

可搬型LIFSライダーを用いた物質同定および立体計測

Automotive LIFS LIDAR for Substance identification and 3D spatial observation

富田孝幸 1) 西澤直人 2) 藤井貴大 3) 斉藤保典 1)

Takayuki Tomida¹⁾ Naoto Nishizawa²⁾ Takahiro Fujii³⁾ Yasunori Saito¹⁾

1) 信州大学学術研究院工学系 2) 信州大学大学院 理工学系研究科 3) 信州大学工学部

1) Faculty of Engineering Department of Computer Science&Engineering, Shinshu University

2) Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

3) Faculty of Engineering, Shinshu University

Abstract

Remote sensing using Laser Induced Fluorescence Spectrum (LIFS) is useful in aerosol spatial distribution and the substance identification, or health diagnosis of the plant. We developed three-dimensional measuring instrument of the LIFS by the telescope on the altazimuth mount and the multi-channel spectrometer equipped with the image intensifier. We have confirmed the usefulness of the device in the indoor and outdoor observation.

1. はじめに

広く一般に環境問題による健康被害が認知されてから久しい。様々な法整備や技術革新によって改善される問題も少なくはないが、近年においてもPM2.5や光化学スモッグ、黄砂など、健康被害が懸念されるエアロゾルによる大気汚染は国内でも中心的な話題となっている。他方では、同時期・同種の植林や街路樹の植樹によって突発的な原因不明の同時枯死などによる自然災害や都市計画への懸念も発生している。このような状況下において、エアロゾルの物質同定や飛散量計測や植物健康診断をリアルタイムで行うことへの期待は高まっている。信州大学では、物質により異なる波長を放出する蛍光現象によるリアルタイム計測の可能性にいち早く着目し、レーザー誘起蛍光法による蛍光スペクトル(LIFS: Laser Induced Fluorescence Spectrum) を用いてレーザー誘起蛍光立体計測装置 (LIFS-LIDAR) の開発、可搬型での試験観測¹⁾を進めている。本講演では、LIFS-LIDARシステムの開発および測定実験に関して報告する。

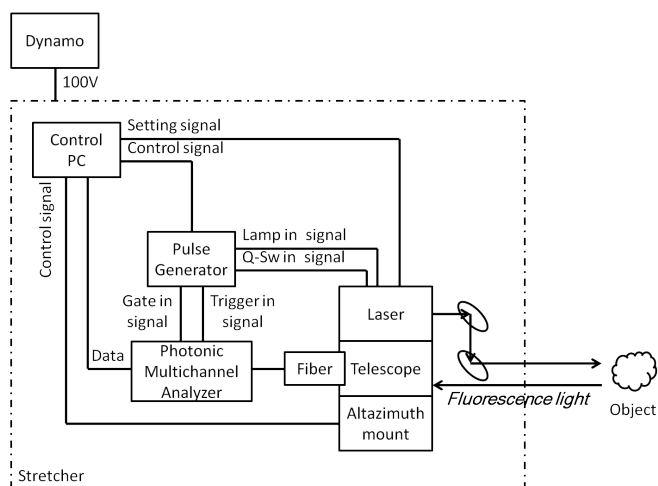
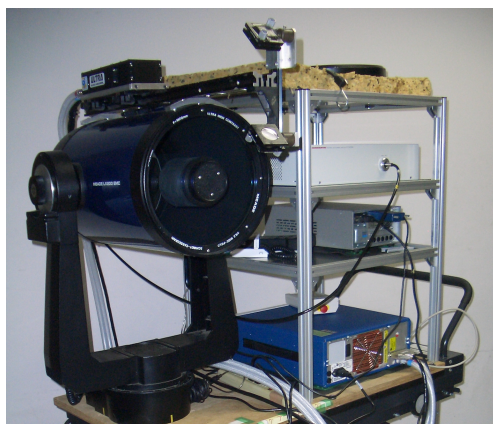


