ウェアラブル・コントローラーの開発

３年Ｂ組　羽鹿 諒
指導教諭　米田 隆恒

１．研究の概要

私は現在「ハードウェア母音認識」の研究を行っている。この研究における目標は、オリジナル・ハードウェアのみで母音認識を行うことである。また、この研究に付随させる機能の一つとして、「文字認識機能」を考えている。これは、ハードウェアコントローラーで空中に文字を書くと、書いた文字が認識され、コンピュータ等の入力装置として使用できるものである。

今回の研究では、このハードウェアコントローラーに焦点を当て、「ウェアラブル・コントローラーの開発」を行い、これに成功した。

キーワード　マイコン、加速度センサ、DC/DC コンバーター、フォトインタラプタ、リチウムイオンバッテリー、フルカラーLED、パターン認識

２．製作したオリジナル・ウェアラブル・コントローラーの概要

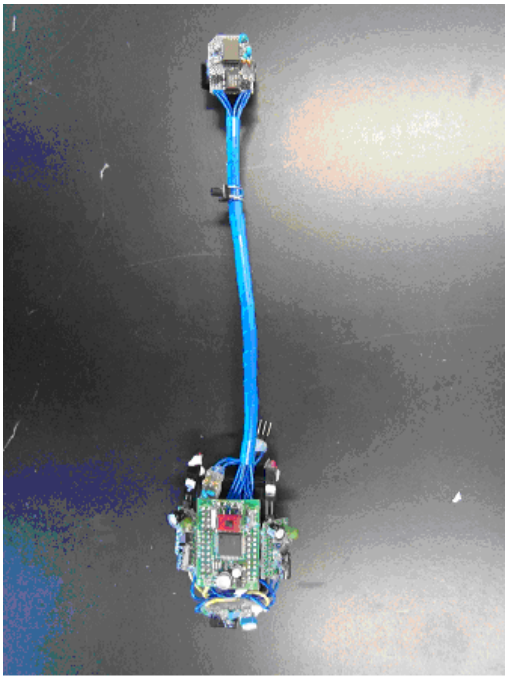

図１　オリジナルな
ウェアラブル・コントローラー

今回、製作したハードウェアの仕様は次のようになっている。

- MPU:H8-3664F(ルネサス・テクノロジ社製、動作周波数 16MHz)
- 電源用電池:リチウムイオン充電池２個(3.7V/830mAh)
- 昇圧回路用 DC/DC コンバーターモジュール: HT7750A×2(3.7V→5.0V 昇圧用)
- 加速度センサ:ADXL202(米アナログ・デバイセズ社製、２軸加速度用)
- 本体サイズ:40(横)×30(縦)×30(高さ)(単位:mm)

今回のコントローラーで行うことができる機能は次のようになっている。

- 加速度センサを用いた直感的な操作
- パソコンとの通信(RS－232C)

なお、現段階ではリモートコントローラーの機能となる要素は含んでいない。

３．研究の背景と目的

私が現在行っている研究は概要にも記したように、自分で０から作ったオリジナルのハードウェアだけを用いて人間の母音を認識し、今までにない「話して使うコントローラー」を開発するというものである。

これまでの様々な研究において、マウスやジョイスティックなど、ポインティングデバイス(図２)に関するものは数多く行われてきた。しかし、キーボードなどの入力装置(図３)に関するものはそう行われていない。

図２　パソコン用マウス

図３　パソコン用キーボード

また、米アップル社の「iPhone 3G/3GS」(図４)の「マルチタッチ機能」(図５)に代表されるように、直感的な操作が可能なポインティングデバイスの企業による製品化や特許の取得は既にかなり行われている。一方、入力装置において、直感的な操作が可能なものは例があまりない。

なお、アップル社のマルチタッチ機能とは、手の指を開いたり、閉じたり、スライドさせたりすることで直感的な操作を行える機能のことである。

図４　アップル社「iPhone 3G/3GS」

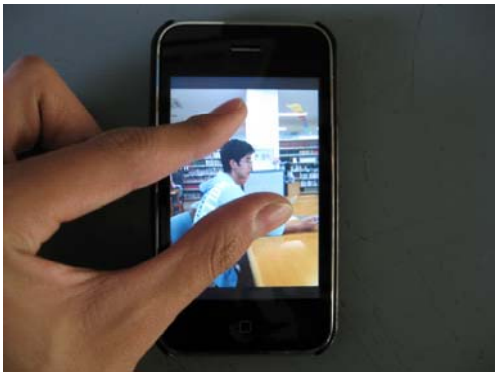

図５「マルチタッチ・テクノロジー」

そこで、私は母音認識と「ウェアラブル」なコントローラー、つまり常に身につけておけるコントローラーを開発し、これらを組み合わせることを考えた。こうすることで、どんな人でも複雑な操作をすることなく「機械に話しかける」ことで、従来のコントローラーよりも更に直感的な操作が可能となるのではないかと考えている。

ここで問題となるのは、「母音認識」という名前から分かるとおり、子音の認識が不可能であるということである。「あ・い・う・え・お」の５音だけを認識しても、子音が

認識できない限りは用途がかなり限られてしまう。また、パソコンの入力装置、キーボードとして使うときも記号などが入力できないという欠点が発生してしまう。
さらに、ハードウェアのみで認識を行うため、音声だけを取得した場合、誤作動が多くなる可能性がある。これでは、実用性のある技術にはなり得ない。

そこで、コントローラーに加速度センサ(図６)を搭載することで、これらの問題を解決することを考えた。つまり、どの場合においても読み上げて母音認識をさせながら空中に文字を書くことで子音の問題や記号の問題、誤作動の問題を減らせる。つまり、母音認識の機能に文字認識機能をプラスさせることで、問題を解決するということである。

図６　加速度センサ「ADXL202」
(黒色の IC)

よって、今回はこの「ウェアラブル・コントローラー」を開発、プロトタイプを試作して実験することで、実際に使えるコントローラーであるかを検証することにした。さらに、ここではパソコンに接続するのではなく、プロトタイプゆえハードウェアのみで動作させることにした。

また、文字認識の前段階のテストとして、数種類の図形を空中に描き、ハードウェアのみで認識させることも行った。

今回は、ウェアラブル・コントローラーについての研究結果を記し、母音認識については現在も研究中であるため、ここでは記していない。

４．研究内容

(1) 研究事項

研究１　電源部およびセンサ部の小型回路を製作し、マイコン回路と接続する。さらに、実際に電源となるリチウムイオン電池を接続、動作を実験する。

研究２　wii リモコンを Bluetooth 通信機能を用いてパソコンとリンクさせ、いくつかの動作パターンにおいて内蔵３軸加速度センサから出力される信号波形を確認する。この中から、大きな変化が現れる波形を出力させた動きを選ぶ。そして、コントローラーで実際に使用する２軸加速度センサから出力される信号波形を確認する。

研究３　センサテストプログラム、LED インジケーターテストプログラムを製作、動作実験を行う。その結果を踏まえ、図形認識プログラムのテストバージョンを製作し、動作実験を行う。

研究４　研究１～研究３までの研究のステップおよび構造などを見直し、さらにスマートなシステムを作る。

(2) 研究仮説

研究１　小型ハードウェアは完成し、動

作する。

研究２　それぞれの動作パターンにおいて、異なった波形が確認できる。また、かなり正確な信号が出力されると考えられる。また、２軸加速度センサにおいてもそれぞれの動作パターンで異なった波形が確認できる。

研究３・研究４　いずれも動作する。

(3) 研究方法

研究１

ここでの小型回路では、以下の条件および目標を決めて製作した。

- 面積はH8マイコンボード(横:約40mm, 縦：約30mm)のサイズにする
- 電源はリチウムイオン充電池を使用する
- マイコンボードの安定した動作を行うため、昇圧型DC/DCコンバーターを使用する
- センサとして加速度センサおよび近接センサを、インジケーターとして青色LED(電源確認用)およびフルカラーLED(認識図形確認用)を搭載する

私は、今までの研究において H8 マイコンを用いてきた。今回は、秋月電子通商から販売されている「H8－3664F マイコンボード」(図７)をそのまま用いることにした。

