

プロジェクションマッピングによる箏演奏学習支援システム

土井麻由佳^{†1} 宮下芳明^{†1}

概要: 箏を演奏するためには、手の形や爪の当て方、力の入れ方といった演奏技術だけでなく、箏譜を読み弾くべき弦の位置を瞬時に把握することが必要である。また箏には 25 種類もの奏法が存在し、その中には運指の切り替えタイミング等の演奏するにあたって必要な情報が箏譜上に書かれていないものもある。そこで本稿では、「奏法」を含めた箏演奏学習支援手法を提案する。対象者は箏初心者とする。提案手法は、運指別に色分けした撥弦位置や弾く向きを表した矢印、奏法を表す記号といった演奏支援情報を箏の弦や龍甲に直接提示する。本提案システムでは、プロジェクションマッピングによって、これらの提示を行う。これにより、箏譜が読めず弦の位置も把握できない初心者でも、奏法を含めた箏演奏を学習できることを目指した。弦名が書かれた紙を用いた従来手法との比較実験を行い、提案手法の有用性を検証した。実験の結果、提案手法は従来手法以上に効果的であることを示した。

キーワード: 音楽演奏学習支援, 箏, プロジェクションマッピング

Koto Learning Support System by Projection Mapping

MAYUKA DOI^{†1} HOMEI MIYASHITA^{†1}

Abstract: Koto players need not only to have play techniques but also to read koto scores and to understand string positions instantly. In addition, there are many playing techniques of the koto and there is no information about timing of switching fingering and pushing the string below in koto scores. In this paper, we propose a method to support learning how to play the koto including several playing techniques for beginners. Our proposed system presents the color-coded positions by fingering, the arrows that show the direction of moving fingers, and the playing techniques to strings and a plate of the koto directly by projection mapping. We evaluated its effectiveness by comparative study. As a result, it is more effective than the conventional method.

Keywords: instrument learning support, koto, projection mapping

1. はじめに

箏は中国から伝来した弦楽器である。箏を弾くのは難しいと思われがちだが、音を出すこと自体は難しくなく [1]。しかし箏を演奏するためには、手の形や爪の当て方、力の入れ方といった演奏技術に加えて、読譜力や弦の位置把握力が必要となる。箏の楽譜（以下、箏譜とする）は弾くべき弦名が書かれているため、箏譜から撥弦位置を直接読み取ることができる。だが箏には弦の位置把握の目印となるものがないため、初心者が弦の位置を瞬時に把握することは難しい。そのためスムーズに演奏することができず、モチベーションが下がる原因となる。加えて音符ではなく弦名で書かれているため、箏譜から曲をイメージすることは難しい。さらに奏法を表す記号等が独特である（図 1）ため、箏譜を読み取ることは初心者にとって困難である。

また、箏には様々な奏法が存在する。市販の教則本 [1][2]によれば、右手の奏法が 11 種類、左手の奏法が 7 種類、現代的な奏法が 7 種類の計 25 種類あるとされている。これらの奏法は、難しい楽曲だけでなく易しい楽曲にも含まれている。そして、これらの奏法を表す記号の中にはタイミング等がわからないものもある。例えば、図 1 の赤枠は巾という 1 番手前の弦から六までを裏連（表 1）で、その後

図 1 「沢井忠夫箏教則本第一集」 p.27（一部抜粋）

六を引き色（表 1）で弾くということを表している。裏連という奏法は様々な指で弾くが、箏譜には指を切り替えるタイミングが一切書かれていない。また押し手（表 1）という奏法は、弦を弾く前に琴柱（図 2）の左側の弦を下に押ししていなければならないが、そのタイミングについても箏譜には書かれていない（図 1 青枠）。そのため、これらの奏法を習得することは難しい。

そこで本研究では、箏の弦や龍甲にこれらの支援情報を直観的に提示することで箏演奏学習支援を行う手法を提案する。提案システムはプロジェクションマッピングを用いて、これらを提示する（図 2）。これにより、弦の位置が把握できず箏譜が読めなくても「奏法」を含めた箏演奏学習

