

などが挙げられた。特に大きさや重さについては QUEST 2.0 の結果においても、各被験者が重要度の高い項目に挙げており、満足度に大きな影響を与えることが確認された。

今回目標とした短期評価プロトコルとしては一応の動作項目および実施形式を導出することができた。しかしながら、今回はプロトコル作成の為の予備実験自体が iARM のみを使用して実施されており、かつ iARM 一機種においてのみ確認実験を行っているため、構築された評価プロトコル自体が iARM の仕様に影響を受けている部分が多くなってしまっている可能性を否定できない。そのため、他機種を対象とした短期評価プロトコルとしては不適切な仕様となっている可能性がある。次年度に短期評価プロトコルを用いた評価を実施する前に、この点についての確認実験および検討が必要となる。

また、客観的に数値化可能な評価指標としては、所要時間と成否の2値のみであり、評価プロトコルとして、対象ごとの比較や客観的な効果判定などとしては説得力が弱いことが、研究会で議論の対象となった。

そこで、今回導出したプロトコルに加え、作業療法評価の一つとして統計的にも標準化されており、ADL や IADL の評価が可能である AMPS (Assessment of Motor and Process Skill) を評価指標の一つとして加えることを検討している。

AMPS では、被験者自身のやり方で行っている日常生活の動作を観察し、行為の円滑さの度合い、遂行の質を数値で表すことが可能である。個人の心身機能を測定するのではなく、ある課題を特定の環境で行う場合の遂行の質を測定する³⁾。そのため、ロボットアームの機種に依存することなく、一定の課題を実施することにより、課題実施状態を数値化して表すことが可能である。

今回導出した短期評価プロトコルに AMPS を加えることにより、より客観的な指標を用いて、重度肢体不自由者へのロボットアーム適用による効果を求めることが可能になると考える。

次年度は、まず本年度検討した短期評価プロトコルにおける動作項目について再検討を行い、iARM 以外の機種でのプロトコル確認、AMPS の導入検討などを行い、短期評価プロトコルとしての完成度を高める。

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>

- (1) Håkan Eftving, Kerstin Boschian : Technical Results from MANUS User Trials, ICORR '99, 136-141, 1999.
- (2) Young Sang Choi, Travis Deyle, et.al. : A List of Household Objects for Robotic Retrieval Prioritized by People with ALS, ICORR '2009, 510-517, 2009.
- (3) 吉川ひろみ 著 : 作業療法がわかる COPM・AMPS スターティングガイド, 株式会社 医学書院, 2008
- (4) Albert M. Cook, Jan Miller Polgar : Assistive Technologies. Robotic Aids to Manipulation , 483-496, 2008

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

筋疾患患者での適応について

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：木下 崇史、樋口 智和

研究要旨

筋疾患は、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となると考えられ、コスト・ベネフィット評価の一環として、遠位型ミオパチー患者 1 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。約 2 時間、4 回の予備実験及び評価実験で十分操作は可能となり、QUEST, PIADS の得点でも高い満足感が得られた。今回作成したプロトコルで操作性能力の評価は可能であることを確認し、筋疾患患者への導入適応に際しての留意事項を考察した。

A. 研究目的

本年度に実施された研究班での打ち合わせ会議、重度肢体不自由者や本研究に関連する研究者や中間ユーザなども参加した研究会の結果を受け、短期評価プロトコル試案が作成された。さらにその試案を基に、3 名の被験者においてロボットアームの動作検証、予備実験を行い、短期評価プロトコル案の変更・構築を行った。

本研究では、本年度考案した短期評価プロトコルに基づき、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の可能性について検討する。

B. 研究方法

先行研究及び、本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考案した実験環境及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。

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）を用いる。

1. 被験者基本情報

被験者：30 代 女性

疾患名：縁取り空泡を伴う遠位型ミオパチー

身体状況：

四肢・体幹・頸部の筋委縮および筋力低下、呼吸筋力低下（MMT：頸部前屈 1，側屈 3，後屈 1，体幹前屈 1，肩甲骨挙上 1/1，肩関節屈曲 1/1，伸展 1/1，外転 1/1，内転 3/3，肘関節屈曲 1/1，伸展 1/1，前腕回内 2/2，回外 2/2，手関節屈曲 2/2，伸展 1/1，中手指節関節屈曲 2-2-2-2/2-1-2-2，伸展 1-1-2-2/1-1-1-2，近位指節関節屈曲 2/2，伸展 2/2，遠位指節関節屈曲 2/2，伸展 1-1-1-1/1-1-2-2，手指外転 1/1，内転 1/1，

母指中手指節関節屈曲 2/2，伸展 1/1，指節関節屈曲 2/2，伸展 1/1，内転 2/2，外転 2/2，母指・小指対立 2/2，握力 0/0kg，股関節屈曲 1/0，伸展 0/0，外転 1/1，内転 0/0，外旋 1/1，内旋 1/1，膝関節屈曲 1/1，伸展 1/1，足関節底屈 0/0，背屈 0/0）

肺活量座位 2.07L 臥位 2.39L

関節可動域：肘伸展-10/-10 以外は正常範囲

嚙下障害なし

起立・歩行・座位保持不能

ADL：移動・食事・更衣・整容・トイレ動作・入浴とも全介助（Barthel Index 20 排泄排尿管理は自立）

上肢機能は、高さや位置が手指を使いやすい条件に調整された車いすのテーブル上で手指をわずかに動かすことができる状態で、パソコン操作はスクリーンキーボードに市販の小さめのマウスを使用して入力自立、電動車いす操作はジョイスティックを形状と動きを軽く調整して自立。

移動は車いす 3 台を使い分け、自宅は普通型車いす介助、外出は手動リクライニング簡易電動車いすを自己操作、職場は電動リフト式電動車いす自己操作、車いす座位時は頭部を支えるため頰椎装具を使用している。

自宅での介助は家族。

職業：会社員。週 5 日勤務で原則午前中は在宅勤務。仕事内容はパソコン操作が主で、職場でのトイレ・食事・移動はヘルパーが介助。

通勤：家族が運転する車で、移乗介助

iARM の使用履歴：被験者は本実験以外に iARM の操作の経験はない。

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 5「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については、点数の記録ではなく、基準位置からのずれの有無で判断している。

