

包み込みグリッパによる粉体食品把持

○岡本 春樹（立命館大），平井 慎一（立命館大），王 忠奎（立命館大）

A Wrapping Gripper for Grasping Powder Food

○Haruki Okamoto（Ritsumeikan Univ.）, Shinichi Hirai（Ritsumeikan Univ.）, Zhongkui Wang（Ritsumeikan Univ.）

Abstract : To automate the process of serving lunch boxes in the food industry, we developed a gripper that can stably hold powder foods such as salt and flour. The gripper took the inspiration from PneuNet soft actuator, and each soft finger consists of multiple horizontal and vertical air chambers. Upon pressurization, the chambers are inflated and generate bending motions in both horizontal and vertical directions. As a result, the gripper can be closed with minimum gap between neighboring fingers. Grasping experiments on salt were conducted and results suggested that the proposed wrapping gripper can grasp more salt with less standard deviation comparing with previously develop gripper which only has horizontal chambers.

1. 緒言

1.1 研究背景

現在，スーパーマーケットやコンビニエンスストアなど様々な場所で弁当が売られている。弁当の食品は，今でも食品工場での手によって詰められている。しかし，食品製造業では人手不足が深刻化している [1]。弁当に食材を詰める作業をロボットで自動化することによって，大幅な人件費削減や作業効率の向上を見込むことができる。しかし，同じ食材でも形は様々である。そのため，既存のロボットハンドでは自動化することが難しいという問題がある。

1.2 研究目的

本研究では，食材の中でも粉体食品（塩や小麦粉のような粒子状の食品）に絞って研究を進める。粉体食品は一つ一つが小さいため，従来のロボットハンドでは把持することが困難である。そこで，隙間のないロボットハンドを製作し，粉体食品の把持を可能にする。

2. 従来の食品把持

2.1 細断食品把持

これまでの研究では，細断食品（刻みネギやコーンなどの細かい食品）の把持を行ってきた。細断食品把持のために作られたのが包み込みグリッパである [2]。包み込みグリッパは，台座，留め具，柔軟指から構成されている。台座は柔軟指を固定するパーツで，柔軟指を4本取り付ける。また，台座に柔軟指を取り付けた状態で，留め具をはめ込むことによって柔軟指の外れを防止する。包み込みグリッパ，台座，留め具，柔軟指をそれぞれ Figs. 1(a), 1(b),

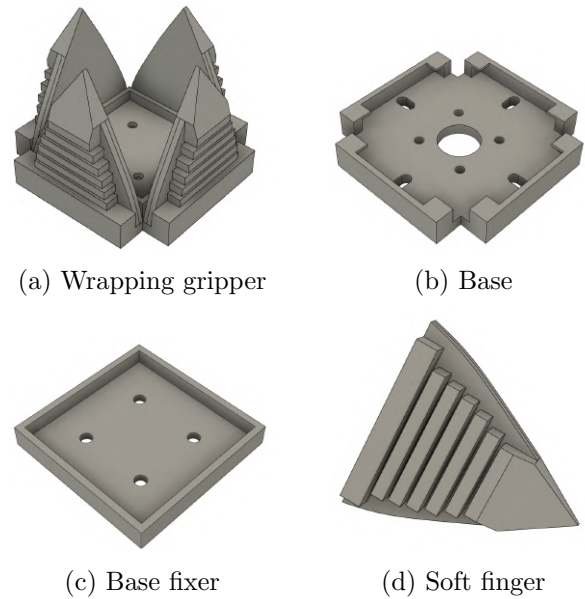


Fig. 1: Wrapping gripper parts

1(c), 1(d) に示す。この包み込みグリッパをロボットアームの手先に取り付けることで細断食品把持を行ってきた。

柔軟指はシリコン製であり，内部に空気室を有している。そのため，空気を注入することによって変形する。柔軟指の断面形状を Fig.2 に示す。グリッパは柔軟指を4本有し

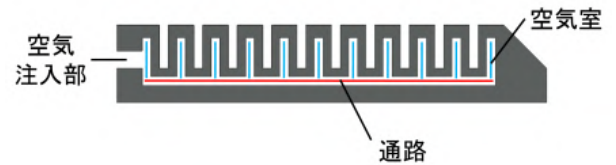
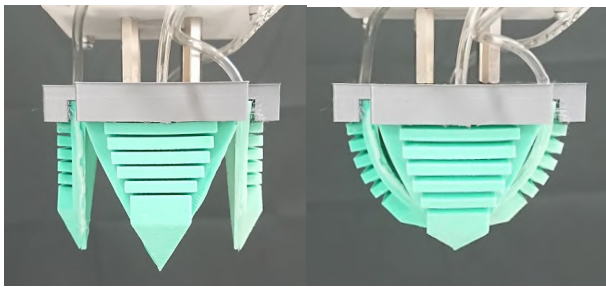
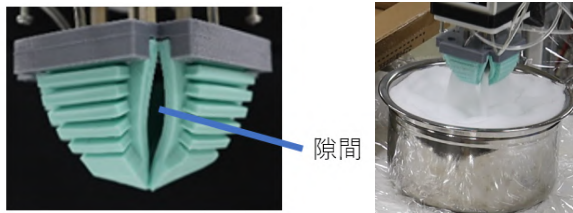


