

(19) 圃場不陸観測への UAV グリーンレーザ 測量技術の適用

北内 宏明¹・西山 哲²・崎田 晃基³・堺 浩一⁴

¹ 学生会員 岡山大学学生 環境理工学部環境デザイン工学科 (〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1)

E-mail: pp0u8tiq@s.okayama-u.ac.jp

² 正会員 岡山大学院教授 環境生命科学研究科 (〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1)

E-mail: nishiyama.satoshi@okayama-u.ac.jp

³ 学生会員 岡山大学院学生 環境生命科学研究科 (〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1)

E-mail: pq1i4u6h@s.okayama-u.ac.jp

⁴ 正会員 株式会社パスコ 事業統括本部新空間情報部 (〒153-0043 東京都目黒区東山 1-1-2 東山ビル)

E-mail: kioauk2610@pasco.co.jp

稲作において、直播栽培の実施は労働力や経費の削減が可能であるが、直播栽培の実施には圃場不陸による苗の生育の障害が問題となっていた。その対策として、従来は UAV 写真測量によって不陸観測を行っていたが、写真測量では圃場に水を張った際に水面下の地形を計測できない課題があった。そこで本研究では、水面下の地形計測が可能であるグリーンレーザスキャナを UAV に搭載することで不陸観測を行い、その実用性を検討した。結果としては、計測した3次元点群データを段彩図に表現することで、水面下の地形の計測を確認した。また同時に、農地土面管理基準値である土面高低差 $\pm 5\text{cm}$ を超える不陸の観測も確認した。

Key Words: smart agriculture, direct cultivation, uncultivated field, UAV green laser surveying, 3D point cloud data

1. はじめに

現在日本では、農業分野において、少子高齢化がすすむことによる次世代の担い手の不足が問題となっている。その一方で、農業の大規模化や法人化が進められており、今後の農業業界の発展が期待されている。そこで近年では、ロボット技術や情報通信技術(Information and Communication Technology)を用いたスマート農業の展開が進められている。スマート農業を展開することで、農作業の省力化や効率化、農産物の品質の向上や新規就農者への技術の継承などを実現することが可能である。

稲作においては、水田に直接種子を播く直播栽培を実施することで、苗づくりや田植えに必要な労力や作業経費を削減する取り組みが進められている。しかし直播栽培には、圃場不陸があると水の管理が困難となり、苗立ちの数が減ったり、苗の生育にばらつきがでるという課題があった。そこで直播栽培を行うにあたり、圃場を計

測し不陸を確認できるシステムの実用化が進められた。

圃場不陸を計測するにあたり、現在は UAV(Unmanned Aerial Vehicle)を用いた計測が普及している。UAVによる計測を行う理由としては、安価に広域を簡便に計測でき、低空飛行のため ALB(Airborne Laser Bathymetry)測量と比較して、高い解像度のデータの取得することができるためである。従来の UAV を用いた圃場の計測手法としては、UAV 写真による SfM(Structure from Motion)技術が活用されてきたが、この手法は圃場内に多くの標定点が必要であり、また、水田に水を張った際に水面下の地形の計測が不可能であるなどの課題があった。

そこで本研究では、少ない対空標識で圃場全域を均一精度で計測でき、水面下の地形の計測も可能である UAV グリーンレーザを用いて、3次元点群データを取得することで圃場の不陸観測を行い、UAV グリーンレーザ測量の圃場の不陸観測における実用性を検討した。

2. UAV グリーンレーザ測量と実施概要

(1) UAV グリーンレーザ計測の概要

UAV グリーンレーザ計測とは、UAV から地上に向けてグリーンレーザを照射し、UAV と地表面からレーザが反射した場所の距離を求め、同時に GNSS(Global Navigation Satellite System)により UAV の位置情報を取得することで地表の3次元座標(X, Y, Z)を求めるものであり、計測した3次元座標の集まりから3次元点群データを作成を行う。ここで、グリーンレーザは水中を透過する性質を持つため、水を張った圃場で地形の計測を行うことができる。

