

O1-4

肢体不自由者用ロボットアーム導入に向けた基礎評価

Preliminary Evaluations of Assistive Robotic Arms for Installation into Home

○中山剛, 井上剛伸, 我澤賢之, 木下崇史, 山口純, 藤野真理子, 兼森祥子 (国リハ研), 木之瀬隆 (日本医療科学大), 小林庸子, 樋口智和 (国立精神・神経医療研究センター病院)

Tsuyoshi NAKAYAMA, Takenobu INOUE, Kenji GASAWA, Takafumi KINOSHITA, Jun YAMAGUCHI, Mariko FUJINO and Shoko KANEMORI, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities
Takashi KINOSE, Nihon Institute of Medical Science
Yoko KOBAYASHI and Tomokazu HIGUCHI, National Center of Neurology and Psychiatry

Abstract: Assistive robotic arms are expected to improve autonomy and independence of persons with severe physical disabilities, such as spinal cord injury, muscular disease and some other disabilities. However, there are some problems which prevent assistive robotic arms from being installed into home. In order to solve these problems, cost-benefit evaluations are important. Preliminary clinical evaluations of a robotic arm were conducted by three participants in experiments with quadriplegia to fix a clinical evaluation protocol. The results of the experiments showed that the robotic arm enabled persons with quadriplegia to achieve several tasks like picking up a PET bottle from a table and drinking water, picking up a piece of paper from a desk, and so forth. A psychosocial evaluation, Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (J-PIADS), was also conducted along with the experiments. The result revealed that the psychological effectiveness of the evaluators with quadriplegia was also improved.

Key Words: Spinal cord injury, Physical disabilities, Clinical evaluations, Outcome measurement, Social cost

1. はじめに

肢体不自由者用ロボットアームを利活用することにより、頸髄損傷や神経・筋疾患などによる四肢まひ者が介助無しでできることは格段に増加することが期待されており、ニーズが高い先端機器の一つである。その一方、社会コストを踏まえたトータルでの検討なしにはロボットアームの普及は困難であり、実際はあまり利用されていないのが現状である。以上を背景にして、本研究グループでは肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィットを明らかにすることで上記の二律背反の問題を解決するための根拠を提供することを目的としたプロジェクトを実施している⁽¹⁾。Fig. 1 に本プロジェクトの全体コンセプトを示す。

度・心理的効果に対する評価を行い、ロボットアーム利用におけるニーズの聴取を行った。本報では頸髄損傷者による評価を中心にそれらの結果を報告する。

2. 実験方法

2-1 実験協力者と対象ロボットアーム

実験協力者は C4 完全損傷の頸髄損傷者 (男性) 1 名, 進行型ミオパチー (女性) 1 名, シャルコー・マリー・トゥース病 (男性) 1 名であった。ロボットアームはオランダ Exact Dynamics 社製の iARM を使用し、頸髄損傷と進行性ミオパチーの協力者はトライポッドによる床置き式で、シャルコー・マリー・トゥースの協力者は電動車いすに取り付けて実験を行った。

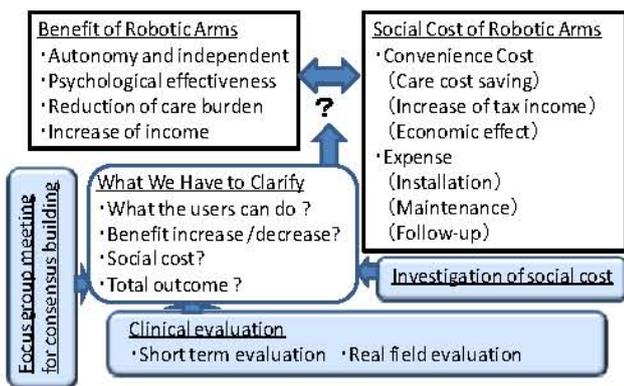


Fig. 1 Whole concept of this project ⁽¹⁾



Fig. 2 Assistive robotic arm (iARM, Exact Dynamics)

2-2 対象動作と評価指標

iARM の使用后、実験協力者からの聞き取り調査では、飲食関連の動作、床からの物品拾い上げ、事務作業などに対するニーズが強い。これらの条件を基とし、先行研究、実験所要時間、被験者の疲労性などの条件を含めて検討を行った結果、

- ・机上でペットボトルを操作しての飲水動作

なお、海外では本プロジェクトのような肢体不自由者用ロボットアームに関するコスト・ベネフィットの研究もすでに幾つか行われている⁽²⁾⁽³⁾。

肢体不自由者用ロボットアームの利用効果評価手法の構築にあたり、電動車いすを利用している3名の重度肢体不自由者による国内で市販されているロボットアームを用いた基本操作実験を行った。ロボットアームの操作性・満足

- ・棚からの本の取り出し
- ・机上での書類操作
- ・床からのリモコンの拾い上げ

の動作を抽出した。更に、ロボットアームの基本操作課題として、簡易上肢機能検査 (STEF) の課題のうち、大球の操作および大立方の操作課題を応用することとした。

評価指標として操作の成否、時間、操作精度を記録し、主観評価として福祉用具満足度評価 (QUEST2.0) および福祉機器心理評価スケール (PIADS)、実験項目やロボットアーム本体についての感想などの聞き取り調査などを実施した。なお、頸髄損傷と進行型ミオパチーの協力者は実験日を変更して合計4回試行し、シャルコー・マリー・トゥース病の協力者は1回のみ試行した。

