

# 力覚メディアを用いた障害児向け遊びリテーションシステムの 試作と適用評価

橋本 渉<sup>†</sup> 加島 寛子<sup>††</sup> 大須賀美恵子<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪工業大学情報科学部 〒 573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1

<sup>††</sup> (株)ゴトウ・アズ・プランニング

E-mail: †{whashimo,ohsuga}@is.oit.ac.jp

あらまし 本論文では、スキンシップなどのノンバーバルコミュニケーションに注目し、これを促すための一つの手段として、力覚メディアを使った遊びリテーション環境を提案している。力覚の呈示には3自由度ロボットアームを用い、これによって障害児にバーチャル物体の触感を呈示するだけでなく、障害児と先生がお互いに一緒になって触れることを狙いとする。この環境を試作し、障害児を含む23名に体験してもらったところ、ほとんどの子供においてスキンシップが観察された。

キーワード 力覚呈示, 障害児, 遊びリテーション

## A development of "Asobi-litation" System using Haptic Sensation for handicapped children

Wataru HASHIMOTO<sup>†</sup>, Hiroko KASHIMA<sup>††</sup>, and Mieko OHSUGA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology  
Kitayama 1-79-1, Hirakata-shi, Osaka, 573-0196 JAPAN

<sup>††</sup> GOTO AZ Planning

E-mail: †{whashimo,ohsuga}@is.oit.ac.jp

**Abstract** This paper proposes an "asobi litation" system that utilizes a haptic sensation in order to enhance non-verbal communication such as "skinship" between handicapped child and his/her teacher. The haptic sensation generated by a 3DOF manipulator enables the child to handle virtual objects computed with PC. The manipulator also helps both child and teacher to touch each other while they share the haptic feedback. We developed a prototype system and then 23 children (20 handicapped children) were experienced it. As a result "skinship" was observed through their performances.

**Key words** Haptic Media, Handicapped children, Asobi-litation

### 1. はじめに

本研究はお互いに触れるというコミュニケーションに着目し、コミュニケーション能力に障害を持つ子供と、親や先生とのスキンシップを活性化することを狙いとしている。

子供の成長期において他の人とのコミュニケーションを図ることは、子供の人格形成の面で大きな意味をもつことは良く知られている。とりわけ、コミュニケーションが困難な障害児にとって、幼少よりコミュニケーション能力の発達を促すことは重要である。

ところで、コミュニケーションのなかでもっとも直感的な方法とは、体と体のふれあいを意味するスキンシップである。お

互いに触れるという行為は、生まれたばかりの子と母の例を挙げるまでもなく生得的なものであり、人間にとって最も本能的なコミュニケーション手段だといえる。また障害を持つ人にとって、感覚代行手段として触覚が多く用いられることを考えると、触覚は外界と接する重要なチャンネルであることは明らかである。

そこで本研究では触覚を介したコミュニケーションに着目し、障害を持つ子供が親や先生と触覚を介したスキンシップを促す方法として、力覚メディアを利用した環境を提案している。力覚メディアとは、人間の手先や足に人工的に物理的な力を発生させ、バーチャルな物体を呈示するものである。視覚や聴覚のメディアと比べ、力覚メディアは同時に装置に触れていなければ

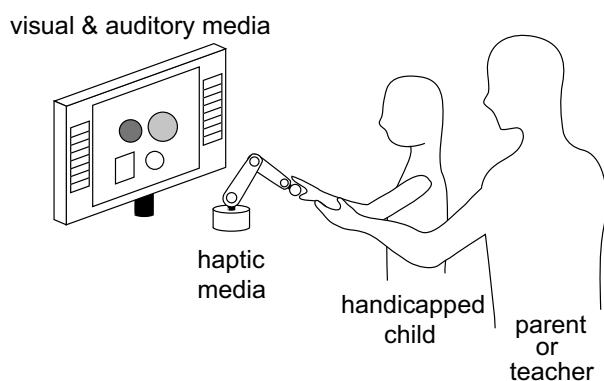


図 1 本研究の概念図

Fig. 1 A concept of this study

ば何が起きているのかわからないという特徴がある。この特徴により、障害児と先生が力覚装置を一緒に触れるという行動を促し、自然なスキンシップを促進できるのではないかと考えられる(図1)。

