

生体情報と Avatar を用いた MR 空間における 音楽セッション体験の提案

伏田 昌弘¹ 平林 真実²

概要: 複数ユーザが共有する MR (Mixed Reality) 空間において、身体動作 (ジェスチャー) を用いて Avatar 化された音源を直感的に操作し、即興的な音楽演奏を行うシステム「AvaPro (Avatar Improvisation)」を提案する。ユーザはヒアラブルデバイスを装着することで体温および心拍などの生体情報を取得し、体温を Avatar の色、心拍を音響表現に反映させる。本システムを通じて、セッション的な感覚を生み出すことができるかを探求するために、実際の体験展示を実施し、参加者アンケートを用いた考察を行った。これにより、MR 空間での身体動作と生体情報を組み合わせた即興的な音楽表現における新たな可能性を考える。

1. はじめに

音楽演奏は、演奏者同士のリアルタイムな相互作用や身体的表現を通じて、一体感や没入感が生み出される創造的な行為である。特に即興演奏においては、演奏者間の瞬間的な反応や直感的な操作が、音楽の質を高める重要な要素となる。

近年、Mixed Reality (MR) 技術の進化により、現実空間と仮想空間を融合した新しいインタラクションが可能となった。MR 技術を用いれば、物理的な制約をこえて複数人が同一空間を共有し、直感的に音楽を操作・演奏するシステムの実現が可能である。しかし、既存の MR システムは、直感的な UI ではなく、用意された操作パネル等の UI を操作する体験が多く、即興演奏の「一体感」や「セッション的な感覚」を高めるには不十分である。

本研究では、AvaPro (Avatar Improvisation) というシステムを提案する。AvaPro は、複数人が共有する MR 空間において、身体動作 (ジェスチャー) を用いて音源となる Avatar を直感的に操作し、即興的な音楽演奏を実現するシステムである。さらに、AvaPro は演奏者の体温および心拍を取得し、体温を Avatar の色、心拍を選択できる音の種類と Avatar の表情にリアルタイムに反映させることで、演奏者の生理的状態と音楽表現の一体化を図る。

即興演奏における「セッション的な感覚」は、演奏者間のコミュニケーションや身体性が重要な役割を果たす。しかし、リモート環境やデジタル音楽ツールでは、物理的な距離やインタラクションの欠如により、従来の対面セッション

と比較して一体感や没入感が得にくいという課題がある。MR 技術を活用すれば、演奏者間のコミュニケーションや身体性を損なわず即興演奏が可能になると考えられる。

2. 研究目的

本研究の目的は、AvaPro システムを用いて、複数人が共有する MR 空間において身体動作による直感的な操作と、生体情報の反映によって即興演奏における「セッション的な感覚」を生み出すことができるかを検証することである。体験展示を通して、参加者のアンケート結果を分析し、システムの有効性の評価を行う。

3. 先行事例・関連研究

「Avatar Jockey」[1] は、複合現実を用いた音楽演奏システムである。演奏者が HoloLens を装着し、ジェスチャー操作で音源となる Avatar を空間に配置し、音を生成する仕組みを備えているが、マルチプレイには対応しているものの、音楽的即興性や演奏者の身体性との融合が十分に考慮されていない。「Spatial Sampler XR」[2] は、ジェスチャーでサウンドの録音・再生を制御し、物理空間を楽器化して音を空間的に配置する。VR ヘッドセットによる視覚化でサウンドの配置を直感的に操作できるが、マルチプレイには対応しておらず、あくまで音を配置していくシステムである。「The Music Room」[3] は、カップルの動きと距離に応じて自動作曲するインタラクティブインスタレーションであり、ユーザー同士の距離と動きの速さが音楽の要素に反映される。「Music(re)ality」[4] は、MR デバイスと iPad 楽器による音楽パフォーマンスで、2 人のミュージシャンが即興演奏を行うが、MR 側の演奏は用意