(2) 計測の実施概要

今回の測量は、岡山県真庭市鹿田の圃場 178,901m² で実施した。また計測時期は、2019 年 12 月 10 日の稲刈り後、2020 年 5 月 15 日のレーザレベラー均平作業後、2020 年 5 月 28 日の代掻き後の3時期で行った。レーザレベラー均平作業、代掻きはどちらも均平化が主な目的であるが、代掻き前にレーザレベラー均平作業を踏まえることでより効率よく代掻き行うことが可能となっている。

本研究の作業フローは、作業計画を行った後、調整用基準点や検証点の設置・計測を行い UAV グリーンレーザ計測を行った。そして、計測結果より3次元計測データのまとめとデータの精度点検を行い、最後にデータを用いて不陸観察を行った。

a) 計測方法

本研究では計測を行うにあたり、ドローン上部に GNSS アンテナ、下部後方にグリーンレーザスキャナ、下部前方にデジタルカメラを搭載して計測を行った。図-1 に計測システムを示す。今回行った3回の計測はいずれも、点密度 100 点/m²以上、対地高度 50m、対地速度 2.5m/s、コース間重複度 75%標準で計測を行った。

b) 調整用基準点・検証点の設置

調整用基準点・検証点は対空標識であり、調整用基準点は計測データの調整に、検証点は調整を行ったデータの精度検証にそれぞれ用いられる。調整用基準点・検証点の設置の際には、初回の計測は VRS (Virtual Reference Station) により座標取付け観測を、2回目と3回目の計測は TS (Total Station) で計測を行った。設置場所は、実際の耕作期間の計測を想定して、調整用基準点及び検証点は圃場内に設置せず、周囲の農道と畦畔に設置した。図-2 に、稲刈り後に行った計測の調整用基準点及び検証点の設置場所を示す。

3. 計測結果

(1) 3次元点群データのまとめと精度点検

初回の計測の結果をもとに、3次元点群データのまとめと精度点検を行った。また、後に実施した2回の計測も同様の過程で進めた。

a) 3次元点群データの作成

3次元点群データの作成を行うため、最初に最適軌跡解析を行った。最適軌跡解析は、GNSS 観測データと IMU (Inertial Measurement Unit) 観測データを用いて解析を行った。固定局には現場から約 1.2km 離れた電子基準点「落合」を使用した。計測中の DOP (Dilution Of Precision) は 2 以下、衛星数も 12 以上と良好であった。また、解の精度は平面、高さ位置ともに最大が 2cm 以下で機器スペック以内、姿勢精度はロール、ピッチの最大が 0.01 度以下で機器スペック以内と良好であった。この最適軌跡解と計測 RAW データより、ボアサイトアングルを調整し3次元点群データを作成した。

b) オリジナルデータの作成

3次元点群データと調整用基準点の較差(最適軌跡解に起因する較差)の各点の平均値が、表-1 に示す値と

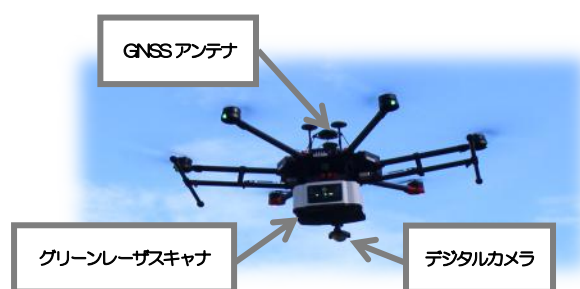


図-1 計測システム

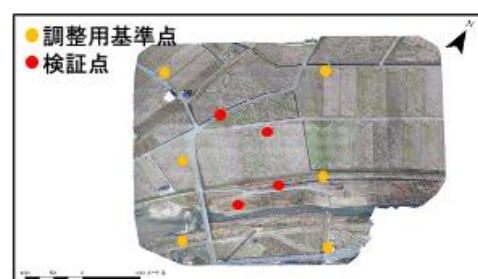


図-2 調整用基準点・検証点の設置位置

表-1 調整用基準点との較差

X 方向(m)	Y 方向(m)	Z 方向(m)
-0.006	0.020	0.060

なった。この数値で計測データの各点群をシフトさせて調整を行い、作成したデータをオリジナルデータとした。

c) オリジナルデータの精度点検

オリジナルデータと検証点を用いて、標準偏差を算出し、精度点検を行った。表-2 に結果を示す。表-2 より、精度検証は、全座標 2cm 以内の精度を確認することができた。

