

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26450016

研究課題名（和文）新規開発された高機能デジタルカメラによる作物診断システムの開発

研究課題名（英文）Development of the crops diagnosis system using the newly developed digital camera

研究代表者

藤井 弘志（FUJII, Hiroshi）

山形大学・農学部・教授

研究者番号：30431646

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,900,000円

研究成果の概要（和文）：新規に開発されたデジタルカメラを用いて、NDVIから水稲の葉色の推定が可能であることを示した。さらに、ドローンに搭載したデジタルカメラを用いて、水田圃場の葉色の広域での評価が可能であることを示した。他作物への対応では、水稲と同様に、測定したNDVIから大豆の葉色（窒素濃度）の推定が可能であることを示した。以上から、ドローン搭載のデジタルカメラを用いて、水稲の広域での栄養状態を評価することができ、精密農業の実践が可能となった。

研究成果の概要（英文）：Using the newly developed digital camera, I showed that the estimate of the leaf color of the paddy-rice was possible from NDVI. Furthermore, using the digital camera on a drone, I showed that the evaluation of the leaf color of the rice field farm was possible from NDVI. By the correspondence to other crops, I showed that the estimate of the leaf color of the soybean was possible like paddy-rice from NDVI. Thus, using a digital camera of the drone deployment, I could evaluate a state of the paddy-rice, and practice of the smart agriculture was enabled.

研究分野：作物学

キーワード：ドローン デジタルカメラ 水稲 NDVI 葉色

## 1. 研究開始当初の背景

農業の生産現場では近年の気象変動への技術的対応や高品質農産物の生産、農薬の使用回数を減じた環境保全型農業への対応のため、きめ細かな作物の栄養診断(葉色)を行い、タイムリーな対策の実施が必要となっている。しかし、現在利用されている葉色診断機器としては、市販されてから30年以上経過した水稻専用の葉緑素計(コニカミノルタ)があるのみで、他作物でも利用可能な高機能な葉色診断機器による技術開発が強く望まれている。一方、リモートセンシングで得られた分光画像による植物の葉色や光合成活性との関連で評価指標(分光植生指標)の研究が多方面からなされている。植物の葉色・生育量の評価指標としては、可視光の赤と近赤外の赤の分光値から算出するNDVI(正規植生指数)が用いられている。分光特性の測定方法としては、人工衛星や航空機搭載のハイパースペクトラムを用いる方法と近赤外カットフィルターの代わりに青色波長のカットフィルターを装着して可視光の緑と赤および近赤外領域に感度を有する携帯型の近赤外デジタルカメラを用いる方法が提案されている。しかし、(1)人工衛星や航空機からの測定データによる水稻の栄養診断への実利用には、経費が高額なこと、解析に時間が要すること、撮影時に気象状況(雲)、圃場毎のGIS等が整備されていること等から問題がある。同様に、(2)携帯型の近赤外デジタルカメラからの測定データによる水稻の栄養診断への実利用には、可視画像が撮影できないこと、変動する光条件への適応性、価格が高額なこと等から問題がある。以上のことから、農業生産現場で作物の栄養診断に実際に利用されている分光特性測定技術(装置)が存在していない。

そこで、デジタルカメラの機能的改良と解析用のアルゴリズムの改善を図り、実際の農

業現場で実利用可能な技術を提案することを考えた。

## 2. 研究の目的

可視光の赤、緑、青と近赤外の赤を1つのCCDで同時に測定できる世界で最初に開発されたデジタルカメラを用いて、作物の葉色と関連性の高い分光特性(NDVI)を算出して、既存の水稻専用の葉色測定器(葉緑素計)との相関関係(精度)について光条件・年次変動について検証し、作物の葉色診断の現場における実利用を促進する。さらに、他作物でも同様な検討を行い、水稻に限定されていた機器による葉色診断の適応作物を畑作物、野菜および果樹等に拡大する。同時に、診断項目についても葉色だけでなく病気診断(水稻のいもち病等)にも拡大することが可能になる。以上より、作物の栄養・病気診断用のデジタルカメラの技術創出により、日本農業の生産性の向上に貢献する。

## 3. 研究の方法

可視光の赤、緑、青と近赤外の赤を1つのCCDで同時に撮影できるデジタルカメラを用いて、作物用の栄養診断機器としての農業現場での実利用を図るために必要な研究を3年間計画で行う。研究内容としては、(1)水稻を対象にした測定装置および解析用アルゴリズムの質的向上、(2)他作物の葉色診断へのデジタルカメラの適応性(既存の機器による葉色診断は水稻に限定されていたのを、全作物に拡大できるか検討する。)(3)診断項目の拡大の検討(葉色診断以外に、圃場における病気や害虫の診断が可能か検討する。)(4)広域診断への適応性の検討(ドローンを利用した圃場単位での広域での葉色診断の可能性を検討する。)を行い、デジタルカメラの機能的改良と解析用のアルゴリズムの改善を図り、実際の農業現場で実利用可能な技術を提案する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 水稻を対象にした測定装置および解析用アルゴリズムの質的向上

水稻の品種別、施肥窒素量別の30m上空から圃場を撮影し、得られたNDVI値から葉色推定、植被率により茎数の推定を行い、実際の圃場における葉色や茎数の推定にマルチカメラの使用が可能であることを明らかにした(図1)。

