

UAV 空撮データに基づくイネ生育推定手法の比較 — 深度マップと高密度点群の応用 —

Comparison of UAV-Based Estimation Methods for Rice Growth Characteristics Using Depth Maps and Dense Point Clouds

○張 可*, 酒井 徹*, 南川和則*, 宇野健一*, サブ・ソフェアック**
ZHANG Ke, SAKAI Toru, MINAMIKAWA Kazunori, UNO Kenichi, THAV Sopheak

1. はじめに

節水的かんがい手法である「間断かんがい (AWD)」の効果を評価するためには、生育状態を空間的・時間的に正確に把握することが重要である。無人航空機 (UAV) リモートセンシングは、作物の生育状態を面的に把握する有効な手段として広く利用されている。特に、作物表面モデル (CSM) と高密度点群の 2 種類のデータ形式が主に使用される。CSM は数値表面モデル (DSM) から地表面モデル (DTM) を差し引くことで草高を面的に表現し、広域的な評価に優れる。しかし、その高さは地表面の平均化に依存し、葉の重なりや茎葉密度の変動を正確に反映できないため、従来は CSM による草高の過小評価が「誤差」として扱われてきた。一方、高密度点群は、複数視点からの画像処理により作物の立体構造を詳細に再現可能であり、1m²あたり 2 万点以上の分解能で葉や穂の高さを正確に捉えることができる。従来の研究では、CSM と三次元点群の高さの差は単なる誤差として認識されていたが、この差が茎葉密度を反映する指標となり得る可能性がある。本研究は、CSM と高密度三次元点群による草高推定の差異を検討し、この差が茎葉密度を示す指標となり得るかを検証することを目的とする。

2. 調査方法および解析手法

(1) 調査圃場概要

調査はカンボジア国プルサット州に位置する AWD モデル地区にて実施した。水田表面の微地形が複雑なため、生育パターンのばらつきが顕著であった。

(2) 空撮調査

DJI Matrice S200 に可視光カメラ (Zenmuse X4S) およびマルチスペクトルカメラ (Parrot Sequoia) を搭載し、発芽から収穫期までに 6 回の定期空撮を行った。空撮ごとに 9 個の実測点付近において草高を自作の草高計で測定し、空撮データによる高さ抽出値との関係を分析した。空撮画像から緻密な三次元点群および DSM を生成し (Agisoft Metashape Pro 2.2.0)，地表面との高低差を計算し CSM を作成した。対象地に均等分布された 9 個の地上基準点によって空撮データの位置精度を確保した。点群標高値および CSM は laspy および rasterio (Python3.12.3) 解析により実測点周囲 1m 範囲内の最高値を抽出した。さらに、点群抽出値を特徴量として用い、Random Forest モデルによる草高推定も試みた。

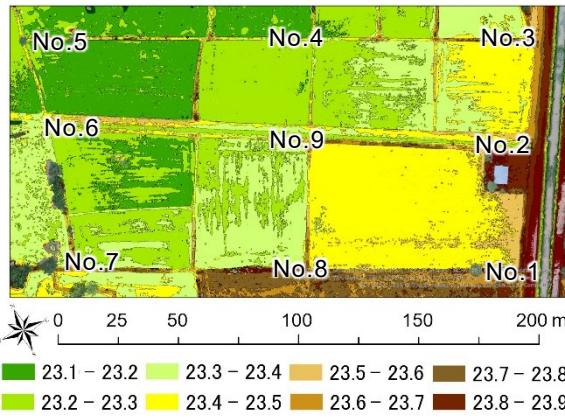


Fig. 1 調査対象地標高値分布
Elevation distribution of the study site

* 国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS)

** カンボジア国王立農業大学 Royal University of Agriculture (RUA),

キーワード : UAV, DSM, 点群, 温室効果ガス, 間断灌漑

3. 結果及び考察

CSM は広域的な面積評価が可能であるものの、地表面の平均化により、特に生育が進むにつれて高さの過小評価が顕著となることが確認された（図 1）。図 2 に示す各実測ポイント（No.1～9）における回帰分析では、CSM の回帰係数は 0.8 前後と低く、成長が進むほど実測値に対して低めに推定される傾向が明確であった。この誤差は、葉の密度変化が CSM で正確に反映されにくいためと考えられる。一方、高密度三次元点群は、各実測点においても一貫して高い精度で草高を反映した（図 2）。各地点の回帰式において回帰係数は 0.9 以上を維持し、CSM と比較して安定して実測値に近い結果を示し、点群データは葉先や穂部を正確に捉え、実測値との乖離が最小限に抑えられた。これらの結果から、高密度点群は生育ステージに応じた高さ変動を安定して捉えられ、AWD 実験水田における面的評価や生育ばらつきの分析において有効であることがわかった。

