

生葉クロロフィル蛍光寿命計測ライダーの開発  
Development of laser-induced fluorescence lifetime (LIFL) Lidar  
for measurement of chlorophyll fluorescence lifetime of intact leaves

津島武<sup>1</sup>, 石田純也<sup>2</sup>, 大谷武志<sup>2</sup>, 小林一樹<sup>1</sup>, 斉藤保典<sup>2</sup>  
Takeru Tsushima<sup>1</sup>, Junya Ishida<sup>2</sup>, Takeshi Otani<sup>2</sup>, Kazuki Kobayashi<sup>1</sup>, Yasunori Saito<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>信州大学大学院工学系研究科, <sup>2</sup>信州大学工学部  
<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Shinshu University  
<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

## Abstract

We have developed a fluorescence lidar that measures fluorescence lifetime of plant leaves excited by a picosecond pulse laser (40ps, 532nm). It was named LIFL (laser-induced fluorescence lifetime) lidar. Two components of the lifetime of a fresh leaf and a dead one, fast component and slow component, were analytically obtained with deconvolution method using measured leaves fluorescence waveforms (685nm and 740nm) and scattering waveforms (532nm). Difference of the slow component at 740nm between the leaves was largest. They were 0.78 ns for a flesh leaf and 1.08 ns for a dead leaf, respectively. Plant fluorescence lifetime can be an index to evaluate living status of plants such as photosynthesis activity.

## 1. はじめに

植物の生理状態は植生環境の変化の影響を大きく受ける。その結果、生育過程に変化が起こり、場合によっては障害や枯死などの変化が引き起こされる。これらの変化が目視で判断できる状態になるよりも先に前兆を捉えられれば、生育変化の予測が可能となり、植物の障害や枯死に対して素早く防止策をとることができる。本研究では、光合成の活性度と関係がある植物クロロフィルの蛍光寿命に注目した。蛍光寿命計測は、対象物の傾きや表面状態に左右されやすい強度情報ではなく、時間変化情報に着目したものである。今回新たに検出部を改良し、蛍光取得実験を行ったので報告する。

## 2. ライダーシステム (検出部の改良)

送信系に Nd:YAG レーザ (532nm, パルス幅 40ps, エネルギー <math>500 \mu\text{J/pulse}</math>, 繰り返し周期 20Hz) を使用し, 受信系には望遠鏡 (レンズ径 110mm, Vixen 社製) を, 検出には光電子増倍管 (PMT) (R5916U-50, 浜松ホトニクス社製) を 2 つ使用した (Fig. 1). 取得波長は葉からの散乱光 (532nm) とクロロフィル蛍光 (685nm, 740nm) の 3 波長である. 532nm は解析の際に機器関数やノイズを取り除くために取得している. 2 本の PMT の感度の違い, 散乱光とクロロフィル蛍光の強度の違いを考慮し, それぞれほぼ同じ程度の大きさになるように各フィルタ群の値を調整した. Filter1 および Filter2 の各フィルタ群は, それぞれ 1 つのブロックに納められており, 各ブロックの交換のみで必要な波長の計測を行うことができる.

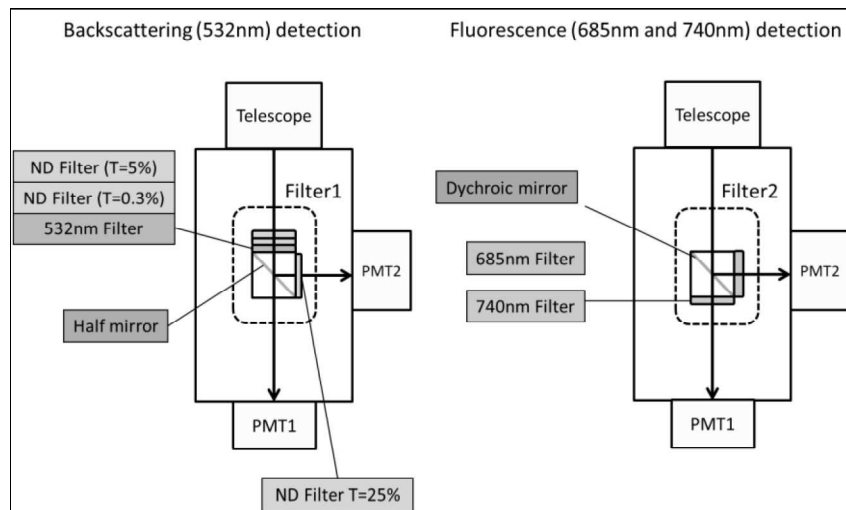


Fig.1 Detector of LIFL Lidar system

### 3. 信号取得実験

上記のライダーシステムを用いて各波長の信号取得実験を行った。まず信州大学工学部のキャンパス内に自生するレッドロビン（ベニカナメモチ）を採取し、信州大学総合研究棟室内にあるライダーシステムから約20m離れた室外に設置し計測した。計測後の葉は20℃に保たれた総合研究棟室内で保管され、葉が枯れてからの蛍光寿命の変化を計測した。Fig.2は採取当日と7日経過後の散乱光波形と取得蛍光波形である。逆畳み込み解析による蛍光寿命の算出結果は、採取直後の葉の685nm 蛍光寿命は0.9 ns、740nm 蛍光寿命は0.78 nsであったが、7日経過後の枯死状態の葉でそれぞれ1.03 ns、1.08 nsとなり、蛍光寿命の変化を観測することができた。Moyaらは葉の光合成活性度が高いほど蛍光寿命が短くなることを報告しており<sup>2)</sup>、本結果を裏付けるものである。740nmの蛍光寿命の変化が大きいが、これは生育過程および枯死過程での蛍光強度の変化が680nmより740nmのほうが大きいこと<sup>3)</sup>と関係があるものと考えている。

