

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② 対象物の把持状態。持ち上げる際に滑り落ちなければ可。
- ③ ペットボトルを目標位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。

※途中でペットボトルを落としたり倒してしまったりした場合は課題のはじめから再実施する。その際、失敗、再実施の回数を記録する。

◆課題 2-2 ペットボトルの移動と設置。

紙面左方の円に設置されたペットボトルを持ち上げ、右方の円へ移動させ、ハンド部を開いて離し、右または上方などにアームを移動させ、完全にペットボトルからアームを離す。

同様にペットボトルを右方の円から左方の円内に戻す。

目的：物品を移動させて目標位置に下ろす動作の練習および可否の判定。

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② しっかりと把持し、持ち上げる際に滑り落ちなければ可とする。
- ③ ペットボトルを目標位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。
- ④ 途中でペットボトルを落としたり倒してしまったりした場合は課題のはじめから再実施する。その際、失敗、再実施の回数を記録する。

◆課題 2-3 コップに水を注ぐ動作の確認（課題 2-5 の予備実験）

基準用紙 2 を使用する。

左の円にコップ、右の円に空のペットボトル、被験者正面奥の円に首を曲げたストロー 2 本を入れたコップを設置する。

右側円内の空のペットボトルを持ち上げ、左側円内に置かれたコップに水を注ぐ動作を行う。その後、ペットボトルを元の位置（右の円内）に戻す。

目的：課題 2-5 の予備実験。安全性の確認。

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② アームやペットボトルでコップを押してずらすことなく注ぐ動作を行うことができるか確認。ずらしてしまった場合には、ずれ量を点数で記録。
- ③ ペットボトルの口が、注ぐ動作中にコップからずれていないかを目視で確認する。
- ④ ペットボトルを元の位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。
- ⑤ 途中でペットボトルを落としたり、倒してしまったりした場合は課題のはじめから再実施する。その際、失敗、再実施の回数を記録する。

◆課題 2-4 コップにストローを挿して飲む動作の確認（課題 2-6 の予備実験）

基準用紙 2 を使用する。物品の配置は課題 2-3 に準ずる。課題 2-3 により各種物品の位置がずれている場合は、それぞれの既定位置に置き直してから開始する。

被験者は正面のコップからストローを取り、左円内のコップにストローを挿す。ストローの入った空のコップを口元までもっていき飲みやすい位置に調節し、5 秒程度停止する。その後、元の場所（左側の円内）にコップを戻す。

目的：2-6 の予備実験。コップにストローを挿し（巧緻操作）、口元にコップを持っていく動作の可否および安全性を確認する。

- ① 判定基準：全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② ストローをコップに上手く挿せるか目視で確認する。
- ③ コップを落とさずに口元まで持っていけるか、水がこぼれるような動作をしていないかを目視で確認する。
- ④ コップを元の位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。
- ⑤ 途中でストローを全て落としてしまったり、コップを倒してしまったりした場合は課題のはじめから再実施する。その際、失敗、再実施の回数を記録する。

## ◆課題 2-5 コップに水を注ぐ

物品の設置場所は課題 2-3 に順ずる。ペットボトルには半分程度（約 250ml）水またはお茶を入れておく。課題 2-3 で行った動作を、水分を用いて実場面に準ずる形で行う。コップに水分を半分程度（目印程度まで）注ぐ。

水がこぼれた際の衣服の汚れ防止のため、エプロン、タオルなどを被験者に着用して保護する。

目的：コップに水をこぼさずに注ぐ動作の可否を確認する。

判定基準：

- ① 課題 2-3 の判定基準に準ずる。
- ② 水をこぼさずに動作を実施可能か確認する。
- ③ 目標量をコップに注ぐことができたかを確認する。
- ④ 途中で水をこぼしそうな場合は、介入して一度動作を止め、課題のはじめから再実施する。失敗、再実施の回数を記録する。
- ⑤ ペットボトルを元の位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。

## ◆課題 2-6 コップにストローを挿して飲む

ストローの入ったコップなど物品の配置は課題 2-4 に順ずる。課題 2-5 でコップに水を注いだ状態から開始する。課題 2-5 で物品が既定位置よりずれた場合は、位置を修正してから開始する。

課題 2-5 で水を注いだコップにストローを挿し、そのコップを口元の飲みやすい位置まで持って行き、5 秒程度停止する。その後、元の位置にコップを戻す。被験者の希望があれば、実際に水分を摂取しても良い。その際は特記事項に記載し、飲水に要した時間も記録する。

目的：設定した生活場面において水分摂取を行えるかの可否を判定する。

判定基準：

- ① 課題 2-4 の判定基準に準ずる。
- ② 水をこぼさずに動作を実施可能か確認する。
- ③ 途中で水をこぼしそうな場合は、介入して一度動作を止め、課題のはじめから再実施する。失敗、再実施の回数を記録する。
- ④ コップを元の位置（円内）に正確に置けているか点数を記録する。

## 4.3 課題 3 読書準備

## 【実験目的】

iARM をトライポッド、または車椅子に取り付けた状態において、日常生活の中で行われる動作より抽出した読書準備の動作を設定し、実施の可否及び所要時間を確認する。

また併せて、物品の持ち直しなどのやや複雑な動作を行えるかを判定。

## 【実験環境】

iARM の設置位置は基本の環境設定に準ずる。

模擬本棚（段ボール箱）、基準用紙 3 を被験者の正面に設置する。（図 5 参照）奥側の黒枠線に模擬本棚の手前が合うように設置する。（手前側の枠は取り出した本を置く目標枠）

