2L-6

音楽音響信号を対象としたジェスチャによる音楽指揮システム

小尾　正和[†]　　鈴木　健嗣[‡]　　橋本　周司[†]
早稲田大学理工学部応用物理学科[†]
筑波大学大学院システム情報工学研究科[‡]

1. はじめに

音楽を趣味とする人は数多くいるが、指揮をすることができる人は多くはない。そこで、我々はジェスチャによる演奏情報により音楽を制御することで、だれもが気軽に音楽を指揮することができるシステムの構築を試みている。これまでに、CD などからの音楽音響信号を対象[1]とし、テンポや音量などのコントロールを可能にする音楽指揮システムを製作してきた。しかし、ユーザと演奏の拍点の位置が一致していないことや、“間”の挿入ができないなどの問題点があった。

そこで、本稿では、あらかじめ抽出した拍点データを用いて、ユーザの指示する拍点の位置と演奏の拍点の位置を一致させるとともに、もう一方の手を用いての“間”の挿入や変化させるパラメータの選択を可能にし、指揮者としての表現の幅を広げた。また、実際にシステムを使用してもらい、システムの評価も行った。

2. システムの概要

2.1. システム構成

システムの構成図を図 1 に示す。ユーザは左手にキーパッドを持ち、加速度センサが内蔵されたリストバンドを右腕に装着して、あらかじめ定められた再生制御の動作を行う。指揮者は、装着したリストバンドを通して、主音量、パンニング、テンポなどを制御できる。ユーザは始めにセンサを上下に振ることで、テンポを指定する。

システムは、ユーザの動作（ここでは上下運動）から抽出されたテンポが楽曲本来のテンポの 70%～130%の間になった時にシステムは再生を始める。

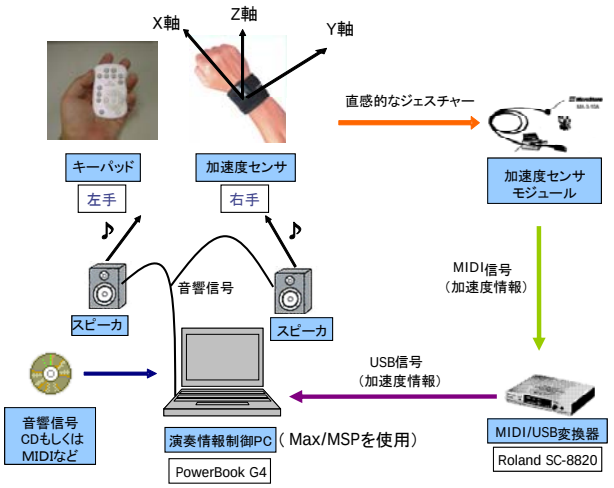

図 1.　システム構成

三軸加速度センサによって得られる腕の加速度は、0～127 の MIDI 信号に変換され、MIDI/USB 変換器を介して制御用 PC へ送られる。制御用 PC ではこれを解析し、直接パソコンを操作するキーパッドの命令とともに音楽の音量や再生速度などを制御する。処理された音響信号はスピーカを通じてユーザに提示される。

なお、音響信号の制御には Max/MSP ソフトウェアを用いている。

2.2. 使用するデータ

本システムでは二種類のデータを用いている。一つは楽音データで、これは CD などから取り込んだものをそのまま使い、PC に取り込んでおく。もう一つは拍点の位置を表すデータで、あらかじめ楽音データから作成しておき、演奏制御に利用する。拍点データは原演奏の各拍点の時間を表すものである。ここでは原演奏を聞きながら拍点に合わせてマニュアルでその時間を記録するソフトウェアを製作し、データ作成を行っている。

2.3. 主音量の制御

主音量の制御にはＸ軸（前後）方向の加速度情報を用いる。システムは、加速度センサが前方へ動いたときに音量を下げ、後方へ動いたときに音量を上げる。これにより、手を前に出すジェスチャのときに音が小さくなり、手前に引くジェスチャをしたときに音が上がるようになり、ユーザは自然な指揮動作の中で、実際にオーケストラを指揮しているかのような演奏感を体感できる。

