

# 一般化弦楽器に対する調弦を考慮した単旋律楽譜編曲システムの提案

濱中 敬人    坂本 大介    五十嵐 健夫\*

概要. 本研究では, 種々の弦楽器に一般化された譜面の単旋律編曲システムを提案する. ここでいう編曲とは, メロディの大まかな流れは変えずに, ある楽器用の楽譜から他の楽器用の楽譜に変換することである. 単旋律を入力とした, ある特定の弦楽器に対する運指決定の先行研究は, すでに多数行われており, 中には, 複数の弦楽器に適用できるような研究もあるが, 対応できない弦楽器も存在する. また複数の調弦法をもつ弦楽器で, 特に弦数の少ないものや相対音で調弦を決めるものにおいては調弦によって運指の難易度が大きく変わってしまう. そこで本研究では, 既存研究を参考により多くの弦楽器に対応した弦楽器モデルを定義し, その上で, 調弦の部分に自由度をもたせ, 与えられたいくつかの調弦のなかで最も簡単に演奏できる調弦のもとでの運指を出力するシステムを提案する.

## 1 はじめに

発明から数百年経った今日においても楽譜記述フォーマットのスタンダードは依然五線譜であり, 新しい曲などは基本的に五線譜でしか提供されないことが多い. 従って, 五線譜以外のフォーマットで楽譜が記述される弦楽器の演奏者や, 五線譜の読解に慣れていない演奏者は, 弾きたい曲が五線譜しかない場合, 自分の理解できるフォーマットにいちいち譜を変換する必要があった.

そこで本研究では, 種々の弦楽器に一般化された譜面の単旋律編曲システムを提案する. ここでいう編曲とは, メロディの大まかな流れは変えずに, ある楽器用の楽譜から他の楽器用の楽譜に変換することである. 単旋律を入力とした, ある特定の弦楽器に対する運指決定の先行研究は, すでに多数行われている [3][4]. 中には, 弦楽器のバリエーションを弦数とフレット数のバリエーションとみなして, 複数の弦楽器に適用できるような研究 [2] もあるが, 弦数・フレット数のみに注目した一般化で対応できる弦楽器は限られている. また, 弦楽器は調弦法を複数持つことも多く, 特に弦数の少ないものや相対音で調弦を決めるものにおいては調弦によって運指の難易度が大きく変わってしまう. 本研究では, 既存研究を参考により多くの弦楽器に対応した弦楽器モデルを定義し, その上で, 調弦の部分に自由度をもたせ, 与えられたいくつかの調弦のなかで最も簡単に演奏できる調弦のもとでの運指を出力するシステムを提案する. 本研究においては, 運指決定の部分については, 先行研究の手法を用いる. また, 運指の難易度の尺度についても, 先行研究で編曲の評価指標として使われていたものを利用する.

## 2 関連研究

前節で述べたように, 楽譜を特定の楽器向けに編曲する, という先行研究は多数存在している. 複数種の弦楽器に適用できうる変換手法の研究として, Baccheriniらは,  $m$  弦の弦楽器を表すモデル  $SI_m$  ( $SI$  は String Instrument の略である)[2] を提案している. 詳細は次節で述べる. また Allenらは, 主にギターを対象に複数の調弦に対応出来る運指決定システム [1] を研究している. これらの研究では, フレットは半音刻みとみなされており, 変則的なフレット間隔を持つ琵琶, シタールなどにはそのまま適用できない.

## 3 システム概要

本研究では, まず Baccherini[2] らの提唱した一般化弦楽器モデルを拡張し, より多種の弦楽器に柔軟に対応できる弦楽器モデルを定義する. 提案する編曲システムは, この弦楽器モデルで定義されるある弦楽器と譜面データを入力として受け取り, 弦楽器の持つそれぞれの調弦に対して運指を決定する. 決定された運指それぞれに対して, 手の移動距離等の指標を用いて評価を行い, 評価の一番高くなった運指と, それをもたらず調弦を出力とする. 図 1 にシステムのスクリーンショットを示す.

### 3.1 一般化弦楽器モデル

Baccheriniらのモデルにおいて,  $m$  弦の弦楽器は2つ組  $SI_m(S_m, f_n)$  として表される.  $S_m$  は, 各弦の開放弦, すなわち, フレットをどこも抑えずに弦を弾いた時の音を MIDI ナンバーで表した自然数配列である.  $S_m$  の大きさは楽器の弦数  $m$  に等しくなる. 例として, 国際法表記で E5-A4-D4-G3 と表されるヴァイオリンの場合,  $S_m = (76, 69, 62, 55)$  である. また  $f_n$  はフレットの数を表し, 例えば一