3. 実験結果

いずれの実験協力者において設定した課題をほぼすべて実施することが可能であった。いずれの被験者においても QUEST 2.0 では 3.00 点から 4.00 点の間であり、「やや満足している」から「満足している」という結果を得た。PIADS 得点 (-3~3 点) は、平均で 1.6 点で、プラスの心理的効果が示された。またサブスケール得点では、積極的適応性が高い傾向 (平均 1.8 点) が見られ、続いて効力感 (平均 1.7 点)、自尊心 (平均 1.4 点) の順であった。

以下は頸髄損傷のある実験協力者1名の結果に焦点を当てて結果を詳説する。頸髄損傷の実験協力者は前出の動作のほかにもロボットアームを用いて、

- ・床に落ちた鉛筆を拾い上げる操作 (マウススティックを想定して)
- ・こぼれた水をペーパータオルで拭き取る操作
- ・本を子供に渡す操作
- ・小物を子供に渡す操作
- ・フォークで食べ物 (唐揚げ) を食べる食事動作の操作
- ・スプーンで丸い菓子をすくい食べる食事動作の操作

などの動作が可能であることを確認した。ロボットアーム操作の習熟度により、操作にかかる所要時間に変化がみられるが、いずれの操作についても、数分~十数分の範囲で完了することができた。例えば、簡易上肢機能検査 (STEF) の物品操作実験の結果を比較すると、2 回目の試行では 9 分 13 秒要していたものが、4 回目の試行では 6 分 54 秒と時間の短縮を認めた。

実験中、ロボットアームを使用して対象物品を子供に手渡す場面も観察された。食事動作においては、ロボットアーム手先具の形状によりスプーン・フォークの掴みにくさがあったため、所要時間の伸長を認めたが、ロボットアームを使用して食べ物の摂取が可能であった。安全面では、iARM が実験環境の机や操作対象物などに押し付けられる場面を認めたが、iARM の安全機構のおかげで机や操作対象物を傷つけたり、iARM 自体が損傷する場面は認められなかった。また、操作者である実験協力者自身に対しても、iARM の駆動速度がゆっくりであることと、駆動速度を任意に変更できるため、実験協力者の身体近辺で操作する際にも侵襲的な接触は認められなかった。

4. 考察とまとめ

協力者が課題をほぼすべて実施することが可能であったことに加えて、得られたロボットアーム利用による満足度や心理評価スケールによる評価結果も肯定的であり、ロボットアームの使用が日常生活の作業の自立・自律や心理的効果につながる可能性が示されたと考える。

以下は頸髄損傷のある実験協力者1名の結果に焦点を当てて考察する。頸髄損傷者の残存機能と日常生活動作の関連を調査した先行研究は幾つがあるが、例えば、改良 Zancolli の分類による日常生活動作の自立の可能性を調べた研究では、食事動作の「スプーン、フォークで食べる」はおおよそ C5B 以上、「湯飲みやコップで飲む」動作は C6A 以上、「お茶を注ぐ」動作は C6BI 以上、「ビンや箱のふたを開ける」動作は C7A 以上が自立の可能性があるという結果となっている⁽⁴⁾。また、服を着替えるという更衣動作では「ボタンをとめる」「ボタンを外す」以外の「ズボンを着る」「靴下をはく」といった動作は概して C6BI 以上で自立の可能性があるという結果となっている。また、整容動作の「歯を磨く」動作では C5B 以上、「ひげを剃る (電気カミソリ)」動作では C6BI 以上、連絡動作の「ページをめくる」動作は概して C5A 以上、「手紙動作 (封筒の開閉と折り畳み)」では C6BI 以上で自立の可能性があるという結果となっている。以上から上記のような日常生活動作の場面において、ロボットアームが利活用されることを想定すると、改良 Zancolli の分類においては、概して C6B II 以下の頸髄損傷者がロボットアームの利用者となりうるとの推測ができる。その一方、社会コストに関する机上検討からロボットアームの利用により、一概にコスト削減につながるとはいえないとの知見も得られている⁽¹⁾⁽⁵⁾。今後、長期かつ本格的な臨床評価を行うことにより、エビデンスを蓄積し、ベネフィットと社会コストの算出を行う予定である⁽⁵⁾。

以上、肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィットを明らかにするプロジェクトの一環として、短期評価プロトコル構築のための3名の重度肢体不自由者による基礎評価実験を行った。その結果、短期的な評価に留まるが、ロボットアームの使用が日常生活の作業の自立・自律や心理的効果につながる可能性が示された。

本研究は筆頭著者の所属機関の倫理審査委員会と利益相反委員会の承認のもと、被験者に十分な説明を行った後、同意を得て行った。また、本研究の一部は厚生労働省科学技術研究費 (障害者対策総合研究事業) 「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」 (H22-身体・知的一般-009) によって行われた。

参考文献

- (1) 井上剛伸, 木之瀬隆, 小林庸子, 中山剛, 我澤賢之, ロボットアームのコスト・ベネフィット評価, リハ工学カンファレンス講演論文集, 1巻26号, pp.117-118, 2011.
- (2) G. J. Gelderblom, L. de Witte, K. van Soest, R. Wessels, B. Dijkstra, W. van 't Hoofd, M. Goosens, D. Tiliand D. van der Pijl, Cost-effectiveness of the MANUS robot manipulator, Proc. of the 7th ICORR2001, EvryCedex, France, (2001), pp.340-345.
- (3) Allin S, Eckel E, Markham H, Brewer BR. Recent Trends in the Development and Evaluation of Assistive Robotic Manipulation Devices. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2010 Feb; 21(1):59-77.
- (4) 吉村理, 他, 改良 Zancolli 分類による頸髄損傷者の ADL 自立の可能性, 広島大学保健学ジャーナル, 1(1), pp.73-77, 2001.
- (5) 井上剛伸, 他, 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, 平成22年度総括・分担研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金 (障害者対策総合研究事業), 2011.