

# 変則チューニングを考慮した難易度調整可能な ギタータブ譜の自動生成手法

猿渡 俊祐 井尻 敬

芝浦工業大学 工学部 情報工学科 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

E-mail: all18056@shibaura-it.ac.jp ijiri@shibaura-it.ac.jp

あらまし 本研究では、パラメータ調整により難易度調整可能、かつ、変則チューニングを考慮した自動タブ譜生成手法を提案する。我々は、タブ譜の生成を、押さえるフォームの遷移列を決定する最適化問題と考え、そのコストを原曲再現度と演奏容易度に基づいて定式化する。さらに本研究では、この最適化問題を考慮する変則チューニングの数だけ解くことで、多様な変則チューニングを考慮しながらタブ譜を生成する。提案手法の有用性を確認するため、複数の楽曲のタブ譜を生成する実験を実施した。その結果、提案手法は人手で作成されたものと似たタブ譜を生成する能力を有し、かつ、提案手法により変則チューニングを考慮することで出力タブ譜の演奏難易度を改善できる可能性が示唆された。

キーワード ギタータブ譜, タブ譜自動生成, 変則チューニング

## 1. はじめに

タブ譜とは、ギター用の楽譜の表現形式のひとつで、押さえる弦およびその位置などの演奏情報を6線譜上に表示するものである(図1b)。ギターは、その構造上、ある音を鳴らす場合に複数の運指パターンが想定される。タブ譜は、押さえるべき運指を一意に示すため、初心者にも運指がわかりやすいという利点がある。

ギターは6本の弦を持ち、一般的に、低音から高音までの各弦は、E, A, D, G, B, E という音が鳴らせるようにチューニングされる。このチューニングを基本チューニングと呼ぶこととする。一方、基本チューニングでは困難な楽曲の演奏を容易にするため、各弦の音高を変更した変則チューニングが使用されることがある。代表的な変則チューニングとして、6弦のみを全音下げた Drop D、開放弦だけで和音が鳴らせる Open E などが存在する。

初心者にとって、一般的な楽譜からタブ譜を書き起こす作業は難しいため、タブ譜を自動生成する手法が提案されている。しかし、いずれの手法においても表現力や難易度が変化する可能性のある変則チューニングについては、考慮されていない。

そこで本研究は、パラメータ調整により難易度調整可能、かつ、変則チューニングを考慮した自動タブ譜作成手法を提案する。変則チューニングを考慮することで、入力された曲に適したチューニングが選択され、より演奏が簡単なタブ譜が出力される可能性が期待できる。図1に提案手法を利用して生成されたタブ譜の例を示す。この例では、変則チューニングを用いることで、開放弦を多く利用する演奏難易度の低いタブ譜が生成されている。

## 2. 関連研究

ギターのタブ譜生成には押さえ方の多様性の問題が存在する。例えば、ギターを用いて A4→F4→G4 という3音を順番に連続して演奏する場合、押さえ方の

Figure 1 consists of three parts: (a) A musical score in 3/4 time showing a melody and two chords, Am and E. (b) A guitar tablature for the same piece, assuming standard tuning. It shows fret numbers on strings 1-6. (c) A guitar tablature for the same piece, considering alternate tuning. It shows more open strings (0) and fewer fret numbers, indicating a simpler playing style.

図1. 変則チューニングを考慮したタブ譜自動生成. (a)入力された音高列, (b)提案手法により基本チューニングを仮定して生成されたタブ譜, および, (c)提案手法により変則チューニングを考慮して生成されたタブ譜.