ところが、いきおい先生が障害を持つ子供の手をとると、場合によっては障害児が無理強いさせられている、と障害児に誤解を招く恐れがある。障害児にとって無味乾燥な訓練となれば、逆効果である。障害児にとって楽しみながらスキンシップができるための工夫として、ここでは力覚メディアを用いたボール遊びのような遊び環境を構築している。

本報告では、この遊び環境の適用評価として、障害を持つ子供たちに実際に体験してもらった結果についても言及する。この適用評価では、ほとんどの被験者が先生と自然にスキンシップが図れていることを観察することができた。しかし、疲労などの負的作用があることも明らかとなった。

## 2. 着眼点と従来研究

本研究の狙いは、障害を持つ子供と先生が遊びを通じて自然なコミュニケーションを図ることである。これを実現するため、以下の点を構築の指針とした。

### 1. スキンシップの重要性

冒頭にも述べたとおり、人間にとって最も直感的かつ生得的なコミュニケーションはスキンシップである。スキンシップは人間の触覚を介しておこなわれるが、触覚は他の感覚器と比べると発生学的に原始的であり、未解明の部分が多い。しかしながら、人形療法に代表されるように、人形の抱き心地や感触などによって昔の記憶を呼び起こしたり、あるいはペットロボットとの触れ合いによってストレスが軽減されるなど、触覚にはさまざまな治癒効果があることも知られている[1]。

一方、障害を持つ人にとって、触覚はコミュニケーションを図る重要な手段である。コミュニケーションに関係のある感覚器官に障害があるとなおさらである。触覚は他の発達的な感覚とは異なり、障害を有する率が極めて低いため、触覚が感覚代行手段として用いられることが多い。よって、障害を持つ人にとっては触覚を介した対話は極めて大きな意味を持つものと考えられる。ここでは触覚を介したコミュニケーションとしてス

キンシップに着目している。

### 2. 道具を使ったスキンシップの誘導

触覚を介したスキンシップは障害者にとって大変、意味のあることだと考えられるが、コミュニケーションを図る際に、無理強いなスキンシップは逆効果の場合もある。普通、知らない人から握手を求められたり肌に触れると、あまり良い感じはしない。コミュニケーションを図る上で、必然的なスキンシップに誘導する仕掛けが必要となる。

親や先生が子供と自然にスキンシップを取る身近な例として、たとえば習字などの文字の練習がある。子供が筆を持つ手に先生の手を添え、筆圧や筆運びを伝えるというものである。先生は自然に子供に接することができ、ノンバーバルコミュニケーションが発生する。さらに、道具から同じ感覚を得ている、という共有感を生み出すという利点もある。ここでは道具を使ったコミュニケーション形態を考えた。

### 3. 遊びの要素

障害者が興味を持って楽しむことが重要である。遊びを通じて機能回復や安定を目指したものとしては、「遊び」と「リハビリテーション」の造語で遊びリテーションと呼ばれている[2]。お仕着せの訓練による機能回復より、自主的に楽しく遊びながらのリハビリには、心理生理的に有効であることが知られており、とりわけ支援や介護を要する高齢者への取り組みが多くなされている[3]。

前述の例でも、先生が子供の手を取り、道具を介してコミュニケーションを図ることは重要であるが、一方的に先生が子供を操るのでは、無味乾燥な訓練になってしまう恐れがある。子供の主体性を損なえば、遊びとして成立するのは難しい。子供の遊び心に訴え、最終的には一人で遊びが成立するような工夫が必要である。

