

Title	上肢障がい者向け入力支援における研究
Author	久楽, 忠昭 / 大西, 克実 / 中野, 秀男
Citation	情報学. 8 卷 1 号, p.1-15.
Issue Date	2011
ISSN	1349-4511
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学創造都市研究科情報学専攻
Description	
DOI	

Placed on: Osaka City University

上肢障がい者向け入力支援における研究

Input support in upper extremity disability with WiiRemote.

久楽 忠昭†, 大西 克実‡, 中野 秀男‡

Tadaaki Kyuraku†, Katsumi Onishi‡, Hideo Nakano‡

概要 本論文では、上肢障がい者におけるパソコンの利用調査を行う。そこから見える問題点として、「障がい者入力支援装置が高価」「障がい者によって手の可動領域が異なる」「障がい者入力支援インターフェースサイズは固定」「ソフトウェアキーボードを利用すると画面可視領域が制限される」「Windows XP までのソフトウェアキーボードは固定サイズである」などを抽出することができた。これらの問題点に対する改善案は、任天堂のゲーム機である Wii のリモコン「WiiRemote」のインタラクティブ性の利用である。「WiiRemote」に搭載されている「CMOS センサー」と「Bluetooth」を活用し、ソフトウェアキーボードを介して入力支援を行う。本論文を通じて、上肢障がい者のより高度な入力支援の研究、かつ、健常者と同水準の ICT 利用環境構築支援の研究をテーマとし、深く追求していく。

キーワード：Wii リモコン, 上肢障がい, 入力支援, ソフトウェアキーボード, 入力デバイス

Keyword：WiiRemote, Upper limb disorder, Input support, Software Keyboard, Input Devices

1 はじめに

政府は、平成 13 年 1 月に「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」(平成 12 年法律第 144 号)に基づき、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (IT 戦略本部) を設置し、「我が国が 5 年以内に世界最先端の IT 国家になること」を目指した「e-Japan 戦略」(平成 13 年 1 月)や、「e-Japan 戦略 II」(平成 15 年 7 月)、「IT 新改革戦略」(平成 18 年 1 月)等を策定し、情報インフラ整備等を進めている。

しかし、ICT の導入が進む中で、体の不自由な人への環境としてまだまだ進んでいないのが現状である。中でも、上肢障がい者にとってパソコンへの入力操作は困難な事であるが、主に上肢障がい者向けのパソコン入力方法として、様々な入力支援が開発されている。

代表的なものとして、小型キーボード・大型キーボード・タッチスクリーン・センサー入力など様々な入力インターフェースが開発されている。しかし、一口に手が不自由といっても「指の動きに制限がある」「手が震える」など様々である。同じパソコンを不特定多数の人が利用するような障がい

者支援施設などの場所では、その人に合わせたハードウェアを用意しなければならず、金銭的にも高価なものが多い。

従来のキーボードに代わる代表的な入力支援を表 1-1、ポインティングデバイスを表 1-2 に示す。

表 1-1 入力支援 (キーボード)

TKBHR-A02^[1] (テクノツール) パソコンに接続するだけで使える、50 音ひらがなキー配列の小型キーボード。 価格：37,800 円
大型キーボード^[2] (バシフィックサプライ株式会社) キーの大きさは直径 27mm で、キー無効時間、保持時間を設定できる。キーの直径が大きいので足の指などで操作するのにも便利である。(生産中止) 価格：160,000 円
楽たっち^[3] (日本テクト株式会社) 一般のパソコンに接続し、モニター画面を指やタッチペンなどで触ってパソコンを操作する。 価格：59,800 円
ノータッチキーボード^[4] (アクテブライズ株式会社) 小型センサーを体に付けて、センサーの傾きによりキーボードの位置を選択し、2 秒停止してキー選択、センサーを下に傾けて、入力確定。(生産中止) 価格：298,000 円

† 大阪市立大学大学院創造都市研究科修士課程

‡ 大阪市立大学大学院創造都市研究科

表 1-2 入力支援（ポインティングデバイス）

<p>YOUYOU マウス^[6] (有限会社エムクリエイト) 円盤が前後左右に傾き、傾けた方向に画面のカーソルが動く。右側の半円型のペダルを押さえるとクリックされる。(セミオーダー) 価格：オープン</p>
<p>トラックパーエモーション^[6] (株式会社アクト・ツー) ポインタ操作バーでマウスポインタを動かし、ボタン操作バーでクリック等を行う。 価格：26,040 円</p>
<p>EB191H-W^[7] (株式会社 東京エルゴ) 表面の操作部（親指）でマウスポインタを動かし、側面にある操作部（小指）でクリックする。 価格：13,560 円</p>

表 1-2 に示すような、マウスやトラックボールといったポインティングデバイスを使用する場合、ソフトウェアキーボード等を使用しなければ文字入力ができず、ソフトウェアキーボードを起動した場合、画面の可視領域が制限されるなどの問題がある。

本論文は、「安価」であることと「利便性」の良さに着目し、入力支援として現状の問題点を確認した上で解決策を提案し、広く受け入れられる入力支援の構築を目的とする。

まず、2 章では肢体障がい者の PC 利用の現状を調査し問題点を抽出する。3 章では、2 章から見た問題点における解決策として、「WiiRemote」のインタラクティブ性を活用した入力支援を提案する。4 章では、「WiiRemote」による先行研究を確認していく。5 章では、本論文における実験を行い考察していく。6 章では、残された課題と今後の可能性について述べていく。

2 肢体障がい者の PC 利用

肢体障がい者がコンピュータへの文字入力を行う手段として、二つに大別される。一つは、ポインティングデバイスを利用してソフトウェアキーボードから文字を入力する方法、一つは、専用のハードウェア等を活用して入力する方法である。上記二つの方法の問題点を抽出するため、2-1 節

の「ソフトウェアキーボード」において、ソフトウェアキーボードを利用する場合の問題点を考える。次に、2-2 節の「肢体障がい者施設」において、大阪府が実施した「障がい者の IT 利用状況や今後の IT 活用意向」^[8]から、専用のハードウェア等に関する問題点および、障がい者の ICT 利用における問題点を考察していく。

2-1 ソフトウェアキーボード

ソフトウェアキーボードとは、本来キーボードから入力する文字等をソフトウェアによって実現したものである。ディスプレイ上にキーボードの画面を表示させ、マウスなどのポインティングデバイスを使ってキーボード画面をクリックすることで、文字入力を可能にする。

ソフトウェアキーボードは様々なメーカーから販売されているが、マイクロソフト社の Windows にバンドルされているソフトウェアキーボードを基に問題点を確認していく。(なお、マイクロソフト社ではソフトウェアキーボードをスクリーンキーボードと呼んでいる。)一般的に多く使われている Windows のバージョンとして、「Windows XP」「Windows Vista」「Windows 7」があり、各バージョンによってソフトウェアキーボードの仕様が異なっている。図 2-1 は、Windows XP にバンドルされているソフトウェアキーボード、図 2-2 は Windows Vista にバンドルされているソフトウェアキーボードであるが、特徴としてキーボードサイズが固定である。そのため、障がい者によっては、手を小範囲で動かすことが困難な場合があり、マウスなどのポインティングデバイスを利用して入力を行うことが困難となる。