（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. 結果

1. 各操作の所要時間

以下の表に各実験項目の所要時間をまとめる。

表 1 課題 1 基本動作実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
STEF の検査項目 1 大球	1 球目	3'00"	5 球目の把持に 1 回失敗
	2 球目	2'24"	
	3 球目	1'57"	
	4 球目	1'00"	
	5 球目	1'31"	
		計 9'52"	
STEF の検査項目 3 大直方	1 個目	1'05"	初期状態で各直方体間に隙間有り。
	2 個目	1'37"	ハンド先端を直方体上面に押しつけて、手前にずらし
	3 個目	1'11"	てハンドの入る隙間を作った。
	4 個目	1'28"	5 個目に取り掛かる前に、先に置いた 4 個を手前より押しつけて 5 個目を入れるスペースを作るよう指示をした。
	5 個目	3'00"	
		計 8'20"	

表 2 課題 2 水分摂取実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
ペットボトルの把持・設置	ボトルを持ち上げる	1'08"	
	ボトルを置く	33"	枠内に収まっている
	計	1'41"	
ペットボトルの移動と設置 (左→右)	ボトルを持ち上げる	1'27"	
	ボトルを移動し置く	18"	枠内に収まっている
	計	1'45"	
ペットボトルの移動と設置 (右→左)	ボトルを持ち上げる	1'15"	
	ボトルを移動し置く	44"	枠内に収まっている
	計	1'59"	
コップに水を注ぐ動作の確 認	ボトルを持ち上げる	44"	
	ボトルの中身をコップに注ぐ (中身空)	1'31"	Cモードの手首の回転で実施
	ボトルを元の位置に置く	1'00"	枠内に収まっている
	計	3'15"	
コップにストローをさして飲む動 作の確認	ストローを掴んで持ち上げる	1'11"	
	ストローをコップ内に入れる	22"	
	コップを掴んで口元まで近づ ける	2'10"	
	コップを元の位置に置く	50"	枠内に収まっている
	計	4'33"	
コップに水を注ぐ	ボトルを持ち上げる	1'16"	※実験ではストローを挿した後に注ぐ動作を行った
	ボトルの中身をコップに注ぐ (中身有り)	2'32"	Cモードの手首の回転で実施
	ボトルを元の位置に置く	1'04"	枠内に収まっている
	計	4'52"	
コップにストローをさして 飲む	ストローを掴んで持ち上げる	54"	※実験では水を注ぐ前にストローを挿した
	ストローをコップ内に入れる	28"	
	コップを掴んで口元まで近づ ける	3'10"	
	コップを元の位置に置く	1'06"	枠内に収まっている
	計	4'38"	

表 3 課題 3 読書準備実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
読書準備	本を取り出す	4'39"	本の上部をハンドで押さえ手前に引き倒してから掴んで取り出した
	本を置く	2'16"	
	位置を調整する	15"	
		計 7'10"	

表 4 課題 4 書類操作実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
書類操作	紙束を掴み掲げる	17'30"	10'40"～14'10"の間はアドバイスを受けていて操作せず
	紙束を置く	3'31"	
	位置を調整する	2'27"	
		計 23'28"	

表 5 課題 5 リモコンの拾い上げ実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
リモコンの拾い上げ	リモコンを拾う	7'17"	車いすのジョイスティックとテーブルに隠れリモコンが見え辛かった
	机の上に置く	6'18"	机の上にリモコンを裏返しに落としてしまい、再度持ち上げた 枠内に収めることはできなかった
		計 13'35"	

実験の規定では、実験従事者は極力アドバイスをしない事になっているが、今回の実験では周囲からのアドバイスや把持戦略の指示などが多くあり、実際の操作が途切れており、被験者本人のみの能力で行えていない部分がある。

課題 5 以外は目標の枠内に対象物を収められた。

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。

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。表 6、表 7 に結果を示す。

QUEST2.0 の結果、得点 4.00 「満足している」という結果を得た。質問項目 1 から 7 においてコメントを聴取しておらず、各項目において満足に至らなかった要因は不明である。

質問 2 の重要項目においては、

- 項目 1. 大きさ
- 項目 4. 安全性
- 項目 8. 有効性

が重要であるとの結果を得た。

また、PIADS の結果より、本実験を通してロボットアームを用いることによって、特に積極的適応性において被験者に対して高い心理的効果を与えていることが分かる。

表 6 QUEST2.0 の結果

問番号	点数	コメント
問 1	4	未聴取
問 2	4	未聴取
問 3	3	未聴取
問 4	4	未聴取
問 5	4	未聴取
問 6	4	未聴取
問 7	4	未聴取
問 8	5	・水を飲む、食べるなど出来そうだ。
得点	4.00	「満足している」

表 7 PIADS の結果

得点種別	得点
合計得点	1.9
効力感サブスケール	1.9
積極的適応性サブスケール得点	2.2
自尊心サブスケール得点	1.8

D. 考察

1. 短期評価プロトコルによる評価実験結果について

本実験では、被験者の車いすに iARM を取り付けた際の被験者と iARM の位置関係に近くなるような場所に、iARM をトライポッドに装着した状態で設置して実験を行った。この状態に於いても、本年度考案した評価用プロトコルの方式で iARM を用いた操作が可能であることが確認された。しかしながら、課題 4 書類操作実験に関しては、書類を机から取り上げるのみであり、実生活において想定される作業としては不十分であることが示唆された。また、課題 5 のリモコンの拾い上げ課題については、iARM を車いすに取り付けた状態では、リモコンを拾い上げた後に電動車いすを移動させてリモコンを自分で操作しやすい位置に置くか、または自分の手元に持ってくるのが現実的であり、左方の iARM 基準点から離れた位置にリモコンを置くという操作が実環境には即さないことが示唆された。本年度考案したプロトコルでは、高位の頸髄損傷者や他の疾患の被験者を含めての

標準的なプロトコル作成を目指しており、前述のような目標点を設けたが、実場面にそぐわない設定であり、課題の終了点の変更を検討する必要がある。

また本実験では、被験者自身が操作に戸惑う様子も認められたが、実際に操作方法を思いつかずに戸惑うというよりは、周囲にいる実験従事者より様々なアドバイスをされるために自己の操作方法に自信を持たず、戸惑ってしまっていると見受けられる場面がある。先々の実生活場面での使用を見据えての評価、実施手法としては、事前に基本的な操作方法、基本的な把持・操作戦略を教示し、評価場面に於いては、水をこぼしたり、物品を壊してしまうなどの危険が予測されない限り、被験者に操作を一任しなければならない。

本被験者は、本実験以前に行われた予備実験において、iARM を用いてコップから直接飲水することも出来ており、また、事務作業や読書、余暇などに利用できるかもしれないという自らの発言が見られており、iARM を使用することによる ADL や QOL の向上に期待を寄せている。QUEST2.0 や PIADS の結果にもこのことが表れていると考えられる。

