

201224007B

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22～24年度 総合研究報告書

研究代表者 井上 剛伸

平成25(2013)年3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22～24年度 総合研究報告書

研究代表者 井上 剛伸

平成25(2013)年3月

目次

I. 総合研究報告の概要	-----	1
--------------	-------	---

井上剛伸

平成 22 年度

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	-----	3
-------------------------------	-------	---

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	-----	9
----------------------	-------	---

木之瀬隆

2. 筋疾患患者での適応について	-----	35
------------------	-------	----

小林庸子

3. 末梢神経疾患患者での適応について	-----	43
---------------------	-------	----

木之瀬隆

4. 頸髄損傷者での適応について	-----	49
------------------	-------	----

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	-----	53
--	-------	----

我澤賢之

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	57
---------------------	-------	----

IV. 資料	-----	59
--------	-------	----

平成 23 年度

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	-----	109
-------------------------------	-------	-----

井上剛伸

II. 分担研究報告

1. 有効性評価手法の構築	-----	115
---------------	-------	-----

木之瀬隆

2. 神経・筋疾患患者での有効性の検証	-----	123
小林庸子		
3. 頸髄損傷者での有効性の検証	-----	127
中山 剛		
4. 社会コストに関する検証	-----	133
我澤賢之		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	139
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	141
V. 資料	-----	151

平成 24 年度

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	-----	189
井上剛伸		
II. 分担研究報告		
1. ロボットアームの導入が及ぼす作業の変化と生活満足感についての検証	-----	195
荻山泰地		
2. 筋疾患患者での適応について	-----	201
前野 崇		
3. 頸髄損傷者での有効性の検証	-----	209
中山 剛		
4. 脳性まひ者等での有効性の検証	-----	217
木之瀬隆		
5. 重度肢体不自由者用ロボットアーム導入にともなうコスト・ベネフィットの評価	---	223
我澤賢之		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	237
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	239
V. 資料	-----	247

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）

総合研究報告書 サマリー

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
研究分担者 木之瀬隆・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・客員研究員
萩山泰地・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・助教
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
前野 崇・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・医員
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・主任研究官
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

先端福祉機器の利活用には、市場規模の問題や給付制度の問題など、多くの課題が存在する。本研究では、技術的には実用レベルに達したにもかかわらず利活用に至らない先端福祉機器として、肢体不自由者用ロボットアームを取り上げ、その課題解決の方策の一つとして、コスト・ベネフィット評価を行うことで、その糸口を探ることとする。肢体不自由者用ロボットアームは頸髄損傷や神経・筋疾患などによる四肢マヒ者においては、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、普及がなかなか進まないのも現実である。平成 20 年にまとめられた厚生労働省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、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。この目的を達成するために、以下の達成目標を設定した。

- ①ロボットアームの評価プロトコルの構築（H22, 23 年度）
- ②頸髄損傷者による有効性の検証（H23, 24 年度）
- ③神経・筋疾患による有効性の検証（H23, 24 年度）
- ④ロボットアーム導入による社会コストの導出（H22, 23, 24 年度）
- ⑤ロボットアーム普及に向けた提案（H24 年度）

ロボットアームの評価プロトコルは、オランダでの評価プロトコル等を参考として、2 日程度の短期評価（H22 年度）と 3 ヶ月を基本とした長期評価（H23 年度）に分けて構築した。詳しくは平成 24 年度報告の資料 3、4 を参照。

短期評価では、頸髄損傷者、筋ジストロフィー患者、脳性マヒ者等を対象として実施し、その結果が

ら、プロトコルの課題の遂行には、3分～40分程度の所要時間がかかり、筋ジストロフィー患者では他と比較して早い傾向が示された。また、脳性マヒ者については、4名中2名が課題の遂行が不可能であり、適応には注意が必要であることが示された。心理的評価の結果では、QUEST2.0得点でやや満足～満足を示し、PIADSでは正の効果が示されたものの中等度の効果であることが示された。心理的効果についても、筋ジストロフィー患者で高い傾向が示された。(H23, 24年度)

