

## 主旋律と和音を同時に演奏するソロギターのためのタブ譜生成システム

坂井 俊亮<sup>†</sup> 瀬川 日向<sup>†</sup> 北原 鉄朗<sup>†</sup><sup>†</sup> 日本大学文理学部情報科学科

## 1. はじめに

タブ譜は、音高から押弦位置が一意に定まらないギターにとって、有用な演奏指示手段である。そのため、タブ譜を自動で生成する研究が行われてきた。三浦らは、単旋律に対して最適な押弦箇所を推定する方法を検討した<sup>1)</sup>。Tuohy らは、遺伝的アルゴリズムを利用したタブ譜自動生成を試みた<sup>2)</sup>。矢澤らは、音響信号からタブ譜の推定をしながら自動採譜を行うシステムを実現した<sup>3)</sup>。

入力がリードシート（主旋律+和音名列）の場合、和音のヴォイスイングに自由度があるため、適した和音のヴォイスイングを推定しながらタブ譜を生成する必要がある。そのため、上述のシステムをそのまま適用することはできない。吉永らは、ピアノ用楽譜に隠れマルコフモデルを適用することでギター用に編曲するシステムを構築した<sup>4)</sup>。しかし、リードシートにそのまま適用できるものではない。

本研究では、リードシートから主旋律と和音進行の情報を得、押弦制約などから決まる遷移コストや出力コストを定式化し、これらが最小になるようにタブ譜を生成する。

## 2. タブ譜生成アルゴリズム

本システムは、単旋律とコード進行が記載された楽譜（リードシート）から、主旋律に加えて、和音のルート音や和音のいずれかの構成音を同時に演奏するためのタブ譜を生成する。

## 2.1 基本的なメカニズム

主旋律(+コードの構成音)を  $X = \{(x_1, c_1), \dots, (x_N, c_N)\}$  と表すとする。ここで、 $x_n$  は  $n$  番目の音符の音高 (MIDI ノートナンバー) または休符、 $c_n$  は  $n$  番目の音符に付与された和音名を表す。現在の実装では、和音が変化するタイミングでのみ和音を演奏することとし、和音シンボルがない、あるいは前の和音が続いているときは  $c_n$  は空 ( $\epsilon$ ) とする。

ここで求めるものは、 $X$  が与えられたときの、各音符に対する最適な押弦状態  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_N\} (q_n \in V)$  である。 $V$  は押弦状態の集合で、各要素は 6 次元ベクトル  $v = (v^{(1)}, v^{(2)}, v^{(3)}, v^{(4)}, v^{(5)}, v^{(6)})$  で表される。 $v^{(m)}$  は弦  $m$  を押弦しているフレットの番号を表す ( $v^{(m)} = -1, 0, \dots, 14$ )。  $v^{(m)} = -1$  は演奏しないことを、 $v^{(m)} = 0$  は開放弦を表す。

$Q$  に対するコスト（非最適さの度合）を定義し、最小化する。コストは、初期コスト  $C(q_1)$ 、遷移コスト  $C(q_{n+1}|q_n)$ 、出力コスト  $C((x_n, c_n)|q_n)$  を組み合わせて定義する。全体のコスト  $C(Q)$  は次の式で定義され、Viterbi アルゴリズムによって最小の  $Q$  を求める。

$$C(Q) = C(q_1) + \sum_{n=1}^{N-1} \{C((x_n, c_n)|q_n) + C(q_{n+1}|q_n)\} + C((x_N, c_N)|q_N)$$

Tablature generation system for solo guitar that simultaneously plays the main melody and chords. by Shunsuke Sakai, Hinata Segawa, and Tetsuro Kitahara (Nihon University)

## 2.2 押弦状態ベクトルの集合の作成

押弦状態ベクトルの集合の作成にあたり、次の方針を定める。

- 主旋律と和音を同時に演奏する際に、和音の構成音として主旋律より高い音は演奏しない。
  - 和音の最低音（ベース音）は必ずルート音とする。
  - 押弦するフレットの幅を 3 以下とする。
  - ギター奏者が慣れ親しんだ押弦フォームを優先する。
- そこで、次の方法で求めた押弦状態ベクトルを  $V$  に加える。

## 2.2.1 同時押弦数が 2 以下の押弦状態ベクトル

主旋律または主旋律とベース音のみの演奏を想定した押弦状態ベクトルである。次の条件を満たす  $v$  を  $V$  に加える。

- (1)  $\max_+(v) - \min_+(v) \leq 3$
- (2)  $v^{(m)} > 0$  を満たす  $m$  が 2 つ以下
- (3) 複数の弦が同じ音高に対応しない

