

委託試験成績（平成25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	高品質な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を行う。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、一般的にはこれらをほ場内で手作業での計測となる。しかし、これには多大な労力を要し、ほ場全体からより多くの情報を得て、きめ細かい栽培管理を行うことは極めて厳しい。そこで、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、外光条件によらず水稲の生育ボリュームを測定する技術を確立する。
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、A3-3 圃場</p> <p>(2) 現地圃場 長岡市真弓、長岡市西所</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名</p> <p>①無人ヘリ AYH-3（現地圃場）</p> <p>②レーザースキャナ SICK LMS200</p> <p>装置全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。 （長岡技術科学大学環境リモートセンシング研究室の協力により計測）</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、長岡市西所）、こしいぶき（長岡市真弓）</p> <p>移植：5月15日、栽植密度37、50、70株/坪、1株本数4本（センター内）</p> <p>施肥：基肥（センター内） 塩加燐安 窒素成分3kg/10a、耕起時全層混和</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>レーザースキャナ計測：</p> <p>ポット栽培 6月12日、6月21日、7月9日</p> <p>A3-3 圃場 6月20日、7月1日、7月10日</p> <p>長岡市真弓 6月13日（中干し前計測を想定）</p> <p>長岡市西所 7月8日（穂肥前計測を想定）</p> <p>3. 試験結果</p> <p>(1) 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、90°と記載）、および真下から斜め前方30°（以下、60°と記載）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。スキャナおよび移動装置により3次元空間での水稲茎葉の分布状態を取得する。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に3次元空間での位置に変換する。センター内圃場では架台を測量し、実空間に合わせた。無人ヘリではヘリの高度が正確に得られないため高度8mにスキャナがあるものとして計算した。（図1、2、3、写真1、2）</p>	

(2) ポット栽培

各測定時期の草丈、茎数を表1に示した。生育量の小さい時期における測定では水面の比率が多いため、稲の反射が少なすぎるのが想定される。そのため反射を増やすため斜めでの計測を6月12日に行い比較した。90°に比べ60°での計測で稲上部での反射が増加し、生育量の小さい時期においては斜め計測が適する可能性がある。

6月21日および7月9日に栽植密度を坪当たり37、45、50、60株となるようポットの配置を変えて計測し、計測への影響を検討した。栽植密度が高くなると稲上部での反射が増加する傾向が見られた。密度が高くなると稲が重なる部分が増加し下位の反射が減るためと考えられた。栽植密度が高くなるとレーザーの面積当たりの反射数が増加した。6月21日にはポット内土壌表面からの水位を0、4、7cmと変えて計測したが差は見られなかった。

草丈の推定には、既存の報告を基に高位置からのレーザー反射の累積頻度で5%になる高さを用い実際の草丈と比較した。レーザー計測から得られる高さは草丈の半分程度となり一定の関係が見られた。生育ボリュームは草丈×茎数を指標とし、高さ4cmまでの累積反射数を用い草丈×茎数と比較した結果、一定の関係が見られた。

(3) センター内 A3-3 圃場

センター内の試験圃場で栽植密度を変えて移植し、圃場内にレーザースキャナの架台を設置して6月20日、7月1日、7月10日に計測した。草丈、茎数は表2のとおりであった。レーザースキャナの計測結果は図10に反射数、図11に累積反射数を示した。草丈の増加に伴い、高位置での反射が増加し反射数の分布が変化した。栽植密度の違いによる反射分布の差はポット栽培ほど見られなかった。ポットを栽培したプールではポット間の水深が深いため底からの反射がなく、圃場では田面で反射したためと考えられた。60°計測では90°計測に比べ高位置に反射のピークが移動した。田面と考えられる反射がポット栽培計測時に比べ多く見られた。圃場での計測結果から反射の分布から水稻の上部と下部の位置を推定する手法が必要と考えられた。

(4) 現地圃場・無人ヘリ計測

中干し前および穂肥前の生育量把握を想定し、6月13日と7月8日に計測を行った。計測スケジュールと水稻の生育状態から適当な圃場を選定したため、圃場および品種は6月13日と7月8日とで異なる。

飛行の設定は実用化後に無人ヘリの操作があまり難しくならないようするため、飛行高度を散布高度程度、速度は安定した速度が出る範囲で遅いものを基本に、ヘリによる風が測定対象の稲をなびかせない状態を検討した。その結果、目標高度は3m、5m、7m、飛行速度は10km/h、15km、計測角度は90°と60°とし、これらを適宜組み合わせ計測を行った。ここではヘリの進行にともなう前方への傾斜、左右の傾斜は考慮しないものとした。

