

多点認識可能なタッチパネルを用いた電子楽器 Cymis の試作*

赤澤 堅造・藤井 博之**・齋藤 紗依里**・奥野 竜平**

工学部 生体医工学科

(2007年9月28日受理)

Basic Study of Cyber Musical Instrument Cymis with Multi-Point Detectable by Matrix-Type Touch Panel

by

Kenzo AKAZAWA, Hiroyuki FUJII**, Saeri SAITO**, Ryuhei OKUNO**

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering

(Manuscript received September 28, 2007)

Abstract

We have been developing a barrier-free electronic musical instrument named Cymis (Cyber Musical Instrument with Score), composed of a touch panel, LCD monitor, personal computer (Windows), MIDI sound generator and speaker. The touch panel was, as a human interface, of significance for performance of the instrument. This paper described a new type of Cymis with matrix-type touch panel capable of simultaneously detecting multiple point contact. A peripheral system of the panel, such as an electronic circuit and control program, was developed and implemented. Main and rhythm (drum) parts of a score were displayed on a monitor screen. A subject pointed at one or more points on the touch panel with his/her fingers to play the instrument. Eleven subjects played fifty six measures of the song "EDELWEIS" and gave their evaluation of this instrument. Nine subjects indicated "joy of playing the instrument".

キーワード; コンピュータ音楽, 電子楽器, バリアフリー, タッチパネル, 多点認識

Keyword; Computer Music, Electronic Musical Instrument, Barrier-Free, Touch Panel, Multiple Point Detection

* 第26回バイオメカニズム学術講演会で一部発表 (2005年10月23日, 国際医療福祉大学)

** 大阪大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

現在、中高年者で新たに楽器の演奏を始めたいという希望をもつ人が増えている。ヒトは楽譜を目で見、脳で理解し、その結果をもとに手足や口を用いて楽器に対して操作をし、発音させる。しかし、この楽器演奏の技術を習得することは長期間にわたる練習を要し、初心者の中高年が手軽に演奏を楽しむには至っていない。演奏初心者を対象とした電子楽器やアシスト機能を持った光るピアノのような電子楽器が発売され、また国際的にも新しい楽器用インターフェースの開発研究が盛んになされている^{1)~6)}。楽器演奏初心者でも容易に演奏ができ、そして上達によって演奏の真の楽しみが得られるような新しい楽器が開発され、中高年、高齢者がそれを気軽に利用することが出来れば、ウェルネス、QOL向上の点で意義がある⁷⁾⁸⁾。

“初心者でも演奏が可能”，“上達することが可能”，“演奏を楽しむことが可能”という3つのコンセプトを満足するために、楽譜情報をモニター画面に表示し、演奏者にタッチパネルをポインティングさせ、そのときの位置・力を検出して演奏を行う電子楽器Cymis (Cyber Musical Instrument with Score)を開発してきた⁹⁾¹⁰⁾。これまで、1点のポインティングのみ可能なタッチパネルを採用してきた。指1本でタッチパネルをポインティングして演奏することは、初心者にも容易に演奏ができる一方、物足りなさを感じるといった意見があった。この電子楽器を簡単のため、以下、1点認識Cymisと呼ぶ。

本研究では、同時に多点認識が可能なマトリクス型のタッチパネルを用いた電子楽器を提案する。まず、多点認識用タッチパネルを試作し、MIDIを用いた実時間演奏のためのソフトウェアを作成する。実際に11名のヒトに楽曲を演奏してもらい、主観的評価としてのアンケートを行う。これにより有用性を検討する。以下、この電子楽器を多点認識Cymisと呼ぶ。

2. 多点認識可能なタッチパネルの試作

2.1 電子楽器Cymisの基本構成

図1にCymisの構成を示す。Cymisはタッチパネル、PC、MIDI音源、およびスピーカから構成される。タッチパネルの画面上には楽譜情報が表示されており、演奏者はタッチパネルをポインティングすることにより演奏を行う。タッチパネル上でのポインティングされた位置情報を検出し、それをPCに転送する。楽譜情報と検出位置を比較、判断して発音命令(MIDI命令)を作成する。これがMIDI音源に送られ、スピーカから発音される。

