

E. 結論

本研究では、重度肢体不自由者用のロボットアームにコスト・ベネフィットの評価を行うことを目的とし、今年度は、ロボットアームの短期評価、長期評価プロトコルの構築、コスト・ベネフィット推計に必要な基礎データの収集を行った。その結果、ロボットアームの短期評価における自立・自律動作に対する有効性が示された。また、長期評価構築のための評価実験から、導入期、初期、中期、後期に分けた評価プロトコルが構築されたとともに、ロボットアームの活用範囲の広さが示された。さらに、導入コストおよび生活の中での活用可能な動作が抽出され、次年度以降の推計に必要なデータを得ることができた。

次年度は、長期評価の実施とその結果に基づくコスト・ベネフィットの推計、さらには普及に向けた提案を作成する予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 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. 第26回リハ工学カンファレンス講演論文集, 2011-07-25, 大阪, 2011, p.117-118.
- 2) INOUE Takenobu, KINOSE Takashi, KOBAYASHI Yoko, NAKAYAMA Tsuyoshi, GASAWA Kenji. Cost-Benefit Evaluation of Assistive Robotic Arms. 第26回リハ工学カンファレンス講演論文集, 2011-07-24, 大阪, 2011, p.59-60.
- 3) 木之瀬隆, 井上剛伸, 木下崇史, 山口純. 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). 日本義肢装具学会誌, 27, 2011-10-05, 2011, p.108.
- 4) 中山剛, 井上剛伸, 木之瀬隆, 小林庸子, 樋口智和, 我澤賢之, 木下崇史, 山口純, 藤野真理子, 兼森祥子. 肢体不自由者用ロボットアーム導入に向けた基礎評価. 生活生命

支援医療福祉工学系学会連合大会 2011 論文集, 2011-11-03, 東京, 2011, p.10-4-1, p.10-4-2, CD-ROM.

- 5) 木下崇史, 井上剛伸, 中山剛, 我澤賢之, 山口純, 藤野真理子, 兼森祥子, 小林庸子, 樋口智和, 木之瀬隆. 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. 第7回日本シーティング・シンポジウム, 2011-11-20, 東京, 2011, p.54-55.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

II. 分担研究報告
(平成 23 年度)

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）
分担研究報告書

有効性評価手法の構築

分担研究者 木之瀬 隆

日本医療科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 作業療法学専攻 専攻長 教授

研究協力者：木下 崇史、山口 純

研究要旨

コスト・ベネフィット評価の一環として、昨年度短期評価を行ったモデルケースを対象に長期評価の
プロトコル作成のためパイロット・スタディとして在宅生活での長期評価予備実験を行った。本研究で
はシャルコー・マリー・トゥース病の障害者1名に対し、在宅での日常生活におけるロボットアームの
活用における長期評価予備実験を実施した。実験は短期評価プロトコル案より、想定される課題や在宅
生活環境での問題点を抽出することと、その問題解決法、生活時間でのコスト・ベネフィット調査、長
期にわたる電動車いすにロボットアームを装着状態での検証を行った。結果として長期評価プロトコル
案を作成した。プロトコルとして、タイムテーブルでは、①導入前調査、②ロボットアーム導入期、③
長期評価前期、④中間調査、⑤長期評価後期、⑥終了時調査、の必要性が明らかになった。また、今回
のケースは、実験期間において、一定の満足感や高い心理的効果を得ており、ロボットアーム利用者候
補として、適当であると考えられる。実験上の課題として、電動車いすへのロボットアームの装着には、
装着用の個々のアタッチメントの必要性やモデルケースとして長期評価実験の数カ月（今回約3カ月）
に対応できる時間的なゆとりの必要性も重要であった。

A. 研究目的

長期評価研究班での打ち合わせ会議、昨年度の
短期評価プロトコルの結果を受け、長期評価プロ
トコル試作を目的に、パイロット・スタディとし
て、1名の被験者において在宅環境でのロボット
アームの動作検証、日常生活活動での使用、屋外
環境での使用状況評価において、長期評価プロト
コル案の構築を行った。

本研究では、上記の実験を基に末梢神経症患者
へのロボットアームの在宅生活での適応につい
て考察した。

B. 研究方法

先行研究および本年度に実施したプロトコル
作成のための実験により、被験者に無理を生じな
い範囲で、2～3カ月間の予定で長期評価プロト
コル構築のための予備実験として、在宅生活にロボ
ットアームを導入した。被験者本人の電動車いす
（ペルモビール社）にロボットアームを装着し、

在宅生活で障害当事者にロボットアームを操作
して貰い、実際の生活上での操作の成否、時間、
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。
また、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を実施した。重度肢体不
自由者用ロボットアームの長期評価は当研究の
研究代表者、分担研究者が把握している限り、国
内では初めての実験であり、随時、長期評価研究
班のメンバーが在宅訪問を行い、ロボットアーム
の使用方法や環境調整などのフォローアップを
行った。

本年度の研究でのロボットアームは、日本国内
で市販されており入手が比較的容易であるオラ
ンダの Exact Dynamics 社製 iARM（intelligent
Assistant Robot Manipulator）を用いた。

1. 被験者基本情報

疾患名：

シャルコー・マリー・トゥース病

障害状況：

身障手帳 1 種 1 級（四肢・体幹障害）

上肢を自分では持ち上げることができない。三角筋、上腕二頭筋、筋力ゼロ。手指筋力 1-2 レベル。体幹は左側弯。

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。

座位能力：

簡易車いす座位能力分類Ⅲ

Hoffer 座位能力分類Ⅲ

（座位が取れない状態）

ペルモビール社（スウェーデン）製の電動車いすでは、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、側弯による左への傾きは体幹をゆすることで姿勢の修正を行う状態である。

生活状況：

24 時間の内、電動車いすに乗っている時間が 12-14 時間程度。生活では移乗、食事など全介助を受けているが、時間や内容については、本人が障害者自立支援法による支援費を利用しマネジメントしている。電動車いすについては、2010 年に外国製の高性能な電動車いすを手帳により給付を受けて使用している。唯一、電動車いすに座ると自分での移動が可能であり、ティルト・リクライニング機能を利用して、長時間の車いす上生活を送っている。

2. 電動車いすへのロボットアーム装着状況

電動車いすへの iARM 装着を販売代理店に依頼した。電動車いすとロボットアームの装着部分は、事前にアタッチメントの製作を依頼していた。

また、今回電源バッテリーは、電動車いす本体のバッテリーではなく、別バッテリーとして電動アシスト自転車のもので利用した（図 1）。

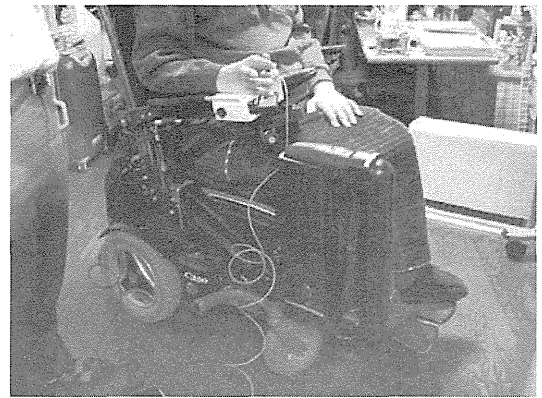


図 1 ロボットアーム装着状況

3. 在宅生活環境

被験者は市区町村の障害者住宅に入居しており、1 階の 2LDK のバリアフリー住宅である。ヘルパーが 8 : 00 ~ 19 : 00 までと 21 : 00 ~ 23 : 30 まで入る。19 : 00 ~ 21 : 00、23 : 30 ~ 翌朝 8 : 00 までの就寝時は一人である。



