

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：82107

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21580320

研究課題名（和文） 特殊観測技術による作物の収量構成要素・葉群構造推定のための新規光学的指標の構築

研究課題名（英文） Novel radiometric indices derived from close-range observations for assessing crop growth, yield and productive structure

研究代表者

芝山 道郎 (SHIBAYAMA MICHIO)

独立行政法人農業環境技術研究所・生態系計測研究領域・上席研究員

研究者番号：10354060

研究成果の概要（和文）：分光光学的・画像工学的な近接センシングにより、作物の収量構成要素、形態・構造および栄養状態情報を評価するための新たな手法群を開発した。特に夜間計測、中間赤外域、偏光度画像およびテクスチャ解析など、これまで利用されなかった時間帯、波長帯域などの可能性を検討し、草高、葉面積、窒素量、乾物重、フェノロジー、モミ重、葉色、葉群傾斜などの新規な推定手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：We have proposed new close-range observation methods for field crops to assess yield components, nutrient condition and canopy productive structure using spectral radiometry and image engineering. Previously unexplored methods: nighttime measurement, middle infrared wavelength range, polarization image and continuous fixed-point spectral band image observations, and texture analysis, were discretely tested in field experiments. These methods had potential to non-destructively estimate, for example, plant height, leaf area, nitrogen density, biomass, growth stage, grain yield, leaf color and leaf inclination angle with high degrees of accuracy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：非破壊計測・分光反射・偏光・中間赤外・収量構成要素・葉群構造

1. 研究開始当初の背景

(1) 穀実作物の収量構成要素、すなわち土地面積あたりの穂密度、一穂あたり穀粒数、稔実歩合および穀粒重（千粒重）をそれぞれが決定される特定の生育段階において把握することは、安定的な生産や肥培管理・作業管理による環境保全にとり重要な技術

である。

(2) 生産現場においてこれら収量構成要素を計測するには労力と時間を要するため、適時に多数の調査を実施するためには非破壊・非接触での観測が望ましい。

(3) 穀実作物の収量関連形質およびそれらに影響を及ぼす形態学的・栄養生理学的デー



図1 可視・近赤外2バンドデジタル反射係数観測用カメラシステム

タを取得する手法を探索・開発するとともに、将来の栽培技術や生理生態研究および育種現場への活用などを目指した。

2. 研究の目的

- (1) 近接リモートセンシングにより、野外に栽培された穀実作物の各収量構成要素、ならびにこれらに影響を及ぼす生産構造すなわち葉面傾斜角分布などの形態・構造情報を分光光学的・画像工学的にモニタリングするための新たな光学計測指標（群）を開発する。
- (2) 夜間計測、中間赤外域、偏光度画像およびテクスチャ解析など、これまで一般に観測がなされていなかった時間帯、波長帯域など未開拓なキーテクノロジー（特殊観測技術）を開発する。
- (3) 観測技術の有機的な連携・融合によって、新規な生体情報を推定するための新たな光学指標群を構築し、有効性を野外実証する。

3. 研究の方法

- (1) これまで未開拓だった中間赤外分光（波長3~4μm）による穂密度、穀粒成熟度等イネ収量関連形質の野外推定法に関するこれまでの実験データを取りまとめた。

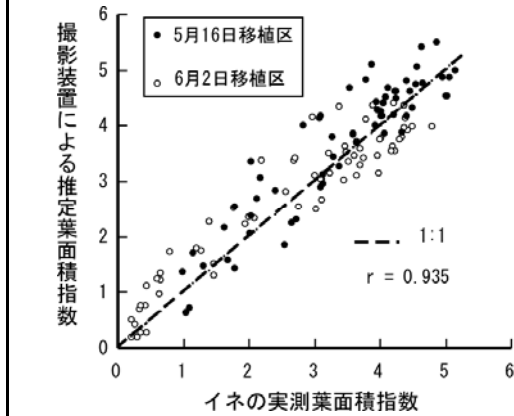
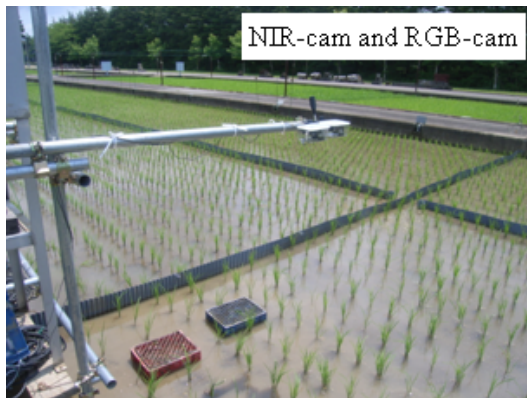


