

磁気式位置センサを用いたリアルタイム指位置診断 と助言が可能な擦弦楽器演奏学習支援環境の構築

Development of A Learning Environment for Playing String Instruments with Bows
by Diagnosing Finger Position in Real-time and Advising by Magnetic Position Sensors

菊川 史貴^{*1}
Fumitaka Kikukawa

石原 宗次郎^{*2}
Sojiro Ishihara

曾我 真人^{*3}
Masato Soga

瀧 寛和^{*3}
Hirokazu Taki

^{*1} 和歌山大学システム工学研究科
Graduate school of Systems Engineering,
Wakayama University

^{*2} スーパーソフトウェア
SuperSoftware Co., Ltd.

^{*3} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering,
Wakayama University

So far, there are few studies of string instruments with bows because there are many parameters to acquire skills and it is difficult to measure these parameters. Therefore, we developed a learning environment which can diagnose learner's finger position in real-time, and give the learner advice by magnetic position sensors. Finally, we evaluated the system by an experiment. The experimental group improved accuracy values about finger positions and also improved accuracy of pitches of sounds compared with control group. These results showed significant differences.

1. はじめに

一般的に、楽器の演奏スキルを学習する方法として、教室に通い指導者の指導を受ける、教本などを参考に独学で練習を行うなどが挙げられる。教室に通う方法では、自分のレベルにあった適切な練習ができる。また、分からないことや自分では気づけないことも指導者に指導を受けることができる。しかし、独学の場合では、変な癖がついてしまったり、弾き方が分からないために上達できず挫折してしまうことがある。特に、バイオリン、チェロ、二胡といった擦弦楽器の場合、弦を押さえる位置、圧力、弓の動き、速さ、加速度、角度など音を構成する要素が多く、正確な音高を出すことさえ初心者には難しい。そこで、擦弦楽器の演奏スキルの学習支援システムを構築できれば、初心者が抱えるこれらの課題を解決できる。

また、近年ではセンサ機器や PC の性能の向上により、スキルの分析や学習支援環境の構築が進められている。磁気式位置センサを利用した研究事例としては、ピアノの演奏者の手指動作分析[Rahman 10]などが挙げられる。さらに、ピアノに関しては、多くのピアノの演奏に関する分析や学習支援環境について研究[Takegawa 12] [Morita 09]がある。また、ギターやドラムに関しても、演奏の分析や学習支援環境についての研究[Burns 06] [Yonekawa 03]がある。擦弦楽器においては、バイオリンを演奏するロボットの研究[Shibuya 07]や、演奏時の分析に関する研究[Rasamimanana 06] [Takegawa 05]があるが、学習支援環境の構築に関する研究事例は少ない。

以上のような背景から、本研究では、磁気式位置センサを用いた診断と助言を行う擦弦楽器演奏学習支援環境を構築することにより、効率的な指位置学習を行い、学習者に正しい指位置を習得させることを目的とした。正しい指位置を習得することによって、正確な音高を奏でるといったスキルを改善することが期待できる。本論文では、構築したシステムの詳細とシステムを評価するために行った評価実験の結果について述べる。

2. 提案手法

2.1 楽器の選択

本研究では、中国の民謡楽器である二胡を対象とした。二胡を図 1 に示す。二胡を対象とした理由は以下の 2 点である。まず 1 点目は、弦が少ないことである。弦が 2 本のため、弓はそのどちらかに接触させるかを区別して動作を行うだけでよい。仮にバイオリンの場合、4 本の弦を弾き分けるのに、弓を持つ手と腕の動作は複雑になりなかなか習得できない。2 点目は、音と指の対応を覚えるのが容易で、初心者でも学習しやすい点である。

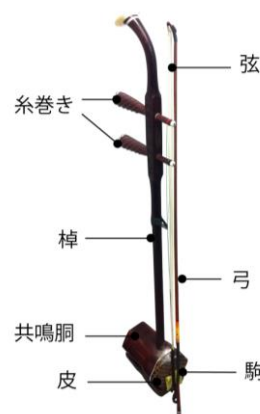


図 1 二胡

演奏時の左手と右手の動作を図 2 と図 3 に示す。二胡の演奏方法は、図 2 のように左手で音高に合わせて弦を押さえる。この際、左手の指で正確な位置を押さえる技術が必要とされる。音高の境となるものがないので、少しの指のずれがそのまま音高のずれになってしまう。右手は、図 3 のように下から弓を持ち、人差し指は木の部分に添え、中指・薬指で毛の部分の張り具合をコントロールする。そして、弓を弦に接触させた状態で左右に動かすことにより音を出す。弓を動かす速度、弓の動かし方などで、音の大きさや演奏に表情をつけることができる。