組み合わせは80通り存在する。このような多様性のある押さえ方から、最適な押さえ方を推定するために、Neural Networkを用いる手法[1]、遺伝的アルゴリズムを用いる手法[2]、A-Starアルゴリズムを用いる手法[3]、蟻コロニー最適化を用いる手法[4]などが提案されている。しかし、これらの手法は、入力された音を必ず演奏することを前提とするため、演奏が非常に難しいタブ譜が出力される可能性がある。

一方、楽曲の音高列が入力されると、演奏困難な入力音を一部省略しながら、左手のフォームを推定する手法が提案されている[5]。ここで、フォームとは特定の音高列を演奏するための押さえ方のことを示す。ギター演奏者の多くは、和音を瞬時に演奏できるようにコードフォームと呼ばれる特定の押さえ方を記憶している。この手法の利点は、演奏可能なフォームの利用を前提として、演奏困難な入力音を省略しながら、タブ譜を生成できることである。本論文でも、この文献[5]のアプローチを応用する。

### 3. 提案手法

#### 3.1. タブ譜生成の流れ

提案手法の入力は、楽曲の音高の時系列（音高列）と難易度パラメータ、 $\alpha$  ( $0.0 \leq \alpha \leq 1.0$ ), である。我々は、まず、音高列に対応するフォームの遷移列を推定する。ここでフォームとは、押さえるべき弦とフレットの組み合わせである。提案手法は、複数の変則チューニングの可能性や、演奏難易度パラメータを考慮しながら、このフォーム遷移推定を実施する。続いて、得られたフォームの遷移列からタブ譜を生成する。本研究では、web ブラウザ上で動作するプロトタイプシステムを実装した。

#### 3.2. フォームの遷移列の推定

本研究では、入力データから最適なフォームの遷移を決定する問題を以下の最適化問題として定式化する、

$$\max_{a_1, \dots, a_n} \alpha f(a_1, \dots, a_n) + (1 - \alpha)g(a_1, \dots, a_n). \quad (1)$$

ここで、 $a_1, \dots, a_n$ は入力された  $n$  個の音高列に対応するフォーム列を表し、 $f(a_1, \dots, a_n)$ ,  $g(a_1, \dots, a_n)$ は、それぞれ、あるフォーム列における原曲再現度と演奏容易度を表す関数である。なお、原曲再現度は入力された音高列の再現率から計算される。また、演奏容易度は、先行研究[3, 4]に基づき、フォームコスト（指の幅、指の数、バレーの有無）とフォーム変更コスト（移動する指のマンハッタン距離）により計算される。提案手法では、原曲再現度と演奏容易度の重み $\alpha$ を調整することで、生成されるタブ譜の難易度が調整可能である。

この最適化問題は、重み付き有向グラフの最長路問題に帰着する。図2に、3個の音高列 ( $n=3$ ) が入力された際の例を示す。生成されるグラフは、ノードが層

状に並んだ構造を持ち、各ノードについて、その右隣の層のすべてのノードに向かう辺が配置される。このグラフの横軸は演奏時間を表し、各ノードはフォームを示し、各辺はあるフォームからあるフォームへの遷移を示す。各辺の容量は、その辺がつなぐふたつのフォームの演奏再現度と演奏容易度より計算される。このグラフにおいて、一番左の層から一番右の層まで遷移する最長路を計算することで、式(1)の最適解が取得できる。

ここで、ギターのチューニングを変化させると、同じフォームでも異なる音が出力される。そのため、チューニングを変化させると、上述したグラフの辺の容量が変化する。提案手法では、考慮すべき変則チューニングの数だけ、このグラフの最長路問題を解き、式(1)の値が最も大きいものを、最適解（最適なチューニングと最適なフォーム遷移列）として出力する。

#### 3.3. 原曲再現度と演奏容易度

原曲再現度  $f$  は、あるフォームで演奏可能な音がどれだけ入力音を再現できるかを表す。 $t$  番目のフォームにおける原曲再現度  $f(a_t)$  は、以下の通り定義できる、

$$f(a_t) = \frac{\#(I_t \cap K_t)}{\#I_t}.$$

ただし、 $K_t$  はフォーム  $a_t$  により演奏可能な音高の集合、 $I_t$  は  $t$  番目の入力音高の集合、 $\#(\cdot)$  は、引数として与えられた集合の要素数を表す。

