

植生観測用ライダー（MOLI）の評価試験計画

境澤 大亮¹, 三橋 怜¹, 室岡 純平¹, 今井 正¹, 木村 俊儀¹, 浅井 和弘²

¹宇宙航空研究開発機構（〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1）

²東北工業大学（〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1）

Evaluation schedule of canopy crown height lidar MOLI

Daisuke SAKAIZAWA¹, Rei MITSUHSI, Jumpei MUROOKA¹, Tadashi IMAI¹, Toshiyoshi KIMURA¹, Kazuhiro ASAI²

¹Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

²Tohoku Institute of Technology, 35-1 YagiyamaKasumi, Taihaku, Sendai, Miyagi 982-8577

Abstract: Forest canopy crown height is a key factor to evaluate the above-ground forest biomass by remote sensing techniques. Measurements of canopy height from space progress to understand the carbon budget. JAXA has studied a space-borne vegetation lidar (the Multi-footprint Observation Lidar and Imager: MOLI) that observes canopy crown height on the new exposed facility of the Japanese Experiment Module (JEM), the IVA-replaceable Small Exposed Experiment Platform (i-SEEP) on the International Space Station (ISS). The double beam configuration test of laser transmitter on the BBM, schedule of thermal/vacuum test, and vibrational test are shown in this presentation.

Key Words: Laser transmitter for space environment, thermal and vacuum test, vibrational test

1. はじめに

森林監視やバイオマス推定等に知見のある有識者や外部機関の要望を受け、JAXA では、ライダーによる森林観測を検討してきた。そして植生観測用ライダーの軌道上実証と、L-band SAR を含む他の地球観測衛星データとの統合利用による森林バイオマス推定高精度化の実証を目的とし、“ISS 搭載植生ライダーミッション” MOLI” (Multi-footprint Observation Lidar and Imager)の研究開発を実施している。本発表では MOLI 搭載センサの評価試験のうち、2 ビーム照射生成部と、レーザー送信器の環境試験計画について述べる。

2. MOLI 搭載センサ

MOLI では単位面積当たりのバイオマス推定精度の改善のため、2 フットプリントのライダー観測とイメージャの同時観測を行う。この同時観測は 2003 年に打上げられた ICESat のフットプリント（直径 70m 程度）では林冠高計測精度に地表面の傾斜が悪影響を及ぼしたことが挙げられる。このため、林冠高計測で傾斜影響を最小化するためにフットプリントを小径化し、進行方向に沿って照射密度を高め、また、2 ラインの観測により傾斜を推定可能なシステムとした。またイメージャはライダーによる観測点の位置識別に加えて、観測時の植生情報（植生指数やフェノロジー）の同時取得により、他の衛星データ (MODIS, GCOM, ALOS-2) で得られる面的情報との統合解析を可能とする。

3. 評価試験

3.1 ビーム分割プリズムを用いた 2 ビーム生成

MOLI 搭載ライダーでは、地表面傾斜上の林冠高測定精度を改善するため、Fig.1 に示す通り、レーザービームを 2 本同時照射し、アレイ検出器でその波形を取得する。搭載プラットフォームにおけるミッション機器許容寸法の観点から、レーザー送信器から出射するビームをプリズムにより分割する機構を採用している。偏光光学素子を用いた場合と比較して、1 素子でビーム分割を実現でき、寸法メリットだけでなく透過率も複数素子を利用する場合と比較すると、送信レーザーのエネルギーロスを低減することができる。ただその一方で利用実績を持たない分割機構であり、現在インハウス試験を通じて運用時の特性を評価している。

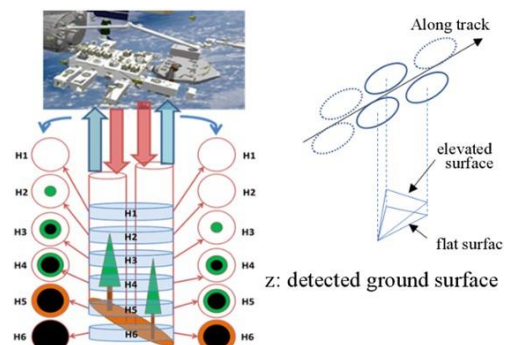


Figure 1. Concept of double-beam configuration

ビーム分割プリズムを用いて、パルスレーザを分割した1例をFig.2に示す。光源は1064nmのQ_{sw}パルスレーザ（出力1mJ,6ns）を利用し、プリズムに入力するビーム径（4σ相当）は3.8mmとした。使用したビーム分割プリズムはFig.1(a)の頂角（入射ビーム中央部が透過する部位）がエッジ形状ではなく、研磨の過程で、鋭利な角度とならず、だれている（仕様の上ではエッジを中央として+/-0.5mm程度）。数値計算上ではこの効果も模擬した形状を反映して、計算した。ビーム分割後のエネルギー分布は、ビーム間にわずかに滲みが見れているのが分かる。数値計算の結果から、エネルギーのじむ量はビーム間が近接すれば増加、離れれば減少する傾向を示し、頂角のだれはじむ量を増加させる。照射エネルギーに対する受信視野に相当する範囲のエネルギー割合を求めると、96.0%/95.1（数値計算/実験結果）が得られている。理論上97%まで受信視野相当にエネルギーが入るが、実験結果は背景光もエネルギー量として計算しており、数値計算上の誤差の範囲と認識している。

