

# 箏演奏における向こう指の移動戦略推薦システム

土井麻由佳<sup>†1</sup> 宮下芳明<sup>†1</sup>

**概要:** 箏の弦を右手の親指で弾く際は、支えとして「向こう指」と呼ばれる右手の人差し指、中指、薬指の3本を弦上に置く。向こう指を適切なタイミングで適切な位置に置くことによって安定してしっかりと良い角度で弦を弾くことができるため、演奏の質の向上や効率的な上達につながる。右手の親指は最も使用頻度が高いため、向こう指は箏演奏において重要な要素であるが、箏譜には向こう指の記載はなく、その記譜法も存在しない。また演奏者によって弾きやすい向こう指の位置が異なるため、経験的に習得するしかない。本研究では、演奏の質の向上や効率的な上達を目的とし、演奏者に合わせて向こう指の移動戦略を推薦するシステムを提案する。箏経験者および箏初心者による提案システムの性能評価を行った結果、両者ともに演奏の質や弾きやすさが向上することが示された。

## 1. はじめに

箏を演奏する際は、主に爪をはめた右手の親指、人差し指、中指を用いるが、その中でも最も使用するのは右手の親指である。そのため、親指奏法による演奏音が楽曲全体の印象を左右しかねない。親指奏法において重要な要素の1つが「向こう指」と呼ばれる、右手の人差し指、中指、薬指の3本である[1]。向こう指を支えとして、適切なタイミングで適切な弦上に置くことによって、安定してしっかりと良い角度で弾くことができる(図1(左))。それに加えて、指の移動がスムーズになったり、演奏弦を探す際の日印になったりするため、弾きやすくなる。つまり、向こう指の移動戦略を習得することは、ミス軽減、より良い音色、スムーズな演奏といった、演奏の質の向上や効率的な上達につながる。

しかし、箏の楽譜(以下、箏譜とする)には向こう指が記載されておらず、向こう指の記譜法も確立されていない。また、向こう指について詳細に説明している教則本はほとんどなく、演奏者の手の大きさや指の長さによって弾きやすい位置が異なるため、経験的に習得するしかない。

本研究では、演奏の質の向上や効率的な上達を目的とし、演奏者に合わせた向こう指の移動戦略を箏譜に記譜して推薦するシステムを提案する(図1(右))。親指、人差し指、中指で1本の弦を弾く基本奏法に加えて、教則本[2]に記載されている25種類の特殊奏法と唱歌[a]の「コーロリン」にも対応している。推薦にあたっては、親指と向こう指の間隔による弾きやすさ、向こう指の移動回数や移動方向、運指、奏法、直前の演奏弦、撥弦タイミングの間隔(以降、撥弦間隔とする)、フレーズの区切りや規則性を考慮し、動的計画法を用いて求める。向こう指を置いた方が弾きやすいことに気づかず向こう指を置かない選択をしている可能性も考えられるため、いくつかの特殊奏法を除き、親指で弾く場合は、すべて向こう指位置の推薦を行う。また演奏者によって好みが異なり、推薦された向こう指の移動戦略が必ずしも最適とは限らないため、対話修正機能を設ける。



図1 親指と向こう指(左)と向こう指の記譜法(右)

## 2. 関連研究

### 2.1 箏を対象とした演奏支援

筆者らは、運指別に色分けした弾くべき弦の位置や弾く向きを示した矢印、奏法を表す記号といった演奏支援情報を箏に直接提示する箏演奏学習支援手法を提案した[3]。佐野らは、龍額に箏譜を表示し、弾くべき弦を爪と対応した色で光らせる箏演奏支援システムを構築した[4]。これらの研究は、向こう指を一切考慮していない。ヤマハは、箏の授業を効率良く進めることを目的としたデジタル教材を開発した[1]。専門家による演奏動画を解説や唱歌とともに見ることによって効率的に学習することができる。向こう指についての解説もあるが、学習可能な曲が少ないうえに学習者の弾きやすい位置は考慮されていない。

### 2.2 運指決定支援

演奏者の弾きやすさを考慮することによって、最適な運指決定を行うシステムが提案されている。Kasimiらは、手の移動量、指の交差、演奏者ごとの各指の間隔の快適さを考慮した、ピアノの運指決定システムを提案した[5]。藤井らは、物理シミュレータ上で手のモデルを動かす、すべての運指経路の手の移動距離や押弦指の関節のトルクを算出することによって、ギター単旋律の最適運指を推定した[6]。手のモデルの大きさを変更することで、演奏者に合わせた適切な運指を推定することができる。

<sup>†1</sup> 明治大学

a) 日本の伝統楽器を学習する際に用いられる、楽曲のメロディを言葉に置き換えた歌である。箏の唱歌は音色、音のまとまり、奏法、間を示す。

表 1 各向こう指の移動戦略の評価

箏経験者	さくらさくら			六段の調			春の日			金欄			螺鈿		
	奏者	推薦	修正	奏者	推薦	修正	奏者	推薦	修正	奏者	推薦	修正	奏者	推薦	修正
a	8	7	9	7	7	8	9	—	—	8	6	7	7	8	—
b	10	8	10	9	7	10	9	10	—	8	10	10	9	8	9
c	8	9	10	8	6	8	10	4	10	7	7	9	7	7	9
d	10	7	10	8	9	9	9	8	9	6	7	8	6	7(8)	—

