

密集環境内における軟弱・脆弱対象物の把持を可能とする 無摺動式トーラス型伸展ロボット指機構

Robotic Finger Mechanism to realize grasping soft or fragile objects with extensible torus configuration

○藤田政宏*, 野村陽人*, 高根英里*, 市村友哉*, 小松洋音*, 西田健**
多田隈建二郎*, 昆陽雅司*, 田所諭*

○Masahiro Fujita*, Akito Nomura*, Eri Takane*, Tomoya Ichimura*, Hirone Komatsu*
Ken Nishida**, Kenjiro Tadakuma*, Masashi Konyo*, Satoshi Tadokoro*

*東北大学, **九州工業大学

*Tohoku University, **Kyushu Institute of Technology

キーワード: 無摺動 (Extensible), 柔軟・脆弱 (Soft or fragile), グリッパ (Gripper), 機構 (Mechanism)

連絡先: 〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 田所研究室

藤田政宏, Tel.: (022)795-7025, Fax.: (022)795-7023, E-mail: fujita.masahiro@rm.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

従来より, ワークなどを把持するために複数の指部と, 各指部を駆動させるための1または複数のアクチュエータとを有するロボット用ハンドが研究・開発¹⁾²⁾³⁾⁴⁾されている. また, 多種・多様な形状の把持対象物を把持するグリッパ装置として, ゴム製または布製で, 内側に低融点合金や機能性流体等から成る流動体が密封されて, 中心軸に沿って細長く形成された円環形状を成す内外連続式袋状構造体と, 内外連続式袋状構造体の円環形状の内側を, その中心軸に沿って移動させるインナーロッドとを有するものが, 多田隈らによって開発されている.⁵⁾⁶⁾ このグリッパ装置は, インナーロッドをスライドさせて, 内外連続式袋状構造体を, 先端側で, 外側から内側に向かって動かすことにより,

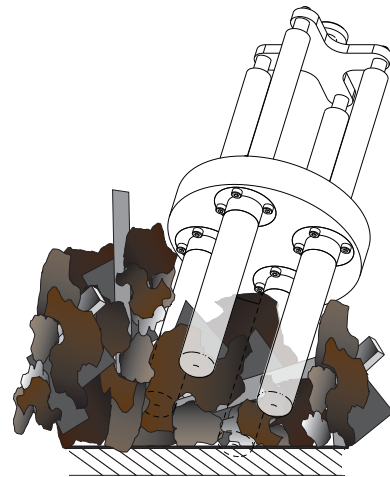


Fig. 1 Basic Conception

把持対象物を内外連続式袋状構造体の先端から内側に取り込み, 流動体を液体から固体状態に変化させることにより, 対象物の形状に柔軟になじんだ状態で対象物を把持するよう構成されている.

しかしながら、ロボット用ハンドは把持対象物を把持するために、指部間隔を対象物以上に広げる必要があるため、対象物の周りに他の物体が近接して存在している状態から対象物のみを把持する場合や、密集した物体群の中から対象物のみを把持する場合には、対象物と隣接物との間に指を挿入する必要があり、その際に対象物と隣接物と指部との間に摩擦が生じてしまう。このため、把持対象物が被災者や幼鶏体に代表される、幼鳥などの生体や生体組織、および瓦礫などの軟弱物や脆弱物の場合においては、その対象物や隣接物を傷つける危険性やストレスを与えてしまうなどの問題点がある。

また、ジャミンググリッパに代表される包状グリッパ機構⁷⁾⁸⁾⁹⁾においても、把持する対象物が瓦礫などの軟弱物や脆弱物からなる場合には、対象物を取り込む際に圧力がかかるため、対象物を傷つける危険性やストレスを与えるなどの問題点がある。

そこで、本稿では把持対象物が軟弱物や脆弱物であっても、対象物や隣接物を傷つけることなく、あるいはストレスを与えることなく、安全に把持することができるグリッパ装置の原理考案・具現化（設計・試作）・原理確認を行ったので報告する。