図 2-1 Windows XP バンドル版



図 2-2 Windows Vista バンドル版

図 2-3 は、Windows 7 にバンドルされているソフトウェアキーボードである。Windows 7 では、キーボードサイズが自由に変更できるようになっているため、マウスポインタ移動などの細かい操作を苦手する場合は、キーボードサイズの大きさを変更することで、ある一定の対策がとれている。



図 2-3 Windows 7 バンドル版

ただし、大きな問題点が一つ残っている。それは、画面の可視領域である。ソフトウェアキーボードは性質上ディスプレイの最前面に表示される仕組みになっており、図 2-4 のようにソフトウェアキーボードによって、表示データ等が隠れてしまい、画面の可視領域が制限される問題がある。



図 2-4 可視領域の制限

以上のことから、ソフトウェアキーボードを利用する場合の問題点は、以下の 2 点となる。

1. Windows のバージョンによっては、ソフトウェアキーボードのサイズが固定であるため、入力への障害となる場合がある。

2. ソフトウェアキーボードは、ディスプレイの最前面に表示されるため、ソフトウェアキーボードによって、表示データが隠れてしまう。

2-2 肢体障がい者施設

平成 21 年 12 月から平成 22 年 2 月、大阪府は障がい者 ICT 支援施策の推進のため国の緊急雇用創出基金を活用し、府内にある障がい者施設に対して、施設を利用する障がい者の ICT 利用状況や今後の ICT 活用意向等について、ヒアリング調査を事業委託により実施した。

- ・主 催：大阪府
- ・施設対象：大阪府内にある施設 602 件（有効回答 487 件）
- ・実施日：平成 21 年 12 月～平成 22 年 2 月
- ・調査方法：委託業者 株式会社アールシーによるヒアリング形式
- ・施設解答数：

- 肢体不自由者対象施設 66 件
- 視覚障がい者対象施設 3 件
- 聴覚障がい者対象施設 4 件
- 内部障がい者対象施設 4 件
- 知的障がい者対象施設 285 件
- 精神障がい者対象施設 125 件

この調査結果^[8]をもとに、上肢障がい者向け入力支援という観点から、肢体障がい者対象施設の 66 件に的を絞り調査結果を考察していく。まず、施設を利用している利用者数を図 2-5 で示している。一つの施設あたりの利用者数としては、21～40 名が最も多く、全体の 39.4% を占めている。次に、20 名以下の 24.2% と続いている。

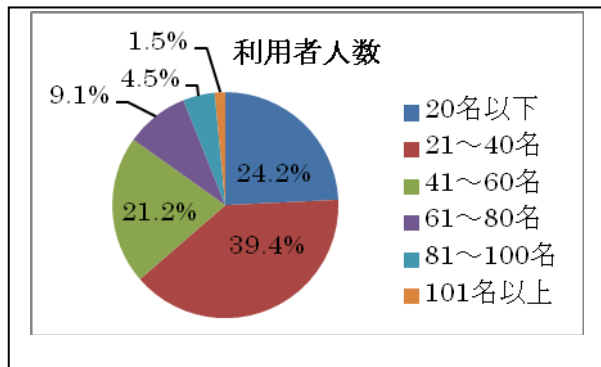


図 2-5 施設における利用者

次に、肢体障がい者施設で施設利用者が利用で

きるパソコンを設置している割合を図 2-6 に示しているが、パソコンを設置している施設は 71.2% となっており、まだまだ肢体障がい者が ICT 環境を利用する整備がなされていないと考えられる。

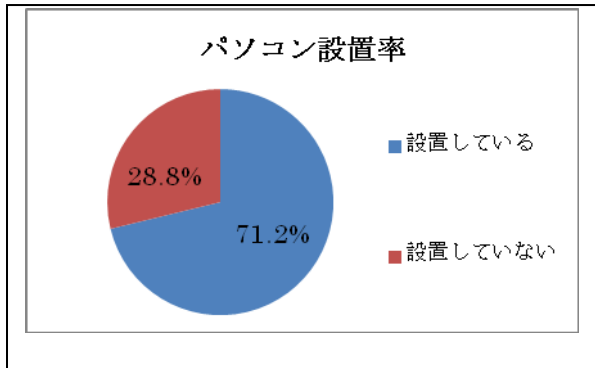


図 2-6 利用者の利用できるパソコン設置率

また、図 2-6 のパソコンを設置している施設の中で、常設されているパソコンの台数を示したのが図 2-7 である。これにより、施設でのパソコン設置台数は複数である事が多く、パソコンを利用する施設の利用者はかなり多くなると考えられる。

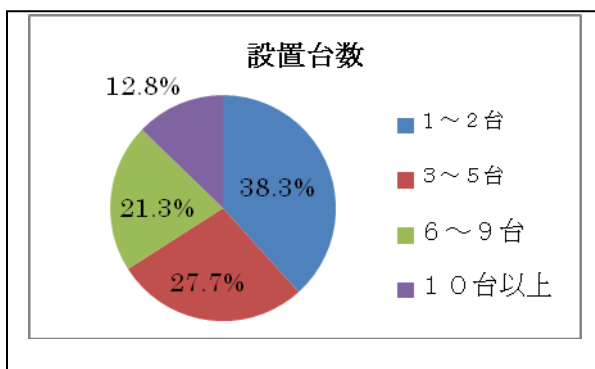


図 2-7 常設されているパソコンの台数

次に、パソコンを設置している施設で使用されている OS を図 2-8 で示す。グラフでは、Windows XP の使用が 66% と最も多く、続いて Windows Vista の 8.5% と続いている。使用率の高い OS が Windows XP と Windows Vista であることから、2-1 節の「ソフトウェアキーボード」で述べた、ポインティングデバイスを利用する場合の問題点である、「Windows のバージョンによっては、ソフトウェアキーボードのサイズが固定であるため、入力への障害となる場合がある」「ソフトウェアキーボードは、ディスプレイの最前面に表示されるため、ソフトウェアキーボードによって、表示データが

隠れてしまう」が考えられる。

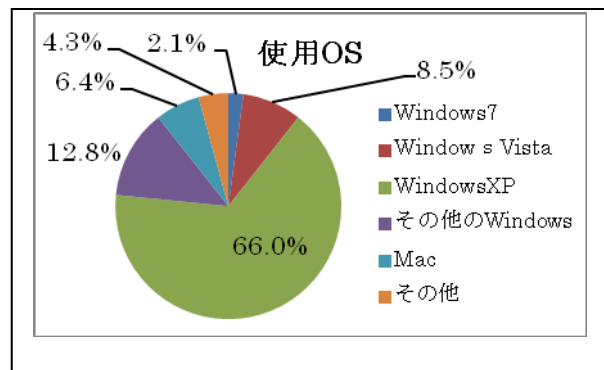


図 2-8 使用している OS

また、図 2-9 では施設利用者のパソコン利用目的を示しているが、就労・授産活動が 54.5% と最も多く、続いてインターネット・メールの 47.7% と続いている。複数回答ではあるが、就職・授産活動とインターネット・メールで、ほぼ 100% に近い利用目的となっており、障がい者による入力支援の必要性が重要であることがわかる。

