

スマートフォン用障がい者入力補助デバイスの試作

宮崎英一（技術教育）・坂井 聡（特別支援教育）
谷口公彦（香川県立高松養護学校教諭）*・野田知良（香川県立聾学校教諭）**
大野香織（かがわ総合リハビリテーションセンター）***
篠原智代（かがわ総合リハビリテーションセンター）***

〒760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部

*〒761-8057 高松市田村町1098 香川県立高松養護学校

**〒761-8074 高松市太田上町513-1 香川県立聾学校

***〒761-8057 高松市田村町1114番地 かがわ総合リハビリテーションセンター

The trial production of the disabled person input auxiliary device for smart phones

Eiichi MIYAZAKI, Satoshi SAKAI, Kimihiko TANIGUCHI*, Tomoyoshi NODA**,
Kaori OONO*** and Tomoyo SHINOHARA***

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

**Kagawa Prefectural Kagawa Special education school, 1098 Tamura-cho, Takamatsu 761-8057*

***Kagawa Prefectural School for the Deaf, 513-1 Otakami-machi, Takamatsu 761-8074*

****Kagawa General Rehabilitation Center, 1114 Tamura-cho, Takamatsu 761-8057*

要旨 最近のスマートフォンは、高速化したネットワークへの対応、マルチメディア処理能力の向上、タッチパネルによる操作性の向上等に対応が進み、その性能は一般的な家庭用コンピュータの代替え可能とまで考えられる。スマートフォンは小型軽量であり、どこでも利用出来るので、これを利用する事で障がいのある人でも、自立支援やコミュニケーションの変革をもたらす事¹⁾が期待される。しかし、これらのユーザインタフェース部分は健常者の使用を標準として設

計されており、障がいのある人にとっては情報弱者を生み出す元凶にもなっている。そこで本研究では、ユーザの症例に合わせてカスタマイズが可能で、より柔軟な対応が可能なスマートフォンのタッチパネル入力を支援する入力補助デバイスを提案する。

キーワード 障がい者支援, スマートフォン, ユーザインタフェース, PIC, USB

1. はじめに

現在、携帯電話に代表される小型情報端末は、我々の日常生活において必要不可欠なものとなってきている。これを裏付ける要因として、平成23年末に総務省で行われた調査結果^{2), 3), 4)}を図1に示す。同図は2009年から2011年にかけての日本国内における固定電話と携帯電話の普及率を示したものである。ここで固定電話の普及率は3年連続して減少しているが、これと比較して携帯電話は概ね93%程度の普及率を保ち続けており、もはや国内において携帯電話の普及率は飽和状態であるとも考えられる。よって携帯電話は、既に一般家庭においても日常家電製品と同レベルで普及していると言えよう。

同図で示したように、携帯電話は既に一般化していると見せるが、その内訳を見てみると興味深い結果が示される。図2は同じく

総務省の調査結果であるが、2009年から2011年にかけての日本国内におけるスマートフォンとパソコンの普及率を調査したものである。ここでスマートフォン（2009年度は少なすぎて調査項目にも入っていないのである）は僅か2年で3倍近い普及率を持つようになった。一方、一般的には普及が進んでいると考えられるパソコンであるが、実はその普及率は3年連続して減少している。この両者から推測される結果として、ネットワーク・インフラの高速化、スマートフォンの高機能化やその使い易さ等に伴い、それが広く一般家庭にまで普及し始め、以前はパソコンで作業していた内容がスマートフォンで少しずつ置き換えられていると考えられる。このような事から、スマートフォンは今後一層一般家庭にまで普及していくと考えられる。