今回の短期評価において、トライポッドに iARM を取り付けた状態での本プロトコルによる実験により、iARM を操作できること、使用する場面を想定することが可能であることがわかった。さらに、今後、長期実験及び実際に生活の中で使用していくために考慮しなければならないことが明らかとなった。

- ① 使用場面について：本実験は簡易電動型車いすに乗車した条件で行われたが、使用を想定されるのは職場（電動車いす使用）と自宅（普通型車いす使用）双方であり、毎日の付け外しの作業が生じること・普通型車いすへの装着は困難であるため、自宅では現状ではトライポッドで使用する事となり、使用場面が限定される。原疾患が緩徐進行性であり自宅の環境整備は障害の状態に合わせて段階的に整備されてきたが、今後、在宅勤務の環境整備も含めて検討を要する。

- ② コントロール部分の位置と固定について：
iARM の操作は、車いすオーバーテーブル上のキーパッドで行われたが、操作可能な手の位置が限られるため、テーブルに物を置いて操作するときには障害になる可能性がある
- ③ 速度と安全について：今回被験者は自己で水を飲むことにより、介助による飲水で量や勢いの加減をうまく伝えられないことによるむせ込みが回避される可能性を指摘した。iARMで行うことは自立することの満足や介助量を減少させる半面時間がかかることはマイナス要因であると考えていたが、本人のペースで動くことが安全につながる可能性があることが示唆された。

2. 当院外来筋疾患患者の感想より

当院リハビリテーション科では外来筋疾患患者を対象に、患者間の情報交換や相互支援を目的として1ヶ月1回のグループ活動を行っている。参加者は1回6~12人で、メーリングリストでの情報交換も行っており登録者は16名である。20代のデュシェンヌ型筋ジストロフィーが最も多く、その他ベッカー型、ウールリッヒ型、遠位型ミオパチーなどであり、参加者のニーズによってテーマを決めているが、就労・一人暮らし・福祉機器情報などの話題が主である。このグループ活動でiARMの紹介と一人分ずつの試用を合計約2時間行った。参加者の感想は、使いたい・使えそうであるというものが多く、使いたい場面は、手の届かない部分の物を取る・拾う、パソコンの電源操作、プリンターへの用紙をセット・取り出し、飲み物を飲む、食事をする(箸・フォーク・スプーンを使用)、薬を飲む、鼻や頭を掻く、などが挙げられた。試用はキーパッドで行ったが、2名のデュシェンヌ型筋ジストロフィー患者(20代男性)が、手指機能の低下のため使用できなかった。机上での上肢使用のADLが障害されていない10代前半のデュシェンヌ型筋ジストロフィー患者では、操作が楽しい、夢があるという感想が得られた。

また、紹介と試用に参加できなかったメーリングリスト参加者に、ホームページでiARMの情報を見てもらい感想を求めたところ、使用したい場

面として、生活場面では、ドアをあける、髪をとく、洗濯物を干す、料理する、長時間電話をする(現在はヘッドセット使用)、物をとる、リモコンの操作をする、仕事の場面では、パソコンの電源操作、プリンターから紙を取る、ノートパソコンの開け閉め、コピー機のふたの開け閉め、印鑑を押すなどが挙げられた。その他の感想として、このようなものがあれば、より仕事を長く続けられそう、電源を車いすから供給という点が良いというものがあつた。

3. 筋疾患患者へのロボットアーム導入適応に関わる特徴

筋疾患はロボットアームの使用が有効な疾患群のひとつであると考えられるが、導入・使用に影響すると考えられるいくつかの特徴について述べる。

① 筋力の分布・進行性であるということ

多くの筋疾患は、近位筋優位に障害が進行する。代表的な筋ジストロフィーのうち、発症頻度の高いものではデュシェンヌ型、肢帯型、顔面肩甲上腕型など、その他では眼咽頭型や遠位型ミオパチーでも肩・肘等の筋力低下は疾患の進行に伴い出現してくる。不随意運動や筋緊張の亢進などは出現せず、巧緻性が保たれる。ロボットアームの使用は、ある程度はものを把持したり机の上で移動することはできるが持ち上げたり移動させたりすることができない比較的初期の状態から有効であると考えられる。この場合、一つの目的を遂行するために、自身の残存機能による操作とロボットによる操作を組み合わせることとなり、一律の評価には適さないが、日常の活動で遂行する行為の広がりが期待できる。手指の筋力や巧緻性は、かなり進行した時期でも維持され、手指関節拘縮や手指筋力低下の進行により通常のジョイスティックやスイッチを操作することができない状態になっても、パソコンや電動車いすの操作を行うことができおり、ロボットアームの使用も十分可能であると推察される。体幹・頸部の筋力低下も進行し、座位保持装置の使用が必要となっ

てくることも多い。状態に合わせて使う場面、姿勢、操作方法を変えていきながら長期間使用できると考える。

② 手指機能と操作手段

手指関節拘縮や手指筋力低下の進行により通常の入力機器が使用困難な場合は、手指の届く範囲・操作できる力・持続性・入力装置の固定位置・操作部分との固定などの工夫が必要になってくる。

③ 車いす・家屋環境

日本家屋内での電動車いす使用は多大な条件整備を必要とする場合が多く、自家用車への積み込みについても準備が必要である。進行性であるため、どのタイミングで整備をするかが、個々の条件に左右され、電動車いすの使用場面を屋外・職場・学校のみとしていることも多い。そのため、比較的導入しやすい手動切り替え式の簡易電動車いすを使用していることも多い。手押し式車いす、手動切り替え式の簡易電動車いすでの生活場面でトライポッドなどに固定して使用する場合の有効性を示す必要性も出てくると予想される。また、ロボットアームの導入は、電動車いすの使用場面を再検討する機会となる可能性がある。

④ 人工呼吸器使用と生命予後の延長

在宅での人工呼吸器使用と鼻マスク等による非侵襲的陽圧呼吸の普及により、呼吸筋障害がおこる筋疾患の生命予後は飛躍的に改善している。特に、デュシェンヌ型筋ジストロフィーでは平均寿命が20代前半から30代へと改善し、人工呼吸器を使用しながら電動車いすで過ごす青年期が延長し、その時期の社会参加とQOLの向上について、就学・就労・自立生活など、今後新しく検討していくべき課題となっている。

⑤ 就労環境

既に就労している場合、筋力低下の進行による運動障害、呼吸障害や易疲労によって、通勤・職場内の介助・仕事内容を再検討する必要がある場合が多い。その中で、ロボットアームは、デスクワークが継続できる期間

