

# ダンスバトルにおける演者－観客間の心拍同期の動性・社会性

## Synchronized Arousal between Dancer and Audience in Breakdance Battle Scenes

清水 大地<sup>†</sup>, 土田 修平<sup>‡</sup>, 大西 鮎美<sup>†</sup>, 寺田 努<sup>†</sup>, 塚本 昌彦<sup>†</sup>

Daichi Shimizu, Shuhei Tsuchida, Ayumi Ohnishi, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto

<sup>†</sup>神戸大学, <sup>‡</sup>お茶の水女子大学,  
Kobe University, Ochanomizu University  
d-shimizu@people.kobe-u.ac.jp

### 概要

本研究では、現実のダンスバトルにおいてダンサーと観客間に生じる心拍同期を検証した。過去、パフォーマンスと観客との間で生じる生理的な同期の重要性は提案されてきたが、ダンスや音楽等のパフォーマンス場面については十分に検討されていない。我々はダンスバトルを企画し、現実のパフォーマンス時のダンサーと観客の心拍数を測定し、その同期の様相を交差再帰定量化解析により検討した。結果、1) ダンサーと観客間に心拍同期が生じること、2) 両者の社会的関係により、その程度が異なること、3) パフォーマンスの進行に伴い、その程度が変化すること、が示唆された。以上はパフォーマンスの共有過程に、身体的・生理的・社会的側面が関与することを示す重要な知見と考えられる。

キーワード：心拍同期, Multi-channel Coordination Dynamics, CRP/CRQA, ダンスバトル, フィールド実験

### 1. はじめに

ダンスや音楽等の舞台芸術では、演者や観客といった場面に存在する人々が活発に関わり合い、魅力的なパフォーマンスが披露されていく (Bailey, 1980)。ダンスや音楽の社会的起源の観点 (ダンス・音楽が多様な文化に遍く普及した背景) から、これらの相互作用の重要性は強く主張されてきた (Merker et al., 2015)。

近年、以上のパフォーマンス場面における人々の関わり合いへの定量的検討が営まれつつある。例えば、Badino et al. (2015)は、オーケストラのパート間のリーダー・フォロワー関係やその演奏の質との関係を身体の動きから検討した。また、Walton et al. (2017)は、ジャズの演奏者ペアに着目し、演奏時の動きと出す音の音程双方の同期・協調とその変遷を検討した。ダンスについては、Shimizu & Okada (2021, under review)が、バトル場面の競争関係にある2名のダンサーを取り上げ、そのリズムや前後移動に反対のタイミングや方向で協調させる逆位同期が見られることを示している。またこの研究では、複数の行動側面 (ジェスチャー・表情・ダンスステップ等) に関して同期・協調等の複雑な相互作用が生じること、その包括的な相互作用の様相やそ

の動的变化に、パフォーマンスの魅力が含まれることが提案された (Multi-channel Coordination Dynamics)。

以上の研究は、パフォーマンスにおける人々の振る舞いに焦点を当て、その関わり合いの定量的検討を試みている。一方で、表現において生じる複雑な相互作用やその魅力を十分に理解するには、演者や観客の内的に生じる情動や生理的变化も含め統合的に検討する必要がある。実際、Konvalinka et al. (2011)は、スペインの村で開催される火渡りの儀式において、演者と観客の心拍数を測定し、その間に同期・協調が見られること、その社会的関係 (観客が演者の家族・友人か、それとも観光客か) によって同期・協調の程度が異なることを示唆している。一方で、この著者らは、火渡りの儀式という覚醒が生じやすい特殊状況を対象としていることを自ら指摘し、知見の一般化に慎重な姿勢を示している。

以上を踏まえ、本研究では、ダンスバトルに焦点を当て演者－観客間に生じる心拍同期の様相とその社会的関係による差異を検証する。さらに、Shimizu and Okada (2021, under review)の提案に基づき、パフォーマンスの進行に伴うその動的变化も併せて検討することとした。具体的には、以下3点の問いを検討する。

1. ダンスバトル場面においても、演者－観客間の心拍数の同期・協調が生じるのか。
2. 社会的関係によって心拍数の同期・協調の程度は変化するのか。
3. パフォーマンスを通して心拍数の同期・協調の程度は動的に変化するのか。