ヘリの高度は変動するためデータの処理は次のとおりとした。スキャナ計測値を3次元座標に変換し、3Dプロットして水稻を計測している部分から5秒分程度を抽出する。1走査200点の平均高さを基準とし、高さの頻度分布を1走査単位で求め、高さごとに平均し、レーザー反射分布とした。

水稻の生育は表3のとおりであった。生育量および計測角度によってレーザー反射の分布は異なったが、今回の設定した計測条件範囲では高度・速度による差は小さかった。時刻によっては太陽光の水面反射が影響を及ぼすことが懸念された。(図12、写真3)

ヘリ下方の風の状況を観察した結果から、計測角度90°では高度5m・速度10km/hもしくは高度3m・速度10km/h程度が限度と考えられたが、計測データとも合わせ検討を継続する。

4. 主要成果の具体的データ

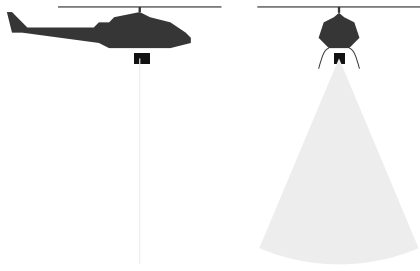


図1 無人ヘリ計測(90°) 模式図

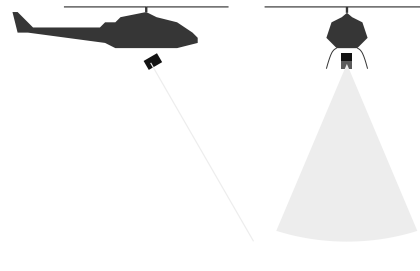


図2 無人ヘリ計測(60°) 模式図

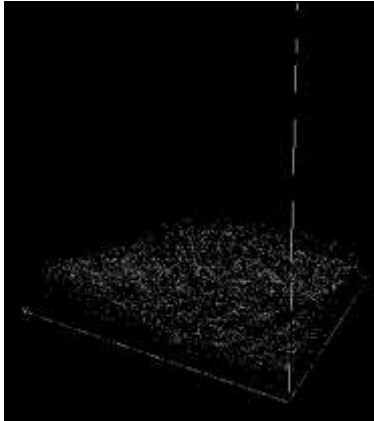


図3 計測データの例(3D)

表1 計測時の生育(ポット栽培)

計測日	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	測定時の 栽植密度 (株/坪)	茎数 (本/m ²)	測定 角度 (°)
6月12日	38.7	22.8	50	346	60
					90
6月21日	52.6	22.8	37	255	90
					90
					90
					90
7月9日	72.8	21.2	37	238	90
					90
					90
					90
					90

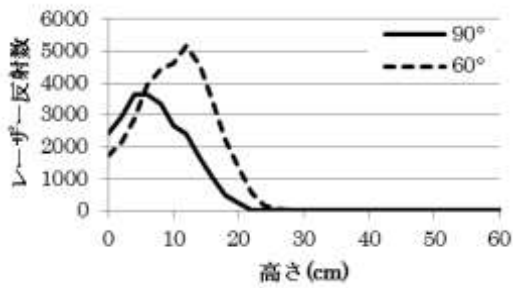


図4 計測角度による差(6月12日)

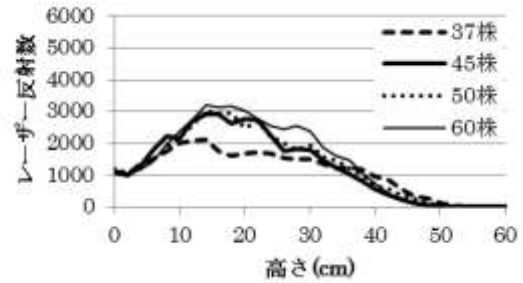
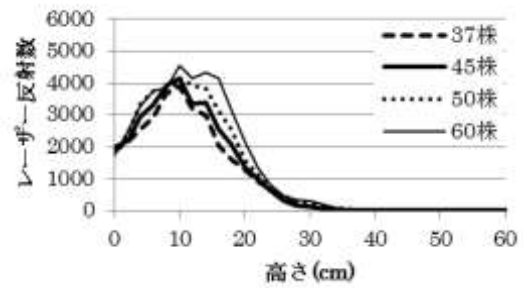


図5 栽植密度による差
(上:6月21日,下:7月9日)

