

# コードとフレーズの可視化によるギター練習支援システム A Guitar Practice Support System That Visualizes Chords and Phrases

荻野 湧生

Yuki Ogino

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: yuki.ogino.3s@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*The guitar is a major instrument and one of the easiest choices for people starting music as a hobby. On the other hand, research shows that about 90% of people who start playing guitar quit within a year. As a countermeasure, methods for supporting players, such as adding LED indicators to the guitar and displaying the fret being pressed on a monitor, have been proposed, but they require significant modifications to the guitar neck. Also, other systems detect fingers and visualize the used fingering process, but they do not show the actual played notes. This paper proposes a system that visualizes the chords and phrases played by the performer, using an easily attachable MIDI pickup. For visualization, the played chords are displayed on the monitor as chord diagrams, and the played phrases are displayed on the monitor as musical notation. This system enables easy confirmation of played notes, as well as rhythmic discrepancies, thereby supporting guitar practice. In the experiment, the conventional method and this system were compared based on effectiveness, efficiency, and satisfaction. The experimental subjects were individuals with no guitar experience. As a result, this system showed superior results in terms of effectiveness and satisfaction compared to conventional methods, but there was no significant difference in terms of efficiency.*

## 1. はじめに

ギターは誰もが知っているメジャーな楽器である。音楽の授業に取り入れている学校もあり、一度は触ったことがある人が多い。また、趣味で楽器を始めようとしている人にとって、ギターは身近な選択肢のひとつである。しかし、ギターメーカーの Fender による調査によれば、ギターを始めた人のうち約 9 割が 1 年以内に辞めてしまうという結果が報告されている [1]。挫折の主な理由としては、「弾けるようになった実感が得られない」「理想や上手な人とのギャップを感じる」「効果的な練習方法がわからない」などが挙げられている。ギターは演奏技術の習得までに時間がかかるが、学習者は多くの場合、一人での練習に多くの時間を費やしている。教室に通う場合でも、レッスンの時間は限られる。そのため、一人での練習では自分の演奏の誤りに気付くことが難し

く、誤った演奏習慣が身に付くことや、上達に時間がかかる場合がある。

そのような問題を解決するために、ギターに LED による視覚的ガイダンスを付けることや、静電容量センサーで指を検知することで、モニターに押弦（弦楽器で弦を指で押さえて音程を変えること）の位置を表示するシステムが提案されている [2]。しかし、この手法ではギターのネックの部分に大きな変更を加える必要がある。また、指を検知するシステムは、音を鳴らすための過程である運指を可視化するものであり、鳴らした音は可視化されない。

本研究では、ギターに簡単に取り付けられ、ギターの音を MIDI 信号で出力するピックアップを用いて、演奏者が弾いたコードとフレーズを可視化するシステムを提案する。コードの可視化は、演奏者が弾いたコードをモニター上にコードダイアグラムで図示する。モニター上には、弾くべきコードのコードダイアグラムも表示され、それぞれ弦で正しく音が鳴らしているかをシステムで判別する。フレーズの可視化は、演奏者が弾いたフレーズをモニター上に表示する。弦ごとに鳴った音やそのタイミングが可視化され、リズムのずれや、鳴っていない弦、鳴ってしまった弦が分かる。

## 2. 関連研究

ギターの練習を支援する製品や技術が提案されている。Fret Light という製品では、ギターの指板上に LED ライトを組み込み、曲に合わせて光ることで、押弦の位置を示す [3]。EZ-EG という製品は、ギターの形を模したコントローラーであり、弦の代わりにスイッチやワイヤーを用いることで、実際のギターと同じ感覚で演奏できる [4]。この製品には、LED ライトによる視覚ガイダンスと、任意の BPM で内蔵スピーカーから出る音楽と一緒に演奏できる支援システムがある。

Let's Frets というギター練習支援システムの研究では、視覚的ガイダンスと静電容量センサーによる支援の手法が提案されている [2]。視覚的ガイダンスは、ギターのフレットに LED インジケーターを組み込み押さえるべき箇所を可視化する。静電容量センサーは、フレットにタッチセンサーを組み込み、静電気を測定し、指の位置を検知する。これをモニター上に表示することで、プレイヤーが指の位置を確認しやすくなる。