^{†1} 明治大学
Meiji University

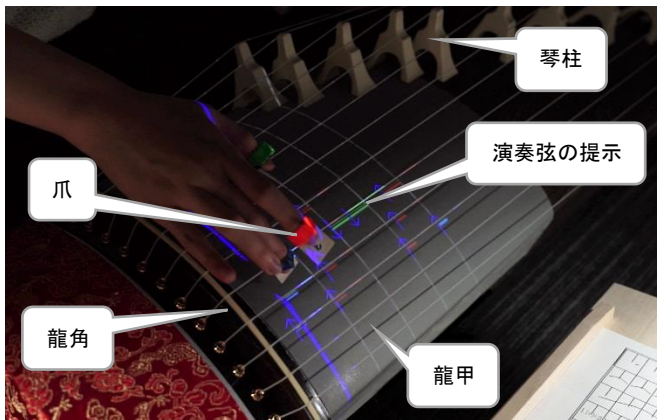


図 2 提案システム

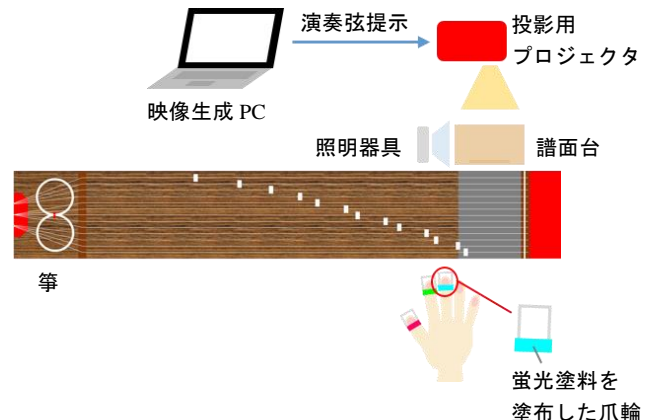


図 3 システム構成

ができることを目指す。奏法は前述の奏法のうち 20 種類に対応している。奏法の選定は、箏奏者 18 名を対象とした奏法の難易度や頻出度に関するアンケート調査の結果に基づいている。弦名が書かれた紙を用いた従来手法との比較実験を行い、練習時および支援のない通常の箏への移行時における提案手法の有用性を検証した。実験の結果、運指別に色分けした演奏弦や指を動かす方向の提示がモチベーションの維持だけでなく、弾くべき弦の位置や運指、曲の流れの把握にも有用であり、従来手法以上に効果的に学習できた。なお、本稿で対象とする箏は十三弦、流派は生田流、使用する箏譜は大日本家庭音楽会式の縦譜とする。

2. 関連研究

佐野らは、初心者が簡単かつ楽しく箏を演奏できることを目指し、龍額に箏譜を、弾くべき弦の位置に爪と対応した色を提示することで、撥弦位置と運指を容易に把握できる箏演奏支援システムを構築した [3]。Rogers らは、鍵盤や投影拡張領域に、打鍵位置や運指、奏法といった演奏支援情報を投影することで、楽譜が読めなくてもピアノ演奏可能なシステムを構築した [4]。Zhang らは、丸や三角といったシンプルな図形で位置やジェスチャーを示すことによって、古琴の演奏支援を行った [5]。この他にもプロジェクションマッピングを用いた演奏支援研究として、竹川らの運指習熟を高めるピアノ演奏支援 [6] やリズム学習を考慮したピアノ演奏支援 [7]、Löchtefeld らのギター演奏習得支援 [8] がある。しかし、奏法の習得を含めた和楽器演奏支援に関する研究は行われていない。そこで本稿では、「奏法」を含めた箏演奏学習支援手法を提案する。

3. システム概要

3.1 システム構成

提案システムの構成を図 3 に示す。提案システムは演奏支援情報を提示するために、箏の上にプロジェクタを設置した。また演奏支援情報を見やすくするために、龍角付近の龍甲に灰色の紙を貼った。加えて提案システムは暗室で

使用することを想定しているため、箏譜が見えるよう照明器具を譜面台付近に設置し、爪輪には蛍光塗料を塗布した。

3.2 演奏支援情報と機能

箏の弦や龍甲に 1 小節分の演奏支援情報を投影する。演奏支援情報は弾くべき弦上に目印の線や、指の動きを表す矢印および奏法を表す記号、ならびに 1 拍ごとの区切り線から構成され、左から右に 1 小節かけて動く。目印の線の長さは箏譜と演奏支援情報の対応関係を分かりやすくするために、流し爪、引き連、裏連、トレモロ、アルペジオの 5 つの奏法は音長に、それ以外の奏法は箏譜上の弦名の大きさに合わせた。また爪で弾く場合は龍角から 2~4cm のところで弾くため、正しい位置で弦を弾けるよう龍角から 3cm のところに青線を投影し、指の動きを表した矢印等の演奏支援情報がそこに来たタイミングで、指定された撥弦位置を指定された運指および奏法で弾くこととする。箏譜と演奏支援情報の提示例を図 4 に示す。また、システムが対象とする奏法とその提示方法の詳細を表 1 と図 5 に示す。図 4 と図 5 の運指の色は、図 3 と対応している。

演奏支援機能については、大きく分けて 2 種類のモードがある。どちらのモードも、演奏支援情報の提示に合わせてメトロノームが鳴る。またテンポ変更を可能とし、 $J=75$ 、 $J=72$ 、 $J=60$ 、 $J=48$ 、 $J=30$ の 5 つから選択できるようにした。**練習モード** 奏法別に練習することができる。なお、流し爪、引き連、割り爪、裏連を除き、演奏弦の指定はランダムに行われる。押し合せについては平調子のみを考慮しているため、対応できない弦を除いたランダム提示とする。

演奏モード 実際に曲を弾くことができる。タイミングと弦、奏法の 3 つを指定し、演奏支援情報を提示していく。

マッピングにあたっては、箏の弦は水平ではないため、全ての弦に正確にプロジェクションマッピングされるようにし、位置の保存や読み込みも可能とした。位置合わせ時のみ半拍ごとの区切り線も提示しており、龍角に最も近い線を龍角から 3cm のところに合わせた後、間隔が 2cm になるように調整する。これにより正しい位置で弦を弾くことができる。位置合わせはマウスドラッグによって行う。

