

O1-4

上肢に障がいのある人の生活を支援するロボットアームRAPUDAによる

日常生活適用評価のための作業課題の考察

Consideration of User Evaluation to Apply the Robotic Arm RAPUDA for an Upper-limb Disabilities

Patient's Daily Life

○脇田 優仁, 尹 祐根, 山野辺 夏樹 (産業技術総合研究所)

Yujin WAKITA, Woo-Keun YOON, Natsuki YAMANOBE,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Abstract: For the patients who have disabilities for their upper limbs because of muscle dystrophy or cervical spine injuries, we have developed robot arm RAPUDA which can support their daily life behavior. We have evaluated the user operation of the RAPUDA with the Pegboard. Now we evaluate the RAPUDA with usual objects in the environment where the real users spend their daily life. From the previous human ergonomics experiments and interview with the examinees, the desired behavior and objects are obtained. For example, scratching and wiping their faces. We make preliminary experiments for these tasks and consider as training tasks to introduce the robot arm to the daily life.

Key Words: Service Robot, Upper Limb Disability, RAPUDA

1. はじめに

1-1 生活支援ロボットの開発

筋ジストロフィー、頸椎損傷、ALSなどの患者は、上肢に障害がある場合があり、日常生活のほぼすべてに介助者のサポートが必要な場合が多い。そのような環境は、プライバシーの保持など患者の生活の質に著しい不利益をもたらしている。そのような患者の生活の支援のためのロボットアームの研究開発は、1960年代から各国で進められてきている(1)。

日本では、セコムの上肢機能支援ロボット(2)や、岐阜県生産情報研究所の高機能電動車いす(3)などの研究開発が行われているが、市販は始まっていない。オランダのExact Dynamics社からはiArmが市販されている(4)。我々は2006年から産業技術総合研究所のイニシヤチブプロジェクトとしてRAPUDA(Robotic Arm for Persons with Upper-limb DisAbilities)の研究開発を進めてきた(5)。現在産総研ベンチャーにより事業化を推進中である。

そのような生活支援のためのロボットに求められる機能の表現方法として、国際生活機能分類ICFを利用する動きがある(6)。このような生活機能の標準を基にしていくことで、実際の患者、介助者、医療者と、生活支援機器の開発者の生活支援の課題に対する共通理解を得ることが期待されている。

1-2 ペグボードによる操作性評価

上記RAPUDAの操作性評価のために、我々はペグボードを用いて、実際の患者がRAPUDAを操作する人間工学実験を行ってきた(7)。ペグボードは上肢に障害のある患者のリハビリの達成度評価のために用いられるツールである。これまでに上肢に障害のある4人の被験者で実験を行い、指1本で押せるシングルスイッチを使ったインタフェースにより、ペグボード上でのペグの抜き差しがRAPUDAで可能であることを確認している。

今後は、実際の日常生活で求められる物体の操作性の評価が求められる(8)。しかし、そのようなロボットの作業評価の標準化は未だなされていないため、そのための研究が急がれる(9)。

2. 日常動作のロボット操作の評価への導入

2-1 日常生活で要望の多い作業

上肢に障害のある患者の日常生活での要望の多い作業として、顔を拭く、顔を搔く、携帯電話を持つ、ストロー付のペットボトルを口まで持ってくるなどの作業があることが、プロジェクト開始時から継続しているインタビューで判明している。

そのような日常生活で求められる動作のうち、肉体的な接触のない物体のpick-place動作に関しては、被験者の自宅で評価実験を行い、ペットボトル、お椀、鍵、お札、財布、ライター、スプーン、ハンドタオルなどによるpick-placeが実現できている(Fig. 1)。



Fig. 1 RAPUDA grasps Hand Towel

2-2 顔を搔く動作と拭く動作

上肢に障害のある人へのインタビューからは、皮膚の痒みを搔きたいという切実な要望がある。また、汗をかいた皮膚を拭きたいという要望もある。そのような擦過動作や清拭動作は、自分ではできないため、今のところ、生活を介助している看護師や介助士に直接依頼して行っている。そこで、生活支援ロボットがユーザの意のままに顔を搔いたりタオルで拭いたりすることができれば、ユーザのQOLの向上のために非常に役に立つと考えられる。

実験手順としては、まず健常者が自分の顔を搔くときに

指にかかる力を計測し、RAPUDA で同じ動作をするときに同程度の力がかかることを確認する。また、安全性を考慮して、上肢に障害のあるユーザが実際に自分の皮膚にロボットで接触する前に、自分の顔と同一視できるマネキン人形の顔で擦過や清拭を実行することを考える。