従来の携帯電話では、通話や携帯メール

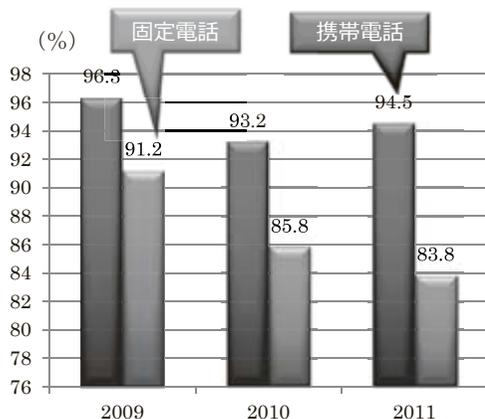


図1 固定・携帯電話の普及率

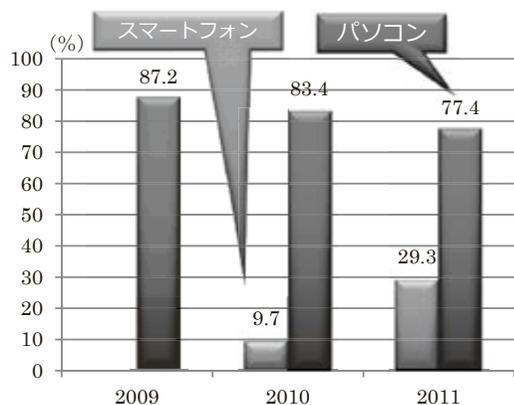


図2 パソコン・スマートフォンの普及率

が主な利用目的であったが、スマートフォンは通常のパソコン程度の高度なマルチメディア処理能力を有するので、これを生かして、WEB閲覧、音楽、動画、電子書籍、スケジュールの管理等の多目的な支援がワンデバイスだけで可能となる。

それに加えスマートフォンならば、自宅だけでなく、病院や作業所といった個人のパソコンを持ち込み難い環境下でも小型軽量であるという事、3Gの無線を利用するので、施設内において新たにネットワーク設備の設営が不必要な事等と相まって、持ち込みを許可される場合も多い。以上の結果から、障がいを持った人にとってもスマートフォンは、より実環境においての日常生活の支援を行う有効なツールとなりうる可能性を持っている。

その一方、スマートフォンの利用時に問題になるのが、タッチパネルの操作である。タッチパネルでの操作は、直観的であり初心者でも簡単に機器を使いこなすことを可能にするが、稼働範囲の制限や、細かい位置制御が困難な障がいのある人には操作方法そのものが、逆に運用を妨げる場合もある。そこで本研究では、組み込み機器の制御に用いられるPIC (Peripheral Interface Controller) をシステムのベースとして、スマートフォン利用時における障がい者支援用のユーザインタフェース機器の試作を提案するものである。

2. システムに要求される要因

2.1 障がいのある人の症状と特性

本研究で提案するように、障がいのある人に対してスマートフォンの操作ユーザインタフェースを作成する場合、その症例に対応⁵⁾したインタフェースを作成する必要がある。その一例を表1に示した。ここでは、視覚障

表1 症状への対応

	症状	細かな動作	可動範囲
視覚障がい	全盲	可能	広い
	弱視	可能	広い
肢体不自由	脳性まひ	困難	広い
	筋ジストロフィー	可能	狭い

がいを持った人と、肢体不自由な人に要求されるユーザインタフェースの特徴を比較している。同表から判るように、視覚障がいを持った人に対しては、情報の提示さえ問題なく実現できれば、後の機器の操作自体はさほど困難でない。また情報の提示もスマートフォンの音声ガイダンス等、一般化したシステムを利用する事でユーザの要求を満足できる場合が多い。

しかし、肢体不自由な方の場合はユーザインタフェースの一般化が困難であり、同表に示すように動作の具合や可動範囲等を症例に合わせて状態を細かく調整する必要がある。そのため、このような条件を満足するにはハードウェアだけで作成した場合、後でのユーザインタフェースのタイミング調整が即回路の再設計となるので、事実上は実現が困難であると考えられる。特に筋ジストロフィーの方の場合には、手指の位置精度は比較的高く、正確に座標を示す事ができるが、その反面、手指の稼働範囲が狭くまた操作力が弱いという問題点がある。このため。スマートフォンのようにタッチ操作でオペレーションを行う場合、これらの問題により、事実上操作が不能な場合が発生してしまう。

そこで本研究ではこの問題を解決するため、インタフェースの特性をプログラミング上から変更可能なPIC⁶⁾をベースとしたスマートフォン用ユーザインタフェースの試作

を行った。その結果として、ユーザのニーズに応じて簡単にユーザインタフェースの特性がカスタマイズ可能になった。

2.2 スマートフォンの特性

本研究では上記に述べた利点から、スマートフォンを操作対象機器として使用する。この場合、問題になるのがスマートフォンのハード・ソフトウェア実装問題である。現在、日本国内において市販されている代表的なスマートフォンの特徴を表2に示す。ここでの表は本研究で行ったように、外部インタフェースを開発する場合に相当し、一般的なユーザの体感とは異なる場合がある可能性がある。

現在日本国内において、代表的なものとして、Google社、Apple社、Microsoft社から3種類のOS系を実装したスマートフォンが市販されている。本研究ではAndroid版のスマートフォンを開発対象とした。これは同表に示したように、スマートフォンのインタフェースの対応が多い、具体的にはUSBのHIDクラスを実装している事、更にタブレット版が存在するので、比較的大画面が使用できる事から学校教育現場等の使用⁷⁾に向いている事、また比較的多種の製品が入手可能な為である。

