

衛星植物観測をサポートする航空機搭載蛍光(LIFS)ライダーの提案

齊藤 保典¹, 富田 孝行¹, Ounis Abderrahmane², Yves Goulas²

¹ 信州大学学術研究院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

² LMD, Ecole Polytechnique (Route de Saclay, F91128 Palaiseau, France)

Proposal of Vegetation LIFS (Laser-Induced Fluorescence Spectrum) Lidar for Validation of Satellite Vegetation Remote Sensing

Yasunori SAITO¹, Takayuki TOMIDA¹, Ounis Abderrahmane², and Yves Goulas²

¹ Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., 4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553

² LMD, Ecole Polytechnique (Route de Saclay, F91128 Palaiseau, France)

Abstract: Shinshu University lidar group has started a study of vegetation lidar in the mid 1990s. The vegetation lidar is on a basis of fluorescence spectroscopy which can offer eco-physiological information of plants. The vegetation lidar have been using to remotely monitor tree growth status, chlorophyll contents in leaves, and growth circumstances surrounding vegetation. This report shows the principle, details of the system configuration/operation and results of vegetation monitoring. On these investigations, a new airborne vegetation LIFS lidar which will connect satellite vegetation monitoring and ground one is proposed.

Key Words: Lidar, Fluorescence, Vegetation, Airborne, Satellite

1. はじめに

人類の生存にとって植物の果たす役割は非常に大きく、太陽エネルギーを人間が利用可能な殆どのエネルギー（食料含む）に変換している。従って植物の生理生育情報を取得して植生管理や農林水産業等へ活用することは、人間社会の持続的な発展にとって必須の案件である。欧州宇宙機関(ESA)は昨年 11 月に次期衛星観測 FLEX (Fluorescence Explorer)を採択したが、決定にはこの様な背景がある¹⁾。FLEX では太陽光誘起の植物蛍光を観測する。同様の考えの下に、信州大学ライダーグループは 1990 年代半ばから植生ライダー(Vegetation Lidar)の開発を開始し²⁾³⁾、植物蛍光と植物生育の関係について報告してきた⁴⁾。

本報告では、信州大学で行ってきた地上ベースでのライダー植物蛍光観測の結果を踏まえ、衛星観測と地上観測を繋ぐものとしての航空機搭載蛍光ライダーの提案を行う。

2. 植生ライダー

信州大学植生ライダーの特徴は、生理生育情報を取得することにある。通常の植生ライダーでは、散乱光による植物の形状（物理パラメータ）を取得する。

2.1 レーザ誘起蛍光スペクトル(LIFS)ライダー

紫外レーザーを植物葉に照射すると可視域全域から近赤外域までの広範囲な蛍光スペクトルが得られる。本原理を応用した LIFS (Laser-induced Fluorescence Spectrum) ライダーを製作した。Fig. 1 に 20 m 離れたケヤキ葉の観測例を示す。植物の成長段階に応じて、葉の蛍光スペクトル形状が変化した。代謝二次産物やクロロフィル形成過程などの情報が得られた⁵⁾。

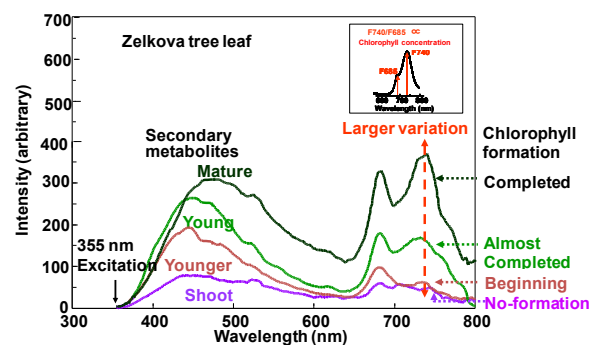


Fig.1 Fluorescence spectrum of Zelkova tree leaves monitored by LIFS lidar.

2.2 蛍光寿命 (LIFL) ライダー

1 ns 付近からそれ以下程度のクロロフィル蛍光寿命と光合成明反応時の光化学反応とは逆相関になることが知られており、蛍光寿命から植物生理情報が取得できる⁶⁾。本原理を応用した LIFL (Laser-induced Fluorescence Lifetime) ライダーを製作した。15 m 離れたハナミズキ葉の観測例では、蛍光寿命が日向葉と日陰葉により異なる事や季節(月)毎に場合分けが可能である事等が示された⁷⁾。

2.3 蛍光画像ライダー

検出器にカメラを利用するタイプとスキャニングタイプの二つの蛍光画像ライダーを製作した。ゲート機能を有する高感度カメラタイプの観測例を Fig. 2 に示す。60 m 離れたポプラ樹木のクロロフィル濃度分布画像の取得に成功した⁸⁾。