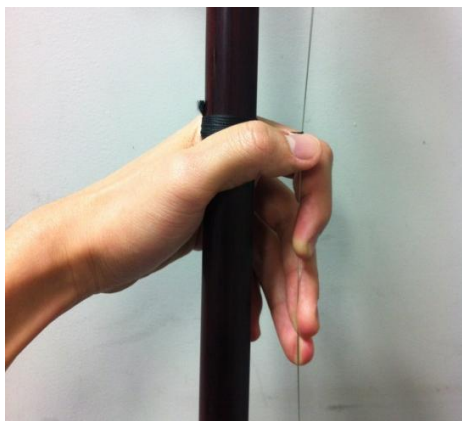


図2 演奏時の左手の動作



図3 演奏時の右手の動作

2.2 磁気式位置センサ LIBERTY

LIBERTY は Polhemus 社が開発した磁気式位置センサである。トランスミッタとレシーバを接続して使用する。最大 16 個のレシーバと接続できる。LIBERTY を図 4 に示す。トランスミッタは 3 軸のコイル状の回路に、1 軸ずつ電流を流すことで、3 方向の磁場を作り出す。レシーバ内にも 3 軸のコイル状の回路があり、発生した磁場の中で、誘導電流の原理でレシーバに電流が発生し、その電量からレシーバの 3 次元位置、3 軸の回転角を計測する。計測された情報を接続した PC に ASCII、もしくはバイナリデータとして送信する。PC との接続は、USB ポート、シリアルポートのどちらとでも接続できる。



図4 LIBERTY

2.3 システム概要

構築したシステムの概要を図 5 に示す。システムは PC、磁気式位置センサ LIBERTY、二胡から構成される。二胡本体にトランスミッタをつけ、学習者の左手の人差し指、中指、薬指に位置を測定するレシーバを装着した。レシーバから取得中のデータを用いて、PC 上で指位置の提示、診断、助言を行う。システム利用者はこの情報を基に学習を行う。

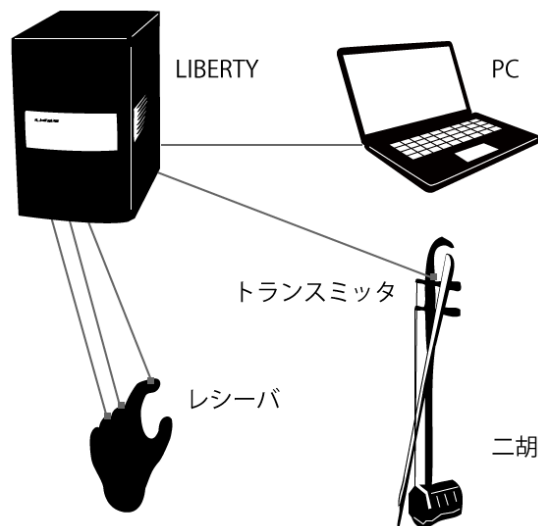


図5 システム概要

2.4 システム画面

システム画面は自分の指位置と正しい指位置のずれを可視化する指位置提示部、楽譜に対応して指位置の診断を行う楽譜表示部、システムの状態や助言を提示するコマンドプロンプト部から構成される。システム画面を図 6 に示す。

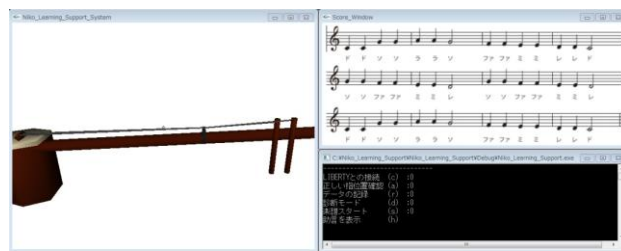


図6 システム画面

2.5 指位置提示部

指位置提示部を図 7 に示す。指位置提示部では、三次元仮想空間内に、二胡の三次元 CG モデルと、センサにより計測中の左手の動作を三つの球(人差し指:淡赤色, 中指:淡青色, 薬指:淡緑色)で表示する。この 3 つの球に対し、正確な音が出る位置に別の 3 つの球(人差し指:赤色, 中指:青色, 薬指:緑色)で表示する。正しい指の位置は楽譜の位置に対応して、該当する指の位置のみを表示することができ、キー操作で 3 つの指の位置を同時に表示することもできる。また、視点の位置と角度は自由に変更できるようになっている。システム利用者は、リアルタイムで正しい位置との差異を好きな角度、好きな位置から確認することができる。

