

201027027A

厚生労働科学研究費補助金
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

平成22年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 井上 剛伸

平成23(2011)年5月

厚生労働科学研究費補助金
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

平成22年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 井上 剛伸

平成23(2011)年5月

目次

I. 総括研究報告	
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	1
井上剛伸	
II. 分担研究報告	
1. 利用効果評価（短期評価）手法の構築	7
木之瀬隆	
(資料) 1. ロボットアームのコスト・ベネフィット評価第1回研究会会議録	
2. 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 に関する研究	
3. 重度障害者用ロボットアームの有効性の検討	
4. ロボットアーム供給のための公認プロトコル	
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	
2. 筋疾患患者での適応について	33
小林庸子	
(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	
3. 末梢神経疾患患者での適応について	41
木之瀬隆	
(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	
4. 頸髄損傷者での適応について	47
中山 剛	
5. ロボットアーム利用に伴うコスト・ベネフィットの 推定に伴う予備算出と調査計画について	51
我澤賢之	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	55
IV. 資料	57

I. 総括研究報告

**厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）
総括研究報告書**

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

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

研究要旨

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、今年度はまず、ロボットアームの評価プロトコルの構築と、ロボットアーム導入における有効性の検証のうち介助のモデルケースでのニーズ把握とコストの試算を行った。その結果、短期評価のプロトコルとしての実験動作を抽出するとともに、評価指標として、STEFの利用、所要時間、作業の可否、主観評価としてのQUEST, PIADSの利用を決定した。次年度は、AMPSの導入を検討する予定である。コスト・ベネフィット評価としては、まだ予備的な段階ではあるが、ヘルパー利用時間の節約による便益が示された。

研究分担者

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

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

中山剛・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部・研究員

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

これらの技術を真に役立つ方向に先導することが求められている。そのためにも、本研究で課題とする効果の実証研究を厚生労働科学研究費で実施することは必要性が高い。

本研究では、重度肢体不自由者用のロボットアームの在宅利用における利用効果および導入による社会コストの増減について、臨床評価を通して明らかにすることを目的とする。

上記の目的を達成するために、以下の達成目標を設定する。

- ①ロボットアームの評価プロトコルの構築
- ②頸髄損傷者による有効性の検証
- ③神経・筋疾患患者による有効性の検証
- ④ロボットアーム導入による社会コストの導出
- ⑤ロボットアーム普及に向けた提案

本年度は、①ロボットアームの評価プロトコルを構築することを目的とする。さらに、④ロボットアーム導入における有効性の検証のうち介助のモデルケースでのニーズ把握を目的とする。

A. 研究目的

肢体不自由者用ロボットアームは頸髄損傷や神経・筋疾患などによる四肢まひ者では、介助無しでできることを格段に増加させることが期待されており、ニーズが高い機器である。しかし、社会コストをふまえたトータルでの検討無しには、普及は困難である。そのため、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は、制度の改革に根拠を提案するものとなる。

平成20年にまとめられた社会援護局長勉強会報告書“支援機器が拓く新たな可能性”では、ロボット技術などの先端的な技術を福祉機器に適切に活用することにより、障害者の自立・自律を促進し、生活の質を向上させることの重要性が示されている。厚生労働省としては、技術シーズ主導で考える他省庁とは異なり、利用者の立場から、

B. 研究方法

1. ロボットアームの評価プロトコルの構築

わが国で市販され、比較的入手が容易であるオランダ製車いす装着型ロボットアーム（iARM：intelligent Assistant Robot Manipulator）の開発元であるオランダのExact Dynamics社への調査、ロボットアームの生活場面での使用に関する先

行研究調査、研究班での会議、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ーなども参加した研究会、国立障害者リハビリテーションセンター研究所における被験者による操作実験及び聞き取り調査などにより、本研究における短期評価プロトコルの試案を考案した。

2. 評価プロトコルに基づく被験者予備実験

先行研究および本年度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、3名の四肢まひ者を被験者として、実験を行った。被験者の属性を表1に示す。

表1 被験者情報

被験者番号	疾患・障害
被験者1	頸髄損傷 C4 完全損傷
被験者2	遠位型ミオパチー
被験者3	シャルコー・マリー・トゥース病

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。

プロトコル作成の為の予備実験は、国立障害者リハビリテーションセンター、第2生活訓練室および研究所障害工学研究室6にて実施した。第2生活訓練室は居宅に近いと造りなっており、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。

この部屋のリビングにある机を利用し、被験者は自身の車いすに乗車したまま机に相対し、ロボットアーム (iARM 図1) を車いすの右側前方に設置した。この際、被験者の口元から iARM 基部上面までの距離が約 45cm となる位置に設置した。また、iARM 基準点 (アーム基部前面またはトライポッドの中央前面 図1★印) と机の手前端との距離は 10cm となるように調整した (図2)。課題実施時の基本設定として、iARM は“起動・立ち上げ”した状態を開始位置とする。



図1 iARM 開始位置

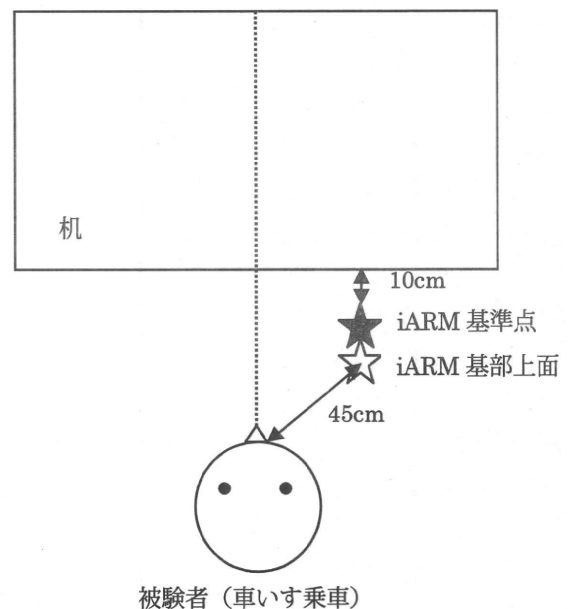


図2 iARM 設置位置模式図 (上面図)