Fig. 1: Picture and block diagram of LIFS-LIDAR system

2. 蛍光 LIDAR システム

LIFS-LIDARシステムは、レーザーを射出する送信系、蛍光を受信する受信系、およびこれら装置の制御系から構成されている²⁾。ストークスの法則より、蛍光の観測には送信系のレーザー波長はより短波長かつ高出力が求められる。このため、送信系にはNd:YAGレーザーの3高調波(50mJ, 355nm)を採用した。受信系には、φ355mmのシュミットカセグレン式望遠鏡の集光部に光ファイバーを装着し、受信した光をイメージインテンシファイアが搭載されたマルチチャンネル分光器へ伝送し波長毎の受信強度を計測する。さらに、イメージインテンシファイアの機能を利用して受信可能な時間に制限を設け、レーザー射出から受光までの時間によって、蛍光の発信源までの距離が見積もられる。これは、背景光などのノイズの低減にも極めて有効であり、日中の観測を可能とする。また、レーザーヘッドを経緯台付き望遠鏡に搭載することにより水平鉛直方向の観測を実現し、従来の奥行き方向の観測から3次元の空間的観測が可能となった。これら個別の機器制御は全て1台のコンピュータによって制御されており、3次元的な観測データの評価まで一元管理されたシステムとなっている。加えて、LIFS-LIDARシステムを医療用ストレッチャーに搭載することで車載での可搬性能を向上させるとともに観測地での移動における耐震性能も高め、能動的な観測を実現し、装置の写真と構成図を Fig.1 に示す。

3. 検出性能

本装置の観測空間分解能は奥行き方向の距離分解能と仰角、方位角方向の角度分解能で評価される。

奥行き方向の分解能はマルチチャンネル分光器の受光ゲート最小時間 10 nsec (LIDAR観測距離で1.5 m 相当) , レーザーパルス幅 8 nsec (1.2 m 相当) および蛍光の発光継続時間の 10 nsec (1.5 m 相当) ため 2.5 m 程度と見積もることができ、蛍光板を用いた実証実験においても3.3 m の分解能を示している。仰角、方位角方向の分解能は経緯台の制御精度とレーザー広がり角に依存する。どちらも公称値は分角以下の精度となっているが、観測時の50 m 遠方でのビーム径は0.5 m であり約 1° の角度分解能である。

また、蛍光検出能は計測器の波長分解能によるもので、1 nm 程度である。しかしながら、蛍光のスペクトル幅は数十 nm 以上なので計測には十分である。

室内環境において本装置の立体計測性能および蛍光計測性能の実証試験を生木と木板を観測対象と行った。生木はクロロフィルを葉に含むため両者の蛍光スペクトルは大きく異なる。生木と木板の蛍光スペクトルをFig.2 に示す。

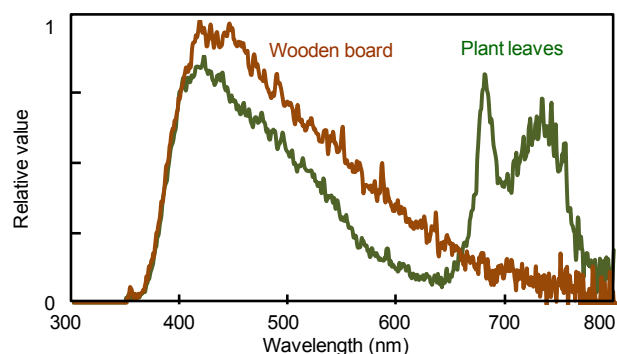


Fig.2: Fluorescence spectrum of wooden plate and plant leaves

観測時には生木を15 m , 木板を20 m に設置し、レーザー射出周波数を10 Hz で1観測点に対して計測を100回行った。観測視野の写真および奥行き方向毎の波長別の画像の例をFig.3 に示す。Fig.3 の

