

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 4 日現在

機関番号：14701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22650199

研究課題名（和文） 手指動作の分析に基づく弦楽器演奏学習支援環境

研究課題名（英文） A Learning Environment for Playing String Instruments Based on Finger Motion Analyses

研究代表者

曾我 真人 (SOGA MASATO)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：60252839

研究成果の概要（和文）：

擦弦楽器の一種である二胡を事例として、初心者の演奏時の手指の動きを測定し、誤りについて分析した。また、初心者の二胡の演奏スキルの学習を支援する学習支援環境を構築した。具体的には、学習者の左手指先に装着した磁気式位置センサが、弦を抑える位置を検出する。システムは、その学習者が弦を抑える位置と、正しい位置とを表示し、抑える位置のずれを三次元CGで可視化することができる。

研究成果の概要（英文）：

Er-hu is one of musical instruments which have strings and bows. We measured novice learners' finger motions during playing Er-hu. We also analyzed novice learners' errors of finger motions during playing Er-hu. In addition, we developed a skill learning environment for playing Er-hu. Specifically, Magnetic position sensors on learner's finger tops detect positions learner's finger positions when he/she put his/her left hand fingers on strings. The learning environment visualizes the learner's finger top positions and correct positions that the learner should put his/her finger tops. The learner can find errors between learner's finger top positions and correct positions visually.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	600,000	0	600,000
2011 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	660,000	3,460,000

研究分野：教育工学，ヒューマンコンピュータインタラクション

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：学習支援，スキル，技能，訓練，楽器，演奏，センサ，可視化

1. 研究開始当初の背景

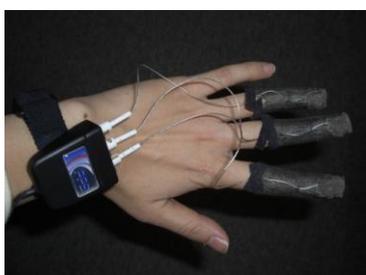
一般に、スキル行為は、対象物の①知覚・認識、②認識結果に応じた最適な行動の選択、③行動、のサイクルを繰り返す。芸術やもの作りのスキル行為の場合は、行動の結果とし

て、④成果物を生成する。

楽器の演奏においては、①は、楽譜や楽器を認識すること、②は、楽譜や楽器を認識した結果、楽譜や楽器に応じて最適な手指動作を選ぶこと、③は、手指動作により、正しい

が光ファイバやベントセンサなどを利用したもので、精度はさほど高くない。光学式は、基本的には精度は高いが、楽器演奏のように、手指が道具の陰に隠れて、カメラから見えない時には、精度が落ちる。このため、新たな手法として、磁気式位置センサ Liberty (既存) を用いた。具体的には、Liberty のレシーバを各指の各関節と関節の間に装着し、指の動きを位置の時系列として計測する手法である。

さらに、初心者 11 名、中級者 1 名について、両手の指先に小型圧力センサを装着し、演奏時に指先にかかる圧力を測定した。具体的には、弦を抑えるときの左手指圧力を中級者と初心者を被験者として測定した。さらに、右手に持つ弓にもレシーバを装着し、弓を持つ指にかかる圧力を計測した。



手指に装着した圧力センサ

(3) 弦楽器 (二胡) 演奏時の手指先位置の誤りを可視化する学習支援環境の構築

磁気式位置センサ Liberty を用いて、二胡演奏時に弦を抑える左手指動作を精密に測定する環境を駆使して、手指動作を 3 次元 CG アニメーションで表示するシステムを構築した。さらに、このシステムに正しい左手指先位置を表示する機能を追加し、学習者が自分の左手指先位置のずれを視覚的に気付くことができる学習支援環境を構築した。