図 2 室内

4. 実験内容

4. 1. ロボットアームの入力スイッチの決定

昨年度の短期評価実験の際は iARM 純正のキーパッドを用いて操作していたが、電動車いす用のジョイスティック部とキーパッド部が干渉して電動車いす用ジョイスティックの操作性を低下させてしまう事や、実験後に頸部や上肢帯および体幹などの疲労感が認められ、変更の要があった（図 3）。そこで、心身機能を考慮し、タクトスイッチを用いたオリジナル入力スイッチの試作を事前に販売代理店に依頼した。

ロボットアーム導入期において、純正キーパッド、純正ジョイスティックおよび、試作オリジナル入力スイッチを試用比較した結果、試作オリジナル入力スイッチによる操作効率の優位性、低疲労性が認められ、オリジナル入力スイッチおよび車いすへの取り付けアタッチメントの制作を販売代理店に依頼した（図 4）。



図 3 車いすジョイスティックと純正キーパッド



図 4 オリジナル入力スイッチ

4. 2. 在宅生活でのロボットアームの初期使用設定

ロボットアーム導入期では、安全性を配慮し、自宅内操作練習を目的として、屋外使用は行わないこととした。また、拡大表示した操作マニュアルを室内の見えやすい場所に配置し、練習しやすい環境を整えた上で、基本的操作課題を実施した。

4. 3. 屋外使用の決定

屋外使用は評価者が同行し、一般歩道での走行時の確認、自宅外建物でのドア開閉などの確認を

した上での許可とした。

4. 4. ロボットアームの種々の操作モード使用

iARMには基本操作以外の機能がいくつかあるため、基本操作の習熟後、各関節を個々に動かすモードや、一定の位置を記憶・再生可能なマクロモードなどの使用方法の紹介を行った。

C. 結果（使用経過）

重度肢体不自由者用ロボットアームの在宅生活での長期間の評価実験は、当研究の研究代表者、分担研究者が把握している限り、国内では初めての試みであり、今回の研究では当初、実験期間を2ヶ月程度と予定して長期評価予備実験を開始した。また、想定できないトラブルの発生も考慮し、実験に支障が生じた際には、速やかに撤収することも、被験者に了解を得て実施した。今回の予備実験期間中にロボットアーム配線コネクタ部の破損があり、10日ほど実験が中断した。その後、順調に使用を継続でき、長期評価プロトコルの策定にあたり情報収集を行うことができた。

1. 導入期

導入期としては、ロボットアームの入力スイッチをどこに取り付けるかが課題となった。短期評価で使用した純正キーパッドは電動車いすのジョイスティック部分近くの設定では被験者の上肢・指の機能が十分に使えず、誤操作が多く実際的な使用が難しいことがわかった（図 3）。また、縦4×横4の16個のキー間を、上肢および体幹の代償機能を用いながら指先を移動させて操作する方法では、短時間の利用で疲労感が高まることも確認されていた。導入期にiARM純正のジョイスティックも試用したが、純正キーパッドと同様に取り付け位置の難しさや頻回な前後左右方向への入力が必要となるため、操作の困難さや疲労性の解消には至らないことがわかった。そのため、販売代理店に依頼して、キーパッドより小さく、タクトスイッチを用いたオリジナル入力スイッチを試作・試用し、操作練習を行った。

この時期にロボットアームの基本操作方法、ペグなどの自動操作、本人が希望する日常生活活動

の机上操作練習を研究チーム員の立会のもと行った。特に、ペットボトルやコップでの水分摂取は本人の希望が強かった。

また、被験者は、週数回、パソコン教室などの仕事もしており、身障法対応のヘルパーに対してもロボットアームの着脱方法の説明を、本人が直接説明できるよう、取り付け方法やエラー対応などのマニュアル作成も行った。

ロボットアームを用いることで、アクティビティとしては、基本操作からハーモニカや趣味活動といったところまで範囲が広がった。

2. 実験前期

導入期において入力装置の確定、操作練習等を行い、基本的操作が安全に可能でかつ基本的なエラー対策も実施可能なことを確認した。

被験者の要望もあり屋外使用も併せて検討した。実験実施者の立ち会いの下、介助者同伴で屋外移動、商店などの建物へ出入り、食堂での食事などを経験した。

これらにより、在宅以外の場所での使用が可能なことも確認し、評価実験の開始とした。

初期のアクティビティとしては、本人の開始期の目標として、知人が集まるとの忘年会において、食事に用いる、ビールを飲む、吹き矢などのゲームを行う、他者にお酌をするなどといった目標を立て、実施している。

実験開始から2週間程でヘルパー6名がロボットアームの装着や入力スイッチの固定方法に慣れ、運用方法が安定し始めた。この頃のアクティビティとしては初詣で甘酒を飲んだり、研究会に参加してロボットアームでマイクを持って発表したり、研究会中に自身で任意にお茶を飲んだりという動作をしている。

1月中旬に、被験者は破損への警戒からロボットアームを取り外した状態で旅行に行ったが、その際の感想として、「ロボットアームを持っていくべきだった」、「ロボットアームを持っていかなかったのがヘルパーさんの負担が増大した」などと述べている。この時のロボットアーム本体の着脱に伴い、ロボットアーム配線コネクタ部の破損が生じ、修理を要した。

3. 実験後期

被験者は、ロボットアームの操作に習熟し、普通の生活としてロボットアームの操作を行っていた時期である。今まで、水分補給やテレビ等のリモコン操作、食事動作の一部など、以前は介助者に依頼していた支援のいくつかは、ロボットアームで可能になった。また、マウススティックを購入し、ロボットアームと併用することで、自治体の会議等に参加した際に、ヘルパーに頼まなくても、自己で任意に資料のページをめくり、会議に以前より主体的に参加することが可能となった。さらに、電子レンジの使用や冷蔵庫扉の開閉なども、ロボットアームで把持しやすいようにフックや輪を取り付けるなどの環境調整によりチャレンジを行った。

