

HMD を用いた複合現実による ギター演奏スキル向上システムの構築

峯村拓実^{†1} 栗原渉^{†1} 三上浩司^{†1}

概要: 本研究では、ギター初心者が独学で直面する「楽譜と手元の頻繁な視線往復」およびそれに伴う「不自然な演奏姿勢」という課題を解決するための練習支援システムを提案する。

近年、オンラインでの学習リソースは充実しているが、初心者は正しい押弦位置の把握に多くの時間を費やし、ガイドと手元の視線の往復が集中力を妨げ、身体に負担をかける。本研究では、パススルー機能が搭載されている HMD を活用し、現実のギター上に仮想的な運指ガイドを重畳表示する複合現実システムを構築した。本システムは、任意の MIDI ファイルを解析し、初心者の負担を軽減する「浅いフレット優先」の運指アルゴリズムを用いて最適な譜面を動的に生成する。また、Meta Quest コントローラーを用いたキャリブレーション機能を実装することで、多様なスケール長を持つ既存のギターへの対応を可能にした。さらに、音楽ゲームのように撥弦タイミング前から押弦位置とタイミングを提示することで事前に押弦位置を把握できるシステムを構築した。

1. はじめに

ギター演奏は身近な趣味として親しまれており、現在は Tab 譜サイト[1]や解説動画、ゲーム形式のアプリケーション[2]など、独学を支援するリソースが極めて充実している。

しかし、Tab 譜や解説動画といった従来の画面ベースの学習手段では、手元のギターと画面上のガイドを往復する「頻繁な視線移動」や、運指を確認するために指板を覗き込む「不自然な演奏姿勢」という身体的・認知的課題が残されている。これらの要因は集中力を阻害するだけでなく、演奏リズムのズレや身体的負担を招き、効率的な学習を困難にしている。

こうした課題に対し、現実空間にデジタル情報を重ね合わせる拡張現実 (AR) 技術の応用が注目されている。パススルー型 HMD を用いてギターのネック上にガイドを直接重畳することで、視線移動を最小限に抑え、自然な姿勢での演奏習得が可能となる。また、AR の利用は、情報の提示場所と操作場所を一致させることで認知負荷を下げ、記憶保持や理解度の向上にも有意な効果をもたらすことが示唆されている[3][4]。本研究は、これら AR の利点を活用し、初心者が身体的負担なく容易に楽曲を習得できるシステムを構築し、その有効性を検証することを目的とする。

2. 関連研究

本章では、本研究のギター演奏学習分野における関連研究について述べる。

Lucchas ら[5]は、HMD または Web カメラを用いて左手の押弦位置を可視化するシステム「guitARhero」を提案した。ギターに取り付けたトラッカー等で位置を推定し、演奏タイミングに合わせて押弦箇所をハイライト表示することで、3D モデルを提示する手法よりも高い演奏パフォーマンス

が得られることを示した。

Jorge[6]らは、アコースティックギターの 3D モデルとアニメーション化された手を重畳提示し、正しい指の位置やコード移行を視覚的に指示するシステムを提案した。本手法は従来の学習法と比較して認知負荷を軽減でき、音楽経験の有無にかかわらず学習を支援できるメリットがある。

斎藤らは[7]、Web カメラを用いてギター上の AR マーカーをトラッキングし、その映像を鏡像として学習者に提示するシステムを構築した。ガイドに「高さ」の概念を導入することで演奏タイミングを視覚的に指示しており、単音演奏の習得を支援する仕組みとなっている。

これらの先行研究は AR 技術の有効性を示しているが、鏡像提示による直感性の欠如や、指板面と視線が平行になることによる視認性の低さといった課題が残されている。本研究の新規性は、ガイドを指板方向から垂直に降下させることで自然な演奏姿勢と位置把握の容易さを両立させ、さらに専用デバイスなしで個人のギターを即座に練習環境へ統合できる汎用性を備えた点にある。

本章では、これらを解決するための本研究の提案手法について詳述する。

3. 提案手法

従来の学習方法において、初心者は次の主要な課題に直面している。本研究は、これらの課題を複合現実技術によって同時に解決することを目指す。

- 押弦位置確認のための不自然な姿勢
- ガイドと手元の視線往復による集中低下

3.1 提案手法のアプローチ

本研究では、パススルー機能を搭載した HMD を用いたガイドの現実空間重畳表示方式を提案する。この手法は、音

楽ゲームで広く普及している「ガイドが流れてくる」インターフェースを複合現実空間に応用したものであり、学習者の視線を楽器の手元へ完全に集約することを目的としている。

