

聴覚障害者のための音楽情報呈示 -振動スピーカーを用いた伝達装置の作製-

白石 寛也

1. はじめに

福祉における支援分野の1つに、障害者に情報を伝えるために触覚を視覚や聴覚の代行として用いる感覚代行技術がある。これに対して、触覚を感覚代行として利用するのではなく、音楽の音を振動に置き換えて体感できるようなアミューズメント的な利用も考えられる[1]。聴覚障害者に対して音楽を振動によって伝達することができれば、音楽を楽しむことができる。また、聴覚障害者に限らず振動で音楽を提示できれば、迫力や臨場感などが強調できる。

これまで体表点字というシステムを応用し、9個の振動子による楽曲提示方法の開発[2]や2個の振動子で楽曲を提示する装置の開発[3]をしてきた。前者については、振動モータによる振動だけで音階などの認識を行っている。振動に周波数情報を付け加えると認識が良くなると考えた。後者についても音楽に精通した人に試していただいたところ、音の高低は分かる一方で、細かな音階は解りにくいという結果になった。そこで本研究では、多くの情報を伝えられるようにするため振動子を9個用いて各振動子で周波数を変えられる装置を作製する。

2. 振動スピーカー駆動装置の回路

今回の装置を作製するにあたり3種類の回路を考えた。

- (1) PICを9個用いて、PWM制御で各振動スピーカーを駆動させる回路。
- (2) PICとDACを用いて振動スピーカーを駆動させる回路。DACとしては、8bit 12chと10bit 8chの2種類を検討する。
- (3) PICとDACを回路で構成しアナログSWを用いて、サイクリックに出力を切り替え

て振動スピーカーを駆動する回路。

これらの回路を考えたが、(3)の回路はDACを回路で構成するだけなので作製は行わない。今後は、PWM制御を用いる回路とDACを用いる回路のうちどちらがより最適かを比較していく。

3. PWM制御を用いる回路

3-1. 実験方法

まず2章で述べた(1)の回路を作製した。この回路では9個の振動スピーカーを任意の周波数で駆動できるように9個のPICでPWM制御を行うが、ひとまず1個分の制御回路について検討した。

また、以前の卒業研究で用いた6点点字キーボード型入力装置[4]を製品化したものを用いて適当な周波数に適応できるかを調査し、スピーカー駆動部のプログラムの作製を行った。

このプログラムは、振動スピーカーに対して外部からのキー入力S1～S8に10Hz刻みで8つの正弦波を割り振り、押し下げた時にそのキーに対応した正弦波を出力する。出力する周波数は40Hz～110Hzで設定する。図1に装置の構成図を示す。

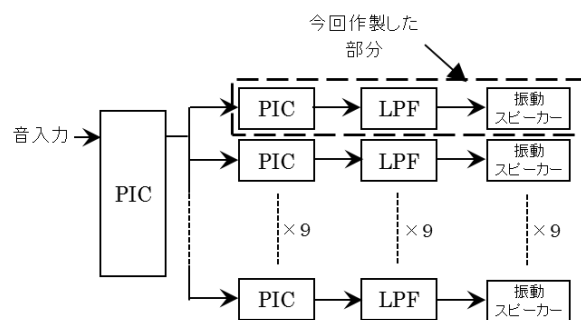


図1: PWM制御の回路

この装置は、PIC により PWM 信号を出力し RC ローパスフィルタに通すことで正弦波に変換させる 9 個の部分と、それらを制御する 1 つ PIC からなる。周波数発生プログラムは C 言語で作製した。6 点点字キーボード型入力装置で使っていた DTMF 発生プログラムを 40Hz～110Hz の出力音ができるように書き換える形で作製した。本装置では PIC は PIC16F873A を用いている。作製したプログラムは、あらかじめ配列に PWM の周期に対応した各波形のテーブルを格納しておき、キーを入力したときにそれに対応した周波数を設定し、出力する。

3-2. 実験結果

作製したプログラムを実行させた結果、各キーを押したときに対応した周波数が出力された。その出力音を PC 用スピーカーと振動スピーカーおよびデジタルオシロスコープで確認した。S1 を押したときデジタルオシロスコープの FFT 機能を用いて波形を観測した結果を図 2 に示す。

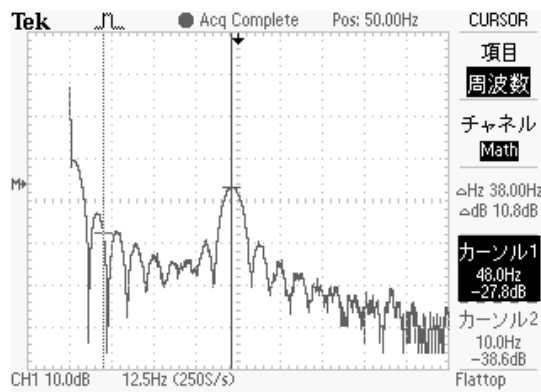


図 2：PWM 制御回路の周波数成分

40Hz の周波数成分を観測できた。残りの 7 つのキーでも同様にそのキーに対応した周波数成分が観測できた。8 つのキーがそれぞれ周波数を、ほぼ 10Hz 刻みで出力できたことを確認した。ただし、S1 を押したときの理論値は 40Hz であるが、測定値は 48Hz となった。その他の 7 つの波形でも 8Hz～15Hz ほど高い周波数が

