

蛍光スペクトルライダーによる三次元蛍光スペクトル情報の取得と計測の自動化

谷田川綾太¹, 西澤直人², 富田孝幸³, 齊藤保典³

¹信州大学工学部, ²信州大学大学院理工学系研究科, ³信州大学学術院工学系
(〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

Automatic operation of fluorescence lidar capable of three-dimensional fluorescence image

Ryota YATAGAWA¹, Naoto NISHIZAWA², Takayuki TOMIDA³, and Yasunori SAITO³

¹Faculty of Engineering, ²Graduate School of Science and Technology, ³Institute of Engineering, Academic Assembly Shinshu Univ.,
(4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

Abstract: We developed an automated LIFS (laser induced fluorescence spectrum) lidar. By synchronous operation of laser operation, CCD gating (delay time and gate time width) and telescope movement (rotation and altitude), automatic operation of the lidar system was made. Experiments confirmed its practicality that three-dimensional fluorescence image of plant and growing field was obtained. The image with fluorescence spectral range of 400 - 800 nm was two-dimensional structure with 9 pixels×7 pixels and depth with 10 pixels having 3 m range resolution. The operation was successfully done in daytime. Measurement time was shortened by 30 % of manual control system. The automated LIFS Lidar will make observations at any place and any time as “Just - in - time” lidar.

Key Words: LIDAR, Automation, Fluorescence

1. はじめに

水・大気・土壌・植物などの周辺環境が人間生活へ与える影響を予測するために、これらの情報を取得することは重要なことである。情報取得の手段としてライダーが広く利用されているが、その多くは散乱特性を取得するものであったり、屋内固定型や専用大型計測車への搭載型であり、計測対象や範囲が限られている。

一方我々は、環境中の物質の多くが蛍光特性を有する事に注目して、各周辺環境を繋ぐ共通データとしての蛍光情報に注目した¹⁾。また観測場所やインフラ設備に制限されず即効性のある観測を目指した “Just-in-time” LIFS (Laser-Induced Fluorescence Spectrum)ライダーシステムの開発を行っている²⁾³⁾。

本報告では、LIFSライダーによる三次元蛍光画像の実測例を示すと共に、計測の即時性向上と操作性の向上を目的として行った計測の自動化について述べる。

2. Just-in-time LIFS ライダー

2.1 ライダー構成

基本構成は通常のリダーと同様であるが、特徴として①蛍光分光検出が可能、②CCD検出器のゲート開始時間と時間幅を任意に設定可能、③小発電容量(900V)の自家発電装置で動作可能、④システム全容積が約 1 m³とコンパクトで可動台に

配置され軽バン自動車搭載可能、が挙げられる。

2.2 三次元蛍光画像観測例

信州大学キャンパスから約2km離れた犀川周辺環境の蛍光観測を行った。送受信系を手動で水平上下方向にそれぞれ9ステップ×7ステップ動かした。日中観測結果をFig. 1に示す。取得された400 nm～800 nmの蛍光スペクトルから、植物生体分子の情報を有する445 nm蛍光、光合成明反応の光反応系IIとIの情報を有する各685 nmと740 nm蛍光を選んだ。CCD検出器のゲート開始時間を調整することで生じる蛍光検出(到達)の時間差より距離情報を得た。樹木を含む生育周辺環境の三次元蛍光情報が得られた。

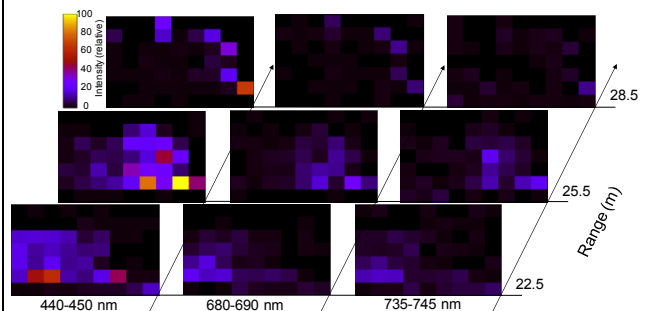


Fig. 1 Three-dimensional fluorescence image of plant and growing field in daytime taken by LIFS lidar.