3. コスト・ベネフィットの推計に伴う予備算出

3.1 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

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、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。

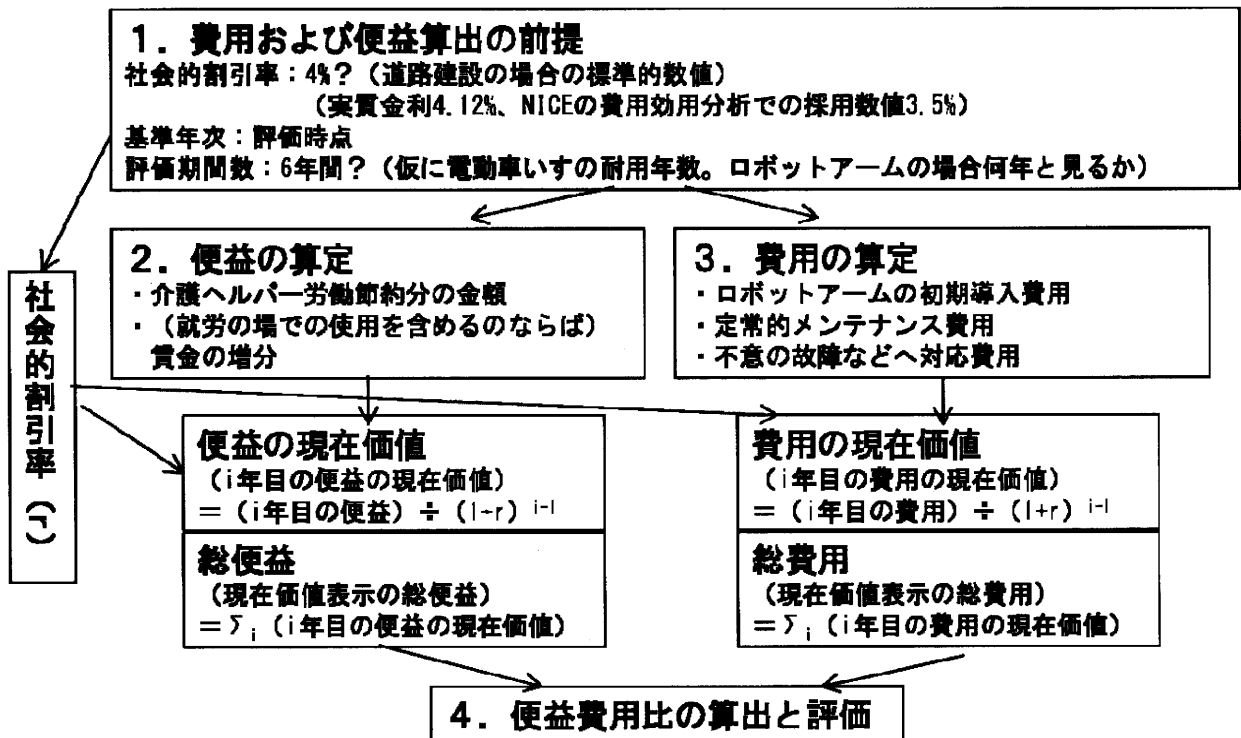


図3 費用便益分析の構造

- ・利用者の満足度の変化（QUEST や PIADS など指標化ができれば、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

本研究における費用便益分析の概要は図3のようにまとめられる。分析に先立ち、図のなかの「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
- ・（就労の場合での使用を含めるのならば）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得るため、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3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。

3.2 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

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った。

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%
- ・検討年数：6年間

・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の諸前提：

- 年間ヘルパー利用回数・・・348.0回
- 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

（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. ロボットアームの評価プロトコルの構築

まず、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ー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を作成した。

試案では短期評価で実施する動作として、

- ・コップを棚から取り出し、冷蔵庫の中の飲み物を注いで飲む
- ・書棚から本を取り出す
- ・室内灯のオン/オフ
- ・床に落ちたものを拾う
- ・ドアの開閉 他

を抽出した。これらについて当事者に操作を行ってもらい動作を実施し、操作効率、正確性、安全性、利用における満足度、利点、欠点についての評価を行う予備実験を行うこととした。

2. 評価プロトコルに基づく被験者予備実験

いずれの被験者においても、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。

被験者1について2回目と4回目の簡易上肢機能検査（STEF）の物品の移動実験の結果を比較

すると、2回目で9分13秒要していたものが、4回目では6分54秒と減少を認めた。また、食べ物を食べる課題は被験者1においてのみ実施したが、時間を要するものの、食べ物を摂取することは可能であった。被験者1はC4完全損傷の頸髄損傷であり、ロボットアーム使用に対する特徴的なニーズは、落としたマウススティックの拾い上げであった。

被験者2では、飲水動作について比較すると、1回目の予備実験では10分50秒かかっていたものが、4回目の実験では4分16秒まで短縮された。多くの試験項目において、使用回数が増えるほど、所要時間が短くなる傾向を認めた。実験を通して聞くことが出来た被験者2のニーズとして、自分のタイミングでコップから水分摂取を行いたいという事であった。普段は介助者に飲水の介助を頼んでいるが、自分の飲み込みのタイミングと合わない時点で口の中に水分が送られることが多く、苦い経験をする事が多いとのことであった。今回の予備実験においてロボットアームを使用して飲水を行ったところ、自分のタイミングで苦しい思いをせずに水を飲むことが出来たとの感想を得た。

