

際に利用することの重要性を考え、短期、長期からなる臨床評価を中心に据え、社会コスト算出のための調査および利用効果を決定するための関係者によるコンセンサス形成を採用することとした。

3. ベネフィットの予備的試用評価実験

臨床評価のプロトコル構築を目的として試用評価実験を行った。実験協力者は、電動車いすを使用している頸髄損傷者（C4完全損傷，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 Dynamic 社製の iARM を使用し、頸髄損傷、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。

実験の結果、以下の動作について、作業が可能であることがわかった。

- ・机上でペットボトルを操作しての飲水動作
- ・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

また、ロボットアーム使用による福祉用具心理評価スケール(PIADS)の得点(-3~+3)では、平均で+1.9点と高得点となり、Inoue ら²⁾が示した健常者によるメガネの標準得点(+1.5点)よりも高い心理的効果が示された。

以上の結果から、ロボットアームが日常での作業の自立・自律度の向上に寄与するとともに、心理的効果の向上も得られることが示唆されたといえる。

4. 予備的コスト推計

社会コストの要因の一つであるヘルパーにかかる費用について、1回につき1時間のヘルパー時間の削減につながると仮定し、机上検討にてコスト低減額を推計した。この推計はあくまでも、机上の検討結果であるため、コスト低減のエビデンスとなるものではない点を強調しておきたい。

試算結果によれば、利用者1人あたりの年間の介護ヘルパー費用節約金額（各時点価値表示）は606,042円となる。（年間ヘルパー利用回数348.0回×ヘルパー利用節約時間1時間/回×時間あたり利用料1,741.5円/時=606,042円）

耐用年数（想定6年）全体を通じた便益は、単純合計では3,636,252円となる。また、6年間での1円の価値が異なることを鑑み、社会的割引率（年4%）を考慮し、6年分の便益を1年目の価値で表示すると、3,304,033円であった。

仮にこの金額を便益と考えた場合、その大きさが何種かのロボットアーム本体価格を上回っており、初期導入、メンテナンス、修理にかかる合計費用と比肩する可能性が示唆された。

5. 結論

オーファンプロダクツの観点に立ち、重度肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィットの評価を行う研究プロジェクトについて、その全体コンセプトを示した。ここでは、臨床評価を中心に据え、社会コストの調査および利用効果に関するコンセンサス形成を研究方法として採用している。

予備的な臨床評価実験から、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ことを示された。また、社会コストの机上検討から、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ものの、生じる便益が費用に比肩しうる可能性のあることも示唆された。今後は、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。

この研究は厚生労働科学研究費障害者対策総合研究事業の補助を得て実施した。また、国立障害者リハビリテーションセンター研究倫理審査委員会、利益相反委員会の承認を得た。

6. 参考文献

- 1) 厚生労働省生活支援技術革新ビジョン勉強会報告：支援機器が拓く新たな可能性～我が国の支援機器の現状と課題～，<http://www.rehab.go.jp/study-session/Contents.html>，2008
- 2) Inoue, T., Kamimura, T., Sasaki, K., Mori, K., Sakai, N., Fujita, Y., Nihei, M., Tsukada, A.: Standardization of J-PIADS (Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale), Assistive Technology Research Series, IOS Press (in printing)

I-3-10

ロボットアームのコスト・ベネフィット評価に関する検討 (シャルコー・マリー・トゥース病のケース)

キーワード：ロボットアーム、評価、コスト・ベネフィット

日本医療科学大学¹⁾、
国立障害者リハビリテーションセンター研究所²⁾

○木之瀬隆¹⁾、井上剛伸²⁾、木下 崇史²⁾、
山口純²⁾

【はじめに】

肢体不自由者用ロボットアームが欧米では利用されており、最重度の障害のある人が自立的な生活を営む支援機器となっている。今回、ロボットアームのコスト・ベネフィット評価研究において短期評価プロトコルの作成を目的に障害のある3名に試用評価をおこなった¹⁾。評価内容は、ロボットアーム操作の習熟、操作実施上の安全性を確認するものであり、試用評価を行ったシャルコー・マリー・トゥース病1名について報告する。

【対象と方法】

対象者は60歳代の男性でシャルコー・マリー・トゥース病を20年以上前に発症していた。障害状態は身体障害1種1級(四肢・体幹障害)で、上肢を自分では持ち上げることができない。徒手筋力テストでは三角筋、上腕二頭筋、筋力ゼロ。手指筋力1-2レベル。電動車いすのジョイスティックはアームサポートに前腕を乗せて操作可能。テーブル上に上肢を載せればミニキーボードによりパソコン操作可能。Hoffer 座位能力分類ではⅢレベル(座位が取れない状態)であった。電動車いすはペルモビール社(スウェーデン)製で、座面に空気量調節式クッションを使用し、ティルト・リクライニング機構を使用している。側弯による左への傾きがあり、体幹をゆすくことやティルト・リクライニング調整で姿勢の修正を行う状態であった。

試用評価には、Exact Dynamics 社製ARM (Intelligent Assistant Robot Manipulator) を電動車いすに装着しキーボードにて操作した(図)。評価項目は、ロボットアームの操作性を確認するために、簡易上肢機能検査(STEF)の検査項目1、3を行った。そのほか、水分摂取、読書準備、書籍操作について実験を行った。また、主観評価として福祉用具満足度評価(Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology version 2.0: QUEST2.0)および福祉機器心理評価スケール(Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale: PIADS)を実施した。実験期間は2010.11-2011.3であった。