2.4. パンニング

左右のスピーカの音量バランスは、Ｙ軸（左右）方向の位置により制御できる。腕が移動する時の相対距離を計算して各々のスピーカの振幅を変更する。音量バランスはセンサを右に動かすと右のスピーカの、左に動かすと左のスピーカの音量が上がるように制御されている。この制御により、仮想的に音源が直線的に移動しているような効果を得ることができる。

2.5. テンポ制御

2.5.1. 拍点の検出

指揮法において、演奏者にテンポの指示をするのに用いられる拍点は、基本的には Z 軸（鉛直）方向の加速度の変曲点によって示される。そこで今回はセンサを上から下へ振り下ろした瞬間（最下点）を拍点とし、この拍点間の時間を計測し、テンポを求める。

2.5.2. 再生速度の制御

再生の速度は 2.5.1 の方法で得られた拍点間の時間の逆数に曲に応じた係数をかけ決めている。本システムは MIDI データではなく実際の音響信号を用いるため、単純な再生速度の制御でテンポを変えるとピッチも同時に変化してしまう。そこで従来から用いられている CUT&SPLICE 法[2]に 1/4 周期ずつずらした４つの信号を重ね合わせるなどの改良を加え、リアルタイムで音響信号の再生の速度制御を行っている。

Music Conducting System by Gestures for Musical Audio Signals.

Masakazu Obi , Kenji Suzuki and Shuji Hashimoto
Department of Applied Physics,Waseda University
E-mail : ovi@shalab.phys.waseda.ac.jp

表１　本システムの機能に関する評価

質問	平均値
1. 指揮の開始について	4.4
2. 指揮で演奏の速度を変えることについて	4.4
3. 指揮による指示を中断することについて	4.8
4. 指揮による指示を再開することについて	4.6
5. 拍点の位置を合わせていることについて	3.6
6. 音量のコントロールについて	3.2
7. パンニングのコントロールについて	3
8. 操作するパラメータの選択について	5
9. “間”の挿入について	3.4

3. システムの改良点

3.1. 拍点の位置合わせ

従来のシステムでは単純にテンポを指示するだけで、指揮と実際の演奏の拍点の位置が合っていないために、指揮をしている感覚が得られにくかった。そこで本手法では、以下の方法により、拍点の位置を合わせている。

2.2 で記述したように、拍点の位置は、ユーザが演奏する前にあらかじめ入力しておく。入力は、元のスピードで再生される曲を聞きながら、手拍子をする要領でキーボードかキーパッドのボタンを押すか、加速度センサを振ることで行う。ユーザが拍点で動作を入力すると、曲の先頭からの時間が 1/1000 秒単位で記録される。

ジェスチャによる演奏開始後、システムは、ユーザの指示する拍点の位置と入力された拍点データを同期させながら音楽を再生する。テンポを速くする場合には演奏の拍の位置よりもユーザの指示する拍の位置の方が早いため、そのずれた部分を削除する。また、テンポを遅くする場合には演奏の拍の位置よりもユーザの指示する拍の位置の方が遅くなるため、ユーザが拍の位置を指示するまで演奏をそのまま続ける。そして、ユーザが拍の位置を指示した瞬間に、演奏は拍点の位置に再び戻って指示されたテンポで再生を始めることで拍点の位置を合わせている。

また、手の振りを止めて二拍以上の遅れが生じた場合には自動再生に切り換え、最後に得られたテンポを維持したまま演奏が行われる。そして、再びジェスチャを始めるとそのテンポに合わせ、最も近い拍点の位置から音楽とジェスチャが同期する。