ギターの運指情報を判別することを目的とした、触弦認識システムが提案されている [5]。このシステムは、ギターの弦やフレットに伝導性があることに着目して、電

気的な機構により、演奏者の指が弦を押さえていることと、指が弦に触れていることを判別する。

楽器本体以外のものにセンサーをつけることで演奏情報の取得する研究も存在する。Pressure Pick は、ギターを演奏する際に使用するピックに圧力センサーを付けて、演奏者の筋肉の緊張を計測する [6]。ウッドベースの運指取得のための研究では、爪にカラーマーカーを貼り付け、カメラで認識する手法が取られている [7]。

### 3. 提案手法

本研究では、演奏者が弾いたコードとフレーズをモニター上でそれぞれ可視化し、同時に正誤判定を行うことで、ギターの練習を支援するシステムを提案する。このシステムはギター初心者の方が一人で練習をする際に使用することを想定している。ギターの演奏情報の取得には、ギターの音を MIDI 信号で出力するピックアップを用いる。MIDI 信号からは、押弦の位置の情報は直接的には得られない。しかし、MIDI 信号から出力される鳴った音の高さ（ピッチ）を示す信号から、押弦の位置を推定することは可能である。本システムはこの手法を利用する。

#### 3.1. コードの可視化

コードの可視化は、演奏者が弾いたコードが正しく鳴っているかを自身で確認しやすくすることを目的とする。図 1 は、コードの可視化の画面である。モニター上の左側には、各弦でどのフレットを押さえた音が鳴っているかをリアルタイムで示すダイアグラムが表示される。また、右側には、弾くべきコードのダイアグラムが表示される。このダイアグラムの表示方法は従来のダイアグラムと同一である。その隣には、コード名が書かれたボタンがあり、それをクリックすることで、右側のダイアグラムに表示するコードを切り替えられる。2 つダイアグラムの間には弦ごとに正誤判定を示すマークがリアルタイムで表示される。緑色の✓マークが表示されている場合、その弦で正しい音が鳴っている。赤色の×マークが表示されている場合、その弦で誤った音が鳴っている。

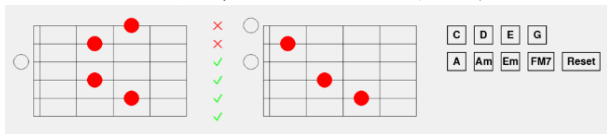


図 1 コードの可視化の画面

#### 3.2. フレーズの可視化

フレーズの可視化は、演奏者が弾いたフレーズで誤った音が鳴っていないか、リズムがずれていないかを自身で確認しやすくすることを目的とする。図 2 はフレーズの可視化の画面である。青いマーカーで描画された譜面は演奏者が弾くべきフレーズを示している。この表示内容は、プログラム内で入力する譜面データを変更することで切り替え可能である。黄色いマーカーで描画された譜面は演奏者が弾いたフレーズを示している。それぞれの譜面の横線は、ギターの弦を表しており、上の線は 1 弦、下の線は 6 弦に対応している。譜面上の数字は、各弦において押さえるべきフレット、もしくは、押

さえた音が鳴ったかを示す。譜面の縦線は、小節や拍を表している。記録の際には、メトロノームと再生バーが流れ、テンポ（BPM）は任意の値に変更できる。演奏者が弾いたフレーズの正誤判定は黄色いマーカーの下部のラインで示す。緑色のラインが引かれている場合は、その箇所は正しい音が鳴っていることを示し、赤色のラインが引かれている場合は、正しい音が鳴らせていないことを示す。また、全体を通しての正確性を画面の左上に表示する。

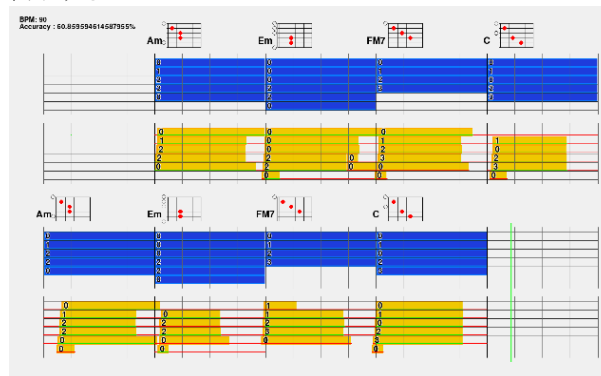


図 2 フレーズの可視化の画面

### 4. 実装

本システムは、ギター、MIDI ピックアップ、PC で構成される（図 3）。ギターはアコースティックギターかエレキギターであれば種類を問わない。MIDI ピックアップは Fishman の TriplePlay Express を使用する。これはギターに後付けする仕様のピックアップであり、容易に着脱できる。ギターの音は MIDI 信号に変換されて USB を通して出力され、この信号を PC で受け取り、PC 画面上で表示する。プログラムは Python で実装し、主に 2D ゲーム開発用ライブラリである Pygame を使用した。また、コードの可視化の画面とフレーズの可視化の画面はキー入力で切り替えられる。