2. 無摺動トーラス構造

2.1 基本原理

無摺動トーラス構造の基本構想図を Fig. 1、基本原理図を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より、指部はトーラス袋 (Torus Bag)、インナーロッド (Inner Rod)、支持体 (Cap)、および直動アクチュエータの (Linear Actuator) 4つのパーツで構成される。トーラス袋とインナーロッドが指部先端で固定されており、インナーロッドを直動させることでトーラス袋を伸縮させる。トーラス袋は内外連続式のため、完全伸展させるためにはロッドをトーラス袋の軸方向長さの2倍

直動させる必要がある。多種・多様な形状の対象物を把持するため、ゴム製または布製のトーラス袋内は低融点合金や機能性流体や気体、液体、粒状体等からなる流動体が密封されている。しかしながら、トーラス袋を伸展させる際に、袋内の体積が変化するため、袋内の圧力が変化し伸展動作を妨げる。そのため、袋内の圧力を一定に保つ圧力調整機構を有する必要がある。

圧力調整機構の一例を Fig. 3 に示す。指部の反対側に設置された膨張体とそれらを通気可能のために設けられた流路で構成される。これにより、指部と膨張部の内部体積の和が一定となるように変形する。膨張部は指部と同じトーラス構造以外にも、風船の様な弾性袋や蛇腹などのような、内部体積が可変であるもでもよい。また、指部のトーラス袋の一部を蛇腹状にすることで、膨張部を設けることなく構成することができる。

2.2 無摺動式トーラス型指機構

無摺動式トーラス型伸展ロボット指機構の構想を Fig. 4 に示す。本指機構は支持体 (Body) から伸縮可能に設けられ、伸縮方向に対して横方向に互いに間隔をあけて配置された複数の伸縮指部を有する。把持対象物を安全に把持するためには、伸縮部は3つ以上であることが望ましい。

本グリッパ装置は、対象物に近づけた後、操作手段で袋状部材を短縮状態から伸長状態に向かって伸ばすことにより、支持体から各伸縮部を伸ばし、伸びた複数の伸縮部の間に対象物を挟むようにして、対象物を把持することができる。このとき、袋状部材の内側の膜を袋状部材の先端側から順に、袋状部材の先端の中央部から袋状部材の外側に向かって移動させて袋状部材を伸ばすため、袋状部材の外側面とその外側面に接する物体との間に摩擦が生じない。このため、対象物の周りに他の物体が近接して存在している状態から対象物を把持する場合や、密集

した物体の中から対象物を把持する場合であっても、対象物と隣接物との間に伸縮部を伸ばして挿入する際に、その対象物や隣接物と伸縮部との間に摩擦が生じない。このため、把持する対象物が、被災者や幼鶏体のような生体や、瓦礫などの軟弱物や脆弱物から成るときでも、その対象物や隣接物を傷ついたり、対象物や隣接物にストレスを与えたりすることなく、対象物を安全に把持することができる。

各操作手段として、全ての袋状部材を同時に伸縮可能であってもよい。この場合、把持するための操作が容易である。また、他の操作手段として、それぞれに対応する袋状部材を独立に伸縮可能であってもよい。この場合、対象物の状態や形状に応じて、柔軟に把持の操作を行うことができる。また、各伸縮部を直動させる方法として、手で直接動かす方法や、油圧などを利用して動かすなど、いかなる方法で袋状部を伸縮させてもよい。

各伸縮部の特性として、対象物をしっかりと把持できるよう、袋状部材の外側面が摩擦係数の大きい素材からなることが好ましい。さらに、把持した対象物を傷つけないよう、袋状部材の外側面が柔軟な素材からなることが好ましい。また、袋状部材は、接触した対象物や隣接物との間で伸縮中に摩擦が生じないように、非伸縮性または難伸縮性の素材から成ることが好ましい。また、各伸縮部は、伸長時に先端が対象物などに当たったとき、その伸縮部のみ、それ以上伸びないように構成されていることが好ましい。この場合、伸長時に対象物などを傷つけるのを防止すると共に、他の伸びた伸縮部で対象物を把持することができる。