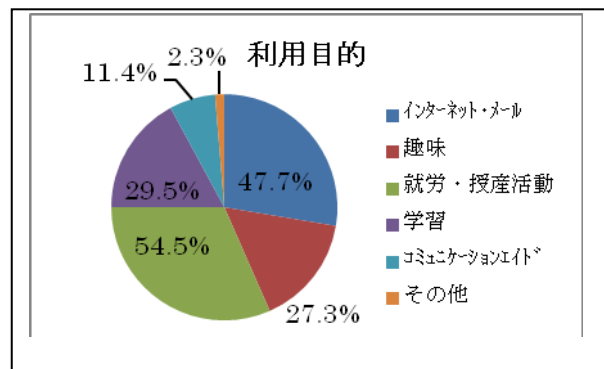


図 2-9 利用者のパソコン利用目的 (複数回答)

図 2-10 では、図 2-6 でパソコンを設置していない 28.8% の施設でのパソコン設置への課題を示したものである。設置していない理由として、必要とする利用者がいない事が大きくあるが、コストの問題や良い支援機器・人材に恵まれない問題も挙げられている。

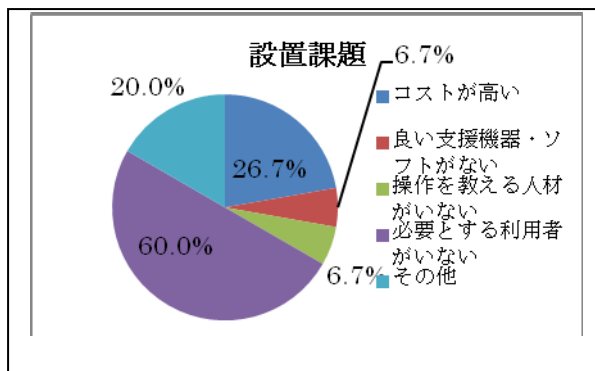


図 2-10 パソコン設置への課題（複数回答）

以上のことから、肢体障がい者施設の ICT 利用に関する問題点として、以下の 4 点が考えられる。

1. 障がい者によって程度が異なるため、複数の入力支援装置が必要である。
2. Windows のバージョンによって、ソフトウェアキーボードのサイズが固定で、使いづらい場合がある。
3. ソフトウェアキーボードによって表示データが隠れ、可視領域が制限される。
4. 入力支援における専用ハードウェアが高価である。

3 WiiRemote による入力支援

1 章の表 1-1「入力支援（キーボード）」、表 1-2「入力支援（ポインティングデバイス）」で示したように、上肢障がい者向けの主な入力支援として、小型キーボード・大型キーボード・タッチスクリーン・センサー入力・ソフトウェアキーボード等が開発されているが、指の動きの制限や手の震えといった個々の状況に対応するデバイスの販売はされていない。また 2 章で考察したように、同じパソコンを不特定多数の人が利用するような施設などでは、その人に合わせたハードウェアを用意しなければならないが、非常に高価なものが多い。これらから現状の問題点として以下の 6 点が挙げられる。

1. 障がい者入力支援装置が高価である
2. 障がい者によって手の稼働領域が異なる
3. 従来の障がい者入力支援インターフェースサイズは固定である
4. ポインティングデバイスではソフトウェアキーボードが必要

5. ソフトウェアキーボードを利用すると画面可視領域が制限される

6. Windows XP などの利用率の高いバージョンは、ソフトウェアキーボードは固定サイズである

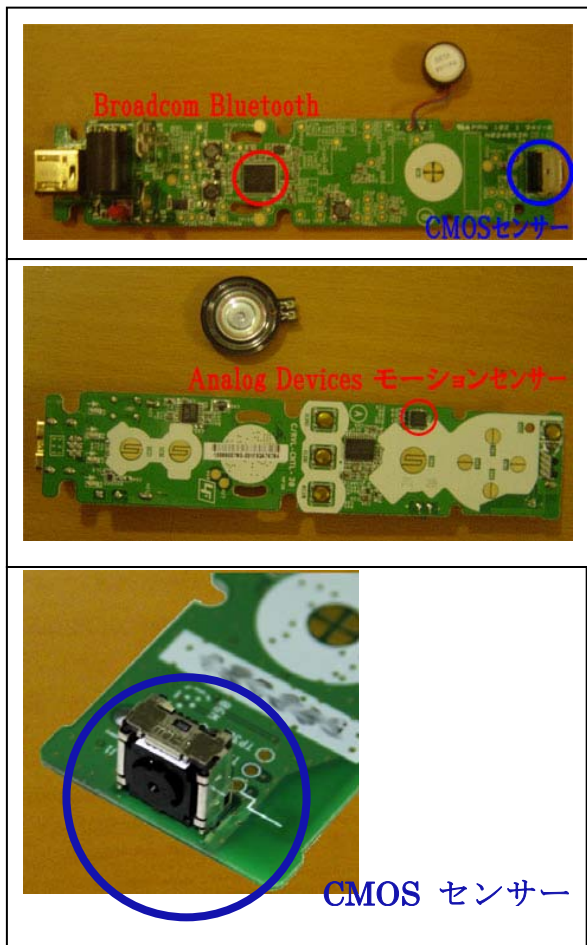
以下では、上記 6 つの問題点の解決方法を提案する。

まず、考察結果 1. に対して、一般的に購入が可能で機能性にすぐれ安価な機器として「WiiRemote」に着目する。WiiRemote とは、任天堂から発売されているゲーム機「Wii」に使用されているリモコンである。表 3-1^[9]に WiiRemote の仕様を示しているが、モーションセンサー、CMOS センサー、バイブレーション、Bluetooth など様々なセンサーが結集されたリモコンでありながら価格は 3,800 円という低価格である。

表 3-1 WiiRemote の仕様^[9]

サイズ	縦 148mm 横 36.2mm 厚さ 30.8mm (突起部分を除く)
通信規格	Bluetooth Ver1.2 (短距離無線通信) による無線接続
モーションセンサー	傾きや動きの変化を検出 (3 軸)
CMOS センサー	赤外線 LED の検知
ボタン	A, B, + 字, -, +, HOME, 1, 2
振動機能	バイブレーター
スピーカー	モノラルスピーカー
拡張ユニット接続	1 ポート
プレイヤーインジケータ	青色 LED4 個

WiiRemote の構造は図 3-1 の通り、1 枚の基板上に各センサーなどが搭載されている。代表的なセンサーとして、WiiRemote の傾きや動きの変化を検出しているのが、中側の画像にある AnalogDevices 社のモーションセンサーである。また、赤外線 LED を検知するのが、下側の画像にある PixArt 社の CMOS センサーである。これらの検知された情報などを Wii 本体に送信しているのが、上側の画像にある Broadcom 社の Bluetooth コントローラである。



3-1 WiiRemote の構造

Bluetooth は、様々なデバイスでの通信に使用されている関係上、デバイスの種類ごとに決められたプロファイルが存在している。通信を行う場合は、同じプロファイルを持っているデバイス同士のみが通信を行うことができる。WiiRemote で使用されているプロファイルは、HID(Human Interface Device Profile)と呼ばれるもので、Bluetooth 対応のキーボードやマウスなどに使用されているプロファイルと同じである。HID は、各センサーやボタンなどの入力が行われた時のみ通信を行う仕組みとなっており、無駄な通信を一切行わないため電池の消耗を防ぐことができる仕組みとなっている。

