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)	惣菜を円錐状に盛付可能な２自由度多指グリッパの開発
Title(English)	Development of a 2 D.O.F Food Handling Gripper Achieving Circular Cone Shape Presentation
著者(和文)	遠藤 玄, 大友 暢寛
Authors(English)	Gen Endo, Nobuhiro Otomo
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2016講演概要集, , , 2A2-03b1
Citation(English)	Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , , 2A2-03b1
発行日 / Pub. date	2016, 6

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

惣菜を円錐状に盛付可能な２自由度多指グリッパの開発

Development of a 2 D.O.F Food Handling Gripper Achieving Circular Cone Shape Presentation

○正　遠藤　玄 (東工大)　　大友暢寛（東工大）

Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology, gendo@mes.titech.ac.jp
Nobuhiro OTOMO, Tokyo Institute of Technology

In recent years, industrial robots have been applied to food production due to its huge potential market size. Although cooking large amount of foods are done by specially designed cooking machines, dishing up the cooked foods remains as a labor-intensive task. To solve this problem, this paper proposes a new food handling gripper that is suitable for lunch box setout considering appetizing shape of presentation. A two degree-of-freedom multi-fingered gripper with a sliding push part was developed, and evaluated by grasping experiments with noodles and simmered foods. The gripper could put the food with a circular cone shape and control the amount of grasped food.

Key Words: Gripper, Hand, Food Handling

1　緒言

産業用ロボットの新しい適用先としていわゆる三品産業（食品，医薬品，化粧品）が大きな潜在市場を持つと言われている．本論文では食品の把持作業，とりわけ弁当の盛付タスクにを対象とする．現在，惣菜の製造は専用機器により一度に大量に行うことが可能であるが，最終的な盛付工程は人手によるライン生産で行われている（図**??**）．コンビニエンスストアで販売される弁当の利益率はわずか 2〜3%と言われており，人件費の占める割合 10〜20%は大きな足かせとなっている [1]．従って盛付作業の自動化ニーズは高いものと考えられる．

従来，食品を把持し，取り置きするためのエンドエフェクタとして，２指グリッパ・真空吸着・ベルヌーイチャック・穿刺などが検討されてきた [2, 3, 4, 5]．しかしながら，日本の弁当惣菜は多種多様であり，スパゲティ，春雨などの麺類や，切り干し大根やヒジキ，キャベツの千切りなど繊維状の食品を定量的に把持することは従来のエンドエフェクタでは困難である．さらに食品では「いかに美味しそうに見えるか」が大きな商品価値であることから，定量性のみならず「美味しそうな美観」を整えることが重要である．盛付の美観という観点からの開発は，筆者の知る限り今までに行われていない．

ところで和食の盛付では，立体的に高く盛り付けると美しく見えると言われている．ワサビや切り干し大根，ヒジキの煮つけ等の場合は円錐状に「ツンモリ」と盛ることによって高さを出すことが美しい盛付とされている．

本論文では，従来のエンドエフェクタでは把持困難な繊維状の惣菜を定量的に把持可能で，なおかつ，美観よく円錐状に盛り付けることの出来る把持機構を新たに提案し，試作機を開発することにより，把持の定量性と取り置き後の形状を評価したので，これを報告する．

2　２自由度多指ハンドの提案

惣菜を円錐状に置くためには，軸対称の把持機構であることが望ましい．また弁当箱の隅にも置くことが出来るように，把持機構は弁当箱の上からアクセスし，指部は出来るだけ細いことが望ましい．また，粘性の高い惣菜の場合，重力だけでは指部から容易に離れないことも予想されるため，指部を扱くように惣菜を剥がす機構があると良い．

以上の考察から，遊星歯車機構により同期して開閉する多指把持機構と，上下方向に直動する板により食品を押し出すスライド機構を有するグリッパ「ツンモリハンド」を提案する（図 2）．指部は細いステンレス棒で構成され，クランク上にオフセットされた軸が遊星歯車に繋がっている．リングギアをベース部に固定し，サンギアを回転自在に支持する．そして遊星ギアの一つを DC モータにより駆動することで，６指が同期して軸対称に回動し開閉を行う．またスライド機構は空気圧シリンダにより駆動する．多指の駆動機構はロボットの把持機構 [6] やチャックとして既に提案されているものであるが，本研究では直動機構を有することが新規性であり，食品把持という新しい適用先を見出したところに意義がある．



Fig.1 Line production in a lunch box factory placing foods in a serving dish.

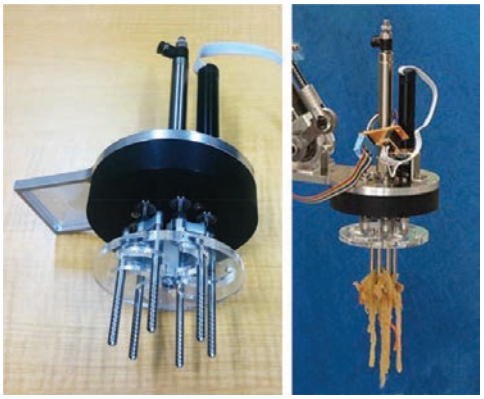


Fig.2 Overview of the proposed food handling gripper named "Tsummori-Hand (TMH)"

3　実験

把持量を定量的に調節可能であること，ならびに惣菜を置いた際の形状を確認するため，取り置き実験を行った．マニピュレータは筆者らの開発した 3 自由度軽作業用アーム [7] を用いた．手先に装備されたエンドエフェクタは平行リンク機構により常に水平に保たれる．把持対象物はしらたき，切り干し大根の煮物とヒジキの煮物である．しらたきはおよそ 100mm に切り揃え，平均密度は 0.81g/cm^3 である．また切り干し大根は平均でおよそ 80mm 程度の長さであり，他に長さ 30mm 程度の人参の千切り，油揚げが入っており，平均密度はおよそ 0.66g/cm^3 である．ヒジキの煮物は平均でおよそ 20mm 程度と短く，同じく人参の千切りと油揚げが入っており，平均密度は 0.72g/cm^3 である．

