

演者観客間の相互コミュニケーションを目指した インタラクティブ演出システム

岡村未来^{†1} 秋田純一^{†1}

概要：本研究では、音楽ライブにおいて会場全体の一体感を創出することを目的に、演者・対面観客・オンライン観客の3方向からの相互コミュニケーションを実現するシステムを提案する。対面観客の盛り上がりは「心拍」と「腕の振り」、オンライン観客の盛り上がりは「表情」と「歓声」から取得し、ペンライト・MR・VJの3つの演出をリアルタイムに変化させることで相互コミュニケーションを実現した。観客によるインタラクションがある場合とない場合で実験を行った結果、観客から演者への作用に加え、観客同士の共鳴が演者にも伝わることで盛り上がりの相乗効果が生まれるという結果を得られた。一方、Wi-Fi 経由の通信を行っていたため遅延の課題や、複数人によるインタラクションになった場合にも観客が自身と連動している実感を得られる必要があるという課題が得られた。

1. はじめに

音楽ライブにおいて、演者-観客間の相互コミュニケーションは会場に一体感をもたらす重要な要素であり、実際にこれを実現するための様々なシステムが開発されている。その一例として、表情認識を用いた AI DJ システム「HUMANOID DJ」[1]がある。これは、観客の表情から性別や年齢、感情を解析し、それに合わせた DJ プレイと映像演出をリアルタイムに行うものである。

また、コロナ禍をきっかけに主流となったオンラインライブにおいてその演出技術は急速に進化を遂げおり、「Astronomical」[2]もその一例である。これはアメリカのラッパー Travis Scott がゲーム空間で行った音楽ライブであり、観客が自由に移動できるなど仮想空間ならではの体験ができる。このライブは現実のコンサートイベントの記録をはるかに超える売り上げとなった。オンラインライブは様々なメリットから、今後も市場の拡大が予想されている。

これらのように、音楽ライブ市場の変化や成長に伴い、演者のパフォーマンスを見るだけでなく、観客がインタラクティブにライブに参加できるシステムの開発が行われてきた。しかし、[1]、[2]は対面ライブとオンラインライブの個々の状況下でのシステムであり、これらが混在している場合の相互コミュニケーションについては検討されていない。そこで本研究では、演者・対面観客・オンライン観客の3方向から、相互にコミュニケーションを実現できるシステム「InteRLive」を提案するとともに、その効果を検証する。

2. 関連研究

これまでにも演者-観客間、観客同士の相互作用を実現するシステムは提案されている。

大津らは、演者からのインタラクションとしてパフォーマンスをペンライトに振動と色として反映し、観客からのインタラクションとしてペンライトの振り具合を LED テー

プで装飾された演者の衣装に反映するシステムを開発した[3]。また、武井らは観客同士の腕の振りが共鳴するために、ペンライトの光で応援行動を誘導するシステムを開発した[4]。これらの研究では、対面ライブでの演者-観客間のコミュニケーションや観客同士の共鳴を実現している。

次に、中山らは[3]の応用として、インタラクティブペンライトを用いて、過去のコンサート映像に対して演者-観客間の相互作用を実現するシステムを開発した[5]。南谷らは演劇の無観客公演において、遠隔地の観客の表情を解析し、その結果を笑い声の音声として演者に届けるシステムを開発した[6]。これらの研究では、演者と観客が対面していない状況下での相互作用を実現している。

このように、対面ライブにおける演者-観客間と観客同士のコミュニケーションを実現するシステムや、非対面ライブにおける演者-観客間のコミュニケーションを実現するシステムがこれまで開発されてきた。しかし、これらが混在している状況下でリアルタイムにコミュニケーションを実現するシステムは検討されていない。そこで、本研究では対面観客の盛り上がり「心拍数」と「腕の振り」、オンライン観客の盛り上がり「表情」と「声援」から取得し、ペンライト・MR・VJの3つの演出をリアルタイムに変化させることで、演者・対面観客・オンライン観客の全員が相互コミュニケーションを実現できるシステムを提案する。

3. 実験

本研究のシステム概要を以下の図1に示す。ペンライト・MR・VJのビジュアルライブには TouchDesigner を使用した。また、制御マイコンとして M5StickCPlus を使用し、市販のペンライトに内蔵した。

