

委託試験成績（平成26年度）

担当機関名 部・室名	新潟県農業総合研究所作物研究センター 栽培科
実施期間	平成25年度～平成27年度
大課題名	I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立
課題名	大規模水田営農を支援する生育量測定のための水稲レーザースキャナ計測技術の確立
目的	高品質米を生産するために、生産現場では水稲の生育状況を把握しながら栽培管理が行われている。品種や地域別の生育量の指標は草丈、茎数、葉色などで示されるが、一般的に、これらをほ場全体において手作業でより多くの情報を得るには多大な労力を要し、これをもとにきめ細かい栽培管理を行うことは極めて困難である。そのため、これらを中干し及び穂肥時期頃の水稲を対象に、「レーザースキャナ計測」を行い、外光条件の影響を受けない水稲の生育量を測定できる技術を確立する。
担当者名	樋口泰浩
<p>1. 試験場所</p> <p>(1) 作物研究センター内 ポット栽培、E3 圃場</p> <p>(2) 現地圃場 長岡市三沼、見附市新潟西町</p> <p>2. 試験方法</p> <p>前年度の結果から、レーザ反射分布から草丈や草丈×茎数と関係のある数値が得られる可能性があったため、レーザースキャナ等の設定は前年度と同様とし、センター内圃場計測、無人ヘリ現地計測を中心に試験した。現地ヘリ計測では複数の試験区を連続して計測できるようタブレット PC を搭載して記録した。</p> <p>(1) 供試機械名</p> <p>ア. 無人ヘリ AYH-3（現地圃場のみ）</p> <p>イ. レーザースキャナ SICK LMS200</p> <p>装置前面から赤外レーザーを投光し距離を計測、レーザーは左右方向に走査。計測は走査範囲±25°、走査頻度は18.75Hz、1走査で200点とした。データ取得は、長岡技術科学大学 高橋一義准教授、Phan Thi Anh Thu 氏の共同で実施した。</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 細粒グライ土壌（センター内）</p> <p>イ. 栽培の概要</p> <p>品種名：コシヒカリ（センター内、現地）</p> <p>移植：5月14日、栽植密度37、50、70株/坪、1株本数4本（センター内）</p> <p>基肥：塩加磷安、窒素成分3kg/10a、耕起時全層混和（センター内）</p> <p>ポット栽培：1/5000a ワグネルポット30個を50株/坪植え配置で栽培</p> <p>ウ. レーザースキャナ計測方法</p> <p>スキャナは水稲の上空に配置し真下（以下、0°と記載、前年度と異なる）と真下から斜め前方30°（以下、30°と記載、前年度と異なる）とに向けて計測した。スキャナの移動は、センター内圃場では計測架台のリニアドモーター、現地圃場では無人ヘリに搭載して行った。移動方向と垂直面で走査するためスキャナ及び移動装置により3次元空間での水稲茎葉の分布状態を取得した。スキャナからは1走査内のレーザーの角度と対象物までの距離が得られるので、スキャナの位置を基準（0m）、下方をマイナスとして3次元空間での位置に変換した。（図1、2、写真1、2、3）</p> <p>レーザースキャナ計測日：</p> <p>ポット栽培 平成26年6月19日、7月24、25日</p>	

センター内 E3 圃場 平成 26 年 6 月 19、24、27、30 日、7 月 4、8、11、14、17、22 日
長岡市三沼、見附市新潟西町 平成 26 年 7 月 8 日（穂肥前計測を想定）

レーザースキャナ計測条件：

ポット栽培：37、45、50、60 株/坪配置×移動方向平行、直交

センター内圃場試験：37、50、70 株/坪配置×移動方向平行、直交

現地圃場無人ヘリ試験：目標高度 3、5、7m×飛行速度 10、15km（移動方向平行）

なお、移動方向の平行、直交はスキャナの移動方向と植付けの条方向との位置関係を示し、37 株では条間、株間が同一なので平行、直交の試験区はない。

3. 試験結果

(1) センター内圃場試験

センター内の試験圃場で前年度よりも細かい間隔で前述試験条件に示す期日に計測した。慣行計測による草丈、茎数は表 1、2 のとおりであった。レーザースキャナ計測結果の推移を、37 株区を例に測定角度 0° の反射度数は図 3、反射累積度数は図 4、測定角度 30° の反射累積度数は図 5 に示した。前年度と同じく草丈の伸長に伴い、高位置での反射が増加し反射数の分布が変化した。