### 2. 方法

#### 2. 1. ダンスバトルの概要

著者らは、専門家の協力を得て実際にダンスバトルを開催した (2022年9月17日に神戸開催の「Sweet Coast Breaks」)。参加した人々 (MC、DJ、ダンサー、審査員、観客) やルールは、通常のパトルとほぼ同様であった。ダンスバトルは、大きく2つの段階で構成された。

A : 決勝トーナメント出場のダンサー (Top 16) を決める予選, B : トップ 16 のダンサーによる決勝トーナメント. 本研究では, 柔軟な測定が可能であった決勝トーナメント内のトップ 8 以降を対象とした.

今回のバトルでは, ダンサーはそれぞれ交互に 30~60 秒程度のパフォーマンスを 2 回ずつ披露した (披露時間は明確には定められていない). また, パフォーマンスを披露する順番もあらかじめ決められておらず, DJ が音楽を流した後に, ダンサーが表情やジェスチャー等の非言語的なやり取りを通じて順番を決定した.

## 2. 2. 協力者

測定可能な機器数に基づき, 3 名のダンサーと 11 名の観客が測定対象として選ばれた. その中で決勝トーナメント最終戦 (決勝戦) に進出したダンサー 2 名 (A, B) と欠損の見られなかった観客 10 名 (1-10) のデータを解析に用いた. 観客 1-3 はダンサー A の, 観客 4-6 はダンサー B の友人である. 観客 7-10 は, 上記 2 名のダンサーとは社会的関係を有していなかった.

## 2. 3. 機器

心拍数の測定にはウェアラブルの心拍センサー (MyBeat : WHS-1, Union Tool Inc.) を用いた. この装置は心拍の生起を 1,000 Hz で測定し, その間隔 (R-R Interval : RRI) を記録する. 参加者はそれぞれ胸部に本装置を装着し, バトル場面に参加した.

## 2. 4. 解析

### 前処理

まず, 心拍データの前処理を行った. 測定されたイベントベースの時系列 (RRI) を 1 秒間隔の時系列に変換した (e.g., Kodama et al., 2017). データが存在しない部分には, 3 次スプライン補完により補完を行った. そして, 補完したデータに標準化を行い, 以後の解析に用いた.

### ダンサーと観客間の心拍数の同期・協調

本研究では, 相互再帰定量化解析 (Cross Recurrence Quantification Analysis : CRQA) によりダンサーと観客間の心拍の同期・協調を算出した. CRQA は, 2 時系列間の同期・協調を調べるために広く用いられてきた非線形時系列解析である (e.g., Marwan, 2002). この解析は, データの定常性やサイズに制限されず, 多様なデータに適用可能な特徴を持つ (清水ら, 2024). また, 前述の儀式場面の心拍同期検証にも用いられており適切な手法と考えられた (Konvalinka et al., 2011).

解析は, 以下の順序で実施された. A : ダンサーと観客の両時系列の状態空間への埋め込み, B : 埋め込まれた両時系列の協調状態の同定と可視化 (Cross

Recurrence Plot : CRP の作成), C : 協調状態の定量化である. ページ数の関係から各手続きの仔細, 特に A の仔細は省略する (詳細は, Kodama et al., 2021; Marwan, 2002; Webber & Zbilut, 2005 を参照). CRP は, 一方の時系列 (例: ダンサーの心拍) を横に, 他方の時系列 (例: 観客の心拍) を縦に並べ, 両時系列の値が特定の閾値より近似した交差点を協調として黒く塗りつぶして生成する (図 2). よって CRP は, 両時系列間に協調が見られた点を 2 次元上に可視化したものと捉えることができる. そして CRP に基づき, ダンサーと観客間の協調の程度を DET (%Determinism), MaxL (Maxline), L (MeanLine) により定量化した (清水ら, 2024; Webber & Zbilut, 2005). 以上は, 先行研究で頻繁に用いられる指標であり, 同期・協調にとって重要とされる CRP 上の連続する斜線 (同期・協調の継続) に着目したものである. DET は全協調点に対する連続する斜め線の比率, MaxL は斜め線の最大の長さ, L は斜め線の平均の長さをそれぞれ示す.