の延長を図る手段となりうる。また、近年在宅就労の機会が増加しており、パソコン・プリンター・携帯電話を自己で操作できることは、これまで就労できなかった機能の状態でも、介助者なしで仕事を行う可能性を広げることができる。

⑥ 介助者の拘束時間について

食事・整容・各種スイッチ操作などロボットアームで代償可能な上肢で行う動作以外に、移乗・排せつ・体位交換・喀痰の吸引やマスク脱着などの人工呼吸器に関する介助などに介助を受けている場合が多い。人工呼吸器に関係すること以外は予定時間を決めることができる可能性があり、今後、介助時間の詳細な検討により、介助者の拘束時間を減少させることを期待できる。

以上、今回の短期評価プロトコルの被験者は十分にロボットアームを適用できる状態であると考ええるが、筋疾患の特徴を踏まえると、ロボットアームが有用な筋疾患の種類や病期はかなり広いと推察される。

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

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

末梢神経疾患患者での適応について（シャルコー・マリー・トゥース病のケース）

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

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、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末梢神経疾患患者を対象として適応基準に関する検証を行った。本研究ではシャルコー・マリー・トゥース病患者 1 名に対し、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。実験は他の被験者において行った予備実験を元に作成された短期評価プロトコルを用いた。また、電動車いすにロボットアームを装着した状態でも本プロトコルが実施可能であるかどうか合わせて検証を行った。実験の結果、プロトコルに則って各種課題が実施可能であることが確認された。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效果を得ており、ロボットアーム利用者候補として、あるいは本評価実験対象者として適当であると考えられる。

A. 研究目的

本年度に実施された研究班での打ち合わせ会議、重度肢体不自由者や本研究に関連する研究者や中間ユーザなども参加した研究会の結果を受け、短期評価プロトコル試案が作成された。さらにその試案を基に、3 名の被験者においてロボットアームの動作検証、予備実験を行い、短期評価プロトコル案の変更・構築を行った。

本研究では、本年度構築した短期評価プロトコルに基づき、障害当事者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行う。実験結果をもとに、考案した短期評価プロトコルの妥当性および末梢神経疾患患者へのロボットアームの適応について考察する。

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（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。

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）を用いる。

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、三角筋、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。

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ている。側湾による左への傾きは体幹をゆるすることで姿勢の

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、98 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、修理しながら現在も使用している。唯一、電動車いすに座ると自分での移動が可能である。

ロボットアームの使用歴：

08 年よりロボットアームのモニタリングを不定期に依頼している。

2. 環境設定と実験課題

環境設定と実験課題については、資料 5 の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ものとする。ただし、本実験においては電動車いすの右側のフレームに治具を取り付け、iARM を電動車いすに装着した状態で実験を実施した (図 1)。

(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。

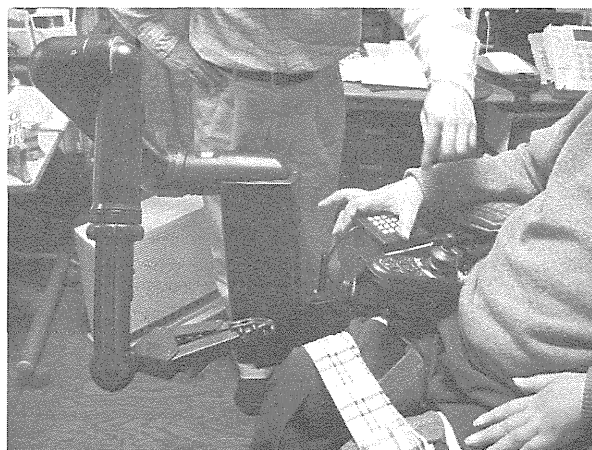


図 1 電動車いすへの iARM 装着状態

C. 結果

1. 各操作の所要時間

以下の表に各実験項目ごとの所要時間をまとめる。

表 1 課題 1 基本動作実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
STEF の検査項目 1 大球	1 球目	1'30"	1~4 球目まではスムーズだが、5 球目になると移動先の枠内にある他のボールの隙間に入れるのに苦労していた
	2 球目	1'17"	
	3 球目	1'00"	
	4 球目	1'13"	
	5 球目	2'40"	
		計 7'40"	
STEF の検査項目 3 大直方	1 個目	2'36"	隙間無く並んだ直方を掴むため、アームで突いて隙間を作ってから掴むという動作を入れた。同様に、直方を置いた後に隙間無く整列させるためにアームで突く動作を入れた。
	2 個目	4'42"	
	3 個目	1'28"	
	4 個目	3'57"	
	5 個目	2'33"	
		計 15'16"	

表2 課題2 水分摂取実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
ペットボトルの把持・設置	ボトルを持ち上げる	1'26"	
	ボトルを置く	34"	40点
		計 2'00"	
ペットボトルの移動と設置 (左→右)	ボトルを持ち上げる	55"	
	ボトルを移動し置く	1'05"	50点
		計 2'00"	
ペットボトルの移動と設置 (右→左)	ボトルを持ち上げる	57"	
	ボトルを移動し置く	1'23"	40点
		計 2'20"	
コップに水を注ぐ動作の確認	ボトルを持ち上げる	1'14"	
	ボトルの中身をコップに注ぐ (中身空)	1'23"	ドリンクモードを使用せず、手首の回転で動作を行った
	ボトルを元の位置に置く	29"	50点
		計 3'06"	
コップにストローをさして飲む動作 の確認	ストローを掴んで持ち上げる	1'25"	
	ストローをコップ内に入れる	20"	
	コップを掴んで口元まで近づける	3'18"	前の作業で生じたアーム手首のねじれ修正に2分強
	コップを元の位置に置く	1'14"	50点
		計 6'17"	
コップに水を注ぐ	ボトルを持ち上げる	1'11"	
	ボトルの中身をコップに注ぐ (中身有り)	1'09"	ドリンクモードを使用せず、手首の回転で動作を行った
	ボトルを元の位置に置く	1'05"	40点
		計 3'25"	
コップにストローをさして飲む	ストローを掴んで持ち上げる	1'00"	
	ストローをコップ内に入れる	26"	
	コップを掴んで口元まで近づける	1'01"	
	コップを元の位置に置く	1'10"	40点 コップを置いた後、アームが隣のペットボトルに接触
		計 3'37"	

表3 課題3 読書準備実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
読書準備	本を取り出す	8'21"	試行錯誤の末、目標の隣の本を先に少し抜き出し、手先が入る隙間を作ってから目標の本を取り出した
	本を置く	2'49"	50点
	位置を調整する	0"	置いた時点で枠内に収まったので微調整無し
		計 11'10"	

