

YOLO を用いた人除去処理による ICP-SLAM の性能向上

Performance Improvement of ICP-SLAM by Human Removal Process Using YOLO

○学 秋庭 啓吾 (中央大学) 学 鈴木 龍紀 (中央大学)
正 池 勇勲 (北陸先端大学) 正 梅田 和昇 (中央大学)

Keigo AKIBA, Chuo University, akiba@sensor.mech.chuo-u.ac.jp
Ryuki SUZUKI, Chuo University, r.suzuki@sensor.mech.chuo-u.ac.jp
Yonghoon JI, JAIST, ji-y@jaist.ac.jp
Kazunori UMEDA, Chuo University, umeda@mech.chuo-u.ac.jp

In this paper, we propose a novel ICP-SLAM approach that can build robust map information even in indoor environments with people. In general, when a mobile robot constructs a map in an environment where there are people nearby, it is difficult to construct a map with high accuracy due to occlusion caused by people. Therefore, YOLO is utilized to detect people in image data and human removal process is applied to improve the accuracy of map information.

Key Words: ICP-SLAM, YOLO, Human Removal Process

1. 序論

現在、工場や空港など人がいる屋内環境において、運搬や案内等の目的で自律移動ロボットの導入が進んでいる。近年では、労働人口の減少による人手不足やロボットによる自動化が顕著で、これらの重要性は今後も高まっていくと予想される。また、ロボットが効率よく自律移動するためには、事前に地図を作成しておく必要がある。特に、自律移動ロボットによるナビゲーション[1]では、地図を事前情報として用いる。そのため、これらのロボットの運用では地図の事前作成が必要不可欠であり、その手法としてしばしば SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) が用いられる。しかし、人が存在する動的環境における SLAM では、センサ情報にオクルージョンが生じ、高精度な地図構築が難しくなる。藤井らは、測域センサを用いて、スキャンデータの蓄積と遠方点抽出処理により、人混みにおいても人がいない時と同等の壁形状を取得した[2]。しかし、この手法では、壁と障害物の位置関係を利用し、壁より手前の点群を除去することで障害物に対処しているため、地図構築時に壁より手前の環境形状が除去される可能性があり、正確な地図構築ができない問題がある。

そこで本研究では、YOLO[3]による物体検出を利用した人除去処理を SLAM に応用し、人がいる屋内環境でのロバストな地図構築システムを提案する。

2. 提案手法

2.1 概要

提案手法全体の概要を図1に示す。本手法では、ロボットに搭載した距離画像センサと LiDAR で取得した RGB-D 画像と 3 次元点群情報を地図構築に用いる。まず、ロボットのオドメトリによる位置更新を行う。次に、LiDAR で取得した点群に対して、画像を用いた人の識別を行い、人の点群を除去することで人除去処理を行う[4]。人の識別では、深層学習による高速な物体検出アルゴリズム YOLO を用いて画像内の人の検出を行う。そして、画像と点群の対応付けによって、人の検出結果を点群にも反映させ、人の点群を検出し除去する。その後、ICP (iterative closest point) [5]アルゴリズムによる位置合わせを行い、オドメトリの誤差を減少させる。ここでは、人除去処理後のフレームの点群と 1 フレーム前の点群に対して ICP による位置合わせを行い、ICP 結果から算出した回転行列 R と並進ベクトル T を用いてロボットの自己位置推定を行うと同

時に地図構築を行う。

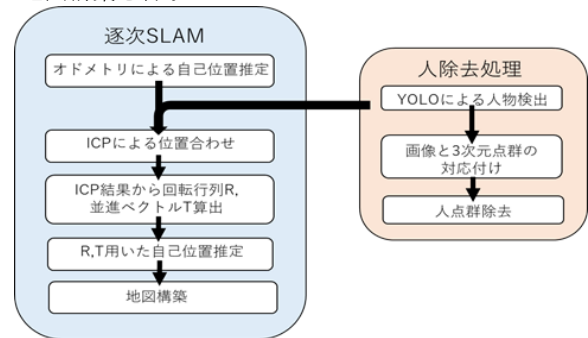


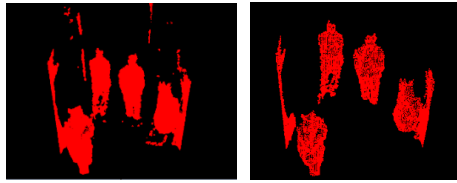
Fig. 1 Outline of proposed method.

2.2 YOLO を用いた人の 3 次元点群抽出及び除去処理

本節では、人がいる環境においてロバストな地図構築を行う上で、必要不可欠な人のオクルージョンへの対処方法について述べる。まず、YOLO による人物検出を行い、図2に示すように画像中における人物領域を求める。ここで、この人物領域は背景を含む矩形領域である。次に距離画像センサで取得した距離画像から YOLO で求めた人物領域に属する点群のみを抽出する。その点群に対し、図3に示すようにクラスタリングによる背景除去を行うことで、元の人物領域から背景を除去し、人の点群データを抽出する。その後、上記プロセスで求めた人物領域の点群と LiDAR で取得した点群に対し、近傍点探索を用いて、距離画像センサで取得した画像の人識別結果を LiDAR で取得した点群に反映させる。そして、図4に示すように LiDAR で取得した点群の内、対応付けされた人の点群を除去することで、人のいない周辺環境の点群を求める。

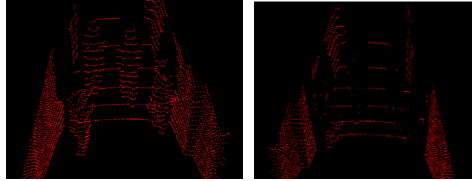


Fig.2 The result of human detection by YOLO.



