

N-005

三味線演奏における基本動作習得のための特徴表示システムの提案

A Learning Assistant System for a Basic Skill in Samisen Performance Using Features of a Bachi Motion

小坂 晋[Ⓐ] 柴田 傑[Ⓐ] 玉本 英夫[Ⓐ] 桂 博章[Ⓔ] 横山 洋之[Ⓐ]
 Shin Kosaka Takashi Shibata Hideo Tamamoto Hiroaki Katsura Hiroshi Yokoyama

1. まえがき

筆者らは、貴重な無形文化財である民俗芸能の舞踊の伝承に資するために、伝承技術の開発を行っている[1]。モーションキャプチャ(以下、MoCap)を使って舞踊の動作を3次元デジタル情報として記録・保存し、VR技術を使って熟練者と学習者の演技を3DCGで同時に再現する。演技を様々な視点から観察して比較することができるので、従来にない舞踊の学習支援が可能となる。

この技術は、舞踊だけでなく、楽器演奏などの熟練者の演奏を記録・保存して、学習を支援するためにも利用でき[2][3]、三味線の演奏を指導する際に利用しようという取り組みもなされている[4]。この取り組みにおいては、熟練者から直接指導を受けることなくいつでも反復練習できることが、動作の習得にとって効果的であることがわかった。

学習者が熟練者から直接指導を受ける場合、熟練者は、学習者の動作の間違いをリアルタイムで指摘する。学習者はその指摘によって自身の動作の間違いを認識し、動作の習得を行う。しかし、学習者に熟練者と自身の動作の3DCGアニメーションを観察させるだけでは、学習者は動作の違いを十分に認識することは難しく、効果的な学習ができない。柴田らは、学習者と熟練者との動作の違いをリアルタイムで指摘する方法を検討している[5]。あらかじめ指定した身体部位の動作について、熟練者と学習者のMoCapのデータを解析して違いを定量的に評価し、その結果を3DCGで学習者に提示する。学習者は熟練者と自身の動作の違いを客観的に認識できるので、一人で効果的に学習ができる。

そこで本研究では、三味線演奏の基本となる撥(ばち)遣いの学習を対象にして、学習者が一人で反復練習するための、撥の動きの特徴を表示するシステムの開発を行った。撥の動きを解析して動きの違いを評価し、その結果を3DCGにして学習者に提示することによって、学習者に熟練者との動作の違いをリアルタイムで認識させることができる。

開発したシステムも用いて実証実験を行い、本システムを用いることによって、熟練者から直接指導を受けることなく、いつでも基本となる撥遣いを効果的に反復練習できることを確認した。

2. 学習支援手法

2.1 基本となる撥遣い

三味線演奏を学習する場合、楽曲の奏法よりも先に、基本となる撥(ばち)遣いを習得する必要がある。基本となる撥遣いとは、

i) 三味線の胴皮に撥を振り下ろす動作(ウチ)

ii) 三味線の胴皮から撥をすくい上げる動作(スクイ)

などである。この中でも、ウチは特に基本的な撥遣いであり、学習者が最初に学ぶ動作である。

図1(a)に熟練者がウチの動作をしているときの撥の動きを示す。撥を振り上げてから三味線の胴皮に振り下ろすまでの撥の動きが直線的になっている。また、振り下ろした撥が三味線の胴皮で止まっており、三味線の胴皮と撥の動きの軌跡がなす角度がほぼ一定になっている。