水稻の上部と下部の位置を推定するため累積度数が 5%、95%となる高さ（以下、5%tile 点高さ、95%tile 点高さとする）を検討した。測定角度 0° の 5%tile 点高さは草丈と同様に推移し（図 6）、95%tile 点高さはほぼ地表付近で推移した（図 7）。測定角度 30° の 95%tile 点高さは 6 月 27 日以降で地表から離れ始めた（図 8）。これは稲が繁茂し田面付近までレーザー光が到達しづらくなったためと考えられた。

測定角度 0° の 5%tile 点高さ-95%tile 点高さとの関係を図 9 に示した。ほぼ直線的な関係が見られ、栽植密度や条方向の影響は見られなかった。慣行計測の草丈を、計測日から次の計測日まで直線的に変化するものとしてレーザースキャナ計測日の草丈を推定し、レーザースキャナ計測値から求めた 5%tile 点高さ-95%tile 点高さとの関係を調べた結果、直線的な関係が見られ、決定係数は 0.97 となり、草丈推定の可能性が示唆された（図 10）。

前年度の結果から、地表付近までの面積当たりの稲の反射数と草丈×茎数との間に関係が見られたため、地表よりやや上の-3m までの累積度数の推移を調査した。その結果、7 月 8 日頃までは増加し、これ以降は 80%程度で停滞した（図 11）。無人ヘリでの計測を前提とするため、スキャナからの位置ではなく地表付近を示す 95%tile 点高さを用い、これから 20cm 上までの累積度数と草丈×茎数との関係を図 12 に示した。栽植密度や条方向によって差はあるもののほぼ線形の関係が見られた。また、 $(95\%tile \text{ 点高さ} + 20\text{cm 累積度数}) / (5\%tile \text{ 点高さ} - 95\%tile \text{ 点高さ})$ と茎数との関係は図 13 に示した。線形の関係が見られた。

(2) 現地圃場・無人ヘリ計測試験

中干し前、穂肥前の生育量把握を想定し計測を計画したが、6 月 13 日は荒天のため現地で計測を断念した。7 月 8 日は計測を行うことができ、試験区の組み合わせによる 12 パターンを中之島圃場では 2 回、見附圃場では 1 回計測した。水稻の生育は表 3 のとおりで草丈はどちらも約 60cm、茎数は中之島圃場で $390 \text{ 本}/\text{m}^2$ 、見附圃場で $460 \text{ 本}/\text{m}^2$ であった。飛行速度はおおむね目標どおりであった。中之島ではデータの記録ができなかった部分もあったが、見附での計測結果と併せて、データの処理方法について検討した。

無人ヘリ計測では高度とロール角の変動によって反射までの距離のばらつきが大きく、計測ごとに異なる反射分布となったが、高度とロール角を補正してばらつきを小さくし、圃場試験と同様に 5%tile 点高さ-95%tile 点高さを求めた。その結果計測時の高さとは一定の関係が見られた（図 14）。今後、5%tile 点高さ-95%tile 点高さを計測時高さで補正し、草丈を推定する方法を検討する必要がある。

4. 主要成果の具体的なデータ

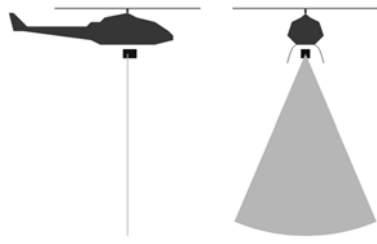


図1 無人ヘリ計測(0°) 模式図

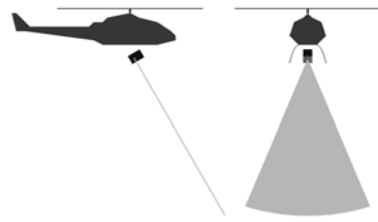


図2 無人ヘリ計測(30°) 模式図

表1 センター内圃場の草丈

調査日	(cm)				
	37株	50株 平行	50株 直交	70株 平行	70株 直交
6/20	39.9	40.3	42.6	39.1	41.5
6/30	54.1	52.9	53.2	51.6	51.4
7/9	69.4	70.2	65.5	68.0	64.3
7/15	76.3	77.9	73.5	75.8	73.1
7/23	87.2	88.5	86.3	88.3	84.3