図2 イネ葉面積指数の推定

- (2) 牧草、イネ、コムギ等作物群落および幼植物の実物モデルを偏光分光画像計測した。
- (3) デジタルカメラと太陽光センサを組み合わせた定点連続スペクトルカメラ（図1）により、イネ、コムギの反射係数画像をそれぞれ二作期にわたり撮影した。同時に実測した葉面積、葉色、窒素含有率などの生体情報と対応可能な画像データセットを整備した。
- (4) 夜間フラッシュ撮影が可能な直下視型定点撮影システム（特許審査中）を野外設置して、各種作物の連続観測実験を実施した。
- (5) 富山農林水産総合技術センター内で水面反射を抑制する偏光フィルタ付きカメラで定期的に水田を撮影し、複数年分の時期別画像データを収集した。

4. 研究成果

- (1) 中間赤外分光による穂密度、穀粒成熟度等イネ収量関連形質の野外推定法を国際誌に発表した。同手法は特許として登録された。
- (2) 偏光分光画像計測により、コムギ群落の施肥量が葉群形態に及ぼす変化を画像上で評価する方法を開発し、論文発表した。また偏光分光画像の上空からの作物種の判別

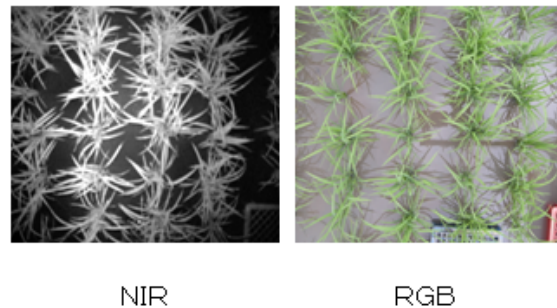


図3 水田に架設した昼夜連続撮影デジタルカメラシステムとその撮影画像

物によるモデル実験から、垂直葉型と水平葉型作物の遠隔判別の可能性を見いだした。

(3) 定点連続スペクトルカメラによる反射係数画像を用いて、イネの葉面積の非破壊推定法に関するモデルを作成し、年次間の適用性を検証して良好な結果を得たため論文発表した(図2)。またイネについて葉緑素量を植物体現存量と群落形態で補正する新規な葉色推定手法を提案し論文投稿・受理された。

(4) 夜間フラッシュ撮影が可能な直下視型定点撮影システム(図3)によるイネ、オオムギ、コーン、ダイズ、コマツナの昼夜連続観測により、フェノロジー(草丈と乾物重などの季節的推移)が高い精度で推定可能なことを示した。この手法は新規性の高い光学指標として国際誌や国内外の学会で発表した。

(5) イネの生育ステージについて、水田の斜方視画像を二次元フーリエ変換処理(FFT)して得られるパラメータから推定した。また前年度作成したイネの草丈と葉色を推定するモデルの適用性を、次年度の画像を用いて検証し、良好な結果を得た。さらにこの推定手法の適用性をひろげるため、サーバにアップロードされた画像を自動的にFFT解析するソフトウェアを開発した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① Toshihiro Sakamoto, Michio Shibayama, Eiji Takada, Akihiro Inoue, Kazuhiro Morita, Wataru Takahashi, Shigeru Miura, Akihiko Kimura, Detecting seasonal changes in crop community structure using day and night digital images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 査読有, Vol. 76(6), 2010, 713-726.
- ② Michio Shibayama, Toshihiro Sakamoto, Eiji Takada, Akihiro Inoue, Kazuhiro Morita, Wataru Takahashi, Akihiko Kimura, Estimating paddy rice leaf area index with fixed point continuous observation of near infrared reflectance using a calibrated digital camera, *Plant Production Science*, 査読有, Vol. 14, 2011, 30-46.
- ③ Michio Shibayama, Toshihiro Sakamoto, Akihiko Kimura, A multiband polarimetric imager for field crop survey -instrumentation and preliminary observations of heading-stage wheat canopies-, *Plant Production Science*, 査

読有, Vol. 14, 2011, 64-74.

