

## ISS 搭載植生ライダーミッション MOLI の概要と

### レーザ送信部試作試験状況

室岡 純平<sup>1</sup>, 今井 正<sup>1</sup>, 境澤 大亮<sup>1</sup>, 木村 俊義<sup>1</sup>, 浅井 和弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1)

<sup>2</sup> 東北工業大学 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

### Overview of Vegetation Lidar Mission MOLI and Trial Status of Laser Transmitter Ground Model

Jumpei MUROOKA<sup>1</sup>, Tadashi IMAI<sup>1</sup>, Daisuke SAKAIZAWA<sup>1</sup>, Toshiyoshi KIMURA<sup>1</sup>,  
and Kazuhiro ASAII<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

<sup>2</sup> Tohoku Institute of Technology, 35-1 Yagiyamakasumi-cho, Taihaku-ku, Sendai, Miyagi 982-8577

Accurate measurements of forest biomass are important to evaluate its contribution to the global carbon cycle. Forest biomass correlates with forest canopy height; therefore, global measurements of canopy height enable a more precise understanding of the global carbon cycle. Space-borne lidar has the unique capability of measuring forest canopy height. A vegetation lidar named Multi-footprint Observation Lidar and Imager (MOLI) has been designed to make accurate measurements of canopy height and is currently being studied in the Japan Aerospace Exploration Agency. This paper introduces an overview of MOLI and shows a trial status of laser transmitter ground model.

**Key Words:** LIDAR, Biomass, Canopy height, Space Laser

#### 1. はじめに

大気中の二酸化炭素濃度をはじめとした温室効果ガスを測定し、地球上における炭素収支の推定を通じて、将来の気候変動に関する研究が行われている<sup>1)</sup>。世界各国に環境を念頭に置いた産業・経済成長への取り組みを促すための重要な科学的成果だが、気候変動の予測には複数の気候システムモデルが使用されており、入力条件に異なる仮定が設定されている。いずれのモデルでも、炭素収支の不確実性が及ぼす影響は大きく、中でも陸域の炭素量とその収支については大きな不確実性が指摘されている。陸域で重要な炭素収支を担うと考えられているのは森林の吸収及び蓄積である。陸域の炭素蓄積量の指標となるものに森林バイオマスがあり、この値のもっとも正確な取得方法は、樹木の乾燥重量を測る方法である。この方法では「現地で」、「直接」樹木を切り倒して測定する必要があるため、広域データの取得に限界がある。一方、これまでの研究により森林バイオマスと樹冠高の間には一定の相関関係が認められており、2003年に打上げられた衛星 ICESat<sup>2)</sup>を用いた先行事例では全球の樹冠高マップが作成され、バイオマス研究において利用価値があることが示されている<sup>3)</sup>。

JAXA では外部有識者とともに、バイオマス推

定に有効なパラメータである樹冠高を宇宙ライダーで観測する方法について検討を実施してきた。本発表では、国際宇宙ステーションに搭載を計画している植生ライダーミッションである MOLI(Multi-footprint Observation Lidar and Imager)の概要と、MOLI のシステムにおいて最も重要なコンポーネントであるレーザ送信部の試作試験状況について述べる。

#### 2. MOLI による樹冠高観測原理

MOLI は、国際宇宙ステーションきぼう」露部の標準ペイロードに搭載し、樹冠高を観測するライダーと観測対象樹木の位置識別・樹冠状態を確認するイメージヤを組み合わせた複合センサによる森林観測ミッションである。

ライダーではパルス駆動のレーザを用いて出射パルスの往復時間を測定し、その波形情報を解析することで樹冠高を推定する。過去の先行事例では、地盤面傾斜が樹冠高推定の誤差を増大させていたことが分かっており、有識者の提案のもと、フットプリントを複数化して地盤面の傾斜角と方位角を外部データの参照なしにライダー信号から決定することを目指している(Fig. 1.)。ただし、樹冠高を推定する場合、反射信号がゼロの時の雑音に基づいた S/N が 20 (vs ピーク値)、もし

くは 10 (vs 信号平均値) を下回ると、推定精度が悪化する傾向が示されており、十分な信号を取得するシステム設計が必要となる<sup>4)</sup>。

また MOLI に搭載されるイメージヤから得られる情報をライダーで得られた情報と組合わせることで、他衛星の光学センサ(GCOM-C/SGLI)や、SAR センサ(ALOS-2PALSAR-2)で得られるような面的情報と融合して解析することが可能となる。

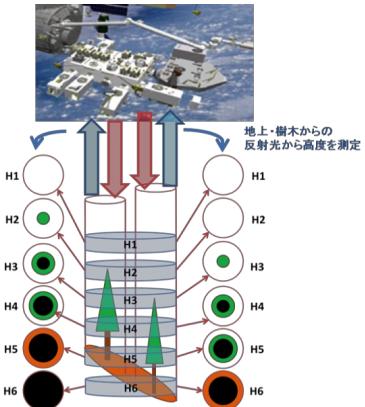


Fig.1. Schematic overview of tree height observation using lidar.

