



Title	ロボットアームによる身体拡張
Author(s)	都留, 将人
Citation	平成29年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2018
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/68123">https://hdl.handle.net/11094/68123</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 平成29年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏名	つる まさと 都留 将人	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	3年
ふりがな 共同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	仲田 佳弘	所属	基礎工学研究科 システム創成専攻		
研究課題名	ロボットアームによる身体拡張				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
1. 研究目的					
<p>日常生活の中で、手が2本では足りず不自由する場面に遭遇する。たとえば、傘を差しながら自転車に乗ったり、両手が荷物で塞がった状態でドアを開けたりといった状況である。このように誰もが一度は経験した不便を、ロボットアームを身体に装着することで工学的に解決する。またその際、操縦者はロボットアームをどのレベルで身体の一部と認識するのかを明らかにすることを目的とする。</p> <p>身体に操縦可能なロボットアームを装着する研究としては、慶応義塾大学大学院の「MetaLimbs[1]」や、マサチューセッツ工科大学の「ExtraRoboticLimbs[2]」が挙げられる。MetaLimbsは腰にベルトのように装着し、膝の角度で腕部を操作し、足の指でエンドエフェクタを開閉する仕組みのロボットアームである。しかし膝の角度の検出にモーションキャプチャー技術を使用しており、カメラの前でしか利用できないという制約がある。ExtraRoboticLimbsも腰に装着する形のロボットアームで、操作には胸筋と腹筋を用いる。胸筋と腹筋の筋肉電位をセンサで所得することで、力の入れ具合で2関節のアームを2本上下させるシステムである。故に使用には少々の訓練が必要で、同時並行して筋肉の電位をコントロールする訓練用のPCソフトも開発されている。主に使用用途は建設作業中の補助が想定されている。</p>					
2. 研究計画、研究方法					
今回の研究は、次の3段階で取り組む。					
① ロボットアームの製作					
動作検証用として既製品の小型ロボットアームを購入したが、アームの長さで関節のトルクが不足するため、本研究との親和性が低かった。そこで脚で操作できるロボットアームを独自に開発する。					

**② カメラからの映像を分析し、ロボット操縦を補助するシステムの開発**

脚では繊細な操作が困難であることが予想されるため、カメラの映像を用い、ロボットアームの手先位置を補正するシステムを開発する。

**③ 自分の意思通りにロボットが動作するかの調査**

自動化を進めすぎると、ロボットアームが操縦者の意思と反する挙動を行いかねない。ロボットアームの操縦を通して、最適な自動化のレベルを調査する。

**3. 研究経過****① ロボットアームの製作 達成度 75%****・達成したこと：3D 設計、部品の加工**

サーボモーターを使い、肩に装着して使用する、オリジナルのロボットアームを設計した。モーターの負担を小さくするためにカーボンパイプをメインフレームに採用し、関節部品は PLA 樹脂を 3D プリンターでハニカム構造に積層することで軽量化を追求し、モーターなど重量の大きな部品は根元に配置し、ワイヤーを経由して動力を伝える設計にした。また、既製品のロボットアームを用いた検証の段階では足の指で行っていたエンド



図 1：ロボットアームの 3DCAD 画

エフェクタの開閉動作は、使用者が直立していると操作が困難になることを考えて、透過型の赤外線センサをハンドの指先に配置して自動化する設計とした。人の肩は曲面的であるため、熱可塑性樹脂の板材を使用し、実際に肩に当てた状態で変形させて製作する。

現時点では、3D プリンターによるプラスチック部品や、締結部分の金属部品など、ほぼ全ての部品の加工が完了している。

**・まだ達成していないこと：組み立て**

特に関節部品の設計に時間を取られ、残念ながら製作は現時点で完了しておらず、現在ロボットアームは組み立て途中の段階にある。また 3D プリンターによる部品の作成時に、ある程度仕方ない程度に設計データと完成品の寸法間に誤差があり、切削作業が非常に膨大であることも進捗状況が当初の見込みより遅れている原因である。本報告書を提出後も、完成まで製作は継続していく。

**② カメラからの映像を分析し、ロボット操縦を補助するシステムの開発 達成度 90%****・達成したこと：物体認識、物体の座標情報の獲得**

カメラ映像からのリアルタイムでの物体検出を開発した。画像を解析するには、インターネットを経由して外部のコンピュータに処理を任せ、結果情報だけ通信で受け取る方法と、ロボットアームに近い場所に配置された小型コンピュータにカメラを直接接続して処理するローカルな方法が考えられたが、インターネットを経由することで通信速度の影響を受けるデメリットと、屋外でも使用できれば利用できる場面が飛躍的に増えることを考えて、今回