2-3 ICF による作業の記述

ICF では、個人の生活機能を心身機能・身体構造、活動、参加の 3 つのレベルに分けて記述する(10)。それぞれのレベルであらゆる機能がコード化され、その機能の達成の度合いが点数に換算されて個人の生活機能の評価が可能となっている。2-1 で述べた物体の pick-place は、活動のレベルにおいて、持ち上げる(d4300)-手に持って運ぶ(d4301)-物を置く(d4305)のようにコード化される。

皮膚の痒みは、心身機能のうちの身体感覚の一つとして皮膚に関連した感覚(かゆみ)(b840)として記述され、その部位を搔くことはその他のセルフケア(d599)として定義される。

このように、ICF により、RAPUDA に求められる動作がある程度記述可能になっている。

3. 評価実験

3-1 人力による頬の擦過動作

RAPUDA のハンド部分を取り外し、指先に圧力センサ(ニッタ, FlexiForce)を貼り付けて、その指を人が自分で把持し、その指先で実際に自分の頬を搔く動作を行い、指先にかかる力の大きさを計測した(Fig. 1)。

痒みを止める程度という指示で 4 人の被験者に対してそれぞれ右頬と左頬をロボットのハンドで擦過するという実験を行ったところ、おおむね 30g 前後の力が生じており、最大でも 100g を超える程度であった(Fig. 2)。



Fig. 1 RAPUDA finger with force sensor

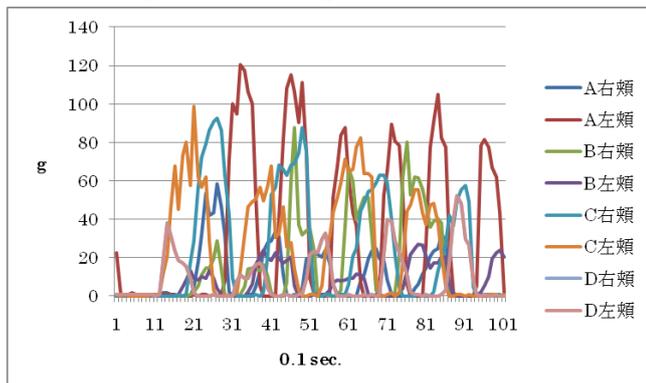


Fig.2 Force on the Finger Tip during Face Scratching

3-2 ロボットによるマネキンの頬の擦過動作と清拭動作

上肢に障害のあるロボットアームのユーザが、事前練習もなしにいきなり自分の体にロボットアームで触れることは大変危険であると言える。そこで、前もって自分の体と同一視できるような対象物にロボットアームで接触し、搔く動作や拭く動作を行ってみることは、日常生活へのロボットアームの導入のために重要な手順であると考えられる(Fig. 3)。

実際にマネキンの顔に RAPUDA の指先を接触させたところ、マネキンの固定が不完全であることと、皮膚の材質が固いものであるなどの理由で、人の顔を搔くときに計測された力と同等の大きさを発生させることはできなかった。RAPUDA の指で直接マネキンの顔に触れた時の力センサの値のグラフを示す(Fig. 4)。しかし、ロボットハンドの指とマネキンの顔の接触は力センサで判定することは可能であった。

これらの結果から、上肢に障害のあるユーザが実際に顔を搔いたり拭いたりする動作のトレーニングツールとしてマネキンの顔を用いることは可能であると考えられる。



Fig. 3 Artificial face scratching and rubbing by RAPUDA hand

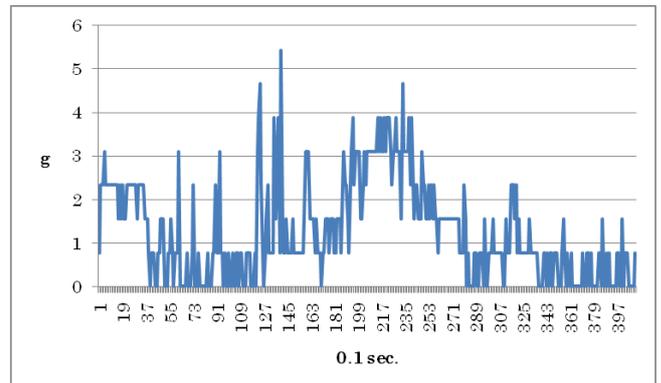


Fig. 4 Force on the Finger Tip during Artificial Face Scratching

3-3 ロボットの手による人の頬の擦過動作と清拭動作

実際に上肢に障害のあるユーザに体にロボットが接触する人間工学実験を行うのは困難であるので、開発者のほうで自分の体を用いて頬を搔く動作と頬をタオルで拭く動作を行う予備実験を行った(Fig. 5)。



