

地上レーザスキャナ計測による水稲生育特性の時空間分布把握手法の検討

長岡技術科学大学大学院 非会員 下川 知紀
 長岡技術科学大学 力丸 厚, 高橋 一義, 坂田 健太
 株式会社テクノス 安永 佳生, 小川 賢太郎

1. 背景

高品質な作物の安定生産には、定期的な生育診断による生産管理や収量予測が不可欠である。水稲の場合、その判断材料として草丈、茎数、葉色を直接計測する慣行計測が用いられている。しかし、この手法では特定の水稲を計測するため、点的な情報しか得られず、測定点のサンプル数と分布が圃場の大きさに対して十分でない場合、診断の妥当性が低くなる。そのため、圃場全体を対象とした水稲の生育診断手法の開発が望まれている。

2. 研究目的

本研究は、水稲の三次元点群情報を用いた水稲の生育診断技術の向上により、安定した生育診断手法の開発を目的とする。

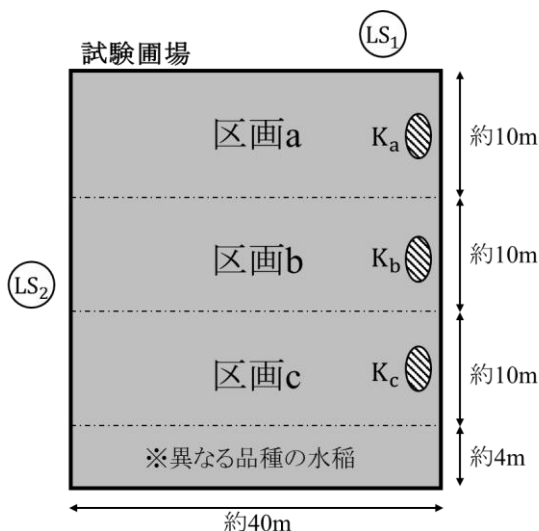
ここでは施肥条件が異なる水稲の生育過程を、斜めから地上レーザスキャナ計測で取得した三次元点群情報を解析し、水稲群落表層に着目した高さ情報の時空間分布特性を抽出する手法を検討した。

3. 試験圃場と使用データ

3.1 試験圃場

有限会社ホープイン中沢（長岡市越路中沢）保有の圃場を試験圃場とした。圃場の広さは約34m×40m、栽培品種はコシヒカリ BL である。2015年5月11日に田植えし、同年9月10日に刈り取った。出穂は7月27日である。

施肥条件を3パターン設定し、圃場を図1のように区分した。また各区画全体の施肥量に含まれる10aあたりの窒素分量は表1に示す。地上レーザスキャナ計測位置から各区画の慣行計測実施場所までの水平距離を表2に示す。



○ :地上レーザスキャナ計測位置 LS_{1,2}

▨ :慣行計測実施場所 K_{a,b,c}

図1 試験圃場概略図

表1 各区画の施肥条件

		区画a	区画b	区画c	施肥日
基肥		3.50	1.75	0.00	5月11日
追肥	一回目	0.50	0.25	0.00	7月16日
	二回目	0.26	0.13	0.00	7月25日

※10aあたりの窒素分量[kg]

表2 地上レーザ計測位置と慣行計測実施場所の距離

LS ₁ ↔ K _a	約13m	LS ₂ ↔ K _a	約40m
LS ₁ ↔ K _b	約22m	LS ₂ ↔ K _b	約39m
LS ₁ ↔ K _c	約31m	LS ₂ ↔ K _c	約40m

表3 3次元レーザスキャナ VZ-400 の製品仕様

名称	VZ-400	
レーザ波長	1550nm	
計測範囲	水平	360°
	鉛直	100°(+60°,-40°)

3.2 地上レーザスキャナ計測及び慣行計測

RIEGL 社の VZ-400 を用いて、7月上旬から8月下旬にかけて約2週間間隔でレーザ計測を行った。レーザ計測時に設定した計測水平間隔は 0.002[deg]である。VZ-400 の仕様は表 3 に示す。図 1 の LS1, LS2 の 2 ヶ所に地上レーザスキャナを据えて計測した後、2 ヶ所の三次元点群情報を合成したものを解析に用いた。

慣行計測は5月上旬から9月上旬にかけて行った。計測項目は草丈、茎数、葉色である。

4. 方法と結果

4.1 表層高の経時変化量

水稻の地上レーザスキャナ計測は圃場全体を三次元点群情報として捉えることができるが、地上レーザスキャナ斜め計測には観測角と距離によって点密度に差が存在する²³⁾。本研究では、圃場全体を水平方向へ格子状に分け、格子ごとに代表値を抽出することで、斜め計測による点密度の差の解消を試みる。

