



VR 環境を用いた和太鼓練習支援システムの提案とモチベーションへの影響評価

平谷歩香¹⁾, 中村拓人²⁾, 千葉直也²⁾, 浦西友樹²⁾

Ayuka HIRATANI, Takuto NAKAMURA, Naoya CHIBA, and Yuki URANISHI

1) 大阪大学 基礎工学部 情報科学科 (〒 560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3, u157064j@ecs.osaka-u.ac.jp)

2) 大阪大学 D3 センター サイバーメディア教育研究部門 (〒 560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1 番 32 号
D3 センター豊中教育研究棟 5F, takuto.nakamura.d3c@osaka-u.ac.jp, chiba@nchiba.net,
yuki.uranishi.cmc@osaka-u.ac.jp)

概要: 和太鼓の大人数演奏では、音の正確さに加えて演奏者同士の動きの統一も求められるが、練習相手の不在や騒音への配慮、楽器の運搬といった環境的制約により、練習機会の確保が困難であるという課題がある。そこで本研究では、複数のアバターと共に仮想空間上で練習が可能な VR 和太鼓環境を構築し、実演に近い状況での練習を実現した。また、練習相手の有無が練習者のモチベーションに与える影響について検討した。実験の結果、複数人での練習環境が、単独練習と比較して練習への意欲を有意に向上させ、練習中の孤独感を有意に軽減することが明らかとなった。一方で、練習継続回数については統計的な有意差は確認されなかった。

キーワード: 教育・訓練, アート・エンターテインメント, VR トレーニング, 楽器練習

1. はじめに

近年, VR 技術の発展は目覚ましく, ゲームやエンターテインメント分野に加え, 身体運動を伴うスポーツ [1] や音楽練習 [2], リハビリテーション [3] などへの応用も広がりを見せている。そして期待される応用先として, 和太鼓演奏がある。和太鼓演奏は, 大人数で一体となって演奏することが特徴であり, 単なる譜面通りの音の正確さとどまらず, 演奏者同士の動きの統一が求められる点が, 一般的な楽器演奏とは異なる特徴である。しかし和太鼓の練習環境には特有の課題がある。具体的には, 騒音の制約や広いスペースの必要性といった練習場所の確保, 楽器の持ち運びの困難さ, さらに複数人で練習を行うためのメンバーの確保などが挙げられる。VR 空間を用いた練習は, これらの制約を克服し, 没入感の高い体験を提供できる一方, 身体的フィードバックの再現やモチベーション維持といった課題も存在する。

従来の VR 音楽練習システムでは, 演奏の正確性やフィードバックに焦点が当てられていることが多く, ユーザの心理状態や社会的側面まで踏み込んだ研究は限られている [4]。例えば, VR 和太鼓演奏において, 自己と他者アバターの対照的な外見が演奏者の動きといった行動変容に与える影響に関する研究は存在するものの, 練習の長期的な継続性, 内発的な意欲, あるいは孤独感といった心理的側面への影響については, 十分検討されていない [5]。一方で, 近年の研究では, VR 空間における他者の視覚的存在が学習効果を高める可能性 [6] や, 努力の可視化 [3][7], マルチプレイ

ヤー要素の導入 [3] が反復練習の継続に寄与することが示唆されている。

本研究では, VR 空間における他者との協調体験が練習への意欲や継続に与える影響に着目し, 和太鼓 VR 練習システムを開発した。開発システムは, ユーザの動きを反映させるアバター表示, 手本動画と譜面の提示, 演奏時の衝突ログの取得機能を備えている。本論文では単独練習と複数人練習の 2 つの条件下において, 練習継続回数, 意欲, 孤独感の変化を検証する被験者実験を実施した。本研究は, VR 空間における集団的な身体運動がユーザ体験に与える影響を明らかにし, 今後の VR を活用した音楽教育や身体トレーニング支援システムの設計に貢献することを目的とする。