長期評価では、頸髄損傷者および筋ジストロフィー患者を対象として実施し、その結果から、ロボットアームを利用することで、ADLやiADLに向上が見られた。心理的評価の結果では、QUEST2.0でやや満足、PIADSでやや正の効果が示された。また、作業質問紙を用いたロボットアームの導入前後での作業の評価からは、1～2つの作業が加わったとの結果が得られたが、9割以上の時間帯の習慣に変化を認めなかった。しかし、作業の変化として抽出された「水分補給」では、自分のタイミングで人に介助を頼まず飲めることがうれしいとのコメントが得られた。このことから、ロボットアーム導入によって変化するのは、作業の質であり、これまで行っていた作業の中で活用できるところから始めていると考えられる。また、加わった数少ない作業として、「お酌をする」「猫をじゃれさせる」「軽食の準備をする」という作業においては、自分から他者(ペット)との交流を伴う能動的な作業という点で共通していた。また、新たに加わった作業はこれら以外にはほとんどなかったが、生活満足感が維持・向上した。以上のことから、自分で他者との交流を伴う能動的な作業が可能となることが、生活満足感が向上につながる可能性が高いと考えられる。また、これらの作業は、ロボットアーム導入が可能にした作業であり、重度肢体不自由者に共通した潜在的な作業ニーズであることが考えられる。(H24年度)

コスト・ベネフィットの評価結果からは、介助時間を尺度とした対象機器に対するユーザーの主観評価結果より、機器の価値が機器導入価格に見合うとするユーザーがいる可能性が示された。ただしその一方で、ロボットアームの導入により、現在の介助サービスの利用時間を減らすことができるかについては、否定的な意見を示した被験者・当事者もいた。金額を尺度とした主観評価結果ではロボットアームの推定導入費用以上の評価をした被験者はいなかった。このことは、ロボットアームの入手手段が現在の市場価格のもとでの私費購入に限られる場合、普及が進まないことを示唆している。また、タイムスタディの結果から、ロボットアーム導入によりその導入費用に見合う介助に要する実時間が短縮するかどうかについて検討したところ、一概に介助時間が短縮するとは言えない結果が得られた。明確な結論を得るためには、今後データの蓄積を進める必要がある。(H22, 23, 24年度)

高額・高機能な福祉機器の普及には、自費での購入が難しく、公的給付の影響が大きい。資料1に示した公開研究会における議論でも、その点は指摘されたが、一方で介助時間を削減することに対する当事者の反対意見も多く出された。一概にコストのみで判断することの難しさが示されたといえる。これらの議論をふまえて、当事者がその福祉機器の利用価値を的確に判断するための機会が少ないことが問題点としてあげられた。その解決策として、臨床評価や試用の充実や、レンタルサービスを広めることも重要である。利用する機会が増え、自分でできることが増えることを実感し、利用者がその価値を認め、その上で再度コストの議論をすることも必要である。時間がかかるプロセスではあるが、着実な進め方といえる。(H24年度)

平成 22 年度

I. 総括研究報告
(平成 22 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）
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

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、

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。

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對し、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。

