

きゅうりの箱詰め作業を目的とした接着レス薄型平面シェルグリッパの開発

Development of a Gluing-less Flat Shell Gripper for Cucumber Packaging

○学 鐘江 峻 (立命館大) 正 王 忠奎 (立命館大) ◎正 平井 慎一 (立命館大)

Ryo KANEGAE, Ritsumeikan University, rr0065ih@ed.ritsumeikan.ac.jp

Zhongkui WANG, Ritsumeikan University

Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

In this research, a gluing-less shell gripper is proposed for packaging multiple cucumber simultaneously. The proposed shell gripper consists of multiple thin flat fingers which were constructed by a thin shell and a soft chamber. The flat finger can be pneumatically inflated for the purpose of grasping objects. The flat finger was fabricated by only one-time casting process without demolding and gluing operations. This makes the gripper easy to be fabricated and having a thin geometry. The durability and pressure resistance were tested, and packaging experiments were performed to demonstrate the effectiveness of the proposed shell gripper.

Key Words: Soft robot, grasping, food industry, gripper fabrication

1 緒言

近年, 日本では少子高齢化による労働人口の減少が問題となっており, 生産システムの省人化を目的とした各産業へのロボットの導入が強く望まれている. ロボットによる作業の一つに, 物体のハンドリングと搬送作業がある. 対象物が定型であり, 変形しにくい素材で製造されている場合は自動化設備の導入が比較的容易であるため, 一定レベルでの省人化が達成されてきた. また, 従来対象物の脆弱性や個体差の観点からハンドリングが難しいとされていた食品産業においても, 柔軟な素材で構成し, 物体形状に合わせて変形することで食品の搬送を可能とするソフトグリッパの開発により, 自動化設備の導入が期待されている. しかし, 現在市販されている各ソフトグリッパはコストや駆動時間, 梱包時のスペースの問題から, 現状食品の搬送ラインで主に使用されている吸着パッドの代替をするに至っていない. そのため, 吸着パッドと同等かそれ以上の把持安定性を確保し, 小型で製造コストが低く, 駆動時間が短いソフトグリッパが求められている. 以上の背景から, 食品産業にも対応可能な様々なソフトグリッパが世界中で研究されている [1][2].

本研究では, すでに開発されていた環状シェルグリッパの構造をもとに, 現在吸着パッドにより出荷箱への梱包作業を行っているきゅうりの出荷ラインに適応した平面型シェルグリッパを開発した. また, 従来のシェルグリッパの製法で必要であった, シリコンパーツ同士の接着による一体化工程を排除し, さらなる薄型化と製造コストの低減に加え, 製作精度の向上によるばらつきを抑えた接着レス薄型平面シェルグリッパの開発を行った.

2 接着レス薄型平面型シェルグリッパ

2.1 シェルグリッパの基本動作原理

我々の研究チームがすでに開発していた, 食品把持用の環状シェルグリッパの駆動原理をもとに平面形状のシェルグリッパの設計製作を行った. 従来の環状シェルグリッパは, 加圧によって内側に膨らむことにより, 食品への接触および把持を行っていた. 環状シェルグリッパは, 加圧による駆動で対象物への接触を行う把持部と, ロボットアームへの取り付けを行う外殻部とで構成されている. 把持部は柔軟素材であるシリコンゴムで作られており, 空気室を内包しているため加圧によって変形を行う. 外殻部は樹脂素材で構成され把持部の外側に配置されており, 加圧によって変形した把持部の変形方向を内側へと限定化する役割を持つ. 環状シェルグリッパを図 1 に, 加圧時の駆動モデルを図 2 に示す. 以下, 把持部と外殻部を各々柔軟部品, 剛体部品とし, この二つの構成部品を持つ食品把持用途のソフトグリッパをシェルグリッパとする.