今回は、小型化をはかるため、従来のユニバーサル基板(図８)ではなく、「ハーフミリピッチ基板」(図９)と呼ばれるものを使用した。

図７　H8－3664F マイコンボード

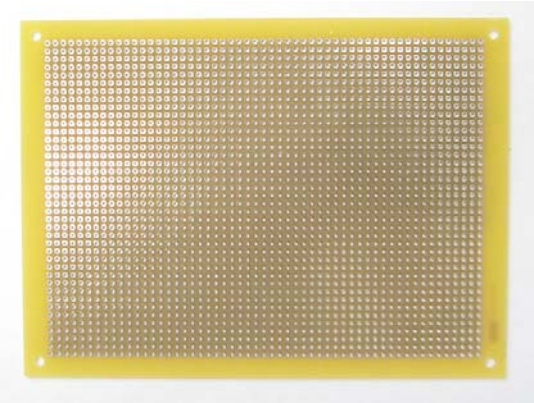

図８　ユニバーサル基板

図９　ハーフミリピッチ基板

従来のユニバーサル基板に比べて穴と穴の間隔が 1.27mm と狭いため、小型化するには最適であると考えられたためである。

電源として用いたリチウムイオン充電池は、現在販売されているものであり、3.7V/350mAh という容量である。よって、サイズが小さく、軽量であり、かつ繰り返し使えるという利点がある。

図 10　リチウムイオン充電池

今回の回路では、上記の通りリチウムイオン充電池を用いているが、充電池からの出力電圧が 3.7V なのに対し、H8 マイコンボードの電源は 5V である。よって、電源電圧を 3.7V から 5V に昇圧する必要がある。そこで、HOLTEK 社から販売されている「HT7750A」(図 11)という昇圧型 DC/DC コンバーターと呼ばれる部品を用いて 3.7V から 5V に昇圧することにした。

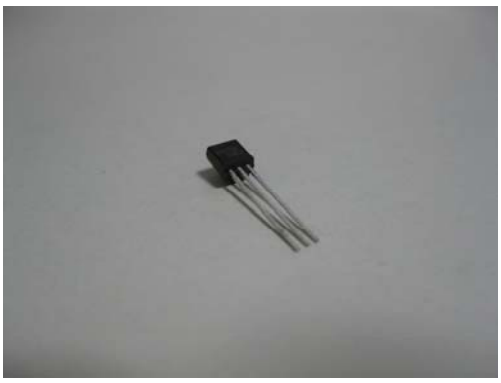

図 11　HT7750A

加速度センサは、その名の通り加速度と傾きを計測できるセンサのことである。今回の研究において製作したコントローラーは文字認識システムで使用できることが目標である。このシステムでは、空中で文字を書いて認識させるため、傾きや加速度を計測する必要がある。よって今回は、アナログ出力とデジタル出力の両方が可能な２軸加速度センサ「ADXL202」(図 6 と共通)を用いた。このセンサは、実験段階においてもっとも精度がよかったものであるため、今回はこのセンサを使用した。なお、２軸とは x 軸と y 軸を表す。

近接センサは、一般にフォトインタラプタと呼ばれるものである。今回製作したコントローラーでは、本体の最上部に設置し、手をかざして用いる。こうすることにより、文字モードの変更が行えると考えている。例えば、ひらがなを入力するモードからアルファベット文字を入力するモードへと変更する場合などである。ここでは、ローム社の「RPR－220」(図 12)と呼ばれるものを用いた。

図 12　RPR－220

今回の研究では、ハードウェアのみで動作させることが目標であったため、どの図形を認識しているかが一目で分からなければならない。そこで、インジケーターとして Ropla 社製のフルカラーLED(図 13)を取り付けた。

図 13　フルカラーLED

フルカラーLED とは、従来の単色発光の LED と違い、赤、緑、青の３つの色の LED 素子が１パッケージの中に内蔵されているものである。

これらに加え、割り込み入力端子に接続するために小型の押しボタンスイッチであるタクトスイッチと呼ばれるものも取り付けた。割り込み端子に接続されていることで、ボタンを押している間に何らかの動作を行い、離してからどの図形であったか認識を行うことができる。これにより、誤動作を減らすことができるのである。

さらに、図 7 の H8－3664F マイコンボードを追加し、配線する。

製作したハードウェアの写真を図 14 に示す。

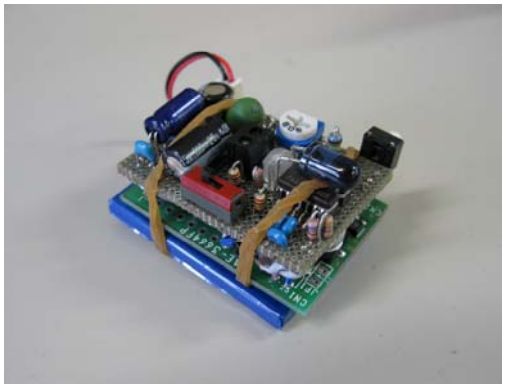

図 14　オリジナル・ハードウェア

研究２

wii リモコン(図 15)は、任天堂株式会社から販売されている家庭用ゲーム機「wii」(図 16)に付属するコントローラーである。

図 15　wii リモコン

図 16　wii 本体

また、Bluetooth とは、短距離無線通信規格の１つで、パソコンや携帯電話にはよく搭載されている技術の１つである。

Wii リモコンは、３軸加速度センサが搭載されており、直感的に操作ができることや、Bluetooth が搭載されていることなどから、インターネット上にパソコン用のドライバやソフトウェアが多数公開されている。これらは、wii リモコンをパソコン上でマウスとして使うためのソフトウェアである。

今回は、wii リモコンに内蔵されている加速度センサからの出力信号波形を見ることができる「wiinremote」(図 17)というフリ

ーソフトウェアを用いて、実験を行った。

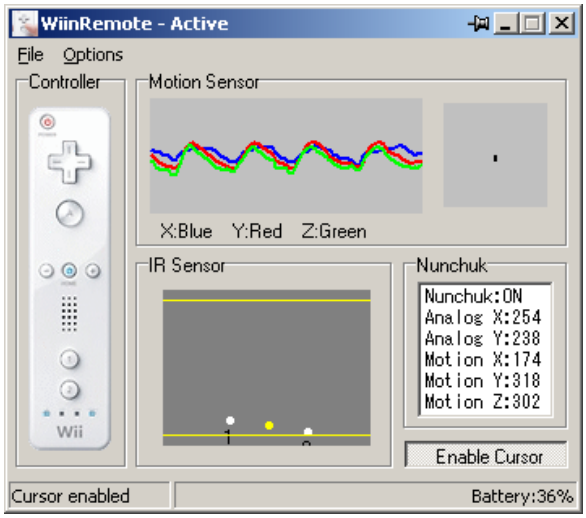

図 17　wiinremote スクリーンショット

ここでは、以下の図形の動きを行い、実験を行った。

- ／　(スラッシュ)　(図 18)
- ＼　(バック・スラッシュ)　(図 19)
- （　(左括弧)　(図 20)
- ）　(右括弧)　(図 21)
- ○　(丸)　(図 22)
- △　(三角形、左→上→右に時計回り)　(図 23)

さらに、動作実験として以下の動きを行い、信号波形を測定した。

- 前に押す(y 軸方向に突き出す)　(図 24)
- 後ろに引く(y 軸方向に引っ込める)　(図 25)
- 左にスワイプさせる(x 軸方向に滑らせる)　(図 26)
- 右にスワイプさせる(x 軸方向に滑らせる)　(図 27)
- 左に傾ける(x 軸方向に右サイドを上げる)　(図 28)
- 右に傾ける(x 軸方向に左サイドを上げる)　(図 29)

また、対照実験として、何もしていないものも測定した。(図 30)

