

磁気式位置センサを利用した初心者のための 擦弦楽器の演奏スキル学習支援システム

石原 宗次郎[†] 曽我 真人[‡] 瀧 寛和[‡]

初心者にとって、教本のみでの自習により楽器の演奏スキルを習得することは困難である。これまで、ピアノ、ギター、ドラムなどの楽器については、学習支援環境の構築事例があるが、擦弦楽器については、演奏するスキルを習得するためのパラメータの数が多く、また、その計測が容易ではないため、研究事例が少ない。そこで、本稿では、磁気式位置センサを利用して手指の動きを自動計測し、それを利用して擦弦楽器の演奏スキルの習得を支援するための学習支援環境を提案する。事例としては、二胡の学習支援環境を構築した。

A Skill Learning Environment for Playing String Instrument by Using Magnetic Position Sensors

SOJIRO ISHIHARA[†] MASATO SOGA[‡] HIROKAZU TAKI[‡]

It is difficult for a novice learner to learn playing skill for musical instrument only with textbook by himself/herself. There are some preceding studies on learning environment for playing piano, guitar and drum. However, there are few preceding studies on learning environment for playing string instruments with bow, because they have many parameters to master, and it is not easy to measure the parameters. This paper describes a learning environment for playing string instruments with a bow by using magnetic position sensors which track learner's fingers. We developed a learning environment for playing erhu as an example.

1. はじめに

1.1 背景

昔から、趣味で楽器を演奏する人は多い。楽器を練習する際には、教室に通い指導者の指導を受けたり、教本などを参考に自分で練習するなど、様々な方法がある。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もある。特に、バイオリン、チェロや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、正確な音階を出すことさえ初心者には難しい。

1.2 楽器の選択

近年では、センサ機器の向上により、学習支援システムの構築が進められている。磁気式位置センサを利用し、演奏者の手指動作を分析することによるピアノの学習支援システムなどが構築されている¹⁾。また、打楽器のフォームを測定し、アドバイスをフィードバ

ックすることにより、効率的な学習効果をもたらした事例もある²⁾。我々も磁気式位置センサを利用し、演奏スキルの分析を行ってきた。対象としたのは、中国の民族楽器である「二胡」である。二胡を対象とした理由は大きく分けて二つある。まず一つ目は、弦の本数である。我々は、演奏動作の測定を行う際に磁気式位置センサを利用している。磁気式位置センサは、磁界を利用して位置を測定する。擦弦楽器の弦は、基本的に金属製であるので、弦の本数が多くなるにつれて磁気式位置センサの磁界に悪影響を与えてしまうので、弦の本数が少ない必要がある。二つ目の理由は、初心者でも演奏しやすいことがあげられる。二胡の基本的な左手の動きを図1に示す。通常擦弦楽器は、どの弦のどの位置を押さえるかで音程が決まる。しかし、二胡は、内弦と外弦の距離が非常に狭く、二つの弦を一つの指で同時に押さえる。つまり、どの弦を押さえるかを考えなくても位置だけを意識すればいいので、他の擦弦楽器に比べ演奏しやすくなっている。

[†] 和歌山大学大学院 システム工学研究科
Wakayama University Graduate School of Systems Engineering
[‡] 和歌山大学 システム工学部
Wakayama University Faculty of Systems Engineering



図1 二胡演奏時の左手の動き

1.3 一般的な二胡の学習

一般的な二胡の学習の流れは、大きく三つのステップに分けることができる。

まず、第一のステップでは、正確な音を出す、正しいフォームの習得を目標とする。演奏においてもっとも基礎となる部分で、このステップをおろそかにすると後のステップに影響が出てくる。

第二のステップは、簡単な曲や演奏しやすい曲の練習、様々な演奏方法を習得を目標とする。第一のステップにて、習得したスキルを連続的に行うことによって曲とするわけである。また、スラーなどの演奏方法を習得することによって、単に音をつなげるだけでなく表現に幅が広がる。

