

委託試験成績(平成29年度)」

担当機関名、部・室名	京都府農林水産技術センター 農林センター 作物部
実施期間	平成29年度、新規
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立
課題名	マルチコプターに搭載したデジタルカメラ画像を用いた水稻生育量の推定
目的	近年、農家の減少や、大規模化、高齢化の影響で農作業の技術伝承が困難になっている。我々はこれまでに、京都大学と共同でスマートフォンのカメラ機能を利用した画像から生育量(草丈(cm)×茎数(本/m ²)×葉色(SPAD値)/10000)を推定しその生育量を基に最適な穂肥量を算出するアプリケーション(以下、アプリ)を開発している(大橋ら2015)。このアプリは現在、大規模水田の広範囲な生育量の把握には適応していないので、近年利用場面が拡大しているドローンにデジタルカメラ、スマートフォンカメラ及びマルチスペクトルカメラを搭載し、水田を広範囲に撮影して植被率、NDVIを得ることにより効率的に水稻生育量を把握することを目的とする。
担当者名	所属 作物部 役職・氏名： 副主査 林 健
<p>(所内試験)</p> <p>1. 試験場所 京都府農林水産技術センター農林センター内ほ場(京都府亀岡市)</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1)試験区および試験内容の概略</p> <p>栽植密度(3種類)と施肥量(2種類)を組み合わせた試験区で、幼穂形成期(7月)に草丈、茎数、葉色(SPAD値)を計測する。同時に、ドローンに搭載した3種のカメラでほ場を上空から撮影し、植被率(スマートフォン、デジタルカメラ)およびNDVI値(マルチスペクトルカメラ)を得る。得られた値と実測生育量との相関を算出する。</p> <p>ア. 供試品種：コシヒカリ 耕起；4月上旬ロータリー耕 栽培方法：5月18日移植</p> <p>イ. 施肥量(基肥)：N3kg/10a、N6kg/10a</p> <p>ウ. 栽植密度：20.8株/m²(株間16cm×条間30cm)、15.9株/m²(株間21cm×条間30cm) 10.4株/m²(株間32cm×条間30cm)</p> <p>エ. 試験区面積、反復数1区面積：29.6m²程度、反復数 3</p> <p>(2)耕種概要</p> <p>ア. 供試機械名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カメラ コニカミノルタ製マルチスペクトルカメラ、Zenfone社製スマートフォンデジタルカメラ(GoPro社製) ・マルチコプター <p>イ 栽培 撮影等の概要 普通期栽培 耕起：ロータリー耕4月上旬 代かき：5月初旬 田植：5月18日 施肥：基肥リンカアン14号、(穂肥：7月12、19日) マルチコプターによるほ場撮影：7月4日(所内、現地ほ場)</p>	

所内ほ場での実測：7月5日 現地ほ場での実測：7月6日

アプリによる生育量診断：7月7日（所内）

ウ 調査項目

- ・生育量調査：幼穂形成期に各区10株の草丈（cm）、茎数（ m^2 /本）、葉色（SPAD値）を調査し、実測生育量（草丈（cm）×茎数（本/ m^2 ）×葉色（SPAD値）/10000）の値を得る。
- ・水田画像撮影：生育調査と同日にマルチコプターに搭載したデジタルカメラ、スマートフォンカメラ及びマルチスペクトルカメラで上空から水田を撮影し画像を得る。デジタルカメラ及びスマートフォンについては動画モードで撮影し、撮影動画から画像を再構成する。飛行高度は15m、30mとする。
- ・画像解析：各区2ヶ所について、デジタルカメラおよびスマートフォンカメラで撮影した画像を処理して得られた水田の植被率およびマルチスペクトルカメラから得られたNDVI値をもとに推定生育量を算出し実測生育量と比較する。
- ・アプリによる生育量調査：各区2ヶ所について、稲株4株を草丈+70cmの位置に構えたスマートフォンから撮影し、画像を処理して得られた植被率から推定生育量を算出し実測生育量と比較する。
- ・機械・経営評価：水稻の生育量の実測とマルチコプターによる空撮で必要な時間を比較する。