取り置き実験は人手による盛付作業と同様に，十分大きな容器に惣菜が入っている状態から取り置きを行った．予め位置が既知で水平に均した惣菜の上部から指を差し込み把持を行い，マニピュレータで搬送し皿の上に置く一連の作業を行い，皿に置かれた惣菜の質量を計測した．また惣菜の形状を撮影し，画像から大きさや高さを計測した．各条件において 15 回の試行を行い，平均値と標準誤差を求めた．指の開閉半径 R と惣菜への差し込み深さ d（図 3）をパラメータとして把持する惣菜の質量が調節可能であるか実験した．指部が内包する体積は $\pi R^2 d/4$ であることから，d に対しては線形，R に対しては 2 乗で質量が増加すると予想できる．

実験結果を図 4 に示す．円錐状にヒジキを盛り付けることが出来ていることが分かる．また把持量を調節することが出来ることが確かめられた．また切り干し大根，しらたきにおいても同様に把持が可能であった．図 5，6 より，R, d が増加するにつれ，把持量も増加する傾向が確かめられた．しかしながら，必ずしも各々 2 乗，1 乗で関係づけられる結果ではなく，試行毎の把持量の誤差も大きかった．これは食材の繊維同士が絡み合うために生じる誤差と考えらえる．正確に質量を制御するためには把持質量を計測し，再把持を行うなどの制御が必要であると思われる．

図 7 にスライド機構による形状変化を示す．スライド機構を用いた場合，指を閉じたままで盛付出来ることから最大直径を小さくすることができるが，一方で上から押し込むように置くため，高さも減ることとなった．押し出し板の形状を平板では無く，円錐状に改良することで高さも保持できると考えられる．

4　結言

本報告では盛付の美観を考慮し円錐状に盛付可能な 2 自由度把持機構を提案し，把持定量と取り置き後の形状を計測した．

参考文献

[1] http://moneyzine.jp/article/detail/202069?p=2

[2] N. Sakamoto, M. Higashimori, T. Tsuji, M. Kaneko, An Optimum Design of Robotic Hand for Handling a Visco-elastic Object Based on Maxwell Model, Proc. ICRA, pp. 1219-1225, 2007.

[3] T. Tomizawa, A. Ohya, S. Yuta, E. Koyanagi, Remote Shopping Robot System for Fresh Foods, JSME Conf. on Robotics and Mechatronics, 1A1-N-027, 2005 (in Japanese).

[4] 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.

[5] N. Sakamoto, M. Higashimori, T. Tsuji, M. Kaneko, Proposal of Piercing Type Handling by using Inverse Tightening Effect, JSME Conf. on Robotics and Mechatronics, 2A1-F06, 2007 (in Japanese).

[6] A. Kawakami, A. Torii, S. Hirose, Design of SMC Rover: Development and Basic Experiments of Arm Equipped Single Wheel Rover, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.96-101, 2001

[7] G. Endo, H. Yamada, S. Hirose, Development of a Light Duty Arm with an Active-Fingertip Gripper for Handling Discoid Objects, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.2600-2605, 2010.

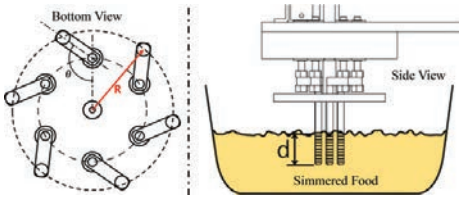


Fig.3 Definition of parameters R and d to control grasping amount.



Fig.4 Controlling weight of the grasped food.

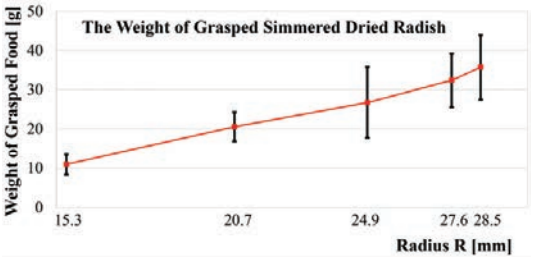


Fig.5 Relation between R and grasped weight where d=20mm.

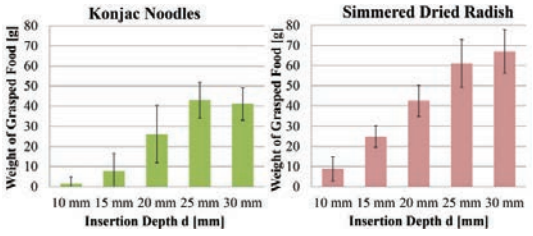


Fig.6 Relation between d and grasped weight where R=28.5mm.

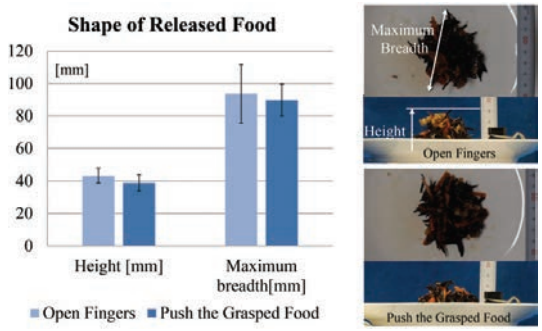


Fig.7 Effect of sliding part.