

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：10103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16103

研究課題名(和文) プロジェクションマッピングを用いた三味線の学習支援システムの構築

研究課題名(英文) Development of Shamisen Learning Support System Using Projection Mapping

研究代表者

柴田 傑 (Shibata, Takeshi)

室蘭工業大学・工学研究科・助教

研究者番号：90649550

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：人口減少の問題に伴って、技能の学習支援システムの重要性が高まっている。本研究では、技能として、日本の伝統的な楽器である三味線に着目する。これまでの研究で、ヘッドマウントディスプレイと三次元計測技術を用いたシステムを提案してきた。従来のシステムは、実物の三味線が視認できないという課題があった。

本研究では、実物体に情報を投影するプロジェクションマッピング(PM)に着目し、楽器が視認可能な学習支援システムを提案する。まず、従来システムを評価し、三味線演奏の特徴を明らかにした。次に、プロジェクタを装着するための治具を開発した。最後に、三味線の運指と構え方についてそれぞれ学習支援システムを開発した。

研究成果の概要(英文)：The importance of support systems that help in learning skills has been increasing owing to the issue of decreasing population. This study focuses on shamisen performance as a human skill. A shamisen is a famous Japanese traditional musical instrument. Our earlier developed a support system for learning shamisen skills by employing head-mounted displays and 3D measurement devices. However, the previous system had a drawback owing to which users could not view the actual instrument.

This study proposes a learning support system in which users can view the actual instrument. The authors have focused on projection mapping (PM), which is a technique for projecting visual information on physical 3D objects. We assessed the previous system and analyzed the features of shamisen performance. A jig was then developed for a projector placed on the shamisen. Furthermore, two support systems for learning left-hand skills and for learning shamisen posturing skills were developed by employing PM.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：モーションキャプチャ プロジェクションマッピング 学習支援 拡張現実

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化にともなう、熟練者の技能を初心者に伝承する機会が減少している。そこで、ICTを活用し、効果的に熟練者の技能を伝承する支援システムが必要と考えられる。従来の研究において、三次元の動作を計測可能なモーションキャプチャ (MoCap) を用いて、身体動作を計測して熟練者の動きを記録・保存、および解析する研究が進められてきた。また、記録した結果をコンピュータグラフィックス (CG) 技術を活用して提示することによって、熟練者の技能の特徴を解析する手法が検討されている[文献1, 2]。

本研究では、日本の伝統的な民俗芸能の一つである三味線の演奏技能に着目する。三味線は弦楽器と打楽器の双方の特徴を有し、多彩な奏法で演奏される楽器である。そのため、三味線演奏の技能は、民俗芸能を支える貴重な無形文化財であり、後世へ伝承する努力が必要と考えられる。三味線演奏は、両腕で三味線を構え、左手で音の高さを決定 (運指) し、右手の撥で弦と胴を同時に叩いて音を発する (撥さばき)。

これまでの研究で、MoCap とヘッドマウントディスプレイ (HMD) によって撥さばきの学習を支援する試みを進めてきた[文献3]。しかしながら、HMD を用いたシステムでは、楽器演奏において重要な楽器の視認が難しいという問題が指摘されている。

本研究では、実物体に CG を投影するプロジェクションマッピング (PM) を用いて、三味線の学習を支援するシステムを検討する。

2. 研究の目的

三味線の学習を支援するために、熟練者の **a) 演奏技法の特徴** を明らかにする。そのため、熟練者の演奏を計測および解析し、三味線の学習支援に必要な技能について検討する。さらに、HMD を用いた学習支援システムの効果を検証する。

MoCap とプロジェクタを接続した三味線による学習支援システムを構築する。特徴解析の検討結果を踏まえて、三味線の基本的な技能である 運指および構え方の学習支援システム を構築する。まず、プロジェクタを用いて三味線に映像を投影するために、三味線にプロジェクタを固定するための **b) 治具を開発** する。次に、開発した治具を用いて MoCap とプロジェクタを設置し、従来システムでは対象していない **c) 運指の学習支援システムおよび、三味線の構え方の学習支援システム** を構築する。