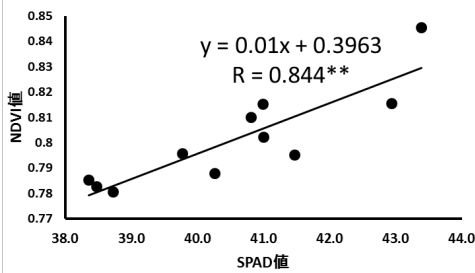


図1 SPA値とDNDVI値の相関図

##### (2) 他作物の葉色診断へのデジタルカメラの適応性

他作物の応用では大豆の圃場の面的な葉色の測定・評価をドローン搭載のマルチカメラで行った結果、水稻と同様に上空からの撮影による葉色診断(葉身の窒素濃度)が可能であった(図2)。

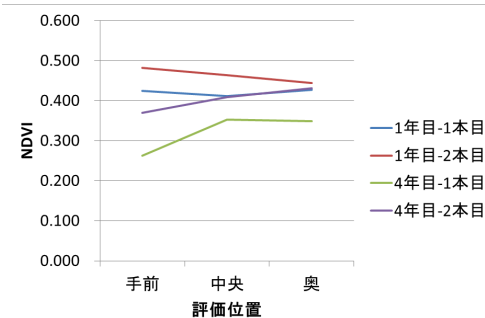


図2 大豆のNDVI値

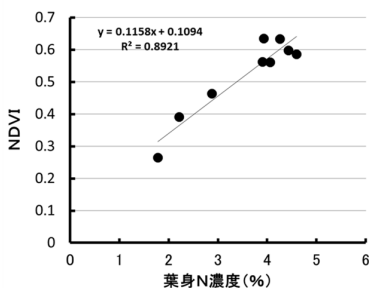


図 葉身N濃度とNDVI(ダイズ)

##### (3) 診断項目の拡大の検討

ドローン搭載の熱画像カメラを用いて(写真1)、水稻の表面温度を測定することにより還元ストレスの高い水田では低い水田に比べ、水稻の表面温度が1~2度高くなることを明らかにした(特許予定)。



写真1 熱カメラ搭載

##### (4) 広域診断への適応性の検討



写真2 撮影風景

JA余目町管内(水田面積1000ha、GIS整備済)において、無人ヘリコプター(ヤンマー)にデジタルカメラを搭載し、広域で撮影を行い(6月下旬、7月下旬)、圃場毎の葉色診断の可能性を検討する。圃場全体の生育状況の評価を広範囲で高速に行うために、ドローンにマルチスペクトルカメラを搭載した空撮システムを用いた。写真2にシステム外観を示す。市販のドローンに、可視光と近赤外光の2波長の画像を取得するマルチスペクトルカメラと、GPSと方位計で構成されるモーションセンサを搭載する。図3にシステム構成を示す。マルチスペクトルカメラは、汎用

のモノクロのUSBカメラ（画素数はVGA）に550nm/850nmのバンドパスフィルタを装着している。カメラとGPSの制御はタブレットPCで行い、蓄積された画像は、フラッシュメモリで外部のホストPCへデータが送られる。

ホストPCでは、可視光画像と近赤外光画像から正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index：NDVI）を算出す。NDVIはリモートセンシングで一般的に用いられる指数であり、 $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$ で表される。ここでIRは近赤外光の反射率、Rは可視光の反射率である。NDVIが高いほど稲の葉色が高いこと（稲体の窒素吸収量が高い）ことを示している（図3）。

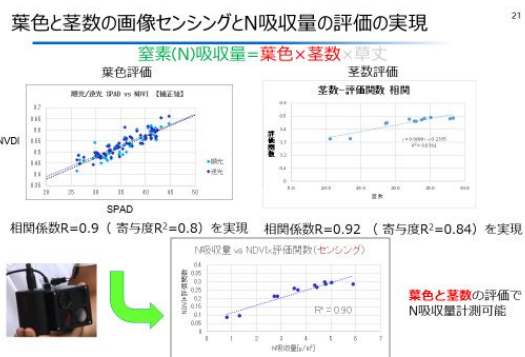


図3 センシングによるN吸収量の評価法

ドローン1回の飛行時間は約10分で、1フライトで約1.2haの撮影が可能である。圃場で撮影された複数の画像は、ホストPCにてNDVIに変換され、GPSからの緯度・経度および方位情報にもとづいて貼り合わせが行われる。図4に貼り合わせ結果の例を示す。このように、圃場全体の生育状況が可視化されることで、圃場管理や追肥対応など様々な用途に応用が可能になる。

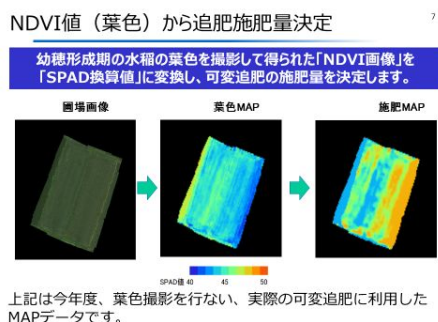


図4 圃場の見える化の実態

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1件)  
片桐哲也・安藤和登・松本由美・森静香・藤井弘志 2016（平成28年）ドローンによる圃場生育評価と無人ヘリによる可変追肥システムを利用した水稻の収量・品質改善について、計測と制御、公益社団法人計測自動制御学会, 55: 125-138、(査読有)  
〔学会発表〕(計1件)  
松本由美・高橋航平・猿田文平・片桐哲也・安藤和登・森静香・藤井弘志 2016（平成28年）ドローンによる圃場生育評価と無人ヘリによる可変追肥システムを利用した水稻の収量・品質改善について、日本土壤肥料学会ポスター賞、佐賀大学（佐賀県）

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
藤井 弘志 (FUJII Hiroshi)  
山形大学農学部 教授  
研究者番号：30431646