



譜面情報の棹への投影を用いた三味線の運指学習支援システム

Support system Projecting musical information on Sao in Training for Fingering of Shamisen

中村奏水¹⁾, 柴田傑¹⁾

1) 室蘭工業大学情報電子工学系学科 (〒 050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1, 15024126@mmm.muroran-it.ac.jp)

2) 室蘭工業大学しくみ情報系領域 (〒 050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1, shibata@csse.muroran-it.ac.jp)

概要: 三味線は民俗芸能にとって重要な楽器であり、伝承する必要がある。本研究では三味線の運指学習を支援するシステムを開発する。支援システムは、譜面の情報を棹に投影し、学習者の運指を評価することで学習を補助する機能を有する。開発したシステムが学習支援に利用できるか実験した。実験結果から学習者は投影した情報通りに指を運ぶことができた。これによって、本システムが運指の学習を支援できる可能性が示された。

キーワード: 学習支援, 三味線, 運指, プロジェクションマッピング

1. はじめに

日本の多様な民俗芸能を保存するためには、後世に伝承する必要がある。特に三味線は民俗芸能にとって重要な楽器であるが、学習は難しい面が多く、伝承が困難である。そこで、三味線の学習を支援する必要がある。

三味線は正しく構え、棹に添えた左手で弦をおさえ、右手に持った撥で弦を弾くことで演奏する。演奏者は、弦の特定の位置(勘所)を押さえることで、三味線の音程を決定する。三味線では、どこかの勘所をどのような順番とタイミングでどの指で押さえるかを運指という。三味線の楽曲を演奏するうえで、運指は非常に重要である。

三味線の初心者は楽曲を学習するとき、譜面の情報を読み解きつつ棹上の勘所の位置を確認して弦を押さえ、構えを崩さないようにして撥で弦を弾く。この一連の流れを短い時間で繰り返す。初心者にとってこの繰り返しが難しく、楽曲の学習を進めにくい。

これまでも三味線の演奏を支援するシステムが研究されている [1, 2]。これらに対して、筆者らは演奏に必要な技術の学習を支援するシステムを開発してきた。三味線の構え方の学習支援システムや [3]、撥の動かし方をさす”撥さばき”の学習支援システムなどである [4]。しかし運指を支援するシステムは存在を確認できなかったため、本研究では運指の学習を支援するシステムを開発する。

初心者がよく使用する文化譜には、押さえる勘所、弾く弦、弾くタイミングが主に記されている。したがって、これら 3 つの情報を三味線の棹に投影する機能を実装することで、譜面の読み解きや煩雑な視点移動がなくなり、学習がはかどると考える。

スキル学習を支援するシステムには、学習者のスキルを診断する機能が必要である [5]。ゆえに開発する運指学習支

援システムには、学習者が譜面通りに運指ができていないかを診断する機能を実装する。

本研究では、以上 2 つの機能を有する運指学習支援システムを開発し、本システムが学習を支援できるか評価する。

2. 運指学習支援システム

2.1 ハードウェア構成

開発した運指学習支援システムのハードウェア構成を図 1 に示す。電子三味線、小型プロジェクタおよび磁気式モーションキャプチャー (MoCap) がノートパソコンに接続される。小型プロジェクタは支援システムの映像を電子三味線の棹に投影する。学習者の運指を計測するため磁気式 MoCap を用いる。磁気式 MoCap のセンサは二つ使用する。一つ目は学習者の左手指先に装着し (指センサ)、二つ目は三味線本体に装着する (本体センサ)。

2.2 譜面情報の提示

初心者は譜面と手元を見比べながら演奏をする必要がある。本支援システムは三味線の棹に譜面情報を投影することで学習の支援ができる。譜面情報は押さえる勘所、押さ



図 1: ハードウェア構成

Kanami NAKAMURA and Takeshi SHIBATA

える弦あるいは弾く弦および弦を弾くタイミングの3つである。本支援システムはノートパソコン上で譜面情報を簡略な視覚情報にして、ノートパソコンの画面を三味線の棹に投影する。投影する画面を図2に示す。

押さえる勘所を図2(a)で、押さえる弦あるいは弾く弦を同図(b)で、弦を弾くタイミングを同図(c)の左右のノーツどうしが重なるタイミングであらわす。ノーツは弾く弦上を押さえる勘所に向かって移動する。また、弦を押さえずに弾く解放弦の場合は、ノーツが赤くなり押さえる勘所はあらわれない。

譜面情報を三味線の棹に投影した様子を図3に示す。投影する譜面情報は、実際の三味線の勘所や弦の位置に合わせて投影する。

2.3 学習者の運指の評価方法

学習者の運指を評価するためには、学習者がどの勘所を押さえているか判断する必要がある。しかし、学習者が指センサを脱着する際にセンサのずれが必ず発生する。そのためシステムを使用するたびに、システム上の正しい勘所の位置を楽曲に必要な数だけ設定する必要がある。