ここで、 $\max_+(v)$  および  $\min_+(v)$  は、 $v$  のうち値が 1 以上の要素の中での最大値および最小値を表す。

## 2.2.2 同時押弦数が 3 以上の押弦状態ベクトル

主旋律と和音または和音のみの演奏を想定した押弦状態ベクトルである。ギター奏者が慣れ親しんだ押弦フォームを優先するため、基本的な和音の押弦フォーム（典型フォームと呼ぶ）をデータ化し、そこから押弦状態ベクトルを作成する。

典型フォームは、ギター奏者が知っている期待できる基本的な和音の押弦フォームである。例えば、C なら (0, 1, 0, 2, 3, -1), F なら (1, 1, 2, 3, 3, 1) などである。このような押弦ベクトルを 3658 個手作業で用意し、システムに入力した。実際の実装では、運指情報を一緒に保持するデータ構造となっているが、紙面の都合上説明は省略する。

典型フォームとして用意した押弦ベクトルは、そのまま  $V$  に登録するのに加え、次の変更を加えたものも  $V$  に追加する。

- 押弦箇所を開放弦にしたり、押弦をやめて演奏しないことにしたもの。つまり、典型フォームのうち数か所を 0 もしくは -1 に変換したものである (F, B のようなセーハコードは、セーハされたフレット番号に変換される)。
- 押弦位置を 1 箇所増やしたもの。具体的には、運指情報を基に押弦可能なフレットを追加したものである。

## 2.3 押弦状態ベクトルの絞り込み

最高音が主旋律、それ以外が和音構成音になるよう、 $q_n$  を決める際の押弦状態ベクトルの候補として、 $V$  の各要素  $v$  のうち、次の条件に当てはまるもののみを残す。

- 最高音が主旋律の音高と一致する。  
 $\exists m_0 : \text{note}(v^{(m_0)}) = x_n$  かつ  $\forall m < m_0 : v^{(m)} = -1$ 。
- 最低音が和音のルート音と一致する。  
 $\exists m_1 : \text{note}(v^{(m_1)}) = \text{root}(c_n)$  かつ  $\forall m > m_1 : v^{(m)} = -1$ 。
- 最高音と最低音の間の音が和音構成音である。  
 $\forall m \in (m_0, m_1) : \text{note}(v^{(m)}) \in \text{notes}(c_n)$ 。

$\text{note}(v^{(m)})$  は、弦  $m$  の押弦位置が  $v^{(m)}$  のときに出力される音高を、 $\text{root}(c_n)$  は和音  $c_n$  のルート音を、 $\text{notes}(c_n)$  は  $c_n$  の構成音の集合を表す。

$c_n = \epsilon$  のときは、主旋律のみを演奏するため、 $m = 1, \dots, 6$  の  $v^{(m)}$  のうち一か所のみが  $\text{note}(v^{(m)}) = x_n$  で、それ以外

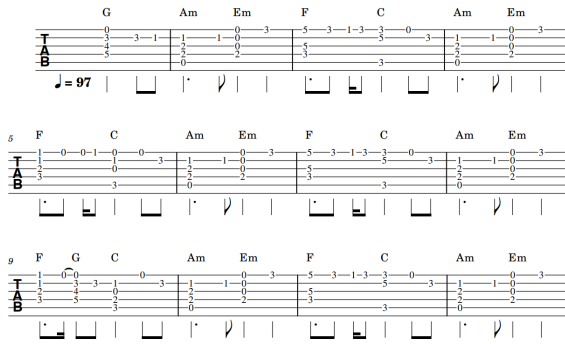


図1 タブ譜 (抜粋)

は  $v^{(m)} = -1$  のもののみを残す。

### 2.4 初期コストの定義

アコースティックギターでは、ネックに近い位置の方がボディに近い位置よりも一般的なもので、ボディに近いポジションに、ネックに近い位置よりも高いコストを与える。

$$C(q_1) = \begin{cases} 2.5 & (\max_+(q_1) \leq 4) \\ 5.0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

### 2.5 遷移コストの定義

押弦位置の大きな移動を伴う状態遷移のコストを大きくすることで演奏の難易度を下げべく、遷移コストを定義する。

$$C(q_{n+1}|q_n) = \begin{cases} 0.0 & (\max(q_{n+1}) = 0 \text{ or } \max(q_n) = 0) \\ |\min_+(q_n) - \min_+(q_{n+1})| + \alpha & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$\alpha$  はネック寄りの押弦を優先するためのコストである (5フレット以上のときは 5.0, 4フレット以内のときは 0.0)。

### 2.6 出力コストの定義

前述の押弦状態ベクトルの絞り込みにより、残されたものの状態を選んで  $(x_n, c_n)$  が出力されるが、響きや押さえやすさには差がある。そこで、出力コストを次のように定める。