### 3. レーザ送信部の試作試験

Table 1.に MOLI に求められるレーザ送信部の仕様を示す。特に宇宙用のライダーシステム実現には軌道上で安定した動作が可能なパルスレーザ送信機の実現が不可避であり、これまで日本では探査機に搭載した高度計をのぞいて実現した例は無い。このため、JAXA ではレーザの試作、及び真空環境下における寿命評価試験を実施してきた。

Table 1. Main specification of MOLI's laser transmitter.

Item	Value	Note
Laser wavelength	1064 nm	
Laser energy	20 mJ per 1 footprint	To achieve required S/N
Laser PRF	150 Hz	
Pulse width	<7 nsec	
Pointing stability	<100 urad	
Lase canister	Pressurized Approx. 1 atm	To suppress generation of contamination
Life time	Over 1 year	
Beam divergence	62.5 urad	

ICESat 衛星のレーザ送信部では、高真空環境下においてレーザ光路中にアウトガス由来のコンタミネーションがレーザの高輝度光により光学薄膜上に誘起され、素子が焼損し、レーザの寿命が短期間となった。ICESat 後の 2006 年に打ち上げられた CALIPSO<sup>5)</sup>ではこの結果を受け、レーザを格納する筐体内部を与圧化し、アウトガス由來の

コンタミネーションに対する対策を講じている。

JAXA では 1 気圧に与圧された筐体に封入したレーザ送信部を試作し、真空環境下においてレーザを連続動作させて寿命試験を実施中である。与圧筐体内部の写真を Fig. 2 に示す。現状、試験開始から約半年が経過した段階であるが、Table 2. に示す通り想定外の性能劣化は見られておらず、目標である 1 年以上の寿命を確認すべく、引き続き試験を継続している。

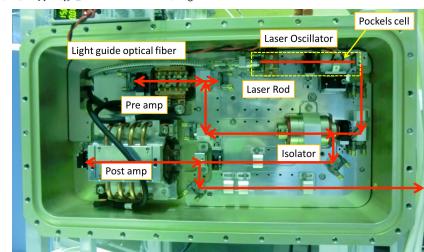


Fig.2. Ground trial model of MOLI's laser transmitter in pressurized canister.

Table 2. Recent results of ongoing vacuum test.

Item	Target	Result	Status
Laser wavelength	1064 nm	1064 nm	Confirmed
Laser energy	40 mJ per 1 pulse	40.7 mJ per 1 pulse	Confirmed
Laser PRF	150 Hz	150 Hz	Confirmed
Pulse width	<7 nsec	6.4 nsec	Confirmed
Pointing stability	<100 urad	7.1 urad	Confirmed
Pressurized	Approx. 1 atm	Approx. 1 atm	Ongoing
Life time	Over 1 year	No performance degradation	Ongoing

### 参考文献

- 1) IPCC Working Group 1 Fifth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2013: The Physical Science Basis," WMO/UNEP, 2013.
- 2) J. B. Abshire, X. Sun, H. Riris, J. M. Shirota, M. F. Jan, S. Palm, D. Yi , P. Liiva, "Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) on the ICESat Mission: On-orbit measurement performance," Geophys. Res. Lett. 32(L21S02), 2003.
- 3) M. A. Lefsky, "A global forest canopy height map from the Moderate Resolution Imaging Spectrometer and the Geoscience Laser Altimeter System," Geophys. Res. Lett 37(L15401), 2010.
- 4) M. Hayashi, N. Saigusa, H. Oguma , Y. Yamagata, "Forest canopy height estimation using ICESat/GLAS data and error factor analysis in Hokkaido, Japan," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 81, 2013.
- 5) D. M. Winker, W. Hunt , M. M. J, "Initial performance assessment of CALIPSO," Geophys. Res. Lett. 34(19), 2007