第三のステップは、難しい曲や好きな曲の演奏、表現の幅を広げることである。このステップでは、自分なりの表現を磨いていくことを目標とする。

2. 演奏スキルの分析

学習支援システムを構築するために、初心者の演奏スキルについて分析するために二つの実験を行った。

2.1 演奏時のスキル分析

初心者の演奏について分析するため、十一名の被験者に対し課題曲を与え、演奏方法の説明後三十分の練習を行い、その後、課題曲演奏時のデータを測定した。

分析を行った項目は、視線、左右の手指圧力、運指である（図2）。

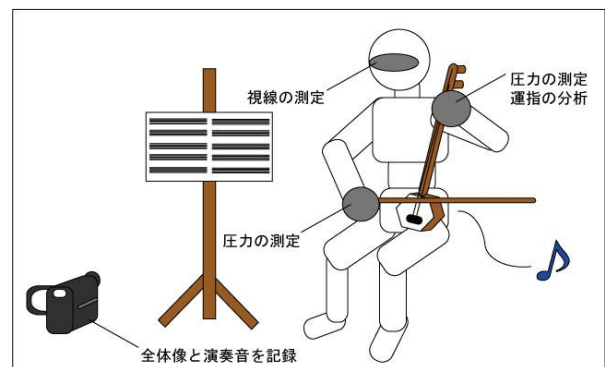


図2 実験概要

2.1.1 視線動向の分析

視線分析装置を利用し、初心者の演奏時における視線動向を計測した結果、5つのグループに分けることができた（図3）。楽譜は確認程度で常に指を見ているグループ、運指時に指を確認するグループ、苦手な運指やミスの際に指を確認するグループ、ミスの原因が分からないときに指を確認するグループ、楽譜しか見ないグループである。

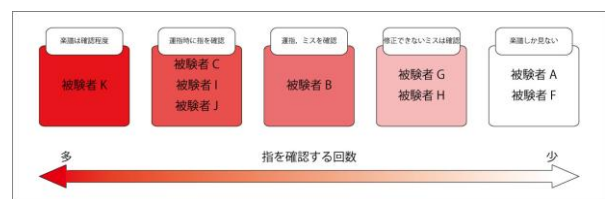


図3 被験者の視線パターン

2.1.2 指先圧力の分析

左手指の圧力について測定したが、個人差が多く、1つの結論を出すことはできなかった。個人としての特徴としては、指先の圧力が安定していない、各指ごとの圧力が離れすぎている、弦を横から押さえてしまった、等があげられる。右手の圧力は、演奏の表情付けを擦る重要なパラメータであるが、定量的な分析が困難なため被験者ごとの傾向しか分析できなかった。ある被験者の圧力グラフを図4、図5に示す。

内弦と外弦の演奏時における圧力の掛かり方の違いについては、全体では、約87%の割合で内弦のほうが圧力が高く、薬指に関しては、100%の割合で内弦のほうが高かった。

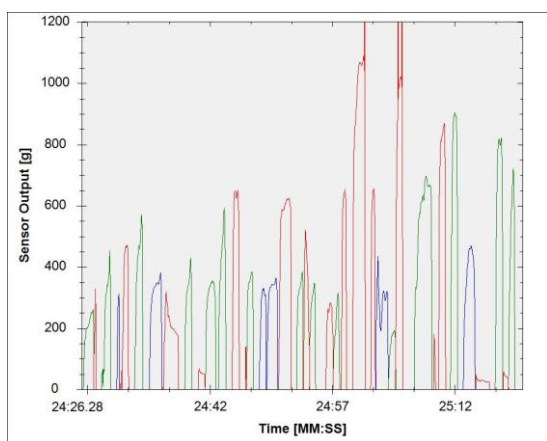


図4 右手圧力グラフ

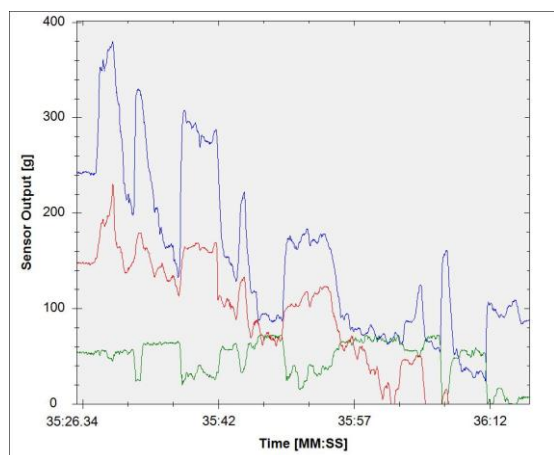


図5 右手圧力グラフ

2.1.3 運指分析

初心者の左手の指使いを分析するため、左手の運指ミスについて、運指とミスの割合(ミス回数÷出現回数)について調べた(図6)。この結果、初心者は、開放弦→薬指の運指が難しいとわかった。