（現地試験）

1. 試験場所 京都府内現地ほ場2ヶ所（亀岡市、園部町）

2. 試験方法

ア. 圃場条件：水田

イ. 現地ほ場の面積、供試品種、田植日、施肥

亀岡市現地ほ場：

・面積：15.6a ・品種：コシヒカリ ・田植日：5月21日 ・施肥は地域慣行

園部町現地ほ場：

・面積：30a ・品種：コシヒカリ ・田植日：5月9日 ・施肥は地域慣行

調査項目

ア. 生育量測定

- ・生育量調査：各現地穂場の幼穂形成期に各ほ場あたり10株×2箇所草丈（cm）、茎数（ m^2 /本）、葉色（SPAD値）を調査し、実測生育量（草丈（cm）×茎数（本/ m^2 ）×葉色（SPAD値）/10000）の値を得る。
- ・水田画像撮影：生育調査と同日にマルチコプターに搭載したマルチスペクトルカメラで上空から水田画像を得る。飛行高度は30mとする。
- ・画像解析：マルチスペクトルカメラから得た水田のNDVI値をもとに算出した推定生育量と実測生育量を比較する。

3. 試験結果

1) アプリを用いて診断した推定生育量と実測生育量には、株間32cmの疎植栽培で、推定生育量が

- 低く見積もられる傾向があったものの、強い相関が認められた（決定係数 0.68）。（図 1）。
- 2) デジタルカメラで得た推定生育量と実測生育量には相関があるものの決定係数は 0.21 と低かった（図 2）。飛行高度を 15m、30m と変化させても決定係数に変化はなかった（表 1）。
 - 3) スマートフォン（空撮）で得た推定生育量と実測生育量には同様に相関があるものの決定係数は 0.23 と低くデジタルカメラと同程度であった（図 3）。また、高度 15m では撮影動画がほぼ場全体をカバーすることができなかつたことから、画像を再構成することができず、生育量データを取得できなかった（表 1）。
 - 4) マルチスペクトルカメラで得た推定生育量と実測生育量には相関があり、決定係数は 0.43 とデジタルカメラやスマートフォン（空撮）と比べて高かつたものの、スマホアプリに比べて低かつた（図 3）。
 - 5) デジタルカメラ、スマートフォン（空撮）、マルチスペクトルカメラの推定生育量と実測生育量との関係には、栽植密度による違いは認められなかつた（図 2～4）
 - 6) 供試した 3 種類のカメラのうち、決定係数の大きかつたマルチスペクトルカメラについて、亀岡、園部の現地ほ場で実証したところ推定生育量は実測生育量より大きくなり、実用化するにはさらに精度向上が必要であると考えられた（図 5、写真 3、写真 4）。
4. 試験成果の具体的データ

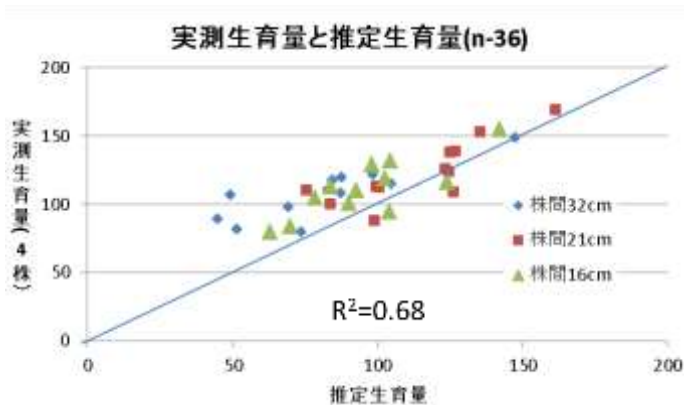


図 1 アプリ（スマートフォン）利用による推定生育量と実測生育量との相関

表 1 所内試験で得た画像データの種類の種類、飛行高度、決定係数

飛行高度	空撮カメラの種類		
	デジタルカメラ	スマートフォン	マルチスペクトルカメラ
15m	○	-	○
データの種類の種類	植被率	-	NDVI
決定係数	0.21	-	0.43
30m	○	○	-
データの種類の種類	植被率	植被率	-
決定係数	0.21	0.23	-

注1) ○: 画像あり -: 画像再構成出来ず・データなし
 注2) 調査項目: 各カメラで得たデータの種類の種類 NDVI値: 植生指数
 注3) 決定係数: 各カメラから得た植被率、NDVI値を元に算出した推定生育量と実測生育量の決定係数。