数値計算と実験結果双方から、ウェッジ角度、頂角のだれなどを調整することで、視野内のエネルギー量増加の見込みが得られており、今後BBMを用いて2ビームと2つの受信視野を制御するアルゴリズムの評価を予定している。

3.2 真空・熱ショック、振動試験

昨年のシンポジウムでは、寿命試験モデルを用いて、レーザの寿命（目標42億ショット、61億ショットの実績）、ビーム品質（目標M²<2に対してM²=1.5+/-0.2）、レーザビームの指向安定性（目標1σ<100uradに対して、4σ<30urad）、与圧筐体の封入能力（初期値に対する現象3%以内の目標に対して1%以内）、与圧環境でのレーザ運用条件を評価し、いずれも目標を達成し、構成する手段や手順等の過程に対して妥当性を評価できた。

現在、Fig.3に示す環境試験モデルを用いた試験を計画しており、年度内に実施する。熱真空試験はシステム全体の動作温度上限下限における健全性評価に加え、熱ショックを与圧筐体にか

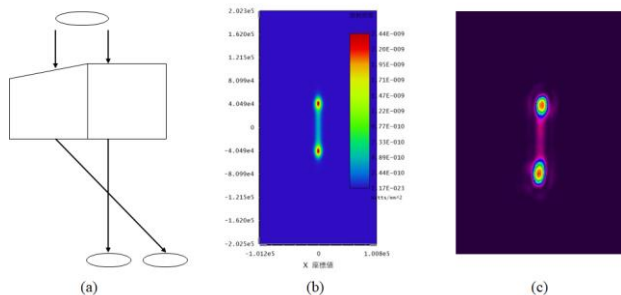


Figure 2. Result of divided beam by a wedged prism. (a) configuration generating dual beam by using a wedged prism, (b) Simulation result, and (c) experimental result.

た場合に、与圧筐体の封入能力に対する健全性評価も行う。

振動試験はソフトバッグを利用したHTV-Xの環境を模擬した条件(MOLIの打上げ条件に対応)と、環境試験で一般に適用される振動条件(認定試験レベル)も想定して、準備を進めている。

ソフトバッグを用いた打上げ環境は、ランダム振動レベルが緩和され、受入試験のレベルとしても6.8grms程度のワークマンシップエラーの抽出レベルを評価条件とする。ただし静荷重に対する評価はソフトバッグの打上げ環境でも実施する必要があり、認定試験の規定に沿って実施する。

一般環境を想定した振動試験は将来のライダーに向けた技術成熟度の向上の一環で実施予定である。振動スペクトルは試験標準上、与圧筐体封入レーザの重量を基準にコンポーネント認定試験を想定し、ATレベルで10Grms、QTレベルで14Grmsを印可し、健全性の評価を行う。

4. まとめ

ISS搭載植生ライダーのシステムの開発を実施しており、インハウス試験においてビーム分割機構の機能評価を実施した。実験結果を説明可能な数値計算ツールの整備により、当該機構の特性評価をより効率的に進められる環境を整備できた。

また、環境試験モデルを利用した、熱真空、振動試験を行い、レーザ送信器に対する技術的な成熟度向上を本年度内めどに実施予定である。

謝辞

ビーム分割に必要なプリズム設計及び製作に直接の指導を頂いた、国立環境研究所 杉本様に感謝いたします。またプリズム評価試験に協力いただいた情報通信研究機構 水谷様に感謝いたします。

参考文献

- 1) M. A. Lefsky, Geophys. Res. Lett. 37 (2010) L15401.
- 2) 三橋 怜, 室岡 純平, 境澤 大亮, 今井 正, 木村 俊儀, 浅井 和弘: 第35回レーザセンシングシンポジウム予稿集 1 (2017) 24.

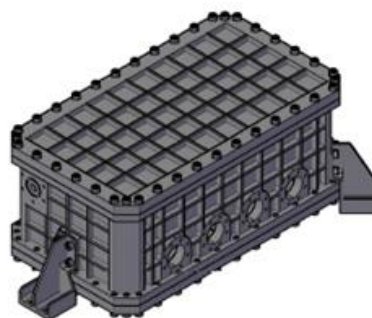


Figure 3. Environmental test model (3D-model) of pressurized MOPA laser.