

特殊研 F-97

ユニバーサル・シリアル・バスに接続する運動障害児用入力支援デバイスの開発と普及

(課題番号 11558024)

平成 11 年度～平成 12 年度 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2) 研究成果報告書

平成 13 年 3 月

研究代表者 松本 廣 (平成 11 年度)
棟方哲弥 (平成 12 年度)

(教育工学研究部)

目 次

I	研究の概要	1
1	研究の目的と方針	1
2	研究の経緯	4
3	研究成果の発表、報告	5
II	肢体不自由教育におけるコンピュータ利用	6
1	児童生徒の実態とコンピュータの利用	6
2	コンピュータのアクセシビリティ	6
3	操作スイッチによるコンピュータの利用	8
4	キーボード・ナビゲーション	11
III	Wing-USB の概要	13
1	USB について	13
2	Wing-USB の概観	13
3	Wing-USB のハードウェアと制御プログラム	14
4	Wing-USB とコンピュータの接続	15
5	操作スイッチの機能	16
IV	Wing-USB の評価	17
1	評価の方法	17
2	評価の項目	17
3	調査の結果	17
4	評価のまとめ	20
V	Wing-USB の開発	21
1	Wing-USB のハードウェア	21
2	Wing-USB のソフトウェア	24
3	Wing-USB の動作確認	30
VI	Wing-USB の関連資料	33
1	ぼんぼんらんど仕様の Wing-USB	33
2	マウス仕様の Wing-USB	33
3	USB 端子に Wing-SK を接続	33
4	1 点スイッチボックスと Wing-USB	34
5	Internet Explorer のキーボード・ナビゲーション	35

研究課題

基盤研究（B）（2） 課題番号 11558024

「ユニバーサル・シリアル・バスに接続する運動障害児用入力支援デバイスの開発と普及」

研究担当者

平成11年度

研究代表者：松本廣 国立特殊教育総合研究所教育学研究部教育学研究室長（現、群馬県総合教育センター情報相談部特殊教育課主任指導主事）

平成12年度

研究代表者：棟方哲弥 国立特殊教育総合研究所教育学研究部教育学研究室長

研究分担者：大杉成喜 国立特殊教育総合研究所教育学研究部教育学研究室主任研究官

研究協力者：松本廣 群馬県総合教育センター情報相談部特殊教育課主任指導主事

研究経費

平成11年度 2,400千円

平成12年度 1,800千円

研究成果の報告にあたって

本研究は、平成11年度に松本廣国立特殊教育総合研究所教育学研究部教育学研究室長（当時）を研究代表者として開始された。平成12年4月1日付けで、研究代表者であった松本廣室長が群馬県総合教育センター情報相談部特殊教育課主任指導主事に転出したことから、同じ研究室に所属していた棟方哲弥が研究代表者を引き継ぎ、松本廣主任指導主事が研究協力者となって研究を継続して遂行した。

なお、平成12年度から研究分担者となった大杉成喜国立特殊教育総合研究所教育学研究部教育学研究室主任研究官は、試作されたデバイスの評価の一部を担当した。

（研究課題名に「デバイス」という表現を用いているが、報告書のタイトル、および報告書の中身の記述では「デバイス」という一般的な表現に統一した。）

I 研究の概要

1 研究の目的と方針

1-1 研究の背景

平成 11 年度の研究代表者は、運動障害がある児童生徒を実際的に支援する活動をベースに、コンピュータの操作環境を改善に関する、以下のような一貫した研究を実施してきた。

(1) 科学研究費補助金 試験研究 (B)、期間：平成 4 - 6 年度

研究課題名：運動障害児がコンピュータを利用できるキーボード・マウスエミュレータの試作
研究代表者：松本 廣

マイクロコンピュータ制御により、a)大型 50音ひらがなキーボードでコンピュータを使用する機能、b)外部操作スイッチによるマウス・エミュレータの機能、c)画面に表示されたソフト・キーボードを外部操作スイッチで使用する機能、などを実現するキーボード・マウスエミュレータ (WING-52)を開発した。WING-52は日本リハビリテーション工学協会主催の福祉機器コンテストに入選し評価された。また、WING-52は約50台作成され、全国の肢体不自由養護学校などで活用されている。

(2) 科学研究費補助金 一般研究 (B)、期間：平成 6 - 7 年度

研究課題名：障害児・者の情報ネットワーク・アクセシビリティの改善に関する実践的研究
研究代表者：松本 廣

1～3個程度の外部操作スイッチの操作により、インターネットのWWWなど閲覧することを可能にする入力支援デバイス (Wing-SK)を開発した。Wing-SKは最新のマイクロコンピュータ制御により、GUIの操作環境をマウス以外の方法で利用するための世界的な規格である「キーボード・ナビゲーション」に対応したシリアルキー対応の入力支援デバイスである。また、外部操作スイッチで「デジタルカメラ」や「赤外線コントローラ」を制御する機能もサポートしている。Wing-SKは当研究所の研修講座の実習の教材などで約100台作製され、教育現場や家庭などで活用されている。なお、Wing-SKの開発を基にして、キーボード・ナビゲーション対応の入力支援デバイスが市販され実用に供されている。

(3) 科学研究補助金 試験研究 (B)、期間：平成 8 - 10 年度

研究課題：肢体不自由児に最適なコンピュータ入力機器を評価・適合する教材システムの開発
研究代表者 松本 廣

実際の教育現場では、児童生徒の障害の状態に最適なコンピュータの入力支援環境 (外部操作スイッチなどを使った入力操作環境)を容易に見つけ適合することは困難なことが多い。

その理由として、a)児童生徒の障害の状態が多様である、b)有効な市販品が少ない、c)情報が少ないため試行錯誤的に適合される、d)入力インターフェースを開発・適用するには専門的な技術が必要、などがあげられる。このような状況を改善するために、児童生徒の障害の状態を適切に評価・判定できる教材と、児童生徒のコンピュータの操作を可能にする一連の入力インターフェースとが組み合わせられた評価・適合教材システムを開発した。

しかし、これまでに開発した WING-52 や Wing-SK はキーボード端子やマウス端子、シリアル端子に接続する仕様であったため、コンピュータが動作中に児童生徒のニーズに合わせて入力支援デバイスを追加したり、交換したりすることが不可能であった。

最近リリースされた Windows98 マシンや Macintosh には、コンピュータが動作状態であっても抜き差し可能な USB 端子が装備されている。

USB はプラグ&プレイが保障されるため、コンピュータが動作中であっても児童生徒から求められる多種類の入力支援デバイスを自由に追加したり交換したりすることが可能である。この機能は、障害がある児童生徒とその支援者にとって大きなメリットをもたらす。このため、USB 仕様の入力デバイスのニーズが強く、USB に接続する入力支援デバイスを開発し、教育現場に提供する必要が認められた。

1-2 研究の目的

肢体不自由教育におけるコンピュータの利用は、身体的障害による意思表示やコミュニケーションなどの表現活動の困難を補い、主体的な生活や学習を支援し可能にする手だてとして実践されている。最近では、インターネットなどの情報通信ネットワークに児童生徒の作品や主張を公開したり、一般社会の人たちと電子メールを交換したりすることをおして、子どもたちが社会的関係における自分の存在を確認するための手段としても注目されている。

しかし、身体的障害（特に上肢運動障害）がある児童生徒がコンピュータを利用するときの大きな課題は、一般に使用されている標準キーボードやマウスなどの操作が困難な点にある。現在普及しているコンピュータの操作環境は、マウスを代表とするポインティング・デバイス（Pointing Device）による操作を前提とした GUI（Graphical User Interface）が採用されているため、児童生徒の障害の状態に適した入力支援デバイスの開発や提供などの支援が求められている。

これまで使用されてきた「代替キーボード」や「マウス・エミュレータ」などの入力支援デバイスは、キーボード端子やマウス端子に接続する仕様であるため、

- a) コンピュータの機種が異なると接続できない
 - b) コンピュータが動作状態にある時には接続や取り外しができない
 - c) コンピュータの扱いに不慣れな教師や保護者などの支援者にとって取り扱いが困難である
- などの不都合が指摘されてきた。

このため本研究は、最近の Windows や Macintosh などの OS（Operating System）に採用されたユニバーサル・シリアル・バス（Universal Serial Bus）（以下、USB と呼ぶ。）に接続する仕様の入力支援デバイスを開発しその普及を図ることとする。

入力支援デバイスを USB に接続する仕様を採用することにより、

- 1) コンピュータの機種が異なっても接続が可能となる
- 2) コンピュータが動作状態であっても入力支援デバイスの追加や取り外しが可能となる

など、これまでの入力支援デバイスにない新しい機能が実現される。

これらの新しい機能は、

- a) 障害のある人と障害のない人とが共通に利用できるコンピュータの操作環境が容易に実現する
- b) 異なる障害の状態の児童生徒が入力支援デバイスを同時にあるいは容易に繋ぎ変えてコンピュータを操作できる
- c) 教師などの支援者にとって入力支援デバイスの接続や設定が容易になる

などの利点をもたらす。これらの利点はこれまでの入力支援デバイスにはなかった機能である。

本研究は、このような利点をもたらす USB 仕様の入力支援デバイスを開発し、また教育現場や家庭に普及させることにより、運動障害がある児童生徒のより一層の情報教育の充実に貢献することを

目的とする。

なお、国内においてはキーボード・ナビゲーションに対応した USB 仕様の入力支援デバイスは供給されておらず、研究開発や計画の報告も見あたらない。国外においても、研究代表者が平成 10 年度、在外研究員としてドイツとアメリカに滞在し身体障害児のコンピュータ利用について研究調査を実施した範囲では、本研究のような USB 仕様の入力支援デバイスの研究開発報告はなかった。また、インターネットで関係する欧米のサイトを調査したが、本研究のような情報を検索することはできなかった。

1-3 研究の方針

運動障害がある児童生徒がコンピュータを利用するときに求められる入力環境と入力支援デバイスは、次の3つのグループに分類することができる。

(1) キーボードの利用が可能なグループ

「キーガード」やキーボード操作の「入力支援ソフトウェア」を併用することによりコンピュータの利用が可能となるグループである。「入力支援ソフトウェア」としては、1) 順次入力機能 (StickKeys)、2) 反復入力条件設定機能 (KeyRepeat)、3) マウス代行機能 (MouseKeys) などの機能が有効である。これらの機能は、すでに Macintosh や Windows98 (NT) などの OS が提供しており、実用上支障がないので本研究では対象としない。

(2) 代替キーボードを利用するグループ

大型あるいは小型の「50音配列ひらがなキーボード」などのアシスティブ・キーボードを利用することによりコンピュータの利用が可能になるグループである。国内では DOS/V 仕様マシンのキーボード端子に接続するアシスティブ・キーボードが1種類市販されているのみである。障害児教育の現場からは USB 対応のアシスティブ・キーボードが求められている。

(3) 外部スイッチを利用するグループ

コンピュータの外部に各種の「押下スイッチ」や「呼気スイッチ」などを接続しすることによりコンピュータを操作するグループである。研究代表者が開発した Wing-SK は主にキーボード・ナビゲーションに対応し、これらの外部操作スイッチを使用して、「1点スイッチによる自動走査入力方式」や「2点スイッチによる逐次操作入力方式」など5つの入力方式をサポートしており、これらの機能を児童生徒の障害の状態に応じて選択して利用できる。しかし、Wing-SK はシリアル端子に接続する GIDEI プロトコル (シリアルキー) 対応である。USB を採用したプラグ&プレイ機能をサポートした入力支援デバイスが求められている。

本研究では、運動障害児のコンピュータ利用実践と利用されている入力支援デバイスの現状を考慮し、上記 3) 外部スイッチを利用するグループのニーズに重点をおくこととする。すなわち、キーボード・ナビゲーションに対応した USB 仕様の入力支援デバイスを開発し、併せてその普及方を検討する。

2 研究の経緯

2-1 平成11年度

キーボード・ナビゲーションに対応した USB 仕様の入力支援デバイスの開発に最適な「USB コントローラ I C」を、以下の視点から検討した。

- a) USB コントローラ I C の特性及び価格
- b) 開発ツールの特性及び価格
- c) 再現性及び普及性

(1) 各種 USB コントローラ I C の検討

1) Cypress 社製 CY7C63xxx, CY7C64xxx シリーズ

このシリーズの USB コントローラは、USB コントローラに制御用マイクロコンピュータに搭載されている。このため、ワンチップで USB デバイスを実現できる利点がある。しかし、マイクロコンピュータのプログラムは独自の機械語プログラムを記述する必要がある。また、プログラムはワンタイムの ROM にロードされるため、仕様の変更が不可能である。

2) AMD 社製 Am186CU

この USB コントローラも、USB コントローラに制御用マイクロコンピュータが搭載されている。このマイクロコンピュータは Intel 社の i8051 互換であり、86 系コードで記述できるため、C 言語など高級言語によるプログラムの開発が可能である。しかし外部に SRAM や EPRAM を接続して使用する必要があるため、実装上の難点がある。

3) Oki 電機社製 L60851C

この USB コントローラは、制御用マイクロコンピュータと 8bit Bus により接続する仕様であり、高性能であるが一般市場に安価で提供されておらず、入力支援デバイスの普及が困難である。

4) Philips 社製 PDIUSB11

この USB コントローラは、制御用マイクロコンピュータと I2C インターフェース（シリアル・バス）で通信する仕様であり、高性能であるが一般市場に安価で提供されておらず、入力支援デバイスの普及が困難である。

5) National Semiconductor 社製 USBN9602

この USB コントローラは、制御用マイクロコンピュータと Microwire インターフェース通信する仕様がある。一般市場に安価で提供されており、また制御プログラムのサンプルが雑誌やインターネット上に公開されている。

