

# 衛星間光通信実験の概要とレーザレーダ適用技術

## Inter-Satellites Optical Communication Experiment and its Component Technology Applicable to Laser Radar in Space

國森裕生、小山義貞 Hiroo Kunimori, Yoshisada Koyama

情報通信研究機構・本郷次世代 LEO リサーチセンター

Next Generation LEO System Research Center,

National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

### Abstract

Acquisition, Tracking and Pointing (AT&P) experiments using two small satellites for inter-satellites optical communication are outlined. Among optical terminal technology being under development, subsystem and components applicable to space based laser radar and ranging are discussed including AT&P mechanism, Transmission/Receive separation, and ranging mode configuration for co-located a future mission between communication and laser ranging.

### 1 はじめに

衛星搭載レーザレーダには、これまで地球軌道で地球（地表、雲）を対象にしたライダーや月軌道で月・惑星の表面を対象にしたレーザ高度計などの実施例がある[1][2]。レーザ通信・測距を含む衛星間のアプリケーションが月惑星サイエンスを支える技術課題として取り上げられるようになってきた。

情報通信研究機構（NICT）本郷次世代 LEO リサーチセンター（NeLS）では、低軌道周回衛星群を用いたグローバルマルチメディア移動体衛星通信技術の研究開発を平成 9 年度から 10 年間のプロジェクトとして行っており、平成 14 年度からのフェーズ 2 では、2.5Gbps 級の大容量衛星間光通信のための搭載機器の開発を進めている。計画では、100kg 級の小型衛星（SmartSAT1ab）バスで、静止トランスファ軌道上の 2 機の距離 500km から 3000km 間の光宇宙通信のための捕捉追尾をおこなう<sup>[3][4][5]</sup>。ここでは、将来のレーザレーダミッションに資するため、光通信ミッションで実現している搭載機器の構成、機能を紹介し、レーザレーダに適用可能な技術と課題について述べる。

### 2 実験コンフィグレーションと光学デザイン

光ターミナルの全体概観と光学系ブロック図を Fig. 1, 2 に示す。光ターミナルは、粗捕捉追尾機構部（CPM）、光アンテナ（OPT-ANT）、精捕捉追尾機構（FPM）、光行差補正機構（PAM）など通信リンクを成立、維持させるための捕捉追尾系（AT&P）と送受信の通信チャンネル（OPT-TX,RX）が一体となり構成されている。CPM は 2 軸ジンバル上の平面鏡の組で、相手側ビーコン光を OPT - ANT を通じエリアセンサー（QD:4 分割検知器、視野 0.4 度）に導き、ジンバル駆動をサーボ制御し視野中央に引き込む。ビーコン光の波長は、800nm（または 980nm）で、太陽光の反射光でも十分な光量があればよい。OPT-ANT は、100mm、倍率 20 のカセグレン式望遠鏡をビーコンおよび通信の送受信チャンネルで共用し、各チャンネルの検知器、送信レーザへのパスはすべて波長ごとにダイクロイックミラー等で分離される。なお主要ミラーの材質は軽量 SiC を

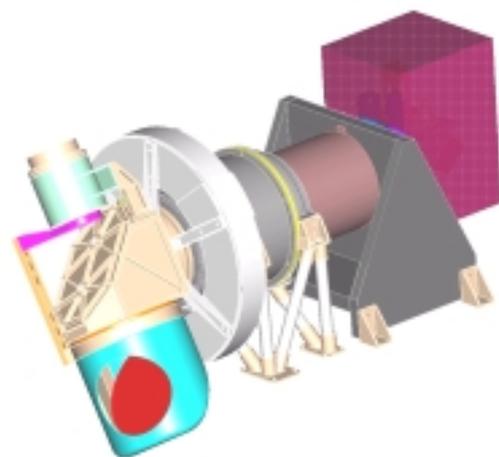


Fig.1 Schematic view of optical terminal

採用している。FPM では、通信波長帯（送/受 1560nm/1540nm）の受信光の一部を InGaAs-QD で受信し（視野 400  $\mu$ rad）FPM をサーボステアリングしビームを視野中心に保持する。また、送信ビームは PAM を通じて光アンテナに導かれるが、その一部は同じく InGaAs-QD でモニターされるとともに、光行差の角度オフセットでサーボ制御をおこな

う。通信チャンネルは送受信とも光ファイバーでカップルされ、それぞれシングルモード光ファイバーアンプで送受信される。光ターミナルの重量は 40kg、消費電力は 120W である。