図 3 支援システム外観

### 5. 実験

本システムを評価するために、コードの可視化とフレーズの可視化のそれぞれで、提案手法と従来手法を比較する被験者実験を行った。コードの可視化の比較実験で従来手法はダイアグラムであり、フレーズの可視化の比較実験で従来手法は TAB 譜である。使用した機材は主に、ノート PC、MIDI ピックアップを取り付けたエレキギター、およびギター用ミニアンプである。

### 5.1. 評価基準・評価指標

ISO 9241-11によると、ユーザビリティは有効性、効率性、満足度の3つの基準で評価される。本実験でもこの3つの基準で評価する。また、この基準は Let's Frets [2]の評価実験でも取り入れられている。

有効性は、コードやフレーズを弾いたときの正確さを指標とし、本論文の提案システム上で判定する。コードの可視化の実験では、コードを弾いたときのチェックマーク（正しく音が出ている弦）の個数で評価する。ギターは6弦あるため、この指標の最大値は6である。フレーズの可視化の実験では、システム上でフレーズを判定した時に表示される、緑色（正しく弾いていることを示す）のラインの割合（%）で評価する。次の式の通り、100に近づくほど正確さが高いことを示すが、本実験で使用した譜面データにはコードチェンジに要する時間が考慮されていないため、理論上、完全に演奏できた場合であっても正確さは100%にならない。

$$\frac{\text{緑色のラインの長さ}}{\text{緑色のラインの長さ} + \text{赤色のライン長さ}} \times 100$$

効率性は、コードやフレーズの提示から被験者が完了を知らせるまでの所要時間として評価する。また、満足度は、System Usability Scale (SUS) スコアに基づいて評価する。これは広く使用されるユーザビリティの評価尺度であり、10項目の質問により構成される。コードの可視化の実験、フレーズの可視化の実験それぞれで満足度を測る。

### 5.2. 手順

被験者は、ギター演奏の経験がほとんどない者とした。被験者には実験の目的を説明し、評価のために録画と演奏の記録をとることの同意を確認した。被験者は、各実験で従来手法を先に計測するグループと、提案手法を先に計測するグループに分けた。実験の前に、基本的なギターの演奏方法、ダイアグラムと譜面の見方、本システムの操作方法を教示した。その後、コードの可視化の実験を行い、続いてフレーズの可視化の実験を行った。

実験で使用されるコードは、C, D, E, G, A メジャー(以下 C, D, E, G, A), A, E マイナー(以下 Am, Em), F メジャー7 (以下 FM7)の8つである。これらのコードは Let's Frets [2]の評価実験で同等の難易度とされている。比較のため、8つのコードを、Am, Em, FM7, C と、G, D, A, E の2つのコードセットに分ける。その分割基準は、各セット内で違和感なくフレーズを構成できるかどうかとした。一方の手法では一方のコードセットを演奏してもらい、もう一方の手法では未演奏のコードセットを弾いてもらった。それぞれのグループの人数および提示するコードセットはカウンターバランスを考慮して調整した。

コードの可視化の実験では、提示したコードセットを演奏してもらい、4つのコードについて計測した有効性および効率性の平均値を、それぞれ当該被験者のスコアとした。実験終了後、満足度の評価を行い、続いて自由記述式アンケートを実施した。

フレーズの可視化の実験では、コードの可視化の実験で用いたコードセットを基に作成したフレーズを演奏し

てもらった。コードの可視化の実験と同様に、有効性および効率性の平均値を当該被験者のスコアとし、実験終了後に満足度の評価および自由記述式アンケートを実施した。

### 5.3. 結果

本節では、コードの可視化の実験と、フレーズの可視化の実験の結果を報告する。グラフは被験者全体の平均値を示し、グラフ中の黒い棒は95%信頼区間に基づく誤差を示すエラーバーである。従来手法と提案手法の平均値に有意な差があるかを検証するため、5%有意水準による両側t検定で行う。