4. 研究成果

(1) 弦楽器 (二胡) 演奏時の視線の動きの分析

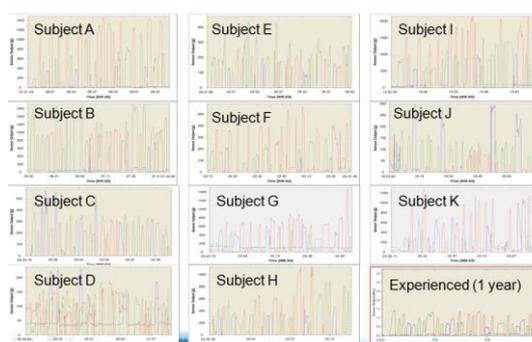
弦楽器 (二胡) 演奏時の視線の動きを、二胡演奏の初心者 11 名について計測したところ、楽譜を見ている合間に、左手指の位置を目で確認する回数については、初心者間では傾向が見られず、回数のばらつきが大きかった。また、左手指の位置を目で確認した回数と、運指のエラーの回数には、相関が見られなかった。

(2) 弦楽器 (二胡) 演奏時の手指動作の分析

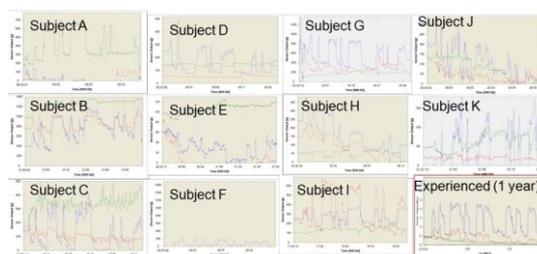
左手指の抑える位置が、正しい位置からずれることにより、奏でる音高が正しい音高からずれるという演奏行為上の誤りが多くみ

られた。また、右手の弓の動かし方や圧力の不具合で音高がずれるという誤りも見られた。

また、両手指の指先に圧力センサを装着し、初心者 11 名、中級者 1 名について、演奏時の両手指先にかかる圧力を測定した結果は、初心者間では、ばらつきが多く、各指にかかる圧力に決まったパターンは見つからなかった。しかし、中級者と初心者を比較すると、中級者の指先圧力は時間軸上で安定しているのに対し、初心者の指先圧力は、時間軸上で安定しておらず、分散値が大きいことが分かった。これが奏でる音高のずれの原因のひとつと考えられる。



左手指圧力の測定結果 (初心者 11 名, 中級者 1 名)



右手指圧力の測定結果 (初心者 11 名, 中級者 1 名)

(3) 弦楽器 (二胡) 演奏時の手指先位置の誤りを可視化する学習支援環境の構築

磁気式位置センサ Liberty を用いて、二胡演奏時に弦を抑える左手指動作を精密に測定する環境を駆使して、手指動作を 3 次元 CG アニメーションで表示するシステムを構築した。さらに、このシステムに正しい左手指先位置を表示する機能を追加し、学習者が自分の左手指先位置のずれを視覚的に気付くことができる学習支援環境を構築した。

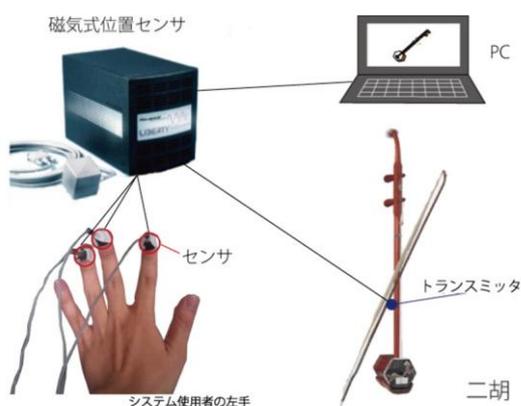
本システムは、初心者の個人学習を支援するものである。よって、第 1 のステップである正確な音を出す、正しいフォームの習得について支援する必要がある。フォームについては、動作が比較的大きく、ビデオ撮影などにより自分で確認することができる。しかし、正確な音を出すことに関しては、動きが細かく、1mm ずれるだけでも音が変わってしまう。非常に細かい動きとなり、たとえ、学習者の

演奏の様子をビデオで撮影して、あとで学習者本人が見ても、指が正しい位置からどの程度ずれているのかは分かりにくい。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。

また、音高のずれる原因としては大きく分けて2つある。1つ目は、左手の指使いである。左手の指は、直接弦を押さえるため、押さえる位置が変われば当然振動する弦の長さが変わるため、音高も変わる。2つ目の原因は、弓の使い方である。弓によるこすり方が変わると振動のしかたが変わり、音高が変わってしまう。