### 4. バーチャルリアリティ技術の利用

子供の遊び心を刺激するひとつの方法として、視覚や聴覚に強く訴えることがあげられる。これを端的に実現しているのは、バーチャルリアリティ(VR)技術である。

VR技術を応用すると、映像や音声によって子供の興味を引いたり、障害児にとって対象の変化がよりわかりやすくなる、といった利点がある。また、障害の重度にあわせてコンテンツを作り変えるといったことも可能である。この利点を利用して、高齢者の活性化に対する遊びリテーションにVR技術を応用したのも報告されている[4][5]。また入院中の小児を対象とした報告もある[6]。

VR技術のなかでも、人間の手や足に人工的な触力覚を呈示する力覚メディア技術はハプティクスと呼ばれている。この技術を福祉分野に応用しているものとしては、運動回復のリハビリ用途が圧倒的に多い。たとえば腕の機能回復に力覚によるアシストをするものや[7][8]、歩行運動の補助により歩く感覚を回復させるための研究などがおこなわれている[9]。これらの研究は遊びというより、むしろ訓練の意味合いが強い。一方、リハビリテーションを目的とせず、純粋にエンタテインメントとして力覚メディアを体感させるものもある。たとえばペンギンホッケーは子供を対象とした遊び環境を提供するもので、映像



図 2 3自由度力覚ディスプレイ  
Fig. 2 3DOF Force Display

と力覚で直感的な操作と教育的な効果を狙ったものである [11] .  
力覚メディア技術の最大の特徴は、他の感覚呈示と異なり、装置に触れていなければ何が起きているのかわからない、という点である。映像や音声と異なり、非接触で感覚が伝わることは基本的にはありえない。力覚を呈示する力覚ディスプレイには必ず身体の一部が接触している必要がある。この特徴を利用すると、前述の2のようなスキンシップを強く促すものと考えられる。つまり一つの装置から力覚を受けるためには、必然的に同じ装置と一緒に触れることになるからである。

### 3. 実 装

前述のような構築指針により、障害を持つ子供と先生が遊びを通じて自然なスキンシップを図ることを目的としたシステムを構築した。

#### 3.1 力覚ディスプレイ

力覚ディスプレイの中でも、本研究の着眼点に適したものは道具媒介型という形に分類できる。道具媒介型とは、ペンやボールなどの道具を介してバーチャル空間と作用するものである。この種類の力覚ディスプレイは、すでに HapticMaster [12] や PHANTOM [13], SPIDAR-G [14] など、商品として存在している。しかし、これらの商品は基本的には研究室向けの装置であり、高価な上に改造などの自由度が著しく制限される。ここではメンテナンスの面や、子供に利用してもらうという特殊な用途を考慮し、本質的に同様の機能をもつ小型3自由度の力覚ディスプレイを試作した。

図2は試作した力覚ディスプレイの外観である。アームの先端には丸いグリップがついており、利用者はこの把持部をつかんで操作する。把持部の位置を検出するため、アームの各関節にはポテンシオメータが取り付けられている。また把持部にバーチャル物体からの反力を呈示するため、関節部分には小型モータが取り付けられている。把持部の可動範囲は半径30[cm]程度のドーム型であり、子供が画面を見ながら操作をする十分な大きさである。また把持部に発生させることのできる反力は最大で3[Kgf]である。