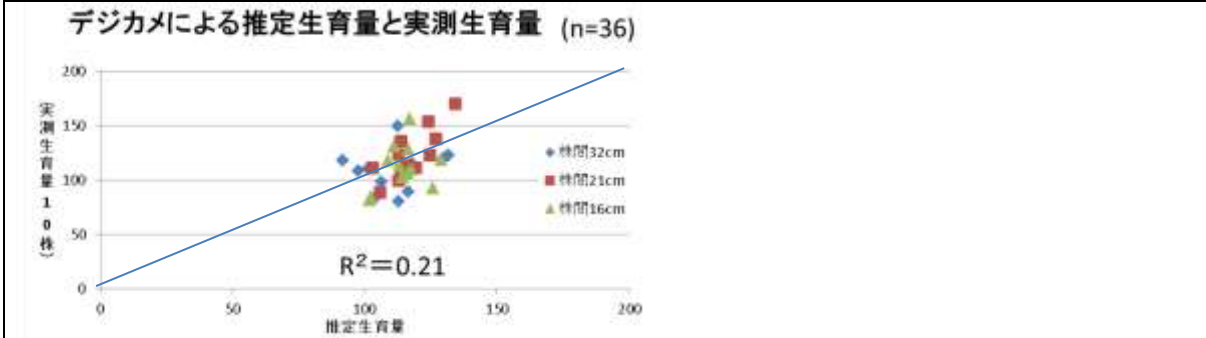


図2 デジタルカメラ画像による推定生育量と実測生育量の相関 (撮影高度：30m)

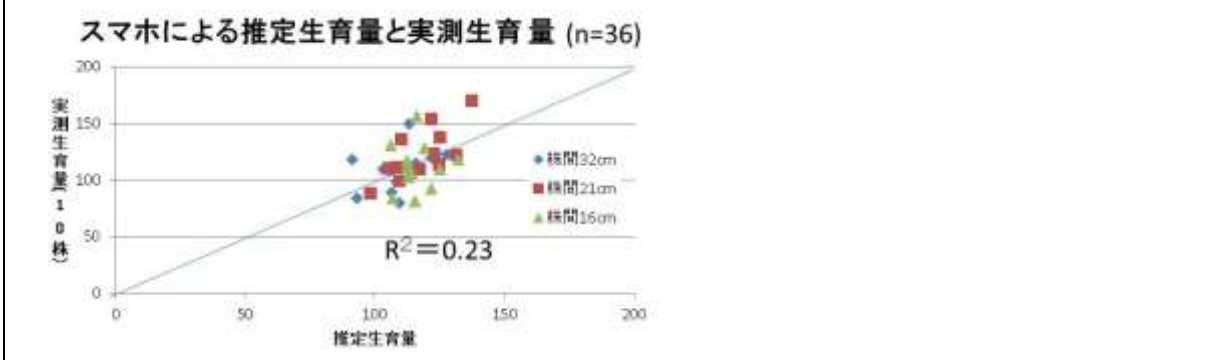


図3 スマートフォン画像による推定生育量と実測生育量の相関 (撮影高度：30m)

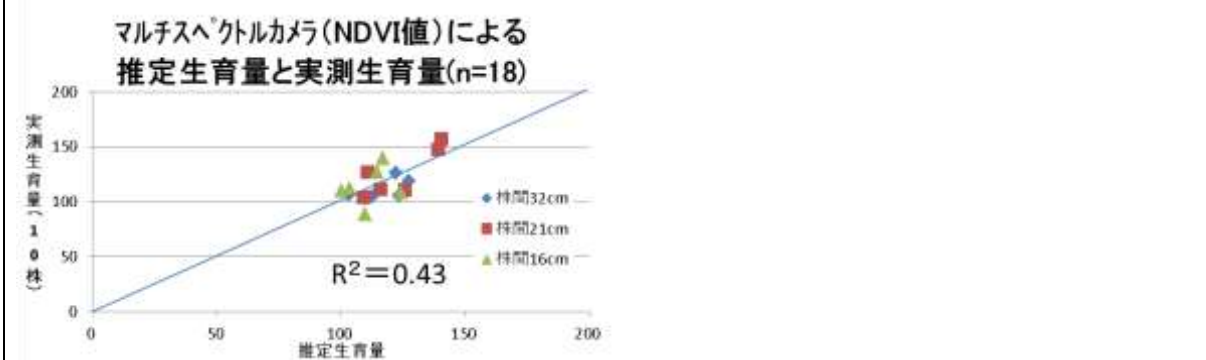


図4 マルチスペクトルカメラ画像による推定生育量と実測生育量の相関 (撮影高度：15m)

