

複数きゅうりの同時把持と箱詰め作業を目的とした 薄型離型フリーシェルグリッパの提案

Proposal for Thin Shell Gripper Fabricated by Demolding-Free Casting for Handling and Packing Multiple Cucumbers Simultaneously

○学 青山 大樹 (立命館大) 正 王 忠奎 (立命館大) 正 平井 慎一 (立命館大)
Hiroki AOYAMA, Ritsumeikan University, rr0106hp@ed.ritsumei.ac.jp
Zhongkui WANG, Ritsumeikan University
Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

Soft grippers, including the conventional parallel shell gripper, are fabricated using traditional rubber casting process. In this research, we propose a demolding-free casting approach that does not require demolding silicon rubber from the mold. The rigid shell component serves as not only the mold for casting but also a part of the shell gripper. By using the proposed fabrication approach, shell gripper with thin structure can be realized, which is very essential for grasping objects in a clustered scenario. Experiments on grasping and packing multiple cucumbers simultaneously were conducted to evaluate the performance of the fabricated shell gripper.

Key Words: Soft gripper, handling food, gripper fabrication

1 緒言

現在、日本では少子高齢化が急速に進み、それに伴う労働人口の減少が顕著である。人手不足を補うために、ロボットによる仕事の代替が強く望まれている。自動車業界や電気電子産業では、生産ラインにロボットを導入することで、自動化・省人化が進められてきた。ロボットは、個体差のない商品の正確なハンドリングや、単純作業を効率的に行うことが可能である。農作物の選果場においても、大体の形が既知で、表面形状がある程度同じ農作物の選別や箱詰め作業は、すでに自動化されている。一方で、個体差のある食品や農作物を失敗することなく、正確にハンドリングすることは困難である。また、食品を扱うソフトグリッパは、概形が既知の食品に限られ、グリッパの駆動にも広い空間が必要である。しかし、実際の食品や農作物を扱う現場では、対象物間の距離が狭い場合が多い。そのため、多くの食品把持用のソフトグリッパは、対象物の安定把持は可能であっても、食品バラ積みピックアップや対象物間の距離が近い狭空間での作業に向いていない [1]。したがって、狭空間で駆動可能な薄型のソフトグリッパの開発が必要とされている。

先に述べた個体差のある農作物として、きゅうりが挙げられる。きゅうりは時期によって、表面形状や太さ、大きさが異なるため、ロボットによるハンドリングが難しく、選果場での自動化が進んでいない農作物の一つである。現在、きゅうりの箱詰め作業において、吸着パッド式ハンドが使用されている。吸着パッド式ハンドでの把持失敗は全体の二割を占め、箱詰めされなかったきゅうりは人の手で箱詰めされているため、結果的に自動化・省人化の実現には至っていない。以上のことより、空間に制約が存在する中で、きゅうりの箱詰め作業を効率的に行える薄型のソフトグリッパの開発が必要である。本研究では、すでに開発されている平面シェルグリッパをもとに構造を変更することで、シリコンゴムが硬質部品から剥離し、空気漏れを起こしにくい離型フリー製法の薄型シェルグリッパを開発した。

2 平面シェルグリッパ

2.1 定義と駆動原理

図1に示すように、樹脂や金属で作製した硬質部品とシリコンゴムで作製した柔軟部品を組み合わせたグリッパを総称して、“シェルグリッパ”と定義する。特に、図1に示すように外観が平面状のシェルグリッパを“平面シェルグリッパ”と呼称する。外殻となる硬質部分を有することで、柔軟膜の膨張が一方に限定できる。

すでに開発されている環状シェルグリッパ [2] や従来製法の平面シェルグリッパ [3] と同様に、柔軟部品と硬質部品の間の空気



Fig.1 Parallel Shell Gripper.



Fig.2 Operating Principal.

室に空気を印加し、表面の柔軟膜を膨張させることでグリッパが駆動する。駆動の様子を図2に示す。

2.2 従来製法

我々の研究チームが開発した従来の平面シェルグリッパの作製は、三つの工程から成る [3]。第一工程では、二種類の樹脂製の型に液体シリコンゴムを流し込み、硬化させることで二種類のシリコンゴムを成型する。第二工程では、第一工程で完成した二種類のシリコンゴムを接着することで柔軟部品が完成する。最後に第三工程では、瞬間接着剤を用いて柔軟部品やチューブを硬質部品と接着することで、組立を行う。

従来製法の問題点として、作業工程が多く作製に時間を要することや、第二工程の接着が手作業のためグリッパの完成精度が良くないことが挙げられる。グリッパに個体差があると、駆動した際に柔軟膜のふくらみ量に個体差が生じる原因となる。

2.3 薄型離型フリーシェルグリッパの内部構造

図3に示すように、薄型離型フリーシェルグリッパの内部構造は、“Shell”、“Silicon”、“Air Path”に分類される。なお、硬質部品が“Shell”であり、柔軟部品が“Silicon”である。従来製法は、柔軟部品が硬質部品から剥離すると、そこから空気漏れが起き、駆動不能になっていた。一方で、離型フリー製法は、“Shell”の中間層の上面と下面をシリコンゴムで囲む構造のため、シリコンゴムが外殻部分から外れ、空気漏れを起こしにくいという特徴がある。

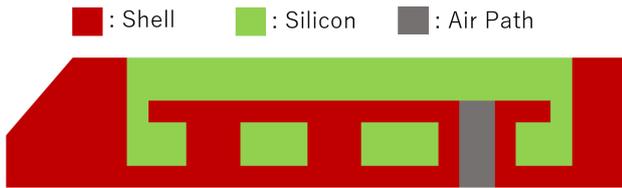


Fig.3 Internal structure of the shell gripper in a section view.