#### 3.2 全体構成

遊びリテーションシステムでは、力覚ディスプレイを制御す

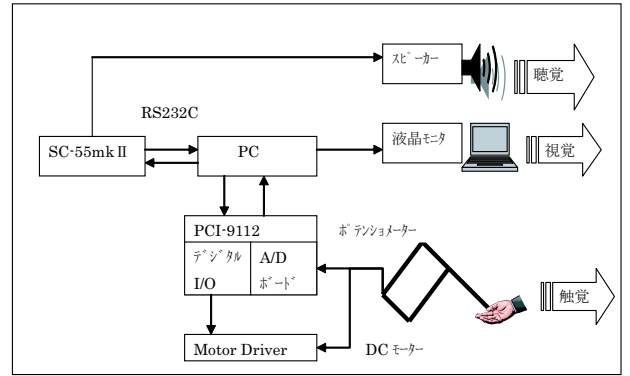


図 3 遊びリテーションシステムの構成  
Fig. 3 Configure of Asobi litation system

ると同時に音や画像などの情報呈示を実現し、さらに遊びとしてのコンテンツを成立させる必要がある。これを実現する環境として、今回構築したものを図3に示す。

この遊びリテーションシステムは、全ての装置を制御するPCが1台、力覚ディスプレイ、モータドライバ、MIDI音源(SC55mk2)および液晶モニタから構成されている。PCにはAD変換ボード(PCI-9112)が装着されており、力覚ディスプレイの制御信号を扱う。その操作入力情報は、ポテンシオメータからADボードを介してPCに取り込まれ、位置情報に変換される。モータの制御信号はデジタル入出力を経てモータドライバに送信され、PWM出力によってモータにトルクを発生させる。

聴覚の呈示には、コンピュータに加わる負荷を少なくするため、内蔵の音源ではなくMIDI音源を使用している。PCから音色等の信号が送られると、音源から音声が発生し、液晶モニタのスピーカより出力される。

一方、映像については、PCで生成したコンピュータグラフィクスを液晶モニタに表示している。具体的には、力覚ディスプレイの把持部をカーソルとして画面に表示したり、遊びのコンテンツであるバーチャル物体をアニメーション表示する処理をおこなっている。

PCでは力覚、視覚および聴覚刺激の生成をおこなうが、力覚+聴覚系と視覚系に処理を分けている。人間の視覚には残像特性があり、視覚の時間変化は力覚や聴覚に比べるとはるかに鈍感なためである。これらの処理系はコンテンツが複雑になるほど反応が鈍くなる。なお、後述するコンテンツにおける力覚+聴覚系の更新速度は1[KHz]以上、視覚が30[fps]程度であり、自然な力覚、音声、動画を呈示するには十分な速度である。

#### 3.3 コンテンツ

障害を持つ子供が、親や先生と一緒に遊べる環境として、動き回るボールに触って遊ぶというコンテンツを用意した。図4はそのスナップショットである。

このコンテンツは、力覚ディスプレイを操作して動物が描かれた球形のバーチャル物体に触るといったものである。力覚ディスプレイの先端を操作すると、画面内のカーソルが動作し、カーソルがバーチャル球にぶつくと反力が計算されて指先に



図 4 用意したコンテンツ (ボール遊び)  
Fig.4 A sample content of this system

フィードバックされる仕掛けである。

バーチャル球にはウシやゾウ、ブタなど、子供になじみのある動物を 5 種類描画し、簡単には触れないように異なるタイミングで上下にゆっくり運動させている。地面に隠れたりするので、慣れるには大人でも少し練習が必要な程度である。

遊びに変化を持たせる工夫として、バーチャル球に強く衝突すると赤色に変化して怒りを表現したり、そっと触れると自転して喜びを表現させている。また、カーソルがバーチャル球に衝突すると、反力と同時に、動物それぞれの鳴き声を模した音を発生させ、触れたことが音でも分かるようにしている。

#### 4. 適用評価

本システムとコンテンツを、障害を持つ子供に体験してもらう機会を得たので、その知見についてまとめる。

##### 4.1 目的

本環境によって、障害児が正しく認識できる力覚を呈示できているのかを確認する。また、本システムのコンテンツにより、スキンシップを誘発することができるか、遊びとしての機能を果たしているかを確認する。

##### 4.2 方法

藤森病院姫路ベターヒアリングクリニックに通う 23 名の被験者 (表 1) に体験してもらった。表中の健常者は、被験者に付き添いできた兄弟である。

被験者に実際に装置に触れてもらい、言葉による質問で力覚の有無と楽しかったかどうかを訊ねる。これは、被験者の年齢層や障害の症状によっては、意思疎通が困難なことが予想されるため、内容は簡潔でわかりやすいものにし、口頭での質問形式とした。

