

# 包み込みグリップによる粒状食品把持量の安定化

## Stabilization of Gripping Amount of Chopped and Granular Food by Wrapping Gripper

○学 栗山 佳之 (立命館大) 正 王 忠奎 (立命館大) 正 平井 慎一 (立命館大)

Yoshiyuki KURIYAMA, Ritsumeikan University, rr0067fk@ed.ritsumeik.ac.jp  
Zhongkui WANG, Ritsumeikan University,  
Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

To automate the process of serving lunch boxes in the food industry, we will develop a gripper that can stably hold foods such as chopped green onions and granular corn. A four-finger wrapping gripper encloses food material almost without gaps. Due to the constant volume inside the fingers, the gripper can pick up food material stably. Four fingers made of silicone rubber are fabricated through casting. We evaluated the performance by comparing the amount gripped by the gripper with the amount served by human hands. In addition, the tendency of the grip amount with the different internal volumes was verified.

**Key Words:** Soft robot, Pneumatic actuator, Food grasping

### 1. 緒言

近年、日本では少子高齢化による労働人口不足が進んでいるためロボットによる自動化が求められている。しかし、食品業界では扱う対象が食品であり、大きさや形状、物理的特性にばらつきがあるため取り扱いが非常に難しい。よって、自動化があまり進んでいないのが現状である[1]。そこで、食品工場の弁当製造レーンの盛り付け工程に導入が可能なロボットハンドを製作する。食品を把持するにおいて、これまでに柔軟素材を用いたハンドが提案されてきた[2]。柔軟素材を使うことで、形状にばらつきがあり変形しやすい食品を把持する際にハンド自体が変形して食品の形状になじむことが出来るというメリットがある[3]。本研究では、食品の中でも刻みネギやコーンのような細かい粒状の食品を対象とする。粒状食品を把持する時には、把持中に食品をこぼしてはならない、食品把持量を毎回安定させなければならない、食品を潰してはならないことが望まれる。そこで、4本の柔らかい指を用いて粒状食品を隙間なく包み込み、グリップ内の空洞を利用して一定の量を把持するためのグリップを提案する。

### 2. 包み込みグリップ

#### 2.1 柔軟指の設計

グリップに取り付ける柔軟指は図 1(a)に示すような空気式の蛇腹アクチュエータである[4]。指の中に空気圧を加えると指内の空気室が膨張し、隣り合った空気室と押し合う事で指が屈曲する。この構造を基に、柔軟指に空気圧を加えるとグリップが閉じ切るように柔軟指の形状を調整し、設計した。また、図 1(b)に示すグリップの閉じた指の内部を五面体と仮定して指のサイズから内部体積を計算し、グリップの内部体積が 2:1 となるように 2 種類のグリップを製作した。2 種類のグリップの内部体積を変化させ、食品の把持重量を調べる。

#### 2.2 包み込みグリップの製作

柔軟指は 3D プリンタで作製した金型に Smooth-on 社製シリコンゴム Smooth-Sil 950 を流し込む鋳造成形法で製作する。図 2 に示す 3 つの金型を用いて柔軟指の本体とカバー部品を製作し、その 2 つのパーツをシリコンゴムで接着することで指の中の空気室を確保する。完成した柔軟指の根元からチューブを差し込み、瞬間接着剤で接着した。チューブを取り付けた 4 本の柔軟指を 3D プリンタで作製した ABS 樹脂製のベース部品に挟み込むことで柔軟指を固定する。最後に、

ベース部品とロボットアームの接続部品をねじで組み合わせることで包み込みグリップを製作する。

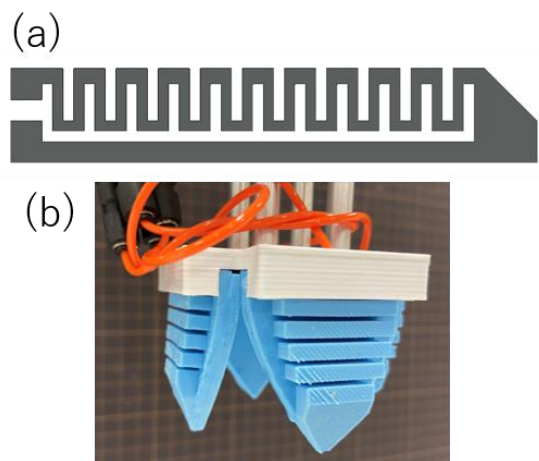


Fig. 1 Wrapping gripper

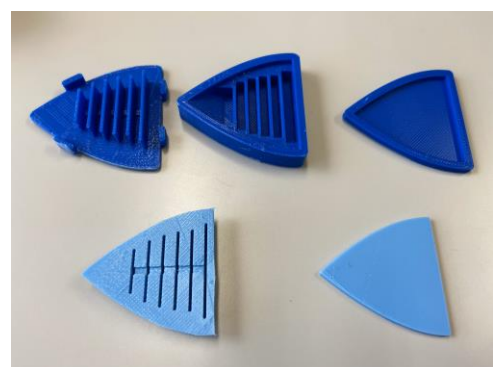


Fig. 2 Three molds of soft finger

### 3. 実験方法

本実験を行うにあたり、グリップの内部体積を計算し、コーン 15g を把持可能なグリップを製作した。グリップをデンソーウェーブ社製のロボットアーム VS-050 に取り付け、ボウルに満たされたコーンの上空にアプローチする。そこで、ロボットアームの上に取り付けた Intel 社製のデプスカメラ RealSense Depth Camera D435 でコーン表面の高さを認識

