

# 国際宇宙ステーション搭載 MOLI のプロジェクト化

境澤 大亮<sup>1,2</sup>, 三橋 怜<sup>1</sup>, 今井 正<sup>1,2</sup>, 住田 泰史<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>宇宙航空研究開発機構 センサ研究グループ (〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1)

## Project launch of MOLI on the international Space Station

Daisuke SAKAIZAWA<sup>1,2</sup>, Rei MITSUHASHI<sup>1</sup>, Tadashi IMAI<sup>1,2</sup> and Taishi SUMITA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MOLI Project team, JAXA 2-1-11 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

<sup>2</sup>Sensor systems research Group, JAXA 2-1-11 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

**Abstract:** The MOLI mission, launched in August 2024, aims to enhance 3D map precision, reduce terrestrial biomass estimation uncertainty through canopy height measurement, and demonstrate spaceborne lidar technology. Utilizing a 25m footprint diameter, the mission integrates a laser altimeter and a 3-band imager, ensuring high S/N ratios for accurate forest observations and ground height data. The mission will generate products integrating other satellite data for comprehensive biomass estimation.

**Key Words:** ISS 搭載ライダー、地球観測ライダー、ライダー開発

### 1. はじめに

2024年8月にMOLI (Multi-sensing Observation Lidar and Imager) は正式な研究開発プロジェクトとして発足した<sup>(1)</sup>。現在はフライト製作に向けた基本設計段階にある。物価変動等の社会情勢を受けて、コスト調整と期間内での開発が期間が限定されている。このため、搭載装置の削減による製造・調整コスト低減のため、レーザーを分割して2フットプリントで観測する当初の形態から1レーザー照射と変更された。現在のミッション搭載イメージをFig.1に示す。ミッションの目的は、1) 3次元地図の高精度化実証、2) 林冠高測定による陸域バイオマスの不確実性低減、3) 宇宙ライダーの技術実証の3項目である。短期間での本シンポジウムでは、MOLIミッションの概要と進捗状況について報告する。

### 2. ミッション概要

MOLIはQスイッチレーザーを用いて、樹冠高さや地表面の垂直プロファイルを測定する。ICESatを用いた研究<sup>(2)</sup>では、大きなレーザービームフットプリントでの観測が、フットプリント内の地表面の傾斜の影響により樹高測定の誤差を増加させることが示された。この誤差を減少させるため、MOLIのフットプリント直径は25mに設定した。同様のシステムで森林を観測するGEDI(Global Ecosystem Dynamics Investigation)のフットプリント直径は約20mである。

MOLIに搭載するセンサシステムは、ICESat, ICESat-2, GEDI<sup>(3,4)</sup>の結果から、フットプリントの位置決定にイメージャが不可欠であることを念頭にライダーとイメージャの同時計測を実現する。MOLIは、フットプリント内での樹冠高測定の精度を±3m設定している。この精度のためにS/N比が7以上となるようにライダーシステムを設計する。そしてライダー観測点のフェノロジーを含む森林の状態を確認し、観測場所を特定するために、地表分解能が5mの3バンドイメージャを搭載する。この3バンドイメージャは、それぞれ550-630nm, 630-740nm, 740-880nmの波長帯を持つ。レーザーおよびイメージャの観測仕様をTable 1に示す。