(2) USB コントローラ I C の選択

以上の各種 USB コントローラ I C を検討した結果、5) National Semiconductor 社製 USBN9602 を選択し、USB 仕様の入力支援デバイスの制御プログラムの開発を実施した。

なお、制御用のマイクロコンピュータは、フラッシュ RAM を搭載し制御プログラムの書き換えが可能な Micochip 社製 PIC16F877 を採用した。

2-2 平成12年度

USB コントローラに USBN9602、制御用のマイクロコンピュータに PIC16F877 を採用し、USB 仕様の入力支援デバイス（以下、Wing-USB と呼ぶ。）を開発した。Wing-USB は、8 個の操作スイッチを接続することが可能であり、それぞれの操作スイッチはキーボード・ナビゲーションに対応する出力信号をコンピュータに送出する仕様とした。

Wing-USB の動作確認と教育現場で使用されている学習用ソフトウェアに対応する Wing-USB の出力信号の仕様を調査するため、フィールドテストを実施した。その結果、最新の Windows98 と Macintosh のマシンで良好に動作することが確認された。また、キーボード・ナビゲーションと異なる出力信号も Wing-USB に求められていることも確認できた。

Wing-USB の製品化を打診している企業もあり、今後 USB 仕様の入力支援デバイスの普及と実用化に向け検討している。

3 研究成果の発表、報告

この研究に関して、以下のような研究発表、あるいは研究報告を実施した。

- 1) 松本 廣：操作スイッチによる WWW の利用（特別教材・教具の試作研究報告書「肢体不自由児・者用コンピュータ入力デバイス」）。国立特殊教育総合研究所, 1999/3.
- 2) 松本 廣：入力デバイス（Wing-SK）の試作（特別教材・教具の試作研究報告書「肢体不自由児・者用コンピュータ入力デバイス」）。国立特殊教育総合研究所, 1999/3.
- 3) 松本 廣：コンピュータ利用を補助する道具－スイッチから代替入力装置まで－。電子機器を用いた障害者・高齢者の生活支援－アクセシビリティの基礎知識－, ATAC, p.90-103, 1999/11.
- 4) 松本 廣：支援機器の利用と動作の援助。特別研究研究成果報告書, 国立特殊教育総合研究所, 1999/3.
- 5) 松本 廣：キーボードナビゲーションと操作スイッチ－標準キーボードやマウス以外でパソコンを操作する－。視点は始点－テクノロジーとコミュニケーションが教えてくれる新しい障害観－, ATAC, p.53-65, 2000/11.

Ⅱ 肢体不自由教育におけるコンピュータ利用

1 児童生徒の実態とコンピュータの利用

近年、肢体不自由養護学校では障害の重度・重複化及び多様化が進んでいる。平成 11 年度の全国肢体不自由養護学校児童生徒病因別調査では、脳性まひなどの脳性疾患が約 80%であると報告されている。また、平成 11 年度の文部省の特殊教育資料によると、全国の肢体不自由養護学校 192 校の小・中学部、高等部に在学する児童生徒総数 18,046 名の内、12,012 名(約 66%)が重複障害学級に在学している。すなわち、肢体不自由児の半数以上は、言語(コミュニケーション)や知的障害を併せもっていることが推測できる。

一方、肢体不自由養護学校においても、コンピュータの導入も進展している。最近の調査によると、98.5%の肢体不自由養護学校(回答 133 校)が平均 9.3 台コンピュータを保有している。コンピュータは、身体的障害による意思表示やコミュニケーションなどの表現活動の困難を補い、主体的な生活や学習を支援し可能にする手だてとして利用されてきている。

新学習指導要領では「児童又は生徒がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に慣れ親しみ、それを積極的に活用できるようにするための学習活動の充実」を求めている。肢体に不自由のある子どもたちの中には、身体の動きや発声、筆記などによる意思の表出(表現活動)が困難な子どもが少なくない。コンピュータはこのような子どもたちの学習活動や日常生活の制約を軽減し社会参加を促進する道具としても活用が期待されている。また、新学習指導要領は、各教科の指導にあたり「児童(又は生徒)の身体の動きや意思の表出の状態等に応じて(中略)、コンピュータ等の情報機器などを有効に活用し、指導の効果を高めるよう配慮すること」、また知的障害を併せ有する生徒については「コンピュータなどの操作の習得を図り、生活に必要な情報を適切に活用する基礎的な能力や態度を育てること」と、述べている。

最近では、インターネットなどの情報通信ネットワークに児童生徒の作品や主張を公開したり、一般社会の人たちと電子メールを交換したりすることをおして、子どもたちが社会的関係における自分の存在を確認するための手段としても注目されている。

しかし、身体的障害(上肢運動障害)がある児童生徒がコンピュータを利用するときの大きな課題は、一般に使用されている標準キーボードやマウスなどの操作が困難なことが多いという点にある。最近のコンピュータの操作環境は、マウスを代表とするポインティング・デバイス(Pointing Device)による利用を前提とした GUI(Graphical User Interface)が普及しているため、なお一層の対応を必要としている。

2 コンピュータのアクセシビリティ

従来、肢体不自由児のコンピュータ利用において要求されてきたアクセシビリティは、文字の入力に関するアクセシビリティ、すなわち「キーボード操作のアクセシビリティ」が中心であった。

しかし現状では、GUI環境の普及と共に「マウス操作のアクセシビリティ」が大きな課題になっている。教育現場で、配慮されている肢体不自由児のアクセシビリティの対応方策の概要を、以下に挙げる。

2-1 標準キーボードのアクセシビリティ

- (1) 同時押下の回避（順次入力機能）
- (2) オートリピートの回避（反復入力条件設定機能）
- (3) 連続入力の回避（キー入力確定条件設定機能）
- (4) キー配列の選択設定機能
- (5) キーボードカバー（キーガード）

2-2 入力エミュレーションによるアクセシビリティ

- (1) ソフトキーボード
 - 1) ポインティングデバイスで選択するソフトキーボード
 - 2) 外部スイッチでスキャン選択するソフトキーボード
- (2) マウス入力のエミュレーション
 - 1) マウスキー（マウスの機能をテンキー等で代替する）
 - 2) ソフトマウス（1～2個の外部スイッチで操作するエミュレーション・ソフトウェア）

2-3 代替入力デバイスによるアクセシビリティ

- (1) キーボードの代替入力デバイス
 - 1) 大型、中型、小型の50音配列ひらがなキーボード
 - 2) 大型、中型、小型の標準キーボード
- (2) マウスの代替入力デバイス
 - 1) トラックボールやタッチパネルなどのポインティング・デバイス
 - 2) マウスの機能を数個の外部スイッチの操作で代替するデバイス（マウス・エミュレータ）

2-4 操作スイッチの工夫によるアクセシビリティ

- (1) スイッチの操作部位（手、指、足、頭、舌、瞬き、視線、など）
- (2) スイッチの操作方法（押す、引く、触れる、曲げる、レーザー光線を当てる、など）
- (3) スイッチの数
- (4) スイッチの形態（大きさ、形、配置、など）
- (5) スイッチの特性（操作力、ストローク、など）

2-5 入力方法によるアクセシビリティ

(1) 直接法

操作スイッチ（キー）の数と選択肢の数が同数の場合の選択法であり、手指や足の指、口にくわえたスティック、頭に付けたスティック、レーザー光線などで文字などを選択する。

(2) 間接法

操作スイッチの数が選択肢の数より少ない場合の選択法であり、次のような選択法がある。

- 1) オートスキャン（自動走査）方式
- 2) ステップスキャン（逐次操作）方式
- 3) コード入力方式（モールス信号入力など）

これらの対応方策のうち、

2-1 の項目と 2-2 の(2)の 1)マウスキーは、市販の OS がサポートするアクセシビリティの機能 (Macintosh の「Easy Access」、Windows95/NT4.0 の「ユーザー補助」) や市販・フリーソフトウェアとして供給されている「入力支援ソフトウェア」などを利用して対応することができる。

2-3 のキーボードやマウスの機能を代替する「入力デバイス」は、市販の入力支援デバイスを利用して対応することができる。しかし、現在市販されているこれらの入力デバイスは、コンピュータのキーボード端子やマウス端子に接続する仕様となっているため、コンピュータの機種が異なると使用することができないという不都合が生じている。

このような不都合を改善する手だてとして、GIDEI (The General Input Device Emulating Interface) という規格が提案されている。Windows98 等がサポートしている「シリアルキー」は GIDEI を実用化した入力支援ソフトウェアであり、Windows98 等や Macintosh の日本版での動作が確認されている。GIDEI に対応したキーボードやマウスの代替入力デバイス(シリアルキー・デバイス: Wing-SK など) は、コンピュータの機種が異なっても利用することができる。

しかし、「シリアルキー」はコンピュータのシリアル端子を入力ポートとして使用する仕様であるため、

1)制御信号の転送速度が比較的遅いため、操作スイッチを[ON]してからコンピュータが応答するまで若干の遅れが生じることがある。

2)コンピュータが動作状態にあるときには、シリアルキー・デバイスを接続したり外したりすることはできない。

などの不都合が指摘されている。

なお、2-4 と 2-5 については、子どもたちの運動機能の状態や子どもたちが利用するアプリケーション・ソフトウェア(学習用ソフトウェア)により他の対応方策と相互に関連した対応が求められる。

3 操作スイッチによるコンピュータの利用

運動機能に重度の障害がある子どもたちは、「標準キーボード」や「代替キーボード」、「マウス・エミュレータ」などの入力支援デバイスの利用が困難である。しかし、コンピュータの外部に接続した1個～数個の「操作スイッチ」を使用することにより、コンピュータを使用することができる子どもたちは少なくない。

「操作スイッチ」は、なんらかの「入力支援デバイス」を介してコンピュータに接続される。

以下、「操作スイッチ」をコンピュータに接続するための「入力新デバイス」について考察する。

3-1 入力支援デバイスの分類

コンピュータを「操作スイッチ」で使用するとき利用されてきた代表的な「入力支援デバイス」をその特性から9機種選択し、表1にその分類を試みた。

(1) 子ねこの手

「子ねこの手」は、接続された「操作スイッチ」の信号をマウス入力の信号(マウスカーソルの移動やマウスクリックなど)に変換するハードウェアによる代替入力デバイス(マウス・エミュレータ)である。

この類のマウス・エミュレータは、「操作スイッチ」の on-off に時間的要素を含むポインティング操作を必要とするため、不随意運動がある児童生徒の利用は困難なことがある。

(2) β 98

「β 98」は、接続された「操作スイッチ」の on-off を、[数字キー]や[スペース]、[リターンキー]の信号に変換する入力デバイスである。

(3) ADB Interface

この入力デバイスは、「β 98」と同様な機能である。

上記 (2) (3) は、これらの入力デバイスからの信号を、利用者の操作環境を改善/変更するためのソフトウェア（このようなソフトウェアは emulation interface software あるいは the missing "go-between" piece と呼ばれている。本稿では「仲介ソフトウェア」と呼ぶ。）は付帯していない。

したがって、これらの入力デバイスを使用して、例えば「走査入力方式」によりアプリケーション・ソフトウェアを利用するには、利用するアプリケーション・ソフトウェア自体が走査入力方式をサポートしなければならない。このタイプの入力デバイスを、「タイプ A」に分類する。

表1 操作スイッチを接続する方法とその特性

タイプ	入力装置名	装置を接続する端子	入力信号	操作 SW の数	仲介プログラム	フィティング	
入力支援デバイス	M	子ねこの手	マウス端子	マウス信号	6	なし	不可
	A	β 98	キーボード端子	数字キー, SP, CR	6	なし	不可
		ADB Interface	ADB 端子	数字キー, マウス SW	5	なし	不可
	B	Wivik 2	プリンタ端子	ビット	5 / 1 / 9	あり 専用ツール	可
		Ke:nix	ADB 端子	特殊	1(3)	あり 専用ツール	可
	C	Wing-52	キーボード/ マウス端子	設定定可	50音キーボード/ 6	あり Wing-52 内部	可
	D	Wing-SK	シリアル端子	GIDEI	8(自由)	あり(OS) Wing-SK 内部	可
	E	Wing-USB	USB	USB	8(自由)	あり USB デバイス	可

(4) Wivik 2

「Wivik 2」に接続された「操作スイッチ」の信号は、プリンタ端子に入力される。

(5) K:nix

「K:nix」接続された「操作スイッチ」の信号は、ADB 端子に入力される。

上記 (4) (5) は、これらの入力デバイスから入力される信号をコンピュータ本体で処理する「仲介ソフトウェア」と、利用者の操作環境を設定／改善／変更する専用のツールが付属している。このタイプの入力デバイスを、「タイプB」に分類する。

(6) Wing-52

Wing-52 の接続された「操作スイッチ」の信号は、Wing-52 の内部で利用者の操作環境のニーズに応じた信号に処理され、キーボードやマウスの信号としてコンピュータに入力される。すなわち、「仲介ソフトウェア」は入力デバイスに存在する。このタイプの入力デバイスを、「タイプC」に分類する。

(7) Wing-SK

Wing-SK の接続された「操作スイッチ」の信号は、Wing-SK の内部に存在する「仲介ソフトウェア」により、利用者の操作環境のニーズに応じた信号にフォーマットされ、GIDEI プロトコルに従ってシリアル端子に入力される。入力された信号は OS がサポートする「仲介ソフトウェア」であるシリアルキーを介して入力信号として処理される。このタイプの入力デバイスを、「タイプD」に分類する。

(8) Wing-USB

USB(Universal Serial Bus)デバイスに接続された「操作スイッチ」の信号は、USB デバイスの内部に存在する「仲介ソフトウェア」により、利用者の操作環境のニーズに応じた信号にフォーマットされ、USB プロトコルに従って USB 端子に入力される。入力された信号は OS がサポートする USB ルーチンを介して入力信号として処理される。このタイプの入力デバイスを、「タイプE」に分類する。