## 【実験方法】

模擬本棚（図 6）より指定の本（高さ 20.8cm、幅 15cm、厚さ 1.6cm 程度の大きさ）を取り出し、本の表紙が被験者自身から文字を読める方向で手前の枠内に置く。既定の位置に本を置く際に、一度机の上に本を置いて持ち直したり、向きを変えたりしてもよい。終了の合図は、被験者自身が目標の位置に置けたと判断したら、「終わりました」「出来ました」と声をかけてもらう。

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② 本を操作する途中で、意図せずに落とすことはないか目視で確認する。落とした場合は回数を記録する。
- ③ 本を落とした際、被験者自身での修正・本の取り上げ等が可能であれば課題を続行し、被験者自身での修正が困難な場合は課題のはじめから再実施する。その際、特記事項にやり直し回数を記録する。
- ④ 物品の操作に実験従事者のアドバイスが無くても、自身で考えながら実施することが出来るか判定する。（※ 実験開始後暫くの間、実験従事者はアドバイスを与えないように注意）

被験者 ID :

- ⑤ 自身での操作は困難だが、アドバイスを与えれば実施可能な様子であれば、適宜アドバイスをを行いながら実施する。
- ⑥ 本を目標位置（枠内）に正確に置けているか点数を記録する。

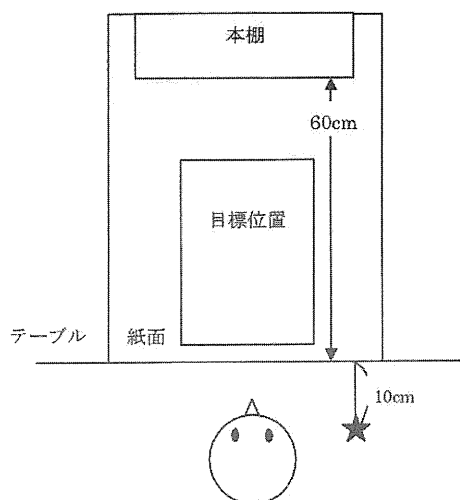


図5 読書準備実験の物品配置

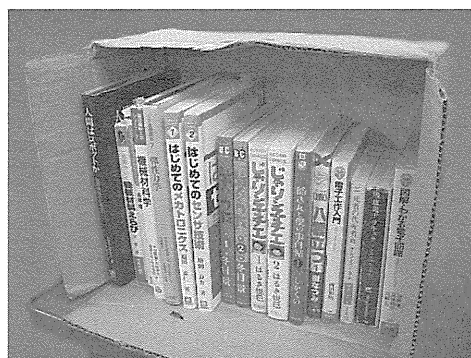


図6 模擬本棚

#### 4. 4 課題4 書類操作

##### 【実験目的】

iARM をトライポッド、または車椅子に取り付けた状態において、日常生活の中で行われる動作より抽出した事務作業の内の書類操作の動作を設定し、実施の可否及び所要時間を確認する。

また併せて、平坦で把持しにくい紙面・書類の取り上げ方という高度で応用的な使い回しを、自ら考えて実施可能かを判定する。物品の持ち直しなどの複雑な動作を行えるかを判定。

##### 【実験環境】

iARM の設置位置は基本の環境設定に準ずる。

基準用紙4を被験者の正面に設置し、枠内に書類を置く。

##### 【実験方法】

書類を机から持ち上げ、被験者から文字が読める位置（顔の正面）まで移動させる。その後、規定の位置に戻す。

書類の取り上げ方法や、移動の方法は被験者に任せる。机の上に置いて持ち直したり、向きを変えたりしてもよい。

終了の合図は、被験者自身が目標の位置に置けたと判断したら、「終わりました」「出来ました」と声をかけてもらう。

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② 被験者自身が読みやすい位置に書類を持つてくることができるかを確認する。
- ③ 書類を操作する途中で、意図せずに落とすことはないか目視で確認する。落とした場合は回数を記録する。
- ④ 書類を落とした際、被験者自身での修正・書類の取り上げ等が可能であれば課題を続行し、被験者自身での修正が困難な場合は課題のはじめから再実施する。その際、特記事項にやり直し回数を記録する。
- ⑤ 物品の操作に実験従事者のアドバイスが無くても、自身で考えながら実施することが出来るか判定する。（※実験開始後暫くの間、実験従事者はアドバイスを与えないように注意）
- ⑥ 自身での操作は困難だが、アドバイスを与えれば実施可能な様子であれば、適宜アドバイスをを行いながら実施する。
- ⑦ 書類を目標位置（枠内）に正確に置けているか点数を記録する。

#### 4. 5 課題5 リモコンの拾い上げ

##### 【実験目的】

iARM をトライポッド、または車椅子に取り付けた状態において、日常生活の中で行われる動作より抽出した床からの物品拾い上げ動作より、リモコンの拾い上げ動作を設定し、実施の可否及び所要時間を確認する。

##### 【実験環境】

iARM と被験者の位置関係は基本の環境設定に準ずる。

机の角が iARM の基準点から前方に 10cm、左方に 40cm の位置となる場所に机を設置する (図 7 参照)。

リモコンを iARM の基準点から前方 30~35cm の位置で、操作者からの視界を確保できる位置に裏返して設置する。この設置場所は操作者からの視界確保の必要に応じて調整可とし、調整した場合には距離を特記事項に記載する。