2.4 離型フリー製法

図4に示すように、離型フリー製法は三つの工程から成る。第一工程では、二種類の硬質部品を瞬間接着剤で接着することで、鋳型かつ外殻部品が完成する。第二工程では、外殻部品に液体のシリコンゴムを流し込み、上部からアクリル板で加圧しながら硬化させる。ただし、液体シリコンゴムは、Smooth-On社製の”Dragon Skin 20”を使用する。最後に第三工程では、チューブを接着することで薄型離型フリーシェルグリッパが完成する。シリコンゴムの成型と硬質部品との接着の工程を排除し、グリッパ作製時間の短縮が可能となる。

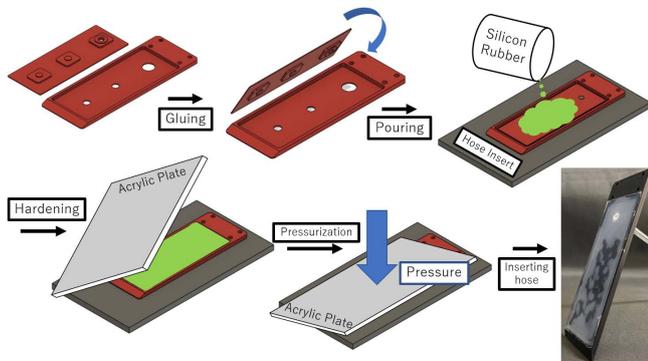


Fig.4 Demolding-free casting method.

3 グリッパの性能評価

3.1 複数きゅうり同時把持実験

5本の食品サンプルのきゅうりを同時に把持する方法を考える。太さ34mmまでのきゅうりを把持対象とするため、対になるグリッパ間の距離を40mmとする。また、図5のようにウェーブコンベアと接触しない位置に幅40mmのグリッパを配置する。

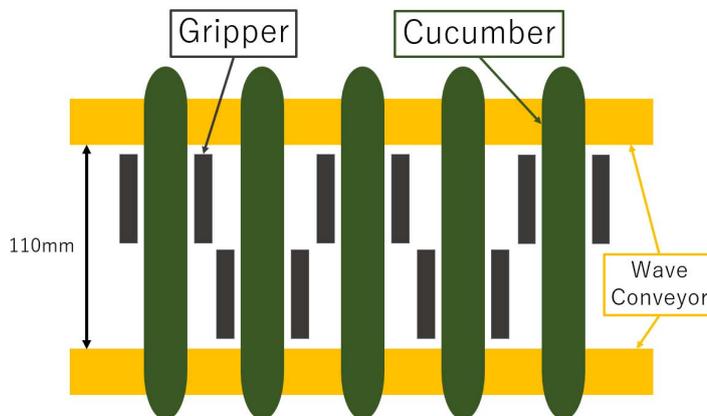


Fig.5 Cucumber layout upon grasping.

5本の食品サンプルのきゅうり同時把持の結果、図6のようにグリッパが外側にたわんだものの、全てのきゅうりの把持を確認



Fig.6 Grasping multiple cucumbers.

できた。グリッパが樹脂製のため強度が弱く、きゅうりを把持した際にたわみが生じたと考えられる。強度の強い材質でグリッパを作製するとたわみの問題を解決できると推測できる。安定把持のために、グリッパの中心より上部できゅうりを把持できる位置までハンドを降ろすことが重要である。また、グリッパの配置の関係により、きゅうりの重心で把持できないため、きゅうりを地面と平行のまま把持することが困難であった。グリッパの幅を変更し、2点把持と1点把持を交互に配置するなどの改良が必要である。

3.2 複数きゅうり同時箱詰め実験

本実験は、5本の食品サンプルのきゅうりを同時に箱詰めすることを想定する。最初に、3.1節にて食品サンプルのきゅうりを把持したハンドを箱の上部に移動させ、エアシリンダを閉じることできゅうりの中心間距離を40mmにする。次に、可能な限り箱の底面までハンドを下降させる。最後に、グリッパのチャンバー内の空気を大気へ排気することで、きゅうりを脱離させ、箱詰めを行う。

きゅうり箱詰め実験の結果、散らばることなく、全てのきゅうりが同一方向に並んでいることが確認できた。

4 結言

シリコンゴムの成型と硬質部品との接着の工程を排除した離型フリー製法を提案した。離型フリー製法を採用することで、バラ積みピッキングや対象物間の距離が近い狭空間において駆動可能なグリッパの薄型化を実現できた。また、離型フリー製法で作製したグリッパにおいて、十分なふくらみ量ときゅうりの把持安定性を確認できた。しかし、空気印加と排気に時間を要するため、時間短縮を目的とした改良が必要である。今後の展望として、実際のきゅうり選果場での実用化に向けた改良や、他の食品の把持への応用などが挙げられる。

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) によって実施された。この場をお借りして、関係者に謝意を表す。

参考文献

- [1] Z. Wang, Y. Torigoe, S. Hirai, "A prestressed Soft Gripper: Design, Modeling, Fabrication, and Tests for Food Handling", IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.2, No.4, Oct. 2017.
- [2] Z. Wang, R. Kanegae, S. Hirai, "Circular Shell Gripper for Handling Food Products", Soft Robotics, Vol.8, No.5, 2021.
- [3] R. Kanegae, Z. Wang, S. Hirai, "A Easily Fabricatable Shell Gripper for Packing Multiple Cucumbers Simultaneously", IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics, September 28-29, 2020.