### 3 衛星搭載レーザ測距の技術

衛星間光通信ターミナルで光学系を共用しながら各要素技術をレーザ測距に適用するには特有の技術課題がある。

#### 3.1 捕捉追尾

衛星ターゲットがビーコンをもつ衛星間光通信機器で達成している AT&P 技術はそのまま衛星レーザ測距で適応できる。オプションとして、ターゲットがパッシブな反射体の場合、太陽光 (Passive-Passive) もしくは送信光の CCR 逆反射を利用した光学追尾技術 (Passive-Active 追尾) は次項の課題が加わるものの、地上での実績がある。搭載レーザのパワー、ターゲット光学断面積とセンサー感度が主要なトレードパラメータとなる。

#### 3.2 送受信の分離

通常、レーザレーダにおいて送信光のターゲット反射光を使うため同一波長の送受信の分離機構が不可欠である。これには、レーザをパルス化し時間ゲートをかけて受信光を検出する方法が一般的である。また、受信と同一の望遠鏡を送信に使用する場合には、機械的または光学的シャッターを使用する必要があり、上記パルスと組み合わせれば十分な送受信消光比を得る。一方、ターゲット側が通信モードの一つとして折り返しのトランスポンダー機能を持つと、CW においても波長による送受信分離が可能になる。仕様による増幅機能により空間ロス を  $1/R^{*4}$  から  $1/R^{*2}$  (R:距離) と大幅に軽減することができ、測定距離の長大化またはシステムの小型化を実現できる。

#### 3.3 測距モード

測距システムを通信と完全に独立することを含め、通信と測距を部分的に共用した測距モードにはいくつかオプションがある。ビーコン光を kHz オーダの繰り返しパルスとし利用する方法は、ターゲットが反射体の場合に利用できる。この場合、信号を kHz で動作する EventTIMER を利用できる<sup>[6]</sup>。また、通信 CW レーザの PN 変調信号の相関法は通信系との親和性が高い。いずれも、測距精度、探知距離、レーザパワー、反射体 (またはトランスポンダ) 能力のパラメータが主要トレードパラメータとなる。

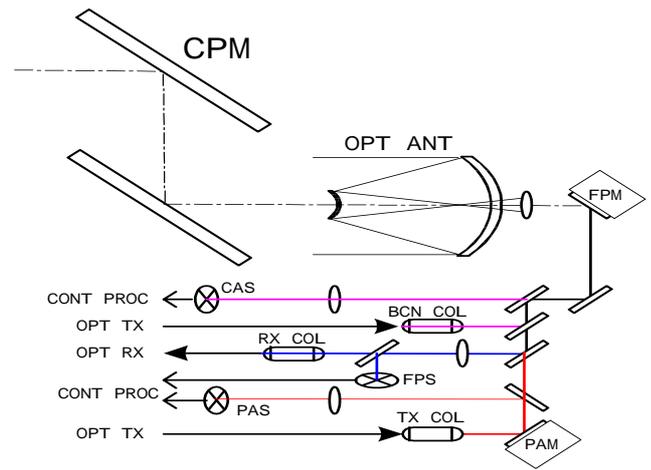


Fig2 Optical block diagram

### References :

[1]田澤誠一他:第20回天文学に関する技術シンポジウム,20- 25、2000

[2] <http://www.miz.nao.ac.jp/RISE/intro/html/ja/lalt.html>

[3]Y.Koyama, E.Morikawa, K.Shiratama, R.Suzuki, Y.Yasuda, " Optical terminal for NELS in-orbit demonstration", Proceeding of SPIE, Vol.5338,pp.20-36.,2004

[4]K. Fukuzawa, N. Abe, S. Nakamura, R. Suzuki and S. Kimura, "100-300KG CLASS SATELLITE STANDARD BUS SYSTEM DESIGN AND APPLICATIONS", 21th International Communications Satellite Systems Conference and Exhibit, AIAA-2003-2311, Yokohama, Japan, 15-19 April 2003.

[5]Y.Koyama, E.Morikawa, S.Motoyoshi, M.Ohkawa, H.Watanabe and Y.Yasuda, " Space Demonstration Experiments Plan of a Next Generation LEO System for Global Multimedia Mobile Satellite Communication", 54th IAC, M.4.02, Sept.29-Oct.3, 2003.

[6]Karel Hamal, Ivan Prochazka ,PORTABLE PICO EVENT TIMER 2k, 14th International Workshop on Laser Ranging, San Fernando, Spain, June ,2004