【結果および考察】

1. ロボットアームの操作性

当事者におけるロボットアームの活用場面を想定した評価実験として基本操作のSTEF1,3項目は可能であった。水分摂取はロボ

ットアームによる自立動作として優先順位が高いものであり、ペットボトルからコップに水を注ぎ、ストローで飲むという動作が可能であった。読書準備については、模擬本棚より目標の本を抜き出すことができた。書籍操作では、クリップで挟んである紙束を自分の目で内容を確認できる距離に移動できた。

2. QUEST2.0 およびPIADS の結果

ロボットアームの操作実験終了後、主観的評価として福祉用具満足度評価(QUEST2.0)および福祉用具心理評価スケール(PIADS)を実施した。QUEST2.0 の12項目のうち、サービスに関する4項目を除いた8項目を実施した。結果としてロボットアームについて、5点満点の平均3.38「やや満足している」という結果を得た。また、質問2の重要項目においては、項目1. 大きさ、項目2. 重さ、項目6. 使いやすさが重要であるとの結果を得た。ケースはジョイスティックに慣れているので、ジョイスティックで操作できると良いという意見であった。また、PIADSの結果では、3点満点の合計得点2.4点であり、本実験を通してロボットアームが被験者に対して高い心理的効果を与えていた。

3. 考察

ロボットアームの操作性結果より、高い操作操作への習熟による操作効率の変化、操作実施上の安全性が確認できた。このことより短期評価プロトコルの妥当性として、今回のシャルコー・マリー・トゥース病のような身体機能、上肢機能の残存レベルには、ロボットアームによる生活支援機器としての役割が高い可能性が考えられる。また、QUEST やPIADS といった心理評価においても被験者は一定の満足感や高い心理的効果を得ており、次の実験としてロボットアームの自宅環境での試用評価を進める予定である。

なお、本研究は厚生労働科学研究費補助金(障害者対策総合研究事業H22-身体・知的一般009)の一環で行われ、国立障害者リハビリテーションセンター研究所の倫理審査を受けた。



図 ロボットアームを装着した電動車いすとキーボード部

参考文献

- 1) 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・ベネフィット評価報告書, 2011
- 2) 山野辺夏樹, 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RAPLDAの操作性評価, ヒューマンインターフェース学会誌, pp109-116, Vol.13 No.2, 2011
- 3) 木之瀬隆, 他: iARM の臨床評価, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp1106-1107, 20

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。

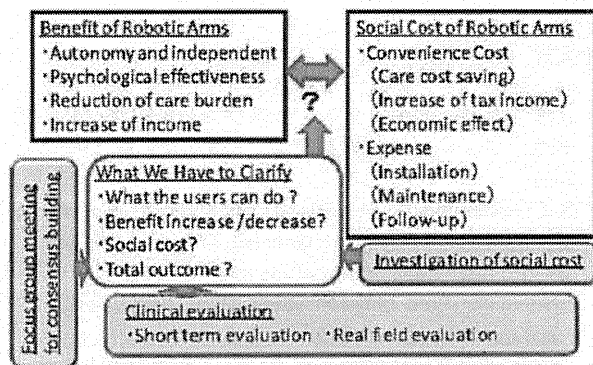


Fig. 1 Whole concept of this project⁽¹⁾

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

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. 2 Assistive robotic arm (iARM, Exact Dynamics)

2-2 対象動作と評価指標

iARM の使用後、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

- ・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、駆動速度を任意で変更できるため、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られる。

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 C6B1 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⁽⁹⁾。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 C6B1 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 C6B1 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 C6B1 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 C6BII 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見解も得られている⁽¹⁰⁾。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⁽⁶⁾。

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, リハビリ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. Goossens, D. Tiliand D. van der Pijl, Cost-effectiveness of the MANUS robot manipulator, Proc. of the 7th ICORR2001, Evry Cedex, 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.

肢体不自由者用ロボットアームの利用効果に関する基礎評価

国立障害者リハビリテーションセンター研究所 木下崇史（作業療法士），
井上剛伸，中山剛，我澤賢之，山口純，藤野真理子，兼森祥子
国立精神・神経医療研究センター病院 小林庸子，樋口智和，
日本医療科学大学 木之瀬隆

キーワード：頸髄損傷，神経・筋疾患，電動車いす

1 はじめに

近年市場に登場しつつある肢体不自由者用ロボットアームは，頸髄損傷や神経・筋疾患などにより上肢や四肢に障害のある人が介助なしで出来ることを格段に増加させることが期待されており，ニーズの高い機器である。我が国でも数年前より市販されているが，普及には至っていないのが現状である。そこで，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，普及と効果的な利用への根拠を提供することを目的に研究プロジェクトを実施している¹⁾。

現在販売されている肢体不自由者用ロボットアームは，電動車いすに取り付けた状態や，専用の台または作業机など特定の場所に設置した状態で使用することが想定されている。いずれの場合においても，操作効率や使用時の疲労感などは，入力装置の設置位置や，座位姿勢などに影響を受ける。

2 目的

前述の研究プロジェクトでは，数時間程度で実施可能な評価プロトコルの構築を目標の一つとした。

そこで本報告では，重度肢体不自由者によるロボットアーム利用の基礎評価を行い，基礎的操作能力の確認とともに，日常生活の中での肢体不自由者用ロボットアーム利用の可能性を検討する。

