



# バーチャルライブにおけるアバタの動作を通じた観客同士のインタラクションが臨場感に与える影響

The Impact of Audience Interaction through Avatar Movements in Virtual Concerts on The Sense of Presence

YANG GUANG<sup>1)</sup>, 櫻井 翔<sup>1)</sup>, 松村 耕平<sup>2)</sup>, 岡藤 勇希<sup>2)</sup>

1) 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 (〒 113-0033 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, yangguang@vogue.is.uec.ac.jp)

2) 立命館大学 情報理工学研究科 (〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1, matsumur@fc.ritsumeai.ac.jp)

## 概要:

観客がバーチャルリアリティ (VR) 空間上にアバタとして参加するバーチャルライブ (VL) は、場所や時間の制約を受けることなく音楽文化の流行や市場を広げる手段となっている。しかし VL では他の観客の代替となるアバタには観客の動作が十分に反映されず、アバタの動作は画一的になっている。本稿では、VL が現実のライブのように感じることを臨場感と定義し、VL の臨場感に対する観客同士の動きのインタラクションの影響を調査し実験を行った結果、観客同士の動きのインタラクションが臨場感に影響を与えることが示唆された。

**キーワード:** コミュニケーション, エンターテインメント, バーチャルライブイベント

## 1. はじめに

インターネットおよび VR 技術の発展により、バーチャル空間内で行われるライブイベント (VL イベント) が盛んになってきている。VL イベントでは VR 環境上でアバタを媒介として出演者がライブパフォーマンスを行うことや観客とのコミュニケーションをとることができる。しかし、現在の VL イベントにおいては観客同士の間のインタラクションが十分に考慮されておらず、現実のライブイベントで観客が得ることができるような臨場感が VL イベントでは得られない可能性がある。

現在の VL イベントのプラットフォームでは、あるユーザの周りにいる他の観客 (アバタ) の動作は、予め決められた動きを繰り返すデザインとなっている。一方、この研究の臨場感とは、今後とも関わり続けるような感覚 [1] で自分自身が感じられるインタラクションなどの外部的な影響を受けて満足感をどのぐらい見出すことができるかの評価指標である。今までの VL の臨場感が少なく物足りない感覚がする理由として、観客が実感出来るリアリティ、会話、挨拶などのインタラクションの少なさが挙げられる。観客の間のインタラクションが反映されると、観客がこのシーンをリアルの世界と同じ機能を持つ世界と認識する可能性が高まり、臨場感と呼ばれる心理的な感覚が生起されると考える。観客が VL ステージの会場の観客席に立つことで、心理的および身体感覚的にポジティブな変化があれば自己満足度が向上したといい、臨場感を感じられれば自己満足度が高くなる。VR 環境でのライブステージでは、そのような会場配置やエフェクト表現により実空間のライブステージより更なるライブイベントの表現力が期待されるため、アバタの動作を予め決められた動きを繰り返すのデザインが臨場感を失っている原因

と仮説立てる。

VR ライブパフォーマンスで観客の社会的意識を喚起する提案の関連研究では [2], VR ライブパフォーマンスで観客の社会的意識を喚起する社会的インタラクションを設計するための新しいアプローチを提案し、個人の表現とグループ効果の両方を含めた 3 つの異なるモードの相互作用を利用したシーンを実装した評価が行われている。その結果、パフォーマンスは精緻に作られておらず、参加者は VR でステージパフォーマンスを鑑賞する前にトレーニングを受けていなかったが、シーンを楽しみながら、ほとんど指示なしでキューを実行できたと報告している。

また、VR ライブ中複数ビデオ視聴体験の関連研究として [3], VL イベントの研究アプローチについて議論されている。ユーザーがさまざまな角度から複数のビデオを効果的に探索し没入できるように、ヘッドマウントディスプレイを備えた仮想現実環境でマルチビューレイアウト設計の検討を実施した。その結果、指定されたスペースに複数の動画を配置する場合は、視覚的な負担を避けるために視覚効果や簡易アバタを利用すると効果的であることが示されている。

ただし、これまでの VL イベントの研究で、ライブでの構築やインタラクションの検討があったが、あくまでもエフェクトやライブ表現での議論でその効果を論じていたため、アバタ同士のからのインタラクションやアバタの動きを誘導するダミーアバタの動きについての検討はなかった。