基準用紙 5 をテーブルの角に合わせて設置する。

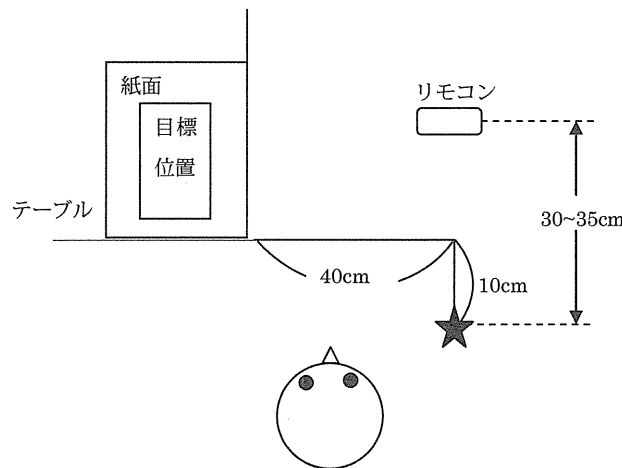


図 7 リモコン拾い上げ実験の環境設定

##### 【実験方法】

床に設置したリモコンを拾い上げ、テーブル上の規定位置に置く。

規定位置に置く際にはリモコンの向きを修正し、ボタン及び表示が操作者自身から見えやすい方向にして置く。

リモコンの向きを修正する際は、一度机の上に置いて持ち直したり、向きを変えたりしてもよい。

終了の合図は、被験者自身が目標の位置に置けたと判断したら、「終わりました」「出来ました」と声をかけてもらう。

判定基準：

- ① 全ての動作にかかった所要時間を記録する。
- ② リモコンを拾い上げ、被験者自身が見やすい方向でリモコンを置く事が出来ているかで可否を判定する。
- ③ リモコンを拾い上げて机の上に置くことは出来たが、向きの修正が出来ていない場合は、拾い上げの判定は可として、その事実を特記事項に記載する。
- ④ リモコンを途中で落とすなどして、更に iARM の到達範囲外に出てしまった場合には、はじめから再実施する。
- ⑤ リモコンを途中で落としても、再度拾い上げて継続可能な場合は課題を継続する。但し特記事項に落とした事実とその時の経過時間を記載する。
- ⑥ 物品の操作に実験従事者のアドバイスが無くても、自身で考えながら実施することが出来るか判定する。(※実験開始後暫くの間、実験従事者はアドバイスを与えないように注意)
- ⑦ 自身での操作は困難だが、アドバイスを与えれば実施可能な様子であれば、適宜アドバイスをを行いながら実施する。
- ⑧ リモコンを目標位置 (枠内) に正確に置けているか点数を記録する。

被験者 ID :

5. 記録用紙

実施日 :

被験者 ID :

実験従事者 :

記録者 :

実施場所 :

その他 :

【課題1 基本動作】

課題	作業	成否	所要時間	特記事項
検査1 大球 左枠から右枠へ移動 (5つ)	1球目			
	2球目			
	3球目			
	4球目			
	5球目			
検査3 大直方 左枠から右枠へ移動 (5つ)	1個目			
	2個目			
	3個目			
	4個目			
	5個目			

【課題2 水分摂取】

課題	作業	所要時間	成否 (失敗回数)	特記事項
2-1 ペットボトルの把持・設置 (ペットボトルを持ち上げた後同じ位置に置く)	ボトルを持ち上げる			
	ボトルを置く			
2-2 ペットボトルの移動・設置 (左右に30cm移動させて置く) (中身空)	ボトルを持ち上げる			
	ボトルを右方に移動し置く			
	ボトルを持ち上げる			
	ボトルを左方に移動し置く			

被験者 ID :

【課題2 水分摂取】 つづき

課題	作業	所要時間	成否 (失敗回数)	特記事項
2-3 コップに水を注ぐ動作の 確認 (中身が空の状態で行う)	ペットボトルを持ち上げる			
	コップに注ぐ動作			
	ボトルを元の位置に置く			
	計			
2-4 コップにストローを挿し 飲み物を飲む動作の確認 (中身が空の状態で行う)	ストローを掴む			
	ストローをコップ内に入れる			
	コップを持ち上げて、口元まで 近づけ飲む動作を行う			
	コップを元の位置に置く			
計				
2-5 コップに水を注ぐ	ペットボトルを持ち上げる			
	コップに注ぐ動作			
	ボトルを元の位置に置く			
	計			
2-6 コップにストローを挿して 飲む	ストローを掴む			
	ストローをコップ内に入れる			
	コップを持ち上げて、口元まで 近づけ飲む動作を行う			
	コップを元の位置に置く			
計				

被験者 ID :

**【課題3 読書準備】**

課題	作業	所要時間	成否 (失敗回数)	特記事項
本棚から指定の本を取り出し、机上の枠内に表紙を表にして置く	本を取り出す			
	本を置く			
	位置を調整する			
	計			

**【課題4 書類操作】**

課題	作業	所要時間	成否 (失敗回数)	特記事項
書類を机から取り上げ、自身から見える位置に掲げ内容を確認した後、元の場所に置く	紙束を掴んで掲げる			
	紙束を置く			
	位置を調整する			
	計			

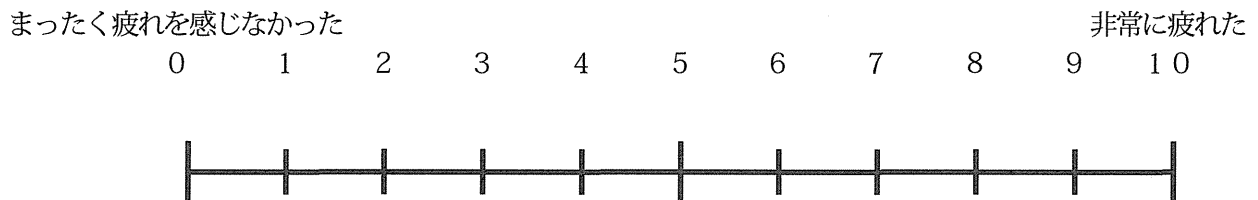
**【課題5 リモコンの拾い上げ】**

課題	作業	所要時間	成否 (失敗回数)	特記事項
床に落ちたリモコン (ボタン側が下)を拾い上げた後、机の上に自分から数字が読める方向で置く	リモコンを拾う			
	机の上に置く			
	計			