3 実験方法

3.1 対象者およびロボットアーム

使用する肢体不自由者用ロボットアームは，国内で比較的容易に入手可能なオランダ Exact Dynamics

社（オランダ）製の intelligent Assistive Robotic Manipulator (iARM) とした（図1）。

表1. 対象被験者

被験者	疾患 性別	Hoffer 座位能力分類
A	頸髄損傷 C4 完全損傷・ 男性	—
B	進行性ミオパチー・ 女性	III
C	シャルコー・マリー・トゥース 病・男性	III



※目線無しでの掲載は本人の了承を得ている。

i) トライポッド取付 ii) 車いす取付

図1. 肢体不自由者用ロボットアーム (iARM)

実験では，被験者 A および B にて3回の予備実験を行い，その結果をもとに実施項目を検討し，被験者 C を加えた3名での確認実験を行った。なお，被験者 A, B は iARM をトライポッドに取付けて電動車いすの真横に設置した状態で実施し，被験者 C では車いすに取り付けた状態で実施した。

なお，本実験は国立障害者リハビリテーションセンター倫理審査委員会の承認を得て実施した。実施

にあたっては倫理審査に基づき被験者に十分な説明を行い、同意を得た上で実施した。

3.2 実施環境および実施課題、評価指標

評価実験の環境は日常生活場面を想定し、ダイニングテーブルや本棚などの家具、レタートレーやプリンタなどの日用品を配した模擬環境を設定した。

実施課題の選択はEfteringら²⁾による先行研究などの調査にもとづく課題に加え、各回実施後の聞き取り調査をもとに、課題項目の検討を行った。

初期の課題としては以下の課題を設定した。

- ・冷蔵庫の開閉およびペットボトル取り出し
- ・机上でのペットボトル操作及び水分摂取操作
- ・スイッチ操作
- ・机上での書類操作
- ・床からの物品拾い上げ

評価指標としては、課題実施の成否（失敗回数）、所要時間、実施後の聞き取りを毎回実施した。また追加項目として、疲労度の聴取も実施した。課題終了後には主観評価として、福祉用具満足度評価（QUEST 2.0）および福祉機器心理評価スケール（PIADS）を実施した。

4 実験結果

初期課題のうち、冷蔵庫の開閉については、トライポッド取付状態では、iARM を十分に固定出来ず、また iARM の操作特性上円弧軌道を描いての動作が困難なため、実施が困難であり、その後の課題からは除外した。その他の課題については、いずれの被験者においても1回または2~3回の試行で実施可能であった。また、被験者A,Bにおいては、回を追うごとに全体的な所要時間の短縮を認めた。被験者Aでは物品拾い上げ課題として、マウススティックを想定しての鉛筆の拾い上げを行い、設定課題以外にもフォークやスプーンを使用しての食事も行った。水分摂取課題では机上にこぼした水分を自ら拭き取ることも可能であった。机上の本や小物を子供に手渡すといった場面も見られた。被験者Bでは物品拾い上げ課題として、テレビのリモコンや携帯電話の拾い上げを行った。また書類操作で机上にある1枚の紙を掴むことが可能であった。

上記の結果を踏まえて設定課題を、

- ・ペットボトル、ストローなどを操作する飲水動作
- ・本棚からの本の取り出し
- ・机上での書類操作

- ・床からのリモコン拾い上げ

とし、基本操作課題として上肢機能検査（STEF）より、大球および大立方の課題を応用して課題とした。

確認実験では、いずれの被験者も問題なく実施可能であった。また主観的評価としては、いずれの被験者も QUEST2.0（5点満点）では3.00点~4.00点であり、「やや満足している」~「満足している」という結果を得た。PIADS（-3~3点）では平均1.6点であり、プラスの心理効果が示された。

疲労については被験者Aより「目が疲れる」との疲労の訴えがあり、実験実施中に数回の中断と休憩が必要であった。その後、対象物と視線との関係を考慮して iARM の操作盤の取り付け位置を調整したところ、疲労の訴えが減少した。被験者Cでは、実施中に体幹による代償運動で上肢の位置の調整を行っており、頸部や肩の疲労の訴えがみられた。

5 考察・まとめ

基礎評価実験を通し、各被験者の基礎的操作能力の確認が出来、種々の課題実施状況から、日常生活においても iARM を用いて様々な活動を行えることが示唆された。また QUEST2.0 および PIADS の結果において、主観的にも高い効果を示しており、心理的にも有効な使用につながる可能性が示唆された。

疲労感については、被験者Aは設定の変更により疲労が軽減され、被験者Cではその場で十分な対応をとれなかったが、アームサポートや操作盤の取り付け位置を修正することで、より効率的な操作が可能になると考えられる。

なお本実験は、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）により実施された。

6 引用・参考文献

- 1) 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, 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, 2011.
- 2) Håkan Eftting, Kerstin Boschian : Technical Results from MANUS User Trials, ICORR '99, 136-141, 1999.

