

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	見守りシステムのための三次元地図作成方法の検討
Author(s)	佐竹 純二
Citation	福岡工業大学情報学研究所所報 第28巻 P33-P36
Issue Date	2017-10
URI	http://hdl.handle.net/11478/769
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

見守りシステムのための三次元地図作成方法の検討

森 凌（情報工学部情報工学科）

佐竹 純二（情報工学部情報工学科）

A Study on 3D Map Reconstruction for Monitoring System

Ryo MORI (Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Information Engineering)

Junji SATAKE (Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Information Engineering)

Abstract

We are developing an autonomous monitoring framework based on the combined use of a surveillance sensor and a mobile robot. The system estimates a person's pose using the surveillance sensor. When the person falls down, the mobile robot approaches the person and checks his vital condition. However, in order for the robot to approach the person, an environmental map is required. This paper reports a method of 3D map reconstruction using a LRF and a Kinect sensor.

Keywords : Monitoring system, Mobile robot, 3D Map Reconstruction

1. はじめに

近年、高齢化社会により独居高齢者が増え、その見守りが課題となっている。また、養護施設においても、人員の問題から常に十分な見守りができるとは限らない。そこで、本研究では環境センサと移動ロボットが連携して人物の状態確認を行う見守りシステムの開発を行っている^(1,2)。まず、図1のように部屋の上部に設置したカメラから得られる画像を用いて人物を発見・追跡し、姿勢情報をもとに人物の行動や状態を推定する。そして、人物が倒れるなどの異常が発生し、より詳しい状態確認が必要であると判断された場合には、移動ロボットが自動的に人物に近づき、意識の有無や呼吸状態、心拍数などのバイタルサインを確認し、状況に応じて通報などを行う。

既存の見守りシステムとして、人物の移動経路や機器操作などの日常行動パターンから異常を検知するものや、加速度センサなどを用いて人物の動きが無くなったり、倒れ込んだことを認識するもの⁽³⁾などが提案されている。また、ユーザにウェアラブルセンサを身に付けさせ、呼吸数や血圧などのバイタルサインを直接計測したり、それらのセンサ情報をもとに人物の行動を認識する研究⁽⁴⁾なども存在するが、これらの手法では人物の詳細な情報を取得するためにユーザにセンサを身に付けさせなければならない。通常、救護時などに人が直接計測を行う場合でも、相手の体に触れて脈拍を取るなどの方法が一般的であり、監視カメラのような映像から心拍数や呼吸数などの計測を行う技術はまだ確立されていない。これは、バイタルサインを計測する

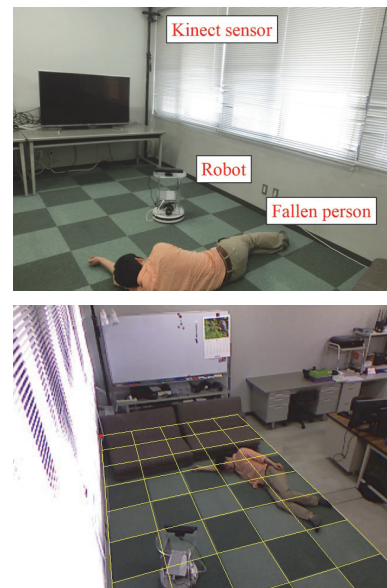


図1 環境センサと移動ロボットを連携させた見守りシステム

Fig. 1. Monitoring system based on the combined use of an environmental sensor and a mobile robot.

ためには対象の人物にかなり接近する必要があるためであり、現在の監視カメラ映像のみで実現することは難しい。そこで、本研究では移動ロボットを制御して人物に近づかせ、適切な位置や角度から観測を行うことで人物の詳細な状態確認を行うことを目指している。

ここで、移動ロボットを倒れた人物の近くに移動させるためには詳細な環境地図が必要となる。地図作成には LRF (レーザ距離センサ) を用いて二次元の地図を作成する方法が一般的であるが、屋内環境では壁や机などの静止物体だけでなく、椅子や小物などの可動物体も多く存在するため、二次元地図 (図 6 参照) からそれらを見分けるのは難しい。そこで、本研究では高さや色などの情報を持つ三次元地図を生成する方法について検討する。

