

低コスト小型全周群カメラによる三次元モデル構築システムの研究

陳 可至†, 中島 毅†, 高地 伸夫‡

†: 芝浦工業大学大学院電気電子情報専攻

‡: 農研機構 農業情報研究センター

<キーワード> 三次元モデル, SfM, 形状計測

1. はじめに

近年, 植物に対する 3D 形状計測に関する研究に注目が集まっている[1]. 植物の形状計測は, 植物の生育状況の観測や品質判断における重要な手段である. 3D 測定は非破壊的であるため, 長期にわたるモニタリングが可能である. 従来の植物の 3D モデル構築方法として, 撮影の画像からカメラ位置を計算し, 特徴点を 3 次元復元する技術 Structure from Motion (SfM) があり, 実用的な精度で計測できることが報告されている[2][3].

SfM 技術を植物の形状計測に応用する場合, 従来撮影は主に市販カメラや計測専用のカメラを使う場合が多い[4][5]. この場合, SfM が必要とする複数の方向からの写真を撮るために, カメラを移動, あるいは計測対象を何回も移動して撮影することが求められるため作業時間とコストがかかる. また, 圃場など屋外の場合はカメラの設置がしにくい, 広い範囲での機材使用はコストが高い, 大量の計測が困難であるなどの問題がある.

この問題を解決するために, 本研究では, 低コスト小型カメラを用いて 3D モデルを作成できるシステムを提案する. 本システムは, カメラ取付枠, WiFi ルーター, および PC からなる. カメラ取付枠は, 対象に被せることで取り付けられた複数の小型カメラによる同時撮像が可能である. PC は WiFi により小型カメラから撮像データを収集し, SfM 技術を用いて自動的に 3D モデルを構築することができる. 本システムは設置や実行に特別な専門的知識を必要とせず, 屋外の対象物に対しても被せるだけで 3D モデルを簡単に作成することができる特長をもつ. 植物を対象に 3D モデルを作成する実験を行い, 1mm 以内の計測精度を達成できた.

2. 提案システム

2.1 システム構成

図 1 に示すように, 本システムはカメラ取付枠, ルーターと PC から構成される.

システムの利用の流れを以下に示す.

- ① 本装置を対象に被せる.
- ② PC から WiFi で指令を送り同時撮影を行う.
- ③ 撮影画像を自動で PC に転送する.
- ④ PC でキャリブレーション済の各カメラ画像を SfM 処理し三次元モデル構築を行う.

これらは, 対象物に本装置を被せて PC 上での撮影操作(ボタン押下)をするだけで自動的に行うことができる. ノートパソコン+WiFi ルーターで無線 LAN を構築すれば, 屋外での撮影も可能である.

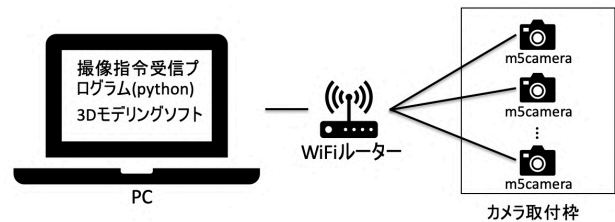


図 1 システム構成

カメラ取付枠は図 2 に示すように, M5stack 社の小型カメラ M5Camera (重量 5g, 寸法 48mm×24mm, 価格 2000 円程度) を 30 台使い, 各カメラは方向調整用のボールヘッドを介して, 辺長が 60cm の立方体の組み立て式の取付枠に装着した.

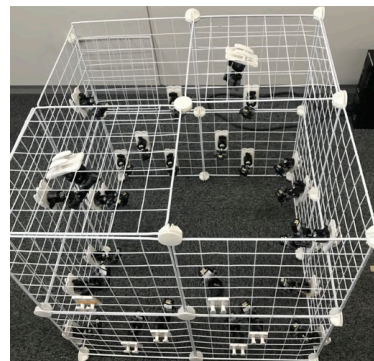


図 2 カメラ取付枠

本システムの計測対象は取付枠内の中央の撮影可能領域に置く必要があるが, 取付枠は対象のサイズに合わせて, サイズとカメラの台数と取り付

け位置を変更することで種々の対象に対する計測が可能である。また、30台のカメラの同時撮影間隔は最大0.2秒のため、ゆっくりと動く対象(昆虫や小動物等)ならば計測することが可能である。

2.2 キャリブレーション

M5Camera はデジタルカメラと比較してレンズ性能が低いため、撮影した画像を直接3Dモデリングすると、アラインメントによるカメラの位置計算が不能である(図3(1))。事前に各カメラのキャリブレーションを行うことでカメラの位置が計算可能となる(図3(2))。



(1) キャリブレーションなし (2) キャリブレーションあり
図3 計算したカメラ位置比較

3. 3Dモデル構築結果と精度検証

造花を対象に、装置を1回被せ、30枚写真を取り生成した3Dモデルを図4に示す。対象の形状が複雑であるため、特徴点不足やオクルージョンが生じモデルの一部に欠損が生じた。この問題に対処するため、装置を45度ずつ回転させて複数回撮影することにした。図5は、3回の撮影から得た90枚の写真を用いて生成した3Dモデルを示す。画像を増やすことで欠損の状況が改善することが確認できる。

対象物の8箇所の葉の長さについて測定した結果と実測値との誤差を表1に示す。誤差の標準偏差は0.13mmであった。



図4 30枚写真から生成した3Dモデル



図5 90枚写真から生成した3Dモデル

表1 8箇所の葉の長さの測定結果

測定値(mm)	37.4	56.9	55.6	40.7	71.6	59.3	68.1	45.9
実際値(mm)	37	57.2	56	41	71.4	59.8	68	45.5
誤差(mm)	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.5	0.1	0.4

4. まとめ

低コスト小型全周群カメラを用いて、被せるだけで自動的にモデルを構築できる全自動三次元モデル構築システムを提案した。

開発したプロトタイプ装置は対象物に対して3Dモデルを作成し、計測精度1mm以内を達成した。このことは、低価格な小型カメラでもカメラキャリブレーション(カメラ内部パラメータ算出)を行えば高精度計測が可能であることを示している。

本システムは、屋外でも設置が容易に可能であり、短時間で多数の対象の計測を行うことを目指しているため、実際に屋外で植物を対象にして実験を行い改良を進めていく予定である。

参考文献

- [1] PAULUS, Stefan. Measuring crops in 3D: using geometry for plant phenotyping. *Plant methods*, 2019, 15.1: 103.
- [2] MARTINEZ-GUANTER, Jorge, et al. Low-cost three-dimensional modeling of crop plants. *Sensors*, 2019, 19.13: 2883.
- [3] 三木啓輔, et al. アピランスに基づいた植物の3次元復元結果の補完. 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2016, 2016.29: 1-7.
- [4] KOCHI, Nobuo, et al. A 3D shape-measuring system for assessing strawberry fruits. *International Journal of Automation Technology*, 2018, 12.3: 395-404.
- [5] QI, Jianbo, et al. Estimating Leaf Angle Distribution From Smartphone Photographs. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2019, 16.8: 1190-1194.