これらの2つの原因が正確な音高が出せない原因なのだが、初心者にとって、自分の演奏のどちらが原因で正しくない音高を出しているのか理解するのは困難である。特に初心者の場合は、左手に意識が集中しがちであるため、右手が原因で正確な音高が出ていないにもかかわらず、必死に左手の位置を直そうとすることがよくある。

今回のシステムでは、指の位置のずれを視覚化して提示することによって、たとえ音高がずれていても、指の位置はあっているということが分かる。つまり、左右どちらの手の動きが原因で正確な音高が出ていないのかに気付くことができる。

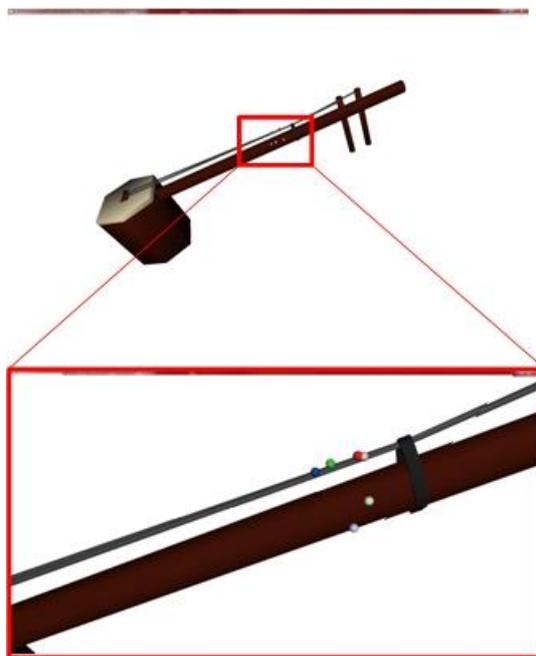


二胡演奏時の手指位置可視化による学習支援環境

今回構築したシステムでは、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指の動作を三つの球（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 1 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。



学習支援環境による左手指位置の可視化例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Soga, M., Ishihara, S., Ota, S., Majima, Y., Maekawa, Y., Mitobe, K., Taki, H. Analysis of erhu playing and design of learning environment for novice erhu player, Proc. Of 9th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2010, pp. 316-323, 査読有, DOI: 10.1109/ITHET.2010.5480092
- ② Masato Soga, Sojiro Ishihara, Saori Ota, Hirokazu Taki, Analysis of Erhu Playing by Novice Player, - First Step to Skill Learning Environment for Erhu Playing - Proc. of International Conference on Intelligent Computing and Integrated Systems (ICISS 2010), 査読有, pp. 695-700, 2010, DOI: 10.1109/ICISS.2010.5655516

〔学会発表〕(計3件)

- ① 石原 宗次郎, 曾我 真人, 瀧 寛和, 磁気式位置センサを利用した初心者のための擦弦楽器演奏スキル学習支援システム, 情報処理学会インタラクシオン 2012, 2012年3月15日, 日本科学未来館(東京都), 情報処理学会インタラクシオン 2012 論文集 (CDROM)
- ② 石原宗次郎, 曾我真人, 瀧寛和, 初心者
の二胡演奏時における指先圧力と視線動
向の分析, 教育システム情報学会全国大
会, 2010年8月27日, 北海道大学(札
幌市), 教育システム情報学会全国大会論
文集, pp. 353-354,
- ③ 石原宗次郎, 曾我真人, 瀧寛和, 水戸部
一孝, 初心者
の二胡演奏スキルの分析 :
二胡演奏学習支援環境の構築に向けて,
電子情報通信学会教育工学研究会, 2010
年7月24日, 弘前大学(青森県弘前市),
電子情報通信学会技術報告 ET110(147),
pp. 7-12,

6. 研究組織

(1) 研究代表者

曾我 真人 (SOGA MASATO)
和歌山大学システム工学部 准教授
研究者番号 : 60252839

(2) 研究分担者

瀧 寛和 (TAKI HIROKAZU)
和歌山大学システム工学部 教授
研究者番号 : 10304180

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :