

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	パラレルリンクを用いた空気圧駆動ロボットハンドシステムの研究
Title(English)	Pneumatic Robot Hand System with Parallel Link Mechanism
著者(和文)	見上慧
Author(English)	Kei Mikami
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11816号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:只野 耕太郎,小俣 透,吉田 和弘,高山 俊男,宮下 英三
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11816号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	見上 慧	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	只野 耕太郎	准教授	高山俊男	准教授
	審査員	小俣 透	教授		
		吉田和弘	教授		
宮下英三		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「パラレルリンクを用いた空気圧駆動ロボットハンドシステムの研究」と題し、和文全6章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景として、定型動作のための整備がなされていない非構造化環境においてロボット適用拡大が進まず労働生産性が向上しない問題と、これに対応できるロボットハンドの重要性について述べている。従来の平行グリップは把持以外に適用できず、非構造化環境または環境変動への対応に制限があることや、これまで研究開発されてきたロボットハンドでは複雑な構造によりコストやメンテナンス性に課題があることを指摘している。以上のことから、非構造化環境や環境変動への対応を可能とするロボットハンドを簡素な構造により実現することを本研究の目的とすると述べている。

第2章「5 節リンク指モジュールとロボットハンド」では、はじめに、環境変動を吸収するためのコンプライアンスの実現手段とロボットハンドの駆動方式を中心に、関連研究の分類、比較を行っている。この結果を基に、パラレルリンク機構と空気圧シリンダを用いた指モジュールおよびこれを組み合わせたロボットハンドを新たに提案している。指モジュールは、5 節リンク機構を2本の空気圧シリンダで駆動することで、指先の能動2自由度を、コンプライアンスを持たせながら、簡素に実現する構成としている。次に、リンクパラメータに対する指先の可動域、発生力、可操作性楕円の関係を計算によって明らかにし、要求仕様に対するリンクパラメータの設計指針を示している。構築した設計手順により、質量1kg程度の市販平行グリップの仕様を参照して、提案する指モジュールを用いた2指のロボットハンドを試作し、その諸元を示している。製作した試作機は20Nの把持力を発揮できる設計としながら、質量0.72kgかつ165mm×100mm×40mmに収まるサイズとなっており、把持力質量比の観点で既存のロボットハンドに対し優位性があることを示している。

第3章「塑性モデルを用いたインピーダンス制御」では、第2章で設計した指モジュールの制御方法について述べている。コンプライアンスの調整方法として、従来のインピーダンス制御では、低剛性な設定により未知サイズのワークに対しても過剰な把持力を抑制できる一方、自由運動時の位置制御性が損なわれる可能性があることを指摘している。そこで、摩擦要素を含む塑性モデルを導入したインピーダンス制御を提案し、位置制御性を保ったまま未知サイズのワークに対しても与える力を抑制できることを実験により確認している。また、試作した指モジュールが、基本性能として3Hzまでの位置追従性や最大20Nの指先発揮力を有し、剛性を1~20N/mmの範囲で変更できることを実験的に示している。

第4章「5 節リンクロボットハンドによるタスク実行と評価」では、試作したロボットハンドシステムを実践的なタスクによって評価している。はじめに、指モジュールの剛性パラメータをタスクに応じて変更することで、把持力の抑制が求められる作業から、大きな把持力を要する作業まで対応できることを、アルミ缶の把持実験により実証している。次に、未知サイズの脆弱なワークを想定し、スナック菓子を把持する実験を行っている。従来のインピーダンス制御ではワークが破損したのに対し、第3章で提案した制御方法によって、接触前の運動性能を維持したままワークを破損させずに把持することに成功している。また、ケーブル挿入タスクでは、コネクタ勘合時の位置および姿勢誤差を吸収できるよう、指モジュールの2自由度とコンプライアンスを活用して、コネクタを揺動させながら挿入する動作を行わせている。これにより損傷のない確実な勘合を成功させている。

第5章「触覚センサレスすべり検出システム」では、指モジュールに密封状態の空気圧シリンダを追加実装することで、触覚センサを用いずにワークのすべりを検出するシステムを提案している。指モジュールに追加された空気圧シリンダの圧力変化と、指モジュールから得られる反力情報により、指先端部における接触位置を推定する方法を構築している。圧力変化を計測するための圧力センサは、

空気圧配管を通じて指先から離れた場所に配置することができるため、指部分をセンサレスにできることを優位性としている。実験により、試作したすべり検出システムが、指先端のリンク長 40 mm に対して接触位置を 3 mm 程度の誤差で推定できること、および検出したすべり情報を用いて把持力補償が可能であることを確認している。

第 6 章「結論」では、本論文により得られた結果および知見を総括するとともに、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、環境変動に対応でき脆弱で大きさが未知のワークの把持を可能とするロボットハンドを簡素な構造で実現するため、空気圧シリンダと 5 節リンクを用いたロボットハンドおよびすべり検出システムを提案し、実験によりその有効性を示したものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分に価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。