表4 課題4 書類操作実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
書類操作	紙束を掴み掲げる	6'59"	クリップ部を掴まんで紙束の上部が手前側に来るように回転させた
	紙束を置く	4'08"	置き位置に試行錯誤
	位置を調整する	3'22"	50点
		計 14'29"	

表5 課題5 リモコンの拾い上げ実験結果

課題	作業	所要時間	特記事項
リモコンの拾い上げ	リモコンを拾う	7'48"	2回の持ち直しとリモコンを裏返した後に持ち上げた
	机の上に置く	1'03"	50点
		計 8'51"	

本実験では、被験者はいずれの課題も実施可能であった。

物品を置く際の位置精度も40点から50点の高い精度を示した。

今回の被験者は、他の被験者における把持戦略と異なり、特徴的な把持戦略が認められた。

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。

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。表6、表7に結果を示す。

QUEST2.0の結果では、得点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。

また、PIADSの結果では、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ることが伺える。

表6 QUEST2.0の結果

問番号	点数	コメント
問1	2	・もっと小さければ良い
問2	2	・同上
問3	3	・ワンタッチなので取り付けは良さそう
問4	4	・手の当たりなどもなくて良さそう
問5	4	・使ったばかりでわからないが、良さそう
問6	3	・まだ操作がきちんと決まらない
		・手の位置に板(キーボード取り付け及び手を載せる台)があるので前腕の回内外で指の位置を変えられない
		・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
問7	4	・使い心地はまあまあ良い ・肩が疲れる
問8	5	・とても満足している
得点	3.38	「やや満足している」

表7 PIADSの結果

得点種別	得点
合計得点	2.4
効力感サブスケール	2.4
積極的適応性サブスケール得点	2.7
自尊感サブスケール得点	2.3

D. 考察

本実験では、iARM を車いすに装着した状態においても、本研究で開発した評価用プロトコルに沿った方式で実施が可能であることが確認された。しかしながら、課題 4「書類操作実験」に関しては、書類に模した紙束を机から取り上げるのみであり、実生活において想定される作業としては不十分であることが示唆された。

本実験では、これまでに実施してきた 2 被験者と異なり、特徴的な把持戦略を示した。把持戦略は個々人の職歴、生活などの過去の経験、更には 3 次元的な空間認識能力に影響を受ける部分が大きいと考えられる。

また、今回は物品の操作精度の指標として、対象物を置く際の目標位置からの差を点数化して表したが、個人特性として、几帳面、負けず嫌いなどが強い場合、高得点を狙い、所要時間が長くなる傾向が認められた。このため、習熟度を表す際には、得点と時間を掛け合わせるなどした指標を用いる必要があると考える。ロボットアームを使用する際に物品操作の精度が必要かという議論はあるが、限られた生活空間の中で効率的かつ、物品を倒したり落としたりする危険性を低下させるにはある程度の精度を必要とすると考える。次年度以降、短期評価の件数を増やしていく中で必要精度の基準を設けることが出来ると考える。

シャルコー・マリー・トゥース病は、遺伝子疾患で神経の軸索や髄鞘に異常が生じ脱髄・軸索障害により、筋力低下や感覚障害の症状が現れる。本実験の被験者の場合は、約 20 年前に診断を受け、症状は少しずつ進行し現在に至る。運動障害が主体で少しながら指先は動く状態である。電動車いすのアームサポートに前腕部を他動的に載せると、電動車いすのジョイスティックの操作は可能である。ロボットアームも専用のキーパッド台を装着することで、ロボットアームの操作は可能である。今回の短期評価プロトコルの試案を得るための対象者としては、適切な障害レベルであったと考えられる。

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

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

頸髄損傷者での適応について（C4完全損傷のケース）

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 研究員

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。具体的には、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（被験者1）に対し、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。被験者1においては、短期評価プロトコル決定のための予備実験3回と、構築した短期評価プロトコルの確認実験1回の計4回の実験を実施した。「ペットボトルを持ち上げコップに注ぐ操作」や「テレビのリモコンを拾い上げる操作」など様々な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い、生活の質と自律度を向上させる可能性が示唆された。QUESTの得点は実験3回目で3.00点、4回目で3.13点、PIADSの合計得点は実験3回目で1.0点、4回目で0.7点であり、被験者1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。先行研究の結果から高位の頸髄損傷者に対しては長い時間の介護が必要なが明らかであり、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。

近年、脊髄損傷者に占める頸髄損傷者の割合は

増加の傾向にあると言われている。実際、日本パラプレジヤ医学会の調査では1990年から1992年までの3年間に我が国で発生した外傷性脊髄損傷は9752件、うち75%は頸髄損傷であった⁴⁾。この事実からも頸髄損傷者の脊髄損傷者に占める割合の増加傾向、すなわち障害程度の重度化傾向が伺える。

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し、頸髄損傷者に対するロボットアーム適応の可能性を検討する。

B. 研究方法

先行研究および本年度実施した研究会などによりまとめられた短期評価プロトコル試案に基づき、短期評価プロトコル確定のための予備実験および導出した短期評価プロトコルの確認実験を、1名の頸髄損傷者（被験者1）にて行い、頸髄損傷者に対するロボットアーム適合の可能性を検討する。

被験者1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、普段から電動車いすを使用して外出し、精力的に仕事も行っている。

本実験における評価指標としては、操作の成否（失敗回数）、所要時間、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を実施する。また、3回の予備実験において疲労の訴えが見られた為、4回目のプロトコル確認実験では疲労度をVAS（Visual Analog Scale）を用いて記録することとした。

ここではプロトコル作成の為にやってきた3回の予備実験と、プロトコル確認のために行った1回の実験、計4回の実験について結果をまとめ、考察を行う事とする。ただし、3回の予備実験に使用したiARMと4回目のプロトコル確認実験で使用したiARMでは基本ソフトウェアのバージョンが異なっており、単純な比較は困難である。

プロトコル作成の為に予備実験は、国立障害者リハビリテーションセンター、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。またプロトコル確認実験は、国立障害者リハビリテーションセンター、研究所、障害工学研究室6に実験環境を構築し実施した。被験者1と机、iARM、実施課題物品などの位置関係はプロトコルの基準と同様である。

（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

実験結果の詳細については、第Ⅱ章1節「利用効果評価（短期評価）手法の構築」、項目C.「研究結果」4.「予備実験による確認および聞き取り調査結果」の被験者1についての結果を参照する。

