

飛び移り座屈を利用した軽量ソフトグリッパの開発

第1報 アクチュエータ部の試作

Development of a Lightweight Soft Gripper using Snap-Through-Buckling
1st Report Prototype of Actuator Part

○ 花守 拓樹 (九大) 正 河村 晃宏 (九大)
正 倉爪 亮 (九大)

Hiroki HANAMORI, Kyushu University, hanamori@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp
Akihiro KAWAMURA, Kyushu University
Ryo KURAZUME, Kyushu University

As an effective way to grasp an object softly and robustly, many soft grippers have been developed and reported. However, it is still difficult to grasp objects that are easily damaged by local contact forces such as fruits. This paper proposes a soft gripper which grasps such easily damaged objects by wrapping around. This approach gives a wide area of contact and reduces local contact forces. Moreover, this gripper is composed of only soft materials and integrally molded. The opening-closing mechanism is realized by using snap-through-buckling. In this paper, we show the design concept and the performance of the first prototype of the gripper.

Key Words: Soft robot, Robot hand, Snap buckling, Manipulation

1 緒言

把持物体の形状になじみ、形状や大きさの個体差にも柔軟に対応するため、エラストマ素材を利用したソフトグリッパの開発が行われている [1][2]。しかし、柔らかい把持対象、特に青果などの傷みやすい物体のハンドリングはいまだに困難である。

本研究では、広範な接触面積を持つソフトグリッパを提案する。対象物体全体を包み込むように把持することで、把持時の局所的な負荷を軽減する。また、飛び移り座屈現象を用いた開閉機構を用いることで、グリッパ全体を柔軟素材で構成し、一体成型を可能にする。飛び移り座屈とは、凸曲面への荷重を加えた際に、ある荷重において凹曲面への裏返りが生じる等の現象をいう。この現象を利用することで、グリッパの変形時にのみ動力が必要な機構を実現することができる。

2 飛び移り座屈を利用したグリッパ

イチゴやモモなど、局所的な負荷によって傷んでしまうものを柔軟に把持するため、対象物体形状に沿ったグリッパの形状を用いる。本稿では、モモ等の球形の果物を対象としているため、グリッパの把持部分を球形にすることで、接触面積の増大を図る。

2.1 動作原理

ソフトグリッパの動作原理を、図1に示す。ソフトグリッパは中空の部分と、切れ込みの入った球殻状の柔軟素材部分で構成されている。動作部分と柔軟素材の接合部にある空間内の気圧を変化させることで、把持部分の一部に飛び移り座屈現象を起し、開閉を行う。

2.2 構成材料の検討

飛び移り座屈の挙動は、材料の硬度や粘性に大きく依存するため、まず、硬度の変化と飛び移り座屈現象との関係について調査を行った。

本研究では、Object350という柔軟素材 3D プリンタを用いた一体成型を目指す。Objet350は、出力する硬度(ショア)を変えることも可能である。この特性を生かすために、最適な硬度や形状を検討する実験を行った。直径 53mm、厚さ 1.5mm、ショア 40,50,60,70,85 の 5 種類の半球殻(図2参照)を造形し、比較実験を行った。材料の粘性については選択できないため、材料の硬度について検討する。図3のように、吸引ポンプと半球殻をチューブで接続した実験装置を製作し、各種半球殻(ショア 40,50,60,70,85)内部の気圧を徐々に下げていき、形状の変化を

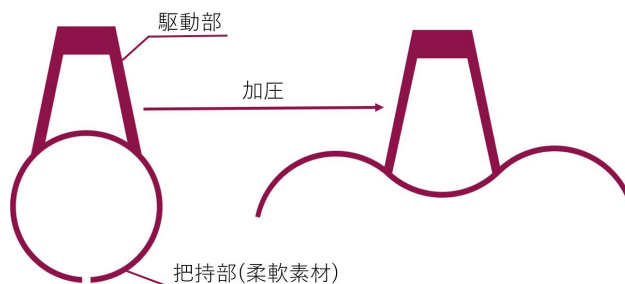


Fig.1 動作原理の概略図(左:加圧前 右:加圧後)