本研究の目的は、アバタを通じた観客同士のインタラクションが VL で得られる臨場感にどのように影響するのかを検討することである。実験による検証を通じて、臨場感を向上するための観客同士のインタラクションの必要性について議論して、VL イベントにおける臨場感の向上に寄与で

きる可能性を検討する。

## 2. VL 環境に対する臨場感を変えるインタラクシ ンデザインと VL 環境

前章で述べている研究目的を果たすため、本研究では、観客同士のインタラクションの有無が臨場感に与える影響について実験により検討を行う。ここでは、観客同士のインタラクションデザインについて述べる。本研究における臨場感を向上する上での観客同士のインタラクションデザインとして、まず VL の参加者の動作をリアルタイム反映するユーザアバタと、あらかじめ決められたダミー動作を付加するダミーアバタの 2 種類を定義する。そして被験者が操作するユーザアバタと被験者以外の観客となるアバタ（以下観客アバタ）となるアバタを VL 中に配置する。観客アバタはダミーアバタもしくは被験者以外の参加者が操作するユーザアバタであり、被験者以外のユーザアバタとダミーアバタの数の割合を変更する。この変更により、ユーザに VL 中の観客アバタの振る舞いと感情表現の違いを感じさせ、参加者同士のインタラクションおよび VL 環境に対する臨場感が変わると予想される。

先述の検討を行なう上で、本研究では、アバタが持つケミカルライトの動作に着目し、本デザインに基づく VL 環境を構築することにした。VL 環境において、1 名の被験者が操作するアバタの周囲に観客アバタを配置する。この時、観客アバタは、(1) 一定の動きでケミカルライトを振るダミー動作を付加したダミーアバタと、(2) 他の参加者となる実験協力者が VL に参加してケミカルライトを振る動作を実時間で反映したユーザアバタの 2 種類を用意した。本研究では、全体の観客アバタ数に対して上述のダミーアバタとユーザアバタの割合を変えることで、観客同士のインタラクションの有無や VL の臨場感に生じる影響を調査した。

具体的には、図 1 に示すように、参加者が使用するユーザアバタ 1 体および観客アバタ 4 体をバーチャル空間内のライブステージに配置した。

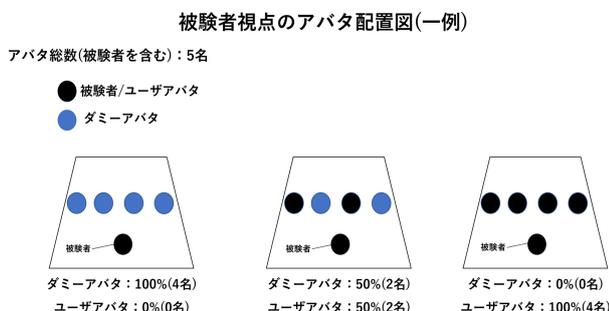


図 1: バーチャルライブステージ会場内アバタの割合と配置位置 (一例)

本 VL 環境でのイベントでは、曲と出演者の違いによる影響をできるだけなくするため、ライブを行なう 1 名の出演者アバタに Unity ちゃん (Unity Inc.) を使用し、ユニティ

ちゃんライブステージ! -Candy Rock Star-という無料配布パッケージの曲と、曲に合わせて作成した一定のモーションセットを付加した。被験者と、被験者以外のユーザアバタを配置する場合に限って被験者以外の実験協力者は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD, Oculus Quest2) を装着し、各ユーザアバタを介して一人称視点で VL に参加できた。また、Oculus Quest2 のコントローラーを用いて、ケミカルライトを自由に振ることができた。被験者を含めてユーザアバタを用いる参加者が複数いる場合は、各参加者の HMD をネットで接続して同期された VL 環境を提示した。VL 中、参加者は自由に VL 環境内を移動したりモーションを変えることができた。VR 環境のライブステージに視聴者からのフィードバックを出演者に伝えるため、ソーシャル VR コンテンツの操作環境に基づいたライブステージを構築し、Vsinger や Vtuber のライブ姿勢を基に出演者アバタのエフェクトを表現した。