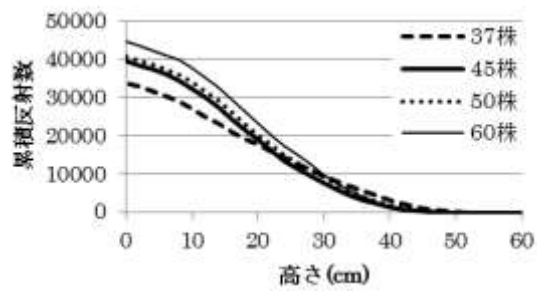


図6 累積反射数(7月9日)

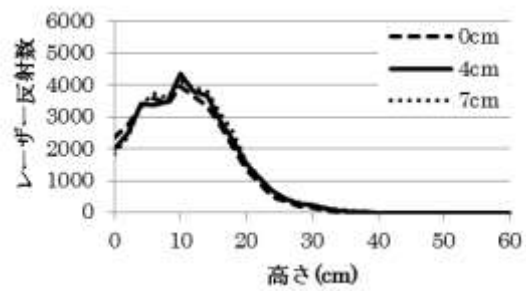


図7 水位の差(6月21日)

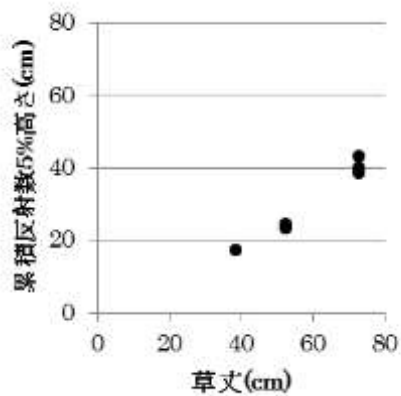


図8 草丈と計測値との関係

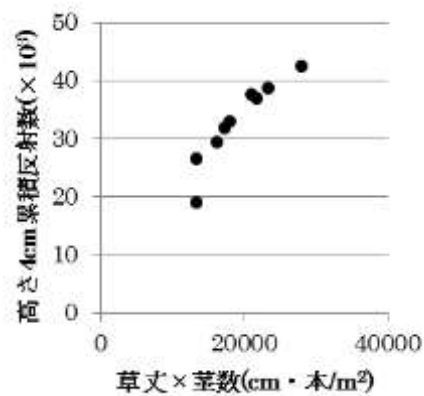


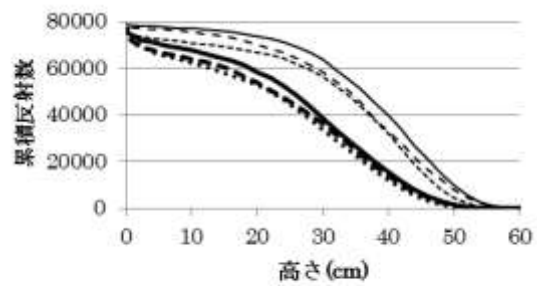
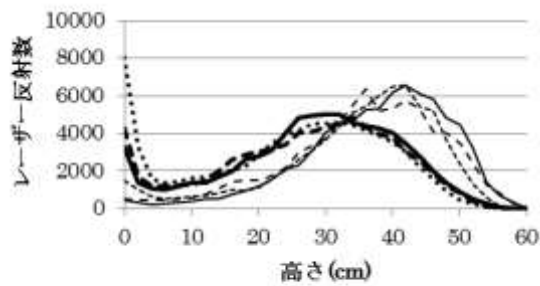
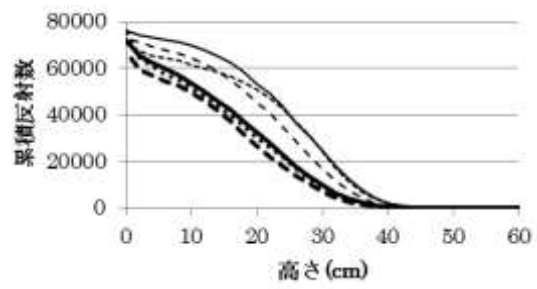
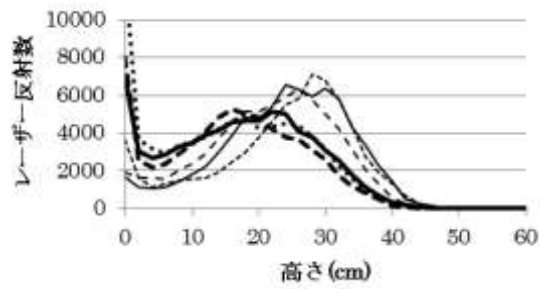
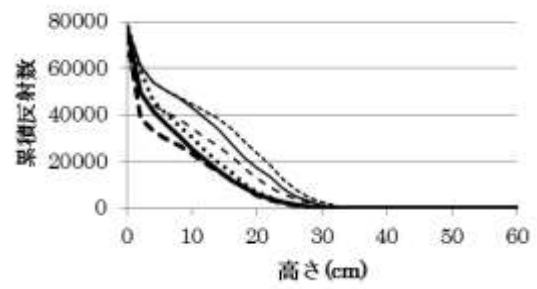
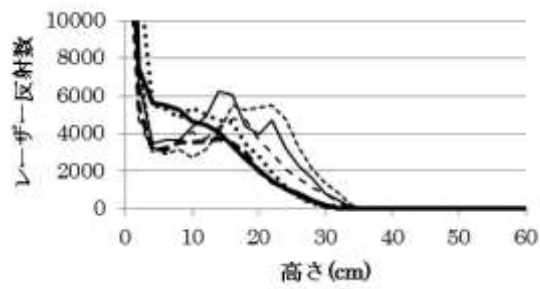
図9 草丈×茎数と計測値との関係