(2) 不陸観測

国が定める土地改良事業などの土木工事施工管理基準では農地土面は高低差規格値 $\pm 5\text{cm}$ 以内とされている。その理由は、これ以上の高低差があると水管理が困難となり、直播栽培を行う際に、苗の生育に悪影響を与えるためである。今回は、3 次元点群データによって圃場単位で平均標高を算出し、平均標高より高い箇所を凸部、低い箇所を凹部として段彩図に表現することで不陸の観測を行った。今回は、23 個の圃場のうち、直播栽培を実施するエリア 8 とエリア 14 の圃場の 3 時期の段彩図をそれぞれ図-3 から図-8 に示した。

表-2 精度検証の結果

	標準偏差
X	0.018
Y	0.014
Z	0.007

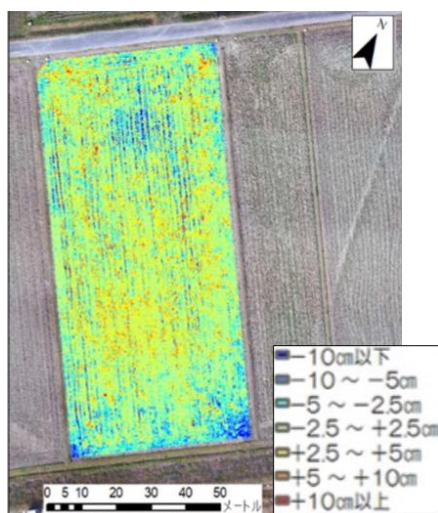


図-3 エリア 8・稲刈り後

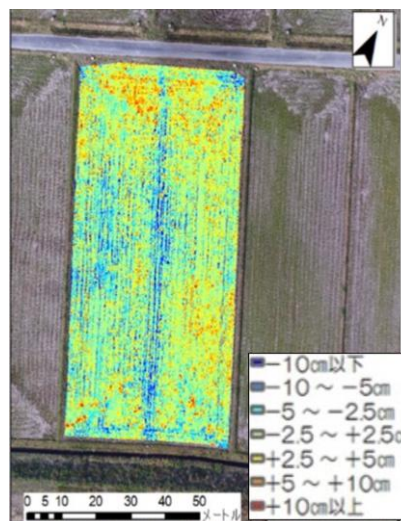


図-4 エリア 14・稲刈り後

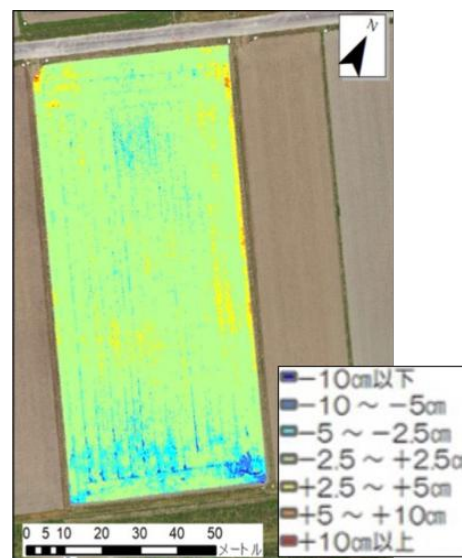


図-5 エリア 8・均平作業後

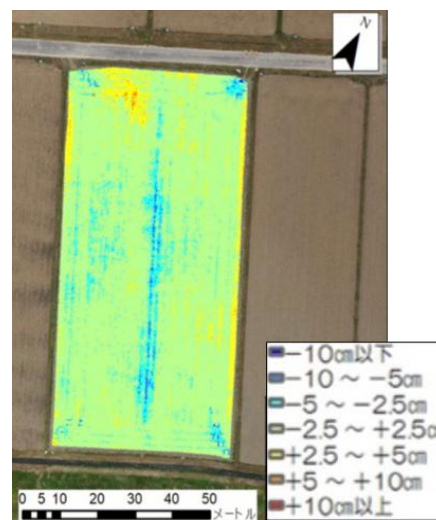


図-6 エリア 14・均平作業後

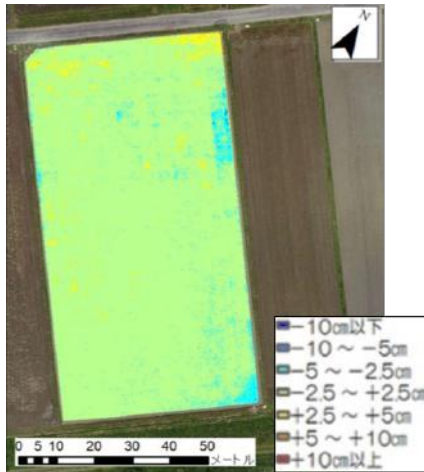


図-7 エリア 8・代掻き後

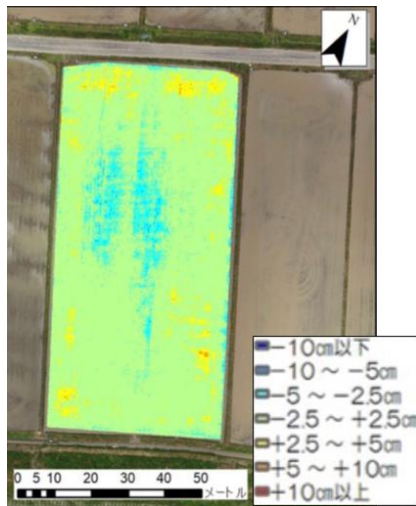


図-8 エリア 14・代掻き後

今回の段彩図では、高さ 2.5cm 毎に色分けを行ったことで、土面高低差 ± 5 cm を超える不陸位置を視覚的に見分けることができた。稲刈り後の圃場では、図-3、図-4 共に圃場全域で土面高低差 ± 5 cm を超えた不陸を確認した。均平作業後では、図-5 では圃場下部、図-6 では圃場中央部において土面高低差 ± 5 cm を超えた不陸を確認した。代掻き後においては、図-7 においては土面高低差 ± 5 cm を超える不陸を確認することは無かったが、図-8 において横幅 2m 未満の不陸を数点確認した。また、

代掻き後の圃場は水を張った状態の圃場であったが、圃場の地形の計測を確認することができた。

4. まとめ