表 1 奏法と提示方法一覧

奏法名	弾き方	提示方法
すくい爪	右手の親指で弦を手前にすくい上げる。	親指の色の線に指の動きを表す矢印を付加し提示する (図 5(1))。
押し合せ	隣り合った弦の低い方の弦を下に押し、高い方の弦の音と同じにしてから、右手の親指で 2 本同時に弾く。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を同時に提示する。弦を下に押すタイミングの少し前に琴柱の左側を押すことを表す矢印を提示し、放すタイミングで消す。また低い方の弦の琴柱の左側を黄色い線で提示する。
かき爪	隣り合った 2 本の弦を同時に右手の中指で手前にひっかくようにして弾く。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を同時に提示する (図 5(2))。
割り爪	右手の人差し指、中指の順にかき爪をする。	
合せ爪	右手の親指と、中指または人差し指で同時に複数弦を弾く。	
流し爪	右手の親指で高い音から低い音へグリッサンドする。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を順に提示する。
引き連	右手の中指で低い音から高い音へグリッサンドする。	
裏連	右手の人差し指でトレモロ (後述) した後、人差し指と中指の爪の裏で、高い音から低い音へと順にグリッサンドし、最後の 2、3 弦を親指の通常面で弾く。	トレモロ (後述) と同様に表示した後、該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を順に提示する (図 5(3))。
散し爪・輪連	散し爪は右手の中指の爪の右側を弦にあて、1 本の弦を素早く右から左へ擦る。一方、輪連は右手の人差し指と中指で散し爪と同様に 2 本の弦を擦る。	該当する運指の色で指の動きを表す矢印を提示する。
押し手	左手で琴柱の左側の弦を下に押し、音を半音または 1 音、1 音半高くして弾く。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を提示する。押し手の少し前から琴柱の左側を押すことを表す矢印を提示し、放すタイミングで消す。また琴柱の左側を黄色い線で提示する (図 5(4))。
押し放し	押し手や後押し (後述) をした後に左手を放し、余韻を変化させる。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を提示する。琴柱の左側を押すタイミングで押し手を表す矢印を提示し、放すタイミングで消す。また琴柱の左側を黄色い線で提示する。
後押し	弦を弾いた後に押し手をする事で、余韻を高くする。	
突き色	右手で弦を弾いた直後に、左手で琴柱の左側の弦を突くように押して素早く放す。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を提示する。突くタイミングは V 字で表す。また琴柱の左側を黄色い線で提示する。
引き色	弾いた後、琴柱のすぐ左側を龍角側に引っ張り、音を下げる。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を提示する。引っ張るタイミングと向きは黄色の矢印で表す。また琴柱の左側を黄色い線で提示する。
消し爪	琴柱のすぐ右側の弦の下に人差し指の爪をかすかに弦に触れさせて弾く。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印と消すことを示す×印を提示する。
スタックアート	弦を弾いた直後に、弦に手を触れて弾いた音を消す。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印と消すことを示す青丸を提示する。
ピチカート	爪をはめていない指で弦を弾く。	白線で提示する。
トレモロ	右手の親指を添え、人差し指の爪の角を細かく往復させて音を出す。	人差し指の色でトレモロの拍の長さ分の線を提示し、弾くタイミングになったら徐々に短くし残り時間を示す。
ハーモニクス	龍角と琴柱の間を指で押さえながら弾き、1 オクターブ高い音を出す。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印と黄色の丸 (塗りつぶしなし) を提示する。また、押さえる場所をピンク色の丸で示す。
アルペジオ	複数本の弦を順に弾く。	該当する運指の色の線とともに指の動きを表す矢印を順に提示する。

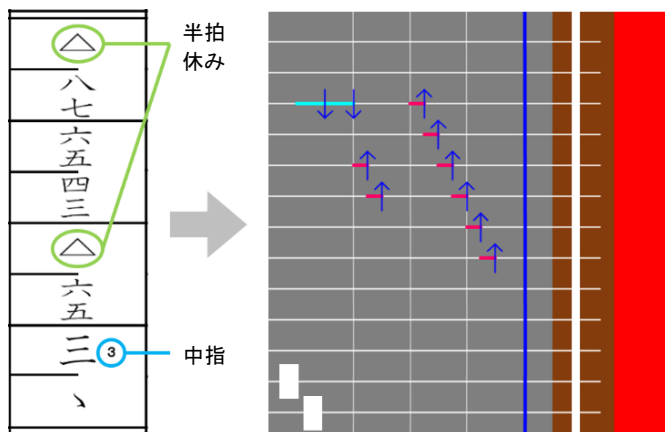


図 4 楽譜と対応する演奏支援情報例

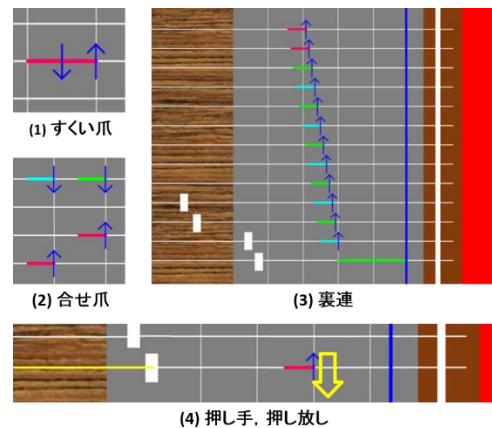


図 5 提示情報の詳細

4. 評価実験

提案手法の有用性を検証するため、初心者を対象に演奏初歩段階における箏演奏に関する習熟の速さおよびモチベーション、テスト演奏の主観的評価、読譜力の向上を長期実験により評価した。本稿では、運指や撥弦位置を覚えるために練習している段階を演奏初歩段階と定義した。

4.1 箏初心者を対象とした長期実験

4.1.1 実験手順

比較対象 演奏初歩段階における提案手法の有用性を検証するため、箏譜と弦名が書いてある紙を貼った箏を用いた従来手法との比較実験を行った。弦名が書かれた紙は、龍角付近の龍甲に貼った(図 6 右上)。

実験参加者 箏譜が読めず弦の位置を瞬時に把握することができない大学生 6 名(男性 5 名, 女性 1 名)を、音楽経験を考慮して 3 名ずつ提案手法を用いるグループと従来手法を用いるグループの 2 つに分けた。各参加者の音楽経験と割り当てられた手法を表 2 に示す。

