

掬い込みバイディングハンドの提案

○古田晴規（立命館大学） 王忠奎（立命館大学） 平井慎一（立命館大学）

1. 緒言

近年、一人暮らしをする人の増加を理由にコンビニ弁当の需要が増加しており、弁当工場での生産数が増加している。一方で、食品工場での作業は現在も手作業が中心であり、人手不足が問題となっている。そのため、ロボットを導入した作業の自動化が検討されている。食品は個体による形状や重さのバラつきがあり、従来の剛体を用いたロボットハンドでは把持が困難である。そこで、食品を把持するための柔らかい素材でできたハンドの研究が進められている。しかし、従来のソフトグリップ[1]では、滑りやすい食品や変形したり破壊されやすい食品の把持は難しい。そこで、バイディングハンド[2]の対象物を糸で取り囲む機能と、下部に薄い板を滑り込ませて対象物を下から支える機能を組み合わせることで、対象物を全面的に囲い込むことができる掬い込みバイディングハンドを提案する。2章では掬い込みバイディングハンドの構造と把持方法について説明し、3章では食品サンプルを用いた初期把持実験の結果と考察について説明する。

2. 掬い込みバイディングハンド

2.1 原理

提案するハンドの目的は、生牡蠣等の脆弱水産物を把持することである。脆弱水産物のような柔らかくて壊れやすい食品は、容易に形状が変化するため、掴んでも形を変えて落ちてしまい、柔らかいものに適したハンドでも把持することが難しい。その課題を解決するため、指で掴むのではなく糸で囲むようにして把持するハンドを考案した。従来のバイディングハンド[2]は1本の糸で対象物を囲んで把持する。一方、掬い込みバイディングハンドは数本の糸を用いて対象物を全方面から覆うようにして把持する。これによって、変形しやすい対象物であっても全方面から力を加えることができ、対象物の変形を起こさずに把持することが可能である。提案するロボットハンドが目的を達成した場合、水産物を扱う工場などで使用することで、作業をロボットによる自動化に置き換え、人手不足を解消することができる。

2.2 構造

図1に掬い込みバイディングハンドの概観を示す。まず、ハンドの作成方法を説明する。提案するハンドは3Dプリンタで作成した3種類の部品と、伸縮性のある糸（バイディング糸）、そして空気圧アクチュエータによって構成されている。3Dプリンタで作成したパーツは空気圧アクチュエータと接続するパーツ、バイディング糸を通しハンドの4隅に配置するパーツ、そして対象物の下に入って掬うための板である。ハンドが接地面からの反力によって破壊されないために、バイディング糸を通すパーツにバネを付けることで、ハ

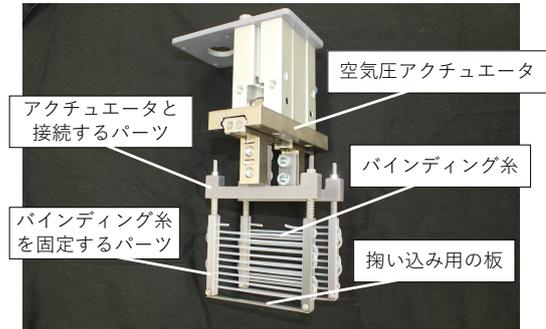


図1 ハンドの概観

ンドが反力を吸収できるようになっている。これらを組み合わせてハンドの枠組みを作り、そこにバイディング糸を往復させるように張ることで、片側の構造ができる。そうしてできた構造物を空気圧アクチュエータの可動部に一つ取り付けることで、ハンドが完成する。ハンドに用いる空気圧アクチュエータには開閉用に2つの空気流入口が設けられており、正圧を印加する流入口を切り替えることで開閉ができる。

2.3 把持方法

図2に把持前後の糸の変化を示す。図2はハンドの正面からみた図であり、ハンドが動く方向に糸が変化の様子を示している。ハンドが閉じると糸が対象物に接触し、図2のように対象物を全方向から包み込む。このとき、対象物には接触点から中心方向に向かった力が働いているため、対象物の動きは力が釣り合う場所で止まる。そして、ハンドを閉じた状態を維持することで安定した状態を保つことができるため、対象物をハンドの中に収め続けることが可能である。また、ハンドを持ち上げた時に把持状態を維持するためには、対象物の重さに耐える下からの力が必要であり、バイディング糸のみでは支えるのが難しいと考えられる。そのため、ハンドが閉じると同時にハンド下部の薄い板を対象物の下に滑り込ませることで、対象物の重さに耐えることが可能となる。このように、掬い込みバイディングハンドは対象物をハンドに乗せた状態で糸による周囲からの力によって、対象物を把持する仕組みである。

3. 把持実験

3.1 実験目的および実験方法

実験目的は、掬い込みバイディングハンドの掬い込み動作が正しく機能するかを確かめることである。そのため、ロボットアームの自動運転を用いて食品サンプルを把持する実験を行う。ハンドが対象物を把持し、そのまま持ち上げて別の位置に対象物を置くまでを1回の実験とする。本実験で用いた食品サンプルは、