<実験終了後の聴取項目>

Q. ロボットアームを使って操作をしてみて、かかった時間を長く感じましたか。

Q. 今回ロボットアームを使用してみて疲労感を感じましたか。  
0 から 10 までの間で該当する辺りに印をつけてください。

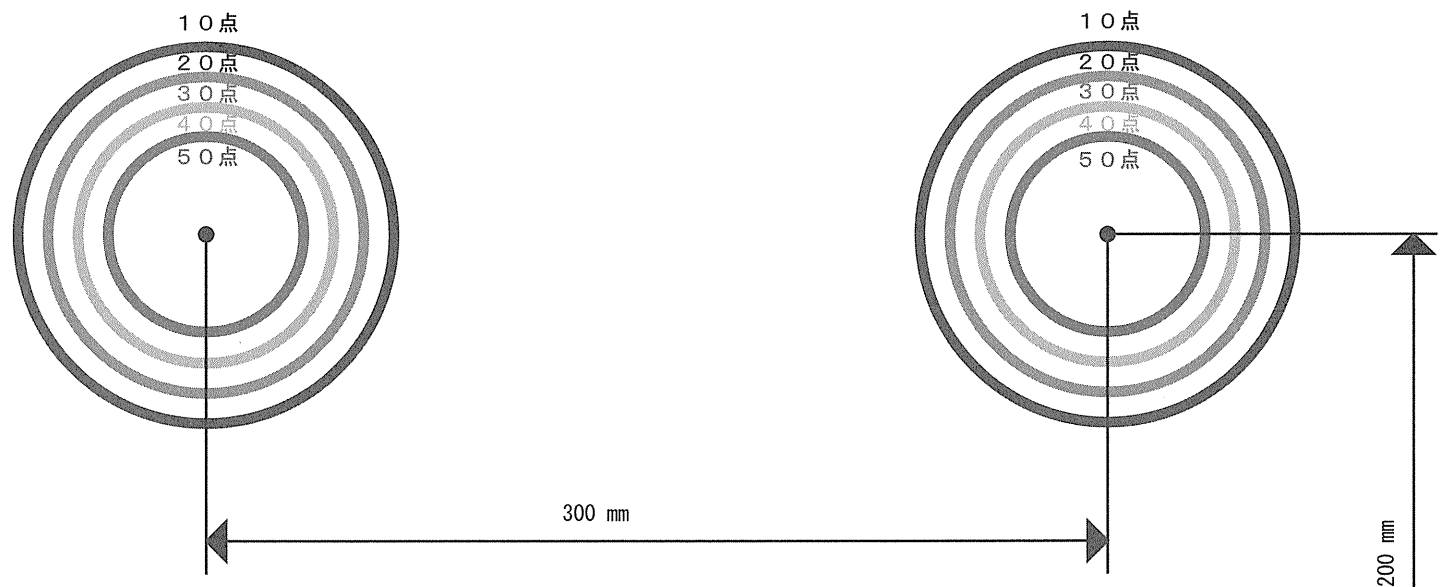


疲労を感じた場合は、体のどの部分がどのように疲れたかお答えください。

Q. 今回使用してみたロボットアームを、実際の生活でどのような部分で使用してみたいですか。



実験基準用紙① (説明用)  
ペットボトル移動実験  
※図中の寸法は実験用のものには記載されない