(a) before clustering (b) after clustering

Fig.3 The result of background removal.



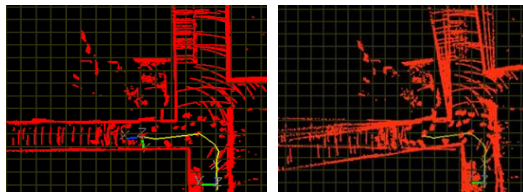
(a) before removal (b) after removal

Fig.4 Human removal process.

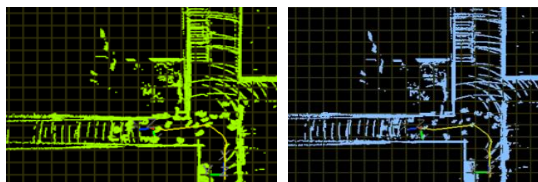
3. 実験

提案手法の検証として、オドメトリによる地図、従来 ICP-SLAM による地図、人除去処理を適用した ICP-SLAM による地図の精度の結果を比較し、評価を行った。なお、地図の精度は、真の地図の各点からそれぞれの手法の地図の各点に対し点間距離を求め、その距離の総和の平均値を誤差とし評価を行った。本実験では、移動ロボットに AdeptMobileRobots 製 Pioneer-3DX, 距離画像センサに intel 製 RealSense LiDAR Camera L515, LiDAR に Velodyne LiDAR 製 VLP-16 を用い、移動ロボットの上に距離画像センサと LiDAR を固定して計測を行った。また、本実験の移動ロボットの軌跡は、図 5 の黄色の線で示す。

図 5 と表 1 に示す結果より、人除去処理を行った提案手法を用いた場合に最も誤差が減少しロバストな地図構築が可能であったと分かる。一方、図 5 ではオドメトリによる地図が最も誤差が大きく見えるが、表 1 に示す通り従来 ICP-SLAM よりオドメトリの誤差が小さい結果となった。これは、本実験ではロボットの回転方向の移動が少なく、誤差が大きい点の占める割合が全体の中でかなり少ないため、全体の誤差が小さくなったからである。また、図 6 に示す人除去部分の拡大図より、従来手法に比べ、提案手法が環境地図に不要な人の点群がかなり少ないと分かる。つまり、人除去処理により事前情報として活用しやすい地図であると分かる。

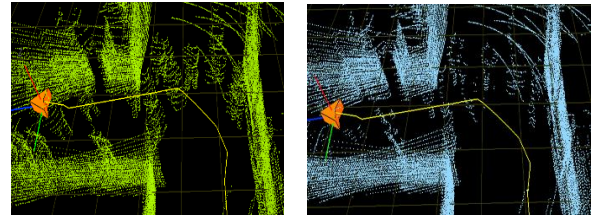


(a) True map (b) Odometry



(c) ICP-SLAM w/o human removal (d) ICP-SLAM w/ human removal

Fig.5 Map construction results by each method.



(c) ICP-SLAM w/o human removal (d) ICP-SLAM w/ human removal

Fig.6 Map construction results: enlarged figures of Fig.5.

Table 1 Error of each map information [m].

Odometry	0.462
ICP-SLAM w/o human removal	0.491
ICP-SLAM w/ human removal	0.269

4. 結論

本研究では、YOLO による物体検出を利用した人除去処理を ICP-SLAM に応用した手法を提案し、人がいる屋内環境において人のデータを除去することで、精度の高い地図構築を実現した。

一方で、現在の人除去処理では、人の重なりが生じた際に人の認識ができない問題や人以外の障害物には対応していない問題が挙げられる。よって、今後は画像における物体検出の幅を広げ、人以外の障害物への対応やランドマークとして位置合わせに活用することで、障害物除去及び地図構築の精度向上を目指す。

参考文献

- [1] 藤井祐介, 大矢晃久, 坪内孝司, “人混み中での移動ロボットの自己位置推定に有効な測域センサデータ処理法の提案”, 第 26 回ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2014, 2014.
- [2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” In Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 779-788, 2016.
- [3] 伊藤太一, 森岡一幸. “Graph SLAM と局所的な占有格子地図を用いた移動ロボットの自律走行システムの開発,” ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2013, 2013.
- [4] A. Dhall, K. Chelani, V. Radhakrishnan and K. M. Krishna, “LiDAR-camera calibration using 3D-3D point correspondences.” In arXiv preprint arXiv:1705.09785, 2017.
- [5] P. J. Besl and N. D. McKay, “A Method for registration of 3-D shapes.” In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 2, pp. 239-256, 1992.