

介護支援ロボット RIBA における腕部触覚センサを用いた 被介護者の位置ずれ検出

○森 友揮 (理研), 池浦 良淳 (三重大), 向井 利春 (理研), 細江 繁幸 (理研)

Position Gap Detection of Care-receiver using Tactile Sensor in Robot Arm of Care Support Robot RIBA

○Yuki MORI (RIKEN), Ryojun IKEURA (Mie Univ.),
Toshiharu MUKAI (RIKEN) and Shigeyuki HOSOE (RIKEN)

Abstract: RIBA is a care support robot which is able to lift a care receiver onto a bed or a wheel chair with robot arm. In order to lift patient safety, RIBA needs to know the position of patients on arms. This paper describes an estimation method for care-receiver's position on robot arms using tactile sensors.

1. 緒言

少子高齢化に伴う介護者不足の問題に対してロボティクスへの期待は高く、これまでに多くの介護用などの福祉ロボットが研究開発されてきた。介護動作の中でも被介護者をベッド-車椅子間などを移動させる移乗介護は特に介護者の腰部など身体的負担が大きい作業であることは知られており、このような介護者の負担を軽減すべく、我々は図 1 に示す介護支援ロボット RIBA の開発を行っている[1]。RIBA は多様な移乗動作に対応すべく人間型の多自由度アームを有しており(図 2)、実際にベッド - 車椅子間の移乗を実現している。

RIBA のような介護用ロボットと産業用ロボットの大きな違いとしてロボットと人のインタラクションが挙げられる。介護用ロボットでは作業範囲内に人間が存在することが多く、安全性を考慮する必要があるが、特に RIBA では被介護者を対象として移乗動作を行うため、被介護者の落下や被介護者の感じる痛みなどの不快感には十分な対策を考える必要がある。

本研究では被介護者の移乗の安定性を高めるための被介護者の RIBA 腕上での移乗位置の推定方法について述べる。RIBA は介護者が操作するロボットである。RIBA の抱き上げ位置への移動は介護者操作することになり、その際の位置ずれなどにより、抱き上げた時のリーバの腕上での被介護者の位置に適切な移乗位置からのずれが生じる可能性がある。また、移乗中の被介護者の動作によっても位置のずれが起こる事が予測される。移乗動作の安全性を高めるために、RIBA の腕に搭載されている触覚センサを利用して移乗位置の推定を行う。



図 1. 介護支援ロボット RIBA

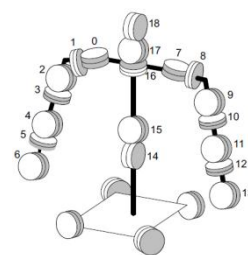


図 2. RIBA 関節構造

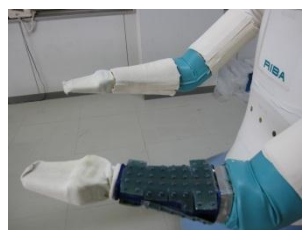


図 3. RIBA 前腕部触覚センサ

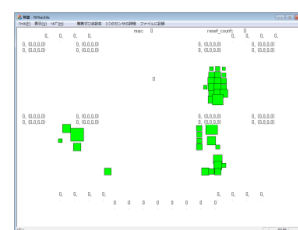


図 4. 触覚センサ出力例

2. 移乗位置推定

2.1 推定方法

RIBA の前腕には図 3 に示す触覚センサが内蔵されており、被介護者が乗ったときの触覚センサ出力が図 4 のように得られるようになっている。RIBA の触覚センサは左右の上腕、前腕それぞれ表と裏の計 8 個あり、1 つのセンサについて 8×8 のデータが得られる。本研究では、この両前腕表面の触覚センサの出力から被介護者の位置推定を行う。位置推定を行うにあたり、RIBA 腕上の被介護者の位置を図 5 の 9 つに分類した。最も自然な移乗位置を⑤とし、そこから RIBA を上から見た