勘所の位置は、本体センサに対する、各勘所の相対的な位置で設定する。練習の前にあらかじめ正しく勘所を押さえ、そのときの本体センサと指センサのMoCapシステムの絶対座標を利用して、本体センサと勘所の相対的な位置を記録する。学習者がどの勘所を押さえているかの判断には、指センサの位置と設定した勘所の位置の距離を利用する。

勘所が0番目から N 番目までであるとき、 i 番目の勘所を k_i とする。指センサの位置と k_i のユークリッド距離を d_i とする。 d_i が最小となる勘所を k_{min} とし、このときの距離を d_{min} とする。設定された閾値 th に対して、 $d_{min} \geq th$ のとき、弦を押さえずに弾く開放弦とみなす。それ以外の

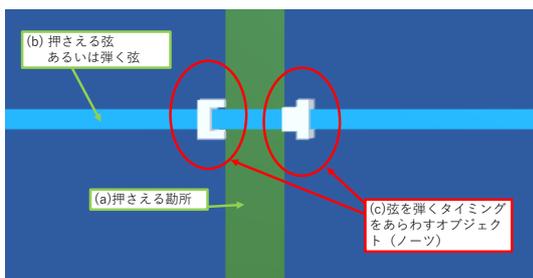


図2: 運指の提示画面

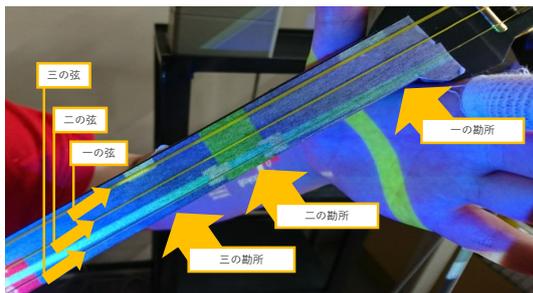


図3: 提示画面の棹への投影

ときは、 k_{min} を押さえているとみなす。現在押さえていると判断された勘所を k_{hold} として、 k_{hold} を求める式を式1に示す。

$$d_{min} = \min_{0 \leq i \leq N} (d_i)$$

$$k_{hold} = \begin{cases} \arg(d_{min}) & (if d_{min} < th) \\ null & (else) \end{cases} \quad (1)$$

学習者が弦を弾いたとき、学習者が押さえている勘所が投影されている譜面情報と一致しており、かつ図2(c)の左右のノーツどうしが十分近ければ、”学習者は正しく演奏出来ている”と評価する。

3. 評価実験

3.1 実験手順

実験により本支援システムが、譜面情報の提示と学習者の運指を評価できるかを確認し、運指の学習に利用できるかを評価する。

20代の男女7名(男性4名、女性3名)を被験者とし、以下の手順で実験を進めた。

1. 演奏に必要な基本技術を教示
2. 投影した譜面情報の見方を教示
3. 勘所を設定
4. 投影した譜面情報に従って楽曲を演奏
5. 手順3.~4.を合計3回になるまで繰り返す

演奏する楽曲には、初心者向けの楽曲である「さくらさくら」を使用し、演奏の速度は約30bpmとした。今回の演奏では、人差し指のみで勘所を押さえてもらった。被験者の演奏中の運指を計測するため、指センサの座標、 k_{min} 、 d_{min} および被験者の運指の評価を毎フレーム記録した。また、使用した三味線の弦同士の幅が約8mmであったため、閾値 th は4mmとした。

3.2 実験結果

計測は平均約60fpsであった。学習の効果が顕著だった例として、5人目の被験者である被験者Eの運指を図4に示す。同図(i)は被験者Eの一回目の演奏、(ii)は二回目の演奏、(iii)は三回目の演奏における運指である。

縦軸は k_i である。 k_i がどの弦と勘所に対応するかを、グラフ縦軸に併記した。ただし、 $k_i = -1$ は開放弦を示すものとする。横軸は経過フレーム数である。

折れ線は、計測した被験者の運指である。縦軸の値が被験者が押さえた勘所を示す。横軸の増加方向に沿って縦軸の値をみると、勘所をおさえた順番やタイミングがわかる。折れ線の動きから、時間経過とともに指が動いていることがわかる。

赤の点は、譜面情報である。弦を弾くタイミングとなるフレームにのみ、押さえる勘所を示す点が存在している。折れ線が赤の点を通っているとき、被験者は譜面どおりの運指ができていることを示す。