3. 研究の方法

筆者らはこれまでに、磁気式 MoCap を装着した三味線を用いて、秋田三味線の熟練者の演奏を計測する試みを進めてきた[文献4]。本研究では、従来の実験によって得られたデータを用いて、(1) 熟練者と初心者の違いを明らかにする。また、(2) HMD を用いた撥さばきの学習支援システムを構築し、ICT

を活用した三味線の学習の効果を検証する。三味線に情報を投影するためには、三味線にプロジェクタを固定する治具が必要である。また、演奏を磁気式 MoCap で計測することを想定し、治具は、磁気に影響を与えない素材が望ましい。そこで、ABS 樹脂を用いた 3D プリンタによるマウントと木製のアームを組み合わせて (3) 治具を開発 する。

(3) で開発した治具を活用し、(4) 運指の学習を支援するシステムを開発 する。本開発では、簡易型の手指用の MoCap である LeapMotion および小型のプロジェクタを活用する。まず、三味線を含む環境で LeapMotion が計測可能な範囲を明らかにし、プロジェクタと LeapMotion を同時に三味線に装着する。LeapMotion で計測した 指の位置を評価し、プロジェクタで三味線に投影することによって運指の学習を支援する。開発したシステムを用いて、三味線の初心者が正しく弦を抑えられるか評価する。

(5) 構え方の学習を支援するシステムを開発 する。本開発では、(4) で開発した投影手法、角度が計測可能な磁気式 MoCap および小型プロジェクタを用いる。(1) の検討で得られた三味線の構え方の要素をリアルタイムに評価し、学習者に提示することによって、学習を支援する。開発システムを用いて練習した場合、熟練者の構え方に近い構え方を維持できるようになることを示す。

4. 研究成果

(1) 演奏の特徴解析結果

これまでの研究において、図 1 に示すように、撥と三味線の胴に装着した磁気式 MoCap を用いて、秋田三味線の熟練者の演奏を計測する実験を実施してきた[文献5]。本研究では、最も基本的な撥さばきとして、一本の弦の打って音を出す技能 (打ち) の計測データについて、秋田三味線の熟練者と初心者を比較した。

撥に装着した MoCap センサの値を比較した結果、練者は図 2 (a) に示すように、直線的な軌跡で撥を動かしていることが分かった。また、撥の軌跡と胴の法線がなす角度 (打ちの角度) は一定の角度を維持していた。このことから、熟練者は、弦と胴を同時に叩くように安定した撥さばきで演奏していることがわかる。



図 1 三味線演奏

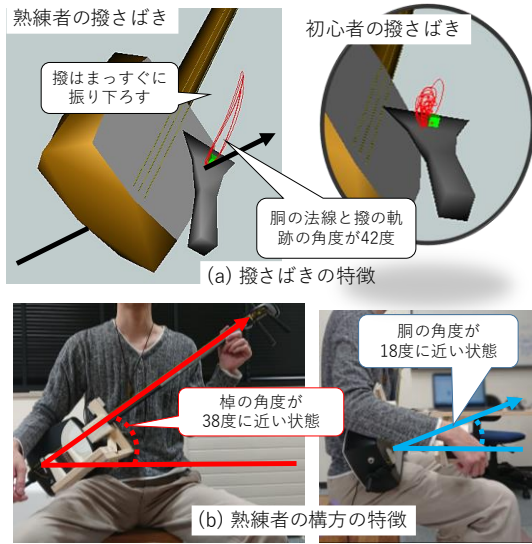


図2 熟練者の撥さばきと構方

三味線は胴が太鼓になっているので、熟練者は弦と同時に撥で胴を叩くことによって、弦と太鼓の音を同時に発していると考えられる。これに対して、初心者は弦のみを弾くように動かす傾向があり、動きのばらつきも大きい。