慣行計測では稲の草丈を計測しているため、レーザスキャナ計測による三次元点群情報からも草丈を推定することが望ましい。ここで、三次元点群情報から推定する草丈は各格子の地盤の高さと水稻群落表層の高さの差と考える。しかし水稻の地上レーザスキャナ計測では水稻群落表層は捉えてはいるが、地盤をほとんど捉えていない。そこで、特定の時期を基準とした水稻群落表層の高さの経時変化量を求めることで草丈の経時変化量を推定する。

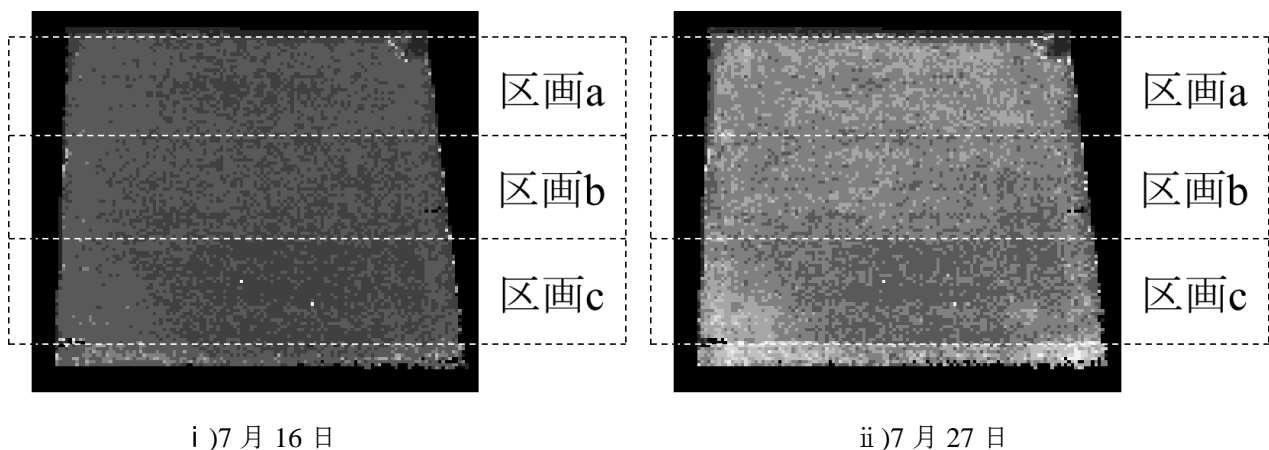
水稻の株間が約 30cm であることから、圃場全体を格子サイズ 30cm として水平方向へ格子状に分割した。格子ごとの三次元点群情報から 99 パーセントイル高さを抽出し、これをこの解析における水稻群落表層の高さとした。各格子で表層の高さの経時変化量を算出し、変化量ごとに色分けしたカラーマップを作成することで、圃場全体の生育のムラを見ることができるとを検証する。ここではレーザスキャナ計測を最初に行った7月2日を基準とし、7月2日からの経時変化量を算出した。その結果を図 2 に示す。

4.2 慣行計測結果との比較及び評価

地上レーザスキャナ計測日と同日の慣行計測情報を選択し、7月2日を基準とした草丈の経時変化量を算出する。

一方で 4.1 の結果から、図 1 に示す慣行計測実施場所の表層高の経時変化量を選択し、慣行計測情報から求めた草丈の経時変化量と比較する。各区画で慣行計測情報から求めた草丈の経時変化量と三次元点群情報から求めた表層高の経時変化量を図 3 に示す。なお、慣行計測は各区画で 4 株計測し、図 3 では草丈の経時変化量を平均値と標準偏差で示す。

