

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	食品用ロボットハンドにおける粘着物解放の検討
Title(English)	Investigation for Releasing Sticky Food in Food Robot Hands
著者(和文)	植田大輝, 遠藤玄
Authors(English)	Daiki Ueda, Gen Endo
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2024講演論文集, , ,
Citation(English)	Proceedings of the 2024 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , ,
発行日 / Pub. date	2024, 5

# 食品用ロボットハンドにおける粘着物解放の検討

## Investigation for Releasing Sticky Food in Food Robot Hands

○学 植田 大輝 (東工大) 正 遠藤 玄 (東工大)

Daiki UEDA, Tokyo Institute of Technology, ueda.d.aa@m.titech.ac.jp

Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology

In this study, we considered a robot hand for food processing with the ability to release food. At food processing sites, people manually prepare foods, but the working environment is not good, and a robot hand has been proposed as a substitute for the manual preparation. The robot hand developed in the past mainly aimed at grasping food, but many foods are highly sticky, and it is difficult to release the grasped food. Therefore, it is necessary to implement a function in the robot hand to release the food it has grabbed. We investigated the effects of changing the shape of the finger part of the robot hand and the effects of applying vibration. Experiments with changing the shape of the hand were considered ineffective because a reliable drop effect could not be obtained. The experiment using vibration was confirmed to have an effective falling effect above a certain amplitude.

**Key Words:** Food, Handling, Gripper, Vibration

### 1 緒言

食品加工・生産工程の分野において、食品の把持を伴う作業については現在でも多くの工程が従業員の手作業によって行われている [1]。しかし、食品の鮮度維持のため室温が低く設定されているなど従業員の作業環境が良くないことや、慢性的に人手不足に陥っていることが問題となっている。そのため、従業員による手作業をロボットハンドによって代替する方法が提案されている。しかし、食品は他の物体に比べ柔軟で傷つきやすく、傷がつくと商品価値が著しく低下してしまう点や、食品の形状や大きさのばらつきが大きいことによって把持の素早さや正確性が低下してしまう点が問題となり、ロボットハンドによる作業の代替が困難となっている。

食品把持に用いられるグリップの先行研究としては、把持する動作を代替するシステムやエンドエフェクタが研究されている [2][3]。これらのグリップなどは食品を確実に把持することを目標として開発されている。しかし、食品には低温環境における生肉など粘着性の高い把持対象が多く、食品を掴んだ後グリップを解放したとしても粘着物がグリップに付着したままとなり、把持したものを落とすことが困難になっている。そのため、食品加工の現場において、実際の盛りつけ量が目標の重量から異なった値となってしまう、修正を行うための人件費などコストの増大につながるものが課題となっている。そのため食品グリップが把持可能な対象物を広げ、汎用性を高めるためには、食品グリップに付着物を確実に解放する機能を実装することが必要であると考えられる。解放に着目した研究は少ないため、効率的に食品を解放する手法を検討することが重要である。

本研究では、ツンモリハンド [2] の把持部に付着した食品を確実に放すための機能を実装するために、把持部の形状による付着しやすさへの影響と把持部を振動させることによる落下しやすさへの影響を検討し、評価した。

### 2 解放を実現する手法の検討

ロボットハンドに付着した食品を落下させる手法として、コーティングや形状変化などにより付着しづらくする受動的な手法、またはモータやコンプレッサなどの動力源を用いた能動的な手法が考えられる (図 1)。

受動的な手法としてはコーティングなどの表面処理や ~ 数 mm 程度の表面の微細加工、10 mm ~ 程度の把持部形状の変化が考えられる。また、能動的な手法としては把持部に振動を与えることによって落下させる手法や機構的に付着物をそぎ落とす手法、空圧を用いて付着物を吹き飛ばす手法、加熱を行うことによる粘性変化を用いて落下させる手法などが考えられる。

これらの手法の中から付着物を効率的に落下させる手法を模索

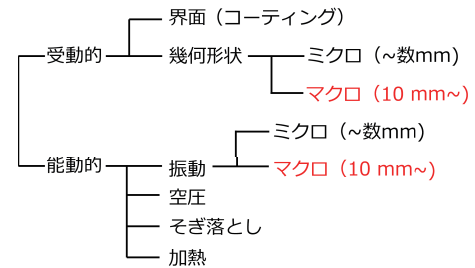


Fig.1 Base of soft robotic myocardial band with grooves to bury thin McKibben artificial muscle.

