

ケーキトッピングのための非接着式ソフトグリッパ

Gluing-free soft gripper for cake topping

宮下 まどか (立命館大) 正 松野 孝博 (立命館大)
正 王 忠奎 (立命館大) ○正 平井 慎一 (立命館大)

Madoka MIYASHITA, Ritsumeikan University

Takahiro MATSUNO, Ritsumeikan University

Zhongkui WANG, Ritsumeikan University

Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

This paper focuses on cake topping performed by a soft gripper. In recent years, robots have been introduced into food factories for improving productivity and reducing labor costs. Robots are actively used in various manufacturing processes. Unfortunately, it is currently difficult to introduce robots into topping, which is a delicate task dealing with soft food materials. Therefore, this research challenges topping processes of cakes using robotic soft grippers. We fabricated fingers of soft grippers without gluing. Soft gripper fingers were cast in silicone rubber using gelatin as a sacrificial layer. A soft gripper was composed of a pair of soft fingers. A topping experiment was conducted using the fabricated soft grippers. First, we confirmed the usefulness of the soft grippers by conducting a topping experiment using strawberry samples. Next, topping experiments were conducted using real strawberries and cake bases. On the 'nappe' base with a flat surface, strawberries could be topped straight in a uniform posture. Although the topping was successful on the 'piping' base with uneven surface, it was found that the posture of the strawberries varied.

Key Words: Soft robot, Robot hand, Food manipulation

1 緒言

近年、食品工場では人手不足による省人化、生産性向上、人件費削減などを目的に、ロボットの導入が進められている。食品製造業は、労働生産性が低いことによって、労働賃金が低い。これは、自動化が進まない中、デフレ経済の下で賃金が抑えられる労働者に大きく依存してきたことが背景にある [1, 2]。また、非正規労働者やパートタイム労働者の割合が高く、契約期間満了を理由に離職する人が多い。そのため、食品工場における無人化・自動化の需要は高い [3]。

食品工場には、原料の前処理、加工、トッピング、検査、包装、配送など様々な工程がある。包装や搬送などの工程では、複雑な作業が比較的少なく、力が必要とされる作業であるため、ロボットの導入率が高い。一方、仕上げとして見栄えをよく整えることや、飾りつけを行うトッピングは細かい作業であるため、製造工程の中でも自動化が難しく、ロボットを導入しにくい。そのため、食材を弁当や容器にトッピングする工程に最も多くの人手を必要とするのが現状である。トッピング工程といっても、出来上がった料理を容器に移すだけの盛り付けからデザインを重視する盛り付けなど幅広い作業がある。ポテトサラダのトッピングは、あらかじめ用意された容器に定量的に盛り付けを行うことが求められる。ジャガイモのでんぷんなどによる粘着性という課題を克服し、ポテトサラダの定量盛り付けを行うロボットが実現された [4]。惣菜のネギ、コーンなどのトッピングは、細かい具材の把持であるが、規則的な盛り付けを必要としない。そのため、それらを把持することが重要視され、多少転がったり、落ちたりすることは問題視されない。しかし、機械による盛り付けの計量は重さが基準となることが多く、ネギやコーンなど少量のものは、重さではなく体積で計るのが一般的であるため、自動化しにくいという課題があった。この課題を克服し、体積での計量を実現されたことによって、" 樹計量式盛り付けシステム " が開発された [5]。また、ピザのトッピングは、土台の生地が薄く、トッピング材も高さがないため、盛り付けが安定しやすく、ロボットの導入が実現されている [6]。

一方、ケーキのトッピングにおいては、生クリームのコーティング工程まではロボットの導入が進められている。しかし、土台

が柔らかいこと、トッピング材は高さのあるものが多いこと、デザインが重視されることによって、ケーキのトッピング工程ではロボットの導入が実現されていない。そこで、本研究では、非接着式ソフトフィンガーを用いたロボットハンドでイチゴを把持し、ケーキ土台にトッピングすることを目的とする。

2 非接着式ソフトフィンガーの製作方法

ゼラチンを用いた非接着式でのソフトフィンガーの製作方法を提案する。ゼラチンには、冷やすと固まり、温めると溶ける性質がある。ゼラチンの他にも、寒天やアガーがある。しかし、表 1 に示すように、ゼラチンは溶ける温度が 50-60 °C、固まる温度が 20 °C 以下であり、扱いやすいためゼラチンを選んだ [7]。

Table 1 Comparison of properties of gelatin, kanten and agar

	ゼラチン	寒天	アガー
成分	たんぱく質	炭水化物	炭水化物
溶ける温度 (°C)	50~60	90~	90~
固まる温度 (°C)	~20	40~50	30~40

