

35. 脳性麻痺などの障害者が演奏を楽しむ 加速度スイッチを用いた電子楽器サイミスの開発

○赤澤堅造（社会福祉法人希望の家先端応用音楽研究所）、
奥野竜平（摂南大学理工学部）、
一ノ瀬智子（武庫川女子大学音楽学部）

1. 背景と目的

音楽には生理的、心理的、社会的な効果があり、音楽を聴いたり、演奏したりすることによって心身の健康の回復、向上を図ることが出来る。幸福感や生活の質を高め、症状を軽減してくれるからである。最近、楽器を利用した治療が脳卒中患者の運動機能リハビリテーションに顕著な効果があることが報告されている（J Neuro 2007）。

我々はプログラム化した楽譜を内蔵させた全く新しい電子楽器サイミスを開発し、種々のユーザインタフェースを試作して2008年より障害者支援施設などで実験を実施してきた。サイミスCymisは楽譜を内蔵したコンピュータ楽器という意味の英語Cyber Musical Instrument with Scoreの頭文字をとったものである。障害のある人が、それも演奏経験のない人が、容易に演奏でき、上達し、楽しむことができるものである。障害のある方にとって、演奏が可能になることは、それ自体大きな意味のあることである。フィールド実験により脳性麻痺等による障害者が演奏を楽しむ、日中活動の充実および生活の質QOLの向上に効果があることを示してきた。

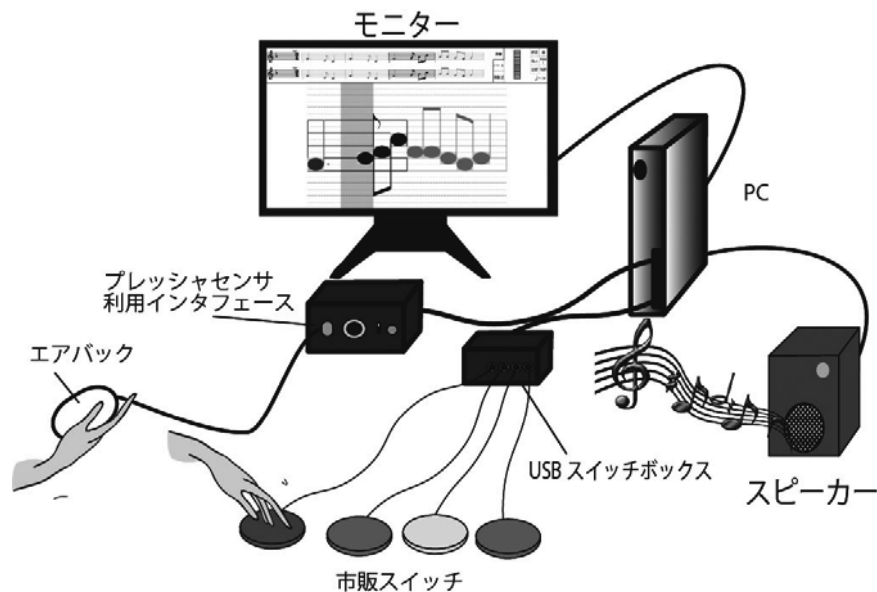


図1 サイミスの構成

障害の程度に合わせて種々の入力スイッチが開発、市販されている。『接点式』、『帯電式』、

『呼気式（吸気式）』、『筋電式』、『圧電式』、『光電式』などである。サイミスは市販されている福祉用のスイッチが使用できるよう設計されている。しかし現在市販されているスイッチではサイミスを演奏することが困難な方もいた。重度の運動機能障害を持つ方である。マイクロマシン技術により3軸加速度センサがコンパクトになり、そして安価であり、容易に入手が出来るようになった。そこで、加速度センサを利用することを考えた。つまり手足の僅かな動き（加速度）を検知し、オンオフ信号を発生させるスイッチ（インターフェイス）の試作である。本研究では加速度センサを利用した新しいスイッチを開発し、その有用性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究計画

サイミスの基本構成を図1に示す。モニタディスプレイ、ユーザインタフェース（入力デバイス）、コンピュータ（PC）、MIDI音源、スピーカから構成される。サイミスは、