3-2 入力デバイスの比較

前項で分類した5つのタイプ入力デバイスについて、

(1) 接続端子の共通性

コンピュータ機種が異なっても、入力支援デバイスを共通の端子（コネクタ）を使用して接続することが可能である。

(2) 制御信号の共通性

コンピュータ機種が異なっても、入力支援デバイスの制御信号を共通に利用することが可能である。

(3) 転送速度

入力支援デバイスからコンピュータに転送される制御信号の速度。

(4) Plug & Play

コンピュータが作動中であっても、入力支援デバイスの抜き差しが可能である。

(5) 双方向性

制御信号がコンピュータの入力信号のみでなく、出力信号としても利用できる。

(6) 電源の供給

入力支援デバイスを動作させるために必要な電源を、コンピュータ本体から供給することが可能である。

以上の、6つ視点から表2を作成して比較した。

入力支援デバイスは、USB 使用の入力支援デバイスが優れていることがわかる。

表2 入力デバイスの比較

	タイプA マウス端子 キー端子 ADB	タイプB プリンタ端子 ADB	タイプC キー端子 マウス端子 ADB	タイプD シリアルキー (GIDEI)	タイプE USB
接続端子の共通性	×	×	×	△	○
制御信号の共通性	×	×	×	○	○
転送速度	△	△	×	×	○
Plug & Play	×	×	×	×	○
双方向性	△	△	×	×	○
電源の供給	○	×	○	×	○

4 キーボード・ナビゲーション

Wing-USB が対応した「キーボード・ナビゲーション」について述べる。

現在供給されている教育用ソフトウェアやマルチメディア・ソフトウェアなどは、マウスを代表とするポインティング・デバイスで操作する GUI を前提にして設計されている。このため、これらのソフトウェアはマウスによる操作のみをサポートしているケースが多い。しかし、このような状況はマウスやそのエミュレータの使用が困難な身体障害児などはこのようなソフトウェアを利用することができない、という不都合（バリア）をもたらしている。

キーボード・ナビゲーション (Keyboard Navigation) は、GUI を基本とするアプリケーション・ソフトウェアの操作を、マウス以外で操作することを可能にする機能である。マウス以外とは、マウスのエミュレーションではなく、別の（マウスと同時に動作するもう一つの）操作方式として提供されていることを意味している。

キーボード・ナビゲーションは、GUI のフォーカスの移動をキーボードの「タブキー (Tab Key)」で、その確定を「エンターキー (Enter Key)」で操作する。（注：キーボード・ナビゲーションには、他のキーによる操作も含まれている。）

同様な機能を、W3C では、キーボード・オンリー・ナビゲーション (keyboard-only navigation) と呼んでおり、IBM ではマウスレス・オペレーション (Mouseless Operation) と呼んでいる。

この機能は、WWW 閲覧ソフトである Microsoft Internet Explorer Versin 3.x (日本語版) が 1996 年にサポートした。最新の WWW 閲覧ソフト Netscape Communicator 4.7x (日本語版) (1999)、Microsoft Internet Explorer Versin 5.x (日本語版) (1999) も継続してサポートしている。

我が国においても、教育用ソフトウェア「キッズタッチシリーズ」(富士通, 1997) や障害児教育用ソフトウェア「できるよ!」(学研, 1997) がサポートしている。また、教材開発支援システム(オーサリング)「SCHOOL-ACE」「SCHOOL-STUDIO」(富士通, 1998) もキーボード・ナビゲーション機能を提供している。

平成 12 年 6 月 5 日、通商産業省 (経済産業省) が告示した「障害者・高齢者等情報処理機器アク

セシビリティ指針（以下、アクセシビリティ指針と略す。）」では、「標準的なハードウェア及びソフトウェアを使いやすくする機能（付加機能：Adaptive function）」の一つとして、キーボードナビゲーションについてが次のように記載している。

1-4、キー入力のみによる操作機能（キーボードナビゲーション）

キーボードの特定のキーやその組み合わせだけで、ソフトウェアのすべての操作及び選択ができるようにする。

【解説】 筋力低下や麻痺、手の震えや不随意運動等でマウスが操作できないためや視覚障害がありマウスポインタが見えないために、ソフトウェアの操作・選択をキーボードで行わざるを得ない場合がある。このため、キーボードの特定のキーやその組み合わせだけでソフトウェアのすべての操作・選択ができる機能が必要である。

本機能の例としては、ALT（オルト）キーと文字キーによるメニュー選択、TAB（タブ）キーによる選択ボタン間の移動、CTRL（コントロール）キーと"P"キーの同時打鍵による印刷機能等がある。

今回のアクセシビリティ指針の改訂で、上記のようにキーボードナビゲーションが明記されたことは、キーボードナビゲーションの普及に大きく寄与すると思われる。

今後、ソフトウェアを提供する立場の方々に、キーボードナビゲーションの意義についてご理解をいただき、キーボードナビゲーションをサポートしたソフトウェアがひとつでも多く、障害のある子どもたちのもとへ提供されるようになることが望まれる。

III Wing-USB の概要

1 USB について

USB (Universal Serial Bus : ユニバーサル・シリアル・バス) は、キーボードやマウス、プリンタ端子など従来のインターフェースに替わる、汎用性のある新しいインターフェースである。最新の Windows や Macintosh などのコンピュータは標準で USB 端子を装備しており、USB に対応した周辺機器も普及してきている。

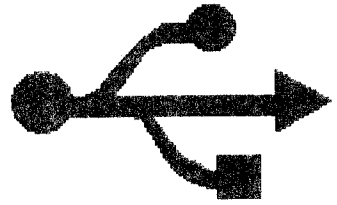


図1 USB のロゴ

USB は前項のシリアルキーに比較して、以下のような特徴がある。

- (1) プラグ&プレイである。(コンピュータの電源が入っていても、コネクタの抜き差しができる。)
- (2) 転送速度が速い。(Wing-USB の転送速度は 12Mbps である。)
- (3) 電源が供給されている。(入力支援デバイスにバッテリーなど2次電源の必要がない。)

2 Wing-USB の概観

Wing-USB は、USB 端子に接続する入力制御装置である。図2に Wing-USB 外観を、また図3に Wing-USB の内部を示す。

Wing-USB は、8個の操作スイッチを接続するコネクタを有している。

図2では、Wing-USB に8個までのスイッチを接続するコネクタが見える。

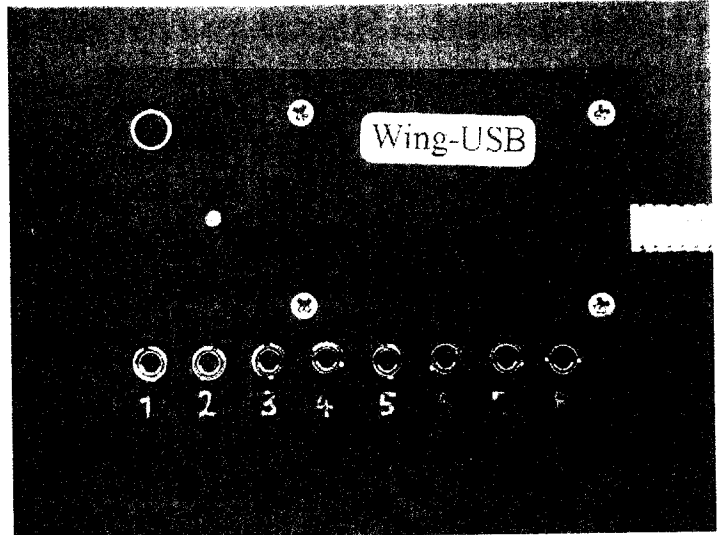


図2 Wing-USB の外観

図3は Wing-USB の内部を示している。操作スイッチの[ON][OFF]を USB 信号に変換するマイクロコンピュータ基板や音響フィードバック用のスピーカが見える。また、電源は USB ケーブルを介してコンピュータ本体から供給している。

Wing-USB をコンピュータの USB 端子に接続すると、コンピュータはプラグ&プレイ機能により自動的に Wing-USB を USB タイプの HID キーボード (図6参照) として認知する仕様となっている。

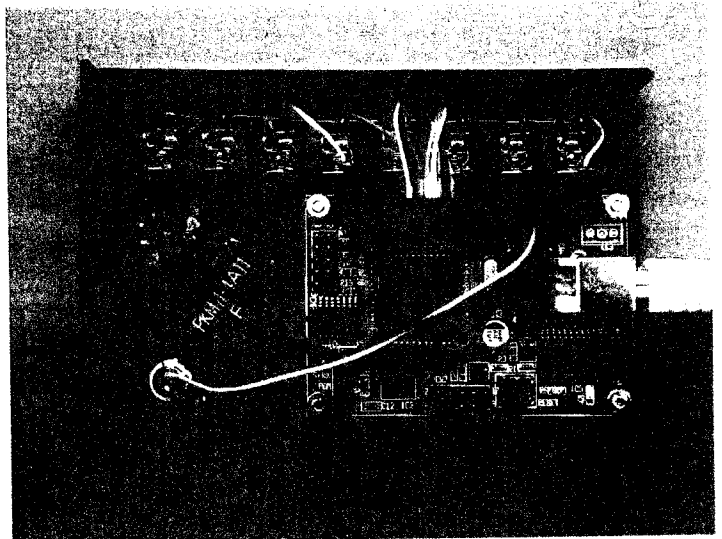


図3 Wing-USB の内部

3 Wing-USB のハードウェアと制御プログラム

Wing-USB は、図4に示す USB コントローラ IC を搭載したワンボード・マイコン基板「UB-PIC877L AW 電子社製）」を使用している。

UB-PIC877L は、CPU に PIC16F877 (Microchip 社製) を使用しており、制御プログラムをコンピュータから転送して動作させることができる。

制御プログラムは、USB のデバイス・デスクリプタの HID (ヒューマン・インターフェース・デバイス) クラスのキーボードに設定されるよう記述されている。制御プログラムはマシン語で記述され、2200 行以上になっている。

USB の HID におけるキーボードは、一度に8バイトの信号を送る仕様になっている。以下に〔タブキー〕の USB 信号を送出するプログラムの一部を示す。

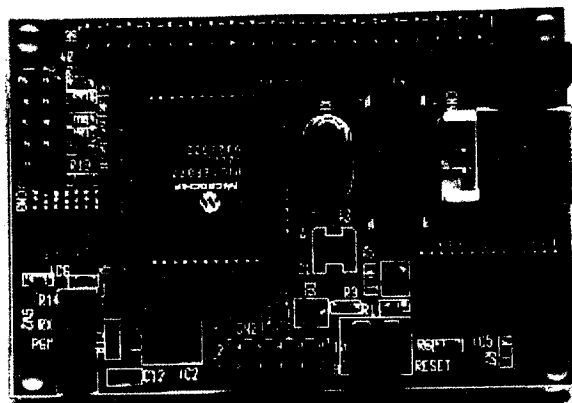


図4 USB 搭載マイコン基板

```
SEND_SW1          ;スイッチ2 (TAB_Key==0x2B)
CALL    FLUSHTX1      ;Keyデータの送りだし開始
MOVLFS TXD1,UADR
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Modifier keyの送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Reservedの送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x2B,UDAT      ;Array#1の送信 TabKey
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Array#2の送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Array#3の送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Array#4の送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Array#5の送信 0x00
CALL    WR_USB
MOVLFS 0x00,UDAT      ;Array#6の送信 0x00
CALL    WR_USB
RETURN
```

4 Wing-USB とコンピュータの接続

4-1 デバイス マネージャの表示

図5は、Wing-USB が接続されていない時のコンピュータの「システムのプロパティ」を表示である。

ウィンドウの下方に「ユニバーサル・シリアル・バス・コントローラ」がインストールされていることが表示されている。

Wing-USB を USB 端子に接続すると、図5の表示が変わる。

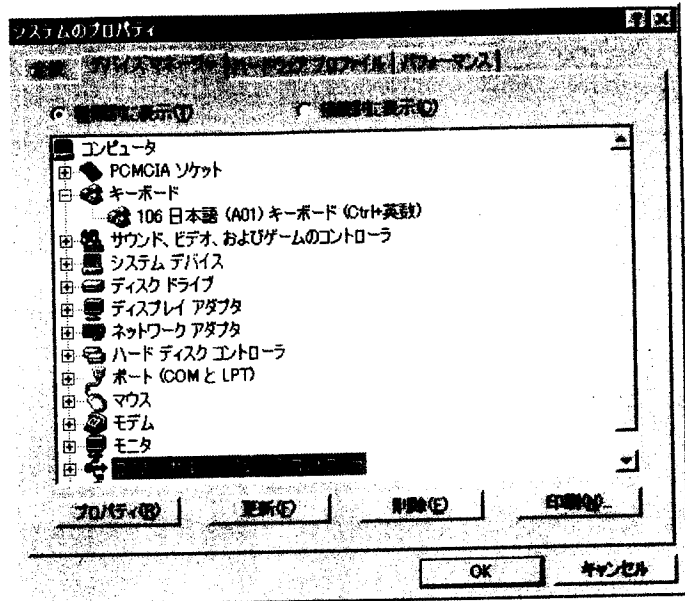


図5 Wing-USB が未接続の状態

4-2 Wing-USB の認知

図6の下方表示されている「ヒューマン・インターフェース・デバイス」の項に、「USB ヒューマン・インターフェース・デバイス」が表示され、Wing-USB が USB の HID として認知されていることが確認できる。

