

縫製工場における接着芯地作業の自動化に関する研究

Study on automation of adhesive interlining work in sewing factory

○鶴田翔也*, 南斉俊佑*, 星崎みどり*, 関健史*, 長縄明大*

○ Shoya Tsuruta*, Shunsuke Nansai*, Midori Hoshizaki*,
Takeshi Seki*, Akihiro Naganawa*

*秋田大学

*Akita University

キーワード： 縫製工場 (Sewing factory), 作業自動化 (Work automation),
画像処理 (Image processing), 社会実装 (Social implementation)

連絡先： 〒 010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学大学院 理工学研究科
長縄 明大, Tel.: (018)-889-2726 E-mail: naganawa@gipc.akita-u.ac.jp

1. 緒言

日本の繊維産業では、人件費の安い海外への生産拠点の進出が続く、その規模が年々減少していることに加え、少子高齢化の影響もあり人材不足が深刻化している¹⁾。このため、同業界においても機械化が進められているが、CAMや裁断機等の一部の機械に限られており、まだまだ人材不足を補うまでには至っていないが、各種作業の自動化が進み、工場全体の生産性を向上することが望まれている²⁾。

縫製工場の製造工程における接着芯地作業は、衣服の見た目のシルエットを整え、また、襟部やボタン部等に強度を持たせる目的で、表地の裏に芯地と呼ばれる薄い生地を接着する³⁾。

Fig. 1 に接着芯地作業で用いられている連続式圧着機のイメージ図を示す。この作業では、まず圧着機の入り口側で表地と芯地を重ね合わせるが、接着される生地は、縫製パーツとしての形状、大きさに加え、季節による生地の厚みに

も異なり、多種多様である。この重ねた2枚の生地は、ベルトコンベアで連続式圧着機に入れられ、機械内部でスチーム熱により接着される。接着された生地は、機械の出口部分からベルトコンベアにより運ばれ、つぎの工程の裁断のため生地の形状に合わせて正確に積み重ねられる。

現在の縫製工場では、このような接着芯地作業は人員を配置して行っているが、本作業を自

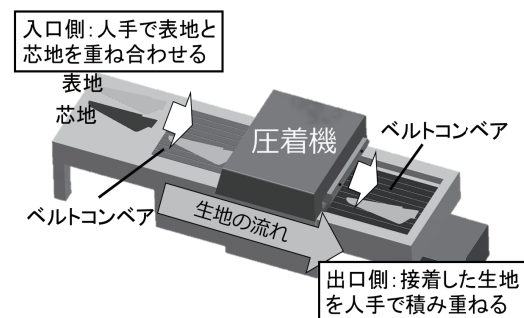


Fig. 1 連続式接着機

動化することができれば、その人員を他の作業へ回すことができ、工場全体で生産性を向上させることができると考えられる。

しかし、縫製生地を扱うロボットは、様々な研究機関や同業界の企業が開発などを行ってきたが、いずれも事業化には至っていない^{4,5)}。その理由として、縫製生地は、柔軟性があり把持が難しいこと、さらに生地の種類が多く、その輪郭形状もシンプルなものから凸凹があるものなど多岐に渡るため、汎用的なロボットでは対応できないこと等が挙げられる。

著者らは、この接着芯地作業における出口作業を自動化するロボットについて検討し、研究室に実際の縫製工場を模擬した装置を製作し、積み重ね精度を検証してきた⁶⁾。本研究では、研究室内で検証してきた装置を実際の縫製工場に社会実装し、その精度を検証したため結果を報告する。

2. 生地の把持・積み重ね装置

2.1 装置構成

Fig. 2 に実際の縫製工場にて設置した装置の入口側の様子、Fig. 3 に出口側を示す。本装置は入口側に画像処理用のカメラと光電センサを設置し、出口側は流れ出てくる生地の把持のために上下機構、ベルトプリー機構、把持パッド、回転テーブルで構成されている。

