

# UAV リモートセンシングによる水稻生育パラメータの推定に関する研究 (1)

## Growth parameters estimation of rice plant by UAV remote sensing (1)

○濱侃<sup>1</sup>・田中圭<sup>2</sup>・望月篤<sup>3</sup>・平田俊之<sup>4</sup>・新井弘幸<sup>4</sup>・八幡竜也<sup>4</sup>・樋口泰浩<sup>5</sup>・鶴岡康夫<sup>3</sup>・近藤昭彦<sup>6</sup>  
Akira Hama, Kei Tanaka, Atsushi Mochizuki, Toshiyuki Hirata, Hiroyuki Arai, Ryuya Yawata,  
Yasuhiro Higuchi, Yasuo Tsuruoka, Akihiko Kondoh

**Abstract** : We attempted to monitor the growth parameters of rice plant in the two different sites (Chiba and Niigata) by UAV remote sensing. Conclusions of this study are summarized as follows: i) compared measured plant length and DSM value, there were two correlations which come from the vegetation cover. ii) compared NDVI<sub>pv</sub> and measured growth parameters, plant length had the strongest correlation with NDVI<sub>pv</sub> before heading. iii) plant length estimation model with respect to variety suggested the robustness.

**Keywords** : time-series, plant length, growth stage, NDVI<sub>pv</sub>

### 1. はじめに

ラジコン電動マルチコプター、いわゆるドローンの急速な普及とともに、現在、様々な分野で利活用が試みられている。特に農業分野では農薬散布用の大型ラジコンヘリの実績を背景に、マルチコプターの活用や、精密農業をキーワードとした、近接空撮画像を用いたリモートセンシングによる農作物の生育診断も試みられている。これらは、精密農業による収量・品質の向上、環境負荷の軽減、さらにリモートセンシング技術の実利用における重要な課題である。

そこで、筆者らは、2014年度から千葉県と埼玉県において、日本の基幹作物である水稻を対象に、マルチコプターを Unmanned Aerial Vehicle (UAV) とし、農家の“稲作支援”を目的とした

“UAV リモートセンシング”による低コストの水稻・水田モニタリングを試みた(濱ほか, 2016; 田中・近藤, 2016)。その中で、草丈・LAI等の生育パラメータの推定、収量・食味の推定、追肥適期の生育パラメータの計測に基づく倒伏の予測などを行った。ただし、これらの推定および計測手法は、地域性などの特定の条件に限定される可能性があり、

複数年および複数の地域で検証を行う必要がある。

そこで、本研究では、千葉県における2014年から2016年の3年分の観測データに加えて、新潟県における2016年の観測データを使用した、水稻の生育パラメータ推定・計測方法の導出と、その検証を目的とする。

### 2. 研究手法

#### 2.1 試験圃場

・**千葉県**：千葉県農林総合研究センターの水稻試験場において、2014年～2016年の3年間、水稻の生育期間におおむね週1回の観測を行った。試験圃場は、2筆の水田(10a×2筆)を4移植時期(全4期:4月初旬～6月初旬)、品種(コシヒカリ、ふさおとめ、ふさこがね)、施肥量(3～10gN/m<sup>2</sup>)を変えた区画に細分している。気象データは、最寄りのアメダス観測点(千葉)の観測値を使用した。

・**新潟県**：上越市の農家の圃場において、2016年より水稻の生育期間に週1回の観測を行った。新潟県の試験圃場の田植え時期は5/15、品種はコシヒカリを栽培しており、1筆の水田(30a)の中で、6点(各10株)の生育パラメータの実測を行った。気象データは最寄りのアメダス観測点(高田)の観測値を使用した。

#### 2.2 フィールド観測

UAV(enRoute社ZionQC630,DJI社Phantom2,3)に可視光撮影用カメラ(RICOH社GR)と近赤外線撮影用カメラ(BIZWORKS社Yubaflex)を装着し、対地高度50mから空撮を行い、同時に地上で下記項目の測定を行った。測定項目は、千葉県では葉色値(SPAD-502plus)、新潟県では、草丈、茎数、葉色値(SPAD-502plus)である。なお、生育パラメータは区画内の10株の平均値とし、葉色は完全展開第2葉を計測した。