また、「キーボード」の項に「HID 互換キーボード」が表示され、Wing-USB がキーボードとして認知されていることが確認できる。

なお、この状態で、Wing-USB をコンピュータの USB 端子から抜くと、自動的に図6の表示に戻る。

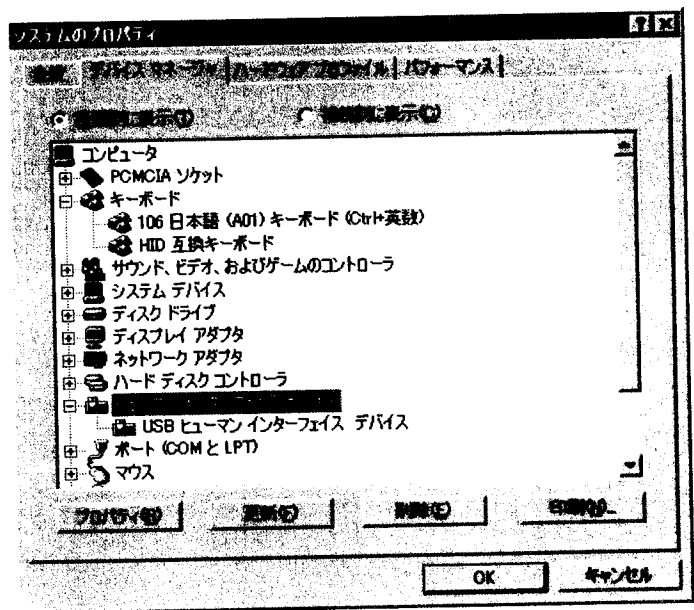


図6 Wing-USB が接続された状態

なお、Wing-USB は Macintosh における動作も確認されている。

5 操作スイッチの機能

Wing-USB の 8 個のコネクタに接続された各スイッチの機能を、表 3 に示す。
表 3 において、[SW1] は Wing-USB の [コネクタ 1] に接続したスイッチを意味している。

表 3 Wing-USB の各コネクタの仕様 (暫定)

スイッチ	送出信号	機能
SW1	ENTER	確定
SW2	TAB	順方向選択
SW3	SHIFT+TAB	逆方向選択
SW4	CTRL+TAB	フレーム移動
SW5	SPACE BAR	(東京都のソフト用)
SW6	BACKSPACE	前の画面
SW7	ALT+RIGHT ARROW	次の画面
SW8	[SW ON]TAB: [SW OFF]ENTER	(1点自動走査方式)

[SW1] (確定スイッチ) と [SW2-SW7] (選択スイッチ) を、ユーザーの状態に応じて組み合わせて使用することにより、1点～6点の逐次走査方式として利用できる。

[SW8] は、1点自動走査方式をサポートしている。すなわち、スイッチが [ON] の状態にあると [TAB] を繰り返し送出し、スイッチを [OFF] すると [ENTER] を送出する。

[SW5] は、東京都教育委員会が提供している「教育用コンピュータソフトウェア集」の「入力キー」に対応している。

IV Wing-USB の評価

1 評価の方法

全国の肢体不自由養護学校等の教員など計 15 名に、試作した Wing-USB を 1 台ずつ配布し、それぞれの学校等のコンピュータに接続し動作確認などの評価を依頼する、という方法でフィールドテスト（試用評価）を実施した。

2 評価の項目

それぞれの学校等において Wing-USB をコンピュータに接続し動作させた結果を、以下の項目について調査した。

- a) 試用機種：メーカー名、型番
- b) 試用 OS：OS 名、バージョン
- c) 動作状況：具体的に、
- d) 利用したアプリケーション
- e) 今後必要と思われる入力スイッチの仕様

3 調査の結果

3-1 動作状況

調査した評価項目のうち、a) 試用機種、b) 試用 OS、c) 動作状況を、以下の表 4 に整理した。

表 4 Wing-USB の試用評価の結果

試用機種	試用 OS	動作状況
自作マシン	Linux RedHat7	動作確認
PowerMacintosh G4	Cube OS9	問題なく動作
PowerMacintosh G4	OS8. 6, OS9	問題なく動作
PowerMacintosh G3 (USB ポート追加)	OS9	問題なく動作
Apple PowerBOOKG3	Mac OS 9.0.4	良好
iBook G3 366	Mac OS9	問題なく動作
Apple iMac (Reb、B)	MacOS8.51	良好
Apple iBook (第一世代)	MacOS8.6	良好
i-mac	Mac OS8	不安定、LED 音響とも異常
Mac G3	Mac OS8	不安定、LED 音響とも異常
PowerMacintosh G4/400MHZ	OS 8.6	動作せず
Apple iMsc DV	Mac OS9	接続して起動すると起動せず 起動した後に接続すれば正常

エプソン VJ546459300	Windows2000	すんなり動作
自作 DOS/V 機	Win2000	問題なく動作
富士通 FMV-DESKPOWER Tp20	Windows Me	快適
IBM Aptiva T-95	Windows Me	快適
富士通製	Windows98ME	問題なし
日電製	Windows98ME	問題なし
SONY 製	Windows98ME	問題なし
Fujitsu BIBLO MC4/45C	Windows ME	正常動作
SONY VAIO PCGXR1F/BP	Win98me	問題なく動作
シャープ Mebius PC-BJ120M	Windows 98 SE	快適
富士通 FMV6600TX4e	Windows 98 SE	問題なし
SOTEC PC STATION M260RW	Windows 98 SE	問題なし
Fujitsu FMV-6600 DX4e	Windows 98 SE	利用可
SHARP PM MJ120R	Win98SE	問題なく動作
NEC LaVie PC LU40L22A	Win98SE	問題なく動作
NEC LaVie PC LS46H24	Win98SE	問題なく動作
SONY VAIO PCG723	Win98SE	問題なく動作
SONY VAIO PCGF66/BPK	Win98SE	問題なく動作
Fujitsu FMV 5233NU/W	Win98SE	問題なく動作
Fujitsu FMV NE55R3	Win98me	問題なく動作
自作 DOS/V 機	Win98SE	問題なく動作
SHARP PC FJ10	Win98	問題なく動作
SHARP PC PJ1 M3	Win98	問題なく動作
FMV-6366NA3/L (FMV3NA3LC6)	Windows98	起動後接続、良好
FMV-6500NU/L (FMV6NU6LC6)	Windows98	起動後接続、良好
Fujitsu Pliche model16D	Win95 (4.00.950B)	動作しない
Fujitsu BIBLO MC4/45C	Windows 2000	キーボードのドライバが不調
IBM Think Pad 600 type 2645	Windows 2000	接続したままだと 終了できないことがある
自作 DOS/V 機 (K6-2)	Windows 98 SE	差したままの終了は可、 差したままの起動は不可

3-2 利用したアプリケーション

今回の調査で試用された Wing-USB に対応するアプリケーションソフトウェア（学習用ソフトウェア）は以下のものである。

- a) Microsoft Internet Explorer 5.5
- b) Netscape Communicator 4.7
- c) ぽんぽんらんど mini

- d) ぼんぼんらんど mini2
- e) キッズタッチシリーズ「かくれてるのなんだ？」
- f) キッズタッチシリーズ「パズルできるかな？」
- g) キッズタッチシリーズ「ひらがかけるかな？」
- h) ことばの玉手箱
- i) らくらくえにつき
- j) Super Switch Ensemble (テンキーメロディーを鳴らすことのできる音楽ソフト英語版)
- k) 「カードめぐり」神戸市立友生養護学校 大前洋介先生作
- l) 「カード絵合わせ」神戸市立友生養護学校 大前洋介先生作 (Director v.7 使用)

3-3 今後必要と思われる入力スイッチの仕様

今回の調査で、以下の意見が寄せられた。

- a) 少ないスイッチで多機能を実現できると良い。
- b) マウスのクリック、マウスの操作、およびカーソルキー
- c) 秒数の指定 (指定した秒数による Tab コードの自動送信)、マウスクリック、数字キー
- d) 入力モードの切替、あるいは Wing-USB にいくつかのバージョンがあればよい。
- e) 現在の設定で今のところ何だ問題ありません。子どもたちのニーズがインターネットの閲覧程度なので……。希望としてはメールが簡単に書け送れたらいいとは思っていますが、今の設定で使えるソフトがないのメールソフトについても試してみる必要がありますね。
- f) オートスキャンモード【短いスイッチ入力でスキャン開始し、目的のところでスイッチ入力すればそれが選択実行される。スキャン開始した後、あるステップ数 (例えば、5 ステップ、あるいは 10 ステップ) 以内に、入力がなければ、スキャン停止、スキャン停止状態で、スイッチ入力を保持すれば、現在の項目が選択実行。】
- g) ステップスキャンモード【短いスイッチ入力毎にステップを進め、目的の項目でスイッチ入力を保持することで、その時点での項目が選択実行される、後で気が付いたのですが、このモード、現在の SW2 接続の仕様に機能をかぶせても良いのかも知れません。】

3-4 その他の意見

今回の調査で、寄せられた意見を以下に記す。

- a) 大変快適の動作しています。転送スピードが速いので、ぼんぼんらんどのようなゲーム感覚のソフトでも利用しています。電源不要、プラグ&プレイ機能で使いたいときのすぐに使えて便利です。
- b) とてもいいですね、傑作だと思いました、特に、USB 接続で、外部電源が要らないというのは、とてもスマートだと思います、私の場合、USB インタフェースのあるマックで試してみましたが、まったく問題なく動きました、ただし、「戻る」と「進む」を除いて、マックのインターネットエクスペローラ Ver.5 の場合、「コマンド+[]」と「コマンド+」です。

特に関心があったのが、1 入力操作方式 (SW8 の接続) です、まったく問題なく動作しました、今回の 1 入力操作方式の仕様では、SW 入力の保持によりスキャンが行われ、SW をリリースすることでその時点での項目が選択実行されることになっていますね、これはこれでいいかも知れませんが、実際にはスイッチ入力を保持し続けるのは障害によってはきびしい場合があるのではと思いました。また、一端スタートするとキャンセルは不可能で、いずれかのメニューを選択実行しなければなりま

せん。ただし、件名覧に来たときにSWをリリースすれば大丈夫ですが、ぜひ今回試作なされた装置を、市販化の方向で検討されることを強く望みます。

c) WING-SK はシリアルポート経由なのでスイッチを押した時ちょっと反応が遅い印象があったのですが、WING-USB ではスイッチの操作と同時に反応したので私にはとってとても快適に感じました。(こどもにとってどっちがよいかはケースによると思いますが) またフィードバックされる音が Wing-SK の時よりわかりやすいという印象を受けました。キーアサインについてはとりあえず TAB と ENTER のみを使用しました。現在のところこれ以外を使うといった発想はできません。マウスクリックの入力が欲しいというのは正直ありますが、これは技術的にもうひとつ USB 機器があるのでしたね? 引き続きいろいろ挑戦してみます。またソフトを作るときも (このごろこれに関しては全く時間の余裕がないんですけど) WING-USB を意識して作ってみます。

d) Wing-SK と比較して、スイッチの動作とパソコンの動きに時間差が感じられない。シリアルポートを通して信号を受ける Wing-SK ではスイッチを押してからパソコンの中で実際に動作するまでにやや時間がかかったためユーザーの集中力を阻害する場面もみられたが Wing-USB は反応が早く、キーボード感覚の反応速度があるので使いやすい。フィードバック音がよくなっている。スイッチを押す度に「カチ」「カチ」というはぎれのよい音が鳴り スイッチを押したことがユーザーによくフィードバックできている。

e) とりあえず試したマックは、平成 10 年購入の i-mac と G3 の 2 機種です。この年代の機種は、DOS/V 機もそうですが、やや不安定です。USB 端子からだけの電源供給には無理があるのか、LED が点いたり消えたり、スピーカーの音も少し変です。(消えていても利用できます) が、一応はキーボードとして認識をしているようです。ちなみに、i-mac の方は、1 番のポートに繋がないと、使えませんでした。やっぱり、電源の問題でしょうか。その他試した機種は、ビジネスモデルですが、エプソンの「VJ546459300」、OS は Windows2000 です。すんなりと動作しました。その他、ここ 1~2 年のパソコンは問題なく使えています。しかし、少し古いマザーボードの場合は、不安定でだめなものも有りました。

4 評価のまとめ

調査した機種及び OS は、Linux が 1 台、Macintosh は 11 台、Windows が 30 台であった。概観して、各機種の BIOS や OS が、最近の新しいバージョンのでは良好に動作していると考えられる。

動作不良あるいは動作しないと回答されている機種及び OS は、USB が普及する以前、あるいはその初期の時期のコンピュータである。この時期のコンピュータは、USB に関連する BIOS やドライバソフトウェアが USB の仕様がすべてサポートされていないことが、動作不良の原因として推測できる。

筆者の実験でも、マザーボードに USB 端子が実装されていても、BIOS のバージョンが USB 普及期以前の場合は、USB をサポートする OS (Windows ME など) をインストールしても、

1) Wing-USB を接続して起動すると、BIOS チェックの段階でリセットされる。

2) 起動後に Wing-USB を接続すると認知されるが、Wing-USB の LED の点灯が早く、スイッチを入力したときの音響の周波数が低くなる (正常動作ではピーッピーッと聞こえるべきところ、ピーピーと聞こえる)。この現象は Wing-USB の仕様からして、USB デバイスを認知する割り込みが多発していることが推測できた。

V Wing-USB の開発

1 Wing-USB のハードウェア

1-1 Wing-USB の開発実験基板

図 7 にマイクロコンピュータ PIC16F877 を使用した実験基板を、図 8 に PIC16F873 を使用した実験基板をそれぞれ示す。

(1) USB コントローラー

USB デバイスの試作にあたり、種々の USB コントローラーを、

- 1) 使いやすさ
- 2) 入手のしやすさ

などの点から検討した結果、National Semiconductor 社の USBN9502 を使用することにした (図 7、図 8 参照)。

USBN9502 は、USB 規格のバージョン 1.0 と USB のフルスピード転送 (12Mhz) をサポートしており、国内の店頭で安価にて入手することができた。