課題曲 沢井忠夫作曲「冬の日」I 箏パートの 1 小節目から 46 小節目のうち, 29 小節目から 42 小節目までを除いた 32 小節を演奏させた。選曲にあたっては、箏講師に難易度が妥当であることを確認してもらった。実験には I 箏パートのみを抽出した箏譜を用いた。

実験方法 弦名が書かれた紙を貼った箏を従来システム、七の弦に印をつけた箏を印付きシステム、印のない箏を支援なしシステムとする(図 6)。どのシステムを使用する場合であっても譜面台に箏譜を置き、龍角付近の龍甲に灰色の紙を貼った。加えて提案システムを使用する場合は、手元が見える程度に照明を落とした。

一般的な箏演奏学習は、初めの 30 分から 1 時間程度は従来手法を用いて練習し、その後は印のない箏を使用する。また部活動では、初めに従来手法で練習し、慣れてきたら印をつけた箏に切り替え、最終的に印のない箏で練習するといった過程をたどる。

今回の実験では、提案システムと従来システムの学習効果をテスト演奏の成績や主観的評価、アンケートから調査し、各システムから支援なしシステムへの移行についても調べる。実験は 5 日間行った。各日の予定を表 3 に示す。

提案手法グループの参加者には、弾き方等に加えて提案システムの提示情報の見方や使い方についても説明した。P1-P5 の練習では、割り当てられたシステム(提案システムまたは従来システム)、印付きシステム、支援なしシステムの中から参加者に選択させ、15 分間練習させた。練習途中でのシステム変更を可能としたが、変更した参加者はいなかった。T1-T5 のテスト演奏では、割り当てられたシステムを用いて通し演奏をさせた。練習中もテスト時も $J=60$ でメトロノームを鳴らした。

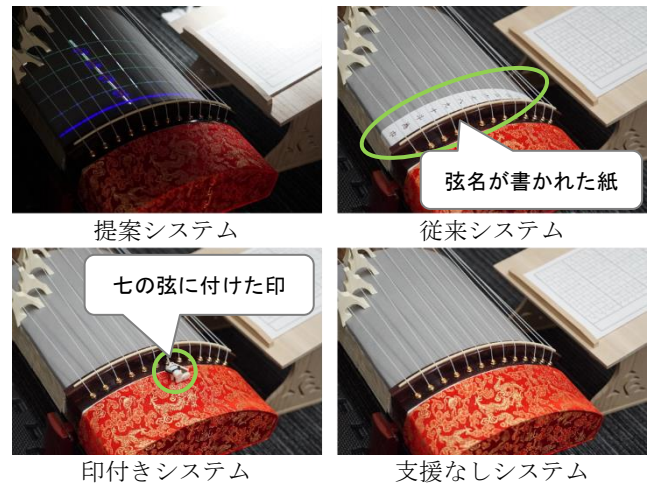


図 6 使用するシステムの種類

表 2 各参加者の音楽経験と割り当て手法

参加者	音楽経験	読譜		手法
		五線譜	タブ譜	
a	ピアノ(演奏歴 12 年) クラリネット(演奏歴 3 年) チェロ(演奏歴 3 年) クラシックギター(演奏歴 3 年)	○	×	提案
b	エレキギター(演奏歴 2 年) エレキベース(演奏歴半年)	×	○	提案
c	なし	×	×	提案
d	フルート(演奏歴 10 年)	○	×	従来
e	ピアノ(演奏歴 9 年)	○	×	従来
f	なし	×	×	従来

表 3 実験スケジュール

実験日	実験内容
1 日目	爪の付け方や構え方、箏譜の読み方、課題曲に出てくる奏法を含めた弾き方を教える、課題曲の確認(お手本を 1 回聴かせる)、練習(P1)、テスト演奏(T1)
2 日目	課題曲の確認、練習(P2)、テスト演奏(T2)
3 日目	弾き方、課題曲の確認、練習(P3)、テスト演奏(T3)
4 日目	2 日目と同様(P4, T4)
5 日目	課題曲の確認、練習(P5)、テスト演奏(T5)、印付きシステムを使用して 10 分間練習(P6)、印付きシステムを使用してテスト演奏(T6)、支援なしシステムを使用してテスト演奏(T7)

各日の最終テスト終了後、P1-P6 のモチベーションスコアをリッカート尺度を使用した 7 段階評価で、T1-T7 の主観的演奏評価を 10 点満点でそれぞれつけさせ、その理由も書かせた。また、最後に自由記述の感想を記入させた。

