

# 把持接近連動機構を用いたロボットハンドによる布の把持

Fabric Grasping using Robot Hand with Closing and Approaching Coordination Mechanism

○学 花村 健太 (立命館大学)

正 平井 慎一 (立命館大学) 正 松野 孝博 (立命館大学)

Kenta HANAMURA, Ritsumeikan University

Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

Takahiro MATSUNO, Ritsumeikan University

This paper proposes a gripper with closing and approaching coordination mechanism for grasping fabrics. During fabric grasping, fingertip position should be close to a fabric to maintain the contact between the fabric and the finger. Current soft grippers lose the contact due to the deformation of the fingers. We propose a closing and approaching coordination mechanism so that the fingertips maintain the contact with the fabrics despite of the fingertip deformation during grasping. We experimentally demonstrate fabric grasping using the proposed grippers.

**Key Words:** robot hand, mechanism, fabric

## 1 緒言

日本の労働人口減少に伴って、産業用ロボットが多く普及しており、多種多様なロボットグリッパが開発されている。しかし薄い形状の物体を把持することは困難であり、それを可能にするロボットハンドの開発はあまり進んでいない。実際に布製品を折りたたむ機械などはある一方で、布製品をそれら機械に移送する機械や箱詰めする機械などは存在せず、人が行っていることがほとんどである。したがってアパレル、ホテル、クリーニング、医療など布製品を扱う業界では、人の手作業に頼っているためロボットの導入、自動化が強く求められる。

本研究では、布の把持、運搬をするうえで基本となる布を「掴む・離す」動作に注目し、作業を自動化することを目的とする。まず、空気圧シリンダを使い、グリッパ内部を引っ張ることによって閉じるグリッパを開発した。しかし布を把持する場合、グリッパを閉じたときに、グリッパが布から離れてしまい把持できない。したがって歯車を使ったアクチュエータをロボットハンドに組み込むことによって、把持時のグリッパと布との接触を保つことによって布の把持、運搬を試みる。

## 2 布把持のためのグリッパ

布は薄い形状をしていることから、2爪構造で挟み込んで把持する方法や上から包み込んで把持する方法は非常に困難と考える。また吸着による把持方法は、布の素材の違いや吸着の強さの調節が難しいことから、様々な種類の布を把持することは難しい。よってここではグリッパと布との間の摩擦を使って布をグリッパの内側に引きずり込んで把持する方法を考える。グリッパの素材はシリコンでできているため、やわらかく変形しやすい。また図1のように円形の形をし側面が凹凸の形をしており内側に座屈して閉じる。グリッパの大きさは直径 80 mm、高さを 50 mmである。



Fig.1 Structure of a gripper

次にグリッパの開閉の原理を述べる。グリッパの断面図を図2に表す。グリッパの中は空洞になっており、内側に上に引き上げることによってグリッパの下両端が内側に座屈して閉じる仕組みになっている。また上に引き上げる動作をするアクチュエータは直動系が有効であるため、エアシリンダを選定する。ロッドをグリッパ内側に固定することによって、上に引き上げグリッパを座屈させる。

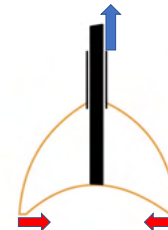


Fig.2 Principle of a gripper

この座屈して閉じるグリッパにより、布との間の摩擦を使って布をグリッパ内側に引きずり込んで把持することを想定していた。しかし図3に示すようにグリッパが座屈時に地面から約 30 mm離れてしまうため、正確に布を把持できない。したがってグリッパが常に地面に接触しながら閉じる動作を実現しなければならない。

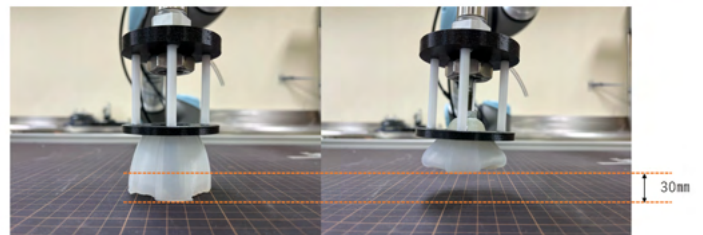


Fig.3 gripper position during opening and closing

### 3 把持接近連動機構

常に布に接触しながらグリッパを閉じるには、グリッパが閉じるとき、つまりエアシリンダのロッドが上に上がると同時にグリッパの位置を下に下げなければならない。今回はその動作をロボットハンドにアクチュエータを組み込むことによって1つの機構で実現する。

エアシリンダのロッドが上に上がると同時にグリッパの位置を下に下げるには、エアシリンダによって発生した上向きの直線動力を下向きの直線動力に変換し、グリッパまで伝える伝動装置が必要となる。そこで直線の動きを回転力に変換するラックアンドピニオンを選定する。

