

# 双腕ロボットによる身体部位を用いた 布製品の折り畳み行動の獲得

莫 亜強<sup>\*1</sup>, 田中 大輔<sup>\*1</sup>, 長濱 虎太郎<sup>\*2</sup>, 松原 崇充<sup>\*3</sup>, 山崎 公俊<sup>\*2</sup>

## Folding Behavior Acquisition of Cloth Product Using Body Parts by a Dual-Armed Robot

Yaqiang MO<sup>\*1</sup>, Daisuke TANAKA<sup>\*1</sup>, Kotaro NAGAHAMA<sup>\*2</sup>,  
Takamitsu MATSUBARA<sup>\*3</sup> and Kimitoshi YAMAZAKI<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Mechanical Systems Engineering, Shinshu University  
4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553, Japan

<sup>\*2</sup> Mechanical Systems Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University  
4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553, Japan

<sup>\*3</sup> Intelligent System Control Laboratory, Graduate School of Information Science,  
Nara Institute of Science and Technology  
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-0192, Japan

In this paper, we describe the acquisition of folding behaviors of fabric products by dual-armed robot. In the same way as human beings do, we focus on the folding motion pressing the cloth product against the chest and describe the task decomposition and behavior learning method to acquire the behavior to the robot. In addition, we report the experimental results using a dual-armed robot and show the effectiveness of the proposed method.

**Key Words** : Cloth, folding, dual-armed robot, learning

### 1. は じ め に

人々が普段の生活を送るうえで、布製品は毎日のように利用されるものである。それゆえに、洗濯や収納などの布製品に関わる作業を頻繁に行う必要があり、人々はその非生産的な作業を日々繰り返している。その作業の一つに、布製品を畳む作業がある。これは非生産的な作業の代表例であり、自動化の要望も多い。そのような背景を踏まえ、従来から布製品の折り畳みに関する研究開発が進められている。

布製品を畳むことを目的とした従来研究では、基本的に、布製品を置くことができる水平なテーブルなどがあるものと想定することが多い。それにより、操作を加えていない部位がテーブル上で静止していることを保証して、作業の見通しを立てやすくしていると考えられる。一方で、本研究では、人間がよく行う畳み方として、布製品を胸に当てて畳む方法に着目し、そこで必要となる操作能力をロボットに自動獲得させることを目的とする。布製品の折り畳みを自動化する

にあたり、この畳み方には次のような利点があると考えた。

1. 身体部分を利用するため、小さな作業スペースがあればよく、テーブルなどの構造物を必要としない。
2. 布製品をほぼ垂直に垂れ下がった状態で展開し、そこから作業を進めるため、布製品の形状が認識しやすくなる。

本研究では、人間が実際にシャツを折り畳んでいる様子をロボットに観察させ、そこで得たセンサデータを利用し、ロボット自身の動きを生成するアプローチを採ることとした。本研究の貢献を以下にまとめる。

- 身体部位に押し当てた状態での衣類の折り畳みという新たなタスクを設定した。
- その畳み方により布の形状変化に制約をかけた状態で、布を所望の形状へ遷移させる操作の獲得が比較的簡便に実現できることを示した

これにより、布製品操作の自動化における開発者にかかる負担を軽減できる。また、ロボットの身体構成に適した動作を生成することができる。

<sup>\*1</sup> 信州大学大学院総合理工学研究科 (〒 380-8553 長野県長野市若里 4-17-1) {17w4051a, 17w4037e}@shinshu-u.ac.jp

<sup>\*2</sup> 信州大学 (〒 380-8553 長野県長野市若里 4-17-1) {nagahama, kyamazaki}@shinshu-u.ac.jp

<sup>\*3</sup> 奈良先端科学技術大学院大学 (〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地の 5) takam-m [at] is.naist.jp