そして, 以上の心拍同期・協調の指標について, 様々なダンサーと観客との組み合わせ間で比較し, 問いを検証した. まず, バトル場面で実際にダンサーと観客間の心拍同期・協調が生じるかを検証した. ここでは, パフォーマンスを披露したダンサーとそのパフォーマンスを鑑賞した観客の心拍の同期・協調の程度を CRQA により算出した (Real pair). また, 相互作用の無い状態でも偶然に生じる同期・協調との差異を比較するため, 披露・鑑賞関係をシャッフルした同一ペア間の心拍同期・協調も算出し, Real pair との比較を行った (Virtual pair. 例: 決勝戦のダンサーの心拍と準決勝戦の観客の心拍). そして, ペアの種類 (Real, Virtual) を固定効果, ダンサー (A, B), 観客 (1-10) をランダム効果とする線形混合モデリング (LMM) を行い, ペア間の同期・協調の差異を検証した.

### 社会的関係が心拍同期・協調に及ぼす影響

2 つ目の問いの検証のため, ダンサーとの関係に基づき, 観客を 2 グループに分類し, 各グループの心拍同期・協調の程度を算出した. 一方のグループはダンサーの友人で構成され (ダンサー A : 観客 1-3, ダンサー B : 観客 4-6), 他方のグループはダンサーと関係を有さない観客で構成される (観客 7-10). そして, 社会的関係 (近い・遠い) を固定効果, ダンサー, 観客をランダム効果として LMM を行い, グループ間の心拍同期・協調の差異を比較した.

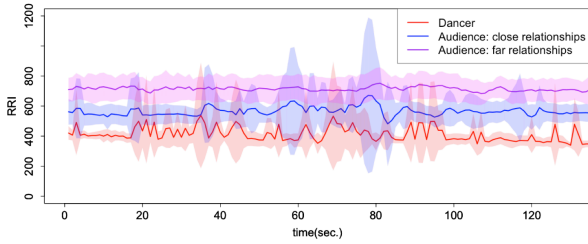


図1. RRI (心拍間隔) の平均値と SD

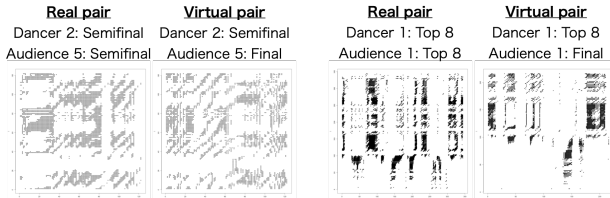


図2. Real pair, Virtual pair の心拍同期・協調の CRP

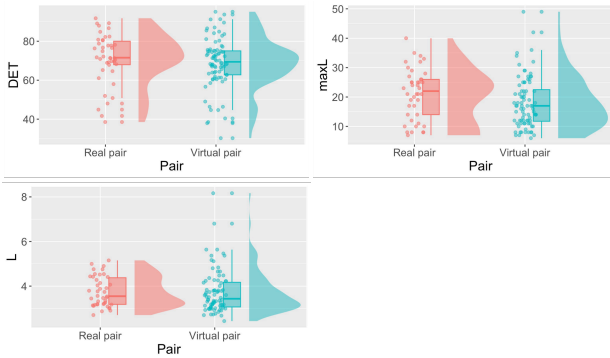


図3. Real pair, Virtual pair の心拍同期・協調の CRQA  
心拍同期・協調の動的変遷

3つ目の問いを検証するため、各ダンサーがパフォーマンスを披露した4ターンにバトル時間を分割し、各ターンの心拍同期・協調の程度を算出した。そして、ターン(ターン1-4)と社会的関係(近い・遠い)を固定効果、ダンサー、観客をランダム効果とするLMMを行い、ターン間の心拍同期・協調の差異を比較した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. ダンサーと観客間の心拍数の同期・協調

RRI (心拍間隔) の平均値を図1に示す。図より、ダンサーのRRIは観客のRRIよりも短い(心拍周期が短い)ことが分かる。さらにダンサーの変動は、近しい関係を持つ観客の変動と概ね対応する様子が窺われる。