表2 センター内圃場の茎数

調査日	(本/m ²)				
	37株	50株 平行	50株 直交	70株 平行	70株 直交
6/20	294	350	357	363	459
6/30	513	567	504	590	592
7/9	515	572	501	605	581
7/15	505	566	481	597	546
7/23	496	534	469	544	532

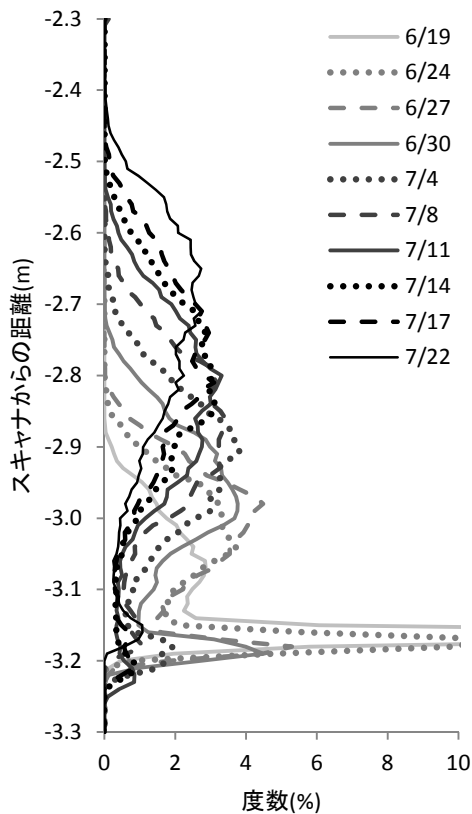


図3 計測反射高さ別の度数
(センター内圃場 37株区、0°)

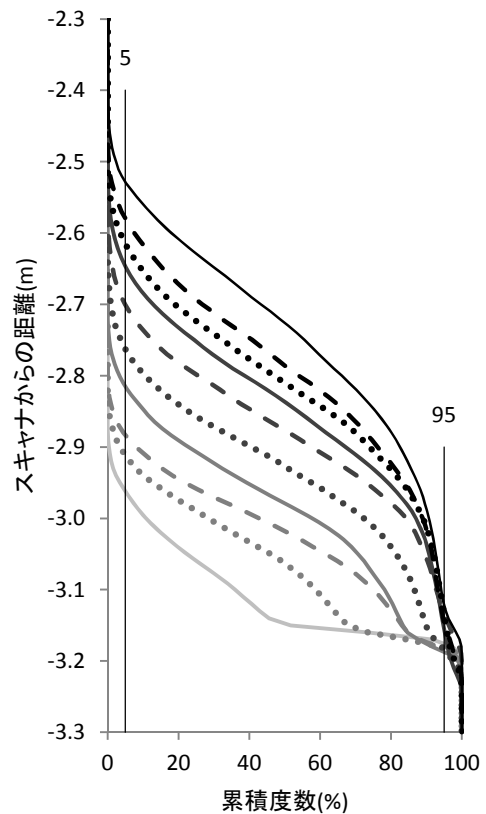


図4 反射高さ別の累積度数
(センター内圃場 37株区、0°)

