

高度計継続ミッションに向けた要素検討

境澤 大亮¹, 大川 洋平¹, 木村 俊義¹

¹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)

Feasibility study for follow-on mission of laser altimeter

Daisuke SAKAIZAWA¹, Yohei OHKAWA², and Toshiyoshi KIMURA¹

¹Sensor system research Grp. JAXA., 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibarakio 305-8505

Abstract: The advanced technologies for the future space borne laser altimeters and the demonstration plan of the lidar system will be reported. The advanced space borne laser altimeter system requires the high power and higher sensitive detector with fine ground sample distance. Technology gap of laser power, laser efficiency, detector method, and ground sampling method remains, compared to the current heritage. Based on this study, activities toward the realization of advanced laser altimetry will be implemented.

Key Words: Laser altimeter, space qualification, forest canopy height, bathymetry, photon counting

1. はじめに

ISS 搭載のライダー・イメージャの光学ミッション MOLI¹⁾に続き、衛星搭載レーザー高度計に向けた森林・高精度地図観測の実利用に向けた検討を開始している。本発表では MOLI を起点とした高度計の将来ミッションに向けた要素技術実証に向けた方向や実証プラットフォームに関して報告する。

2. 観測対象・システム

衛星搭載の高度計として要求される観測項目は、MOLI でも要求されていた²⁾森林と地盤面が挙げられる。ライダーと光学画像の同時計測が前提条件であり、森林、デジタル地図を利用するエンドユーザの要望は後継ミッションでも重視されている。MOLI で採用できなかった、2 波長以上の波長別情報を用いた樹種判定や展葉構造の推定、固定物体探知、沿岸域の測深などが候補として挙げられる。また、ライダーの観測点も MOLI のような直下点のアレイ観測以上に CT 方向 (Cross track 方向、衛星進行方向とは直交する方向) への観測点数増大や地表分解能向上が継続的に要望されている。

実際の要望は、いずれが将来のミッションに採用されとしても、2 波長以上 (可視と赤外波長) の観測であればレーザー出力、低電力化が、分解能向上 (GSD の要望は 1m) に対しては光検出器の高感度化、アレイ化、レーザー出射方向の高安定化などが必須となってくる。これら未踏技術の実証及び、ライダーとしてのコンセプト実証に向けた技術開発から、航空機搭載型のスキャナーを想定し MOLI 後継における校正検証利用と、各種技術の実証を想定している。

3. 実証システムの構成

レーザー高度計として、まず取り組むべき要素技術として、レーザーの高出力化・電力効率改善、光検出器の感度向上を挙げている。

3.1 光検出器・信号処理

観測点や観測波長を増やす要望に対して、MOLI と同様のレーザー構成では CT 方向への観測点数拡大は 1 つ 2 つのフットプリントではなく 2 桁位以上の観測点数向上が挙げられる。イメージャを用いたフットプリント位置の同定、地盤面高度測定からの要望は、直下点以外に一定距離間隔でフットプリントが配置されていること、かつ地盤面の分解能向上が要望されている。森林観測とも合わせて考慮すると、Fig.1 に示すように 1 検出器辺りの視野を小さく、CT 方向にアレイ配置したものを、1 セットとしこれを離散的に配置するような構成案が考えられる。レーザー出力への負荷軽減も考慮し、光子計数を用いて検出器 1 素子辺りに必要なレーザー出力の低減を見込む。

アレイ配置した検出器を高速 A/D 処理する場合、既存の

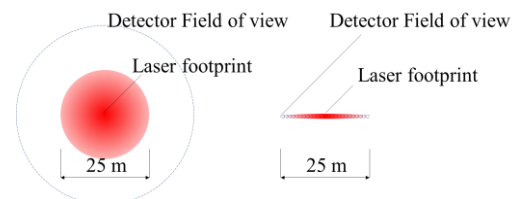


Figure 1. Observation concept

A/D コンバータを並列配置するか、ROIC を用いる必要がある。A/D 単体は市販品でも該当部品があるものの、チャンネル数が多く、高速 A/D は 1ch 辺りの消費電力は小さくとも 0.2W とチャンネル数が多い場合、消費電力の点が課題となってくる。ROIC は 32x32 間での光子計数用のプロトタイプが開発され³⁾、宇宙船が ISS とドッキングするフラッシュライダの検出器として開発が進められている。時間分解能は 5ns と、高度計処理として必要な分解能はまだ荒く ROIC の時間分解能を上げるためクエンチングを抑えたり、マルチフォトンを検出できるような変更必要性がある。