図1(b)(c)に、学習者が熟練者から指摘される誤った撥の動きを示す。図1(b)では撥を振り上げてから振り下

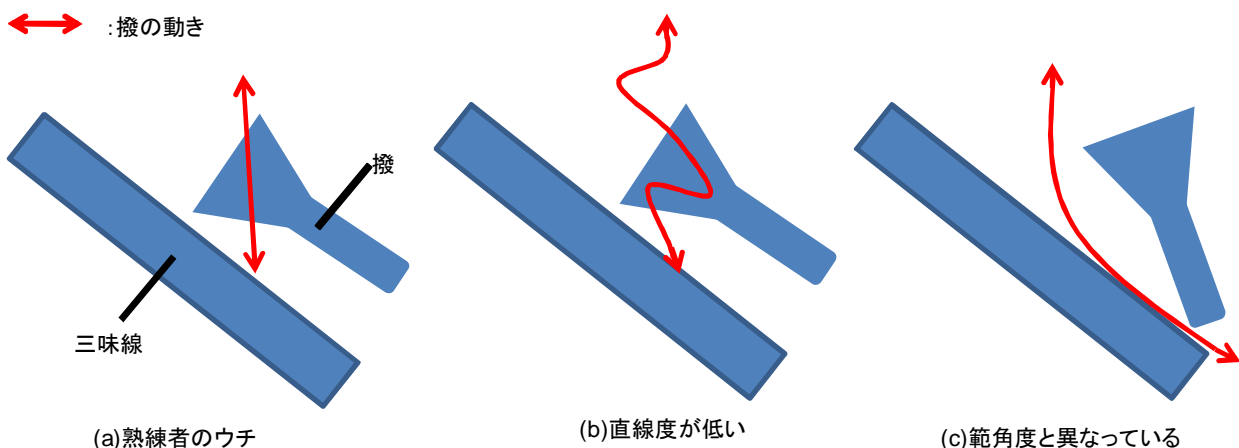


図1 熟練者のウチと典型的な誤り

[Ⓐ] 秋田大学大学院 工学資源学研究所

[Ⓔ] 秋田大学 教育文化学部

ろすまでの撥の動きが直線的でなく、図1(c)では振り下ろした撥が三味線の胴皮で止まらず、下方まで流れている。

本研究では、撥を振り上げてから振り下ろすまでの撥の動きが直線になっている度合を「直線度」と呼ぶ。また、撥の動きの軌跡と三味線の胴皮との角度を「ウチの角度」と呼び、熟練者の「ウチの角度」を「範角度」と呼ぶ。図1(b)は「直線度」が低い誤りであり、図1(c)は「ウチの角度」が「範角度」と異なっている誤りである。学習者が熟練者から直接指導を受ける際に、図1(b)

(c)のような特徴を持つ誤りを行った場合、熟練者からの指摘を受け自身の動作を修正する。

2.2 学習支援手法

民俗芸能の舞踊の伝承技術においては、学習者に動作の違いを自覚するために、実際の映像や3DCGのアニメーションによって自身の動作や熟練者の動作を観察するという取り組みがなされている[1]。しかし、動作を観察するだけでは、動作の違いを自覚することは難しい。動作がどのように違っているかの指摘がないためである。

そこで本研究では、学習者にリアルタイムで動作の違いを指摘するために、熟練者と学習者のウチの動作の特徴をリアルタイムで分析・比較表示するシステムを目指した。

本研究では、撥の動きを収録するために、磁気式 MoCap である POHEMUS 社の Liberty を用いた。Liberty は本体、トランスミッタ、センサで構成される。トランスミッタから発生させた磁気をセンサに感知させ、トランスミッタを原点とした座標系で、センサの位置と回転をそれぞれ3次元情報として計測できる。以下、Liberty で計測した撥の動きの情報を MoCap データと呼ぶ。MoCap データは1秒間に30フレームのレートで計測した。

本研究では、三味線と撥にセンサを取り付け、MoCap データとして三味線と撥の動きを計測する。リアルタイムで計測した学習者の MoCap データを、三味線と撥の3DCGの位置と回転にマッピングして表示し、学習者に自身の撥の動きを観察させる。あらかじめ収録された熟練者の MoCap データから、熟練者の撥の動きの軌跡を表示し、熟練者が三味線のどの位置へどのように撥を振り下ろしているかを学習者に観察させる。MoCap データを分析することで、学習者と熟練者の撥の動きの特徴を算出する。算出した熟練者と学習者の撥の動きの特徴の違いを学習者に認識させるため、撥の周りに球体 CG を配置し、球体 CG の色や大きさを変化させる。ウチの学習中、常に意識する撥の周りに特徴の違いを表す指標を表示することで、特徴の違いを自覚しやすくする。また、指標を球体 CG にすることで、どのような視点からでも指標を確認できるようにする。開発したシステムのビューア部の概要図を図2に示す。

3. 特徴表示システム

3.1 学習者の動作のリアルタイム表示

リアルタイムで計測した学習者の MoCap データを計測するため、使用する三味線と撥に MoCap のセンサを取り付けた。センサを取り付けた位置を図3に示す。

MoCap により計測した MoCap データを 3DCG の三味線と撥にマッピングすることにより、現実世界での三味線

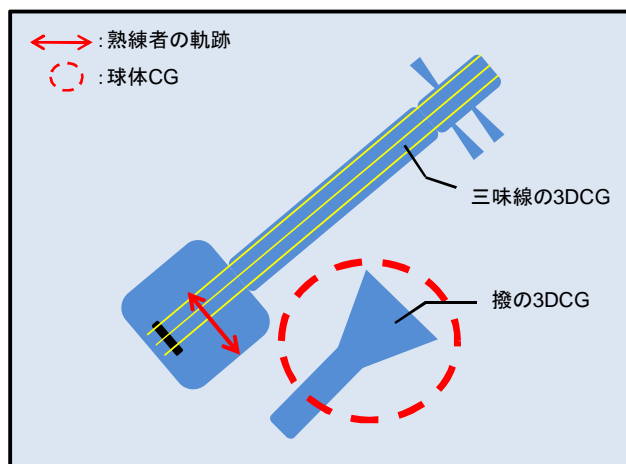
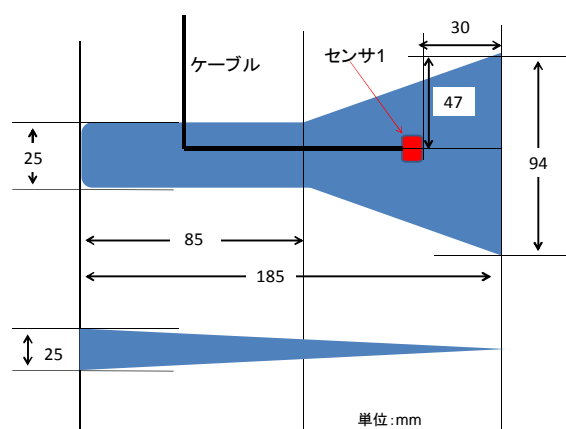
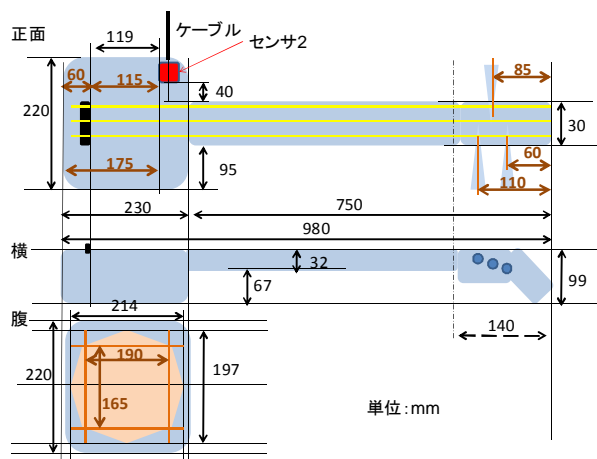


図2 システムのビューア概要図



(a) 撥のセンサ位置



(b) 三味線のセンサ位置

図3 各センサの取り付け位置

と撥の動きをリアルタイムで表示できるようにする。3DCG を現実の三味線と撥と同じ大きさで作り、センサを取り付ける位置を厳密に定めることで、キャリブレーションを容易に行えるようにする。また、マウス操作で視点を変更できるようにする。各マウス操作に対応した視点変化は以下のとおりである。