※凡例は図3と同じ

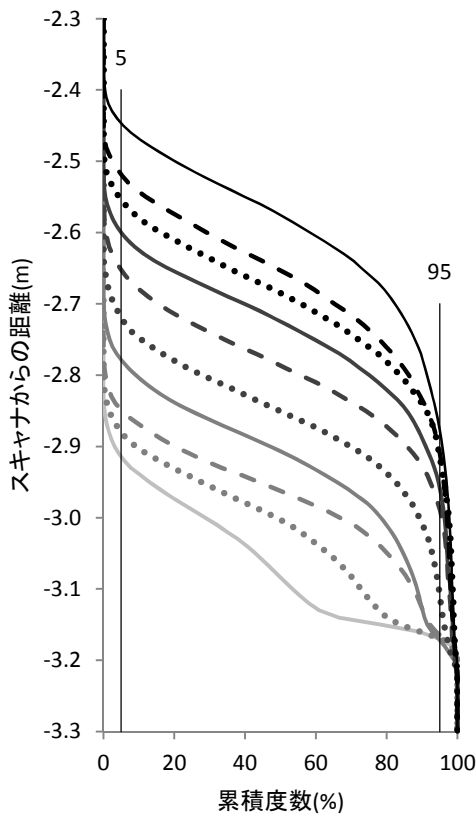


図5 反射高さ別の累積度数
(センター内 37 株区、30°)
※凡例は図3と同じ

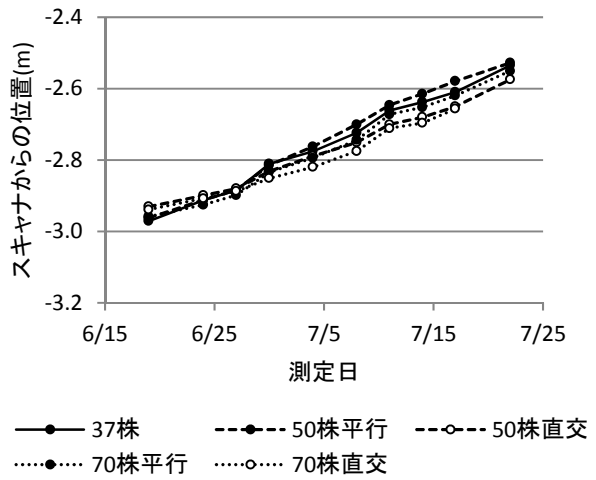


図6 5%tile 点高さ(センター内 0°)

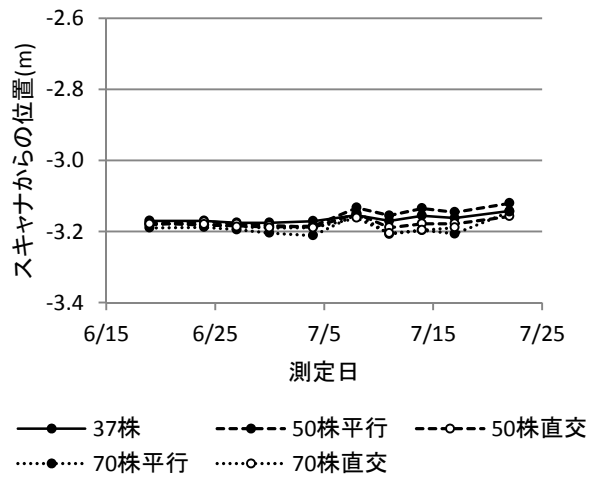


図7 95%tile 点高さ(センター内 0°)

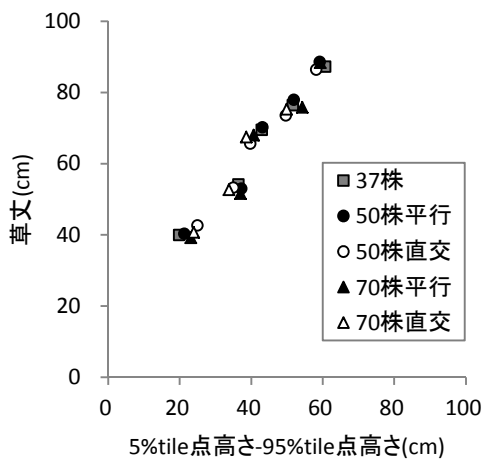


図9 草丈の推定(センター内 0°)