V. 資料

V. 資料目次

1. 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	
第2回研究会 開催概要報告	--- 43
2. 重度肢体不自由者用ロボットアーム (iARM) 使用者への聞き取り調査記録	--- 45
3. 国内研究開発中ロボットアームによる短期評価プロトコル実施報告	--- 49
4. 平成23年度版重度肢体不自由者用ロボットアーム短期評価プロトコル	--- 53
5. 重度肢体不自由者用ロボットアーム長期評価プロトコル案	--- 75

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
第2回研究会 開催概要報告

日時 : 平成24年1月7日(土) 13:30~16:30

場所 : 国立障害者リハビリテーションセンター
本館4階 中会議室

参加者 : 22名(研究関係者以外:11名、研究関係者と実験協力者:11名)

i. 発表

1. 本研究の趣旨説明

国立障害者リハビリテーションセンター
研究所 福祉機器開発部 井上 剛伸(研究代表者)

2. 実験協力者による講演 ーロボットアームを実際に体験してー
実験協力者 ~試用してみた~

3. 実験協力者による講演 ーロボットアームを実際に体験してー
実験協力者 ~実生活で使用してみた~

4. ロボットアームのコスト面について

国立障害者リハビリテーションセンター
研究所 障害福祉研究部 我澤 賢之(研究分担者)

ii. 総合討論

障害当事者、メーカー、研究者、看護師、義肢装具士、行政担当者等による活発な討論が行われた。主に以下のような議題が挙げられた。幾つかの意見と共に列記する。

- ・ ロボットアームを使用する際の介助者への対応、課題について
 - 「アームの着脱や取り扱い方法を介助者に言葉で説明することは困難。」
 - 「全ての介助者に快く協力してもらうのは難しく、心理的に負担を感じる。」
- ・ ロボットアームの操作、安全基準について
 - 「操作をする際にボタンを押し続けるのは辛い。」
 - 「ホールド・トゥ・ランという安全の考え方に基づいている。安全について過剰に言われすぎているかもしれない。」
 - 「企業側が裁判で不利になることを避ける為、安全性を担保せざるを得ない。何らかの形で企業を守る必要がある。」

・ 電動義手との比較・類似点

「電動義手の普及が遅れたのは対応できる場所が少ない等戦略が不十分だったから」

「過去に支給対象になった電動義手と比較するとロボットアームはすごく高いというわけではないと感じた。」

「このような製品はユーザーが活着ている限りニーズが消えず、長い製品寿命が要求される。メーカーにはその間製品や部品の供給を継続する責任がある。」

・ 普及に向けた課題について

「ロボットアームを使う＝ヘルパーを減らすという議論はしてほしくない。24時間 365日ヘルパーがいる訳ではないし、一人の時間が欲しい時もある。そういった時間にお茶を飲んだりおにぎりだけでも食べたりできるロボットアームがあればいいと思う。先々の話になるが、ほとんどの時間ヘルパーがいるから、ロボットアームは要らない。あるいはヘルパーはいなくていいから代わりにロボットアームを使いたい。というような選択肢があってそれを選べるのがベストなのでは。」

「ロボットアームが広まってほしい。そのためには見てもらうことが一番だと思う。ユーザーが、こういう理由で必要なんだ、という意見を上げていかないといけない。」

・ 費用、価格について

「車だったら皆200万出して買うが、ロボットアームは車ほどの利益を感じない。なぜならまだよく分からないから。」

「1割負担とかで買えるようにするというのも重要。」

・ ビジネスとして成立させる必要性について

「産業がちゃんと収入を得て回っていくという形にしないと発展していかない。」

「存続させていく為には赤字ではなく利益が出るようにしなければならない。」

「原価だけでなく、調整費用やサービス経費等、供給側の負担も考慮する必要がある。」

・ 介助者のQOL向上について

「世論を盛り上げるためにはユーザーだけではなく、ユーザーを支える側の人のQOLも上げていかないといけない。」

「お子さんがロボットアームを使うことで、介助しているお母さんも楽になる。」

重度肢体不自由者用ロボットアーム（iARM）使用者への聞き取り調査記録

日時 : 2012年3月6日（火） 13:00～16:00

参加者 : 実利用者、中山、我澤、木下、藤野

iARM 実利用者の疾患名 : 脊髄性筋萎縮症（発症1歳）

- ロボットアーム(iARM)を知ったきっかけ
 - ・ 最初に知ったのは SMA（脊髄性筋萎縮症）家族会からの情報。iARM を知った時点で欲しくなった。
 - ・ インターネットなどで情報を探して少し見ていた。
 - ・ 2006年国際福祉機器展（H.C.R.）に実物が出品されたので、東京まで見に行った。
H.C.R.の会場で実際に触らせてもらい、是が非でも手に入れたくなった。
価格は150万円程度と言われた。
 - ・ 実際の入手までは1年半～2年程度待った。
- 入手に際しての金額
 - ・ 取付など含め、実際には200万近くかかったと思う。
 - ・ 購入価格の元は十分に取れている。
- ロボットアーム入手から生活への導入（メンテナンス含め）
 - ・ 生活の中心にiARMが入るのに2ヶ月くらいかかった。
取付位置の修正や、入力装置の決定、自宅の環境調整、基本的な操作方法習得など
 - ・ 最初の半年くらいはよく壊れていた（使い方に慣れていないこともあり）。
その後は年2～3回くらいのペースで修理やメンテナンスを依頼している。
 - ・ 導入時の使用アドバイスは輸入販売代理店からのみ。作業療法士などは関わっていない。
 - ・ 自身の職場でもiARMを使っている。
使用前と仕事の効率は変わっていない。（あまり影響がない業務内容）
- ロボットアームを生活で使用するうえでの工夫
 - ・ 知り合いの陶芸家に頼んで、iARMで使えるような食器を特注でつくってもらった。
 - ・ ロボットアームで使いやすいスプーンや使いやすいポットなどを探してきた。
 - ・ その他、自分でさまざまに工夫して道具や環境を整えていった。
 - ・ ロボットアームの取付位置については数回修正をしてもらっている。
 - ・ 入力スイッチは自分で任意に動かせるように、ねじ止めなどで固定せずに、取付用の金属板を作り磁石でくっつけている。マジックテープだと自力で外せない。
 - ・ 冷蔵庫はタッチすると自動で開く機能を使うとアームにぶつかって跳ね返り、閉まってしまうため取っ手を引っ張って開ける。
 - ・ 電灯の紐は、通常のは小さくて掴めないの大きいものに変えている。