以下にゼラチンを用いた非接着式ソフトフィンガーの具体的な製作手順を述べる。(1) PrucaSlicer を用いて、上部分の金型を製作する。金型にシリコンを流して、固める。シリコンが固まった上部分を図 1(a) に示す。(2) 分かりやすくするためゼラチンに食紅を混ぜて、湯に溶かす。規定よりも、湯を少なくして濃い濃度で作る。(3) 図 1(b) に示すように湯で溶かしたゼラチンを空洞部分に流す。余分にはみ出たゼラチンはきれいに拭き取る。(4) 冷蔵庫で 30 分ほど冷やしてゼラチンを固める。冷やしたまま時間をおきすぎると、水分が揮発してしまうため注意が必要である。ゼラチンが固まったら、(5) 図 1(c) に示すように固定台をはめて、再びシリコンを流す。流したシリコンが固まったら、(6) 図 1(d) のように金型から外し、余分な部分を切り取る。(7) 図 1(e) のようにソフトフィンガーを湯につけて、ゼラチンを溶かす。(8) ゼラチンが溶け出したら、注射器などを用いて空気孔からゼラチンを取り出す。乾かして水分を取り除いたら、完成で

ある。完成したソフトフィンガーを図 1(f) に示す。

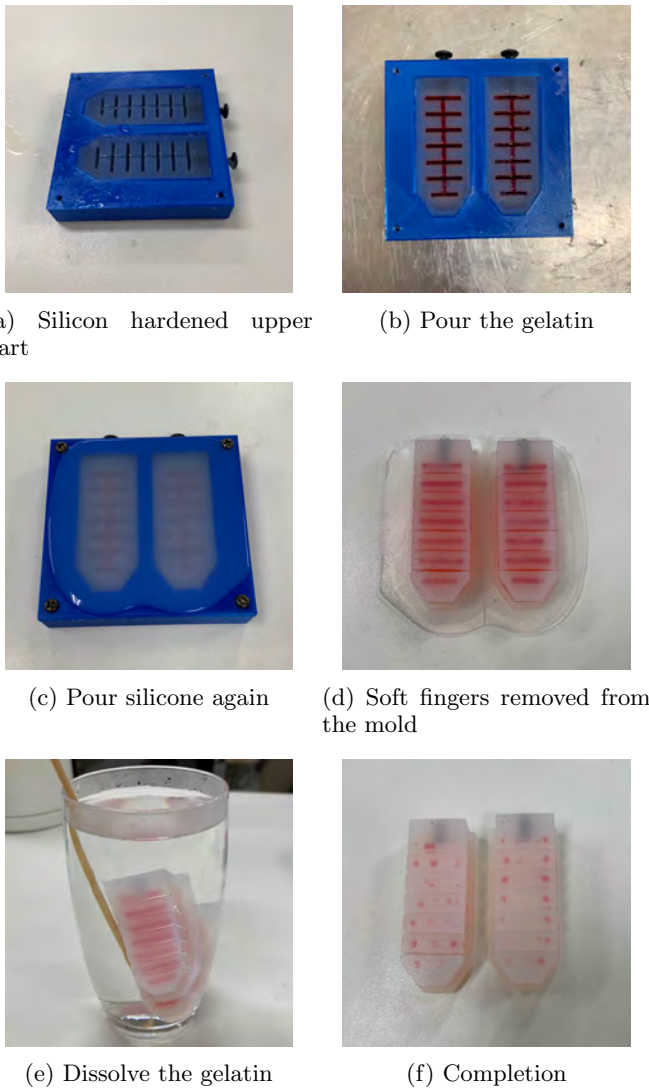


Fig.1 Fabrication of gluing-free soft fingers

3 サンプルを用いた把持実験

3.1 目的

非接着式ソフトフィンガーから構成されるハンドを用いて、イチゴサンプルを把持し、サンプルのケーキ土台に盛り付けすることを目的とする。

3.2 実験環境

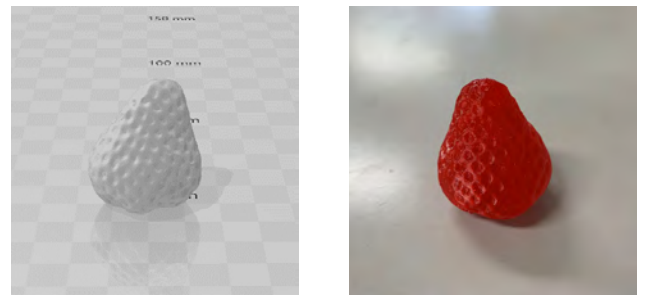
Artec Micro で実物のイチゴを 3D スキャンしたデータ (図 2(a)) を利用して、PrucaSlicer でイチゴのサンプルを製作した。フィラメントは TPU を用いて、インフィル 3% で設定した。完成したイチゴサンプルを図 2(b) に示す。TPU インフィル 3% のイチゴサンプルの重さは約 5g であり、実物のイチゴが約 15g であるとすると、3分の1の重さとなった。