^{†1} 金沢大学インタフェースデバイス研究室

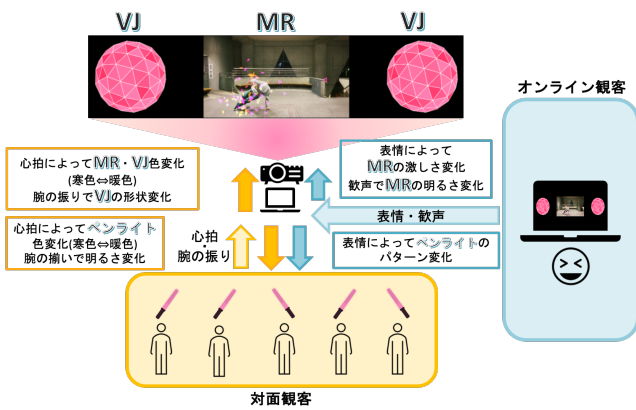


図1 システム構成

3.1 演者から観客への作用 ~MR~

まず、演者から観客への作用を考える。本研究では演者のパフォーマンスに集中できるよう、MRを用いたパフォーマンスの拡張表現を行った。演者の足元に深度カメラ「Intel RealSense D435」を設置し、繋がれたPC内のTouchDesignerでエフェクトを生成する。ここから生成されたエフェクトを、リアルタイムにプロジェクタで投影する。

3.2 観客から演者への作用 ~ペンライトデバイス~

次に、観客から演者への作用を考える。この手法として、本研究ではセンサ内蔵ペンライトデバイスを作成した。このペンライトデバイスは、前述の通りM5StickCPlusを市販のペンライトに内蔵したものである。M5StickCPlusにNeoPixelを接続し、ペンライトの筒を上から被せる形とした(図2)。



図2 M5StickCPlus内蔵ペンライトデバイス

まず、対面観客から演者への作用を記述する。このペンライトデバイスは、心拍センサHATとM5StickCPlus内蔵IMUを用いて観客の「心拍数」と「腕の振り(Yaw値)」を親機のPCにUDP経由で送信する。その後TouchDesigner内で、受信した心拍数が閾値以上の場合はペンライトの色を暖色に、閾値より小さい場合は寒色に設定する。同時に、同じ向きに腕を振っている人が増えるほどペンライトが明るく

なるように設定する。

次に、オンライン観客から演者への作用を記述する。オンラインの観客は、配信視聴用PCのWEBカメラとPCマイクから、「表情値」と「歓声」を親機のPCへUDP経由で送信する。表情認識にはKerasのライブラリを使用した。これは、読み取った表情をneutral, surprise, sad, happy, fear, disgust, angryの7つの感情に分類するプログラムである。本研究では、「happy(%) + surprise(%)」を表情値とした。ペンライトデバイスには表情値のみが用いられる。入力された表情値は、TouchDesigner内で閾値と比較され、閾値以上の場合はグラデーションに、閾値より小さい場合は単色に設定する。

これらのように処理された結果を、再度UDP経由で親機のPCからペンライトデバイスにRGBマッピングし、リアルタイムにペンライトの色・明るさ・パターンを変化させる。以下の図3に仕組みを示す。

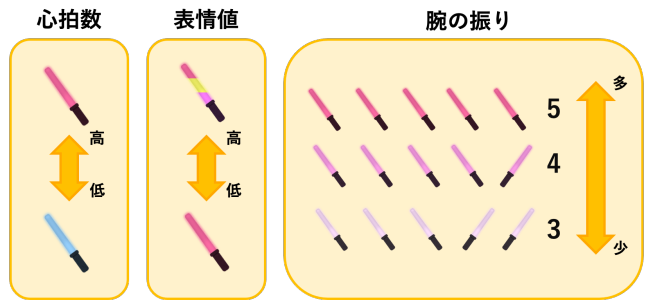


図3 ペンライトデバイスの仕組み

3.3 観客同士の作用 ~VJ・MR~

最後に、観客同士の作用を考える。本研究では、対面観客からの作用としてステージ横の映像演出であるVJ(Video Jockey)を、オンライン観客からの作用としてMRを使用した。

まず、対面観客からの作用について記述する。入力は3.2節の「心拍数」と「腕の振り(Yaw値)」と同様である。TouchDesignerでリアルタイムに生成されているVJの色が、受信した心拍数とYaw値によって変化する。心拍数が閾値以上で暖色、閾値未満で寒色となり、暖色の状態で同じ向きに腕を振っている人が増えるほど、VJがその向きへ大きく形状を変化させる。心拍数による暖色⇄寒色の切り替えは、MRにも反映する。

