

飛び移り座屈を利用した軽量ソフトグリッパの開発

第2報 アクチュエータ部の構造最適化

○花守 拓樹, 河村 晃宏, 倉爪 亮 (九州大学)

Development of a Lightweight Soft Gripper using Snap-Through-Buckling

Part 2: Structural Optimization of an Actuator Part

○Hiroki HANAMORI, Akihiro KAWAMURA, and Ryo KURAZUME (Kyushu University)

Abstract : There have been many reports on soft grippers using elastomer materials as one of the effective methods for grasping while absorbing the shape difference of object. However, it is difficult to grasp objects which is perishable by contacts such as peaches and strawberries. In this study, a gripper that can grasp perishable objects by using load distribution structure composed of a spherical hand and a snap-through-buckling actuator is proposed.

1. 緒言

青果の集荷などの形状の異なる対象を扱う作業では、個々の形状に合わせた把持が必要であり、自動化が難しいという背景がある。そういった対象の形状差を吸収しつつ把持を行うのに有効な手法の一つとして、エラストマ材を利用したソフトグリッパに関する研究がある [1][2]。しかし、イチゴやモモなど、負荷が集中した部分から腐敗が進行してしまうような対象の把持は、既存の手法であっても困難である。

本研究では、対象を包み込むように把持することで負荷の集中を軽減するグリッパを提案する。また、半球殻に生じる飛び移り座屈現象を利用した開閉機構を採用することで、アクチュエータ部から把持部までの一体成型を可能とし、構造の単純化、軽量化を図る。飛び移り座屈とは、自由端に固定された凸曲面の凸側からある一定以上の力で加圧した際、曲面が凹側へと裏返る現象を指す。この現象を利用することで、グリッパの状態が遷移する際にみに動力を必要とし、非動作時は各状態を保持する機構を実現する。

2. 飛び移り座屈を利用したソフトグリッパ

イチゴやモモなど、負荷が集中した部分から腐敗が進行してしまう物体にダメージを与えることなく把持するため、広域な把持部を効率的に開閉するアクチュエータを提案する。本稿では、モモなどの球形の果実を把持することを想定し、ハンド部を球形にしている。

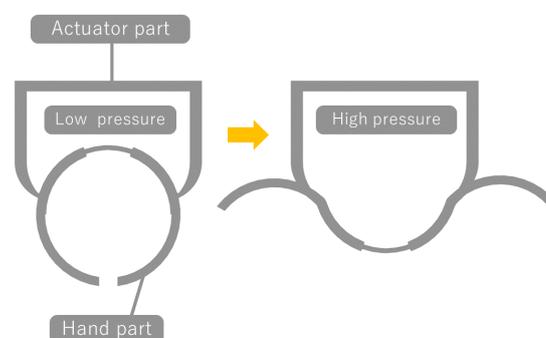


Fig. 1: Operating principle

2.1 動作原理

提案手法の動作原理を Fig.1 に示す。ソフトグリッパは中空のアクチュエータ部と切れ込みの入ったハンド部で構成されており、両者はエラストマ材によって一体成型されている。アクチュエータ部内の空間の圧力を上昇させることでハンド部の曲面に飛び移り座屈を発生させ、グリッパの開閉を行う。

2.2 製作方法

文献 [2] 内で紹介されている、3D プリンタによって造形した型にエラストマ材を流し込み、硬化させるという手法を用いて、上記の構造を実現する。この方法を採用することで、各構造体を一体で造形することが可能となり、密閉性を向上させることができる。