出力された。

4. DAC を用いる回路(8bit 12ch)

4-1. 実験方法

次に 2 章で述べた(2)の回路を作製した。この回路では、PC からの外部制御および、キー入力 S1～S8 からの制御により、それぞれ 40Hz～110Hz のサイン波が DAC より出力される。PC 制御は RS232C 経由で DAC のチャンネル切り替えおよび、キー入力により 40Hz～110Hz の選択を行う。キー入力は 6 点点字キーボード型入力装置[4]の SW I/F コネクタ部の配線を用いた。図 3 に装置の構成図を示す。

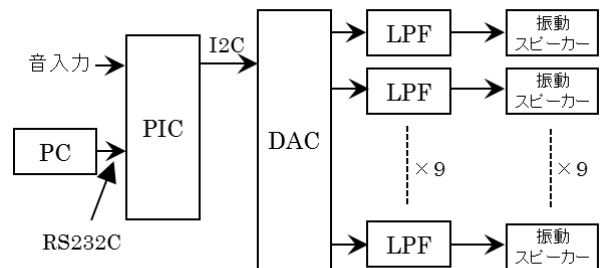


図 3：M62398FP (8bit 12ch)を用いた回路

この装置は、入力されたデジタル信号をアナログ信号に変換する DAC と、それを RC ローパスフィルタに通すことで、正弦波に変える 9 個の部分からなる。周波数発生プログラムは C 言語で作製した。本装置では DAC は M62398FP を用いている。作製したプログラムは、PC より Tera Term を立ち上げた後、RS232C 経由で M62398FP の正弦波を出力するチャンネルを選択し、スイッチから 40Hz～110Hz までを選択しキーを入力したときにそれに対応した周波数を出力する。

4-2. 実験結果

作製したプログラムを実行させた結果、各キーを押したときに周波数が出力された。その出力音を PC 用スピーカーと振動スピーカーおよびデジタルオシロスコープで確認した。ch1 で S1 を押したときデジタルオシロスコープの FFT 機能を用いて波形を観測した結果を図 4 に示す。

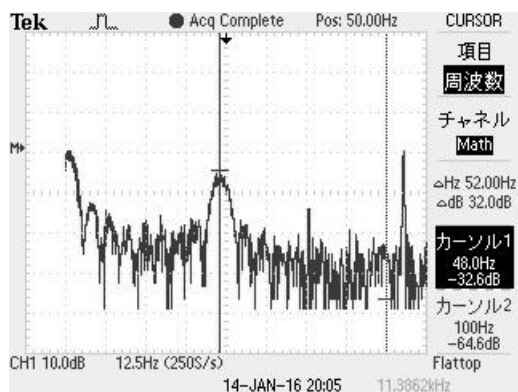


図 4： M62398FP (8bit 12ch)の周波数成分

40Hz の周波数成分を観測できた。残りの 7 つのキーでも同様にそのキーに対応した周波数成分が観測できた。また、ch1 から ch9 まで各 8 つのキーがそれぞれ周波数を、ほぼ 10Hz 刻みで出力できたことを確認した。ただし、この回路でも S1 を押したときの理論値は 40Hz であるが、測定値は 48Hz となった。その他全ての波形でも 8Hz～15Hz ほど高い周波数が出力された。

5. DAC を用いる回路(10bit 8ch)

5-1. 実験方法

最後に、2 章で述べた(2)の回路を別の DAC で作製した。この回路では、8bit 12ch の回路と同様に、PC からの外部制御および、キー入力 S1～S8 からの制御により、それぞれ 40Hz～110Hz のサイン波が DAC より出力される。PC 制御も、同様に RS232C 経由で DAC のチャンネルの切り替えを行う。図 5 に装置の構成図を示す。

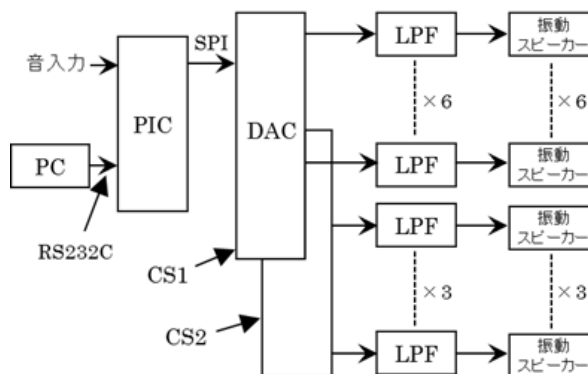


図 5： LTC1660CN (10bit 8ch)を用いた回路

本装置で用いている DAC は LTC1660CN であり 8ch なので、2 個用いる。PIC 側からは SPI で制御し、2 個の DAC の割り振りは、振動スピーカーの接続コネクタが 3 個で 1 組となっているため、CS1 で ch1～ch6、CS2 で ch7～ch9 とした。作製したプログラムは PC より RS232C 経由で LTC1660CN のチップの選択とチャンネルの選択を行い、スイッチから 40Hz～110Hz までを選択し、DAC の出力電圧はゆっくり低下するのでコンデンサを入れて蓄電し、放電しない前に定期的に再蓄電し出力電圧を保持しながら正弦波を出力する。