なお、調弦と位置合わせは筆者が事前に行った。

実験参加者への指示 練習中に質問がある場合は聞くよう指示した。またテスト時はテンポに合わせて弾き直しをしないよう指示した。

判定方法 演奏ミスの判定方法とその例を図 7 に示す。

演奏遅延時間については、テンポのずれ等による演奏遅

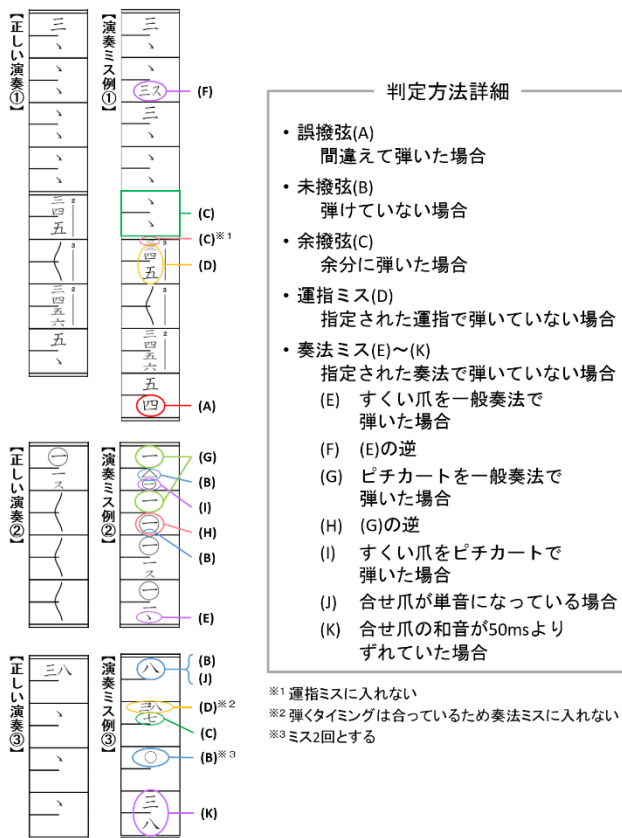


図 7 演奏ミスの判定例

延時間だけでなく、弾き直すまでに要した時間や弾き直した時間、撥弦位置や楽譜上の演奏位置を探すことによって発生した演奏停止時間も含めた。

なお、判定はテスト演奏を録画した映像と波形を用いて筆者が行った。

4.1.2 結果

各手法参加者のテスト演奏ごとの撥弦ミス数および運指ミス数、奏法ミス数の平均を図 8 に示す。

撥弦ミス 誤撥弦は T1-T5 において、提案手法は従来手法より少ない結果となった。有意水準 5% で t 検定を行ったところ、T5 についてのみ有意差が認められた。

未撥弦については、T1, T3 を除き、どちらの手法もさほど変わらない結果となった。有意水準 5% で t 検定を行ったが、各回有意差は認められなかった。

余撥弦については、T1 では大きな差があったものの、T2 以降はどちらの手法もさほど変わらない結果となった。有意水準 5% で t 検定を行ったが、各回有意差は認められなかった。また分類した項目ごとについても同様に t 検定を行ったが、いずれも有意差は認められなかった。しかし技術不足によるミスを除いた場合では、T2, T5 の提案手法に有意傾向が見られた。

割り当てられたシステムを使用しない試行における撥弦ミス全体として、T6 は、提案手法の方が従来手法よりミスが多い結果となった。しかし T7 では、提案手法は従来

手法よりミスが少なく、T6 と比べてもミスは減少していた。**運指ミス** 提案手法は T5 までにはミスが少なく、参加者全員がミスなく演奏できた試行もあった。しかし T6 と T7 では、従来手法と同程度にミスが発生した。一方従来手法は T2 でミスが増えたものの、T2 から T6 にかけてミスが徐々に減少していく傾向にあった。有意水準 5% で t 検定を行ったが、各回有意差は認められなかった。

またピチカートについては、左手の中指もしくは薬指で弾くよう指示したが、左手の人差し指で弾く参加者がいた。今回は許容範囲内とし、運指ミスにカウントしなかった。

奏法ミス すくい爪やピチカートについては、参加者 6 人中 5 人はほぼミスがなかった。しかし合せ爪についてはミスが発生していた。有意水準 5% で t 検定を行ったが、各回有意差は認められなかった。また、すくい爪に関するミス、ピチカートに関するミス、合せ爪に関するミスの 3 つに分類し、それぞれについて同様に t 検定を行ったが、こちらについても有意差は認められなかった。

演奏遅延時間 各参加者の練習 (P1-P6) におけるシステム使用時間を図 9 に、各テストの演奏遅延時間を表 4 に示す。T6 と T7 について有意水準 5% で t 検定を行ったが、どちらも有意差は認められなかった。

提案手法を用いた場合、演奏遅延はなかったが、なくなると従来手法以上に遅延が発生する者もいた。加えて T6 では 2 人、T7 では 1 人弾き直しをしていた。

一方従来手法を用いた場合は、テンポの遅延や演奏停止が発生していた。また T1, T3, T7 では全員、T2 では 1 人、T5, T6 では 2 人弾き直しをしていた。T3, T6, T7 を除き全体的に日を追うごとに遅延時間は短縮された。

各参加者の主観的演奏評価 各手法参加者の主観的演奏評価の平均スコアを図 10 に示す。従来手法より提案手法の方が高評価または同程度であった。有意水準 5% で t 検定を行ったところ、T1, T2, T4 において有意差が認められた。また T3 では提案手法に有意傾向が見られた。

モチベーション 各手法参加者の練習時のモチベーションスコアの平均を図 11 に示す。いずれの手法も 4~6 点を推移しているが、提案手法は P3, P6 で大幅に減少した。また P1 から P2 の評価については、提案手法は高くなったが、従来手法は低くなった。有意水準 5% で t 検定を行ったところ、各回有意差は認められなかった。各手法における P5 と P6 のスコアの差についても有意水準 5% で t 検定を行ったが、有意差は認められなかった。

4.1.3 考察

まず提案手法について述べる。提案手法は次々と運指別に色分けした撥弦位置を弦に直接提示しているため、提示情報に追いつかないことによる未撥弦は多かったが、誤撥弦や運指ミス、弾き直しによる余撥弦は少なかった。また演奏が遅延することなく、たとえミスをしたとしてもスムーズに演奏に戻れていた。そのため主観的演奏評価やモチベーシ