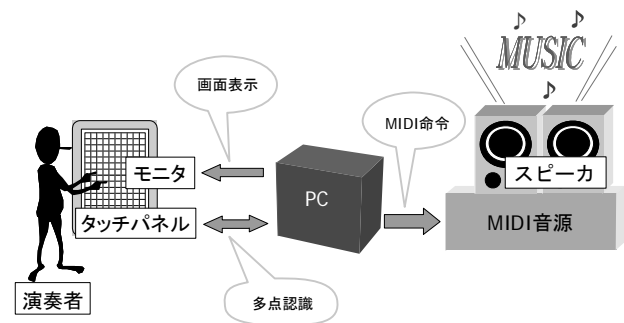


図1 Cymisの構成

Fig.1 System design of Cymis

2.2 タッチパネルの構成

試作した多点認識可能なタッチパネルの回路構成を図2に示す。PC、デジタルI/O、I/O周辺回路、タッチパネルからなる。タッチパネルを12インチの液晶モニターに重ねて固定した。

使用したタッチパネル(ディ・エム・シー社)の概略を図3に示す。40列の透明な導電性のパターンを塗布したガラス板と、30行のパターンを塗布した薄い樹脂を、わずかな隙間を空けて重ねたものである。つまり30行の横線と40列の縦線がある。このマトリクスタッチパネル上のある点に押圧を加えると、その点の近傍で、縦線と横線が接触する。この

点(以下、接触点と呼ぶ)を検出することによりタッチした点が認識できる。使用したタッチパネルの仕様は、入力可能範囲：244 x 183mm，認識点数：40 x 30点，動作荷重：0.5～0.3N，分解能：6.1mmである。

2.3 タッチパネル上の接触点の検出

接触点を検出する方法は単純である。図2において、30行の最初の行の線に電圧を加える。次に、その行のどの列が接触しているかを調べる。つまり40列の1番目から40番目まで順に電圧を測定し、接触しているか否かを判断する。これを、30行のすべてについて順に実行すれば、全面スキャンになる。

ハードウェアについて簡単に説明する。直流電圧Vcc(5V)が1個のスイッチを介してマトリックスタッチパネルの1つの行の端子に加えられる。デジタルI/O出力端子はNORゲートを介してスイッチの制御端子に結線されている。この結線が30行のすべてに施されている。つまり、PCはデジタルI/Oの出力を直接制御し、30行の各行に加わる電圧のオン・オフのタイミングを制御している。

マトリックスタッチパネルの各列の線は、オペアンプ、NANDゲートを通してデジタルI/Oの入力側に接続されている。つまり各列の電圧(0Vか5V)が測定され、PCに取り込まれる。

認識の手順は次の通りである。

- ①PCからデジタルI/Oを介して、1行目の線にのみ5Vの電圧を加える。
- ②1列目の電圧を測定し、接触の有無を判断する。
- ③2, 3, …, 40列目と繰り返す。
- ④2行目の線にのみ5Vの電圧を加え②, ③を繰り返す。
- ⑤操作の④を3, 4, …, 30行目まで繰り返す。