5-2. 実験結果

作製したプログラムを実行させた結果、各キーを押したときに周波数が出力された。その出力音を PC 用スピーカーと振動スピーカーおよびデジタルオシロスコープで確認した。ch1 で S1 を押したときデジタルオシロスコープの FFT 機能を用いて波形を観測した結果を図 6 に示す。

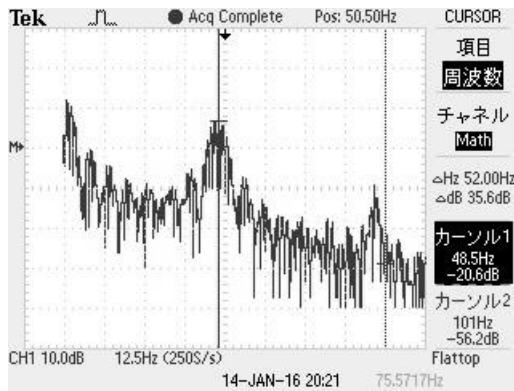


図 6： LTC1660CN (10bit 8ch)の周波数成分

40Hz の周波数成分を観測できた。残りの 7 つのキーでも同様にそのキーに対応した周波数成分が観測できた。また、ch1 から ch9 まで各 8 つのキーがそれぞれ周波数を、ほぼ 10Hz 刻みで出力できたことを確認した。ただし、この回路でも S1 を押したときの理論値は 40Hz であるが、測定値は 48.5Hz となった。その他全ての波形でも 8Hz～15Hz ほど高い周波数が出力された。

6. まとめ

現在までに、PWM 制御の回路、DAC(8bit 12ch)を用いた回路、DAC(10bit 8ch)を用いた回路の作製、および各回路で用いる周波数発生プログラムの作製を実施した。課題としては、どの回路においても正弦波を出力する上で理論値と測定値に差が出てしまったので、この理由を明らかにし、修正を行う。

6-1. 回路の比較

ここまでで、3 種類の回路を作製したが、その結果、M62398FP (8bit 12ch)の回路が最適であると考えた。LTC1660CN (10bit 8ch)の回路は DAC を 2 個使用しているので、切り替えの必要がある。しかし、M62398FP (8bit 12ch)の回路は I2C を使用しており SPI より通信速度に制限があるが、制御のしやすさ、また DAC は 1 個ですむので切り替え制御が不要であることから、M62398FP (8bit 12ch)の回路が最適で

あると考えられる。

7. 今後の展望

今後は、M62398FP(8bit 12ch)を用いた回路で多数の振動スピーカ駆動装置の作製をする(図 7)。装置には PC と RS232C 通信をするための 3.5Φ ジャックと振動スピーカにつながる 3.5Φ ジャック 9 個が含まれる。また、キー入力ではなくすべて PC からの RS232C の制御で行う装置とし、PC 側から制御するためのプログラム(ライブラリ)も検討する。

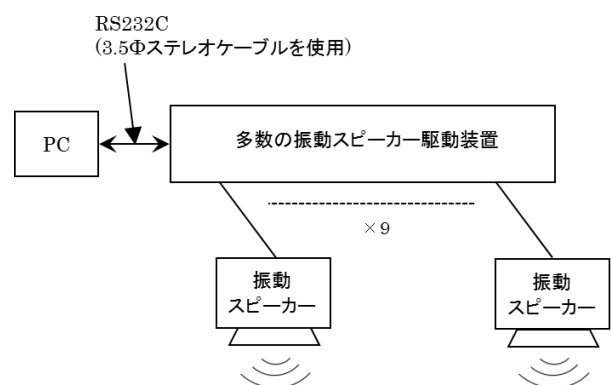


図 7：作成する装置

参考文献

- [1] 坂尻正次, 三好茂樹, 中邑賢龍, 福島智, 伊福部達: “触覚フィードバックを用いた音声ピッチ制御方式による盲ろう者の歌唱訓練”, ライフサポート Vol.22 No.4, pp.138-145, 2010.
- [2] 大墳聡, 佐々木信之, 四戸彩子, 長谷川貞夫, 原川哲美: “体表点字を用いた振動による楽譜呈示”, 第 35 回感覚代行シンポジウム講演集, pp.47-50, 2009.
- [3] 佐々木信之, 大墳聡, 福永克己, 長谷川貞夫, 原川哲美: “2 点振動子を用いた振動による楽曲呈示”, 第 38 回感覚代行シンポジウム, pp.51-54, 2012.
- [4] 栃原直哉: “Skype を用いた体表点字によるヘレンケラーホンシステムの改良”, 平成 23 年度 卒業研究報告書, pp.20-21, 2011.