

太陽光を利用した群落レベルでの スタンドオフ植物蛍光測定

Stand-off measurement of vegetation fluorescence
on the canopy level under insolation

○増田健二 (静大工)・眞子直弘 (千葉大CEReS)
田中佑・白岩立彦(京大農)・久世宏明 (千葉大CEReS)

Background

- パルス変調法 (PAM) は、**個葉レベルの蛍光測定**として長い歴史がある (Schreiber, 1994)。
- GOSAT など高分解能衛星観測により、**地上植生からの蛍光観測**が報告されている (Guanter, 2007; Frankenberg, 2011)。
- ヨーロッパでは、FLEX計画がある (2022年頃打ち上げ予定)。
- 赤外反射光を除去するため、クロロフィル蛍光ピーク付近での太陽光の**暗線領域 (酸素Aバンド)**を利用すれば、**蛍光強度**や**蛍光強度分布画像**を取得できる (L. Guanter, 2010)。

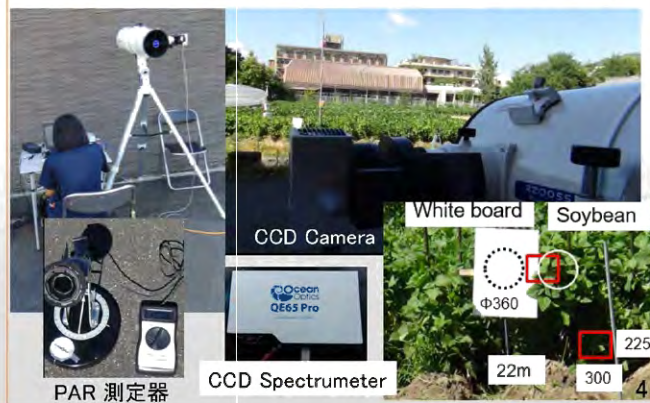
本研究の目的

- 農業や林業で活用しやすいよう、**距離10~100m程度から群落レベルでの蛍光観測**が可能なシステムを開発する。

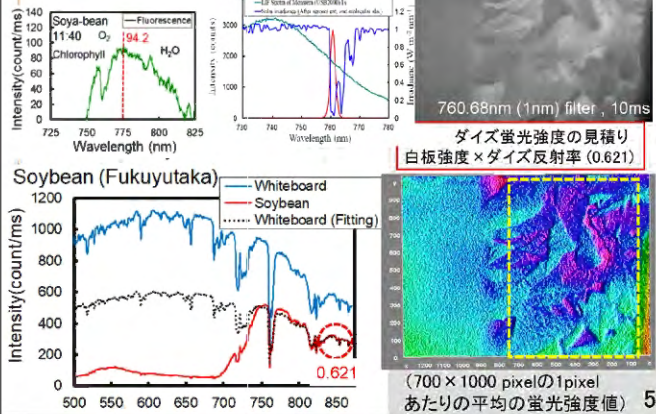
Outline

1. 蛍光顕微鏡・レーザ励起蛍光法によるクロロフィル蛍光
2. リモートセンシング蛍光計測システム
3. LED光源を用いた蛍光・反射光スペクトル (実験室)
4. 蛍光強度の日変化 (圃場のイネ)
5. 森林 (コナラ) における蛍光強度と光合成の日変化
6. 蛍光強度の日変化 (圃場のダイズ)
7. 品種別の蛍光強度 (圃場のダイズ)
8. より広域での蛍光強度分布画像取得の提案

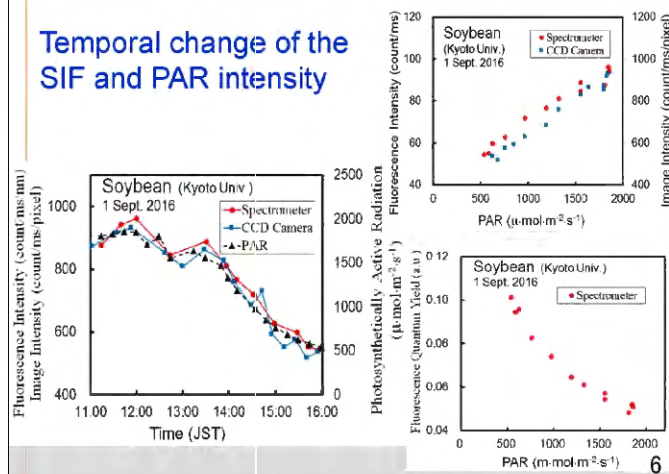
ダイズの蛍光強度の日変化の測定 (京都大学農学研究科附属農場 2016.8.30-9.2)



Proposed Method (Spectral fitting)



Temporal change of the SIF and PAR intensity



CEReS

ダイズの品種別蛍光強度の日変化の測定 (京都大学農学研究科附属農場 2017.8.28-31)

