

双腕型移動マニピュレータによる ハンガーにかけられた衣服の展開と折り畳み

信州大学 工学系研究科 ○津田翔, 山崎公俊

This paper reports about folding of T-shirt by using a dual-arm mobile manipulator. In folding a T-shirt, problems such as a range of motion limitation, complication of motion and expansion of working space can be cited. In order to solve these problems, we propose a method of placing the T-shirt sideways and using the edge of the desk. Then, by recognizing the corners of the sleeves and the border with the template matching, folding is made possible. It was confirmed that our approach succeeded at a rate of 93%.

Key Words: Clothing Folding, Dual-Armed Mobile Manipulator

1. 緒言

日常生活において布製品を取り扱う場合、人の手で行われることがほとんどであり、自動化されている例は少ない。その理由として、ロボットにとって不定形物である布製品の操作は困難な場合が多いという点が挙げられます。布製品は不定形性・柔軟性を持つため形状予測が難しく、また、センサ情報処理による状態の観測に不確実性を伴うことが多い。

こうした背景から、これまでに矩形布生地を展開を行う研究が報告されてきた[1]。しかし、Tシャツのように襟や袖があるような物はそれにより形状がより複雑化し易く形状予測が困難である。従来の研究として、宮本らはTシャツの自動折り畳みロボットの開発を行ったが可動域が比較的広域なロボットであれば動作が可能であるが、そうでない場合には動作が困難であるという問題が挙げられる。また、大きな作業空間を必要とするが、一般家庭における布製品の操作を想定した場合、比較的小規模な作業空間が望ましい[2]。猿橋らは無造作に置かれたTシャツを把持し、棒によりシワを伸ばし展開を行ったがこの動作を何回も行わなければならないため、Tシャツを操作する回数が増えてしまい作業が複雑化し易く、作業時間が長くなりやすいと想定される[3]。

本研究の目的は双腕型移動マニピュレータに簡便な動作で効率的に布製品を操作させることである。本研究では一般的な衣類であるTシャツを対象として選択し、Tシャツはハンガーにかけら、ハンガーラックに置かれている状態からロボットだけでTシャツの折り畳み動作を行う。

2. 折り畳み手法の提案

ハンガーにかけられたTシャツを折りたたむ手順を以下のようにする。

1. ハンガーラックよりハンガーを取る。
2. Tシャツを机の上に置き、Tシャツからハンガーを外す。
3. 机の上に置かれたTシャツを展開する。
4. 袖とフチ角を認識・把持し、折り畳み動作を行う。

ここで、本研究におけるTシャツの折り畳みの成功を定義する。Fig. 1に示すように両方の袖とフチ角を内側へ折り畳み、全体を二つ折りに畳めれば成功とし、それ以外の状態であった場合を失敗とする。

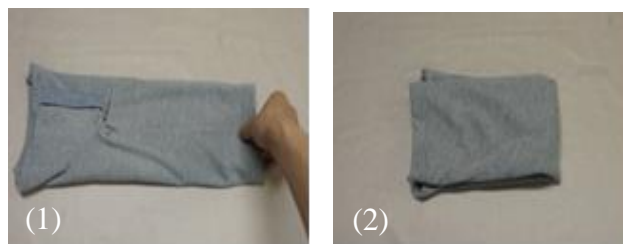


Fig. 1 Success of folding

3. 袖とフチ角の認識

Tシャツを折り畳むには袖とフチ角を把持する必要がある。そこでFig. 2に示すように袖とフチ角の認識を行う。そのため、本研究では認識の手法としてテンプレートマッチングを用いる。テンプレートマッチングとは、テンプレートと呼ばれる小さな参照画像を用意しておき、入力画像中でそれと類似した部分を見つける方法である。

本研究では、画像同士の比較において、各領域の輝度値の平均が等しいと仮定した場合の相関演算式の近似を行う。テンプレートを画像全体に対してスライドさせ、それとサイズ $w \times h$ で重なる領域とを指定された方法で比較し、その結果を保存する。以下に、比較手法を表す式を示す。

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad (1)$$

ここで、 I は画像を、 T はテンプレートを、 R は結果をそれぞれ表す。総和計算は、以下のようにテンプレートと画像領域に対して行われ、 $x'=0$ から $w-1$ 、 $y'=0$ から $h-1$ とする。



Fig. 2 The recognition result

4. 展開動作

本研究ではボタンを押すことでハンガー部分が畳まれ、ハンガーの取り外しができるワンタッチ式ハンガーを使用する。これにより首元を伸ばすことなくハンガーの取り外しが比較的簡単にできる。