- 現在の生活でのロボットアームの利用について
 - ・ もはやロボットアーム無しでの生活は考えられない。
 - ・ 現状としては、1年前に体調を崩し、半年間入院し、気管切開も行った。
 - ・ 現在はロボットアームは主に自分の体の位置を変えたり支えるのに多く使っている。
具体的には左手の指で iARM を操作しながら、右手の位置を変えるなど。
 - ・ そのほか行っていることとして
 - ・ ともみをつけてもらった飲み物を自分で飲む。
 - ・ 猫と遊ぶ。猫のえさやり。
 - ・ オルゴール (趣味) の操作 (ネジを回す)。
 - ・ 旅行に行った際のビデオ撮影。三脚代わりになる。
 - ・ 買い物。(自分で物をとって見る)
 - ・ コンセントを入れる。(たまに)
 - ・ パソコンの電源の入切。USB 等の差し替え。
 - ・ など
 - ・ アームは毎日使っている。電源は起きてから寝るまでつけている。
1日最低でも2~3時間使用している。
 - ・ アームの速度は頻繁に変える。(1と3を主に使う)
 - ・ 操作モードとしては、Cモードをよく使う。
Jモードはエラーが起きた時。
マクロはあまり使わない。電話の位置や飲み物を飲むときくらい。
(マクロの位置は大よそなので、結局微調整はCモードでしなければならない。)
- ロボットアーム導入後から気管切開前までの生活での利用について
 - ・ 食事を摂る
 - ・ 飲み物を飲む (食器棚からコップを取り、紅茶やコーヒーを自分で入れて飲む)
 - ・ 爪を切る
深爪が好きだが、ヘルパーさんは怖がるので、気に入るように切ってもらえない。
足まで届かないのが残念。
 - ・ カップボード (食器棚) から食器を出す。
 - ・ 食器棚の扉に鎖をかける。
 - ・ 扉の開閉
扉が重いので無理に開けると壊れることがあるが、背に腹は代えられない時もある。
 - ・ 調理をする
簡単な調理を行っていた。
- 現在の生活について
 - ・ 気管切開をして人工呼吸器をつけているので、吸引のためのヘルパーは欠かせない。
 - ・ 訪問看護は毎日必要

● 不便なこと・困ったこと

- ・ マクロモードはおおよその位置で戻るから細かい作業に使えない。
- ・ よく壊れる。年に2～3回は修理に来てもらう。
- ・ アームが車椅子やエレベーターの手すりにあたるため位置を調節。
- ・ ここ1年くらい指の開閉で2日に一回程度エラーで止まる（立ち上げて最初の1回で）。
一度再起動すればエラーは起きない。何故だか未だに解決していない。
食べている途中でエラーが起きて困ったことがある。
- ・ 頻繁に使っていると2～3日に1回エラーが起きる。
- ・ 電子レンジで温めた物がどの程度の温度なのかわからない。
- ・ 電子レンジをあけたときにコップの取っ手が手前があると掴めない。
レンジの中で向きを変えるなど微調整しなければならない。

● 改善すると良いこと

- ・ 入力装置にキーロックがかけられると良い（子供に触られることがある）。
- ・ 細かい動きをするためにもう少し指が華奢だと良い。
- ・ マクロモードで、移動の軌跡を覚えてほしい。
- ・ パワーがもっと強いと良い（重い扉でも壊れずにあけられるなど）

重度肢体不自由者用ロボットアーム（iARM）使用者への聞き取り調査記録

産業技術総合研究所 RAPUDA による短期評価プロトコル実施報告

実施内容：H23 年度版短期評価プロトコルに準じて実施。心理評価、アンケートは未実施
実験実施者：山口純

被験者：木下崇史（健常者、作業療法士、工学修士）

iARM は複数回の操作経験あり。RAPUDA は操作方法の教示を受け初回操作で実施。

ロボットアーム：独立行政法人産業技術総合研究所 RAPUDA

※実験実施に当たっては、開発者同席のもと、使用方法の教示を受け、随時メンテナンスおよびエラー対応を行いながら実施した。

短期評価課題の実施結果

表 1. 同一被験者における iARM 各種入力装置での実施結果との時間比較 (sec.)