次に、オンライン観客からの作用について記述する。入力は3.2節に記述した「表情値」と「歓声」の2つである。これらは配信視聴PCからUDP経由で親機のPCに送信され、3.1節のMRの激しさと明るさを変化させる。表情値が閾値以上の場合は、例えば粒子の発生数が増えることなどによってMRが激しくなる。歓声が閾値以上の場合は、MRの明るさが明るくなり、はっきり映るようになる。これらの仕組みを以下の図4に示す。

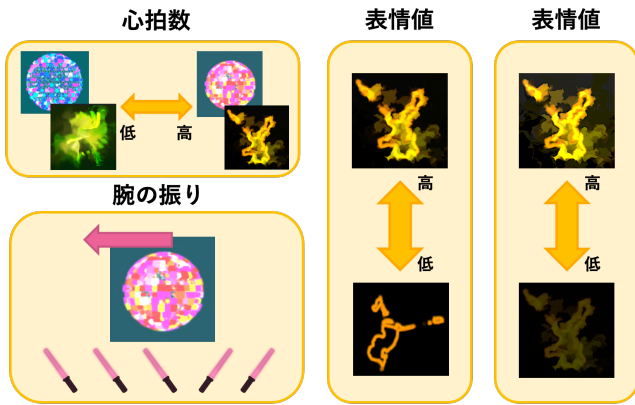


図4 VJ・MRの仕組み

4. 実験

演者・対面観客・オンライン観客の3方向からの相互作用が、実際に会場全体の盛り上がりにも寄与するのかを検証するため、3章の作用がある場合とない場合で2通りの実験を行なった。

4.1 実験環境

実験では、金沢大学のダンスサークルのメンバー6名に演者となってもらい、体育館でダンスショーケースを行なった。また、対面ライブには5名、オンラインライブには1名の大学生と大学院生に観客として参加してもらった。

演者には2分半の曲で1人8拍子ずつのソロ回しを行なってもらい、最後のパートのみ3名で踊ってもらった。オンラインの観客には、今回UDP経由での通信を行うため廊下でライブ配信を視聴してもらった。本実験では、ライブ配信方法としてWebexを使用した。

1回目の実験では、ペンライト・MR・VJの色はパートごとに暖色、寒色を交互に繰り返すように設定した。また、ペンライトの明るさは一定、パターンは常に単色、VJは腕の振りによる形状変化なし、MRも激しさ・明るさを一定とした。

2回目の実験では、3章の作用を全て実装したものを被験者に体験してもらった。今回、ペンライトの明るさとVJの形状変化は腕振り方向の多数決によって決まるため、5名の観客のうち3名以上が振っている方向にVJが変化し、3名から5名の3段階でペンライトの明るさが変化するようにした。また、事前に1人ずつ1分間の心拍数の平均をとり基準値とした。そしてリアルタイムの心拍数との差分を5名分平均し、閾値と比較するようにした。実験の様子を以下の図5に示す。



図5 実験の様子

4.2 評価方法

本実験では、それぞれ実験後に演者と観客の両方にアンケートに答えてもらい、評価とした。また、定量評価としてそれぞれの実験中の心拍数と表情値を記録した。アンケートの内容は、以下の通りである。5段階評価（「そう思う」を5、「どちらでもない」を3、「そう思わない」を1とする）で答えてもらった。アンケートでは、「相互コミュニケーションが実現できているかどうか」、そして「それによる効果はあったか」の観点で設問を設けた。

【対面観客】

設問1: 自身の盛り上がりが演出と連動していると感じたか。

設問2: 自身の動きが演出と連動していると感じたか。

設問3: 他の対面観客との一体感を感じたか。

設問4: オンライン観客との一体感を感じたか。

設問5: ライブ全体の一体感を感じたか。

【オンライン観客】

設問1: 自身の表情が演出と連動していると感じたか。

設問2: 自身の歓声が演出と連動していると感じたか。

設問3: 対面観客との一体感を感じたか。

設問4: ライブ全体の一体感を感じたか。

【演者】

設問1: 対面観客の盛り上がりを感じたか。

設問2: 対面観客同士の一体感を感じたか。

設問3: オンライン観客の盛り上がりを感じたか。

設問4: ライブ全体の一体感を感じたか。

5. 結果と考察

対面観客と演者のアンケート結果に対して、ウィルコクソンの符号順位検定を行い、各項目の p 値を求めた。設問ごとの平均スコアと p 値を図 6、図 8 に示す。オンライン観客は被験者が 1 人のため、アンケート結果をそのまま図 7 に示す。