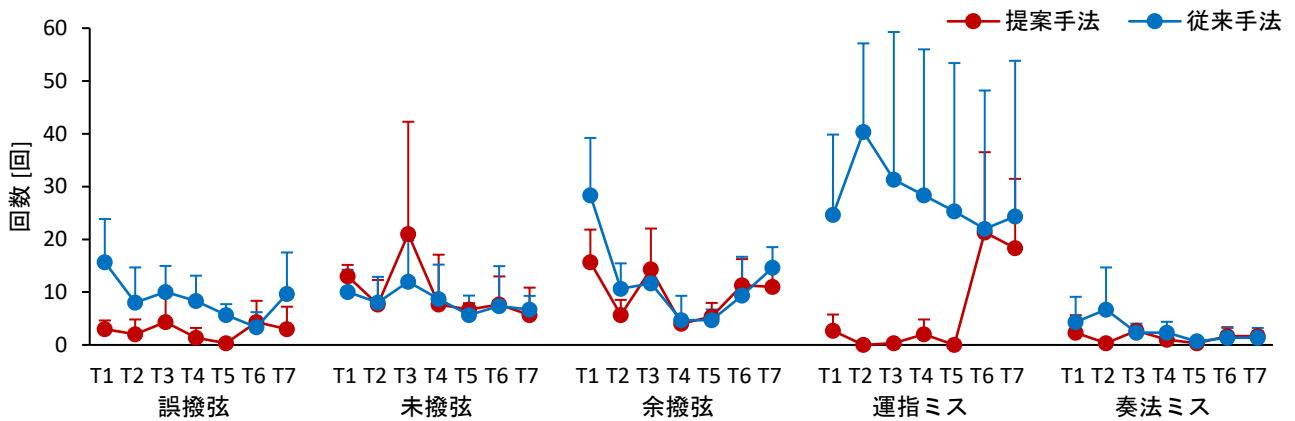


図 8 各テスト T1-T7 における撥弦ミス数・運指ミス数・奏法ミス数 (エラーバー：標準偏差)

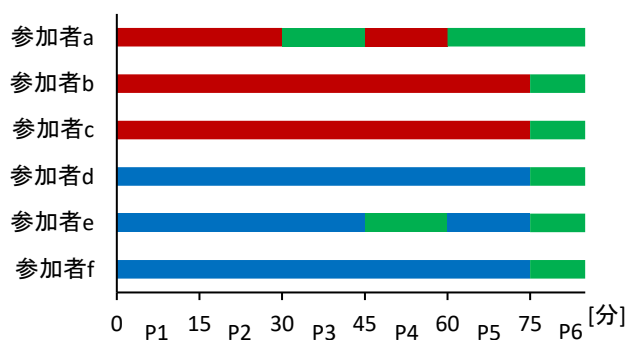


図 9 練習 P1-P6 における各実験参加者のシステム使用時間

表 4 各参加者の演奏遅延時間 (単位：拍)

参加者	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
a	0	0	0	0	0	0	0
b	0	0	0	0	0	10	4
c	0	0	0	0	0	27	27
d	31	3	7	4	1	1	6
e	40	1	3	0	1	6	4
f	87	34	9	4	0	2	6

ョンスコアは、提案手法を用いる場合は高かったが、用いない場合は低くなったと考えられる。T1 から T5 にかけて評価が右肩上がりにならなかったことについては、初日からある程度弾けていたことや、ミスをしっかり把握できていたことが影響したと考えられる。

また弦に提示している目印の線が龍甲にずれて投影されることによるミスの誘発が懸念されたが、2 日目には慣れたとの意見があり、さほど影響はなかった。

T6, T7 で全体的にミスが増加したことについては、提案手法を用いない場合に発生するミスポイントを把握し修正するまでに至らなかったためであると考えられる。また T7 のミスが T6 より減少したことについては、目印を頼りに

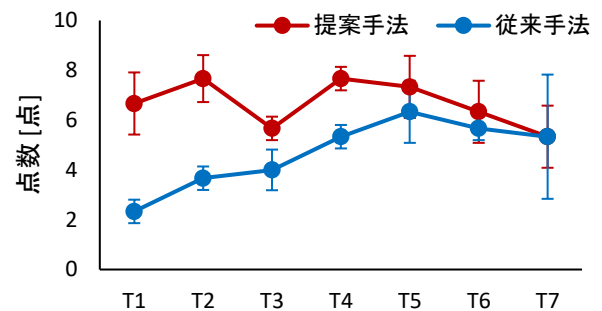


図 10 各テスト T1-T7 における主観的演奏評価

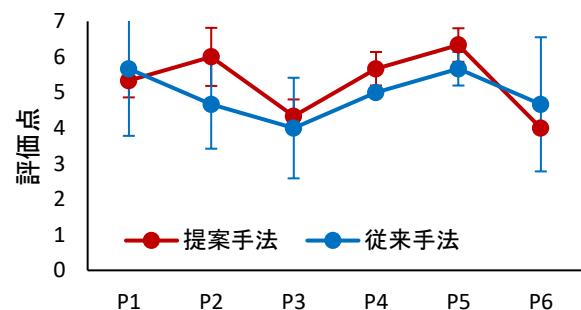


図 11 練習 P1-P6 におけるモチベーションスコア

撥弦位置を探すより自ら探した方が意識が高まり効果的であったためであると考えられる。加えて、T7 では参加者 2 人の誤撥弦は全くなかったことから、ミスに気づき修正できたことが影響したと考えられる。

参加者 b, c の演奏遅延の発生については、楽譜を見ながらの演奏に慣れていなかったことやミスした際にスムーズに演奏に戻れなかったことが影響したと考えられる。一方参加者 a は音楽経験が豊富であることに加えて、印付きシステムの使用時間が他の参加者より長かったため、遅延が発生しなかったと考えられる。