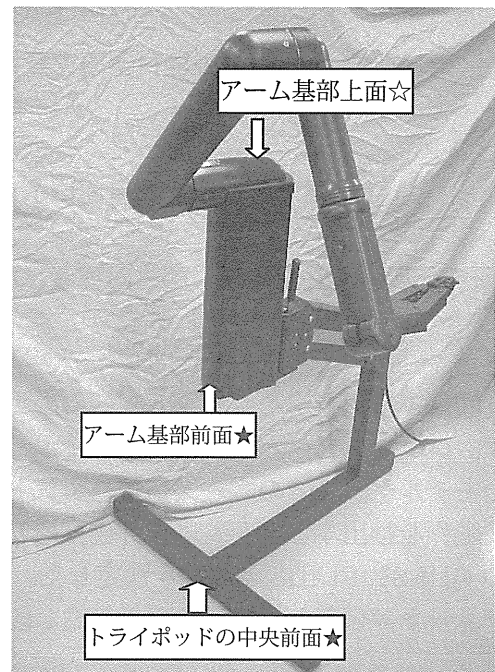


図1 iARM 開始位置

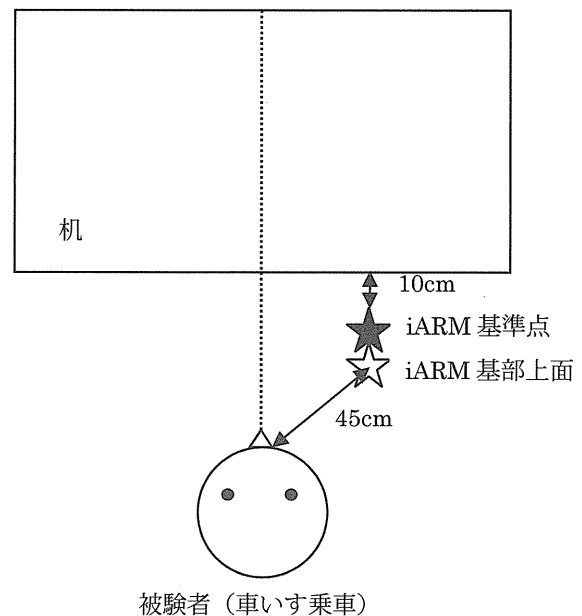


図2 iARM 設置位置模式図(上面図)

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。

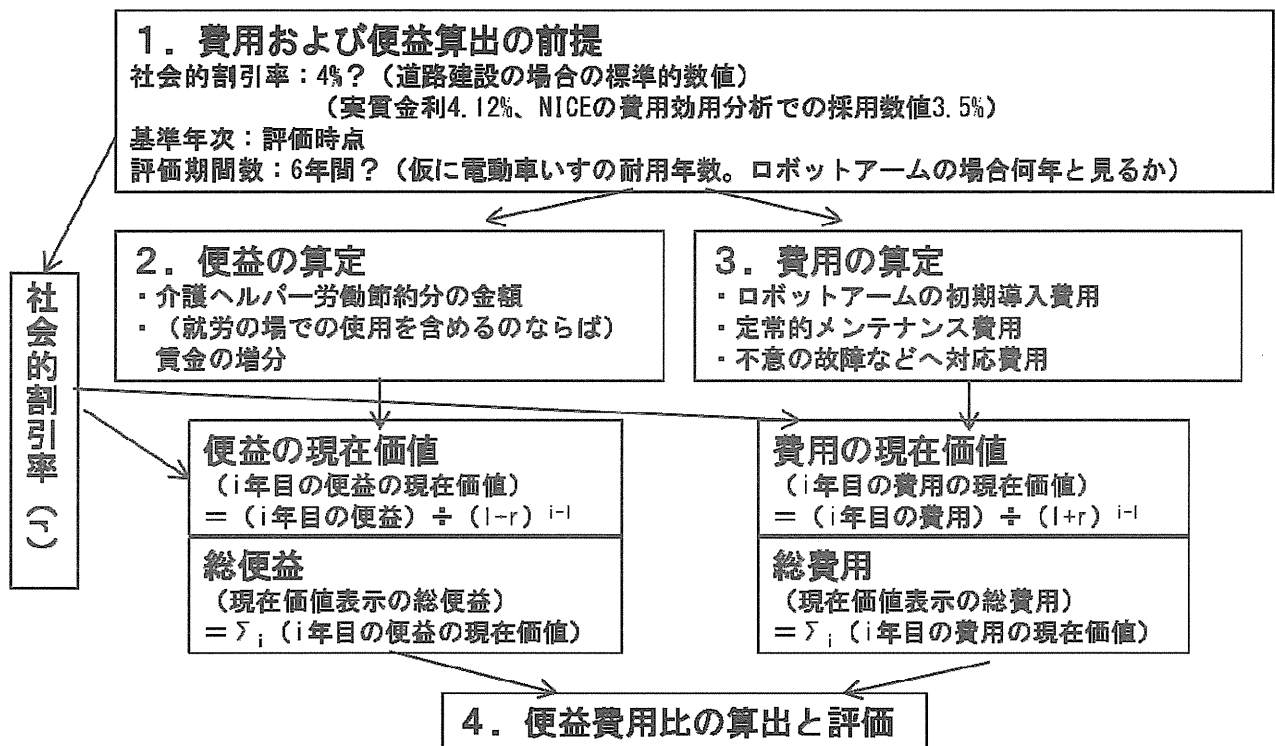


図3 費用便益分析の構造

- ・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。

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もしなかった」「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
(平成 22 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

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。 ・個人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。

- ・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。
- 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。

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。

<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ためには、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。

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

1. 2. iARMのプロトコル関係について
 - (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、筋委縮性側索硬化症、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へ送る。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（痙性）	9%
ベッカー型筋ジストロフィー	7%
筋委縮性側索硬化症	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。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