なお、WiiRemote の過去の使用例に関しては第 4 章で詳細に述べていく。

考察結果「1. 障がい者入力支援装置が高価である」に対して、WiiRemote の機能を活用することにより安価に実現できるようにする。

考察結果「2. 障がい者によって手の稼働領域が

異なる」、 「3. 従来の障がい者入力支援インターフェースサイズは固定である」に対しては、紙媒体を活用することにより入力に直接関係する部分に対して、コピー機によって拡大・縮小コピーすることによってサイズの変更を可能にすることで対策する。

考察結果「4. ポインティングデバイスではソフトウェアキーボードが必要」、 「5. ソフトウェアキーボードを利用すると画面可視領域が制限される」、 「6. Windows XP などの利用率の高いバージョンは、ソフトウェアキーボードは固定サイズである」に対しては、ソフトウェアキーボードを新規に作成する。詳細は 5 章において論じるが、ソフトウェアキーボードを新規に作成するにあたって、2-1 節の図 2-4「可視領域の制限」で示したように、ソフトウェアキーボードによって背面の情報が隠れないようにする。また、ソフトウェアキーボードのサイズも変更可能にする。

4 WiiRemote の使用例

WiiRemote は 2006 年 12 月 2 日に販売された任天堂の家庭用ゲーム機 Wii のリモコンである。発売される前の開発コードは Revolution と呼ばれており、日本での東京ゲームショーにあたる米国の E3^[10]でコードネームが発表されている。

Wii が発売されたその日に「おなかがすいた族」^[11]の tokkyo によって世界で初めて WiiRemote の制御に成功している。tokkyo が開発した、Windows のマウスカーソルを制御するソフトウェアは、Web 上で公開されており、開発言語として Borland 社の Delphi^[12]が使われている。その後、様々な研究者によって独自のアプリケーションソフトウェアに埋め込むためのライブラリが開発された。

代表的なライブラリは、2007 年 7 月 9 日にソフトウェアコンサルタントの Brian Peek^[13]によって開発された、マイクロソフト社の .NET 環境で利用できるライブラリである。開発されたライブラリは、「CodePlex」の Web サイト^[14]にて「WiimoteLib」^[15]の名称で公開されており、開発言語としてマイクロソフト社の VisualStudio2005 C# が使用されている。WiimoteLib を用いることで、.NET 環境で簡単に WiiRemote を利用するアプリケーションを開発できる。

「CodePlex」とは、マイクロソフト社が行っている「Shared Source Initiative」の一環としてコミュニティを中心としたシェアードソース、およびオープンソースプロジェクトを推進するためのソフトウェア開発コラボレーションポータルサイトである。ライセンス形態には Ms-PL・Ms-CL・Ms-RL の 3 種類があり、「WiiRemoteLib」は「Ms-PL」に属している。「Ms-PL」は最も制限の緩いソースコードライセンスであり、被許諾者はソースコードを商用または非商用の目的で表示、変更、および再頒布できる。また、変更したソースコードに対してライセンス料を課金することも可能であり、著作権および特許権の使用料は両方とも無料である。なお、被許諾者は、著作権、特許権、商標、またはその他の形式の出所をコード内に常に示しておく必要がある。

Brian Peek の「WiiRemoteLib」を利用して、2007 年 12 月に米国の Carnegie Mellon 大学の研究生であった Johnny Chung Lee^[16]は、ゲーム機 Wii に同梱されているセンサーバーは実際はセンサーではなく 4 つの赤外線 LED が付いているだけであり、赤外線 LED を認識しているのは WiiRemote 側にある CMOS センサーであることに着目し、WiiRemote を使用した「Low-Cost Multi-point Interactive Whiteboards Using the WiiRemote」や「Head Tracking for Desktop VR Display using the WiiRemote」などの研究成果を YouTube で公開し世界的にも有名となっている。

- ・ 「 Low-Cost Multi-point Interactive Whiteboards Using the WiiRemote」

パソコン画面をプロジェクタからスクリーンに投影し、投影された四隅を自作した赤外線 LED ペンにてポイントすることにより WiiRemote が受信し、取得した投影の座標位置をパソコン側に送信する。後は、赤外線 LED ペンをスクリーン上で動かすことで、スクリーンを電子黒板のように使える。2007 年 12 月 7 日に YouTube に公開し、2010 年 7 月 10 日時点で 330 万回を超える視聴がされている。

- ・ 「Head Tracking for Desktop VR Display using the WiiRemote」

眼鏡の左右に赤外線 LED を設置し、赤外線 LED を WiiRemote が受信し取得した位置情報をパソコン側に送信することにより、頭の位置を追跡することを可能とした。左右の赤外線 LED と

WiiRemote の 3 点で、WiiRemote の CMOS センサーの視野角が 45 度であることを利用して、奥行き表現も可能となっている。2007 年 12 月 21 日に YouTube で公開し、2010 年 7 月 10 日時点で 840 万回を超える視聴がされている。

先行研究者である Johnny Chung Lee の WiiRemote に関する研究は、Web からダウンロード可能でオープンソースとなっている。開発言語としては、マイクロソフト社の VisualStudio2005 C# である。

Johnny Chung Lee の WiiRemote に関する研究を、上肢障がい者へのインターフェースとして使ってみようという試みはあまり無いようである。この研究資料をもとに、上肢障がい者への新たな一歩を踏み出せればと考える。

5 WiiRemote によるソフトウェアキーボード

3 章「WiiRemote による入力支援」で、2 章「肢体障がい者の PC 利用」から問題点に対する解決案を提案した。本章では、提案した内容を実現するために、プロトタイプを作成する。

プロトタイプを作成するにあたり、対象となる上肢障がい者を絞り込むことで、目的および合理性を明確にする。また、作成したプロトタイプを使って実験し考察する。

5-1 対象者

本論文では、WiiRemote とソフトウェアキーボードを利用するため、上肢障がい程度等級 2 級までを本論文の対象として実験を行う。

上肢障がい程度等級とは、障がい者が「医療の給付」や「補装具費の支給」など各種の福祉サービスを受けるための証票である「身体障がい者手帳」での区分であり、表 5-1^[17]のように 1～7 級から成る。なお、7 級に関しては、該当項目 2 つ以上で認定される。程度等級 2 級の症状として「両上肢の機能の著しい障害」「両上肢のすべての指を欠くもの」「一上肢を上腕の 2 分の 1 以上で欠くもの」「一上肢の機能を全廃したもの」と定義されている。

表5-1 上肢障がい程度等級表^[17]

