

Spot を用いたゆず果樹葉数推定のための点群収集システム

森田智子[†] 栗原徹[‡] 浜田和俊[§]高知工科大学^{†‡} 高知大学[§]

1. はじめに

高知県においてゆずはとても重要な果樹である。令和元年において高知県の果樹産出額割合の29%をゆずが占めており、その額は30億円以上にものぼる [1]。しかし、近年の農業従事者の高齢化や減少、それによる栽培農家数、栽培面積の減少により、高知県のゆず生産者にとって生産効率の向上は重要な課題となっている。先行研究から柑橘栽培において生産効率向上のために葉数はとても重要な指標であることが分かっている [2]。しかし、手作業でゆず樹木の葉数の測定を行うことは現実的ではない。そこで、我々は歩行型 LiDAR を使用して取得した点群に対するゆず葉数推定を行い、一定の有効性を示すことができた [3, 4]。さらに、我々は点群取得から葉数推定の一連の流れを自動化することで、さらなる作業量の削減を目指す。本研究では、自動走行が可能な Boston Dynamics 社製の四足歩行ロボット「Spot」(以下 Spot)を用いた点群取得から保存を行うシステムを提案する。また、Spot を使用して取得した点群に対して、multi-scale ICP スキャンマッチング(以下 ICP)を使用した位置合わせ補正が有効であるかも検証した。

2. 提案手法

本システムは Spot と EAP2 オプション(Velodyne 社製 VLP-16)を使用し SDK [5]を参考に点群収集 plugin を作成しノート PC からこれ呼び出し保存した。Spot のサイズは長さ 110cm, 幅 50cm, 起立時最大高さ 84cm である。また、タブレットを使用した手動走行とマーカーを使用した自動走行が可能である。実験は図 1に示すように Spot の背中部分に EAP2 を固定して行った。この時 EAP2 は地上から約 70cm に位置する。EAP2 による点群の取得は 1 分間に約 23 回、1 回に約 30,000 点で行う。点群取得時の Spot の操作はタブレットを用いて手作業により行う。取得した点群はバイナリファイルで保存される。

Point cloud collection system for estimating the number of leaves of yuzu citrus trees using Spot

[†]Morita Tomoko (Kochi University of Technology)

[‡]Toru Kurihara (Kochi University of Technology)

[§]Hamada Kazutoshi (Kochi University)



図 1 Spot による点群取得の様子

3. 実験

EAP2 から得られる点群は Spot のプラグイン機能によってオドメトリによる位置合わせが行われている。しかし、Spot のオドメトリ補正のみで精密な位置合わせを行うことは難しい。そこで、点群の位置合わせの手法の一つである ICP を使用することで点群の精度を向上させることができると考え、実験と画像比較による検証を行った。

3.1. 実験手法

EAP2 で取得した点群について、補正なしの点群と ICP による補正ありの点群を足し合わせたものをそれぞれ出力し評価を行った。撮影は高知工科大学内の廊下(2023年12月6日撮影)とゆず園地(高知県北川村, 2023年12月14日撮影)の二か所で行った。

3.2. 大学内の廊下での撮影結果

撮影は Spot が廊下を図 2で示す軌道で行い、803,351 点(29 回)の点群を取得した。図 3は補正なしと補正ありの点群について「廊下的一部分」の点群を切り出し比較したものである。

3.3. ゆず園地での撮影結果

撮影は Spot がゆず園地を図 4で示すゆず樹木を対象として一周する軌道で行い、1,221,358 点(49 回)の点群を取得した。また、撮影時に Spot の動作を歩行→静止し水平時から左右に約 25 度傾ける→歩行→…と交互に操作を行うことで、

EAP2 の撮影時の傾斜角を大きくし樹木上部の点群の取得を試みた。EAP2 の仰角は 15 度であり Spot の操作と合わせて約 40 度の仰角を得ることができる。地上撮影で 4.7m の高さの点群を得るためには約 4.8m 離れた位置から撮影する必要があるが、農地の関係上今回は約 2.5m 離れた位置からの撮影となった。この場合得られる点群の高さは約 2.7m である。図 5は補正なしと補正ありの点群について「対象樹木」「対象樹木を支えている紐部分」「対象樹木の幹部分」の点群を切り出し比較したものである。