φ720
Fukuyutaka ds Satiyutaka
25m
65mm 望遠レンズ
CCDカメラ
干渉フィルタ フィールドスコープ (φ50mm)
CCD分光器
750nm 760.68nm 790nm

CEReS

Proposed Method (Spectral fitting)

薄曇り 15:27:36 356 W/m²

Intensity(count/s/nm)
Wavelength (nm)
15:27:36 356 W/m²
— Fluorescence
Soybean (Fukuyutaka)
--- Whiteboard
— Soybean (Fitting)
--- Whiteboard (Fitting)
0.665
Intensity(count/s/nm)
Wavelength (nm)

CEReS

スペクトル計測による品種別の蛍光強度の日変化 2017.8.29

Soybean (Kyoto Univ.) 29 Aug. 2017

Fluorescence Intensity (count/s/nm)
Solar Irradiance (W·m⁻²)
Time (JST)
Soybean (Fukuyutaka) 29 Aug
Soybean (ds) 29 Aug 2017
Soybean (Satiyutaka) 29 Aug 2017
Spectrometer
Solar Irradiance

CEReS

ダイズ(a: Fukuyutaka, b: ds, c: Satiyutaka) 760.68nm (1nm) filter, 50ms (2017.8.29 12:21:39) 蛍光画像 (ImageJ)

Intensity Image
Spectrum Scale
ダイズ蛍光強度の見積り
白板強度×ダイズ反射率 (0.665)
（黒点線枠内の1pixelあたりの平均の蛍光強度値）

CEReS

CCDカメラ画像による品種別の蛍光強度の日変化 2017.8.29

Soybean (Kyoto Univ.) 29 Aug. 2017

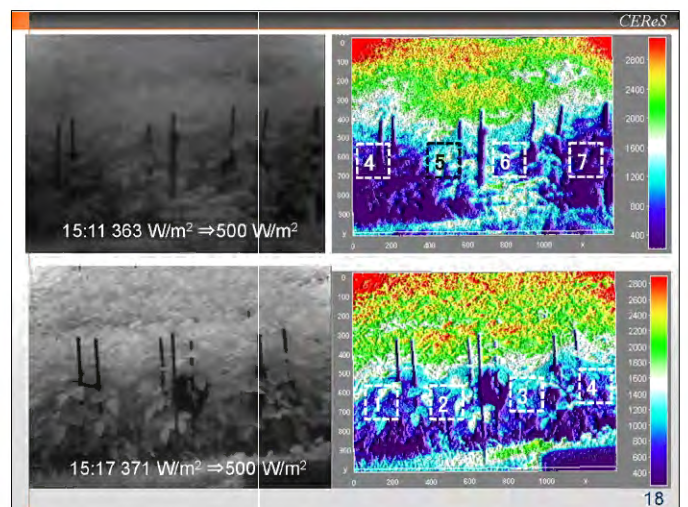
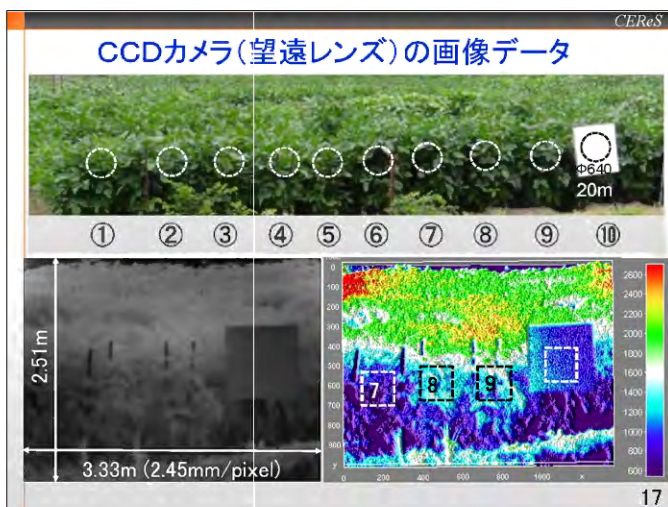
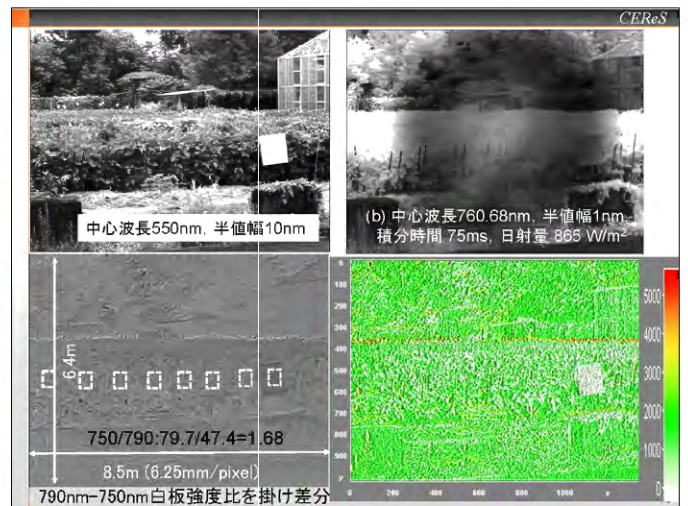
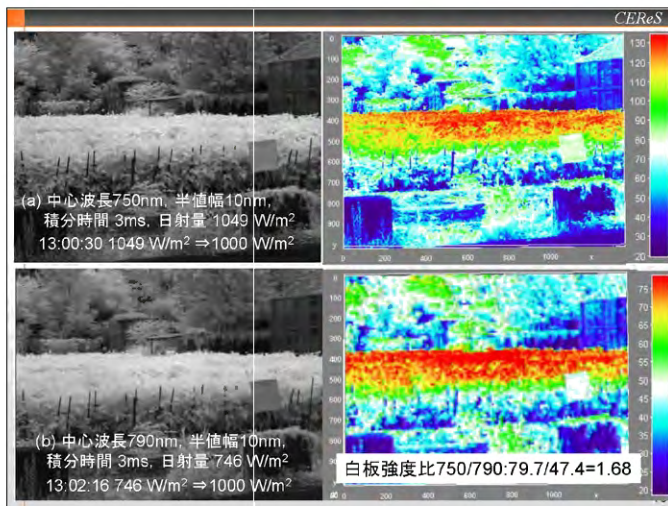
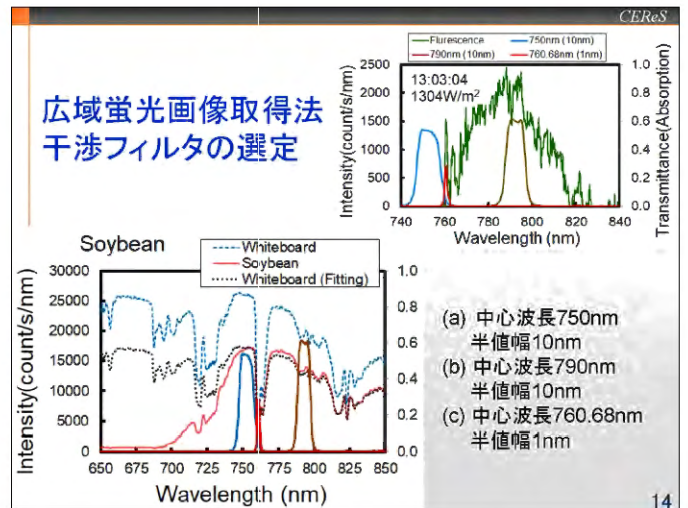
Fluorescence Intensity (count/s/nm)
Solar Irradiance (W·m⁻²)
Time (JST)
Soybean (Fukuyutaka) 29 Aug. 2017
Soybean (ds) 29 Aug. 2017
Soybean (Satiyutaka) 29 Aug. 2017
CCD Camera
Solar Irradiance

