



観客と演者の一体感向上のための触感共有に向けた 体験デザインの検討

Exploring Experience Design for Haptic Sharing to Enhance Unity Between Audience and Performer

大久保健々子¹⁾, 神山洋一¹⁾⁴⁾, 堀江新¹⁾³⁾, 吉田貴寿¹⁾, 石川博規²⁾, 南澤孝太¹⁾

Nonoko OKUBO, Yoichi KAMIYAMA, Arata HORIE, Takatoshi YOSHIDA, Hironori ISHIKAWA, Kouta MINAMIZAWA

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 (〒 223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1,
nonokubo,yoshida,a.horie,kouta@kmd.keio.ac.jp)

2) 株式会社 NTT ドコモ (〒 100-6150 東京都千代田区永田町 2-11-1 山王パークタワー, ishihawahiron@nttdocomo.com)

3) 株式会社 commissure (〒 153-8505 東京都目黒区駒場 4 丁目 6 番 1 号東京大学駒場キャンパス連携研究棟 507 室,
a.horie@commissure.co.jp)

4) シードルインタラクショナルデザイン株式会社 (〒 150-0012 東京都渋谷区広尾)

概要: 本研究は、パフォーマンス空間における推しとの一体感を高める体験デザインを提案する。従来の視聴覚中心の推し活に触覚チャンネルを組み込むことで一体感が高まると考える。特に推し活においては、集団の中にいながらも推しとだけ繋がる関係性が、個人的な没入と集団的な一体感を両立させる。そこで本稿では初期検討として、触感共有デバイスを用いて触覚共有をし、観客と推しとの個々のエンゲージメントを高めることを目指す。

キーワード: 触覚, 触感共有, 推し活, エンゲージメント, 一体感



図 1: パフォーマーのデータ (映像・心拍・身体動作) の記録と再生

1. はじめに

推し活は、個人と推しとの感覚的つながりを媒介する没入的行為である。近年、推し活は単なる趣味や娯楽の枠を超え、個人の感情、価値観、さらには身体感覚までも巻き込む自己と他者の新たな関係性の構築として捉えられている。特に若年層においては、推しと観客の関係を情報を推しから一方的に受け取るものとしてではなく、観客が能動的に参与する体験として捉える傾向が強い。つまり推しと観客が「つながっている」と実感すること自体が、推し活に対する満足度に大きく影響を与えている。

しかし、従来の推し活は視聴覚中心であり、体験はスクリーンなどのメディア越し、あるいは同じ空間にいても物理的距離がある状態に限定されている。そのため、触覚をはじめと

する身体的感覚チャンネルを通じた関係性の構築には至っていない。このため、ファンは「もっと近くで感じたい」「推しと物理的につながりたい」といった欲求を抱き、推しとのエンゲージメントを高める新たな手段を模索するようになっている。実際に、握手会やコラボカフェといった接触的なイベントがその一例として挙げられる。このような傾向は、推し活が身体性を伴う感覚的エンゲージメントの場へと拡張されつつあることを示唆している。

2. 関連研究

触覚チャンネルによるエンゲージメントを高める研究は、近年、表現芸術の領域においても着実に進展している。たとえば、Shen ら [1] は、ダンサーの身体表現をリアルタイムに触覚へと変換し、触覚リストバンドを介して観客に伝達するパフォーマンスシステムを提案している。さらに、触覚を通じて感情や内的感覚を共有する表現手法の研究も注目されている。Ju らによる Haptic Empathy [2] では、触覚を用いた感情表現とその知覚における個人差に着目し、共感的な感情伝達が触覚チャンネルによって成立し得ることを示している。

加えて、群衆環境における観客一人ひとりのエンゲージメント向上を目指した研究も進められている。たとえば、Otsu ら [3] は、演奏者のマイク音・身体動作・環境音を解析し、観客に配布された触覚デバイスや照明バッチを通じてフィード