関連研究として、尾崎ら⁶⁾も同様に LRF と Kinect を用いて三次元地図を生成する手法を提案している。この手法では、まず LRF を用いて二次元地図を作成した後、壁と認識した箇所に垂直な平面を生成して、そこに壁などのテクスチャを張り合わせている。しかし、この手法では壁などの垂直な平面の復元しか行っておらず、机などの詳細な三次元形状は扱っていない。そこで、本研究では LRF と Kinect を用いて詳細な三次元地図の作成を行う方法を提案する。

2. 三次元地図の作成方法

〈2・1〉 Kinect Fusion による三次元モデル作成 三次元モデルを作成する技術の一つとして、Kinect Fusion⁶⁾が提案されている。Kinect Fusion では、Kinect で取得した三次元情報を合成していくことで、図 2 のような三次元モデルを作成することができる。しかし、Kinect を大きく動かしたり、素早く動かしたりした場合には、Kinect の移動量の推定に失敗して三次元データにずれ (図 3) が生じてし



図 2 Kinect Fusion で作成した三次元モデル
Fig. 2. 3D model created using Kinect Fusion.

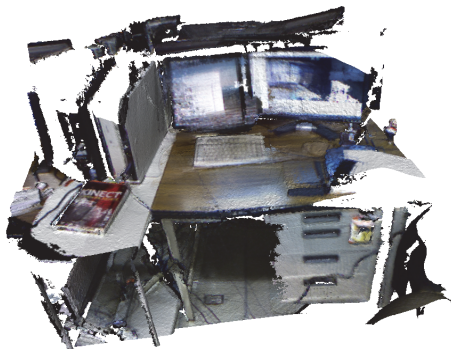


図 3 三次元復元の失敗例
Fig. 3. Failure of 3D reconstruction.

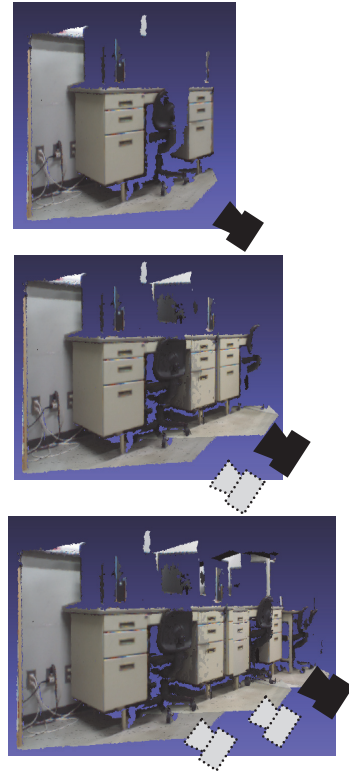


図 4 提案手法の流れ
Fig. 4. Outline of the proposed method.



図 5 Kinect と LRF を搭載した移動ロボット
Fig. 5. Mobile robot with a Kinect and a LRF.

まう。そのため、Kinect Fusion のみで部屋全体のように広い範囲の三次元モデルを作成することは難しい。

〈2・2〉 三次元地図作成の概要 Kinect Fusion は大きな動きに弱く、データのずれが起こりやすい。そこで本研究では LRF を用いてリアルタイムに自己位置を推定し、その位置情報を元に三次元モデルを結合して広範囲の三次元モデルを作成する手法を提案する。提案手法の流れを図 4 に示す。まず、Kinect をあまり大きくは動かさずに三次元モデルを作成する。その後、別の場所に移動して別の三次元モデルを作成する。この時、LRF を用いて自己位置推定を行うことで向きと移動量を求めることができる。この情報を用いて三次元モデルを回転・平行移動して位置合わせを行い、二つの三次元モデルを結合する。これを繰り返し、それぞれの箇所で作成した複数の三次元モデルを合成することで広い範囲での三次元地図を作成する。