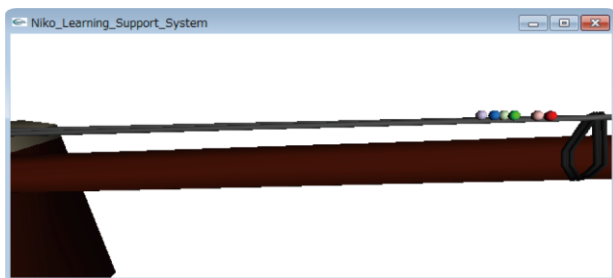


図 7 指位置提示部

2.6 楽譜提示部

楽譜表示部を図 8 に示す。楽譜表示部では、楽譜と診断中の位置と診断結果を表示する。診断中の位置は黒線で表示され、時間の経過とともに楽譜に沿って進む。システム使用者はこの黒線の動きと同期を取りながら演奏を行う。演奏を行った結果はリアルタイムで診断を行う。診断結果は、演奏時の指の位置が正しい位置より下過ぎた場合は紫線、演奏時の指の位置が正しい位置より上過ぎた場合は赤線で表示される。システム使用者はこの診断結果によって、どの部分でどのように指の位置を間違えていたのかを確認することができる。



図 8 楽譜提示部

2.7 コマンドプロンプト部

コマンドプロンプト部は、キー操作によるシステムの状態の変化や助言を表示する。システム使用者はコマンドプロンプト部を確認しながらキー操作を行う。また、曲を演奏し終わった後に行う助言では、それぞれの指の位置の正しい位置からのずれの平均値とずれの平均値に基づいた助言を提示する。

3. 評価実験

3.1 実験方法

評価実験の概要を図 9 に示す。二胡初心者の 20 代前半の学生 20 名をシステムを利用して学習を行う実験群 10 名、DVD などの従来の学習方法で学習を行う統制群 10 名に分けて、評価実験を行った。DVD には、初心者用の基本フォームや弓の持ち方の説明、熟練者による演奏などの内容が含まれる。統制群は、熟練者がテストに用いた楽曲を演奏している動画を見ながら、学習を行った。評価項目は、指位置による評価、音高による評価、アンケートによる評価である。

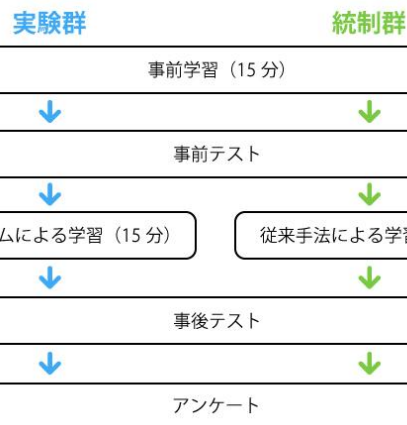


図 9 実験方法

3.2 指位置による評価

正しい指位置を押さえることができていたかを評価する。ある特定の楽曲を演奏した時にそれぞれの音に対応した指位置を磁気式位置センサ LIBERTY を用いて取得する。LIBERTY を装着した様子を図 10 に示す。取得した指位置と正しい指位置の差異で評価を行う。

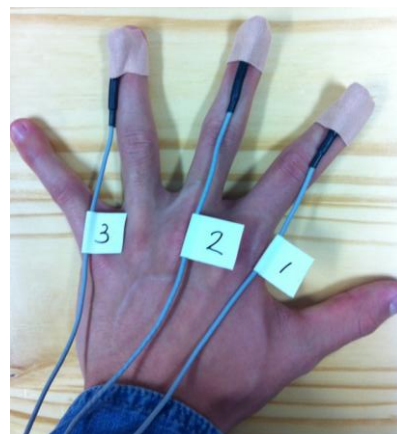


図 10 LIBERTY を装着した様子

3.3 音高による評価

正しい指位置を習得することによって、正確な音高を奏でるといふスキルを改善できたかどうかを評価する。ある特定の楽曲を演奏した時にそれぞれの音のチューナーの値を取得する。チューナーを図 11 に示す。チューナーは、楽器を調律するための電子機器である。入力されたピッチを視覚化して表示する。取得した値と正しい音の値の差異で評価を行う。