被験者3については、被験者1および被験者2による実験を通して得られたプロトコルを確認することを目的に予備実験を行った。被験者3では、STEF物品の操作実験に要した時間は被験者1および被験者2の1回目の実施時とほぼ同程度の所要時間となっている。被験者3は本年度以外に、ロボットアームを操作した経験があり、実験前日も数時間程度触る機会があった。以前自宅にてiARMをトライポッドに固定した状態で操作した経験もあり、その際にはインターホンを受けるための操作がうまくいかなかったとのことである。今回の実験では3被験者の中で唯一iARMを車いすに取り付けた状態での実施であった。被験者3におけるニーズとしては、ヘルパーがいない時間帯や一人で過ごしたい時間に自分で出来る事は出来るようになりたい、夕方から就寝までの間に、自宅でパソコンを使用しての書類作成やプリントアウトをしたり、少しでも自分で出来ることをしておきたいとのことであった。

また、全ての被験者に対してQUEST 2.0とPIADSを実施した。被験者1と被験者2は実験3回目と4回目、被験者3では実験1回目に実施し

ている。いずれの被験者においても QUEST 2.0 では「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、プラスの心理的效果が示された。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。

3. コスト・ベネフィットの推計に伴う予備算出

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 2 にまとめられる。

表 2 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

本年度考案した短期評価プロトコルに基づき、被験者 3 名において確認実験を行った。

今回実施した確認実験により、操作実施上の安全性が確認でき、ロボットアーム操作への習熟に

よる操作効率の変化、操作の正確性を記録できることの確認がなされた。

操作実施中および実施後に被験者より、疲労に関する訴えが聴取されたことから、疲労度に関する評価も必要となることが示唆された。疲労の聴取に関して VAS (Visual Analog Scale) を用いることを検討している。

利用における満足度については、QUEST2.0 の結果および実験後の聞き取り調査より、「こんなこと (自分でお茶を飲む準備をし、こぼしたお茶を拭ける) が出来るようになるとは思っていませんでした」「自分でものを動かせるのがうれしい」という発言も確認され、満足度を得ていることが確認された。

ロボットアームを用いることについての利点と欠点に関して、利点としては今までできなかったことが出来るようになる可能性があること、ロボットアームは汎用機器であり、使用者の利用方法により可能性の幅が広がることなどが挙げられた。欠点としては、大きさがあるため車いすに取り付けた場合に狭路を通過しにくくなる場所が予想されること、入力装置が限られているため進行性疾患の場合適応が心配であること、サイズが大きいことが挙げられた。特に大きさについては QUEST2.0 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、大きさの問題が強いことが確認された。また、PIADS の結果から、積極的な社会適応に心理的な効果が高く得られる傾向が見られた。

上述のように、今回目標とした短期評価プロトコルとしては一応の形を導出することはできた。しかしながら、いくつかの課題もあり、この条件を基とし、被験者からのニーズ、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い、短期評価プロトコルでの動作課題として、

- ・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。

評価指標としては、操作の所要時間、操作精度、操作の成否（失敗回数）、QUEST 2.0、PIADS、操作後の感想の聴取を記録する。

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値程度しかなく、評価プロトコルとして、対象毎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、遂行の質を点数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、課題実施状態を点数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。

また、コスト・ベネフィットの推計については、もとよりロボットアーム導入に伴う費用は、前掲した図3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。

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、今年度はまず、ロボットアームの評価プロトコルの構築と、ロボットアーム導入における有効性の検証のうち介助のモデルケースでのニーズ把握とコストの試算を行った。その結果、短期評価のプロトコルとして、

- ・机上でペットボトルを操作しての飲水動作
- ・本棚からの本の取り出し
- ・机上での書類操作
- ・床からのリモコンの拾い上げ

の動作を抽出した。評価指標としては、STEFの利用、所要時間、作業の可否、主観評価としてのQUEST, PIADSとした。

また次年度は、AMPSの導入検討にあわせて、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も再検討を行い、短期評価プロトコルとしての完成度を高める。

コスト・ベネフィット評価としては、まだ予備的な段階ではあるが、ヘルパー利用時間の節約による便益が示された。

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

なし

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

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

利用効果評価（短期評価）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

研究協力者：兼森祥子、木下 崇史、樋口 智和、藤野真理子、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利用効果評価（短期評価）手法の構築に関する研究をおこなった。短期評価のプロトコルの構築のために、海外調査、文献調査、短期評価プロトコルの試案作成をおこなった。また、文献からの試案作成と合わせ、重度肢体不自由者によるロボットアーム操作の実験による知見を得ることができた。

海外調査では、日本で販売されているオランダ製車いす装着型ロボットアーム（iARM：Intelligent Assistant Robot Manipulator）の開発元であるオランダの Exact Dynamics 社への調査と、同国のロボットアームのコスト・ベネフィット研究を行い、公的給付制度に関わった Zuyd University の G.J. Gelderblom 博士より経緯を聞くことができた。オランダでは 2006 年よりロボットアームが公的給付制度で扱われており、Gelderblom 博士の調査研究では、ロボットアームを導入することでユーザーの潜在能力がより上がることが期待でき、経済的費用を抑えることが出来るとしていた。またロボットアームの給付については、コスト削減よりもベネフィットを主にアピールしたことで給付補助を受けられるようになったとの情報を得た。Exact Dynamics 社からは、オランダの保険制度、iARM の対象疾患・障害として、デュシェンヌ型筋ジストロフィー症、脊髄性筋萎縮症、脳性麻痺などの対象者がいることがわかった。また、iARM のトレーニング方法、オランダの公認プロトコルの一部も入手できた。