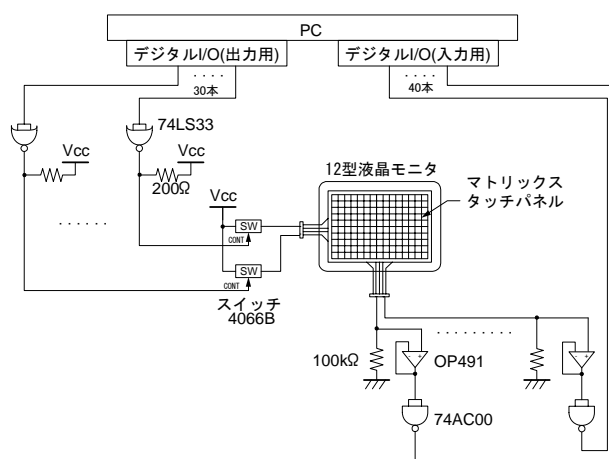


図2 タッチパネル・モニタシステムの回路構成
Fig.2 Peripheral circuit for touch panel

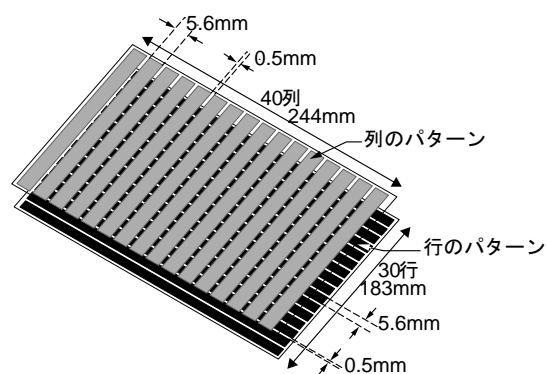


図3 マトリックスタッチパネル
Fig.3 Matrix-type touch panel

2.4 処理時間

使用したシステム構成はPC (Windows 2000 ; Intel Pentium4 2.4GHz ; RAM 1GB), デジタルI/O (Interface, PCI-2702C), 12インチモニタである。この条件で処理に要した時間を計測した。500回の試行である。タッチパネルのみの処理時間は平均で1.3ms, 最大が2.0msであった。接触点検出と画面表示, 発音などCymisでの一連の処理は平均で7.8ms, 最大で9.0msであった。接触点認識から発音までの一連の処理を20msごとに行うように処理プログラムを作成しており, 十分の余裕をもって処理されているといえる。

3. 演奏システムの設計

一点認識Cymisでは、モニタ上に楽譜を五線譜で2小節表示する。画面の縦軸が音階に、横軸が表示された音符符頭の発音開始時刻を表す。演奏初心者でも、音符符頭を順にポインティングするだけで楽曲が演奏でき、音符符頭の位置から発音のタイミングが分かる。

多点認識Cymisでは両手を用いて演奏を行うことができるので、主旋律と主旋律以外のパートを同時に演奏するように設定した。画面表示の一例を図4に示す。画面右側が主旋律の楽譜情報であり、主旋律演奏部と呼ぶ。画面左側が打楽器の楽譜情報であり、打楽器演奏部と呼ぶ。発音のタイミングが重要になるので、2つのパートの楽譜情報を平行に並べて表示した。同時に発音する音符符頭が一行に並ぶことになり、発音のタイミングが制御しやすい。上下に表示する場合、上側に表示したパートを演奏する手により、下側の表示が隠れてしまうという問題があった。そこで図4のように、楽譜情報を時計回りに90度回転させ、縦向きに表示することにした。以下、画面の上下左右、縦横の表現については演奏者から見た方向について示す。

主旋律以外のパートとして、低音部や、様々な楽器が考えられる。今回は、リズムをとる打楽器とした。

演奏する次の小節が表示されていれば、演奏者は現在の小節を演奏しながら、次の演奏のための準備ができる。そこで、画面には上部と下部にそれぞれ2小節を表示させた。演奏の進行に伴い、特別な動作なしに、楽譜の小節表示が更新されるようにしている。詳細を以下に述べる。