Fig. 5 Operator's face scratching and rubbing by RAPUDA hand

RAPUDA の指で直接人の顔に触れた時の力センサの値のグラフを示す(Fig. 6)。顔に接触した時に指先で発生する

力は、20g 程度であり、おおむね人が手で持ったロボットハンドで頬に接触した時と同等のものであった。

ただし、実験中顔を固定していないので、指先で検出される力はロボットの力だけで発生するわけではなく、顔のほうも動いたりして弱まったり強くなっている可能性がある。

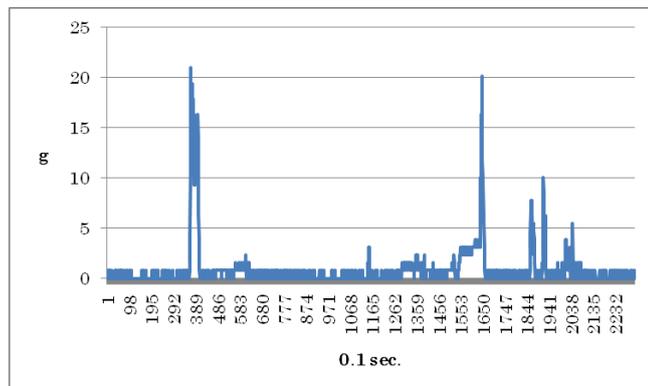


Fig. 6 Force on the Finger Tip during Face Scratching by RAPUDA

4. まとめ

我々は、上肢に障害のある人の生活を支援するロボットアームの開発を行っている。これまでの開発により、日常生活でロボットアームに求められる作業として、ペットボトル等のものを持ち運んだり、ユーザの体を掻いたり拭いたりする動作が要求されている。

これらの作業は、ICF で記述することができ、生活支援ロボットに必要なスペックを表現するツールとして使用することが可能である。

ユーザの体にロボットアームで接触するような作業のトレーニングとして、マネキンを利用することを提案し、RAPUDAによる擦過、清拭動作実験を行った。さらに、健常者自身の頬を掻く、拭くという作業をRAPUDAで行い、人力で行ったのとはほぼ同じ力の大ききで作業が可能であることを確認した。

今後は、これらの作業対象物や作業例題での日常生活への導入のトレーニングや可否の判断とするための人間工学実験の検討および蓄積が必要である。また、そのような評価のための標準日常作業対象物体の選定などが課題である。

参考文献

- (1) Cook, Polgar, "Assistive Technologies- Principles and Practice Third Edition," Mosby Elsevier, 2008.
- (2) 石井, 藤田, 「上肢機能支援ロボットの開発」, 日本生活支援工学会誌, vol. 8, no. 2, pp. 27-29, 2008.
- (3) 千原, 藤井, 稲葉, 西嶋, 「身体障害者のQOL (生活の質) を大幅に向上させる高機能電動車いすの研究開発 -操作検証用マニピュレータの設計製作-」, 岐阜県生産情報研究所研究報告書, 第8号, pp.51-56, 2006
- (4) Römer, Stuyt, Peters and Woerden, "The Current and Future Processes for Obtaining a "Manus" (ARM) Rehab-robot within the Netherlands," Proc. of the 8th Int. Conf. on Rehabilitation Robotics, pp. 23-25, 2003.
- (5) 尹, 他, 「対人サービスロボットの開発 ~上肢に障害のある人用ロボットアームRAPUDの全体設計~」, SI2009, pp.1090-1092, 2009.
- (6) Matsumoto, etc, "A Concept of Needs-Oriented Design and Evaluation of Assistive Robots Based on ICF," Proc. of the

2011 IEEE Int. Conf. on Rehabilitation Robotics, pp. 686-691, 2011.

- (7) 山野辺, 他, 「重度障害のある人の上肢機能を支援する小型軽量ロボットアームRAPUDAの操作性評価」, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.23, no.2, pp.109-116, 2011.
- (8) 井上, 「重度肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィット評価」, 厚生労働科学研究費補助金障害者対策総合研究事業 平成22年度 総括・分担研究報告書.
- (9) 尹, 脇田, 山野辺, 「上肢に障害のある人の生活を支援するロボットアームの評価手法の考察」, RSJ2011, to be appeared, 2011.
- (10) 世界保健機構 (WHO), 「ICF 国際生活機能分類-国際障害分類改訂版-」, 中央法規, 2008.