ケーキの直径は、号数×3cm と決まっている。今回は、PrucaSlicer を用いて、図 2(c) に示すように 4号 (直径 12cm) で製作した。生クリームに似せるため、図 2(d) の ”シェイクみたいなネンド” を使用する。表 2 に仕様を示す。図 2(e) のように、生クリームに似せた粘土を一定の厚みで平らに塗るナッペというコーティングを行う [8]。

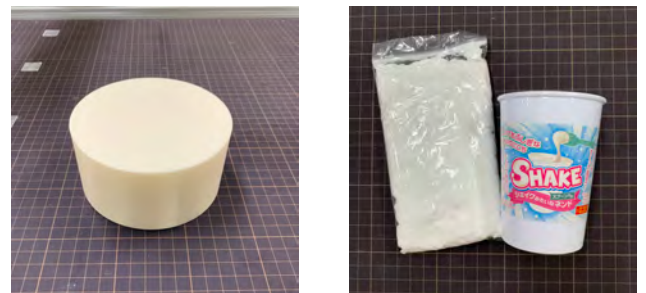
3.3 実験手順

ジョイントにソフトフィンガーを挟み込み、ハンドとする。そのハンドを UR ロボットに取り付ける。イチゴトレイにイチゴ

サンプルを 6つ並べる。UR ロボットにイチゴを配置する位置を教示する。把持する際は、ハンドに 50kPa の空気圧を送り込む。実験の様子を図 3(a) に示す。



(a) 3D scan of a real strawberry (b) Strawberry sample made with PrucaSlicer



(c) Cake base sample made with PrucaSlicer (d) Clay to simulate heavy cream



(e) Cake base sample coated with the clay

Fig.2 Cake sample

Table 2 Specifications of clay like Shake

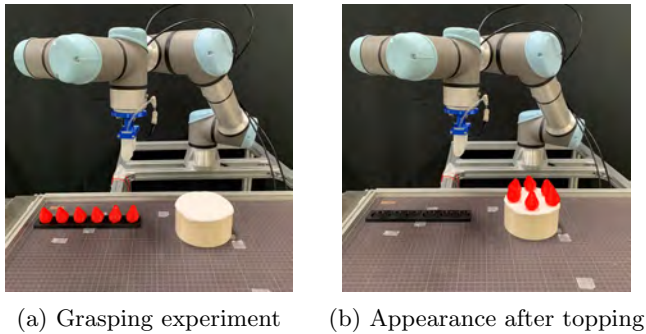
メーカー	株式会社成近屋
材質	ポリビニルアルコール
内容量	40g

3.4 実験結果

イチゴサンプルを落とすことなく、把持することができた。また、トッピングを行う際も、ケーキの土台から落ちたり、転がったりすることなく、盛り付けすることができた。トッピングを終えた後の様子を図 3(b)、盛り付けの様子を図 3(c) に示す。同じ実験を 10 回行って、10 回とも成功した。

3.5 考察

特に問題なく、把持できたため、実物の把持実験も成功すると考えられる。しかし、実物のイチゴはサンプルのイチゴよりも重く、また生クリームの摩擦具合も異なるため、不安定な盛り付けになる可能性がある。



(c) Arrangement

Fig.3 Experiment using strawberry samples

4 実物を用いた把持実験 (ナッペ土台とパイピング土台)

4.1 目的

非接着式ソフトフィンガーを用いて、実物のイチゴを把持し、ケーキ土台に実物の生クリームを載せて、盛り付けすることを目的とする。生クリームのコーティングは2パターンに分けて実験を行い、動作確認をする。

4.2 実験環境

実物のイチゴは、図4(a)に示す”いちごさん”を使用した。イチゴのヘタを切り取った後の1粒の重さは、平均15.75gであった。第3.2節で述べたサンプルのケーキ土台に、実物の生クリームを載せる。図4(b)に示すように、冷凍できる生クリーム”フロゼンホイップ”を用いた。まず、第3.2節と同様、図4(c)のように一定の厚みで平らに生クリームを塗るナッペというコーティングを対象とする。次に、図4(d)のように生クリームを絞りだして凹凸があるパイピングというコーティングを対象とする [8]。

4.3 実験手順

ジョイントにソフトフィンガーを挟み込み、ハンドとする。そのハンドをUR ロボットに取り付ける。イチゴトレイに実物のイチゴを6つ並べる。ケーキの土台に生クリームをコーティングし、第3.3節と同様のプログラムを実施する。ナッペ土台における実験では、生クリームが平らになるよう実験ごとにコーティングをし直す。