一方、被験者と先生との間でのやり取りを記録するため、体験しているところをビデオ撮影することとした。ビデオの撮影に際して、あらかじめ被験者と同伴の保護者に本実験の概要を説明し、記録や体験に関するインフォームドコンセントをとった。撮影結果より発話情報や遊び時間、スキンシップの回数などを解析することにした。

##### 4.3 実施環境

遊びリレーションシステムはクリニック内にセットアップし、施設の日常授業の一部として紹介してもらった。また、被験者

表 1 被験者リスト

Table 1 List of the subjects

被験者	年齢	性別	障害名
a	8 才 9ヶ月	女	自閉症、知的障害
b	5 才 2ヶ月	女	構音障害
C	7 才 1ヶ月	男	難聴
d	17 才	女	難聴、知的障害
e	9 才 3ヶ月	女	口唇口外裂
f	5 才 5ヶ月	女	自閉症、知的障害
G	3 才 9ヶ月	男	點頭てんかん
h	6 才 9ヶ月	女	LD
I	8 才 8ヶ月	男	LD
J	12 才 6ヶ月	男	LD
K	13 才 9ヶ月	男	LD
L	6 才 7ヶ月	男	自閉症、知的障害
M	6 才 11ヶ月	男	LD
N	9 才	男	健常者
o	6 才 3ヶ月	女	難聴
p	6 才 5ヶ月	女	難聴
q	5 才 3ヶ月	女	自閉症、知的障害
r	4 才	女	健常者
s	16 才 3ヶ月	女	健常者
t	10 才 10ヶ月	女	ダウン症
u	8 才 4ヶ月	女	LD
v	6 才 10ヶ月	女	LD
W	15 才 7ヶ月	男	自閉症、知的障害

には自閉症の子が含まれているが、一般に自閉症児は見慣れぬものに対して警戒心を抱くとの指摘があり、不要に警戒を招かないよう、力覚ディスプレイに覆いをかぶせ、機械部を見えなくするなどの配慮をした。なお、システム全体のセットアップに要した時間は約 1 時間であった。

##### 4.4 手順

最初は施設に勤務する先生か著者らのいずれかが、被験者の興味を引く形で見本を見せ、操作方法を教えるという形で体験を開始した。操作の教え方については具体的に指示をしなかったが、あらかじめ先生には操作に慣れてもらっていた。体験の経過をビデオカメラで撮影し、体験が終わったところで触っていると感じたか、楽しかったか、という質問をおこなった。

##### 4.5 結果

操作方法の教え方について具体的に指示をしなかったにもかかわらず、ほとんどの被験者において、先生が被験者の手をとって一緒に体験していることがわかった。図 5 は各被験者の体験時間、先生や兄弟が被験者の手をとった回数、および手をとっている時間の合計をグラフにしたものである。一度も手と手が触れなかったのは健常者である N と s であり、手をとっての説明が必要でなかったことをあらわしている。

各被験者の体験時間にはばらつきがあるが、最長で 30 分、平均で約 12 分であった。個人によって体験方法が異なるが、例として被験者 B の発話、行動記録を表 2 に示す。この被験者は、最初の 5 分は先生とスキンシップを図りながら一緒に体験し (図 6: 写真 1)、残りの 15 分は一人で体験する (図 6: 写真 2) といった典型的な例である。一人で体験してから 5 分くらいで慣れてくるが、画面を凝視しすぎていたため、最後には目をこすって疲労していたようであった。施設の先生のコメントに、警戒心が強い子だが結果的に自ら取り組んでいた、とあるが、先生と一緒に体験したことが、機械への警戒心を和らげる役割を果たしたものと考えられる。

