

つまみ滑り動作による布地の動的な展開

太田 剛士 (立命館大学) 柴田 瑞穂 (立命館大学) 遠藤 善雅 (I.S.T) 平井 慎一 (立命館大学)

Dynamic Unfolding of Textile by Pinching Slip Motion

Tsuyoshi OTA (Ritsumeikan Univ.), Mizuho SHIBATA (Ritsumeikan Univ.), Yoshimasa ENDO (I.S.T), and Shinichi HIRAI (Ritsumeikan Univ.)

Abstract: The paper presents a dynamic unfolding of a textile by pinching slip motion. By keeping the textile in contact with robot fingertips, the dynamic unfolding is done successfully in horizontal direction. The success rate depends on fingertips shape. The grasping force is important for dynamic unfolding of textile by pinching slip motion. In this paper, we confirm experimentally that the successful range of the grasping force depends on a fingertip shape.

1 緒言

布地を扱う作業は大きくヒトに頼らざるを得ない。それは従来のロボットは主に剛体を操作しており、布地のような柔軟物ハンドリングは想定していないからである。また、布地の力学的性質として、変形に対する力の応答が非線形であるとともに、ヒステリシスを示し、縦横での性質が違ふことが挙げられる。これらの特性が、布地ハンドリングの困難さを引き起こしている。しかし、アパレル、クリーニング、医療、福祉などの分野においては、布地操作のロボットによる自動化が強く望まれている。

布地のハンドリング技術の研究は数例報告されている。大澤らは、回転機構にヒトの爪を模した機構を付加した布地用ハンドを試作し、様々な布地の把持を実現している [1]。これは特殊なロボットハンドであり、ヒトのような布地を動的に扱う操作ではない。濱島らは、CCD カメラを用いた布地形状のクラス判別により、布地の持ち替え作業のプランニングを行った [2]。これは 2 点で把持した布地から、新たな把持点を求めることが目的であり、布地の操作は考えていない。

本報告では、ロボットアームと、グリップ型のロボットハンドにより、布地の基本的な動作技術である展開動作を実現する。また、展開動作において、ヒトの布地の展開方法を模した、つまみ滑りという動的な方策を実装し、有効な指先形状の検討を行う。

2 布地の展開実験

2.1 つまみ滑りによる布地の展開動作

Fig.1 に、つまみ滑りによる布地の展開方法を示す。(a) は斜め方向から、(b) は Y 軸方向から見た図である。つまみ滑り動作とは、布地の縁を利用した展開動作であり、布地を落とさず、指先を滑らせる動作である。この動作の、指先と布地が接触しながら相対的に運動する動作を、動的な動作と定義する。縁との距離 L_e を短くすることが成功条件である。Fig.2 に、つまみ滑り動作の (a) 初期状態と (b) 最終状態の一例を示す。まず布地の一端を固定する。その後、ロボットハンドによって、布地を面で把持する。このとき把持面は床面と平行に設定する。把持位置については、Fig.2-(a) のように、ばらつきがある。ハンドによって、布地を把持した状態で、指先を水平方向に滑らせる。Fig.1-(a) に示すように、Y 軸方向に指先は動く。このとき、布地は重力の影響を受け、固定部を中心に回転し、X 軸方向に滑る。すると、指先はおのずと縁方向に移動し、布地から抜け

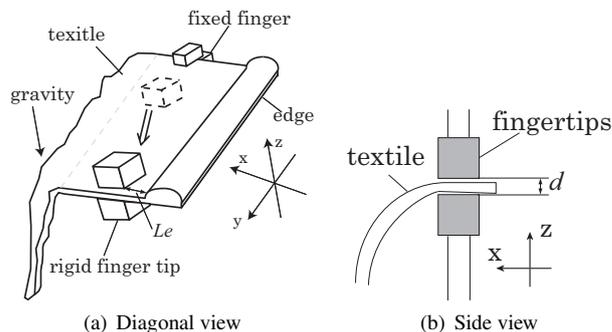


Fig.1 Pinching slip motion

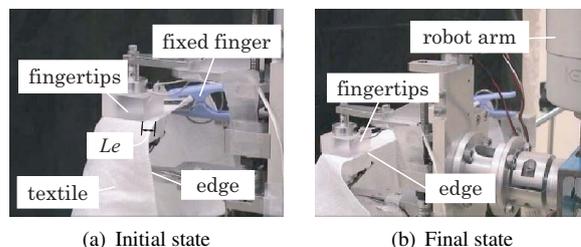


Fig.2 State of pinching slip motion

Table 1 Physical properties of cotton

Size [mm]	450x430
Weight [g]	19.49
Friction coefficient *	0.22
Flexural rigidity [gf-cm] *	0.043
Thickness [mm] *	0.61
Thickness of edge [mm]	0.91

* measured by KES

るように動作してしまう。しかしながら、適切な速度、把持力と指先形状であれば、Fig.2-(b) のように、指先が、縁を越えることなく、指先が縁に沿うことで、布地を落下させずに展開することができる。