頸髄損傷の被験者による3回の予備実験では、

- ・本棚から本を取り出す操作
 - ・床に落ちた鉛筆を拾い上げる操作（マウスティックを想定して）
 - ・コップを持ち上げ口元へ持っていく操作（飲水動作を想定して）
 - ・ペットボトルを持ち上げコップに注ぐ操作（飲水動作を想定して）
 - ・こぼれた水をペーパータオルで拭き取る操作
 - ・1枚のA4用紙を机上からつまみあげる操作
 - ・簡易上肢機能検査（STEF）の用具を用いた基本操作
 - ・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
 - ・テレビのリモコンを拾い上げる操作
- など種々の操作を行った。

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、数分～十数分の範囲で完了することが出来ている。

また、QUEST 2.0では、得点3.00「やや満足している」という結果を得た。PIADSでは得点（-3～3点）は1.0点、効力感1.2点、積極的適応性0.8点、自尊心0.9点であった。

実験中に、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。

食事動作では、一般的なフォークと深皿を用いて実施したが、iARMの手先具の形状ではスプーン・フォークが把持し難く、把持が出来ても不安定な状態であり、スプーン・フォークという道具を把持するための時間と、食品を刺す又は掬う動作が所要時間の大半を占めていた。また、一般的な深皿食器を用いており、十分な滑り止めも施されておらず、食器の固定が不十分なことも、動作時間伸長の原因となっていた。動作の可否としては、ロボットアームを使用して食べ物の摂取が可能であり、被験者からの聴取で満足感も確認した。

4回目の実験であるプロトコル確認実験は、地震などの影響により3回目の予備実験から85日間、3カ月弱の時間的間隔が開いてしまっている。また、4回目（再実施）の実験当日は入浴・排便を行った当日であり、ロボットアーム操作時の思考力・耐久力の低下を認めた。実施に当たっては状態の観察および、各課題毎（3～4分）毎に休憩を挟みながら体調確認を行い実験を実施した。

操作能力を確認する目的である、簡易上肢機能検査（STEF）の物品を利用した基本動作実験の

結果について、大球の操作については予備実験2回目と4回目のプロトコル確認実験の結果を比較すると、2回目で9分13秒要していたものが、4回目（中止）で5分37秒、4回目（再実施）では6分54秒となり、所要時間の短縮を認める。しかし、大直方の操作では2回目10分18秒、4回目（再実施）10分24秒と若干の所要時間伸長を認める。

また、各実験を通じて、ペットボトルを持ち上げる操作には、大きな時間的差異を認めなかった。ただし、4回目（再実施）において1回ペットボトルを倒す失敗を認めた。

予備実験およびプロトコル確認実験を通して、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の安全機構により、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。

操作実施者つまり被験者1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。

D. 考察

予備実験およびプロトコル確認実験で設定した操作項目については、ほぼ全てにおいて実施することが可能であった。また、自ら提案してロボットアームを使用した動作を行うことが出来ている。このことから、被験者1では、ロボットアームの基本操作を理解し、応用的に利用可能と言える。

予備実験で実施した食事動作では、一般的なフォークやスプーンと滑り止めの施されていない一般的な深皿を使用した。2本指かつ指腹が平坦なロボットアーム手先具での把持が困難であるにも関わらず、食べ物の摂取が可能であった。ミスプーンなどの食事専用の機器と比較すると、摂取時間や食品操作の困難さを認めるが、ロボットアームの汎用性や、電動車椅子に取り付けて移動できる可搬性などの利点が考えられる。食品操作の困難さについては、スプーンやフォークの取手に、ロボットアーム手先具の形状に合わせた把持用の治具を用意することによって、所要時間の短縮が可能と考えられる。また、滑り止めのついた食器、スプーンでより掬いやすい自助食器を用いるなどによっても、時間短縮が可能と考えられる。これらの工夫によって、より効率的かつ実用的な時間内で汎用的な食事動作が可能となり、日常生活でもニーズにより十分利用し得る食事動作を行える可能性が示唆された。

STEFの物品を使用した基本動作実験の結果では、4回目（中止）において、大球を用いた実験において全般的な時間の短縮を認めたが、他では

明確な差が認められなかった。2回目は初めて大球や大直方を操作する場面であり、思考錯誤の中で実施しているが、4回目（再実施）でも把持動作、設置動作共に思考錯誤を行いながら実施している。要因の一つとしては、被験者1においては各回の実験間隔が1カ月近くあり、前回の操作方法を忘れていた可能性があることと、4回目（再実施）では、身体状況により思考力が低下していた可能性がある。物を把持して持ち上げる単純な動作については、それぞれの実験における“ペットボトルを持ち上げる”の項目を比較すると、いずれの回においても概ね1分30秒程度で把持が出来ている。予備実験3回とプロトコル確認実験ではiARMの基本プログラムのバージョンが異なっているため、単純に比較はできないが、被験者の状態としては、4回目（再実施）での思考力・耐久力の低下を認めており、前述の結果となった要因の一つであると考えられる。

満足度については、4回目の実験ではQUEST 2.0では3.13点「やや満足している」という結果である2回目の際より若干点数が増加している。PIADSでは2回目よりも点数が減少しているが、自己で納得できるような操作を実施出来ていなかった可能性が考えられる。

実験後の聴取では、2回目の後では「想像していたよりも使えそう。様々なことが自分で出来そうな可能性を感じる。」「自分でこんな事（ペットボトルからお茶を注ぐ、こぼしたお茶を拭ける）が出来るとは思ってもいなかった。」と笑顔を交えて発言されており、満足感を得ている事が示唆される。4回目の実施後にも「早く実施生活で使ってみよう」との発言があり、ロボットアームへの期待感が感じられる。

予備実験2回目の実験中には、ロボットアームを使用して操作対象物を子供に手渡す場面もあり、ロボットアームを使用したコミュニケーションの広がり可能性も示唆された。

今回の一連の実験を通して使用したロボットアームiARMでは、安全機構によりロボットアームを利用する際に侵襲的な危険の可能性は認められなかった。

今回実施した、短期評価プロトコル作成の為に3回の予備実験およびプロトコル確認実験の結果より、1例ではあるが、高位の頸髄損傷者において、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い、生活の質と自律度を向上させ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⁵⁾。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。

本実験の被験者1はC4髄節レベルの頸髄損傷者であり、改良Zancolliの分類による日常生活動作の自立の可能性では、「坐位バランスの保持」が自助具・装具を使用して自立、「ページをめくる」、「ワープロ・パソコン操作」が部分介助により自立可能、とされている。

今回の予備実験では、「スプーン・フォークで食べる」おおよそC5B以上、「湯飲みやコップで飲む」C6A以上などが実施可能であった。

NPO法人日本せきずい基金が2003年に実施した在宅高位脊髄損傷者の介護システムに関する調査結果（有効回答数675名）では、主介護者の8割が配偶者または親であり、主介護者の就業率は妻が29%、母が15%と低い水準であることが分かっている⁶⁾。また、呼吸器利用レベルの頸髄損傷者における直接の介護時間を16時間、頸髄4番(C4)以上における介護時間を13時間、頸髄5番(C5)以下における介護時間を9時間と推計している。いずれも長い時間の介護が必要なことが明らかであり、ロボットアームの利活用の余地は十分にあると考える。

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
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>

- (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 2011-03-10).
- (4) 松井和子：頸髄損傷—自立を支えるケア・システム、医学書院、1996.
- (5) 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.
- (6) 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.

