

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：34416

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870727

研究課題名(和文) タコを生体模倣した真空吸着グリッパの開発

研究課題名(英文) Development of Octopus bio-inspired vacuum gripper

研究代表者

高橋 智一 (Takahashi, Tomokazu)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：20581648

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：産業分野では多様な製品や部品を把持できる汎用ロボットハンドが求められている。そこでタコの吸盤を模倣した真空吸着グリッパを開発する。既にタコの吸着原理を模倣したグリッパは開発しており、本研究ではタコの有する漏斗形状、微細な突起と溝を模倣してグリッパの吸着性能を向上させることを目的とした。タコの吸盤の観察から得た寸法を基にグリッパを試作した。微細な突起があると吸着力と剥離するせん断力が増大した。漏斗形状や微細な溝があると吸盤の柔軟性が向上して対象物に追従しやすくなった。以上のことからタコの吸盤構造を模倣することは真空吸着ハンドの性能向上に有効であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In industrial field, the robots transfer or assemble the various shapes of industrial parts and products. If we can use a universal gripper, the fabrication efficiency becomes higher. Therefore, we proposed an Octopus bio-inspired vacuum gripper, since the octopus can grasp the objects using flexible suction cups and arms. In this study, we evaluated the performance of gripper with funnel, micro bumps and micro grooves imitating Octopus. The gripper with micro bumps generated high adhesive force. Moreover, the peel strength was increased. The gripper with funnel and micro grooves has higher flexibility than the gripper without micro structure. The structure imitating Octopus suction cup improves the performance of vacuum gripper.

研究分野：マイクロマシン

キーワード：汎用ロボットハンド 真空吸着グリッパ 生体模倣 タコ

### 1. 研究開始当初の背景

流通業界における商品の箱詰め作業、建築物の外壁診断、水中での物体・生体試料の搬送では、吸着する対象物の種類が多岐にわたるため、それらの形状、大きさ、重量、姿勢の変化に対応できる自動化システムの構築が難しい。このためこれらの作業は人もしくは多指型ハンドをもつロボットにより行われているが、作業効率、コストを改善するために、多種多様な物品を把持可能な汎用ロボットハンドの開発が望まれている。従来研究されている汎用ハンドとして、人の指を模倣したハンド、電磁バルブで吸着を制御する真空吸着グリッパ、グリッパの一部を相変化させて対象物を覆うグリッパ、ヤモリの足を生体模倣したグリッパなどがある。

### 2. 研究の目的

上述の従来の研究は柔軟性が乏しかったり、高度な構造や機構が必要であったりするため、産業分野における対象物の搬送や組立に適さない。そこで我々は過去にタコの吸着原理を模倣した汎用真空吸着グリッパを提案した。本研究では吸着性能を向上させるためタコの吸盤構造の模倣を行う。また模倣のためにタコの吸盤の観察も行った。

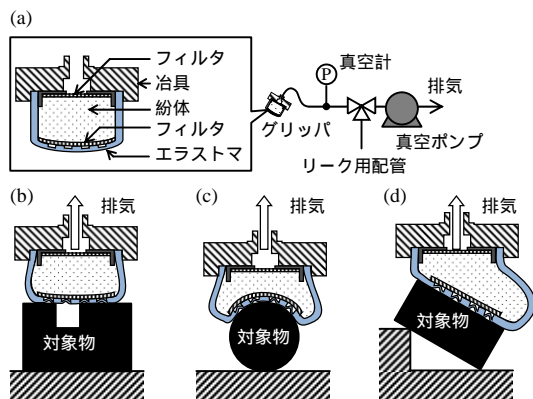


図1 タコを模倣した真空吸着グリッパ

### 3. 研究の方法

まずタコの吸着動作とその表面構造を観察して、模倣する寸法や形状を決定する。観察には高速度カメラと走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた。吸盤の表面構造を観察する際は吸盤を乾燥させ、その形状、寸法を計測した。

次に我々が過去に試作した真空吸着グリッパ (図1) にタコが有する構造 (漏斗形状、微細な溝や突起) を加え、吸着性能 (吸着力と形状追従性) を比較した。形状追従性の評価は以下のように行った。我々が提案したグリッパは対象物に押し付けたのち、グリッパ内圧を下げることで吸着できる。対象物に押し付ける力が小さいほど、形状に沿いやすく柔軟性が高くなる。したがって形状追従性は吸着に必要な押付力の大きさで評価した。

