

布ピッキングシステムの開発

Development of cloth picking system

電子・機械技術部 ロボット・制御科 根本大輝 近野裕太

応募企業は、官公需・民需の制服、一般消費者向け紳士服を製造する縫製企業である。現在縫製工程の中で、ウール材の布を1枚ずつめくる動作の自動化を検討している。本研究では、はじめに吸着型ハンド及び静電チャックによる布1枚把持を検証した。次に協働ロボットを用いて布を1枚ずつめくる動作を作成するとともに、1枚ずつめくれているか確認する装置を開発した。最後にこれらを組み合わせた布ピッキングシステムを開発した。

Key words: 協働ロボット、布、ピッキング、省力化

1. 緒言

応募企業は、官公需・民需の制服、一般消費者向け紳士服を製造する縫製企業である。現在の縫製工程は、重ねた複数枚の布から裁断機で数種類のパーツを切り出し、各パーツを手作業で1枚ずつめくりながら番号を付け、その番号を基に、同じ布から切り出されたパーツ同士を縫製する流れになっている。応募企業ではこれら工程のうち、布を1枚ずつめくる動作の自動化を検討している。

本研究では、協働ロボット（UR10e、ユニバーサルロボット製）を用いて布を1枚ずつめくる動作を作成するとともに、1枚ずつめくれているか確認する装置を開発した。最後にこれらを統合した布ピッキングシステムの開発をした。



図1 対象ワーク



図2 吸着型ハンド

2. 実験

2. 1. 協働ロボットによるワーク把持実験

協働ロボットによるワーク把持実験を行った。実験に使用したワークを図1に示す。本ワークは応募企業から提供されたウール地の布であり、形状は約130[mm]x180[mm]x0.5[mm]である。

実験には、図2のSMC製のベルヌーイグリップ（以下、吸着型ハンドという）と図3のクリエイティブテクノロジー製のマルチマテリアル（橙）静電チャック（以下、静電チャックという）の2種類のロボットハンドを使用した。また、これらロボットハンドを協働ロボットに装着するために、図4の治具をCADで設計し3Dプリンターで造形した。

吸着型ハンド使用時は、供給する空気圧、吸着型ハンドとワーク間の距離、吸着時のロボット待機時間を検討した。静電チャック使用時は、使用電圧を検討した。

本実験は、30枚重ねたワークを1枚ずつめくり、29回動作した時の把持成功率で評価した。

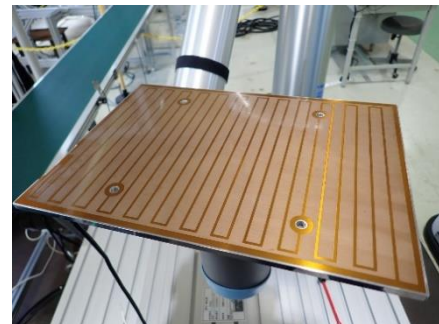
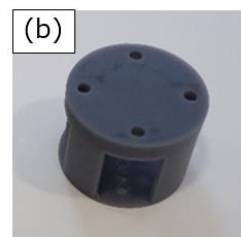
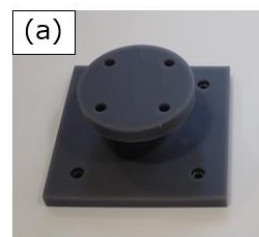


図3 静電チャック



(a) 静電チャック治具 (b) 吸着型ハンド治具

図4 試作した治具

2. 2. 布 1 枚把持確認装置の開発

布 1 枚把持確認装置を図 5 に示す¹⁾。本装置は重量測定器であり、金属板の上に重ねたワークを設置し、めくる動作を行った。ワークをめくった事による変化量を検出してワークの 1 枚把持を確認した。取得した測定値は、Arduino 及び Raspberry Pi4 を用いて取得、可視化した。



図 5 布 1 枚把持確認装置

2. 3. 布ピッキングシステムの構築と評価

協働ロボットと布 1 枚把持確認装置を統合し、布ピッキングシステムを構築した。布ピッキングシステムの構成及びフローチャートを図 6 及び図 7 に示す。布 1 枚把持確認装置から取得した測定値は、TCP/IP 通信で Raspberry Pi4 から協働ロボットに送信した。測定値を基に、1 枚把持成功時は協働ロボットから布 1 枚把持確認装置にリセット命令を送信し、測定値をリセットする。これにより、めくった後の状態を基準に測定を開始し実験を継続した。失敗時は協働ロボットのティーチングペンダントにエラーメッセージを表示させ一時停止する。失敗事例は、(1) 布を把持できない時、(2) 布を多く把持した時、があるためそのエラーを区別して表示した。エラーを確認後、成功時と同様の動作をした。