移動量を最小にすることによって、最適な運指決定を行う研究がある。Raboanary らは、移動するフレット数や移動方向に加えて、運指変更や左手移動の有無を考慮し、ベースギターの最適運指決定手法を提案した[7]。三浦らは、任意のギター単旋律をフレーズに分割し、左手の移動量を最小に、指のストレッチを最大にすることで、初心者にとって最適な左手の押弦位置と押弦指を決定し、タブ譜を出力するシステムを提案した[8]。

### 3. 向こう指の記譜法

向こう指の移動戦略を箏譜に明示するために、一般的な箏譜の1つである大日本家庭音楽会式の箏譜の各行の右側に向こう指の移動戦略の欄を設け、青色で提示する(図1(右))。弦名を用いて向こう指の位置を、矢印を用いて移動せずに置き続けることを示す。

### 4. 予備実験

向こう指の移動戦略推薦アルゴリズムの妥当性の評価と箏経験者への推薦効果の調査を行った。加えて、3章の向こう指の記譜法が理解しやすいものであるかを調査した。

向こう指の移動戦略推薦アルゴリズムで考慮した要素は、向こう指による弾きやすさ、向こう指の移動回数、運指、奏法、直前の演奏弦、撥弦間隔、フレーズの区切りであった。

弾きやすい向こう指位置は演奏者によって異なるため、後述の提案システムの機能を用いて、向こう指を置くことができる全範囲に対して、向こう指の適度さを4段階で箏経験者に設定させた。フレーズの区切り方は演奏者の解釈によって異なるが、今回は箏経験者である筆者が考え、箏講師に確認してもらったフレーズの区切り方とした。また予備調査の結果をもとに、コストの重みづけを行い、規則的なフレーズは規則ごとに区切ることにした。

#### 4.1 実験手順

箏経験者の向こう指の移動戦略、推薦アルゴリズムが導き出した向こう指の移動戦略、それを箏経験者によって修正させた向こう指の移動戦略(以降、それぞれ奏者戦略、推薦戦略、修正戦略とする)の3つを比較した。向こう指の記譜法については、アンケート調査を行った。

実験に参加したのは、指定された向こう指の移動戦略通りに演奏できる技術レベルの箏経験者4名(男性1名、女性3名、19歳~41歳、全員生田流。うち1名は教師資格取

得者)である。実験には、沢井忠夫著作「沢井忠夫箏教則本第一集」より「さくらさくら」(14小節)、宮城道雄著作「六段の調」より初段の4行目から最後まで(16小節)、沢井忠夫作曲「春の日」I 箏パートの3ページ2行目3小節目から3行目3小節目まで(5小節)、「金欄」I 箏パートの3ページ4行目から4ページ1行目まで(8小節)、「螺鈿」第一箏パートの7ページ4行目(4小節)の5曲を使用した。正派邦楽会式の箏譜は、筆者が大日本家庭音楽会式の箏譜に変換した。

#### 4.2 結果と考察

奏者戦略、推薦戦略、修正戦略を、それぞれ10点満点(許容範囲は6点以上)で弾きやすさを基準に評価させた結果を表1に示す。dの「螺鈿」は「推薦版に弾き慣れたが、最初は弾きにくいと思ったので、訂正するのではなく別に評価したい」と申し出があったため、新たに評価させた。その評価を括弧の中に示す。aの「春の日」の奏者戦略と推薦戦略は完全に一致していた。またa、dは「螺鈿」、bは「春の日」において、推薦戦略を修正せずに、そのまま採用していた。

一定レベルの演奏ができるようになった箏経験者であっても、推薦戦略を参考にすることによって、演奏の質や弾きやすさの向上、向こう指を置いた撥弦数の増加がみられ、なかには奏者戦略よりも良い推薦戦略もあった。これらより、向こう指の移動戦略推薦アルゴリズムは妥当であり、箏経験者に有用であることが示された。

修正戦略や箏経験者から得られた意見より、オクターブの関係や移動方向も考慮すべきであることが明らかになった。撥弦間隔は「コーロリン」を除き、1拍よりも長いかどうかを考慮していたが、より細かく考慮すべきであった。また中指、親指の順で弾いた後に、親指で直前の演奏弦の1本奥の弦を弾く場合は、向こう指を移動しない方が良いことが明らかになった。さらに「巾」から「一」まで順に弾くフレーズでは、4弦弾くごとに向こう指を移動させ、規則的に変化するフレーズの向こう指の移動戦略を規則的な移動タイミングと移動量にすべきであることが明らかになった。