分担研究報告書

ロボットアーム利用に伴うコスト・ベネフィットの推計に伴う 予備算出と調査計画について

分担研究者 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

研究要旨

本稿では、重度障害者用ロボットアーム導入のコストとメリットを比較するうえでどのような方法が考えられるかについて整理するとともに、研究期間初年度の試みとして、まず重度障害者用ロボットアームが介護サービス利用時間を節約するであろう効果に着目し、いくつかの仮定・想定のもと、介護サービス利用時ごとに毎回1時間の節約が行われた場合の効果の大きさを試算した。試算の結果、耐用年数（仮に6年とする）の間に生じる推定便益は約330万円であった。この数値はいくつかの機種重度障害者用ロボットアームの価格よりも大きく、ロボットアーム導入に伴う便益が費用を上回る可能性がありうることが示唆された。

次年度以降、現在進めつつある「重度肢体不自由者の日常生活の実態調査」を始めとする調査や資料収集により、ロボットアーム導入に伴う費用・便益の変化をもたらす個々の要因についてデータを収集し、分析を進める予定である。

A. 研究目的

本研究プロジェクトでは、最終的に重度障害者用ロボットアーム使用に伴い、生じる費用ならびに便益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・便益評価法を確立し、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、(1)重度障害者用ロボットアーム導入のコストとメリットを比較するに当たってどのような方法が考えられるかについて整理するとともに、(2)初年度の試みとして、まず、重度障害者用ロボットアームが介護サービス利用時間を節約するであろう効果に着目し、いくつかの仮定・想定に基づきその効果の大きさを試算する。

B. 研究方法

1. 重度障害者用ロボットアーム導入のコストとメリットの比較分析方法

1.1 コストとメリットの分析

一般にある事業や医薬品などの費用対効果を分析する上で、コストとメリットを分析する方法として、次のような手法がある¹。

・費用効果分析

ある案件の費用と客観的に測定される効果を比較検討し、経済的な効率性を評価すること。

・費用効用分析

ある案件の費用と対象者が主観的に感じる効用とを比較検討し、経済的な効率性を評価すること。

・費用便益分析

ある案件の費用と便益それぞれの金額を比較検討し、経済的な効率性を評価すること。

医療・福祉関連技術等に関する政策の分野における事例として、イギリスでは、英国国立医療技術評価機構（NICE）が医薬品・医療技術の有効性・経済性を評価するうえで、質調節生存年（QALY）をベースとした費用効用分析が行われている。このNICEの事例を参考として、日本でも医療機器等の分野でQALYをベースとした費用効果分析を用いていく方向で議論が進められている²。

しかし、費用効果分析、あるいは費用効用分析の場合、効果もしくは効用1単位あたりどれだけの費用水準であれば「社会的に有効である」と言えるのか、それほど自明的ではない。NICEの場合、1QALYあたりの費用の上限を通常2万な

¹ ここで挙げるほかに、比較対照するそれぞれの案件がもたらすメリットの大きさが同等と考えられる場合に用いられる手法として、費用最小化分析という手法がある。先発薬と後発薬など効果が同等と考えられる複数の案件のなかで生じる費用を比較する手法である。費用が最小となるような案件が望ましいと考える。

² 医療機器に関する経済社会ガイドライン検討委員会 報告書「医療機器における経済社会評価の推進に向けて」、経済産業省 商務情報政策局 医療・福祉機器産業室、2008年3月。

いし3万ポンドとして評価を行っているが、こうした評価システムが患者の薬に対するアクセスを阻害するとの批判もあり、訴訟も起こされている³。

研究期間全体のなかで本研究では、メリットの大きさを金額換算できるものを中心として評価を行う予定である。すなわち、主として費用便益分析を用いた評価を行うこととする。ただし、費用便益分析のほかに、付随的に下記についても分析し、アウトプットに添えることを検討する。

- ・利用者の満足度の変化（QUEST や PIADS など）で指標化ができれば、ヘルパーのみの場合とロボットアーム使用時との比較で費用効用分析を試みることも可能
- ・介護ヘルパーがロボットアームとともに介護をおこなった場合の、作業負担等に関する意見

1.2 費用便益分析の作業の流れ

重度障害者用ロボットアームの導入に伴い、次の費用・便益が生じることを想定する。

費用：

- ・ロボットアームの初期導入費用
- ・ロボットアームのメンテナンス費用（毎月定期的にかかるもの）
- ・不意の故障などへ対応費用

便益：

- ・介護ヘルパーなど他サービス利用の節約分金額
- ・（もし就労の場を評価対象に含められるのであれば）生産性の増加分（稼得賃金の増分で代替）

当該機器が導入後、複数年にまたがって費用・便益をもたらすことを考慮し、耐用年数相当期間分の通時的な費用と便益それぞれを集計し、

費用便益比＝総便益÷総費用

を求め、評価指標とする。費用便益比が総費用と総便益のいずれが大きいかの境界線となる費用便益比1.0が基準値として用いられることが多い。

本研究における費用便益分析の概要は図1（次頁）のようにまとめられる。分析に先立ち、図1のなかの「1.費用及び便益算出の前提」についての想定を定めるとともに、「2.便益の算定」、「3.費用の算定」について各要素の大きさを特定していくために、調査等を行いデータを収集する必要がある。

この調査について、本年度は主に「2.便益の算定」に挙げた項目

- ・介護ヘルパー労働節約分の金額
- ・（就労の場での使用を含めるのなら）賃金の増分

等にかかるデータを収集するために「重度肢体不自由者の日常生活の実態調査」を計画し、平成23年3月より調査を開始（次年度も継続）した。これは、ロボットアーム不使用時と使用時の便益等の変化についての基礎データを取得するため、頸髄損傷者や神経・筋疾患患者などを対象に、(1)ロボットアームのない生活環境での生活調査（質問紙による調査。調査開始）、(2)ロボットアームを使用した生活環境での生活調査（質問紙による調査を予定。平成23年度調査開始予定）、(3)上記(1)、(2)を踏まえての聞き取り調査（平成23年度調査開始予定）を行うものである。