等級	症 状
1	1 両上肢の機能を全廃したもの 2 両上肢を手関節以上で欠くもの
2	1 両上肢の機能の著しい障害 2 両上肢のすべての指を欠くもの 3 一上肢を上腕の2分の1以上で欠くもの 4 一上肢の機能を全廃したもの
3	1 両上肢のおや指及びひとさし指を欠くもの 2 両上肢のおや指及びひとさし指の機能を全廃したもの 3 一上肢の機能の著しい障害 4 一上肢のすべての指を欠くもの 5 一上肢のすべての指の機能を全廃したもの
4	1 両上肢のおや指を欠くもの 2 両上肢のおや指の機能を全廃したもの 3 一上肢の肩関節、肘関節又は手関節の内、いずれか一関節の機能を全廃したもの 4 一上肢のおや指及びひとさし指を欠くもの 5 一上肢のおや指及びひとさし指の機能を全廃したもの 6 おや指又はひとさし指を含めて一上肢の三指を欠くもの 7 おや指又はひとさし指を含めて一上肢の三指の機能を全廃したもの 8 おや指又はひとさし指を含めて一上肢の四指の機能の著しい障害
5	1 両上肢のおや指の機能の著しい障害 2 一上肢の肩関節、肘関節又は手関節の内、いずれか一関節の機能の著しい障害 3 一上肢のおや指を欠くもの 4 一上肢のおや指の機能を全廃したもの 5 一上肢のおや指及びひとさし指の機能の著しい障害 6 おや指又はひとさし指を含めて一上肢の三指の機能の著しい障害
6	1 一上肢のおや指の機能の著しい障害 2 ひとさし指を含めて一上肢の二指を欠くもの 3 ひとさし指を含めて一上肢の二指の機能を全廃したもの
7	1 一上肢の機能の軽度の障害 2 一上肢の肩関節、肘関節又は手関節の内、いずれか一関節の機能の軽度の障害 3 一上肢の手指の機能の軽度の障害 4 ひとさし指を含めて一上肢の二指の機能の著しい障害 5 一上肢のなか指、くすり指及び小指を欠くもの 6 一上肢のなか指、くすり指及び小指の機能

を全廃したもの

備 考	<p>1 同一の等級について二つの重複する障害がある場合は、一級上の級とする。ただし、二つの重複する障害が特に本表中に指定せられているものは、該当等級とする。</p> <p>2 肢体不自由においては、7級に該当する障害が二以上重複する場合は、6級とする。</p> <p>3 異なる等級について二以上の重複する障害がある場合については、障害の程度を勘案して当該等級より上の級とすることができる。</p> <p>4 「指を欠くもの」とは、おや指については指骨間関節、その他の指については第一指骨間関節以上を欠くものをいう。</p> <p>5 「指の機能障害」とは、中手指節関節以下の障害をいい、おや指については、対抗運動障害をも含むものとする。</p> <p>6 上肢又は下肢欠損の断端の長さは、実用長（上腕においては腋窩より、大腿においては坐骨結節の高さより計測したもの）をもって計測したものをいう。</p>
-----	---

5-2 実験

3章「WiiRemoteによる入力支援」で提案したWiiRemoteのインタラクティブ性を活用し、ソフトウェアキーボードを利用した入力支援の実験を行っていく。

まず、5-2-1項で実験方法を示す。5-2-2項では、実験で使用するハードウェア・ソフトウェアの制作ポイントを示す。5-2-3項では、実験に対する評価方法を示す。

5-2-1 実験方法

本論文の具体的な入力支援の方法として、インターフェース部分のサイズを変更できるようにするという観点から、コピーなどによって倍率を変更できる紙媒体とする。紙媒体の内容としては、ソフトウェアキーボードを印刷する。印刷された紙キーボード上の4隅を、左上から時計回りで赤外線LEDを順に点灯させ、WiiRemoteのCMOSセンサーに検知させる。WiiRemoteとパソコンはBluetoothによって送受信が可能となっており、CMOSセンサーで検知した座標軸をパソコン側に送信する。順に送信されてきた4隅の座標軸と画

面上のソフトウェアキーボードの4隅の座標軸の同期を取る。(以下、キャリブレーション)

キー入力に関しては、印刷された紙キーボード上の文字キー部分で赤外線LEDを点灯させることにより、WiiRemoteのCMOSセンサーに検知させ、赤外線LEDが点灯した座標軸をパソコン側に送信する。パソコン側では最初に行ったキャリブレーション情報をもとに、送信されてきた座標軸が、画面上のソフトウェアキーボードのどの文字キーに対応するかを計算することによって求め、ソフトウェアキーボードにより自動入力する。

赤外線LEDに関しては、指輪状の装置を作成しタクトスイッチが押下されることによって赤外線LEDが点灯する仕組みとする。イメージ図として、図5-1に示す。

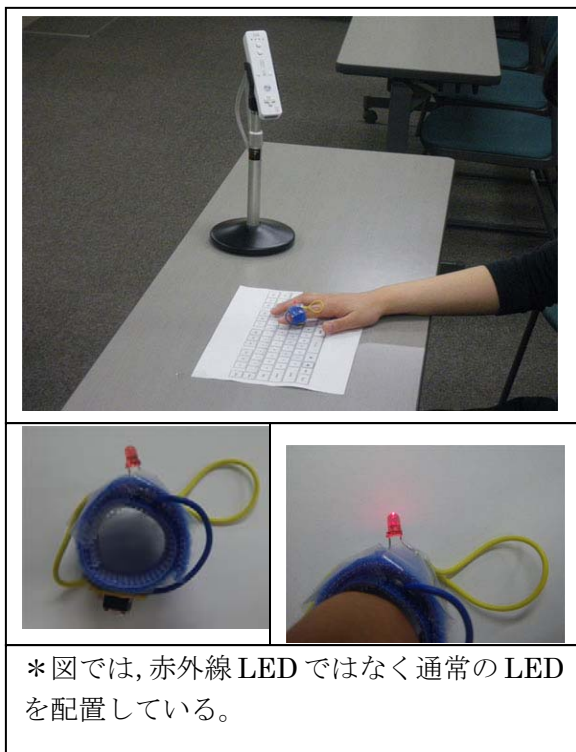


図5-1 イメージ図

本論文では、ソフトウェアキーボードを利用する形式を取っており、2章で考察したソフトウェアキーボードにおける問題点を解決するための手段として、オリジナルのソフトウェアキーボードを開発する。使用する言語として、先行研究であるBrian Peekの「WiimoteLib」とJohnny Chung Leeの「Low-Cost Multi-point Interactive Whiteboards Using the WiiRemote」が「Microsoft

VisualStudio2005 C#」が使用されている事を参考に、本論文の実験においても「Microsoft VisualStudio2005 C#」を利用する。また、肢体障がい者施設で設置されているパソコンのOSとして、Windows XPが大半を占めているため、動作環境をWindows XP以上のバージョンとする。

5-2-2 制作ポイント

本論文では、実験に使用するハードウェア・ソフトウェアを制作して進めていく。2章で考察したソフトウェアキーボードの問題点に対する解決策と、5-2-1項で述べた実験方法を実現するための条件として、20のポイントを4つの分類に分けた。

一つ目の分類として、ソフトウェアキーボードの実装における9つのポイント。二つ目は、WiiRemoteとソフトウェアキーボードの連携における4つのポイント。三つ目は、図5-1のイメージ図で示した入力装置制作における部品等に関する6つのポイント。四つ目は、入力装置を制作するための回路図である。

以下に上記で述べたポイントを分類ごとに示す。

1. ソフトウェアキーボードの実装について

1-a. キー配列はJISキーボードに合わせる。

JISキーボードとは、日本語入力で主に使われているキーボードで、JIS X 6002:1980 (情報処理系けん盤配列)^[18]の規格に基づき、上下4段、計48個のキーに対して文字が割り振られている。キーにはかなと英数字が割り当てられ、かな入力とローマ字入力を切り替えて使用できる。