¹ 株式会社マーブル

² 情報科学芸術大学院大学 メディア表現研究科

された UI を操作するものである。また、複数（4人以上）の即興演奏が可能な例としては、「Networked touchscreen ensemble」[5] が挙げられ、Web ベースのタッチスクリーン楽器のインターフェース要素をリンクしながら即興演奏を行う。ネットワーク音楽体験としては、「Wish You Were Here」[6]（ポイントクラウドでお互いを表示）、「Ar drum circle」[7]（ネットワーク上のミュージシャンのアバター表示）などがあり、ビジュアル情報によるコミュニケーション促進や没入感向上の効果が示されている。

これらの既存システムは、(1) マルチプレイへの対応状況、(2) 即興演奏の可能性、(3) 演奏者の身体性や生理情報との結びつき、などにおいて AvaPro とは異なるアプローチや制約を持つ。AvaPro は、複数人が同時に MR 空間を共有し、身体動作（ジェスチャー）と生体情報のリアルタイム反映を組み合わせることで、より没入感の高い即興演奏体験を提供する点に特徴がある。特に、

- 身体動作（ジェスチャー）の積極的な活用
- 演奏者の体温や心拍などの生理情報と音楽表現との融合
- 複数人が共有する MR 空間での同時演奏

といった点が、既存システムと大きく異なる点である。今後の章では、AvaPro の詳細な機能や設計思想を紹介するとともに、その有効性について検証する。

4. システムの概要

4.1 AvaPro について

AvaPro (Avatar improvisation) は、Meta 社のヘッドマウントディスプレイである MetaQuest3 を装着して体験する MR アプリケーションである。本システムでは、1名の体験者に対して1体の Avatar を対応付ける。Avatar 自体が音源となり、ユーザは手のジェスチャーで直感的に Avatar を操作し音を鳴らす。また、両手間の距離をパラメータとして、音響表現およびアバターの挙動に割り当てている。そして、複数人が MR 空間を共有し音源となる Avatar を操作してセッションを行う。(図 1)。耳に装着したヒアラブルデバイスからは体温・心拍を取得し、体温は Avatar の頭部と手足の色、心拍は閾値を設け、使用できる音源と Avatar の表情に反映している(図 2)。

4.2 システム構成

デバイスは、Meta 社の MetaQuest3 を使用し、Unity2022.3.21f1 でアプリを開発した。仮想立体音響には YAMAHA の Unity Asset である Sound xR を使用。体温と心拍の取得には、フォスター電機株式会社製のヒアラブルデバイスである RN002 TW を使用した。MetaQuest3 間の通信には、IoT 向けの軽量通信プロトコル MQTT Message Queueing Telemetry Transport) を使用して、音の再生情報、エフェクト情報、Avatar の情報(色、表情)