主観的演奏評価やモチベーションスコアの理由記述、自由記述の感想の一部を以下に示す。

- どの指で弾けばいいのかという区別がすぐについた
- 指の動きを表す矢印がわかりやすく練習に役立った
- 可視化されることで練習内容を思い出しやすかった
- 曲全体の流れを捉えやすかった
- 音ゲーに似ていてモチベーションを維持できた
- 提案システムがないと、演奏再開位置を探すのに時間がかかって焦ってしまい、さらに間違えてしまった
- 提案システムを使用している間は分かりやすく練習、演奏することができたが、運指提示がなくなると指の動かし方に不安があった

次に従来手法について述べる。従来手法は目の高さや覗き込み具合によって弦名が書いてある位置と弦の対応が異なってしまうため、正しい撥弦位置を把握できず、誤撥弦や弾き直しによる余撥弦が多くなったと考えられる。そのため弾き間違えに気づかず、T1-T5を終えた者もいた。そして印付きシステム移行後、誤撥弦に気づき修正していた。

T2からT6にかけて運指ミスが減少したことについては、演奏や撥弦位置を少しずつ覚えてきたことで楽譜を見る余裕ができ、運指にも注目できたためであると考えられる。

モチベーションスコアについては、箏を弾くことの珍しさからP1は高評価であったもののP2では下がっていた。これについては、「初日以外は上達している気がしなかった」と自由記述の感想に記述した者が3人中2人いた。また練習中に課題曲と関係ないフレーズを弾いている参加者がいた。しかし少しずつテンポに合わせた演奏ができるようになったことに加えて、ミスに気付いていなかったため、主観的演奏評価は徐々に上昇したと考えられる。T6, T7では「弦の位置把握に苦戦した」とT5より評価を下げた者がいる一方で、「紙がない割には上手に演奏できた」とT5以上の評価をつけた者もいたため、さほど評価が下がらなかったと考えられる。

最後にその他の結果の考察について述べる。T2の撥弦ミス減少は演奏への慣れが影響したと考えられるが、運指ミスの差はむしろ顕著になっていた。これは演奏に慣れたことで従来手法グループの運指への意識が希薄となったためであると考えられる。

両手法のT3におけるミスの増加やモチベーションスコアの減少、従来手法の参加者fを除く演奏遅延時間の増加、提案手法のP3の主観的演奏評価の減少については、弾き方の再指導が影響したと考えられる。加えて、提案手法グループの参加者1人が演奏途中で爪をはめ直していたため、提案手法の未撥弦が増加したと考えられる。

また、未撥弦や余撥弦においてさほど差がなかった試行や合せ爪の奏法ミスについては、各参加者の演奏技術不足が影響しており、すくい爪やピチカートの奏法ミスについても個人差であったと考えられる。

モチベーションスコアの理由記述より、提案手法グループは2日目にはテンポを意識しており、早い者で2日目、

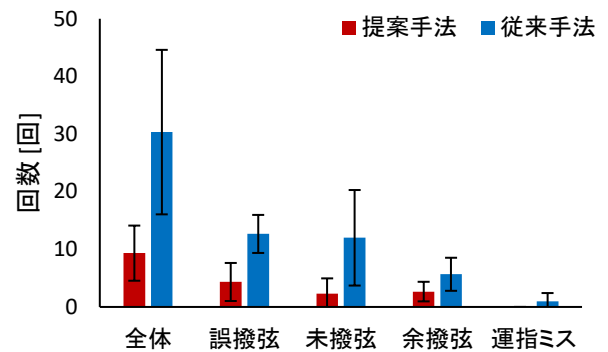


図 12 撥弦ミス数および運指ミス数

遅くとも4日目には弾けていないところに注意を向けて練習していた。それに対し、従来手法グループは3日目もしくは4日目にテンポを意識した練習をしていた。提案手法を用いることで、よりレベルの高い練習をすることができたと言えるだろう。

4.2 箏初心者を対象とした読譜力向上の検証

4.2.1 実験手順

長期実験参加者6名に4.1の実験終了後、読譜力の向上を検証するために、さらに実験を行った。

課題曲 沢井忠夫作曲「秋の日」I 箏パートを45小節目から64小節目まで(20小節)演奏させた。こちらも該当パートのみを抽出した楽譜を用いた。また運指番号の記載がなかったため、中指で弾く箇所には運指番号を振った。

実験方法 参加者全員に印付きシステムを用いて5分間課題曲を練習させた。その後、練習と同様印付きシステムを使用し、テストとして通し演奏をさせた。演奏にあたり、リズムは分かっているが、弦の位置が分からなかったり、指が追い付かなかったりして弾けないこともある。そのため、メトロノーム($\text{♩}=45$)に合わせて弦を弾くタイミングで手をたたいてもらい、リズム理解度の確認を行った。

判定方法 4.1の実験と同様とする。

参加者への指示 テスト時は弾き直しをせず自然なテンポで弾くよう指示した。リズム確認は別に行うことに加えて、リズムに意識が行き、その他への意識がおろそかにならないよう、練習時もテスト演奏時もメトロノームは使用しなかった。

4.2.2 結果

結果を図12に示す。全体的に提案手法は従来手法よりミスが少なかった。有意水準5%でt検定を行ったところ、誤撥弦においてのみ提案手法に有意傾向が見られた。

運指ミスについては、参加者1人を除きミスがなかった。

読譜については、ピチカートと繰り返しの記号が一緒に書かれた箇所について従来手法グループ2人から質問があったため、「何かと何かの組み合わせです。」とヒントを与えた。そのうち1人は演奏できたが、もう1人は繰り返しの記号が読めなかったため演奏できていなかった。提案手