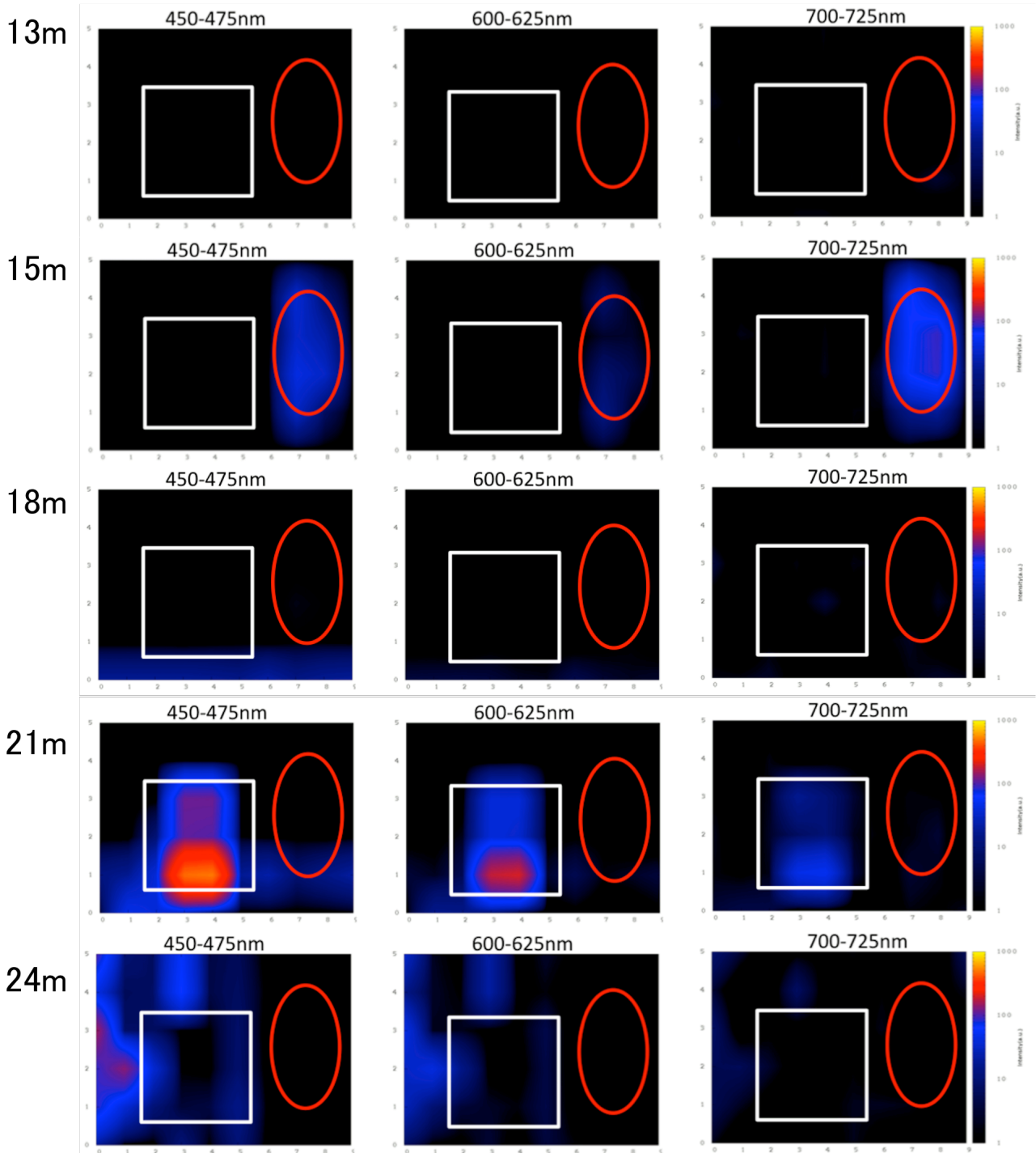


Fig.3: LIFS three-dimensional measurement of wooden plate and plant leaves

例となっている画像は有機物，クロロフィルによる蛍光波長（450-475 nm・700-725 nm）とその中間の波長（600-625 nm）のものである．本試験により生木と木板の波長別の受光強度に有意な差異が認められ，LIFSを用いた遠隔検知によって十分な同定性能が得られた．また，空間分解能においても上記の予備試験と同様の検出性能が得られている．

