

円筒ブラシを用いた綿布取り出し作業の自動化

信州大学大学院 総合理工学研究科 ○川崎雄一, Solvi Arnold, 山崎公俊

Abstract— In this paper, we describe a method for automating the process of lifting one sheet of cloth from a stack of cotton sheets. In factory manufacturing of cloth products, many of the procedures for installing fabric parts on machines are still performed manually. In this study, we propose a method that first detects the edge of a sheet of cotton cloth, and then lifts it up by means of a cylindrical brush. Advantages of this method are that it avoids cloth damage, as well as its future potential for enabling dexterous manipulation by means of fine brushes. In verification experiments, the proposed end-effector was attached to the tip of a serial link manipulator. Then a system combining a color camera, a tactile sensor, and a lighting source was constructed. Using the system, we confirmed that a certain level of picking performance was obtained. In addition, we organized possible failures on the picking task and devised a vision process that can distinguish failure patterns.

Key Words: cotton cloth, picking automation, cylindrical brush

1. 緒言

衣服は、工場で大量生産されている製品のひとつである。この生産過程を効率化し、人間の労力を削減していくことが望まれる。しかしながら、布が柔軟物であることから、布製品製造の多くの工程は自動化が困難である。たとえば、2枚の布を縫い合わせるため、ミシンへ布生地を設置する作業は、多くのケースで未だ人手に頼っているのが現状である。

本研究では、Fig. 1. のように重ねられた綿布のうち、一番上の一枚をつまみ上げる作業の自動化を目的とする。このような研究には、[1]などがあるが本研究で扱う綿布のような薄い布についてはあまり考慮されていない。また、本研究では巻き取り動作を使い綿布を取り出す。この動作に関連して[2]がある。[2]は圧電センサのついたローラを用いて、冊子のページをめくり、めくれたかを判定するというものである。しかし、本研究で対象とする綿布は、紙よりも柔らかく、接着しやすいため、同様の方式では1枚だけめくりあげることは困難である。

そこで本研究では、綿布のフチを検出し、円筒ブラシで綿布を巻き取り、取り出すまでの一連の流れを自動化する。本研究で提案する手法は、綿布を損傷させにくい利点がある。



Fig.1. 重ねられた綿布とその摘み上げ (人手)

2. 円筒ブラシを用いた綿布の取り出し方法

本研究では、ブラシを綿布に押し当てて回転させることで、一番上の綿布のみを巻き上げる。この方式によれば、綿布を離す場合は、ブラシを逆方向に回転させればよい。なお、この方式の成否はブラシの押し当て位置に強く依存する。そこで、事前に押し当て位置の選出もおこなう。また、巻き取れない場合や2枚以上を一度に巻き取ってしまう場合などもあるため、巻き取り中もしくは巻き取り後に状態を推定する処理も実装する。

Fig. 2. は、本研究で提案するシステムの全体像である。ロボットアームの先端にブラシを装着し、それによって綿布を巻き取る。ブラシの取り付け部には、設置圧を計測するための触覚センサを搭載する。また、綿布の重なり状態や巻き取り中の状態を観測するため、巻き取り部を撮影できるようにカメラを設置する。さらに、画像中で綿布のフチ部分が見やすくなるように、照明を設置する。

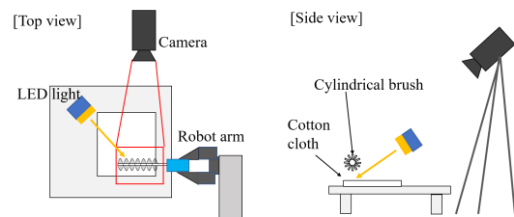


Fig. 2. 実験構成図

3. 巻き取りの方法

巻き取りによる方法は、接着しやすい綿布同士が重ねられている状況において、比較的簡単に一枚だけを取り出すことを可能にする。また、巻いた分だけブラシを逆に回転させれば、綿布を離すことも容易である。ただし、綿布のどの位置にブラシを接触させるか、またどの程度の力をかけるのかは、巻き取りの成否に大きく影響する。以上より、本研究では以下の手順を取ることにした。

1. 画像処理により綿布のフチを検出する。
2. 検出された位置へブラシを近づけ、押し付ける。
3. 接触センサにより押しつけ力が一定値を超えたことを検知し、押しつけを停止する。
4. ブラシを回転させ綿布を巻き取る。このとき、回転させるとともにブラシを水平移動し、二枚目以降の綿布が移動しないようにする。
5. ブラシ（綿布）を持ち上げる。
6. 回転を戻し、綿布を離す。