Fig.2 硬度比較用の試材

観察した。変形が始まる際の圧力と、完全に変形した際の圧力をそれぞれ比較することで、球殻の硬度ごとの座屈現象との関係を調査する。

実験の結果を表1に示す、ショア 70,85 の半球殻では、変形開始時(図3左)と変形完了時(図3右)の圧力差が大きく、瞬間的な座屈は発生していなかった。反対に、ショア 40,50 の半球殻では吸引開始直後から変形が始まったことから、形状を保持するだけの構造的な強度が不足していると推察される。これらの結果から、提案するグリッパの製作には、ショア 60 の材料が最も適していると考えられる。



Fig.3 変形時の挙動（左：変形初期 右：変形末期）

Table 1 実験結果

シヨア	40	50	60	70	85
変形開始時の圧力 [kPa]	-1	-1	-1	-3	-12
変形終了時の圧力 [kPa]	-10	10	-15	-25	-60

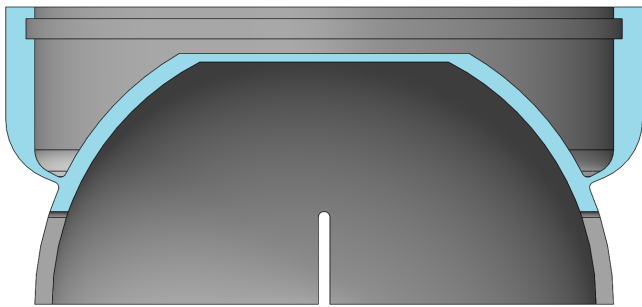


Fig.4 設計図面（断面図）

2.3 実機製作

試作，製造方法の検討で確認したことを踏まえて，実機を製作した．実際に設計したモデルを図4に示す（青色部分が断面）．球殻の頂点から変形が始まるよう，球殻の頂点部分を薄くしている．また，造形時間を短縮するために，グリップ先端部分と座屈部分を分けて出力し，後から接着するという手法を採用した．

設計したデータを，Objet350で造形した．硬度比較実験の結果を踏まえ，シヨアは60に設定した．製作時間の短縮のため，別々に造形した球殻先端部分を接着し，動作部分を金属板で密封することでソフトグリップを動作可能な状態に調整した．

3 動作実験

製作したソフトグリップの挙動の確認や可搬重量の測定を行った（図5参照）．加圧，減圧によって飛び移り座屈が発生し，開閉が行えることを確認した．

可搬重量の測定は，図5に示すような装置で行った．ソフトグリップの球殻とほぼ同じ直径の把持物体を製作し，これに約15gの重りを1つづ追加していき，可搬重量を測定した．実験では150[g]の物体の把持が可能であることを確認した．

4 結言

本研究では，青果などの局所的な接触力によって傷んでしまうような物体を把持するため，広範な接触面積を有するソフトグリップの開発を行った．開閉機構には飛び移り座屈機構を用い，材料の最適な硬度の検討を行った．また，実機を製作し，把持実験及び可搬重量の測定を行った．今後は，可搬重量の増加や，対象物に応じた先端形状の設計手法について検討を行う．

5 謝辞

本研究は，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）によって実施されています．



Fig.5 可搬重量測定実験（左：把持前 右：把持後）

参考文献

- [1] Filip Ilievski, Aaron D. Mazzeo, Robert F. Shepherd, Xin Chen, and George M. Whitesides. "Soft robotics for chemists." *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 50, no. 8,
- [2] Zhongkui Wang, Mingzhu Zhu, Sadao Kawamura, and Shinichi Hirai. "Comparison of different soft grippers for lunch box packaging." *Robotics and biomimetics*, vol. 4, no. 10, 2017.
- [3] Hiromi Mochiyama, Aya Kinoshita, and Ryosuke Takasu. "Impulse force generator based on snap-through buckling of robotic closed elastica: Analysis by quasi-static shape transition simulation." In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 4583-4589, 2013.