T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	線状食品を少量かつ定量把持可能なエンドエフェクタ
Title(English)	
著者(和文)	櫻木嵩斗, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄
Authors(English)	Takato Sakuragi, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, Gen Endo
出典(和文)	第39回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, , ,
Citation(English)	, , ,
発行日 / Pub. date	2021, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

線状食品を少量かつ定量把持可能なエンドエフェクタ

○櫻木嵩斗（東工大）　難波江裕之（東工大）　鈴森康一（東工大）　遠藤玄（東工大）

1.　緒言

食品加工・生産工程の分野では現在も多くの場合，人による手作業で盛り付けを行っている [1]．ロボットが作業を代替していない理由としては，弁当や総菜などに用いられる食品が他の物体と比べ柔軟で，傷がつくと商品価値が著しく低下することが挙げられる．また，これらの食品は形状や大きさにばらつきがあるため，素早さや定量性，正確性の観点から，現状ではロボットが代替することが難しい．

先行事例としては，遠藤らが開発したツンモリハンド [2] がある．このハンドでは切り干し大根やひじきの煮つけなどの総菜を定量把持し，円錐状に美観よく盛り付けることができる．また，松尾らが開発した AI ロボットハンド [3] は強化学習を利用した食品把持システムで，キャベツの千切りを定量的に把持することができる．しかし，これらのロボットハンドでは把持量に10%程度の誤差が生じてしまうため，食品の量を精密に調整する際の運用は難しい．

本報の目的は極めて小さい把持機構によってスパゲティなどの線状食品の把持量を空間的に制限し，少量かつ定量的な把持を実現することである．この把持機構により手作業や他種のロボットハンドの盛り付けによって生じた数グラムの誤差を埋め合わせることができる．本報では特に，コンテナに盛られたスパゲティの山から１本だけ正確に把持することのできる把持機構を開発する．

2.　エンドエフェクタの提案

2.1　エンドエフェクタの全体構成

本研究では 2 本指型の把持機構を複数搭載する機構構成を提案する．1 つのアクチュエータですべての把持部を開閉駆動させるため，把持部は同心円状に等間隔で配置した．

これを踏まえて製作した線状食品把持のためのエンドエフェクタ機構が図 1 である．把持部 (図 1, 赤) は取り外しが可能になっており，最大で 8 本の把持部を同時に駆動させることができる．抑え板 (図 1, 黄) が食品と接触すると中心軸が上昇し，リミットスイッチが押されることで食品との接触を検知できる．

2.2　把持部の駆動原理

図 2 のように，2 本の指のうち一方は内壁に固定され，もう一方はコイルばねとナットにより初期位置が定められており，左右に並進移動させることができる．まず把持部を閉じる場合を考えると，モータが平歯車 (図 1, 緑) を回転させることにより，カム (図 1, 青) も一体で回転し，把持部が完全に閉じ切るまで狭まる．把持部を開く場合は，モータを逆回転させカムを駆動することで，コイルばねの復元力により初期位置に戻る．

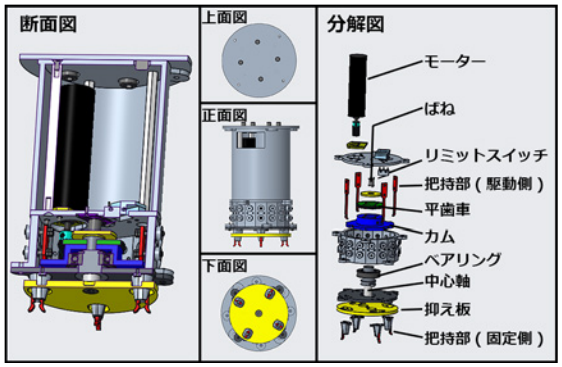


図 1: エンドエフェクタの全体構成及び断面図

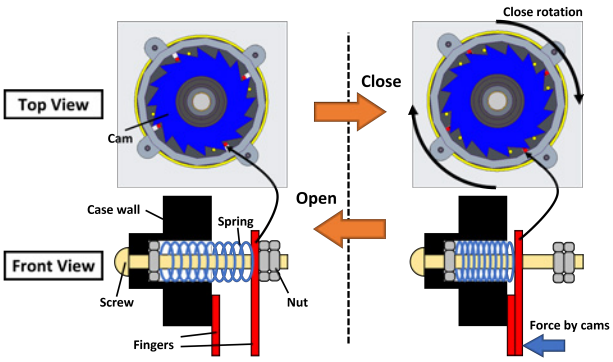


図 2: カムとばねによる把持部の開閉駆動原理

3.　スパゲティ把持実験

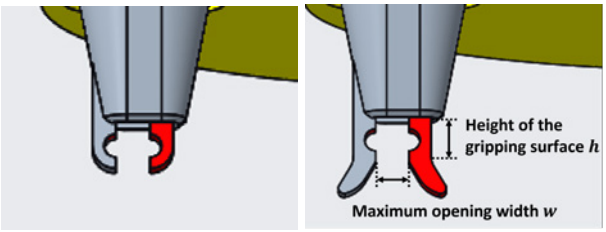
3.1　把持部の基本設計と比較実験

3.1.1　実験方法

スパゲティ 1 本の把持に適した把持部形状を選定するため，比較実験を行った．図 3 の通り，先細り型と末広がり型の二種類の把持部形状を作成した．エンドエフェクタに同形状の 2 本の把持部を取り付け，それぞれの把持部が把持したスパゲティの本数を個別に計測した．使用したスパゲティ一本当たりの質量は 2.2 g である．一連の計測を各形状で 40 回ずつ試行した．実験の様子を 5 秒ごとに撮影したものを図 4 に示す．1 回の試行全体に要するタクトタイムはおよそ 25 秒である．このうち，把持部の開閉にはそれぞれ 5 秒ずつ要しており，残り 15 秒はエンドエフェクタの下降・上昇・横移動時間である．

3.1.2　実験結果

まず，図 5 のとおり平均把持本数について比較する．図中のエラーバーは 95%信頼区間を示す．先細り型が 0.61 本であったのに対し，末広がり型は 1.09 本と，目標値との誤差が小さかった．図 6 では，把持本数ごとに



(a) 先細り型　　(b) 末広がり型

図 3: 把持部の形状

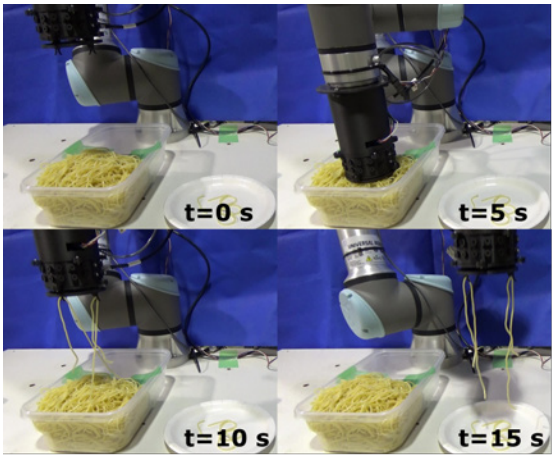


図 4: 把持実験の様子

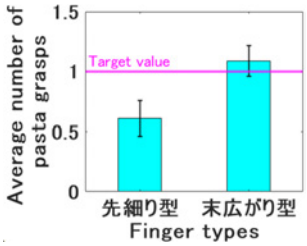


図 5: 各把持部形状における平均把持本数

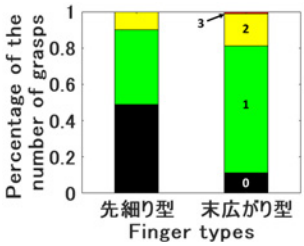


図 6: 各把持部形状における把持本数の比率

占める割合を比較することができる．黒，緑，黄，赤色がそれぞれ 0,1,2,3 本のスパゲティを把持した試行の割合を示す．緑で示される 1 本把持率は先細り型が 41%，末広がり型が 70%となり，末広がり型で精度の高いスパゲティの 1 本把持が行われていることが分かった．

3.2　把持部の詳細設計と比較実験

前節より把持精度の高かった末広がり型において図 3(b) のとおり 2 つの寸法をパラメータとして設定し，その最適値を求めた．実験ではまず表 1 のように最大開き幅 w の異なる 3 つの把持部 Narrow, Nominal, Wide を製作し，それぞれで把持精度を計測した．次に，先ほど用いた Nominal に加え，把持面高さ h の異なる 2 つの把持部 Short, Long を用いて，同様に実験を行った．

3.2.1　実験結果

まず，最大開き幅 w の異なる把持部について比較すると，図 7(a) のとおり平均把持本数では Nominal が

	Nominal	Narrow	Wide	Short	Long
w	3.0 mm	2.0 mm	4.0 mm	3.0 mm	3.0 mm
h	4.0 mm	4.0 mm	4.0 mm	2.5 mm	5.5 mm

表 1: 比較実験に使用した把持部形状

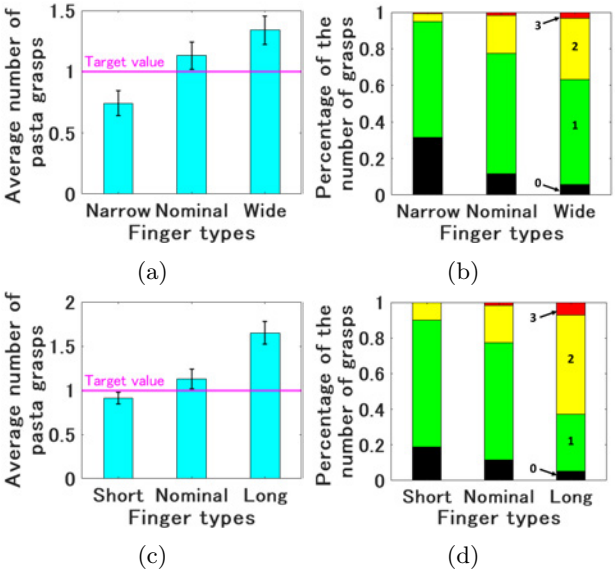


図 7: 各形状における平均把持本数と把持本数の比率

1.13 本と最も目標値に近づいた．一方で把持本数ごとに占める割合を比較すると図 7(b) のとおり Nominal の 1 本把持率が 66%であったのに対し，Narrow の 1 本把持率も 63%とほぼ同程度であった．

次に，把持面高さ h の異なる把持部について比較すると，図 7(c) のとおり平均把持本数では Short が 0.91 本となり 5 種類の中で最も目標値との誤差が小さくなった．把持本数ごとに占める割合についても，図 7(d) のとおり Short の 1 本把持率は最も高く 71%となった．よって，最大開き幅 $w = 3.0$ mm，把持面高さ $h = 2.5$ mm の形状が最適であることが明らかになった．

4.　結論

本研究では 71%の確率でスパゲティ 1 本の把持が可能な把持部の形状を求め，その制御を行うエンドエフェクタの開発に成功した．今後はその他の線状食品についても適切な把持部形状を選定することで少量かつ定量な把持が可能であることを検証する予定である．

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] G.Endo, N.Otomo：“Development of a Food Handling Gripper Considering an Appetizing Presentation”, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.4901-4906, 2016
[3] “AI 活用でロボットによる定量ピッキングを実現”，https://robotcom.jp/archives/2590