この期間には、合わせて評価として生活インタビュー、心理評価、APDLの評価などを実施した。

3.1. 心理評価

約2か月間の実験期間が経過したのちに、心理評価として福祉用具満足度評価(QUEST 2.0:12項目中8項目)および福祉機器心理評価スケール(PIADS)を実施した。また、併せてロボットアームを用いた生活についての聞き取り調査を実施した。QUEST2.0(0~5点)では2.9点「やや満足している」という結果を得た。重要項目については、「大きさ」「使いやすさ」「使い心地」を選択した。また、サービスの項目について今回の実験期間中にも実施された「修理とメンテナンス」「専門家の指導・助言」の2項目を加えた10項目中の重要項目の選択では、「使いやすさ」「修理とメンテナンス」「専門家の指導・助言」が選択された。コメントとしては大きさ、重さに対する不満が聞かれ、そのほかの項目については概ね肯定的な内容であった。PIADS(-3~+3点)の結果は合計得点1.4点(効力感サブスケール得点1.3点、積極的適応性サブスケール得点1.5点、自尊心サブスケール得点1.4点)であった。発言としては、『ロボットアームですべてができるようになるわけではないが、多くの場面で使えたこと、特に飲む、食べるという事に使えたことが大きく、友人やヘルパーと同じ時間で一緒に食事を

したり、宴会をできたことが何よりである。』『自分のペースで飲食出来て何よりもよいのは、誤嚥して咽る回数が格段に減ったことである。』『(実験期間を通して) 実際の生活場面での活用方法や操作方法の教示アドバイスを適時受けられることが有用であった』という趣旨の発言が得られた。

3.2. 日常生活活動、日常生活関連活動

食事、更衣、排泄、コミュニケーションなどの日常生活活動 (ADL: Activities of Daily Living)、および日常生活関連活動 (APDL: Activities Parallel to Daily Living) について、ロボットアーム使用、非使用状態での FIM (Functional Independence Measure) および AMPS (Assessment of Motor and Process Skills) を用いての評価を行った。

表 1 ADL・APDL 評価結果

評価法		非使用	使用	差
FIM		65 点	67 点	2 点
AMPS	Motor	-2.40	-0.75	1.65
	Process	1.20	1.03	0.17

FIM の得点差は運動項目の食事において、ロボットアーム非使用時は全介助であるが、使用時にはスプーンを持ち、食べ物を口まで運び、食事を摂ることが可能となっていることに由来する。AMPS では運動技能においていずれもマイナス値であり、自立した ADL 課題の遂行は困難であるが、ロボットアーム使用時・非使用時の差が 1.65 を示しており、ロボットアーム導入により有意に運動技能の向上が認められる。プロセス技能においてはいずれも標準値の範囲内であり、同世代の健常者と同等の技能を有しているといえる。

実験結果

1. 導入期：屋内での練習時のみロボットアームを車いすへ取り付け

11 月 16 日	車いすへ iARM 取り付け
11 月 21 日	純性入力装置およびオリジナル入力スイッチによる基本操作確認
11 月 23 日	オリジナル入力スイッチによる基本操作確認
11 月 25 日	オリジナル入力スイッチ利用の確定、基本操作練習、ロボットアーム着脱手順教示
11 月 28 日	基本操作練習
11 月 30 日	基本操作練習、日常生活動作訓練
12 月 5 日	自主練習
12 月 9 日	日常生活動作訓練、ハーモニカ等趣味活動練習

2. 実験前期：ロボットアームを車いすへ常設、日常生活で使用を始める

12 月 17 日	実験実施者同伴で外出、外食 (以降外出時もロボットアームを使用)
12 月 23 日	日常生活動作フォローアップ、外出に適した操作の教示
12 月 28 日	フォローアップ
12 月 30 日	環境調整：PC デスクにトラックボール台追加など
12 月 31 日	忘年会、ビールを飲む、食事、吹き矢をする
1 月 1 日	初詣、紙コップで甘酒を飲む等
1 月 7 日	研究会参加、国立障害者リハビリテーションセンターまで電車で移動
1 月 9 日	環境調整：外出時の入力装置収納袋を車いすに装着
1 月 16 日	ロボットアーム配線コネクタ部の破損 (ヘルパーによる着脱時)
1 月 16 日～	旅行、ロボットアーム無しで生活

3. 実験後期：各種調査、評価、計測等を行う

1月25日	ロボットアーム修理完了、再度使用開始
1月下旬	環境調整：マウススティック購入
2月2日	生活調査インタビュー
2月17日	ロボットアーム使用时1日ビデオ撮影
2月20日	QUEST、PIADS聴取
2月23日	AMPS説明、課題選定
2月28日	AMPS課題練習
3月14日	AMPS測定実施
3月22日	ロボットアーム引き上げ

D. 考察

1. 入力スイッチについて

本実験は iARM を電動車いすに装着した状態での実験であり、ペルモビール社製の電動車いすは iARM の装着もある程度想定されているタイプであった。iARM の新しいバージョンでは、電動車いすのジョイスティックとロボットアームの操作が切り替えスイッチにより同期できる可能性があった。実際は、被験者の上肢、手指などの機能により、iARM 純正品では操作が難しく、販売代理店のオリジナル入力スイッチを試用して、操作が可能となった。短期評価プロトコルにおいて、被験者が使用する電動車いす上でのロボットアームの操作スイッチが決定されると長期評価の日数が1~2週間短縮されることが予測された。

2. 環境との調整評価

被験者は、現在の障害者用住宅に入ってから、約15年経過しており、同時に全介助の生活を行ってきた。自分で操作可能な動作は、電動車いす操作、携帯電話操作、パソコンの入力装置の位置設定や電源操作の介助によりパソコン作業が可能であった。このような環境で、ロボットアームを生活環境に入れることは、ロボットアームで何を行い、ヘルパーに何をして貰うかなど、生活の再構築を行う必要があった。被験者は、今までも福祉用具活用において積極的に活用するタイプであり、本人のアイデアも含め、長期評価研究班が想定した以上の活用がみられたと考えられる。具体的に、住環境、人的介助のヘルパー、屋外環境での使用について、検討した。

2.1. 住環境と福祉用具

被験者は障害者住宅の中で、電動車いす、リフト、介護用ベッドを使用し、また、その操作方を複数のヘルパーに指導して、自立的生活を営んでいる。また、重度な障害であり、上肢・手指機能も低い、携帯電話や、パソコンのキーボードやトラックボールも身体機能に合ったものに変更して積極的に活用していた。今回の評価実験期間中もロボットアームを電動車いすに装着したことで、パソコンデスクに近づくことが難しくなりパソコン入力作業に支障をきたした。対応として、長期評価研究班のメンバーと共にトラックボール操作のための取り付けマウントを工夫することで、入力作業は以前と同等に可能となった。玄関や居間の出入り口においては、電動車いすに取り付けたロボットアーム本体の幅が邪魔になり、通路移動に慣れるまで時間を要した。電動車いすにロボットアームを取り付けることで、住環境との適合性を見直す必要があった。