1-b. テンキーは配置しない。

テンキーを配置することによってソフトウェアキーボードのサイズが大きくなるようにし、画面領域を有効活用するためである。

1-c. 透過度を段階的に設定できるようにする。

2-1節の図2-4「可視領域の制限」のように、最前面に表示されるソフトウェアキーボードによって、表示データが隠れないようにするためである。

1-d. 通常のソフトウェアキーボードとしても使用可能にする。

軽度な上肢障がい者の利用を視野に入れ、通常のマウス操作でも可能とするためである。

1-e. フォームのリサイズ時にフォームサイズに対応したキーサイズにする。

紙キーボードとソフトウェアキーボードの同期を取る関係上、フォームサイズ変更時にキーサイズとの比率を維持するためである。

1-f. キーコントロールがアクティブにならないようにする。

OSの仕様により、マウスなどでボタン等をクリックするとクリックされた場所がアクティブ位置となり、文字入力位置がカーソル位置でなくなる。そのため、クリックなどによってソフトウェアキーボード上のキーがアクティブを持たないようにするためである。

1-g. 入力されるキーの背景色を変更する。

紙キーボード上で選択されたキーに対して、ソフトウェアキーボードで相当するキーの背景色を変更することにより、押下されたキーに対する視認性を確保するためである。

1-h. 日本語入力に対応させる。

通常のキーボードと同じ機能性を持たせるためである。

1-i. 同時打鍵が必要となる Shift キーなどについて順次打鍵で認識させる。

一上肢の指一本で操作を可能とするため、通常キーボードにおいて同時打鍵が必要な入力において、順次打鍵で可能にするためである。

2. WiiRemote との連携について

2-a. Brian Peek の「WiimoteLib」を使用して WiiRemote とパソコンの送受信を可能にする。

2-b. Johnny Chung Lee の WiiRemote による電子黒板の手法を参考にし、ソフトウェアキーボードと印刷したソフトウェアキーボードのキャリブレーションを行う。

2-c. 赤外線 LED を WiiRemote の CMOS センサーで検知させ、検知した座標軸をパソコン側に送信し、キャリブレーションされたデータをもとに当該キーを入力する。

2-d. 印刷されたソフトウェアキーボードに対し

て、縮小、拡大コピーでの用紙サイズ変更に対応させる。

3. 入力装置の制作について

3-a. 指輪形状のスイッチ方式とする。

3-b. 指輪上に赤外線 LED を配置する。

3-c. 指輪下にタクトスイッチを配置する。

3-d. タクトスイッチと赤外線 LED 間にボタン電池を配置する。

3-e. タクトスイッチが押下された時に赤外線 LED が点灯する。

3-f. 使用する装置類として次の物を使用する。

(() 内は実売価格である。)

- 指輪：マジックテープ (100 円)
 - 赤外線 LED：東芝 TLN105B^[19] (40 円)
 - タクトスイッチ：北陸電気工業 KSMC611A^[20] (20 円)
 - ボタン電池：東芝 LR44EC^[21] (80 円)
 - 電池ホルダー：タカチ電気工業 PD23^[22] (160 円)
 - WiiRemote：任天堂 Wii リモコン^[9] (3,800 円)
 - Bluetooth：Logitech LBT-UAN01C1^[23] (1,323 円)
- *パソコンに Bluetooth が内蔵されている場合は必要なし。

4. 指輪型入力装置の回路図

指輪形状の入力装置を制作するにあたり、図 5-2 に示す回路図を使う。

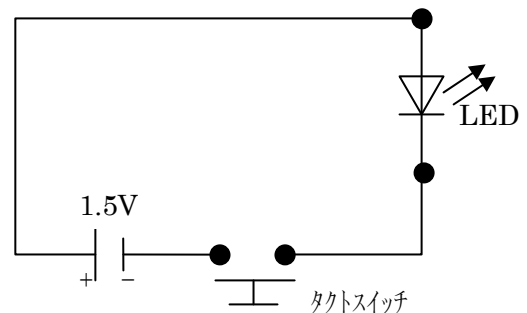


図 5-2 回路図

5-2-3 実験評価方法

5-2-1 項で述べた 4 つの分類に分けたポイントをベースにプロトタイプを制作し、上肢障がい者にとって本当に利便性が良いものかを実験を通じて確認していく。なお、上肢障がい者から利便性調査に関する協力を現在得ていないため、健常者

から利便性調査に協力を仰ぐ。健常者に一定の負荷を体を与えることにより、擬似的な上肢障がい者として実験を行い検証する。体を与える負荷内容として、肩から肘までを脇腹に固定し、小指一本だけを使用して入力する。実験後、図 5-3 に示す「程度判定質問シート」への記入により、利便性を確認していく。

程度判定質問シートでキーとなる質問は、ハードウェアの操作性を確認するための「2. キーボードに比べて入力しにくい・しやすい」と、ソフトウェアの操作性を確認するための「4. ソフトウェアキーボードの機能は悪い・良い」である。また今後の可能性として、「8. 障がい者に紹介したくない・してもよい」である。

「2. キーボードに比べて入力しにくい・しやすい」の操作性に関連する質問としては、「1. 操作しにくい・しやすい」と「3. 指輪状のスイッチは使にくい・使いやすい」であり、「4. ソフトウェアキーボードの機能は悪い・良い」に関連する質問としては「5. Shift・ctrl キーは使にくい・使いやすい」である。「8. 障がい者に紹介したくない・してもよい」に関連する質問としては、「6. 質が悪い・良い」と「7. 快適でない・そうだ」である。

記入例：悪いイメージ	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	記入例：良いイメージ
1. 操作しにくい						1. 操作しやすい
2. キーボードに比べて入力しにくい						2. キーボードに比べて入力しやすい
3. 指輪状のスイッチは使にくい						3. 指輪状のスイッチは使いやすい
4. ソフトウェアキーボードの機能は悪い						4. ソフトウェアキーボードの機能は良い
5. SHIFT・CTRL は使にくい						5. SHIFT・CTRL は使いやすい
6. 質が悪い						6. 質が良い
7. 快適でない						7. 快適そう
8. 障がい者に紹介したくない						8. 障がい者に紹介してもよい

図 5-3 程度判定質問シート

5-3 考察

「安価」と「利便性」が本論文の主目的であるが、「安価」に関しては、5-2-1 項「3. 入力装置の制作について」から必要経費として表 5-2 の通りであり、1 章の表 1-1「入力支援（キーボード）」・表 1-2「入力支援（ポインティングデバイス）」で

掲げた既存の製品に比べ非常に安価に実現することが可能であった。

表 5-2 価格表

品名	価格	備考
マジックテープ	100 円	指輪
東芝 TLN105B ^[19]	40 円	赤外線 LED
北陸電気工業 KSMC611A ^[20]	20 円	タクトスイッチ
東芝 LR44EC ^[21]	80 円	ボタン電池
タカチ電気工業 PD23 ^[22]	160 円	電池ホルダー
任天堂 Wii リモコン ^[9]	3,800 円	WiiRemote
Logitech LBT-UAN01C1 ^[23]	1,323 円	Bluetooth
合計	5,523 円	