〈2・3〉 移動ロボットによる三次元地図作成 図5のように Kinect と LRF を移動ロボットに搭載して位置関係を固定し、LRF の距離情報をもとに移動ロボットの自己位置推定を行う。三次元モデルの作成には水平面角 57 度、深度の取得範囲 0.8~4.0m の Kinect センサを用いる。三次元モデルの作成には Kinect Fusion を使い、一度に作成するモデルの範囲を一辺 2m の立方体とし、ボクセル数を 256 × 256 × 256 とする。三次元モデルの作成とロボットの移動を交互に繰り返して、複数の三次元モデルを作成してそれらを合成する。

〈2・4〉 ロボットの移動量の推定方法 自己位置推定には、自己位置推定と地図生成を同時に行う SLAM⁶⁾ という手法を用いる。LRF を用いて二次元の SLAM によりロボットの自己位置を推定する。今回使用した LRF (北陽電機製 UTM-30LX) は二次元の距離情報しか得られないため、二次元の SLAM しか行えないが、Kinect よりも正確な距離データを取得することができる。また、SLAM の自己位置推定の際、今回の移動ロボットではオドメトリ情報が取得できないため、LRF から得られる距離データのみを用いて自己位置推定を行った。自己位置推定と同時に作成した二次元地図の例を図6に示す。図6の二次元地図は白で描画されている部分は障害物がない領域、黒で描画されている部分は障害物がある領域、グレーで描画されている部分が未知の領域となっており、1ピクセルが実空間における 0.05m で描画されている。

3. 三次元地図の作成実験

〈3・1〉 研究室内の三次元地図作成 提案手法を用い、実際に研究室内の三次元地図を作成する実験を行った。研究室の広さは横 9.04m × 縦 5.29m である。三次元モデルの作成は約 1m 間隔で行い、33 個の三次元モデルの合成を行った。なお、三次元モデルの作成タイミングの指定とロボットの移動は手動で行っている。

作成された三次元地図を図7に示す。移動量が正しく推定でき、研究室内の三次元地図が作成できていることが確認できた。床や壁のような平面だけでなく、机やソファなどの三次元物体の形状も復元できている。ただし、部分的に見ると三次元モデルの位置合わせがうまくできていない部分もあった。自己位置推定の誤差によるずれが発生したり、移動によって徐々に誤差が蓄積していくため、位置合わせに失敗した部分が出てしまう。そのため、このような誤差を修正する処理が必要である。また、Kinect は赤外線を投影し、投影された赤外線のドットパターンを読み取ることで三次元情報を取得するため、物陰に隠れている部分には欠損領域が出てしまう。そのため、未観測な場所を判断してロボットを自動的に移動させたり、データの欠損領域を補間する処理なども必要である。

〈3・2〉 三次元 SLAM との比較 提案手法との比較対象として、Kinect を用いて三次元の SLAM を行う、オープンソースのソフトウェアである RTAB-Map を用いて研究室



図6 作成した二次元地図

Fig. 6. Reconstructed 2D map.

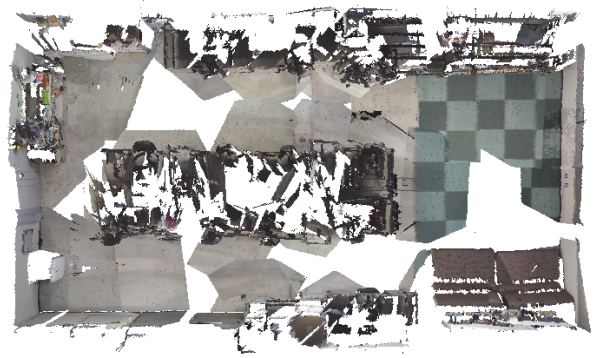


図7 作成した三次元地図

Fig. 7. Reconstructed 3D map.

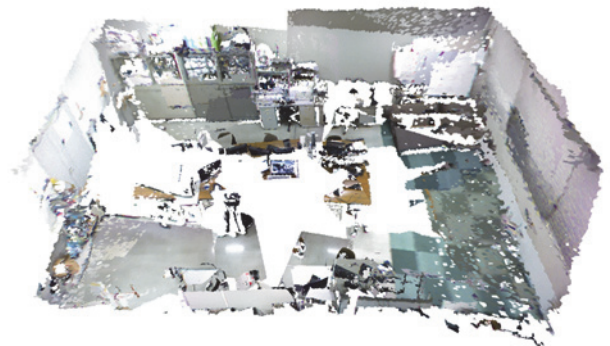


図8 RTAB-Map で作成した三次元地図

Fig. 8. 3D map reconstructed by RTAB-Map.