三味線の胴に装着した MoCap センサの値を比較した結果および、熟練者の指導の様子と教本の記述から、図 2 (b) に示すように、熟練者は、演奏中は三味線の棹と地面のなす角（棹の角度）、および三味線の胴の法線と地面のなす角（胴の角度）が一定であることが分かった。熟練者は、姿勢が維持されるように一定の構方をとることによって、安定した撥さばきが実現できると考えられる。

本実験で計測した陸実流の熟練者は、撥さばきにおける打ちの角度は約 42 度であった。演奏中の構え方は棹の角度は約 38 度、胴の角度は約 18 度であった。これらの要素は、初心者が演奏するとき特に注意すべき要素であると考えられる。

(2) HMD による撥さばき学習支援システムの評価

(1) で得られた撥さばきに関する知見に基づいて、HMD による撥さばきの学習支援システムを開発した。開発したシステムは、図 3 に示すように、実物の三味線、磁気式 MoCap、PC、HMD で構成される。

HMD には、図 4 に示すように、振り下ろした瞬間および、振り上げた瞬間の熟練者の撥の位置を表示する。また、リアルタイムに学習者の直線度、打ちの角度を評価し、学習

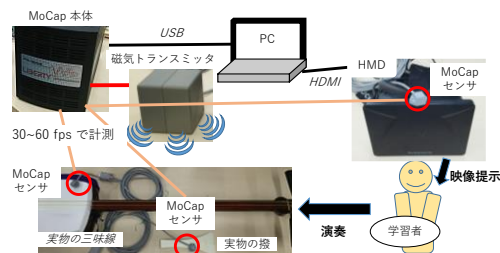


図3 撥さばき学習支援システム

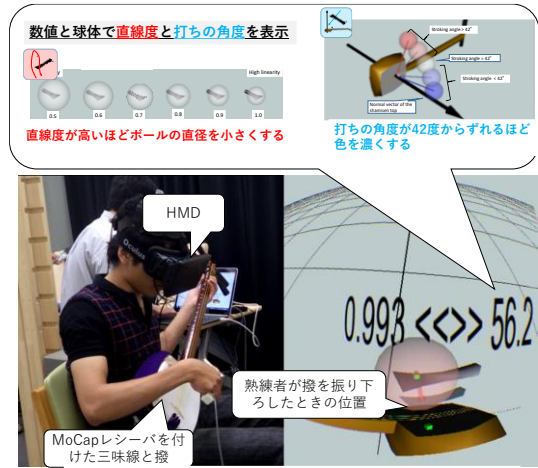


図4 撥さばき学習支援システム

者にフィードバックする。

初めて三味線に触れる初心者に対して、本システムを用いて撥さばきを学習できるか実験した。実験では、5 人の被験者に対し、まず、練習せずに打ちを計測し、本システムを用いて練習し、練習後に再度打ちを計測した。

