

一般研究

CEReS

リモートセンシングによる広域の植物蛍光強度分布画像取得の提案

○増田健二 (静岡大学)・眞子直弘 (JAXA宇宙科学研究所)
・久世宏明 (千葉大学CEReS)

「CEReS リモートセンシングシンポジウム(千葉大学けやき会館)」
2019年2月14日(木) 10:30-10:45

CEReS

背景

▶ 植物葉のクロロフィル蛍光は植物の光合成活動のよい指標である。とくに、**ストレスの早期検出**に有用であることが指摘されている。

▶ パルス変調法 (Pulse amplitude modulation, PAM) により個葉レベルの蛍光強度の測定が可能。
Schreiber, 1994

▶ GOSATで植物蛍光が観測。756-759nm (0.01nm) 南極のデータからオフセット(FS)。
Daumard, 2010

▶ 圃場上空に設置したクレーンをプラットフォームとした植物蛍光測定法が提案されている。

PAM Instrument

C. Frankenberg, 2010

CEReS

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。

本講演の内容

- LED光源を用いた蛍光・反射光スペクトル測定 (実験室)
- 太陽光励起蛍光 (Solar-induced fluorescence, SIF) 測定
 - ▶ 同時計測した白板のスペクトルとの比較により蛍光強度の推定
 - ▶ 蛍光強度の日変化測定(ダイズ圃場)
 - ▶ より広域での蛍光強度分布画像取得の提案 (NDVI画像との比較)

3

CEReS

Laboratory measurement

Intensity (count/ms) vs Wavelength (nm)

Whiteboard: --- LED (35W), — LED (Cyan filter+Hot mirror), — LED (Cold mirror)

4

CEReS

Laboratory observation

- pure fluorescence
- pure reflection spectra

Fluorescence: LED (Cyan filter + Hot mirror)
Reflection: LED (Cold mirror)

5

CEReS

Stand-off fluorescence detection system

(a) CCD Camera, Filter, Reducer, Telescope, Fiber Adapter, Flip mirror, CCD Camera

(b) CCD spectrometer

Spectrometer: Ocean Optics, QE65Pro 500-880 nm; SN 1000:1

Cooled CCD Camera: BITRAN, BU-51LN 1.4 M pixels, 16 bit

6

Stand-off measurement of a soybean field (Kyoto Univ. 30 Aug.—2 Sept. 2016)

PAR measurement CCD Camera White board Soybean

CCD Spectrometer

Φ360 25m 300

CEReS

Proposed Method (Spectral fitting)

IR: NIR Infrared Reflectance

Soybean (Fukuyutaka)

Whiteboard (Fitting)

Intensity(count/ms)

Wavelength (nm)

NDVI = $\frac{IR - R}{IR + R}$ GNDVI = $\frac{IR - G}{IR + G}$

ダイズ反射強度の見積り:
白板強度 × ダイズ反射率 (0.581)

(600 × 700 pixelの1 pixelあたりの平均の蛍光強度値)

CEReS

Temporal change of the SIF and PAR intensity Soybean 1 Sept. 2016

F- PAR

Fluorescence Intensity (count/ms/nm)

Image Intensity (count/ms/pixel)

PAR ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

Fluorescence Yield (a.u.)

Time (JST)

PAR ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

9

CEReS

Stand-off measurement of a Camphor and Zelkove (Shizuoka Univ. 28 Sept. , 2 Oct. 2018)

Filter CCD Camera IR Camera Spectrometer Fiber Adapter Telescope Ipod touch

Whiteboard 1m × 1m

48m 37m

15

CEReS

Wide area fluorescence image measurement

Filter Wide-angle lens 10mm-20mm CCD Camera

Band-pass filter

F850 F650 F740 F550 F780

Transmittance(Absorption)

Wavelength (nm)

16

CEReS

Fluorescence image

28 Sept. 2018 12:11:45
1642 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Camphor Fluorescence

Camphor (SIF)