Real pair と Virtual pair の心拍同期・協調の程度を図2, 3に示す。CRPを見ると、Real pairにおいて黒点が多く、長い斜線が多いことから、Real pairにおいて同期・協調が生じていたと考えられる。実際、CRQAの値は、DETにおいてReal: 71.21, Virtual: 68.86, maxL:

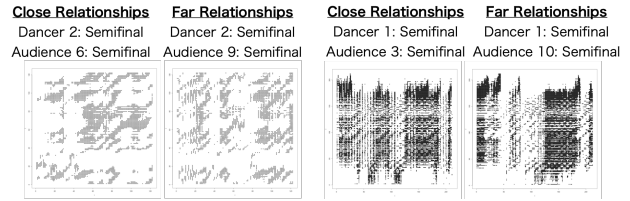


図4. 各社会的関係の心拍同期・協調の CRP

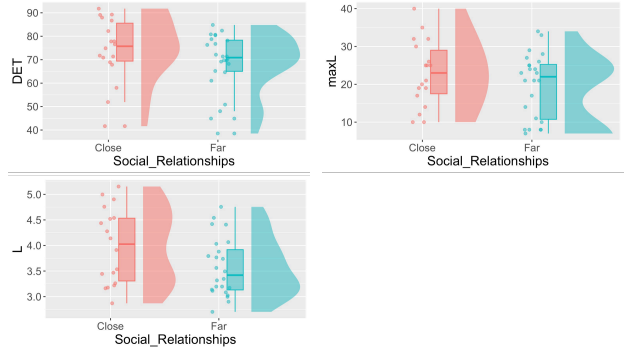


図5. 各社会的関係の心拍同期・協調の CRQA

Real : 21.12, Virtual : 18.01, L : Real : 21.12, Virtual : 18.01 であり、Real pair において高い同期・協調が見られた(図3)。LMMにおいても、maxLにおいてペアの種類が有意な影響を与えていた(標準化係数: 3.11,  $p=0.020$ )。以上から、バトル場面では実際にダンサーと観客間で心拍の同期・協調が生じることが示唆された。

3.2. 社会的関係が心拍同期・協調に及ぼす影響

次に、異なる社会的関係が心拍同期・協調に与える影響を検証した。結果を図4, 5に示す。図4より、関係の緊密なダンサーと観客間ほど、多くの黒点と斜線が見られることが分かる。CRQAの値は、DET: 近い観客: 74.24, 遠い観客: 68.93, maxL: 近い観客: 22.89, 遠い観客: 19.79, L: 近い観客: 3.99, 遠い観客: 3.57であった(図5)。LMMにおいても、DET, MaxL, Lにおいて社会的関係が有意な影響を与えていた(DET: 標準化係数: 0.053,  $p=0.010$ , maxL: 3.10,  $p=0.014$ , L: 0.42,  $p=0.028$ )。以上は、バトル場面においてダンサーと関係の深い観客との間で、より強く心拍数の同期・協調が生じたことを示唆している。

#### 3.3. 心拍同期・協調の動的変遷

最後に、パフォーマンスの展開による同期・協調の動的変化を検証した。結果を図6, 7に示す。図6より、ターンにより黒点と斜線の頻度が変化することが分かる。紙面の都合により値・検定の仔細は略すが、関係の近い観客では、同期・協調の程度がバトル序盤で低く、中盤で高くなり、終盤で再び低くなる様子が見られた(図8)。一方で関係の遠い観客では、ターン経過ごとに同期・協調の程度が一貫して低下する様子が見られ

