

# 距離画像センサを用いた3次元環境地図の構築に関する基礎検討

藤枝 舜<sup>†</sup>, 石井 雅樹<sup>†</sup>

秋田県立大学<sup>†</sup>

## 1. 緒言

近年、ロボットの利用される環境は人間の生活空間へと拡大しつつある。環境中をロボットが移動するためには、障害物の位置情報等の幾何学的特徴により構成される環境地図が必要である。しかし、上述のような多様な環境では、事前に環境地図を構築することが困難であることから、ロボットによる自律的な環境地図構築手法が求められている。

従来研究では、LRF(Laser Range Finder)を用いた2次元の環境地図構築が一般的であった。しかし、実環境においては椅子や机等、2次元環境地図では表現できない多くの障害物が存在する。そのため、周囲の状況を詳しく把握するためには、3次元環境地図の構築が必要であると考える。

本論文では、距離画像センサを用いた自律的な3次元環境地図構築手法の開発を目的とし、画像情報と3次元形状情報を用いた2種類の環境地図構築手法について検討を行った。

## 2. 距離画像センサ

距離画像センサとは赤外線パターンを照射し、その歪みによる3次元形状の取得とカメラによる画像の取得を同時に行うことができるセンサである。本研究では距離画像センサとしてASUS社製のXtion PRO LIVEを使用した。図1及び表1に距離画像センサの外観及び仕様を示す。



図1 Xtion PRO LIVE 外観

表1 Xtion PRO LIVE仕様

ビデオカメラ	VGA(640×480)
距離画像	VGA(640×480)
フレームレート	30[FPS]
検出距離	精度範囲 0.8~3.5[m] 測定範囲 0.5~10.0[m]
視野角	垂直 45[deg], 水平 58[deg]
対角	±35[deg]

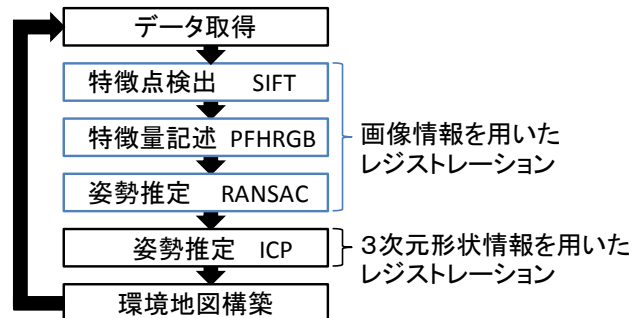


図2 レジストレーション処理手順

## 3. レジストレーションの概要

レジストレーション(位置合わせ)とは、2つの点群において一致する領域を重ね合わせる処理である。本研究で行ったレジストレーションの処理手順を図2に示す。

### 3.1 画像情報を用いたレジストレーション

#### 3.1.1 SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)

SIFT[1]は画像処理で用いられる手法であり、特徴点(キーポイント)検出と特徴量記述を行うことができる。本研究では、スケール変化に頑健な特徴点を検出することに着目し、特徴点検出手法としてSIFTを用いた。処理の流れを以下に示す。

- ① DoG(Difference-of-Gaussian)処理による極値探索
- ② 特徴点の座標及びスケール決定
- ③ 特徴点に向かない点の除去

上述の処理は2次元の画像として行われるが、検出した特徴点には距離情報が付加され、3次元座標系で表される。

#### 3.1.2 PFH/RGB (Point Feature Histograms RGB)

PFH/RGBは、3次元点群の表現方法として一般的な法線を用いた特徴量記述手法である。本研究では回転や平行移動に不変で、ノイズや点密度の変化にも頑健な特徴量であることに着目し、特徴量記述手法としてPFH/RGBを用いた。処理の流れを以下に示す。

- ① 特徴点付近の点を相互接続する。
- ② 2組で法線角度の差、ユークリッド距離、色情報を算出する。
- ③ ②の処理を接続されたすべての組で実行する。

#### 3.1.3 RANSAC (Random Sample Consensus)

RANSACは対応点の探索(図3参照)、誤対応点の除去、姿勢推定を行うことができる手法である。本研究では外れ値に対して頑健な手法であることに着目し、姿勢推定手法としてRANSACを用いた。処理の流れを以下に示す。

- ① 特徴点群からランダムにサンプルを抽出する。
  - ② 変換行列を算出する。
  - ③ 対応点の差分がしきい値以下の場合に投票する。
- 上述の処理を繰り返すことで、環境地図を構築する。