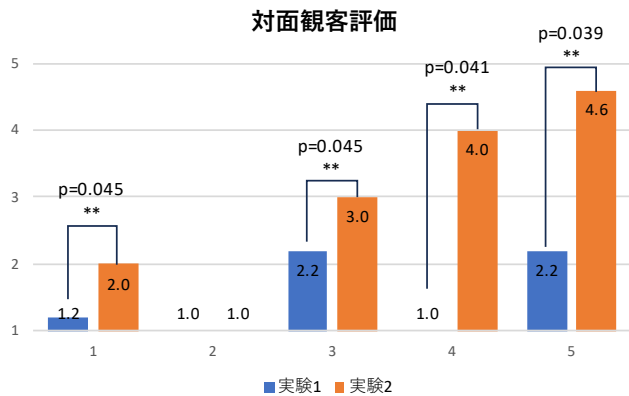


図 6 4.3 節の各設問の平均スコアと p 値 (対面観客)

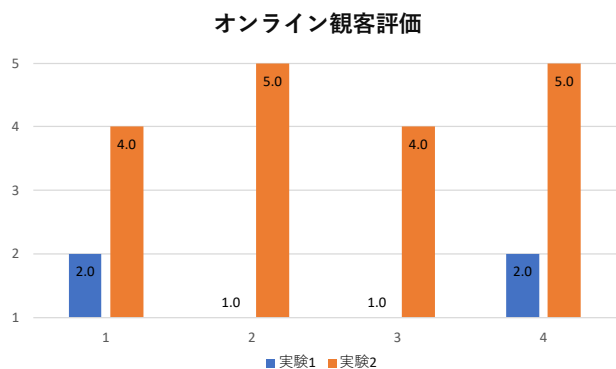


図 7 4.2 節の各設問の評価

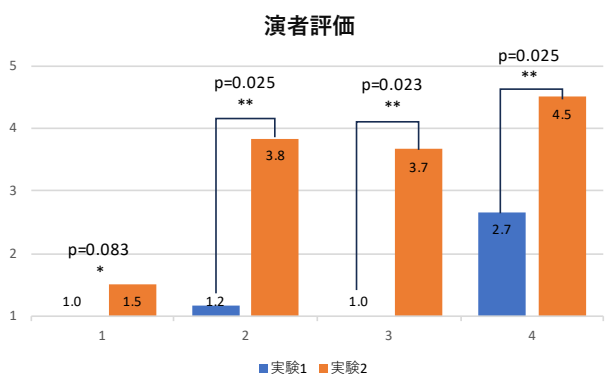


図 8 4.2 節の各設問の平均スコアと p 値 (オンライン観客)

これらの評価結果について考察する。本実験では、対面観客の設問 2「自身の動きが演出と連動していると感じたか」

を除いたすべての設問の差において、有意 ($p < 0.05$) あるいは有意傾向 ($p < 0.1$) であった。上記の設問において、どちらの実験においても平均が 1.0 であった理由として、本実験では心拍値が閾値以上の場合のみに、腕の振りによる VJ の形状変化が体験できるようにしていたことが挙げられる。一人一人の心拍変動を確認したところ、半数以上が閾値以上の心拍数になっている場合にも、心拍数が大きく下がっている人がいる場合に結果が引っ張られ、VJ の形状変化が体験できなくなっていた。

また、それに伴いペンライト・MR・VJ の色も寒色のままだったため、対面観客の設問 1「自身の盛り上がり演出と連動していると感じたか」と演者観客の設問 1「対面観客の盛り上がりを感じたか」の評価が期待していた結果より低い結果となった。一方で、VJ の形状変化がなかったにも関わらず、対面観客同士の一体感が得られていた。これは、ペンライトの明るさの変化が当初は演者への作用のみとして考えていたが、観客自身もその作用を感じることができたためだと考えられる。この共鳴による効果が、演者の設問 3「対面観客同士の一体感を感じたか」のスコアに繋がった。