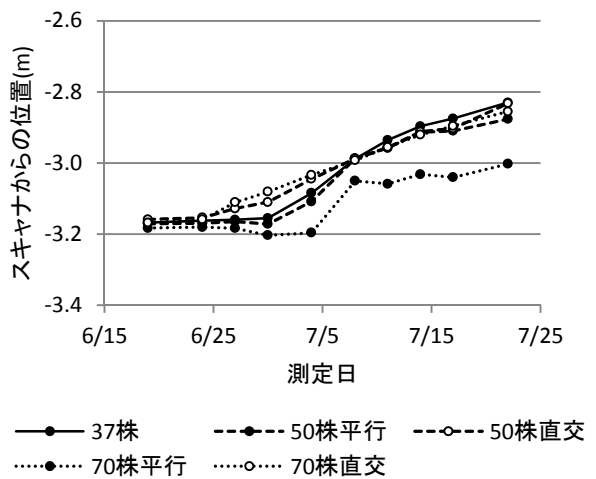


図8 95%tile 点高さ(センター内 30°)

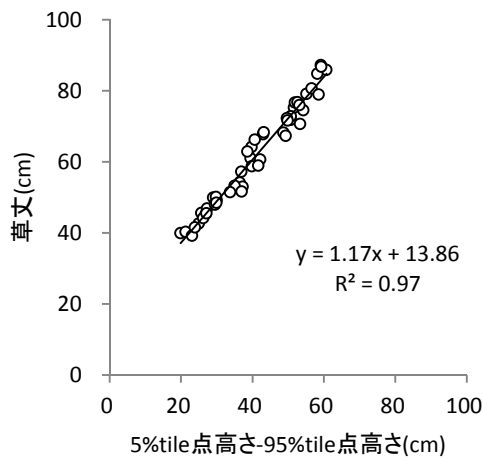


図 10 草丈の推定(センター内 0°)

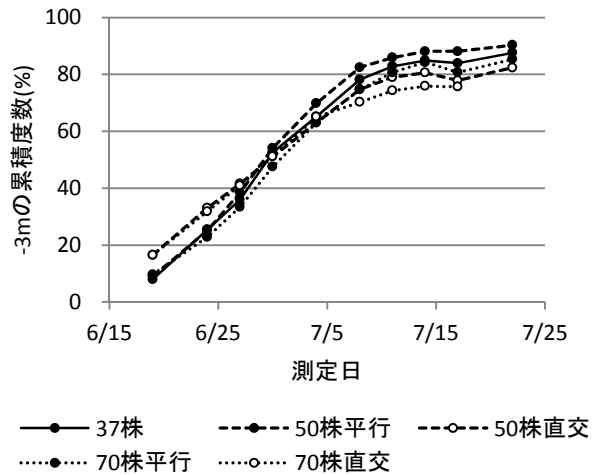


図 11 -3mまでの累積度数(センター内 0°)

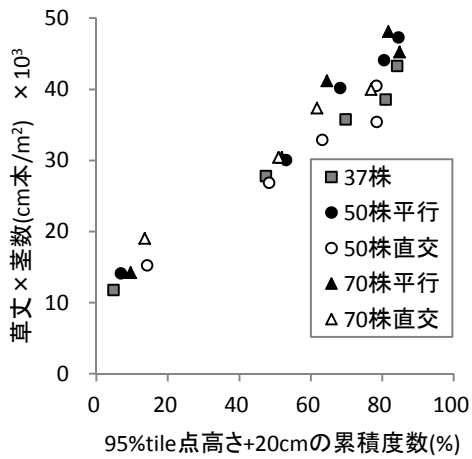


図 12 草丈×茎数の推定(センター内 0°)

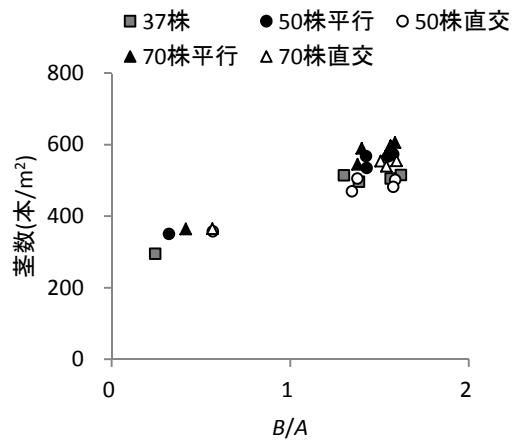


図 13 茎数の推定(センター内 0°)
A:5%tile 点高さ-95%tile 点高さ (cm)
B:95%tile 点高さ+20cm 累積度数 (%)