図 5 にある被験者の直線度、図 6 に打ちの角度を示す。同図に示すように、練習前は、

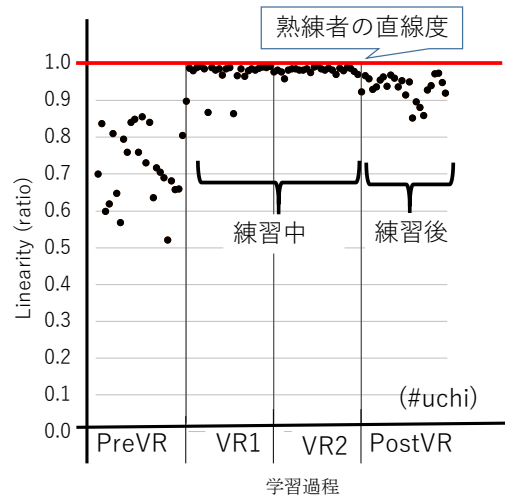


図5 直線度

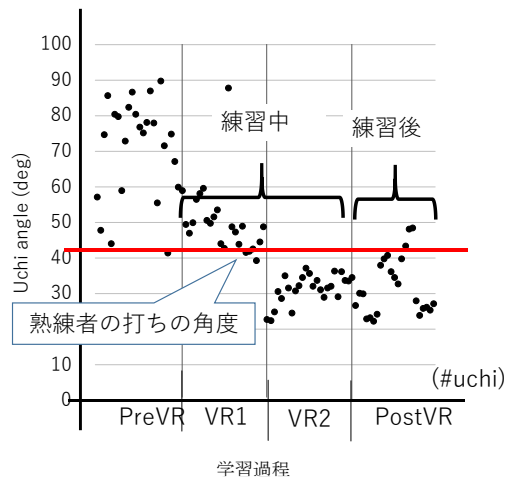


図6 打ちの角度

直線度も打ちの角度も熟練者から離れており、バラつきも大きいのにに対し、練習中は、熟練者に近い値を示している。また、練習中は直線度も打ちの角度もバラつきが小さく、安定して打ちを練習できている。練習後は、練習中に比べるとバラつきが大きいものの、**練習前に比べると熟練者に近づいている**。他の被験者も同様の傾向が見られた。以上のことから、本システムを用いて撥さばきを学習できると考えられる。図6 打ちの角度

本実験によって、撥さばきについて一定の効果があることが分かった。しかしながら、HMDを用いたシステムでは、実物の三味線が視認できないので、**構え方が乱れる**様子が観察された。

実際の三味線の演奏では、左手の運指と撥さばきを組み合わせる。そのため、実物の三味線が視認できる環境での、運指の学習支援システム、構え方の学習支援システムの開発が必要であると考えられる。

(3) 3Dプリンタによる治具の作成

三味線の学習支援では、演奏の様子を計測するためのMoCapが必要になると考えられる。そのため、治具は、磁気センサに影響を与えないように、治具のアームは、図7(a)に示すように木で作成し、マウンタの作成には同図(b)に示すように、ABS樹脂で造形可能な3DプリンタuPrintSEを用いた。

三味線の形状を計測し、形状に合わせてCADツールでマウンタを設計し、三味線に装着できるようにした。

(4) PMを用いた運指学習支援システム

運指学習支援システムでは、手指動きが計測可能な簡易型MoCapであるLeapMotionおよび小型のプロジェクタを活用する。図8に示すように、動きの評価をPMで三味線に投影することによって、三味線を視認した状態で学習できるようにする。

本開発では、まず、三味線を含む環境でLeapMotionが計測可能な範囲を明らかにする。実験の結果、図9に示すように、LeapMotionから離れるにしたがって、ずれが大きくなることが分かった。しかしながら、初心者が演奏する楽曲では、弦を押さえる範

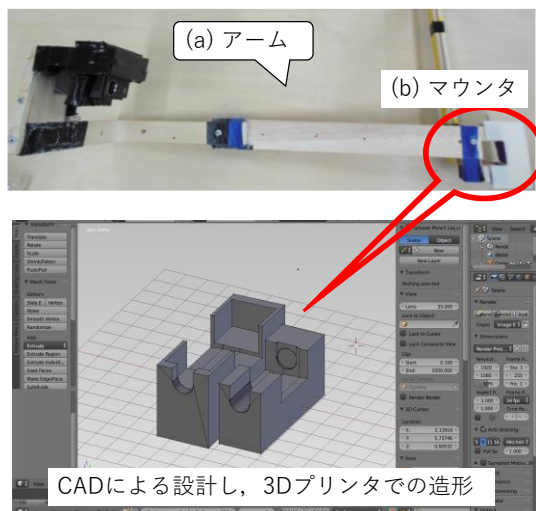


図7 試作した治具

囲は極端に広いわけではなく、LeapMotionで十分計測できると考えられる。

三味線の演奏では、左手で弦を押さえて音の高さをかけている運指では、正しい位置(**勘所**)を正しいタイミングで抑える必要がある。そこで、開発して運指学習支援システムでは、次に押さえるべき勘所をPMで提示する。開発したシステムでは、図10に示すように、三味線の棹にCGオブジェクトを提示する。学習者は、CGオブジェクトが重なる位置とタイミングで勘所を押さえて音を発するように練習する。