なお、これらの実験は wii リモコンを床(机)と平行にして行った。実験結果を以下に示す。

図 18　スラッシュ

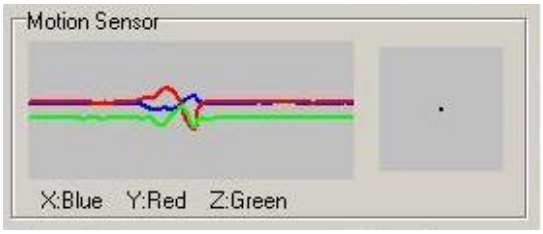

図 19　バック・スラッシュ

図 20　左括弧

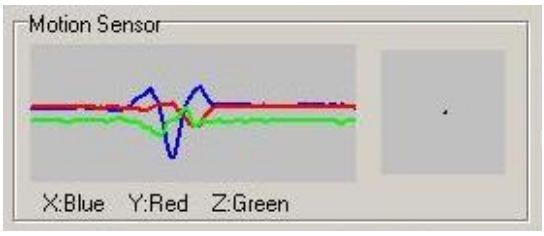

図 21　右括弧

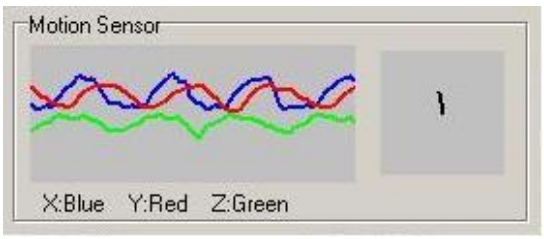

図 22　丸

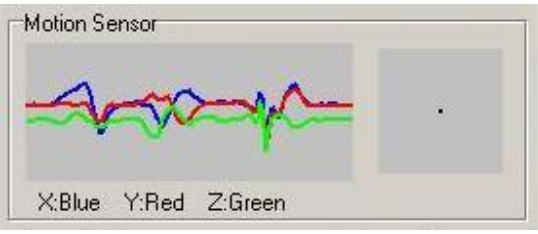

図 23　三角形、左→上→右:時計回り

図 24　y 軸方向に突き出す

図 25　y 軸方向に引っ込める

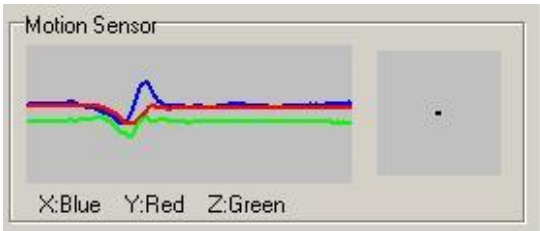

図 26　左にスワイプさせる

図 27　右にスワイプさせる

図 28　左に傾ける

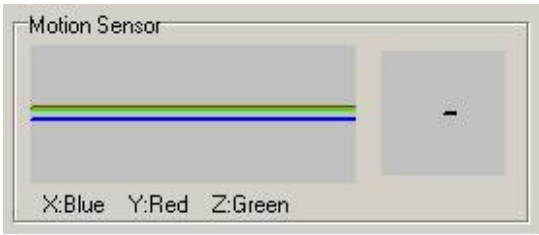

図 29　右に傾ける

図 30　何もしない

次に、実際のコントローラーで使用する加速度センサ、「ADXL202」とそのテスト回路を用いて実験することにした。ここでは、波形を測定する際、オシロスコープを用いている。

なお、実験する際に用いる動作パターンは以下の 8 種類にすることにした。

- 丸　(図 31)
- y 軸方向に突き出す　(図 32)
- y 軸方向に引っ込める　(図 33)
- 左にスワイプさせる　(図 34)
- 右にスワイプさせる　(図 35)
- 左に傾ける　(図 36)
- 右に傾ける　(図 37)
- 何もしない　(図 38)

また、条件は測定装置以外、wii リモコンの場合と同様である。実験結果を以下に示す。

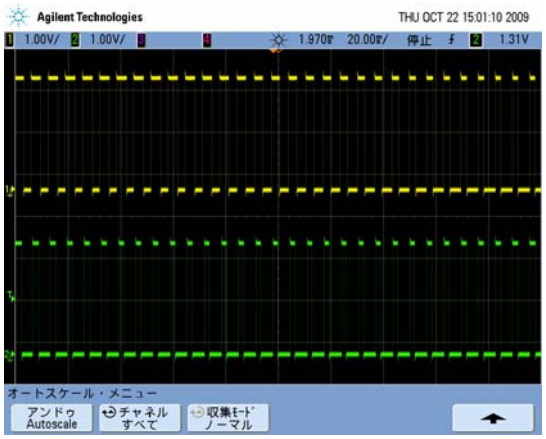

図 31　丸

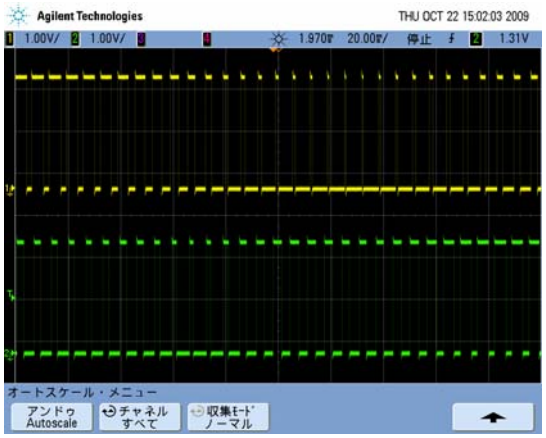

図 32　y 軸方向に突き出す

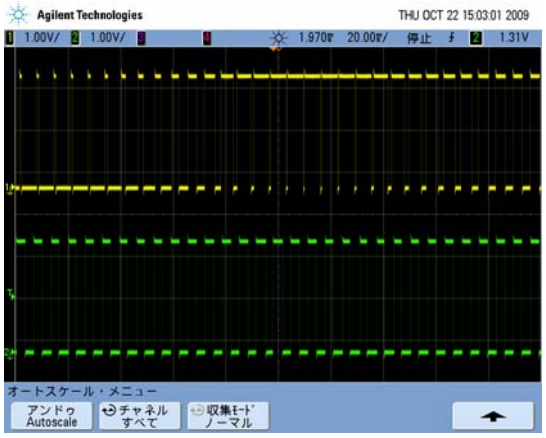

図 33　y 軸方向に引っ込める

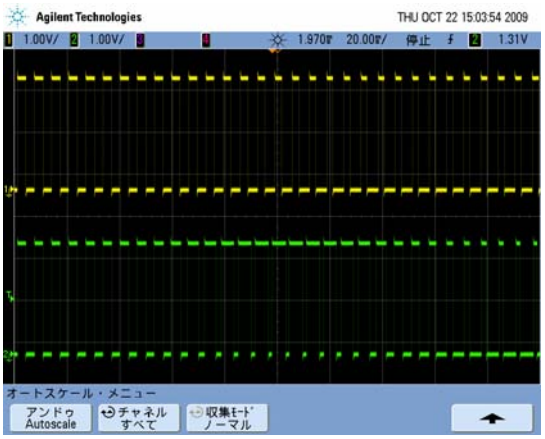

図 34　左にスワイプさせる

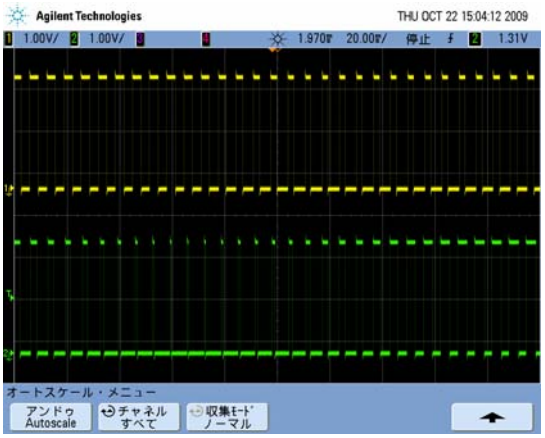

図 35　右にスワイプさせる

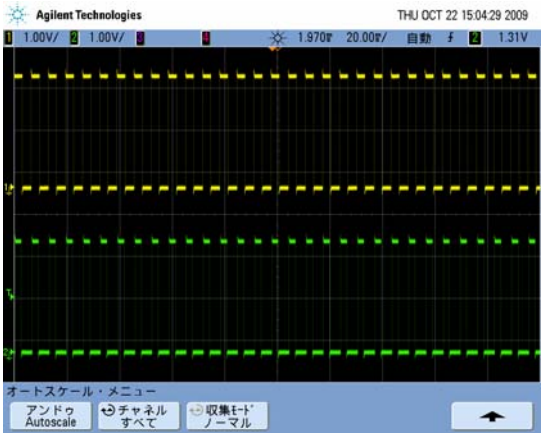

図 36　左に傾ける

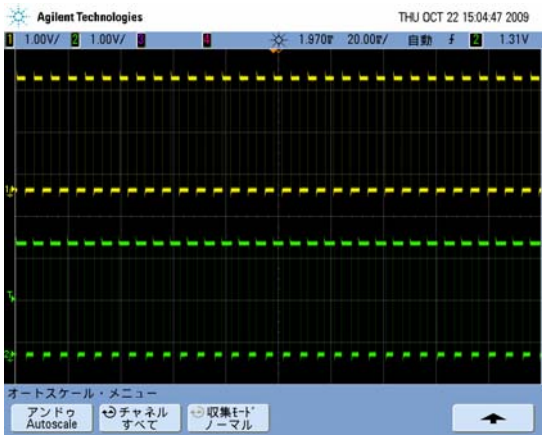

図 37　右に傾ける

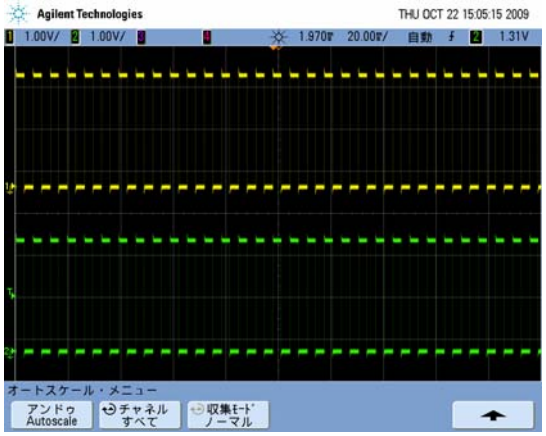

図 38　何もしない

研究３

まず、センサテストプログラムを製作した。今回のコントローラーに搭載されているセンサは以下の通りである。

- ２軸加速度センサ(ADXL202・デジタル出力)
- フォトトランジスタ(RPR-220・アナログ出力)
- タクトスイッチ(デジタル出力)

ここでは、それぞれのセンサにおいて入力方法が違うため、別々のプログラムを作成する必要がある。

なお、ここでのプログラムは全て C 言語と呼ばれるプログラム言語を用いて、全て自分で製作したものである。

まずは、２軸加速度センサである。このセンサからは、パルスデータ(図 39)が出力されている。パルスデータとは、矩形波と呼ばれる信号の一種である。

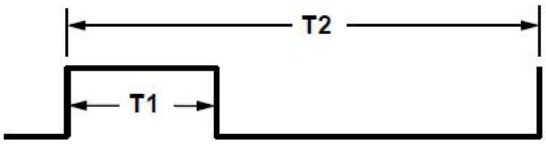

図 39　パルスデータ例、(T1, T2：時間)

通常、静止状態にあると図 39 の T1 と T2 は同じ秒数である。つまり、デューティー比が 50%のパルスといえる。これが、傾いたり､加速度を感知したりすると T1 の秒数が変わる。そこで、今回は T1/T2 の割合によって傾きや加速度を算出し、パソコンの「ハイパーターミナル」というソフト上に表示させるプログラムを製作し、実験した。

以前、私はフォトトランジスタを用いてライントレースカー(図 40)を製作した。

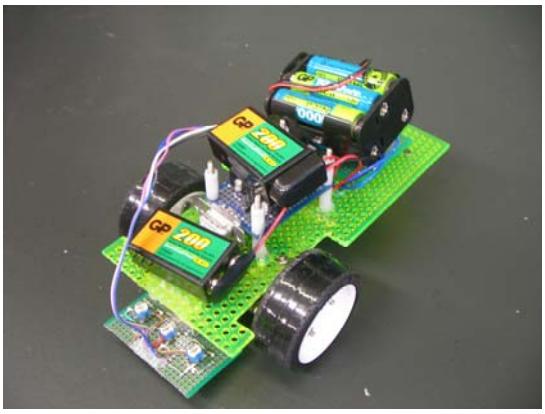

図 40　オリジナル・ライントレースカー

この際も、同じセンサを用いた。このセンサは、アナログ出力、つまり信号の電圧がそのまま出力される。そこで、８ビットアナログ入力を行い、0V～5V までの電圧

値を 0～255 までの数値に、パソコンのハイパーターミナル上に表示させるプログラムを製作し、実験した。

また、インジケーターテストとして、フォトトランジスタに手をかざしていくと、
赤→オレンジ→緑→青緑→青→紫→白
という順番に色が変わるようなテストプログラムを製作し、実験した。

それぞれにおいて、実験中の写真を加速度センサ・フォトトランジスタにおいては図 41、タクトスイッチにおいては図 42、インジケーターテストは図 43 に示す。

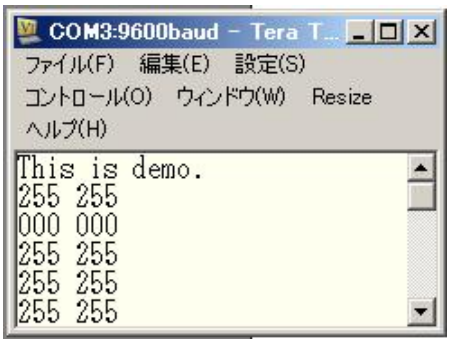

図 41　ハイパーターミナルテスト

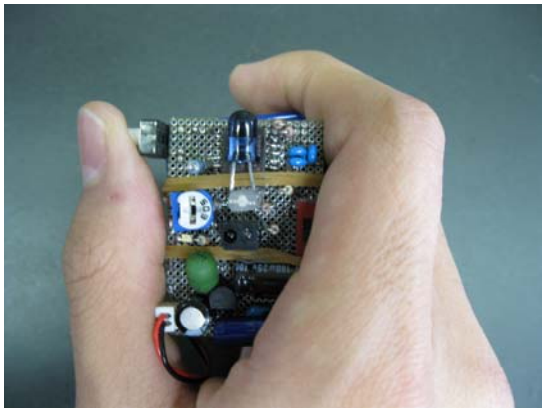

図 42　タクトスイッチの実験

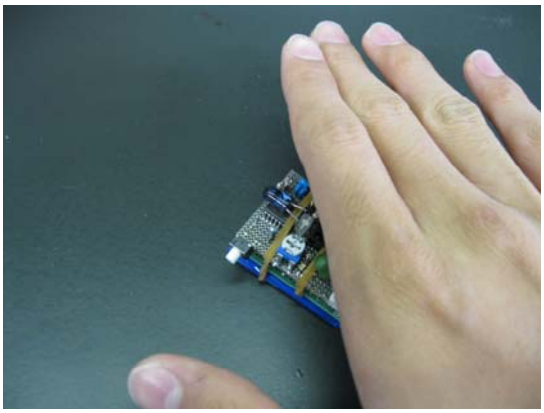

図 43　インジケーターテスト

最後に、これまでの実験結果を踏まえて、図形認識プログラムを製作し、実験した。

これは、コントローラーを丸や三角など、特定の形にそって動かしたときに、加速度センサからの出力をマイコンで取得し判断する。そして、その結果をコントローラー上部についているフルカラーLED の動作に対応させるというものである。実験の条件や方法は上記の通りである。実験中の図を図 44 に示す。

図 44　テスト中の写真

研究 4

これまでの研究において製作できたコントローラーの大まかな仕様としては、次のようなことが挙げられる。

・ 加速度センサ出力＝デジタル出力
・ 割り込みスイッチ
・ フルカラーLED
・ 昇圧回路用 IC＝HT7750A 使用
・ 電池＝リチウムイオン二次電池(3.7V/350mAh)
・ フォトインタラプタ

この研究 4 では、これまでの研究において製作したハードウェアおよびソフトウェアの両方を見直した。より簡潔で、高速に動作させるためである。

ハードウェアの面で見直しを行った結果、割り込みスイッチとフルカラーLED、フォトインタラプタを省いた。そして、センサ出力をデジタル出力からアナログ出力に変更し、さらにリチウムイオン電池を図 45 以降、容量の大きな 830mAh のものに変更した。