表2 各種スマートフォンの比較

OS名	Android	Ios	Windows Phone
メーカ	Googl	Apple	Microsoft
ハードウェア	多種多様	統一されている	統一されている
ソフトウェア	バージョンの差が大きい	バージョンの差が少ない	バージョンの差が少ない
インタフェース	対応が多い	限定的	対応が多い
タブレット	有り	有り	無し

る。

ここで問題になるのが、OS間のバージョンの差異である。執筆時においてはAndroid版に実装されるOSは依然の2.3系、タブレット版の3系、両者を統合した4系と3種類のバージョンが存在している。現状では、4系のOSはまだ一般艇ではない事、またタブレット版の使用を前提としているので、本研究ではOSの3系(Honeycomb)を開発ターゲットとした。

3. 試作したユーザインタフェース

3.1 PICに関して

PICとは、ワンチップマイコンとも呼ばれ、マイクロチップ・テクノロジー社 (Microchip Technology Inc.) が製造しているマイクロコントローラ (制御用IC) の名称である。本来は、コンピュータの周辺機器接続の制御用として1980年代にゼネラル・インスツルメント (General Instruments Corporation) 社によって開発された。PICにはCPU、メモリ (RAM, ROM)、I/Oなどが1チップに収められており、ROMに書き込まれたプログラムにより制御される。特徴としては、回路構成が簡単であり、安価なので組み込み機器の制御に利用される事が多い。また使用ターゲットとしては、家庭電化製品 (TV、ビデオ、洗濯機、エアコン等)、事務用品 (コピー、ファクシミリ等)、産業用製品 (産業用ロボット、各種製造機器、検査機器)、その他 (自動車、携帯電話、カメラ等) に使用されるなど、我々の日常生活にまで広く普及している。

3.2 PICとコンピュータのハードウェア比較

ここでは、一般的に使用されているコンピュータとPICの比較を行い、その特徴を表3に示した。同表に示したように、PICは小

表3 コンピュータとPICの比較

	コンピュータ	PIC
構造	複雑	簡単 1チップ
サイズ	大きい	超小型 数cm
価格	高価	安価 数十円～数百円
プログラム	直接実行可能	プログラミングにコンピュータが必要 内蔵ROMに書き込む
使用目的	多目的	単一目的 (組み込み機器の制御)

型安価であり、使用ターゲットとして機器の制御に向いているが、プログラミング環境の構築（ROMライターやアセンブラ、リンカの準備）やプログラミング自身が主としてアセンブラで記述される等から、これらを使用するには通常のコンピュータと比較してやや敷居が高いという事は否めない。しかしこれはPICを使用するハードウェアの設計者やプログラマーに関する問題であって、完成後の機器を使用する実際のユーザにはこれらの問題点は無関係であり、小型・軽量や安価というメリットが享受できる。よって本研究では、このPICを開発ターゲットとする。

3.3 タッチパネルへの対応

通常、我々が使用しているコンピュータ（以下、パソコンと表記する）とスマートフォンの操作における内部プログラムの比較を表4に示した。この表はHTML5でプログラミングを行う場合の操作系イベントのAPI

表4 マウスとタッチイベントの比較

操作	開始	移動中	終了
パソコン (マウス)	Mouse Down	Mouse Move	Mouse Up
スマートフォン (タッチ)	Touch start	Touch move	Touch end

を比較している。両者とも同様に「開始」、「移動中」、「終了」のイベントを実装しているが、最も大きな差異は「MouseMove」と「Touchmove」の間にある。タッチの場合はマウスのようなホバリングという概念がない事である。その他、両者を比較した場合の差として、マウスイベントは右、左、真ん中、スクロールホイールといった、どのボタンが押されたかというボタン情報を含んでいる。しかしタッチイベントにはボタンという概念がないので、この情報は実装されていない。またマウスイベントは必ず1つのポイント（座標）でのみ発生するが、マルチタッチを実装したスマートフォンの場合、タッチイベントは配列を用いて複数のポイント（座標）を保持する事ができる。

このように、パソコンとスマートフォンの操作を比較した場合、利用者側から見た動作そのものに大きな差異は無いが、その内部のプログラムでは大きな隔たりが存在する。この差異に関しては、OSレベルでの動作に依存するもの、あるいは上記で示したようにユーザ側のプログラムで対応できるもの、とハードウェア環境も含めた使用環境に大きく影響される。よって本研究のように操作系デバイスを自作する場合は、この点に留意してデバイスを作成する必要がある。そこで本研究ではこれらの問題点を解決するためにPIC内部のハードウェア側のプログラム（ファームウェア）を自作して対処している。