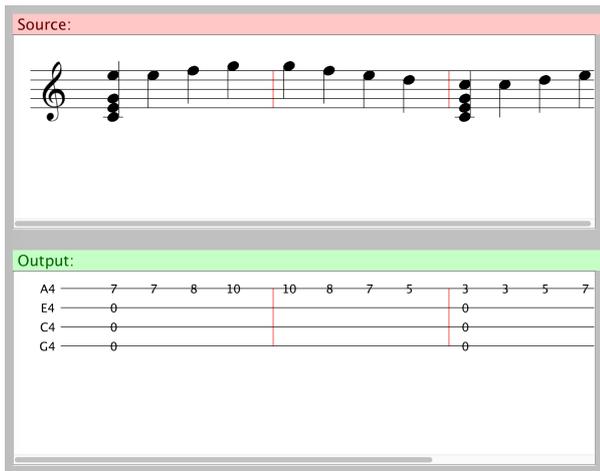


図 1. システムのスクリーンショット

一般的なギターの場合は  $f_n = 19$  となる。ヴァイオリンや三味線など、フレットの存在しない弦楽器については論文中で触られていないが、構造上弦を押さえられる位置には限界があるため、その位置を一番高いフレットと見なせば、 $f_n$  を定義することはできる。

本研究では、これを拡張した4組弦楽器モデル  $SI_m^l(T_m, fr, fi, tc)$  を用いる。まず、複数の調弦法が存在する先行モデルの  $S_m$  を開放弦の組、つまり調弦法とみなし、 $T_m$  は調弦  $S_m$  の集合とする。続いて、必ずしも半音刻みでないフレットに対応するため、先行モデル  $f_n$  の代わりに、半音のフレット間隔を1とみなして、抜けているフレットに対応する番号を除外した配列  $fr$  を定義する。例えば、5つのフレットを持ち、第2フレット-第3フレット間が全音の楽器の場合、 $fr = (0, 1, 2, 4, 5, 6)$  となる。また、フレットを押さえるために用いる指の種類も、運指を考える上で重要な要素であるため、指の集合  $fi$  を定義する。弦楽器は演奏(弦を弾く行為)に少なくとも片手を使用するため、 $fi$  の要素と成り得るのはもう片方の手指(最大5本)となる。最後に、特殊奏法の有無  $tc$  を定義する。特殊奏法は装飾音の側面も持つため、楽器により様々な種類があるが、ここで扱う特殊奏法は、

- 速い演奏を弾きやすくするための奏法(トレモロ、ピチカートなど)
- 本来その弦、そのフレットで出る音を変える奏法(ギターの場合のチョーキングなど)

の2種類に絞る。

### 3.2 運指決定および調弦情報を加味した性能評価

運指決定アルゴリズムについては、HMM(隠れマルコフ連鎖)[3]や条件付き確率場を用いたもの[4]などが先行研究として存在している。入力するモデ

ルが今回定義した一般化モデルに変わる以外は、基本的に先行研究の手法を用いて変換を行う。また、得られた運指情報の評価方法についても、例えば押さえる弦を変える回数や、手全体の移動距離(手の位置を変えずに指だけ動かす場合は移動距離は0となる)などの評価基準が先行研究で提案されているため、それを利用する。以上で、楽譜とある弦楽器  $SI_m^l$  を与えた場合、その各調弦 ( $T_m$  の各要素)のもとでの運指と、その評価が得られる。それぞれの運指評価情報を比較し、一番評価の高かった運指とそれをもたらず調弦を、最終的な出力とする。

## 4 まとめおよび今後の実装予定

本研究では、楽譜と変換先の弦楽器を入力として受け取り、その楽器向けで、かつ評価指標によって最も演奏しやすいとされる調弦の元での運指情報を出力するシステムを提案した。楽器構造から見た場合、弦楽器は、リュート属、ハープ属、ツィター属の3つに分類される。このうち、弦をフレットで押さえるのはリュート属の弦楽器だけである。従って、現状の問題点として、先行研究、およびそれを改良した本研究のモデルが対象にできるのはリュート属の弦楽器に限られる。

また、今回提案するシステムでは一つの曲、一つの弦楽器に対して、既知の調弦の中で最適なものを選び、運指を出力するが、西洋音楽におけるスコルダトゥーラのように、基本の調弦の一部を変則的に変えることで譜面の弾きやすさを向上できるか検証したり、いくつかの曲を連続で演奏する場合になるべく調弦を変えなくて済むような調弦運指を出力したり、といった応用も考えられる。今回提案するシステムは、現在実装中である。11月中旬をめどに変換アルゴリズムの実装を完了し、その後評価指標の検討、インターフェイス部分の改善、性能評価を行う予定である。

## 参考文献

- [1] T. Allen and C. Goudeseune. Topological Considerations for Tuning and Fingering Stringed Instruments. *arXiv preprint arXiv:1105.1383*, 2011.
- [2] D. Baccherini, D. Merlini, and R. Sprugnoli. Tablatures for stringed instruments and generating functions. In *Fun with Algorithms*, pp. 40–52. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [3] G. Hori, H. Kameoka, and S. Sagayama. Input-output HMM applied to automatic arrangement for guitars. *Information and Media Technologies*, 8(2):477–484, 2013.
- [4] S. Sako, W. Nagata, and T. Kitamura. Violin Fingering Estimation According to the Performer's Skill Level Based on Conditional Random Field. *Human-Computer Interaction: Interaction Technologies*, pp. 485–494, 2015.