図 45　830mAh バッテリー

ここで、センサ出力をアナログ出力に変更したため、どのようなセンサ出力が得られるか、テスト回路を試作した。今回は、ブレッドボード(図 46)と呼ばれる部品を差し込むだけで電子回路を作ることができる基板を用いた。

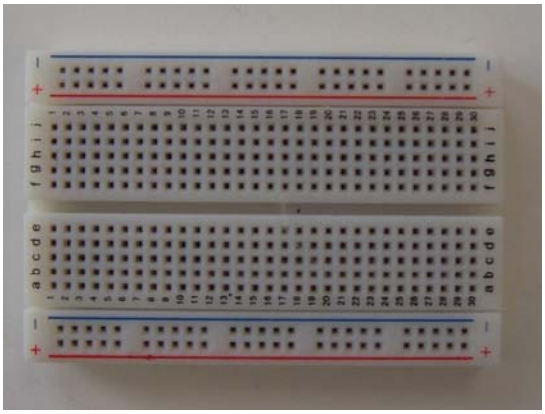

図 46　ブレッドボード

実際に製作した回路の様子を図 47 に、また、その回路から得られた出力信号の様子を図 48 に示す。なお、センサ出力のテストを行う際は、センサ基板ごと左右に 5cm 揺すって測定した。この基板は、以下「v1.1」として記す。

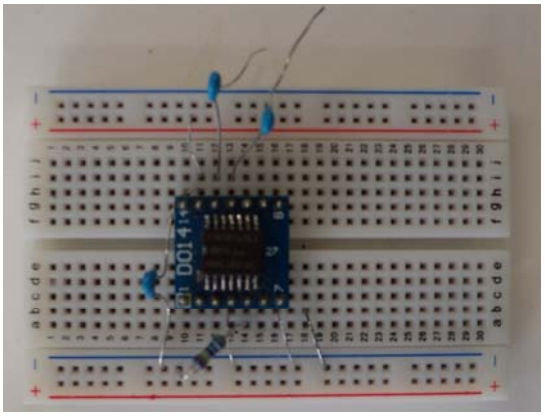

図 47　v1.1 基板

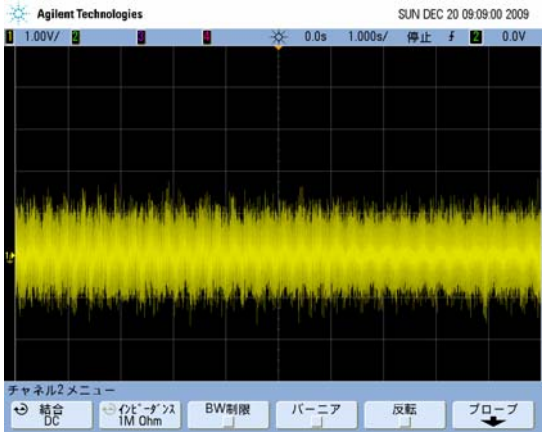

図 48　v1.1 基板からの出力信号

このv1.1基板から得られた信号から分かることは、

- センサ出力は 0V を中心に正負の両方の領域にわたってふれている
- 振れは正も負もそれぞれ0.5Vずつしか振れていない
- ノイズが多い

といったことである。

そこで、これらの問題を解決すべく、v1.1回路にアンプと呼ばれる増幅器回路を追加し、以下の条件を達成できるようにした。

- 信号の振幅中心を0Vから2.5Vにする
- 振れを4倍にし、マイコンでも読み取ることができるようにする

v1.1 基板に変更を加えた回路の様子を図49に、得られた信号の様子を図50に示す。また、この基板は以下「v1.2」として記す。

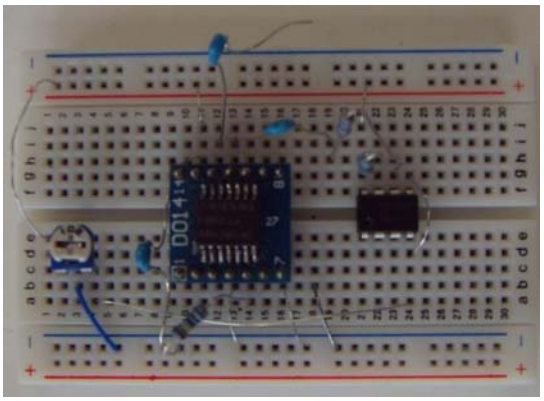

図 49　v1.2 基板

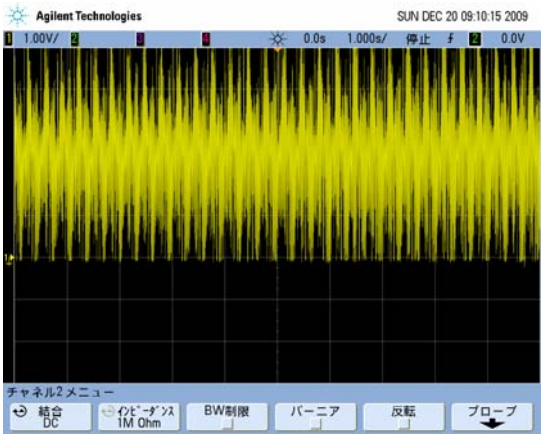

図 50　v1.2 基板からの出力信号

このv1.2基板から得られた信号から分かることは、

- センサ出力が2.5V中心になっている
- 信号の振れがv1.1基板と比べて大きくなっている
- ノイズが多い

ということである。

このv1.2基板において、v1.1基板におけるノイズに関すること以外の問題は解消された。

そこで、最後に信号に混入するノイズを消すための回路を組み込んで新たに回路を設計した。ノイズを消すためには様々な方法が考えられるが、ここでは最も単純な方

法である「ローパスフィルタ」回路を用いた。

これはその名の通り、低い周波数の信号は通過させ、高い周波数の信号はカットするというフィルタである。また、必要なパーツはコンデンサと抵抗だけ、という非常にシンプルな回路構成となる。

ここでは、10Hz 以下の信号は通過させ、それより上のものは通さない回路を設計した。V1.2 の回路にローパスフィルタを組み込んだ様子を図 51 に、得られた信号の様子を図 52 に示す。また、この基板は以下「v1.3」として記す。

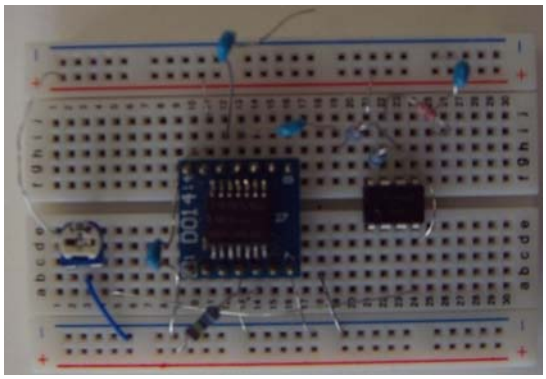

図 51　v1.3 基板

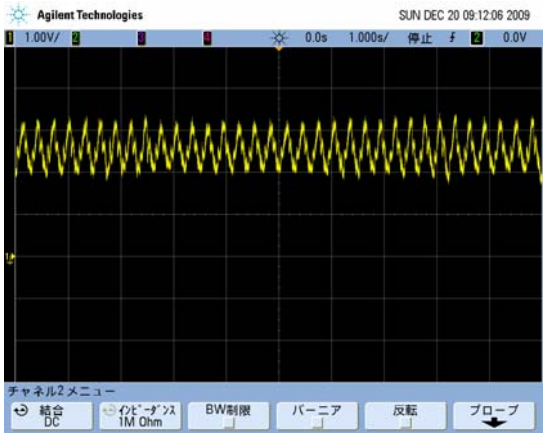

図 52　v1.3 基板からの出力信号

この v1.3 基板から得られた信号から分かることは、

- センサ出力は v1.2 基板と同様に 2.5V 中心になっている
- 信号の振れも v1.2 基板と同様に、v1.1 基板と比べて大きくなっている
- ノイズが省かれ、マイコンでも識別が簡単にできるようになっている