この独自に試作したプログラムの概略を表5に示す。同表は本研究で試作したマウスデバイスとタッチデバイスの差を示している。

表5 マウス・タッチの差異

マウス	左ボタン	右ボタン	ドラッグ
タッチ	タップ	無し	実装

ここで作成したデバイスは、通常のマウスに実装されている右ボタンのクリックを実装していない代わりに、タッチ操作でのドラッグ機能を実装している。これはこのデバイスを使用する方の「使用したいソフトに合わせたい」という目的に合わせているためである。もし、他の使用者がタッチ操作においてマウスの「右ボタン」機能をタップの長押しで代替えたいというような希望があれば、これをPIC内部のハードウェア側のプログラムで実装する事で対応が可能である。このようにPICを用いてユーザインタフェースを作成する利点は、内部プログラムをユーザの要求に合わせて柔軟にカスタマイズ出来る事である。

3. 4 試作したPICの内部プログラム

USB機器を自作する場合、基本的なUSBの動作モード等の設定以外に、USBデバイスの内部構成を記述するディスクリプタの設定⁸⁾を行う必要がある。表6に本研究で使用したインタフェース（タップ）のディスクリプタの設定例⁹⁾を示す。ここで表示しているのは、レポート・ディスクリプタの一部分で、各デバイスの基本的な設定をアセンブラのretlw命令を用いてテーブルとして記述して

表6 リポート・ディスクリプタの設定

1) タッチ (Report Descriptor)
retlw 0x01 ; usage page (generic desktop)
retlw 0x02 ; usage (touch)
retlw 0xA1
retlw 0x01 ; collection (application)
retlw 0x09
retlw 0x01 ; usage (pointer)
(略)

いる。同表に示したように、タップの定義に関係する部分に下線を引いて示しているが、デバイスに関するコードを記述するだけで、PICにタップ動作の様々な機能を持たせることが可能になる。

本研究で試作したユーザインタフェースは、タップ機能に新たにドラッグボタンの機能を追加したものであり、これらのソフトウェアの追加が必要となる。ここで作成するソフトウェアは、ホスト側コンピュータとの通信におけるUSB通信アーキテクチャの中でも最上位のアプリケーションレベルであり、デバイス・ドライバを介してエンドポイントと呼ばれるバッファを経由して行われる。この時、本デバイスで使用される各エンドポイントを表7に示す。同表に示したように、タップされた情報は、エンドポイントの0バイト部分の0ビットで保持され、X移動量とY移動量はそれぞれ1バイト部分と2バイト部分の値で判断される。このエンドポイントをホスト側コンピュータに送信することで、ホスト側コンピュータの画面上でカーソル移動が行われる。よって、プログラムからこれらの値を制御することで、カーソルの制御可能となる。

このエンドポイントを利用した入力補助デバイスのプログラムの実例を図3に示す。なお同図で示したプログラムは、PIC Basicで記述されており、エンドポイントを介したデバイスの出力を示している。ここでのbuffer変

表7 エンドポイントの定義

		タッチ							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0		0	0	0	0	0	中	右	左
1		X移動量 (-127~127)							
2		Y移動量 (-127~127)							

```

(略)
if portb.3=0 and portb.0=0 then
    buffer [0] = 1
    buffer [1] = 2
    buffer [2] = -2
} A
Goto endgame
endif

if portb.2=0 and portb.0=0 then
    buffer [0] = 1
    buffer [1] = 2
    buffer [2] = 2
} B
Goto endgame
endif
(略)
    
```

図3 エンドポイントのプログラム例

数の値は、表7のタッチで定義されたエンドポイントと対応しており、「buffer [0] = 1」が画面上でタップが実行された事を示している。また「buffer [1]」、「buffer [2]」がそれぞれX軸とY軸の移動量を表している。よって同図のAはユーザが、タップした状態で、尚且つ右上向きの座標が出力された状態を示している。また同図のBはタップした状態で、尚且つ右下向きの座標が出力された状態を示している。ここではユーザの使用状況から判断して、カーソルの移動量を「2単位」と比較的小さな値としているが、この値を変更することで、大きな移動量や加速度的な移動を与えることも可能である。このようにタップの動作をプログラミングで細かく変更できるので、障がいのある人の症状に合わせた設定が可能となった。