文献調査・試案作成のための実験では、スウェーデンの先行研究からロボットアームの操作課題を抽出し、重度肢体不自由者とロボットアームの研究者からの意見を受け、短期プロトコル試案を作成した。試案項目は、観察、所要時間、失敗回数の記録、実施後の聞き取り調査、福祉用具満足度評価、福祉機器心理評価スケールになる。実験では 3 名の被験者に実施し、いずれの被験者においても、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。操作実施上の安全性、ロボットアーム操作の習熟による操作効率の変化、操作の正確性の記録ができ、今回試案した短期評価プロトコルを基本に、重度肢体不自由者へのロボットアーム適用評価が可能になると考えられた。

A. 研究目的

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利用効果評価（短期評価）手法の構築に関する研究を行う。

本年度実施された研究班での打ち合わせ会議（資料 1～3 参照）、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ー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操作の検証、予備実験などを行い、海外調査の結果も含めて、利用効果評価（短期評価）手法の検討を行う。

B. 研究方法

わが国で市販され、比較的入手が容易であるオランダ製車いす装着型ロボットアーム（iARM：intelligent Assistant Robot Manipulator）の開発元であるオランダの Exact Dynamics 社への調査、ロボットアームの生活場面での使用に関する先行研究調査、研究班での会議、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ーなども参加した研究会、国立障害者リハビリテーションセンター研究所における被験者による操作実験及び聞き取り調査などにより、本研究における短期評価プロトコルを考案する。

（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. 海外調査

重度肢体不自由者用ロボットアームのコスト・ベネフィット評価における研究では、評価プロトコルの構築を行うことが目的となる。その準備として、世界に先がけてロボットアームの開発および製品化を行っているオランダの調査を行った。さらに、オランダはロボットアームの公的給付制度によるサービスも実施しており、先駆的な取り組みを行っている。今回、ロボットアームを製品として販売している Exact Dynamics 社にロボットアームの公的給付制度における位置づけと、実際に給付する場合のプロトコルについて説明を受けた。また、ロボットアームのコスト・ベネフィット研究を行い公的給付制度に関わった、Zuyd University の G.J. Gelderblom 博士より経緯を聞くことができた。合わせて、実際にロボットアームを生活で使用している 2 ケースについて使用状況や様子を聞くことができたので報告する。この調査から得られる結果は、本研究の遂行に有用な知見となると考えられる。

オランダの保険制度、Exact Dynamics 社、Assistive Innovations 社の説明は Gertjan Ham 氏、Harry Stuyt 氏より受けた。説明と合わせてスライド資料を頂き報告書とした。

1. 1. オランダの保険制度

オランダには以下の 3 つの保険に関する法律がある。

- ① ZVW (Zorgverzekeringswet)
= 医療保険者に関する法律 (健康保険にあたる)
- ② AWBZ
(Algemene Wet Bijzondere Ziektekosten)
= 特別医療費に関する一般法律
- ③ WMO
(Wet Maatschappelijke Ondersteuning)
= 社会的サポート・支援に関する法律 (社会支援法)

①ZVW

- a. 内容として、オランダのすべての人は同等の医療サービスを受ける権利を持つ。これは「基本医療給付内容」と呼ばれる。基本医療給付内容に何が含まれるかはオランダ政府が決定する。
 - ・すべてのコストはカバーされていない。追加の保険加入は任意である。
 - ・2010 年度は 23.5 億ユーロ
- b. 基本医療給付内容
 - ・医療サービス (一般開業医、専門家訪問)
 - ・入院 ・精神科ケア ・基本的な歯科ケア
 - ・個人使用のためのテクニカルエイド
 - ・妊婦のケア ・投薬 ・救急車による搬送
- c. 医療保険会社 (民間企業) により実行されている
- d. 対象者は、オランダに居住している、または働いているすべてのオランダ人または外国人である。
 - ・財源は 2 部に分けられており、一つは毎月、個人が医療保険会社へ直接支払いをする。この支払いには、基本医療給付内容および各保険会社のオプション内容や変更が含まれる。もう一つは、毎月、雇用者がオランダ政府へ収入に応じて直接支払いをする。

補足)

2006 年に iARM が補助対象になり、ここから政府の補助から保険会社の補助に切り替わった。医療保険会社のための法律であり、民間企業が運営し大手 5 社がある。保険料や特約がある。保険のパッケージが 32 ある。テクニカルエイドも対象であり、ロボットアームは対象となっているが、iARM がすべての対象ではない。保険の対象者はオランダ在住者であり、日本人であっても申請できる。日本の保険制度とは異なるが、保険料は日本と類似しており会社と本人の 2 層だてになっている。国の責任のもと任意保険である。

②AWBZ

- a. 内容
 - ・AWBZ は、障害、慢性疾患、または高齢化により重度な制限を余議なくされる人に対して 6 カ月以上の長期ケア費用を支払う。
 - ・2010 年度は 32.8 億ユーロ

