

# 高精度衛星間レーザ測距送受信機の開発

## Development of a high accuracy intersatellite laser ranging transmitter-receiver for Quasi-Zenith Satellite System

加瀬 貞二, 村田 茂, 小野澤 完  
T.Kase, S.Murata, T.Onozawa  
NEC 誘導光電事業部  
NEC Corporation

石島 義之, 山元 透, 河野 功  
Y.Ishijima, T.Yamamoto, I.Kawano  
宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency

**ABSTRACT** We report some features of an experimental system for a high accuracy intersatellite laser ranging transmitter-receiver. Overall ranging error needs to be less than 10cm according to the link analysis implemented for the system. A short pulsed Qsw laser oscillator is required for realizing the ranging accuracy. We realized a LD pumped monolithic pulsed laser with an energy of 17mJ at 1.1 ns pulse duration.

### 1. はじめに

高精度衛星間測距送受信機は、人工衛星の軌道決定高精度化に関連して、衛星コンステレーションにおける複数衛星間の距離を高精度に計測することを目的としており、衛星間の精密時刻同期、地殻変動監視及び精密測量などの衛星測位技術利用に寄与することが期待されている [1]。

レーザの衛星搭載利用は、近年開発が盛んであり、国内衛星で初めて小惑星探査機 “はやぶさ” にレーザ測距装置が搭載され、目的の小惑星へ向けてフライト中である [2],[3]。また、月周回衛星(SELENE)に搭載予定のレーザ高度計についても開発が進んでいる [4]。

一方、長距離レーザ測距技術では、地上から衛星までの距離をピコ秒のパルスレーザを用いて 1cm 以下 (シングルショット RMS ; LAGEOS 測距時) の精度で計測し、衛星の軌道決定に利用されている [5]。

このように、衛星間測距に必要な搭載用レーザや長距離測距に関わるレーザ技術の開発が進む中、これらの技術を集約した衛星間レーザ測距送受信機の検討が進められている。

### 2. 高精度衛星間レーザ測距送受信機

本装置はレーザにより対象衛星を追尾しながら高精度に衛星間の距離を計測する。その計測レンジは 1,000km ~ 50,000km という広いダイナミックレンジを有する。測距方式は、コーナキューブリフレクタからの反射光を用いる 2way 方式ではなく、レーザ及び光学系の小型化を考慮した 1way 方式を採用した。(Figure -1)

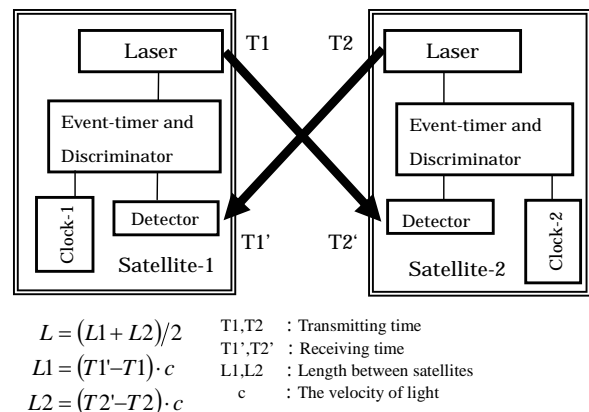


Figure -1 1way ranging block diagram

距離計測性能は、ランダム誤差 5cm 以下、バイアス誤差 5cm 以下を、地上用装置で実績のあるディスクリミネータとイベントタイマを搭載用部品で構成し、さらにレーザの短パルス化を図ることで実現する。

Table -1 に衛星間レーザ測距送受信機の主要性能を示す。

Table -1 Specifications of an intersatellite laser ranging transmitter-receiver

Range	1,000 – 50,000 km
Ranging error	
• Random	<5cm(1σ)
• Bias	<5cm
Repetition rate	>1 Hz

構成は、熱歪の影響を考慮しレーザや光学系を含むレーザ送受信部を衛星構体外に設置し、レーザ送受信部の制御と衛星システムとデータインタフェースを担う電子回路部を衛星構体内に設置する 2 ユニットとした。