#### 2.3 画像解析

UAVで撮影した画像から SfM/MVS ソフトウェア PhotoScan Professional v1.2 (Agisoft 社) を用いて、

<sup>1</sup>学生会員 千葉大学 理学研究科

(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

(連絡先 Tel:090-8066-5281, E-mail:hama@chiba-u.jp)

<sup>2</sup>正会員 一般社団法人 日本地図センター

(所在地 〒153-8522 東京都目黒区青葉台4-9-6)

(連絡先 Tel:03-3485-5418, E-mail:tanaka@jmc.or.jp)

<sup>3</sup>非会員 千葉県農林総合研究センター

(所在地 〒266-0006 千葉県千葉市大膳町808)

(連絡先 Tel:043-292-0059, E-mail:a.mchdk5@pref.chiba.lg.jp)

<sup>4</sup>非会員 金井度量衡株式会社

(所在地 〒950-0971 新潟県新潟市中央区近江1-1-3)

(連絡先 Tel:025-283-8800, E-mail:thi@kanai.co.jp)

<sup>5</sup>非会員 新潟県農業総合研究所

(所在地 〒940-0826 新潟県長岡市長倉町857)

(連絡先 Tel:0258-35-0836, E-mail:yhiguchi@ari.niigata.jp)

<sup>6</sup>正会員 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

(連絡先 Tel:043-290-3834, E-mail:kondoh@faculty.chiba-u.jp)

オルソモザイク画像、Digital Surface Model (DSM)を作成した。近赤外撮影用カメラで撮影した画像は専用ソフト (Yubaflex3.0) で放射輝度に変換後、オルソモザイクを作成し、NDVIをはじめとした植生指数の計算を行った。その際、NDVIが0以上を植生として、土壌、水域を排除したものを、NDVI pure vegetation (NDVI<sub>pv</sub>)として解析に使用した。

$$NDVI_{pv} = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \geq 0 \quad (1)$$

これらの情報はGIS (地理情報システム) 上に集積し、時空間変化の解析を行った。

また、千葉の観測圃場の草丈情報については、実測値に加えて、撮影時のDSMと田植え直前のDSMの差分から水稻の群落高の計測し、その後、区画内平均値を算出した。この群落高を以降、DSM plant height (DSM<sub>ph</sub>)とする。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 DSMを用いた草丈 (群落高) 計測

Fig.1にDSM<sub>ph</sub>と実測草丈の相関を示す。草丈が高い場合と低い場合で2つの異なる相関がある。高い場合の水稻の生育ステージは、いずれも幼穂形成期以降で、低い場合はそれ以前の生育ステージであった。この生育ステージによる相関の違いは、植被率の違いと考えられる。つまり、草丈が低い場合は植被率も低く、DSM<sub>ph</sub>は区画内を平均しているため、畝間の地表面が影響していると考えられる。

#### 3.2 植生指数と生育パラメータの関係

Fig.2にNDVI<sub>pv</sub>、草丈、茎数、SPAD値の時系列変化を示す。NDVI<sub>pv</sub>は出穂期まで上昇するが、幼穂形成期後にその上昇量は小さくなる。草丈は出穂期過ぎまで上昇し続けるが、茎数は最高分げつ期をピークに、その後は横ばいとなる。SPAD値は幼穂形成期以降に減少するが、出穂期前に上昇した。これは追肥の効果により葉色が濃くなったためと考えられる。NDVI<sub>pv</sub>と各生育パラメータの相関を見ると、草丈が最も高い相関があり、草丈、茎数、SPAD値の積とも高い相関があった。