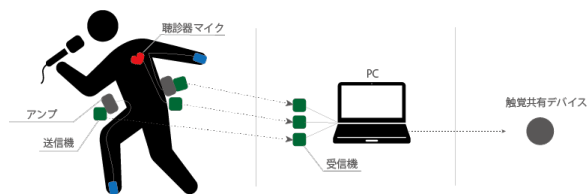


図 2: システム構成図

バックを提示するシステムを提案した。観客は自身のデバイスから得られるフィードバックを手がかりに、対応するアイドルグループのメンバーを推測するタスクに参加する構成となっており、群衆の中にいながら個別の能動的な参加を促進する枠組みが示されている。また、Venkatesan ら [4] は、VR上に構成された仮想群衆環境において、参加者に振動やトルク刺激を提示することで、視聴覚のみの提示条件と比較して、感情的な緊張感や臨場感、他者との一体感を有意に高めることに成功している。このことは、触覚を通じた個人への刺激が、同時に集団的な共鳴やつながりをも生み出すことを示唆している。さらに、Turchet ら [5] による Real-Time Musical Haptics の研究では、音楽ライブパフォーマンスにおいて、超広帯域 (Ultra-Wideband, UWB) 通信を用いた高精度なリアルタイム触覚配信技術を用い、観客一人ひとりに同期した振動を届けることで音と触覚の時間的一致が「音に包まれている感覚」や「他者との共鳴感」を有意に強化することが示された。これは、個別最適化と高精度な同期が触覚を介した群衆のエンゲージメントにおいて重要な要素であることを裏付けている。

本研究では、生体情報を触覚へと変換・共有することで、群衆の中にいる観客個人が推しと結びつく感覚と、集団としての高揚感とを同時に享受できる体験を設計し、個々のエンゲージメントをさらに高めることを目的とする。

3. システム概要

本研究では、触覚共有デバイスを介してパフォーマーの微細な生体反応や動作を観客に振動として伝達することで、観客が推しに対して個別にエンゲージメントを高めることとする。提案する触覚共有システムは、パフォーマーの身体動作および生体情報を取得・伝送し、それらを触覚情報として観客に提供するものである（図 1）。

システム構成として、パフォーマーの身体には 1 軸の加速度センサ、聴診器マイク、ワイヤレスシステム、およびアンプが装着されている（図 2）。加速度センサは手先および足先に取り付けられ、身体の動きを取得する。聴診器マイクは胸部に配置され、パフォーマーの生理的变化を測定する。

3.1 センシングデバイス

聴診器マイク 本システムで用いる聴診器型マイクは、局所的な心拍の取得を目的として市販の聴診器のチェストピース部分に超低周波数の録音に適した無指向性マイク (EM246U100B1, Primo) を取り付けた。パフォーマーへの装着には、外部ノイズの遮断と安定性を両立させるためイヤーマフで覆い、包帯

やテーピングで身体に固定する工夫を施した。このマイクは、指向性マイクに比べて環境ノイズの影響を受けにくく、心拍などの微細な身体振動をより明瞭に捉えることができた。さらに、録音データは衣装内に収納した Rode ワイヤレスシステムにより無線送信され、パフォーマンス中の自由な動作を妨げることなく運用された。

加速度センサ 加速度情報の取得には、加速度センサ (2302B, showasokki Co.,Ltd.) とアンプ (Cidre Interaction Design Inc) を組み合わせた構成を用いた。取得された信号は、アンプを介してワイヤレスシステム (Wireless GO, RØDE Microphones) に入力され、無線で PC に送信され wav ファイル形式で保存された。これにより、ダンスパフォーマンス中でもケーブルの煩雑さを回避しつつ、パフォーマーの身体動作に関する高精度な加速度データの収録が可能となった。

3.2 データ加工

聴診器型マイクおよび加速度センサにより収録されたデータは TouchDesigner を用いて処理された。具体的には、信号中に含まれる環境ノイズや不要な高振幅成分を除去するため、低周波通過フィルターおよびリミッター処理を施し、得られたクリーンな信号を触覚振動へと変換した。