3. 実機構成

3.1 構想

本グリッパ機構の概念図を

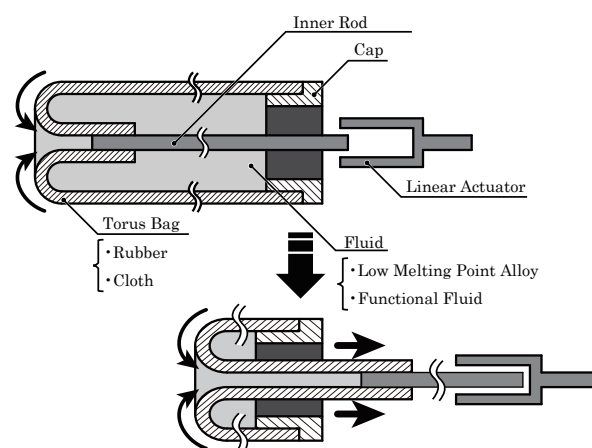


Fig. 2 Basic Principle of Torus Finger

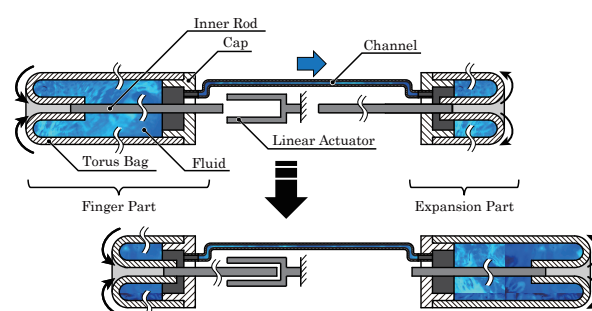


Fig. 3 Torus Mechanism with Fluid

3.2 試作機的设计

本グリッパ機構の断面図を Fig. 5 に示す。インナーロッドの両端にトーラス袋が固定されており、ハンドルを直動させることで、指部と膨張部を伸縮させる。グリッパ内部には水を流動体として充填している。指部と膨張部は袋固定具の内部でつながっており、流動体が非圧縮性のため両袋の内部体積の和は常に一定となる。

3.3 実機製作

前章で示した構造を元に実機の試作を行った。試作した無摺動式トーラス型伸展ロボット指機構を Fig. 6, グリッパ装置の仕様を Table 1 に示す。本グリッパはトーラス袋、支持体 (BODy)、ハンドル、インナーロッドで構成される。トーラス袋は造形のし易さを考慮し、シリコンゴムで製作した。また、構造のシンプル化のために、

