

移乗介助ロボットの為のベッド上の患者検出

中島弘道 (理化学研究所) 向井利春 (理化学研究所)

1. はじめに

高齢化社会の進行に伴い、介護・福祉分野のサービスロボット開発が盛んに行われている。介護作業は介護者の肉体的、精神的負担が大きいため、ロボットによる介護支援が期待されている。

我々は介護支援の中でも移乗作業を行うロボット(図1)の開発を行っている。これまで我々は安全を考慮し、ロボットは操作者の指示でのみ動作し、自律的な動作は行わないというコンセプトで設計を行ってきた。具体的には、動作の種類を音声コマンドで指示を与え、実際のロボットの移動及び抱き上げ動作は触覚ガイダンスで指示を与える [1][2]。しかし、操作者の負担を軽くする観点から、安全性を損なわない範囲で、ロボットの判断で自律的に動作を行うことは有益であると考えられる。そのような動作の一つとして、台車によるベッドまでの移動が挙げられる。操作者がベッドとロボット間の安全性を確認した上で、ロボットに抱き上げ可能な場所まで移動するよう指示し、ロボットが移動するという動作は、危険性が少なく操作者の負担を軽くする機能であると考えられる。

そこで本研究では、このような機能を実現する為に距離センサを利用したベッド及びベッド上の患者検出手法を提案する。提案手法で得られた患者の位置情報を用いることで、ロボットはベッド手前の抱き上げ可能な位置まで自動的に移動することが可能となる。



図1 介護ロボット

2. 患者位置の推定

本研究では、3次元点群を取得するために Microsoft 社製の Kinect 及び Kinect SDK, そして 3次元点群の処理を行うためにオープンソースのライブラリである PCL(Point Cloud Library)[3] を使用する。Kinect は立った姿勢と座った姿勢の関節位置を検出することが出来るが、ベッド上に横たわっている人を検出するこ

とが出来ない。そこで我々は、Kinect と PCL を用いてベッド上の患者の頭と膝の座標を推定する手法を提案した [4]。この提案手法では、ベッドの位置座標及び高さが既知であることを前提条件として用いていた。しかし実際の環境で使用する多くの場合において、ベッドとロボットの位置関係は毎回異なるので、任意の位置にあるベッドを検出することが必要となる。

患者位置推定は次の3つの処理により行われる。最初にベッドのおおよそのサイズ及び高さ情報を用いてベッドの検出を行い、次に検出されたベッドの位置からベッド上の物体を抽出し、最後にその物体と人物のテンプレートデータをマッチングすることで患者の位置推定を行う。

2.1 ベッド検出方法

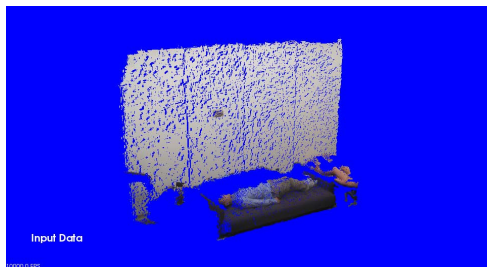
ベッドの検出は、ベッドの上面が床に対して水平であること及びベッドの長さや床からの高さの情報を用いて行う。具体的には、ベッドの高さ情報を利用してその高さ付近のデータのみを抽出し、抽出されたデータに Random Sampling Consensus(RANSAC) アルゴリズムを用いて平面検出を行う。ベッド検出手順の詳細を以下に示す。

- 1) Kinect を用いて 3次元点群データを取得する。
- 2) ロボットの姿勢に従って、点群データをベッド面がロボット座標で水平になるよう回転。
- 3) ベッドの高さ情報から、ベッド面近傍の点群データのみを抽出。
- 4) ベッド平面を RANSAC で検出し、床からの高さ及び法線ベクトルからベッド上面かどうか判定。
- 5) 一番距離が近く、閾値以上に大きなクラスタをベッド上面と決定。
- 6) クラスタの輪郭に対して RANSAC を用いて直線を検出し、ベッドのサイズと比較。
- 7) 一致した場合、ベッドを検出したとする。

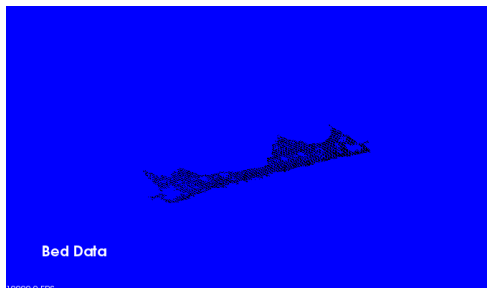
2.2 患者検出方法

患者の検出は、検出されたベッド上に乗っている物体を切り出し、切り出したデータと患者のテンプレートデータとのマッチングにより行う。テンプレートデータは事前に患者の 3次元データとして作成しておく。患者検出の詳細な手順を以下に示す。