本研究では、UAV グリーンレーザを用いた圃場の不陸観測の実用性の検討を目的として研究を行った。結果は、水中の地形の計測ができ、土面高低差 ± 5 cm の識別も行うことができた。しかし、今回とは異なる水の濁度や、苗が成長した際も地形の計測が可能であるのかについて、今後も調査を行う必要がある。

今回行った代掻き後の段彩図では、土面高低差 ± 5 cm を超える不陸は、図-8 において横幅 2m 未満の不陸が 3 点確認され、さらに土面高低差 ± 2.5 cm を超える不陸は、圃場中央部、畦畔付近で多く確認された。これを踏まえて、直播栽培を実施する際には、現状で直播栽培を行うのか、もしくは再び均平作業を行うのかの判断が必要である。UAV グリーンレーザ測量を行うにあたっては、今回の精度検証の結果からも数センチの誤差が予想されるため、直播栽培を行う際には圃場の土面高低差を ± 5 cm よりも低い値に均平化することが望ましい。

今後は、引き続き UAV グリーンレーザを用いて圃場の不陸観測を実施していくと同時に、苗立ちの数や苗の成長も観察することで、計測した圃場不陸と苗の成長の関係も確認していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 石塚直樹, 岩崎亘典, 坂本利弘: ドローンを用いた圃場の計測マニュアル, 国立研究開発法人 農業食品産業技術総合研究機構, <https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/drone_unevenness.pdf>, (入手 2020.4.18).
- 2) 農林水産省: スマート農業の展開について, <<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-94.pdf>>, (入手 2020.6.14).
- 3) 農林水産省: 水稻直播栽培の現状について, <https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/attach/pdf/index-8.pdf>, (入手 2020.4.18).
- 4) 井上吉雄: 農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS 活用ガイド, 森北出版株式会社, 2020.