2.2. 人的介助のヘルパー

ヘルパーの介入は、6名が時間調整の上、介入している。ロボットアーム導入時は、本体の取り付け取り外し作業にヘルパーが慣れるために時間を要した。男性ヘルパーは取り付け方法の理解が速かったが、女性ヘルパーでは取り付け取外しに戸惑う場面もあった。ロボットアーム本体の着脱は一般的には日中行うことの少ない動作であるが、今回の実験期間中では導入期、実験前期で、頻繁に行う動作であった。

ロボットアーム導入後の変化では、水分摂取や

食事動作の一部が自立したことで、介助への介入部分が一部軽減した。ロボットアームによる自立動作は、より操作の習熟度が上がることで改善の余地があった。

2.3. 屋外環境

屋外での使用については、安全性の配慮で実験開始時に長期評価研究班のメンバーが同行して開始した。歩道などの移動については、大きな問題は生じなかったが、電動車いすの右前部にアーム本体の荷重がかかり、電動車いすのショックアブソーバーの沈み込みを被験者は多少気にしていた。電動車いすの性能と合わせて事前チェックの必要性があった。自宅以外の施設使用では、一般エレベーターが狭く、ロボットアームの本体部分が以前の未装着の場合と比べ張り出しており、出入りに注意を要した。また、都電での移動においても、出入り口が狭くロボットアームのアーム部分を膝上に置くなどしての使用になった。都電内では狭い場所を人が移動するために、被験者は非常に神経を使ったと感想を述べた。

3. 心理評価および ADL・APDL 評価について

心理評価については QUEST2.0、PIADS および聞き取り調査により重度肢体不自由者用ロボットアームに対する満足度、日常生活での使用における心理的効果などを確認することができた。

日常生活でのロボットアーム使用による変化や有用性の確認の指標として、ADL の評価指標である FIM を用いたが、FIM のみでは APDL などの変化が反映され難く、AMPS を用いることで、重度肢体不自由者用ロボットアームの導入による日常生活の変化を作業遂行状態の変化を含めて、より明確にすることができると考える。

4. 長期評価プロトコル案について

予備実験の結果を受けて、長期評価プロトコルには、6つの段階を設け、最低2ヶ月半、通常3ヶ月程度の期間で行うよう構築した。各段階の概要、所要日数は以下のように設定した。

- ① 導入前調査：2日～数日
長期評価開始の為の事前準備段階であり、必要な情報の収集や用具の準備を行う。
- ② ロボットアーム導入：約2週間
導入前調査が完了し、ロボットアームと操作スイッチを被験者の車いすに取り付ける準備が整った状態でこの段階を開始する。実験従事者が立ち会った状態でのみ車いすにロボットアームを取り付け、被験者に操作やエラー対応の教示、練習を行い、被験者自身が日常生活において単独でロボットアームを扱えるように準備・訓練を行う。被験者の習熟度が不十分な場合は期間を延長する。
- ③ 長期評価前期：約1ヶ月間
導入段階において、被験者がロボットアームの操作に十分習熟し、エラー・トラブル等にも自身で対応可能と判断された後にこの段階に移行する。被験者には日常生活の中でロボットアームを自由に使用して貰い、トラブルが無い限り実験従事者は被験者宅を訪問しない。
- ④ 中間調査：2日～数日
被験者にロボットアームを1ヶ月使用して貰った段階での生活の変化や習熟度を取得する。また、ロボットアームを実際に1ヶ月間日常生活で使用することで新たに判明した問題点や改善点を調査し、長期評価後期に向けて対応する。調査終了後、長期評価後期に移行する。
- ⑤ 長期評価後期：約1ヶ月間
中間調査で必要な調査、フォローアップが終了した後にこの段階へ移行する。被験者がロボットアーム操作に慣れ、環境調整も十分に行われた状態で、ロボットアームを自由に使用して貰う。基本的に長期評価前期と同様にトラブルが無い限り実験従事者は被験者宅を訪問しない。

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ⑥ 終了時調査：3日～数日 | なし |
| 被験者にロボットアームを約2ヶ月間使用して貰った段階での生活の変化や習熟度を取得する。ロボットアーム未使用時、中間調査時点との生活実態や心理評価を比較する。調査終了後ロボットアームの引き上げを行い、住宅環境をロボットアーム導入以前の状態に復帰させる。 | 3.その他
なし |
| | ＜参考文献＞
なし |

長期評価プロトコルのより詳細な内容は、資料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」に記載する。

E. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

(倫理面への配慮)

本研究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。研究におけるプライバシーの保護およびインフォームドコンセントには十分配慮して行った。想定される不利益・危険性については、事前に排除を行うべく対処するとともに、上記倫理委員会での審査を経る。人権擁護に関する事項、想定される不利益や危険を含めた研究協力に関する説明は文書を作成しそれをもとに行う。被験者の同意については、書面によりその意思を確認する。なお、これらの倫理に関する項目は、同委員会の指示に従うものとする。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 木之瀬隆, 井上剛伸, 木下崇史, 山口純. 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). 日本義肢装具学会誌, 27, 2011-10-05, 2011, p.108.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）
分担研究報告書

神経・筋疾患患者での有効性の検証

分担研究者 小林 庸子 国立精神・神経医療研究センター病院 リハビリテーション科 医長
研究協力者：前野崇、樋口智和

研究要旨

筋疾患患者は四肢体幹の運動障害により外界へのアプローチ、上肢による操作に多大な障害を持つことが多く、重度肢体不自由型ロボットアームの適応が大きいと考えられる。コスト・ベネフィット評価の一環として、筋疾患患者 6 名に対して、日常生活におけるロボットアームの活用場面を想定した短期評価実験を実施した。患者 6 名全員において、約 3 時間を 2 回の評価実験中に十分にロボットアーム操作を習得することができた。QUEST、PIADS の得点でも満足からやや満足という QOL への効果が認められた。今回の短期評価で筋疾患患者への導入は適応があると確認し、長期評価への留意事項を考察した。

A. 研究目的

昨年度作成した短期評価プロトコルに基づき、6 名の被験者において、日常生活の一場面を想定した模擬環境において、障害当事者におけるロボットアーム活用の評価実験を行う。この評価実験の結果をもとに、筋疾患患者におけるロボットアーム適応、利便性について検討する。

B. 研究方法

先行研究および昨年度に実施したプロトコル作成のための実験により考案した実験環境およびプロトコルに基づき、障害当事者の方にロボットアームを操作していただき、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）を実施する。また、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を実施する。

ロボットアームは、日本国内で市販されており入手が容易であるオランダの Exact Dynamics 社製 iARM を用いる。

1. 被験者基本情報

被験者：10~20 代 男性 6 人 平均 21 歳
疾患名：デュシャンヌ型筋ジストロフィー
身体状況：

6 人全員において、四肢近位筋・体幹・頸部の筋萎縮および筋力低下により徒手筋力がおおよそ MMT0~2-、手指筋力のみが MMT3~4 程度に保たれていた。

ADL：起居、移乗、食事、整容、更衣、トイレ、入浴など全介助。机上での手指による書字、ボタン操作、ジョイスティック操作など手もとの操作のみ自力で可能であった。

iADL(APDL)能力：電動車いすを用いて屋外移動可能、介助にて電車など公共交通機関利用可能
授業・会議などに出席可能

職歴

未成年 3 名は中学校～大学に在籍

成年 3 名は在宅で行える勤務、アルバイトなど

iARM の使用履歴：

被験者は本実験以前に約 1 時間程度 iARM の操作を見学または経験していた。

2. 環境設定と実験課題

環境設定および実験課題については、資料 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」に基づいて行う。但し、課題実施時の操作精度確認は実施していない。