#### 5.3.1. コードの可視化の実験結果

図4 コードの可視化の実験結果：(a)有効性、(b)効率性、(c)満足度は、コードの可視化の実験の結果を示したものである。有効性に関する従来手法の平均値は4.6で、提案手法の平均値は5.5であった。これらのスコアの差についてt検定を実施したところ、両側のp値は0.0014となった。この結果から従来手法と提案手法の間には有意な差があることが示された。効率性に関する従来手法の平均値は148秒で、提案手法の平均値は155秒であった。t検定の結果、p値は0.79となり、有意な差は認められなかった。満足度(SUS)に関する従来手法の平均値は49.3で、提案手法の平均値は79.3であった。t検定の結果、p値は0.0000024となり、有意な差があることが示された。

自由記述のアンケートでは、従来手法について「開放弦やミュートしている弦をきちんと把握するのが難しい」「とりあえず進める感覚が怖い」「正しく弾いているか確認するため、一弦一弦確認する必要がある」といった意見が得られた。提案手法については「音が聞こえているか視覚的にわかるので安心できる」「間違いにすぐ気づくことができた」といった肯定的な意見が得られた。一方で、「全ての弦を正確に弾けた際に、何か目に見えて分かるような印が欲しいと感じた」「正しい手の形なのかを判定できなかった」「✓や×の記号が表示されている時間が少し短いように感じた」といった改善点を指摘する意見も見られた。

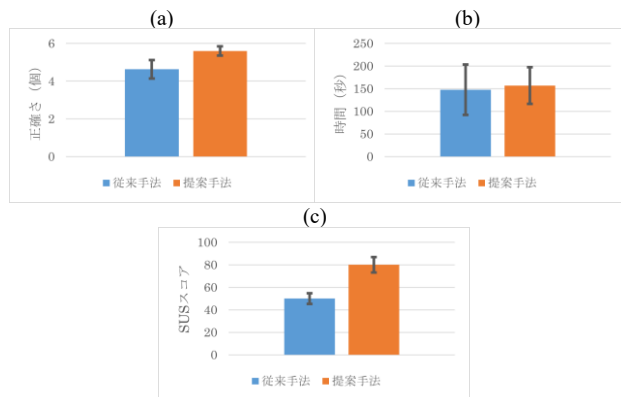


図4 コードの可視化の実験結果：(a)有効性、(b)効率性、(c)満足度

### 5.3.2. フレーズの可視化の実験結果

図5は、フレーズの可視化の実験結果を示したものである。有効性に関する従来手法の平均値は28.1%で、提案手法の平均値は35.1%であった。t検定の結果、p値は0.00040となり、有意な差があることが示された。効率性に関する従来手法の平均値は29.2分で、提案手法の平均値は35.8分であった。t検定の結果、p値は0.11となり、有意な差は認められなかった。満足度(SUS)に関する従来手法の平均値は48.5で、提案手法の平均値は74.3であった。t検定の結果、p値は0.000045となり、有意な差があることが示された。

自由記述式アンケートでは、従来手法について、「コードの可視化と同様に正確さを測定できないため、自身が正しい音を出しているかを確認することが難しく、扱いづらかった」「演奏が正しいかどうか分からず不安であった」といった意見が得られた。一方、提案手法については、「自分がどの音を弾いたかを後から確認できるため、修正すべき箇所が分かりやすかった」といった肯定的な意見が得られた。その反面、「演奏中は手元を見ることに精いっぱいだった」「フレーズをテンポに合わせて正確に演奏するには、手法にかかわらず運指を覚える必要があり、提案手法との差は小さいと感じた」といった意見も見られた。