一方、図1の「3.費用の算定」で挙げた、

- ・ロボットアームの初期導入費用
- ・定常的メンテナンス費用
- ・不意の故障などへ対応費用

の項目についても次年度以降、資料収集あるいは調査を計画・実施し、推定作業を行う予定である。

2. 重度障害者用ロボットアームによる介護サービス利用時間節約効果の試算

ここでは便益項目のうち「介護ヘルパー労働節約分の金額」についていくつかの仮定を置いて試算を行い、ロボットアーム価格との比較を行う。

試算にあたっては、仮に以下の想定で行うものとし、その条件下での累積的な便益、即ちここではロボットアーム使用に伴う介護ヘルパー利用時間節約効果の大きさを推定した。

- ・社会的割引率：4%⁴
- ・検討年数：6年間⁵
- ・利用者1人あたりの年間の介護ヘルパー費用節約金額想定⁶の諸前提：
 - ・年間ヘルパー利用回数・・・348.0回⁶
 - ・ヘルパー利用1回あたりの節約時間・・・1時間（仮定）
 - ・時間あたり利用料・・・1時間あたり1,741.5円⁷

4 「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」（平成16年2月、国土交通省）による。

5 ここでは、補装具における電動車いすの耐用年数を基準とすることとした。

6 平成21年9月重度訪問介護サービスの1人あたり利用回数29.0回×12ヶ月（平成21年社会福祉施設等調査による。）

7 区分6で所要時間20時間以上24時間未満の場合と想定し算定。

³ 薬害オンブズパーソン会議，2009年2月9日

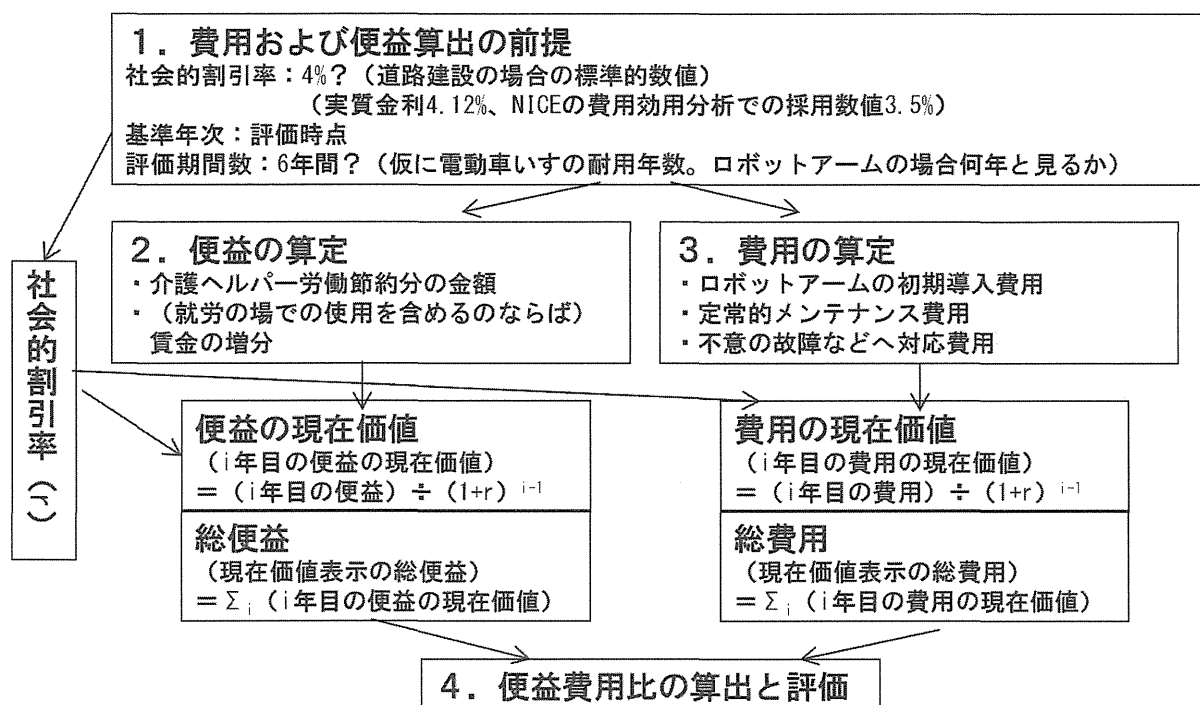


図1 費用便益分析の構造

C. 結果

ロボットアーム使用に伴う介護ヘルパー利用時間節約効果の大きさの試算結果は表1にまとめられる。

表1 ロボットアーム使用に伴うヘルパー利用時間節約効果の試算結果

年数	各年価値における便益(円)	1年目時点価値における便益(円)	1年目時点価値に換算する際の割引比率
1	606,042	606,042	1.00
2	606,042	582,733	1.04
3	606,042	560,320	1.08
4	606,042	538,769	1.12
5	606,042	518,047	1.17
6	606,042	498,122	1.22
合計	3,636,252	3,304,033	—

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、異時点

間で1円の価値が異なることを鑑み、社会的割引率を考慮し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。

D. 考察

この試算で得られた推定便益の大きさは、ロボットアーム導入費用と比べてどの程度の大きさになるのだろうか。

表2（次頁）には、いくつかの重度障害者用ロボットアームの価格リストを挙げた。一番右の列には、各ロボットアームの価格が「1年目時点価値における便益」3,304,033円より小さいか否かについて記している。これによれば、いくつかの機種においてはその価格が、試算された便益よりも小さいということが示されている。

もとよりロボットアーム導入に伴う費用は、前掲した図1にも示したように、ロボットアームの初期導入費用に限られるわけではなく、定常的メンテナンス費用や不意の故障などへの対応費用なども考えられる。また、その初期導入費用にしてもロボットアームの価格自体に加え、機器操作に習熟するためのトレーニングに要する費用などが見込まれる。また、試算により得られた推定便益は、実地のデータに基づいたものではなく、あくまで仮の想定に基づいた試算値に過ぎない。

しかし、試算の結果を鑑みると、ロボットアーム導入による便益がその費用に比べ必ずしも懸絶して小さいわけでもなさそうであり、便益がコストを上回る可能性がある程度あることが示唆されたと言える。