評価方法には平均二乗誤差（以下 RMSE）を算出した。RMSE 算出結果を表 4 に示す。



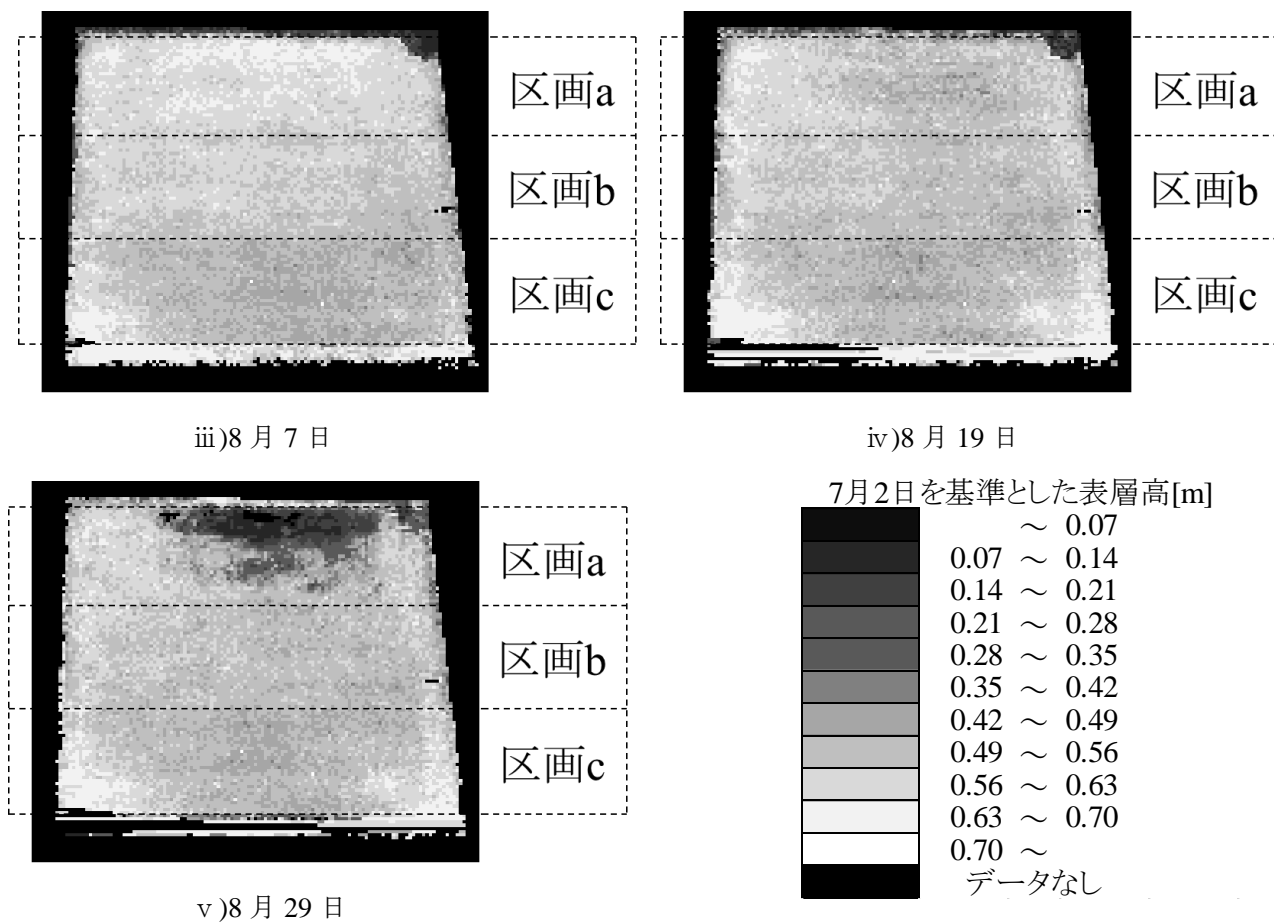


図2 7月2日からの表層高経時変化量

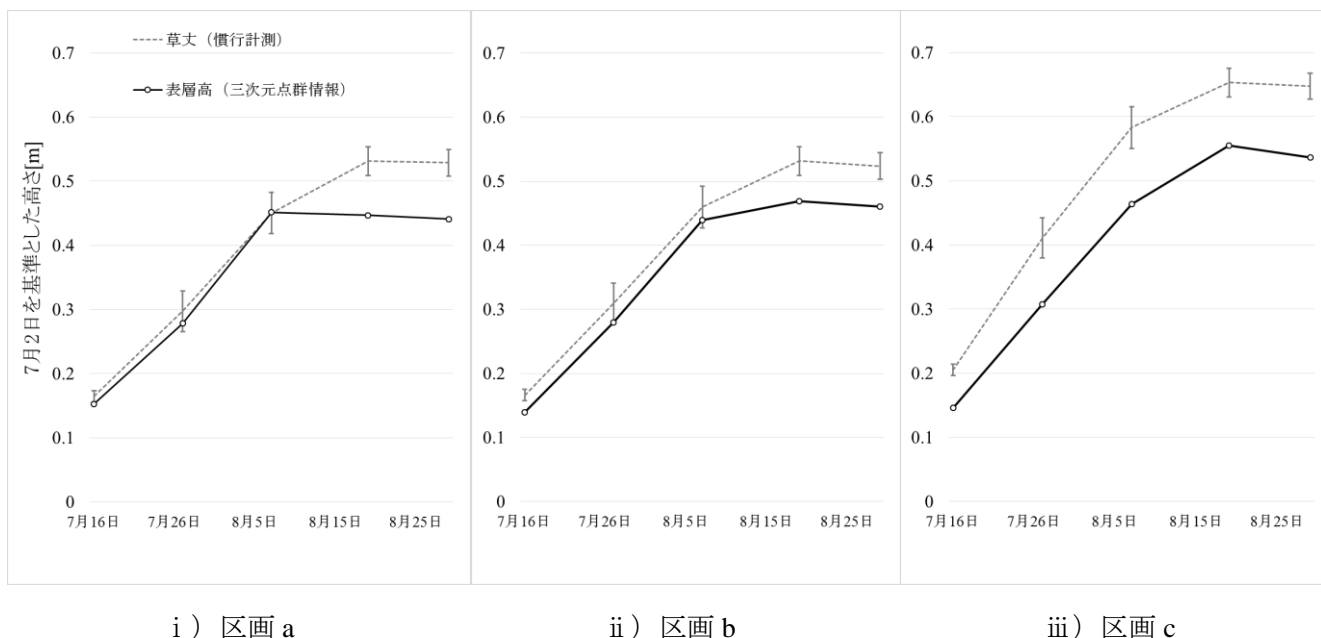


図3 7月2日を基準とした草丈と表層高

表4 慣行計測結果とレーザ計測結果のRMSE

期間	区画 a	区画 b	区画 c
全期間 (7月16日から8月29日まで)	5.53×10^{-2} [m]	4.48×10^{-2} [m]	10.0×10^{-2} [m]
出穂前 (7月16日から7月27日まで)	2.23×10^{-2} [m]	4.09×10^{-2} [m]	11.9×10^{-2} [m]

5. 考察

5.1 表層高の経時変化量

図 2 から、区画 a,b,c 間で表層高の経時変化量に差が見られ、例えば ii)7 月 27 日では顕著な差が見られた。また、同じ区画内でも場所によって表層高の経時変化量にバラツキが見られ、生育のムラもしくは計測によるバラツキの影響だと考えられる。v)8 月 29 日では、稲の倒伏によって区画 a で広範囲に低い値となった。

5.2 慣行計測結果との比較

表 4 から、区画ごとで RMSE に差があった。また、全期間と出穂までの期間で RMSE に差があった。これらの原因として以下のことが考えられる。

①慣行計測において草丈を計測する際、稲を伸ばした状態で長さを測定し草丈としている。これに対して地上レーザスキャナ計測では、自然な状態で稲の三次元点群情報を取得している。そのため、水稻の先端に穂がつく頃から両者の差が大きくなった。

②表 4 から、①のような影響が少ない出穂までの期間は、区画 a, b, c の順で RMSE が小さい値となった。表 2 より、LS2 からのレーザ計測ではそれぞれの慣行計測実施場所までの距離には約 1m 程度の差しかない。しかし、LS1 からのレーザ計測はそれぞれの慣行計測実施場所までの距離が約 10m 異なる。レーザ計測距離が異なると得られる点群情報の点密度に差が存在し、このことが水稻群落表層の高さとして抽出した 99 パーセントイル高さの値に影響を与えた。