図 11 チューナー

3.4 実験結果

指位置と音高について、正しい指位置、正しい音高からのずれを求め、事前テストから事後テストの値を引くことで、向上値として求めた。指位置の向上値を表 1 に、音高の向上値を表 2 に示す。この値が大きいほど、学習によって、指位置、音高が向上したことを示している。表 1、表 2 のように、指位置、音高ともに、実験群の方が向上した結果となり、有意水準 5% で有意な差となった。p 値は指位置が 0.011、音高が 0.006 となった。

指位置の向上値に有意な差がみられ、実験群の方が向上した結果となったことから、システムを使うことで、正しい指位置を習得することができたことが分かった。

また、音高の向上値に有意な差がみられ、実験群の方が向上した結果となったことから、正しい指位置を習得することで、正確な音高を奏でるといったスキルを改善することができたことが分かった。

表 1 指位置の向上値

実験群	向上値 [mm]	統制群	向上値 [mm]
A	0.44	K	0.11
B	0.03	L	0.52
C	1.38	M	0.08
D	1.21	N	0.17
E	1.38	O	0.28
F	0.95	P	-0.36
G	0.34	Q	1.08
H	2.58	R	0.02
I	-0.37	S	-0.49
J	0.69	T	-0.46
平均	0.86	平均	0.10

表 2 音高の向上値

実験群	向上値 [cent]	統制群	向上値 [cent]
A	26	K	3
B	7	L	6
C	27	M	1
D	29	N	5
E	29	O	8
F	35	P	-10
G	7	Q	28
H	78	R	1
I	-7	S	-11
J	17	T	-12
平均	25	平均	2

4. まとめ

本研究では、磁気式位置センサを用いた診断と助言を行う擦弦楽器演奏学習支援環境を構築することで、効率的な指位置学習を行い、学習者に正しい指位置を習得させることを目的として、自分の指位置と正しい指位置のずれを可視化する指位置提示部、楽譜に対応して指位置の診断を行う楽譜表示部、助言を提示するコマンドプロンプト部から構成されるシステムを構築した。システムの有用性を評価するために、システムを用い

る実験群と DVD などの従来手法を用いる統制群に分けて評価実験を行った結果、指位置、音高の向上値に有意な差がみられ、実験群の方が向上値が大きい結果となり、研究目的を達成できた。

参考文献

- [Rahman 10] Rahman Md M , Mitobe K , and Suzuki M: Analysis of Finger Movements of a Pianist Using Magnetic Motion Capture System with Six Dimensional Position Sensors , TVRSJ , 2010.
- [Takegawa 12] Takegawa T , Terada T , and Tsukamoto M: A Piano Learning Support System considering Rhythm , ICMC 2012 , 2012.
- [Morita 09] Morita S , Emura N , Miura M , Akinaga S , and Yanagida M: Evaluation of a scale performance on the piano using spline and regression models , International Symposium on Performance Science , 2009.
- [Burns 06] Burns A M , Wanderley M M: Visual Methods for the Retrieval of Guitarist Fingering , NIME 2006 , 2006.
- [Yonekawa 03] Yonekawa T , Nishikata A: Rhythm Pattern Accuracy Diagnosis System Capable of Objective Evaluation and Commentary Feedback , IEICE TRANS , 2003.
- [Shibuya 07] Shibuya K , Matsuda S , and Takahara A: Toward Developing a Violin Playing Robot. - Bowing by Anthropomorphic Robot Arm and Sound Analysis - , 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN2007) , 2007.
- [Rasamimanana 06] Rasamimanana N H , Flety E , and Bevilacqua F: Gesture analysis of violin bow strokes , GW2005 , 2006.
- [Takegawa 05] Baader A P , Kazennikov O , and Wiesendanger M: Coordination of bowing and fingering in violin playing , Cognitive brain research , 2005.