- 右クリックしてドラッグ … 視点回転
- 左クリックしてドラッグ … 視点平行移動
- マウスホイール回転 … 視点前進・後退

3.2 熟練者の動作表示

あらかじめ収録した熟練者の撥の動きの MoCap データの位置を、時系列順にスプライン曲線でつないで軌跡とする。軌跡の作成方法を図4に示す。

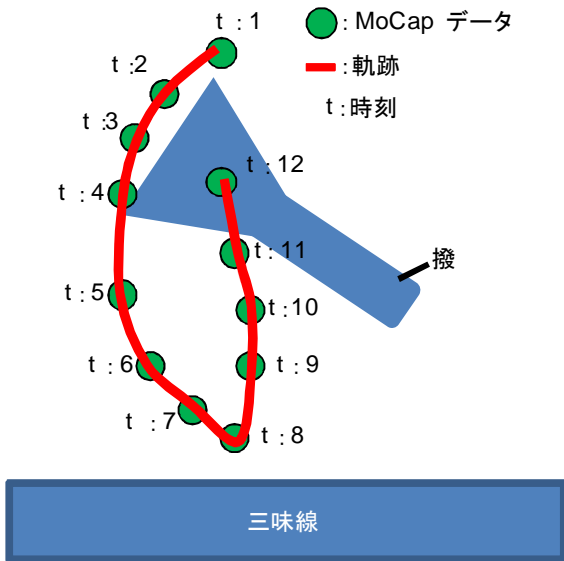


図4 軌跡の作成方法

しかし、撥の動きの軌跡を画面上に表示しただけでは、三味線のどの位置へどのように撥を振り下ろしているかを学習者に観察させることは難しい。三味線の 3DCG は学習者が構えている三味線の動きによってリアルタイムで位置を変える。よって、三味線の 3DCG 上の熟練者がウチを行った位置から、熟練者の撥の動きの軌跡がずれるからである。そこで、熟練者の撥の動きの軌跡が三味線の 3DCG に常に追従するようにし、熟練者がウチを行った位置からずれないようにする。

3.4 直線度表示

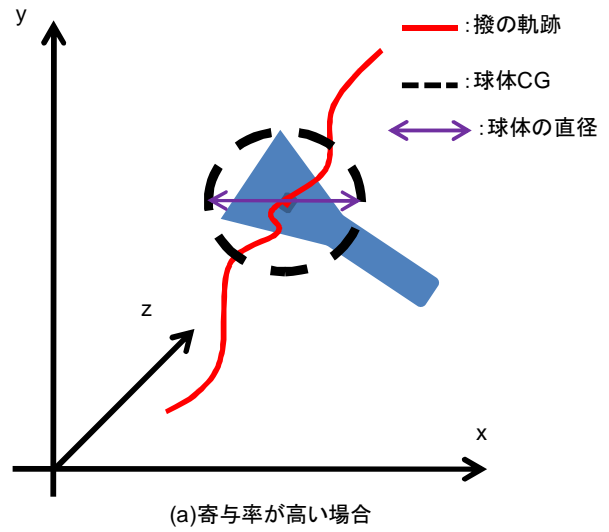
直線度は、主成分分析によって算出する。撥の MoCap データの位置情報を主成分分析し、第一主成分の寄与率を見た場合、直線度が高ければ寄与率が大きくなり、直線度が低ければ寄与率が小さくなると考えられる。よって、本システムでは、第一主成分の寄与率によって直線度を算出する。以降、撥の動きの第一主成分で描いた直線を「ウチの軸」と呼ぶ。

本システムでは、学習者の撥の MoCap データを 60 フレーム分リアルタイムで主成分分析する。直線度は、算出された第一主成分の寄与率により、球体 CG の大きさを変化させて、表示する。寄与率が高い場合は球体 CG の直径が小さくなるように、寄与率が低い場合は球体 CG の直径が大きくなるように変化させる。球体 CG の直径の変化によって、学習者に自らの直線度を認識することができる。球体 CG の直径の変化の例を図5に示す。

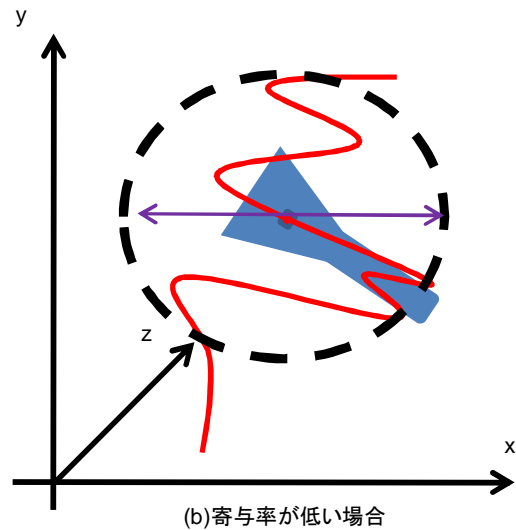
本システムを用いてウチの学習を行う場合、学習者は球体 CG の直径がなるべく小さくなるように撥の動きを修正しながら学習を行う。