向こう指の記譜法については、全員が7段階リッカート尺度で6以上(M=6.3, SD=0.8)としており、理解しやすいものであったことが示された。

表 2 各奏法の向こう指位置候補および間隔コスト

運指	奏法	制約
親指	基本奏法	候補範囲となる位置を向こう指位置候補とする。直前の奏法やフレーズによる制約がある場合は、それを優先させる。間隔コストは向こう指位置候補に応じて決定する。
	押し合せ	両弦ともに候補範囲となる位置を向こう指位置候補とする。間隔コストは両弦の合計とし、それぞれ向こう指位置候補に応じて決定する。
	流し爪	最初に弾く1弦と最後に弾く2弦のみ向こう指を置くこととし、これらの演奏弦は基本奏法とみなす。演奏弦ごとに候補範囲となる位置を向こう指位置候補とし、間隔コストは向こう指位置候補に応じて決定する。それ以外の演奏弦は向こう指を置かず、間隔コストを0とする。
人差し指 中指	基本奏法	向こう指は置かず、間隔コストを0とする。直後の運指が親指であり、候補範囲に人差し指や中指による演奏弦の1本手前の弦(着地弦)が含まれていて、かつ直後の演奏弦がオクターブ以内の関係である場合は、着地弦を直後の演奏弦の向こう指位置とする。
	かき爪	向こう指は置かず、間隔コストを0とする。直後の運指が親指であり、候補範囲にかき爪・割り爪で演奏する2弦のうち、弦番号が大きい方の弦の1本手前の弦(着地弦)が含まれていて、かつ直後の演奏弦がオクターブ以内の関係である場合は、着地弦を直後の演奏弦の向こう指位置とする。
	割り爪	
	すり爪	
	散し爪	
	輪連	
	トレモロ	
爪をはめていない指	ピチカート	
複数	合せ爪	親指と中指で弾く場合は、中指で弾く弦の1本手前の弦に支えとして右手の薬指を置き、それ以外の運指で弾く場合は、向こう指を置かないこととする。間隔コストは、どの運指であっても0とする。
	裏連	最後に親指で弾く2, 3弦のみ向こう指を置くこととし、これらの演奏弦のみ基本奏法とみなす。演奏弦ごとに候補範囲となる位置を向こう指位置候補とし、間隔コストは向こう指位置候補に応じて決定する。それ以外の演奏弦は向こう指を置かず、間隔コストを0とする。
	かけ爪	親指を用いた演奏弦のみ、中指で最後に弾いた弦の1本手前の弦に向こう指を置き、親指以外の運指を用いた演奏弦は、向こう指を置かないこととする。間隔コストは、どの運指であっても0とする。
	アルペジオ	左手を用いる場合は向こう指を置かず、間隔コストは0とする。右手を用いる場合は、中指で弾く弦の1本手前の弦に支えとして右手の薬指を置く。そのため、前述の位置を向こう指位置とする。間隔コストは、どの運指であっても0とする。
	無調音	向こう指を置かず、間隔コストを0とする。

## 5. 提案システム

### 5.1 向こう指の移動戦略推薦アルゴリズム

#### 5.1.1 向こう指の最適移動戦略の定義

親指(演奏弦)と向こう指の最も弾きやすい間隔を保つために、各撥弦において毎回向こう指を移動することは好ましくない。しかし間隔が広いと親指が寝てしまい、しっかりと弦を弾くことができない。また、直前の演奏弦に向こう指を置くと音が消えてしまう場合がある。加えて、フレーズ毎に向こう指を移動した方が好ましいとされている。本稿では、前述の要素と予備実験の結果から、最適な向こう指の移動戦略を以下のように定義する。

- 演奏者にとって最適な親指と向こう指の間隔を保つ
- 必要以上に向こう指を移動しない
- 直前の撥弦音を消さない
- 向こう指の移動は、極力フレーズの区切れ目とする
- 規則的なフレーズの向こう指の移動戦略は、規則的な移動タイミングと移動量とする

#### 5.1.2 提案アルゴリズム

本稿では、向こう指による弾きやすさ、向こう指の移動回数や移動方向、運指、奏法、直前の演奏弦、撥弦間隔、

フレーズの区切りや規則性から推薦を行う。提案アルゴリズムの流れを以下に示す。

① 向こう指の適度さの設定: 演奏者に適した親指と向こう指の間隔を保つために、「一」を除く「二」から「巾」までの12弦[b]それぞれの向こう指を置くことができる範囲(各弦の1からN-1弦先。Nは各弦の弦番号)に対して、向こう指の適度さを「◎・○・△・×」の4段階で設定する。「◎」を最も弾きやすい間隔、「○」を可もなく不可もない間隔、「△」を弾くことはできるが弾きづらい間隔、「×」を不適切な間隔とする。

② 各演奏弦における向こう指位置候補の決定: 各演奏弦に対して、①で「◎・○・△」のいずれかに設定された位置(以下、候補範囲とする)でかつ、奏法による制約(表2)を満たす位置(弦)を向こう指位置候補とする。ただし規則的に変化するフレーズでは、狭い間隔であれば「×」と設定された位置も向こう指位置候補に含める。「巾」から「一」まで順に弾くフレーズでは、「九」と「五」を弾く際に向こう指を移動させる。また中指、親指の順で弾いた後に、親指で直前の演奏弦の1本奥の弦を弾く場合の向こう指位置を直前と同じ位置とする。対応している特殊奏法のうち、11種類の特殊奏法[c]およびコーロリンは基本奏法と

b) 箏の弦は13本あり、奥から「一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、斗、為、巾」と呼ぶ。弦番号は奥から順に「1, 2, …, 13」とする。