3.1.1 HMD の利用と視線移動の抑制

デバイスには、Meta Quest 3s などのパススルー型 HMD を採用する。現実のギター映像に仮想的なガイド情報を高精度に重ね合わせることで、従来手法の課題であった「楽譜と手元の往復」を解消し、視線移動を最小限に抑えることが可能となる。

3.1.2 垂直降下型ガイドによる演奏準備の促進

ガイドは、ギターの指板方向に向かって垂直に降下するように表示する。

- ガイドが目標地点に到達するタイミングを押弦すべき瞬間として定義し、直感的な把握を可能にする。
- 先行研究で指摘された「次に押さえる位置が直前まで不明である」という問題を解決するため、ガイドを数秒前から降下させる設計とした。

これにより、学習者は次の動作を事前に予測し、運指の準備時間を十分に確保できる。

3.1.3 視認性を高める視覚的特徴

学習者が情報を瞬時に、かつ正確に識別できるよう、以下の視覚的工夫を施す。

- 弦ごとの色分け
弦の特定を容易にするため、対応する弦ごとに異なる色を割り当てる。これにより、複数の弦が重なって見える自然な演奏体勢においても、対象の弦を混同しにくくなる。
- 情報の併記
ガイド上には弦番号およびフレット番号を文字情報として併記する。これにより、色覚特性の差や視線の揺れに左右されない、安定したガイド提示を実現する。

4. 設計

4.1 全体構成

本システムは次の図のとおり構成されている。次節以降で詳しく記す。



図1 本システムの全体構成

4.2 使用する機材とソフトウェア

本研究では、HMD にはカラーパススルー機能を備えた

Meta Quest 3s を使用する。開発ツールには、Meta Quest シリーズ用の公式プラグインが提供されており、かつ MIDI ファイルのサポートがある Unreal Engine 5.5[8]を採用した。

4.3 各モジュールの設計

● MIDI 解析、譜面生成

Unreal Engine の Meta Sound を用いて MIDI データを解析し、ノートのタイミングと音高を取得する。取得したデータに基づき、ギター上の最適なフレット弦の割り当て場所を決定する。

● 譜面可視化システム

割り当てられた位置情報に基づき、仮想空間上にガイドを生成する。ガイドは弦ごとに色分けされ、ブリッジに向かって下降するよう描画される。

● キャリブレーション

仮想空間内のガイドを現実のギターと一致させるため、Meta Quest コントローラーを用いて 0 フレットと 13 フレットの位置を指示する手法を採用する。この 2 点間の距離をもとに各フレット位置を算出することで、スケール長の異なる多様なギターへの対応を可能性を示す設計とした。

● 複合現実表示システム

パススルー映像に仮想空間を統合し、現実のギター位置にガイドを重畳する。ギターに固定した右手コントローラーをトラッキングデバイスとして利用することで、現実のギターの動きとガイドを同期させる。

● 練習支援システム

楽曲の再生速度調整、特定区間の反復練習、練習パート（チャンネル）の選択機能を提供する。

5. 実装

本章では、前章の設計に基づいた具体的な実装詳細について述べる。

5.1 譜面生成アルゴリズムの実装

C++を用いて、MIDI 番号から最適なフレットを探索するメソッドを実装した。各弦の開放弦の音高を基準に、設定された最大フレット数（本研究では 12）の範囲内で候補を列挙する。初心者の負担を軽減するため、候補の中から最もフレット位置が浅い（間隔が広い）要素を選択するロジックを基本とするが、必要に応じて原曲に近い運指へ切り替えることも可能である。

5.2 視覚的ガイドの実装

ガイドの移動処理では、ターゲットとなるフレットの上方向ベクトルと、演奏までの残り時間を保持する変数を掛け

合わせることで描画位置を決定している。また、6弦を赤色とし、色相を60度ずつ変化させることで、学習者が瞬時に対応する弦を識別できるように色分けを施した。

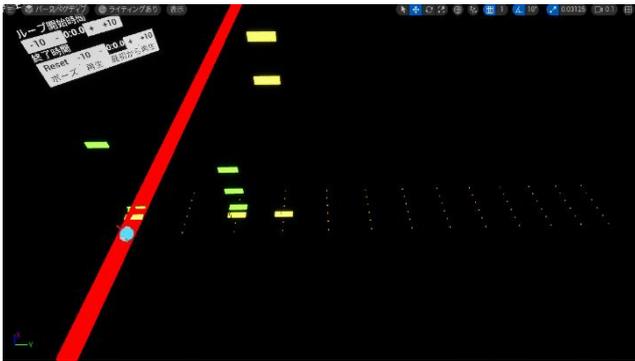


図2 譜面を可視化した様子

5.3 キャリブレーション

現実空間のギターの位置と仮想空間のガイド位置を合わせるためのキャリブレーションを実装した。位置の提示はMeta Quest コントローラーの左を使う。手順は次のとおりである。