3.4 ウチの角度表示

ウチの角度は、図6に示すように、三味線の胴皮に垂直なベクトル(法線)とウチの軸がなす角度とする。



(a) 寄与率が高い場合



(b) 寄与率が低い場合

図5 球体の直径変化の例

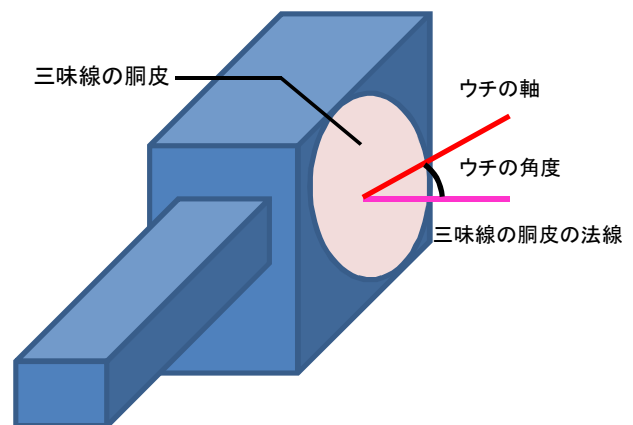


図6 ウチの角度

学習者のウチの角度が範角度とどの程度違うのかを示すため、角度の違いによって球体 CG の色を変化させる。ウチの角度が範角度より大きく 90° 以下のとき、球体は赤色に変化する。ウチの角度が範角度より小さく 0° 以上の

とき、球体の色は青色に変化する。それぞれの色は、ウチの角度と範角度の差が大きくなるほど濃くなる。また、ウチの角度が範角度のとき、球体の色は白色に変化する。ウチの角度による色の変化を図7に示す。

三味線の胴皮の法線

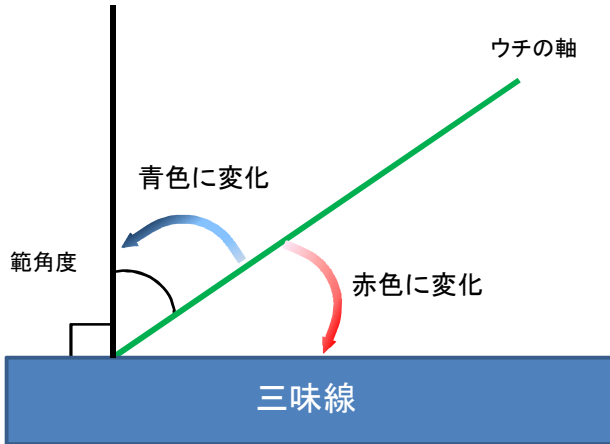


図7 ウチの角度による色の変化

なお、熟練者の MoCap データを分析して範角度を求めたところ、おおよそ 42° であった。

本システムを用いてウチの学習を行う場合、学習者は球体 CG の色を確認し、球体 CG の色が白に近づくように撥の動きを修正しながら学習を行う。

4. 実験

4.1 実験概要

次の事項を確認するために実験を行った。

- i) 三味線・撥・球体・熟練者の撥の軌跡の 3DCG をリアルタイムで表示し、動かすことができるか
- ii) 直線度に応じて球体 CG の直径を変えることができるか
- iii) ウチの角度と範角度の差に応じて球体 CG の色を変えることができるか
- iv) 学習者が、自身と熟練者の動作の違いを客観的に認識し、動作を修正できるか

4.2 リアルタイム表示実験

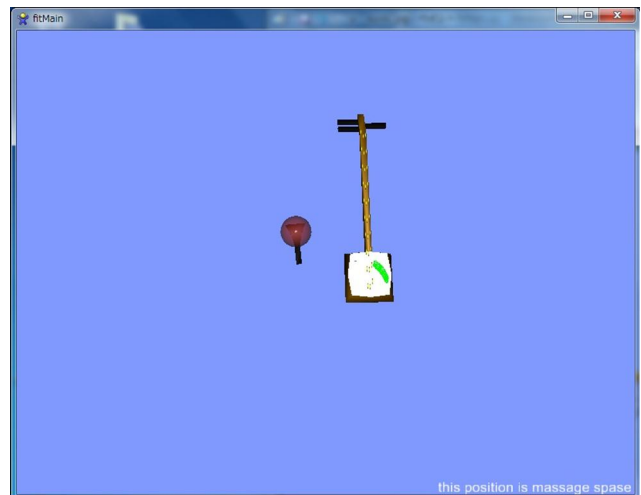
4.1 に示した i) を確認するため、まず 3.1 で示した位置にセンサを取り付けた三味線と撥を用意し、特徴表示システムを起動した。特徴表示システムを起動すると、三味線・撥・球体・熟練者の撥の軌跡の 3DCG が画面に表示された。起動した際のスクリーンショットを図8に示す。