なお、2000 年 9 月に USBN9502 の改良版である USBN9503 / USBN9504 が提供されており、これら国内で入手することができる。

(2) 制御用のマイクロコンピュータ

制御用のマイクロコンピュータは、Microchip 社の PIC16F87X シリーズを使用した。これらのマイクロコンピュータは、

- 1) アセンブラやデバッカーなどの開発用ソフトウェアが無償で提供されている。
- 2) 開発に関する情報が、雑誌やインターネットで豊富に提供されている。
- 3) プログラム書き込み機器などの開発用ツールが安価で提供されている。
- 4) 割り込みやインターフェースなどの機能が豊富である。

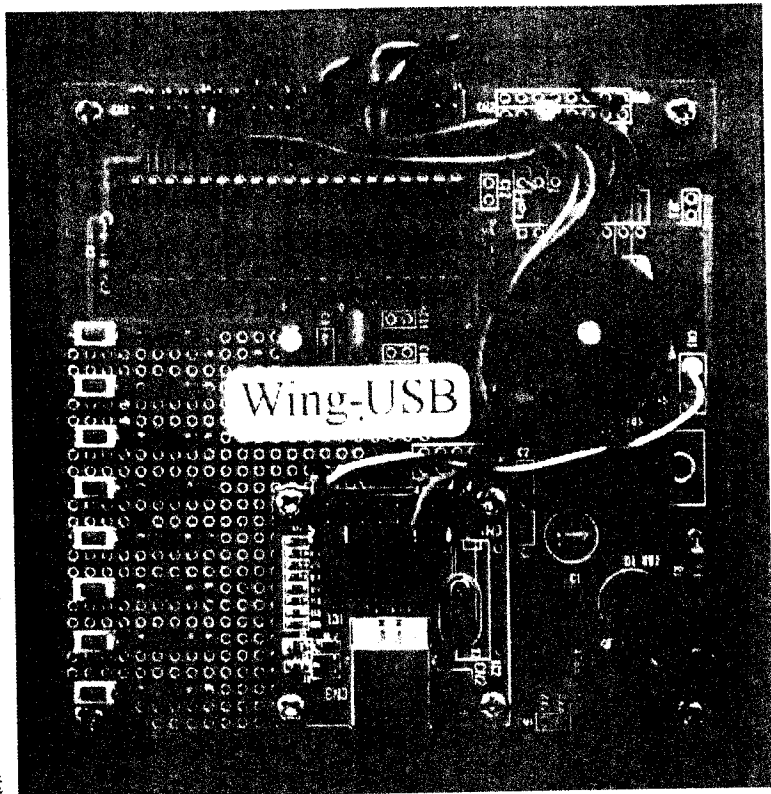


図 7 PIC16F877 による開発実験基板

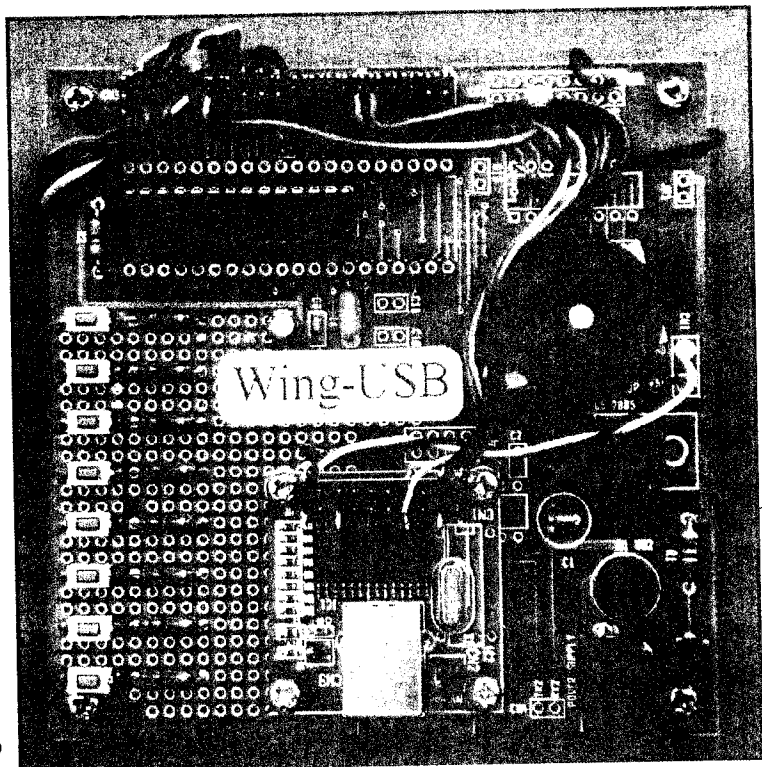


図 8 PIC16F873 による実験基板

5) フラッシュ・プログラム・メモリーを有しており、制御用プログラムの開発や変更が容易であるなどの特徴がある

(3) マイクロワイヤーによる接続

USB コントローラー USBN9502 / USBN9503 とマイクロコンピュータ PIC16F873 / PIC16F877 は、マイクロワイヤー(Microwire/Plus)インターフェースで接続した。マイクロワイヤーを採用したことにより、USB コントローラーとマイクロコンピュータは5本の信号線を接続することで足りた。このため、PIC16F873 / PIC16F877 の他の I/O ピンを操作スイッチなどの利用することができた。

また、制御プログラムの開発も容易にした。

1-2 Wing-USB 評価機の試作

(1) USB 搭載ワンボード・マイコン

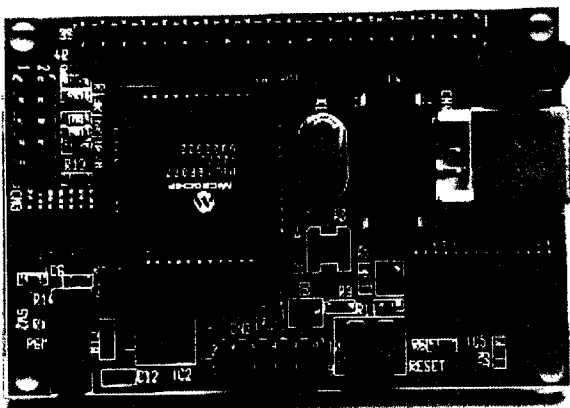


図9 UB-PIC877L

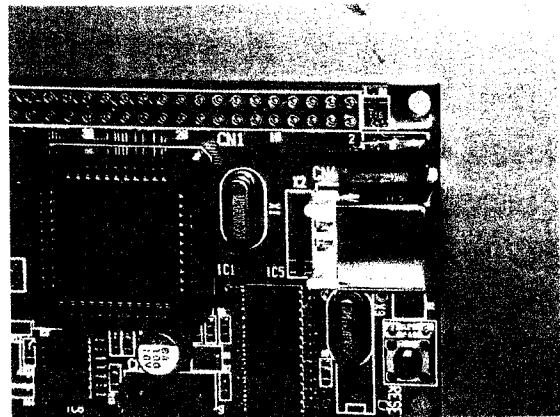


図10 3端子安定化電源IC

Wing-USB の機能を評価するため、前記の実験基板と同等の機能の Wing-USB 評価機 (図2・図3参照) を30台試作した。

Wing-USB 評価機 (以下、Wing-USB よ呼ぶ。) には、図9に示す AW 電子社のワンボード・マイコン UB-PIC877 を使用した。

UB-PIC877 は、USB コントローラ USBN9602 とマイクロコンピュータ PIC16F877 を搭載している。なお、UB-PIC877 は、2001年1月の時点で、USB コントローラ USBN9603 を搭載した UB-PIC877-03 にバージョンアップされている。

1) UB-PIC877-03 の加工

ワンボード・マイコン UB-PIC877-03 を Wing-USB で使用するため、以下の a) ~ b) の加工が必要であった。

a) 3端子安定化電源ICの撤去

ワンボード・マイコン UB-PIC877-03 は、USB デバイスの電源をデバイス自身で供給する仕様 (セルフパワー) となっており、そのための3端子安定化電源 IC (図10の右上部) が取り付けられている。

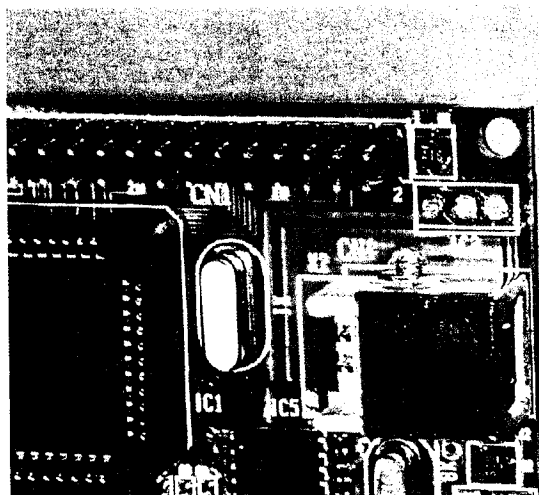


図11 3端子安定化電源ICの撤去

Wing-USB は、コンピュータ本体から電源を供給する仕様（バスパワー）とするため、この3端子安定化電源 IC を撤去する。

図 1 1 は、3 端子安定化電源 IC を撤去した状態である。また、図 1 1 では、8 個のスイッチや LED、スピーカなどを接続するための 40 ピンヘッダが取り付けられている状態も示している。

b) USB 電源ラインの接続

Wing-USB をバスパワー仕様とするため、USB コネクタの電源ラインと基板の電源ラインを接続する。

ワンボード・マイコン UB-PIC877-03 の裏面を示す図 1 2 において、左部分で USB コネクタの 1 番ピン（+電源）と基板の電源ライン（太いプリントパターン）が接続されていることがわかる。

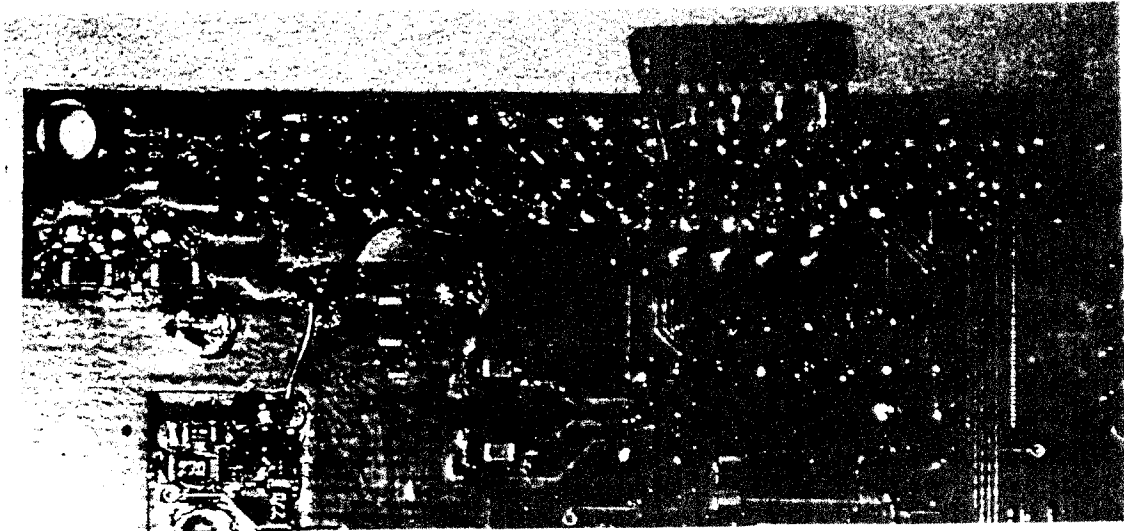


図 1 2 UB-PIC877-03 の裏面の加工

c) プルアップ抵抗の接続

Wing-USB に接続する 8 個のスイッチが [OFF] の状態の時の動作を安定化させるために、プルアップ抵抗を接続する必要がある。

プルアップ抵抗は、 $10k \Omega$ が 4 個集積されている集合抵抗器 (103x4) を 2 個使用した。図 1 2 の右上部に示すように、

① ヘッダの 39-40 番ピンから 6 番目位置に、2 つの集合抵抗器の共通ピン以外の 4 つのピンを、ヘッダの両側に向かい合わせて取り付ける。

② 2 個の集合抵抗器の共通ピン（マークのあるピン）は、基板上の他のヘッダなどと接触しないように上部に折り曲げ、ワイヤで基板の電源ラインに接続する。

2) コネクタなどの結線

8 個のコネクタや、LED、スピーカは、図 1 3 に示すように結線し、フラットケーブルコネクタを使用して、UB-PIC877-03 のヘッダに挿入した。（13 ページの図 3 Wing-USB の内部参照）

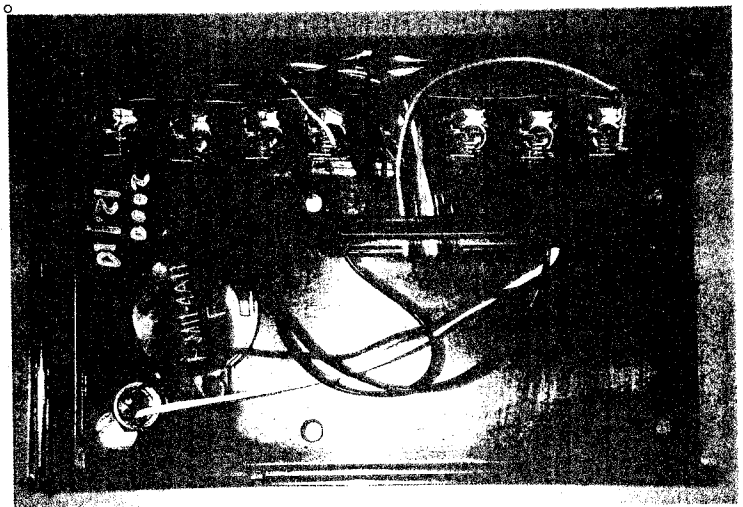


図 1 3 コネクタなどの結線

2 Wing-USB のソフトウェア

Wing-USB の制御ソースプログラムは、アセンブラ言語で記述している。以下、制御プログラムの要点を述べる。

2-1 Wing-USB の HID レポート・デスクリプト

Wing-USB をコンピュータの USB 端子に接続したとき、HID(ヒューマン・インターフェース・デバイス: Human Interface Devices) のキーボードとして認知させるために設定した、レポート・デスクリプタ (Report Descriptor) を表 5 の示す。