といったことである。

さらに、v1.3 基板を小型化し、実際に使えるように超小型のセンサモジュールを製作した。このモジュールの完成図を図 53 に示す。

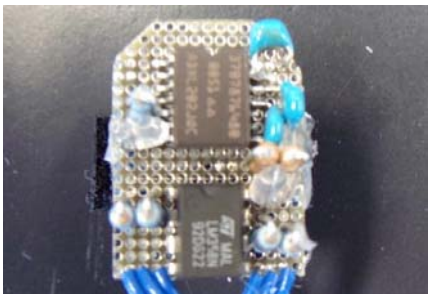

図 53　超小型加速度センサモジュール

しかし、ここで問題が発生した。その問題とは、電源供給の問題である。アンプ回路を追加したため、アンプを動作させるためには、正と負の両方の領域における電力供給が必要となるのである。さらに、マイコン回路も同時に動作させなければならない。よって、研究 1 ～ 3 までのような電力供給では必要な電圧が確保できないのである。

そこで、ここでは大容量のリチウムイオンバッテリーと、研究 1 で用いた DC/DC コンバータを中心に昇圧モジュール(図 54)を作製し、つなぎ合わせることで 5V 出力モジュールとした。さらに、これらを 2 セット製作し、直列につないで 10V 出力電源とした。その上、その電源に半固定抵抗と呼ばれる抵抗器を用いて、電圧を正負の両

方に割り振る回路を製作した(図 55)。

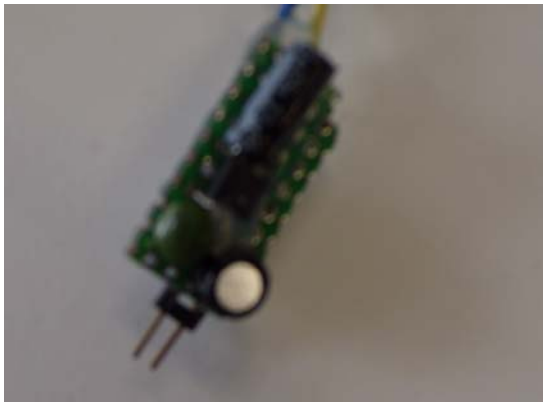

図 54　昇圧モジュール

図 55　割り振り回路

研究３までで完成していたコントローラーに搭載していた割り込みスイッチは、割り込み機能が必要ないために省略した。しかし、動作させるためにはボタンを押しながら行うのがよいだろうと考えた。そこで、ごく一般的な押しボタンスイッチとして取り付けた。

ここまでのセンサモジュールと、電源回路、さらに今回の研究で用いている H8 マイコンボードを組み合わせることで、新しいハードウェアを完成させた(図 56)。

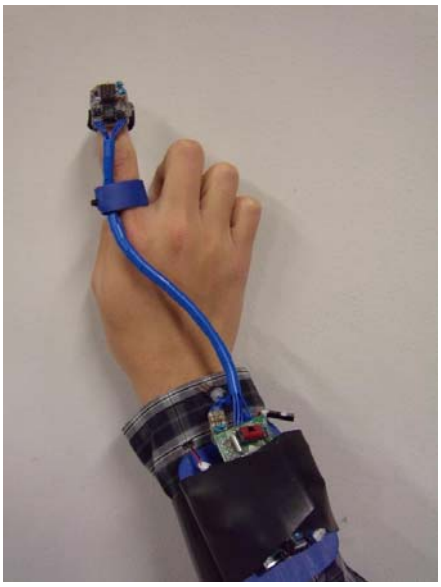

図 56　シンプルになったコントローラー

一方、ソフトウェア(ファームウェア)も大きく変更した。これまでのハードウェアの変更で、ソフトウェアに影響が及ぶものは以下の２つである。

・　センサの入力方法がアナログになった
・　スイッチが割り込み機能を用いず、デジタル入力となったこと

これらの問題に加え、ここではプログラムの考え方を新しくすることで性能の向上にも取り組んだ。

まず、ここでは認識する図形の種類を三角形・四角形・円の３種類に限定してプログラムを開発した。

円を除く三角形・四角形の２種類の図形に共通する特徴は何かと探したところ、それぞれの図形には異なる数の頂点が存在しているという当然の事実に気づいた。三角形では３つ、四角形では４つである。

図形を認識するためには、この「頂点」

をマイコンで認識できれば、ハードウェアのみでの図形認識のプロトタイプができるのではないかと考えた。

そこで、どのようにして加速度センサを用いて図形の頂点を認識すればよいかを考えるために簡単な実験を行った。鉄球と木槌、それに鉄球を止めるための真鍮のブロックを用意した。実験の様子を図 57 に示す。

図 57　実験の様子

この実験は、四角形を例にして行った。図 58 のように、四角形を描くときは、まず図 58 の①のように縦線を描く。次に、図 58 の②のように横線を描くとき、縦方向の動きから横方向の動きへ速度の向きを移さなければならない。このとき、速度の変動がどのようになるのかをこの実験で調べた。

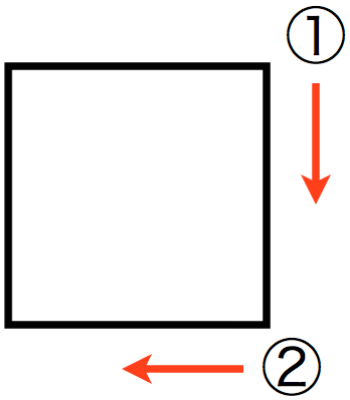

図 58　四角形の場合

実験の結果、図 59 のような結果が得られた。つまり、縦方向から横方向に鉄球の転がりを変化させるには、転がってきた鉄球を木槌で斜め 45°方向にたたくと、鉄球が直角に曲がることが分かった。鉄球が直角に曲がるとき、鉄球に加わるこの斜め方向の力が、いわゆる「加速度」であることが分かった。

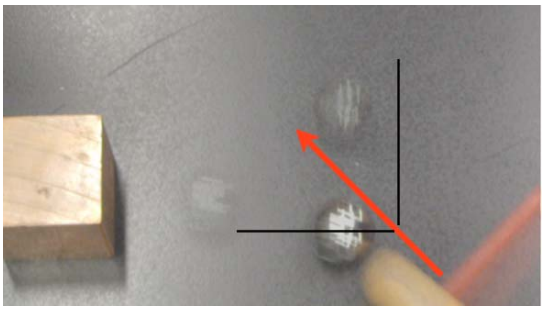

図 59　実験結果の図

そこで、図 60 のように①～⑤までの 5 つの大きな速度の変化が発生するだろう、と予測をたて、先ほどの v1.3 基板を用いて四角形を空中に描いた。そのときの信号の変化はオシロスコープで観察した。また、三角形も同様な考え方をもって、4 回の大きな加速度の変化が生じるだろうと予測をたて、四角形の場合と同様に実験を行った。