次に各 3DCG をリアルタイムで動かすことができるかを確認するため、センサを取り付けた三味線と撥を動かした。三味線と撥を動かすと、動きに合わせて画面中の三味線・撥・球体・熟練者の撥の軌跡の 3DCG が移動することを目視で確認した。確認中の動作のうち、(a) 三味線と撥を立てる動作、(b) 三味線と撥を構える動作を行った際スクリーンショットを図9に示す。

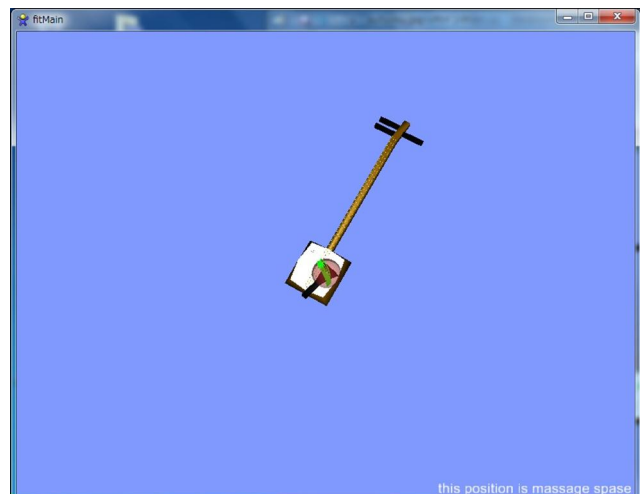
また、マウス操作で視点を変更することができることも併せて確認した。



図8 特徴表示システムのビューア



(a) 三味線と撥を立てる動作



(b) 三味線と撥を構える動作

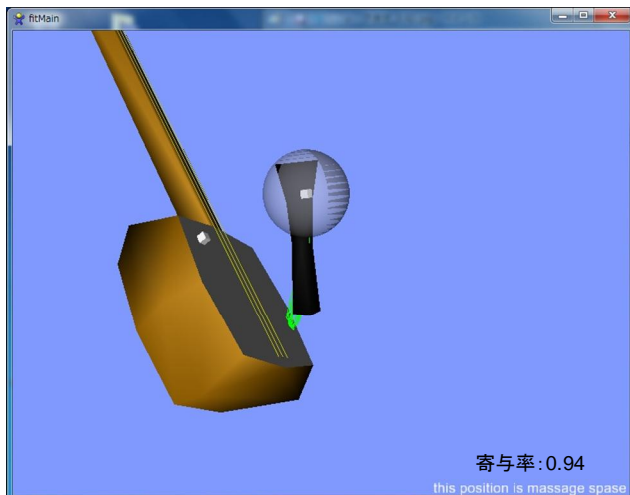
図9 リアルタイムでの表示確認の様子

図8、図9においても、球体の大きさ・色が変わっていることがわかるが、詳細な検証は以下で行う。

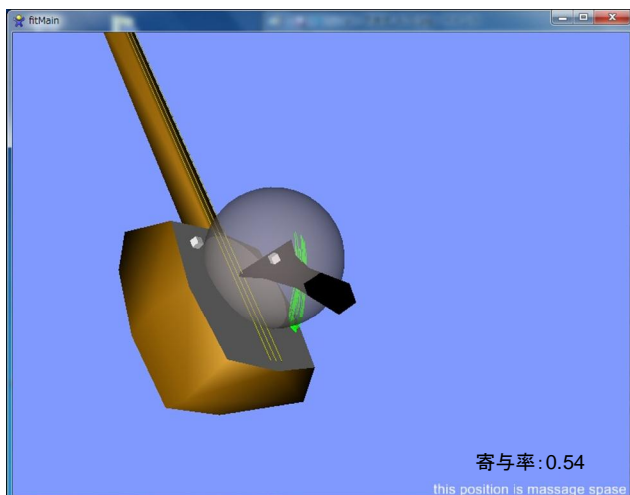
4.3 直線度表示実験

4.1 に示した ii)を確認するため、(a)直線度が高くなるような撥の動き、(b)直線度が低くなるような撥の動きを実際に行った。直線度が低くなるような撥の動きとは、図 1 (b)のように撥を振り上げてから振り下ろすまでの撥の動きが直線的でない場合をいう。