- ④ Michio Shibayama, Toshihiro Sakamoto, Akihiko Kimura, Exploring the applicability of field measurements of mid-infrared reflectance using a portable band-pass filter type radiometer to assess paddy rice yields, *International Journal of Remote Sensing*, 査読有, Vol. 32(13), 2011, 3589-3609. DOI: 10.1080/01431161003762330.
 - ⑤ Michio Shibayama, Toshihiro Sakamoto, Eiji Takada, Eiji Kanda, Hiroharu Tanaka, Kaoru Gomi, Akihiko Kimura, Multi-Band Spectrum Camera (MBSC) for automatic fixed-point reflectance image collection in a crop field, *Plant Production Science*, 査読有, Vol. 14, 2011, 391-397.
 - ⑥ Michio Shibayama, Toshihiro Sakamoto, Eiji Takada, Akihiro Inoue, Kazuhiro Morita, Takuya Yamaguchi, Wataru Takahashi, Akihiko Kimura, Regression-based models to predict rice leaf area index using biennial fixed point continuous observations of near infrared digital images, *Plant Production Science*, 査読有, Vol. 14, 2011, 365-376.
 - ⑦ Toshihiro Sakamoto, Michio Shibayama, Akihiko Kimura, Eiji Takada, Assessment of digital camera-derived vegetation indices in quantitative monitoring of seasonal rice growth, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 査読有, Vol. 66(6), 2011, 872-882. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2011.08.005.
 - ⑧ Toshihiro Sakamoto, Anatoly A. Gitelson, Brian D. Wardlow, Timothy J. Arkebauer, Shashi B. Verma, Andrew E. Suyker, Michio Shibayama, Application of day and night digital photographs for estimating maize biophysical characteristics, *Precision Agriculture*, 査読有, 2011, DOI:10.1007/s11119-011-9246-1.
- [学会発表] (計7件)
- ① 芝山道郎, 坂本利弘, 木村昭彦, 三谷琢司, 沼田洋一, 偏光分光画像による植生判別の可能性に関する野外地上実験日本リモートセンシング学会第47回学術講演会論文集, 273-274, 2009.11.27, 名古屋大学.
 - ② 島崎矩行, 高田英治, 池田慎治, 山口琢也, 坂本利弘, 芝山道郎, カメラ画像処理による水稻の生育状況の推定, 電気関係学会平成21年度北陸地区学生による研究発表会講演論文集, 112, 2010.3.6, 金沢工業大学.
 - ③ 芝山道郎, 坂本利弘, 高田英治, 神田英

治, 田中博春, 木村昭彦, 作物個体群分光画像の長期連続俯瞰観測との生育診断への応用 第3報マルチバンドスペクトラムカメラ(MBSC)の概要, 日本作物学会記事, 80(別1), 2011.3.30-31, 神奈川県厚木市.

④島崎矩行, 高田英治, 坂本利弘, 芝山道郎, 山口琢也, 木村昭彦, フーリエ変換処理による水稻の生育状況の推定, システム農学会2010年度秋季大会 in 西宮シンポジウム・一般研究発表会要旨集, 26(別2), 43-44, 2010.11.6-7, 兵庫県西宮市.

⑤Toshihiro Sakamoto, Michio Shibayama, Brian Wardlow, Anatoli Gitelson, Shashi Verma, Andrew Suyker, Eiji Takada, Kazuhiro Morita, Wataru Takahashi, Shigeno Miura, Application of low-cost digital-camera data for monitoring and recording seasonal changes in crop growth, ASPRS Annual Conference 2010, 2010.4.26-30, サンディエゴ・USA.

⑥坂本利弘, 芝山道郎, Brian D. Wardlow, Anatoly A. Gitelson, Shashi B. Verma, Andrew E. Suyker, Timothy J. Arkebauer, 高田英治, 守田和弘, 高橋渉, 三浦重典, デジタルカメラによる作物の植物物理パラメータ推定および生育履歴の記録, 日本リモートセンシング学会第51回(平成23年度秋季)学術講演会論文集, 201-202, 2011.11.11, 弘前大学.

⑦Toshihiro Sakamoto, Anatoly A. Gitelson, Anthony L. Nguy-Robe Arkebauer, Brian Wardlow, Michio Shibayama, Using digital cameras for continuous monitoring of crop status, AGU Fall Meeting 2011, 2011.12.5, サンフランシスコ・USA.

〔図書〕(計1件)

①井上吉雄, 芝山道郎, 岡本勝男, David Sprague, 岩崎亘典, 石塚直樹, 坂本利弘『農業と環境の空間情報技術利用ガイド』(独)農業環境技術研究所, 2011, 1-171.

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計1件)

名称: 穀物の子実重量の推定方法及び装置

発明者: 芝山道郎

権利者: (独)農業環境技術研究所

種類: 特許

番号: 特許第4621891号

取得年月日: 22年11月12日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result26/result26_54.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

芝山 道郎 (SHIBAYAMA MICHIO)

独立行政法人農業環境技術研究所・生態系計測研究領域・上席研究員

研究者番号: 10354060

(2) 研究分担者

高田 英治 (TAKADA EIJI)

富山工業高等専門学校・電気工学科・准教授

研究者番号: 00270885

(3) 連携研究者

坂本 利弘 (SAKAMOTO TOSHIHIRO)

独立行政法人農業環境技術研究所・生態系計測研究領域・主任研究員

研究者番号: 20354053

(4) 研究協力者

守田 和弘 (MORITA KAZUHIRO)

富山県農林水産総合技術センター

山口 琢也 (YAMAGAUCHI TAKUYA)

富山県農林水産総合技術センター