ラックアンドピニオンの原理を図4に示す。1つのピニオンに2つのラック(ラック1, ラック2)を組み合わせることで、ラック1を上にあげるとラック2が下に下がり、逆にラック1を下に下げるとラック2が上に上がるという仕組みである。したがってラック1をエアシリンダのロッドに、ラック2はグリッパに取り付けることによって、エアシリンダによって発生した上向きの直線動力を下向きの直線動力に変換し、グリッパまで伝えることが可能になる。

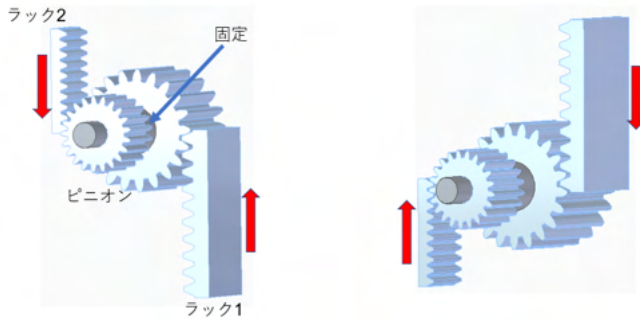


Fig.4 Rack-and-pinion principle

把持接近連動機構を用いたロボットハンドの構造図を図4.2に示す。ピニオンは2つの異なる大きさのものを固定しており、ロッドの可動域が50mm、閉じ時のグリッパと地面との距離は約30mmであるため、ラック1が50mm上がるとラック2が30mm下がるようピニオンの大きさを調節した。

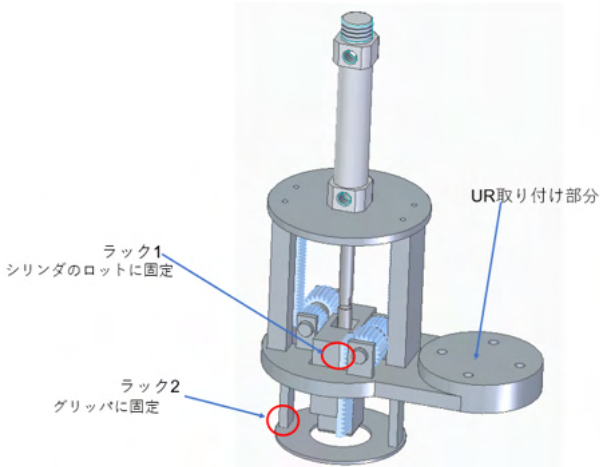


Fig.5 Structure of a robot hand with closing and approaching coordination mechanism

次に把持接近連動機構を用いたロボットハンドが閉じる様子

を図6に示す。シリンダのロッドが上がりグリッパが閉じると同時に、グリッパの位置が下に下がっていることが分かる。これによってグリッパが常に地面に接触しながら閉じる動作が実現された。この把持接近連動機構をロボットハンドに組み込むことによって、閉じ時のグリッパと地面との距離を約30mmから約0mmにすることができた。

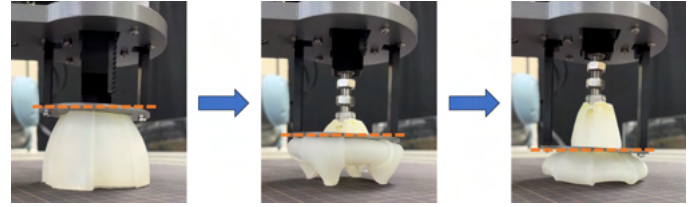


Fig.6 Closing motion of robot hand

### 4 布の把持実験

開発を行ったグリッパのみを用いてタオルの把持実験を行った。URロボットにロボットハンド1つを取り付け1か所からタオルを把持し、正確に把持でき運送できるかどうかのみを検証した。実験結果を図7に示す。グリッパが座屈時にタオルから離れてしまったため、タオルとの摩擦を使ってタオルをグリッパ内側に引きずり込むことが難しく正確に把持できなかった。

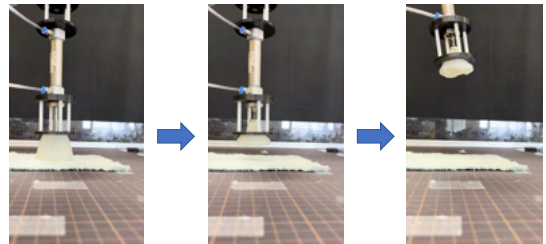


Fig.7 Grasping experiment using gripper alone

次に把持接近連動機構を用いたロボットハンドでタオルの把持実験を行った。実験方法は前節と同じようにURロボットにロボットハンド1つを取り付け1か所からタオルを把持し、正確に把持・運送できるかどうかのみを検証した。実験結果を図8に示す。把持時にグリッパが常に布に接触しながら閉じるため、タオルをうまくグリッパ内側に引きずり込む。結果として、布を正確に把持・運搬することができた。

