

圃場モニタリングを目的とした UAV 空撮画像による 樹木の三次元復元に関する基礎検討

Three-Dimensional Reconstruction of Tree for Agricultural Field Monitoring using the UAV Airborne Imagery

高橋 慧 藤野 慎也 佐藤 俊太郎 石井 雅樹
Kei Takahashi Shinya Fujino Shuntaro Sato Masaki Ishii
秋田県立大学
Akita Prefectural University

Abstract: The objective is to construct a solid model of the agricultural field. We examined the usefulness of airborne imagery utilized UAV and three-dimensional reconstruction. We reconstruction the trees by Structure from Motion from the images taken by UAV. It was shown the possibility that three-dimensional reconstruction by UAV is useful in agricultural field monitoring.

1. はじめに

近年、日本の農業は担い手の減少や高齢化により、労働力の確保が課題となっている。また、経験の必要な作業の多いことが新規参入の妨げになっている。さらに、新規就農者への技術の継承も課題の一つである。これらの課題を解決するために、ロボット技術や ICT を活用したスマート農業の実現に向けた取り組みが行われている。スマート農業の将来像の一つに「誰もが取り組みやすい農業の実現」がある。これは、ノウハウをデータ化することで技術習得を容易にするというものであり、これにより、経験が少ない人でも参入しやすくなるため、労働力の確保につながることを期待される。また、データとして蓄積することで将来的にその情報を有効活用した高品質生産が可能になる[1]。上記を実現するための一手法として農地のモニタリングによるデータの取得・蓄積が挙げられる。従来、水田や圃場のモニタリングには有人航空機や衛星の空中写真が用いられてきたが、個体を判別できるほどの解像度は得られなかった。そこで注目されているのが UAV による空中写真を用いたモニタリングである。本研究では圃場の立体モデルの構築を目指し、画像センシングによる樹木の 3 次元復元手法について検討を行う。



図 1 実物モデル



図 2 3次元復元結果

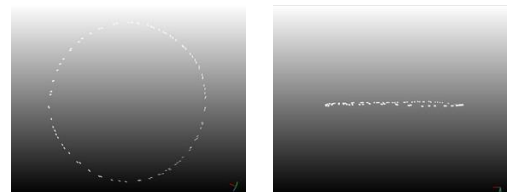


図 3 カメラ位置の推定結果

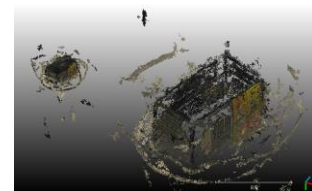


図 4 寸法の異なるモデル

2. 実験概要

2. 1 実験手法

本研究では、始めに人工物を対象とした復元実験を行い、カメラの視点移動と復元されたモデルのスケールについて検証した。次に、実環境で果樹、単一の樹木、広域環境の樹木を撮影し、3次元復元を行った。空撮には DJI Phantom2 と GoPro HERO3、および DJI Phantom4 を使用した。

2. 1 運動からの形状復元

本研究では、対象の 3次元復元を行う手法として SfM (Structure from Motion)[2] を採用した。SfM とは動画像からカメラ位置を推定し 3次元形状を復元する技術である。以下に SfM の処理手順を示す。

(1) 特徴点検出・特徴量記述: SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) により特徴点を検出し、特徴量

を記述する。

(2) 特徴点マッチング: 検出された特徴量の類似度が高い特徴点について、画像間で対応付けを行う。

(3) 3次元復元: エピポーラ幾何と三角測量を用いて特徴点の 3次元座標を算出する。

(4) バンドル調整: 再投影誤差を反復的に計算することで最小化し、3次元モデルのパラメータの推定精度を向上させる。

(5) 多視点ステレオによる密な形状復元: 法線付き

点群を復元する PMVS(Patch-based Multi-view Stereo)を用いて密な点群を生成する。

3. SfM の基礎実験

3. 1 視点移動の検証

図 1 に示すようにターンテーブル上に対象物を設置し、カメラを固定した状態で対象物を回転させ、360 度の全周から撮影を行った。回転する対象物から見ると、カメラが周囲を旋回しているように見えるため、カメラ位置は対象物を中心に円を描くはずである。図 2 に 3 次元復元結果を、図 3 にカメラ位置の推定結果を示す。図 3 より、カメラ位置は真円を描くように推定されており、垂直方向に大きくばらついている様子も認められないことから、正確なカメラ位置が推定できていると言える。