1. 難しい楽曲でも簡単に演奏することができる
2. 演奏を楽しむことができる
3. 上達することが出来る

のコンセプトを満足するように開発されている。子供から高齢者まで、また障害のある人でも、「ぞうさん」から難しい「ハンガリー舞曲」まで、楽曲を容易に、かつ深みを持って演奏できる。

サイミスの基本はタッチパネルの利用であり、タッチパネルに表示される音符を順にポインティングすることにより楽曲が演奏できる。運動機能に重度の障害がある場合、タッチパネルに替わり、スイッチを利用して演奏できるようにする。1回スイッチを押すと、曲の1拍の内容が演奏される。スイッチを一定の間隔で繰り返し押すことで、一定のテンポで曲の演奏をすることが可能となり、自由に、自分のテンポで演奏ができる。本研究では、加速度センサを利用したスイッチ（ユーザインタフェース）を試作し、動作確認および実験による評価を実施することである。

2. 1 加速度センサ利用スイッチの試作

3軸加速度センサを利用し、オンオフ信号を発生する回路を試作する。手動でダイヤルを回してゲインを変え、感度を可変とする。PCとの通信のため、マイコンを利用する。USBスイッチ（図2）を試作し、安定性を含めて、回路の動作確認を行う。

2. 2 評価実験

重度の障害のある方に試作したスイッチを操作していただき、安定してサイミスの演奏が可能か、楽しく演奏できるかなどの評価実験を行う。

3. 結果

3. 1 加速度センサを利用したスイッチの構成

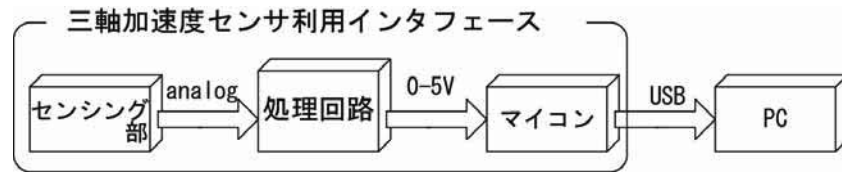


図2 3軸加速度センサ利用スイッチの構成図

試作した加速度センサ利用スイッチの構成を図2に示す。センシング部である3軸加速度センサ、センサからの信号を処理する処理回路、パソコンにUSBを利用して送信信号を送るためのマイクロコンピュータ（以下マイコン）の三つからなる。パソコンは、このスイッチからの信号をHIDキーボードデバイス信号と認識する。

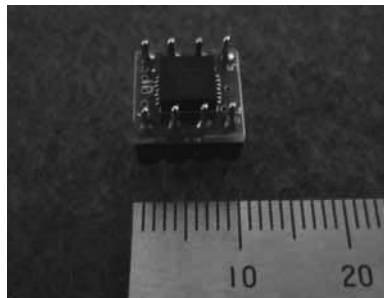


図3 3軸加速度センサ

使用した3軸加速度センサを図3に示す。Kionix ローノイズ3軸加速度センサ(KMX52-1050)である。センサの仕様は次の通りである。測定レンジは直交のx、y、zの各軸方向が±2G、感度は660mV/g（電源電圧3.3V時）、オフセットは1.65V（電源電圧3.3V時）、電源電圧は2.7～5.5V（標準3.3V）である。PCから得られるUSBを介しての電圧5Vを電源として使用した。図4に試作した加速度センサを利用したスイッチを示す。手前の約3cmの小箱に加速度センサを入れている。つまりこの小箱が僅かに動かされることにより、スイッチのオンオフ信号が発生され、PCへ送信される。またコントロールの箱の右部にLEDを取り付けている。LEDはスイッチのオン時に点灯し、使用者はスイッチのオンオフを明確に視覚情報として認識することができる。