(倫理面への配慮)

本研究は国立精神・神経医療研究センター倫理審査委員会の承認を得て実施した。研究におけるプライバシーの保護およびインフォームドコン

セントには十分配慮して行った。想定される不利益・危険性については、事前に排除を行うべく対処するとともに、上記倫理委員会での審査を経る。人権擁護に関する事項、想定される不利益や危険を含めた研究協力に関する説明は文書を作成しそれをもとに行う。被験者の同意については、書面によりその意思を確認する。なお、これらの倫理に関する項目は、同委員会の指示に従うものとする。

C. 結果

本実験では 6 人全員が 16 キーのキーパッドを使って操作した。またロボットアーム本体は車いすに取り付けず、トライポッドに装着して車いすの最近に接地して使用した。各課題のおよその所要時間については平均 2 分 38 秒 (課題 3) から 14 分 10 秒 (課題 2) の範囲で完了した。

実験の規定では実験従事者は極力アドバイスをしないこととしていたが、アームを装置に引っかけて壊すなど危険が予想される操作があったときにはやむを得ず制止、指示を口頭で行った。

1. 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。

本実験においては 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。以下に結果を示す。

表 1 QUEST2.0 の結果

問番号	点数	コメント
問 1	3.5±0.8	・やや大きい ・リーチが短い
問 2	3.3±0.5	・やや重い ・分からない
問 3	3.8±0.8	・簡単 ・難しい
問 4	3.8±1.2	・体に接触すると怖い
問 5	4.0±1.1	・短期評価では分からない
問 6	4.0±0.6	・覚えるまでが使いづらい
問 7	4.3±0.8	・使いやすい
問 8	4.2±0.8	(*本文参照)
総合得点	3.9±0.6	「満足している」~「やや満足」

表 2 PIADS の結果

得点種別	得点
合計得点	1.8±0.9
効力感サブスケール	1.8±0.9
積極的適応性サブスケール得点	1.8±0.8
自尊感サブスケール得点	1.8±0.9

QUEST2.0 の問 8 : 有効性に対するコメントでは「日常生活で使えると思う」「物が取れる位置にある限りにおいて便利」「机上に物が多数あっても自分で扱える」「一人ではできないことができる」「介助者に手間をかける気遣いがない」「スピード感が足りない」との意見が得られた。

QUEST2.0 の結果、得点 3.9±0.6「満足~やや満足」という結果を得た。問 2「その福祉用具の重さに、どれくらい満足していますか?」のように、実際に患者が重さを体験していないため回答に困難さが見られる設問があった。

質問 2 の重要項目においては

項目 8 : 有効性 (6 人全員)

項目 6 : 使いやすさ (6 人中 4 人)

項目 4 : 安全性 (6 人中 2 人)

を重要と答えた (重複あり)。

PIADS の結果は総合得点で 1.8±0.9 点と、ロボットアームを用いることによっていずれのサ

ブスケールにおいても高い心理的効果を与えていることが分かった。

D. 考察

本実験では被験者 6 名全員について、車いすに iARM を取り付けずに、iARM をトライポッドに装着した状態で接地して実験を行った。そのため QUEST2.0 のコメントにおいて「物が取れる位置にある限りにおいて便利」との意見を得た。しかしながら iARM が届く限界に近い位置に操作する物体を置いた今回の課題においても、各被験者はほぼ誤り無しに物体を操作することができた。そのため iARM を車いすに取り付けた状態で操作範囲を拡大すれば、さらに利便性が増すと思われる。また逆に被験者自身から近い範囲での操作においても、筋疾患患者は上肢筋力が弱いため多数の物をかき分けて扱うなどの動作が困難である。そのため介助者に欲しい物だけを手元に持ってきてもらう「セッティング」という介助が必要なのだが、iARM を用いることでリーチの近い手元での操作でも利便性が改善する可能性が認められた。

課題 1 で大直方を把持、輸送する実験に関しては、あえてロボットアームの手部に適合しづらい持ちづらい物体を採用したが、実際に最も誤りが多い課題となり、被験者の感想から「使用方法に頭を使う」との意見を得た。今回の被験者は全員インテリジェンスが高い層に属していたが、知的障害ないし認知症がある場合はロボットアームの操作に支障が出るものと推測される。

この実験の課題は全て、ロボットアームを用いない被験者のみでは実行不可能な動作である。また介助者（家族であることが多い）にアドバイスをさせず、被験者に操作を一任した。そのため QUEST2.0 のコメントにおいて「介助者に手間をかける気遣いがない」との意見が得られた。また PIADS の結果によれば、効力感、積極的適応性、自尊心のいずれにおいても同程度の心理的効果を与えることができた。すなわちロボットアーム

によってできなかったことができる、社会に参加できる、介助者に頼らずに自立できるという効果が得られたと推測できる。

E. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

<参考文献>

なし

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）
分担研究報告書

頸髄損傷者での有効性の検証

分担研究者 中山 剛 国立障害者リハビリテーションセンター研究所 主任研究官、室長

研究協力者：木下崇史、山口 純

研究要旨

重度肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィット評価の一環として、重度肢体不自由者用ロボットアームの有力な利用者の候補である高位の頸髄損傷者を対象として適応基準に関する検証を行った。平成22年度からの継続として、頸髄4番（C4）あるいは頸髄5番（C5）を損傷したことにより四肢麻痺のある高位頸髄損傷者4名に対して日常生活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を実施した。また、長期評価プロトコル構築のため、頸髄4番（C4）完全損傷で四肢麻痺のある高位頸髄損傷者1名に対して自宅環境における電動車いすに搭載したロボットアームの予備実験を試みた。「コップに水分を注いで飲み物を飲む」「トレイ上の海綿、濡れたタオルから任意の用具を選び、頬を搔く」「床に落ちている携帯電話を拾い上げ、机の上のトレイに置く」「プリンタから印刷物を取り、内容を確認してレタートレイに収納する」などの動作を対象とした実験の結果、ロボットアームを用いることによって種々の日常生活における物品操作を主体的に行うことが可能となり、生活の質と自立度を向上させる可能性が示唆された。また、QUESTの得点が 3.33 ± 0.73 、PIADSの合計得点が 1.1 ± 0.8 点であることから被験者がロボットアームに対してそれなりに高い満足度を得たことが示唆された。一方、長期評価実験プロトコル構築のための予備実験は被験者からの要望により中止となった。電動車いすにロボットアームを取り付けた状態でも問題なく日常生活が送れるように事前に対策を取ることの重要性が明らかとなった。先行研究の結果から高位の頸髄損傷者に対して長い時間の介護が必要なことが明らかであり、重度肢体不自由者用ロボットアームの利活用の余地は十分にあると考える。

