

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04070

研究課題名(和文)人間のハンドリング動作を模倣するシート状ロボットハンドの開発

研究課題名(英文)Development of a sheet-like robot hand which imitate human handling

研究代表者

池田 英俊(Hidetoshi, Ikeda)

富山高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：30390438

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文):6自由度ロボットハンドの設計を行い、ハードウェアを実現した。さらに、本ハンド機構を取り付けるマニピュレータと、それらを搭載する対向2輪駆動方式のロボットプラットフォームも開発した。制御システムならびに、動作ソフトウェアの開発も行い、提案内容である物体の「乗せ」、小物体に対する「つまみ」、比較的、大きな物体に対する「つかみ」、そして、本棚に立ててあるファイルの「取り出し」といった各動作が実現可能であることを示した。さらに、ペットボトルの蓋の取り出し(つまみ動作と回転動作の組み合わせ)という作業も提案ハンド機構を用いることで実現可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間支援ロボットには多指ハンドを搭載することが多い。多指ハンドの高機能化には指と駆動関節の増設が必要であるが、それは構造の複雑化や重量化の要因となり、その割には作業能力の向上が見込めないシステムとなることが多い。この点こそが生活支援ロボットの普及を妨げている最大要因の一つであり、早急に対策を講ずべき問題点である。

本研究の目的である従来型高機能多指ハンドの機能を維持しつつ、関節駆動数を大幅に削減するシステム構築法を確立することができれば、人間共存型ロボットを実現するために必要なコストの大幅な削減が可能であると見込める。

研究成果の概要(英文):A six-degree-of-freedom robot hand was designed, and the hardware was realized. In addition, we developed a manipulator to which this hand mechanism is attached and a robot platform which has individually driven wheels in order to mount the manipulator. We also developed the control system and software to control the robot. We showed that the proposed robot can perform the following motions: placing an object on top of the robot, picking up a small object, grabbing a relatively large object, and removing a file from a bookshelf. Furthermore, we showed that the proposed hand mechanism can be used to remove the lid of a plastic bottle (a combination of pinching and rotating motions).

研究分野：ロボット工学

キーワード：ロボットハンド 多指ハンド 折りたたみ機構 シート状 自由度

1. 研究開始当初の背景

家庭等で利用する生活支援ロボットには繊細な物体ハンドリング能力が要求され、車体には2本以上のロボットの指で構成される「多指ハンド」を搭載することが多い。この多指ハンドの高機能化には指と駆動する関節数を増設が必要であるが、構造が複雑となり、高コスト化や重量化を招いてしまう。そして、その割には作業遂行能力も低いため、実用化には程遠いシステムとなる。この点こそが生活支援ロボットの普及を妨げる最大の要因の一つであり、早急に対策すべき問題点である。

2. 研究の目的

人間は指を曲げ、手の形を変化させ様々な作業を行うが(図1(a))、対象物に対して、常に全ての指を用いているわけではなく、動作に関与していない指も多い。本申請では、人間が作業に使用する手の形を、変形可能な機構で模倣し、従来の高機能多指ハンドの関節駆動数を大幅に削減しつつ、それに比肩する能力を有する新しいコンセプトのハンド開発を目的とする(図1(b))。