Table 2 Experimental results of pinching slip motion

	○		◐		◑		◒		◓		◔		◕	
d [mm]	↖	↗	↖	↗	↖	↗	↖	↗	↖	↗	↖	↗	↖	↗
0.45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
0.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△
0.55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	×
0.60	○	○	○	○	△	○	×	○	×	○	△	○	×	×
0.65	○	○	○	○	△	△	×	○	×	○	△	○	×	×
0.70	△	△	○	○	×	×	×	○	×	○	△	△	×	×

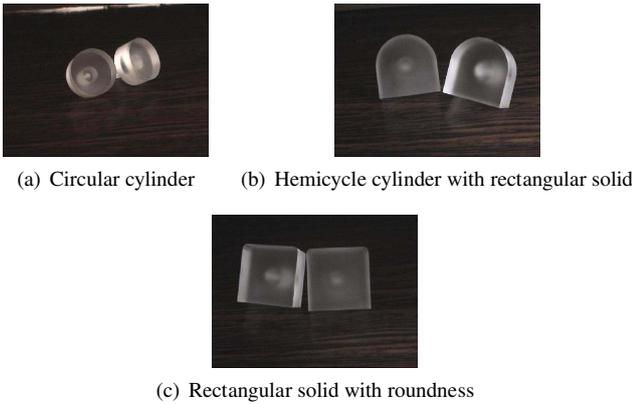


Fig.3 Robot fingertips

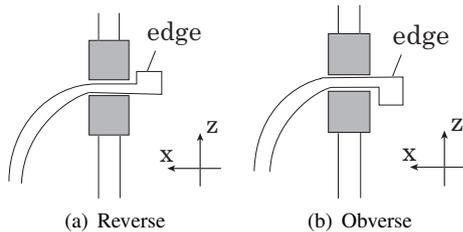


Fig.4 Warpage direction of textile

2.2 実験条件

つまみ滑りによる展開作業において、(1)ロボットアームの手先速度、(2)ロボットハンドの把持力、(3)ロボットハンドの指先形状、(4)縁の上下方向が実験条件として挙げられる。本実験では、ロボットアームの手先速度 $V = 636.62$ mm/s とした。また把持力については、Fig.1-(b) に示すように、指先の幅を $d = 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70$ mm と変えることで検討する。指先形状については、Fig.3 に示すアクリルの指先を使用する。布地と接触する形状は、(a) 円形状、(b) 半円と四角を組み合わせたもの、(c) 2つの角に 3 mm の丸み付け加工を施した直方体形状である。

布地の縁形状により、布地の表裏を Fig.4 のように、縁が上向きを裏、下向きを表とする。Table 1 において、本実験で使用した、木綿のハンカチである布地の物理特性を示す。測定方法は Kawabata's Evaluation System for fabric (KES)

[3] を用いた。また、このときセンサを用いて、指先の幅 d や、布地形状を測定することはない。展開動作の成否は、ハンドを移動させたときに、布地を把持しているか、また把持点が、縁に沿う位置に移動できているかで判定する。

2.3 実験結果

前章の実験条件より、布地の展開実験を行った。成否を Table 2 に示す。3種類の指先をハンドの進行方向に対し、回転させることで、縁との接触状態を変化させている。第一列目の図は、指先形状と、指先の進む方向に対して接触する縁を表している。指先形状の横の線は、布地の縁であり、指先の右側付近で接触することを表している。第二列目の図は、布地の縁の上下方向を表している。実験は3回ずつ行い、すべて成功した場合には \circ 、すべて失敗した場合は \times 、両方起こった場合は \triangle としている。

実験の結果、円弧状の指先の場合、指先幅 d を幅広く設定しても展開動作は成功することがわかる。また布地の縁の向きによって成否に差がある。裏面つまり縁が上方向のほうが、成功率が悪くなっているが $d = 0.45$ mm のように把持力を大きくすることができれば、どのような指先でも成功するという結果が得られた。Table 2 の結果より、展開作業を行う場合、適切な指先形状、把持力を選択できれば、センサレスで、布地のばらつきによらず、展開することが可能であることが示唆される。

3 結言

本報告では布地を扱う動作の一つである、展開動作において、つまみ滑りという方策を実装した。実験条件として、ロボットハンドの指先形状、把持力、布地の表裏を考慮した。その結果、指先形状によって成功率に差異があること、把持力の大きさによって、布地のばらつきを抑えつつ、展開作業ができるという結果が得られた。

今後の課題としては、つまみ滑り動作の解析、指先形状の変化による布地のシミュレーション、他の布地への応用などが挙げられる。

参考文献

- [1] 大澤, 柿倉: "各種布地混合洗濯物の把持用指の試作と把持実験評価", 日本ロボット学会誌, Vol.17. No.2, pp.282-290, 1999.
- [2] 濱島, 柿倉: "布地物体展開手順のプランニング(塊状の洗濯物の分離)", 日本機械学会論文集 (C 編), 63 巻, 607 号, pp.967-974, 1997.
- [3] 川端季雄: "風合い評価の標準化と解析 第2版", 日本繊維機械学会, 1980.