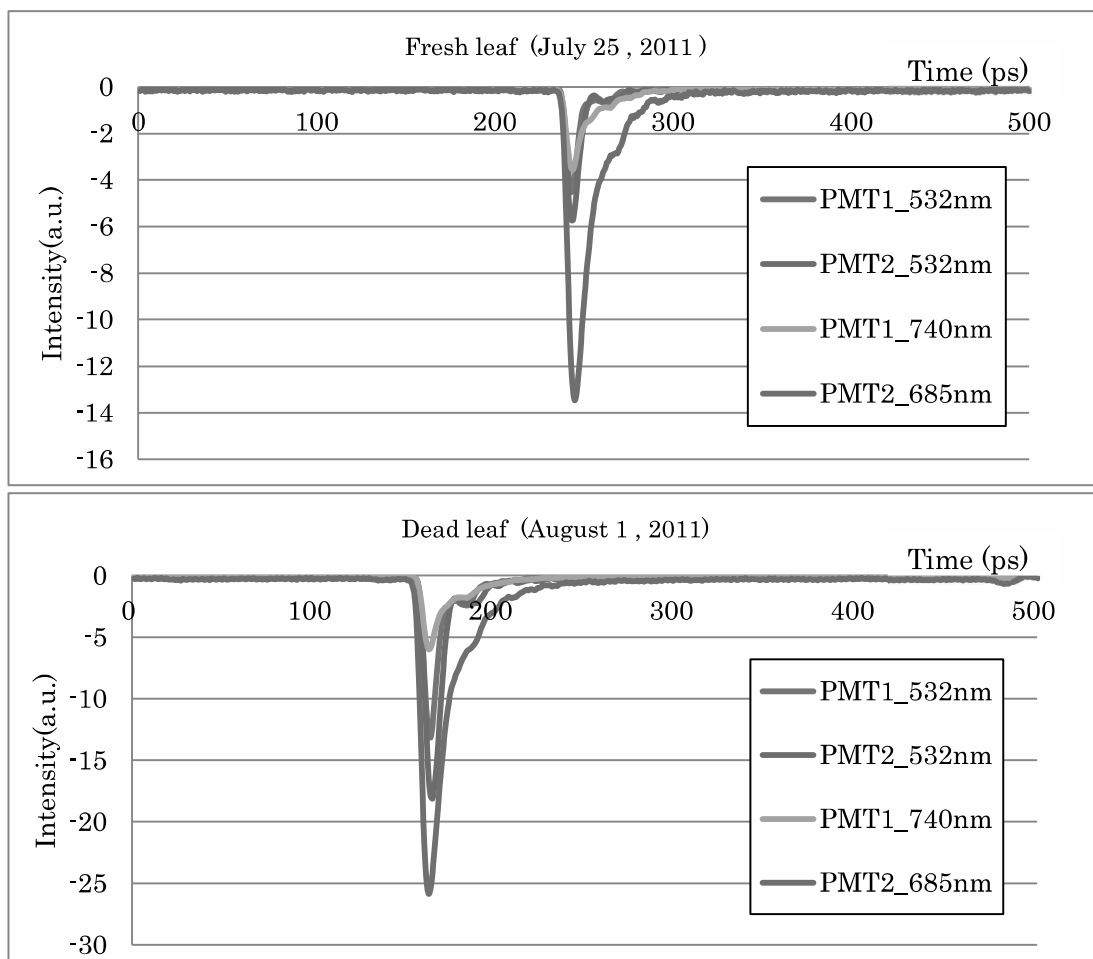


Fig.2 Fluorescence and scattering waveforms of leaves (*Photinia x fraseri*), fresh leaf measured on July 25,2011 and dead leaf on August 1,2011

### 4.まとめ

蛍光寿命計測ライダーシステムを開発し、採取直後と枯死状態の葉の蛍光寿命の変化を観測し、枯れた葉の蛍光寿命が長くなるという結果を得た。蛍光寿命が植物生育状況を知る上での1つの指標となる可能性を示した。今後は自生する植物の1日の蛍光寿命の変化や、季節変化などの観測を行いたい。

### 参考文献

- 1) 志摩、他 第28回レーザーセンシングシンポジウム p-44, September 9-10, 2010.
- 2) I.Moya et al., EARSel Advance in Remote sensing, 3, (1995), 188.
- 3) Y.Saito, Proc. of SPIE, Vol.6604, (2007), 66041W.