3.1 主旋律演奏部の設計

主旋律演奏部に表示される楽譜情報の一部を図5に示す。主旋律演奏部には五線譜と演奏時の補助のために門（かん）にも線を表示した。

3.1.1 5線間隔

ポインティングする音符符頭の直径は五線間の距離と等しくなるように設計しており、また、表示可能な音階の数は五線間の距離により決定される。このため、五線間の距離の決定は重要である。指を用いてタッチパネル上のある1点に動作荷重以上の力を加えた場合、1点だけではなく、その周囲の点も接触する。ポインティングを行った時に、横方向に最大何点が認識されるか調べた。被験者は20歳代男女5人とし、右手示指で20回のポインティングを指示した。接触点数は平均2.56、標準偏差0.74であった。この結果から五線間の幅は3点分(18.3mm)とした。

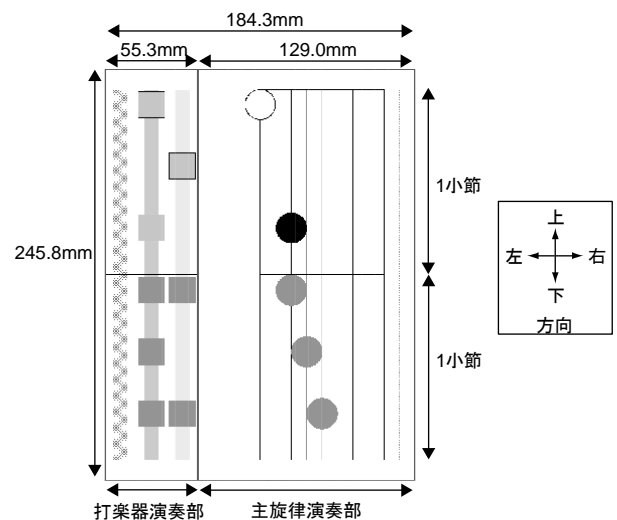


図4 多点認識Cymis 上での2パート楽譜情報表示
Fig.4 Display of two parts musical score on multi-point detectable Cymis

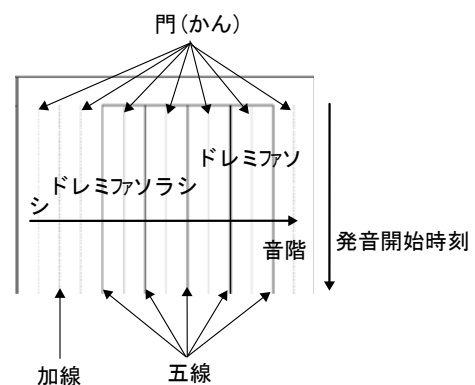


図5 主旋律演奏部の画面表示
Fig.5 Display for the main part of score

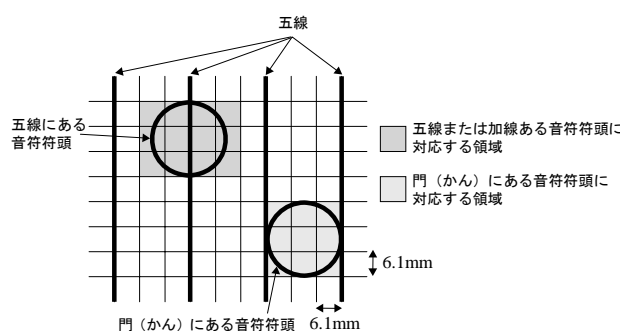


図6 音符符頭に対応する領域

Fig.6 Area for the head

3.1.2 接触点と音階の決定

五線間の幅を3点分としたため、五線または加線にある音符符頭と、門(かん)にある音符符頭では、接触点の領域の大きさが異なる。図6に五線譜の音階に対応する領域を示す。タッチパネル上の複数箇所が同時にポインティングされるので、発音する音階は以下のように決定した。

1. 表示されている音符符頭に対応する領域の少なくとも1点が接触点と判定された場合、その音符に対応する音階を発音、
2. 判定された接触点が、表示されたいずれの音符符頭に対応する領域にも含まれない場合、接触点位置が対応する五線譜上の音階を発音する。

