

便器清掃の自動化に向けた三次元点群レジストレーションの改良

情報科学科 山口 農乃

指導教員：鈴木 拓央

1 はじめに

トイレ清掃は衛生管理の観点から重要な家事であるが、同時に人間の身体に負担を強いるものでもある。負担軽減の方策としてロボットによる清掃の自動化がこれまで様々に研究されてきた。例えば薩見らは床面を主な対象とした小型清掃ロボットを研究開発した [1]。ただこの研究では便器は清掃対象に含まれていなかった。また我々の先行研究では便器清掃のための要素技術開発としてロボットの深度センサから得られた深度情報から三次元点群を作成してレジストレーション (位置合わせ) を行い便器の位置姿勢を推定している [2]。この手法ではトイレ環境全体の点群の重心位置を便器モデルの点群の初期位置に設定しマッチングさせるため、安定して精度良く推定するには便器がトイレ環境の点群データの重心位置近辺に存在する必要がある。そこで本研究ではトイレ環境の点群を物体ごとに分割し、それぞれマッチングを行うことで便器の位置に依存しない推定を目指す。

2 提案手法

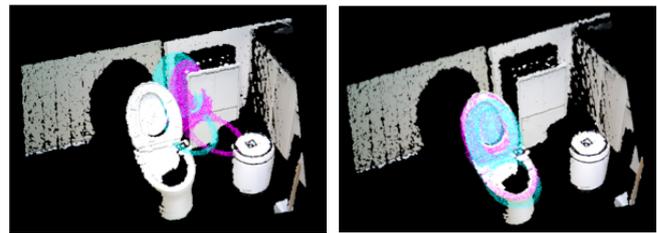
便器の位置姿勢の推定はトイレ環境の点群データから床平面上に存在する物体にあたる部分を取り出し、個々の物体ごとの点群に分割後それぞれの点群について便器モデルとマッチングすることで行う。本研究において便器の姿勢は便器の高さ方向を Z 軸、前部から後部に向かう方向を X 軸とした右手系の座標系で決定されるものとする。ロボットは便器清掃ができるよう自律移動可能でマニピュレータを搭載したトヨタ自動車株式会社の HSR (Human Support Robot) を選択する。ロボットの操作用に ROS を、点群処理用に PCL (Point Cloud Library) を用いてプログラムを実装する。床平面上の物体にあたる部分の取り出しと初期位置合わせのためにロボットには事前に床平面上に座標系 Σ_A を与えておくものとする。便器の高さ方向は床平面に対し垂直であるという想定の下、 Σ_A の姿勢には想定される便器の姿勢と同じ値を設定する。推定の手順を以下に示す。

1. トイレ環境の点群を取得し、 Σ_A を基準として Z 軸方向 (高さ) の座標値が h_0 より大きく h_1 未満となる部分を取り出す。
2. 1 で得られた点群に対してクラスタリングを行う。各点から距離 d 以内に存在する点を同一物体に含まれるものとして判断し、個々のクラスタに分割する。
3. 便器モデルをソース点群として、ソース点群の姿勢を Σ_A の姿勢と一致するよう回転移動させる。
4. 各クラスタをそれぞれターゲット点群として、ソース点群の重心がターゲット点群の重心と一致するように並進移動させた後 ICP アルゴリズム [3] を用いてレジストレーションを行う。1 回目の試行後ソース点群-ターゲット点群間でマッチングされた 2 点間のユークリッド距離に関する二乗誤差の総和が閾値 t_e を超えた場合ターゲット点群を便器候補から外しそれ以上計算しない。 t_e の値は事前実験によって決定する。
5. 二乗誤差の総和が最小となる変換をソース点群に適用した

場合の位置姿勢を推定結果とする。

3 実験

トイレ環境全体の点群を対象とする手法と分割した個々のクラスタを対象とする方法の比較を行う。実験環境には便器の他に物体を設置し、トイレ環境の点群の重心が便器の点群の重心と一致しないようにする。 h_0 を 3.0×10^{-1} [m]、 h_1 を 1.3 [m]、 d を 3×10^{-2} [m] とした。事前に閾値を設定せずレジストレーションを 10 回実施したところ、便器の点群とのマッチングにおいて 1 回目の試行後の二乗誤差の総和の最大値が 5.67×10^{-4} [m²] であった。二乗誤差の総和の閾値がこの値を下回らないよう t_e を 1×10^{-2} とした。



(a) 分割なしの手法

(b) 提案手法

図1 便器の位置姿勢の推定結果

便器の位置姿勢を各方法で 20 回ずつ推定した結果、ソース点群-ターゲット点群間の距離に関する二乗誤差の平均は分割を行わない場合 4.62×10^{-3} [m²]、分割を行う場合 3.31×10^{-4} [m²] となった。各手法で推定された便器の位置姿勢をトイレ環境の点群に当てはめた結果の一例を図 1 に示す。シアン色の点群はソース点群の初期位置を、マゼンタ色の点群は便器の位置姿勢の推定結果を表す。分割を行わない場合は局所解に陥り便器以外の物体にマッチングされていたが、点群を分割すると改善され推定の精度が向上した。

4 おわりに

本研究では点群を分割することで、便器がトイレ環境の点群データの重心位置近辺に存在しない場合でも位置姿勢を精度良く推定できるよう改良した。今後は推定を基に自動清掃を行わせるシステムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 薩見雄一, 青山元, 石川和良, 関淳也, 足立佳儀, 石村左緒里, 高橋朝美, 横田和隆. トイレ用小型清掃ロボットの開発. 日本ロボット学会誌. 2011, Vol. 29, No. 7, p.573-583.
- [2] 上村祥之, 鈴木拓央, 小林邦和. 生活支援ロボットによるトイレ清掃を目標とした点群処理. 2018.
- [3] P.J. Besl, N.D. McKay. A Method for Registration of 3-D Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1992, Vol. 14, No. 2, p. 239-256.