### 4. 研究成果

タコの吸盤には漏斗形状 (くびれや円錐状の凹み)、放射状や同心円状の溝、さらに微小な突起がある。本研究では微小突起があると吸着力と剥離強度が高くなり、漏斗形状や微細な溝は形状追従性を高める効果があることがわかった。以下に詳細を述べる。

#### (1) 微細突起

走査型顕微鏡で観察し、微小な突起が三角配置されているのを確認した (図2)。吸盤内を10か所観察して突起3個を1組として40組を選び寸法を測定した。微小突起の直径と中心間距離の平均はそれぞれ  $2.8 \mu\text{m}$ 、 $3.5 \mu\text{m}$  であった。生物試料であり乾燥させているので異常に傾いた突起や潰れたものがあるが、これらを除いて突起を選択した。

タコの微小突起は単純な円筒ではなく円錐台の上面に凹みがある。しかしこの形状を忠実に再現する前に円筒に近似した突起を作製してその効果を検証した。実際の微小突起が密に並んでいるが、作製法では実現が困難であるため、作製する微細突起の直径を  $2 \mu\text{m}$ 、中心間距離を  $4 \mu\text{m}$  とした。

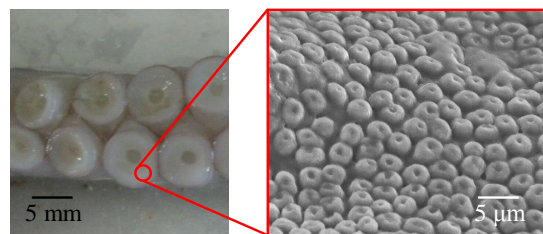


図2 タコの吸盤にある微細突起

グリッパのエラストマは金型にシリコンゴムを流し込み成形する。微細突起をグリッパ底面に形成するため、微細加工したシリコン型を用いた。直径  $2 \mu\text{m}$ 、中心間距離  $4 \mu\text{m}$ 、深さ  $1 \mu\text{m}$  の微細な穴がシリコンチップの  $20 \text{mm}$  角に形成されている。成形したグリッパにも同等の微細構造が形成されていることを確認した。

作製したグリッパを用いて吸着力を測定すると微細突起がない場合の1.1倍の吸着力が得られた。吸着をさせるためグリッパと対象物は密着していなければならない。そのためグリッパを対象物に押し付ける。微小突起がない場合、押し付けによってグリッパにある円形の吸盤が変形する。さらにグリッパ内圧を下げるとグリッパが収縮するので円形がさらに変形する。変形すると吸盤である膜の変位が小さくなるため吸着力がわずかに低下してしまう。それに対して微小突起があるとグリッパと対象物の間に働く摩擦力が増えるので、吸盤の変形が小さくなり、吸着力が高くなったと考えられる。吸着時の吸盤の形状を観察すると微小突起のある場合、吸盤は円形を維持した。

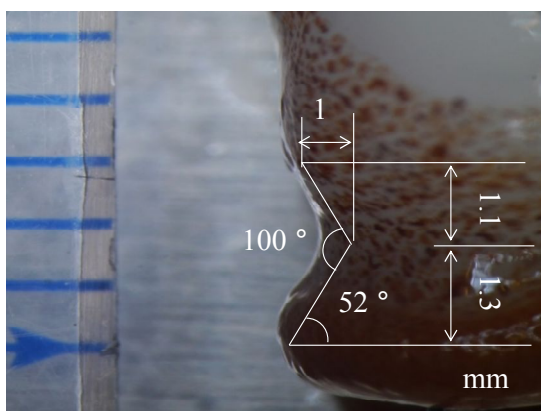
微小突起によってグリッパと対象物の間に働く摩擦力が増大するのであれば、吸着時に吸着界面に対してせん断方向に働く力で

剥離しにくくなるはずである。実験すると微小突起があるとせん断方向の剥離強度（グリッパが対象物から剥離する際の力）は1.2倍となった。

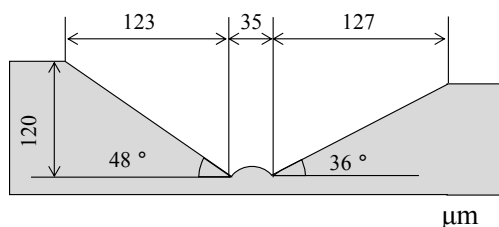
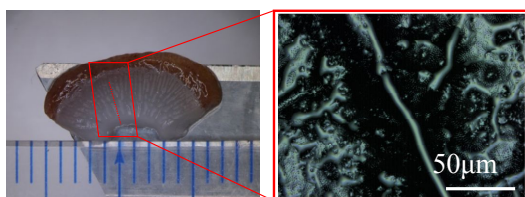
#### (2) 漏斗形状と微細な溝