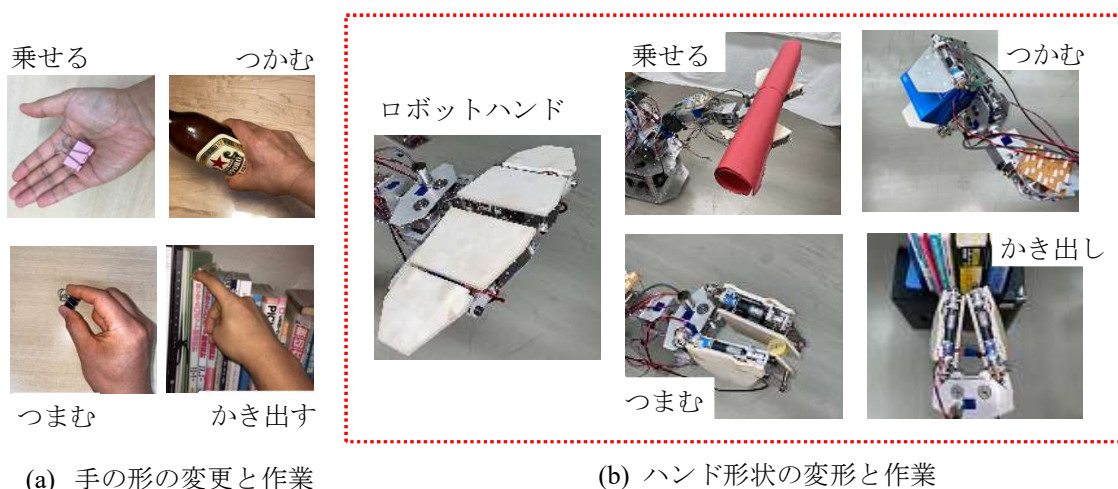


図1 提案したハンド機構による人間の手の形の模倣と様々な作業の遂行

3. 研究の方法

提案するロボットハンドを3D-CAD Fusion 360を用いて設計を行う。本ハンド機構は6自由度7関節のロボットハンドとする、肩関節2自由度、肘関節1自由度を有するマニピュレータのリンク部の開発も行い、ハンド機構と連結する。さらに対向2輪型の車輪型移動機構(プラットフォーム)の設計、開発も行い、本マニピュレータを車体上部に搭載する(図2)。

制御システムとして、本ロボットに13個のマイコン(Arduino Leonard)とモータドライバ回路をロボット搭載し、各モータの制御を行う。これらの12個のマイコンはスレーブ用マイコンとして使用し、マスターとして使用している別の1個のマイコン(Arduino Leonard)につなぐ。このマスター用マイコンはUSB経由でPC(OS: Linux)に連結する。本ロボットにエンコーダ、タッチセンサ、感圧センサなどの内外界センサも搭載し、物体ハンドリングに使用する。



図2 ロボットのプラットフォームとマニピュレータ

4. 研究成果

開発したハンド機構は、折りたたみ可能な平面状の機構部分 (以下、フィンガ) と、そのフィンガのベースとなり、2つのフィンガを開閉するための機構部 (以下、フィンガベース)、そして、フィンガとフィンガベースからなるハンド全体をロール方向に回転させる機構 (以下、リスト) からなる6自由度ロボットハンドである。