演奏容易度  $g$  は、フォームの押さえやすさを表すフォームコスト  $CF$  と、フォームの変更しやすさを表すフォーム変更コスト  $CC$  により決定される、

$$g(a_{t-1}, a_t) = \frac{1}{1 + CF(a_t) + CC(a_{t-1}, a_t)},$$

$$CF(a_t) = \sum_{i=1}^3 \theta_i b_i,$$

$$CC(a_{t-1}, a_t) = \sum_{i=4}^5 \theta_i b_i.$$

ここで、 $b_i$  はフォームコスト指標（後述）、 $\theta_i$  は、指標の重みを決定するパラメータである。本研究では、 $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5) = (1, 1, 5, 1, 1)$  と設定した。

本研究では、既存研究[6]に基づき、フォームコスト  $CF$  およびフォーム変更コスト  $CC$  を、以下の5つの指標によって定義する。

- $b_1$ : フレットの幅。そのフォームにおいて指を広げる幅のこと。
- $b_2$ : 使用指数。そのフォームを押さえる際に利用する指の数。
- $b_3$ : バレーの有無。そのフォームがバレー（フレットを一本の指で押さえる）を含む場合  $b_3 = 1$ 、それ以外の場合は  $b_3 = 0$ 。
- $b_4$ : 手首の移動距離。フォーム  $a_{t-1}$  から  $a_t$  に遷移する際に、 $a_{t-1}$  における最も低いフレットと、 $a_t$  における最も低いフレットの差の絶対値。
- $b_5$ : 各指の移動距離。フォーム  $a_{t-1}$  から  $a_t$  に遷移する際に、各指の遷移のマンハッタン距離の総和。

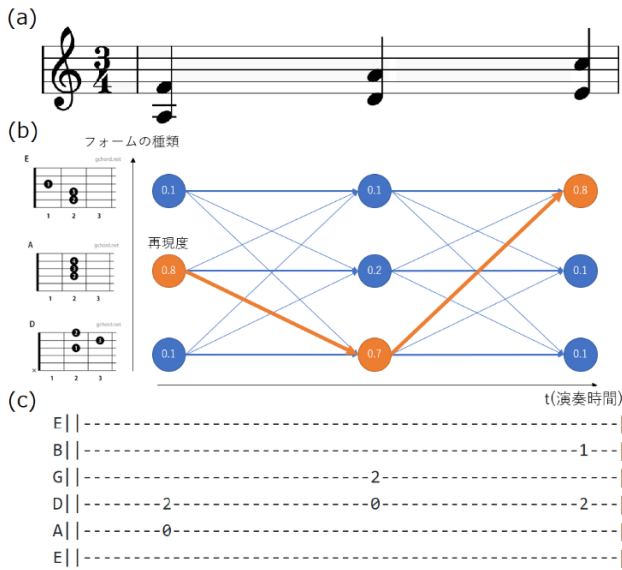


図2: システムの概要。提案手法によるタブ譜の生成例。音高列(a)が入力されると、提案手法は有向グラフ(b)を作成しその最長路を計算する。この有向グラフにおいて、横方向と縦方向は、それぞれ、演奏時間とフォームの種類を表す。このグラフの辺の容量は、式(1)より求められる。提案手法は、決定したフォームに従ってタブ譜を生成する(c)。

演奏容易度  $g(a_{t-1}, a_t)$  は、フォーム  $a_{t-1}$  から  $a_t$  に遷移する際に、演奏が容易であれば大きな値を（最大値 1）、演奏が難しければ小さな値をとる。

### 3.4. タブ譜の生成アプリケーション

提案手法のプロトタイプシステムをブラウザで動作するアプリケーションとして実装した。図 3 にスクリーンショットを示す。このシステムは、TypeScript と Next.js フレームワークを利用し実装されている。

本システムにおいて、ユーザが標準 MIDI ファイル (SMF) とパラメータを入力し、Generate ボタンを押すと、タブ譜が生成され表示される。また、本システムでは、ユーザが、利用するチューニングを固定するか、最適なチューニングをシステムに選択させるかを指定できる。さらに、生成されたタブ譜の原曲再現度を確認するためのギター音を用いたプレビュー再生も可能である。