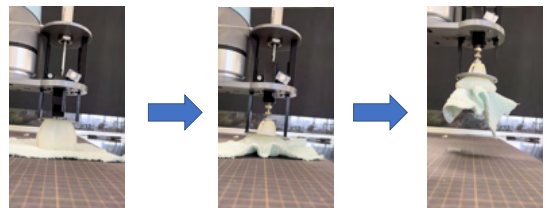


Fig.8 Grasping experiment using a robot hand with closing and approaching coordination mechanism

### 5 複数の布の把持

次に布製品を機械に移送させる作業や箱詰めすることを想定し、まっすぐ広がったタオルを重ね合わせ1枚ずつ把持できるかを検証する。布を4枚重ねて1枚ずつ把持できるかどうかを5回実験する。またこのとき、グリッパの把持位置を図9で示すようにそのとき把持する布の位置に設定して実験を行う。

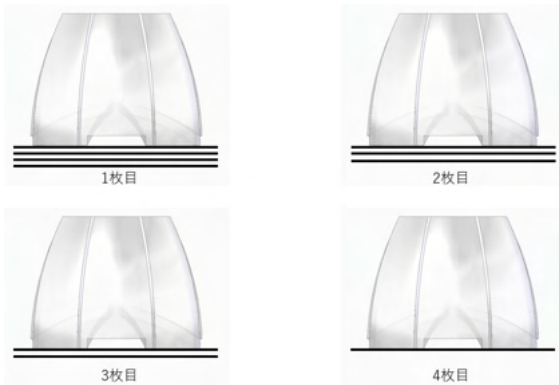


Fig.9 Grasping position at each height of the towel

Table 1 Grasping experiment results based on the grasping position at each height of the towel

1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
○	○	○	○	○

(成功: ○ 失敗: ×)

表1に示すように実験成功率は100%となった。把持位置をその時把持するタオルの位置に設定しているため、グリッパがタオルを押さえつけることはない。したがってタオルを数枚同時にはずすことなく、1枚ずつ正確に把持することに成功した。このように把持接近運動機構を用いたロボットハンドはただ布を把持するだけでなく、把持位置に注目することによって複数の重なった布を1枚ずつ正確に把持・運搬することに成功した。

以上述べた通り、グリッパのみを用いた場合と比べて、把持接近運動機構を組み込んだロボットハンドを用いた方が確実にタオルを把持できることが分かった。把持接近運動機構はグリッパを常にタオルと接触しながら閉じさせる。また把持するとき、グリッパの位置を下げることでタオルを下に押し付ける。それによりタオルとグリッパの間に大きな摩擦力が発生するため、確実に布をグリッパ内側に引き込み把持することを実現した。

## 6 布の搬送

前節までの把持実験では布を把持することだけに注目し、把持後の布の状態には注目していなかった。しかし布製品を機械に移送させる作業や箱詰めの実用化を考えるとタオルの形状を崩さずに把持・運搬することが必要となる。したがって今回はまっすぐ広がった布を2枚重ね合わせ、形を保ったまま把持・運搬できるかを検証する。

グリッパを4つ用いて布の端4か所を把持する。このとき図10のようにグリッパは布を内側に引きずり込んで把持するため、同時にグリッパが閉じると赤い矢印の部分の布が引っ張り追う状態になるため、うまく布をグリッパ内側に引きずり込めず把持できないことが懸念される。

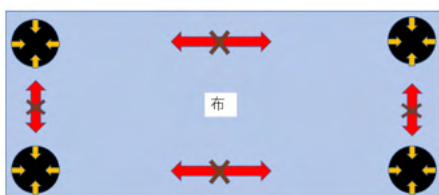


Fig.10 Force applied to the fabric by the gripper during closing

まずは伸縮性のある素材のタオルを把持する。縦35mm、横40mmの大きさのタオルを把持対象物とする。この時グリッパの大き

さを直径80mmから60mm、高さを50mmから40mmに変更した。グリッパの把持位置をそのときの把持対象のタオルに高さに設定し、把持実験を5回行った。

Table 2 Grasping experiment results using multiple robot hands

1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
○	○	○	○	○

(成功: ○ 失敗: ×)

表2に示すように実験成功率は100%となった。実験の様子を図11に示す。タオルは伸縮性のある素材であるため、引っ張り合う力が発生してもタオルが伸びることによりタオルをグリッパ内側に引きずり込むことができた。したがってタオルの形状を崩さずに把持・運搬することができた。