3. 2 スケールに関する検証

図 1 に示す対象物でスケールに関する検証を行った。同図の白色の 2 点間の実際の距離は 131[mm] である。これを撮影した同じ画像を用いて、複数回の復元を行った結果を図 4 に示す。図 1 に示した 2 点間距離は、図 4 の右側のモデルでは 11[mm]、同図左側のモデルでは 3[mm]となった。このことから、SfM は実寸と異なる大きさで復元され、また、復元のたびにスケールが異なることが分かる。

4. 樹木を対象とした 3 次元復元

4. 1 着果した果樹を対象とした復元

秋田県果樹試験場内のリンゴの木を対象とした復元実験を行った。木の周りを 2 周しながら人手によって撮影した画像を用いた。図 5 に対象とした木の元画像と復元された 3 次元点群を示す。果実の輪郭や位置が詳細に復元されている様子が分かる。

4. 2 空撮画像を用いた復元

秋田県立大学キャンパスに生育する樹木を対象として落葉前後で復元実験を行った。図 6 に対象とした一本の樹木(左図)と広域環境の樹木(右図)を示す。

図 7 は一本の樹木を対象とした復元結果を示しており、左図は落葉前、右図は落葉後の結果である。落葉後は全体の復元ができているのに対し、落葉前では木の中央部に欠損が認められる。この樹木は樹冠が落葉し始めており、枝が部分的に見えていた。しかし、欠損している中央部は葉が多く、類似度の高い特徴点が検出できず、対応がとれなかったため、点群として復元されなかったと考えられる。

図 8 に広域環境の樹木を対象とした復元結果を示している。左図は落葉前、右図は落葉後の結果である。落葉の前後で復元結果に大きな差は認められなかった。これは画像に複数の樹木が写るように対象から離れて撮影したため、双方とも細部まで復元されなかったことが原因と考えられる。しかし、個体同士の相対的な位置関係は読み取ることができる。

4. 結言

本研究では圃場モニタリングを目的とし、樹木を対象とした SfM による 3 次元復元を行った。果樹を



図 5 着果した果樹



図 6 空撮画像



図 7 一本の樹木を対象とした復元結果



図 8 広域環境の樹木を対象とした復元結果

対象とした復元では、果実の色や輪郭まで再現することができた。人手による撮影ではあったが、UAV は樹木に至近距離まで近づくことができるため、UAV の空撮画像を用いた場合も同等の結果が得られると考えられる。したがって、圃場モニタリングにおいて UAV による 3 次元復元が有用である可能性が示された。一方、単一の樹木では部分的な欠損が見られ、広域環境では細部まで復元が困難であった。SfM で復元されたモデルは実際の寸法とは異なっているため、現状では、実際に圃場モニタリングを行う場合、寸法が既知のマーカー等を設置し、マーカーを含むような撮影、復元を行う必要がある。なお、設置したマーカーに位置情報を与えることで、ランドコントロールポイントとしての役割を持ち、3 次元モデルを実世界の座標系に反映させることができるという利点もある。

参考文献

- [1] 農林水産省、「スマート農業の実現に向けた取組と今後の展開方向について」
- [2] VisualSfM: A Visual Structure from Motion System< <http://ccwu.me/vsfm/index.html>>

連絡先

秋田県立大学 システム科学技術学部
石井 雅樹
(Tel.: 0184-27-2220, E-mail: ishii@akita-pu.ac.jp)