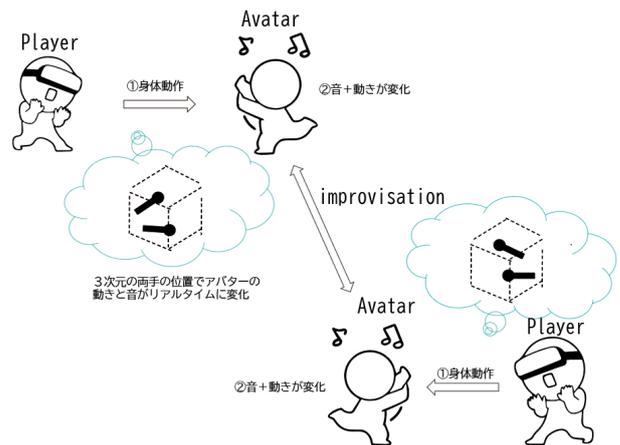


図 1 AvaPro 操作イメージ

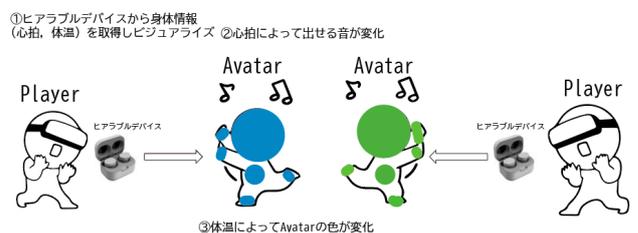


図 2 AvaPro 生体情報利用イメージ

を送受信し同期させた。Avatar の位置情報は、マルチプレイヤーネットワークフレームワークである Photon Fusion を使用しリアルタイムに共有した(図 3)。

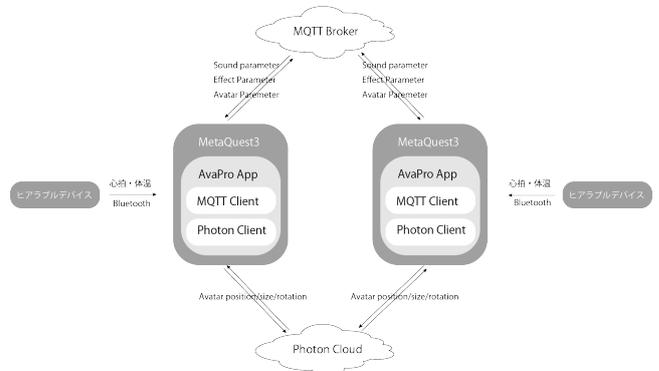


図 3 システム概要図

4.3 操作方法

Avatar の操作は、手のジェスチャー（グー、チョキ、パー）で行う。左手のジェスチャーで音源のカテゴリ（Drums, Bass, Melody）を決定し、右手のジェスチャーで音源のパターン（3種類）決定する。また、手の位置をトラッキングして両手間の距離を取得し、X方向の距離を音源のテンポとアバターのダンスの速度、Y方向の距離をフィルターエフェクトのカットオフ、そしてZ方向の距離をフィルターエフェクトのレゾナンスに割り当てた。Avatar の腹部にある球体には、ヒアラブルデバイスから取得した体



図 4 Avatar の表示



図 5 ヒアラブルデバイス (RN002 TW)



図 6 心拍数による Avatar の表情の違い
(左：心拍低，中：心拍中，右：心拍高)

験者の体温，心拍の bpm，現在選んでいる音のカテゴリを表示した。

4.4 生体情報取得

ヒアラブルデバイスより心拍数を 1 秒間隔で取得した後，直近 5 秒間の平均値を算出した。その平均心拍数が 55bpm および 75bpm を閾値とする 3 区分（低・中・高）により，体験者の心拍状態を定義した。この心拍状態に応じて，Avatar の表情および使用可能な音源のデータセット（9 音源）を動的に切り替える制御を行った（図 4，図 5，図 6）。

4.5 使用可能音源数

利用可能な音源は，音源カテゴリ（Drums, Bass, Melody）と各カテゴリにつき 3 種類の音源パターン，さらに 3 段階の心拍状態に応じて入れ替えることにより，計 27 音源を提供可能な構成としている。

5. 体験展示

5.1 Ogaki Mini Maker Faire 2024

2024 年 11 月 23 日および 24 日に岐阜県大垣市シフトピアジャパンセンタービルにて開催された「Ogaki Mini Maker Faire 2024」において，AvaPro の体験展示を実施した（図 7）。

5.1.1 体験展示概要

本展示では，MetaQuest3 およびヒアラブルデバイスを 2 セット用意し，参加者にマルチプレイ形式での体験提供を試みた。しかし，会場のネットワーク環境の制約により，実際には多くの参加者がシングルプレイ形式でのデモとなった。体験展示では，Avatar をジェスチャーによって