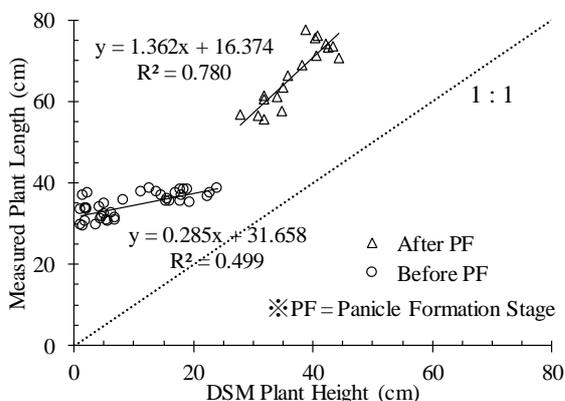


Fig.1. Correlation between measured plant length and DSM plant height.

### 3.3 NDVI<sub>pv</sub>を用いた草丈の推定

農作業の現場、特に農家へのデータ提供および利用において、農家がNDVIやLAIに基づき、その後の生育調整を行うことは困難である。一方、追肥適期の草丈は適正範囲が決まっており、草丈に基づいた施肥量調整は可能である。そこで、最高分げつ期から出穂期までのコシヒカリにおける、NDVI<sub>pv</sub>を説明変数とした草丈推定式を式(2)に示す。

$$\text{草丈 (cm)} = 177.91 \times NDVI_{pv} + 25.50 \quad (2)$$

この推定式は、千葉の試験圃場内のコシヒカリ試験区における2014年度観測結果をもとに作成した。Fig.3に推定式(2)を2015年度の千葉における観測結果および2016年度の新潟における観測結果に適用し、実測値で検証した結果を示す。決定係数(R<sup>2</sup>)は0.916と高く、草丈推定式は多年度、他地域で適用できる可能性を示した。

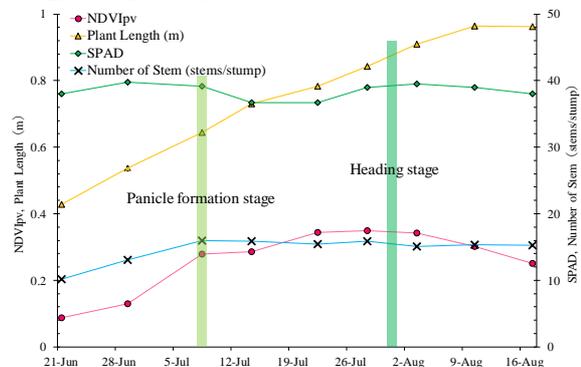


Fig.2. Time change in NDVI<sub>pv</sub>, Plant length, SPAD and Number of stem.

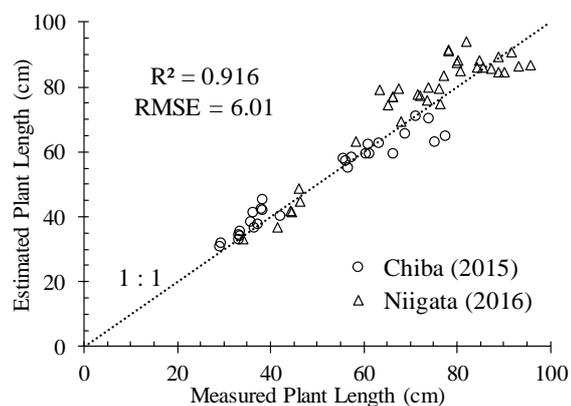


Fig.3. Correlation between measured plant length and estimated plant length.

### 参考文献

- 濱侃・早崎有香・望月篤・鶴岡康夫・田中圭・近藤昭彦, 小型 UAV と SfM-MVS を使用した近接画像からの水稻生育モニタリング, 水文・水資源学会誌, 29(2), pp44-54, 2016.
- 田中圭・近藤昭彦: 小型マルチコプターを用いた近接リモートセンシングによる水稻生育マップの作成, 日本リモートセンシング学会誌, (印刷中).