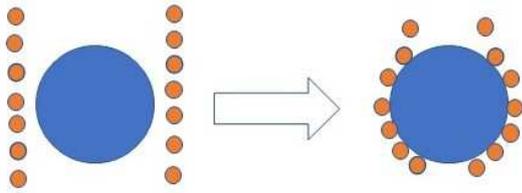


図2 把持前後の糸の変化

ハンバーグ、カラアゲ、卵焼きの3種類である。それぞれの食品サンプルに対して10回ずつ把持実験を行う。卵焼きのサンプルは向きが把持に与える影響が大きいため、縦向きと横向きで分けて実験を行う。

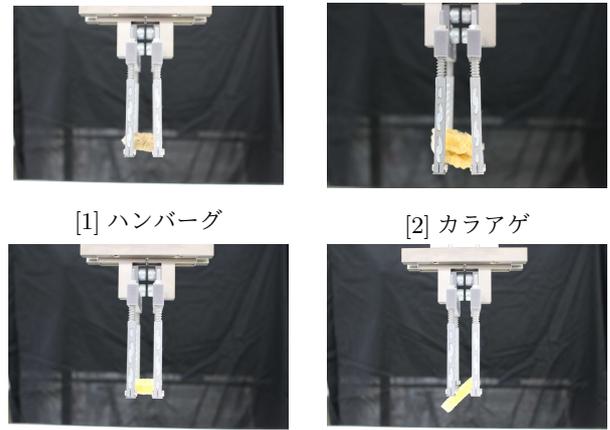
3.2 実験結果及び考察

図3にそれぞれの食品サンプルを把持した際の様子を示す。また、表1に実験結果を示す。○は把持に成功し対象物の移動も成功した場合、△は把持は成功したが途中で落ちるなどして移動が完了しなかった場合、×は把持に失敗した場合を表す。

実験結果より、概ね掬い込みによる安定した把持が可能であることが分かった。ハンバーグやカラアゲといった比較的大きさのある対象物に対して、バイディングの効果が高く、安定した把持が可能であることが分かる。また、ハンバーグやカラアゲは接地面に対して平らではないため、掬い込みしやすい点も安定した把持に良い影響を与えていると考えられる。しかし、卵焼きの実験の場合は、掬い込みの板が対象物の下にうまく入り込まず、板が対象物の側面を挟むことで把持する場面があった。これは、ハンドと接地面との摩擦によってハンドがなめらかに閉じず、板に角度がついたためであると考えられる。よって、ハンドと接地面との摩擦を低減することが必要である。また、卵焼きを横向きに置いた場合の実験結果より、ハンドの幅と同じ程度の長さを持った薄い対象物の場合、ハンド下部の板が滑り込まずに対象物を押ししまい、その結果、反対側の糸と板の間に挟まってしまうことが分かった。よって、薄くて長い対象物の場合糸の間隔をより狭めるか、やはり摩擦を低減して板が対象物の下に滑り込みやすくする必要があると考えられる。

4. 結言

本提案では、脆弱水産物を把持することを目的とした、対象物を囲い込む機能と薄い板を滑り込ませることで対象物を下から支える機能を同時に実現して、対象物を把持する掬い込みバイディングハンドについて説明した。ハンドの作成は、3Dプリンタで作った部品とバイディング糸と空気圧アクチュエータを用いて行った。把持方法は数本のバイディング糸による囲い込みで対象物を安定した位置に移動させ、ハンド下部の薄い板によって下から支えることである。実験の結果より掬い込み機能が安定した把持を達成することが確認することができたが、対象物の特徴によっては板が入り込むことができず、板で挟んでしまう場合や、把持できない場面があった。そのため、対象物に



[1] ハンバーグ

[2] カラアゲ

[3] 卵焼き (縦)

[4] 卵焼き (横)

図3 把持の様子

表1 実験結果

	ハンバーグ	カラアゲ	卵焼き (縦)	卵焼き (横)
1	○	○	○	△
2	○	○	○	×
3	○	○	○	△
4	○	○	○	×
5	○	○	○	×
6	○	○	○	×
7	○	○	○	×
8	○	○	○	×
9	○	○	○	△
10	○	○	○	△

よらない把持を可能とするために、掬い込みしやすいハンドの構造を検討する必要がある。また、接地面との摩擦によるハンドの動きづらさも課題であり、今後は摩擦低減のための材料変更を考えている。

謝辞 本研究の一部は、内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」(管理法人: NEDO) によって実施されました。ここに関係者に謝意を表します。

参考文献

[1] Zhongkui Wang, Yuuki Torigoe, and Shinichi Hirai : "A Prestressed Soft Gripper: Design, Modeling, Fabrication, and Tests for Food Handling", IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 2, Issue 4, pp. 1909-1916, 2017.

[2] Hisashi Iwamasa and Sinichi Hirai : "Binding of Food Materials with a Tension-Sensitive Elastic Thread", Proc.IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.4298-4303, 2015.