全体を通しての傾向と特殊なケースについては以下の通りである。



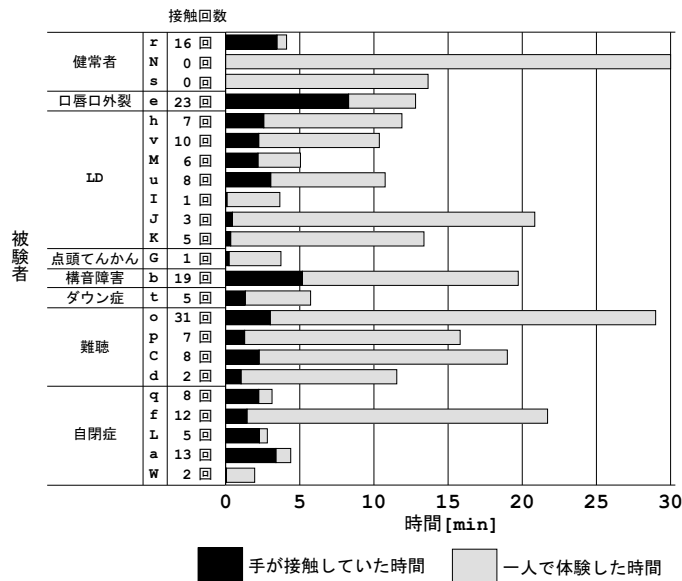


図 5 各被験者の体験時間と手が接触した時間、回数  
Fig. 5 Result of the total experience time

表 2 経過記録 (被験者 b)  
Table 2 A performance of subject b

経過時間 (分:秒)	行動, 発話 (先生「被験者」)
00:00	先生が手をとって始める
01:24	回っているのに喜んで笑う (図6:写真1)
03:33	(まだする?)「うん」 (一人でやってみる?)「うん」 (おもしろいなー!!)「うん」
05:00	一人でやり始める
09:25	(ヒヨコさんどこにいるか分かる?)「うん」
09:54	場所が分かってきて、迷うことなく触れるようになった
10:45	一番早く回っているブタさんを狙っている (図6:写真2)
15:00	瞬きもせずに、すごく真剣に画面を見ている
17:29	(ゾウさん回して)と言うと、すぐゾウに触ることができた
18:35	地下までゾウを追いかけて触る
19:26	ため息をつき、手を離して首を回すがすぐまたヒヨコを握る
19:51	ぐったりして、目をこする
実験後	(楽しかった?)「うん」 (触った気がした?)首をかしげる (気持ち悪い?)「うん」 (ぶるぶる分かった?)「うん」 (ぐるぐる回ったのがおもしろかった?)「うん」 (1番ぐるぐる回ったのは何だったかな?)「ブタさん」 (最後に回ったのは?)「うしさん」
施設の先生のコメント	いつも一人倍警戒心が強く慎重な子である。例えば食べたことのないものは絶対口にしないなどがある。機械を触らないかもしれないと思っていたので、自ら取り組んでいたことがすごいと思った。



写真1 (先生と一緒に) 写真2 (一人で体験)  
図 6 被験者 b の様子

Fig. 6 An appearance of the subject B's behavior

● 先生が操作をすると、被験者は少なからず興味を持ち、自分から積極的に操作をしようとした。画面や音に興味を示す被験者が大半であったが、力覚ディスプレイの装置を凝視した

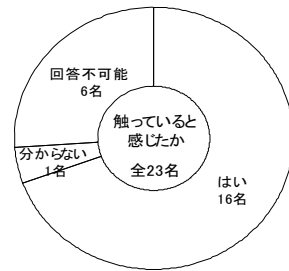


図 7 「触っていると感じたか」に対する回答

Fig. 7 Subject's oral answers whether he/she felt a sense of touch through the experiment

り (被験者 F), 匂いをかいだり (被験者 W) といった行動もあった。また、先生と一緒に操作することを強く拒んだ被験者もいた (被験者 W)。また音に興味を引き、音をまねて発声する被験者もいた (被験者 Q)。

