T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	食品の高速搬送を目的とした面構造を有するソフトロボットハンドの提案
Title(English)	
著者(和文)	山中悠太, 遠藤玄, 鈴森康一, 難波江裕之
Authors(English)	Yuta Yamanaka, Gen Endo, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae
出典(和文)	第37回日本ロボット学会学術講演会 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 37th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2019, 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 (Science Tokyo Research Repository)

食品の高速搬送を目的とした面構造を有する ソフトロボットハンドの提案

○山中悠太（東工大）　遠藤玄（東工大）　鈴森康一（東工大）　難波江裕之（東工大）

1.　緒言

食品の製造現場では労働人口の減少，単純作業を嫌う労働ニーズの変化により人手不足に陥っており，機械による自動化の必要性が高まっている．調理や包装の工程では自動化が進んでいるが，食品を直接ハンドリングする必要のある工程では自動化が進んでいない．この理由として，様々な形状を有し，柔らかく傷つきやすいという食品の特性から従来の産業用ロボットハンドではハンドリングが困難であることが挙げられる．

従来，食品を把持し，搬送するためのエンドエフェクタとして，2 指開閉グリッパ [1]，真空パッド [2]，ベルヌーイチャック [3]，ソフトロボットハンド [4] などが検討されてきた．特に，平井らのバインディングハンドは弾性糸により線状に接触面積を増加させることで，平らな部分がなく変形しやすいカップ入りの食材を把持することに成功している [5]．しかし，複雑な形状や重い食材に対して線接触のみで安定的な把持・搬送を実現することは困難だと推察される．これに対し，弾性シートのような面構造を用いて，面接触で食材を把持する方法が考えられる．この場合，食材との接触面積がより増加するうえ，面構造で食材を包みこむような把持が可能となり，多様な形状の食材を汎用的に扱うことができると予想される．

本稿では従来のエンドエフェクタと比較して，より多様な形状の食材を把持・搬送できる把持機構の実現を目指し，面接触で対象を把持するソフトロボットハンドの提案および面構造の有効性について検証を行ったので，これを報告する．

2.　提案する把持機構

食品の加工・生産工程では，1 つのエンドエフェクタで多様な形状の食材を扱うニーズがある．しかし，前節で紹介したような従来のエンドエフェクタでは，食材の表面形状や粘度等により扱える範囲が限定される．そこで，図 1, 2 に示すような把持機構を提案する．図 1 は柔軟指とその間に張られた柔軟布で構成されるメンダコハンドである．これは，深海生物のメンダコに着想を得たもので，柔軟指に空圧を印加し駆動することで柔軟布が対象に馴染むように面接触し，把持を行うことができる．また，図 2 は柔軟布と超弾性ワイヤで構成される巾着ハンドである．これは巾着袋に着想を得た把持機構であり，柔軟布を対象に被せ，先端を超弾性ワイヤで絞ることにより，把持を行うことができる．

これらの提案する把持機構の最大の特徴は，対象と面接触をする点である．これにより，対象の形状や表面特性に大きく依存することなく把持することができ，1 つのエンドエフェクタで多様な食材を扱うことが実現できると考えられる．

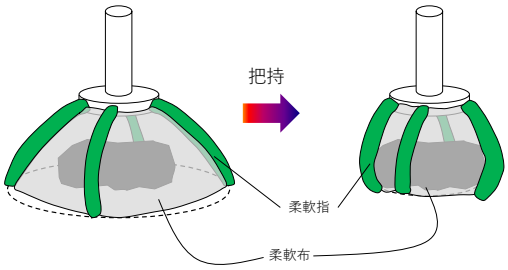

図 1　提案する把持機構（メンダコハンド）

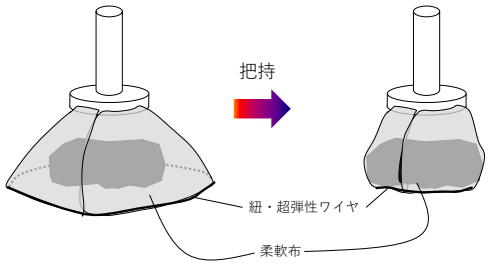

図 2　提案する把持機構（巾着ハンド）

一方，食品の加工・生産工程では 1 日に何十万回という把持・搬送動作が繰り返される．したがって，本把持機構を実用に耐えうるものにするためには，高い伸長性と耐久性を兼ね備えた柔軟布を，いかにして開発するかということが課題となる．

3.　実験

提案した把持機構の 1 つ，メンダコハンドの有効性を検証するために，唐揚げの食品サンプル (樹脂製，質量 34 g) を対象として把持・搬送実験を行った．実験装置の概観を図 3 に示す．鈴森らの FMA[6] の構造を参考に，筆者らが開発したソフトアクチュエータにクリップでウレタンシートを取り付け，提案するメンダコハンドを試作した．開発したソフトアクチュエータは 2 つの圧力室をもつことから 2 自由度を有しており，メンダコハンドはそれぞれの圧力室に空圧を印加することで開閉動作を行うことができる．これを汎用卓上マニピュレータ DOBOT Magician に取り付け，ハンドアームシステムを構成した．また，対象を把持した状態で，YAMAHA 単軸ロボット T6L-20-600-3L-SR1-X05N-B を用いて，300mm 間を最高速度 1.333m/s で 10 往復させることで高速搬送を再現した．

試作したメンダコハンドのウレタンシートは容易に着脱することができ，ウレタンシートが有る場合と無い場合でそれぞれ同様の実験を行い，把持・搬送の成功率を比較することでメンダコハンドの有効性を検証し

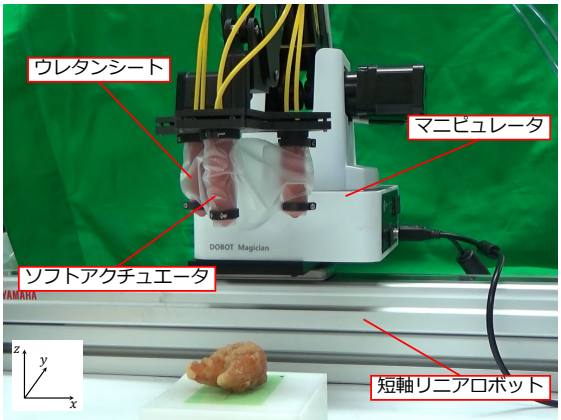

図 3　実験装置の概観

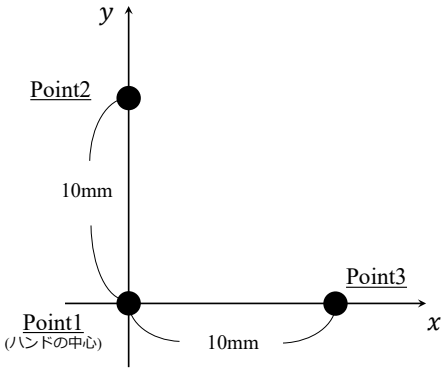

図 4　対象の設置位置

た．なお，対象を把持して搬送初期位置まで落とさなければ把持成功，単軸ロボットが 10 往復しても対象を落とさなければ搬送成功とした．また，対象の設置位置を図 4 に示す．設置位置は，把持時のハンドの中心と一致する点を Point 1 として，そこからマニピュレータに近づく方向に 10 mm 変位した点を Point　2，マニピュレータに近づく方向と垂直をなす方向に Point 1 から 10 mm 変位した点を Point 3 とそれぞれ定め，これらの 3 点について把持・搬送実験を行った．

実験結果を表 1 に示す．これより，シートを有するメンダコハンドの方がシートをもたないハンドに比べて，3 点全ての設置位置において把持・搬送の成功率が高いことが分かり，メンダコハンドの有効性が確かめられた．また，Point 2 において，シート無しの場合では搬送時に対象が回転し，指間から落下していたのに対し，シート有りの場合は回転によって位置が変化しても，指間のシートが対象を保持する様子が確認された．しかしながら，シートの押しつけ力は十分でなくシート有りの場合でも，Point 2 において指間から対象が落下する様子がみられた．これは，本実験で使用したウレタンシートの伸長性が十分でなかったことが原因だと考えられる．また，実験の際には数回シートが脱落する様子が確認された．これより，シートの柔軟性および伸長性を損なうことなく，指に確実に固定する方法の検討も課題として挙げられた．

表 1　把持・搬送成功率

	位置	把持 [%]	搬送 [%]
シート無し ($n = 10$)	Point 1	100	90
	Point 2	60	20
	Point 3	100	100
シート有り ($n = 6$)	Point 1	100	100
	Point 2	100	83
	Point 3	100	100

4.　結言

本報告では，対象と面接触することにより多様な表面特性・形状をもつ食材を扱うことのできる把持機構の提案し，その有効性の検証を行った．今後は高い伸長性と耐久性を兼ね備えた柔軟布の開発およびその固定方法の検討に取り組んでいく．

参　考　文　献

[1] A. Pettersson, T. Ohlsson, S. Davis, J. O. Gray, T. J. Dodd, A hygienically designed force gripper of flexible handling of variable and easily damaged natural food products, Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol.12, Issue 3, pp.344-351, 2011.

[2] 冨沢哲雄，大矢晃久，油田信一，小柳栄次，生鮮食料品を対象とした遠隔ショッピングロボットシステム-商品把持機構の設計と構築-，日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門講演会予稿集，1A1-N-027，2005.

[3] S. Davis, J.O. Gray, and D.G. Caldwell, An end effector based on the Bernoulli principle of handling sliced fruit and vegetables, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol.24, Issue 2, pp.249-257, 2008.

[4] S. Wakimoto, K. Suzumori, and K. Ogura, Miniature Pneumatic Curling Rubber Actuator Generating Bidrectional Motion with One Air-Suply Tube, Advanced Robotics, Vol. 25, pp. 1311-1330, 2011.

[5] 平井慎一, 食品ハンドリング用ロボットハンド, 計測と制御，第 56 巻，10 号，pp. 787-791, 2017

[6] 鈴森康一，フレキシブルマイクロアクチュエータに関する研究（第 1 報，3 自由度アクチュエータの静特性），日本機械学会論文集（C 編），55 巻，518 号，pp.2547-2552，1989.