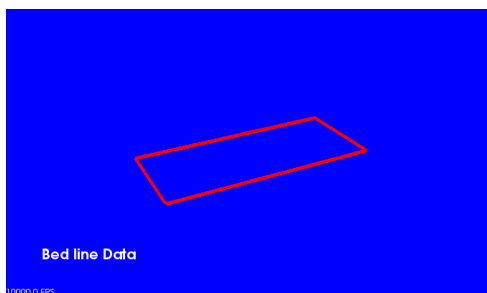
- 1) ベッド面の上にある点群データを抽出する。
- 2) 抽出されたデータの中で一番大きなクラスタを患者データと仮定。
- 3) 患者のテンプレートデータとのマッチングを行い、偏差が閾値以内である場合、患者を検出したとする。



(a) Kinect により得られた 3D データ



(b) 検出されたベッド上面



(c) 検出されたベッド輪郭

図 2 ベッド検出処理の流れ

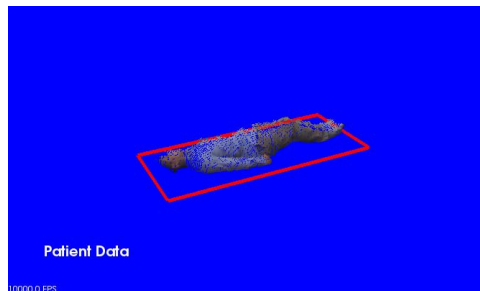
3. 患者検出実験

3.1 実験環境

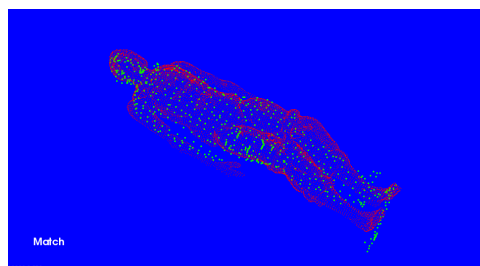
実際に使用する環境同じ条件で、ベッド上の患者を検出し患者の位置を推定する実験を行った。Kinect はロボットの頭部分 (高さ 1.3m の位置) と同じ高さに設置し、床と水平な角度と下に 20 度傾けた角度の 2 種類の場合で実験を行った。ベッドは幅 85cm × 奥行 190cm × 高さ 60cm のものを使用し、Kinect とベッドの位置関係を様々に変えて実験を行った。また、使用した患者のテンプレートデータは、救助訓練人形ランダーを用いて作成した。

3.2 実験結果

ベッドの検出処理は、図 2 に示すように、Kinect によって取得した 3 次元点群データ (図 2(a)) から、ベッドの平面が正しく検出され (図 2(b))、さらにベッドの輪郭 (図 2(c)) も検出出来ていることがわかる。また患



(a) 抽出された患者データ



(b) マッチング結果 (赤: テンプレートデータ, 緑: 患者データ)

図 3 患者検出処理の流れ

者検出についても、図 3 に示すように、ベッド上の患者部分が正しく抽出され (図 3(a))、テンプレートデータ (図 3(b) 中の赤部分) と患者データ (図 3(b) 中の緑部分) のマッチングもほぼ一致している。

さらに Kinect の角度や Kinect とベッドの位置関係が変化した場合でも、正しく患者の検出は行われた。

4. まとめ

Kinect を用いたベッド上の患者位置推定手法を提案し、実験によりベッド上の患者を検出することで患者位置の推定が可能であることを示した。今後、本手法により推定された患者位置座標から介護ロボットの移動実験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] T.Mukai, S.Hirano, H.Nakashima, Y.Kato, Y.Sakaida, S.Guo, , and S.Hosoe. Development of a Nursing-Care Assistant Robot RIBA That Can Lift a Human in Its Arms. In *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS2010)*, pp. 5996–6001, 2010.
- [2] T.Mukai, S.Hirano, M.Yoshida, H.Nakashima, S.Guo, , and Y.Hayakawa. Tactile-Based Motion Adjustment for the Nursing-Care Assistant Robot RIBA. In *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA2011)*, pp. 5435–5441, 2011.
- [3] Point cloud library(pcl). <http://pointclouds.org/>.
- [4] M.Sun, H.Nakashima, S.Hirano, K.Matsuo, M.Ding, C.Jiang, T.Mukai, , and G.Qin. Adaptive User-Centered Design for Safety and Comfort of Physical Human Nursing-Care Robot Interaction. In *DHM 2013 Held as Part of HCI International 2013*, pp. 246–250, 2013.