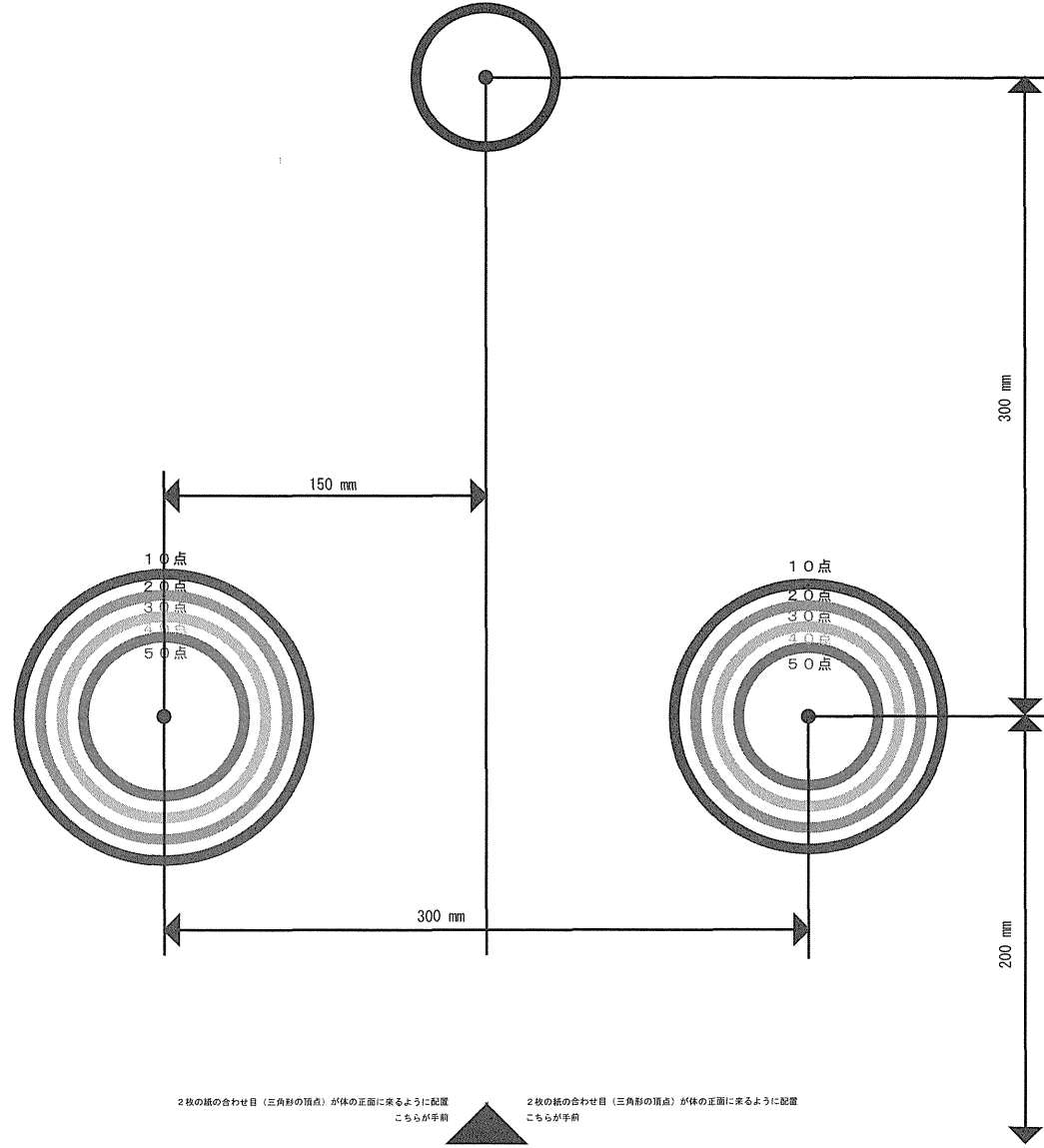


2枚の紙の合わせ目(三角形の頂点)が体の正面に来るように配置  
こちらが手前

2枚の紙の合わせ目(三角形の頂点)が体の正面に来るように配置  
こちらが手前

紙面枠

実験基準用紙② (説明用)  
飲水動作実験  
※図中の寸法は実験用のものには記載されない



紙面枠

実験基準用紙③ (説明用)

本の取り出し

※図中の寸法は実験用のものには記載されない

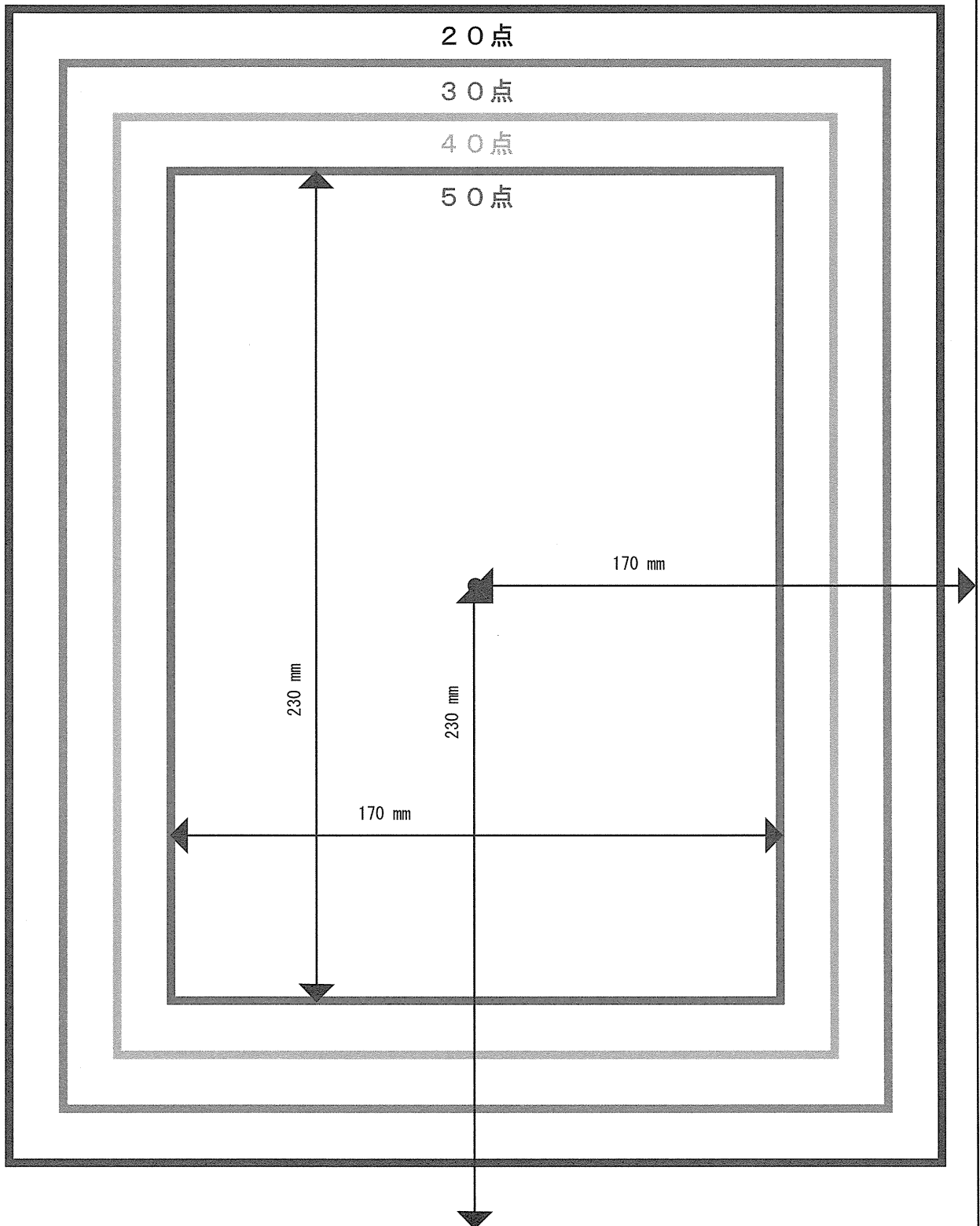
10点

20点

30点

40点

50点



紙面枠

実験用基準紙④ (説明用)