c) すくい爪、引き連、押し手、押し放し、後押し、突き色、揺り色、引き色、消し爪、スタッカート、ハーモニクス。

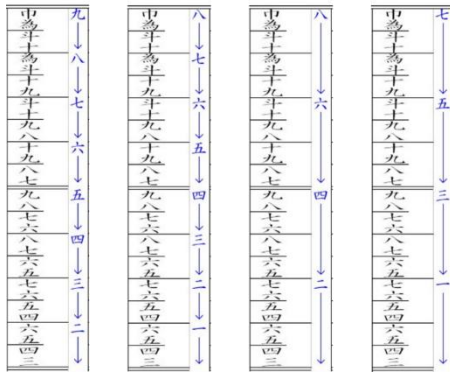


図 2 規則的に変化するフレーズにおける向こう指の移動戦略候補の例（「春の日」より）

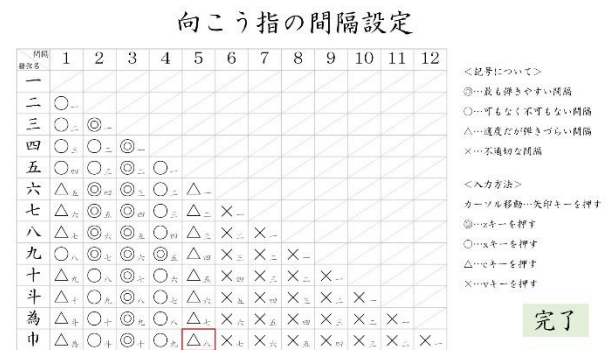


図 3 向こう指の適度さの設定画面

みなし、運指やフレーズ、直前の奏法によって向こう指位置候補を決定する。それ以外の 14 種類の特殊奏法は、奏法ごとに向こう指位置候補を決定する（表 2）。

③ 向こう指位置経路の最適化: 動的計画法を用いて、最終演奏弦から各演奏弦までの向こう指位置候補における移動コスト、間隔コスト、重複コストの累積コストを算出し、その合計が最小となる向こう指位置経路を採用する。候補が複数ある場合は、間隔コストと重複コストの累積コストの合計、移動コストの累積コスト、直前の向こう指位置からの移動量の優先順位で比較し、コストもしくは移動量が小さい方を採用する。ただし、規則的に変化するフレーズの向こう指の移動戦略は、考えられるすべての規則的な向こう指の移動戦略（図 2）のうち、間隔コストと重複コストの累積コストの合計が最小となる移動戦略を採用する。弾きやすさを重視するため、規則的なフレーズにおける移動コストは考慮しない。移動コストは、向こう指の移動の有無や移動方向、撥弦間隔、フレーズの区切りを考慮して算出する。移動方向は、奥に移動する場合より手前に移動する場合の移動コストを高くする。撥弦間隔は、1 拍以上の休符を挟む場合、撥弦間隔が 1 拍であった場合、撥弦間隔が 0.75 拍であった場合、撥弦間隔が 0.5 拍であった場合、撥弦間隔が 0.25 拍であった場合の 5 つに分けて考慮する。コーロリンについては、第 1 撥弦と第 2 撥弦の間隔を 0.75 拍、第 2 撥弦と第 3 撥弦の間隔を 0.25 拍とする。間隔コストは、①と奏法を考慮して算出する。奏法によって向こう指を置かない場合や、向こう指位置を一意に決定する場合は、間隔コストを 0 とする（表 2）。重複コストは、直前の演奏弦と撥弦間隔を考慮して算出する。

④ 推薦する向こう指の移動戦略の決定: ③で採用された向こう指位置経路を、第 1 演奏弦から最終演奏弦まで休符等の撥弦しない時間の向こう指位置を考慮しながら遡り、推薦する向こう指の移動戦略を決定していく。N 番目と N+1 番目の演奏弦の向こう指位置が同一の場合は、N 番目の撥弦タイミングから N+1 番目の撥弦タイミングまで向こう指を置き続ける。N 番目と N+1 番目の演奏弦の向こう

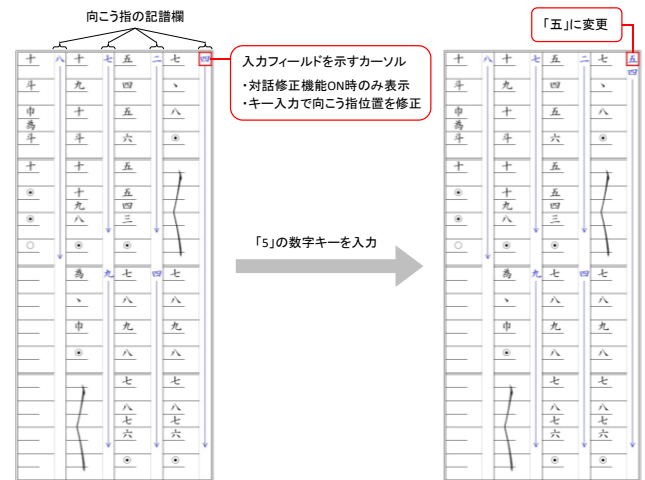


図 4 対話修正機能

指位置が同一でない場合や、N+1 番目に向こう指を置かない場合は、N 番目と N+1 番目の撥弦タイミングが 1 拍よりも空く場合のみ、N+1 番目の撥弦タイミングの 1 拍前まで N 番目の演奏弦の向こう指位置に置き続ける。それ以外については向こう指の移動時間とみなし、向こう指は置かない。最終演奏弦後の休符は、最終演奏弦で向こう指を置く場合のみ、その位置に向こう指を置き続ける。

