

# 修士論文

## 柔軟指を有する産業用ロボットによる組付け作業(変更予定)

指導教員： 西田 健 准教授  
九州工業大学大学院 工学府  
工学専攻 知能制御工学コース

学籍番号： 193D2007

提出者氏名： 川崎 雄太郎

令和3年 2月 12日

## 概 要

産業用ロボットはエンドエフェクタと呼ばれる先端部を交換することによって様々な作業を遂行している．エンドエフェクタのうち把持や運搬，組み付け作業用に設計されたものをグリッパと呼ぶ．グリッパの交換には複雑な把持計画や交換作業が伴い効率的な作業の障害となる問題が存在する．また自動車部品の製造工場などでは上記の問題に加えて車種固有の意匠部品などは形状の多岐に及んでいるため把持の複雑さや部品自体がデリケートなものによることから従業員の手作業で組み付けが行われており，自動化できていない課題がある．

こうした問題を解決するために近年把持対象物の姿勢認識とグリッパの交換を省略し，作業効率を向上させるユニバーサルグリッパと呼ばれるものの開発が行われている．ユニバーサルグリッパの中でも把持部に柔軟性のあるグリッパは，把持対象物を包み込むことで把持部を対象物に密着させて接触面積を増やし，対象物との間に生じる摩擦を増やして柔軟な把持を可能にする．また，はや戻り機構を有するグリッパは高速で把持と開放を高速で行うことができタクトタイムの減少を期待できる．

本研究では，柔軟な把持を可能にする指をもちはや戻り機能を有するグリッパの提案をする．

# 目 次

1	序論	4
2	構造	5
2.1	柔軟指 . . . . .	5
2.2	ラティス構造 . . . . .	5
2.3	力覚センサ . . . . .	6
2.3.1	動作原理 . . . . .	6
3	実験	7
3.1	基礎実験 . . . . .	7
3.1.1	実験手順 . . . . .	7
3.2	結果と考察 . . . . .	7
4	球面化	8
4.1	荷重実験 . . . . .	8
4.2	比較実験 . . . . .	8
	参考文献	9

# 1 序論

産業用ロボットは一般的に把持、搬送などの作業をグリップと呼ばれるエンドエフェクタを用いる。グリップは各作業用に専用設計されていることが多く作業工程が移り変わるたびに交換がなされており、最適なグリップの選定や各グリップごとに複雑な把持計画を必要とする。近年グリップの交換をせずとも様々な作業を遂行できる汎用性の高いグリップの研究がなされている。汎用グリップにも様々な種類がありそれらは多関節グリップ、柔軟グリップ、内骨格型柔軟グリップに大別される。多関節グリップは複数の関節をもつ指を持ちそれらが対象物に倣うことで把持を行う [1]。多関節グリップの代表例として ROBOTIQ 社の ROBOTIQ ADAPTIVE GRIPPER 3-FINGER MODEL を Fig.?? に示す。問題点は把持時の接触部を増やすために指の関節を増やすことが求められ機構が複雑になる点が挙げられる。

## 2 構造

### 2.1 柔軟指

本研究で提案する柔軟指を Fig.1 に示す．柔軟部にラティス構造を有している．ラティス構造に関しては次の項目で詳しく述べる．3D プリンタで作成した．使用した3D プリンタはKEYENCE 製 AGILISTA-3200(Fig.2) を用いた．材質は AR-G1H(高硬度シリコン) とした．

### 2.2 ラティス構造

ラティス構造とは Fig.??に示す最小の繰り返し単位が周期的に繰り返される 3 次元構造で、機械的な強度を損なうことなく軽量化を可能とする [2]．ラティス構造の特徴として 3 次元構造の形状や周期のパラメータを変更することができ変形量や内部応答を制御することが可能である．本研究では Autodesk 社製の Netfabb を用いてラティス構造の作成を行いその時のパラメータを以下に示す．



Fig. 1 柔軟指



Fig. 2 KEYENCE 製 AGILISTA-3200

## 2.3 力覚センサ

イナバゴム社のイナストマーを用いた．Fig.??に示す．イナストマーは感圧導電性エラストマー（加圧導電性ゴム）[3] というゴムを利用した力覚センサである．絶縁性の高いゴム材料（ $10^{15} \sim 10^{18}$  ）に導電性粒子（カーボン、金属粉、金属蒸着粉等）を一定の配合割合でほぼ均一に混ぜることで感圧導電性を付加している。

