

小型 UAV 空撮画像による DSM データを用いた作物の草高推定  
—二種類の推定手法の比較—

Monitoring of Crop Plant Height Based on DSM Data by Small-Sized UAV

- Comparison of Two Kinds of Height Estimating Method -

○張 可<sup>\*</sup>・岡澤 宏<sup>\*\*</sup>・山崎由理<sup>\*\*</sup>・辻 修<sup>\*\*\*</sup>

Ke ZHANG, Hiromu OKAZAWA, Yuri YAMAZAKI, Osamu TSUJI

## 1. はじめに

農業地域において、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 空撮画像から作成した DSM (Digital Surface Model) を用いた作物高の推定は、対象圃場における調査時の DSM (作物高を推定する日の撮影データ) から同圃場における裸地状態の DSM を差分する方法が検証・実用されてきた (Bendig et al., 2013; Volpato et al., 2021)。しかし、実際の営農や調査では裸地状態の DSM データを取得できない場合が少なくない。UAV 空撮データの利便性を向上させるためには、一回のみの空撮データを用いて高精度に草高を推定する手法を検討する必要がある。そこで本研究では、複数品目の作物が栽培されている実験圃場を対象に、従来の差分による草高の推定方法と裸地状態の DSM を使用しない推定方法との測定精度を比較検証した。

## 2. 調査方法および解析方法

小型 UAV の空撮対象地は北海道帯広市に位置する帯広畜産大学の実験圃場 (約 3 ha) であり、高低差が 2.5 m 以下の平坦地において多品目の実験作物が栽培されている。

この実験圃場において、2019 年および 2020 年に小型 UAV による空撮を行った。2019 年の調査では、5 月 31 日に裸地状態の DSM を取得するために一回目の空撮を行い、同年 9 月 3 日に作物が生育した状態で二回目の空撮を行った。使用機種は Phantom 4 Pro (DJI) であり、対象圃場内に 7 カ所の GCP (Ground Control Point) を設定した。2020 年は、5 月 15 日に裸地状態の一回目の空撮、9 月 2 日に二回目の空撮を行った。2020 年の一回目の空撮には Phantom 4 Pro (DJI)、二回目の空撮では Anafi (Parrot) を使用し、9 カ所の GCP を設定した。なお、空撮条件は 2019 年および 2020 年の計 4 回の撮影において高度 50m、オーバーラップおよびサイドラップ率を 80% で同じ設定とした。また、二回目の空撮日に 2019 年は 18 点、2020 年は 30 点で作物高を実測した。

つぎに、空撮画像を Pix4D Mapper (Pix4D) により処理し、GCP で位置補正したオルソ画像と DSM を構築した。この DSM データを用い、2 種類の方法で草高推定を行った。現在一般的に用いられている、作物が生育している状態の DSM (空撮二回目) と裸地状態の DSM (空撮一回目) を差分した DSM から草高を抽出する方法を Method A とした。また、作物が生育している状態の DSM (空撮二回目) のみを用い、作物と作物の周辺の地面との標高値を差分した値を草高とする方法を Method B とした。なお、2019 年および 2020 年の 2 回目の空撮画像には複数品目の作物が含まれているが、2019 年はエゴマ、リードカナリーグラスおよびエンバクの 3 種類、2020 年はエゴマ、ダイズおよびソルガムの 3 種類をそれぞれ解析対象とした。

---

<sup>\*</sup>東京農業大学大学院農業研究科 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, <sup>\*\*</sup>東京農業大学地域環境科学部 Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, <sup>\*\*\*</sup>(株)ズコーシャ Co., Ltd. Zukosha キーワード: UAV, DSM, 作物高

### 3. 結果および考察

Fig.1 に、2019 年および 2020 年における Method A と Method B の推定草高と実測草高の関係を示す。まず、2020 年の Method A は RMSE が 19 cm、Method B は RMSE が 14 cm であり、2 種類の草高推定方法は同程度の精度であった (Fig.1 (c)および(d))。推定式の傾きは Method A では 1.07、Method B では 1.09 であり、切片は Method A では -13、Method B では -9 と類似した傾向を示した。これより、一回の空撮で取得した DSM のみを使用する方法は、DSM (裸地) を差分する従来の方法と同程度の推定精度を得られることがわかった。