する必要がある。しかし、食品加工現場ではコスト、衛生面などの観点から以下に挙げられるような制約条件がある。

- 食品の鮮度維持のため、食品を加熱しない
- コスト低減のため、コンプレッサーやモータなど新たなアクチュエータを用いない
- 食品のたれや油などで表面を覆われたとしても解放機能を維持できる

これらの条件を満たす手法としてロボットハンド指部のマクロな形状変化による影響、ロボットハンドにマクロな振動を与えることによる影響の二つの手法について検討を行った。

### 3 把持部の形状による付着しやすさへの影響の検討

#### 3.1 検討した把持部形状

まず、ロボットハンド指部の形状を変化させることによる、食品の付着しやすさの検討を行った。

形状を検討するうえで、エンボス加工と呼ばれる形状に着目した。エンボス加工とは、実際の食品加工現場において食品を集積するシュータの表面に用いられている加工である。シュータ表面の凹凸により食品とシュータの間に空気層を作ることで付着を防ぎ、食品を確実に集めることを可能としている。

ロボットハンド指部についても、食品と指部の間に空気層ができるような形状にすることで、把持部に食品が付着しづらくなると考えられる。今回把持部の形状として、図 2 のような直線棒、2 本のワイヤをらせん状にねじったらせん棒、平角線をねじった

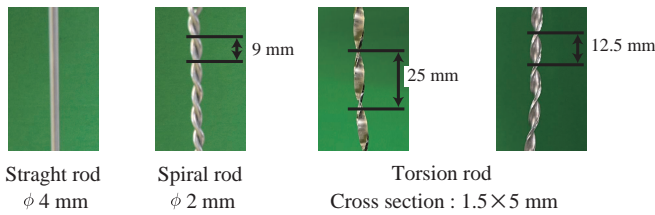


Fig.2 Rod shape used in the experiment.

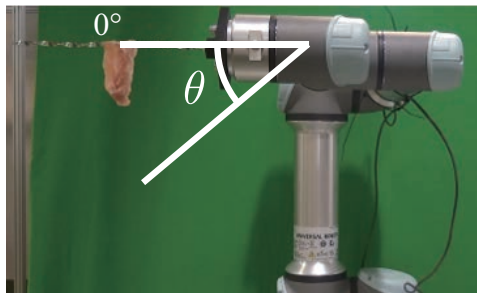


Fig.3 Experiments to evaluate the effect of changes in rod shape.

ねじり棒を検討した。ねじり棒についてはピッチを変えた2種類を用意して評価を行った。

### 3.2 把持部形状による付着しやすさの評価実験

図3のように試作した把持部形状の棒に生肉を乗せ、ロボットアーム UR5e を用いて回転させ、落下した際の角度を算出することで付着しやすさを評価した。

実験に用いた生肉は 10.5 g と 11.5 g のものを用いた。試作した棒に生肉を乗せ、生肉の自重のみで付着させた。また、試作した棒は 45 deg/sec の角速度で回転させた。実験を行った結果は図4となった。図4(a)は試作した棒に対し付着した確率を示している。また、図5(b)は落下した場合について、落下時の角度の平均を表している。

図5(a)から10.5 gと11.5 gの生肉ともにピッチが大きいねじり棒が最も付着率が低く、ピッチが小さいねじり棒が最も付着率が高い結果となった。また、図5(b)から10.5 gと11.5 gの生肉ともに直線棒が落下に必要な角度が大きくなった。10.5 gではねじり棒が最も落下に必要な角度が小さく、11.5 gではピッチが大きいねじり棒が落下に必要な角度が小さかった。

今回の実験では確実に落下する形状は確認できなかった。食品加工現場では修正を行うための人件費などのコストをなくすため、食品を確実に落下させることが求められる。今回の実験結果から指部の形状を変化させることのみでは確実に落下させることは困難であると考えられるため、指部の形状を変化させることは効率的な手法ではないと考えられる。

## 4 把持部を振動させることによる落下しやすさへの検討

### 4.1 振動周波数および振幅変化による影響の検討

次にロボットハンド指部を振動させることによる影響を調べた。

図5のようにクランク機構にツンモリハンド把持部と同じφ4 mmの金属棒を取り付け、金属棒を50°に傾け、生肉を押し付け付着させた。その後、軸に対して平行に振動を与え、付着した生肉について、付着したまま動かない・滑ったが落下しなかった・落下したの三段階で評価を行った。

金属棒に与える振動の振幅は10 mm、20 mmの二種類について実験を行い、それぞれの振幅について5 Hz、10 Hz、15 Hzの三種類の周波数で実験を行った。また、振幅5 mmについても周波数20 Hz、30 Hz、40 Hzの2種類について実験を行った。実験に用いた生肉は10 gのものを用いた。