し、Robot Operating System(ROS)を用いてロボットに高さ情報を送り、コーン表面にグリッパの指先を近づける。ここで、グリッパを90°ひねりながらコーンの中へ指を差し込むことで指の曲がりを防ぐ。柔軟指を指の長さ分だけ差し込み、グリッパに空気圧100kPaを加えて指を閉じコーンをピックアップする。その後、コーンを電子量りの上にプレースして重量を測定する。以上のピックアップを20回繰り返して把持したコーンの質量のばらつきを調べる。

#### 4. 包み込みグリッパによる把持実験

##### 4.1 人の手によるピックアップ量との比較実験

包み込みグリッパによる把持実験を行う前に、まずは実際の食品工場では食材の盛り付けを担当している従業員3名に目標を15gとしてコーンを盛り付けて頂き、人の手によるピックアップの能力と実験で得たグリッパによるピックアップの能力を比較する。人の手によって得られたデータとグリッパの把持結果を図3、表1に示す。

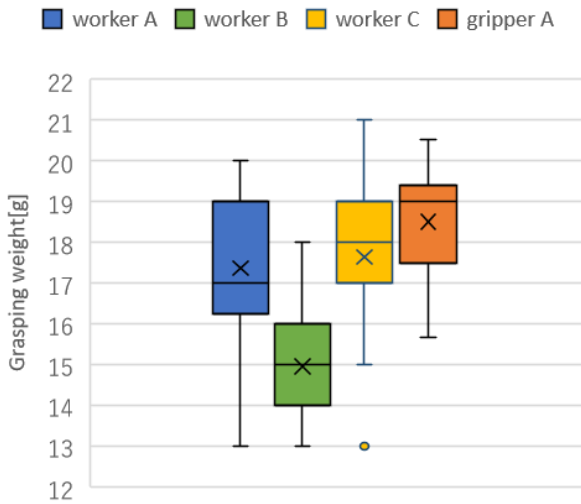


Fig. 3 Grasping weight of three workers and a gripper

Table 1 Grasping weight statistics

	作業員A	作業員B	作業員C	グリッパA
最大	20g	18g	21g	20.5g
最小	13g	13g	13g	15.7g
平均	17.35g	14.95g	17.63g	18.49g
標準偏差	1.755	1.276	2.006	1.364
相対標準偏差	0.101	0.085	0.114	0.074

##### 4.2 グリッパの内部体積による比較実験

続いて、グリッパの指の長さを変えて、2種類のグリッパを製作した。それぞれのグリッパの寸法を表2に示す。また、20回把持を行った実験結果を図4、表3に示す。

Table 2 Comparison of two grippers

	グリッパA	グリッパB
指の縦横寸法	37mm×38mm	46mm×48mm
内部体積	約12500mm <sup>3</sup>	約25000mm <sup>3</sup>
体積比	1	2

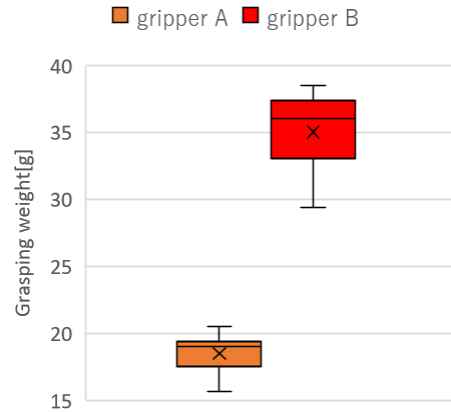


Fig. 4 Grasping weight of two grippers

Table 3 Grasping weight statistics

	グリッパA	グリッパB
最大	20.5g	38.5g
最小	15.7g	29.4g
平均	18.49g	35.00g
標準偏差	1.364	2.716
相対標準偏差	0.074	0.078

#### 5. 結言

本実験で得られたデータより、人の手でピックアップしたデータとグリッパでの実験結果の相対標準偏差を比較して、グリッパの方がばらつきが少ないという結果が得られた。また、グリッパの内部体積と把持重量がおおよそ比例関係にあるため、内部体積によって把持重量をコントロールすることが可能であると考えられる。今後は番重の中に山積みになった食品から繰り返しピックアップを行い、コーンの山の表面に凹凸がある状況下で、安定して把持を行えるかどうかを検証する。

#### 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。そして、本研究を進めるにあたり日本製粉株式会社に御協力頂いた。ここに関係者への謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] N.P. Mahalik and A.N. Nambiar, "Trends in food packaging and manufacturing systems and technology," Food Science & Technology, vol. 21, pp. 117-128, 2010.
- [2] H. Iwamasa and S. Hirai, "Binding of food materials with a tension-sensitive elastic thread", in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4298-4303, Seattle, May 26-30, 2015
- [3] J. Shintake, V. Cacucciolo, D. Floreano, and H. Shea, "Soft robotic grippers," Advanced Materials, 1707035, May 2018.
- [4] Z. Wang and S. Hirai, "Chamber dimension optimization of a bellow-type soft actuator for food material handling", in Proc. IEEE International Conference on Soft Robotics, pp. 382-387, Apr. 24-28, Livorno, 2018.