3.3 触覚共有デバイス

触覚出力には、直径 44mm の触覚共有デバイス（図 3）を用いた。本デバイスは、USB Type-C による充電に対応し、300mAh のリチウムポリマー電池を内蔵している。内部にはモーター (Sprinter γ, NIDEC Corp) を 4 基搭載し、多点振動による出力が可能である。

図 3 に示すように、本デバイスは掌で包み込める程度の小型サイズとし、ストラップ型の筐体構造および無線通信機能を備えることで、スマートフォンやモバイルバッテリー等と容易に一体化して携行可能な設計とした。これにより、観客が日常的に持ち歩ける利便性を確保し、ライブ会場や屋外イベントなど多様なシーンでの利用を想定している。また、観客自身が好みに応じて外観を装飾できるように設計されており、特に推し活において重要とされる「個人化」や「応援表現」の自由度を担保している。このような装飾性の余地は、触覚フィードバック装置としての機能性に加えて、観客のエンゲージメントや愛着形成を促進する要素としても機能することが期待される。

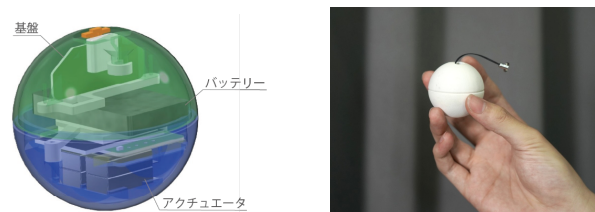


図 3: 触覚共有デバイスと使用イメージ



図 4: パフォーマンス動作ごとのセンサー位置

4. 実験

本研究では、提案手法の有効性を検証するため予備実験を実施し、触覚体験に関する主観評価を得る目的でアンケート調査を行った。

4.1 コンテンツ選定

本体験で用いた楽曲および振付は、既存のアイドルコンテンツの中から選定されたものであり、特にパフォーマーの動作に緩急がある振付の曲を採用した。

具体的には、楽曲の前半では手足を大きく動かす振付が含まれており、サビ部分では上半身を中心とした振付が主体となっていた。さらに、楽曲後半の静的なローファイ部分では、パフォーマー自身の心拍を感じ取るような振付が用いられた。加速度センサは、前半およびサビ部分の拳を突き出す動作、足を高く上げる動作などに対応するため、人差し指の第二関節外側、中指の第一関節外側、人差し指の腹、足の親指上側といった部位に装着した(図4)。これらの位置は、振付から加速度信号を安定して取得できるよう配慮したものである。

4.2 実験セットアップ

本プロトタイプはセンサ数の制約から、人差し指第二関節外側、中指第一関節外側、人差し指の腹部、足の親指上部、それぞれの部位に対して個別に収録を行った。また、心拍センサについては、ダンス中にリアルタイムで安定的にセンシングすることが困難であったため、パフォーマンスとは別に後撮りによって記録を行った。

収録した各種センサデータは Adobe Premiere Pro で撮影映像と時間軸を合わせ、該当する振付部分の振動データを切り取り、時系列に配置した。その後、TouchDesigner 上でローパスフィルターおよび振幅制限処理を施し、ノイズや不要なピークを除去したうえで整形された(図5)。この振動データは PC に接続した触覚デバイスへ送信した(図6)。TouchDesigner から触感共有デバイスへの信号送信においてわずかな通信・応答遅延が生じるため、振動の提示タイミングが映像より先行するよう早めに出力信号を調整することで、知覚上の同期がとれるように配慮した。

5. 議論

本節では、大規模・リアルタイム実装と体験設計の汎用的な拡張を見据え、本プロトタイプの課題と展望を(1)技術的要素から得られた示唆と、(2)体験設計の目的であるパフォーマーとの一体感・エンゲージメントへの効果の二点