	課題 1-1 (大球)	課題 1-2 (大立方)	課題 2 水分摂取	課題 3 顔を掻く	課題 4 拾い上げ	課題 5 書類操作
iARM キーパッド	277	370	534	208	105	174
iARM ジョイスティック	282	535	584	205	146	333
iARM ワンボタン	565	700	771	295	481	429
RAPUDA ジョイスティック	630	N.A.*1	N.A.*2 (847)	294 *3	N.A.*4 (196)	261
(参考値) iARM 頸 髄損傷の被験者 Mean±Std.	765±324	1103±154	1157±556	337±149	314±116	597±225

*1 把持力が弱く、ハンドの開口幅が狭く大立方を把持できず実施不能。

*2 把持力が弱く半分水の入った 500ml ペットボトルを把持・保持できず、ハンド部にすべり止めとして輪ゴムを取付けた。250ml ペットボトルの 1/3 程度まで液体を満たしたものであれば把持・保持可能。また、手首部の回転可動範囲が 100° までであるため、ペットボトル内の水分をコップにすべて注ぐことは出来ない。可動範囲限界のためコップを口まで直接アプローチすることは出来ず、頬の右側から口部周辺へアプローチした。コップをリリースする際に、ハンド部が開ききらず、コップを離せず。トレー上のタオルにひっかけてコップを外そうとした際に、倒して水を溢した。溢した水を拭く作業は、時間の関係で中止とした。これら条件に基づく所要時間を () 内に示す。実験中に異音を発したために複数回停止・中断しているが、この間の時間は計測値に含めていない。

*3 プロトコルではロボットアーム取付側の頬を掻くことになっており、車いすの左側に取り付けている RAPUDA は左頬を掻く設定であるが、可動範囲の仕様上左頬周辺に近づけず、右頬を掻くこととした。

*4 把持力低下のため、通常の携帯電話 (129g) を把持できず。携帯電話のバッテリーおよびバッテリーカバーを外した状態 (109g) で、RAPUDA が把持しやすい様に携帯電話を立てて、バッテリーパックをはめる部分に指先が引っ掛かるような形で置き持ち上げた。これら条件に基づく所要時間を () 内に示す。



図 1. 課題 1-1 (大球) の様子



図 2. 課題 2 水分摂取の様子

形状について：

iARM の可動範囲では、顔にハンドが届く設置位置では、床にハンドが届かないため、アームの設置部を上下させる可動部を追加することで、可動範囲を広げている。RAPUDA の可動範囲は、顔にハンドが届く設置位置でも、床にハンドが届く反面、ロボットアーム取付部が車いすの左方へ 15cm 以上飛び出し、床面までの隙間も少ないため、ロボットアームを車いすに取り付けた状態での廊下、ドア、玄関などの通行が困難と考えられる。電動車いす走行の観点から日本の生活環境での使用には不向きと考えられる。また、最大把持力はスペック上で 500g であるが、現状では 100g 以下と推定される。

ハンド部については、開閉動作が安定的に繰り返し実施することができず、初期設定位置を徒手的に設定することで把持可能となる状態であった。

また、可動範囲の仕様上、顔周辺での動作は制限されており、ある特定の部位のみからしか口部周辺へのアプローチができない。基本的に人に接する部分、特に顔周辺では使用が難しく、水分摂取や顔を掻くという動作には適さない可能性がある。

耐久性について：

今回使用した RAPUA は 2009 年に機能評価用に製作されたものであり、実使用に耐えるだけの耐久性を持っていないとの説明を受けた。2009 年の製作時から、改良・保守なども行われておらず、ハンド部の開閉動作が十分にできない場合があるなど、不安定な状態であるとの事だった。実験中を通し、アーム伸縮動作中に異音が発生し、メンテナンスを必要とする場面が頻回に認められた。

安全性について：

可動範囲の設計上、顔や頭などの領域には十分な可動範囲が確保されておらず、部分的に口周辺などに近づける程度である。今回の実験では十分な安全性の評価実施までは至らなかった。

結論：

現状では機器の安定性が非常に低く、被験者を対象とした実験での使用は困難である。

操作所要時間については、経年劣化などによる種々の問題が生じないと仮定すれば、現在使用している iARM と同等の時間で実施可能であると考えられることもできる。

今仙技術研究所 コンパクトアーム付電動車いすによる短期評価プロトコル実施報告

実施内容：H23 年度版短期評価プロトコルに準じて実施。心理評価、アンケートは未実施
実験実施者：山口純

被験者：木下崇史（健常者、作業療法士、工学修士）

iARM は複数回の操作経験あり。コンパクトアーム付電動車いすはマニュアルを参照して操作練習を行ったうえで実施。

ロボットアーム：株式会社今仙技術研究所 コンパクトアーム付電動車いす

短期評価課題の実施結果

表 1. 同一被験者における iARM 各種入力装置での実施結果との時間比較 (sec.)

	課題 1-1 (大球)	課題 1-2 (大立方)	課題 2 水分摂取	課題 3 顔を掻く	課題 4 拾い上げ	課題 5 書類操作
iARM キーパッド	277	370	534	208	105	174
iARM ジョイスティック	282	535	584	205	146	333
iARM ワンボタン	565	700	771	295	481	429
コンパクトアーム付 電動車いす	N.A. *1	N.A. *1	N.A.*2	N.A. *1	N.A.*3 (309)	N.A.*1
(参考値) iARM 頸損被験者 Mean±Std.	765±324	1103±154	1157±556	337±149	314±116	597±225