「利便性」に関しては、30 名の協力を得て、プロトタイプを使用した後、程度判定質問シートに記入してもらった。集計結果は表 5-3 の通りである。

表 5-3 程度判定質問シートの集計結果

	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	
操作しにくい	0	2	6	13	9	しやすい
キーボードに比べて入力しにくい	0	12	10	5	3	入力しやすい
指輪状のスイッチは使にくい	0	2	24	4	0	使いやすい
ソフトウェアキーボードの機能は悪い	0	0	9	16	5	良い
SHIFT・CTRL は使にくい	0	0	2	9	19	使いやすい
質が悪い	0	0	10	16	4	良い
快適でない	0	0	10	16	4	快適そう
障がい者に紹介したくない	0	0	3	8	19	紹介したい

表 5-3 の程度判定質問シートの集計結果より平均値を算出し、平均値をプロットしたものを図 5-4 に示す。

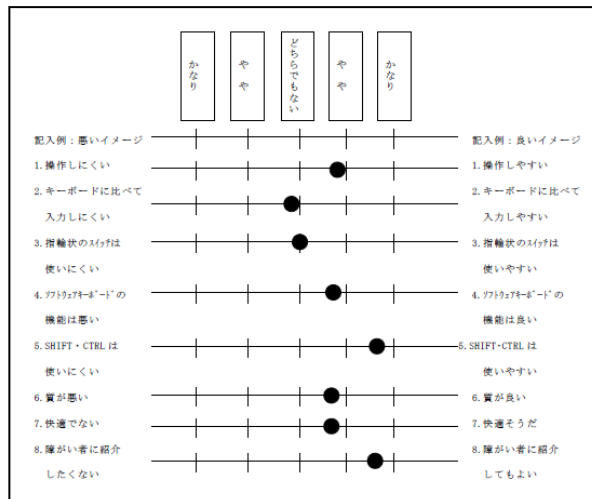


図 5-4 程度判定質問シートの平均

程度判定質問シートのキーとなる質問は、「2. キーボードに比べての入力しにくい・しやすい」、「4. ソフトウェアキーボードの機能は悪い・良い」、「8. 障がい者に紹介したくない・してもよい」である。表 5-3 の「程度判定質問シートの集計結果」と図 5-4 の「程度判定質問シートの平均」より考察していく。

「2. キーボードに比べての入力しにくい・しやすい」については、「やや」悪いと答えた人が多い。理由として、通常のキーボードではキーの凹凸がありボタン認識がしやすいのに対して、印刷された紙キーボードでは凹凸がないため、ボタン認識が分かりづらいとの意見が聞かれた。ただし関連する質問内容の「1. 操作しにくい・しやすい」では「やや」良いと答えた人が多いことから、健常者を実験対象者としたため普段からキーボード操作に慣れている結果であると考えられる。

「4. ソフトウェアキーボードの機能は悪い・良い」については、「やや」良いと答えた人が多い。また、関連する質問内容の「SHIFT・CTRL は使にくい・使いやすい」においても「かなり」良いと答えた人が多く非常に満足の結果であった。最後に「8. 障がい者に紹介したくない・してもよい」であるが、「かなり」良いと答えた人が多い。また、関連する質問内容として「6. 質が悪い・良い」と「7. 快適でない・そうだ」について「やや」

良いと答えた人が多いことから、満足のいく結果であると考えられる。

以上のことから、本論文の主目的である「安価」「利便性」に関して、ある一定の評価が得られたと考えられる。

6 課題と今後の可能性

5-3 節の考察において、本論文の主目的である「安価」「利便性」に関して、ある一定の評価を得ることができたが、まだ残された課題もある。

本章では、本論文において「残された課題」と「今後の可能性」について述べる。

6-1 残された課題

本論文の主目的として、「安価」「利便性」を取り上げて研究を行ってきた。5-3 節の考察結果から、一定の評価を得ることができたが、残る課題として、WiiRemote を利用する関係から、「ペアリング」と「キャリブレーション」がある。

「ペアリング」とは、Bluetooth を利用した通信で、デバイス同士を認識させることである。WiiRemote とパソコンで通信するために、Bluetooth を利用しており Bluetooth の設定では、お互いに通信相手を登録しなければならない。ペアリング動作の流れとして、パソコン側の Bluetooth 設定画面で接続待ち状態にする。その上で WiiRemote 側の 1 と 2 のボタンを同時に押下することによってペアリングが終了する仕組みであるが、上肢障がい者にとってペアリング動作が重荷になることが考えられる。ペアリング動作は WiiRemote とパソコンの通信が切れる度に行う必要があり、パソコンを再起動するたびに行わなければならない。これを回避するための手段として、一度ペアリングした WiiRemote が次回から自動的にペアリング動作を取ることによって、上肢障がい者への重荷は軽減されることが考えられる。自動ペアリングに関して本論文では追及していないが、ゲーム機 Wii では WiiRemote は最初に一度だけペアリングすれば、次回から自動的にペアリングがされている。このことから、WiiRemote 制御信号の仕組みを調べることにより自動ペアリングが可能であると考えられる。

次に「キャリブレーション」であるが、本論文

では、印刷されたキーボードとソフトウェアキーボードをキャリブレーションすることで座標軸の同期を取っている。印刷されたキーボードの座標軸は、WiiRemote 側の CMOS センサーの視野角 45 度、解像度 1024×768 を利用して計算されている。CMOS センサーと印刷されたキーボード間の距離が変化すると座標軸が変わってしまい、使用中に印刷されたキーボード位置が変わると CMOS センサーとの距離が変わり、最初のキャリブレーションで取得した座標軸のズレが発生し正確な入力ができなくなるため、再度キャリブレーションを行う必要がある。

最後に、「ソフトウェアキーボード」である。本論文で現状のソフトウェアキーボードの問題点を掲げ、その解決策を提案している。その一つにソフトウェアキーボードによる可視領域がある。ソフトウェアキーボードは、画面の最前面に表示される仕組みとなっており、ソフトウェアキーボードによって情報の一部が隠れてしまう。そのため、ソフトウェアキーボードの透過度を変更可能にすることによって、隠れてしまう情報を可視化することにした。ただし、情報を見る事は可能となったが、Web ページ等を閲覧している中で、ハイパーリンク部分がソフトウェアキーボードの背面にあった場合、見る事はできてもリンク部分をクリックすることはできない問題が残っている。

6-2 今後の可能性

本論文では、WiiRemote のインタラクティブ性を活用して上肢障がい者向けの入力支援を提案し、CMOS センサーと Bluetooth を活用し進めてきた。本論文では取り上げていないが、WiiRemote には、「モーションセンサー」や拡張スロットを使用した「ヌンチャク」、足で操作する「バランス Wii ボード」など様々な物がある。

モーションセンサーは、 $x \cdot y \cdot z$ の 3 軸を使って WiiRemote の傾きや動きの変化を検出することができる。また、ヌンチャクにもモーションセンサーが搭載されている。ヌンチャクに関しては、WiiRemote の拡張スロットに接続することにより、Bluetooth での通信が可能となっている。モーションセンサーと CMOS センサーなどを組み合わせることによって様々な実験・研究が可能と考える。実際に、WiiRemote のモーションセンサーを活用

して、パソコンのマウスと同等の操作ができるソフトウェアがフリーウェア等で存在している。

ヌンチャクはパソコンのジョイスティックに近いような操作も可能であり、本論文の入力支援に加えて、ヌンチャクを使用してソフトウェアキーボード以外の箇所に関してマウスポインタの制御が可能となる。