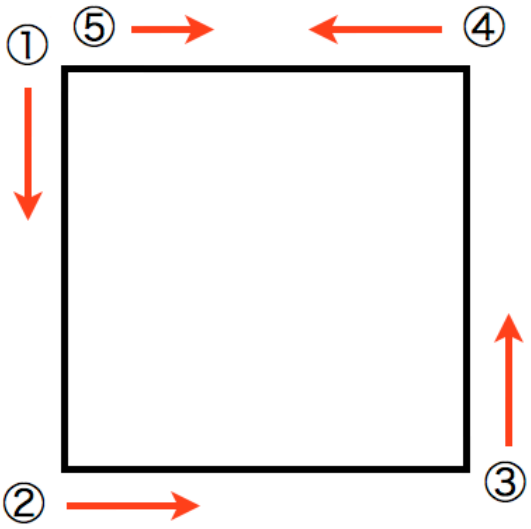

図 60　四角形を書いたとき発生する加速度

四角形のときの結果を図 61 に、三角形のときの結果を図 62 に表す。

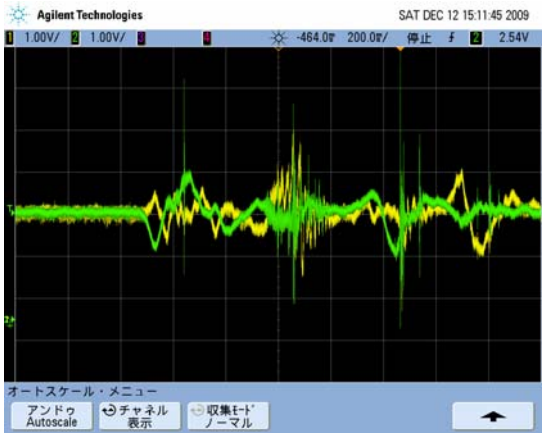

図 61　四角形を書いたときの波形

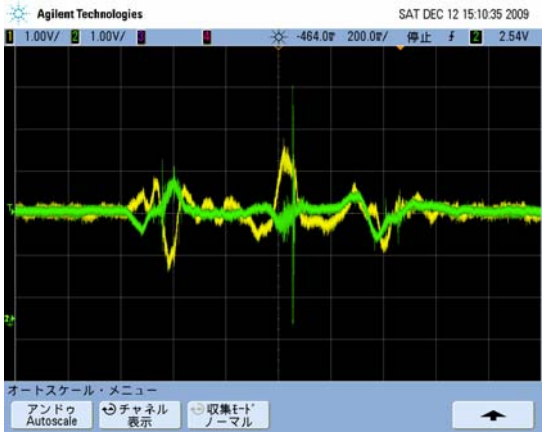

図 62　三角形を書いたときの波形

どちらの結果においても、ピーク(波形のきわめて大きいところ)の数が 1 つずつ少ないことが分かる。言い換えれば、加速度の変化がそれぞれ 1 回ずつ少ない、ということである。

また、円に関しての同様の実験も行った。これは図 63 に表す。円には角が存在しないが、正弦波(サイン波)に酷似した波形が出力されていることが分かる。また、三角形・四角形の信号よりもピークが低いことも分かる。

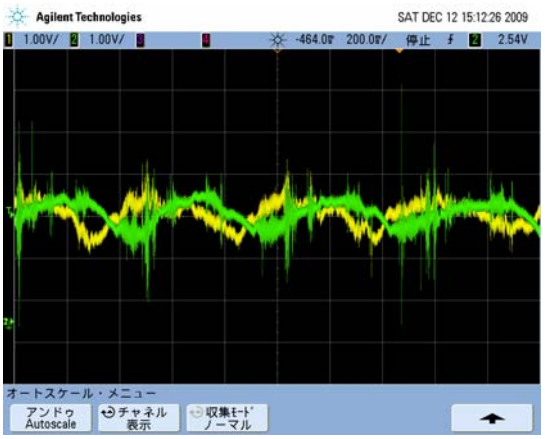

図 63　円を書いたときの波形

このようにそれぞれの図形の信号における特徴が分かった。しかし、このままではまだマイコンによる信号の読み取りができない。なぜなら、これらの信号波形にはまだ雑音が含まれているからである(図 61～63 を参照)。

そこで、「移動平均」と呼ばれる方法をプログラムに導入することにより、この雑音をなくすことを考えた。図 64 に一般的な平均と移動平均との違いを表す図を示した。

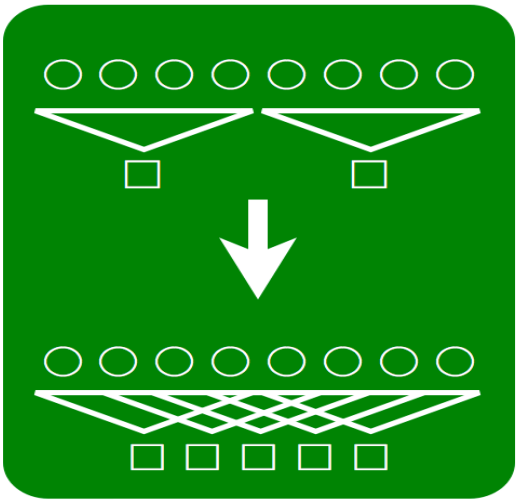

図 64　一般的な平均(上)と移動平均(下)

一般的な平均は、与えられた数値を一定の個数で平均するものである。例えば、1

～４までの数値があれば、数値の数は全部で４つなので、１～４までの数値の合計を４で割る計算となる。

一方、移動平均は、今回の研究のような次々とデータが得られる場合に有効な手法である。例えば、平均を取る数値の個数を４個としたとする。１～８までの数値があるとき、初めに１～４までの数値の合計を４で割り、平均値をとる。次に、２～５までの数値の合計を４で割り、平均値をとる。さらにまた、上記の計算を繰り返す。

つまり、次から次へとやってくる数値を一定の個数で平均していくのが、移動平均である。

結果的に、得られたデータのグラフがどうなったかは、次節の図 67, 68 に示す。

また、今回製作したプログラムのフローチャートは図 65 に示す。

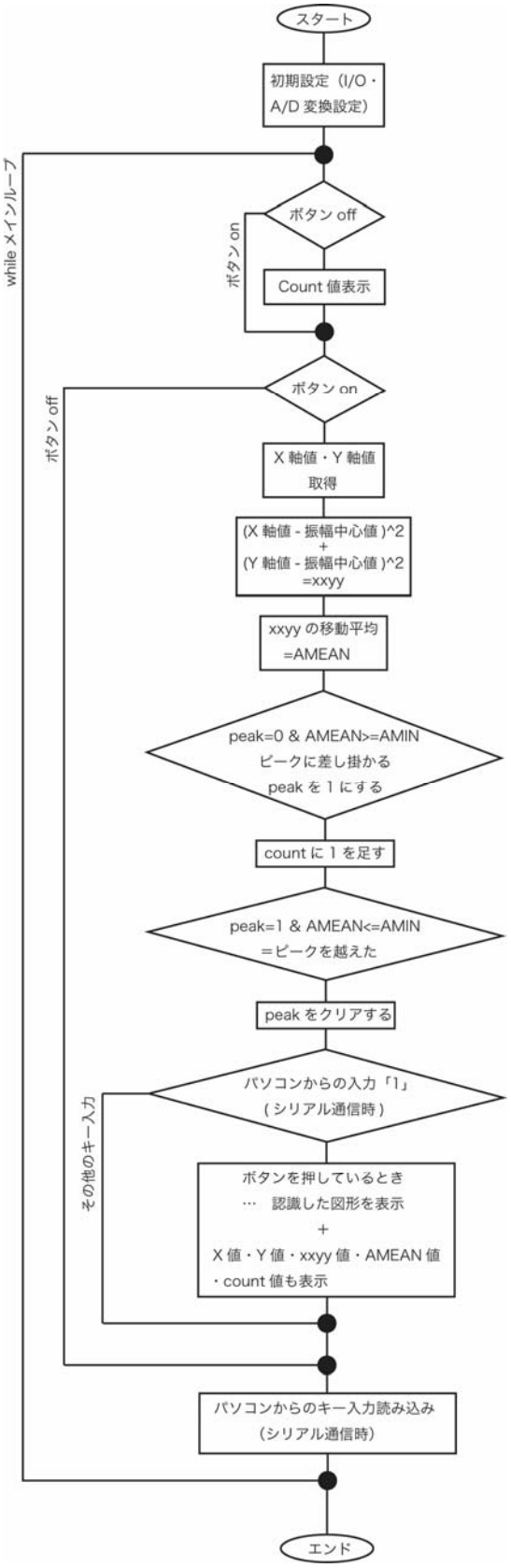

図 65　プログラム・アーキテクチャ

また、ここでの実際の動作確認は、パソコンと通信させて認識した図形の名前を表示することで行った。

(4) 研究結果

研究１

図 14 の通り、センサおよび電源部の基板の面積はほぼ H8 マイコンボードと等しくなった。また、リチウムイオン充電池においても面積がほぼ同じだったため、面積的にはかなり小さくなった。さらに、高さや重さに関してもとても小さく、特に重さに関してはバッテリー込みで約 30g であり、非常に軽量である。今回は試験的に右手の人差し指と中指に装着した(図 66)。