A. 研究目的

頸髄損傷（Cervical cord injury）は「頸髄の損傷で四肢麻痺（完全または不全）をきたす。髄節レベルによって残存する機能・能力は著しく異なる」と医学辞典に解説されている¹⁾。ヒトの脊髄は頸髄8髄節、胸髄12髄節、腰髄5髄節、仙髄5髄節、尾髄1髄節の合わせて31髄節からなる。脊髄が何らかの原因により破壊されて神経組織が死んだり切れたりして起こった知覚や運動の障害が麻痺であり、このような状態が脊髄損傷である。特に頸髄8髄節における損傷を頸髄損傷、頸髄損傷を被った人を頸髄損傷者と呼んでいる。脊髄損傷の原因は①けが、交通事故、転落事故などの外傷、②腫瘍が脊椎や脊髄にできた場合、③脊髄にいく血管がつまった場合、④脊髄の炎症、⑤脊髄への圧迫（靭帯の骨化症・椎間板ヘルニア・変形性脊椎症など）、⑥その他の病気（先天異常・脱髄性変性疾患・代謝性疾患など）が挙げられる²⁾。

我が国における頸髄損傷者の実数は定かでない。しかし、厚生労働省が平成18年に行った身体障害児・者実態調査³⁾の脊髄損傷Ⅱ「四肢まひ」の人数2万4千人からその実数を推計することができる。これは身体障害者の総数348万人（平成18年度）の約0.7%に相当する。但し、平成13年度

の身体障害児・者実態調査では脊髄損傷Ⅱ「四肢まひ」の人数は4万2千人となっており、誤差が大きいと考えられる。

一口に頸髄損傷者と言ってもその状態は様々である。つまり、頸髄の損傷部位等の要素によって様々な状態になりうる。一般に高位（上位）の頸髄を損傷すればするほど能力障害（disability）の程度が重くなる。特に高位の頸髄損傷者では多くの日常生活動作において介助が必要であり、重度肢体不自由者用ロボットアームの有力な利用者の候補であるといえる。

以上を背景にして、高位の頸髄損傷者を対象として適応についての検討を踏まえて、高位頸髄損傷者が日常生活におけるロボットアームの活用する場面を想定した評価実験を実施する。

平成23年度においては4名の高位頸髄損傷者を対象とした短期評価実験、1名の高位頸髄損傷者を対象とした長期評価実験プロトコル構築のための予備実験を実施する。

B. 研究方法

1. 短期評価実験の方法

短期評価実験のプロトコル詳細については資料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」を参照する。

先行研究および平成22年度に実施したプロトコル作成のための予備実験により導出した実験環境およびプロトコルに基づき、平成23年度においては4名、累計5名の頸髄損傷者にてロボットアームの操作実験を計画した。平成22年度に実施した被験者を含めた累計5名の被験者の身体状況などの概要を以下に示す。

・平成23年度被験者1

疾患名：頸髄損傷 C5不全麻痺

利き手／優位手：キーパッド操作は左手

肢体不自由の状況：

改良Zancolli分類

右上肢 C4

左上肢 C5A

(手根伸筋3レベル、小指伸筋3レベル)

電動車いす操作：

ジョイスティックを左上肢にて操作

パソコンの文章入力方法：

右手中指甲（第三中手骨頭付近）でキーボード押下、必要に応じて自助具（マウススティック）を併用

・平成23年度被験者2

疾患名：頸髄損傷 C5不全麻痺

利き手／優位手：

左手、左右両使いだった／今は右手

肢体不自由の状況：

改良Zancolli分類

右上肢 C7A

左上肢 C6A

電動車いす操作：

ジョイスティックを右上肢にて操作

パソコンでの文章入力方法：

右手中指甲（第三中手骨頭付近）と掌でキーボード押下、必要に応じて自助具（ポインティングデバイス）を併用

・平成23年度被験者3

疾患名：頸髄損傷 C4不全麻痺

利き手／優位手

右手（本来）／右手

肢体不自由の状況：

改良Zancolli分類 C4

電動車いす操作：

チンコントロール

パソコンの文章入力方法：

自助具（マウススティック）でキーボードを押下

・平成23年度被験者4

疾患名：頸髄損傷 C5不全麻痺

利き手／優位手： 右手

肢体不自由の状況：

改良Zancolli分類

右上肢 C5B

左上肢 C4

電動車いす操作：

ジョイスティック（Y字）を右上肢にて操作

パソコンの文章入力方法：

右手中指甲（第三中手骨頭付近）でキーボード押下、必要に応じて自助具（マウススティック）を併用

・平成22年度被験者1

疾患名：頸髄損傷 C4完全麻痺

肢体不自由の状況：

改良Zancolli分類 C4

電動車いす操作：

チンコントロール

パソコンの文章入力方法：

自助具（マウススティック）でキーボードを押下

また平成22年度に実施した被験者を含めた累計5名の被験者のロボットアームの操作方法などの条件を以下に示す。

・平成23年度被験者1

使用コントローラ：

キーパッド大

固定位置・方法：

ユニバーサルアームで腹前・腿上に固定

操作方法：

薬指・小指で各キーを押す

その他の補足事項：

入力の為にはキー全体に均等に力をかけ押し下げる必要があるが、キーの隅だけを押し、斜めに下がった所で押したつもりになり、ロボットアームが反応しない事が多々あった。キーを覆っているゴムの構造や剛性による物と思われる。実験後半ではかなり手指の疲労が見られた。



図4-1 平成23年度被験者1のロボットアーム操作方法

・平成23年度被験者2

使用コントローラ：

キーボード中

固定位置・方法：

膝上テーブルにマジックテープで固定。
キー表面に両面テープを張り滑り止めとした。

操作方法：

被験者所有の自助具（ポインティングデバイス）で各キーを押す

その他の補足事項：

キーボード大を試したが、平成23年度被験者1同様うまく押下げるのが難しかったため小さい力でも押せるキーボード中を選択。キー表面が滑らかなため、スティックの滑り防止のため粘着力を落とした両面テープをキー表面に張った。ジョイスティックも試用して貰ったが、課題にはキーボードで臨むことにした。