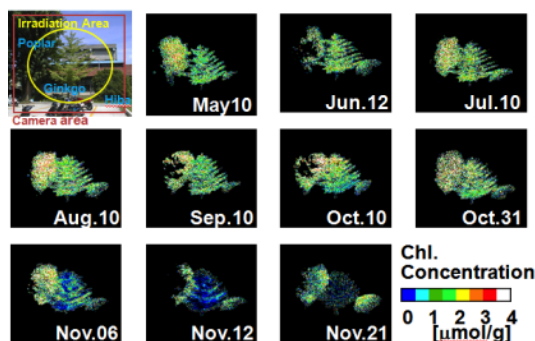


Fig. 2 Chlorophyll distribution image of Ginkgo tree measured by LIFS imaging lidar.

3. 航空機搭載 LIFS ライダーによる植生観測提案

衛星観測は地上観測との連携による評価・実証試験を必要とする。衛星観測では全地球規模での観測が可能であるが地上観測と比べ精度や分解能の点で劣る。一方、地上観測では観測範囲が狭かったり人的資源の確保が困難という現状がある。この中間的存在としての航空機搭載 LIFS ライダーを提案する。軽ワゴン車に搭載可能な小型スキャニング LIFS ライダー(容積 1.1m³, Fig. 4 参照)を製作し、日中での蛍光スペクトルの三次元計測にも成功しており⁹⁾。航空機搭載の原型は既に完成している。

Fig. 3 に提案システム図を示す。特徴は植物蛍光スペクトルを計測して、植物生理生育に関する情報が得られる事にある。大気、水、土壌なども蛍光発光する事が知られていることから¹⁰⁾、植物が生育している周辺環境情報も同時に収集できる。これらと同時に散乱光を計測する事で、樹木高さや地面高度に関する情報も取得可能である。

4. おわりに

LIFS ライダーによる植物生理生育情報の取得

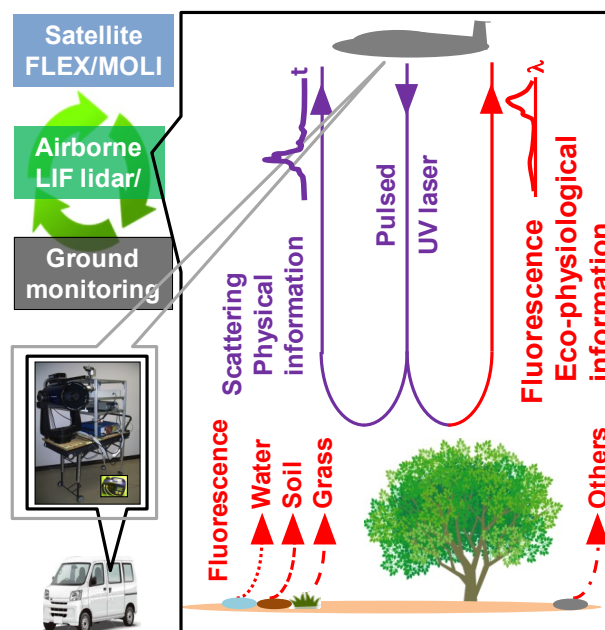


Fig. 3 Concept of airborne LIFS lidar.

について報告した。これまでのライダー観測実績を踏まえ、航空機搭載 LIFS ライダーの提案を行った。衛星-航空機-地上を繋ぐことによって、それぞれの苦手な部分を補いながら、関連性のある植物情報を得る。

今後、航空機搭載に向けてのより詳細な LIFS ライダーの設計を開始する予定である。

参考文献

- 1) Report for Mission Selection: FLEX (ESA SP-1330/2, June 2015), K Fletcher Ed., ESA Communications.
- 2) 齊藤他: 第 17 回レーザセンシングシンポジウム C4 (1995).
- 3) Y. Saito et al.: 18th ILRC (July 22-16, 1996, Berlin) E50.
- 4) Yasunori Saito: Chapter 6 in *Industrial Applications of laser Remote Sensing*, pp. 99-114, T. Fukuchi and T. Shiina Eds., Bentham e Books (2012).
- 5) Yasunori Saito: *Proceedings of SPIE* **6604**, 66041W (2007).
- 6) I.Moya,et al.: *EARSeL ADVANCES IN REMOTE SENSING* **3** (1995).
- 7) 梅田 隼: *LIDAR 計測による植物蛍光寿命と生育環境との関係に関する考察*, 信州大学修士論文 (2016 年 3 月).
- 8) Y. Saito et al.: *Optical Review* **6** (1999) 155.
- 9) T. Tomida: *EPJ Web of Conference* **27th ILRC** **119**, 17009 (2016).
- 10) 齊藤保典: *レーザー研究* **39** (2011) 590.