6. まとめ

本研究では、地上レーザスキャナによって水稻を斜めから計測して得られた三次元点群情報を用いて、水稻群落表層の高さ情報の解析を行った。

(1)施肥量が同じ区画内で解析結果にバラツキをみることができ、その要因として生育のムラと計測によるバラツキが考えられる。

(2)地上レーザスキャナによって斜めから計測して得られる三次元点群情報を用いた圃場全体の生育診断手法としての可能性を示唆することができた。

(3)出穂までの期間において地上レーザスキャナから約 13m の距離では RMSE が 2.2cm、地上レーザスキャナから約 22m の距離では RMSE が 4.1cm の精度で草丈の経時変化量を推定できた。

(4)斜め計測において、地上レーザスキャナからの観測角と距離による点密度の差を解消するため、圃場全体を格子状に分け、代表値を抽出する手法を取ったが、研究の解析結果より地上レーザスキャナから遠いほど推定する表層高が過小評価されてしまう可能性が示唆された。

(5)今後の展望として地上レーザスキャナ計測の距離による影響について検討する必要がある。

謝辞

圃場の施肥条件を設定する際に、新潟県長岡地域振興局農林振興部普及課の皆様には多大な助言・ご協力頂き、心から深く御礼を申し上げます。

そして地上レーザスキャナ計測及び慣行計測を行うにあたり、有限会社ホープイン中沢の皆様には、試験場所の提供等様々なご支援・ご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)新潟県農林水産部、新潟米おいしい米づくりのポイント、pp37-39、2013
- 2)板垣宏和、力丸厚、坂田健太：地上レーザスキャナ斜め計測による水稻の生育状態把握手法の検討、第 29 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論集、pp282-283、2011
- 3)小山祐介、力丸厚、坂田健太、高橋一義：水稻生育計測におけるレーザスキャナ観測角の影響の検討、第 30 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、pp300-301、2012