

修士論文

産業用ロボットの力覚センサを組み込んだ柔軟指の
開発

指導教員：黒木 秀一 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

目 次

1	序論	4
2	内骨格型グリップ	5
2.1	柔軟指	5
2.1.1	通常柔軟指	5
2.1.2	半球型柔軟指	5
2.2	ラティス構造	6
2.3	力覚センサ	6
2.3.1	動作原理	6
3	実験	7
3.1	把持実験	7
3.1.1	引張実験	8
3.2	結果と考察	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 内骨格型グリップ

本研究で用いた内骨格型グリップを Fig.1 に示す．内骨格部分が左右に開閉する並行チャック式である．

2.1 柔軟指

本研究で提案する柔軟指 2 種類ある．どちらの指も柔軟な把持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．

2.1.1 通常柔軟指

通常柔軟指を Fig.3 に示す．

2.1.2 半球型柔軟指

半球形柔軟指を Fig.4 に示す．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.4 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. 1 内骨格型グリップ

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。

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.5 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 (1015 ~ 1018) 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

感圧伝導性エラストマーが加圧されると内部の導電性粒子が次第に接触しはじめ導電経路が形成され電気抵抗値が低下する。また、減圧して無加圧にするとゴムの弾性による復元力で再度非接触状態に戻る。



Fig. 2 KEYENCE 製 AGILISTA-3200



Fig. 3 球面化柔軟指

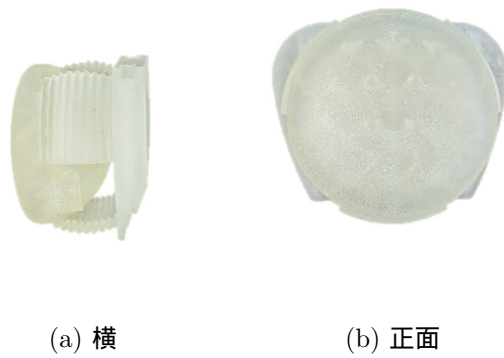


Fig. 4 球面化柔軟指

3 実験

3.1 把持実験

力覚センサを組み込んだ柔軟指で把持対象物を把持したときのセンサの応答を検証した．実験手順は以下の通りである．把持対象物を Fig.?? に示す．計測誤差結果を Fig.?? に示す．

- (1) 力覚センサを組み込んだ柔軟指で対象物を把持する．

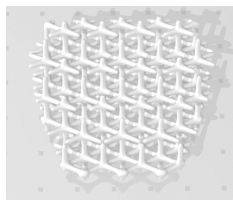


Fig. 5 ラティス構造

- (2) 把持時の力覚センサの電圧値を測定する．

3.1.1 引張実験

引張力を検証することで把持対象物に加わる把持力を測定する．以下に実験手順を示す．実験で使ったフォースゲージを Fig.??に示す．

- (1) 力覚センサを組み込んだ柔軟指で対象物を把持する．
- (2) フォースゲージを用いて対象物を鉛直下向きに引っ張った．
- (3)

把持対象物が動いたときの引っ張り力を計測した．

3.2 結果と考察



Fig. 6 イナストマー

謝辞

本論文作成にあたり御指導下さった九州工業大学オープンイノベーション推進機構西田特任教授ならびに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黒木教授に深く感謝致します。さらに、日頃より御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.