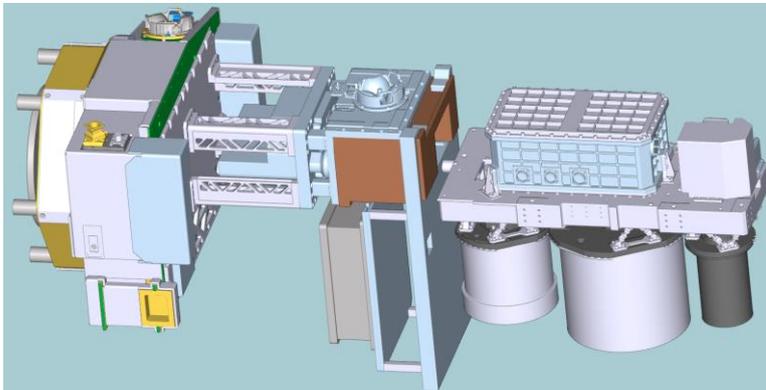


Figure 1 MOLI mission components

### 3. ミッション目的の詳細

3D 地図精度の向上：この目的は、レーザー高度計を使用して地表面の高さを検出し、産業や防災に重要なデジタル地図の精度向上を図る。現在のデジタル地図は、建物や樹木などの構造物を除去した表面モデルから生成されるため、森林地域では地表面の高さを正確に表現することが難しくなっている。これにより、樹冠の高さや実際の地表面の高さに関するデータが不足し、10メートルを超える誤差が生じている。レーザー高度計とイメージャを統合利用することで、フットプリント位置精度と地表面高さの精度を向上させたデジタル地図の能力を実証することを計画している。

高精度森林観測：森林バイオマスは陸域生態系の重要な CO<sub>2</sub> 吸収源であり、樹冠高と密接に関連しています。気候変動などの地球規模の課題に対処するため、この関連性を利用した高精度なバイオマス推定方法を開発している。最も正確なバイオマス測定は樹木の乾燥重量を直接測定だが、広範な地域では実用的ではない。したがって、バイオマス測定の不正確さは炭素循環解析の重要な障害となっている。MOLI は、ライダー波形データから得られる樹冠高を測定し、年間約 4000 万 pt 以上の森林バイオマスを推定することを目的としている。

地球観測用ライダーの基盤技術の実証：将来の衛星展開と機能強化に備え、高輝度レーザーを宇宙環境で連続して安定的に動作させるための基盤技術を実証することを目指している。これは JEM 外部プラットフォームを使用して実施する。

MOLI のプロジェクトは評価基準となるプロダクトを生成し公開する。フットプリント単位のデータに加えて、L-band SAR (ALOS-2/PALSAR-2 等), GCOM-C/SGLI 等の他衛星の観測データを統合的に使用して広域に森林バイオマスを推定する手法の研究開発を行う。これらの提供プロダクトリストを Table 2 に示す。

### 5. まとめ

MOLI は 2024 年 8 月に研究開発プロジェクトとして発足した。ISS の運用期間とコスト制約がある中、短期間での開発・実証を行う。レーザー機器のみならず、他のコンポーネントに対しても基本設計を開始し、ミッション機器の製作・統合に向けて活動を加速していく予定である。

Table 1 MOLI nominal specifications

Parameter	Value
<b>Lidar</b>	
Wavelength	1064 nm
Laser energy	30 mJ
PRF	150 Hz
<b>Imager</b>	
Band	550-630 nm
	630-740 nm
	740-880 nm
	Panchromatic
Resolution	5 m
Swath	1 km

Table 2. MOLI product list

Product level	Product category	Products	Remark
L1 (Standard)	Lidar footprint products	Waveforms(500Msps)	$\geq$ including geolocation data Footprint Position Accuracy $\leq$ 15m
	Imager product (1km swath)	Image (R, G, NIR)	geometrically corrected
L2 (Standard)	Lidar footprint products	Ground heights	$\leq$ 3m(※1)
		Canopy heights	$\pm$ 3m(※2), $\pm$ 20% (※3)
		Forest biomass	$\pm$ 25t/ha (※4), $\pm$ 25% (※5)
L3 (Research)	Integrated products with Lidar and imager (1km swath)	Canopy heights	Target
		Forest biomass	○Canopy heights, $\pm$ ~5m(※2), $\pm$ ~40% (※3)
L4 (Research)	Wall-to-Wall map products (Integrated with GCOM-C/SGLI, SAR Data)	Canopy height map	○Forest biomass
		Forest biomass map	$\pm$ ~40t/ha (※4), $\pm$ ~40% (※5)

※1 RMSE: Forest surface coverage is less than 95% and ground slope is less than 30 degrees.)

※2 Canopy Height is under 15m, ※3 Canopy Height is over 15m

※4 Biomass density is under 100t/ha, ※5 Biomass density is over 100t/ha

### 参考文献

- 1) D. Sakaizawa in 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, 2024, vol. I.
- 2) James B. Abshire: Geophys. Res. Lett., vol. 32, pp. L21S02, March 2005.
- 3) Ralph Dubayah: Science of Remote Sensing, vol. 1, pp. 100002, 2020.
- 4) T. Markus: Remote Sensing of Environment, pp. 260 - 273, 2017