Fig. 2: Cross-sectional profile of the soft finger



(a) Before inflation (b) After inflation

Fig. 3: Open and close states of the gripper



(a) Gripper gap (b) Spilling salt

Fig. 4: Salt grasping with the previous gripper

ているため、食品を包み込むように把持することが可能になっている。平常時のグリッパの状態と空気を注入したグリッパの状態を Fig. 3 に示す。

2.2 従来の包み込みグリッパによる粉体食品把持における問題点

今まで細断食品把持に用いていた包み込みグリッパには把持状態でも隙間がある。そのため、粉体食品把持の場合は、その隙間から食品がこぼれてしまう。包み込みグリッパの隙間を Fig.4(a) に、塩を把持したときのこぼれている様子を Fig.4(b) に示す。

そこで食品をこぼすことなく把持するために、隙間のない包み込みグリッパを提案する。

3. 隙間のない包み込みグリッパの設計

3.1 柔軟指の設計

隙間のない包み込みグリッパを製作するために、柔軟指の設計を行った。従来の包み込みグリッパの隙間は最大 8mm 程度あり、この隙間を埋めるような形に設計した。また、斜めのチャンバーを加えることにより、柔軟指が水平方向に曲がるようになり、より密閉度の高い包み込みグリッパを実現した。従来の柔軟指と新規柔軟指の比較画像を Fig.5 に示す。

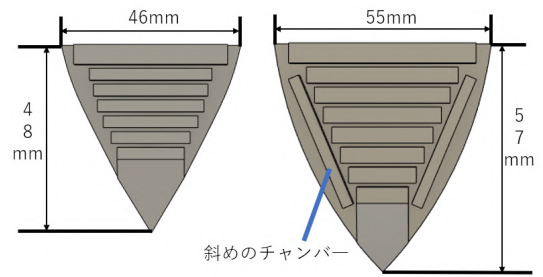


Fig. 5: Soft finger comparison (left : old, right : new)



(a) Grasping state (b) Salt grasping

Fig. 6: Proposed gripper and salt grasping

新規柔軟指を用いて包み込みグリッパを製作した結果、隙間のない包み込みグリッパ製作することに成功した。新規柔軟指を用いた包み込みグリッパ(以下、粉体食品グリッパ)の様子を Fig.6(a) に、粉体食品グリッパで塩を把持している様子を Fig.6(b) に示す。

4. 塩把持実験

4.1 実験の目的

本実験の目的は、粉体食品グリッパで粉体食品を把持可能か確認し、また把持量にどの程度のばらつきがあるか検証することである。

4.2 実験の評価方法

把持量の平均値が理論上可能な最大把持量に対して何パーセントかを算出し、従来の包み込みグリッパと粉体食品グリッパの性能を比較する。また、把持量の安定性を評価する指標として、平均値、標準偏差 (SD)、SD を平均値で割った相対標準偏差 (RSD) を用いる。RSD の値が小さいほど把持量のばらつきが少ないと評価できる。