設計時には、ハンド部とアクチュエータ部は別々の工程で設計されている。Fig.2 に示すように、ハンド部の内径

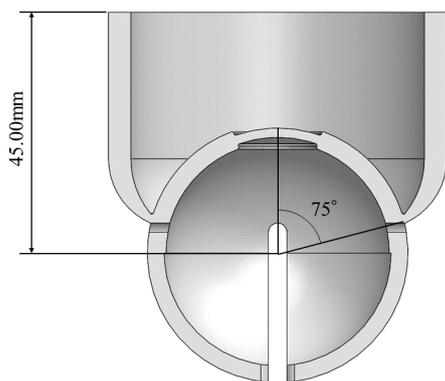


Fig. 2: Design of the gripper

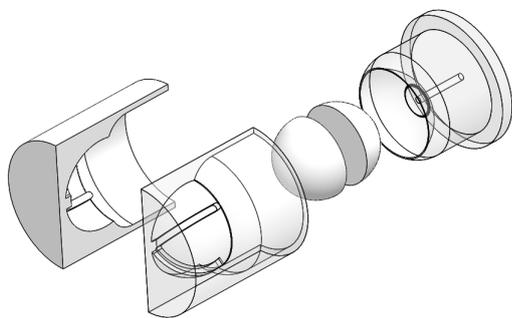


Fig. 3: Design of the mold

や先端部分の厚さ、ハンド部とアクチュエータ部の接合部分の形状などを定義する寸法は、独立して定義されている。これによって、微調整を行い易いように設計されている。Fig.3 に設計したグリッパを造形するための流し込み型を示す。

3. 実機製作

Fig.4 に製作したグリッパの外観を示す。食品衛生法 370 号に適合していること、低粘土で流し込みが行い易いことなどから、グリッパ本体の素材には HTV-2000 および HTV-4000 を採用している。Table1 に、各材料の特性を示す。

Table 1: Material Properties

Materials	Shore	Elongation[%]	Viscosity[csp]
HTV-2000	18	500	4500
HTV-4000	32	260	7500



Fig. 4: Appearance of the manufactured gripper

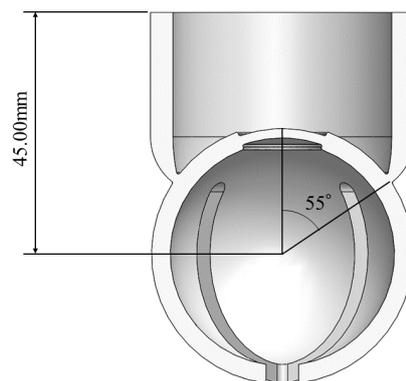


Fig. 5: Appearance of the model with modified buckling surface

3.1 硬度の変更

Fig.2 に示すグリッパの形状はそのままに、造形する際の材料を HTV-2000 から HTV-4000 に変更することで、硬度の変更、比較を行う。硬度を変更することで、可搬重量の増加および座屈に必要な空気圧値の上昇を確認した。

3.2 グリッパ形状の変更

Fig.5 に示すように、アクチュエータ部を小さくし、ハンド部を大きくするように形状変更を行った。形状の変更によって、可搬重量の減少および座屈に必要な空気圧値の低下を確認した。

4. 考察

本研究で製作したグリッパは、いずれも開閉は行えるものの、飛び移り座屈における状態保持が不安定であった。この原因を確認するため、Fig.2 のモデルを HTV-2000 で造形する場合について、CAD を用いて応力分布の解析を

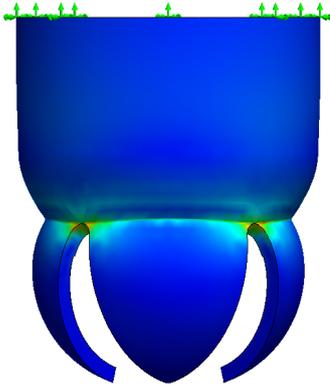


Fig. 6: The results of the analysis

行った。モデルの上端を固定し，座屈面凸側に 1[N] の力をかけて応力解析を行った結果を Fig.6 に示す。

解析の結果，ハンド部の切れ込み部と中央部に応力の差が発生していることから，ハンド部中央部が開閉の妨げとなり，状態保持を行えていないと考えられる。このことから，ハンド部とアクチュエータ部の結合部分の形状を変更することで発生する応力の分布を均一にする必要があると考察される。

5. 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，広範囲な接触面積を有するソフトグリッパの開発を行った。また，グリッパの形状や硬度を変更することで，それぞれがグリッパの動作にどのような影響を与えるかを確認した。また，応力の分布を解析することで，飛び移り座屈の不安定性に対する考察を行った。今後はこの考察をもとに，グリッパの改良を行う。

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）及び，JSPS 科研費 JP18H03764 によって実施されました。

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 Conferen*