2. VR 和太鼓練習システム

本研究では, ユーザが VR 空間で和太鼓の練習に取り組める環境を構築した。本章では, システムの主要機能, 練習フロー, インタラクションの設計について述べる。

本システムは, Unity(バージョン 2022.3.22f1) 上で構築され, VR ヘッドセット (Meta Quest 3), デスクトップ PC, そして物理的な入力インターフェースとして Kmise 製のドラム練習パッドおよびバチを用いる。ユーザの和太鼓演奏動作をシステムへ反映させるため, Meta Quest コントローラを左右の手の甲へ装着することで両手の動作を追跡する (図 1)。装着には, Meta Quest コントローラ専用のストラップを取り付けて使用した。ユーザは手のひらでバチを握り, 現実空間の練習パッドを打つことで, VR 空間内で和太鼓練習を実施する。



図 1: 和太鼓 VR 練習システムの構成

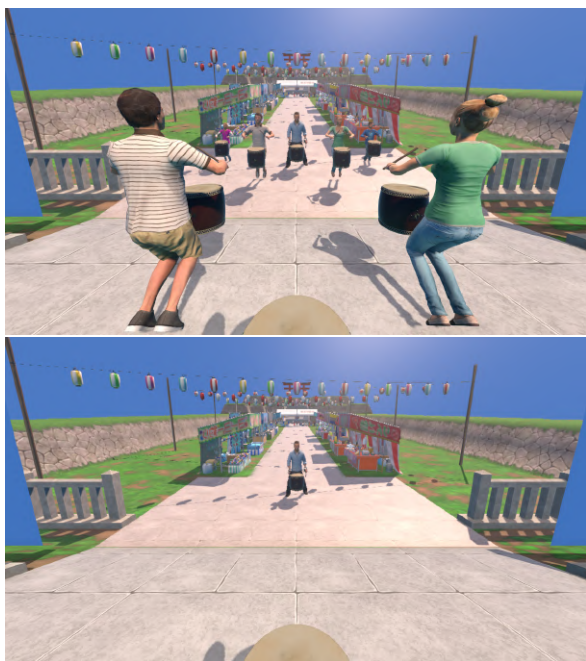


図 2: (上) 複数人練習条件, (下) 単独練習条件

本システムは、祭りのアセット [8] を用いた VR 空間内に練習環境を構築しており、ユーザの身体動作はアバターを通じてリアルタイムに反映される。特に複数人練習条件では、ユーザの周囲に 4 体のアバターが配置され、手本フレーズを演奏する動作をアニメーションとして提示することで、ユーザは他者と共に演奏しているかのような体験が得られる (図 2 上)。対して単独練習条件では、アバターは表示されず、ユーザのみが仮想空間に存在する (図 2 下)。

練習時には、手本動画および譜面 (ノーツと再生ヘッド) が表示され、これらは同期して動作する。再生ヘッドとノーツが重なるタイミングで音が再生されることで、ユーザは視覚と聴覚の両方から演奏タイミングを確認できる (図 3)。さらに、ユーザの打撃動作に合わせて太鼓の音が再生されることで、打楽器演奏に不可欠なフィードバック感覚を再現している。手本動画では、事前に記録した手本動作を実施するアバターの様子が表示される。動作は鏡写しとなっているため、ユーザは反転を意識せずに動作を模倣すること



図 3: 手本動画および譜面

ができる。手本動作の鏡表示に関してはシステム利用前に案内される。

演奏時のデータは自動的に記録される。具体的には、練習セッションの開始時刻、練習の繰り返し回数、実験条件、使用フレーズ、打撃時のタイムスタンプ、使用した手 (左右) の情報を含む衝突ログを CSV 形式で保存している。