4. 屋外実証試験

本装置の直射日光下での検出性能および車載機能・移動耐震性能の確認のため，犀川河川敷にて生木の観測試験を行った．屋外試験における観測視野の写真および波長別の画像の例をFig. 4に示す．本試験においても室内試験と同等の検出能が示され，直射日光下での計測も実証された．

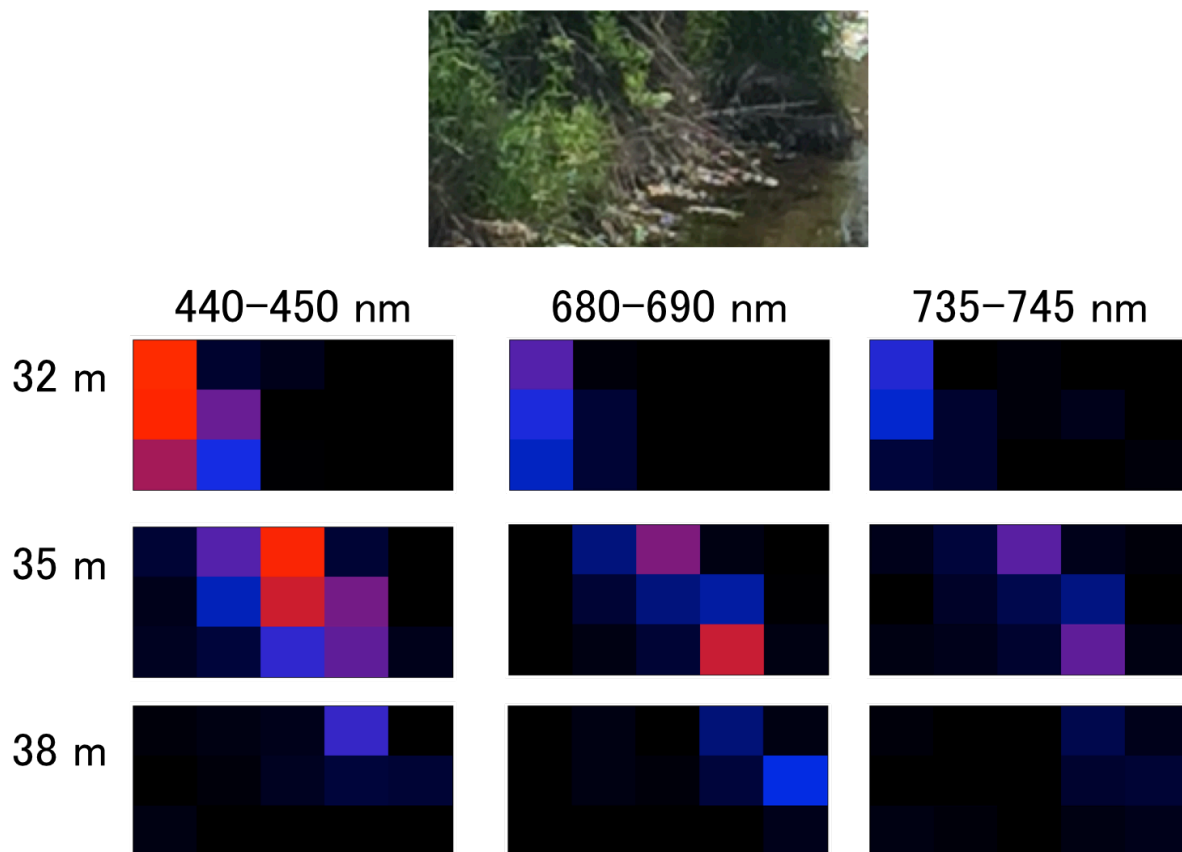


Fig. 4: LIFS three-dimensional measurement in outside (Sai liver at Nagano)

参考文献

- 1) Saito, Y. et al., 2012: Multi-element monitoring of livingsphere with laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar, Papers of the 26th ILRC25 (29 June 2012, Porto Heli, Greece), pp. 301-304.
- 2) Yasunori Saito, 2007: Laser-induced fluorescence spectroscopy/technique as a tool for field monitoring of physiological status of living plants, Proc. SPIE, Vol. 6604, pp. 66041W-1 -11.