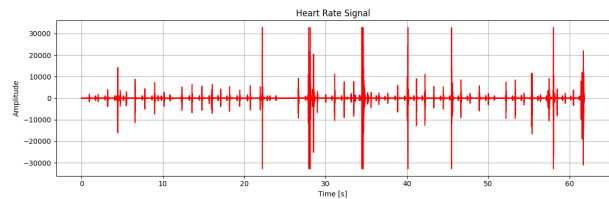


図 5: 記録した心拍データ

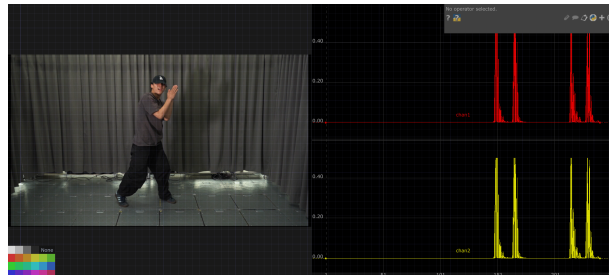


図 6: 実験の様子と提示波形

から論じる。

5.1 一体感・エンゲージメントに関する議論

触覚提示部位の適合性が観客一体感に及ぼす影響

パフォーマーが胸部に手を当てて心拍振動を伝達する演出は推しの鼓動を共有している感覚を喚起し、一体感が高まった一方で、ステップやキックなど下肢の大振幅動作を手背装着型デバイスで提示した区間では動作源と提示部位の不一致が触覚的自己帰属を阻害し、その結果、一体感が低下する可能性がある。今後は床面あるいは椅子型の振動フィードバックシステムを導入し、下肢動作由来の振動を全身または体幹近傍で提示することで視覚入力による動作と触覚の入力による感覚との対応を高め、より高い一体感の実現を図る必要がある。

振動データの表現力

拳突き出し動作と手首スナップ動作、クラップ動作など、運動パラメータが近接する動き同士を区別するために、周波数帯域・波形立ち上がり等を多次元的に制御する必要がある。現行システムでは振幅制限と一次ローパス処理のみであったが、複数帯域イコライザや波形モーフィングを適用することで、微細な運動ニュアンスを振動パターンに反映できると考える。さらに、回し蹴りのように視覚的・身体的インパクトの大きい動作については、振動による触覚提示のみでは表現に違和感が生じる可能性がある。このため、触覚情報に加えて聴覚情報を加工したサウンドスケープを組み合わせたことが、より没入感の高い提示手法として有効であると考えられる。

加えて、サビの後半においては、振動提示に適した振付が存在しなかったため、触覚提示を行わなかったが、その結果として鑑賞者にとって不自然な間が生じた。したがって、常に一定のリズムで触覚提示を継続する必要性も今後の検討課題として挙げられる。

エンゲージメント持続のための課題

エンゲージメントの持続や拡張に関しては、他アーティストや他楽曲への汎用性が重要な課題となる。本研究では触覚的仕掛け（打点や体幹動作など）が豊富な楽曲を選定して体験設計を行ったが、そのような楽曲は限られており、複数チャンネルで個別触覚提示を実現するためには以下の点を満たすことが望ましい。

- 均等かつ豊富な触覚トリガの分布を保つ
- 既存曲の魅力を損なわない最小改変
- 多様な触覚トリガを振動に変換する表現手法

これらを満たすには、既存の振付を尊重しながら後付けで触覚トリガを抽出・配置できるワークフローを整備し、多様な楽曲やパフォーマンスにも柔軟に適用できる仕組みを構築する必要がある。

5.2 技術的課題

生体情報取得の方法

パフォーマーの心拍を取得する手段として聴診器型マイクを試用したが、ダンス動作時の身体振動が大きく、脈波信号の S/N 比が低下した。今後はフォノカーディオグラム用圧電センサを胸部に固定する方法や、光電式パルスセンサを装着衣服に縫い込む方法を検討し、動的条件下でも安定的に心拍信号を取得できるセンシング手法を確立する必要がある。