システム操作は主にユーザ付近に設置されたテンキーパッドを用いて行う。ユーザは VR ヘッドセットを装着した際に目の下に生まれる隙間を用いてテンキーパッドを確認する。テンキー 1 の押下で練習セッションを開始または継続し、テンキー 3 で終了する。初期位置合わせは、右手のコントローラーを練習パッド中央に置き、A ボタンを押すことで行い、現実と仮想空間の太鼓の位置を一致させる。演奏フェーズでは、事前に提示された手本動画のフレーズを記憶に基づいて再現する。ユーザは、同じフレーズの練習を繰り返し行い、テンキー 3 を押すことで練習を終了することができる。

3. 評価実験

提案する和太鼓 VR 練習システムの有効性を評価し、単独練習と複数人練習という異なる練習条件がユーザ体験に与える影響を比較するため、被験者実験を実施した。実験では、各条件を実験参加者に本システムを体験してもらい、練習継続回数、その際の主観的評価 (練習に対する意欲・練習中の孤独感)、演奏時のパフォーマンスログ (衝突記録) を取得した。これらのデータに基づき、提案手法の有効性および練習条件によるユーザ体験の違いを検討した。本実験は大阪大学研究倫理審査委員会によって承認されたものである (ID: サ 2024-13)。

3.1 実験環境

実験では、Unity 上に構築した本システムを用いた。参加者は実験者の説明を受けた後、HMD (Meta Quest3) および VR コントローラー、実物のパチを装着し、テンキーパッドを用いて練習を進行した。VR 空間には、プレイヤーの動きを反映したアバターと鏡が配置されており、参加者には自身の動きも意識して練習できるよう設計されている。手本動画と譜面が提示される手本フェーズと自身で演奏する演奏フェーズが繰り返される中で演奏を行い、太鼓の衝突ログや各種演奏データは自動で記録された。手本提示フェー

ズでは、アバターによる演奏動画と譜面が表示され、ノートと再生ヘッドが同期して動作する。演奏フェーズでは、譜面は非表示となり、手本動画のみが再生される中で、ユーザは自ら演奏を行う。

プレイヤーの頭部および手の動きは、HMD とコントローラーのトラッキング機能を用いて取得され、VR 空間に反映された。

3.2 手順

実験は、実験に関する説明および同意書への署名、システムの使用方法の説明、試技、本計測（単独練習・複数人練習）、各条件後のアンケート、全体アンケートの順に実施した。各計測前後には VR 酔い評価（SSQ）を実施した。

試技では、参加者がシステムに慣れるため、3 回程度のフレーズ練習を行った。試技で使用するフレーズは計測への影響がないよう、難易度の低い単純なものを選定して実施させた。フレーズ練習の詳細は後述する。

本計測での 1 回のフレーズ練習手順は以下であった。まず、「飽きた」と感じるまで練習を実施するように再度指示し、練習を開始させた。テンキー押下によって手本提示フェーズが開始され、手本動画と譜面の再生が始まる。次に、演奏フェーズへ移行し、参加者は手本提示フェーズで見た手本のフレーズの演奏を行う。1 回のフレーズ練習が完了した後、VR 空間に表示される指示メッセージに従い、参加者は、練習を続ける場合はテンキー 1 押下し、再度練習サイクルを開始する。一方、練習に飽きを感じた場合にはテンキー 3 を押下して練習を終了する。また、最大練習時間である 15 分を超過した場合も練習を終了する。複数人練習条件では、周囲に共同で演奏するアバターが表示され、ともに演奏する様子が再現されるが、単独練習条件ではアバターは表示しない。

各練習終了後には、練習への意欲や孤独感についての主観評価をアンケートで取得した。全体アンケートでは、2 条件の比較や練習体験に関する自由意見も取得した。この全体アンケート実施後、謝礼として Amazon ギフトカード 1,500 円分を渡し、実験を終了した。

3.3 条件

実験には、研究室メンバー 8 名（男性 6 名、平均年齢 23.0 ± 1.8）が参加した。練習条件として、単独練習と複数人練習の 2 種類を設定し、使用するフレーズには A, B, 試技用の Trial の 3 種を用いた。順序効果を抑制するため、参加者は 2 名ずつ 4 グループに分け、条件とフレーズの組み合わせにカウンターバランスをとった。実験全体の所要時間は約 1 時間であった。