1. 6弦0フレットの位置を提示する
2. 13弦0フレットの位置を提示する
3. コントローラーを傾けギターの向きを提示する

また、ギターの動きを追跡するため、Meta Quest コントローラーの右をギターボディに取り付けた。



図3 キャリブレーション作業

5.4 複合現実表示システム

5.2 で仮想空間に表示したガイドを Meta Quest 3s のパススルー機能を用いて現実空間と統合する。Unreal Engine5 に提供されている Meta XR Plugin を使ってパススルー機能を実装した。



図4 現実空間と適合した様子

5.5 練習支援システム

楽曲を練習するために次の機能を実装した。

- 特定期間のループ再生

楽曲の練習, 特に苦手な部分の練習には反復練習が必要である。そのため, 学習者が自由に再生開始位置, 再生終了位置を設定可能にした。
- ガイドの再生速度

楽曲の練習には最初本来よりも遅いテンポで開始し, 徐々に運指を覚え速度を本来の速度に直しつつ練習を行う。そのため, 学習者が練習したい速度で練習可能になるように実装した。
- ガイドの移動速度

学習者によっては本システムのガイドの移動速度は速すぎる, または遅すぎるという可能性を考慮し, ガイドの移動速度を 0.1~15 の範囲で自由に変更できるように実装した。

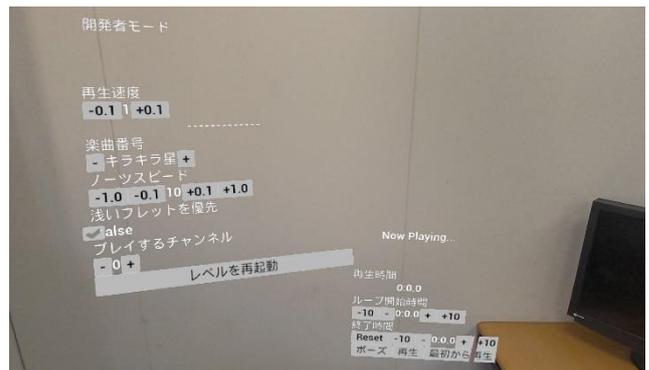


図5 練習支援システムの設定画面

6. 今後の展望

本研究では, ギター初心者の独学において障壁となる「頻繁な視線移動」および「不自然な演奏姿勢」を解決するため, パススルー型 HMD を用いたギター演奏支援システムを構築した。本システムが提供する, 現実の楽器上への直接的な情報投影や, 個々のギターの寸法に適合するキャリ

ブレーション機能は、学習者の認知負荷を軽減し、独学における学習効率を向上させる可能性がある。

今後の課題として、第一にトラッキング精度のさらなる向上が挙げられる。現状ではカメラトラッキングのため数ミリ程度誤差が生じる。そのため、学習者が定期的にコントローラーの傾きを微調整する必要があった。そこで、デバイスを見直し、さらに精度の高いデバイスを使用する必要がある。

第二に、演奏音のリアルタイム解析による動的なフィードバック機能の実装である。現在は視覚的なガイド提示が主であるが、学習者の弾いた音の正誤を即座に判定し、フィードバックを行うことで苦手なポイントを把握しより効果的な練習が見込まれる。

将来的には、これらの改良を通じて、時間や場所、あるいは指導者の有無に左右されることなく、学習者が自身の楽器で演奏技術を楽しく効率的に習得できる基盤となることが期待される。

参考文献

- [1] “songsterr”. <https://www.songsterr.com/>, (参照 2025-12-17)
- [2] “Rock Smith+”. <https://www.ubisoft.com/jajp/game/rocksmith/plus>, (参照 2025-12-17)
- [3] Brady, P. and Dustin, S.. Novelty and Retention for Two Augmented Reality Learning Systems. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2014. P.1164-1168
- [4] Peter, M. et al.. Mixed Reality Light Fields for Interactive Remote Assistance. CHI '20: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2020
- [5] Lucchas, R. et al.. guitARhero: Interactive Augmented Reality Guitar Tutorials. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2023. P.4676-4685
- [6] Jorge, M.G. et al.. Augmented Reality to Facilitate Learning of the Acoustic Guitar. AppliedScience. 2020
- [7] 齋藤 慶太郎. AR 技術を用いたギター単音演奏システムの研究. 東京工科大学. 2009
- [8] ” Harmonix Plugin”. <https://dev.epicgames.com/documentation/ja-jp/unreal-engine/harmonix-plugin-in-unreal-engine>. (参照 2025-5-20)