生地を把持するパッドにはベルトコンベア上に流れ出てくる生地にしわを作らないよう非接触型のパッドを使用しており、把持の制御には、電磁弁を用いている。

2.2 装置動作

本装置は、ベルトコンベアによって流れてくる生地を2軸機構を用いて、人が行うように把持・運搬し、積み重ねていく。本装置の一連の流れを以下に示す。

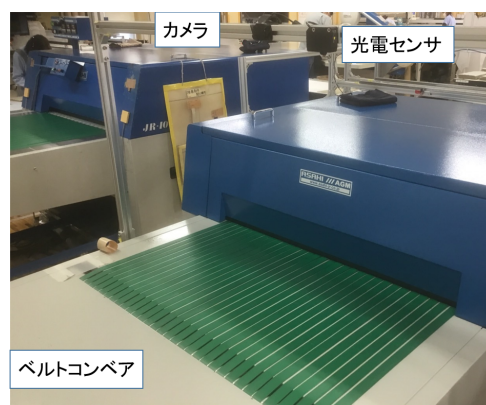


Fig. 2 装置 (入口側)

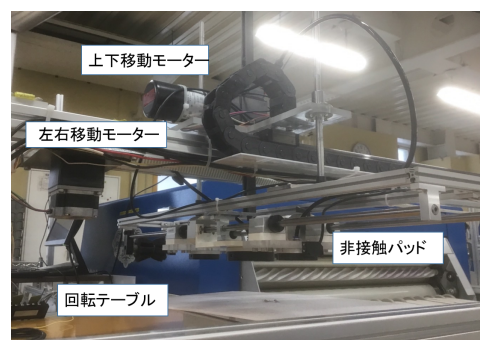


Fig. 3 装置 (出口側)

- 1) 光電センサにより生地を検知する。
- 2) カメラにより生地を撮影し、画像処理を行い輪郭、重心、角度を算出する。
- 3) 画像処理で得られたデータを基に、アームの位置を最適な位置に調整する。
- 4) 生地がアームの真下に来たタイミングで把持し、積み重ね台まで運搬する。
- 5) 積み重ね台の回転テーブルを回転させ、生地の角度を修正する。

回転テーブルは画像処理の段階で生地へ傾きがあると検知した場合、積み重ねる前に動作し角度を修正する。

3. 制御方法

3.1 制御装置

本装置の制御には、Arduino MEGA、回転テーブルの制御には Arduino UNO を用いた。Arduino

MEGA と画像処理用の PC はシリアル通信で接続されており，画像処理のタイミングの指示と処理データの送受信はこれにより行われる．PC での画像処理は，Visual Studio 2019 でオープンソースのライブラリである OpenCV を用いている．

Fig. 4 に本装置の制御フローを示す．まず，光電センサによって生地を検知が行われる．この検知の後，PC にて画像処理を行い，そこから得られたデータを Arduino MEGA に送信する．このデータを基に，ベルトプーリー機構，上下機構，電磁弁，回転テーブルを制御し積み重ね作業を行う．

3.2 画像処理

本装置では，研究室の装置と同様に画像処理を導入している．Fig. 5 に画像処理を行った時の結果を示す．生地をベルトコンベアに流し入口側のセンサが反応するとカメラが撮影を始め，撮影した画像を白黒2つの色に分け，2値化画像を作製し，その2値化画像に対して「findContours」関数を用いて生地の外側の輪郭の検出を行った．