## 5.2 機能

提案システムの機能を以下に示す。

- ユーザによる親指と向こう指の間隔に対する適度さの設定（図 3）：設定の読み込みと保存を可能としており、他の楽曲へ適応することもできる。
- ユーザに合わせた向こう指の移動戦略の推薦
- 3 章の向こう指の記譜法を用いた、箏譜による向こう指の移動戦略の提示
- 対話修正機能（図 4）：向こう指の移動戦略を修正（変更、追加、削除）することができる。ユーザの好みを推薦された向こう指の移動戦略に反映させるための機能である。割り当てられたキーを用いて操作を行う。
- 向こう指の移動戦略の読み込みと保存

表 3 各実験参加者の音楽経験

参加者	音楽経験
e	アコースティックギター, エレキギター (6年)
f	ピアノ (6年), クラシックギター (3年)
g	ピアノ (8年), アルトホルン (3年), トランペット (4年), 和太鼓, 箏, 三味線 (1年)
h	なし
i	なし
j	合唱 (2年)
k	なし

### 5.3 ターゲットユーザと使用状況

ターゲットユーザを以下に示す。箏譜が読めることを前提としている。

- 向こう指をいつどこに置くべきか分からない
- より良い向こう指の移動戦略に気づいていない
- 自身の向こう指の移動戦略に迷いがある

事前調査より、箏初心者にとっての向こう指の移動戦略を常に提示すると、その通りに向こう指を置きながら演奏しようとしてしまい、負担になることが分かった。そのため、向こう指の移動戦略が分からない、もしくは改善すべきと思われる部分のみ、提案システムが向こう指の移動戦略を推薦することで、向こう指を置くことに慣れさせ、間隔が広すぎる向こう指位置やより良い向こう指位置、より良い移動タイミングに気づかせる。これにより、箏初心者への負担を軽減しながら安定して弦を弾くことできるため、より良い演奏や効率的な上達につながるのではないかと考えている。4章の予備実験の結果より、箏経験者に対しても向こう指の移動戦略を推薦することで、自身の向こう指の移動戦略を決定する際の参考になると考えている。推薦された向こう指の移動戦略はあくまでも推薦であり、強制するものではない。

## 6. 実験評価

箏初心者が形式知の楽譜だけの情報を頼りに楽曲を習得していく過程や、ある程度弾けるようになったタイミングで提案システムが介入した場合における、提案システムの効果について調査した。各コストの重みづけは予備調査の結果をもとに行った。

### 6.1 実験手順

**参加者** 箏初心者の大学生・大学院生7名（男性6名、女性1名）が実験に参加した。各参加者の音楽経験を表3に示す。全員箏譜の読譜は可能である。

**課題曲** 沢井忠夫著作「沢井忠夫箏教則本第一集」より「練習6」の3行目（4小節）、久本玄智作曲「三段の調」より一段の本手の1行目から3行目まで（18小節）、沢井忠夫作曲「花筏」第一箏パートの2ページ1行目3小節目から2行目まで（8小節）の3曲を使用した。フレーズの区切り方や箏譜の変換方法は4章と同様とした。練習および向こう指の適度さの設定を確認するために、沢井忠夫著作「沢

井忠夫箏教則本第一集」より「さくらさくら」（14小節）を使用した。

**実験方法** 箏の弾き方や箏譜の読み方の確認を行った後、「さくらさくら」を10分間練習させた。次に向こう指の記譜法の説明と適度さの設定を行い、「さくらさくら」の推薦戦略を用いて向こう指の適度さの設定が正しいかを確認させた。その後、課題曲を練習させ、最後にアンケートに回答させた。各課題曲の練習時間は「練習6」を6分、「三段の調」と「花筏」をそれぞれ20分とし、順番はランダムとした。また「三段の調」と「花筏」は、練習前に課題曲を3回聴かせた。演奏弦を把握しやすくするために、龍甲に弦名が書かれた紙を貼り、目印として「五・七・十」の3弦の一部を赤く塗った。加えて、押し手の弦を把握しやすくするために、琴柱の左側の弦に目印をつけた。

事前調査の結果を考慮し、必要な部分の向こう指の移動戦略のみを必要なタイミングで提示することとした。提案システムには必要に応じて向こう指の移動戦略を推薦する仕組みがないため、今回は筆者が判断したタイミングで、提案システムによる情報提供を行った。具体的には、一定時間試行錯誤したにもかかわらず、向こう指が原因で上達できていない場合、ある程度弾けるようになったが、演奏の質を高めるためのより良い向こう指の移動戦略に気づいていない場合に情報提供を行った。形式知の伝達のみを行うために、必要な部分のみの向こう指の移動戦略が記譜された箏譜をプリンタから出力して提供し、筆者は隣室で演奏者の手元の映像を見ながら推薦の判断を行った。

各課題曲に対するアンケートについては、向こう指の移動戦略が推薦されたことによる弾きやすさ、上達の実感、抵抗感、学習の妨げの4項目に回答させた。加えて、向こう指の記譜法と提案システムに関する調査を行った。

