

ISS 搭載ライダー実証 MOLI の概要と進捗

大川 洋平, 境澤 大亮, 三橋 怜, 澤田 義人, 今井 正, 住田 泰史

宇宙航空研究開発機構 研究開発部門 MOLI プリプロジェクトチーム (〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1)

Overview and progress of MOLI project

Youhei OKAWA, Daisuke SAKAIZAWA, Rei MITSUHASHI, Yoshito SAWADA, Tadashi IMAI, and
Taishi SUMITA

Japan Aerospace Exploration Agency MOLI Pre-project team, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

Abstract: This report introduces the activities of the MOLI pre-project team, focusing on the laser transmitter/power unit developed by JAXA, along with an overview of the MOLI mission. MOLI will be the first mission in Japan to conduct an earth observation lidar demonstration using the Kibo Exposed Facility of the International Space Station (ISS). In addition, as a new feature, MOLI mission will try to solve the difficulty of determining the laser footprint position and the problem that lidar data can only be acquired at the point directly below the satellite, by using the data of the imager installed together. Our mission goals are (1) high-precision 3D map, (2) high-precision forest observation, and (3) demonstration of space lidar technology.

Key Words: Lidar, Biomass, Canopy height, Space-borne laser

1. はじめに

衛星搭載ライダーによる宇宙からの地球観測では、パッシブの光学センサでは得ることが難しい、多様で高精度な情報（樹冠・地盤高、風速、雲・エアロゾル、大気分子濃度など）を全球で取得することが可能である。MOLI は国際宇宙ステーション（ISS）きぼう船外実験プラットフォームを利用した、国内最初の地球観測ライダー実証を行うミッションである。また、新しい特徴として、これまでのレーザフットプリント位置決定が難しい問題や衛星直下点しかライダーデータが取得できない課題について、MOLI では同時搭載するイメージャとのデータ融合によって解決を試みる。ミッション目標として(1)三次元地図高精度化実証、(2)高精度森林観測 (3) 宇宙ライダー基盤技術獲得の三つを掲げる。

本報告では、MOLI プリプロジェクトチームの活動について、JAXA で開発するレーザ送信部/電源部を中心に、MOLI ミッションの概要と共に紹介する。

2. MOLI の概要

2.1 ミッション目標

MOLI のミッション目標について、以下に概要を紹介する。

① 三次元地図高精度化実証

レーザ高度計によって地盤面高さの検出を行い、産業や防災において重要な DTM(Digital Terrain Model)の高精度化を行う。現状の AW3D の課題は、森林エリアにおいて地盤面の高さを表す精度の高い DTM の生成が困難なことである。DTM は DSM (Digital Surface model, 建物や樹木を含む地球表面の高さモデル) から地上構造物を除去して生成するが、森林エリアでは、除去する森林の高さ情報や、森林下の地盤面データの真値が無いいため製作した DTM の誤差が大きく、局所的には 10m 以上の誤差がある場所もある状況である。レーザ高度計ではフットプリント内にある地盤面や地表構造物の高度情報をライダー波形データとして直接取得できるため、精度向上に役立つことが期待される。

② 高精度森林観測

CO₂ 吸収源である森林の林冠高、バイオマスを高精度に推定する観測手法を研究開発し、気候変動等の

地球規模課題解決に貢献する。現地にて直接樹木の乾燥重量を計測する方法は広域での取得が難しいため、森林バイオマスはボトムアップ的な炭素循環推定において誤差要因となっていた。MOLIではライダー波形データから林冠高さを計測し、多点（～9千万点/年）で森林バイオマスの推定を行う。

③ 宇宙ライダー基盤技術獲得

MOLIは国内初の宇宙ライダー実証となる予定である。今後の衛星搭載や高機能化に向けて、宇宙でのレーザー長期連続動作やライダー送受アライメント、ライダー信号処理などの基盤技術を、きぼう船外プラットフォームを利用することで獲得する。使用するレーザーは高出力のQスイッチレーザーで、特に真空環境によるレーザー誘起コンタミネーションを防ぐため、与圧筐体封入型のレーザー開発を行い、地上試験では長期寿命を確認している。

2.2 レーザ送信部/電源部

JAXAで開発を進めているMOLIレーザー送信部/電源部について、概要を紹介する。

レーザー送信部はQスイッチNd:YAGを主発振器として後段に四つの増幅器を配するMOPA形式である(図1)。樹冠の波形データ取得のためパルスエネルギーは40mJと大きく、出力6Wは世界的にも高出力である。また、レーザー誘起コンタミネーション対策のため、これまでの海外衛星のレーザー送信機同様に1気圧の与圧筐体に封入されている。送信ビームは与圧筐体出射後にビームエキスパンダを経て、ビーム拡がり角が62.5μrad、地上フットプリント径で25mとなるように設計されている。