## 3. ユーザアバタとダミーアバタ割合条件の検証実験

### 3.1 実験目的

VL イベントにおける観客同士のインタラクションの有無が臨場感に与える影響を評価する実験を実施する。具体的には 2 章で述べた VL 環境を用いた VL イベントにおいて、ユーザ以外の観客の代替となるアバタの動作の差異の有無によって臨場感が変化するかを検証する。

### 3.2 実験内容

実験参加者は VL 会場に観客として参加した。ライブ会場には出演者 1 体と参加者 1 名を含めた観客のアバタ 5 体が参加した。被験者を含めた実際の参加者は、HMD を装着し、右手にはアバタが持つケミカルライトを操作するためのコントローラーを把持した。VL 環境では、コントローラーの動きは参加者のアバタが持つケミカルライトの動きとして反映された。参加者はケミカルライトを振ることで、ライブ出演者を応援できた。

被験者以外の観客アバタとして、ダミーアバタとユーザアバタの 2 種類を準備した。2 章で述べた通り、ダミーアバタはケミカルライトを一定の動きを繰り返すように設定された。また、被験者以外のユーザアバタには、HMD を装着した実験協力者の動作やコントローラーの動きが反映された。

この時、ダミーアバタとユーザアバタの割合を変更することで、インタラクションの有無 (強度) を制御した。

図 2 は実験の環境を概略したものである。参加者は小部屋に案内され、HMD を装着して VL に参加した。VL では実験参加者を除いてダミーアバタとユーザアバタの割合が 0%、50%、100% の 3 種類に制御される。このうち 50% ないし 100% のとき別室にいる実験協力者がユーザアバタとして参加した。実験参加者はどのアバタがダミーアバタないしユーザアバタかを事前に知らされない。事前の検証実験の結果を踏まえ、アバタの配置は図 3 に示される配置とした。

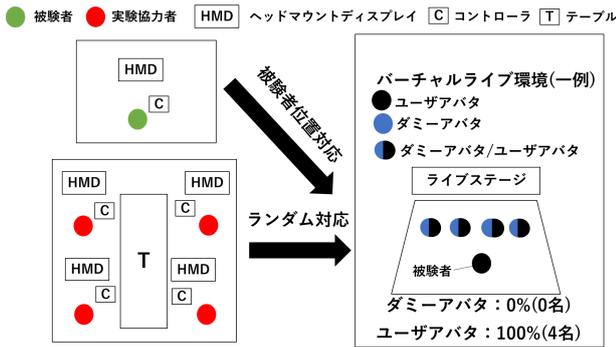


図 2: 実験環境図

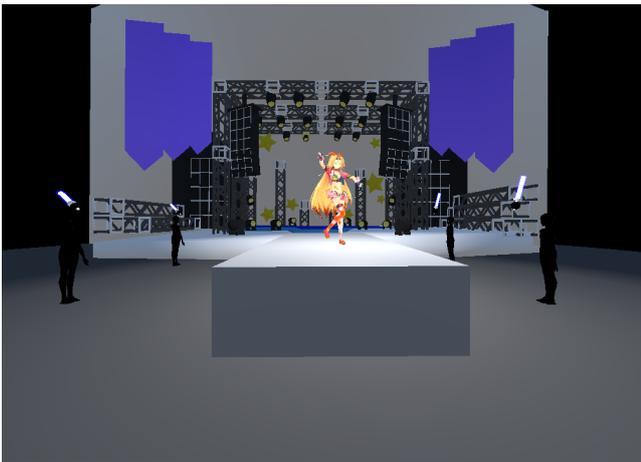


図 3: 実験で利用したバーチャルライブステージ

### 3.3 参加者

実験には機縁募集した 21～25 歳の大学生 10 名（うち女性 2 名）の被験者が参加した。参加者に VR や VL 経験を日常的に経験しているものはいなかった。この 10 名のほか、各回の実験においてユーザアバタを操作する実験協力者 4 名が参加した。

### 3.4 評価

本 VL 環境において、観客アバタ 4 体におけるダミーアバタと被験者以外のユーザアバタの割合の違いに基づく臨場感およびインタラクションの有無に対する評価を行った。本評価は、客観的な方法と主観的な方法を併用して実施した。