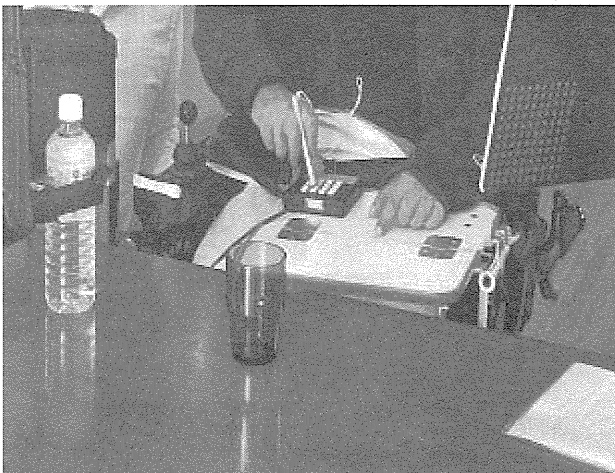


図4-2 平成23年度被験者2のロボットアーム操作方法

・平成23年度被験者3

使用コントローラ：

ミニデジタルジョイスティック（プレスジョイスティック）

固定位置・方法：

ユニバーサルアームで顎近くに固定

操作方法：

チンコントロール

その他の補足事項：

ジョイスティック、ユニバーサルアームが顔の前に位置していたため、飲水動作の際はコップを顔の左側に来るように近づけて水を飲んだ。



図4-3 平成23年度被験者3のロボットアーム操作方法

・平成23年度被験者4

使用コントローラ：

ミニデジタルジョイスティック（プレスジョイスティック）

固定位置・方法：

ユニバーサルアームで右アームレスト前
・車いすコントローラ近くに固定

操作方法：

手でジョイスティック4方向を入力。手首でスティックを押し込みボタン入力

その他の補足事項：

電動車いすのジョイスティックに近い位置に来るように配置。使用したデジタルジョイスティックは押し込むことでロボットアームのモード切替を行うが、手指ではうまく押し込むことができなかったため、モード切替時のみ手首でジョイスティックを押し込む操作をした。



図4-4 平成23年度被験者4のロボットアーム操作方法

・平成22年度被験者1

使用コントローラ：

キーパッド大に固定

固定位置・方法：

ユニバーサルアームで顔前

操作方法：

マウススティックで各キーを押す

その他の補足事項：

マウススティックとキーパッド配置の関係上コップを顔の正面に持ってくるができなかったため、コップを顔の横に近づけて水を飲んだ。

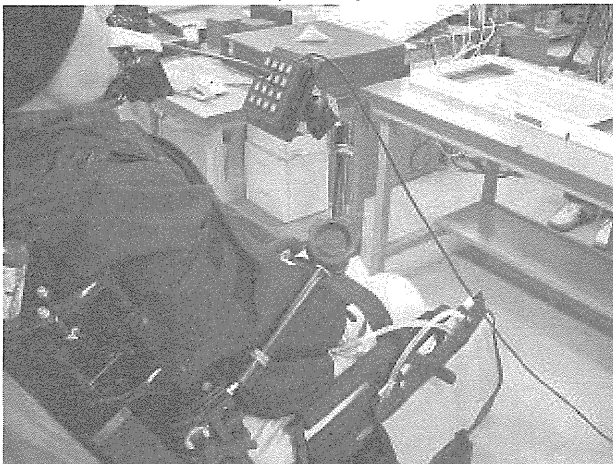


図4-5 平成22年度被験者1のロボットアーム操作方法

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）、福祉機器心理評価スケール（PIADS）、および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を実施する。

平成23年度被験者1、2、3に関して本実験は国

立障害者リハビリテーションセンター敷地内の障害者モデル住宅の1階リビングルームで実施した。同モデル住宅は居宅に近い作りとなっており、キッチン、リビング、トイレ、浴室などを備えた住宅である。平成23年度被験者4については被験者の自宅で行った。また、平成23年度被験者1については国立障害者リハビリテーションセンター自立支援局第2生活訓練室にて実施した。第2生活訓練室は居宅に近い作りとなっており、キッチン、リビング、トイレ、浴室などを備えた訓練室である。

2. 長期評価実験プロトコル構築のための予備実験の方法

長期評価実験プロトコル構築については資料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」を参照する。

被験者はC4レベルの頸髄損傷者で、現在は介助ヘルパーを利用して日常生活を送っており、電動車いすを使用して外出し、精力的に仕事もされている。被験者が実生活で使用している電動車いすは2台あり、そのうち予備的な電動車いすのほうへロボットアーム（iARM）を取り付け、自宅環境におけるロボットアームの有用性に関して評価を試みる。

なお、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する。

（倫理面への配慮）

本研究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。研究におけるプライバシーの保護およびインフォームドコンセントには十分配慮して行った。想定される不利益・危険性については、事前に排除を行うべく対処するとともに、上記倫理委員会での審査を経る。人権擁護に関する事項、想定される不利益や危険を含めた研究協力に関する説明は文書を作成しそれをもとに行う。被験者の同意については、書面によりその意思を確認する。なお、これらの倫理に関する項目は、同委員会の指示に従うものとする。

C. 研究結果

1. 短期評価実験の結果

オランダ製ロボットアームiARMを用いて

- ・簡易上肢機能検査（STEF）の大球を左枠か

ら右枠へ移動（5つ）

- ・ 同じく大直方を左枠から右枠へ移動（5つ）
- ・ コップの把持と設置
- ・ コップに水分を注ぐ
- ・ コップにストローを挿して飲み物を飲む
- ・ トレイ上の海綿、濡れタオルから任意の用具を選び、頬を搔く
- ・ 床に落ちている携帯電話を拾い上げ、机の上のトレイに置く
- ・ プリンタから印刷物を取り、内容を確認してレタートレイに収納する

等の動作を行った。

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、5分～20分程度の範囲で完了することが出来ている。

また、満足度についてはQUEST 2.0の結果より、平成23年度の被験者4名に関しては平均得点 3.38 ± 0.84 、平成22年度の被験者を含めた5名では平均得点 3.33 ± 0.73 と「やや満足している」から「満足している」の間という結果を得た。PIADSでは平成23年度の被験者4名に関して得点（-3～3点）は 1.2 ± 0.9 点、効力感 1.4 ± 0.9 点、積極的適応性 1.4 ± 1.0 点、自尊心 0.9 ± 0.8 点であった。平成22年度の被験者を含めた5名では得点（-3～3点）は 1.1 ± 0.8 点、効力感 1.3 ± 0.8 点、積極的適応性 1.2 ± 0.9 点、自尊心 0.8 ± 0.7 点であった。なお、上記の得点は各被験者の短期評価実験の最後の実験が終了した後のデータを元に算出した。

自由意見としては特に床に落ちたものを拾えることを長所とする意見が多く得られ、その他にも使い心地は良い、相当実用性がある事を実感した、一人になる時間が多い方には非常に有効などポジティブな意見が得られた。その一方で、ロボットアームのサイズが大きい、や動作が遅くてまどろっこしい、ちょっと操作が難しいなど幾つかネガティブな意見も得られた。

なお、操作実施者つまり被験者に対しても、元々の駆動速度もゆっくりであり、更にロボットアームの駆動速度を任意で変更できるため、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。

2. 長期評価実験プロトコル構築のための予備実験の結果

ロボットアームの電動車いすへの取り付け、コントローラ位置の調整、ロボットアームの操作練習、日常生活環境内での操作訓練など約1ヶ月間の期間に3日間実施した時点で被験者からの要望