4. 考察

まず本支援システムが、被験者に譜面情報を提示できていたかと被験者の運指を評価できているかを確認する。

例として被験者 B の演奏中の k_{min} と譜面情報を示したグラフを図 5 に示す。同図 (i) は被験者 B の一回目の演奏、同図 (ii) は 3 回目の演奏である。折れ線が演奏中の被験者 B の k_{min} を、赤の点が譜面情報を示す。図 5 から、演奏の回数を重ねるごとに折れ線が赤の点を追うように動いていることが見て取れる。他の被験者からも同様な動きが見て取れた。このことから、被験者が譜面情報を認識して、譜面情報どおりに勘所を押さえていようとしていると考える。したがって、本支援システムは運指の提示ができています。

被験者が勘所を押さえていると判定された ($k_{min} \geq 0$) フレームについて、被験者ごとに d_{min} を集計した図を図 6 に示す。同図から、押さえているとみなされているフレームでは d_{min} が 4mm 未満であったことを確認した。図 4(iii) の被験者 E の運指について、”正しく演奏できている”と

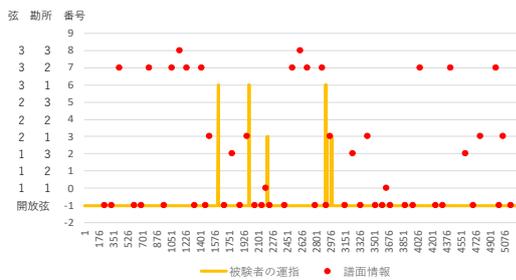
評価した箇所を明示した図を図 7 に示す。各箇所について、ノーツの重なるタイミングで k_{hold} が譜面情報に一致している。他の被験者でも、同様に正しく評価できていることを確認した。したがって本支援システムは、被験者が譜面通りに運指ができていようかを評価できている。

被験者の運指技術が向上したかをみるため、どれだけ正しく楽曲を演奏できたかを示す正解率を定義する。正解率を求める式を、式 2 に示す。譜面情報の弦を弾くべきタイミング（ノーツの重なるタイミング）で、被験者の運指が提示した譜面情報と一致しているとき”正解”とする。楽曲中で正解とされた音数の割合を正解率とする。

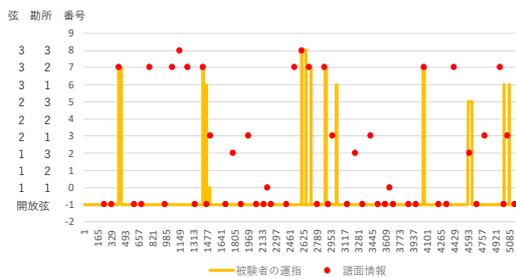
$$\text{正解率 (\%)} = \frac{\text{正解の数}}{\text{楽曲の音数}} \times 100 \quad (2)$$

被験者全員の正解率を表 1 に示す。

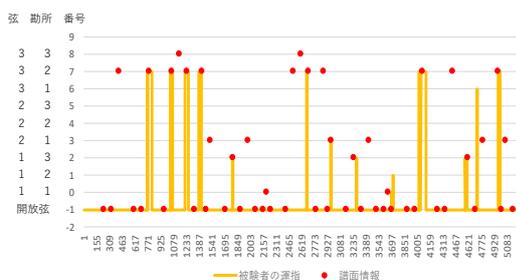
算出した正解率を分散分析した。結果、P 値は 5.4 % となり、5 % 有意ではないが有意傾向がみられた。また、Tukey 法で多重比較検定をした。こちらは 1 回目と 2 回目の演奏の P 値が 6.7 %、1 回目と 3 回目の演奏の P 値が 11.4 %、2 回目と 3 回目の演奏の P 値が 95.7 % となった。2 回目と