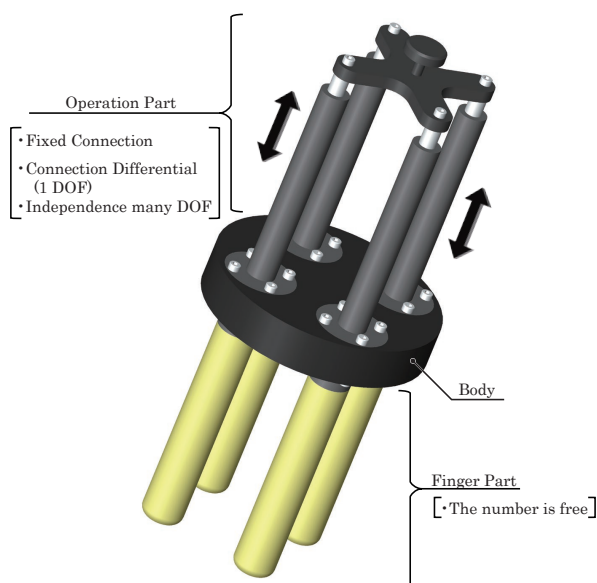


Fig. 4 Basic Configuration

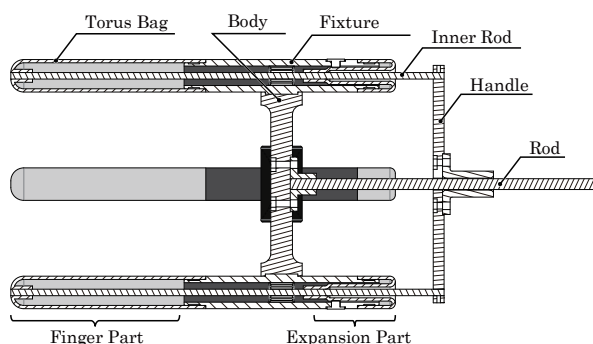


Fig. 5 Section View

4本の指部は同時に駆動させ、手動により直動させるものとした。

4. 実機実験

4.1 実験条件

前章で製作した実機を用いて、柔軟物把持を行った。実験条件として密集した状況を想定し、把持対象物の周囲は物体により密集した状況とした。無摺動式トーラス型伸展ロボット指機構による柔軟物把持の様子を Fig. 7 に示す。また、比較実験として、トーラス機構を伸展させずに柔軟物把持（従来方式に相当）を行った。柔軟物把持の様子を Fig. 8 に示す。

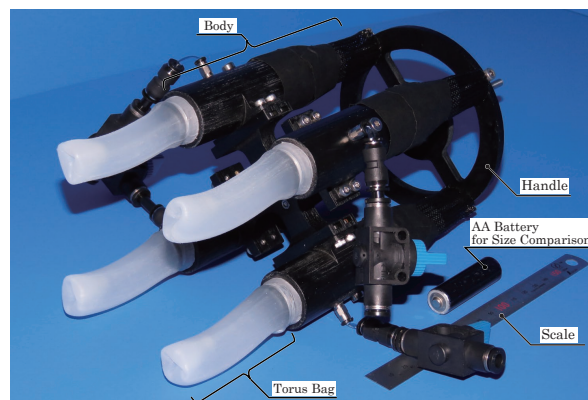


Fig. 6 Overview of the prototype

Table 1 The Specification of the Gripper

Weight	672.99 g
Length of the Gripper	190 mm
Stroke of the Gripper	40 mm
Center Distance of the Grippers	100 mm
Diameter of the Gripper	15 mm
The Quantity of Filling of Water	23ml
Quality of Material	Silicon Rubber
The Number of Finger	4

4.2 実験結果

Fig. 7 から、密集した狭い空間にトーラス袋が入り込んでいる様子が確認できる。また、柔軟物としてのスポンジが変形していない様子も確認できる。これにより、対象物とトーラス袋間で摩擦が発生せず、無摺動で入り込んでいるといえる。一方で、Fig. 8 より、トーラス袋を伸展させない場合（従来方式に相当する）、摩擦が発生し、把持対象物であるスポンジが変形している様子が確認できる。また、摩擦によりトーラス袋が座屈している様子も確認できる。これら実験結果より、考案したトーラス型伸展ロボット指を用いることで、対象物に負荷を抑えて把持することが可能であった。