はローカルな処理を優先することにした。具体的には、小型コンピュータ「RaspberryPi」に Web カメラから入力される画像を数フレーム毎に画像処理し、カメラに映る景色から物体を座標情報付きで検出して、ロボットアームを物体の方へ向かわせた。画像処理アルゴリズムにはオープンソースのニューラルネットワークを試したが、RaspberryPi の計算資源が乏しかったため、1 フレームの処理に数秒~十数秒かかってしまい、とてもロボットアームの制御には適さなかった。

そこで RaspberryPi にも処理が高速で行えるよう、カスケード検出器を採用した。カスケード検出器は計算資源をあまり必要としないため、携帯電話の顔検出機能などにも使われているアルゴリズムである。今回は撮影する向きによって見え方が変化しないことを踏まえ、カラーボールで学習を行った。検出したい物体が映った画像(今回はカラーボール)を 4000 枚ほど学習させると、カメラから入力される画像に対して約 20fps で物体を検出し、同時に座標情報も取得することに成功した。

- ・ まだ達成していないこと：ボール以外の認識、製作中のロボットアームへの実装

学習には膨大な画像データが必要になるため、ボール以外の検出機能は研究期限の都合上開発が後回しになっている。また、①のロボットアームも現在製作途中にあるため、実装には至っていない。

### ③ 自分の意思通りにロボットが動作するかの調査 達成度 50%

- ・ 達成したこと：補助システムを導入により、机上のボールを脚による操作で把持

ロボットアームの各関節軸に脚の角度情報を与えることで、脚の動きをトレースするプログラムを作成した。既製品のロボットアームを用いて実際に操作を行ったところ、各関節の動きに対して速い応答速度でロボットアームが連動した。しかし人間の足首の角度は約 20° しか可動しない一方で、エンドエフェクタの可動範囲は 180° あるため、角度を拡大して伝えざるを得ず、ゆえに足首の微弱な振動に対しても大きく反応してしまい、安定して物を掴むには至らなかった。

そこで②で開発した補助システムをロボットアームに導入した。ロボットアームのエンドエフェクタにカメラを固定し、ロボットアームが常にボールを正面に捉える姿勢を維持するか検証を開始したところ、手先位置に固定したカメラの重量に耐え切れず、根本の第二関節がトルク不足に陥り、ロボットアームは自立することさえできなくなってしまった。そこで第二関節を拘束した状態で検証を続けたところ、**カメラから得られる情報のみで水平方向に対して向きの補正することに成功**し、ロボットはボールを追尾して第一関節の角度を変え、その状態で脚を動かすことで第三関節と第四関節が曲がり、**机上のボールを取ることができた**。しかし第二関節が動作しない都合上、ロボットアームは机の上に配置され、操縦者の身体との間に約 1m の距離ができてしまった。これにより操縦者の視界内にはロボット全体が机上に乗っている風景が映り、ロボットと身体が分離している印象を強く与えてしまったため、ロボットの関節も一部拘束されていることも相俟って、ロボットを意思通りに自在に動かすには至らなかった。

- ・ まだ達成していないこと：被験者実験を通じた操縦感覚の調査

現時点では、検証が可能なロボットアームが既製品の小型ロボットアームしか用意できて

いないため、上に記載した内容以上の検証が行えず、第三者に操縦を依頼することは行っていません。現在製作中のロボットアームが完成した後に取り掛かる予定である。

#### 4. 研究成果

本研究では、RaspberryPiの少ない計算資源の中でも、リアルタイムでカメラ映像からの物体検出、物体座標情報の獲得ができた。また、そのプログラムを組み込むことで、アームが自動的に掴む対象の方向を向くロボットアームの動作補助システムが完成した。

現在製作中のロボットアームを完成させ次第、上記の補助システムを導入することで、ロボットアームが装着者の意思通りの挙動をするのか、第三者による操縦体験を交えながら、最適な動作アルゴリズムを追求していく。

#### <参考文献>

[1]Tomoya Sasaki, MHD Yamen Saraiji, Charith Lasantha Fernando, Kouta Minamizawa, and Masahiko Inami, “MetaLimbs: multiple arms interaction metamorphism”, in *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies*, Article No.16, Los Angeles, CA, 2017.7

[2] Federico Parienti and H. Harry Asada, “Independent, Voluntary Control of Extra Robotic Limbs,” presented at *Robotics and Automation (ICRA)*, 2017 IEEE International Conference on, pp.5954-5961