### 2.3.1 動作原理

## 3 実験

### 3.1 基礎実験

作成した柔軟指に力覚センサ取り付けたものに荷重実験を行った．ここでは柔軟指に Fig.?? に示すフォースゲージを用いて一定の荷重を加えセンサの値を計測する．計測誤差結果を Fig.?? に示す．

#### 3.1.1 実験手順

- (1) 柔軟指に力覚センサを仕込み．
- (2) グリッパの指を開き作業台の鉛直上方向から把持に適切な位置まで接近させた．
- (3) グリッパの指を閉じ把持対象物を把持した．
- (4) 把持対象物を把持したまま鉛直上方向に持ち上げることができれば把持可能，持ち上げることができなければ把持不可能と判別した．

### 3.2 結果と考察

荷重実験の結果より期待通りの応答を得ることはできなかった．これは柔軟部のラティス構造が力を分散しセンサ部に適切に力が加わらなかったからであると考えられる．

## 4 球面化

荷重が適切に測定できるようにラティス構造とセンサ部が接触する面の球面化を提案する．従来ではラティス構造とセンサ部は平面で接触しているため力の分散が考えられる測定困難であるとされたが接触面を球面化することにより荷重が集中し測定が可能になると考えられる．そこで球面化柔軟指 (変更予定) と名付けた指を Fig.3 に示す．半球形の把持部の中に先に述べた指と同じパラメータのラティス構造設計した．

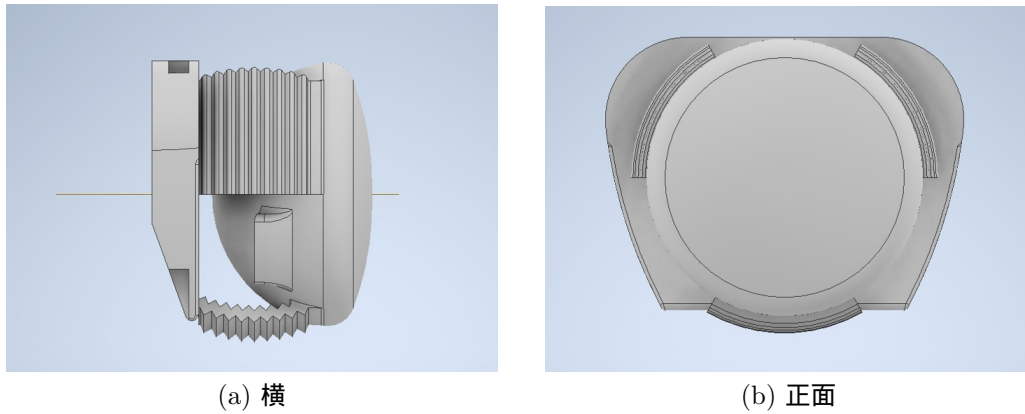


Fig. 3 球面化柔軟指

### 4.1 荷重実験

球面化柔軟指に力覚センサを取り付け荷重を測定する．

### 4.2 比較実験



## 謝辞

本論文作成にあたり御指導下さった九州工業大学大学院工学研究院機械知能工学研究系知能制御工学部門西田特任教授及び黒木教授に深く感謝致します。また、日頃よりご協力頂いた機械知能工学科制御工学教室の教職員の皆様ならびに、同教室西田研究室の皆様に感謝致します。

## 参考文献

- [1] 多田隈健二郎, "包み込み式グリッパ機構の原理および具体化 ", 日本ロボット学会誌, Vol.35, p.36, 2017.
- [2] 牛島邦晴, Dai-Heng CHEN, Wesley James CANTWELL, 妹尾正隆“ 3次元ラティス構造のせん断変形特性 ”日本機械学会論文集 77 巻 781 号 p.46,2011
- [3] 石川正俊, 下条誠, ”感圧導電性ゴムを用いた圧力センサ”, バイオメカニズム学会誌, 6 巻, 3 号, p.p.46-51, 1982.