ハードウェア小型化と配線処理

現段階では、触覚提示に必要なアンプ回路や電源モジュールを外付け構成で運用しており、筐体のサイズや配線の取り回しがパフォーマンス時の可搬性や動作の自由度を制限する要因となっている。特に、有線による配線はパフォーマーの身体動作を妨げるだけでなく、動作に伴うケーブルの揺れによって加速度センサにノイズが混入する問題も確認された。そこでより小型なアンプを採用することで、装着性を損なわないコンパクトなデバイス設計が可能になると考えられる。

遅延の問題

TouchDesigner 上で処理された振動データを PC から触覚共有デバイスへ出力する際に、通信および機器応答に起因する遅延が生じる。このようなわずかな遅延であっても、視聴覚情報との提示タイミングがずれることで、観客の知覚に違和感や同期の乱れを引き起こす可能性がある。今後、より大規模な実装や多チャンネル化を想定する場合には通信方式の再検討が必要となる。

大規模・リアルタイム実装に向けた展望

本研究は 1 チャンネル・オフライン生成のプロトタイプを製作したが、ライブ会場やフェスティバルなど数千人規模での応用には、多チャンネルリアルタイム変換や電波環境下での高信頼同期配信が不可欠である。最新の UWB マイクロポジショニング技術を用いれば、1000 台規模の同期が可能との報告もあり [5]、本手法との統合によりスケールアップを目指す。

6. 結論

以上より、本研究のアプローチは、生体情報の触覚変換を介して個人的没入と集団的高揚を同時に提供するという目的に対し、一定の有効性を示しつつも、センシング信頼性、提示部位の適合性、ハードウェアのスケーラビリティという課題が明確になった。今後は、動的生体センシング法の高精度化と多様なハプティックインタフェースの併用によって、個人・集団双方のエンゲージメントを一層深化させる体験設計を探索する。

7. 謝辞

本研究は株式会社 NTT ドコモの支援のもとに実施された。触覚伝送技術は株式会社 commissure、シードルインタラクショナルデザイン株式会社より技術提供を受けた。ダンスパフォーマンスに関しては秋山賢介氏に協力を得た。

参考文献

- [1] Ximing Shen, Yuan Li, Youichi Kamiyama, Danny Hynds, Giulia Barbareschi, Ray LC, shohei wakisaka, Arata horie, and Kouta Minamizawa. "It's like being on stage: conveying dancers' expressiveness through a haptic-installed contemporary dance performance." In CHI EA '24 Extended Abstracts of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1–5. ACM, 2024.
- [2] Yulan Ju, Dingding Zheng, Danny Hynds, George Chernyshov, Kai Kunze, and Kouta Minamizawa. "Haptic Empathy: Conveying Emotional Meaning through Vibrotactile Feedback." In *CHI EA '21 Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article No. 225, pp. 1–7. ACM, 2021. <https://doi.org/10.1145/3411763.3451640>
- [3] Kouyou Otsu, Hidekazu Takahashi, Hisato Fukuda, Yoshinori Kobayashi, and Yoshinori Kuno. "Enhanced concert experience using multimodal feedback from live performers." In Proceedings of the 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 1–2. IEEE, 2017.
- [4] R. K. Venkatesan, Domna Banakou, Mel Slater, and Manivannan M. "Haptic feedback in a virtual crowd scenario improves the emotional response." Frontiers in Virtual Reality, vol. 4, 2023.
- [5] Luca Turchet, Christian Sassi, Davide Vecchia, and Gian Pietro Picco. "Real-Time Musical Haptics With Ultra-Wideband: A Study on Latency, Reliability, and Perception." In IEEE Transactions on Haptics, 2025. Department of Information Engineering and Computer Science, Vol. 18, No. 1, pp. 23–35, 2025.