光学顕微鏡で観察し、漏斗形状の寸法を測定した。またレーザ顕微鏡により微細な溝の断面形状を計測した。計測した寸法を基に2個の構造が有する形状追従性を有限要素法解析で評価した。解析では2個の構造があると、グリッパを押し付けたとき円周が広がっていることがわかった。よって形状に沿いやすくなっていると考えられる。

次に計測した結果を基にグリッパを作製した。グリッパの形状追従性を評価するため押し付力を計測すると、漏斗形状のみを有するグリッパの押し付力は構造を加えていないグリッパの0.7倍と減少した。微細な溝のみを有するグリッパの押し付力は大きな差はなかった。これはグリッパに使用しているエラストマの物性値がタコとは異なっているため、形状追従性の効果が得られなかったと考えられる。今後は微細な溝による形状追従性の効果を高め、有限要素法解析を用いるなどして物性値や溝の寸法を最適化する。



(a) 漏斗形状



(b) 微細な溝

図3 漏斗形状と微細な溝の写真と寸法

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 1件)

高橋智一、菊池智史、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤を模倣した真空吸着グリッパの開発、精密工学会誌、査読有、Vol. 79 (2013) No. 10 p. 970-971  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe/79/10/79\\_970/\\_article/references/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe/79/10/79_970/_article/references/-char/ja/)

### 〔学会発表〕(計 11件)

Tomokazu Takahashi, Masato Suzuki, Seiji Aoyagi, Octopus Bioinspired Vacuum Gripper with Micro Bumps, The 11th Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, Hotel Matsushima Taikanso (Miyagi), 2016.4.20, C1L-A-5

T. Takahashi, S. Kikuchi, M. Suzuki, S. Aoyagi, Vacuum gripper imitated Octopus Sucker -Effect of liquid membrane for adsorption-, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Hamburg (Germany), 2015.9.30, pp.2929 - 2936.

菊池智史、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤を模倣した真空グリッパの開発-微小突起の観察と模倣-、日本ロボット学会、東京電機大学東京千住キャンパス(東京)、2015.9.4、2K2-05

三村拓人、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤を模倣した真空グリッパの開発-吸盤の漏斗構造の模倣-、日本ロボット学会、東京電機大学東京千住キャンパス(東京)、2015.9.4、2K2-06

鈴木大輝、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤を模倣した真空グリッパの開発 内包する粒子の充填率が吸着性能に与える影響、日本ロボット学会、東京電機大学東京千住キャンパス(東京)、2015.9.4、2K2-07

菊池智史、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤にある微小突起を模倣した真空グリッパの開発、ロボティクス・メカトロニクス講演会、京都市勧業館 みやこめっせ(京都)、2015.5.18、1P1-Q02

三村拓人、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの漏斗構造を模倣した吸盤の作製と性能評価、ロボティクス・メカトロニクス講演会、京都市勧業館 みやこめっせ(京都)、2015.5.18、1P1-Q06

鈴木大輝、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠司、タコの吸盤を模倣した真空グリッパの開発 -内包する粒子の粒径が吸着性能に与える影響-、ロボティクス・メカトロニクス講演会、京都市勧業館 みやこめっ

せ(京都) 2015.5.18、1P1-Q07  
菊池智史、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠  
司、タコを生体模倣した真空吸着グリ  
ッパの開発、日本ロボット学会、九州産  
業大学(福岡) 2014.9.4、103-05  
菊池智史、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠  
司、タコの吸着機構を模倣した真空吸  
着グリッパの開発、ロボティクス・メカ  
トロニクス講演会、富山国際会議場(富  
山) 2014.5.28、3P1-S05  
菊池智史、高橋智一、鈴木昌人、青柳誠  
司、接触により開くバルブをもつ真空  
吸着グリッパの開発、ロボティクス・メ  
カトロニクス講演会、富山国際会議場(富  
山) 2014.5.28、3P1-S06

〔産業財産権〕

出願状況(計 1件)

名称：吸着機構  
発明者：高橋智一  
権利者：関西大学  
種類：特許  
番号：特開 2015-208801  
出願年月日：平成 26 年 4 月 25 日  
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等  
[www2.itc.kansai-u.ac.jp/~t100051/](http://www2.itc.kansai-u.ac.jp/~t100051/)

6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 智一(TAKAHASHI, Tomokazu)  
関西大学・システム理工学部・准教授  
研究者番号：20581648