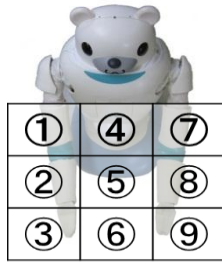


図5 移乗位置

状態で左上にずれたものを①、左にずれものを②として⑨まで設定した。①の位置では左方向と上方向にそれぞれ約5cm、②では⑤から左方向に5cmずれた位置である。

実験として被験者1人に各位置に5回ずつ乗ってもらい、9位置×5セットの45個の測定データを得た。4セットのデータの中央値をトレーニングデータとして識別器を構成し、残りの1セットのデータで交差確認法により、精度を検証した。識別にあたり、以下の5つを特徴量として用いた。

① ヒストグラム

各センサ素子の出力値から求めたヒストグラム

②出力値の重心

各センサ素子の出力値から求めた重心

③出力パターンの重心

センサ素子の各出力を反応しているか否かの1,0に分けた時の重心

④ベクトル距離

センサ出力を128次元のベクトルとし、そのベクトル間の距離。トレーニングデータのベクトルを $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 、テストデータのベクトルを $y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ とするとき距離 d は次式で表される。

$$d = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (1)$$

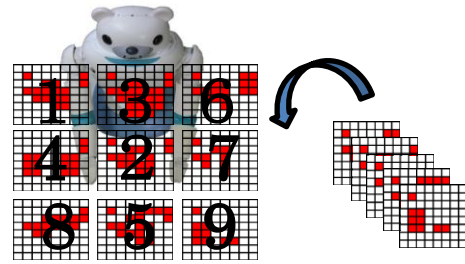
⑤ベクトル余弦

センサ出力を128次元のベクトルとしたときの $\cos \theta$ 。次式で表される。

$$\cos \theta = (x \cdot y) / (|x| * |y|) \quad (2)$$

ある位置データが入力されたとき、9位置のトレーニングデータで各特徴量について計算し、各特徴量について最も近い1位から遠い9位まで順位付けを行う。その際の順位に適当な重みをつけ合計したものを相違度として求めた。相違度 D は

$$D = w_1 R_h + w_2 R_g + w_3 R_{pg} + w_4 R_{va} + w_5 R_{vd} \quad (3)$$



トレーニングデータ

入力データ

図6 入力データの識別例

で与えられ、 $w_1 \sim w_5$ は重み R_h はヒストグラム順位、 R_g は重心順位、 R_{pg} パターン重心順位、 R_{vd} ベクトル距離順位、 R_{vc} はベクトル余弦順位である。

2.2 推定実験

①～⑨の各入力データについてそれぞれ①～⑨までのトレーニングデータとの相違度を求め、図6のように最も相違度の小さいものから順位付けを行った。その結果、正しく1位と認識された割合、2位3位と認識された割合を表1に示す。

表1 推定結果

| 正しい位置での順位 | 割合 |
|-----------|-----|
| 1位 | 62% |
| 2位 | 18% |
| 3位 | 17% |

表1では例として左上にずれた①のデータを入力したとき、入力データが左上にずれた①であると正しく認識される確率が62%、外れはしたが、①の位置が2番目に可能性が高くなった確率が18%であったことを意味しており、正答率は62%であったが3位までを含めると97%となった。

3. 結言

介護支援ロボットRIBAにおける触覚センサ上の被介護者の位置の推定方法について述べた。RIBA上での被介護者の位置を9つに分け、被介護者が乗った時の触覚センサのデータから移乗位置を推定した。推定には5つの特徴量を使った。交差確認法により精度を検証した結果、正しく推定できたのは62%であったが、正しい推定結果が3位以内に入る確率は97%であり、今後の改良次第では高い推定精度が期待できる。

今回はセンサの瞬間値を使用して推定を行ったが、今後は時系列データやクラスタリングを用いた位置推定を行う予定である。

4. 参考文献

[1] 向井 et al. ”対象と全身接触を行う介護支援ロボットのための触覚情報を用いた繰り返し動作”，日本機械学会論文集C編，77巻，782号，pp. 252-264 (2011)