

# 蛍光ライダーによる樹木葉内成分の群落内 3次元構造

宇都宮 成弥<sup>1</sup>, 小笠原 茜<sup>2</sup>, 富田 孝幸<sup>3</sup>, 五十嵐 康人<sup>4</sup>, 齊藤 保典<sup>3</sup>

<sup>1</sup>信州大学大学院総合理工学研究科,<sup>2</sup>信州大学工学部,<sup>3</sup>信州大学学術研究院  
(〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

<sup>4</sup>京都大学複合原子力科学研究所 (〒590-0494 大阪府泉南群熊取町朝代西 2 丁目)

## Three-dimensional structure of tree leaf components in vegetation by fluorescence lidar.

Seiya Utsunomiya<sup>1</sup>, Yosuke Kumagai<sup>2</sup>, Akane Ogasawara<sup>2</sup>, Takayuki Tomida<sup>3</sup>,  
Yasunori Saito<sup>3</sup> and Yasuhito Igarashi

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Shinshu Univ., <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,

<sup>3</sup>Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

<sup>4</sup>Institute for Integrate Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ., (2 Asasironisi Kumatori Sennan, Osaka 590-0494)

Abstract : We have developed a vegetation monitoring lidar called a laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar which is able to get the living status of plants by observing their fluorescence remotely. As the LIFS lidar is a mobile and self – sufficient one, it is suitable for outside observation such as vegetation monitoring. In vegetation observations, we could depict three-dimensional structures of fluorescence spectrums. We also discuss in this work the possibility of monitoring plant physiological information such as the concentration of chlorophyll molecule and relationship between chlorophyll molecule and other leaf organic matters.

**Key Words:** Laser induced fluorescence, Plant growth, Vegetation, Chlorophyll, Organic matter

### 1. はじめに

持続的に安定な生活環境形成において、植物の果たす役割には大きなものがあることから、その生育状況の調査は極めて重要である。

従来の手法を森林環境内で行う場合、サンプル採取時の確実性（手が届かない等）や多量のサンプルが必要（生育環境への影響）、また、サンプル採取時の安全性などに多大な注意が必要である。

本研究にて紹介する蛍光(LIFS : Laser Induced Fluorescence Spectrum)ライダーは、レーザー誘起蛍光法により発生した物質蛍光を遠隔的かつ短時間で取得する装置であり、上記の問題に対して一つの回答を与える。特に非破壊観測手法であり、生体としての植物を対象にする際には必須の装置である。その観測方法、データ分析結果等について述べる。

### 2. 開発した LIFS ライダー

#### 2.1 特徴

紫外線レーザーを用いて物質の励起を行う蛍光ライダーで、広波長域での蛍光スペクトルの検出が可能である。OS 動作の異なる各装置要素の一体化を進めた結果、ユーザーフレンドリーな装置となった。小型軽自動搭載型かつ、小型発電機で全動作が可能なことにより、野外での観測に適したものとなった。

#### 2.2 構成機器

本装置はレーザー(Quantel 社 Ultra100,波長 355nm, 出力 5mJ,パルス幅 8ns)、マルチチャンネル分光器(浜松ホトニクス社 PMA-12, 検出波長域 200nm-860nm,最短ゲート幅 10ns)、パルスジェネレータ(Stanford 社 DG535,時間分解能 5ps)、望遠鏡(Meade 社 LX200ACF ,口径 254mm)、PC で構成されている。

### 3. LIFS ライダーによる植物蛍光観測

植物生育状況と蛍光の関係を把握するため、長野県長野市の犀川河川敷周辺の植生群落内の蛍光観測を試みた。また植物蛍光の季節ごとの変化を調査するため、四季を分けての観測を試行した。それぞれ夏季(2018/8/1),秋季(/11/4),冬季(/12/13),春季(/2019/5/14)である。



Fig.1 Observation of plant fluorescence in vegetation using a LIFS Lidar

### 3.1 3次元構造観測

犀川河川敷には様々な種類の樹木が確認できたため、水平一鉛直掃引観測による広範囲三次元構造観測を行った。Fig.2に夏季観測結果を示す。奥行き方向 13 ステップ×水平方向 4 ステップ×鉛直方向 4 ステップ、計 208 の立体分布構造が得られた。

