

# ラジコン電動マルチコプターを使用した近接画像からの 水稲生育状況モニタリング

## Rice growth monitoring by radio controlled electric-powered multi-copter

濱 侃・早崎 有香・近藤 昭彦(千葉大学)・田中 圭(日本地図センター)



### 研究背景・目的 Introduction

現在、ラジコン電動マルチコプターは急速な普及期にある。小型化・低価格化、ジャイロ、GPSによる姿勢制御技術も向上し、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) としてカメラやセンサーを搭載することにより、簡単かつ低コストで近接リモートセンシングが実施できるようになった。

リモートセンシングによる、農作物の生産管理に関わる研究は、多くの研究例があり、画像による解析手法も確立されつつある。日本の基幹作物である水稲においては、収量、収穫時期や食味が重要であり、航空機や衛星リモートセンシングも活用されている。

そこで、本研究では衛星や航空機から行っていた水稲の生育モニタリングについてラジコン電動マルチコプター(以下UAV)を用いることにより、高い時間および空間分解能の画像を取得した上、SfMを合わせて使用し、NDVI、草丈、LAIなどの生育状況のモニタリングを行った。

### UAVの優位性 Advantage of UAV observation

UAVでの観測は、風雨がなければいつでも可能であり、衛星での観測のような雲・撮影頻度などの制約は少なく、データの取得・品質での自由度が高い。撮影にかかる費用は航空機などに比べると安価であるため、取得できる情報の品質が良ければ優位性が高まる。

### 対象地 Study Area

千葉県 農林総合研究センター 水稲試験場 (千葉市 緑区 刈田子町)  
試験場内の二つの水田区画を48区画に細分し、それぞれの区画で播種・移植時期、品種、施肥量の異なる条件下で栽培。



Figure.1. Observation field overall view (created by using SfM)

		ふさおとめ		ちば28号		コシヒカリ			
		1	2	3	4	5	6	7	8
農道	I期 (4/19日)	1	2	3	4	5	6	7	8
	II期 (4/23日)	9	10	11	12	13	14	15	16
	III期 (5/14日)	17	18	19	20	21	22	23	24
	IV期 (6/3日)	25	26	27	28	29	30	31	32
		33	34	35	36	37	38	39	40
		41	42	43	44	45	46	47	48

Figure.2. Detail of observation field

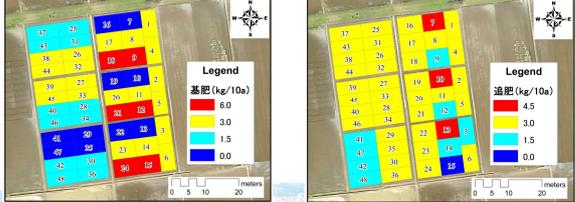


Figure.3. Amount of applied fertilizer

### 観測方法 Methods

6月中旬(成長期)から9月初旬(登熟期)にかけて、ほぼ週1回の観測(空撮)を計9回行った。

UAV: ラジコン電動マルチコプター: EEHOBBY社: JABO H601G - ヘキサコプター, DJI社Phantom2 - クワッドコプターを使用。

デジタルカメラ: 可視画像: RICOH社 GR, GoPro社 HERO3.  
近赤外画像: BIZWORKS社 Yubaflexを使用。

SfM: Agisoft社 PhotoScanを使用。

地上観測による、水稲の生育状況などの実測値(出穂日、草丈、LAIなど)は、千葉県農林総合研究センターの観測値を使用した。

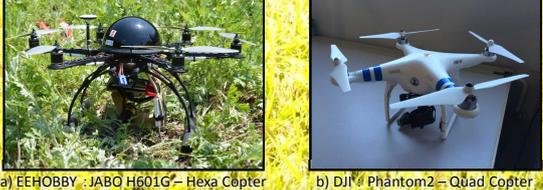


Figure.1. Use UAV



Figure.4. How Aerial

### モニタリング結果 Results

#### ◇ オルソ化空中写真 Ortho Photo

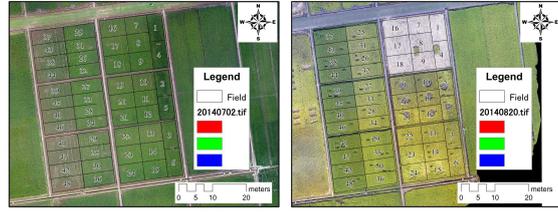


Figure.5. Ortho photos of paddy field (Spatial resolution:0.02m)

#### ◇ NDVI

Yubaflex専用ソフトに準拠し、撮影画像からNDVIを求めた。移植時期の違いによりNDVIのピーク時期には差があり、出穂で最大値を示し、成熟期に向けて値が低くなる。また、施肥量が多い区画ほど、高いNDVI値であった。このように、NDVI画像から条件の違いによる圃場内の生育状況の違いが、詳細に観測された。