3. 計測の自動化

3.1 自動化手順

Fig. 1では、1データ取得（100パルス平均）は14秒程度で終了するが、水平9ピクセル×上下7ピクセル×奥行き10ピクセルの画像取得に3時間半程度の時間が必要であった。最大の理由は、望遠鏡架台の位置決めを手動で行っていることにあるため、システム動作と計測の全自動化を進めることとした。基本的には1ピクセルの奥行き方向データ取得後に次のピクセルへと送受信系を動かし、設定したピクセル数までその動作を繰り返す。

システム動作では、パルスジェネレータ、レーザ、マルチチャンネル分光検出器、望遠鏡経緯台の4機器を制御する。自動化の概念をFig. 2に示す。計測は奥行き方向の1方向（Fig. 2の①に対応）に対して最も手前側から奥に向かって順に計測していき、設定した最も奥の距離まで終わると、次のピクセル（Fig. 2の②）への方向変更を望遠鏡の経緯台のモータ駆動で自動で行う。全ピクセル（Fig. 2のn番目）の計測が終わると、レーザを停止し、望遠鏡を計測開始時の位置に設定し、自動計測プログラムは終了する。なお奥行き方向の距離分解能はCCDゲート時間幅（Fig. 2ゲートopenとclose間距離）に依存し、水平・上下方向の分解能は経緯台の角度分解能に依存する。

具体的にはFig. 3に示すフローチャートに従って実行される。自動計測プログラムの実行時に、開始処理として機器との接続設定や、レーザの射出開始など各機器の設定など行われた後、計測条件が記述されたコンフィグファイルが読み込まれ動作が開始する。コンフィグファイルに含まれる計測条件には、計測ピクセル数、計測距離、1ピクセルあたりの望遠鏡の移動角度、データの保存ファイル名などが含まれる。

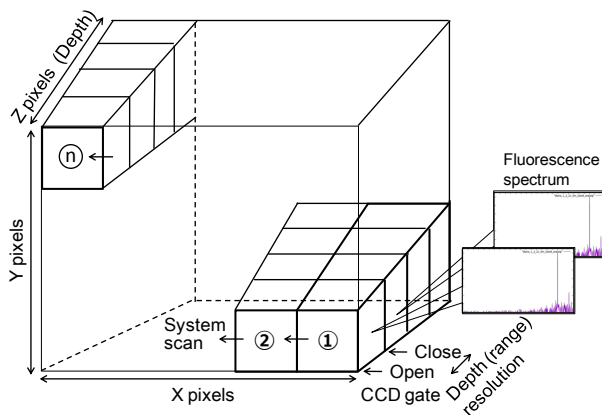


Fig. 2 Conceptual illustration of the system control of LIFS lidar and three-dimensional fluorescence imaging.

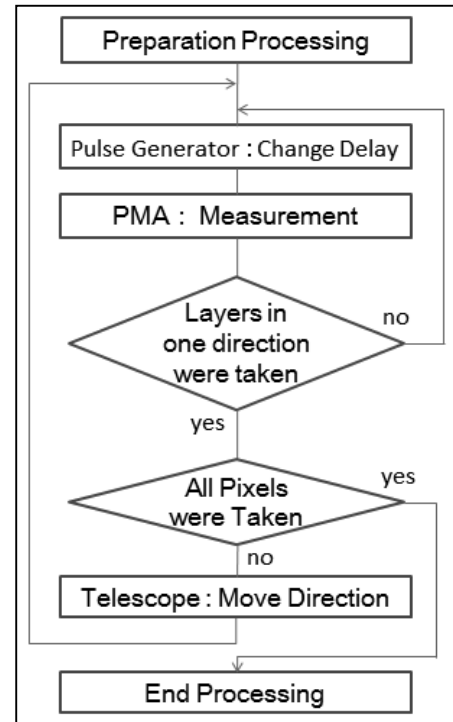


Fig. 3 Flowchart of the procedure of system control.

3. 自動計測動作試験

計測自動化前後での所要時間の比較のためにこれまでに行われた計測と同条件の計測を行った。比較する計測の条件は (a)水平 9 pixels×上下 7 pixels × 奥行き 10 pixels (Fig. 1と同じ条件) および(b) 5 pixels×6 pixels×10 pixelsとした (a)での手動計測は 225 分で自動計測は 165 分、(b)での手動計測は 118 分で自動計測は 80 分であった。自動化により (a)では約 26%、(b)では約 31%の所要時間の短縮がはかられた。

4. 終わりに

LIFS ライダーの計測自動化により、計測時間の短縮と操作自体の簡易化が達成され、その有効性が確かめられた。現在、画像の三次元自動作成プログラムの準備を進めている。計測自動化プログラムに組み込むことで、完全自動化 Just-in-time LIFS ライダーを完成させる。

参考文献

- 1) 斉藤保典: レーザー研究 **39** (2011) 590.
- 2) T. Tomida et al.: EPJ Web of Conference 27th ILRC **119** 17009 (2015).
- 3) Y. Saito et al.: Applied Optics (in print).