● 先生が手を放すと、大半の被験者は不慣れなため上手に操作できなかった。先生が手を添えると、一緒になって触ることができ、被験者から笑いや喜びの表情が観察された。操作がうまくできない状態が続く、興味を失って席をはずす被験者もいた (被験者 a, W)。また、先生の手を放してほしいと、一人で体験したがることもあった (被験者 C)。

● 被験者の体験中に他の子供がくると、一緒に装置に触りたがる傾向にあった。先生以外にも、同伴の母親や兄弟、友人同士と一緒に触れたがる光景も頻りに観察された。力覚メディアは、装置に触っている人にしかわからないという特徴があるため、強く興味を引いてつい手を出してしまうものと思われる。

#### 触感の有無

体験後、触っていると感じたか被験者に口頭で質問をした。その回答の集計結果を図 7 に示す。触感があったと答えた 16 名は、いずれも一人で操作することができていたが、回答不可能の 6 名は、質問に答えることができず一人で操作することが困難であった。なおこの 6 名のうち 5 名が知的障害を伴う自閉症児であった。

自閉症児のうち、被験者 W は手をとっての指導を一切拒否したため、自分でバーチャル球に触れることはできなかった。残りの 4 名は、両手で把持部を持ったり、振動する先生の手を触れたり、振動を感じた時に画面を見たり笑ったりした行動が見られたため、なんらかの力の反応は感じているようであった。

#### 遊びの要素

楽しかったかという口頭質問に対する被験者の回答を図 8 に示す。7 割以上の子供が、楽しいと答えた。またその中の 4 人が「またやりたい」と回答した。この 4 名は 15 分から 30 分間体験していた。回答不可能だった 4 名はすべて自閉症である。楽しんでいる行動が見られたのは自閉症 1 名とてんかん 1 名であり、具体的には、やめようとしないうちにはやめたがらないといった行動が見られた。なお口頭での回答ができなかった 6 名は、先の質問で回答不可能だった 6 名に該当する。

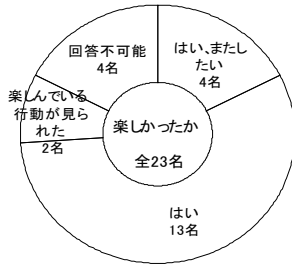


図 8 「楽しかったか」に対する回答

Fig. 8 Subject's oral answers whether he/she enjoyed through the experiment

#### 4.6 考察

本実験を通じて気づいた点や予想外であったところについてまとめる。

##### 疲労

障害の有無に関わらず、子供は一定の事柄に夢中になるようである。本システムでも連続 30 分近く遊んでいた被験者がいた。時間が 15 分を超えると、終了時に腕を振りまわしたり目に涙を浮かべたりといった、腕や目の疲労が現れる傾向にあった。同伴の保護者より、いつも使わない筋を使うので運動にはよいとの意見もあったが、画面を凝視したり、腕の疲れを訴えるほどに夢中になることは、成長期の子供にとって明らかに悪影響である。休憩をとったり、凝視の必要がない時間制限を意識したコンテンツが必要であろう。

##### 単純さ

知的な障害をもつ被験者、低年齢の被験者の一部には、操作のルールや法則が理解できず、力覚ディスプレイを直接画面に近づける等の行動がみられた。この場合、複雑なルールよりむしろ単純なほうが望ましい。逆に簡単すぎると、他の障害を持つ子にとっては無味乾燥なものになってしまう。VR 技術の利点を生かし、障害の重度や年齢によってすぐにコンテンツや難易度を変えるなどの準備が必要である。

##### 画面と手の不一致問題

手の操作領域と画面の位置が異なるため、操作に慣れるのに少し時間を要する子供がいた。手を動かすと画面のカーソルが同様の動作をするが、手元の操作空間と画面の表示空間が一致しないことに起因するので、操作空間を一致させるなどの工夫が必要であろう。現在、ハーフミラーを使って、画面と手元の操作空間を重畳させるような環境を構築中である。