表1 ZVW・AWBZ・WMOの比較表

	ZVW	AWBZ	WMO
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・オランダのすべての人は同等の医療サービスを受ける権利を持つ。これは「基本医療給付内容」と呼ばれる。基本医療給付内容に何が含まれるかはオランダ政府が決定する。 ・すべてのコストはカバーされていない。追加の保険加入は任意である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・AWBZは、障害、慢性疾患、または高齢化により重度な制限を余議なくされる人に対して6カ月以上の長期ケア費用を支払う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本法の目的は、自宅での自立した生活をできる限り長期に維持し、社会参加をしてもらうことである。
対象となるサービス	<p><基本医療給付内容></p> <ul style="list-style-type: none"> ・医療サービス（一般開業医、専門家訪問） ・入院 ・精神科ケア ・基本的な歯科ケア ・個人使用のためのテクニカルエイド ・妊婦のケア ・投薬 ・救急車による搬送 	<p><5つのケア領域></p> <ul style="list-style-type: none"> ・1日24時間の個人援助 ・1日24時間の看護ケア ・指導・訓練 ・長期治療 ・施設への長期入所 	<p><基本内容></p> <ul style="list-style-type: none"> ・家事および日常生活活動の支援 ・住宅の適応 ・移動手段（近距離） ・介護者サポート ・移動用のテクニカルエイド ・Meals-on-wheels（食事を届けるサービス）
実行機関	<ul style="list-style-type: none"> ・医療保険会社（民間企業）により実行されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・Zorgkantoor=州立（国所有） 	<ul style="list-style-type: none"> ・市議会=州立（自治政府）
給付対象	<ul style="list-style-type: none"> ・オランダで居住している、または働いているすべてのオランダ人または外国人が対象である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・オランダに居住するすべての人。外国人には12カ月の順番待ちリストがある。 ・AWBZを利用するためには、CIZ（中央ケア承認機関）またはBJZ（青年ケア局）の承認が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢化、慢性疾患、障害、または精神疾患による制限を持つすべての人。 ・個々人に対してこの法律が適応となるかは市議会が決定する。市議会は専門性を持たないため、承認にあたってはCIZも活用している。
財源	<ul style="list-style-type: none"> ・財源は2部に分けられている 1. 毎月、個人が医療保険会社へ直接支払いをする。この支払いには、基本医療給付内容および各保険会社のオプション内容や変更が含まれる。 2. 毎月、雇用者がオランダ政府へ収入に応じて直接支払いをする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・財源は2部に分けられる。 1. オランダに居住するすべての人の収入のうち、一定率の額がオランダ政府へ自動的に支払われる仕組みになっている。 2. すべてのコストはカバーされない。AWBZの5つのうち4つのケア領域では18歳以上の個人には個人負担が求められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・州が資金提供するが、市議会は18歳以上の個人には個人負担を要求する権利がある。

- b. 5つのケア領域になる
 - ・1日24時間の個人援助
 - ・1日24時間の看護ケア
 - ・指導・訓練
 - ・長期治療
 - ・施設への長期入所
- c. 運営は Zorgkantoor=州立(国所有)になる
- d. 対象者はオランダに居住するすべての人。外国人には12カ月の順番待ちリストがある。
 - ・AWBZを利用するためには、CIZ(中央ケア承認機関)またはBJZ(青年ケア局)の承認が必要。
- e. 財源は2部に分けられる。
 1. オランダに居住するすべての人の収入のうち、一定率の額がオランダ政府へ自動的に支払われる仕組みになっている。
 2. すべてのコストはカバーされない。AWBZの5つのうち4つのケア領域では18歳以上の個人には個人負担が求められる。

補足)

長期的な疾病にかかっている人が対象。6カ月以上。ビレッジ(障害者のアパートメントなど)の利用者はこの保険を利用でき、24時間体制でアシスタントが必要な人なども対象となる。国の機関から補助を受けており、5社は政府の補助を受けている部門と一般の部門があり、こちらは政府の補助を受けている。申請は誰でも受けられ、CIZとBJZの2機関で適正かどうかの判断をする。

③WMO

- a. 内容
 - ・本法の目的は、自宅での自立した生活をできる限り長期に維持し、社会参加をしてもらうことである。
 - ・2010年度は1.6億ユーロ
- b. 基本内容
 - ・家事および日常生活活動の支援
 - ・住宅の適応
 - ・移動手段(近距離)
 - ・介護者サポート
 - ・移動用のテクニカルエイド

- ・Meals-on-wheels(食事を届けるサービス)
- c. 運営は、市議会=州立(自治政府)
- d. 対象者は、高齢者、慢性疾患、障害、または精神疾患による制限を持つすべての人。
 - ・個人に対してこの法律が適応となるかは市議会が決定する。市議会は専門性を持たないため、承認にあたってはCIZも活用している。
- e. 財源は州が資金提供するが、市議会は18歳以上の個人には個人負担を要求する権利がある。

補足)

障害者がビレッジ・リハセンターに住むのではなく、自立して個人の家に住むことができる法律であり、慢性の病気・メンタルの病気・高齢者が対象になる。高齢者で障害のある人も対象となる。車いす・介護バス・宅配食など。国の財源で地方政府が運営する。CIZに委託して対象者を判断し、上限は市によって異なる。

<全体の補足>

- ・ロボットアームはZVWのテクニカルエイドに明記されている。他の国の例では、ノルウェーではこれらの資金は政府の扱いであるためシンプルであり、2009年に同国のピンクブックにiARMが掲載された。デンマークでの扱いは市レベルとなる。現在、オランダではロボットアームを使うことで介護費用が減少するが、購入に費用がかかるのでバランスの問題があるとの議論もある。
 - ・オランダでロボットアームを公的制度に載せた経緯として、2000年~2005年に厚生労働省から研究による給付金がでていた。その結果ベネフィット評価で15%の介護の削減ができると報告され、2006年から公的給付対象となった。
 - ・ロボットアームを制度に載せる為には、利用者のQOL向上、障害者の社会貢献、介護費用の削減に繋がる事を理解してもらう必要がある。
1. 2. iARMのprotocols関係について
 - (Exact Dynamics 社、Assistive Innovations 社)
 - Exact Dynamics社はロボットアームの製造会社で

Assistive Innovations 社は選定適合と実際のサービスを行う。

①Assistive Innovations 社

a. 取扱い製品

- ・ロボットアーム
(・iARM ・eARM)
- ・ダイナミックアームサポート
(・DAS ・NAS ・Armon Ayura)
- ・食事支援機器
(・MealTime Partner ・Neater Eater
・Bestic ・Edero)

b. サービス内容

- ・適合と提案 ・取り付け ・トレーニング
- ・サービス

c. ロボットアームの対象疾患

iARM はオランダ国内で約 500 台が導入され、それらを使用している障害者の障害・疾患はデュシェンヌ型筋ジストロフィーが 37%で一番多く、次に脊髄性筋萎縮症、脳性麻痺、ベッカー型筋ジストロフィー、筋萎縮性側索硬化症、脊髄損傷となる。