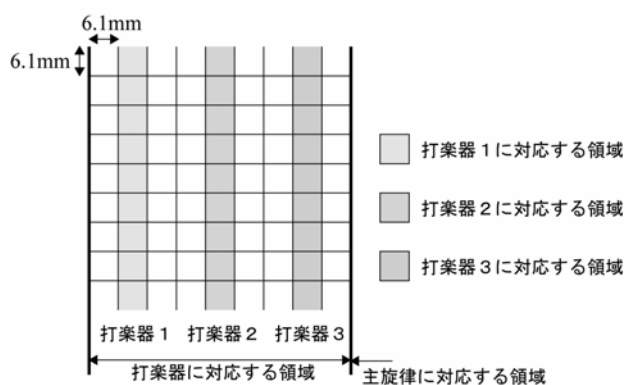


図7 3種類の打楽器それぞれに対応する領域

Fig.7 Assign of three parts of drums

3.2 打楽器演奏部の設計

打楽器演奏部には五線と平行に3本の色つきの帯を表示した。図7に画面表示の一部を示す。帯の間隔は五線間の距離と等しく、3点分(18.3mm)とした。発音開始時刻の位置には、正方形を表示する(図2参照)。3本の帯がそれぞれ1つの打楽器に対応する。対応する領域のいずれか1点が押されていれば発音する。音符符頭以外の場所がポインティングされた場合は、対応する打楽器が発音される。演奏時に隣りあう打楽器まで同時に発音してしまうことを防ぐため、対応する領域を中央の1行だけとした。

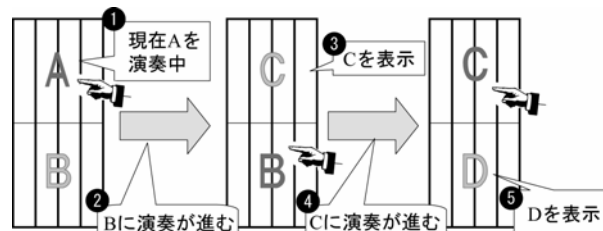


図8 楽譜表示の更新

Fig.8 Change of measure representation

3.3 楽譜表示の更新

演奏の進行に応じて楽譜表示の更新をする。主旋律演奏部と打楽器演奏部の楽譜は、同時に進み、表示は2小節のみである。更新の仕方を例でもって説明する。

小節は、小節A→小節B→小節C→小節Dの順序とする。この場合、更新は図8の通りである。

- (a)小節Aが演奏中である。小節Bはその下に表示されている
- (b)演奏が進み、小節Bに演奏が進む
- (c)小節Aを消去し、次の小節Cを表示する
- (d)小節Bから小節Cに演奏が進む
- (e)小節Bを消去し、小節Dを表示する

現在演奏中である小節と次に進む小節を区別するため、演奏中の小節は黒で、次に進む小節は灰色で表示した。

4. 演奏実験

4.1 演奏方法

本研究で試作した多点認識Cymisでは、両手を用いて演奏を行うことと、主旋律だけでなく2つのパートを同時に演奏するというところに大きな特徴がある。

図9に演奏風景の一部を示す。具体的には、演奏は次のように行う。表示された小節中の音符をポインティングすると、主旋律ではその音階の音を、打楽器では各種打楽器(ドラム・シンバル・ハイハット)の音を発生させる。音符を上から順にタイミングよくポインティングする事で曲の演奏が行える。ポインティングが次の小節に入ると表示が更新させる。2小節の表示内容は、常に現在の小節と次の小節が表示されるように、演奏済みの小節を新しい表示に切り替える。

4.2 実験の目的と被験者

多点認識Cymisの評価のための演奏実験を行い、アンケート調査をした。なお、一点認識Cymis(図10参照)との比較も含めた。

被験者は20歳代男女11人であった。11人とも多点認識Cymisを用いての演奏は今回が初めてであった。11人とも利き腕は右であった。11人のうち、今までに一点認識Cymisの演奏経験のある人(経験者)が7人、今回初めて一点認識Cymisを用いて演奏する人(未経験者)が4人であった。