2.2 従来の方法による平面シェルグリッパの製作と問題点

我々の研究チームでは, 環状シェルグリッパを含めたシリコンゴムによる食品把持用グリッパを型成型によって作られた複数の

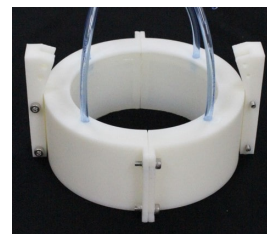


Fig.1 Annular Gripper

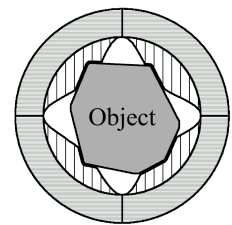


Fig.2 Operating principle

パーツを同素材によって接着し, 一体化することで空気室を構成している [3]. 従来の製作方法は, 主に, 型による”成型”, パーツ同士の”接着”, 剛体部品と柔軟部品の”組立”の三行程へと細分化できる. 従来手法の各工程を図 3 に示す. この方法で製作された平面シェルグリッパは,

- 空気室を構成するために二つの柔軟部品を使用する必要があるため厚くなり, 狭小空間へと対応しにくい
- 接着行程時に手作業により空気室の大きさや接着強度の誤差が生じやすく, 個体差が大きくなる

といった問題が生じた.

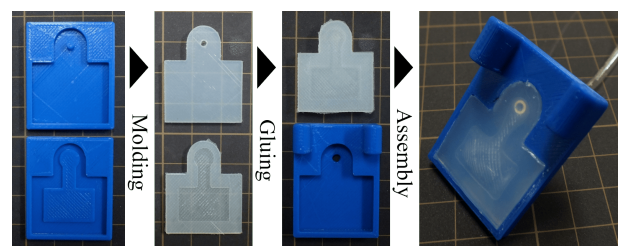


Fig.3 Conventional fabrication process

2.3 新規提案方法による接着レス薄型平面シェルグリッパの製作

節 2.2 にて示した問題点を解決するため, 従来の製作方法にて必要な工程であった, ”接着”並びに”組立”行程を排除した新規製作方法を提案する. 新規製作方法では, 成型に用いていた型と剛体部品を一体化することにより, 型による”成型”の工程のみで従来の方法で製作されたグリッパと同一の機能を持つ平面シェルグリッパを製作することができる. この方法により製作した平面シェルグリッパを, 以下”接着レス薄型平面シェルグリッパ”とし, 製作工程を図 4 に示す. また, 従来方法と新規提案方法により製作した各グリッパの断面図を図 5 に示す. この方法では, 柔軟部

品と剛体部品との間に層に圧縮空気を印加し、空気室と同等の機能を有することでグリッパを薄くすることが可能である。さらに、“接着”工程を排除することによりグリッパの駆動特性に関して個体差を抑制することができる。

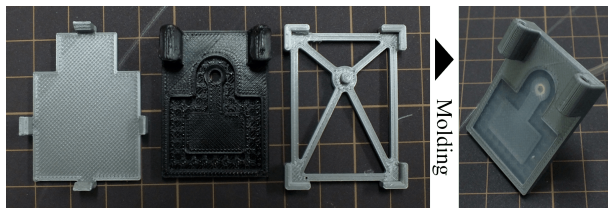


Fig.4 Proposed gluing-less fabrication process

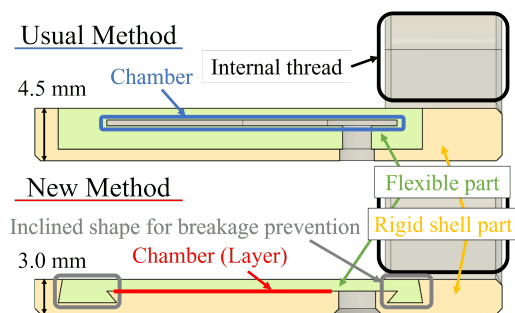


Fig.5 Comparison of the finger cross-section between the conventional and the proposed fabrication processes

3 グリッパ特性の評価

3.1 圧力によるふくらみ量の計測

製作した接着レス薄型平面シェルグリッパの駆動の様子を、図6に示す。従来方式と新規提案方式にて製作した二種類の平面グリッパの印加圧力とふくらみ量の関係の実測値を、レーザー測距センサを用いて5個ずつ計測した。計測した結果から求めた、10 kPa、30 kPa、および50 kPa時の平均値および標準偏差を表1に示す。表より、新規提案方法により作成された接着レス薄型平面シェルグリッパは従来方式のものとは比べ、標準偏差の値が小さいことから個体差が少ないことがわかる。