Figure -2 に衛星間レーザ測距送受信機の機能ブロック図を示す。

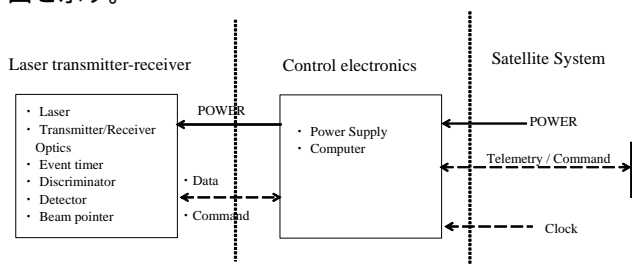


Figure -2 Functional block diagram of an intersatellite laser ranging transmitter-receiver

### 3. 15MWパッシブQ-SW モノリシックレーザの開発

本装置のレーザには、小型・軽量、低消費電力、長寿命、振動/衝撃耐性などが要求される。モノリシック Nd:YAG レーザはその構成から、衛星搭載用としての条件が備わっている。

Figure -3.にモノリシック Nd:YAG レーザの構成を示す。Q-sw 素子には Cr:YAG を使用し、Nd:YAG とボンディングさせて両端面にコーティングを施しモノリシックの共振器を構成する。

この一体化された結晶の両端面の、片方には部分反射コート、もう片方には全反射コートを施す。部分反射コートはレーザの出力カプラーとなり、その面からレーザが出射する。

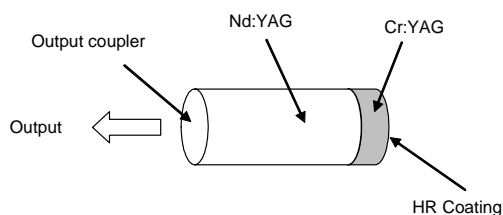


Figure -3 Configuration of monolithic resonator

Table -2、Figure -4に開発したモノリシックレーザの出力特性を示す。

Table -2 Laser Characteristics

Wavelength ( $\lambda$ )	1.064 $\mu\text{m}$
Output energy	17 mJ/pulse
Pulse width (FWHM)	1.1 nsec
Pulse repetition rate	10 Hz

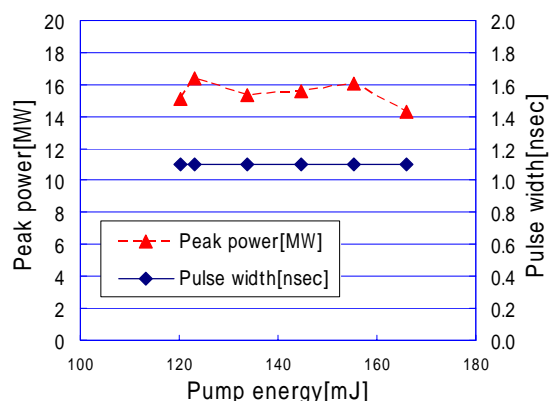


Figure -4 Input/Output characteristics at 10Hz

### 4. まとめ

高精度衛星間レーザ測距送受信機の検討を行い、回線設計からレーザを含めた各コンポーネントに要求される機能・性能をまとめた。距離計測性能は、ランダム誤差 5cm 以下、バイアス誤差 5cm 以下の実現に目処をつけ、高精度衛星間測距に必要なパルス幅 1.1nsec、パルスエネルギー 17mJ、ピークパワー 15MW のモノリシックレーザを開発した。

#### 文献

- [1] 小暮聡, 河野功 “準天頂衛星システムによる高精度測位実験計画” 電気情報通信学会誌 Vol.87 No.5 pp.407-411 2004年5月
- [2] 水野貴秀, 奥村英輔, 津野克彦 “MUSES-C用レーザ航法センサ” 第45回宇宙科学技術連合講演会 01-2A18 2001年10月
- [3] T.Hashimoto, T.Kubota, T.Mizuno, "Light Weight sensors for the autonomous asteroid landing of MUSES-C mission", Acta Astronautica 52(2003) pp.381-388
- [4] T. Tsubokawa, H. Araki, S. Tazawa, K. Asari, and N. Kawano, "Development of Laser Altimeter (LALT) on Board of SELENE orbiter", Proc. of the 23rd International Symposium of Space Technology and Sciences, 1986-1991, 2002
- [5] M.Sawabe, T.Uchimura, A.Suzuki, S.Murata, Y.Matsuoka, T.Oldham, and J.Maloney, "Overview of GUTS SLR station" 14th International Laser Ranging Workshop, June 2004