書類操作

※図中の寸法は実験用のものには記載されない

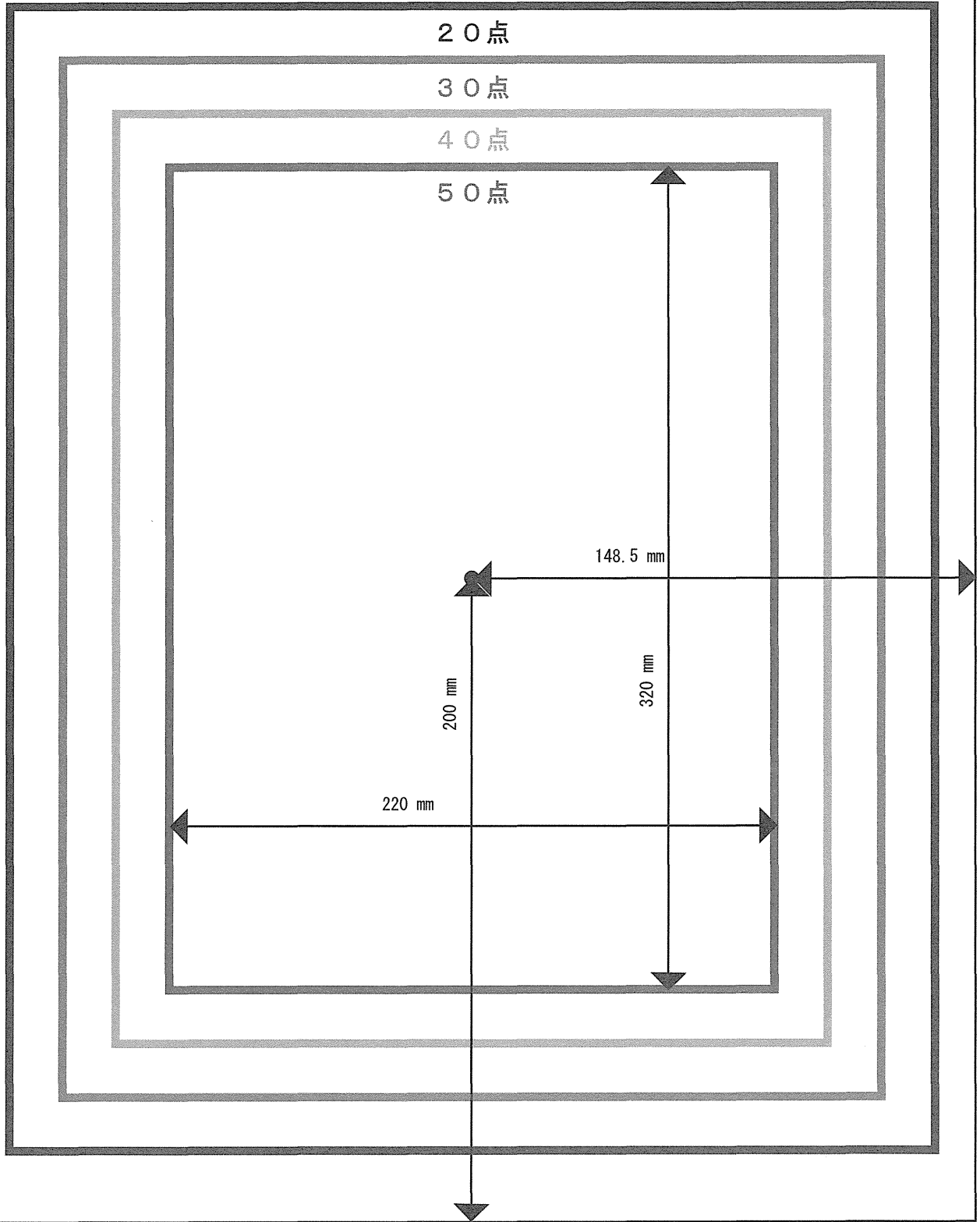
10点

20点

30点

40点

50点

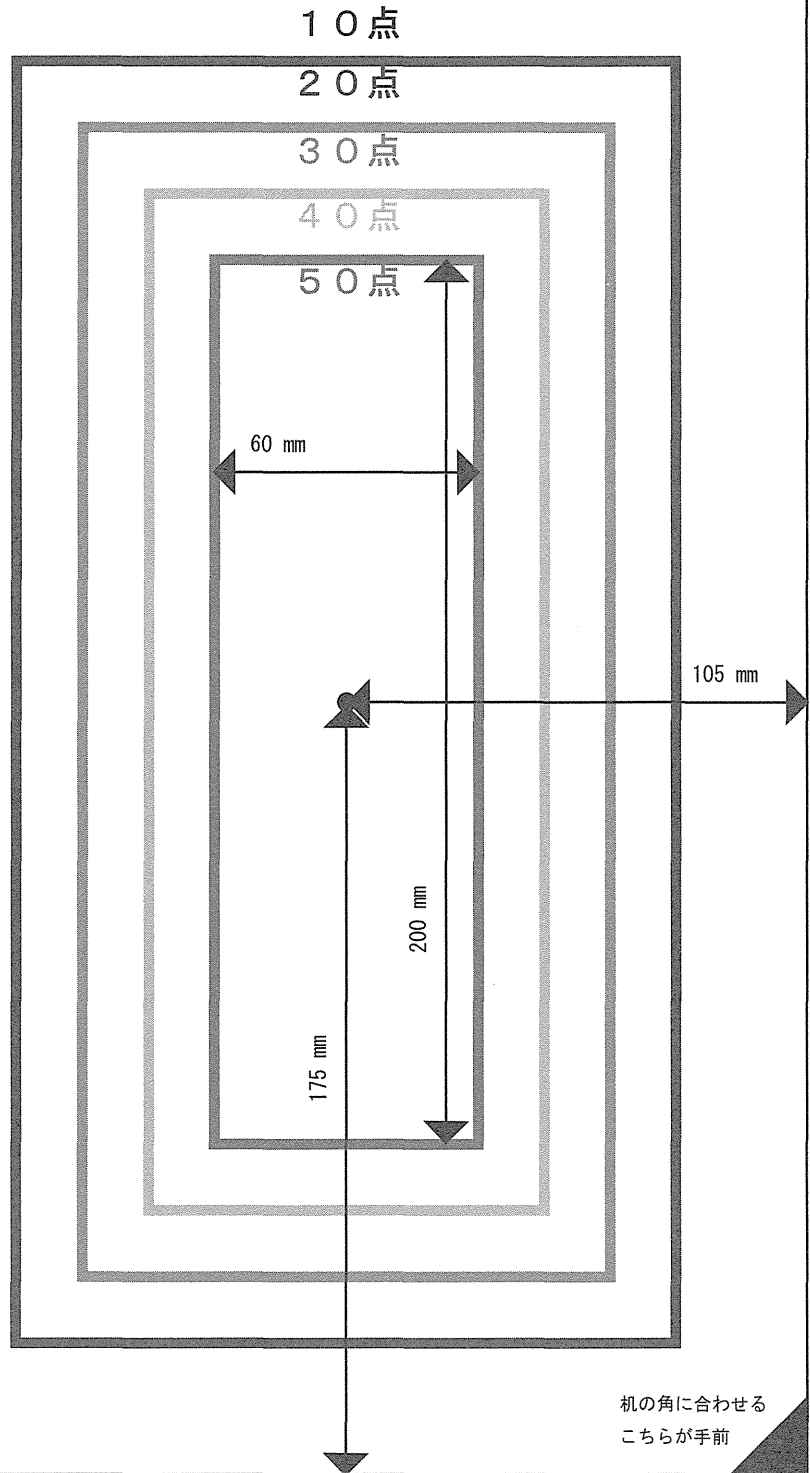


紙面枠

実験基準用紙⑤ (説明用)

リモコン拾い

※図中の寸法は実験用のものには記載されない



平成 23 年度

I. 総括研究報告  
(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）  
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

先端福祉機器の代表例である重度肢体不自由者用のロボットアームのコスト・ベネフィット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。

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・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

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補装具費支給制度等への導入に関する提案

A. 研究目的

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まひ者においては、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

昨年度までに、①に関してロボットアームの短期評価プロトコルを構築し、④に関して介助のモデルケースの想定に基づいた予備的コスト試算を行った。本年度は、昨年度構築した短期評価プロトコルに従った有効性の検証(②、③)および、



長期評価のプロトコルの構築 (①)、コスト・ベネフィット推計に必要となる基礎データの収集 (④) を行った。

## B. 研究方法

### 1. 短期評価による有効性の検証

昨年度構築した評価プロトコルに従って、短期評価を実施した。評価のために行った動作は以下の通りである。

- ・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、内容を確認してスタートレイに収納する

使用したロボットアームは、オランダの Exact Dynamics 社製 iARM とした。この機種は、国内で唯一市販されているロボットアームである。ロボットアームは、治具 (トライポッド) を用いて床に設置し、テーブルをロボットアームから一定の位置に配置して、実験を行った。