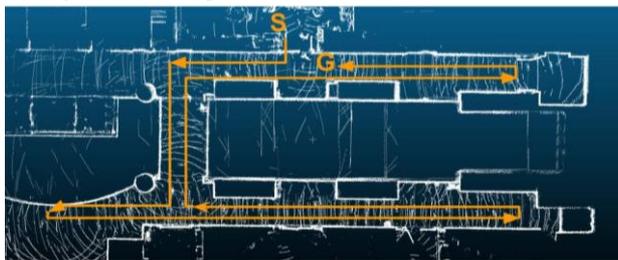


図 2 撮影軌道

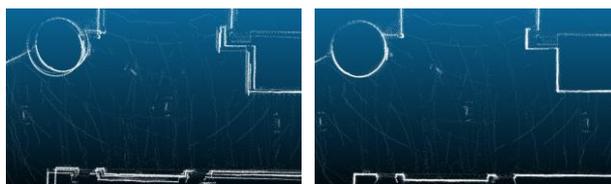


図 3 補正なし(左) ICP 補正あり(右)

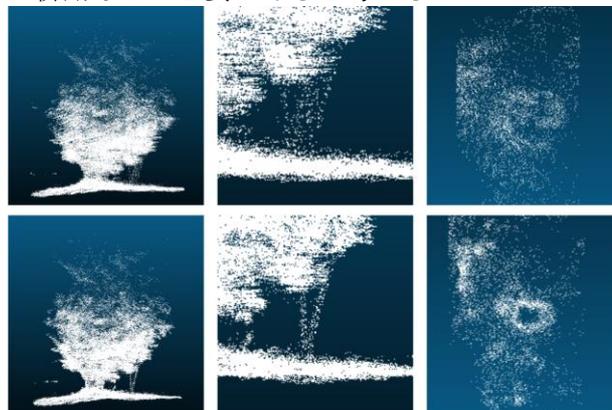


図 4 対象樹木(樹高約 4.7m)と撮影軌道

4. 評価・考察

図 3と図 5どちらも補正なしの点群が不鮮明であるのに対して、補正ありのデータでは各部分が鮮明になっており、特に幹部分の比較では幹の内部が空洞であり表面が推定できていることがわかる。このことから、Spot を使用して取得した点群に対して ICP は一定の結果を示すと考えられる。また、ゆず園地の撮影において Spot を傾けることで樹高上部の点群の取得を試みたが樹高が高くなるにつれ点群が疎になった。

Spot の操作のみでは EAP2 の傾斜角をこれ以上大きくすることが難しいため、樹木上部の点群の取得には高所からの撮影や視野角の広い LiDAR の併用などが必要であると考えられる。



対象樹木 紐部分 幹部分
図 5 補正なし(上) ICP 補正あり(下)

5. まとめ

本研究では、Spot を用いた点群取得から保存を行うシステムの提案と取得点群に対して ICP による位置合わせ補正の検証を行った。結果 Spot の手動走行で取得した点群に対して ICP を使用し位置を合わせた点群を出力するシステムを構築することができた。今後はシステムのさらなる改善として Spot の自動走行で取得した点群や今回取得できなかった樹木の頂点部分の点群の取得を含めたシステムを構築し、ゆず果樹葉数推定の自動化をさらに進めていきたい。

謝辞

本研究は、内閣府地方大学・地域産業創生交付金「IoP(InternetofPlants)が導く、「Society5.0 型農業」への進化」及び「IoP(InternetofPlants)が導く、「Society5.0 型農業」への進化」の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 高知県, “高知県果樹農業振興計画書,” pp. 1, 2022.
- [2] 清水ら, “温州ミカンの着果負担に関する研究(第 3 報),” 園芸学会雑誌 43(4), pp. 423-429, 1975.
- [3] 末廣ら, “3DLiDAR による点群データからの葉数推定に関する基礎的検討,” 第 38 回センシングフォーラム, 1P1-26, p. 27, 2021.
- [4] 末廣ら, “歩行型 LiDAR データを用いた主成分帰帰(PCR)による葉数推定法の検討,” DIA2022, IS4-7, 2022.
- [5] Boston Dynamics, “Spot SDK - Spot 3.3.2 documentation,” [オンライン]. Available: <https://dev.bostondynamics.com/>. [アクセス日: 12 1 2024].