本実験では、人の目視により布ピッキングシステムの判定の正誤を確認し評価した。

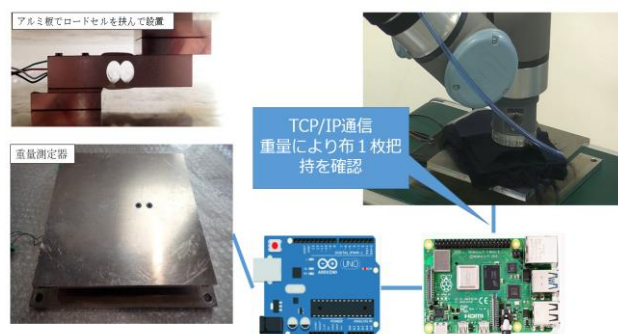


図 6 布ピッキングシステムの構成

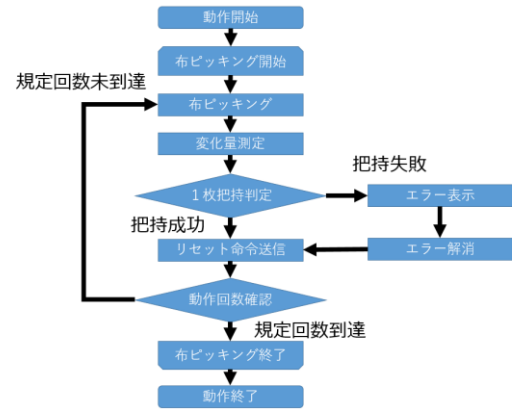


図 7 フローチャート

3. 結果

3. 1. 協働ロボットによるワーク把持結果

図 8 に吸着型ハンドのワーク把持状況を示す。供給する空気圧が 0.4[MPa]以上の時、ワークを落とさずに安定して把持ができた。しかし、ワークと吸着型ハンドが接した状態で吸着を開始するとワークを複数枚吸着したため、ワークとの間に 25[mm]から 30[mm]距離をとり動作させた。この時、ワークを吸い上げるまでに待機時間が必要であった。これらを考慮し吸着型ハンドは、供給する空気圧 0.4[MPa]、ワーク間距離 25[mm]、ロボット待機時間 1.5[s]の条件で使用した。吸着型ハンドに空気圧を供給するタイミングは、電磁弁を使用して協働ロボットの I/O 信号により制御をした。

図 9 に静電チャックのワーク把持状況を示す。静電チャックは、使用電圧が 1[kV]以上の時ワークを把持することが可能であった。本実験で使用した電源は最大 2[kV]まで出力可能であったため、安定した把持力を得るために 2[kV]を使用した。静電チャックの電源は常に ON の状態にし、ワークに接触させて把持、めくった後はワークが自重で離れるよう動作した。

いずれのロボットハンドを用いる場合もワーク表面の認識が必要であり、これは協働ロボット内蔵の力覚センサで検知した。

表 1 に各ロボットハンドの把持結果を示す。吸着型ハンドでは、布を吸い上げきれない把持失敗が生じた。静電チャックは、把持成功率が 100%であった。

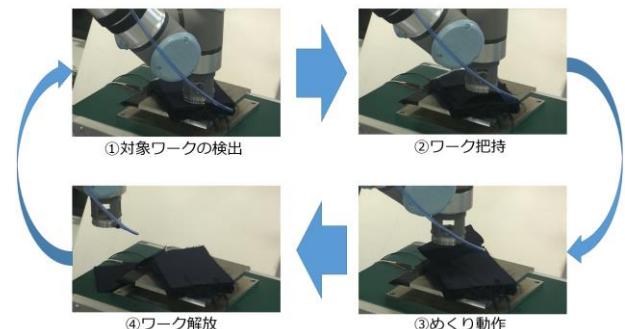


図 8 吸着型ハンドのワーク把持状況

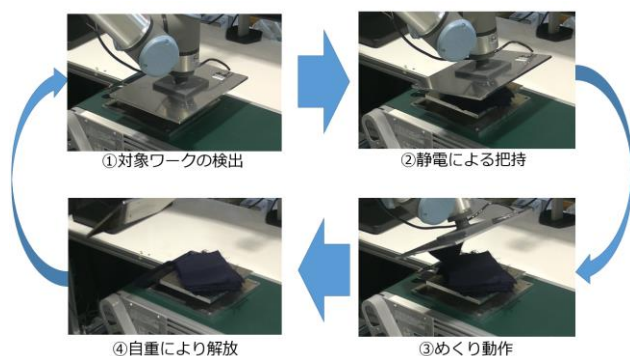


図9 静電チャックのワーク把持状況

表1 各ロボットハンドの把持結果

	吸着型ハンド	静電チャック
成功回数	18/29[回]	29/29[回]
把持成功率	約 62.0[%]	100[%]