4. 試作したシステム実体

本研究で作成したタッチ入力補助デバイスを図4 a) に概略図、同図 b) に全体図とし

て示す。この入力補助デバイスでは、ユーザがボタンを押す力が不必要のように、全てのボタンが静電容量型タッチセンサによって制御されている。ここでは、タッチセンサとしてセンサテック社の「HTS-30」を使用した。これはオープンコレクタ出力のためPICと直接接続できること、接触に伴うセンサの感度設定が不要なこと、さらに同図 b) に示したように、センサの感知部分（ボルト）を近接させて配置しているが、それに伴い発生するセンサ同士の相互干渉にも強い等の利点がある。

この入力補助デバイスは図1に示したPICの2ポート入力を同時に判定し、2つのボタ

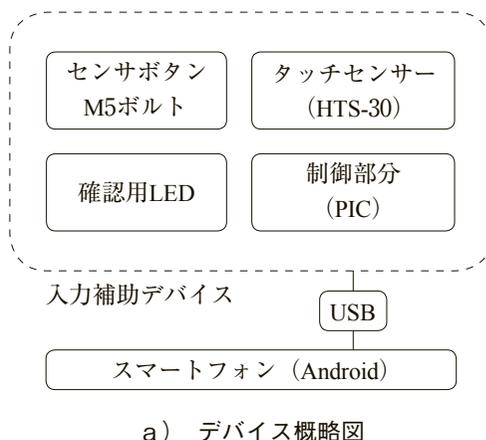


図4 制作した入力補助デバイス

ンを同時に触ることで、「上右」や「下左」といった複数入力におけるカーソルの斜め操作にも対応させている。ボタン配置は斜め操作が指1本でも行い易いように、いわゆるダイヤモンド・カーソルの配置としている。さらにここでは、デバイスに耐久性を持たせるために、10mm厚の板にM5のボルトをナットで固定して、ボタンとしている。また指一本でドラッグ操作を行うのに必要な左ボタンのオン状態を保持するドラッグボタンも、右上部に備えている。ここで、ドラッグボタンはトグルキーになっており、押す度にオンとオフを繰り返すようになっていいる。そして同図a)に示したように、ドラッグボタンがオンならば点灯するLEDも加えているので、ユーザは目視でドラッグボタンのオン・オフ状態を確認することが可能である。

5. おわりに

先に述べたように、障がいのある症例によって手指の運動の正確性は保たれるものの、可動範囲が狭い場合にはタッチパッドでは大きな領域の描画は困難である。しかし本研究で試作した入力補助デバイスでは、入力感知部分のどこにでも触れてさえいれば、カーソルの移動情報が出力され続けるので、可動範囲が狭いユーザにとって大きな利点となる。

また、タッチパッドでもマウスの左右ボタンが従来のクリックボタンの場合にはこれを押しこむ保持力が要求され、筋ジストロフィーのように操作力が弱いユーザには不適當であった。しかし本デバイスは、タッチセンサの利用により、操作力を殆ど必要としない点においても従来のマウスやタッチパッドといった入力機器と比較して大きな利点がある。

今後は、試作したデバイスをいろいろな環

境下でテストしてもらい、更なる実用化に向けて試作を繰り返すものである。

6. 謝辞

本研究は、平成24年度科学研究費補助金(基盤研究(C))「運動機能及び発達障害をサポートする生活・学習支援ワンデバイスシステムに関する研究」(課題番号24500648)の一部として行われたことを記して謝意を示す。

7. 参考文献

- 1) 内閣府編：障害のある人とIT～ITが拓く新たな可能性～、平成13年度版障害者白書、財務省印刷局(2001)
- 2) 総務省：平成23年通信利用動向調査 世帯編(世帯全体) 統計表一覧
- 3) 総務省：平成22年通信利用動向調査 世帯編(世帯全体) 統計表一覧
- 4) 総務省：平成21年通信利用動向調査 世帯編(世帯全体) 統計表一覧
- 5) 宮崎英一、坂井聡、PICを用いた障害者支援用仮想HIDの開発、日本産業技術教育学会誌、52巻、第2号、129-136、2010
- 6) 宮崎英一、谷口公彦、野田知良、高原淳一、坂井聡。PICを用いた障害者用IT機器入力補助デバイスの試作、香川大学教育実践総合研究、第16号、pp.25-33(2008)
- 7) 畠山卓朗、政木憲司：小型タブレットを用いたキーボード・マウス・エミュレータの開発、第21回ハ工学カンファレンス講演論文集、pp.317-318(2006)
- 8) トランジスタ技術編集部編：オリジナルUSB機器の設計と製作、CQ出版社、pp.93-128(2005)
- 9) USB Implementers Forum:Device Class Definition for Human Interface Devices

スマートフォン用障がい者入力補助デバイスの試作

(HID) : Version 1.11, http://www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf