

## 宇宙機搭載用ランデブレーザセンサの開発

### Development of the Navigation Laser Sensor for Spacecraft Rendezvous Missions

加瀬 貞二, 山下 敏明, 村田 茂

T.Kase, T.Yamashita, S.Murata

日本電気株式会社

NEC Corporation

山元 透, 石島 義之, 巳谷 真司, 河野 功

T.Yamamoto, Y.Ishijima, S.Mitani, I.Kawano

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

**ABSTRACT** We report on an experimental system for spacecraft rendezvous laser sensor. The laser sensor automatically searches and tracks a target with high accuracies of range and LOS. Functional demonstrations are successfully shown by dynamic and long distance experiments on the ground level.

#### 1. はじめに

ランデブレーザセンサは宇宙空間における、輸送機とステーション(ISS)とのドッキングや、人工衛星間のランデブ・ドッキングにおけるキーコンポーネントであり [1]、軌道上における搭載機器の交換や推薬補給、運用終了・不具合衛星の投棄、衛星のレスキューなど、軌道上サービスミッションにおいて不可欠である。わが国では、ETS-1 にランデブレーザ・レーダが搭載され”おりひめ”、”ひこぼし”によるランデブ実験を世界に先駆けて成功させた実績がある [2]。

我々は、高精度測距・測角技術を利用したフォーメーションフライトや高精度コンステレーション制御への応用も視野に入れ、宇宙機搭載用ランデブレーザセンサの開発を進めてきた。現在、要素技術開発を終了し、試作モデル(BBM)による評価試験を実施している。本稿では、専用試験装置を用いた動的試験、および野外長距離試験 (3~730m) 等において有効性を実証した結果について報告する。

#### 2. ランデブレーザセンサの概要

本レーザセンサは、対象機に設置されたコーナキューブリフレクタをターゲットとし、パルスレーザを用いたタイムオブフライト方式の測距機能と、2次元ガルバノ走査方式のスカナを用いた測角機能とを組み合わせたセンサである。ターゲットを捕捉し、自動追尾しながら、センサとターゲット間の相対距離と相対角度をリアルタイムで出力する。

Table -1に主要性能を、Figure -1にブロック図を示す。

接近および離脱フェーズにおけるレーザセンサの基本動作は、以下の通りである。

捕捉モードで、最大 40deg × 40deg の検知範囲内にあるターゲットを検出する。

検出したターゲットを追尾しながら、視線方向を

中心に走査範囲を徐々に絞り込む。

追尾モードに移行し 0.6deg × 0.6deg の走査範囲で、高速にてターゲットを追尾し、相対距離、相対角度をテレメトリデータとして出力する。データは搭載機の誘導制御に利用される。

レーザセンサの構成は、レーザ、送受信光学系、2次元スカナ、測距回路及びリファレンスモジュールを含むヘッド部と、制御用コンピュータ、スカナドライバ及び各種電源を含む制御部の2ユニットの構成で検討している。試作したBBMをFigure -2に示す。

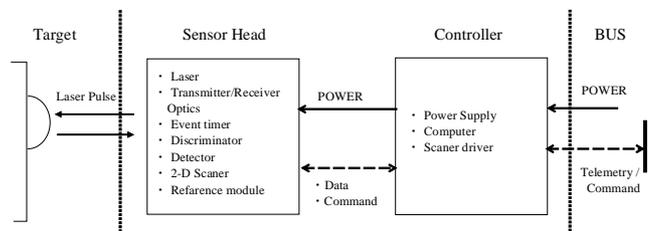


Figure -1 Functional block diagram of the Rendezvous Laser Sensor

Table -1 Specifications of the Rendezvous Laser Sensor

Range	3 – 730m
FOV	40 × 40deg
Range noise(3σ)	0.011m @ R 6.1m 0.0034*R <sup>0.65</sup> m @ 6.1 R 50m 0.003*R m @ R>50m
Range bias	< ± (0.001*R)m @ R>100m < ± 0.1m @ R 100m
LOS noise(3σ)	< ± 0.06deg
LOS bias	< ± 0.1deg
LOS rate	>0.8deg/sec
Output data rate	2 Hz