4.3 実験環境

本実験では、デンソーウェーブ社製の水平多関節ロボットアーム HSR-065 の手先に、粉体食品グリッパを取り付ける。実験環境を Fig.7 に示す。

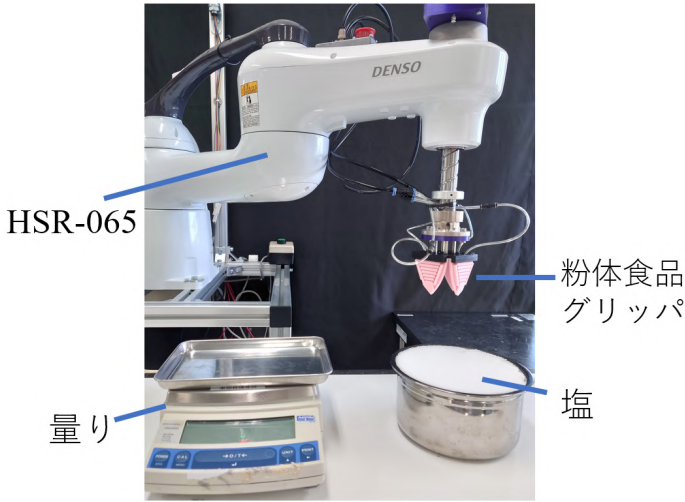


Fig. 7: Experiment setup

4.4 塩把持実験

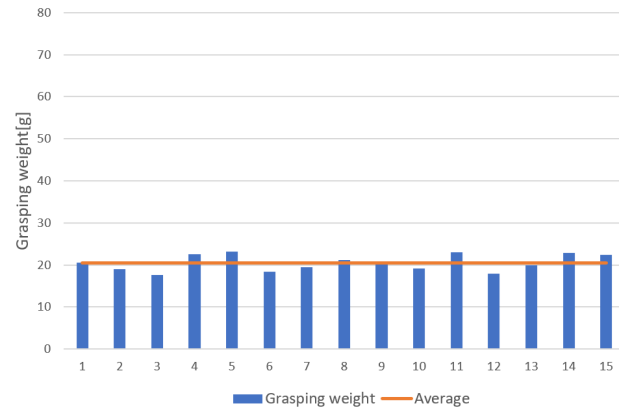
4.4.1 従来の包み込みグリッパを用いた塩把持実験

本実験では、ボウルに入った塩に粉体食品グリッパを挿入し、把持動作を行う。その後、量りの上に移動し、塩を量りの上に置く。この一連の動作を 15 回繰り返す。また、実験の環境を揃えるために、一連の動作を 1 回行うごとに減った塩を戻し、表面をならす操作を行う。グリッパの差し込み深さは、塩を平たくならした表面高さを 0 とし、その面から差し込んだ深さと定義する。今回はグリッパの根本まで差し込みができる深さ 48mm とした。また、柔軟指に注入する空気は 180kPa である。実験の結果を Fig.8(a), Table 1 に示す。

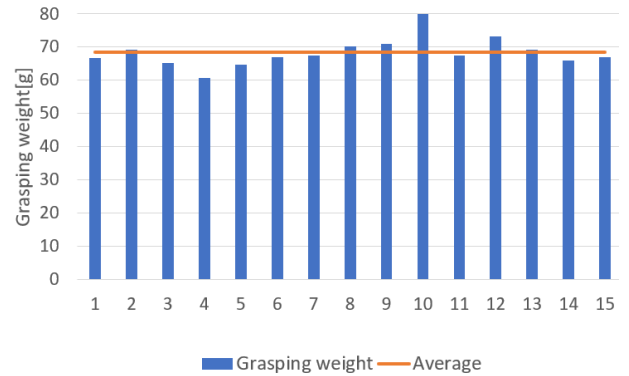
4.4.2 粉体食品グリッパを用いた塩把持実験

実験方法は 4.4.1 と同様。差し込み深さは 55mm。柔軟指に注入する空気は 100kPa である。実験の結果を Fig.8(b), Table 1 に示す。

ここで、理論上可能な最大把持量に対しての平均把持量の割合を計算する。まず、従来の包み込みグリッパの把持状態の内部体積を計算する。把持状態のグリッパ内部を四角錐と近似すると、内部体積は 21.16cm^3 となる。塩の比重は 2.16 のため、理論上可能な最大把持量は 45.71g である。よって理論上の最大把持量に対して平均把持量



(a) The previous wrapping gripper



(b) The new wrapping gripper

Fig. 8: Results of salt grasping experiments

Table 1: Grasping weight statistics

Gripper	Previous gripper	New gripper
平均値 [g]	20.49	68.4
SD [g]	1.88	4.19
RSD	0.092	0.061

は 44.8% である。同様に粉体食品グリッパの内部体積は 44.4cm^3 のため、理論上可能な最大把持量は 95.90g である。よって理論上の最大把持量に対して平均把持量は 71% である。

4.5 考察

実験の結果から、理論上の最大把持量に対しての平均把持量の割合が粉体食品グリッパの方が多かった。よって、粉体食品グリッパの方がより塩を把持できていることが分かった。また、実験時の観察により、粉体食品グリッパは塩をこぼすことなく把持可能であると確認できた。さらに、相対標準偏差が 6.1% と把持量のばらつきが小さく、より安定的に塩を把持できることが分かった。これらは、柔軟指を改良し、密閉性の高い包み込みグリッパを製作することができたことが要因であると考えられる。

5. 結言

本研究では、粉体食品把持を目的として柔軟指を改良した。そして、隙間のない包み込みグリップを製作することによって粉体食品把持を可能にし、安定的に把持を行うことを可能にした。しかし、把持量の最大値と最小値の差が19gと平均把持量に対して27%もあるため、今後はこの課題に取り組みたいと考える。また、粉体食品グリップの評価に関して、斜めのチャンバーがグリップの密閉度にどれぐらい寄与しているのか検証していきたい。

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）によって実施されました。ここに関係者に謝意を表します。

参考文献

- [1] 農林水産省 食料産業局, 労働力不足克服のためのビジョン検討について, pp.2-3, 2018.
- [2] 栗山佳之, 細断食品を安定して把持するためのグリップ設計と把持システム構築, 立命館大学修士論文, 2021.