オンライン観客は対面観客と異なり、自身の反応が直接 MR の演出に現れるため、演出との連動、会場との一体感をともに大きく感じる事ができたと考えられる。

また、会場全体の盛り上がりに対しては、対面観客・オンライン観客・演者の全てにおいて、平均 4.5 以上の高スコアとなった。

次に、実験中に記録した心拍数の平均比較を図 9 に、表情値の変動を以下の図 10 に示す。

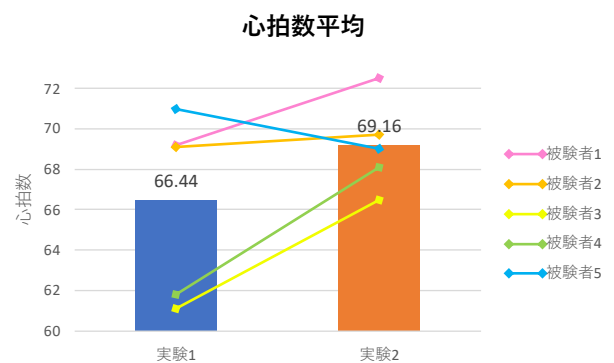


図 9 実験中の心拍数平均の比較

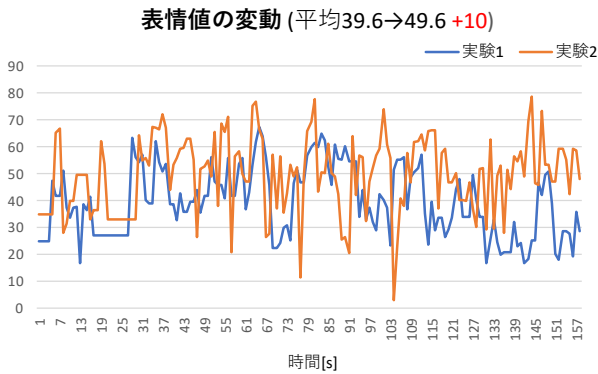


図 10 実験中の表情値変動

今回 5 名中 4 名の心拍値の平均が実験 2 で上がり、全体の平均値も上がる結果となった。また、表情値の平均も実験 2 で上がる結果となった。これらのアンケート結果と数値結果より、対面観客・オンライン観客・演者の 3 方向の相互作用があることは、観客の盛り上がりにも効果的だったと考えられる。

しかし、アンケート以外には「遅延が少し気になる」というフィードバックがあった。予備実験の際の遅延は気にならない程度であったが、やはり Wi-Fi を使用した制御のため、時間帯などの環境による影響が大きいという欠点があることもわかった。

6. まとめ

本研究では、インタラクティブなペンライト・MR・VJ を活用することで、演者・対面観客・オンライン観客の 3 方向からの相互コミュニケーションを行い、ライブ会場全体の盛り上がりの向上を実現するシステム「InteRLive」を提案した。このシステムを活用することで、観客から演者への作用だけでなく、観客同士の共鳴が演者に伝わりさらに相乗効果を生むことがわかった。

しかし、今回の実験ではオンライン観客のインタラク션을 UDP 経由で行うために同じ Wi-Fi 環境で配信を視聴してもらったため、実際の音楽ライブとは異なる環境となっていた。また、心拍数の閾値との比較に、対面観客全員の平均を使用していたため、半数以上が閾値以上だったとしても少数の観客の結果に引っ張られてしまい、寒色から変化しないという結果となってしまった。

これらの改善として、表情値と歓声を MQTT などインターネットを介して親機の PC に送信できるようにし、実際のライブ配信と同様に体験できるようにすることや、心拍数も腕の振りと同じように多数決にすることなどが考えられる。本研究では、実験に向けた最低限の機能の制作を行ったが、速度の面やユーザビリティの面で改良を進めていくことで、実際の音楽ライブに近い状態で使用できるシステムになることが期待できる。

参考文献

- [1] “AI DJ が生み出す音楽体験 HUMANOID DJ”, <https://avex.jp/humanoiddj/>
- [2] “Travis Scott の『Astronomical』は『フォートナイト』から生まれた現代アートだ”, https://realsound.jp/tech/2020/04/post545319_2.html#google_vignette
- [3] 大津耕陽, 福島史康, 高橋秀和, 平原実留, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳, 山崎敬一, Affinity Live: 演者と観客の一体感を増強する双方向ライブ支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 11, pp. 2019-2029 (2018).
- [4] 川元留輝, 串山久美子. コンサートで観客の行動を促す演出と LED デバイス. 情報処理学会 インタラクシオン 2018, pp. 753-755, 2018.
- [5] 中山雅方, 鈴木亮太, 大津耕陽, 福田悠人, 小林貴訓, 対話性の付与に基づく過去のコンサート映像のライブ感増強, 情報処理学会 インタラクシオン 2023, pp.621-624, 2023.
- [6] 南谷有祇, 土方嘉徳, 表情認識技術を用いた役者支援システムの開発, 情報処理学会 インタラクシオン 2022, pp.734-735, 2022.