4.4 ナッペ土台における実験結果

イチゴを落とすことなく、把持することができた。また、トッピングを行う際も、ケーキの土台から落ちたり、転がったりすることなく、盛り付けすることができた。トッピングを終えた後の様子を図5(a)、盛り付けの様子を図5(b)に示す。同じ実験を10回行って、10回とも成功した。

4.5 パイピング土台における実験結果

イチゴを落とすことなく、把持することができた。トッピングを行う際も、ケーキの土台から落ちることはなかった。しかし、ナッペ土台における実験と比較して、生クリームのコーティングがパイピングで異なるため、不安定な盛り付けとなった。生クリームの上にイチゴを載せる際、滑っているように見えた。トッピングを終えた後の様子を図6(a)、盛り付けの様子を図6(b)に示す。



(a) Real Strawberry "Ichigosan"

(b) Real fresh cream "san"

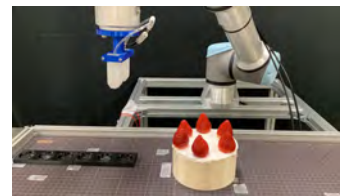


(c) Nappe cake base



(d) Piping cake base

Fig.4 Real strawberries and cake bases

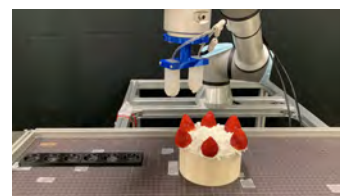


(a) Appearance after topping



(b) Arrangement

Fig.5 Experimental result using Nappe base



(a) Appearance after topping



(b) Arrangement

Fig.6 Experimental result using piping base

4.6 考察

コーティングがナッペであれば、確実にイチゴの盛り付けができる。一方、コーティングがパイピングであると、状態によっては不安定な盛り付けとなることが分かった。

5 結言

本研究では、非接着式ソフトフィンガーを用いたロボットハンドでイチゴを把持し、ケーキ土台にトッピングすることを目的とした。把持をするためのソフトフィンガーは、一般的に接着剤を用いて製作される。しかし、手作業での接着により、空気漏れや破裂という問題点があった。そのため、非接着式でのソフトフィンガーの製作を提案した。非接着式ソフトフィンガーによって、問題点は大幅に改善された。そして、非接着式ソフトフィンガーから構成されるハンドを用いて、実際に把持実験を行った。サンプルを用いた実験、実物を用いた実験のどちらもイチゴを落とすことなく、把持することができた。

今後の展望として、研究課題を2つ挙げる。1つ目は、安全な盛り付けの実現である。第4章で述べた通り、生クリームのコーティングがナッペであるか、パイピングであるかによって、盛り付けの様子は異なった。パイピングでのコーティングは、イチゴをトッピングする際滑りやすく、不安定な盛り付けとなった。実際、ケーキの生クリームのコーティングは様々であるため、多種多様なコーティング方法に対応できるようにする必要がある。2つ目は、イチゴ以外のフルーツのトッピングである。本発表では、イチゴのみをトッピングの対象とした。1つのソフトフィンガーで多種のフルーツを把持することができれば、より生産性が高まる。そのため、イチゴのみならず他フルーツの把持実験を行い、より多種のフルーツの把持に対応できるよう非接着式の製作方法を用いつつ、ソフトフィンガーの形状を改善する必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費、新学術領域研究「ソフトロボット学」21H00333 の助成を受けました。この場をお借りして、関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] “食品製造業における労働力不足克服ビジョン”，農林水産省，July, 2019.
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/seizo/attach/pdf/vision-23.pdf>
- [2] “食品製造業における人手不足の実態調査”，富士電機，Jun, 2022.
<https://www.fujielectric.co.jp/products/foodfactory/research/research01/>
- [3] “働く人も企業もいきいき食品産業の働き方改革検討会取りまとめ”，農林水産省 働く人も企業もいきいき食品産業の働き方改革検討会，March, 2018.
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/kikaku/hatarakikata_shokusan/attach/pdf/handbook-14.pdf
- [4] “惣菜製造に一石投じる！唐揚げやポテサラ用ロボ本格導入へ／日本惣菜協会ほか”，robot digest, April, 2022.
<https://www.robot-digest.com/contents/?id=1648555451-823764>
- [5] “樹計量式盛り付けシステム”，国際食品工業展 2022, Jun, 2022.
https://www.foomajapan.jp/2022/exhibitor_info/search/product-details/index.php?p=2654
- [6] “Stellar Pizza”
<https://www.eatstellarpizza.com/>
- [7] “寒天屋さんのレシピ”，寒天本舗，November, 2021.
<https://www.kantenhonpo.co.jp/kantenrecipe/寒天・ゼラチン・アガールの違い>
- [8] “デコレーションの基本技術「パイピング・ナッペ」”，東京製菓学校，Jun, 2021.
<https://www.tokyoseika.ac.jp/schoolblog/2021/06/post-1540.html>