被験者は、高位頸髄損傷者 5 名、デュシャンヌ型筋ジストロフィー患者 6 名である。

被験者は、まず 1 時間程度操作の体験を行い、その後、前述の動作を順に行った。データとしては、動作の可否、動作にかかった時間、操作精度を求めるとともに、主観評価として福祉用具満足度評価 (QUEST2.0 の用具スケール) および福祉機器心理評価スケール (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。

### 2. 長期評価プロトコルの構築

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、長期評価プロトコル構築のための予備

実験として 3 ヶ月間在宅生活にロボットアームを導入した。尚、評価に先駆けて 1~2 週間導入のための期間を設けていたが、操作用入力装置の製作、調整に予想外の時間がかかり、導入には計 1 ヶ月間を要した。被験者は、シャルコー・マリー・トゥース病による四肢まひ男性 1 名とした。

被験者本人の電動車いす (ペルモビール社製) 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もらい、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 (QUEST2.0 の用具スケール) および福祉機器心理評価スケール (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間の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、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。

使用したロボットアームは、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。

以上の実験結果をふまえて、長期評価プロトコルを決定した。

### 3. コスト・ベネフィット推計のための基礎データの収集

コスト・ベネフィットを推計する上で必要となる基礎データのうち、本年度はロボットアームの導入及びメンテナンスに要する販売店経費と、ベネフィット評価のための利用者の生活行動調査を実施した。

販売店経費については、現在日本国内での販売・サポートに携わる窓口が設置され、利用者宅訪問を含むサポートが実施されている iARM の代理店事業所を対象として、販売店の直面する費用についてまとめることとした。