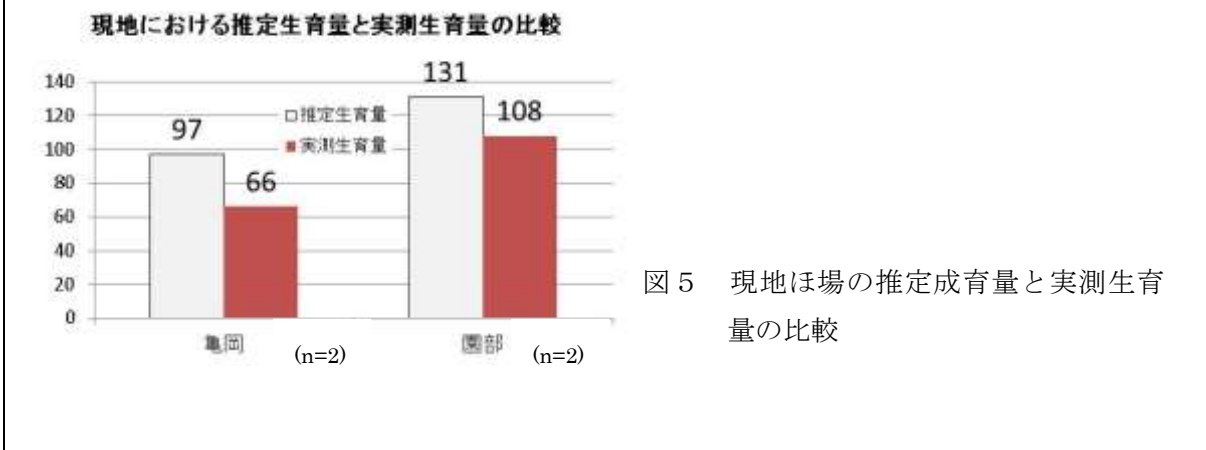


図5 現地は場の推定成育量と実測生育量の比較

5. 経営評価

所内試験ほ場（8a）の18試験区について、1試験区あたり10株ずつ草丈、茎数、葉色を計測すると、1試験区あたり10分程度必要で、ほ場全体で210～240分程度の時間を要する。人員は水田で実際に計測をする調査者とデータ記帳する2名が必要である。

一方、マルチコプターによる空撮は、準備を含め30分程度で8aのほ場の撮影が可能であり、調査時間を1/8～1/7程度に削減することが出来る。人員はマルチコプター操縦者の1名のみであり、省力的である。

6. 利用機械評価

コニカミノルタ社製マルチスペクトルカメラ（数十万円）と比較すると、デジタルカメラ、スマートフォンカメラの価格はいずれも安価で入手しやすい。

7. 成果の普及

所内、現地ほ場での撮影時に普及センター職員、農家等を招き、マルチコプター利用による空撮の実演を行った。（平成29年7月4日）

8. 考察

- 1) 3種類のカメラ（デジタルカメラ、スマートフォン、マルチスペクトルカメラ）をマルチコプターに搭載し、幼穂形成期の水田において空撮画像を得たところ、決定係数はデジタルカメラ、スマートフォン（空撮）で0.2程度であったが、マルチスペクトルカメラは0.4程度と高くなった。
- 2) デジタルカメラとスマートフォン（空撮）で決定係数が低かったのは、飛行高度15mでは地上分解能が2cmと低かったために、土壌部分と植物（稲）部分を明確に2値化することができなかったためと考えられた。
- 3) マルチスペクトルカメラの決定係数が他の2種類のカメラより高かったのは、植物と土壌をよりの確に識別したNDVIから推定生育量を算出していることに加え、地上分解能が2cm/ピクセルであり、1ピクセル内に土壌部分と植物部分が混在したことから1.5cmと高かったことが原因であるとと考えられた。
- 4) 15mの高度では、デジタルカメラとスマートフォン（空撮）で十分な決定係数を得ることができなかったものの、スマートフォン（アプリ）において草丈+70cmから撮影した場合の決定係数は0.68と高かったことから、高度を下げたことで精度が上がると考えられた。今後、生育量を正確に推定可能かつ空撮のメリット（安価・省力性）を生かせる高度を明らかにする必要があると考えられた。
- 5) スマートフォン（アプリ）では、疎植栽培で推定生育量が低く見積もられたが、マルチコプターで撮影することで幅広い栽植密度に適合できる可能性が示唆された。
- 6) 空撮による水稻生育量の推定は、ほ場での実測よりも広範囲を短時間で解析可能なため省力化

の点でメリットが大きい。また、デジタルカメラとスマートフォン（空撮）で十分な決定係数を
得ることが出来る高度を明らかにすれば、生育診断のコストが下がることから空撮による生育量
把握がより一般的になると考えられた。

9. 問題点と次年度の試験計画

問題点：空撮の高度の最適化 計画：空撮条件（高度）を検討し撮影条件を最適化する。

10. 参考写真



写真1：左 マルチコプター- 右 使用した3種類のカメラ



写真2：左 所内ほ場- 右 所内ほ場上空からの空撮



写真3：京都府南丹市園部町現地ほ場



写真4：京都府亀岡市現地ほ場