3. 2. 布1枚把持確認装置の動作結果

布1枚把持確認装置の金属板の上にワークを設置し、測定した。ワークを1枚めくった時の変化量は約1.5[g]から3.0[g]であった。ワークの個体差及びワークをめくった後の重なりの影響等で数値のばらつきが見られた。

3. 3. 布ピックアップシステムの構築と評価

図10に布ピックアップシステムの動作状況を示す。3.2.の結果を基に、めくった時の変化量が1.5[g]から3.0[g]の範囲内であれば成功と判定し次のワークを取りに行き、0[g]若しくは3.0[g]以上であれば把持失敗と判定しエラーメッセージを表示した。

吸着型ハンドを装着した時の布ピックアップシステムの判定結果を表2に示す。ワークの1枚把持成功時に失敗と誤判定することがあった。逆に、失敗時に成功と誤判定することもあった。

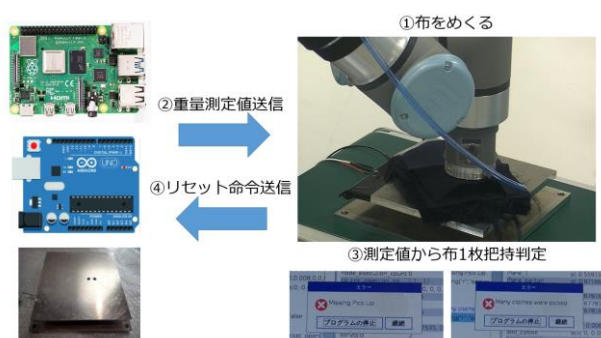


図10 布ピックアップシステム動作状況

表2 布ピックアップシステムの判定結果

	吸着型ハンド使用時
正常	25/29[回]
誤判定 (内訳)	4/29[回] 成功を失敗と判定 3[回] 失敗を成功と判定 1[回]
判定成功率	86.2[%]

4. 考察

各ロボットハンドによるワーク把持の検証を行った。エアによる吸着型ハンドは、供給する空気圧、吸着型ハンドとワーク間の距離及び吸着時の待機時間等の条件の設定で把持成功率が変動すると考えられる。供給する空気圧を大きくすると把持力が向上し、搬送途中でワークを落とす失敗が少なくなると想定される。しかし、把持力が強まると複数枚のワークを吸着することを避けるため、吸着型ハンドとワーク間の距離を長くする必要があるなど、各条件の関係を把握した上での運用が求められる。

静電チャックは、環境や対象ワークによって適正電圧が変わる可能性がある。静電チャックは、湿度やワークの水分含有量によって把持力が変化する。そのため、本実験では2[kV]でめくる動作が可能であったが、使用環境の湿度やワークが変わった時は最適な使用電圧を見出すことが求められる可能性がある。

布ピックアップシステムは、布の個体差による重量変化及びワーク1枚の重さが判定成功率に影響を与えると考えられる。本実験で使用したワークは1枚約5.0[g]であり、めくった後の変化量は1.5[g]から3.0[g]となるため1枚を判定する範囲が狭い。また、ワークの重量もばらつきがあることから誤判定することがあったと考えられる。そのため実製品の場合は重量のばらつきが少なく、1枚の重量が大きい場合は判定範囲が広がるため誤判定が減り、判定成功率が上がる事が考えられる。

これら内容については、応募企業の使用環境や実製品へアプローチする時に対応していきたい。

5. 結言

- ・吸着型ハンド及び静電チャックによる布1枚把持実験を行い、各ロボットハンドの成功率を算出した。
- ・重量による布1枚把持確認装置を開発した。
- ・協働ロボットと布1枚把持確認装置を統合し、布ピックアップシステムを開発した。

謝辞

本開発にあたり、静電チャックの貸出や意見交換等ご協力いただきました株式会社クリエイティブテクノロジーご担当者様には謝意を表します。

参考文献

- 1) 根本大輝,安藤久人. IoT を用いた汲み取り作業時のデータ収集装置の開発. 令和4年度福島県ハイテクプラザ試験報告書, 2023.