画像処理を用いることで，入口側で発生するずれの補正を行うことができる．入口側では，人が生地を流していくので，流すタイミングや生

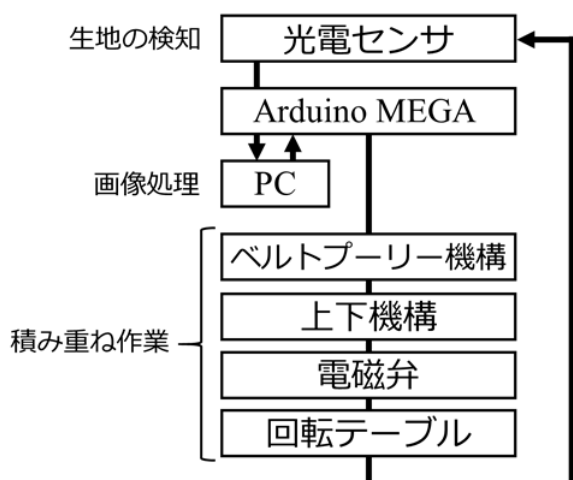


Fig. 4 装置制御フロー

地の位置・傾き等は毎回変わる．補正せずにそのまま積み重ねると，これらがずれとして積み重ね時に反映されてしまうため画像処理を用いて補正を行う．

Fig. 6 に具体的なずれの補正の方法を示す．本装置では，生地の重心の X 座標，Y 座標，生地の角度が制御装置に送られる．まず，重心の Y 座標を基に生地の直線上にアーム部を移動させる．その後，重心の X 座標とベルトコンベアの手速度からアーム部の真下に生地が来るまでの時間を計算し，真下にきたタイミングで把持を行う．これにより，入口側で発生した位置と間隔のずれを補正することができる．また，アームの中心と生地の重心が一致することとなり，把持が行われた際に生地が傾いているようであれば，積み重ね台の回転テーブルを回転させることで生地の傾きを補正することができる．この方法により，生地の正確な積み重ねを実現する．

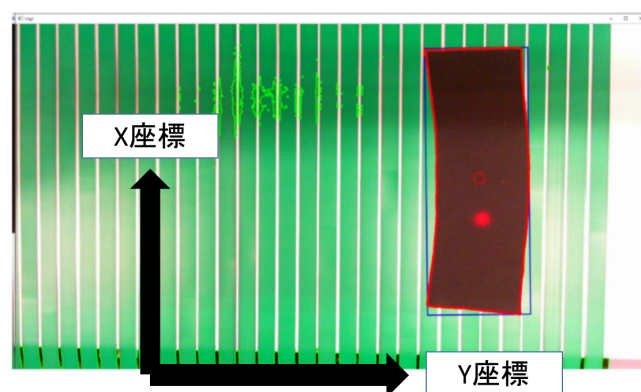


Fig. 5 画像処理結果

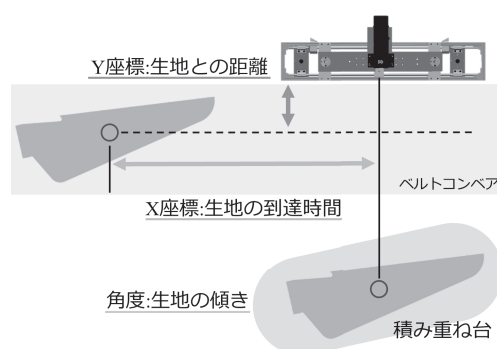


Fig. 6 画像処理を用いたずれの補正

4. 装置の性能評価

本研究では、先ほど述べた研究室の装置を実際の縫製工場での稼働を目標としている。Fig. 7 に実際に装置を稼働させ積み重ね実験を行った様子を示す。

4.1 実験方法

今回の実験方法について説明する。本研究では、積み重ねる生地として、Fig. 8 に示す生地を複数枚用意した。表面黒色、裏面白色で生地の寸法は縦:36.0 cm、横:12.5 cm のサイズであり、生地の把持には、3つの非接触パッドを用いた。なお、ベルトコンベアの搬送速度は 0.1 m/s である。実験手順は、以下の通りである。



Fig. 7 把持の様子



Fig. 8 実験に用いた生地(白)(黒)

- (1) 一枚の生地を装置に流し積み重ねを行う。
- (2) その一枚を積み重ね台に固定する。
- (3) 別の生地を流し積み重ねを行う。
- (4) 始めに流した生地との X 方向・Y 方向のずれを 0.1 mm 間隔で測定する。
- (5) 5 枚積み重なるまで繰り返す。
- (6) 各 5 セット繰り返す。

把持に失敗した生地や積み重ね時に生地が捲れた状態の物はカウントせず、重なってしまった場合は回転テーブルから取り除く。

目標値として生地の大さの X 方向長さ当たり $\pm 1.4\%$ 以内、Y 方向長さ当たり $\pm 4\%$ 以内の誤差 (ともに約 ± 5.0 mm 以内) とした。

