

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 ライフエンジニアリング	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	見上 慧		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	只野 耕太郎 准教授	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

近年、医療分野やサービス分野、協働作業など非構造化環境のロボット化が期待されている。このような環境はロボットと周辺の人や物とのインタラクションが欠かせないため、周辺環境と接触するロボットハンドの性能向上は非常に重要度が高い。現在最もよく使われている平行グリップは、剛体ワークの把持以外のタスクへの適用が難しいことやワークの位置・形状誤差などの環境の変動を吸収する仕組みがなく、非構造化環境での運用が制限される。また、これまでに研究されてきたロボットハンドの多くは複雑な構成をもつためコストやメンテナンス性に課題がある。そこで本研究では、環境変動に対応でき、剛体ワークの把持以外の作業も可能なロボットハンドの簡素な構造による実現を目的とした。本論文は全6章から構成され、以下に内容を要約する。

第1章「序論」では本研究の背景として、非構造化環境への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ロボットハンドの重要性について示した。次いで、平行グリップやこれまでに研究されてきたロボットハンドについて、その特徴を調査した。平行グリップでは把持作業以外に適用できないことや非構造化環境での環境変動への対応に制限があること、これまで研究されてきたロボットハンドでは複雑な構成をもつためコストやメンテナンス性に課題があることを述べ、本研究の目的を示した。

第2章「5節リンク指モジュールとロボットハンド」では、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動力伝達方式を中心に関連研究の分類・比較を実施した。次に比較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とこれを組み合わせたロボットハンドを提案した。提案した指モジュールは、コンプライアンスを空気圧駆動で実現するとともに、5節リンク機構を2本の空気圧シリンダで駆動する構成であり、2つの能動自由度を簡素な構成で実現した。さらに提案した指モジュールのリンクパラメータについて、可操作度および目標仕様から導出される制約条件との関係を明らかにし、設計指針および設計フローを構築した。最後に構築した設計フローと目標仕様からリンクパラメータを決定し、提案するロボットハンドを試作した。

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章で提案した指モジュールの制御方法について述べた。コンプライアンスの調整方法としてインピーダンス制御が知られており、低剛性に設定することで未知サイズのワークを把持するときに、ワークに与える力を抑制できるが、接触前の位置制御性が損なわれる可能性があった。これに対して、摩擦要素を含む塑性モデルを導入することにより、位置制御性を損なうことなく未知サイズのワークに与える力を抑制可能なインピーダンス制御器を提案した。実験によりワークに与える力の抑制や3Hzの位置制御性を有することを確認し、提案した指モジュールが20Nの指先発揮力を有することも示した。

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、開発したロボットハンドシステムの評価実験を実施した。未知サイズの脆性物把持を行い、ワークを破損させずに把持することができた。接触前の運動性能は従来のインピーダンス制御と同等であり、脆性物の把持に対する提案手法の有効性を示した。またケーブル挿入タスクでは、コネクタの把持に加えてコネクタの姿勢を変更するように各指を動作させながら挿入作業を実行した。各指の動作により、基板側の実装誤差やピックアップ時に発生するコネクタの姿勢誤差などによる挿入軸方向のズレを解消したことで、コネクタの嵌合を達成することができた。このように提案したロボットハンドが把持だけでなくワークの姿勢を変更する自由度が求められるタスクにおいても有効に機能することを示した。

第5章「触覚センサレスすべり検出システム」では、空気圧シリンダを用いた触覚センサレスのすべり検出システムを提案した。提案システムは第2章で提案した指モジュールに付加することを前提にしており、指モジュールから得られる推定反力と、把持力中心点の変動による空気圧シリンダ内の圧力変化から接触位置を推定する検出機構一体型ハンドシステムである。圧力変化を計測するための圧力センサは、指モジュールと同様に空気圧配管を通じて指先から離れた場所に配置できるため、指先側にはセンサを設置する必要がないことが特徴である。開発した指機構およびロボットハンドによるすべり検出と、検出結果を用いた把持力補償実験によってシステムの有効性を示した。

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し、今後の展望を示した。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 機械 系
Department of Graduate major in ライフエンジニアリング コース
学生氏名： 見上 慧
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 只野 耕太郎 准教授
Academic Supervisor(main)
指導教員 (副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Human-robot coexistence has been widely researched in unstructured environments such as factories, medical and service fields. In unstructured environments, it is crucial to consider the performance of the robotic hand that interacts between the robot and the environment. Parallel grippers, the most commonly used, are difficult to use in unstructured environments. The robotic hand studied has a complex structure and disadvantages in maintainability. From this background, this study aims to realize a robotic hand with a simple mechanism that can perform well in unstructured environments and tasks other than grasping a rigid object.

First, we proposed that the finger module has a five-bar link mechanism driven by two pneumatic cylinders. The design method of the link parameters using manipulability and the design flow is presented.

The link parameters, operability, and constraints derived from the target specifications are clarified, and the design guideline is explained. The link parameters are determined by the design flow based on the target specification. The developed robotic hand has a simple structure.

We also proposed the control method for finger modules. The proposed controller, based on impedance controller, can suppress the force applied to the object without degrading the motion performance. The effectiveness of the proposed robotic hand system was confirmed by experiments. The robotic hand with the proposed controller was able to grasp the fragile object with an unknown size. In addition, the task of inserting a cable while changing its posture. The robotic hand can perform tasks other than grasping.

Finally, we proposed a slip estimation method without a tactile sensor using a pneumatic cylinder. The proposed method estimates the variation of the contact point from the pressure change in the pneumatic cylinder. We experimentally confirmed that the change in the estimated contact point position could be used to detect slippage and compensate for the grasping force.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).