

ハンドトラッキングを用いたジェスチャ入力演奏システムの開発

○菅原楓生, 木村敏幸 (東北学院大学)

1. はじめに

木村研究室ではこれまでに、コンピュータが人間のフットスイッチ操作に合わせて演奏する自動伴奏システム[1]と、これの発展として Oculus Touchを用いてヘッドマウントディスプレイを被らずに演奏可能なシステム[2]を開発している。

本研究ではさらなる次の段階として、ヘッドマウントディスプレイを被らないだけでなく、手の位置をトラッキングすることで、演奏者が各種デバイスの装着・保持が完全に不要になるシステムを開発した。

2. 制作システム

制作には Unreal Engine [3]と Max [4]を、ヘッドマウントディスプレイには Meta Quest 2 [5]を用いる。Unreal Engine における三次元仮想空間内には、演奏者の手が接触した際に音が鳴るオブジェクトを配置する。仮想空間上で手がオブジェクトに接触すると、Max に MIDI ノートをオンにする OSC (Open Sound Control) 信号を送信する。一方で、オブジェクトから演奏者の手が離れたら MIDI ノートをオフにする OSC 信号を送信する。Max では、受信した OSC 信号を基に MIDI 音を再生する。制作したシステムを使用している時の様子を図1に示す。

3. 評価実験

3.1. 実験環境

昨年度までは、図2の左側に示すように、三次元仮想空間上にモーションコントローラが触れるとドからシまでの音が再生されるオブジェクトを配置した。本研究では図2の右側に示すよう



図1 制作システム使用時の様子

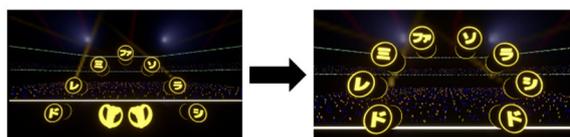


図2 システムにおけるオブジェクト配置 (左: 昨年度[2], 右: 今年度)

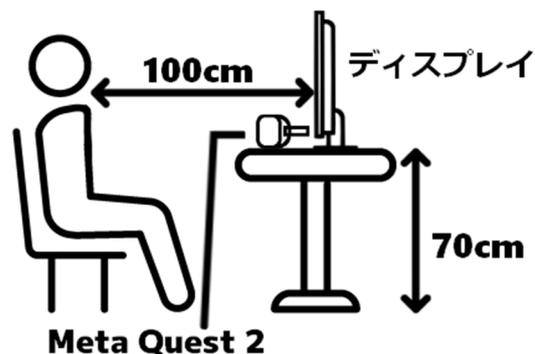


図3 昨年度システムの実験配置図



図4 ヘッドマウントディスプレイ設置器具に、1オクターブ上のドを追加することで演奏可能な楽曲の幅を広げた。さらに、オブジェクトの追加にあたり配置を見直した。

昨年度システム[2]では、図3に示すように Meta Quest 2 を床から 70 cm の高さに配置し、ディスプレイから被験者までの距離は 100 cm とした。一方、ハンドトラッキングを使用する場合は、ヘッドマウントディスプレイのカメラを利用するために、図4に示すような高さや傾きを調整可能な固定器具を準備し、固定器具を被験者の体格に合わせて調整したうえで被験者の後方に設置した。どちらも着席した状態で使用してもらった。

3.2. 実験手順

10名の被験者に、3条件(昨年度システム[2], ハンドトラッキングを実装した昨年度システム, 本システム)で曲を演奏してもらった。演奏する曲は認知度が高く演奏が容易であるという理由から「カエルの歌」とした。条件の提示手順は被験者ごとにランダム化した。被験者は演奏の終了後にそれぞれの条件について3項目(応答性, 快適度, 演奏後の疲労感)を5段階で評定した。評価項目ごとのアンケートを表1~3に示す。

3.3. 実験結果

実験結果を図5に示す。エラーバーは95%信頼区間を表す。3つのシステムの各評価項目について1要因参加者内分散分析を行った結果、応答性においてシステムの主効果が有意であり($F(2,18)=3.91, p<0.05$)、快適度においてもシステムの主効果が有意であった($F(2,18)=11.60, p<0.01$)。一方、疲労感についてはシステムの主効果は有意ではなかった($F(2,18)=2.31, p>0.05$)。さらに事後比較(Holm法)の結果、応答性では昨年度システムと今年度システムの間のみ有意差が認められ、快適度では、昨年度システムが昨年度ハンドトラッキングおよび今年度システムより有意に高い評価を示した。

表1 評価アンケート(応答性)

5	応答速度は問題ない
4	応答速度はやや遅いが気にならない
3	応答速度は気になるが演奏には問題ない
2	応答速度が遅く演奏に支障をきたす
1	応答速度がとても遅く演奏にならない

表2 評価アンケート(快適度)

5	ストレスなく快適に演奏できた
4	ややストレスを感じたが気になるほどではない
3	ストレスがあるが演奏に支障をきたすほどではない
2	ストレスがあり演奏に支障をきたす
1	ストレスが酷く演奏に集中できない

表3 評価アンケート(疲労感)

5	疲労感の実験前と変わらない
4	やや疲労感を感じた
3	疲労感を感じた
2	強い疲労感を感じた
1	疲労感が酷く支障をきたす

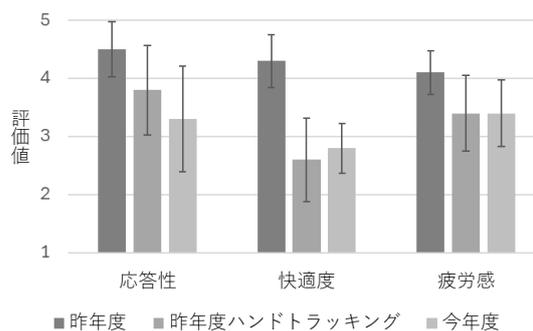


図5 実験結果

4. まとめ

本研究では、デバイスの装着・保持を必要としない演奏システムを開発し、1オクターブ上の音域を追加することで演奏可能な楽曲の幅を拡張した。しかしながら、評価実験では応答性と快適度が昨年度よりも低下した。これは、ハンドトラッキングでは演奏者の体格差等の影響を受けやすく、その結果として評価の個人差が大きくなった可能性が示唆される。

一方で、比較的古いヘッドマウントディスプレイを用いたことによる性能差が原因であるとも考えられるので、今後は演奏者の体格差の影響を低減する方法を探索したり、より高性能なデバイスを使用して開発したりする必要がある。

参考文献

- [1] 安部綾太, 木村敏幸, "音響信号に対応したフットスイッチ式自動伴奏システムの開発及び評価," 信学技報, No. EA2020-80, pp. 122-127 (2021).
- [2] 舘股杜和, 木村敏幸, "モーションコントローラを用いたジェスチャ入力演奏システムの開発," 令和7年東北地区若手研究者研究発表会講演資料, No. YS-23-P05, pp. 137-138 (2025).
- [3] Unreal Engine, <https://docs.unrealengine.com/>.
- [4] Max, <https://cycling74.com/>.
- [5] Meta Quest, <https://www.meta.com/jp/quest/>.

連絡先

- 氏名: 木村敏幸
- 所属: 東北学院大学情報学部
- 所在地: 宮城県仙台市若林区清水小路 3-1
- 電話番号: 022-354-8752
- E-mail: t-kimura@m.ieice.org