CEReS

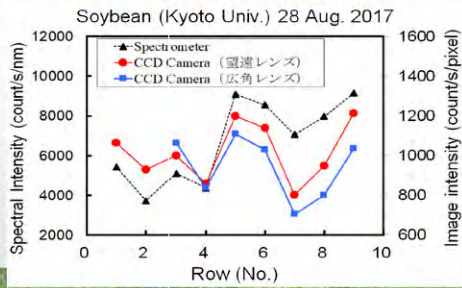
CCDカメラ画像による品種別の蛍光強度の日変化(風の影響) 2017.8.31

Soybean (Kyoto Univ.) 31 Aug. 2017

Image Intensity (count/s/pixel)
Solar Irradiance (W·m⁻²)
Time (JST)
Soybean (Fukuyutaka) 31 Aug 2017
Steady state Fluorescence
Fluorescence Intensity (count/s/nm)
Image Intensity (count/s/pixel)
Solar Irradiance (W·m⁻²)
Time (JST)
Fukuyutaka (F) ds (F)
Fukuyutaka (Fs) ds (Fs)
光合成測定器LI-6800



提案方法とCCDカメラの画像データの比較



① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

19

Conclusion

○ 屋外の植生（ダイズ）の観測

- ・ 太陽光誘起蛍光（SRIF）法
 - 口径60mmのフィールドスコープとCCD分光器によるスペクトルを計測
 - CCDカメラと狭帯域フィルタにより蛍光画像取得
- ・ 蛍光成分の取得法
 - 825 nmより長波長側における植物葉と白板の信号強度の比から蛍光スペクトル領域である740 nm付近の**反射スペクトルを推定**し、それを植物葉スペクトルから差し引いて蛍光強度を推定する方法を提案する。**【スペクトルフィッティング法】**
 - 白板による反射強度に植物葉の反射率を乗じて反射成分を取り除き、蛍光強度画像を導出
 - 干渉フィルタによる**広域蛍光強度分布画像**の取得
- ・ **圃場や森林**などでスタンドオフ計測を実施し、有効性を検証

20