により中止となった。その主な理由を以下に列記する。

- ・ ロボットアームを取り付けた電動車いすは予備的な電動車いすであり、被験者の身体に最適な状態ではないため、長時間、長期間の利用や外出時に不安がある
- ・ ロボットアームとそのコントローラに付随するケーブル類がキッチンと処理されていない為（長すぎて余った部分を輪にして固定しており、しっかりと締結されていない）日常での使用に危険を感じる
- ・ ロボットアーム本体の取り付けやコントローラの位置決めが複雑で工具が必要なため、手間がかかり、介助者へ指示がしづらい
- ・ ロボットアームが邪魔になってテーブルの下に入れないのでパソコン操作ができず、ロボットアームの着脱かあるいは自宅環境の再調整が必要となる

D. 考察

短期評価実験の結果より、高位の頸髄損傷者がロボットアームを用いることによって種々の日常生活における物品操作を主体的に行う事が可能となり、生活の質と自立度を向上させる可能性が示唆された。また、iARMの安全機構により、ロボットアームを利用することによる危険の可能性は認められなかった。

満足度について、QUEST 2.0では「やや満足している」から「満足している」の間という結果であるプラスの満足度と心理的効果を得た。

詳細は省略するが、平成23年度の短期評価実験結果からは上肢機能が比較的高い被験者1や被験者2でのQUEST2.0およびPIADSの評点が低く、上肢機能が比較的低い被験者3、被験者4ではQUEST2.0およびPIADSの評点が高い傾向が得られている。被験者数が少ないので仮説の域を出ないが、ロボットアームに対する心理的な評価に上肢機能が影響する可能性が示唆された。

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かあるが、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。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以上の高位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。今回の短期評価実験の課題においては「湯飲みやコップで飲む」C6A以上などが実施可能であった。過去の調査からも高位の頸髄損傷者には長い時間の介護が必要なことが明らかであり⁵⁾、ロボットアームの利活用の余地は十分にあると考える。

長期評価実験プロトコル構築のための予備実験の結果から電動車いすにロボットアームを取り付けた状態でも問題なく日常生活が送れるように事前に対策を取ることの重要性が明らかとなったと考える。平成24年度以降の長期評価実験に際しては、

- ・被験者の住宅、外出先、仕事、趣味等、ロボットアームによる影響、問題が予想される場面を事前により詳細に調査する
 - ・ロボットアームを取り付けた状態でも問題なく日常生活が送れるように事前に対策を取る
 - ・必要な環境調整と実験終了後の現状復帰に全面的に協力する
 - ・問題が発生した時は対応できるように介助者への説明や訓練を十分に行う
- などの対応が必要となると考える。

E. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 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. 第26回リハ工学カンファレンス講演論文集, 2011-07-25, 大阪, 2011, p. 117-118.
- 2) INOUE Takenobu, KINOSE Takashi, KOBAYASHI Yoko, NAKAYAMA Tsuyoshi, GASAWA Kenji. Cost-Benefit Evaluation of Assistive Robotic Arms. 第26回リハ工学カンファレンス講演論文集, 2011-0

7-24, 大阪, 2011, p.59-60.

- 3) 中山剛, 井上剛伸, 木之瀬隆, 小林庸子, 樋口智和, 我澤賢之, 木下崇史, 山口純, 藤野真理子, 兼森祥子. 肢体不自由者用ロボットアーム導入に向けた基礎評価. 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2011論文集, 2011-11-03, 東京, 2011, p.10-4-1, p.10-4-2, CD-ROM.
- 4) 木下崇史, 井上剛伸, 中山剛, 我澤賢之, 山口純, 藤野真理子, 兼森祥子, 小林庸子, 樋口智和, 木之瀬隆. 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. 第7回日本シーティング・シンポジウム, 2011-11-20, 東京, 2011, p.54-55.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

実験補助ならびに実験データの分析に協力頂いた藤野真理子氏、藤田牧子氏、谷澤めい氏、茅野志穂氏、田澤聖氏、田中祥恵氏、飯沼冬海氏に感謝する。

<参考文献>

- 1) 上田敏, 大川弥生編: リハビリテーション医学大辞典, 医歯薬出版株式会社, 1996.
- 2) 徳弘昭博: 脊髄損傷—日常生活における自己管理のすすめ, 医学書院, 1992.
- 3) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課: 平成18年身体障害児・者実態調査, available from <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>> (accessed 2012-03-10).
- 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), 73-77, 2001.
- 5) NPO法人日本せきずい基金: 日本せきずい基金レポート05, 在宅高位脊髄損傷者の介護システムに関する調査報告書, 2003.

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）
分担研究報告書

社会コストに関する検証

研究分担者 我澤 賢之 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 研究員

研究要旨

本稿では、汎用動作の可能な重度肢体不自由者自立支援用ロボットアームの導入に伴い生じるコストとベネフィットの事項についてまとめ、今年度行った調査により、①コストのうち、ロボットアーム供給者（販売店）を介して生じる費用の大きさについて明らかにした、②ベネフィットの調査を通じて、頸髄損傷者、神経・筋疾患者を対象とした「ロボットアームを使ってやってみたい動作」「ロボットアームを使ってやってみた動作」について現段階での結果をまとめた。

A. 研究目的

本研究プロジェクトでは、最終的に汎用動作の可能な重度肢体不自由者自立支援用ロボットアーム（以下、単に「ロボットアーム」）使用にともない生じるコストならびにベネフィットの大きさを実際に評価することにより、こうした機器の費用・便益評価法確立し障害福祉制度等への新規機器種目を組み込む際の手順を確立することを目指している。

本稿では、ロボットアームの導入・使用に伴うコストとベネフィットについて、金額単位での把握が可能と思われる事項についてまとめ、それらの項目のうちロボットアーム供給者（販売店）を介して生じる費用の大きさについて調査の結果を示す。次年度のコスト・ベネフィットの調査ならびに分析により、ロボットアーム導入に伴う正味のベネフィットの大きさを明らかにすることで、こうした福祉機器のコスト・ベネフィット評価方法について構築し、その普及を促進することを目的としている。

B. 研究方法

表1は、ロボットアーム導入・使用にともない生じる金額単位での把握が可能と思われるコストとベネフィットの事項である。次年度までの研究期間のなかで、同表の諸項目の大きさを調

査・推定し評価を行っていく¹。

現時点での調査状況であるが、コストの諸事項のうち、機器本体・操作デバイスなどのハードウェアそのものに要する費用以外にかかってくる、ロボットアーム供給者（販売店）を介する費用について調査を行った。一方、ベネフィットに関しては現時点で被験者のロボットアーム使用時・不使用時の間に介助サービスの利用、時間の使い方、行動などにどのような変化が生じるかについて調査を進めているところであるが、現時点では、まだデータの蓄積途上である。

¹ ただし、ベネフィットの「労働生産性等の向上」については、現時点では今回の研究プロジェクトでの計測を予定していない。