

酸素 A バンドを利用したクロロフィル蛍光の分光画像計測: 水田への応用

Spectral imagery measurement of chlorophyll fluorescence using oxygen A band: application to rice field

○栗山健二¹, 眞子直弘², 本間香貴³, 久世宏明² (1. 静大工、2. 千葉大 CReS、3. 東北大農)

○Kenji Kuriyama¹, N. Manago², K. Homma³, Hiroaki Kuze² (1. Shizuoka Univ., 2. Chiba Univ., 3. Tohoku Univ.)

E-mail: tskmasu@ipc.shizuoka.ac.jp

太陽光によって励起された植物から放出されるクロロフィル蛍光は、植物の光合成活動に直接結びつく情報を提供する。GOSAT など高分解能 FTIR を搭載した衛星観測により、地上植生からの蛍光が観測可能であることが報告されている。我々は地上でのリモートセンシング計測により、野外の群落レベルで活用可能な植物蛍光計測法を開発している。計測では、微弱な蛍光を口径 200 mm の望遠鏡により集光させ、CCD カメラ (BITRAN, BU-51LN) と光学フィルターを用いて強度分布画像を取得する。分光計測では、CCD 分光器 (Ocean Optics, QE65Pro) を用いた。

2015 年 8 月 4-7 日、京都大学農学部の水田において、15~30m の距離にあるイネの直達太陽光励起による植物蛍光スペクトル計測を行った。Fig. 1-2 は、観測された蛍光強度スペクトルである。波長 760 nm 付近の酸素 A バンドの暗線を利用したクロロフィル蛍光強度 F は、従来法¹⁾では(1)式に基づいて、蛍光のない基準表面と植生面の測定値の比較によって算出できる。

$$F(\lambda_{in}) = \frac{E(\lambda_{out}) \cdot L(\lambda_{in}) - L(\lambda_{out}) \cdot E(\lambda_{in})}{E(\lambda_{out}) - E(\lambda_{in})} \quad (1)$$

ここで、 λ_{in} , λ_{out} は酸素 A バンドの吸収強度が最大となる波長 (760.68 nm) を示し、 L は植物(イネ)からのスペクトル (反射光+蛍光)、 E はほぼ同じ位置に白板を置いた場合のスペクトルを示す。

本研究では、新しい蛍光算出法として、白板の反射スペクトルに、予め測定したイネの反射率を掛けて植生スペクトルにフィッティングさせ、実測との差分から蛍光スペクトルを算出する方法を提案する。従来法と比較するため、759.5nm のスペクトル強度を読み取る (Fig.2)。

Fig.3 は、太陽光励起によるクロロフィル蛍光分光画像である。CCD カメラによる計測の場合、中心波長 760.68 nm、透過幅が 1 nm の狭帯域フィルターを用い、白板 (右半分) を同時に撮影し、白板の強度に植物葉の反射率を掛けた数値を植物葉の反射強度として差し引くことで蛍光強度を見積もった。(a)が bitmap 画像、(b)が蛍光スペクトル強度 (Spectrum Scale) 画像である。Fig.4 に酸素 A バンドによるクロロフィル蛍光成分 F 測定結果を示す。提案の方法と式(1)による結果がほぼ一致した。また、CCD カメラの画像データの結果も pixel あたりの強度値が同じ傾向が見られた。

1) M. Meroni et al., Remote Sens. Environ. 113, 2037-2051 (2009)

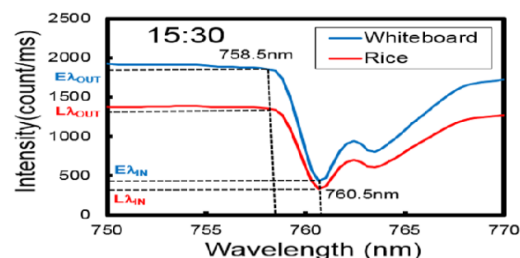


Fig.1 Detection with a CCD spectrometer
15:30 on Aug. 5, 2015

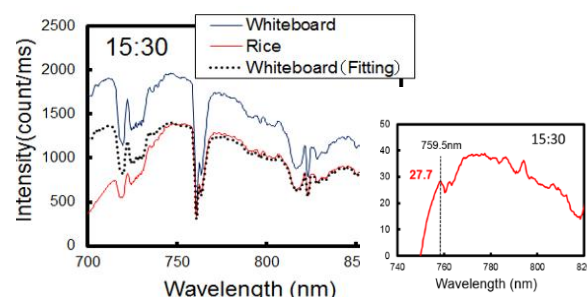


Fig.2 Proposed Method (Spectral fitting)

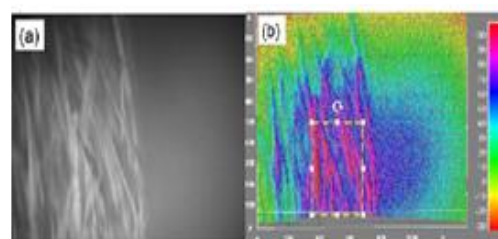


Fig.3 (a) Bitmap image obtained
(b) Fluorescence intensity calculated with the spectral fitting.

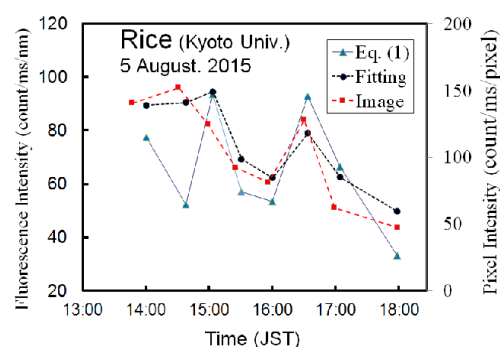


Fig.4 Chlorophyll fluorescence has been measure at the wavelength of oxygen A-band with three different approaches.