・障害者の立場からの iARM 導入について

はじめに、一般の人が自分でできることが障害のある自分には出来ないことなどを作業療法士 (OT : Occupational Therapist) に相談する。OT と一緒に業者がユーザーを訪問しフィッティングをおこなう。ユーザーに何がしたいかを聞く。質問票リストに沿った形でメーカーサイドからユーザーに何をやってもらいたいかな質問を出す。次に見積もりを出す。Yes・No 形式のアンケートを行い、基準に照らし合わせて OT が判断をする。申請書には、対象者になぜこのようなモチベーションがあるかやロボットアームの必要性について、医療面・技術面・社会参加面などについての評価を行い保険会社に送る。最終的に保険会社により適合か不適合かが決まる。この段階で適合が出ないと補助が受けられない。実際はその前に練習用として使用しているので、使っているロボットアームを取り返すことは難しい。したがって、今まで不適合になったケースはないが、上記の適合申請が重要である。適合まで最短 2 週間、長くて 1 年半かかるケースもある。ま

た、追加のデータの提出を保険会社から求められることもあり、認可が出たかどうかは申請者でなくメーカーに連絡がある。連絡を受けてから使っている車いすにロボットアームをとりつける。フィッティングの適合期間は一般的にはトライポットで試用評価する。電動車いすに取り付けるのは認可が出るまで待ってもらうのが一般的である。

表 2 iARM の対象疾患・障害

障害・疾患	・%
デュシェンヌ型筋ジストロフィー	37%
脊髄性筋萎縮症 (1 型・2 型)	11%
脳性麻痺 (産性)	9%
ベッカー型筋ジストロフィー	7%
筋萎縮性側索硬化症	7%
脊髄損傷	7%
その他	22%

d. iARM の直接の給付について説明

・トレーニング方法

トレーニングは 3 つの段階があり、デリバリーと一緒に始まる。トレーニングのメニューは 5 つ。はじめは 3 つをやる。2 回目は 2~3 週間後にまたやる。自分でやりたい希望が出るのでそこでまた指導する。また、ピアカウンセリングのように先輩ユーザーの意見を聞いてもらう。3 回目の訓練が終わった後に感想の質問票を書いてもらう。英語版で供給システムのプロトコルがあるが、これは、Exact Dynamics 社が作ったものではなく、保険会社が作成し、共通版となっている。また、ロボットアームに限定したものではなく、一般機器に対してのものである。必要なのは介助犬なのかロボットアームなのかなど。メーカーに対しての Yes・No 版もある。大切なことはどれだけモチベーションがあるかなどを質問することである。

e. 日本でのロボットアームの導入方法についてのアドバイス

- ・日本では特別支援教育で学校に関わっていくのが良いのではないかと。小さいころからロボットアームに慣れておくことは良い。筋ジストロフィー患者の平

均余命は伸びている。(15%のコストカットの証明の様な事ができれば望ましい。リハビリテーションセンターで5~10台そろえて評価ができれば良いのだが。)

- プロジェクトの対象に子供を選ぶのであれば14~15歳の対象が良い。この年齢になると両親の手に負えなくなるし、自立の目覚めが出来てくる。それより小さいとロボットアームの大きさの問題がある。
- ロボットアームの対象者は小柄な場合が多く、クイッキー(電動車いすメーカー名)の電動車いすにとりつけられる。そのため16kgから9kgに軽量化した。またエレベーターに入るために重心を下にしてバランスをとるように工夫した。
- 以前訪問したロボットアームの使用者A氏(女性)のアームは少し小さかった。なるべく車いすの大きさより小さいものを意識している。
- 日本はロボット王国で有利ではないか。32ヶ所のリハビリテーションセンターがあり隣に学校がある。1台でも学校に入れば良いのに。子供はゲーム感覚、QOLが改善したというデータは沢山ある。コーヒーを飲めるかどうかではなく、カップで飲めるかどうかの考え方。三つの段階でトレーニングをするが、最初に母親に入ってもらおう。下の兄弟に対しても良い傾向がある。
- ロボットアームによる自立を阻むのは母親であることがある。デュシェンヌ型とベッカー型は親に依存することが多い。脊髄性筋萎縮症と脊椎損傷は自立型が多い。前者は発症が早いせいか、母親が過保護になる。

1. 3. ロボットアーム供給のための 公認プロトコル

Assistive Innovations社のGertian氏より、パワーポイントデータで情報を入手した。実際のプロトコルデータの和訳を資料4に掲載する。ここでは、プロトコルの全体像について紹介する。

前節にある、iARMの直接の給付について説明の中に、ロボットアームの適合評価について、OTと一緒に業者がユーザーと訪問しフィッティングを行うとある。そして、プロトコルにあるYes・No形式のアンケート

を行い、基準に照らし合わせてOT達が判断をする。

プロトコルの概要としては、志願者の基本情報、ロボットアームを使用する際の動機確認があり、あくまでも自立支援の考え方に基づいており、ロボットアームのみでなく、介助者との組み合わせも含めて、必要性を判断するようになっている。

項目では、動機に関する4項目、アプリケーションに関する12項目、適正・指示に関する4項目、特性評価に関する9項目で、これらの必要条件を満たすときのみ、ロボットアームは適応されるとなっている。詳細な取扱いについては、和訳資料4の原文において「動作&指示確認」の間に関する判断基準が抜けている可能性もあり、再度確認が必要である。