4.2 実験結果

実験では、黒生地、白生地共に 1 セット 5 枚積み重ねを 5 セット行った。その時の結果を Fig. 9, Table1, Table2 に示す。

実験結果は、黒生地の場合 X 方向の平均絶対誤差は 1.7 mm、Y 方向の平均絶対誤差は 4.4 mm であった。また、目標値を達成できた枚数が X 方向が 19 枚、Y 方向が 13 枚、そのうち 12 枚がともに ± 5 mm 以内であった。白生地の場合は X 方向の平均絶対誤差が 3.2 mm、Y 方向の平均絶対誤差が 5.2 mm であった。また、目標値を達

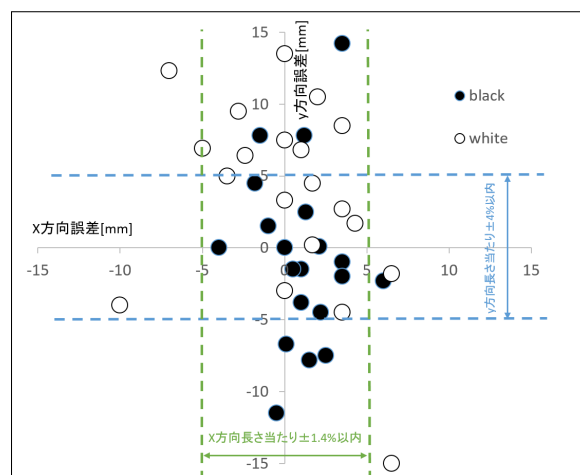


Fig. 9 X,Y 方向の実験データ

Table 1 性能評価実験結果 1

	X 方向誤差範囲	Y 方向誤差範囲
黒生地	-4.0~6.0 mm	-11.5~14.2 mm
白生地	-10.0~6.5 mm	-15.0~13.5 mm

Table 2 性能評価実験結果 2

	X 平均絶対誤差	Y 平均絶対誤差
黒生地	1.7 mm	4.4 mm
白生地	3.2 mm	5.2 mm

成できた枚数が X 方向が 16 枚, Y 方向が 10 枚, そのうち 8 枚がともに ± 5 mm 以内であった。

5. 考察

実験を行い, 積み重ね時に生じた誤差について考察する。生地 of 把持・運搬時に生じるたわみが, 積み重ねる時に生地表面の膨らみとなるのが数回あった。Fig. 10 に実際に起きた生地の膨らみの様子を示す。その膨らみの状態で次の生地を重ねると次の生地にもふくらみが生じてしまい, 誤差が生まれ続けることが分かった。そのため, 積み重ね時に生地を平たんにできるような機構を加えることができればその誤差自体減らすことができると考えられる。

また, Y 方向の誤差が X 方向の誤差より大きい原因としては, 本実験では画像処理を利用し座標計算, 角度, 輪郭検出を行っているが, 処理結果の誤差が影響していると考えられる。Fig. 11 にいくつか生地の輪郭検出の様子を示す。処理

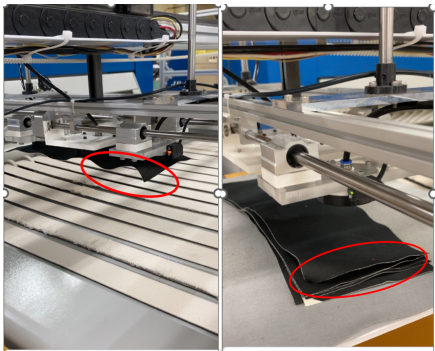


Fig. 10 生地のたわみ・ふくらみ

結果の誤差とそのデータを基に距離を計算するパラメータの誤差, その状態で積み重ねを行う回転テーブルの回転誤差が組み合わさり生地の積み重ね時に大きくずれてしまうことが起きると考えられる。

6. 新たな生地の把持について

今回, 実験で使用した生地とは別に新たな生地についての検証も行った。Fig. 12, Table 3 に実験で使用した生地と新たに用意した生地の比較図と各寸法を示す。新たな生地の寸法は 52 cm $\times$ 12.5 cm である。紺色生地を把持するにあたって, 非接触パッドが従来の位置だと把持することができないため, パッドを手動で移動させ把持を行った。Fig. 13 に把持の様子を示す。

7. 今後の課題

今回, 生地の把持・運搬装置を縫製工場に実装し, 実験した結果により明らかになった課題について述べる。まず, 実験で利用した黒色生地程度のサイズ, 形の把持については誤差もそれほど小さくなく問題なく把持は行えるが, 積み重ね時に生じる誤差の原因であるたわみの解