2.1 ノイズの発生原因の分析

初心者が発生しやすいノイズ(きれいな一定の音ではなくギィギィとした音)というミスについて、発生原因の分析を行った。弓は、右手の圧力が一定の場合、手元から遠くなるにつれて弦に加わる圧力が減るため、弓の測定部分を三等分し、手元からA、B、Cと分けた(図7)。横軸に弓の速度x、縦軸に圧力yとし、散点図に記し、ノイズが発生した点は、赤い点で示し、判別分析による線形判別関数を黄色い直線で示した(図8、図9、図10)。

移動前	移動後	ミスの割合
開放弦	開放弦	0
	人差し指	1
	中指	2.43
	薬指	2.67
人差し指	開放弦	1.22
	人差し指	0.25
	中指	1.5
	薬指	2
中指	開放弦	1.22
	人差し指	1.5
	中指	1
	薬指	-
薬指	開放弦	-
	人差し指	2.33
	中指	0
	薬指	0.25

図6 運指分析

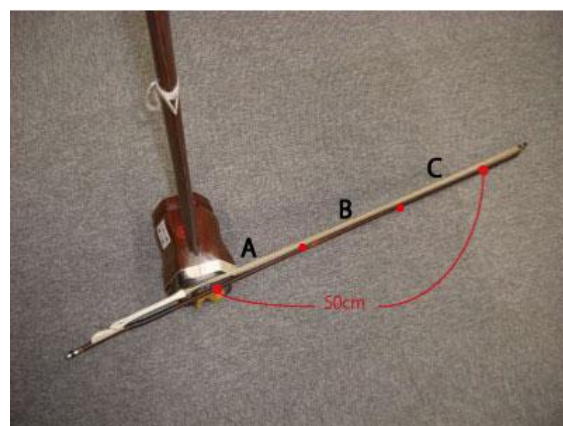


図7 二胡の弓の領域分け

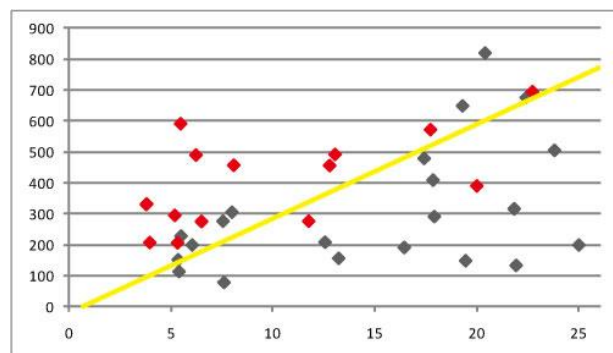


図8 弓A部分(手元)