点群標高値を説明変数として Random Forest 回帰モデルによって草高の予測を行ったところ RMSE が 5cm 未満に收まり高い予測精度を達成した。さらに CSM と三次元点群の推定値の差を分析した結果、この差は単なる計測誤差ではなく、茎葉密度の変動を示す指標となり得ることが示唆された。茎葉密度が低いほど CSM の過小評価が顕著になり、その過小評価量と三次元点群の高さ標準偏差には有意な正の相関（ $R = 0.71$ ）が確認され、点群は密度変動を正確に反映している可能性を確認できた。

4. まとめ

CSM の過小評価量と点群標高値の標準偏差に有意な相関が認められ、高密度点群は高い分解能により茎葉密度の違いを反映できることがわかった。これにより、CSM と点群は生育密度の指標として利用可能であり、AWD 効果の評価や収量予測に応用できる可能性が示唆された。

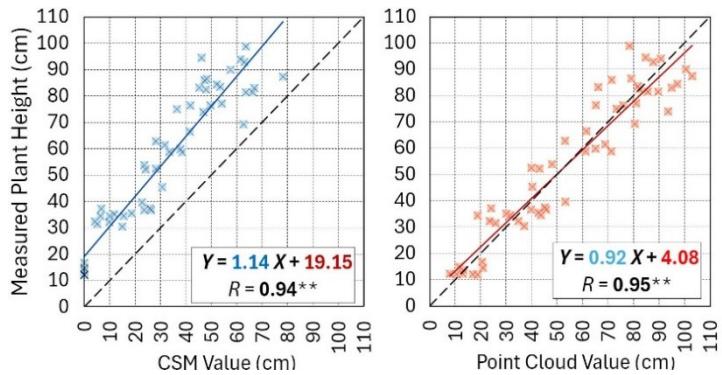


Fig. 2 全生育期間中全ての実測点における空撮データによる高さ抽出地と草高実測値の関係
Relationship Between Aerial Data-Derived Heights and Measured Plant Heights at All Measurement

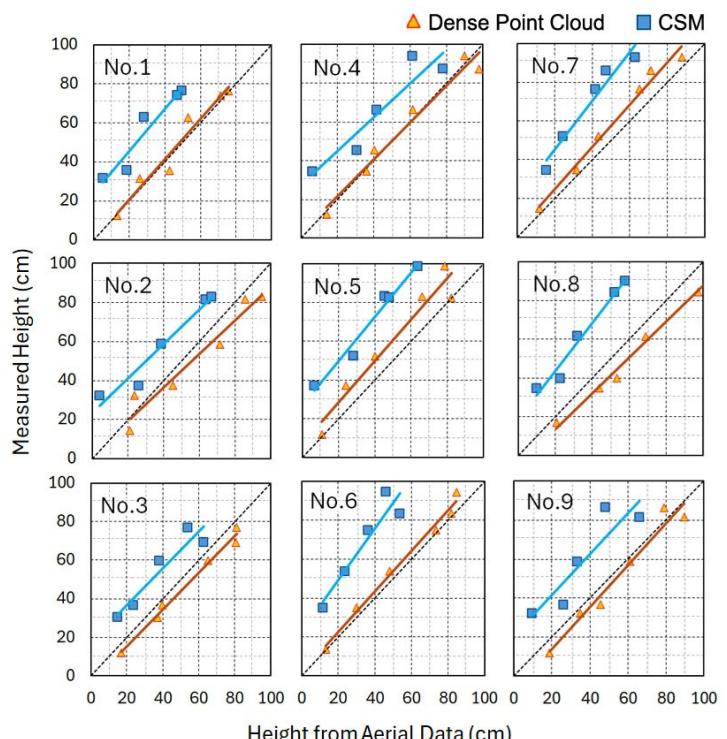


Fig. 3 各実測点における空撮データによる高さ抽出値と草高実測値の関係
Relationship between Height Extracted from Aerial Data and Measured Value at Each Observation Point