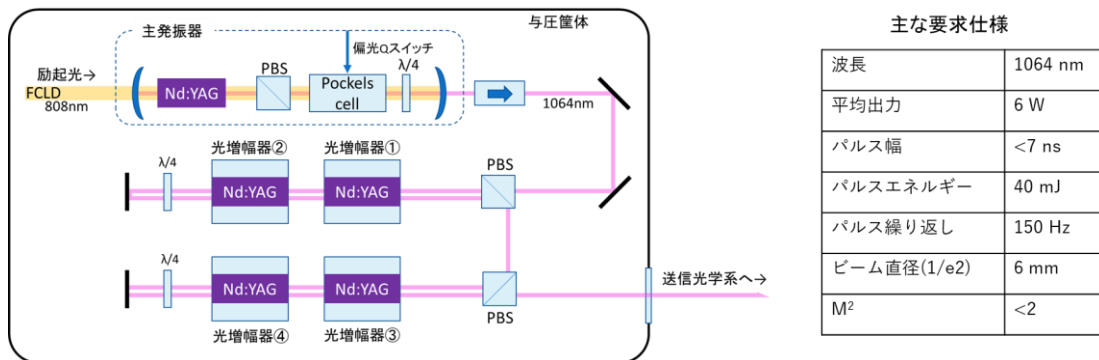


図1：MOLIレーザー送信部の概要(左)と主な要求仕様(右)

レーザー電源部はピーク100Aの大電流パルス電源である(図2)。この宇宙用パルス電流源に関しても開発リスクを低減するため、送信部同様に地上用技術をベースに開発した電流源を与圧筐体に封入する方針とした。ただし、送信部の電力増強に合わせて電源を独立二系統に増設を行っている。昨年3月にはISSが定める規格(SSP30237,30238)に従って伝導・放射雑音についてEMC試験を行い、大きな逸脱がないことを確認した。

外観図

レーザー電源部の主な性能

項目	性能値	関連事象
最大供給電流	100 A	励起LDの駆動電流
CH1出力電圧	～30 V	発振器用
CH2出力電圧	～70V	増幅器用
パルス周波数	150 Hz	フットプリント間隔
デューティ比	1.8%	パルス幅120us
パルス立上り/立下り	30 μsec	オーバーシュートの抑制

図2：MOLIレーザー電源部の外観図(左)と主な性能(右)

3. MOLIの進捗状況

MOLIは2021年10月にミッション定義段階（プリフェーズA）からプロジェクト準備段階（フェーズA）に移行し、現在は正式プロジェクト化（フェーズB）に向けて活動を行っている。ISSは2030年まで運用延長が決まっているが、1,2年の運用期間を考慮してスケジュール短縮を目指している。また、サイズ・重量・消費電力についてもより余裕を持たせる必要があり、改善に向けて検討を行っている。

JAXAではレーザー送信部/電源部の試作機について真空中寿命試験を開始した（図3）。 $\phi 1\text{m}$ の真空チャンバに送信部と電源部を封入し、連続動作試験を行っている。チャンバ内の真空度は 10^{-4}Pa の程度であり、各機器の与圧筐体内気圧や温度と、レーザー出力及びビーム品質を測定している。初期チェックの段階でレーザー出力に大きな変化はなく、ビーム品質は $M^2_X=1.61, M^2_Y=1.84$ であった。今後、試験状況をモニタしつつ長期寿命について必要なデータを取得していく予定である。

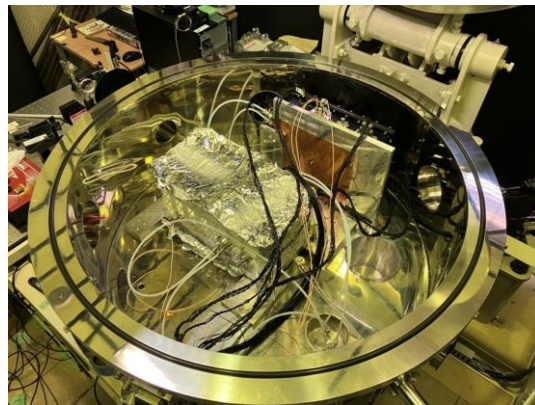


図3：MOLIレーザー真空寿命試験の様子

5. まとめ

MOLIプロジェクトの概要について紹介し、JAXAで開発を進めるレーザー送信部/電源部の状況を紹介した。MOLIは三次元地図の高精度化や森林観測に役立つほか、国内初の宇宙ライダー実証を行い、今後の衛星ライダーに向けて基盤技術を獲得する重要なミッションである。現在正式プロジェクト移行に向けて検討を加速している。