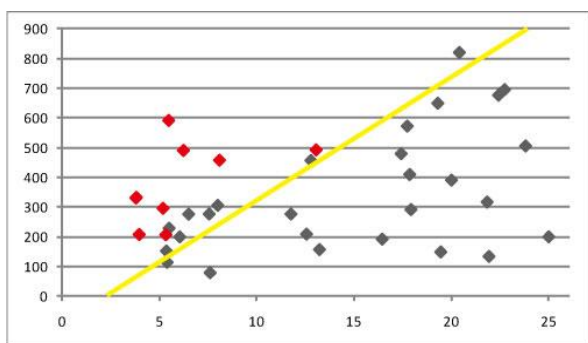


図9 弓B部分（中央）

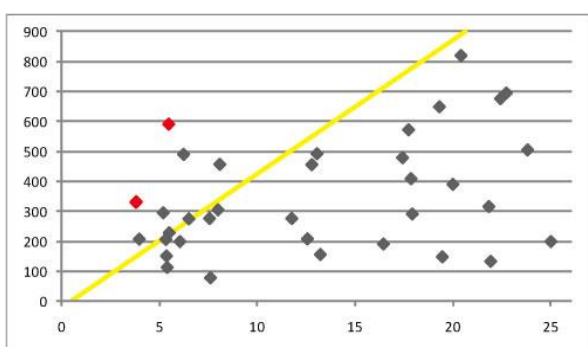


図10 弓C部分（先端）

今回の実験では、右手圧力と弓の速度に関するノイズの原因となるおおよその値が分かった。

A の判別関数： $y = 31.93x - 41.23$

B の判別関数： $y = 44.12x - 102.29$

C の判別関数： $y = 43.26x - 13.75$

3. 学習支援システム

3.1 システム構成

構築した学習支援環境は、計算機本体、磁気式位置センサ、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磁気式センサを装着する（図11）。

3.2 支援方法

本システムは、初心者の個人学習を支援するものである。よって、第一のステップである正確な音を出す、正しいフォームの習得について支援する必要がある。フォームについては、動作が比較的大きく、ビデオ撮影などにより自分で確認することができる。しかし、正確な音を出すことに関しては、動きが細かく、1 mm ずれるだけでも音が変わってしまう。非常に細か

い動きとなり、図12のようにビデオや画像などの撮影では違う音階が奏でられているが、一見同じ位置を押しているように見えて分かりにくい。そのため、正確な音を出すための左手の指使いについて支援する。

システムの画面を図13、図14に示す。このシステムでは、OpenGL を利用し二胡の3D CG モデルを表示する。また、センサにより測定した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。この三つの球に対し、正確な音が出る位置に別の三つの球（人差し指の正確な位置：赤色、中指の正確な位置：青色、薬指の正確な位置：緑色）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。正確な音の出る位置は、被験者の指の形状やセンサを装着した位置によりずれる。そのため、学習者には、あらかじめチューナーを見ながら指の位置を合わせてもらい、位置測定の第一フレーム目を正確な位置に指を置いた状態で開始してもらう。