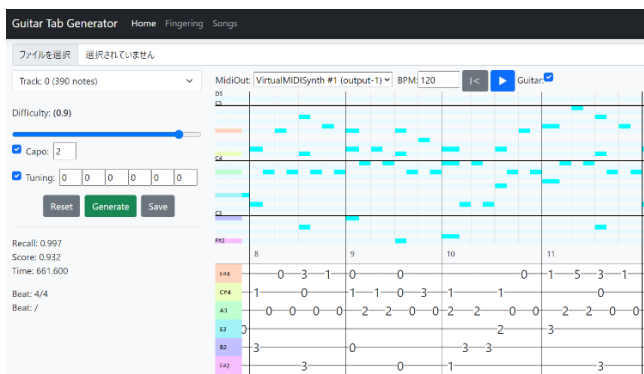


図 3: タブ譜の生成システムのスクリーンショット。

## 4. 評価実験

### 4.1. 実験内容

提案手法の有効性を確認するため、ふたつの実験を実施する。ひとつ目の実験（実験 A）では、提案手法が既存のタブ譜と同等のものを生成する能力を有するかを確認するため、基本チューニングに固定して複数の楽曲のタブ譜を生成する。ふたつ目の実験（実験 B）では、変則チューニングの許容により演奏容易度を向上できるかを確認するため、最適なチューニングについても提案手法により推定する。

本実験には、Musescore.com にて公開されている MIDI データおよびギタータブ譜 3 セットを使用する。なお、評価のため難易度パラメータ  $\alpha$  は実験全体を通して 0.9 に固定する。

### 4.2. 結果と考察

**実験 A.** 用意した 3 曲について、提案手法により生成したタブ譜と、Musescore.com にて公開された既存のタブ譜との比較を行った。結果、1 つの曲において、提案手法により生成したタブ譜は既存のタブ譜と完全に一致した。また、残りの 2 曲においては、提案手法による生成結果は、既存のタブ譜と一部異なるものであった。この差が生じた理由のひとつは、提案システムに登録したフォームの種類が不十分であったためである。図 4 に提案手法に提案手法により生成したタブ譜と、既存のタブ譜を示す。

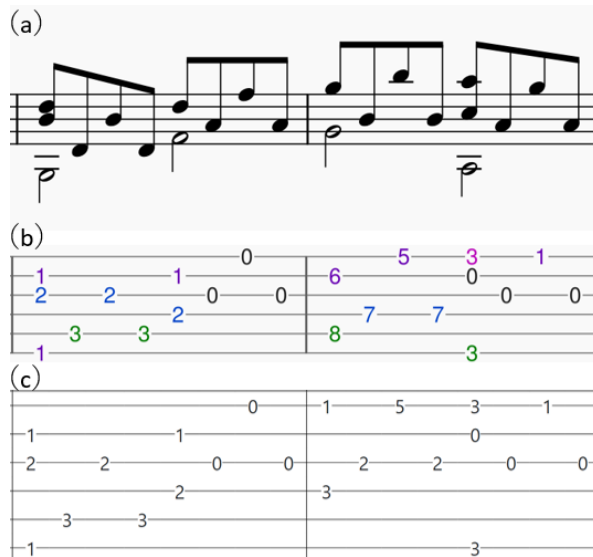


図 4. タブ譜の生成結果。(a)入力音高列、(b)既存のタブ譜、(c)提案手法により生成されたタブ譜。提案手法により、既存のタブ譜とほぼ一致するタブ譜が生成されたことがわかる。