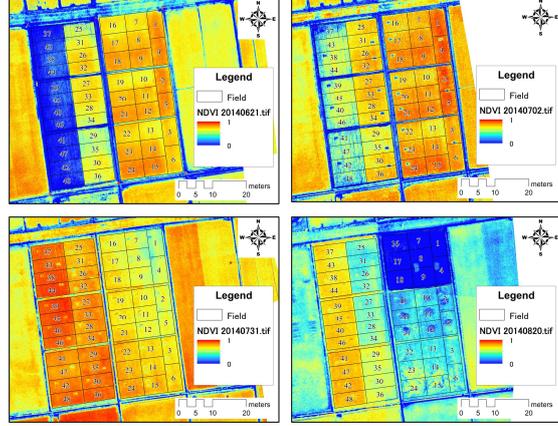


Figure.6. NDVI images (Spatial resolution:0.02m)

SfM: Agisoft PhotoScanを使用し、オルソ化空中写真およびDSMを作成した。撮影高度が低く、撮影した画質が良いほど高い空間分解能のオルソ画像の作成が可能であり、本研究では空間分解能0.02mの画像を作成した。

空中写真からは、生育段階をはじめとした圃場の状況を把握することができ、左の7月2日の画像では移植時期の違いによる生育の違いがわかる。また、右の8月20日は収穫された場所だけでなく、倒伏した場所も判読できる。

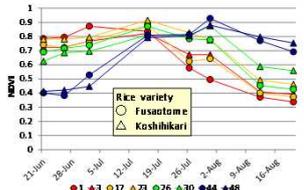


Figure.7. Time Changes in NDVI

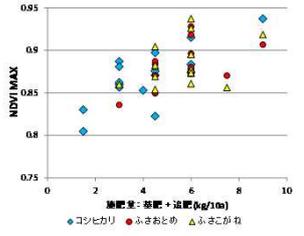


Figure.8. Correlation of NDVI and the amount of fertilizer

#### ◇ 草丈 Plant Length

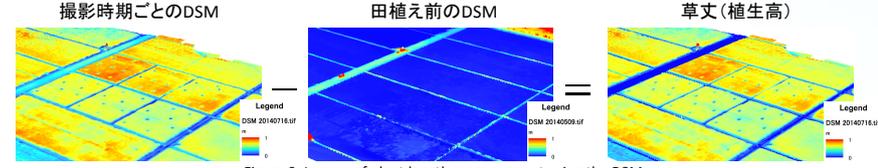


Figure.9. Images of plant length measurement using the DSM

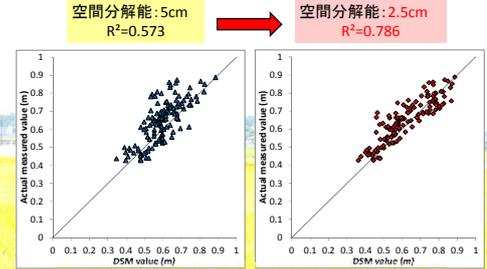


Figure.10. Correlation of DSM value and actual value of the rice plant length

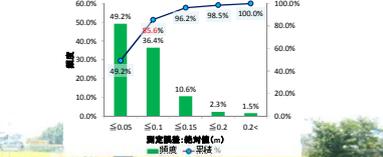


Figure.11. Histogram of the measurement accuracy  
SfMを使用し作成したDSMから、稲の高さを計測した。実測値と比較しても誤差が少なく、精度よく計測できているが、実測値よりも低い値を示すものが多い。この理由は、計測方法の差にあり、草が垂れた状態が伸びて計測を行っているかの違いにあると考えらる。

#### ◇ LAIの推定

LAIとNDVIは相関があり、既存研究と同様に、実測値をもとにNDVIからLAIを推定する回帰式を作成した。また、草丈とも相関があるため、DSMから計測した稲の高さで回帰式を作成した。

NDVIでは、移植初期段階での推定は難しく、回帰式の適用範囲が制限されるが、草丈では、初期から適用することができる。

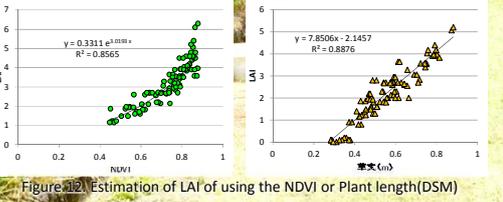


Figure.12. Estimation of LAI of using the NDVI or Plant length(DSM)

#### 結論 Conclusion

○施肥量、移植時期など生育条件の異なる区画ごとに生育状況の差がUAVで観測できた。

○多時期のSfMを用いて計測した草丈では実測値と比較しても、精度の高い観測結果を得ることができた。

○上記のように、UAV・SfMを使用したモニタリング手法では、空間・時間分解能、精度の高いデータが得られただけでなく、データの取得から解析までの自由度が高く、UAV観測の優位性を示すことができた。

○今後は、観測結果をもとに収穫適期、施肥量をはじめとした生産管理をより詳細に行うことにより、施肥量過多による稲の倒伏やたんばく含有量の増加などの品質の低下、施肥による環境への負荷の軽減、生育不足の防止などへの対策においてUAVが活用できる可能性が高い。

謝辞 本研究では、千葉県農林総合研究センター水田作研究室には多大な便宜をはかって頂き、圃場利用等様々な面でご協力頂いた。ここに記し、御礼申し上げます。