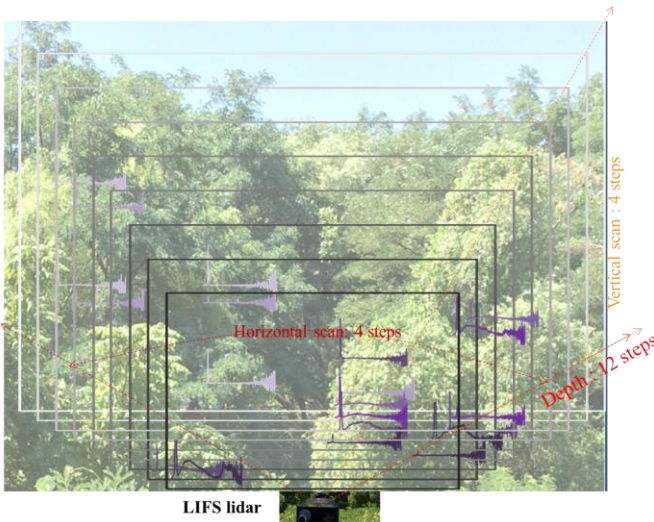


Fig.2 Three dementional monitoring of tree leaves fluorescence spectrum in vegetation

### 3.2 植物蛍光スペクトルと解析手法

取得した蛍光スペクトルに対し 400-780nm の波長域でスペクトル分解を行った (Fig. 3)。ここでは、ピークフィッティングと呼ばれる手法を用いた。この手法により、3つのスペクトル成分に分解された。450nm 付近にピークを持つスペクトル成分は葉内有機物質の情報を、また 685nm、740nm のピークを持った成分はクロロフィル分子の情報を持つ。3つのピークは生育段階によって濃度に変化し、スペクトルの形状が変化することが知られており、生育状況の調査に利用できる。Fig. 4はクロロフィル濃度の指標となるとされる蛍光強度比 (685nm/740nm) を季節ごとに表示したものである。

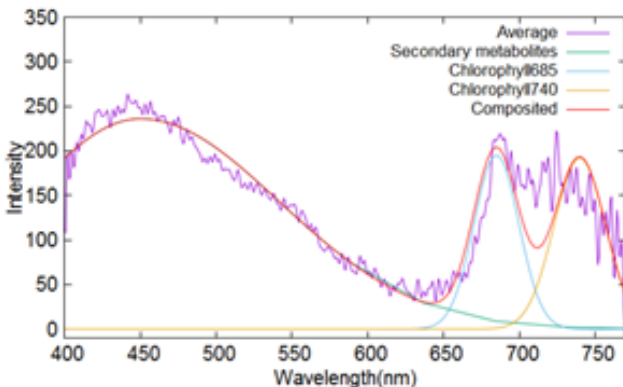


Fig.3 Analysis of fluorescence spectrum of a leaf

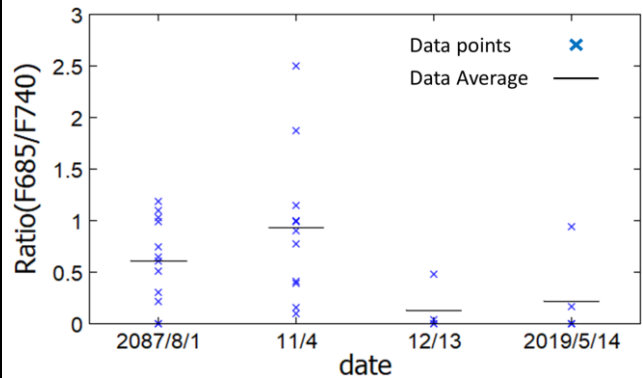


Fig.4 Seasonal chlorophyll ratio (Fluorescence intensity at 685nm/at 740nm)

## 4. 考察

クロロフィル分子については以下の事が知られている。生育初期では 685nm のクロロフィル蛍光のみが表れるが、生育が進むにつれて 740nm 成分が出始め、成熟葉では 740nm 成分が 685nm 成分より大きくなる。秋口以降は逆の過程となる。

Fig.4からは時期的な違いが確認できた。8月を例にとると、685nmと740nmの蛍光強度比は0.5~1に密集していることから、クロロフィル濃度の高い成熟葉を多く含むと考えられた。秋口では枯死過程でクロロフィル分解が進み、特に740nm成分が減少することで比は高くなる。冬季と春季では、クロロフィル蛍光について十分なデータ数が得られなかった。現在、葉内有機物に関するデータ及び葉内有機物とクロロフィル濃度との関係について、調査中である。

## 5. まとめ

LIFS ライダーを用いて群落内の樹木葉の蛍光スペクトルの3次元構造的観測に成功した。また、蛍光スペクトルの解析により、樹木の生育状況の把握が可能になった。今後、植物の生育が人間生活に与える影響の調査等にも活用を図っていきたい。

## 6. 謝辞

本研究の一部は市村清新技術財団第27回(平成30年度)及び植物研究助成により行われた。さらに平成31年度科学研究費基盤A(代表五十嵐康人)により継続中である。

## 7. 参考文献

1) 齊藤保典, レーザ誘起蛍光分光による植物生理情報センシング, 応用物理, Vol.77, pp.1328-1331, 2008.