表 5 Wing-USB の HID Report Descriptor

USAGE_PAGE (Generic Desktop)	0x05 0x01
USAGE (Keyboard)	0x09 0x06
COLLECTION (Application)	0xA1 0x01
USAGE Page (Keycode)	0x05 0x07
USAGE_MAXIMUM (224)	0x19 0xE0
USAGE_MAXIMUM (231)	0x29 0xE7
USAGE_MINIMUM (0)	0x15 0x00
USAGE_MINIMUM (1)	0x25 0x01
REPORT_SIZE (1)	0x75 0x01
REPORT_COUNT (8)	0x95 0x08
INPUT (Data, variable, Absolute)	0x81 0x02
REPORT_COUNT (1)	0x95 0x01
REPORT_SIZE (8)	0x75 0x08
INPUT (Constant)	0x81 0x01
REPORT_COUNT (5)	0x95 0x05
REPORT_SIZE (1)	0x75 0x01
USAGE_PAGE (Page# for LED)	0x05 0x08
USAGE_MINIMUM (1)	0x19 0x01
USAGE_MAXIMUM (5)	0x29 0x05
OUTPUT (Data, variable, Absolute)	0x91 0x02
REPORT_COUNT (1)	0x95 0x01
REPORT_SIZE (3)	0x75 0x03
OUTPUT (Constant)	0x91 0x01
REPORT_COUNT (6)	0x95 0x06
REPORT_SIZE (8)	0x75 0x08
LOGICAL_MINIMUM (0)	0x15 0x00
LOGICAL_MAXIMUM (101)	0x25 0x65
USAGE Page (Keycode)	0x05 0x07
LOGICAL_MINIMUM (0)	0x19 0x00
LOGICAL_MAXIMUM (101)	0x29 0x65
INPUT (Data, arrays)	0x81 0x00
END_COLLECTION	0xC0

2-2 USB キーボード・データのレポート・フォーマット

USB キーボードのデータ・レポート・フォーマットは、表 6 に示す 8 バイトの連続するデータを送信する。

0 バイト目の各ビットのセットは、モディファイアー・キーの[on]に相当する。

1 バイト目は、リザーブとなっており、Wing-USB では 0x00 に設定している。

2 バイト目から 7 バイト目までの 6 バイトは、キーボードの[on]に相当するコードを設定する。

表 6 USB Keyboard Data report Format

Byte	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0 Modifiers	Right GUI	Right Alt	Right Shift	Right Ctrl	Left GUI	Left Alt	Left Shift	Left Ctrl
1	Reserved							
2	Key 1 code							
3	Key 2 code							
4	Key 3 code							
5	Key 4 code							
6	Key 5 code							
7	Key 6 code							

2-3 Wing-USB のキー・コード

Wing-USB は、表 7 のキーコードを使用している

表 7 Wing-USB のキー・コード

Key	Key code
Left Ctrl	0b00000001
Left Sift Key	0b00000010
Leftt_Alt	0b00000100
Tab	0x2B
Enter/Return	0x28
Space Bar	0x2C
Back Space	0x2A
Right Arrow	0x4F
Key off code	0x00

2-4 制御プログラムの論理図

(1) 入力スイッチの処理

Wing-USBの入力スイッチを処理しているブロックダイアグラムを、図14に示す。

割り込みが発生すると、図14の処理が実行される。入力スイッチ sw0 ~ sw6 (実際の Wing-USB では SW1 から SW7) のいずれかが[ON]になると、キーデータを送信してフラグをセットする。

スイッチを押し続けても、フラグがセットされているのでキーリリースが送出さる。この処理により、スイッチを押し続けてもコンピュータに信号が連続して送出される(キーリピート)動作を防止している。

スイッチを[OFF]するとフラグがクリアされ、再度スイッチを[ON]すると、キーデータが送出される。

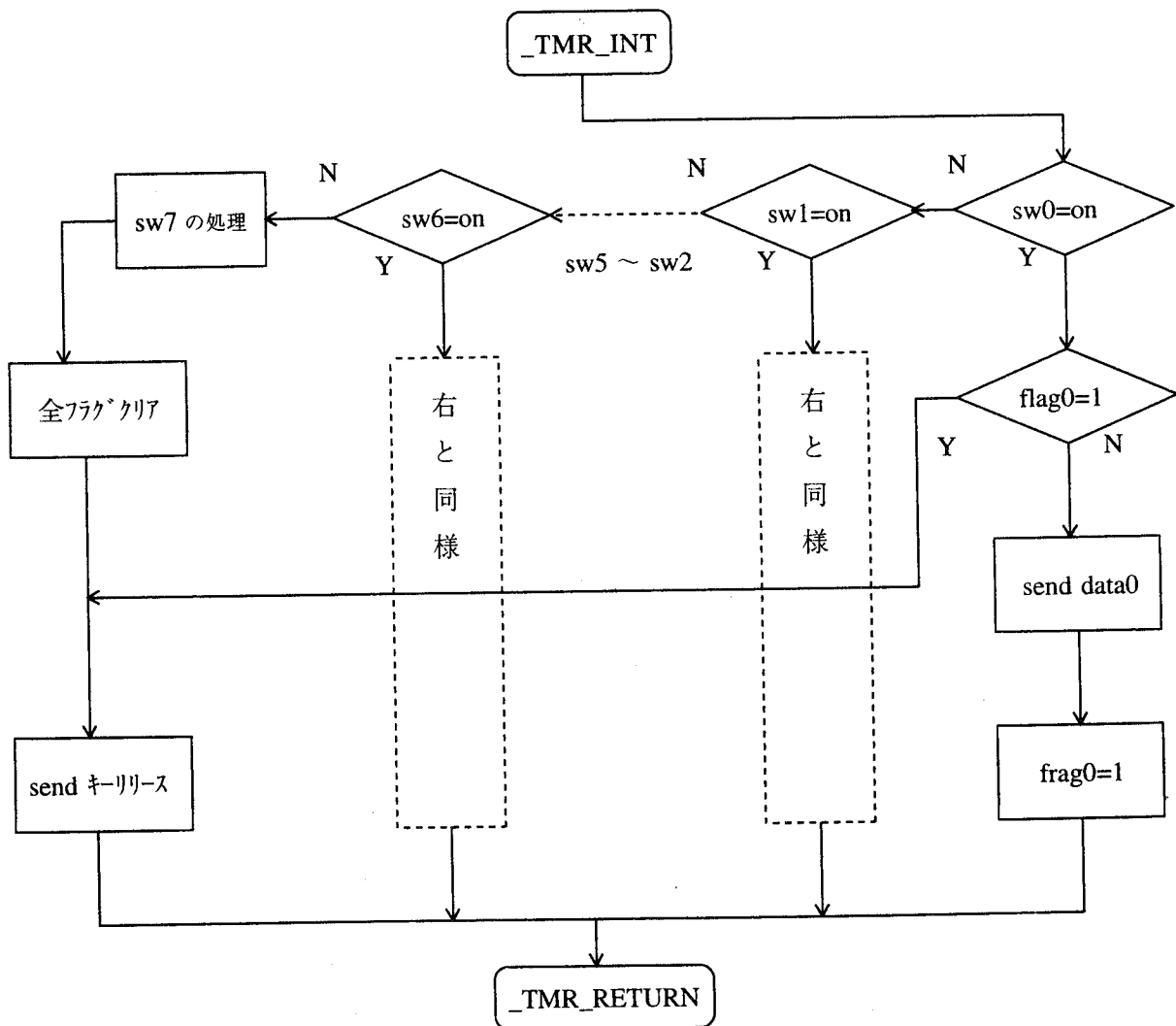


図14 スイッチ入力の処理

(2) sw7の処理

sw7 (実際の Wing-USB では SW8) は、「スイッチを押し続けていると1秒間隔で[TAB]が連続して送出され、スイッチを離す[RETURN]が送出される」という、1点自動走査入力方式として動作をする。

図15は、このsw7の機能処理するブロックダイアグラムである。

1秒の間隔は、PIC16F877のTimer1とCCP割り込みにより得ている。この割り込みにより、1秒を計測するパラメータ(カウンタ値)をセットした時点から、その値がカウントダウンされ、値が0になった時点が1秒経過した時点である、と認識している。

すなわち、図15の処理において、sw7が[ON]になったとき、カウンタ値は0に初期化されているので、[tab]を送出し、カウンタ値をセットする。そのままsw7が[ON]の状態であれば、CCP割り込みによりカウンタ値が再度0になったとき(1秒経過したとき)2回目の[tab]を送出する。その後、sw7の[ON]の状態が持続すれば、この動作を繰り返す。

そして、sw7が[OFF]になると、[RETURN]を1回送化する。

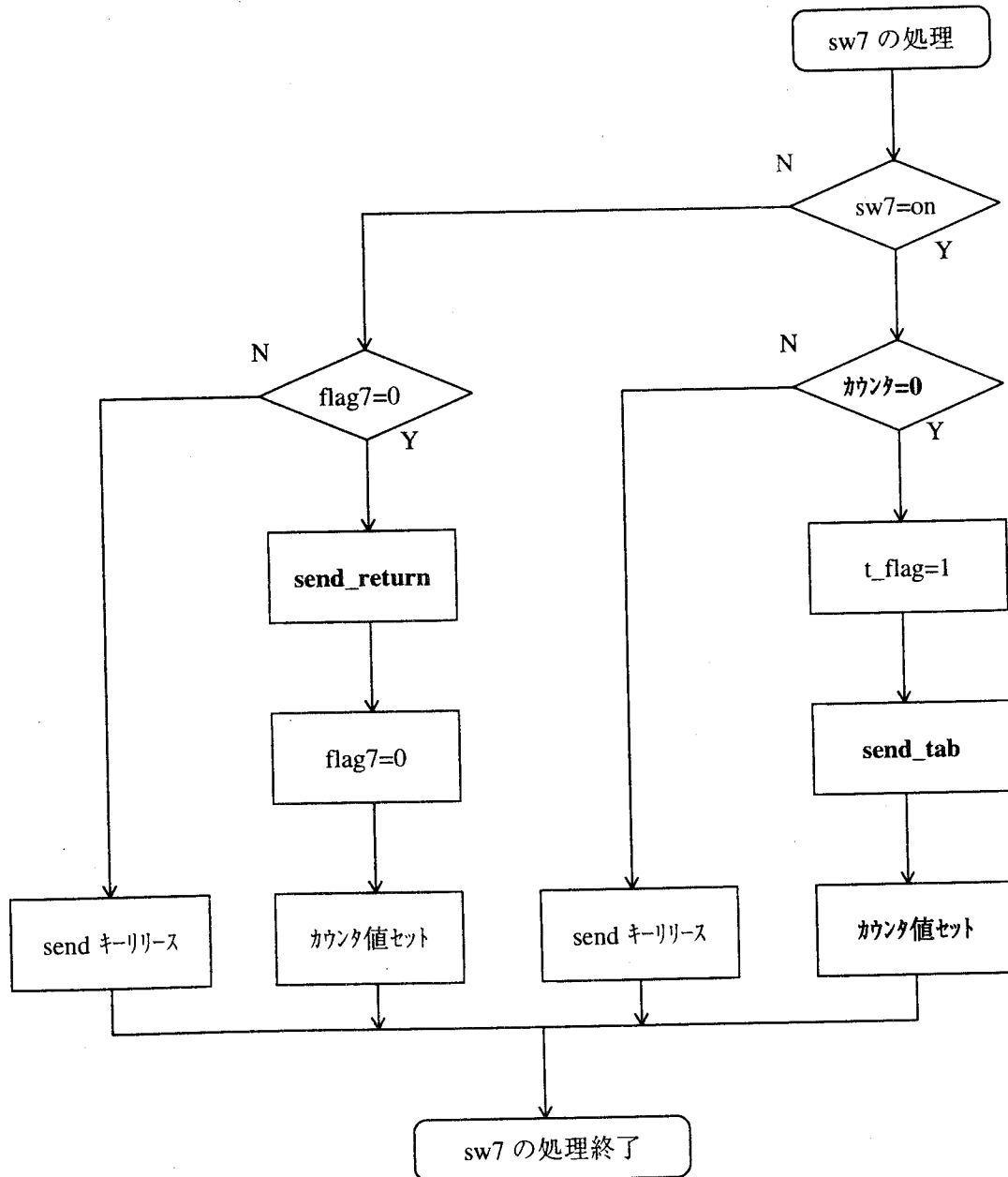


図15 1点自動走査入力方式の処理

2-5 プログラムのアセンブル

ソースプログラムは、Microchip 社から提供されている MPASM (図16) を使用してアセンブルし、HEX ファイルを作成した。アセンブリの結果を図17に示す。ノーエラーでアセンブルされていることが示されている。