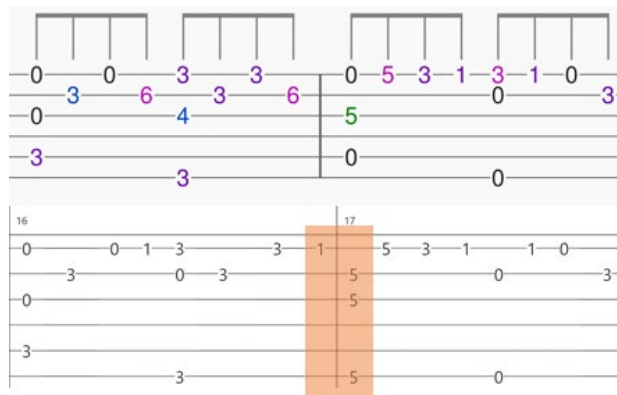


図 5: 生成タブ譜の比較。上段が既存のタブ譜、下段が提案手法により生成されたタブ譜である。強調表示を行った部分において、フォーム移動が困難となっている。

本実験において、一部、演奏困難なフォーム遷移が確認された。該当部分を図 5 に示す。この遷移では、4 フレット分のポジション移動の後、人差し指ですべての弦を抑える（バレー）ことが要求されている。提案手法のコスト関数において、フォーム変更コストを低く見積もったのが、このような遷移が出力された原因である。コスト関数やパラメータの詳細な見直しは今後の課題である。

**実験 B.** 表 1 に提案手法により生成したタブ譜の演奏容易度値を示す。1 列目の A1~B3 は楽譜を示す ID であり、例えば A2 なら実験 A の 2 曲目の楽譜を示す。

いずれの 3 曲においても、基本チューニングに固定した実験 A に比べ、最適なチューニングを考慮した実験 B のほうが演奏容易度のスコアが高くなっている。これより、変則チューニングを用いた場合に通常のチューニングより簡単なタブ譜が出力されると考えられる。また、原曲再現率の値が変わっていないことから、通常のチューニングで表現できていた音も損なわずに

表 1: 難易度スコアの比較

	Tuning	原曲再現率	演奏容易度
A1	Normal	1.000	0.654
B1	Open Em	1.000	0.712
A2	Normal	0.996	0.483
B2	Open Em	0.996	0.517
A3	Normal	1.000	0.795
B3	Open Am	1.000	0.867

表現できている事がわかる. 図 1 に変則チューニングにより演奏容易度が向上したタブ譜の例を示す.

## 5. まとめと展望

本研究では, 演奏の難易度が調整可能で, かつ, 変則チューニングを考慮した自動タブ譜生成手法を提案した. 提案手法は, 最適化問題を解くことで, 入力音高列に対応するフォーム遷移列を推定する. また, この最適化を, 考慮すべき変則チューニングの数だけ繰り返すことで, 最適な変則チューニングも推定する. 提案手法を実装したシステムを用いてタブ譜の生成を行い, 提案手法は既存のタブ譜と同等のタブ譜を出力する能力があることを確認した. また, 変則チューニングについて考慮することで, 出力タブ譜の演奏容易度が向上することも確認した.

演奏難易度の調整, 変則チューニングを考慮する本手法は, 本来ギター向けではない曲に適していると考えられる. そのため, 今後, 様々なジャンルの曲に対して提案手法を適用し, その能力の評価を行いたい. また, 多様な楽曲や多様な変則チューニングへ対応するため, 登録するフォーム数を増やすことも重要な将来課題である.

## 文 献

- [1] C. Kehling, J. Abeßer, C. Dittmar, and G. Schuller : “Automatic tablature transcription of electric guitar recordings by estimation of score-and instrument-related parameters” In *Proc. DAFX*, 219–226 (2014).
- [2] D. R. Tuohy and W. D. Potter : “A genetic algorithm for the automatic generation of playable guitar tablature” In *Proc. ICMC*, 499–502 (2005).
- [3] G. Burlet and I. Fujinaga : “Robotaba guitar tablature transcription framework” In *Proc. ISMIR*, 517–522 (2013).
- [4] J. V. Ramos, A. S. Ramos, C. Silla, and D. S. Sanches : “Comparative study of genetic algorithm and ant colony optimization algorithm performances for the task of guitar tablature transcription” In *Proc. BRACIS*, 228–233 (2015).
- [5] K. Yazawa, K. Itoyama, and H. G. Okuno : “Automatic transcription of guitar tablature from audio signals in accordance with player’s proficiency” In *Proc. IEEE ICASSP 2014*, 3122–3126 (2014).
- [6] A. Radisavljevic and P. Driessen : “Path difference learning for guitar fingering problem” In *Proc. ICMC*, 28 (2004).