(a)(b)の動きを反復して行くと、球体 CG の直径が変化することを目視で確認した。確認中のスクリーンショットと、スクリーンショット撮影時の寄与率を図 10 に示す。図 10(a)は直線度が高くなるような撥の動き、図 10(b)は直線度が低くなるような撥の動きを行った場合である。



(a)直線度が高い動き



(b)直線度が低い動き

図10 直線度に応じた球体CGの直径変化の様子

4.4 ウチの角度表示実験

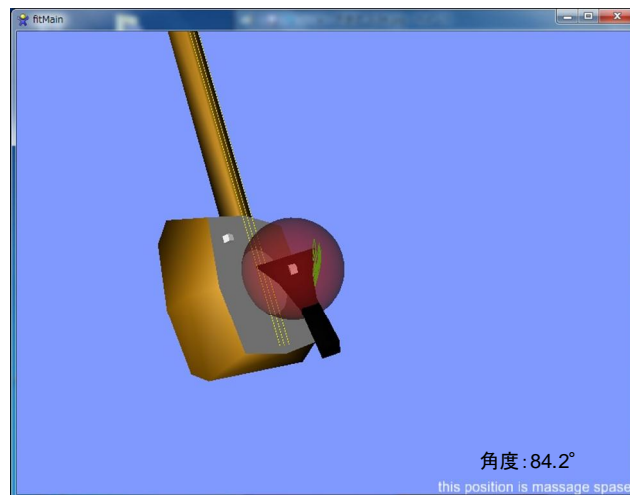
4.1 に示した iii)を確認するため、(a)ウチの角度が範角度に近い撥の動き、(b)ウチの角度が範角度と異なっている撥の動きを実際に行った。ウチの角度が範角度に近い撥の動きは、熟練者の軌跡に合わせるように撥を動かして

行った。また、ウチの角度が範角度と異なっている撥の動きは、図 1 (c)のように振り下ろした撥が三味線の胴皮で止まらず、下方まで流れる場合をいう。

(a)(b)の動きを反復して行くと、球体 CG の色が変わることを目視で確認した。確認中のスクリーンショット



(a)ウチの角度が範角度に近い



(b)ウチの角度が範角度と異なっている

図11 ウチの角度に応じた球体CGの色変化の様子

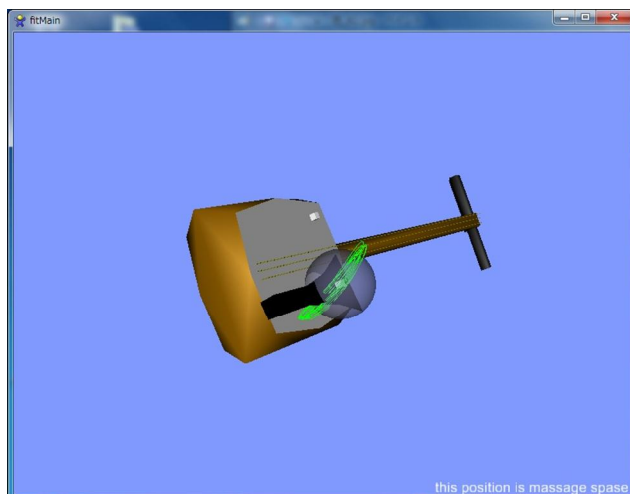


図12 反復練習の様子

と、スクリーンショット撮影時のウチの角度を図 11 に示す。図 11(a)がウチの角度が範角度に近くなるような撥の動き、図 11(b)がウチの角度が範角度と異なっている撥の動きを行った場合である。

4.5 動作の修正実験

4.1 に示した iv) を確認するため、本システムを使用して実際に反復練習を行った。本システムを起動し、学習者が見やすい位置にカメラ（視点）を移動させた後、練習を行った。練習中のスクリーンショットを図 12 に示す。

図 12 の場面では、球体 CG の直径から、自分の直線度に大きな誤りがないことを確認することができた。また、球体 CG の色が青色に近づいていることを確認し、ウチの角度が範角度 (42°) より小さいことを確認できた。確認後、ウチの角度がより大きくなるよう意識して反復練習を行うことができた。