図 7 Ogaki Mini Maker Faire 2024 での体験の様子

操作し，その動きと音が直接連動する点に，多くの体験者が関心を示した。

5.2 NxPC.Live vol.71 OMMF

2024 年 11 月 23 日，情報科学芸術大学院大学（IAMAS）で開催された「NxPC.Live vol.71」において，AvaPro を用いた約 10 分間の 2 名によるマルチプレイ・パフォーマンスを実施した。本パフォーマンスでは，MetaQuest3 の一人称視点映像をステージ後方へ投影し，演出用に事前に用意したシーケンス上でアバターを操作することで，リアルタイムな音響展開を試みた。しかし，2 名によるプレイでは音響的な厚みが乏しく，3 名以上の必要性を感じた。また，観客への提示手法として AR 空間をプロジェクションにより共有したが，観賞用の iPhone アプリを配布するなど，観客側の視点からより効果的な提示方法の検討の必要性を感じた（図 8，図 9）。



図 8 NxPC.Live vol.71 OMMF パフォーマンスの様子
図 9 NxPC.Live vol.71 OMMF プレイヤーの視点

5.3 社内展示

2024 年 12 月 10 日，社内においてデモ展示を行い（図 10），良好なネットワーク環境下で問題なくマルチプレイ体験を提供できた。本デモでは，参加者は生体情報とアバターを用いて構成した MR 空間内で音楽セッションを行うことができた。マルチプレイ時には，参加者同士が両手間の距離を用いて音のテンポを調整し，他者のテンポに合わせる様子が多く観察され，インタラクティブな音楽的コミュニ

セッションが成立していると感じられた。



図 10 社内展示の様子 (左: 体験者 A 視点, 右: 体験者 B 視点)

5.4 XRKaigi2024

2024年12月12日および13日に東京都立産業貿易センター浜松町館で開催された「XRKaigi2024」において、AvaProの体験展示を実施した(図11)。

5.4.1 体験方法

MetaQuest3およびヒアラブルデバイスをそれぞれ2セット用いて、複数参加者によるマルチプレイ体験を実施した。各参加者には約10分間の体験時間を設定し、体験終了後にアンケート調査を実施した。なお、会場環境の制約によりMetaQuest3とヒアラブルデバイス間のBluetooth接続が不安定となり、心拍数や体温などの生体情報取得が困難な状況が多々発生した。

5.4.2 体験者の属性について

2日間で合計46名(男性36名, 女性10名)の来場者が本展示を体験した(表1)。また、VR/MRに関する経験は9割以上の参加者が有していた(表2, 表3)。

表 1 体験者数

	10代	20代	30代	40代	50代	60歳以上	合計
男性	1	11	15	5	2	2	36
女性	1	5	3	1	0	0	10
未回答	0	0	0	0	0	0	0
合計	2	16	18	6	2	2	46

表 2 VR デバイスの経験

	持っている	持っていない(経験有)	持っていない(経験無)	合計
実数	35	10	1	46
構成比	76.1%	21.7%	2.2%	100.0%

表 3 MR デバイスの経験

	持っている	持っていない(経験有)	持っていない(経験無)	合計
実数	24	18	4	46
構成比	52.2%	39.1%	8.7%	100.0%

5.4.3 体験後のアンケート

体験終了後、以下の5項目についてアンケート調査を実施した。

- (1) 手のジェスチャーを用いた操作感に関する評価(5段階評価)
- (2) 「セッションしている」感覚の有無(4段階評価)
- (3) 適切と感じるマルチプレイ人数(選択肢: 2-3人, 4-6人, 7-10人, その他)
- (4) 音楽経験の有無および内容(選択肢: 無し, バンド,