法グループからこの質問はなく、全員正しく演奏できていた。また両グループとも1人ずつ、半々拍2回半拍1回が繰り返されるフレーズの一部を読み飛ばしており、リズム確認時も正確に手を叩けていなかった。残りの4人は手を叩けており、リズムが理解できていることを確認した。

4.2.3 考察

4.1の実験において、提案手法は主に箏譜ではなく弦への提示情報を見ていたため、箏譜を見ている時間は従来手法の方が長いと考えられる。そのため読譜力は提案手法より従来手法の方が高いと予想した。しかし提案手法は従来手法より撥弦ミスが少ない結果となった。これは提案手法の方が撥弦位置を把握できていたためであると考えられる。また、この実験に使用した楽曲に紛らわしい運指がなかったため、運指ミスがなかったと考えられる。加えて、読み飛ばし箇所があったことについては、弾き間違えにより現在の演奏位置が分からなくなったためであると考えられる。

読譜について、提案手法グループの誰一人質問せず全員正しく演奏できていたのは、提案手法による奏法の可視化が箏譜上の奏法記号理解を促進したと考えられる。

リズム理解については、箏譜からリズムを読み取るしかなかったため、ミスが発生したと考えられる。

5. 議論

まず実験の限界と不備について述べる。今回の長期実験では、弾き方を教えている上に、課題曲を毎日1回聴かせていた。つまり、説明していた筆者がいたり、課題曲の演奏があつたりといった補助がある状態であった。通常は先生に弾き方を教わったり、一緒に演奏することで曲を聴いたり、音源があつたりといった状況であるため、通常の練習に近い形で実験できたと言えるだろう。そのため、実際の学習に役立つと予想される。しかし、これらの補助によって支援されていた可能性がある。長期実験では課題曲を聴かせていたため、初日からリズムミスをする参加者は1人もいなかった。しかし読譜力向上の実験では課題曲を聴かせなかったため、リズムミスをした参加者が両グループとも1人ずついた。長期実験でも課題曲を聴かせていなかったら、リズムを理解できなかった者がいたと考えられる。また箏譜からは読み取れない音高についても、聴かせることで理解できる状況であった。提案手法を利用した参加者から流れが分かりやすいとの意見を得たが、完全に提案手法による効果であったとは言い切れない。

続いて提案手法と従来手法の比較について述べる。提案システムは、キーを押すと演奏支援情報が提示される仕様になっている。キーを押すことは能動的だが、次々と演奏支援情報が提示されるため、半強制的であると言えるだろう。一方従来手法には部分練習ができるという利点もあるが、受動的に練習できるわけではないため、途中で飽きてしまい集中して練習をしない者もいた。

6. まとめと展望

箏初心者を対象とし、運指、撥弦位置、弾く方向、奏法といった演奏支援情報を直観的に提示する手法を提案した。提案システムはプロジェクションマッピングを用いて、箏の弦や龍甲にこれらの演奏支援情報を提示した。実験を行った結果、提案手法を用いることで撥弦位置が分からず箏譜も読めない箏初心者でも「奏法」を含めて箏を演奏することができ、弦名が書かれた紙を用いる従来手法以上に効率よく学習することができた。特に運指別に色分けした演奏弦や指が動く方向の提示が、弾くべき弦の位置や曲の流れの把握、モチベーションの維持に有用であり、従来手法より誤撥弦や運指ミスを減らすことができた。加えて、判定機構がなかったにもかかわらず、実験参加者自らミスに気づくことができた。また提案手法は読譜力の向上にも従来手法と同等の効果があり、演奏力については提案手法を用いた方が向上することが示唆された。

アンケート結果より、途中から演奏できる機能があると良いという意見が得られたため、練習開始位置の自由選択に対応していく予定である。また提案システムがなくなるとスムーズに演奏できない参加者がいたため、徐々に補助機能がなくなるようシステムを改良していきたい。その他にも、どの参加者も爪の角度が原因で余分に弾いてしまっていたり弾けていなかったりしたため、演奏評価のフィードバック機能だけでなく爪の角度についてもチェックする機能を持たせたい。また、雑音がない、粒の大きさがそろっているといった、より良い演奏に仕上げるための支援についても考慮したい。

参考文献

- [1] 山口修, 田中健次. 邦楽箏始め, カワイ出版, 2002.
- [2] 福永千恵子. やさしく学べる箏教本, 汐文社, 2003.
- [3] 佐野加奈, 郷健太郎. 初心者のための箏演奏支援システム. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 11, No. 3, pp.491-492, 2012.
- [4] Katja Rogers, Amrei Röhlig, Matthias Weing, Jan Gugenheimer, Bastian Königs, Melina Klepsch, Florian Schaub, Enrico Rukzio, Tina Seufert, Michael Weber. P.I.A.N.O.: Faster Piano Learning with Interactive Projection. In Proc. of ITS '14, pp.149-158, 2014.
- [5] Yingxue Zhang, Siqi Liu, Lu Tao, Chun Yu, Yuanchun Shi, Yingqing Xu. ChinAR: Facilitating Chinese Guqin Learning through Interactive Projected Augmentation. In Proc. of Chinese CHI '15, pp.23-31, 2015.
- [6] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦. 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築. 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp.917-927, 2011.
- [7] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦. リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp.1383-1392, 2013.
- [8] Markus Löchtefeld, Sven Gehring, Ralf Jung, Antonio Krüger. guitAR – Supporting Guitar Learning through Mobile Projection. In Proc. of CHI EA '11, pp.1447-1452, 2011.