4.6 実験まとめと考察

リアルタイム表示実験にて、ウチの動作に合わせて三味線・撥・球体・熟練者の撥の軌跡の 3DCG を画面に表示し、MoCap データを用いてリアルタイムで移動できることを確認した。よって本システムにより、学習者が自身の動作と熟練者の動作を観察することができると考える。

直線度表示実験にて、直線度に応じて球体 CG の直径が変化することを確認した。図 10(a) から、直線度が高い撥の動きをしている際、球体 CG の直線度が小さくなっていることを確認した。図 10(b) から、直線度が低い撥の動きをしている際、球体 CG の直径が大きくなっていることを確認した。よって本システムにより、学習者に自身の直線度を認識させることができると考える。

ウチの角度表示実験にて、ウチの角度に応じて球体の色を変化することを確認した。図 11(a) から、ウチの角度が範角度 (42°) に近いとき、球体 CG の色が白くなることを確認した。図 11(b) から、撥が下方に流れることにより、ウチの角度が 90° に近づき、球体 CG の色が赤く変化する様子を確認した。よって、本システムにより、ウチの角度が範角度から 90° の場合、学習者に自身のウチの角度が範角度と異なっていることを認識させることができると考える。

動作の修正実験にて、学習者が自身の直線度とウチの角度を自覚して反復練習を行うことができたことを確認した。よって本システムにより、学習者が自身と熟練者の動作の違いを客観的に認識し、動作を修正できると考える。また、ウチの角度が 0° から範角度の場合も、球体 CG の色を青色に変化させることができたことを確認した。よって本システムにより、ウチの角度が 0° から範角度の場合にも、学習者に自身のウチの角度が範角度と異なっていることを認識させることができると考える。

以上の実験結果から、学習者がウチの学習を行っている際、本研究で想定した(a)直線度が低い、(b)ウチの角度が範角度と異なっているという誤りをした場合に、誤りを認識させるための特徴表示システムを開発することができたと考える。

4. おわりに

三味線演奏時に基本となる撥遣いの、ウチの動作を学習者が一人で学習する場合、i) 学習者に自身の動作を観察させる、ii) 学習者に熟練者が三味線のどの位置へどのように撥を振り下ろしているかを観察させる、iii) 熟練者と学習者のウチの動作の違いを学習者に認識させ、動作

の違いを自覚させることが重要である。特に典型的な誤りである(a)直線度が低い、(b)ウチの角度が範角度と異なっている動作を学習者が行った場合、動作を修正できるようなシステムを作ることが、学習者が一人でウチの動作を学ぶことを支援する上で効果的だと考えた。そこで本研究では、MoCap と VR 技術を用いて、i)～iii)を満たす特徴表示システムを提案した。三味線・撥・熟練者の撥軌跡を 3DCG で表示し、MoCap データで動かせるようにした。撥の 3DCG の周りに球体 CG を付与し、直径や色を変えることで、自分と熟練者の動作の違いを学習者に指摘した。実験から、本システムによって i)～iii)を満たす学習が可能であることを確認した。

今後の課題として、学習者が(a)(b)以外の誤りを行った場合、誤りを指摘し、動作を修正することができるようにシステムを改良することがあげられる。

謝辞

本研究の一部は、平成 23 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号 23500108) の支援によって実施した。

参考文献

- [1] 玉本英夫：『民俗芸能の舞踊を伝承するための記録・保存技術の開発』、情報処理学会研究報告、Vol.2009-DD-72、No.16、2009。
- [2] Md. M. Rahman, K.Mitobe, M.Suzuki, C.Takano and N.Yoshimura：『Analysis of Dexterous Finger Movements for Piano Education Using Motion Capture System』、International Journal of Science and Technology Education Research, vol.2, No.2, pp.22-31, 2011
- [3] 児玉純一、齋藤正親、水戸部一孝、鈴木雅史：『磁気式 MoCap と光学シースルー型 HMD を組み合わせた動作学習ツールの開発』、日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会論文集、pp.356-359, 2010
- [4] 桂博章：『三味線の撥遣いの学習におけるモーションキャプチャ装置の効果』、日本音楽表現学会第 9 回大会、2011。
- [5] 柴田傑、海賀孝明、玉本英夫、横山洋之：『モーションキャプチャを用いたリアルタイム舞踊学習支援システムの検討』、日本素材物性学会平成 23 年度年会講演要旨集、pp11-12, 2011。