Intensity (counts)

Wavelength (nm)

(a) F740 100ms 12:09:42 (b) F780 100ms 12:11:04

(c) F550 100ms 12:09:15 (d) F780 - F740 100ms

白板強度比
 $k(F740/F780) = 1.148$
… フィルター透過率と太陽光照射度の違いの補正

(c) 蛍光強度分布画像を $k^*F780 - F740$ により求める。

48m 37m 50.4m (37.1mm/pixel)

17

CEReS

CEReS

Vegetation index Image (NDVI)

F650 (10nm) 100ms
 (a) Red 反射強度画像
 (c) R: Red 反射率画像
 F850 (10nm) 100ms
 (b) NIR 反射強度画像
 (d) IR:NIR 反射率画像
 (e) 植生指数NDVI 画像
 $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$

Fluorescence Intensity (count/ms/nm) vs Wavelength (nm) graph showing peaks at 685nm and 740nm. Transmittance (Absorption) is also shown.

28 Sept. 2018 12:11:45 1642 W/m²

(a) F650 100ms 12:11:42 (b) F850 100ms 12:11:04
 (c) R:F650 200ms 12:12:22 (d) IR:F850 200ms 12:13:34
 (e) NDVI:(IR-R)/(IR+R)

37m, 48m, 50.4m (37.1mm/pixel)

CEReS

Typhoon damage comparison fluorescence, Vegetation index

台風24号(浜松市)
 通過前: 9月28日
 通過後: 10月2日

(a) Sept. 28, 11:53:53 - 11:57:04 (a) 28 Sept. 11:53:53-11:57:04
 (b) Oct. 2, 11:54:48 - 11:58:40 (b) 2 Oct. 11:54:48-11:58:40

(c) Fluorescence Sept.28 (d) Fluorescence Oct.2
 (e) NDVI: Sept.28 (f) NDVI: Oct.2

	SRIF		NDVI	
	9/28	10/2	9/28	10/2
1. Camphor (22m)	129	95	0.75	0.69
		74%		92%
2. Camphor (48m)	103	80	0.74	0.60
		78%		81%
3. Zelkove (48m)	90	51	0.61	0.37
		57%		55%
4. Pinetree (50m)	85	71	0.72	0.62
		84%		86%

CEReS

Future prospects

CCDカメラ

赤 1.2 Mpx, 緑 1.2 Mpx, 近赤外 1.2 Mpx, レッドエッジ 1.2 Mpx, レンズプロテクター 耐久性素材, RGBカメラ 18 Mpx, 内部ストレージ 64GB + 10フライト録画容量, 容量に準ずるアクセス WiFiおよびUSB経由

ドローン搭載用 4波長マルチスペクトルカメラ Sequoia+ (サイバネテック社)

Fluorescence Intensity (count/ms) vs Wavelength (nm) graph for Camphor (SIF) showing peaks at 740nm and 780nm.

Fluorescence Intensity (count/ms) vs Wavelength (nm) graph for NDVI values (NIR-Red)/(NIR+Red) showing peaks at 740nm and 780nm.

Fluorescence Intensity (count/ms) vs Wavelength (nm) graph for GNDVI values (F850, F550) showing peaks at 740nm and 780nm.

可視(モノクロ)画像: F550

CEReS

Fujieda Field

Rice field (100m-250m)

Observation platform

CEReS

Conclusion

- 太陽光誘起蛍光 (SRIF) 法
 - 口径95mmの小型天体望遠鏡と冷却式CCD分光器によるスペクトルを計測
 - 冷却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780 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【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
 - 広角レンズ、F780・F740干渉フィルタ (透過幅 10nm) による広域蛍光強度分布画像の取得
- 個葉・樹冠・群落レベルのSRIF蛍光とNDVI植生指数の比較
- ハイパーマルチカメラによる植物蛍光計測