つぎに、2019 年と 2020 年の Method B を比較すると、作物の種類や撮影年が異なっても推定式は類似していた (Fig.1 (b)および(d))。ただし、RMSE は 2020 年の方が大きかった。これは、2020 年の解析対象作物であるソルガムの計測誤差によるものと考えられる。ソルガムは 2 回目の空撮時に 2 m 以上の草高になっていたため、作物高の実測や GIS 解析時の草高実測箇所の特定が他の作物よりも困難であった。

Fig.1 の 4 つの解析結果のうち、2019 年の Method A による推定草高は RMSE が 14 cm となり、Method B の RMSE が 5 cm であったのに対して精度が低かった (Fig.1 (a))。また、推定式の傾きが 0.77、切片が 27 であることから、推定値と実測値の比例関係が弱いことを示した。これは、裸地状態の DSM を取得するための一回目の調査日において、解析対象としたエンバクがすでに発芽していたことが Method A の差分 DSM の誤差の原因となったと考えられる。

このように、裸地状態の DSM を差分する Method A の草高推定方法では、発芽直後の被覆や、トラクターのタイヤ跡などのわずかな地表面の凹凸を反映することで、草高推定の精度を低下させる原因となり得ることがわかった。

### 4. まとめ

本研究の調査対象地のように平坦な圃場では、裸地状態の DSM 使用せずに一回の空撮で取得した DSM のみを使用して作物の草高を正確に推定することができた。2 期作以上の作付けを行う圃場では、裸地状態の DSM を取得できる期間が非常に限定されるなど困難な場合が多い。本研究の結果は、作物の植え付けが始まった後からでも、随時に草高を推定できる可能性を示唆している。今後は傾斜圃場など条件の異なる対象地における検証が必要である。

### 参考文献

Bendig, J., et al. "Very high resolution crop surface models (CSMs) from UAV-based stereo images for rice growth monitoring in Northeast China." *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* 40 (2013): 45-50. Volpato, Leonardo, et al. "High throughput field phenotyping for plant height using UAV-based RGB imagery in wheat breeding lines: feasibility and validation." *Frontiers in plant science* 12 (2021): 185.

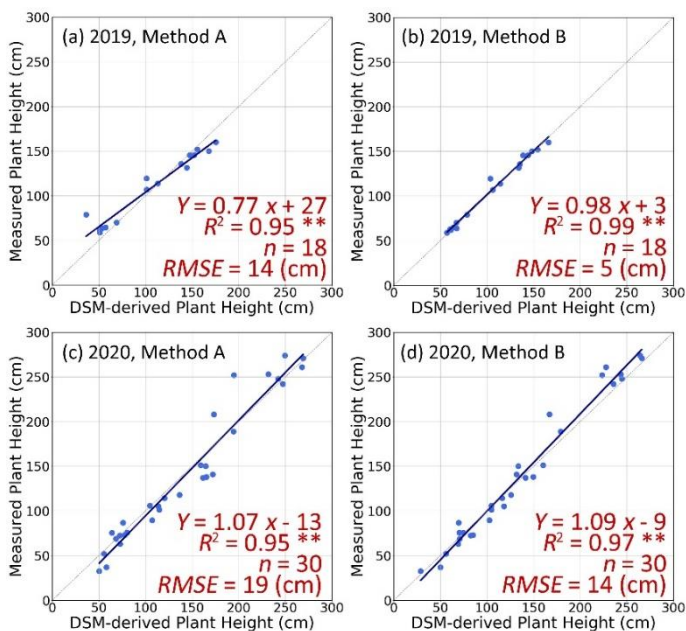


Fig.1 DSM による推定草高と実測草高の関係  
Relationship between DSM-derived and Measured Plant Height