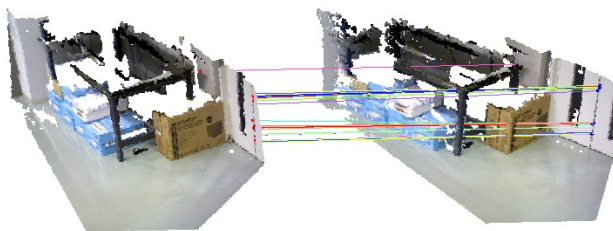


図3 画像情報を用いた対応点の探索

### 3.2 3次元形状情報を用いたレジストレーション

ICP(Iterative Closest Point)スキャンマッチング[2]は、2つの点群において片方の点群を回転及び平行移動させ、対応点間の距離の2乗和が最小となる点同士を対応付ける手法である。本研究では対応点が近くに存在する場合に高精度なレジストレーションが可能であることに着目し、3次元形状情報を用いたレジストレーション手法としてICPスキャンマッチングを用いた。処理の流れを以下に示す。

- ① 初期姿勢の設定
- ② 対応点の探索
- ③ 移動量の推定
- ④ 繰り返し判定

ここで、初期姿勢には画像情報を用いたレジストレーション(以下、SIFT+PFHRGB手法)で推定した姿勢を用いた。上述の処理を繰り返すことで、環境地図を構築する。

## 4. 比較実験および考察

実験は秋田県立大学ロボット工学研究室で行った。距離画像センサをiRobot社製のRoombaに搭載し、移動速度を約0.3[m/s]、フレームレートを1.4[FPS]としてデータの取得を行った。図4に実験環境の簡略図を示す。なお、同図中の矢印はデータ取得経路を示している。

SIFT+PFHRGB手法とICPスキャンマッチングを用いて環境地図を構築し、精度について比較検討を行った。SIFT+PFHRGB手法で構築した結果を図5に示す。同図の環境地図は所々でマッチングに歪みが生じており、地図全体が歪んでいることが分かる。一方、図6に示すICPスキャンマッチングで構築した環境地図では、SIFT+PFHRGB手法により生じた歪みが完全に修正されており、地図全体に目立った歪みは確認されなかった。

SIFT+PFHRGB手法で構築した地図が歪んだ原因について考察する。図5において、正確にレジストレーションが行われた地点で検出された特徴点の数は、1500個以上であった。しかし、大きく歪みが生じた地点では検出された特徴点の数が500個以下であった。これは、センサと視覚的特徴の少ない壁までの距離が近かったためである。そのため、十分信頼できる特徴点が検出できず、正確な対応点の探索が行われなかったことが原因と考えられる。

なお、本実験ではICPスキャンマッチングを行うことにより地図に生じた歪みを修正できたが、センサ取り付け位置の検討及びセンサを複数台使用し、常に信頼度の高い多くの特徴点を得るための検討が必要であると考えられる。



図4 ロボット工学研究室簡略図

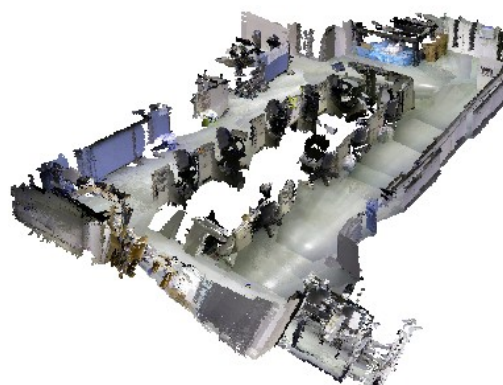


図5 SIFT+PFHRGB手法により構築した環境地図

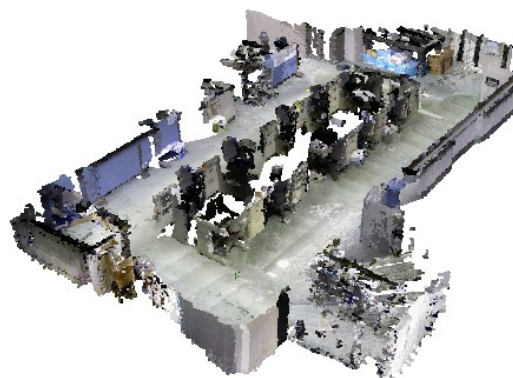


図6 ICPスキャンマッチングにより構築した環境地図

## 5. 結言

本研究では、SIFT+PFHRGB手法とICPスキャンマッチングの2種類のレジストレーション手法により構築された環境地図について、精度を対象とした比較実験を行った。その結果、ICPスキャンマッチングを用いた手法が正確な環境地図を構築した。また、SIFT+PFHRGB手法では、特徴点が少ない場合にレジストレーションが不安定になることが確認された。

今後は、幾何学的特徴の少ない環境下で環境地図構築実験を行い、本手法の有用性を検証する予定である。

## 参考文献

- [1] 藤吉 弘亘: "Gradient ベースの特徴抽出: SIFT と HOG", 情報処理学会 研究報告, pp.211-224, (2007)
- [2] Paul J. Besl, and Neil D. McKay: "A Method for Registration of 3-D Shapes," IEEE Trans. on PAMI, Vol.14 No.2 pp.239-256, (1992)