初めて三味線を持つ初心者6人に対し、本

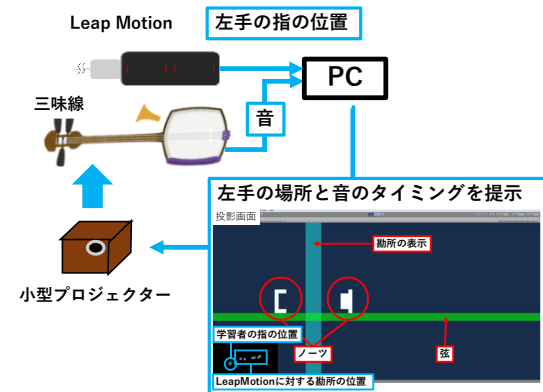


図8 運指学習支援システムの構成

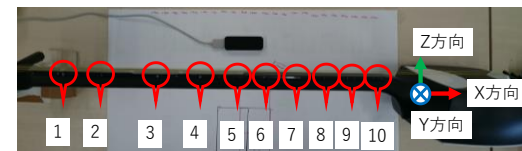
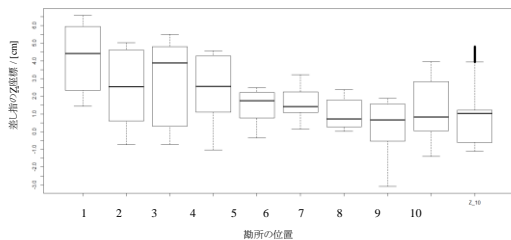
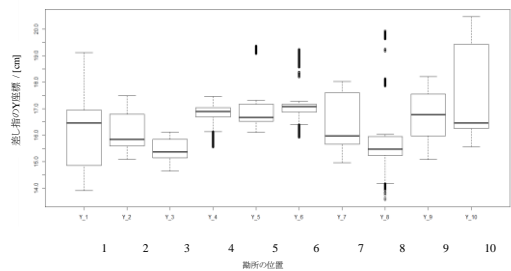
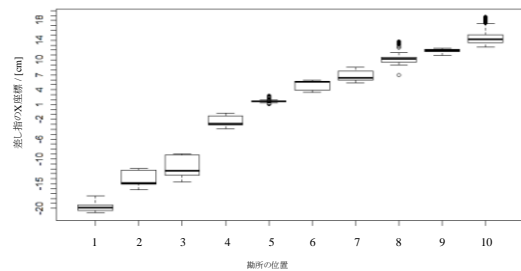


図9 LeapMotionの計測範

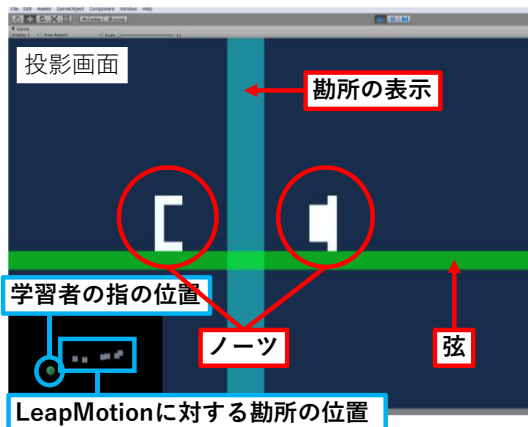
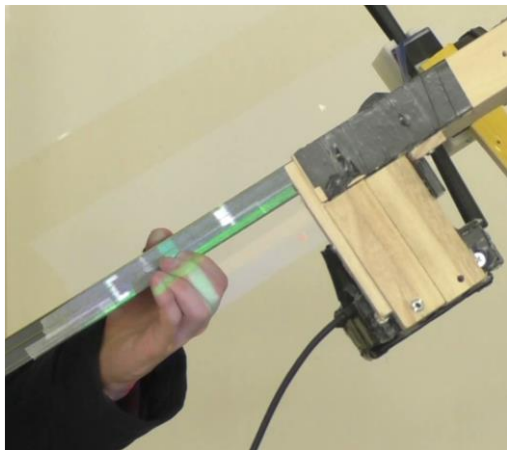