3.2. キーパッド

従来のシステムでは操作するパラメータの選択に手間がかかり、また、単純なテンポの指示は可能であるが、“間”をとることができなかった。そこで、これらの問題を解決するために本システムではキーパッドを追加した。キーパッドを利用することで、操作するパラメータを瞬時に選択することができる。また、キーパッドは演奏する曲の選択をするときや、演奏開始前の初期状態にするときなどにも利用できる。さらに、キーパッドのボタンを押すと演奏を止め、右手を下ろした瞬間に次の拍点の位置から演奏を再開する機能を付けた。この機能により、ユーザは演奏時に自由に“間”をとることができるようになった。

4. 評価実験

本システムがユーザにとって手軽に楽しく扱えるシステムであるかを調べるために、被験者５名に本システムを実際に使用してもらい、それぞれの機能について五段階（５：非常に満足、４：やや満足、３：普通、２：やや不満、１：非常に不満）の評価を行った。被験者は指揮の経験のない学生である。最初に操作方法を一通り説明し、その後 10 分ほど自由に演奏してもらった。各質問項目とその結果を表１に示す。１～５のテンポに関する質問ではいずれも高い評価が得られており、多くのユーザがすぐにコントロールすることが可能であると考えられる。６、７の音量のコントロールとパンニングについての質問では、正確な位置情報を求めることが困難なため、操作性にやや不満が見られた。８、９はキーパッドを用いる操作に関しての質問であり、パラメータの選択に関しては高い評価が得られた。“間”の挿入に関しては慣れるまでに時間がかかるようで、誰もがすぐに楽しめるというわけではなかったが、比較的早く慣れることのできた被験者達からは高い評価が得られた。また、いずれの機能においても「慣れるともっと楽しめると思う」という意見が多かった。さらに、加速度センサの代わりに、スライダーバーなどを用いてマウスやキーボードで画面を見ながら演奏制御できるようにしたシステムを試作し、同じ被験者にジェスチャによる演奏と比較してもらった。その結果を表２に示す。被験者がジェスチャによる操作に慣れていなかったこともあり、操作性に関してはマウスによるシステムが勝っている。しかし、マウスではテンポをスライダーバーで指定するため、手を振って指揮をするような演奏感を得ることはできない。分かりやすさに関してはあまり差がなく、ジェスチャによるシステムはマウスと同程度に簡単に扱えるシステムであることが分かる。また、楽しさと飽きにくさの面でも高い評価が得られており、ジェスチャによるシステムを再び使用したいという意見も多かった。さらに直感的という点においても高い評価が得られており、ジェスチャを用いたメリットが表れている。

表２　マウスによる操作との比較評価

質問	マウス	ジェスチャ
	平均値	
1. 分かりやすさ	5	4.6
2. 操作性	5	2.8
3. 楽しさ	3	4.6
4. 飽きにくいか？	2.6	4.4
5. 再び使用したいか？	3.6	4.4
6. 直感的であるか？	3	4.4

5. まとめ

三軸加速度センサを用いて、音楽をジェスチャによって自由に制御するシステムについて述べた。本システムでは身近にある CD などの音楽データの再生制御を行うことが可能であり、ユーザは手軽に指揮者の気分を感じることができる。また、左手のキーパッドを併用することにより、それぞれのパラメータが操作しやすくなり、“間”を挿入して演奏に“ためをつける”ことなども可能となった。被験者による評価実験から、初めて使った人でも比較的簡単に楽しめることが分かり、多くの人が手軽に音楽表現を楽しむことのできるシステムであると考えられる。今後、加速度センサをワイヤレスにするなど、使いやすさを高め、さらにユーザの多様な動作を再生制御に関連付けることでより感性的なインタフェースを実現していきたいと考えている。

参考文献

[1] 小尾正和, 鈴木健嗣, 橋本周司: “ジェスチャによる音楽の再生制御”, 情報処理学会全国大会講演論文集,Vol.67th, No.2, 2005

[2] 大照完, 橋本周司: “仮想音楽空間”, オーム社, 1994