また、本論文で使用した指輪形状のスイッチは赤外線 LED を 1 つ搭載した作りになっており、赤外線 LED が点灯したら、マウスポインタの移動とクリック動作を同時に行っている。これに対して、マウスポインタ移動とクリック動作を別扱いすることで、ソフトウェアキーボード以外の箇所にもマウスポインタ操作が可能である。原理として、指輪形状のスイッチに赤外線 LED を 2 つ搭載する。1 つは、随時赤外線 LED を点灯しておくことにより、赤外線 LED の動く方向にマウスポインタを動かす。もう一つは、タクトスイッチが押下された時のみ点灯することによって、2 点の赤外線 LED を検知した時に、クリック操作を行うことで可能である。

バランス Wii ボードは、足で操作できるように作られており、4 隅にセンサーが設置されている。バランス Wii ボードに掛かる重みの負荷によって、前後左右のバランスを検知している。このことから、バランス Wii ボードをポインティングデバイスの一つとして使用することが可能と考える。

本論文では、上肢障がい者への入力支援を目的として WiiRemote を活用してきたが、子供達の遊びの一つであるラジコンにも応用できる。ラジコンの操作をするには、通常プロポと呼ばれる操縦機でラジコンを動かすが、現状のプロポでは両手を使わなければならない。現状のプロポを WiiRemote にすることによって、片手でも操作が可能になる。前述したように、WiiRemote には、 $x \cdot y \cdot z$ の 3 軸を検知するモーションセンサーが組み込まれており、この 3 軸の傾きによって、ラジコンの前進・後進・左折・右折・スピードコントロールを切り分けることが可能である。後は、ラジコン制御のための仕組みを考えれば可能である。

このように、WiiRemote のインタラクティブ性を活用すれば様々な事が可能であり、本論文はその一部を活用した。

本論文が上肢障がい者のための新たな研究の一歩として寄与できることを信じ、この論文を通じ

て新たな可能性を研究する人達への参考になればと考えている。

7 おわりに

近年、社会福祉に対する理念の一つで「ノーマライゼーション」という言葉がマスコミュニケーションなどでよく耳にする。「ノーマライゼーション」とは、障がい者と健常者を区別せず、障がいのある方が健常者と同じ社会の中で、同じように生きていくための施策や運動のことである。

「ノーマライゼーション」を実現するためには、アクセシビリティを向上させることが必要不可欠であると考えられる。アクセシビリティを向上させるための手段として、障がい者を支援する様々な装置などが開発されているが、障がいの程度によって必要とされる支援装置が異なり、不特定多数の人が利用するような障がい者支援施設などでは、利用者に合わせた入力支援を行う装置が必要となる。また、入力支援を行う装置などは非常に高価なものが多く、金銭的に余裕がなければ、有効な選択肢であるパソコンの利用を諦める人も多いと考えられる。

本論文では、上肢障がいにおける程度等級2級までを対象とした「上肢障がい者向け入力支援における研究」を行った。安価に実現するための手段として、一般的に手に入りやすく、インタラクティブ性に優れている WiiRemote を活用し、ソフトウェアキーボードと紙状のキーボードを利用した支援方法を提案した。また、異なる上肢障がい者にも対応できるように、文字入力を行う際に利用する紙状のキーボードを、コピー機によるサイズ変更を可能にすることによって利便性を実現した。

実験後に対象者に対してアンケートを実施し、本論文における妥当性の確認を行った。アンケート結果として、一定の評価が得られたと考えられる。

残された課題もあるが、本論文をきっかけに障がい者の方が新たな一歩を踏み出せればと考えている。

謝 辞

本論文は筆者が大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻修士課程に在籍中の研究成果をまとめたものである。同専攻教授 中野秀男先生、並びに、同専攻准教授 大西克実先生には指導教官として本研究の実施の機会を与えて戴き、その遂行にあたって終始、ご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。同専攻教授 北克一先生、並びに、Venkatesh RAGHAVAN 先生には助言を戴くとともに本論文の細部にわたりご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。本専攻知識情報基盤研究分野の各位には研究遂行にあたり日頃より有益なご討論ご助言を戴いた。ここに感謝の意を表す。

最後に、本論文を理解し快く実験に協力して戴いた皆様に、ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 「テクノツール」
<http://www.ttools.co.jp/product/hand/kogata_kbd/index.html> (2010/12/27)
- [2] 「パシフィックサプライ株式会社」
<<http://www.p-supply.co.jp/index.html>> (2010/12/27)
- [3] 「日本テクト株式会社」
<http://tp.nippontect.co.jp/hds_nt7106_outline.html> (2010/12/27)
- [4] 「アクテブライズ株式会社」
<<http://www.actbrise.com/image/index.html>> (2010/07/16)
- [5] 「有限会社エムクリエイト」
<<http://www.mcreate.jp/>> (2010/07/16)
- [6] 「株式会社アクト・ツー」
<<http://www.act2.com/products/trackbar.html>> (2010/07/16)
- [7] 「株式会社 東京エルゴ」
<<http://pcrc.jp/JP/JP1.htm>> (2010/07/16)
- [8] 「大阪府 障害者 IT ニーズ調査事業の実施結果」
<<http://www.pref.osaka.jp/jiritsushien/jiritsushien/itneedstyousa.html>> (2010/07/16)
- [9] 「任天堂」
<<http://www.nintendo.co.jp/wii/controllers/index.html>> (2010/07/16)
- [10] 「E3」 <<http://www.e3expo.com/>> (2010/12/27)
- [11] 「おなかがすいた族」
<<http://onakasuita.org/>> (2010/12/27)
- [12] 「Borland」 <<http://www.borland.com/>> (2010/12/27)
- [13] 「Brian Peek - Brian Pwwk's Blog」
<<http://brianpeek.com/blog/>> (2010/12/27)
- [14] 「CodePlex」 <<http://www.codeplex.com/>> (2010/12/27)
- [15] 「WiimoteLib」
<<http://wiimotelib.codeplex.com/>> (2010/12/27)
- [16] 「Johnny Chung Lee - Human Computer Interaction Research」 <<http://johnnylee.net/>> (2010/07/16)
- [17] 「大阪市 身体障害者手帳」
<<http://www.city.osaka.lg.jp/kenkofukushi/page/0000007734.html>> (2010/07/16)
- [18] 「日本工業規格 JIS X 6002:1980」
<<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=34770>> (2010/12/10)
- [19] 「東芝 TLN105B」
<[http://www.semicon.toshiba.co.jp/docs/datasheet/ja/Opto/TLN105B\(F\)_ja_datasheet_071001.pdf](http://www.semicon.toshiba.co.jp/docs/datasheet/ja/Opto/TLN105B(F)_ja_datasheet_071001.pdf)> (2010/12/10)
- [20] 「北陸電気工業 KSMC6111A」
<<http://www.hdk.co.jp/pdf/jpn/j291702.pdf>> (2010/12/10)
- [21] 「東芝 LR44EC」
<<http://www.toshiba.co.jp/living/webcata/lamp/lr43ec.htm>> (2010/12/10)
- [22] 「タカチ電気工業 PD23」
<<http://www.takachi-el.co.jp/data/pdf/06-01.pdf>> (2010/12/10)
- [23] 「Logitech LBT-UAN01C1」
<<http://www.pro.logitech.co.jp/pro/g/gLBT-UAN01C1/>> (2010/12/10)