図 10 運指学習支援システム

システムを用いて、入門者向けの楽曲である「さくらさくら」を演奏できるか実験した。LeapMotion で計測した実験中の学習者の差し指の位置および、勘所を図 11 に示す。同図の横軸は時間、縦軸は勘所の番号である。棒グラフは被験者が押さえたポイント、正しい勘所の番号を表している。同図 (a) から、被験者 A は、おおよそ正しい位置に指を置いていることがわかる。

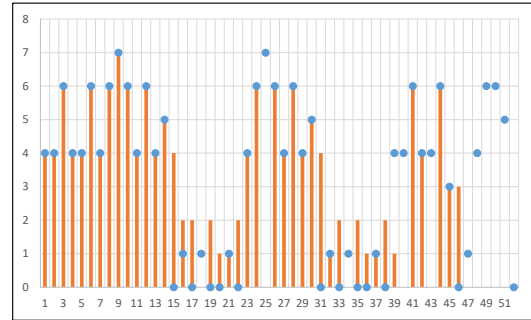
一方で、予備実験で調整した位置であっても、LeapMotion が指を認識できない場合があった。同図 (b) に示す被験者 E は、指が認識されない時間が多く、運指を正しく評価できなかった。しかしながら、ビデオ映像によって、目視で確認すると、正しく演奏できていることが多く、PM による情報提示には一定の効果があると考えられる。

(5) 構え方の学習支援システム

(2) の撥さばき、(4) の運指と合わせて、三味線演奏では構え方が重要である。そこで、構え方学習支援システムを開発する。まず、図 12 に示すように、磁気式の MoCap とプロジェクタを固定する治具を新たに作成した。

開発したシステムは、図 13 に示すように、PC、磁気式 MoCap、プロジェクタ、治具で構成される。開発したシステムは、図 14 に示すように、(1) の考察で得られた三味線の構え方の要素である棹の角度(同図 (a, c))を胴の角度(同図 (b, d))をリアルタイム

被験者 A : 一回目



被験者 E : 三回目

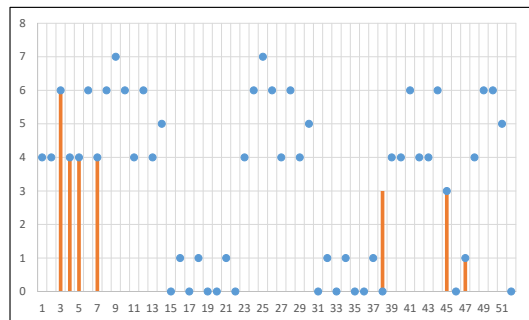


図 11 実験結果



図 12 構え方学習支援システム用治具



図 13 構え方学習支援システムの構成

に評価し、学習者に提示する。

学習者は三味線を動かし、同図に示された赤の球体が重なるように構えると、熟練者と同じ棹の角度を維持できる。同様に、青の球体が緑の球体に重なるように構えると、胴の角度が熟練者と同じになるように構え方を維持できる。