パルスレーザにはピークパワー30W、パルス幅 5nsecのレーザダイオード(LD)を使用した。また、新規開発した高速スキャナにより高速のフレームレート(4Hz)を実現した。測距測角レートは20kHzである。開発したターゲット抽出アルゴリズムを用いて、フレーム単位で距離・角度の平均化処理を行い、測距測角精度を向上させている。

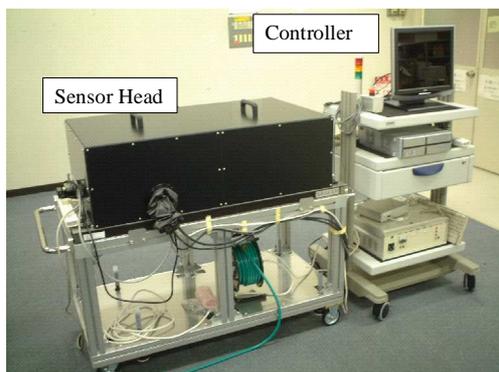


Figure -2 Breadboard Model of the Rendezvous Laser Sensor

### 3. ランデブレーザセンサ評価試験結果

ランデブレーザセンサ BBM を用い近距離及び長距離性能評価試験を行なった。近距離性能評価は筑波宇宙センターに設置されているランデブドッキング試験設備(RDOTS:Rendezvous and Docking Operation System)を使用し、追尾限界性能や Line-of-Sight(LOS)計測性能の確認を行なった。

Figure -3に追尾限界性能の試験結果の例を示す。目標性能以上の 0.9deg/sec の角度変化率に対して連続追尾が可能であることを確認した。

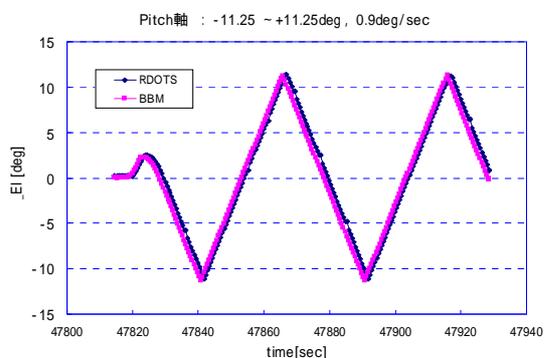


Figure -3 LOS data of the Rendezvous Laser Sensor and RDOTS

長距離性能評価は、茨城県稲敷郡の阿見飛行場で実施した。長距離試験ではキネマティック GPS を距離のリファレンスとし、接近及び離脱フェーズの模擬を行い、レンジ性能を評価した。

Figure -4にBBMとGPSのレンジデータ及びその差分を示す。最大測距距離から近距離までに変化する受信レベルの約6桁のダイナミックレンジに対し、安定したレンジ性能が得られることを確認した。

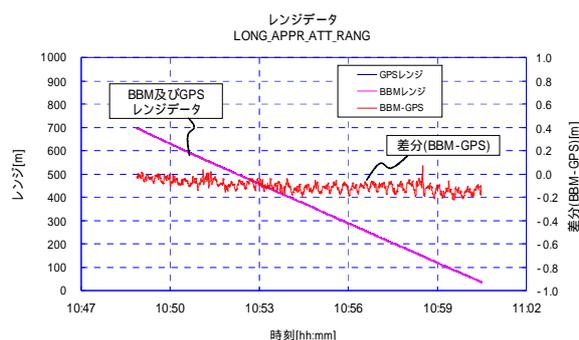


Figure -4 Range data of the Rendezvous Laser Sensor and GPS

### 4. まとめ

ランデブレーザセンサ BBM を試作評価し、710m から3m の距離変化に対し連続した自動追尾および測距測角が可能であることを実証した。また、0.9deg/s 以上の角度変化率に対して、連続追尾可能であることを実証した。

今後、宇宙機搭載を目指した搭載モデルの設計試作を進める予定である。

### 文 献

- [1] 山元透, 石島義之, 巳谷真司, 小田光茂, 植田聡史, 加瀬貞二, 村田茂 “ランデブ用レーザーセンサの研究開発” 第50回宇宙科学技術連合講演会, 1E13, 2006
- [2] 河野功, 空野正明 “ETS-ランデブ・ドッキング実験” 計測と制御 Vol.38 No.11 pp.673-677 1999年11月