客観的な方法としては、参加者がコントローラ操作により動かしたアバタが持つケミカルライト（コントローラ）の動作分析を通じ、参加者と観客アバタの間の動作の同期性を分析し、参加者間インタラクションの有無を評価した。具体的には、ケミカルライトの 3 軸の回転動作について、自己相関関数（ACF）と相互相関関数（CCF）を求めた。自己相関関数は、同一の信号またはデータ系列の異なる時点での値の相関を計算する関数である。ここでは信号の周期性やパターン、すなわち参加者が周期的な動作をしているかどうかを判断できる。ここでは、ケミカルライトの動きが音楽リズムに合わせて振っているかどうかの判別に利用した。ライブシーン中で利用される音楽に合わせてケミカルライ

トを操作していれば音楽のリズムに対応する lag において、自己相関関数における相関係数が最大となると予想した。相互相関関数は、一方の信号を時間的にずらしながら、もう一方の信号との相関を計算する関数であり、参加者と観客アバタのケミカルライトの動きとの相互相関関数を算出することによって、動作の同期性を分析し、参加者が実験協力者に合わせて振っているかどうかを判別できる。実験参加者が各アバタ割合実験条件で得られた自己相関関数（ACF）と各アバタ割合条件で VL 中ダミーアバタとユーザアバタのケミカルライトの回転データと被験者のケミカルライトの回転データで得られたの相互相関関数（CCF）を用いて、参加者間インタラクションが起こる条件の結果を数値的に分析した。具体的には、被験者と他のアバタの生データを得て、その中で被験者が最も変化する回転軸に注目し、その軸のデータをそれぞれ ACF と CCF を求め、それぞれ得られた自己相関係数と相互相関係数とラグの関係を分析する。

ACF の評価と音楽リズムの関連性について、実験で使った 140BPM の曲の周波数は 2.3Hz であることから、100Hz で記録したデータの場合、lag 233 がテンポに対応する。使用した楽曲は 4 拍子であるため、この 1/4 である lag 58 付近にピークがあらわれる場合に、曲のテンポに合わせてケミカルライトを振っていることがわかる。

主観的な評価については、臨場感や他者との協調性に関わる心理尺度を用いた評価を行った。この尺度の項目については先行実験を行い決定した。アンケート項目は、情動的共感性尺度 [4] と相互独立的一相互協調的自己観尺度 [4] という心理尺度から実験の評価に関係ないと考えられるものを著者を含む 3 名が先行実験により評価して選定した。心理測定尺度集で検証された評価手法で五段階評価を用いて、各質問に点数を被験者に付けて、平均と合計点数を計算することで情動的共感性尺度と相互独立的一相互協調的自己観尺度で評価した感情的被影響性、相互独立性、相互協調性を求めた。

具体的には、それぞれの実験シーンに対する臨場感を一対比較法を用いて評価させた。ここでは主に評価アンケートを利用して、実験参加者が三つのアバタ割合条件のシーンでライブステージで感じる臨場感の優劣をそれぞれ一対一で比較して評価し、シェッフェの方法による一対比較で回答させた。具体的には、各アバタ割合条件の VL イベントを体験するごとに、それぞれの実験シーンに対する臨場感評価スケールに回答してもらった。これにより、実験参加者がアバタ割合条件のシーンで感じる臨場感に対する嗜好度について評価することで、実験参加者が各アバタ割合条件のシーンで感じる主観的な臨場感を数値化して体感的な違いを分析した。

### 3.5 実験結果

臨場感の主観評価で利用した評価スケールは、主にライブステージで感じる臨場感をシェッフェの方法により一対比較によって回答する。その結果、半数弱の被験者は、順番にも関わらずユーザアバタのみの条件が最も臨場感が高いと評価

した。

シェッフェの方法により一対比較法（原法）の評価手法を用いて、三つのアバタ割合条件の嗜好度を計算した。その結果、図4に示すように、ユーザアバタのみの条件が最も被験者に臨場感が高いと評価したことが分かった。