の三次元地図作成を行った。RTAB-Map では、Kinect を用いて実物体から三次元の点群と色のデータを取得し、この点群を繋いでポリゴン化することで三次元地図を作成することができる。RTAB-Map は Kinect Fusion と比べると Kinect を大きく動かすことができるが、点群の数が多いためにうまくポリゴン化ができず、また Kinect の距離情報には誤差が多く含まれるため、図 8 のようなノイズの多い三次元地図ができてしまった。また、位置推定に必要なパラメータ数が二次元 SLAM の場合には回転 1、平行移動 2 の計 3 自由度であるのに対し、三次元 SLAM では回転 3、平行移動 3 の計 6 自由度になるため、誤差が多く含まれる Kinect のみを用いて広範囲の三次元 SLAM を行うのは難しいと考えられる。

4. おわりに

本研究では Kinect と LRF を用いた三次元地図の作成手法を提案した。LRF を用いて自己位置推定を推定し、推定した自己位置をもとに三次元モデルを合成することで研究室内の三次元地図の作成に成功した。LRF で自己位置推定をすることである程度の研究室の形状を取得できたが、LRF の自己位置推定には誤差が生じてしまうのでうまく位置合わせができていない箇所もあった。

三次元地図作成の課題としては、LRF で位置合わせをする際、位置推定の誤差が生じてしまうのでこの誤差を修正する必要がある。そのためには、LRF と Kinect の両方の距離データを組み合わせて自己位置推定を行う方法などが考えられる。また、Kinect では物陰などに欠損領域ができやすいため、未観測な場所を判断してロボットを自動的に移動させたり、データの欠損領域を補間する処理なども必要である。

さらに、作成した三次元地図を用い、移動ロボットを倒れた人物の近くに自動的に移動させる必要がある。本研究の見守りシステムでは、天井カメラで人物の異常を検知した時、図 9 のように移動ロボットを人物の近くまで移動させ、人物の詳細な状態（意識の有無や呼吸数、心拍数など）を観測することを目指している。椅子や小物などの可動物体が存在する屋内環境において、三次元地図を用いて移動ロボットが正しく自己位置を推定し、安全に人物の近くまで移動できるようにする必要がある。



図 9 移動ロボットによる呼吸推定⁽²⁾

Fig. 9. Breathing detection by a mobile robot.

謝辞

本研究は本学情報科学研究所の平成 28 年度の研究費により実施したものである。

(平成 29 年 7 月 20 日受付)

文 献

- (1) I. Ardiyanto, J. Satake, and J. Miura : "Autonomous Monitoring Framework with Fallen Person Pose Estimation and Vital Sign Detection", International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (2014)
- (2) T. Ushijima and J. Satake : "Development of a Breathing Detection Robot for a Monitoring System", Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 790-795 (2016)
- (3) T. Zhang, J. Wang, L. Xu, and P. Liu : "Fall Detection by Wearable Sensor and One-Class SVM Algorithm". International Conference on Intelligent Computing, pp. 858-863 (2006)
- (4) 杉本千佳・長井宏和・江副亮介・保坂寛・佐々木健・板生清・龍田成示 : 「ウェアラブルセンサによる行動認識システムの開発」, マイクロメカトロニクス (日本時計学会誌), Vol. 51, No. 197, pp. 1-12 (2007)
- (5) 尾崎宏樹・渡邊賢・長尾確 : 「小型無人移動体を用いた 3 次元地図の自動生成に関する研究」, 情報処理学会第 74 回全国大会, pp. 531-532 (2012)
- (6) R. A. Newcombe, S. Izadi, O. Hilliges, D. Molyneaux, D. Kim, A. J. Davison, P. Kohli, J. Shotton, S. Hodges, and A. Fitzgibbon : "Kinectfusion: Real-time dense surface mapping and tracking", 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 127-136 (2011)