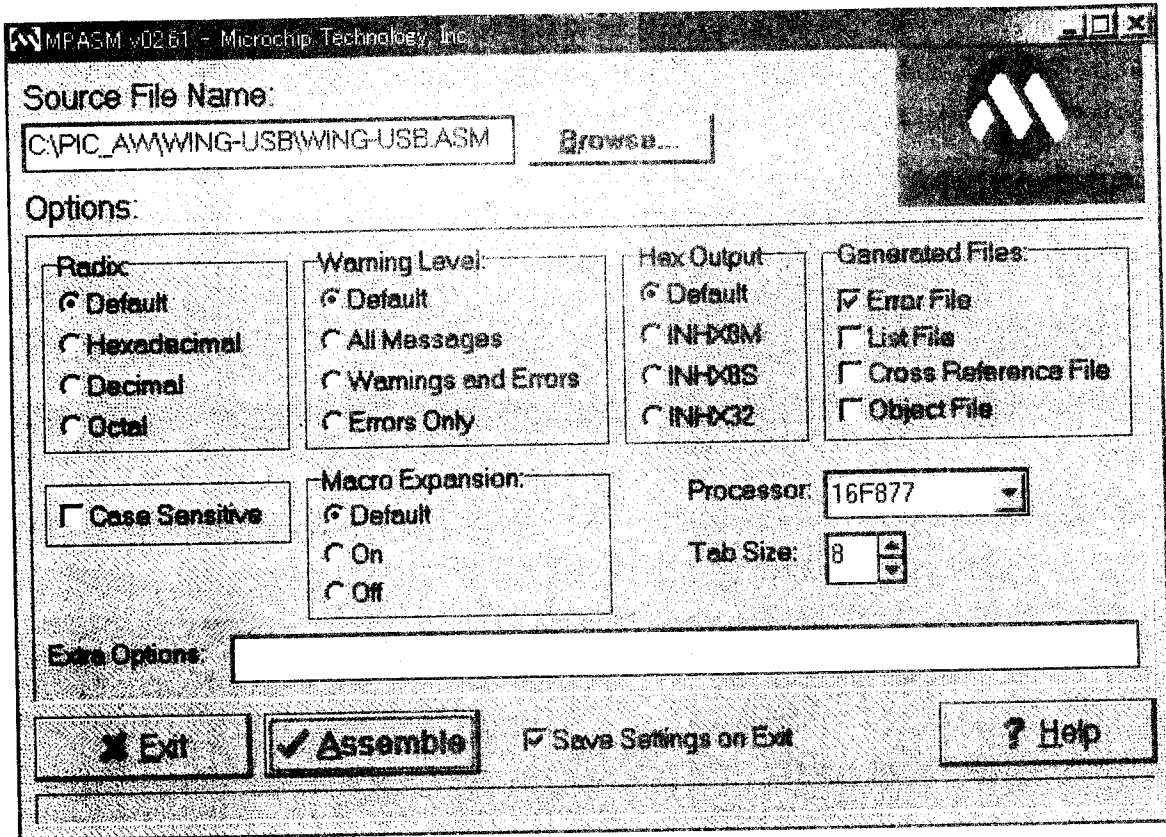


図16 MPASMの画面

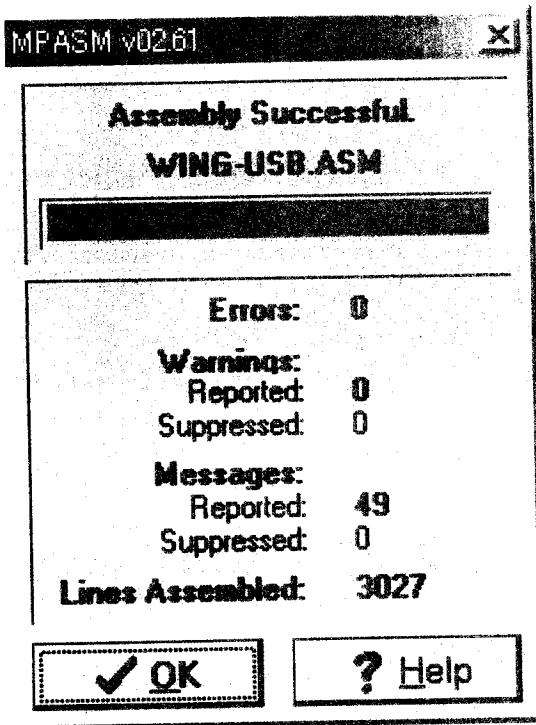


図17 アセンブルの結果

2-6 プログラムの書き込み

MPASM で作成された HEX ファイルは、AW 電子社から提供されている PICTest.exe (図 1 8) を使用して、Wing-USB に搭載されている PIC16F877 に書き込んだ。

制御プログラムの書き込みも、Wing-USB を動作させる状態と同様に、コンピュータの USB 端子 (A タイプ) と Wing-USB の USB 端子 (B タイプ) を USB ケーブルで接続することによりコンピュータから Wing-USB に電源を供給し、書き込み動作を実行することができた。

このとき、Wing-USB にプログラムがロードされている場合には、コンピュータと Wing-USB を USB ケーブルで接続すると Wing-USB に搭載されている PIC16F877 は動作状態になる。しかし、PIC16F877 が動作状態であっても、PICTest.exe (図 1 8) を実行すると制御プログラムの書き込みが可能である。

プログラムの書き込みが終了すると、PIC16F877 は再度リセットされるため、書き込んだ新しいプログラムが自動的にスタートする。

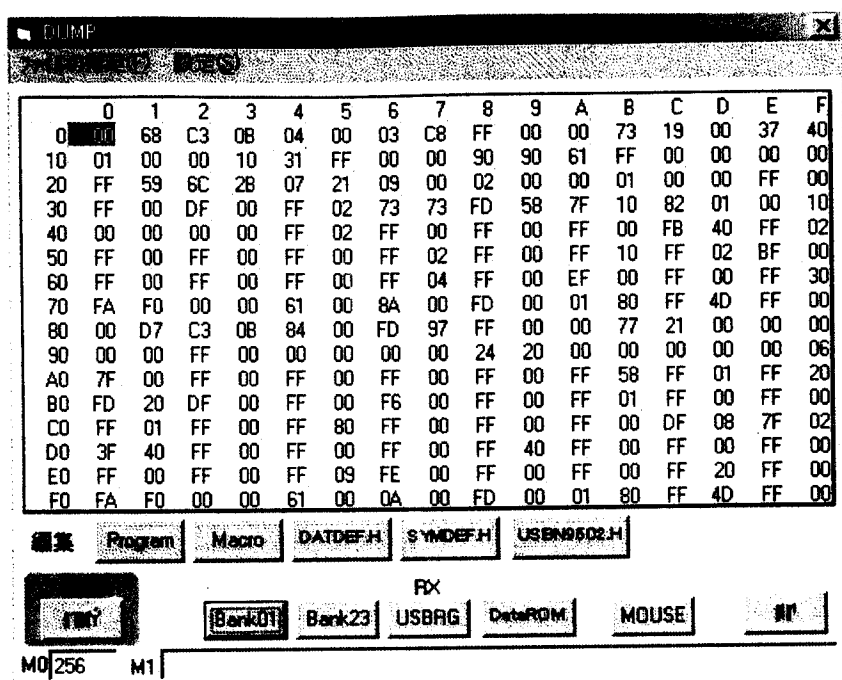


図 1 8 PICTest.exe の動作画面

3 Wing-USB の動作確認

Microsoft 社から提供されている、USB デバイスの動作状態を確認する診断ソフトウェア USBVerify.exe を使用して、Wing-USB の諸パラメータが正常に設定されているか確認した。

また、Wing-USB のパラメータを市販の USB キーボード、および USB マウスのと比較した。

Verifier.exe による Wing-USB の表示を図 19 に、市販の USB キーボード (Chicory 社製、PS2 マウス付) の表示を図 20 に、USB マウス (Microsoft 社製、インテリマウス) の表示を図 21 にそれぞれ示す。

3-1 デバイス・デスクリプタ

図 19、図 20、図 21 において、Device Descriptor の項の、

```

bcdUSB:          0x0110
bDeviceClass:    0x00
bDeviceSubClass: 0x00
bDeviceProtocol: 0x00
bMaxPacketSize0: 0x08(8)
  
```

は、Wing-USB、USB キーボード、USB マウスとも同様であり、HID

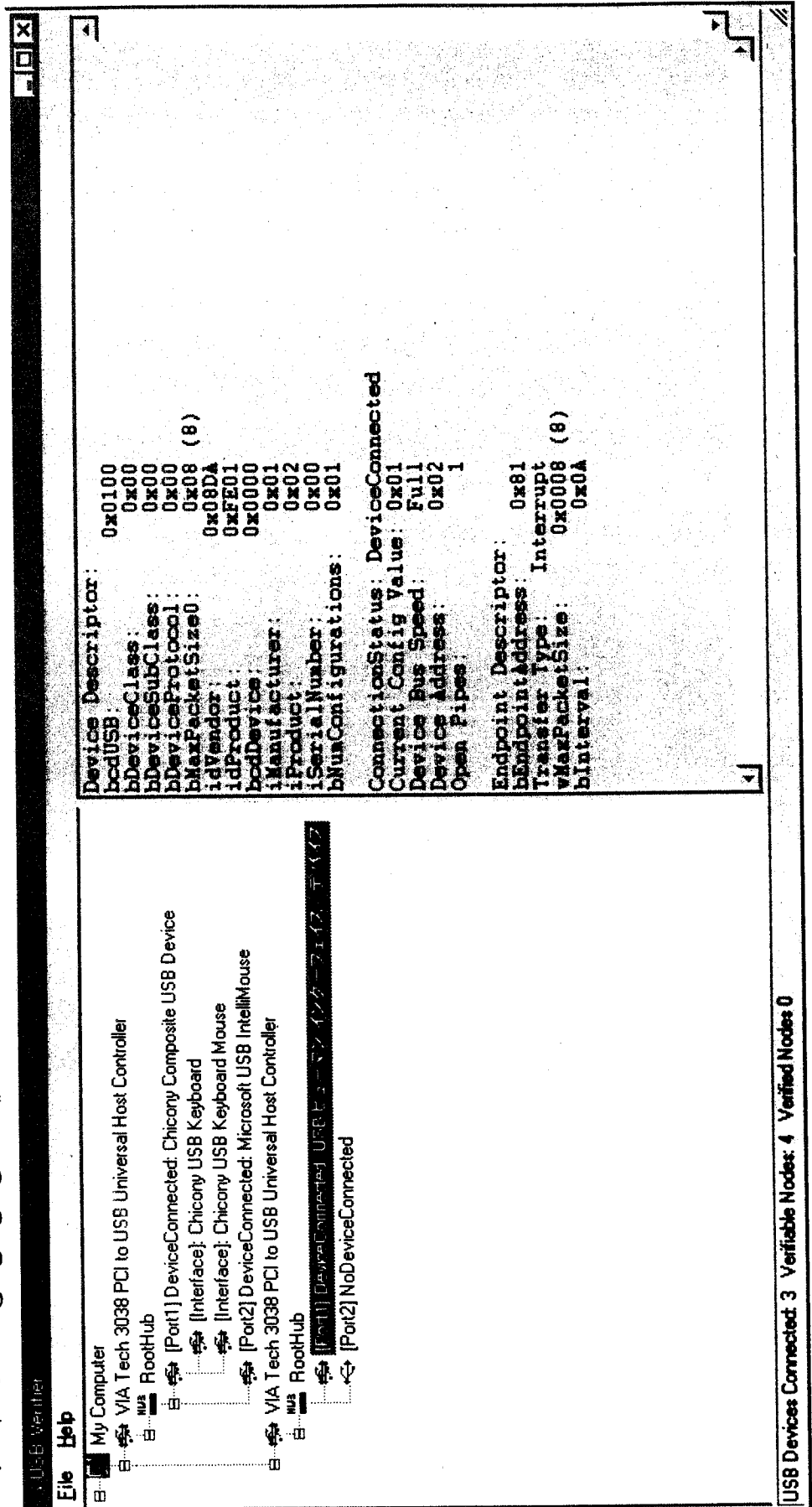


図 19 Wing-USB のパラメータ

クラスの USB デバイスとして認知されていることがわかる。

また、idVendor:の項は、Wing-USB が 0x08DA、USB キーボードが 0x04F2、USB マウスが 0x045E となっている。

0x04F2 は Chicory 社のベンダ ID であり、0x045E は Microsoft 社のベンダ ID である。

Wing-USB が使用している 0x08DA は、AW 電子社のベンダ ID であり、マイクロコンピュータ基板 UB-PIC877L を使用している限りにおいて使用が認められているので、このベンダ ID を使用した。

idProduct:、bcdDevice:、iManufacturer:、iProduct:、iSerialNumber:は、メーカーが指定する USB デバイスの番号である。

3-2 コネクション・ステータス

ConnectionStatus の項のは、Device Bus Speed: のおいては、Wing-USB が Full、USB キーボードと USB マウスは Low と表示されている。

これは、Wing-USB の USB 信号転送スピード

The screenshot shows two windows from Windows Device Manager. The top window, titled 'USB Keyboard', displays the following parameters:

- Device Descriptor: 0x0100
- bDeviceClass: 0x00
- bDeviceSubClass: 0x00
- bDeviceProtocol: 0x00
- bMaxPacketSize0: 0x08 (8)
- idVendor: 0x04F2 (Chicory Electronics Co., Ltd.)
- idProduct: 0x0001
- bcdDevice: 0x0100
- iManufacturer: 0x01
- iProduct: 0x02
- iSerialNumber: 0x00
- bNumConfigurations: 0x01
- ConnectionStatus: DeviceConnected
- Current Config Value: 0x01
- Device Bus Speed: Low
- Device Address: 0x03
- Open Pipes: 2
- Endpoint Descriptor: 0x81
- bEndpointAddress: 0x81
- Transfer Type: Interrupt
- wMaxPacketSize: 0x0008 (8)
- bInterval: 0x0A
- Endpoint Descriptor: 0x82
- bEndpointAddress: 0x82
- Transfer Type: Interrupt
- wMaxPacketSize: 0x0003 (3)
- bInterval: 0x0A

The bottom window shows the 'Device Manager' tree with the following structure:

- My Computer
 - VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller
 - RootHub
 - [Port1] Device Connected (Chicory Composite USB Device)
 - [Interface] Chicory USB Keyboard
 - [Interface] Chicory USB Keyboard Mouse
 - [Port2] Device Connected: Microsoft USB IntelliMouse
 - VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller
 - RootHub
 - [Port1] Device Connected: USB ヒューマンインターフェイス デバイス
 - [Port2] NoDeviceConnected

図 20 USB キーボードのパラメータ

が 12Mhz(bps)であり、USB キーボードと USB マウスの転送スピードは 1Mhz(bps)であることを示している。

3-3 エンドポインタ・デスクリプタ

Wing-USB と USB マウスの Endpoint Descriptor は 1 個であるが、USB キーボードは 2 個ある。これは、USB キーボードがキーボードとマウスの 2 つの機能をもっているためである。Transfer Type: は Interrupt と表示されており、HID クラスに対応していることがわかる。

また、Wing-USB はキーボードとして機能しているため、wMax PacketSize: は 0x0008(8) と表示され 1 度に 8 バイトの信号を扱うことを示している。なお、マウスは 3 バイトであるが、インテリマウスは 4 バイトと表示されている。

以上、他の USB デバイスと比較して、Wing-USB は正常に動作していることが確認できる。

The screenshot displays the Windows Device Manager interface for USB devices. The top pane shows the 'Device Descriptor' tab for a selected device, listing various USB identifiers and configuration parameters. The bottom pane shows a tree view of the USB device hierarchy, including the USB Host Controller, RootHub, and various USB devices connected to the ports. The status bar at the bottom indicates the number of connected devices and verified nodes.