このように、ブラシを回転させながら、移動し巻き取りを行うことで、綿布を変形させないように巻き取ることができる。

4. 巻取りにおけるセンサ情報の処理

4.1 適切なブラシの位置検出

一番上に置かれた綿布のフチの位置にブラシを置くことが望ましい。そこで、綿布群をカメラで撮影し、取得画像を処理することによるフチを検出する。

画像処理の手順は次のようである。まず、Sobel 演算子を用いたエッジ検出処理を施し、画像を縦方向、横方向にそれぞれ微分し、エッジの強度が所定の閾値以上であるピクセルを抽出する。その後、横方向のエッジ、縦方向のエッジを取り出し、所定の閾値以下の面積（ピクセルの数）のエッジを除くことで、綿布のフチを抽出する。以上の結果を用いて、角部に近く、かつフチから10mm以内の位置を円筒ブラシの設置位置とする。検出の結果をFig. 3. に示す。

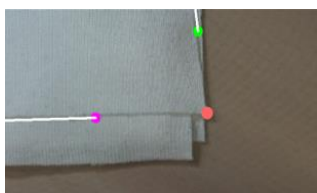


Fig. 3. フチの検出結果

4.2 接触圧の計測

綿布の巻取りを安定して行うには、円筒ブラシを適切な力で綿布に接触させる必要がある。本研究では、綿布にかけている力を適切な量に調整するための装置として、Fig. 4. に示す治具を制作した。これにより、円筒ブラシの柄にかかる力の度合いを計測する。本研究では、円筒ブラシを綿布に向かって鉛直下方におろしていくこととし、所定の閾値以上の力がかかった時点で、巻取り動作へ移行するようにした。

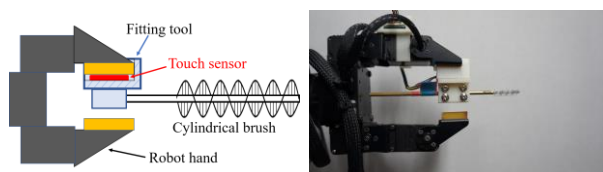


Fig. 4. センサとロボットハンドの位置

4.3 巻取りの失敗検出

本研究で扱う綿布は、張り付きやすい性質のために2枚以上巻取ってしまうような場合が存在する。これは完全に避けることが難しい失敗である。よって、綿布の巻取りを安定して行うために、失敗検知の機能を加える。

本研究では、ブラシを置いてから巻き取るまでの連続した5枚の画像から、3層の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を利用して巻取り後の状態を0枚巻取った、1枚巻取った、2枚以上巻取ったの3つの状態に判別する。

5. 実験

5.1 実験条件

実験のため、川田工業製の双腕ロボット HIRO を利用した。円筒ブラシは SUNPOWER 製の DA-46 を用いた。また、円筒ブラ

シにかかる力を計測するセンサとして、タッチエンス株式会社のショッカクチップ[3]を使用した。

5.2 フチ位置が既知である条件下での巻取り

フチの位置が適切にわかっている条件下で、巻取りによるつまみ上げの有効性を調べた。手順は次のとおりである。

1. 綿布のフチにブラシが一致するように、綿布を目視で合わせる。
2. 綿布へブラシを降ろしていき、ブラシとロボットの指の間の触覚センサが閾値より大きくなったら止める。
3. ブラシをその場で回転させて、巻き取り動作を行う。
4. ブラシを10[mm]持ち上げる。

触覚センサの閾値は事前検討の結果、0.1N に設定した。実験成功の可否は、手順4が終了した時点で綿布が一枚だけ持ち上げられているか否かにより判定した。

綿布の枚数を変えながら以上の手順で巻取りをおこない成功率を調べた。枚数が5枚以上の場合には95%の成功率であった。

5.3 フチの位置決めを含めた巻取り

フチの位置決め処理をおこない、その結果に基づいた巻取り動作をおこなった。手順は前節と同様であるが、1.の部分のみ、4.1.節で説明した手法で代替した。この結果、30回の施行で24回成功した。

5.4 失敗検知手法の検証

手で収集した画像を入力し学習を行った。画像を収集した時と同じ方法で画像を5枚同じ方法で入力し判別させた。結果、成功率は88%であった。重ね方により成功率が大きく変わり、巻取り後だけ見ると1枚にしか見えない2枚以上巻いた場合でも、判別可能であった。

6. 結言

本研究では、積層された綿布から1枚を取り出す動作の自動化について述べた。綿布のフチを検出し、円筒ブラシで持ち上げる方法について提案した。この方法の利点は布を損傷させにくいこと、細いブラシにより器用な操作を可能であることである。検証実験ではカメラ、触覚センサ、光源を組み合わせたシステムを構築し、取り出しの成功率が80%であることを確認した。また取り出し時の失敗検知を行い、その成功率は88%以上であった。今後はシステム全体を改善し、実際の生産ラインに導入する。

参考文献

- [1] 小野栄一, ロボットハンドによる布状柔軟物ハンドリング, 電気通信大学大学院情報システム工学科, 博士論文, 2008
- [2] 柴田亨, 宮坂徹, ページめくり機構動作安定化のためのページめくりローラの開発, 日本機械学会論文集, Vol. 84, No. 860, 2018
- [3] タッチエンス社 HP 触覚チップ, <http://www.touchence.jp/chip/>