツの周回衛星 TerraSAR-X に搭載された。この衛星と地球局間の光通信が、実施され成功した。さらに、この衛星と NFIRE 衛星間の 5.6Gbps の光衛星間通信も成功した。欧州では、ESA が EDRS と ALPHASAT プログラムを計画しており EDRS は、ARTEMIS に続く将来のデータ中継衛星を提供し Tesat-Spacecom 社が開発した光ターミナルを使用するであろう。^[10]

5. 宇宙機関の国際会合

この欧州と日本における光通信の開発と実証の歴史的な背景の後、IOAG の宇宙ネットワーク戦略グループ(Space Internetworking Strategy Group : SISG)の研究結果に基づき光通信のグループを含めた複数の新たな作業グループが、CCSDS 内に設置された。^{[1][2]}

CCSDS における光通信に関するグループは、DLR 代表の N.Perlot 氏を議長とし Optical Coding and Modulation (OCM)と名付けられた。これ迄、3回の会合を開催し、第1回会合をオランダの ESA/ESTEC、第2回会合を米国(ポーツマス)、第3回会合をイギリス(ロンドン)で開催している。この会合に参加した宇宙機関は、主に CNES,DLR,ESA,JAXA 及び NASA である。^[1]

この会合での当該グループ名は、Coding and Modulation であるが将来は、変更になるかもしれない。研究範囲を抑える為に、JAXA と DLR により、まず運用概念を定義した上で使用技術や提供サービスを議論することが提案された。^[1]

このグループの議論では、提案されている波長帯は、主に 1064nm 及び 1550nm である。シナリオは、日本、欧州、米国の宇宙機関に支援さ

れている衛星間リンク及び直接リンク、NASA 及び DLR により支援される深宇宙リンクに分類されている。^[1]

CCSDS におけるこの活動を踏まえて IOAG では、光リンク研究グループ(Optical Link Study Group : OLSG)が設置された。このグループでは、CNES(フランス)及び ASI(イタリア)といった他の宇宙機関が、欧州における DLR(ドイツ)や ESA に加えて、このグループに参観することを表明した。^[2]

6. まとめ

以上紹介した様に、成功を収めた実証の結果として、光通信の利用を想定し運用要求の定義や技術標準の検討が、宇宙機関の間で進められている。

成功を収めた実証を信頼することに加えて、システム改善の調査を進めることが重要である。特に、大気伝播に関する緩和技術を開発すれば、将来の標準を改善することができる。このためには、世界の多くの場所で実施された OICETS 実験の伝送路計測が、宇宙機関により CCSDS で議論されている将来の運用シナリオに貢献をするであろう。

7. 参考文献

- [1]Consultative Committee for Space Data Systems
<http://public.ccsds.org/>
- [2]Interagency Operations Advisory Group
<https://www.ioag.org>
- [3]Optical Communications in space
- 20 Years of ESA's Effort
<http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet91/b911utz.htm>
- [4]SILEX:The First European Optical Communication Terminal in Orbit
T.Tolker-Nielsen DRTM Programme Office, ESA Directorate for Applications Programmes, ESTEC, Noordwijk, the Netherlands, J-C,Guillen Matra Marconi Space France, Toulouse
- [5]In Orbit test result of an Operational Optical Intersatellite Link between ARTEMIS and SPOT4,SILEX Toni Tolker-Neilsen, Gotthard Oppenhaeuser ESA,European Space Technology Center, Noordwijk, The Netherlands
- [6]"OICETS on-orbit laser communication experiments", Proc. SPIE, 6105, pp. 610503-1-610503-11, 2006 T. Jono, Y. Takayama, N. Kura, K. Ohinata, Y. Koyama, K. Shiratama, Z. Sodnik, B. Demellenne, A. Bird and K. Arai,
- [7]"Demonstrations of ARTEMIS-OICETS

Inter-Satellite Laser Communications", AIAA 24th International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC), AIAA-2006-5461, 1355, pp. 1-7, 2006. T. Jono, Y. Takayama, K. Ohinata, N. Kura, Y. Koyama, K. Arai, K. Shiratama, Z. Sodnik, A. Bird, B. Demelenne,

[8] "Observation of atmospheric influence on OICETS inter-orbit laser communication demonstrations", Proc SPIE 6709, 67091B-1-67091B-9, 2007. Y. Takayama, T. Jono, Y. Koyama, N. Kura, K. Shiratama, B. Demelenne, Z. Sodnik, A. Bird,

[9]"Results of the Optical Downlink Experiment KIODO from OICETS Satellite to Optical Ground Station Oberpfaffenhofen (OGS-OP)", Proc. SPIE, 6457, pp. 645704-1-645704-8, 2007. N. Perlot, M. Knapek, D. Giggenbach, J. Horwath, M. Brechtelsbauer, Y. Takayama, T. Jono,

[10]TESAT LASER COMMUNICATION TERMINAL PERFORMANCE RESULTS ON 5.6GBIT COHERENT INTER SATELLITE AND SATELLITE TO GROUND LINKS
M.Gregory¹, F.Heine¹, H.Kaempfer¹, R. Meyer², R.Field³, C.Lunde³
¹Tesat Spacecom, Germany, ²DLR,Germany.
³Aerospace,USA

8. 著者について

1. 向井 達也

1998 年 旧宇宙開発事業団(NASDA)に入社し、光通信間通信実験衛星(OICETS)実験地上システムの開発、超高速インターネット衛星(WINDS)システムの開発に従事。その後、周波数管理の業務を経て、再度、OICETS 実験地上システムの開発に従事し、データ中継技術衛星(DRTS)の運用調整業務にも従事している。また、2003 年頃より、ITU、SFCG に、2007 年頃より IOAG、CCSDS の活動に参加している。

2. 高山 佳久

1999 年に情報通信研究開発機構(NICT)に入所。2004 年に宇宙航空研究開発機構(JAXA)に異動し OICETS 光通信実験を実施。2007 年に NICT へ戻り現在の研究を、位相共役光学、フォトニック結晶、電磁波解析、宇宙光通信を範囲としている。

3. 倉 伸宏

1990 年に宇宙技術開発株式会社(SED)に入社し、ETS-VI、ADEOS 等の地上システムの開発に従事。2001 年から 2002 年にかけて旧宇宙開発事業団(NASDA)に異動し、OICETS 実験地上システムの開発に従事。2004 年に宇宙航空研究開発機構(JAXA)に異動し、OICETS 光通信実験に従事し、2007 年に

SED へ戻る。

4. ニコラス ペルロット

2002 年にドイツ航空宇宙センター(DLR)に入所し、DLR では、光大気通信路に関する博士論文を仕上げた。現在の研究は、自由空間レーザ通信と任意媒質中の伝播を範囲とし、CCSDS での光宇宙通信に関する国際調整に従事している。