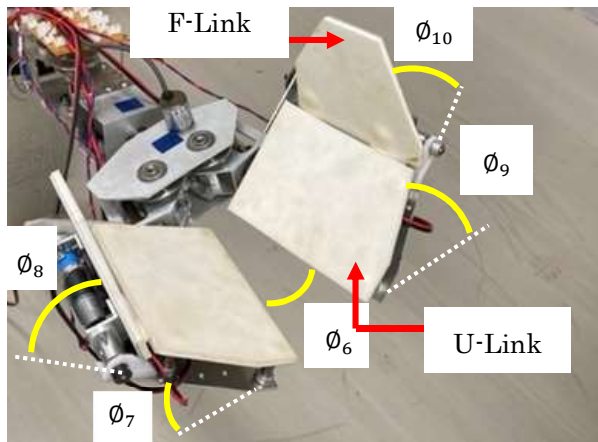


図3 フィンガ

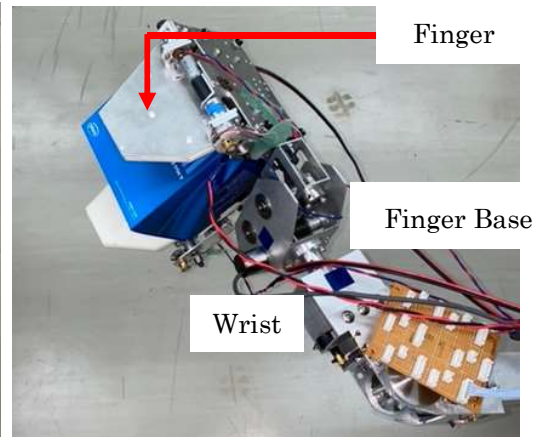


図4 フィンガベースとリスト

左右のフィンガは平面状の2リンクで構成され、その表面には厚さ5 [mm] の「アクリル・ウレタン・ゴム」の共重合発砲体の衝撃吸収フォームが貼付されている (図3)。左右各リンクの指先に相当するリンク部分を F-link, 根元のリンクを U-link とする。この2つのフィンガは、左右対称な構造を有しており、物体に直接接触してハンドリングを行う部分である。左右の U-Link の回転軸の駆動のため、モータ (ツカサ電工 TG-85E-KU-113-KA, 24V) と、エンコーダ (日本電産コパル電子, REC20D-50-201-1) を装備している。また、指先に相当するリンク部分である F-link 部分を駆動にも、モータ (ツカサ電工, TG-85E-KU-113-KA, 24V) とエンコーダ (日本電産コパル電子, RE12A-100-100-1) を装備する。これらのフィンガ角 ($\Phi_7 \sim \Phi_{10}$) は独立制御が可能であり、それらの関節可動角度は、 $-90 [\text{deg}] \leq \Phi_7, \Phi_9 \leq 90 [\text{deg}]$, $-180 [\text{deg}] \leq \Phi_8, \Phi_{10} \leq 60 [\text{deg}]$ である。

このフィンガは土台となるフィンガベース (Finger Base, 図4) に取り付けられる。このフィンガベースにもモータ (ツカサ電工, TG-101C-GU-581-KA, 24V) とエンコーダ (日本電産コパル電子, RE12A-100-100-1) が装備される。左右のフィンガの回転軸は上記の1つのモータで駆動される。フィンガの開閉角 Φ_6 は $-10 \leq \Phi_6 \leq 50 [\text{deg}]$ の範囲で変化可能である (図3)。

フィンガベースは手首部分 (Wrist) につながれ (図4)、この Wrist にはモータ (ツカサ電工, TG-101C-GU-581-KA, 24V) とエンコーダ (日本電産コパル電子, RECW20D-25-201-1) が装備され。フィンガベース、ならびにフィンガ機構部を回転させる、その可動領域は、 $0 \leq \Phi_6 \leq 180 [\text{deg}]$ である。ロボットの車体駆動部 (2自由度)、マニピュレータ (4自由度)、ハンド (6自由度) のモータはそれぞれモータドライバ回路 (Cytron Co., Ltd., MD10C) につながる。各モータドライバ回路と各エンコーダは、マイコン (Arduino Leonard) につながる。これらのマイコンはマスターとして使用する別のマイコン (Arduino Leonard) に連結され、PC (OS: Windows 10) を用い、C言語にて作成した角度制御プログラムを用いてロボットを制御する。

物体を乗せる動作は左右フィンガを開き、把持対象物の大きさ、形状によっては、フィンガ間の隙間 (Φ_6) を開くことで行う (図1 (b))。

小物体に対する「つまみ動作」はフィンガを折りたたむことで行い ($\Phi_7 = 90 [\text{deg}]$, $\Phi_8 = -180 [\text{deg}]$, $\Phi_9 = 90 [\text{deg}]$, $\Phi_{10} = -180 [\text{deg}]$, 図3), さらに左右フィンガの開閉 (Φ_6) を利用して、人間の指によるつまみ動作を模倣する (図1 (a), (b))。

また、ハンドに対して比較的大きな物体に対しては、「つかみ動作」を行う。つかみ動作は、左右2つの面状のフィンガ角 ($\Phi_7 \sim \Phi_{10}$) を変化させ、物体をフィンガで包み込むことで、人間の指によるつかみ動作を模倣する (図1 (a), (b), 図4)。

本やファイルの取り出し作業は、これらの取り出し対象が傾斜位置を保持できる状況であることを条件下で行う。この時、 $\Phi_7 = 90 [\text{deg}]$, $\Phi_8 = -180 [\text{deg}]$, $\Phi_9 = 90 [\text{deg}]$, $\Phi_{10} = -180 [\text{deg}]$ とし (図3)、ハンドリング対象物の背表紙をハンドにてかき出し、本やファイルが傾斜したところで、フィンガの開閉 (Φ_6) を行い、対象物の取り出し作業を行う。

これらの方針を基にして、「物体の乗せ」(図1 (b)), 「つまみ動作」と「つかみ動作」(図5 (a), (b)), 「ファイル取り出し」(図6) の実験を行った。

物体を乗せる実験では、大型や長尺物の物体のハンドリングも可能であった。

つまみ動作の実験ではペットボトルの蓋 (直径30 [mm], 高さ15 [mm], 質量2.3 [g]) を把持

対象物とし、本ハンド機構の有効性を確認した。

つかみ動作実験では、ダンボール (175 [mm] × 230 [mm] × 195 [mm], 質量 230 [g]) を把持対象物として、本ハンドの有効性を確認した。さらに、ラグビーボール (長さ 291 [mm], 直径 186[mm], 430 [g], 図 5 (b)) や、ハンドボール (直径 190 [mm], 430 [g]) に対するつかみ動作実験も行い、その効果を確認した。