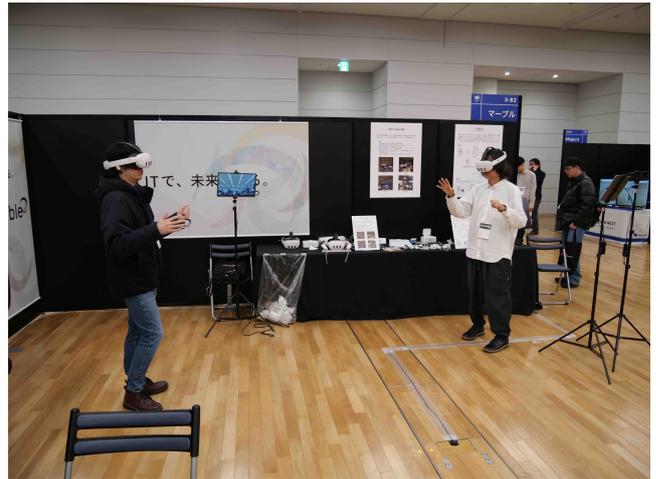


図 11 XRKaigi2024での体験の様子

DTM, DJ, その他)

- (5) AvaProに対する自由記述による感想

5.4.4 アンケート結果

(1) 手のジェスチャーを用いた操作感に関する5段階評価では、最も肯定的な「5(使いやすい)」および「4」を選択した参加者が合計87%に達し(図12)、操作性に対して非常に好意的な評価が示された。(2) セッションしている感覚については、4段階評価において75%が「とてもそう思う」または「そう思う」を選択し(図13)、多数の参加者がセッション感を得たことが明らかとなった。また、音楽経験の有無に着目した分析では、音楽経験がない参加者の29%が「とてもそう思う」と回答したのに対し、音楽経験がある参加者では同項目が4%に留まった(図14, 図15)。(3) マルチプレイにおける適切な人数に関する回答は、2-3人を望む参加者が58%を占め(図16)、小規模なグループでのインタラクションが望まれる傾向が示唆された。(4) 音楽経験については、参加者の半数である52%が「経験なし」と回答した(図17)。

(5) 自由記述欄には、「本人の盛り上がり表情で表すのが上手いと感じた」「手の操作への反応が良くストレスなく操作できた。アバターが動くときも動く点が非常に印象的だった」といったポジティブなコメントが多く寄せられた。また、「大音量での体験を希望する」「より広い空間で多人数参加による体験を試してみたい」といった会場環境やスケールに関する要望も挙がった。さらに、「音色バリエーションの拡充」「自分と他のアバターの連動した動き(ダンス)の導入によるセッション感の向上」など、機能拡張に関する提案も見受けられた。

6. 考察

6.1 操作感について

アンケート結果から、ジェスチャーを用いた操作は肯定的に評価された。この要因として、複数の体験者からハン

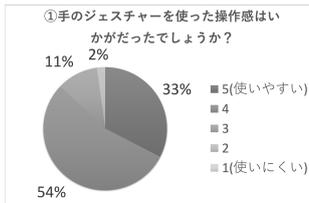


図 12 操作感について

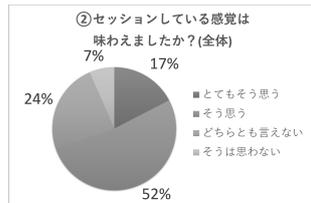


図 13 セッション感について

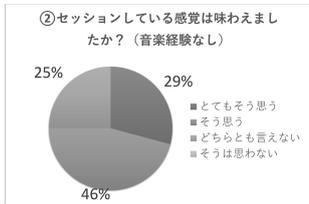


図 14 セッション感について
(音楽経験なし)

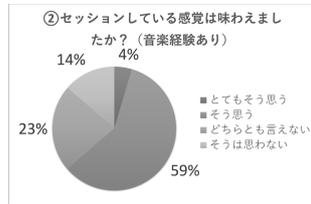


図 15 セッション感について
(音楽経験あり)