図4 試作した加速度センサ利用スイッチ

3.2 回路設計

設計試作した処理回路を簡単に説明する。

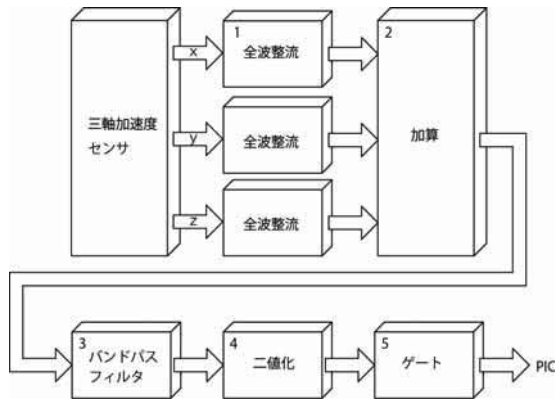


図5 処理回路

処理回路の概要を図5に示す。特徴を簡単に説明する。ここで検出したいのは動きではなく、加速度の大きさ（動きの速度変化の大きさ）であるので全波整流を用いた。動きは3軸のx、y、z方向のいずれでも良いと考え、信号を加算した。ヒトが小箱を手で動かす場合を想定した。ヒトにとって違和感がなくオンオフが感じられるように信号を処理することにした。手の動きの加速度（速度変化）とスイッチのオンオフの関係に注意した。回路設計と実験を繰り返して、信号処理（バンドパスフィルタ）のパラメータを決定した。振幅の小さい速い動きに、そして大きな振幅のゆっくりした動きに良く反応するようにした。図6はゲイン特性である。図4のコントロールボックスの感度調整のつまみを回し、感度を良くした場合、速い動きに反応するようにしている。感度を下げた場合は大きな動きを想定し、周波数が低いところにピークを持ってきている。チャタリング防止のために0.2秒以内はスイッチのオンオフを繰り返さないようにした。

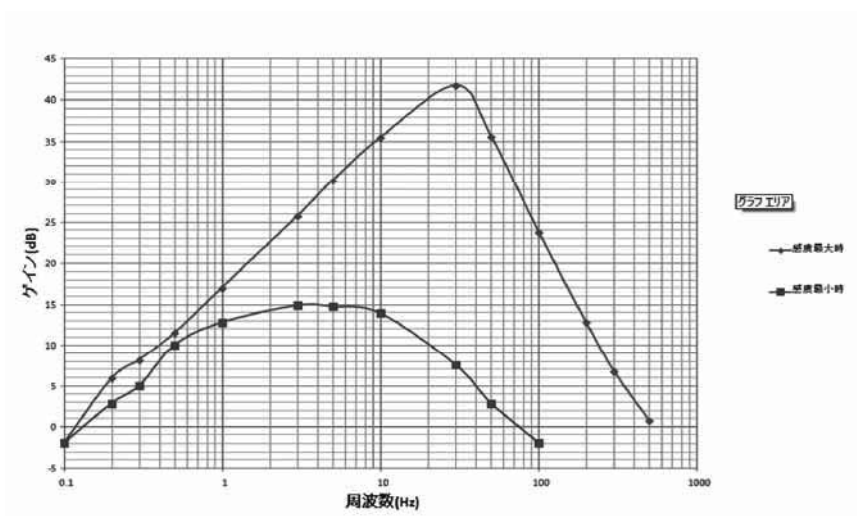


図6 バンドパスフィルタ回路のゲイン特性

3. 3 動作確認実験

試作したスイッチ（加速度センサ利用スイッチ）を用いてサイミスの演奏を行い、動作確認をした。所望の結果を得た。図7にその様子を示す。特別支援学校、障害者支援施設、療育園などでの音楽活動において使用していただいている。予想しなかった形での使用例があった。それは、ほとんどがベッド上で生活されている方が、自分のベッド（マット）を手で軽く叩いて、サイミスを演奏したことである。この場合、センサ部は足の先のベッドの端に設置している。また健常な高齢者がセンサ部をボンゴにテープで貼り付け、ボンゴを叩いて曲を演奏され、楽しんでおられた。



図7 サイミス演奏時の様子

4. 考察と今後の課題

試作したスイッチは、わずかの動きで反応し、それによりサイミスが演奏できるので、重度の運動障害の子どもさんには喜んでいただいている。将来的には、加速度センサ部をワイヤレスにすることが望ましい。この場合、安価でコンパクトなセンサ部の設計が必要である。動きを検出する方式として、他にk i n e c tなどの画像を利用したサイミスの演奏システムを開発しているが、広い場所を必要とする。加速度センサ利用のスイッチは狭いところでも使用できるという利点がある。

「経費使途明細」

電子回路部品 [抵抗、コンデンサ、基板]	78,049円
計測処理デバイス [センサ、電源]	79,877円
謝金 [楽曲データ作成、電子回路組み立て]	53,360円
交通費 [西宮、寝屋川、宝塚、大阪間]	67,090円
ソフトウェア・楽曲データ	22,001円
合計	300,377円