

# ISS 搭載樹冠高計測用ライダー実現に向けて

境澤大亮<sup>(1)</sup>、室岡純平<sup>(1)</sup>、鈴木桂子<sup>(1)</sup>、今井正<sup>(1)</sup>、木村俊義<sup>(1)</sup>、浅井和弘<sup>(2)</sup>

1 宇宙航空研究開発機構, 2 東北工業大学

D.Sakaizawa<sup>(1)</sup>, J.Murooka<sup>(1)</sup>, K.Suzuki<sup>(1)</sup>, T.Imai<sup>(1)</sup>, T.Kimura<sup>(1)</sup>, K.Asai<sup>(2)</sup>

1 Japan Aerospace Exploration Agency

2 Tohoku Institute of Technology

**Abstract:** Vegetation LIDAR which can measure the accurate canopy height has been studied. The canopy height is one of very important parameter to evaluate above ground forest biomass. Global canopy height improve understanding of global carbon cycle via grasping carbon sink by forest. This paper shows the status of the vegetation LIDAR.

## 1. はじめに

大気中の二酸化炭素を測定し大気輸送モデルによる様々な推定を通じて、将来の気候予測が行われているが、炭素収支の不確実性が及ぼす影響は大きい [1]。この不確実性には多くの要素が関係しているが、中でも陸域吸収量の不確実性は大きい。陸域において重要な炭素循環の役割を担っている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は森林バイオマス量であり、この値の正確な取得方法は、現地にて直接樹木の乾燥重量を測る方法である。この方法では直接樹木を切り倒して測定する必要があるため、広域データを取得するには限界がある。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 [2]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 [3]。

JAXA では、森林や航空機ライダーなどでバイオマス研究を実施してきた外部有識者ととともに、バイオマスの推定に有効なパラメータである樹冠高計測のため、ライダーを用いたシステム検討を実施してきた。本発表では、搭載プラットフォームとして国際宇宙ステーションを利用したシステムの現状につ

いて述べる。

## 2. 植生ライダー

植生ライダーは、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、その波形情報を用いることで樹冠高の情報を取得する。過去の先行事例で 1 フットプリントでは照射領域の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、検出器を 2 台用いたシステムを提案している。樹高を推定する場合、帯域外の雑音に基づいて S/N が 20 (vs ピーク値) もしく

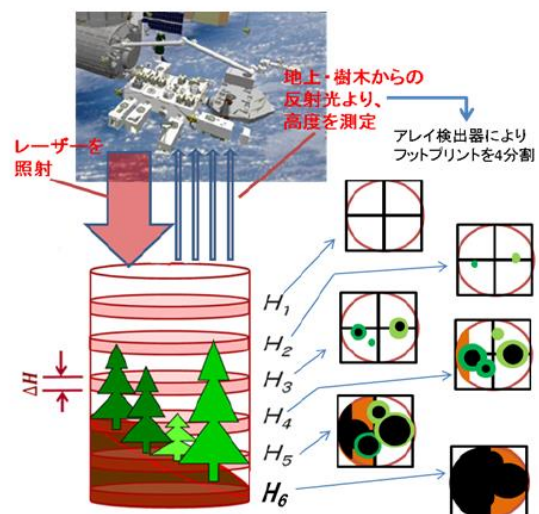


Fig. 1 Image of vegetation lidar on the ISS

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、複数検出器を用いた場合に十分な信号を取得するシステム選択が必要となる[4]。

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。軌道上で長期間運用が求められるパルスレーザでは打上時の振動環境、高真空下、放射線耐性、レーザ誘起コンタミネーションなど地上とは異なる厳しい環境にさらされながら、Table 1 に示すような性能が求められる。

### 3. 植生ライダー搭載レーザ送信機について

これまでの軌道上実績から、ICESat 衛星では搭載するレーザについて高真空下における高輝度パルス LD の寿命と高真空環境下での  $Q_{sw}$  パルスレーザ駆動が大きな課題であったと推察される。前者は真空環境下において、高輝度パルス LD の発光面が高真空下における断熱環境下で発熱量が上昇し、素子寿命の低下に繋がったこと、高真空下におけるポッケルスセルの帯電による  $Q_{sw}$  の動作不良や、レーザ光路の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、素子寿命を低下することなどが分かっている。これらの対策として ICESat 後の 2006 年に打ち上げられた CALIPSO [5]では LD 製作メーカーとともに LD スタックの対策を講じて、LD の素子寿命が 100 億ショット可能なものを用いている。加えて CALIPSO 搭載レーザではレーザを格納する筐体そのものを与圧化し、LD スタックの補助冷却を実施するとともにポッケルスセルの帯電やアウトガス由来のコンタミネーションに対する対策を講じている。

パルスレーザの基本性能は昨年度までに実施した研究で基礎データを取得しており、真空環境下における基本方針までを確認した。本年度では真空環境下で与圧筐体にレーザを格納した場合、植生ライダーで求められる各種パラメータに及ぼす影響を評価し、与圧筐体に封入したシステムの実証を行うことを計画している。

### 4. おわりに

昨年度までの研究では、受光系、検出器系、送信系と個別に要素研究を実施し、各種課題の抽出を行った。本年度ではそれらを踏まえ、システム全体の実現性評価を実施し、実機開発の開始が可能となるように各種準備を整える予定である。

**Table 1 Required laser transmitter performance of the vegetation lidar on the ISS**

Laser Energy	20 mJ/detector @ 25m on the ground
PRF	150 Hz(TBD)
Pulse width	Less than 7ns
Beam divergence	0.0625 mrad
Beam pointing	Within 10 urad
Required S/N	Greater than 20 @ peak 10 @ averaged signal
Laser canister	Pressurized at 1 atm

### 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," WNO/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.