*1 机上の高さまでアームを持ち上げることができない。また全般的な可動範囲の制限により実施困難。

*2 *1 に加え、手首部が回転しないため、ペットボトルからコップに注ぐ動作が不可能。

*3 *1 のためにプロトコルに沿う形では実施不能。被験者の大腿上にトレーを載せ、床から拾い上げた携帯電話をトレー上に置く形で実施した結果を () 内に示す。

形状について：

「コンパクトアーム付電動車いす」は、基本設計が床に落ちたものを拾い上げることでできるアームを備えた車いすということになっている。そのため、把持して持ち上げたものに何らかの操作を加えることは困難な形状となっている。

また、物品の操作については基本的に車いすのアームを取付けた側+自己の大腿上周辺で行うようになっている。

カタログスペック上、可搬重量は約 1kg となっており、500ml ペットボトルを持ち上げることもできるが、口部周辺まで挙上することができず、水分摂取に用いることは通常のストローを用いるのみでは困難である。

操作に車いすのジョイスティックを用いることが可能であり、トグルスイッチの切り替えのみで車いす操作とロボットアーム操作を切り替えられる点は優れている。

動作について：

動作がスムーズではなく、ジョイスティックからの入力に対して、関節が振幅の大きな振動を繰り返しながら目標位置に到達する。このため水分を満たしたコップやペットボトルを移動させると内容物がこぼれる可能性がある。

ロボットアーム操作のためにジョイスティックの可動範囲のマッピングを用いているが、操作感のフィードバックがなく操作の切り替わり点がわかりにくいいため、途中で意図しない動きをさせてしまう可能性がある。

耐久性について：

ハンド部の把持力がカタログスペック通りになくなってしまいやすい。これはハンド部の構造上の問題であり、物品の把持を数回繰り返すことにより、徐々に把持力が低下していくとのことである。また、評価使用中にギアに巻き込む形でケーブルの断線が発生し、これに対する対応も求められる。

安全性について：

アーム部の第 2 第 3 節部下方には接触スイッチが設置されている。身体や物物品が接触した際には停止するようになっており、車いすのアームサポートとの間での挟み込みは防止されるようになっている。しかし、ハンド部の下面には接触センサーはなく、ハンド部が身体上にある時に下降操作を行うと、特に足部などで挟み込みが発生する危険性がある。上昇時にも足部周辺では、意図せずに足部を持ち上げてしまう可能性がある。

また、水平方向には接触センサーなどは無く挟み込む可能性があるが、水平方向の駆動力は小さく人体を傷つけるほどではない。

結論：

ハンド部の耐久性低下のために、安定した把持が困難であり、また安全面の問題からも、被験者を対象とした実験に使用することは困難である。

設計段階で機能を限定しており、短期評価プロトコルの全ての項目を実施することは万全の状態でも不能であるが、目的動作である物を拾い上げる機能については、ハンド部の握力が安定すれば十分に実施可能と考えられる。耐久性、安全性の問題点が解消されれば、機能を特化した短期評価や長期評価の実施の可能性を考えられる。

重度肢体不自由者用ロボットアーム短期評価 実施手順書 (ver. 2011.12)

掲載内容

1. 必要物品リスト 2. 環境設定 3. 評価の流れ 4. 操作練習項目 5. 課題

1. 必要物品リスト

表 1 必要物品リスト

課題番号	品名	個数	使用目的・備考	チェック欄
全	机	1	幅 120cm × 奥行 75cm × 高さ 70~74cm 程度かそれ以上の大きさのもの	
全	ロボットアーム	1	実験で使用するロボットアーム(コントローラも含める)。	
全	ロボットアーム設置具	1	ロボットアームを床上やテーブルに固定するための治具。	
全	ロボットアーム設置用スケール	1	ロボットアーム設置位置調整用の基準用治具(各ロボットアーム毎に異なる)。	
全	メジャー・定規	1	物品を配置する際に使用	
全	メンディングテープ	1	各種物品の設置、固定および目印用	
全	ストップウォッチ	1	各実験の動作所要時間を計測(後程ビデオから所要時間を導出して可)	
全	ビデオカメラ	2	全景を固定カメラ 1 台で撮影、被験者の手元やアーム近辺を手持ちまたは固定カメラ 1 台で撮影	
全	ICレコーダ	1	PIADS、QUEST、聞き取りの際の録音用	
全	三脚	2	カメラ固定用	
全	研究協力についての説明書	1	実験についての説明文書	
全	同意書	1	同意書	
全	記録用紙	1	実験結果の記録用紙	
全	PIADS 記録用紙	2~	PIADS の記録用紙。枚数は実施回数に応じて。	
全	QUEST 記録用紙	2~	QUEST の記録用紙。枚数は実施回数に応じて。	
全	掲示用操作メニュー	1 セット	ロボットアームの操作モード毎の操作方法を見やすく掲示できるようにしたもの。 (iARM の場合はキーパッド、ジョイスティック、ワンボタンの 3 種)	
1	簡易上肢機能検査(STEF)	1	検査用具一式、操作練習および課題 1 で使用。	
1	クランプ	2	STEF の盤の固定用。	
1	布きれ、ゴムなど	2	STEF 盤をクランプで留める際の傷防止用として。	
2・3・4	トレイ(お盆)	1	各課題の用具・用品設置用 20cm × 30cm 程度のもの	
2	500ml ペットボトル	1	肉厚の薄いペットボトルは不適。内容物は半分程度まで減らして使用する。	
2	コップ	3	ポリカーボネート製 300ml 。1 つはストロー立て、1 つはペットボトルの蓋として使う。	
2	ストロー	2~3	首が曲がるもの	
2	エプロン	1	水分摂取時の汚れ防止用	
2・3	タオル	2	水分摂取時の汚れ、こぼれへの対応用。課題 3 での濡れタオル用。	
3	海綿	1	顔を書くための道具	
3	輪ゴム	3	濡れタオルがばらけるのを防止するための固定用。	
4	携帯電話	1	拾い上げるための物品、黒またはピンクのもの。SH904i。	
5	プリンタ	1	標準的な家庭用プリンタ。必要に応じて高さを上げるための台。	
5	印刷物	1	1 ページのプリントアウトした読み上げ課題(日付と天気)	
5	A4 レタートレイ	1	印刷物を収納する	