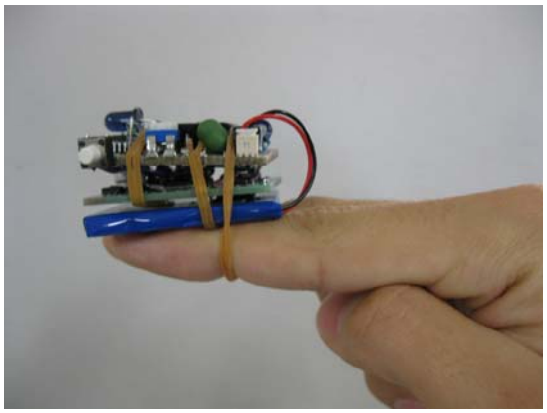

図 66　装着図

写真からも分かるとおり、目標であった小型化は達成できたといえる。

研究２

wii リモコンの加速度センサにおいては、予想以上に高精度の結果が得られた。また、コントローラーに用いているセンサにおいても、かなり細かい出力信号が得られたと考えている。

研究３

いずれにおいても動作した。

研究４

結果、研究３において製作したハードウェアに比べ、誤認識を減らすことができた。

また、図 56 のような形状にしたことで、一体感を増したのではないかと考えている。

さらに、信号波形を移動平均した結果については以下に示す。

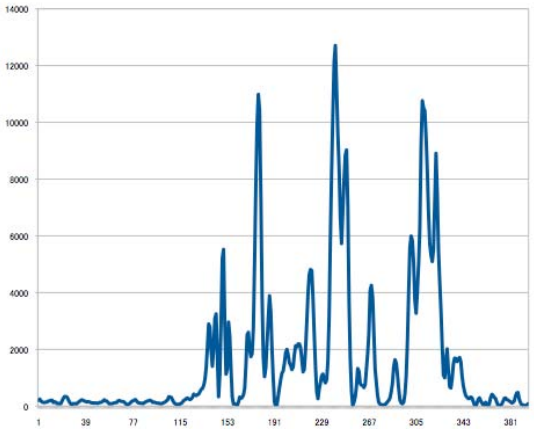

図 67　三角形を書いたときの信号波形をグラフ化したもの

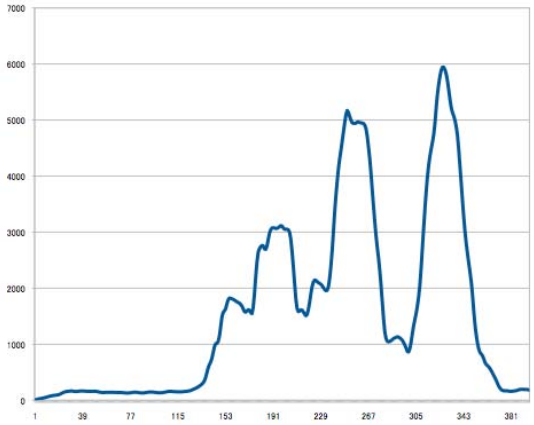

図 68　三角形を書いたときの信号波形を移動平均処理したもの

５．考察

研究１

今回製作したハードウェアにはいくつかの問題点が挙げられる。その中でも大きな問題は以下の４つである。

- 比較的大きい部品は寝かせて取り付けられているため､基板のスペースが多少無駄になっている
- DC/DC コンバータ周辺の回路が密集していることや配線が細い
- DC/DC コンバータ自身からの発熱により、基板が動作中はかなり高温になる
- H8マイコンとの配線がスペースの都合上かなり短くなっていることや部品数が多く､密集していることからデバッグ等の操作が大変行いにくい

これら４つの問題点において全てに共通するのが DC/DC コンバータである。実用性のあるデバイスにするため、今後は昇圧回路を改良するか、あるいは別の方法を考えてさらに小型に、特に薄型にしていく必要がある。そのため、チップ部品などを多用することによりこれらの問題を解消できるのではないかと考えている。

研究２

wii リモコンの加速度センサとオリジナル・ハードウェアで使用している加速度センサにおいて、それぞれ同様の動きを行ってグラフを取得した。ここで分かったことのうち最も大きかったことは、たとえ一方向にしか動かしていないつもりでも全ての座標において動きが発生しているということである。例えば、図 26, 27 のスワイプが挙げられる。右にしか動かしていないはずだが、人の腕の構造上、一方向だけに動くことはできない。さらに、wii リモコンは 1/3000G(G：加速度の単位)という微振動でさえ検出してしまうので、さらに細かく様々な動きを検出してしまう。また、オリジナル・ハードウェアで用いている加速度センサにおいてもオシロスコープで波形を測定した結果、拡大していくととても細かい数値まで取得している。

今後は、これらのノイズをいかにハードウェアで認識しないようにするかを研究していく必要がある。

研究３

ここでは、それぞれのセンサにおいてテストプログラムを製作し、ハードウェアに実装して実験を行った。このとき、次のような問題が発生した。

- プログラムどおりに動作せず､かなり予想とは違う動きをする
- ハイパーターミナル上に数値を表示するプログラムの場合､通信エラーや明らかに異なった数値が表示される

研究４

最後の研究４では、研究１～３までの流れをふまえてソフト・ハード面ともにすべて一新した。

結果的に、研究３において製作したハードウェアよりも認識精度を高めることができた。また、今後の研究のテーマである「母音認識」にもつながるヒントを得ることができた。

ただし、今回の実験である「パソコンと通信させて認識した図形の名前を表示する」では、以下のような問題点も見つかった。

- 通信エラーが起きて､表示がおかしくな

る
- 上記と同様の理由で、誤作動が起きる
- 長時間動作により、熱が発生する
- パソコン側の通信プログラムとの互換性の問題がある

これらの問題は、研究３における考察と同様、プログラムを安定化させることでクリアできるのではないかと考えている。

６．まとめと今後の課題、展望

今回の研究において、小型のウェアラブル・コントローラーを製作し、実際にシステムのデモンストレーションを行うことができた。また、これを通して、デジタル信号やパルス信号といった特殊な信号の入力を判断・制御することができた。また、図形を認識するという動作においては、時間経過とともに変わる入力値を時間とセンサ値の両面から判断できた。

今回の小型ウェアラブル･コントローラーを開発できたことで、常に身に着けておけ、日常生活でも行うような直感的な操作をするだけで様々な機械を操作することができるコントローラーを開発できたといえる。

ただ、これからこのハードウェアをコントローラーとして発展させていくには、いくつかの課題があると考える。

まずは、数々あるエラーのデバッグである。これは、ファームウェアに起因するものであり、これから随時修復することを考えている。

次に、シリアル通信の無線化が挙げられる。現段階では、テストに有線シリアル通信を用いている。しかし、「リモートコントローラー」という言葉がある以上、有線で用いたのでは意味がない。

ディジ・インターナショナル社から「XBee」(図 69)と呼ばれる無線モジュールが販売されている。

図 69　bee モジュール

これは、シリアル通信を簡単に無線化できる通信モジュールの１種である。今後、このハードウェアと組み合わせることで無線通信を行えると考えている。

また、今回の研究における実験中にある問題が見つかった。それは、マイコンの処理性能の問題である。

かなり速度が求められる処理を行ったため、体感的に少し熱を持ったり、処理が追いつかなかったりするケースが数回見られた。

そこで、今後は使用するマイコンを高速で、使いやすいものへ変更することも考えている。

今後は、現在研究中のハードウェア母音認識と組み合わせて、新しい入力装置やどんな人でも使える画期的なデバイスを開発していきたいと考えている。また、これを行うことで、今までの入力装置の常識を覆すことができるのではないかと考えている。

７．謝辞

今回の研究にあたり、様々なアドバイスをいただいた本校サイエンス研究会物理班顧問の米田隆恒先生をはじめ、本校前校長の植野洋志先生、現校長の塚本幾代先生には公開研究会においてご指導、ご助言をいただきました。

また、前顧問である末谷健志先生、サイエンス研究会統括顧問である川口慎二先生、地学班顧問である藤野智美先生には、ご指導、ご助言をしていただきました。

さらに、本校サイエンス研究会物理班の先輩方にも多大なご協力をいただきました。

お世話になった方々、本当にありがとうございました。この場をお借りして御礼申し上げます。