三味線をはじめて触る被験者 6 名に対し

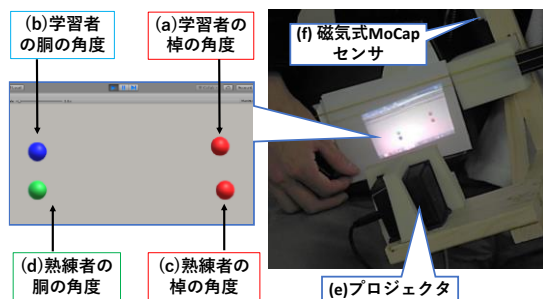


図 14 構え方学習支援システム

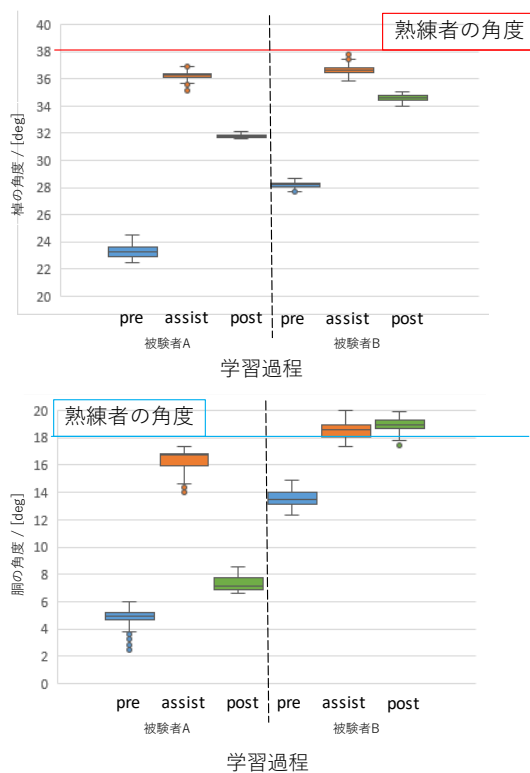


図 15 棹の角度, 胴の角度

て, 本システムを用いて, 構え方を学習できるか検証した. 一部の被験者の練習前と練習後の, 棹の角度と胴の角度を図 15 に示す. 同図の結果から, 胴の角度も撥の角度も練習後に熟練者の値に近づいており, 一定の学習効果があるものと考えられる.

これらの成果から, 本研究の目的である **a) 演奏技法の特徴解析, b) 三味線にプロジェクタを固定する治具の開発, c) 運指の学習支援システムの開発および, 三味線の構え方の学習支援システムの開発**について, 一定の成果と知見が得られた.

本研究によって得られた知見に基づいて, 構え方, 運指, 撥さばきを総合的に学習可能なシステムの開発に取り組んでいる. また, 動きだけでなく, 力の入れ具合, 音を含めた三味線演奏の特徴解析の研究, 振動や電気刺激など, 触覚に対する情報提示を活用した学習支援システムの検討も進めている.

[関連文献]

- [1] 柴田, 他: 「学習者中心のインタラクティブ舞踊学習支援システムの開発」, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 97, No. 5, pp. 1014-1023, 2014.
 [2] Van Der Linden, et. al.: “Musicjacket-combining motion capture and vibrotactile feedback to teach violin bowing”, IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, Vol. 60, No. 1, pp. 104-113, 2011.
 [3] 柴田, 他: 「VR 環境を活用した三味線の撥さばき自習システムの開発と学習者の評価」, 日本バーチャリアリティ学会大会論文集, Vol. 19, pp. 216-219, 2014.

- [4] 桂 博章: 「秋田県における民謡三味線の成立と流派間の奏法の違い」, 秋田大学教育文化学部研究紀要, Vol. 70, pp. 1-7, 2015.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 3 件)

1. 岩崎仁志, 柴田傑: 「プロジェクションマッピングを用いた三味線の構え方学習支援システムの提案」, インタラクシオン 2018, 1C64, 2018 年 3 月, (東京) <査読無>
2. 大向飛翔, 柴田傑: 「簡易型モーションキャプチャを用いた三味線の運指計測手法の検討」, 平成 28 年度 電気・情報関係学会 北海道支部連合大会, ROMBUNNO. 110, 2016 年 11 月 (北海道) <査読無>.
3. Takeshi Shibata, Kazutaka Mitobe, Takeshi Miura, Katsuya Fujiwara, Masachika Saito, and Hideo Tamamoto: “Development of an Uchi-learning System for Mutsumi-ryu-style Shamisen Using VR Environment”, Intelligent Robotics and Applications 9th International Conference, pp. 359-360, 2016 年 8 月, Tokyo Japan <査読有>.

[その他] (計 1 件)

1. 柴田傑: 「プロジェクションマッピングを活用した三味線の学習支援システムの検討」, 民俗芸能情報技術研究所シンポジウム, 2016 年 3 月, (秋田).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 傑 (TAKESHI Shibata)

研究者番号: 90649550