検出素子として Si-APD や Si-MPPC それぞれ限定的な軌道上実績がある。上記をベースに考慮しつつ、YAG の基本波では感度 1% 程度、可視域では太陽光の雑音が大きくなるものの感度として 50% 以上が得られる。2 波長以上の観測を考慮する場合、短波長赤外域・可視域でのレーザー出力配分を調整しつつも、全体システムの電力を低減するため、光検出器の感度向上は利点が多い。検出器の感度向上が具体的にどのレベルまで可能か、今後机上検討を含めてメーカーと協議を予定する。

3.2 レーザー波長・電力

レーザー出力で上記のコンセプトを実施する場合、最低でもレーザー出力は 30W 程度の基本波出力が必要となる。MOLI で用いた MOPA を採用するとしても今回の観測方法では、ICESat-2 と同系統の高繰返しが必要となる。また MOLI ではレーザーの変換効率が低く、システムの電力収支を圧迫する原因ともなっているが、これを改善し、電力効率を上げる必要性がある。目標では YAG の基本波で電気光変換効率 10% が一つの目標となる。

衛星からのレーザー高度計機能として測深 (bathymetry) も継続して容れられている機能の一つである。方法としては Nd:YAG1064nm の第 2 高調波を用いた方法が挙げられるが、Nd:YAG 946nm の第 2 高調波を用いる方法もある。532nm と比較して海洋への透過特性が高いことが挙げられる。基本波より発振や制御の困難さがあり、実証に向けては可能性の一つとして今後評価を行っていく予定である。

3.3 コンセプトの実証方法

高繰返しレーザー、及び光子計数による観測コンセプトを Fig.2 に示す。広く航空測量に利用される Riegl 社製ライダーは高速で回転するポリゴンミラーを採用しているが、メカニカルなスキャン機構を排し、照射するレーザービームを成型、アレイ状光検出器の視野にレーザーを照射する構成を想定している。この構成の場合単位面積あたりに照射されるレーザーの曝露割合が向上し、Riegl 社製の 1 時間当たりの観測能力 (Productivity) が既存システム (VQ780II, VQ1560II-S) よりも高く、広い観測能力を有するシステムが期待でき、システムの実証と併せて既存の航空機搭載モデルに対しても一定程度の優位性確保が期待できる。

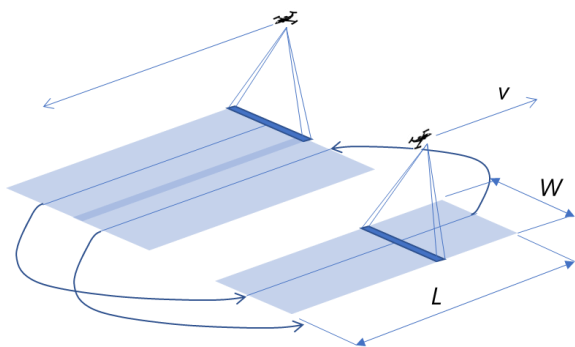


Figure 2. concept of airborne lidar demonstration

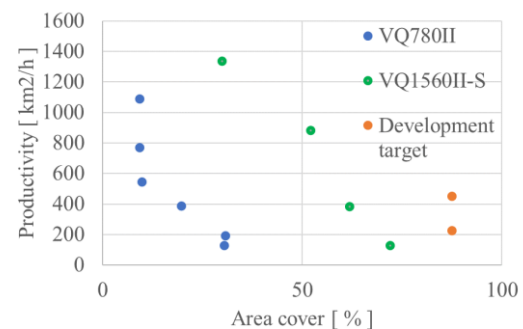


Figure 3. Benchmarking with existing airborne laser scanners

4. まとめ

将来のレーザー高度計を目指した要素技術の開発方向性とその性能を実証するプラットフォームの構成について現在の検討案を紹介した。現在進んでいる MOLI や実用機の開発動向などを逐次参照しながら、必要に応じて内容の取込みを進めていく予定である。

参考文献

- 1) 境澤大亮: 第 40 回レーザーセンシングシンポジウム.
- 2) MOLI ユーザー要求書 GES-2020028
- 3) T. Mizuno:, IEICE Electronics Express, **19** (2022) 20210518