3.4 データ

実験では、練習継続回数、主観的评价、および演奏時のパフォーマンスログを取得した。練習継続回数は、1 条件の練習内で参加者が練習を繰り返した回数である。主観的评价としては、各セッション後に練習への意欲（7 段階）、練習中の孤独感（4 段階）をリッカート尺度で回答させたほか、それぞれの理由についての回答も求めた。演奏時のパフォー

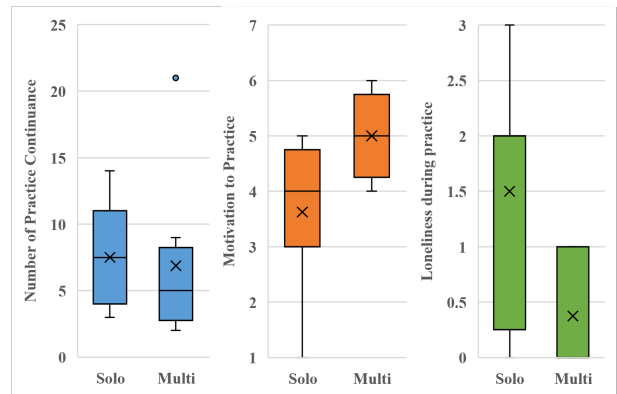


図 4: (左) 練習継続回数, (中) 練習への意欲, (右) 練習中の孤独感

マンスログには、練習の開始時刻、練習回数、実験条件、使用フレーズ、衝突時刻、使用手（左右）が記録された。

3.5 結果

練習継続回数の結果を図 4(左) に示す。グラフの縦軸は継続回数、横軸は練習条件である。この 2 つの条件のデータに対して Wilcoxon 符号付き順位検定を実施した結果、有意差は確認されなかった ($p=0.261>0.1$, 効果量=0.472)。

次に、練習への意欲の結果を図 4(中) に示す。グラフの縦軸は練習への意欲度、横軸は練習条件である。2 条件のデータに対して Wilcoxon 符号付順位検定を実施した結果、有意差が確認された ($p=0.034<0.05$, 効果量=0.472)。これは複数人練習が単独練習に比べて意欲を高めたことを示す。

最後に、練習中の孤独感の結果を図 4(右) に示す。グラフの縦軸は孤独感の度合い、横軸は練習条件である。2 条件のデータに対して Wilcoxon 符号付順位検定を実施した結果、有意差が確認された ($p=0.032<0.05$, 効果量=1.00)。これは複数人練習が孤独感を大きく軽減したことを示している。

3.6 考察

練習継続回数に関する結果では、単独練習条件と複数人練習条件の間で有意差は確認されなかった。この結果は、本実験の条件下において、複数人による練習環境が、単独練習と比較して練習の継続意欲や実際の継続行動に対して明確な効果を及ぼさなかった可能性を示唆する。背景として、集中力の個人差やシステムへの慣れ、疲労といった社会的要因以外の影響が強く働いた可能性がある。一方、試行順に着目した分析では、単独練習を先に実施したグループでは、後に実施された複数人練習との間で継続回数に有意差は確認されなかった ($p=1.000$, 効果量=0.00)。一方、複数人練習を先に実施したグループでは、複数人練習の方が単独練習よりも継続回数が増える傾向があり、有意傾向が確認された ($p=0.098<0.1$, 効果量=1.00)。一般に、後半の条件では VR 環境への新規性が薄れることや疲労の蓄積により練習継続回数が減少する傾向があり、複数人練習を先行したグループではその傾向と一致する結果が得られた。対して、単独練習を先行したグループでは、後半の複数人練習

の継続回数が、疲労や慣れによる減少傾向にもかかわらず、先行した単独練習と比較して有意な差が見られなかったことから、複人数練習が練習継続の点で練習継続を促す要因を持つ可能性を示唆している。全体での有意差が確認されなかったのは、こうした試行順によって見られた異なる傾向が全体として相殺されたためとも考えられる。