##### 表情や対話の変化

本環境に接した大半の被験者は、笑顔になったり、口数が増えたりといった変化があった。これは障害を有する被験者だけでなく、健全な被験者にとっても同様である。今回はノンバーバルな対話としてスキンシップに着目したが、顔の表情の変化を定量的に評価したり、対話回数を普段の状態と比較することも、少なからず意味のあることだと考えられる。

#### 5. おわりに

本研究の狙いとしては、障害を持つ子供と先生が遊びを通じ

て自然な対話を図ることである。ここでは自然な対話としてスキンシップに着目し、これを実現するための一つの方法として、力覚メディアを利用した遊び環境の提案をおこなった。試作したシステムでは、道具を媒介とする力覚ディスプレイを使用し、ボール遊びのコンテンツを実装した。また、障害を有する子供に遊び環境を体験してもらい、ほとんどの被験者において、先生が被験者の手をとって一緒に体験することがわかった。

一方、本研究のような目的で力覚メディアや視覚メディアを利用する場合、体験者に疲労を与えるなどの副作用があることも明らかとなり、時間制限や休憩をとる工夫が必要であろう。

本研究では、スキンシップを誘発するための目的として力覚メディアを利用したが、実験を通じた感想として、表情や対話内容にも活性化しているように思われた。これは障害者に限らず、健全者にとっても同様である。本システムの客観的な評価として、顔の表情分析や対話の変化など、情動の変化を観察することについても検討してみたい。

謝辞 本研究にご理解、ご協力くださった藤森病院ペタクリニックの先生方、生徒と保護者の方々に感謝する。

#### 文 献

- [1] 柴田崇徳：人はロボットに癒されるか—アザラシ型ロボット「バロ」の開発と評価—, 人間生活工学, Vol.3, No.4, 2002
- [2] 三好春樹：遊びリテーション学, 雲母書房, 1999
- [3] 大須賀美恵子：高齢者の心身活性化をめざした VR, 日本バーチャルリアリティ学会学会誌 (印刷中), Vol.8, No.2, 2003
- [4] 若松秀俊, 高原健爾, 兎束俊成：痴呆性老人とコンピュータで造り出した劇場型仮想遊興環境, Health Sciences, Vol.13, No.3, 1997
- [5] 大須賀美恵子, 羽島一夫, 平澤宏祐, 坂口貴司, 三輪祥太郎, 小林陽子, 塩野悟：心身の活性化を目的とした遊びリテーションシステムの開発 (第三報), 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.245-248, 2002
- [6] 二瓶健次：病院に動物園がやってきた!, ジャストシステム, 1996
- [7] 小柳健一, 古荘純次, 笠潮, 井上昭夫, 今田裕介：NEDO プロジェクト身体機能リハビリ支援システム「上肢動作訓練支援システム」における力覚提示技術, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.257-260, 2002
- [8] 寺田尚史, 高橋良至, 井上薫, 笹田哲, 伊藤祐子, 米田隆志：上肢運動機能・認知リハビリテーションを目的とした力覚提示装置の開発, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.265-268, 2002
- [9] Hiroaki Yano, Kaori Kasai, Hideyuki Saitou, Hiroo Iwata: Development of a Gait Rehabilitation System Using a Locomotion Interface, VRMHR2002, 2002
- [10] 高木哲史, 鈴木晃, 河合勇, 木村晋太, 服部一郎：失語症在宅リハビリ支援システムの開発と評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.6, No.3, pp.211-214, 2001
- [11] 白井曉彦, 長谷川昌一, 小池康晴, 佐藤誠：タンジブル・ブレイルーム「ペンギンホッケー」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.4, pp.435-443, 2002
- [12] Hiroo Iwata: Desktop Force Display, SIGGRAPH 94 Visual Proceedings, 1994
- [13] Thomas H. Massie and J. K. Salisbury: The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects, In ASME International Mechanical Engineering Exposition and Congress, 1994.
- [14] 佐藤誠, 金時学, 小池康晴: 8本糸を用いた7自由度力覚ディスプレイの提案, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.2, No.2, pp.85-89, 2000