表 3 計測時の生育(現地圃場)

調査ほ場		中之島	見附
株間	(cm)	20.9	21.1
栽植密度	(株/m ²)	16.0	15.8
草丈	(cm)	62.2	61.7
茎数	(本/m ²)	390	457
葉色(SPAD値)		39.2	38.0
欠株率	(%)	3.9	3.9

表 4 計測時の飛行速度

調査ほ場	飛行速度(km/h)	
	目標	平均
中之島(1回目)	10	9.3
	15	16.5
中之島(2回目)	10	11.5
	15	15.2
見附	10	12.2
	15	17.6

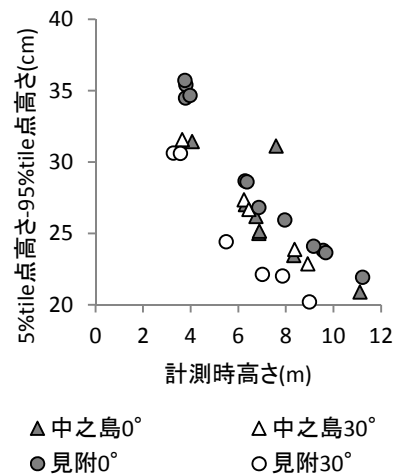


図 14 計測高さの影響(現地)

5. 経営評価

供試したレーザースキャナは約 70 万円であり、今後スキャナの分解能、計測距離等を基に低価格な機種を検討していく必要がある。

6. 利用機械評価

供試した無人ヘリの作業性は良好であった。レーザースキャナの架台は角度を無線で変更できるため、離着陸時にレーザー計測面を下方に向けることを回避できた。ほぼ目標どおりの計測条件で計測ができた。

7. 成果の普及 未定

8. 考察

本年度までの計測から、生育や計測角度によるレーザー反射の分布が明らかとなった。水稻の上部と下部をスキャナ反射累積度数の 5%tile 点高さと 95%tile 点高さとし、その差から草丈推定の可能性が示唆された。また、95%tile 点高さから少し上の高さまでの累積度数と草丈×茎数との間に線形の関係が見られた。無人ヘリ計測については、機体左右方向の傾斜を補正することで計測値が安定することが明らかとなり、5%tile 点高さ-95%tile 点高さによる草丈推定の可能性が示唆された。

9. 問題点と次年度の計画

無人ヘリでの水稻の計測方法（データ処理方法）について、本年度までに得られた手法を検証し、草丈、茎数推定式のためのデータを蓄積するとともに計測の不安定要因（風等）の影響を把握し、計測時の条件を明らかにする。

10. 参考写真



写真 1 センター内での計測

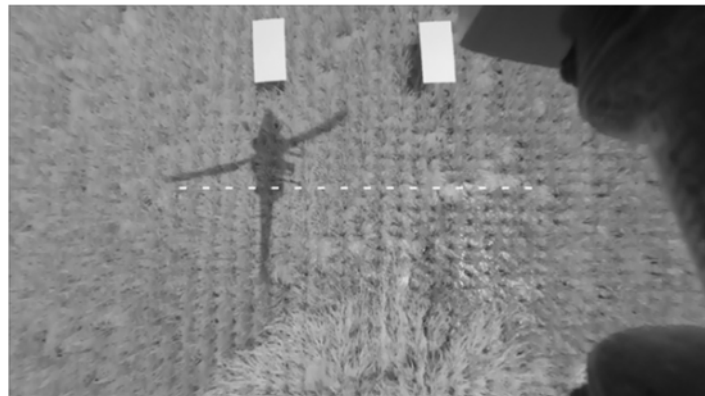


写真 3 現地圃場での計測状況



写真 2 無人ヘリへの搭載

※無人ヘリに搭載、レーザースキャナの計測方向に向けたカメラによる。写真上の白い四角は測定位置を特定するためのマーカー、右側はレーザースキャナ、中央はヘリの影、写真中央下はダウンウォッシュによる稲の乱れ、中央の点線は画像処理時に追加したもの。