### 6.2 結果

「練習6」ではe, g, j, kの4名、「三段の調」と「花筏」は全員に、向こう指の移動戦略の推薦を行った。各課題曲に対するアンケートは、向こう指の移動戦略を推薦した場合のみ回答させた。各課題曲のアンケート結果を表4に示す。“%”は好意的評価（7段階リッカート尺度で「弾きやすさ」と「上達」は5以上、「抵抗感」と「学習の妨げ」は3以下）の数を示す。

「練習6」では、4名中3名が弾きやすくなったと回答し、上達した実感があったのは1名であった。「三段の調」と「花筏」では、7名中4名が弾きやすくなったと回答した。上達については、「三段の調」において2名、「花筏」において5名が実感していた。全課題曲において、提案システムの狙った効果がみられなかったのは、gのみであった。向こう指の移動戦略が推薦されることへの抵抗感を示した者はいなかった。また「練習6」と「三段の調」では推薦された全員が、「花筏」では1名を除き、学習の妨げにならなかったと回答した。

表 4 各課題曲のアンケート結果

質問項目	練習 6				三段の調				春の日			
	回答数	平均	標準偏差	%	回答数	平均	標準偏差	%	回答数	平均	標準偏差	%
弾きやすさ	4	5.0	1.9	3/4	7	4.3	1.7	4/7	7	4.9	1.7	4/7
上達の実感	4	4.5	1.5	1/4	7	4.0	0.9	2/7	7	4.9	1.7	5/7
抵抗感	4	1.3	0.4	4/4	7	1.4	0.7	7/7	7	1.1	0.3	7/7
学習の妨げ	4	1.0	0.0	4/4	7	1.3	0.5	7/7	7	1.6	1.0	6/7

表 5 アンケート内容とその結果

#	質問内容	平均	標準偏差	%
1	向こう指の移動戦略の記譜法は分かりやすかったと思う	6.6	0.7	7/7
2	この先も提案システムを使用したいと思う	5.6	1.3	6/7

向こう指の記譜法と提案システムに関するアンケート結果を表 5 に示す。向こう指の記譜法については、全員が分かりやすかったと回答した。また 7 名中 6 名が、この先も提案システムを使用したいと回答した。

### 6.3 考察

「練習 6」で向こう指の移動戦略を推薦しなかった 3 名のうち 2 名は、以前の実験に参加した際に同じフレーズを弾いた経験があったため、数回で向こう指の移動戦略を決定し演奏していた。残りの 1 名は「三段の調でコツを掴んだ」と述べており、同様に数回で弾けるようになっていた。また、3 名の奏者戦略は推薦戦略と同じであった。

g については全課題曲に対して推薦を行ったが、どの課題曲においても演奏の質の向上や上達の効率化はみられなかった。週 1 回音楽の授業で 1 年間箏を演奏した経験があり、今回使用した課題曲が簡単であると感じたことや好み が考慮されていなかったことが影響し、提案システムが狙っていた効果がみられなかったと考える。しかし、「花筏」では「発見のような学びがあった」、「練習 6」と「三段の調」では「練習するきっかけになり、結果的に練習回数が増えた」と述べていた。

弾きやすさと上達の実感について課題曲ごとに述べる。「練習 6」では、g を除いた 3 名が、向こう指の移動戦略が推薦されたことで弾きやすくなったと回答していた。4 弦弾くごとに向こう指を移動させると弾きやすいことに気づかせたり、向こう指の移動戦略を意識させたりしたためである。しかし、弾きやすいと回答した 3 名うち上達を実感していたのは 1 名だけであり、「無駄なことを意識せずに済んだ」と述べていた。残りの 2 名については、「巾」から「一」まで順に 1 拍ごとに弾くシンプルな楽曲であったため、上達の実感がなかったと考える。

「三段の調」では、隣り合う弦を連続して弾くフレーズに対して全員に推薦を行ったが、移動タイミングが分かりスムーズに弾けるようになった者と、推薦戦略に弾きづらさを感じ奏者戦略を採用した者がいた。移動回数と弾きやすさのどちらを優先するかという好みの違いであったと考

える。推薦戦略によって音色が安定し、スムーズな演奏となった場合は上達の実感がみられた。また合せ爪の支えの指も全員に推薦したが、理解できたのは 1 名のみであり、「とくに一五（合せ爪）のときに向こう指を提案されたことで、だいぶ弾きやすくなった」と述べていた。残りの 6 名に対して実験終了後に、薬指のみを支えとして置くこと、その位置が記譜されていたことを説明し、実際にその通りに弾かせた結果、6 名中 4 名が安定して弾きやすくなったと回答した。その他にも、推薦戦略と奏者戦略が異なるにもかかわらず同じだと思ひ込み、推薦戦略が受け入れられなかった場合があった。実験終了後に説明し演奏させたところ、「推薦位置の方が音を消さずにスムーズに弾ける」と述べていた。奏者戦略と異なることはもちろん、なぜ推薦戦略の方が良いのかという理由も明確にすることで、より効率的な学習につながると考えている。