(i) 一回目の演奏

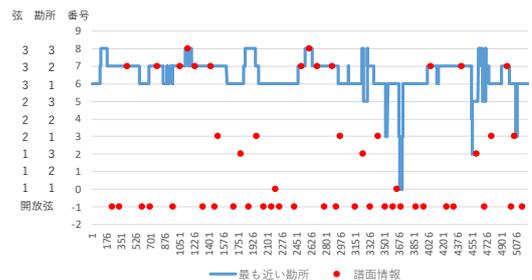


(ii) 二回目の演奏

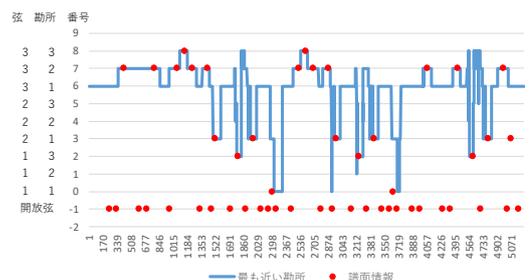


(iii) 三回目の演奏

図 4: 被験者 E の運指



(i) 一回目の演奏



(ii) 三回目の演奏

図 5: 被験者 B の演奏中に最も近い勘所

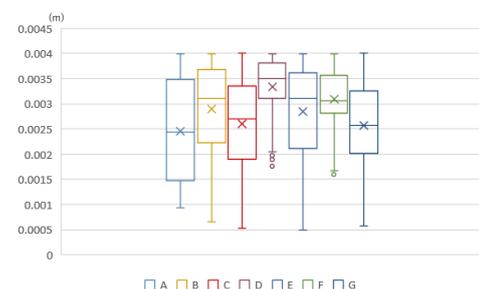


図 6: 被験者の d_{min}

表 1: 被験者全員の正解率

被験者	A	B	C	D	E	F	G	平均
1 回目	52.9	54.9	51.0	56.9	52.9	54.9	51.0	53.5
2 回目	54.9	60.8	66.7	58.8	60.8	52.9	52.9	58.3
3 回目	52.9	56.9	60.8	56.9	62.7	58.8	54.9	57.7

3 回目の間には明らかに有意差がない。残る 1 回目と 2 回目、1 回目と 3 回目の間でも 5 % 有意とはならなかった。

統計的な有意差はみられないが、実験映像や録音した音声を確認したところ、被験者の運指技術はおおむね向上している。正解率に 5 % 有意がみられない要因として、まず被験者の数が少なかったことが挙げられる。追加で同じ実験をして被験者の人数を増やすことで、正解率に有意差がみられるようになる可能性がある。

次に、システムが被験者の運指を誤認する場面があったことが挙げられる。運指の誤認を減らすためには、システムの運指を認識する精度を向上させるとよい。現在、指センサは装着の都合上、実際には指先ではなく第一関節付近にある。そのため、正しい勘所を押さえていても勘所を設定したときと指の姿勢が違えば、押さえている弦が違うとみなされることが多い。指の姿勢の違いを許容できる勘所の設定手法を新たに実装することで、本支援システムの運指の認識精度が向上すると考える。

誤認の要因として、本実験で使用した支援システムが運指だけを対象としていることも考えられる。本来、三味線の演奏を学習するには、三味線の構え方、撥さばき、運指の 3 つの演奏に必要な技術をバランスよく学び進める必要がある。そのため運指だけを学習して演奏技術を向上させるのは難しい。今後は演奏の学習を支援するため、構え、撥さばき、運指の 3 つを総合的に学習支援できるような支援システムを開発する予定である。

以上から、本支援システムは運指の提示と学習者の運指評価が可能である。また、本支援システムを運指の学習に利用できる可能性を示した。

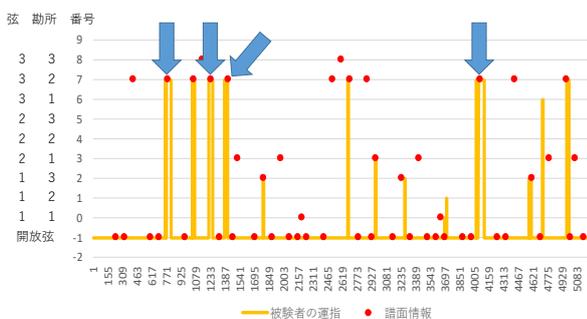


図 7: 運指評価を追加

5. おわりに

日本には多様な民俗芸能があり、後世に伝承する必要がある。特に三味線は民俗芸能にとって重要な楽器である。本研究では、三味線を演奏するための技術のひとつである運指の学習に注目した。そこで、運指学習支援システムを開発し、本支援システムが運指学習を支援できるかを検討した。実験の結果、本支援システムは運指学習の支援ができる可能性を示せた。

今後の課題として、譜面情報の提示手法の改善、運指の認識精度向上、学習者への運指評価のリアルタイムなフィードバックなどが考えられる。発展として、複数の指を使った楽曲への対応や指定された弦の弾き方の提示などが考えられる。

参考文献

- [1] 濱中敬人, 他: Aibiki: 譜面の適応的自動スクロールによる三味線演奏支援, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-EC-31, No. 69, pp. 1-6, 2014.
- [2] 山田新, 他: J027021 三味線の音色解析とそれに基づく調弦支援装置の開発, 年次大会 2012, 一般社団法人日本機械学会, 2012.
- [3] 岩崎仁志, 他: 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, 情報処理学会インタラクティブ 2018, 1C64, 2018.
- [4] 柴田傑, 他: VR 環境を利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, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 19, pp. 216-219, 2014.
- [5] 曾我真人, 他: スキル学習に共通な特徴とスキル学習支援システムに必要な機能について, 2004 年度人工知能学会全国大会 (第 18 回) 論文集, 社団法人 人工知能学会, pp. 224-224, 2004.