

# 環境モニタリングロボットにおけるSLAMにより生成した環境マップを用いた森林環境の変化検出手法に関する検討

小島 康士朗<sup>†</sup> 佐島 遼<sup>††</sup> 大和 淳司<sup>†††</sup> 大谷 淳<sup>†</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学 創造理工学部

<sup>††</sup>早稲田大学 先進理工学研究科

<sup>†††</sup>工学院大学 情報学部

## 1. はじめに

近年、森林の管理者不足が問題となっている。この問題を解決するため、ロボットによりモニタリング作業を自動化する研究が行われている[1]。ここで、管理された環境が維持されていることを確認するために、定期的モニタリング間に発生した環境変化を発見する必要がある。本研究では、森林環境に生じた変化をロボットによる森林モニタリングで検出する方法について検討する。

## 2. 提案手法

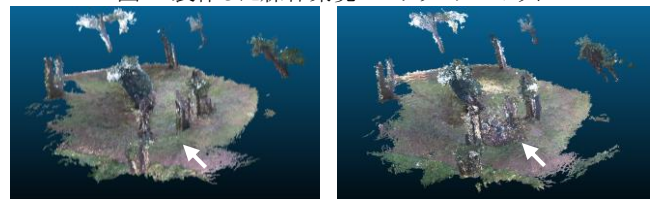
図1に使用したロボットを示す。ロボット上のRGBDカメラおよびIMUから、SLAMによる環境の三次元点群マップを生成する。環境変化は、生成したマップの差分により検出する。本研究では、Open3D [2] のRANSACとICPによる位置合わせののち、C2C距離計算(Cloud to Cloud Distance)によりマップの差分を取得する。C2C距離計算は2つの点群上の最近傍点間の距離を計算する手法である。ここでは、高さ方向の距離が一定以上離れた点を差分とし、マップ間の差分となるマップを生成する。ここで、差分の取得のみでは誤検出が多いという問題があった。そこで、見落としを増加させることなく誤検出を取り除くことを目的とし、投票システムを導入する。変化前後それぞれの環境にてN回のモニタリングによりN個のマップを取得し、 $N \times N$ 個の差分マップを作成し、同じ位置に変化が生じた点に投票を行う。ここで、点群の各点において、変化前後の代表マップと $N \times N$ 個の差分マップとのC2C距離を計算し、距離が小さいほど代表マップ上の得票パラメータの値を増加させる。

## 3. 実験および結果

実験では、実験環境、変化物を変えた実験を4回行った。それぞれの実験では、森林環境に変化物を設置し、変化前後の環境をロボットに $N = 3$ 回ずつ周回させることで、変化前後の点群マップをそれぞれ3個ずつ生成した。図2(a)に変化前、図2(b)に変化後のマップの例を示す。ここで、変化物の位置を矢印で示す。得票パラメータの評価には、得票パラメータをヒートマップ化して表示したマップに加え、点群マップ上の点の数から適合率(Precision)と再現率(Recall)を計算して作成したPR曲線を用いた。図3に結果の例を示す。図3のPR曲線は4回の実験の平均値であり、差分取得のみの結果の平均値のプロットも示す。



図1. 製作した森林環境モニタリングロボット



(a) 変化前のマップ

(b) 変化後のマップ

図2. 変化前後の生成マップの例と変化物設置地点

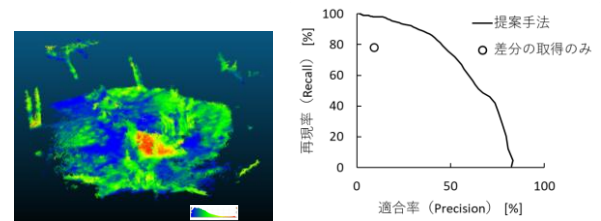


図3. 生成したヒートマップの例とPR曲線

得票パラメータの導入により、再現率が差分取得のみの手法を超えるように閾値設定すると、再現率が80.6%、適合率は43.7%となった。差分取得のみを用いた手法の適合率9.4%と比較して、34.3%適合率が向上する結果となった。また、得票パラメータを調整することにより、検出性能の調整を行うことが可能となった。

## 4. 今後の課題

現状の提案手法では、得票パラメータを固定値としているため、異なる大きさの物体の変化に適應できないという問題がある。大きさの異なる物体の変化検出を可能にしていくため、得票パラメータの閾値決定の手法を検討する予定である。

## 参考文献

- [1] 金子他, "環境モニタリングロボットを用いた夜間森林環境モニタリングにおけるSegNetを用いた環境認識と3次元マップ生成に関する研究," 信学技報, vol. 120, no.390, IE2020-69, pp. 91-96, Mar. 2021.
- [2] Qian-Yi Zhou, Jaesik Park, and Vladlen Koltun. "Open3D: A modern library for 3D data processing," Jan. 2018. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1801.09847>