また、把持対象をファイルケースとして、本棚からの取り出し実験も行い、提案システムの有効性を確認した (図 6)。

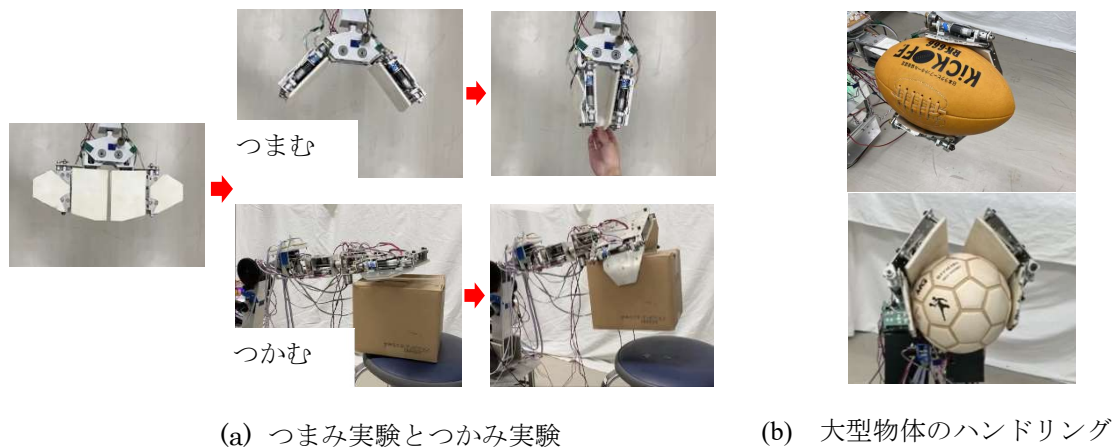


図 5 つまみ実験とつかみ実験

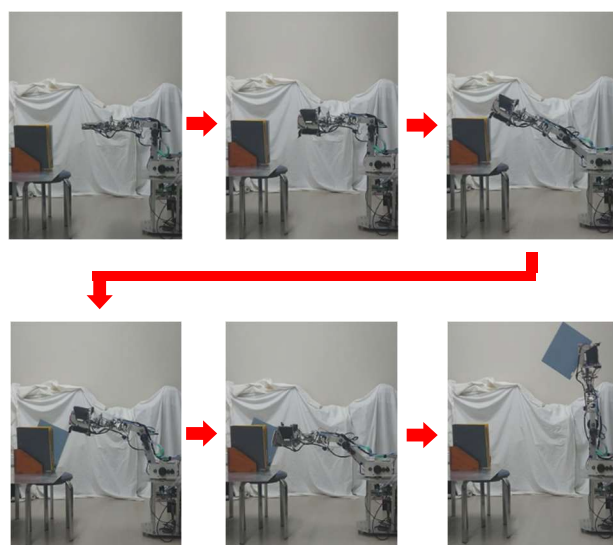


図 6 ファイル取り出し実験

本報告では人間が行う物体ハンドリング時の手の形を、折りたたみ可能な平面状機構を用いて模倣して作業を行う 6 自由度ロボットハンドを提案し、ハードウェアの概要について述べた。

また、実験により、物体に対するつまみ動作とつかみ動作が可能であることを示した。今後、外界センサの追加とシステムの改善を行い、さらなる動作能力の向上を図る予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 [1]池田英俊, 山口雄大, 上田遼, 佐伯拓未, 坂本真滉, 水上裕太, 金子慎一郎, 佐藤圭祐	4. 巻 39
2. 論文標題 折りたたみ可能な平面機構を有するロボットハンド, - ハードウェアの概要と人間の手の形状模倣戦略 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 4. 池田英俊, 山口雄大, 上田遼, 佐伯拓未, 坂本真滉, 水上裕太, 金子慎一郎, 佐藤 圭祐
2. 発表標題 折りたたみ可能な平面機構を有するロボットハンドの提案
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 圭祐 (Keisuke Sato) (30196232)	富山高等専門学校・その他部局等・教授 (53203)	
研究分担者	金子 慎一郎 (Shinichiro Kaneko) (60446242)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授 (53203)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------