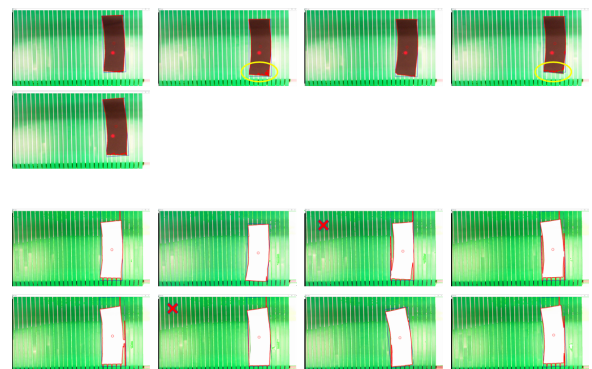


Fig. 11 処理結果

Table 3 各生地の寸法

	縦 長さ	横 長さ
紺生地	52 cm	12.5 cm
黒生地	36 cm	12.5 cm



Fig. 12 検証に用いた生地 (紺)(黒)



Fig. 13 紺色の把持の様子

消が必要である。また、紺色の生地程度のサイズの積み重ねでは、パッドを手動で移動させないと生地を正確につかめないといった問題が生じた。

大きい生地の把持については、大きさによってパッドを移動させる必要があるが、毎回作業者が事前にベルトコンベアに流される生地の長さに合わせて、パッド位置を手動で調整し、同時に生地の長さも事前に計測することはとても効率が良いとはいえない。そのため、パッドを生地の大きさに合わせて自動で移動させられる機構を加える必要がある。この機構が加われば、積み重ね時に生地を伸ばす動作を加えることができ、たわみの解消にもつながる。

また、生地自体にカーブがかかっていたり、ベルトコンベアに流す際に角度がついた状態で流されると把持自体困難であるとわかった。その

ため、把持部自体を回転させ角度を制御できるような機構を加える必要があることが分かった。

さらに、新たな機構を加えた装置で駆動試験を行い、性能評価を行いながら、実際の工場の作業員にも使用してもらいその評価結果を取り入れつつ改良を重ねていく必要がある。

8. 結言

本研究では、縫製工場における接着芯地作業の積み重ね作業を自動化する装置を実際の工場に実装して装置の性能を検証した。実験では、白黒2種類の生地を利用し、1セット5枚積み重ねるまでを5セット繰返した。その結果、生地のX,Y方向長さあたりともに $\pm 5\text{ mm}$ 以内であった枚数は、黒生地で12枚、白生地で8枚であった。目標値を達成できなかった生地が生じた原因として、画像処理結果の誤差とそのデータを基に距離を計算するパラメータの誤差、生地の積み重ね時に生じる生地のたわみの上にそのまま積み重ねてしまうことが誤差が生じる原因として考えられる。

また、実験用の生地よりも大きい生地での把持検証を行ったが、把持自体失敗してしまう回数が多く、現在の機構に変更を加え大きな生地や様々な形状の生地に対応していく必要がある。

参考文献

- 1) 経済産業省製造産業局生活製品課：繊維産業の課題と経済産業省の取組，
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/fiber/pdf/190701seni_kadai_torikumi.pdf, 2019.
- 2) 森橋俊文：10年後の繊維機械，繊維機械学会誌，**53-1**，42/43, 2000.
- 3) 永野暁：4. 衣料用接着芯地について-礎的内容と選定時の評価方-，繊維製品消費科学，**52-10**，598/604, 2011.

- 4) 奏清治, 北條博崇, 戸田晃明, 濱田敏弘: 布ハンドリングのための設計手順の提案と実用展開, 精密工学会誌, **77-6**, 535/539, 2011.
- 5) 弓場寛之, 山崎公俊: 単腕ロボットによる巻き込み防止器具を用いた短形布生地 of 展開, システム制御情報学会, **28-6**, 267/274, 2015.
- 6) 諏佐美頼, 長縄明大, 高橋朗人: 縫製工場における接着芯地作業を自動化するロボットの開発, 産業応用工学会論文誌, **8-2**, 147/153, 2020.