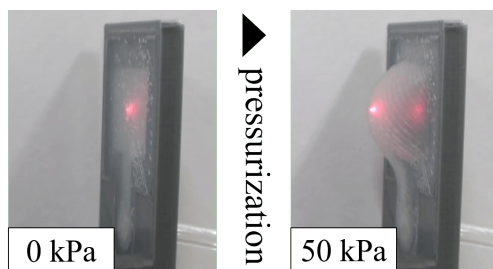


Fig.6 Measurement of the finger inflation

3.2 耐圧性能および耐久性能の評価

節3.1にて用いた実験環境にて、グリッパの耐圧試験を各々5個ずつのグリッパに対して行った。測定した計測値の標準偏差は、新規方式のグリッパでは2.76、従来方式のグリッパでは30.15であり、問題点であったグリッパの個体差に関して、従来方式から改善されていることがわかる。また、耐久性能に関して、同実験環境にて一つのグリッパに対して50 kPaの圧力を10万回印加した際のふくらみ量の変化を計測した。計測結果は1回目が4.50mm、5万回目は4.44mm、10万回目は4.38mmであり、ふくらみ量にわずかな現象は見られたものの性能としてはほぼ変化

Table 1 Relationship between the applied air pressure and the averaged deformation with standard deviation.

印加圧力		10 kPa	30 kPa	50 kPa
平均値 [mm]	新規方式	1.85	3.17	4.20
	従来方式	1.37	2.64	3.96
標準偏差	新規方式	0.12	0.14	0.19
	従来方式	0.43	0.38	0.49

しておらず、10万回駆動後も空気漏れなどの破損が見られなかったため耐久性能は十分であるといえる。

3.3 きゅうりの把持実験

農作物であるきゅうりは、収穫時期によっては表面に固い棘が生じ、一般的に使用されている真空吸着パッドでは搬送中に落下するという問題が発生していた。この問題を接着レス薄型平面シェルグリッパにて解決可能であるかどうかの把持実験を行った。4個の接着レス薄型平面グリッパにて一本のきゅうりを持ち上げつつ、同時に5本持ち上げる機構を有した図7に示すエンドエフェクタ製作し、搬送を10回行った。結果は、合計50本中49本の搬送に成功した。落下した1本は、きゅうりの曲率によりグリッパとの接触が不十分であったため失敗したと考えられる。

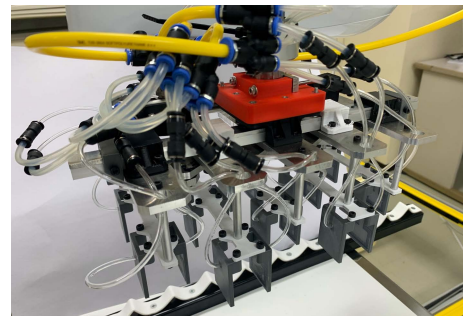


Fig.7 The developed shell gripper

4 結言

従来方式で必要であった“接着”および“組立”工程を排除した、接着レス薄型平面シェルグリッパを開発した。これにより、従来方式により発生していた二つの問題点に対して、各々解決を図ることができた。

今後の展望としては、

- 耐圧性能の低下に伴い最大変位量が小さくなっているため、膜素材の変更や再設計で対処する
- 測距モジュールの統合により、把持対象物への接触情報取得を試みる

といったアプローチが可能である。

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] Shintake, J., Cacucciolo, V., Floreano, D. and Shea, H., “Soft Robotic Grippers,” *Advanced Materials*, vol.30-29, 1707035, 2019.
- [2] 森 佳樹, 和田 晃, 川村 貞夫, “冗長並列駆動薄型柔軟エンドエフェクタの開発,” 第37回 日本ロボット学会学術講演会, 2D2-03, 早稲田大学早稲田キャンパス, Sep. 3-7, 2019.
- [3] Kuriyama, Y., Okino, Y., Wang, Z. and Hirai, S., “A Wrapping Gripper for Packaging Chopped and Granular Food Materials,” *IEEE International Conference on Soft Robotics*, pp.114–119, Seoul, Apr. 14-18, 2019.