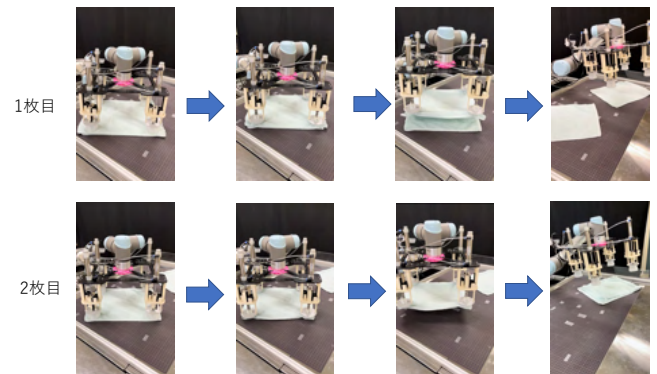


Fig.11 Grasping experiment using multiple robot hands

次に伸縮性のない素材の布を把持した場合どうなるか検証する。縦35mm、横40mmの大きさのポリエステル布を把持対象物とする。まっすぐ広がったポリエステルの布を2枚重ね合わせ、形を保ったまま把持・運搬できるかを検証する。ポリエステルの把持位置をその時の把持対象の布に高さに設定し、把持実験を5回行った。

Table 3 Grasping experiment results of polyester fabric using multiple robot hands

1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
×	×	×	○	×

(成功: ○ 失敗: ×)

表3より実験成功率は20%となった。布が伸び縮みしないため引っ張り合う力が発生するため、布をうまくグリッパ内側に引きずり込むことができなかった。

次に把持時の布の引っ張り合う力を無くすため、グリッパを4つ同時に閉じるのではなく1つずつ順番に閉じる方法を試す。ロボットハンドに組み込んでいる4つのエアシリンダに接続している空気圧チューブの長さをそれぞれ変え、URロボットから発せられた空気がエアシリンダに届くまでの時間をそれぞれ変えることによってグリッパを1つずつ順番に閉じる。この方法で計5回把持実験を行った。

Table 4 Results of polyester fabric grasping experiment by sequentially closing the grippers

1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
×	○	○	○	○

(成功: ○ 失敗: ×)

表 12 より実験成功率は 80 % となった。実験の様子を図 5.9 に示す。グripper を 1 つずつ順番に閉じることによって、把持時の布の引っ張り合う力が発生しなくなりうまく把持・運搬できた。これによりタオルに限らず伸縮性のない素材が把持対象物であっても、複数のロボットハンドを用いて形を保ったまま 1 枚ずつ把持・運搬できることが分かった。

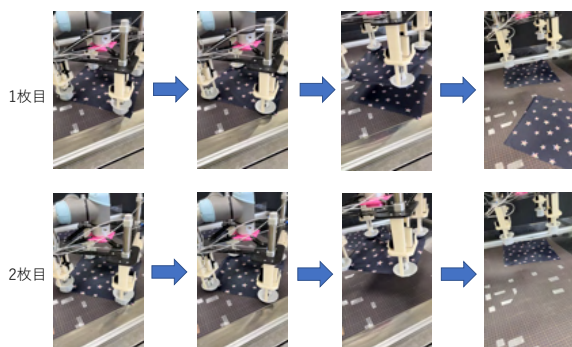


Fig.12 Polyester grasping experiment by sequentially closing the grippers

## 7 結言

本項では把持接近連動機構を用いたロボットハンドによる布の把持の研究を行った。布の把持方法として、2 爪構造で挟み込んでの把持や上から包み込んでの把持は厚さが無い物体には困難と考えた。そこで本研究は Gripper と布との間の摩擦を使って把持する方法を考えた。側面に凹凸を付けた円形の Gripper の内側をエアシリンダによって上に引っ張ると左右上下対象に座屈するというものである。しかしこの Gripper で布を把持すると座屈時に Gripper が布から離れてしまい把持できなかった。Gripper が常に布に接触しながら閉じるには、Gripper の座屈と Gripper の位置を下げる動作を連動させる動作が必要である。その条件を満たすために把持接近連動機構を考案した。ラックアンドピニオンを使用することによってエアシリンダが上がる、つまり Gripper が座屈すると同時に Gripper を下に下げる伝動装置である。これによって常に布に接触しながら Gripper が閉じるため、Gripper と布の間に発生する摩擦力を常に一定に保ちながら把持することが可能である。

## 参考文献

- [1] 柴田瑞穂, 太田剛士, 平井慎一: 「摘み滑り動作を利用した布地の展開動作」日本ロボット学会誌 Vol. 27 No. 9, pp.1029~1036, 2009
- [2] "MEKASYS" <https://www.mekasys.jp/feature/detail/?id=28>
- [3] "立命館大学インタラクシオン研究室布把持ビジョン" <https://www.i.ci.ritsumeai.ac.jp/wp/cloth-handling>
- [4] "ROBOTDIGEST" <https://www.robot-digest.com/newarticle/?id=1566905291-558110>