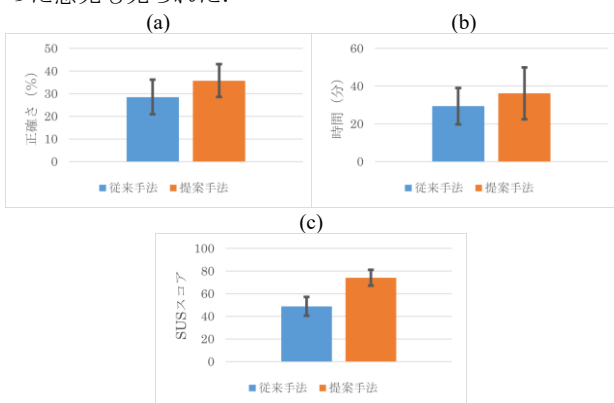


図5 フレーズの可視化の実験結果：(a)有効性、(b)効率性、(c)満足度

## 6. 議論

実験結果に基づき、コードの可視化に関して、提案手法は従来手法と比較して有効性および満足度の向上が確認できる。一方、効率性については有意な差が認められなかったものの、提案手法の方で所要時間が長くなる傾向が見られた。ギター初心者にとって自身の演奏が正しいかどうかを判断することは困難であり、この点で本システムは有効に機能したと考える。しかし、被験者が演奏中の誤りを視覚的に確認した後、それを修正するために時間を要したことが、効率性の向上につながらなかった一因であると推測する。

自由記述のアンケートでも、提案手法で自身の演奏が確認しやすくなったことが示唆されたが、改善の余地も見られた。正誤判定のマークの表示時間が短いという意見があり、コードの可視化がリアルタイム表示のみであ

ることから、自身の演奏を確認しにくいこともあったと推測する。フレーズを可視化のように見返す機能や、コードが完璧にできたときに演奏者分かりやすく伝える機能があると、それらが改善されると考える。また、実験では運指について迷う場面も見られ、アンケートでも同様の意見があった。ギターの運指に厳密な決まりはないが、一般に推奨される運指をダイアグラム上に表示することも、初心者に対する支援として有効であると考えられる。

フレーズの可視化に関しても、提案手法は有効性と満足度の向上が確認できた一方で、効率性の向上は認められなかった。この点にもコードの可視化と同様の理由によるものだと考える。自由記述のアンケートでは、肯定的な意見がある一方、システムで支援できる範囲の限界を示唆する意見も見られた。フレーズ演奏はコードの切り替えが多く、手元を見るのに精一杯という意見が複数得られた。また、コードやフレーズを覚える必要があり、その点については手法にかかわらず、反復練習によって習得される側面が大きいと推測する。

## 7. おわりに

本研究では、ギター初心者の練習の支援を目的として、演奏者が弾いたコードとフレーズを可視化するシステムを提案した。演奏情報の取得には、着脱が容易なMIDIピックアップを用いた。本システムを評価する実験では、有効性、効率性、満足度を基準にギター初心者を対象として被験者実験を行った。その結果、本システムは有効性と満足度で従来手法より優れた成果を示した。

本研究で実装したシステムは、演奏者が弾いたコードおよびフレーズの音信号に基に、それらを可視化するものである。そのため、演奏者はこのシステムで自身の演奏を確認できるが、発音前の確認や、個人の手の特徴に応じた押弦方法の教示には対応していない。今後の課題は、カメラやセンサーを用いて、手の形状や押弦・触弦の情報を取得し、それらを統合した多角的な支援を実現することである。

## 文献

- [1] Fender, "Fender Uncovers Current State of Guitar, Profiles Today's Players and What Inspires Them to Play," 2018. [Online]. Available: <https://spotlight.fender.com/newsroom/news/654>.
- [2] K. Marky, A. Weiß, A. Matvienko, F. Brandherm, S. Wolf, M. Schmitz, F. Krell, F. Müller, M. Mühlhäuser and T. Kosch, "Let's Frets! Assisting Guitar Students During Practice via Capacitive Sensing," *Proc. ACM CHI*, pp. 746:1-12, 2021.
- [3] The Fretlight Guitar Store, [Online]. Available: <https://fretlight.com/>.
- [4] Yamaha, "EZ-EG," 2002. [Online]. Available: <https://www.yamaha.com/ja/about/experience/innovation-road/collection/detail/0051/>.
- [5] 飛世速光, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, "ギターのための触弦認識システム," *WISS 論文集*, pp. 57-66, 2012.

- [6] A. Fender, D. A. Witzig, M. Möbus and C. Holz, "PressurePick: Muscle Tension Estimation for Guitar Players," *Proc. ACM UIST*, pp. 80:1-11, 2023.
- [7] 澤光映, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, "演奏ルールを用いたウッドベースのための実時間運指取得システムの設計と実装," *WISS 論文集*, pp. 56-66, 2008.