

四足歩行ロボットを用いた点群収集システムの構築

1240373 森田 智子

【画像情報工学研究室】

1 はじめに

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 [1]。我々は歩行型 LiDAR を使用したゆず葉数推定を行い、一定の有効性を示すことができた [2]。本研究では、点群取得から葉数推定までを自動化することを目指し、自律走行が可能な Boston Dynamics 社製の四足歩行ロボット Spot を用いた点群取得から保存を行うシステムを構築した。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 [3] を参考に点群収集 plugin を作成しノート PC からこれと呼び出し保存した。Spot はタブレットを使用した手動走行と 2 次元マーカを使用した自律走行が可能である。実験は Spot の背中部分に EAP2 を固定して自律走行を使用して行う。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。取得した点群はバイナリファイルで保存される。

3 実験手法

EAP2 から得られる点群は Spot の plugin 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点群の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、実験と点群画像比較による検証を行った。さらに、歩行型 LiDAR (LiBackpack C50) で取得した点群画像との比較を行い Spot の有効性について検証した。以上の点群画像を図 1 に示す。また、取得した点群から 2 次元マーカの平面部分の点群を切り取り主成分分析を行い、平面と直交する第 3 主成分の標準偏差から点群取得時の誤差を評価した。撮影は高知県北川村のゆず園地で行った。(Spot: 2023 年 12 月 14 日撮影, 歩行型 LiDAR: 2023 年 8 月 14 日撮影)

4 結果および考察

図 1 より (a) 補正なし点群画像は対象樹木について園地の往復によって地面の高さが大きくずれている。また、幹部分を水平に切り取った場合は樹木の幹部分が判別できない。(b) 補正あり点群画像は対象樹木について樹木下部の点群が取得できている。また、幹部分を水平に切り取った場合は樹木の幹部分が判別できる。(c) 歩行型 LiDAR 点群画像は対象樹木について全体的な樹木の点群が取得できている。また、幹部分を水平に切り取った場合は樹木の幹部分が判別できない。(a) と (b)

の比較から Spot を使用して取得した点群に対して ICP は有効であると考えられる。(b) と (c) の比較から Spot では歩行型 LiDAR ではできていない幹部分の判別ができることがわかる。これは点群を取得する際の高さが歩行型 LiDAR の方が高いことが原因であると考えられる。また、主成分分析による誤差評価の結果、点群取得時に平均して標準偏差 $9.271 \times 10^{-3} \text{m}$ の誤差が見られた。

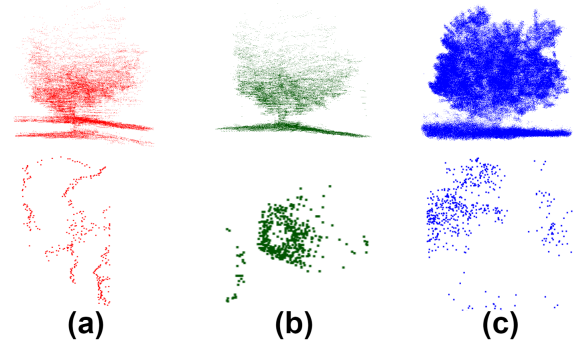


図 1 対象樹木の全体画像 (上), 対象樹木の幹部分を水平に切り取った画像 (下), (a) 左: 補正なしで足し合わせた点群画像, (b) 中: ICP による補正ありで足し合わせた点群画像, (c) 右: 歩行型 LiDAR で取得した点群について SLAM で補正した後に出力した画像

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、歩行型 LiDAR との比較、点群取得時の誤差評価を行った。その結果 Spot の自律走行で取得した点群に対して ICP を使用し位置合わせをした点群を出力するシステムを構築することができた。また、歩行型 LiDAR との比較により Spot で樹木上部の点群の取得を行うには高所からの撮影や視野角の広い LiDAR の併用が必要であると考えられる。しかし、歩行型 LiDAR では幹部分は判別できず、このことから現在手作業で行っている樹木の切り分けを Spot の取得点群では幹部分の検出を使用しておこなえるのではないかと考える。今後はシステムのさらなる改善として樹木の頂点部分の点群の取得や葉数推定まで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。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 末廣ら, “歩行型 LiDAR データを用いた主成分回帰 (PCR) による葉数推定法の検討,” DIA2022, IS4-7, 2022.
- [3] Boston Dynamics, “Spot SDK — Spot3.3.2 documentation,” [オンライン]. Available: <https://dev.bostondynamics.com/>. [アクセス日: 2024-2-1].