練習に対する意欲の結果においては、複人数練習条件が単独練習条件よりも有意に高い値を示した。アンケートからは、「他者と一緒に演奏する楽しさ」や「他の参加者の存在が刺激になった」など、他者の存在が内発的動機付けを促進する要因として機能していたことが読み取れた。これは、VR 練習システムにおいて、課題の遂行だけでなく、他者との協調や共存といった社会的側面を取り入れることが、意欲の向上に寄与する可能性を示唆する。

また、練習中の孤独感に関しても、複人数練習条件が単独練習条件よりも有意に低く、効果量も-1.00 と非常に大きな値を示した。アンケートには「周囲の人が見え、音も聞こえたため、一緒に叩いている感覚があった」といったコメントが見られ、VR 空間上であっても他者の存在が「共にいる感覚」を生み出し、孤独感を軽減する効果があることが確認された。一方、単独練習では、「広い仮想空間に一人だけだった」「自分の音しかなく静かだった」など、孤独感を助長する記述が確認された。

以上の結果から、提案する VR 練習システムにおいて、複人数練習は練習継続回数には明確な影響を与えなかったものの、練習への意欲や孤独感の軽減といった心理的側面においては顕著な効果を示すことが確認された。今後は、複人数練習におけるインタラクションの質を向上させる要素、例えばフィードバックや他者との協調の実感を高める設計を導入することで、練習継続への効果をさらに検討する必要がある。

4. おわりに

本研究では、和太鼓練習における集団的な身体運動がユーザ体験に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、VR 空間上で複人数と共に練習可能な和太鼓 VR 練習支援システムを構築した。提案システムを用いて、単独練習および複人数練習という 2 条件において被験者実験を実施し、練習継続回数、意欲、孤独感といった心理的・行動的指標に基づいて比較評価を行った。

実験の結果、練習継続回数に関しては 2 条件間で有意な差は見られなかったものの、複人数練習条件では、練習へ

の意欲が有意に高く、練習中の孤独感が有意に低い傾向が確認された。これにより、VR 環境における他者アバターの存在が、ユーザに「共にいる感覚」や社会的つながりを想起させ、内発的動機付けや心理的充足感に好影響を与える可能性が示唆された。

今後は、協調的な演奏感覚や他者との相互作用をさらに高めるインタラクション設計を取り入れ、練習継続や意欲への影響を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 芳啓伴地, et al. アスリートへの憑依体験を意図した vr コンテンツの試作. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 26, No. 3, pp. 177–186, 2021.
- [2] Yoshiaki Iwatani and Hideyuki Sawada. Air musical instrument system for vr entertainment. 情報処理学会 インタラクション, pp. 587–592, 2014.
- [3] Takashi Ota and et al. Effects of gamification and communication in virtual reality frozen shoulder rehabilitation for enhanced rehabilitation continuity. *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 50841–50850, 2023.
- [4] Matthias Bertsch and Michael Peschka. Music performance science with virtual reality: Artistic, acoustic and psychological aspects and troubles. In *DAGA*, pp. 987–990, 2023.
- [5] Yong-Hao HU and et al. 自己と他者アバターの対照的な外見が行動変容に与える影響. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 29, No. 3, pp. 143–152, 2024.
- [6] Jakob Carl Uhl and et al. Social presence as a training resource: Comparing vr and traditional training simulations. *Research in Learning Technology*, Vol. 31, , 2023.
- [7] Georgios Lampropoulos and Kinshuk. Virtual reality and gamification in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 72, No. 3, pp. 1691–1785, 2024.
- [8] Ltd. Argyle Co. Japanese.summer.festival. Unity Asset Store, 2024. https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/japanese-summer-festival-203344?locale=ja-JP&srsltid=AfmB0oqQv14KgRMZ_1y4yyzRU-rj4k9kJsm21M_APpGT-SJGepU9B67Y#reviews.