ハンガーから外した T シャツを展開するために、Fig. 3 に示すように、机の縁を利用する。袖とフチ角を把持し、机の縁を利用して机の上に T シャツを展開、その後 T シャツの折り畳み動作を行う。この手法の利点は把持を繰り返す動作や、持ち替える動作などを必要としない点である。また、ロボットの下半身である台車を動かすことで、アームの可動域の狭いロボットでも、展開動作が可能となる。

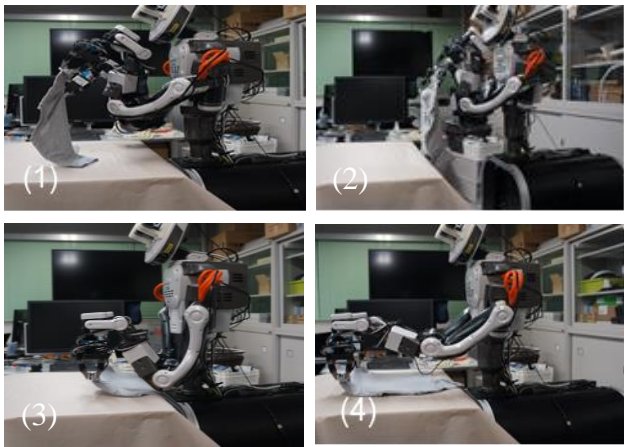


Fig.3 Deployment solution

5. 実験

5.1 実験条件

双腕型移動マニピュレータとして、上半身を川田工業株式会社製 HIRO、下半身を株式会社イクスリサーチ製の全方位台車を組み合わせた実験機を使用し、2章で説明した手順で実験を行った。本研究で用いた T シャツとハンガーを Fig. 4 に示す。この実験では、T シャツの初期条件はハンガーにかけられた状態でハンガーラックに置かれていることとし、位置や向きは既知であることとした。T シャツの折り畳み作業を 15 回行い、何回成功したかを記録した。



Fig. 4 Tshirt (43×45[cm]), Hanger (38[cm])

5.2 実験結果

15 回のうち成功は 14 回、失敗は 1 回であった。失敗したケースは、ハンガーを外した後、T シャツの袖の認識結果が想定した位置からずれてしまったことにより、想定した把持位置とは違う位置を把持したため、その後の動作が失敗したと

いうものであった。間違った位置を把持したまま展開動作に移ってしまったため、展開が失敗した。

また、認識のみを 30 回行った結果を Table. 1 に示す。フチ角は 30 回成功であったが、袖は 28 回成功、2 回失敗という結果となった。

Table.1 recognition result

Position	Success Frequency (per 30)	Success rate
Sleeve	30	100%
Corner	28	93%

5.3 考察

まず本実験の結果、15 回の実験のうち、失敗は 1 回であった。これは、可動域の狭いロボットや日常環境での動作を想定した提案手法が十分な効果を発揮していることを示唆している。しかし、袖の認識失敗により展開が失敗する事例があった。本実験には展開の成否の判定をする処理が備わっていないので、やり直し動作の実装を検討、認識の精度を向上させることを今後の課題としたい。加えて、現状の認識方法では、別の T シャツには適用できないという問題があるため、認識方法を変えるか解決方法を提案するなどが必要である。

また、本研究では T シャツの折り畳みを実現したが、畳み終わった後の T シャツを棚などに置く動作やハンガーの認識、ワンタッチ式でない一般的なハンガーを使った場合のハンガーの取り外し動作の追加などについても今後の課題としたい。

6. 結言

本論文では、T シャツを双腕型移動マニピュレータに折り畳ませるための手法の提案を行った。そして、従来の研究で課題とされていた可動域の問題、動作の複雑化や作業スペースの大規模化についての解決法を示した。さらに双腕型移動マニピュレータを用いた実験により、折り畳みの成功率と失敗時の要因を調べ、それに対する考察を行った。今後の課題としては 5.3 章で述べた内容に加え、T シャツ以外の布製品にも応用できないかどうか、また応用できる動作の提案を行いたい。

参考文献

- [1] 宮本ら：T シャツ自動折りたたみロボットの開発，産業応用工学学会論文誌，2015 年
- [2] 猿橋ら：T シャツ自動折りたたみシステムの改善，産業応用工学学会論文誌，2015 年
- [3] 秦ら：乱雑に積層された洗濯物ハンドリングシステムの開発，日本ロボット学会誌，2009 年