4.3 実験の条件

実験条件は次の通りである。

- (1)曲目は「エーデルワイス」(36小節)である。
- (2)一点認識Cymisでは主旋律のみを演奏した。
- (3)演奏方法を比較するため、奏法や音量制御などについては使用しなかった。
- (4)多点認識Cymisでは主旋律と合わせて打楽器のパートも演奏した。
- (5)演奏のテンポは演奏者の好みの任意のテンポとした。

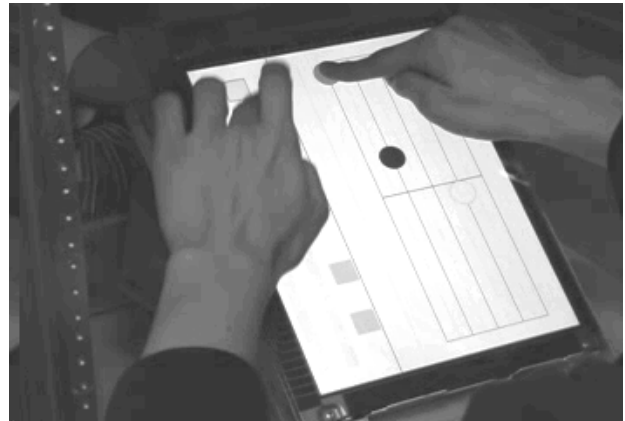


図9 多点認識Cymisの例

Fig.9 Multi-points detectable Cymis



図10 一点認識Cymisの例

Fig.10 One-point detectable Cymis

4.4 実験手順

実験手順を以下に示す。

- (1)一点認識Cymis及び多点認識Cymisの演奏方法について演奏者に説明を行った。
- (2)一点認識Cymisを用いて演奏を行った。
- (3)多点認識Cymisを用いて演奏を行った。
- (4)アンケート調査を行った。アンケートでは、Cymisを用いて演奏が楽しめたかどうかを5段階(とても楽しかった、少しは楽しめた、どちらでもなかった、あまり楽しくなかった、全く楽しくなかった)で評価してもらった。その他に5項目の質問を行った。

5. アンケート結果

〈質問項目1〉

多点認識Cymisを用いた演奏をどう感じたか：回答：

- ・とても楽しかった…6人(経験者5人, 未経験者1人, 以下 この順序で人数のみ記載)
- ・少しは楽しめた…3人(1人, 2人)
- ・どちらでもなかった…1人(1人, 0人)
- ・あまり楽しくなかった…1人(0人, 1人)
- ・全く楽しくなかった…0人

〈質問項目2〉

両手での演奏をどう感じたか。

- ・多点認識Cymisのように両手で演奏する方がよい…8人(6人, 2人)
- ・一点認識Cymisのように片手で演奏する方がよい…3人(1人, 2人)

〈質問項目3〉

「多点認識Cymisのように両手で演奏する方がよい」と回答した理由：

- ・両手で演奏するほうが演奏気分が高まるから、
- ・片手で1点を押すだけなら演奏が単調になるが、両手だと単調にならなくなるから
- ・一点認識Cymisでは物足りなさを感じたが、多点認識Cymisでは上達への意欲が感じられ、もっと演奏したいと思えたから

〈質問項目4〉

「一点認識Cymisのように片手で演奏する方がよい」と回答した理由：

- ・両手で演奏することが難しいから
- ・2パートを同時に演奏してどう感じたか
- ・主旋律だけでなく、他のパートもあった方がよい…8人(6人, 2人)
- ・主旋律のみがよい…3人(1人, 2人)

〈質問項目5〉

「主旋律だけでなく、他のパートもあった方がよい」と回答した理由：

- ・一人で合奏することができるということがおもしろいから

〈質問項目6〉

「主旋律のみがよい」と回答した理由：

- ・両手で演奏することが難しいから

6. 考察

6.1 多点認識と誤認識

同時に2点認識できるタッチパネルが光を利用したものが市販されている。3点以上の多点同時認識のものとして、本研究で使用したマトリクス型がある。しかし欠点もある。本研究で使用したマトリクス型の検出デバイスでは、図11に示すように、原理的に必ず誤認識が起こる場合が存在する。ある行の上の2点が押されており、2点のいずれかの列上に他に押された点がある場合、押された3点を頂点に含む長方形の残りの頂点も押されているかのように認識される。

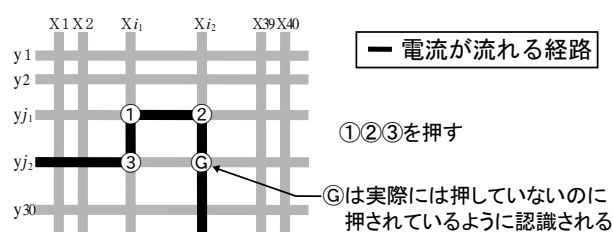


図11 誤認識の場合

Fig.11 Misdetection of No.4 point

例えば、図のように点①, ②, ③が押された場合を考える。③の行のスイッチが閉じられ5 Vが加えられた時、図の太線のような経路③-①-②-④を経て④の列に電流が流れる。このため、実際には押されていない点④が押されたと認識される。

筆者らは、既に、3次元上の任意の点にある赤外線発光ダイオードを装着した位置を計測できる3次元運動解析装置を利用したCymisを試作した。つまり両手の指先に発光ダイオードを装着したものである(図12)。誤認識は生じないが、装置が高価であることで開発は一時中断している。赤外線利用の2点同時認識可能なイメージセンサーでも認識不可能な場合がある。多点を同時認識できるインターフェースの開発が待たれるところである。例えば、液晶面の下の画素毎にセンサーを配置すれば、効率的なタッチパネル・モニタが構築されるであろう。

6.2 操作部に関する考察

主旋律演奏部における五線間の距離18.3mmは、任意の点をポインティングした時横方向に認識される点の数を調べた結果をもとに決定した。また、打楽器演奏部もこの距離とした。この五線間の距離が多点認識Cymisにとって最適であるかは、比較がないので結論が言えないが、演奏者の意見から妥当な値であると考えている。なお、一点認識Cymisでは16mm以上が適切であるという結果を得ている。

演奏をする時に、画面の上から下に向かってポインティングする位置が移動する。このため、例えば主旋律演奏部において、次の音符が現在ポインティングしている音符より高音である場合、次の音符符頭の表示が演奏者の手で隠れてしまう。ある程度まで楽曲を予測した演奏が必要となっている。

6.3 音量制御

音量制御は演奏表現を豊かにするために重要である。音量制御の方法として、認識された面積(点の総数)を音量制御のパラメータとして用いることが考えられる。また、一つの音符を複数の指でポインティングを行い、その指の本数を音量制御のパラメータとして用いることも考えられる。この場合、指2本を用いて同時にポインティングしたつもりでもいずれか1点が認識されてから指2本分が押されたと

認識されるまでに時間差が生じる場合があることを考慮する必要がある。別途ブレスコントロールのようなデバイスを用いての音量制御は可能であろう。音量制御は重要な課題であり、今後検討が必要である。



図12 光学的3次元計測利用のCymis
Fig.12 3D optical detection type Cymis

6.4 アンケート結果に関する考察

アンケートによる主観的評価では、Cymisを用いて演奏が楽しめたかどうかを5段階で評価してもらった。被験者は、20歳代健常者11名。曲目はエーデルワイスであった。曲目も1曲、そして被験者数が少なく、高齢者が含まれていない、など、結論を引き出すには十分とは言えないが、この評価から、多点Cymisで演奏を楽しむことができるのは間違いがなさそうである。さらに、結果を詳細に検討すると次のように言える。