表2 計測時の生育(センター内圃場)

調査日	草丈(cm)			茎数(本/m ²)		
	37株	50株	70株	37株	50株	70株
6月21日	43.2	44.4	43.7	289	376	453
7月1日	57.6	57.0	55.8	330	389	459
7月10日	68.0	67.9	65.4	338	392	453

表3 計測時の生育(現地圃場)

試験場所	調査日	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	栽植密度 (株/m ²)	欠株率 (%)
長岡市真弓	6月14日	31.4	206	18.0	2.5
長岡市西所	7月8日	64.3	354	15.6	2.8



--- 37株 90° — 50株 90° 70株 90°
 - - - 37株 60° — 50株 60° 70株 60°

--- 37株 90° — 50株 90° 70株 90°
 - - - 37株 60° — 50株 60° 70株 60°

図 10 レーザー反射数の推移
 (上:6月20日,中:7月1日,下:7月10日)

図 11 累積反射数の推移
 (上:6月20日,中:7月1日,下:7月10日)

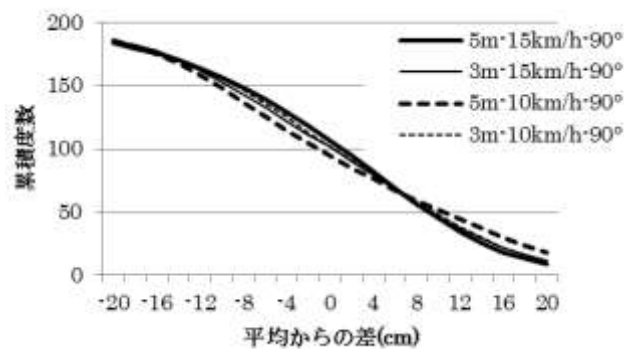


図 12 無人ヘリ計測結果(7月8日)の一部

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スキャナを下方に向けることを回避できた。計測角度の変更で、プリセットした角度に設定できると操作がより容易になると考えられる。

7. 成果の普及 未定

8. 考察

ポット栽培、圃場での計測から、生育や計測角度によるレーザースキャナの分布が明らかとなった。田面からのレーザースキャナ反射も確認されたため、水稻の上部、下部をスキャナ反射の分布形状から判別し、上部一下部の距離から草丈を推定する方法および草丈×茎数と相関の高い指標について検討する。また機体左右方向の傾斜の補正方法についても検討する。

9. 問題点と次年度の計画

無人ヘリでの計測を前提としスキャナ高度が不明な場合の水稻の計測方法(データ処理方法)について検討を継続する。

10. 参考写真



写真1 センター内圃場での計測



写真2 無人ヘリへの搭載

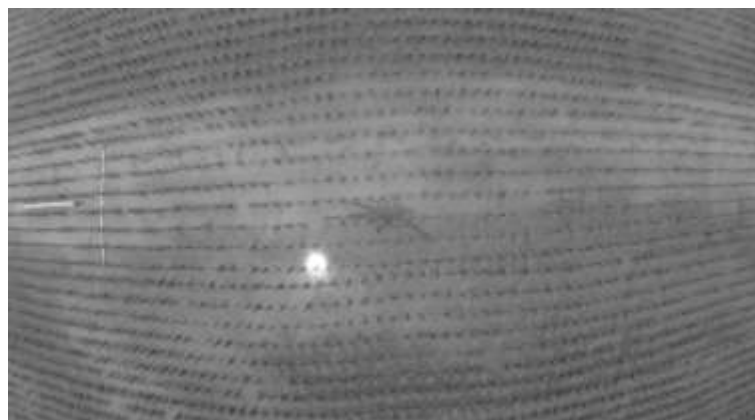


写真3 現地圃場での計測状況

(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)