1. 4. ロボットアームのコスト・ベネフィット 研究

G.J. Gelderblom博士は、CVZ(オランダの健康省に関連するオランダ政府の諮問委員会)の要求であった「ロボットマニピュレータの適切な供給を行うための諸条件に関する調査」に関する研究代表者の一人である(2004年)。また、博士はZuyd UniversityのResearch Centre Technology in Careの主任研究員でもある。

①ロボットアームのコスト・ベネフィットの研究経緯

大学はライフサイエンスに関連する大学で取材も同大学でおこなった。博士のグループは学部所属でなく単独でアシスティブテクノロジーの研究をしている。コスト・ベネフィットの研究の他に福祉機器の開発に関与している。

MANUS(iARMのプロトタイプ)プロジェクトとは、前職の機関IRVで関わった。その後商品化する段階で、ロボットアームのコスト・ベネフィットの研究を国から求められた。

当時、ロボットアームの資金はチャリティに頼っており、オランダのサッカーチームの筋ジストロフィー者のための活動「マッスルからマッスルへ(筋肉から筋肉へ)」が大きな資金源となった。政府の外郭団体CVZから、どの資金を給付するか判断の査定のために研究を依頼され、2001年に給付に関する研究レポートが出された。

②ロボットアームのコスト・ベネフィットの研究方法について

研究について博士らは、コストの効率性を査定、社会での受け入れについて査定をしたが研究自体が難しかった。その当時、ロボットアームのユーザーは40名しかいなかった。CVZは40名より多くのユーザーを加えての研究を求めた。そのため、既存の40名と新たに使用する10名を選択した。それ以外のロボットアームを使わないグループ10名との比較を行った。MANUSを使うことで出来るようになった活動を調べ、基本的な、食べる・飲む・物を動かすなど、どれくらい介護量が減少したかなどについてOTの意見をもらった。このOTの意見を求めたことが重要であった。たとえば、平均1日1.5時間自立できる時間が増えると、60~70動作が出来るようになる結果が出た。それらにより、QOLスケールは大幅に改善した。方法は、長いインタビューと、質問票を用いた。

アシスティブテクノロジーの付加価値のスケールは少なかった。ツールとしてEATS (Efficiency of Assistive Technology and Services) の質問票、ライフハビットリスト、ゴールアチーブメント、満足度、QUESTなどを用いた。それらの結果について、2011年9月に論文として、テクノロジー・ディスアビリティに発表する。

コスト・ベネフィットについては、ロボットアームを使うことで、ユーザーの経済的費用を十分に削減できるかについては研究できているとは言えない。しかし、ロボットアームを導入することでユーザーの潜在能力がより上がることが期待でき経済的費用をセービング出来る。ロボットアームの給付については、コスト削減よりベネフィットを主にアピールしてから給付補助を受けられるようになった。政治的判断があり、2006年に法律化された。

CVZはユーザーの基準研究をする。障害・機能・社会的要素・やる気・家族構成・家の構造・介護犬との比較など、また、上肢機能として指は動くが肘が動かないために物をとることができないなど具体的な項目。また、上肢障害で歩ける人は対象としない。車いすには限られていない。デバイスの一つとしてMANUSが考えられた。

ICFを基礎としてユーザーにロボットアームの種類を選んでもらうことが重要である。ロボットアームが必要となったときに、どのロボットアームにするのか判断が必要であり、日本のマイスプーンでも良いのかなどが検討される必要がある。

オランダでのロボットアームのマーケットとしては、人口1600万人のうち、車いす対象者は8000人であり、さらにその内ロボットアームの対象者は400人と推計した。しかし実際には80人であった。2006年現在のオランダのマーケットは100万人に4~5人と考えられる。

1. 5. iARMの利用者情報

ロボットアームのユーザー2名に直接面会し、ロボットアームの使用状況の一部を得られたので報告する。

2名ともにArnhem在住で、ビレッジと言われる施設入所のB氏はデュシェンヌ型筋ジストロフィーの30代男性、自宅生活のA氏は脊髄性筋萎縮症の女性である。

<本人からのコメント>

①B氏 (男性)

- ・ロボットアームは生活を楽しむために利用している (図1)。



図1 全体像

- ・利き手の左手でジョイスティックを操作し、右手はオンオフの操作をする。
- ・体幹は左に傾いており、首が左上を向くので視野に入るように左にモニター・道具等を置く。
- ・iARMは以前と比べてコントロールボックスがシン

プルになり故障しにくくなった。

- iARM の故障はすぐに業者が対応してくれる。対応してくれないと生活の一部なので困る。
- 子どもの発達で「ノー」というのが最初の言葉の一つと思う。自分の自我の目覚めは2歳ごろだったと聞く。自分は4歳で診断を受けたが、何でも自分でやりたい気持ちが強かった。
- 自分の経験から、少しでも早い時期に自立心を高めるためにもロボットアームを導入するほうが良い。
- 環境制御装置 (ECS) で室内環境をコントロールできる。車いす・電器・カーテン・コンピューターの電源・電話など。
- 血液の循環が悪くなると手が動かなくなるため、ヒーターで手を温めている。取り外しは簡単である。
- 今の電動車いすはオランダ製だったが、現在はノルウェーに買収された。人工呼吸器、バッテリーなど附属機器が多いので電動車いすはバランスをとるために大きなものになる。
- ロボットアームは外にいても使えるので、酒も飲めるし、煙草も吸える。ビールはストローでなくコップから飲めるのが重要。
- 自分は街に出て社会参加をしたい。健常者の友人と外出する時に友人に頼みたくないこともあるが、アームを使えば自分でできる。