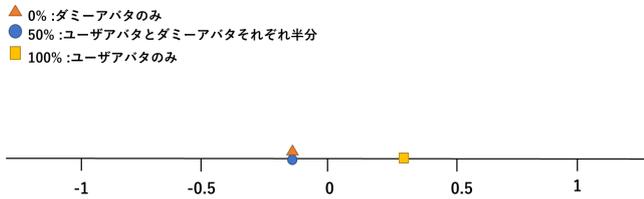


図4: 実験参加者が各アバタ割合条件で感じる臨場感の違いに対して実施した一対比較法（シェッフェの原法）の評価結果

客観的な評価結果の結果分析について、一部の参加者のACFのデータでは、実験で使用した140BPMの曲に対して周波数が2.3Hzによって43ラグごとにケミカルライトを振る周期性を持てば完全に合うわけではないが、近いリズムになる結果が確認されたといえる。また、特定アバタとのCCFのデータで被験者との相互相関係数が高いことが確認されたら、そのアバタのケミカルライトの動きに合わせて振るようなリズムになったことが確認されるという結果になる。

具体的な相互相関関数の結果を確認すると、参加者1と参加者6が0%のシーンで左前のアバタと一緒に動くようなリズムになったが、ピークに達する相互相関係数が0.2程度と高くなく、一緒に動いていることは説明できなかった。その原因は、PUN2同期システムを用いた音楽とケミカルライトモーションから生じた遅延による一部実験環境の不備とシステムデザイン上の欠陥からライブイベントに入場したタイミングの差で生じた違和感による実験参加者の反応遅れだと考える。他の参加者についても自己相関関数と相互相関関数を確認すると、参加者2を代表とした一部参加者のユーザアバタで自己相関関数においてlag58付近にピーク示していた。これは参加者がケミカルライトを振る周期性を持って、音楽リズムに合わせて振りたくことを示していた。

### 3.6 結果考察

実験結果により、主観的な評価結果から、参加者自身が動きを操作するユーザアバタと、あらかじめ決められた動きをするダミーアバタの2種類のアバタを使用した場合、ユーザアバタを介したインタラクションがより臨場感を高めることが示された。一方、客観的な評価結果から、参加者がケミカルライトを振る周期性を持って、音楽リズムに合わせて振りたくことが示された。総括すると、音楽リズムに合わせて振るアバタかつユーザアバタが多ければ多いほど、参加者はより

現実世界に近い体験が得られることが示唆された。

## 4. まとめ

この研究では、VLで異なる種類のアバタが使用したケミカルライトの動きの変化により、VLにおけるアバタの動作を通じた観客同士のインタラクションが臨場感に与える影響を調査した。ユーザアバタとダミーアバタ割合条件の検証実験を行い、その結果から参加者間インタラクションが臨場感にもたらす影響の検討した。

以上の実験の結果から、客観的な評価においては、一部実験環境の不備（PUN2を用いた音楽とケミカルライトモーションの遅延）や実験協力者操作の問題（ライブイベントに入場したタイミングの差から生じた違和感）などの原因で、アバタと一緒に動くようなリズムになったことがみられたが、相関係数が低いため、一緒に動いていることは説明できなかった。一方、主観的な評価からは、ユーザ同士のインタラクションが臨場感を向上させる可能性が示唆された。また、主観的な評価と客観的な評価に合わせた結果、音楽リズムに合わせて振るアバタかつユーザアバタが多ければ多いほど、観客同士のインタラクションが増え、参加者はより現実世界に近い体験を得ることができると示唆された。

今後の研究課題として、インタビューの結果で得られた影響要因を検討し、出演者の行動パターンや、ライブステージの形など外部要因を調整する必要があると考える。臨場感にもたらす影響の評価実験の結果から、本研究全体を通してまだ明らかになっていない結果と実験中の問題点を踏まえて、これからのVLに対して臨場感に影響を及ぼす影響要因を主観的と客観的にまとめる研究に進める。

謝辞本研究を進めるにあたり、実験にご協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。立命館大学情報理工学研究科プレイフルインタラクション研究室で実験協力者として参加いただいた方にも心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 西田文郎：人間は「感情」に引きずられる動物である、ワクワク感がプラス思考を生み出す！、人生を変える「その気」の法則（2012年10月）
- [2] S. Yan, et al : Exploring Social Interactions for Live Performance in Virtual Reality, SIGGRAPH Asia ' 20 Posters, Article 11, pp.1-2. 2020.
- [3] M. Kim, et al : Multi-view Layout Design for VR Concert Experience, In Proc of the 30th ACM International Conference on Multimedia(MM ' 22), pp 818-826.
- [4] 吉田富二雄, 宮本聡介: 心理測定尺度集Ⅱ, 情動的共感性尺度, 相互独立的-相互協調的自己観尺度.(2018年4月)