「花筏」では、規則的なフレーズに対して、向こう指の移動戦略を全員に推薦したところ、約半数が弾きやすくなったと回答した。「推薦システムだとスムーズに移動できた」、「どう動かせばよいか分かった」と述べており、スムーズに演奏できるようになったことや、弦に力をうまく伝えることができたことから、上達したと実感していた。一方で、演奏弦ごとの適度さの差や好みの違い、奏法によって弾きづらさを感じたといった意見が得られた。規則性を重視していたことが原因であると考えられる。それに加えて、推薦戦略に変更することに負担を感じていた者がいた。奏者戦略に慣れる前に推薦を行い、どちらが良いか選べざるべきであったと考える。

向こう指の移動戦略が推薦されることに対する抵抗は、全曲において全員が抵抗はなかったと回答した。「強制されないから」との意見が多く、参加者に推薦戦略を採用するか判断させたことが良かったと考えられる。「よりよい演奏の手助けになるのならば、システムを積極的に利用したい」、「自分だけだと迷いながら弾いてしまうので、推薦された方が（違う位置を選ぶにしても）決定しやすい」、「そもそも移動戦略が練れなかったので、推薦されて良かった」という意見もあり、推薦を歓迎している様子も伺えた。

向こう指の移動戦略が推薦されることによる学習の妨げについては、「花筏」の 1 名を除き、妨げにはならなかったと回答した。抵抗感と同様に、向こう指の移動戦略を参考にしないかは、参加者自身が判断できたためである。「意識したせいで曲のマスター自体は遅れた気がする」、

「また新たな気持ちで練習する・見直すきっかけにはなったが、練習し直すような意味では少し妨げているのかもしれない」といった意見もあり、推薦タイミングが重要であったことが示された。

向こう指の移動戦略の推薦タイミングについては、どの課題曲においても「最初から推薦してほしい」との意見が多かった。奏者戦略に慣れた後に推薦戦略に修正することが負担であったためである。一方で「演奏の質が悪くても、一通り曲を通せるようになった段階で推薦してほしい」という意見もあり、音楽経験や楽曲の難易度によって適切な推薦タイミングは異なることが分かった。

向こう指の記譜法については、全員が分かりやすいと回答していた。「譜面と隣り合っていて見比べやすかった」、「どこからどこを弾くまで抑えるかだけなので、とくに難しい内容ではなかった」と述べており、箏初心者でも理解しやすい記譜法であったといえる。一方で「一五(合せ爪)の表記だけ分からなかった」、「部分的に記載されている場合や向こう指が必要ない弾き方が混在している場合は、有効範囲が分かりにくかった」との意見もあった。向こう指3本のうち薬指のみを置く場合は、そのことが理解できるようにすべきであった。有効範囲についても、推薦箇所の色を付けるなど、理解しやすいようにすべきであった。

7名中6名が、この先も提案システムを使用したいと回答した。難しいフレーズや様々な奏法が出てきたとき、運指に困ったときに参考にしたいという意見が多く、「自身で考えるより、システムで推薦してもらう方が練習をより行える」、「確かに自分では(より良い向こう指に)気づかず、弾きづらいフレーズがあることを感じたから」と述べた者もいた。残りの1名はどちらともいえないと回答しており、推薦タイミングや好みの違いが影響したと考えられる。

今回の実験では、筆者がシステムの一部となり、向こう指の移動戦略を推薦していたが、将来的にはシステム自身が必要な部分の推薦戦略とその推薦タイミングを判断する仕組みが必要である。フレーズ内の移動量や最高音と最低音の差、撥弦間隔、映像、音声から推定できると考える。

## 7. 議論

### 7.1 箏経験者と箏初心者の比較

「巾」から「一」まで順に弾くフレーズは、箏初心者1名を除き、「九」と「五」で向こう指を移動していた。そのため、このフレーズにおける向こう指の移動タイミングの改善は適切であったといえる。

規則的に変化するフレーズの向こう指の移動戦略は、4章の予備実験の結果より、規則的な移動タイミングと移動量としたが、箏初心者のなかには弾きづらいと感じる者もいた。規則的なフレーズでは向こう指の移動回数を考慮せず、向こう指による弾きやすさと直前の演奏弦を考慮していたが、特殊奏法についても考慮すべきであったと考える。

また規則性を考慮することで、間隔が狭くて弾きづらい位置が推薦されたことも影響したと考えている。間隔が狭い場合の弾き方のコツを掴めば、その位置に向こう指を置いて弾くことができ、フレーズを考慮したより良い演奏ができるだろう。

向こう指の記譜法については、箏経験者・箏初心者ともに全員が「分かりやすい」と回答しており、向こう指の移動戦略の提示に成功したといえる。しかし、親指と中指による合せ爪で弾く際の支えの指は、口頭で説明しなければ伝わらない場合もあった。薬指のみを置く場合は丸で囲うなど、向こう指の指使いの違いも提示すべきである。

### 7.2 提案システムのさらなる改善点

演奏弦の1本奥の弦に向こう指を置くことを不適切とした演奏者で、実際に楽曲を演奏する際に、その位置に向こう指を置く者と置かない者がいた。その違いについて分析したところ、「二」を弾く際に「一」に向こう指を置いている場合は、その他の弦に対してもフレーズによっては置いていた。「巾」から「一」まで順に弾くフレーズの「二」を弾く際に「一」に向こう指を置かず置かないかをみることによって、より演奏者に合わせた向こう指の移動戦略が推薦できると考えている。また磯に向こう指を置く演奏者もいたため、磯も向こう指位置候補に含めるべきである。