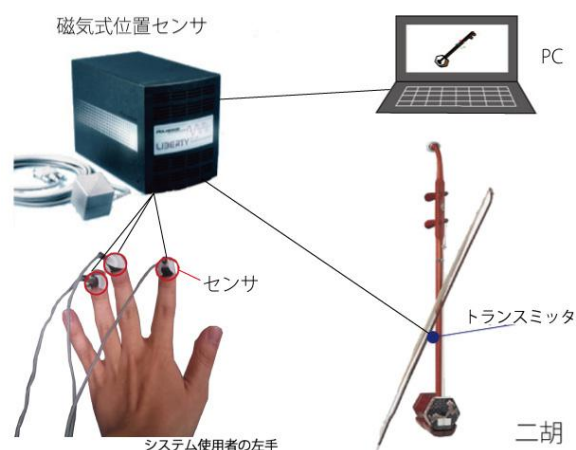


図11 システム構成図

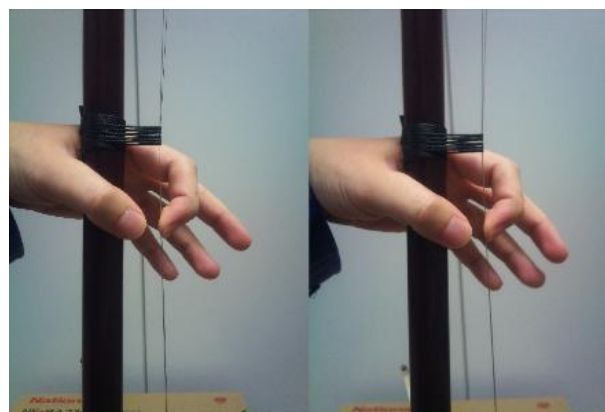


図12 細かい指使いによる音階のズレ



図13 システム画面（全体）

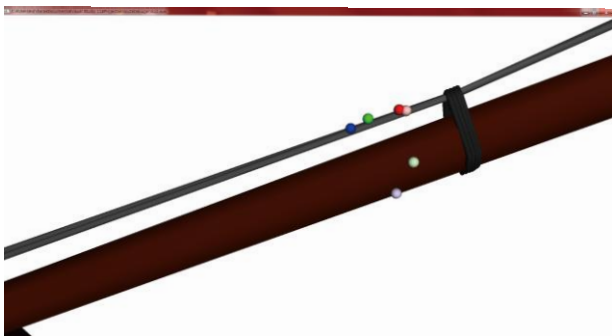


図14 システム画面（アップ）

●	人差し指の正しい位置
●	人差し指の位置
●	中指の正しい位置
●	中指の位置
●	薬指の正しい位置
●	薬指の位置

図15 球と指の位置の対応

3.3 システムによる学習の流れ

システムによる学習の流れは、まず学習者の左手指にセンサを付ける。正しい位置に指を置き、データ測定を開始した後に演奏を開始する。データ測定を終了し、自分の奏でた音と指の動きを比較して考察をする。そして、もう一度データを測定し、以降この流れを繰り返すことにより正しい位置を押さえるための学習を効率的に行うことができると考えられる。

初心者が正しい音階を奏でられない原因は、大きく分けて2つある。一つ目は、先ほどから述べているように正しい弦の位置を押さえられていないことである。もうひとつは、弓の動きが不安定なことである。初心者にとって、正しい音階がどちらの原因で出していない

のか理解するのは困難である。もし、正しい弦の位置を押さえているが、弓が原因で正しい音階を奏でられなかった場合、原因がどちらかが分からなければ、正しかったはずの弦を押さえる位置をずらしてしまう可能性がある。このような問題もこのシステムを使用すれば、正しい音階が奏でられていなくても、指の位置は正しかったということが分かるというメリットがある。

4. まとめ

本稿では、二胡における初心者の演奏スキルの分析と磁気式位置センサを利用した二胡の学習支援システムの構築を行った。

二胡における初心者の演奏スキルの分析において、視線は、指の確認回数や目的により、5つのグループに分けられた。運指は、初心者において、開放弦→薬指の運指が一番難しいと分かった。手指の圧力については、1つの結論は出せなかった。内弦と外弦の圧力の違いは、内弦のほうが圧力が高いことが分かった。右手におけるノイズの分析は、おおよその境界線が分かった。

学習支援システムは、磁気式位置センサを利用して、初心者にとって最初に身につける必要のある正しい音階を奏でるというスキルを取得するシステムを構築した。初心者が個人学習でも正しい演奏スキルを身につけるとともに効率的な学習ができるのではないかと予想している。また、プロの二胡教師からも、初心者が正確な音階を演奏するために役に立つだろうと評価を得ている。

5. 今後の展望

今後の展望として、今回構築したシステムの有用性を確かめる実験を行う予定である。初心者をシステムを利用し学習した実験群とシステムを使用せずに学習した統制群に分ける。そして学習の前後に音を測定し奏でた音階の変化について調べる予定である。

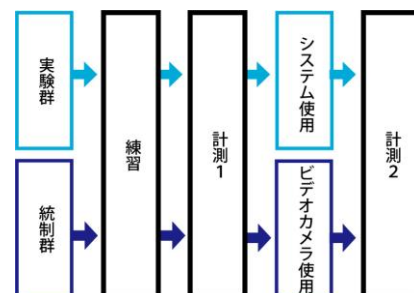


図16 実験の流れ

参 考 文 献

- 1) Kazutaka Mitobe , Takaaki Kaiga , Takashi Yukawa , Takashi Miura , Hideo Tamamoto , Al Rodgers and Noboru Yoshimura “Development of a motion capture system for a hand using a magnetic three dimensional position sensor”, SIGGRAPH 2006 Research posters
- 2) 辻靖彦, 西方敦博: “リズムと打拍フォームに基づく打楽器学習支援システムの開発と評価”, 電子情報通信学会論文誌, D-I, 情報・システム, I-情報処理, J88-D-I(2),508-516 (2005.2)
- 3) 木下博, 小幡哲史” バイオリン奏者の身体運動科学” 日本音響学会誌 67(9), 409-414, 2011-09-01
- 4) 古川康一, 清水聡史, 吉永早織: “演技スキル表現系について”, 人工知能学会論文誌, 第 21 巻, 第 2 号, pp.205-214 (2006)
- 5) 柳原絵里, 宮下芳明: “ヴァイオリン初心者のための無音運指練習支援システム” エンタテインメントコンピューティング 2 0 1 1 予稿集, pp.235-237, (2011)