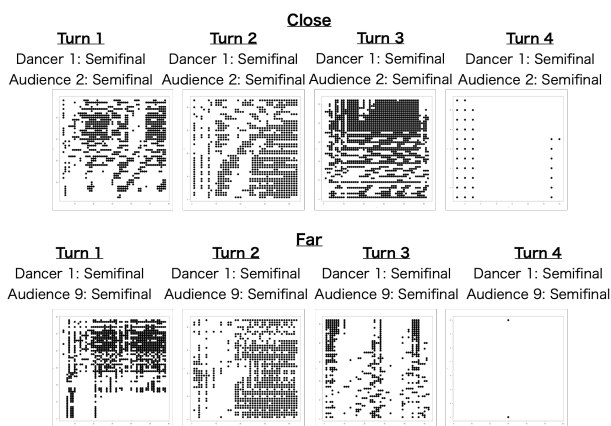


図6. 各ターンの心拍同期・協調のCRP

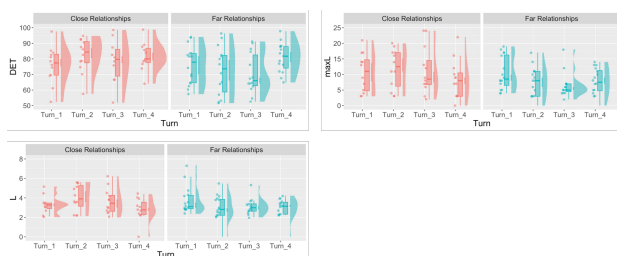


図7. 各ターンの心拍同期・協調のCRQA

た。LLM も上記と整合的な結果を示している。

#### 4. 総合考察

本研究では、ダンスバトルにおけるダンサー・観客間の複雑な相互作用について、内面(生理・情動)に着目し、実際にダンスバトルを開催して定量的な検討を行った。結果として、以下3つの知見が得られた。

1. ダンサーと観客間で心拍数の同期・協調が生じる。
2. ダンサーと観客間の社会的関係により同期・協調の程度は変化する。関係が近い場合、より強い心拍同期・協調が見られる。
3. パフォーマンスを通して心拍数の同期・協調の程度は変化する。変化の方向性は、ダンサーと観客との社会的関係により異なる。

Konvalinka et al. (2011)では、火渡りの儀式時に演者と観客間で心拍数の同期・協調が生じること、その特殊性から他場面への一般化には慎重になる必要があることが論じられた。この知見と本研究結果を踏まえると、興奮の共有過程を示すと推測される心拍数の同期・協調は、ダンスや音楽など他の上演芸術でも広く見られる汎用的な現象と考えられる。観客の視点から考えると、この事象は興味深い洞察を与えてくれるであろう。これまでパフォーマンスや作品の鑑賞過程の研究は、主に観客の知覚過程・高次認知過程に焦点を当てて行われてきた (e.g., Leder et al., 2004; Pelowski et al., 2016)。しか

し上記の知見は、観客と演者との心拍同期という身体的・生理的・社会的プロセスが鑑賞過程に強く関与する可能性を示している。以上の身体的・生理的・社会的過程と鑑賞時の美的体験や認知評価との関係の解明には、さらなる検証が必要であろう。現在我々は、審査員的心拍数とパフォーマンスへの認知評価を用いて、この側面に関する探索的研究を行っている最中である。また、現場のフィールドを対象にした研究の限界も含まれているものの、サンプルサイズが限定されている点、同時に生じる三者間以上の相互作用を検討出来ていない点についても、さらなる改善が必要と考えられる。

#### 文献

- Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia*, 55, 98-104.
- Bailey, D. (1980). *Improvisation: Its Nature and Practice in Music*. DaCapo Press.
- Kodama, K., Shimizu, D., Dale, R., & Sekine, K. (2021). An approach to aligning categorical and continuous time series for studying the dynamics of complex human behavior. *Frontiers in Psychology*, 12, 614431.
- Konvalinka, I., Xygalatas, D., Bulbulia, J., Schjodt, U., Jegindø, E. M., Wallot, S., ... & Roepstorff, A. (2011). Synchronized arousal between performers and related spectators in a fire-walking ritual. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8514-8519.
- Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics reports*, 438(5-6), 237-329.
- Merker, B., Morley, I., & Zuidema, W. (2015). Five fundamental constraints on theories of the origins of music. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1664), 20140095.
- Pelowski, M., Markey, P. S., Lauring, J. O., & Leder, H. (2016). Visualizing the impact of art: An update and comparison of current psychological models of art experience. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 160.
- Shimizu, D., & Okada, T. (2021). Synchronization and coordination of art performances in highly competitive contexts: Battle scenes of expert breakdancers. *Frontiers in Psychology*, 12, 635534.
- Walton, A. E., Washburn, A., Langland-Hassan, P., Chemero, A., Kloos, H., & Richardson, M. J. (2018). Creating time: Social collaboration in music improvisation. *Topics in cognitive science*, 10(1), 95-119.