2. 環境設定

ロボットアームの設置場所は、専用の治具などに取り付けた状態なるべく車いすへ取り付けられた場合と同じ位置になるように車いすの右側または左側に配置する。

ロボットアームへの入力装置（コントローラ）は、操作者の能力に応じた入力装置の選定を行い、最も効率よく操作できる場所に入力装置（コントローラ）を取り付ける。操作者が現在使用している入力装置を利用可能な場合には、操作者の了解を得た上でそれらを利用するものとする。

評価で用いるロボットアームのうち iARM の外観と設置際の基準点を図 1 に示す。また iARM を設置する際の上面図（上から見た図）を図 2 に示す。

iARM を使用する場合の実験室実験での操作モードは、キーパッドでは C (Cartesian) モードを基本とし、開始位置への移動やリフト昇降、立ち上げ（展開）、立ち下げ（収納）、ドリンクモードなどには S (Special) モードを用いる。ジョイスティックでは立ち上げ（展開）：立ち下げ（収納）にはスタートメニューの F (Folding / 展開) モード、通常の操作にはナビゲーションメニュー (Navigation Menu) モード、リフトの上げ下げにはスタートメニューの L (Lift) モード、動作速度の変更にはスタートメニューの V (Velocity) モード、必要に応じてドリンク用の D (Drink) モードを用いる。ワンボタンでは、立ち上げ（展開）・立ち下げ（収納）およびリフト昇降は S (Start) モード、通常のアーム操作については C (Cartesian) モード、動作速度の変更には V (Velocity) モード、スキャン時間の変更には T (scan Time) モード、必要に応じてドリンク用の D (Drink) モードを用いる。各々の詳細については別紙の操作マニュアルを参照する。※操作メニュー・モードを限定したのは、短時間での実験室実験ですべての操作について習得することが困難であるとの判断から。

評価で使用する操作対象物は基本的に机上のトレイ上に設置し、トレイはロボットアームの動作範囲内の机上の端に用意する。詳細な位置については各課題の説明にて後述する。

iARM を使用する場合は実施前に被験者、ロボットアーム、机などを以下の状態・位置で配置する。

- (1) iARM を起動し、立ち上げ操作が終了した状態を各課題の開始位置とする。
- (2) 被験者の両膝を結ぶ線と机との距離は約 15cm（つま先が机の下に少し隠れる程度）とする。この時 iARM（図 1★印：アーム基部前面中央）と机との距離は 10cm 程度となる（図 2 参照）。iARM 設置には専用スケールを用いる。
- (3) 被験者の口元から iARM 基部上面までの距離が約 45cm となるようにする（iARM のモータ収納部がひざの横に来る程度の位置。図 2 参照）。

※各評価課題の開始前には S モードを用いて立ち上げ操作を用い、開始初期位置へ移動させておく。

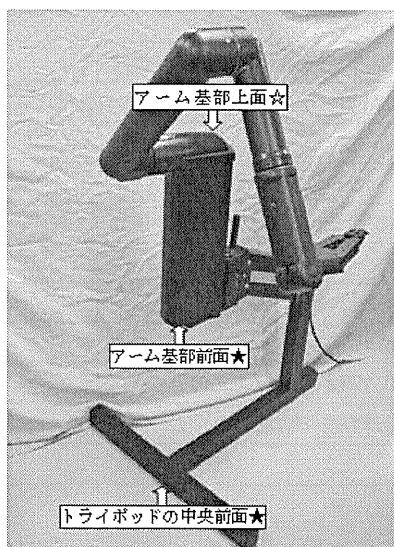


図 1 iARM 開始位置および基準点

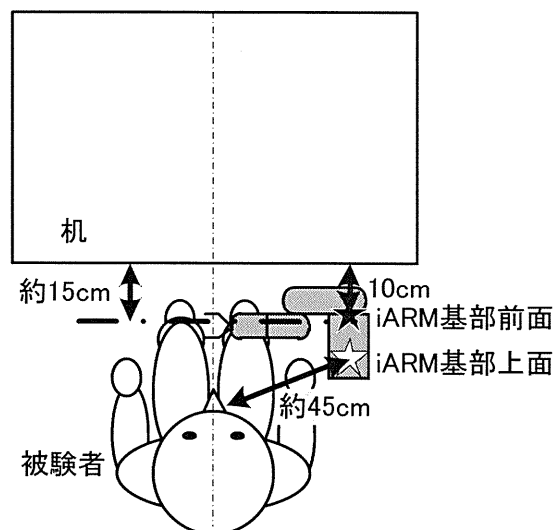


図 2 iARM 設置位置模式図（上面図：右側設置の場合）