一般的に親指以外の運指を用いる場合は向こう指を置かないが、親指奏法以外においても向こう指を置く演奏者がいた。そのため、親指奏法以外で向こう指を置くべきかどうかについても、演奏者ごとに推薦するシステムに改良すべきである。親指による撥弦では、向こう指を置かずに弾いていても、推薦戦略を参考にすることによって、向こう指を置いた方が弾きやすいことに気づく場合もあった。そのため、親指奏法の向こう指位置は、すべて推薦を行うべきである。

向こう指の適度さの設定において、特に「◎」と「○」の区別が難しいとの意見があった。試しに「◎」と「○」を区別せずに3段階で向こう指の推薦戦略を決定したところ、うまくいかなかった。そのため、現在の4段階以上で向こう指の適度さを設定する必要があると考えられる。また同じ設定であっても、その中で差があることが実験評価より示唆された。弾きやすさの内観を現在の4段階より細かく示すことは難しいため、修正戦略をもとにシステムが向こう指の適度さを推定する仕組みがあれば、より良い向こう指の移動戦略を推薦できると考えている。

### 7.3 提案システムのリミテーション

直前の撥弦だけでなく撥弦からの経過時間を考慮することで、余韻を響かせたより良い演奏になると考えられる。しかし、音高や部屋の環境によって残響時間が異なるため、それらを考慮して毎回異なる向こう指の移動戦略を推薦すると、学習を阻害する可能性がある。よって提案システムでは直前の演奏弦のみを考慮している。

また提案アルゴリズムでは、合せ爪を親指と中指で弾く場合は向こう指を置くこととしていた。しかし柔らかい音を出すために、向こう指を置かず上に持ち上げるように弾くこともあり、その際は向こう指を置かない。また人差し指や中指で弦を弾く場合は、基本的に上から下に振り下ろすように弾くが、下から引っ掛けるように弾くこともある。この場合、人差し指や中指で弾くときに向こう指を置かないことには変わらないが、その直前の運指が親指である場合は、人差し指や中指で弾く弦に向こう指を置く。これらの演奏方法は演奏者の表現によるものであり、楽譜から読み取れる情報ではない。よって提案アルゴリズムで考慮することは困難であり、対話修正機能を用いて演奏者自身に修正させる必要がある。

## 8. まとめと展望

本研究では、これまでに経験的に習得するしかなかった「向こう指」に着目し、演奏者に合わせて向こう指の移動戦略を推薦するシステムおよび向こう指の記譜法を提案した。提案システムは、向こう指による演奏の質の向上や効率的な上達を目的としており、親指と向こう指の間隔による弾きやすさ、向こう指の移動回数や移動方向、運指、奏法、直前の演奏弦、フレーズの区切りや規則性を考慮し、向こう指の移動戦略を推薦する。

箏経験者および箏初心者による提案システムの性能評価を行った結果、箏初心者1名を除き、提案システムから推薦された向こう指の移動戦略を参考にすることによって、演奏の質や弾きやすさが向上し、箏初心者、箏経験者ともに有用であることが示された。推薦された向こう指の移動戦略は、箏経験者自身の向こう指の移動戦略より良い場合もあった。また、向こう指の記譜法について分からないと述べた者はおらず、箏経験者にとっても箏初心者にとっても分かりやすいことが示された。

一般的に親指以外の運指を用いる場合は向こう指を置かないが、親指奏法以外においても向こう指を置く演奏者がいた。そのため、親指奏法以外で向こう指を置くべきかどうかについても、演奏者ごとに推薦するシステムに改良する。また演奏者の好みや左手奏法、親指と向こう指の間隔の維持を考慮し、向こう指位置候補に磯を含めることで、より良い向こう指の移動戦略が推薦できると考えている。

## 参考文献

- [1] ヤマハデジタル教材 箏授業。  
[https://ses.yamaha.com/products/digital\\_koto/](https://ses.yamaha.com/products/digital_koto/), (参照 2019-02-18).
- [2] 福永千恵子. やさしく学べる箏教本. 汐文社, 2003.
- [3] 土井麻由佳, 宮下芳明. 奏法を考慮した箏演奏学習支援手法に関する考察. 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.3, pp.912-928, 2018.
- [4] 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.
- [5] Alia Al Kasimi, Eric Nichols, Christopher Raphael. Automatic Fingering System (AFS). In *Proc. of ISMIR '05*, 2005.
- [6] 藤井創太, 浜中雅俊, 長谷川晶一. Fingering Simulator : ギター単旋律の運指推定. 情報処理学会研究報告 (音楽情報科学研究会 2008-MUS-076), Vol.2008, No.78, pp.167-172, 2008.
- [7] Toky Hajatiana Raboanary, Fanaja Harianja Randriamahenintsoa, Heriniaina Andry Raboanary, Tantely Mahefatiiana Raboanary, Julien Amédée Raboanary. Finding optimal bass guitar fingerings. In *Proc. of IEEE AFRICON '17*, pp.65-71, 2017.
- [8] 三浦雅展, 廣田勲, 浜将彦, 柳田益造. 単旋律ギター演奏における最適押弦位置決定システムの構築. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J86-D2, No.6, pp.755-763, 2003.