5. まとめ

本研究では、従来のグリップ装置では把持が困難であった、軟弱物や脆弱物などの対象物や

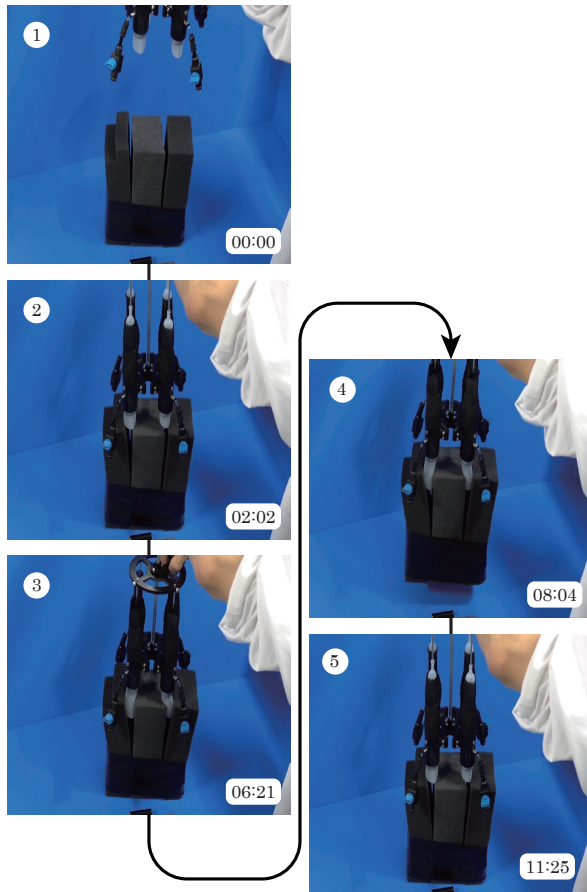


Fig. 7 Experiment with Torus Mechanism

隣接物を傷つけることなく、あるいはストレスを与えることなく、安全に把持することができるグリッパ装置の原理考案・具現化（具体的設計・実機製作）・実機実験を行った。対象物に負荷をかけることなく把持する方法として、内外連続袋状構造体を用いたトーラスグリッパ機構を考案した。また、製作した試作機を用いて柔軟物把持実験を行った。実験結果より、試作したトーラス型伸展ロボット指では対象物に負荷をかけることなく把持することが可能であった。

今後の予定として、試作したトーラス型伸展ロボット指を用いて、把持対象物との間に発生する摩擦等の負荷の測定を行う。また、トーラス袋の収縮時に時に発生する座屈を防ぐために、袋の最適なサイズを選定して行く。

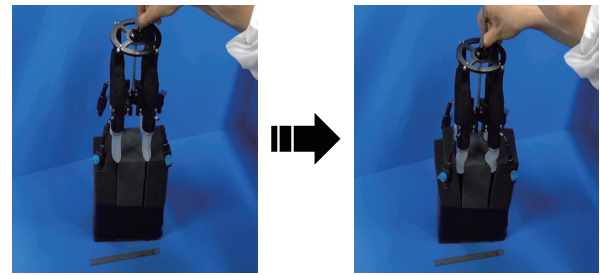


Fig. 8 Experiment with No Torus Mechanism

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。

参考文献

- 1) 三島, 青木, 廣瀬; ”狭隘環境内探査用空気伸展アームの開発”, 第3回計測自動制御学会, SI 部門講演会予稿集 Vol.1, pp.49-50, 2002
- 2) 広瀬茂男, 生田幸士, 塚本雅弘, “形状記憶合金アクチュエータの開発 (材料特性の計測と能動内視鏡の開発)”, 日本ロボット学会誌, Vol.5, No.2, pp.87-101, 1987.
- 3) 鈴木康一ら, “流体駆動ソフトメカニズムの設計”, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.6, pp.484-487, 2011.
- 4) 生田幸士ら, “形状記憶合金アクチュエータの開発 (材料特性の計測と能動内視鏡の開発)”, 日本ロボット学会誌, Vol.5, No.2, pp.87-101, 1987.
- 5) 多田隈建二郎, 多田隈理一郎, 勅使河原誠一, 溝口義智, 長谷川浩章, 寺田一貴, 高山俊男, 小俣透, 明愛国, 下条誠. (2008). 全方向包括式なじみグリッパ-基本概念の提案と機械モデルの第一次試作. 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集., 11-01.
- 6) 藤田 政宏, 根 英里, 野村 陽人, 多田隈 建二郎, 小松 洋音, 昆陽 雅司, 田所 諭, 内体積可変メカニズムを有するトーラス袋状グリッパ機構, 第34回日本ロボット学会学術講演会, 2016年9月7日-9日, 山形
- 7) ロボット工学ハンドブック pp351-352, 日本ロボット工学会編, ISBN 4-339-04576-4, コロナ社
- 8) G. Bancon and B. Huber, Depression and grippers with their possible applications, 12th ISIR, Paris (1982), pp. 321-329.
- 9) Brown, Eric, et al. ”Universal robotic gripper based on the jamming of granular material.” Proceedings of the National Academy of Sciences 107.44 (2010): 18809-18814.