図 2 1 インテリマウスのパラメータ

VI Wing-USB の関連資料

1 ぽんぽんらんど仕様の Wing-USB

学習用ソフトウェア「ぽんぽんらんど」(南電機社製)に対応した仕様の Wing-USB を試作した。これに、自作した「スイッチボックス」を接続した例を図 2 2 に示す。

ぽんぽんらんど仕様の Wing-USB は、以下の信号を送出する。

- 1) SW1(黄色)・・・Enter
- 2) SW2(緑色)・・・Tab
- 3) SW3(白色)・・・Shift + Tab
- 4) SW4(赤色)・・・Shift + Ctrl + Tab

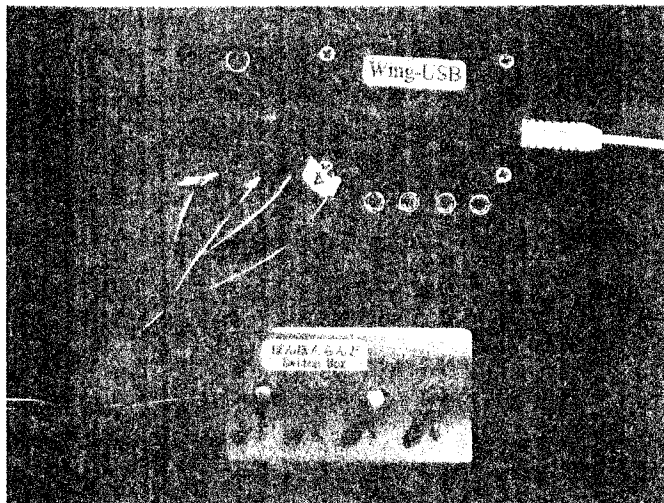


図 2 2 ぽんぽんらんど仕様の Wing-USB

2 マウス仕様の Wing-USB

USB マウスの仕様に設定した Wing-USB を試作した。これに、自作した「組スイッチ」を接続した例を図 2 3 に示す。

4 個の矢印スイッチによりマウスカーソルを上下左右に移動したり、他のスイッチでマウスボタンのクリックやダブルクリックの信号をコンピュータに送出したりすることができる。

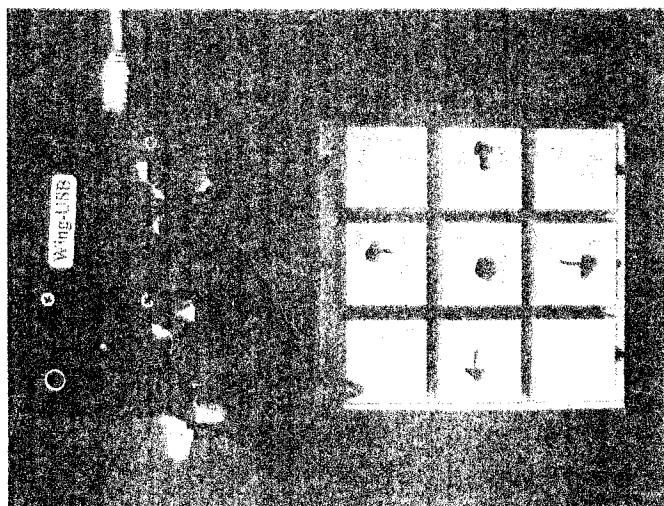


図 2 3 マウス仕様の Wing-USB

3 USB 端子に Wing-SK を接続

最近のコンピュータは、シリアル端子(RS-232C 端子)を装備しない仕様になっている。そこで、Wing-SK のシリアルキー出力信号を、「USB シリアルアダプタ」を使用して USB 信号に変換し、コンピュータの USB 端子に接続して使用する実験をおこなった。

USB シリアルアダプタに、PLANEX 社製の URS-01 を使用したところ、Wing-SK の出力信号をコンピュータの USB 端子から入力できることが確認できた。

図 2 4 に、Wing-SK と URS-01 を接続し、コンピュータの USB 端子に接続している状態を示す。

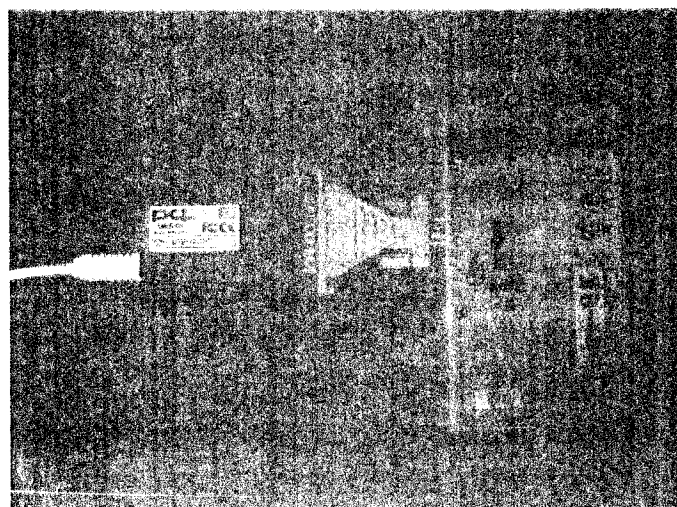


図 2 4 Wing-SK と USB シリアルアダプタ

4 1点スイッチボックスと Wing-USB

図25は、1点スイッチで Wing-USB の8種類の機能を使用できるようにした「スイッチボックス」を接続した図である。図25に示すスイッチボックスの右側のロータリースイッチを選択することにより、左側の1点スイッチ（外付けスイッチでも可）で Wing-USB の8種類の機能を利用することができる。

なお、この「スイッチボックス」は、長野県立稲荷山養護学校の石田氏のアイデアと製作による。

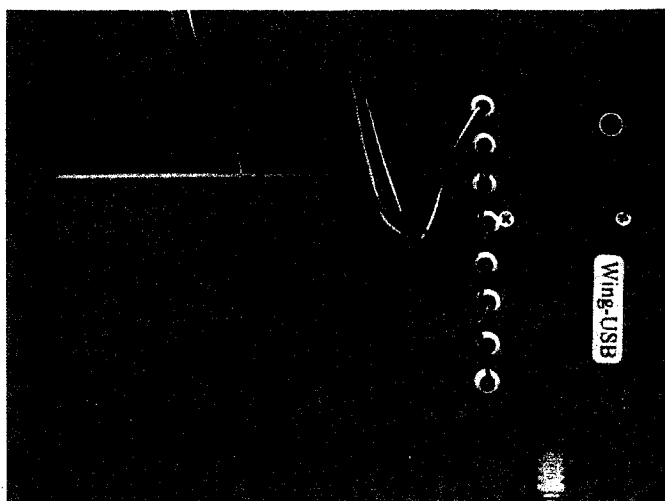


図25 1点スイッチボックスと Wing-USB

5 Internet Explorer のキーボード・ナビゲーション

Internet Explorer のキーボード・ナビゲーション機能

TAB	リンクフォーカスが右方向、下方向に移動する リンクフォーカスが画面の最下行にある時には画面がスクロールする ページの最後までスクロールすると、ページの先頭の戻る
SHIFT+TAB	リンクフォーカスが左方向、上方向に移動する リンクフォーカスが画面の最下行にある時には画面がスクロールする ページの先頭までスクロールすると、ページの最後に戻る
ENTER	選択されているリンクフォーカスのリンク先にハイパーリンクする
SHIFT+F10	ハイパーリンクのコンテキストメニューを表示する
CTRL+TAB	他のフレームに移動する
SHIFT+CTRL+TAB	前のフレームに戻る
F5	画面を再度読み込む
ESC	画面の読み込みを停止する
BACKSPACE 又は ALT+ LEFT ARROW	前の画面に戻る
SHIFT+BACKSPACE 又は ALT+ RIGHT ARROW	次の画面に進む
CTRL+O	新しいページを指定する
CTRL+N	新たな画面を開く
CTRL+S	表示画面を保存する
CTRL+P	表示画面を印字する

注：例えば SHIFT+TAB は [シフトキー] を押しながら [タブキー] を押すことを示している。

なお、これらの機能のうちリンクフォーカスや画面の移動などの機能は、キーを押し続けるとキーリピートが作動しキーを放すまで連続的に実行されるので、特に不随意運動がある人が使用するときには対策が必要である。

<参考資料>

- 1) 松本 廣・金森克浩・島田 努：シリアルキーに対応した入力デバイスの試作，第11回リハ工カンファレンス講演論文集，p.115-118，1996/7.
- 2) 松本 廣・金森克浩・伊藤 守：シリアルキーの現状とシリアルキーデバイスの試作，電子情報通信学会，1996/9.
- 3) 松本 廣：肢体の不自由な子どもたちのためのコンピュータ・アクセシビリティの改善－ユニバーサルデザインに即した入力デバイスの開発－，国立特殊教育総合研究所研究紀要第25巻，P.1-13，1998/2.
- 4) 松本 廣：障害児教育工学とユニバーサルデザイン－肢体不自由児のコンピュータ利用について－，日本教育工学会報告集 JET98-4，1998/7.
- 5) 伊藤 智之・松本 廣・島田 努：キーボード・ナビゲーション機能をサポートした教育用ソフト及び入力装置の開発，第12回リハ工カンファレンス講演論文集，p.169-172，1996/8.
- 6) 松本 廣：特殊教育におけるインターネット利用とアクセシビリティ，シリーズ情報化の進展と今後の学校，教育と情報，平成10年11月号（No488），文部省，p.22-25，1998/11.
- 7) 松本 廣：肢体不自由児・者用コンピュータ入力デバイス－操作スイッチでWWWを利用するための入力デバイスの試作－，平成10年度特別教材・教具の試作研究報告書，国立特殊教育総合研究所，1999/3.
- 8) 松本 廣：肢体不自由児の最適なコンピュータ入力支援機器を評価・適合する教材システムの開発，平成10年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)研究成果報告書，1999/3.
- 9) 松本 廣：コンピュータ利用を補助する道具－スイッチから代替入力装置まで－，電子機器を用いた障害者・高齢者の生活支援－アクセシビリティの基礎知識－，ATAC，p.90-103，1999/11.
- 10) 松本 廣：キーボードナビゲーションと操作スイッチ－標準キーボードやマウス以外でパソコンを操作する－，視点は始点－テクノロジーとコミュニケーションが教えてくれる新しい障害観－，ATAC，p.53-65，2000/11.
- 11) 特集－作るオリジナルUSBアダプター，トランジスタ技術6月号，CQ出版，2000/6.
- 12) 伊藤 守・松本 廣訳：GIDEIの概要，http://www5.wind.ne.jp/ja1syk/uni_design/gidei-j1.htm，1996.
- 13) Universal Serial Bus Specification Revision 1.1，1998. <http://www.usb.org>
- 14) Universal Serial Bus (USB) Device Class Definition for Human Interface Devices (HID) Version 1.1，1999. <http://www.usb.org>.
- 15) Universal Serial Bus (USB) Device Class Definition HID Usage Version 1.1，1999. <http://www.usb.org>.
- 16) Universal Serial Bus (USB) HID Usage Table Version 1.1，1999. <http://www.usb.org>.
- 17) PIC16F87X，28/40ピンCMOSフラッシュ8ビットマイクロコントローラ説明書，Microchip社，2000.
- 18) 障害者・高齢者等情報処理機器アクセシビリティ指針，通商産業省，2000/6，<http://www.jeida.or.jp/document/kokoroweb/guide/index.html>.

平成 11 年度～平成 12 年度 科学研究費補助金 基盤研究(B)(2)研究成果報告書
ユニバーサル・シリアル・バスに接続する運動障害児用入力支援デバイスの開発と普及
(課題番号 11558024)

平成 13 年 3 月

研究代表者 松本 廣 (平成 11 年度)

棟方哲弥 (平成 12 年度)

〒 239-0841

神奈川県横須賀市野比 5-1-1

国立特殊教育総合研究所

教育工学研究部