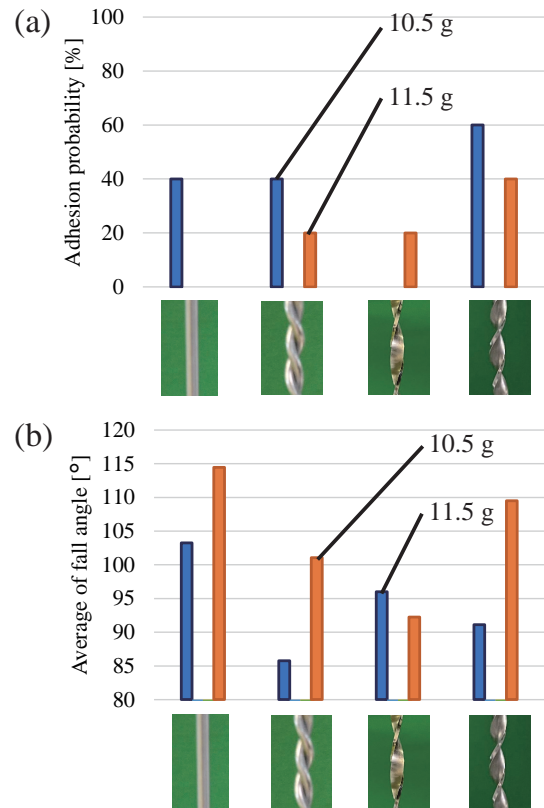


Fig.4 (a) Adhesion rate results from rod shape change. (b) Average of fall angle (Except not fall)

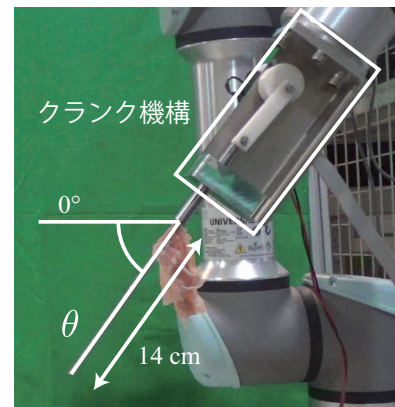


Fig.5 Experiments to evaluate the effects of vibration on the rod part.

### 4.2 実験結果

実験結果は表1となった。

結果から振幅が10 mmの場合には落下効果が確認できなかった。また、振幅が20 mmの場合、周波数が10 Hz以下では落下しなかったが、15 Hzでは落下が確認できた。一方で振幅が5 mmの場合についてはいずれの周波数であっても落下しなかったことが確認できた。

以上の結果から、振幅が一定以上において落下効果が現れると予測される。また、同一振幅では周波数が大きくなるほど落下効果が強くなると考えられる。

一方で、実際にハンド指部に振動を与える場合、振幅や周波数

Table 1 Result of the effects of vibration.

(× : Not moving, △ : Slipped, but didn't fall,  
○ : Fell off)

	5 Hz	10 Hz	15 Hz
10 mm	×	×	×
20 mm	×	△	○
	20 Hz	30 Hz	40 Hz
5 mm	×	×	×

に一定の限界が存在するため、十分な落下効果を得るために必要な振動パラメータの最小値を求めたいと考えている。

## 5 まとめ

本研究では、従来のグリップにおける課題であった、粘着物がグリップに付着したままとなる問題について、形状的アプローチまたは振動を用いたアプローチから解決することを検討した。

把持部の形状を変化させた実験では、確実な落下効果を得られる形状はなかった。実際の現場では確実に落下させることが求められるため、形状を変化させることだけでは付着しやすさに対して有効的に影響与えることが難しいことが確認できた。

把持部を振動させることによる影響の検討実験では、一定の振幅以上の振動を与えることで付着物を落下させる効果を得られることが確認できた。また、周波数が高くなるほど落下効果が強くなることが確認できた。

今後は、振動周波数、振幅などのパラメータについて変化させ、効率的に落下効果を得られる振動の特定を行う。また、実際のハンドを用いて効果の確認を検証していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、協力を頂いた株式会社イシダに深謝する。

## 参考文献

- [1] 遠藤玄. 食品把持機構. 日本ロボット学会誌, Vol. 37, No. 6, pp. 495–498, 2019.
- [2] Gen Endo and Nobuhiro Otomo. Development of a food handling gripper considering an appetizing presentation. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 4901–4906, 2016.
- [3] 櫻木嵩斗, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄. 線状食品質量を少量高精度に調節可能な計量システムの研究. *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集*, Vol. 2022, pp. 2A1–K06, 2022.