被験者のうち、2名はピアノなどの楽器の演奏経験があった。演奏後の感想では、楽器演奏に習熟していない被験者が多点認識Cymisの操作が難しいと感じていたが、経験者2名を含む4名が難易度は適当であると回答していた。これは彼らが両手を用いた演奏に習熟しているからだと考えられる。しかし、11名のうち8名が、両手を用いて2つのパートを同時に演奏することで、演奏の楽しみが増し、上達への

意欲を感じたなど肯定的な意見が得られた。また、主旋律をある楽器(ピアノ)で演奏しながら、他の楽器(ドラム系)を演奏できるということにおもしろさを感じるという意見が得られた。一方で未経験者の中には両手で演奏することは難しいので、片手で演奏を行う方がよいという意見があった。演奏者が演奏を難しいと感じる場合に演奏を支援するための機能をつけることも検討する必要があると考えられる。

今回の被験者のうち6名に本来の横方向の楽譜表示と90度回転させた縦方向の表示のどちらが望ましいか主観的な意見を聞いた。その結果、6名とも縦型表示が望ましいと回答した。この理由として、横型表示の場合、ポインティング時に下部に配置される楽譜が手に隠れ見づらいこと、またポインティングが困難なことが挙げられる。さらに、縦型表示がダンスダンスレボリューションの様な音楽ゲーム²⁾などの表示と似ているため、被験者らがこのような表示に慣れていると考えられる。

本システムでは画面表示内容を認識し、両手の指で画面をポインティングできることが望まれる。そのため、対象としては上肢の運動障害などがほとんど無い一般的な高齢者を対象としている。ただ、症状に合わせた適切なアシスト機能を付加することで、演奏が可能になるものと考えられる。

7. あとがき

モニタ上に楽譜情報を表示し、タッチパネル上でのポインティング位置、力などを検出して、演奏初心者でも容易に演奏を行う電子楽器Cymisを開発してきた。今回は、新たに多点認識可能なタッチパネルを用いたCymisを提案した。画面右側に主旋律の楽譜を、画面左側に打楽器の楽譜を表示した。演奏実験を行い、2パートを同時に演奏することで、1パートのみの演奏よりも楽しさを感じ、上達への意欲を持つことができることが示された。

結果を以下に要約する。

- (1)40 x 30点の状態を認識可能なタッチパネルを試作した。画面表示、タッチ点検出、処理、発音の一サイクルを20 msとしたシステムである。
- (2)試作した多点認識可能な楽器Cymisを用いて、両手による曲目(エーデルワイス)の演奏実験を行った。被験者は11名である。9名は演奏の楽しさを示したが、演奏初心者で両手演奏の難しさを示す人がいた。

参考文献

- 1)カシオ(株)、富田尋、本田久美子：電子楽器、特開H11-272270 (1999)。
- 2)コナミ(株)、長谷部聖：音楽的アミューズメントシステム、特開H08-305356、(1996)。
- 3)ローランド(株)、小森達也：電子楽器、特開2002-258843、(2002)。
- 4)大島千佳、宮川洋平、西本一志：Coloring-in Piano：表情付けに専念できるピアノの提案、情報処理学会研究報告 2001-MUS-42：69-74、(2001)。
- 5)WholeTone <http://chromatic-keyboard.com/>。
- 6)New interface for musical expression <http://www.nime.org/>
- 7)二俣泉：音楽療法の設計図、春秋社、38-39(1999)。
- 8)市江雅尚：音楽でウエルネスを手に入れる、音楽之友社、(2007)
- 9)赤澤堅造、奥野竜平：高齢者も演奏可能な新しい電子楽器の開発を目指して、情報処理学会音楽情報研究会、2003-MUS-52、15-19(2003)。
- 10)藤本慎一郎、金寛、奥野竜平、藤井博之、赤澤堅造：中高年のための符頭表示PC演奏システムの評価、FIT2004、講演論文集397-398(2004)。