ベネフィットの評価を行うための基礎データとして、ロボットアーム不使用時と使用時との間

で、利用者の生活行動ならびに介助などのサービスの利用状況がどのように変わるのかについて把握する必要がある。そこで、前述の長期評価プロトコル構築のための実験結果を基に、ロボットアームでできた動作、できなかった動作、今後試してみたい動作を抽出し、まとめることとした。

#### (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および国立精神・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. 研究結果

#### 1. 短期評価による有効性の検証

頸髄損傷者を対象とした評価では、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確認できた。また、満足度については QUEST 2.0 の結果より、平均得点  $3.3 \pm 0.7$  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、総合得点 (-3~3 点) は  $1.1 \pm 0.8$  点、効力感  $1.3 \pm 0.8$  点、積極的適応性  $1.2 \pm 0.9$  点、自尊心  $0.8 \pm 0.7$  点であった。

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。

デュシャンヌ型筋ジストロフィー患者を対象とした評価では、いずれの動作も可能であることが確認でき、その所領時間は平均して 2 分半～14 分程度の範囲であった。また、満足度については QUEST 2.0 の結果より、平均得点  $3.9 \pm 0.6$  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、総合得点 (-3~3 点) は  $1.8 \pm 0.9$  点、効力感  $1.8 \pm 0.9$  点、積極的適応性  $1.8 \pm 0.8$  点、自尊心  $1.8 \pm 0.9$  点であった。

自由意見としては、「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いい」というポジティブな意見が得られた。一方、動作範囲の問題や動作速度の遅さを指摘するネガティブな意見も得られた。

#### 2. 長期評価プロトコルの構築

評価実験の経過を以下に示す。

- 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 電動車いすへ 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) 評価実験前期：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) 評価実験後期：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時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 27日 AMPS 課題練習
- 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

上記結果で示した通り、導入期、評価実験前期、評価実験後期に分けて予備実験を実施し、長期評価プロトコル構築に向けての知見が得られた。また、ロボットアームの活用範囲が想定以上に広くあることが示された。

3. コスト・ベネフィット推計のための基礎データの収集

販売店経費については、販売に向けたフィッティング作業時点から販売後6年の間に要する費用（メーカーへの搬送を要する修理を除く）は41万円となった。また、メーカー搬送（オランダまで機器を送付）を要する修理1回あたりの費用は11万5千円となった。

一方、ベネフィット評価のための生活記録調査の結果、ロボットアームの動作に関して表1のような動作が抽出された。

表1 生活場面でのロボットアームによる動作

ロボットアームでの動作について	
A.	動作をやってみたところ、できた動作について
A-1	習慣的におこなうようになった動作 レンゲを持って食事を摂る お茶、コーヒーなどの飲み物 資料読み
A-2	できはしたが習慣化しなかった動作 電話に出る インターホンに出る (習慣化しなかった理由) 俊敏に反応しないので、間に合わない
B.	やってみたが、今のところできていない動作について
B-1	うまくいかなかったが、上手くいく方法を検討している動作 レンジで温めることや冷凍庫のものを解凍する (うまくいかなかった理由) アームの操作やアームのみに頼ったのでうまくいかなかった
B-2	うまくいかず、ひとまず断念した動作 玄関のドアの開閉 受話器を取る (うまくいかなかった理由) ドアの重さや狭い角での操作が難しい
C.	まだ試していないが、機会があれば試してみたい動作について
C-1	今後試してみたい動作 急須からお茶を注ぐ カーテンを閉める

D. 考察

1. 短期評価による有効性の検証

頸髄損傷者および筋ジストロフィー患者による評価結果から、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、QUEST2.0およびPIADSの結果から、ある程度の満足度が得られていることと、正の心理的効果が得られることが示された。

頸髄損傷者と筋ジストロフィー患者の結果を比較すると、被験者数は少ないものの、筋ジストロフィー患者の方が高い満足度と心理的効果を示す傾向が見られた。これは、頸髄損傷者に自立生活者が多いのに対し、筋ジストロフィー患者に家族同居者、特に親による介助を受けているものが多かったことが原因と考えられる。動作の自立もさることながら、自分の意思で活動する自律に対する効果が高く見られることを示す結果ともいえる。

2. 長期評価プロトコルの構築

予備実験の結果を受けて、長期プロトコルには、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  
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。

長期評価プロトコルの詳細な内容は、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。

### 3. コスト・ベネフィット推計のための基礎データの収集

今後ロボットアームを公的制度に載せることを検討する際、同機器を安定的に供給できるようにしていくためには、販売店が現在直面している費用をどのようにまかなっていくのかについての検討が必要である。なかでも、義肢などの補装具についてもしばしば指摘される（例えば、第7回補装具評価検討会。平成20年8月8日）ところであるが、販売店事業所からの遠方の利用者へ供給・サポート実施する際の交通費の負担をどのように扱うのかについて考える必要がある。

また、表1の結果によると、実際に行うことのできた動作のうち、習慣化したものとそうならなかったものを分けたひとつの目安として、所要時間の及ぼす影響が考えられる。A-2に挙げた、習慣化しなかった動作としては、電話・インターホン対応と、相手の呼びかけに対して速やかな反応が求められる動作が列挙されている。これに対し、A-1で挙げた習慣化した事項については、食事、飲料摂取、資料読みといった、どちらかといえば多少時間がかかっても利用者自身のペースで行うことのデメリットが比較的小さい動作が並んでいると考えられる。特に飲料摂取、資料読みについては介助者を介することなく利用者が自身で行うことができるようになることで、別の依頼用務を遂行中の介助者の作業を途中で中断させる機会が減り介助者利用の効率化ならびに介助負担の軽減の効果を期待することができる可能性がある。