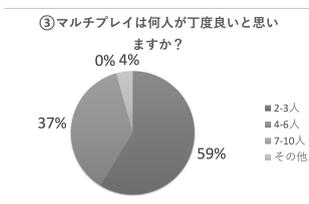


図 16 マルチプレイについて

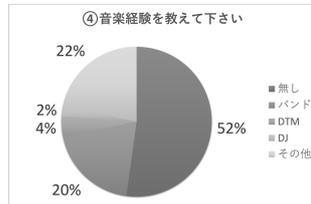


図 17 音楽経験について

ドトラッキング精度の高さが指摘されたことが挙げられる。また、多くの参加者が両手の位置関係を変化させながら音色変化を試していた。これにより直感的な操作感が提供できたと考えられる。

6.2 セッション感について

アンケート結果では、参加者の約7割が「セッションしている」と感じられるポジティブな評価を示した。その要因として、両手を大きく広げる動作を通じたテンポの同期が挙げられる。実際、複数人で楽器を演奏する際には、まず互いのテンポを合わせる行為が重要であり、本システムはその初歩的な音楽的コミュニケーションを再現することができたと考えられる。また、テンポが安定した段階からは、参加者は異なる音源への切り替えやエフェクト処理を行うなど、創発的な音楽表現へと展開させていた。さらに、15分以上にわたりマルチプレイを継続した参加者もあり、これらの観点から、本システムが提供する音楽的インタラクションには、実際のセッションを想起させる没入感があったと考えられる。

6.3 意識と無意識のフィードバックループについて

ジェスチャーを用いてアバターを操作し、その結果として生成される音楽空間が体験者に影響を与え、その影響が生体情報(心拍)に反映されることで、利用可能な音源の選択肢が変化するという一連の循環的プロセスがあるので

はないかと考えている。すなわち、体験者は自身の動作によって意識的に音楽空間を形成し、その空間からのフィードバックを通じて無意識的に生体情報に変容し、結果として選択可能な音源が再構成され、再び新たな音楽空間を意識的に生成する。このような意識的・無意識的要因が複合的に作用するフィードバックループの存在があると推察する。

7. まとめと今後の展望

本研究では、AvaProを用いたマルチプレイによって、複数の参加者が即興演奏でセッションをしているような感覚を生むことが可能であることを、体験展示を通じて示すことができた。しかし、展示環境上の制約により、生体情報を用いた体験が想定通り実現できなかった点は課題として残っている。

今後は、生体情報を取得できる環境下でデバイス数を3台に増やし、体験展示を行うことで、参加者がセッション感をどのように感じるかを検証していく。また、生体情報を参加者間で共有しているという特性をいかした新しい体験を作っていく予定である。

参考文献

- [1] 伏田 昌弘, 平林 真実: XRを用いた観客参加型ライブパフォーマンスの可能性, インタラクション 2023.
- [2] Dr. Grégory Beller, LIGETI Zentrum: Spatial Sampling in Mixed Reality, 2023 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA)
- [3] Morreale F, Masu R, De Angeli A, Rota P: The music room, CHI'13 extended abstracts on human factors in computing systems, pp 3099-3102
- [4] Yichen Wang, Charles Martin: Music(re)ality: A Collaborative Improvisation between Virtual and Real World: NIME'23
- [5] Charles Patrick Martin, Alexander Hunter, Brent Schuetze, Yichen Wang: Composing Interface Connections for a Networked Touchscreen Ensemble: 2023 4th International Symposium on the Internet of Sounds: ISIoS 2023
- [6] R. Schlagowski, D. Nazarenko, Y. Can, K. Gupta, S. Mertes, M. Billinghamurst, and E. Andr. e.: Wish you were here: Mental and physiological effects of remote music collaboration in mixed reality. :2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-16, 2023.
- [7] T. Hopkins, S. C. C. Weng, R. Vanukuru, E. A. Wenzel, A. Banic, M. D. Gross, and E. Y.-L. Do.: Ar drum circle: Real-time collaborative drumming in ar. : Frontiers in Virtual Reality, 3:847284, 2022.