(i)  $c_n = \epsilon$  のとき

一律に  $C((x_n, c_n)|q_n) = 0$  とする。

(ii)  $c_n \neq \epsilon$  のとき

同時発音数から決まるコスト  $\text{voices}(q_n)$  と典型フォームと一致するかで決まるコスト  $\text{typical}(q_n)$  を定義し、

$$C((x_n, c_n)|q_n) = \text{voices}(q_n) + \text{typical}(q_n)$$

と定義する。  $\text{voices}(q_n)$  は、同時発音数が多い方が響きが豊かになって望ましいとの考えから、同時発音数に負の定数をかけた値とする。ただし、同時発音数があまりに多いと弾く難易度が上がってしまうので、  $x_n$  の音価が 2 分音符以上のときに最大発音数が 6 以上の場合、2 分音符未満のときに最大発音数が 5 以上の場合  $\text{voices}(q_n) = \infty$  とする (実装上は十分に大きい正の値)。  $\text{typical}(q_n)$  は、  $q_n$  が典型フォームのいずれかと完全一致する場合は低めの値、そうでない場合は高めの値を与える (現在の実装ではそれぞれ 10, 12)。

## 3. 評価実験

### 3.1 実験方法

提案手法によって出力した 8 曲分のタブ譜 (一例を図 1 に示す) を、クラシックギターの専門家 1 名に評価して頂いた。各楽曲に対して表 1 の質問に 7 段階で回答して頂いた。

### 3.2 結果・考察

評価の結果を表 2 にまとめる。表 2 より、全体的に良い評

表 1 評価項目

Q1	1 つ 1 つの和音のヴォイスングに演奏しづらいところがあったか
Q2	和音から和音への遷移で演奏しづらいところがあったか
Q3	主旋律で演奏しづらいところがあったか
Q4	ヴォイスングが音楽的に妥当だと思うか
Q5	中級者程度の奏者にとって妥当な難易度だったか
Q6	中級者が自分で編曲する際の出発点として有用な編曲と思うか

表 2 各楽曲の評価

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Let it Snow	6	4	4	3	5	4
The Wellerman	5	5	5	6	5	5
カナリヤ	7	6	7	5	7	5
チェリー	7	7	6	6	7	7
空も飛べるはず	6	4	6	5	6	6
月を見ていた	6	5	6	5	7	6
打上花火	5	6	7	5	7	6
夜明けと蛍	4	3	4	5	5	5

価を得ることができた。しかし、”チェリー”や”夜明けと蛍”のように楽曲による大きな評価の差も見られた。また、採用された押弦状態が、楽曲の主旋律や求められている和音にどの程度沿っているかで評価の値が大きく変動した。

”Let it Snow”は、Q2, 3, 4, 6 において低い評価を得た。特に Q4 においては、前後の旋律を意識した和音の構成音の選択や拍による音の変化を考慮できていなかったと考えられる。 ”カナリヤ”は押弦位置に関する項目は問題なかったが、ヴォイスングに問題があった。和音の構成音が主旋律の流れに沿っておらず、あまり適した音を含んでいなかったと考えられる。 ”空も飛べるはず”では、Q2 において低い評価を得た。本システムの出力コストにおける同時発音数が多い方が望ましいという考え方によって、押弦しづらいベクトルが採用されてしまったと考えられる。 ”夜明けと蛍”も同様に、出力コストの考え方によって押弦が難しいタブ譜になってしまったと考えられる。

## 4. おわりに

本稿では、主旋律と和音を同時に演奏するソロギターにおけるタブ譜生成システムを提案した。提案手法ではリードシートから和音の情報を読み取り、主旋律と和音を同時に演奏可能なタブ譜を生成することができた。しかし、现阶段では和音の数のみを考慮してタブ譜の生成を行っているため、主旋律の流れや、拍による強弱を考慮すべきであるとする。謝辞 本研究は、科研費 22H03711, 21H03572 の支援を受けた。また、評価実験にご協力いただいた飯野なみ氏に感謝する。

## 参考文献

- 1) 三浦雅展, 柳田益造, ”単旋律ギターにおける最適押弦位置決定システムの構築”, MUS, vol.2002, No.40, pp.127-132(2002).
- 2) D.R.Tuohy and W.D.Potter, ”A Genetic Algorithm for the Automatic Generation of Playable Guitar Tablature”, ICMC2005, pp.499-502(2005).
- 3) 矢澤一樹, 阪上大地, 糸山克寿, 尾形哲也, 奥乃博, ”押弦制約付きギター演奏自動採譜システム”, 情報処理学会第 74 回全国大会, pp.391-392(2012).
- 4) 吉永悠真, 堀玄, 深山寛, 嵯峨山茂樹, ”隠れマルコフモデルによるギターのための運指決定および自動編曲”, 日本音響学会春季研究発表会講演集, pp.1011-1014(2012).