## 2. 問題設定とアプローチ

**2.1 問題設定** 操作対象の布製品は半袖のシャツがあり、人間の操作者はまず両肩の部分をつまんで持ち上げ、シャツを展開する。その後、その状態のままシャツを胸にあてて、胸とシャツとの摩擦で、シャツが滑り落ちないようにする。そして、図1下段に示すように、シャツを折り畳む。操作者の動きや布の状態変化を記録するために、操作者に正対する位置に三次元距離画像センサを設置し、シャツの操作を行うのと並行してカラー画像と深度画像を取得し、布や操作者の状態認識に用いる。また、ロボットに動作を獲得させたのちの検証作業においても、操作者の場合と同様の位置関係で、三次元距離画像センサをロボットと正対する位置に設置する。

**2.2 アプローチ** シャツの状態認識を補助するために、図1上段に示すように、シャツの正面と背面にそれぞれ違う色のカラーマーカーを貼付する。そして、作業の大まかな流れを以下のように四つの工程にわけて考えることとした。

1. 両方の手でシャツを展開している状態から、そのシャツを胸に押し当てるまでの動作
2. 一方の袖を折り畳む動作
3. もう一方の袖を折り畳む動作
4. シャツを腕にかけて半分に折る動作

このうち最初の三つの工程では、シャツの形状変化は操作者の動きと比較的よく連動しているため、人が操作した場合とロボットが操作した場合でマーカーの位置変化が同じになることを評価基準として、布製品の動きを再現する動作を強化学習によってロボットに獲得させる。

四番目の工程における動作では、操作者は腕の一部を使っているため、ロボットの動作獲得には人の姿勢を把握必要がある。本研究では、人の姿勢認識手法 OpenPose<sup>(1)</sup> を利用し、操作者の腕の動きを三次元的に認識する。そこで、シャツの下端と操作者の腕が触れる部分との相対関係を記録しておき、その相対関係を再現できるようなロボット姿勢を、別途生成するアプローチを採ることとした。

## 3. 実験

前章で述べた方法より、各工程の動作獲得実験を行った。実験に使用したロボットは Rethink Robotics 社製の Baxter であり、片腕7自由度、首に1自由度の関節構造である。その後、各工程において獲得した動作を接続し、全体の動作検証実験を行った。実験の様子は図2に示す。前三つの工程における動作軌道は、強



Fig. 1 Markers are placed on the front and back of the shirt to recognize whether the current process is finished or not

化学習で獲得した最適動作軌道を利用する。第四工程における腕かけ動作は、マーカーの位置より人間の腕動作を模倣して確定する。図2に示すように、ロボットは操作者がシャツ服を畳んだ動画から得た情報を利用し、身体部分を利用し服を折り畳む作業を実現した。

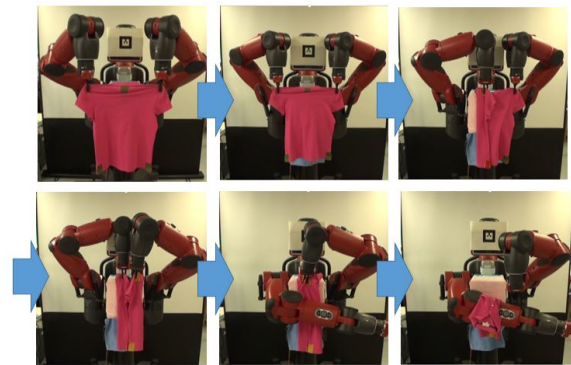


Fig. 2 Robot complete the clothing folding work by achieving every process in the work

## 4. まとめ

本稿では、双腕ロボットの身体部分を用いた布製品の折り畳みについて述べた。展開した布製品を胸に押し当てて畳む手順に着目し、全体の作業工程を分割して各工程の実現する方法を提案・実証した。

## 謝辞

本研究の一部は、NEDO 次世代ロボット中核技術と科研費課題番号 26700024 の補助を受けた。

## 参考文献

- (1) Z. Cao, T. Simon, S. Wei, Y. Sheikh: "Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.