図2 お菓子を食べる

- ロボットアームの問題は、壊れることが心配なのでコンサートなどの大変な人ごみでは利用しない。ロボットアームがあると、最初は人の目も気になったが今は気にならないし、これが無くなると困る。

- ベッドからリフトで車いすに移乗して、部屋で身づくろいをして、朝食は食べないでランチは施設内食堂で食事をする。準備はしてもらいが食事は自分でとる。施設から在宅の話はあるが、機器が壊れたときにすぐに対応してもらえるかを考えると、自分としてはここにいることを希望している。
- 実際の動作として、1cm 四方の小さなお菓子をつまんで食べた (図2)

②A 氏 (女性)

- ユーザーとしてロボットアームに欲しい機能は、音声コントロールになること。カメラ機能があって体がずれても、それを自動認識して操作できるようになるとよい。
- ロボットアームは12年間使用している。
- ロボットアームを使用するきっかけは、ビレッジに居住しているときに雑誌でみて、すぐに欲しいと思った。MANUS を販売していたRTD 社に欲しいと相談して申請したが、申請は却下され補助金はおりなかった。それから、3~4年後に申請して生命保険会社から入手した。2台目も生保会社から入手した。現在3台目になるが、別のロボットアームを進められたがコストに差がないので iARM を使用している (図3)。



図3 全体像

- 3台目の iARM は金曜日に納品され、土・日に自分で操作してみた。一般的にはトレーニングセンターで練習するが、3台目なので自分で30分の練習を行った。練習には知能も大切だがモチベーションが

より大切。

- 電動車いすとのセッティングやカスタマイズは車いす業者がやる。Exact Dynamics 社はインターフェイスのみをやる。ロボットアームを初めて練習するときには、OT が関与しないと絶対に使えないと思う。適合評価ではユーザーが OT を選べる。
- ロボットアームの便利なことは飲むことと食べること（自分の手でパンが食べられた）。かゆいところを自分でかける。ボタンを押すなど。
- 小さな子供に自分からお菓子をあげることができた。姪と遊ぶことができる。
- 銀行の ATM 操作ができる。これは人には頼めなかった。プライバシーが保たれるようになった。ロボットアームを使う前は、電話はスピーカーを使っていたが、現在は自分で受話器をとれるようになった。ただし、受話器を元の場所に置くことはできない。

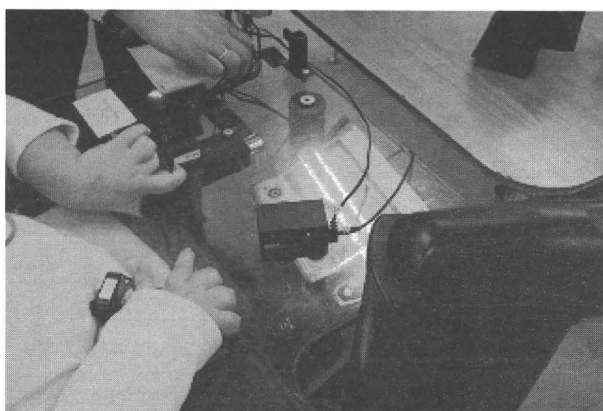


図4 クリアカットテーブル

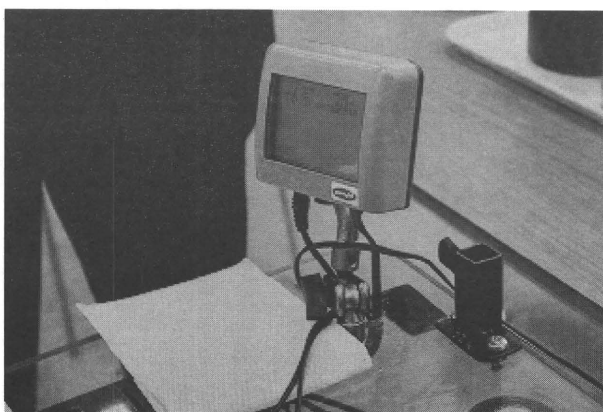


図5 ECS

- 電動車いすのクリアカットテーブルにて、右手親指

でジョイスティック操作、左手で環境制御装置などを操作する（図4）

- 環境制御装置のモニター画面（図5）

1. まとめ

2名のユーザーともに、進行性疾患であり、電動車いすに人工呼吸器を搭載している。メーカーの担当者によると、B氏（男性）の電動車いすは全重量が300kg近くになるという。ロボットアームの操作は2名ともに熟達しており、自分の手としての活用をしている。B氏（男性）はロボットアームとパソコンを駆使して、趣味の作曲をしている。また、A氏（女性）は、デイセンターにてのインタビューであったが、電動車いすによるセンター内案内やロボットアームの長いユーザー歴があり、今後更なるロボットアームの自動化を望んでいるとのことであった。

Assistive Innovations 社の営業のコメントとして以下のことが挙げられた。

ロボットアームの選定適合では、OT が重要な役割をしている。オランダでは OT には 2 種類の役割があり、1 つはトレーニングセンターのセラピストとして生活全般にかかわる。もう一つはアシスティブテクノロジーの中で、選定・適合を行う役割である。

2. 文献調査

スウェーデンで行われた先行研究では、ロボットアームを電動車いすに取り付けた状態で 8 名のユーザーに 1 日 3~4 時間、1~2 日間の使用にて実生活場면을想定したいくつかの課題を実施し、実施後にアンケート調査が行われた¹⁾。この報告では複数の課題が提示され、その中から被験者自身が課題を選択して実施している。提示された課題のうち、

- 台所の食器棚からグラスを取り出し、冷蔵庫から水差しを取り出してグラスに注ぎ、必要であればストローを差して飲む。
- 本やバインダーを棚から取り出し、テーブルまたは自身の膝に置く。
- ビデオテープをビデオデッキに入れ、その後ビデオテープをテーブルに戻す。