

# 音楽ライブにおける観客の身体運動同期 — 集団と個人の相関分析による検討 Body Movement Synchronization among Audience Members during Live Musical Performances: Assessing the Correlation between Group and Individual Movements

木村 真実<sup>†</sup>, 野村 亮太<sup>†</sup>, 伴 崇弘<sup>‡</sup>, 島田 裕<sup>‡</sup>  
Manami Kimura, Ryota Nomura, Takahiro Ban, Yutaka Shimada

<sup>†</sup>早稲田大学, <sup>‡</sup>埼玉大学  
Waseda University, Saitama University  
truth\_m3160@ruri.waseda.jp

## 概要

音楽ライブにおいて、観客の身体運動が同期するか否かを検討した。ロック調の楽曲、バラード調の曲調の異なる2楽曲において、小型携帯端末の加速度センサを使用し、音楽ライブ鑑賞中の観客27名の身体運動を計測した。全観客の身体運動時系列平均と観客個人の身体運動時系列平均を比較すると、観客はいずれの楽曲でも、同期傾向を示した。観客は曲調によらず、音楽的特徴に正確かつ即時に応答することで同期する可能性が示された。

キーワード：ライブ, 身体運動計測, 同期, 集団

## 1. 問題と目的

私たちの日常生活においては、集団単位で同期する場面が多く見られる。しかし、対人同期研究は、2者関係を対象とすることが多く（例えば Schmidt et al., 1990）、3人以上の集団での対人同期についての知見は未だ少ない。Demos & Palmer (2023) は、現在の2人単位での同期へのアプローチは集団におけるサブグループやそれ以上の大きさのグループを対象としておらず、アプローチとして限界があることを指摘している。同期に対する本研究では、音楽ライブを対象に、集団での対人同期について研究する。

近年、計測機器の小型化や無線化により、ライブやコンサートを対人同期研究のフィールドにした研究も行われるようになってきた。例えば Czepiel et al. (2021) は、クラシックコンサートにおいて観客の自律神経系を反映する心拍や皮膚電位が観客間で同期することを明らかにしている。また、Czepiel et al. (2021) は安定的な拍をもっている古典派やロマン派音楽は高い同期率を得られる一方、拍が変則的な現代的音楽においては聴衆の同期率が下がることを示した。このようにライブ・コンサートにおいて観客は実際に集団同期する事例が研究においても示されている。一方、クラシックに限らず、観客が音楽に合わせて体を動かすことが多いポッ

プスのコンサートでは、生理的な変化だけではなく、音楽に合わせて生じる自発的な身体運動も同期する可能性がある。そこで本研究では、プロフェッショナルのアーティストのライブにおいて身体運動計測を行い、曲調によらず身体運動の同期が生じるか否かを検討する。同期の程度は、観客全体の身体運動と個別の観客の相関で評価する。これにより、観客のペアでの相関だけでは見出すことができない、集団としての観客の同期を検討していく。

## 2. 方法

### ライブの概要

音楽ライブは東京都内のライブハウスで行われた。ライブは二部構成であり、計18曲演奏された。また、開場から退場までの所要時間約3時間30分であった。

### 観客

ライブに来場した観客33人を実験参加者とした。そのうち、27人については身体運動データ計測と質問票回答、6人は質問票回答を行った。一方、年齢については26人の回答が得られ、範囲は42-70歳、平均53.73歳、標準偏差7.86歳であった。

### 身体運動計測

鑑賞中の運動を制限しない小型携帯端末 (Jelly2, Unihertz) を用いて、身体運動を計測した。実験参加者のうち27名を対象に、音楽ライブ中は加速度センサを搭載した端末をネームホルダーに入れて首から下げてもらい、身体運動を計測した。計測したデータは、Wi-Fiを通じてGoogle Driveに自動記録された。

### 手続き

音楽ライブ開演前、来場した観客に対して、実験内容を簡潔に説明した。実験内容に同意した人には身体運動計測に使用する端末と研究説明文書、研究参加の同意書、同意撤回書、質問票を配布した。端末は電源を入

れ、ストラップ付きポーチに入れて渡し、首から下げるよう教示し、ライブ会場へ誘導した。開演前、会場内放送にて実験者から再度研究についての説明を行い、実験への参加を許諾した人には研究参加の同意書への記入と質問票のうち事前回答部分への回答を促した。音楽ライブは終始端末を首から下げた状態で鑑賞させた。研究説明から音楽ライブ終演で会場内をビデオカメラで撮影した。終演後、質問票の事後回答部分に回答してもらい、回答を終えた方から質問票を回収した。端末は会場出口付近で回収し、実験を終了した。

### 分析

身体運動データ分析には、シェルスクリプトと Python を用いて自身で作成したプログラムおよび表計算ソフト Microsoft Excel for Mac を用いた。まず、それぞれの参加者の端末で得られた 3 軸加速度の時系列から、ユークリッド距離を算出し、これを動きの大きさとした。次に、この時系列データを観客ごとに移動平均法により平滑化した。20[Hz]で計測された加速度データに対し、時間窓幅は 0.5[s]、時間窓をずらす幅であるステップは 0.05[s]で設定した。その後、観客の平均的な身体運動を算出するために、欠損値を除く全観客の時系列データについて観客間での平均値を計算した(図 1)。最後に、観客全体の身体運動時系列と観客個人の身体運動時系列の相関を計算し、観客の身体運動同期率を算出した。質問票データの結果については、本稿では割愛する。

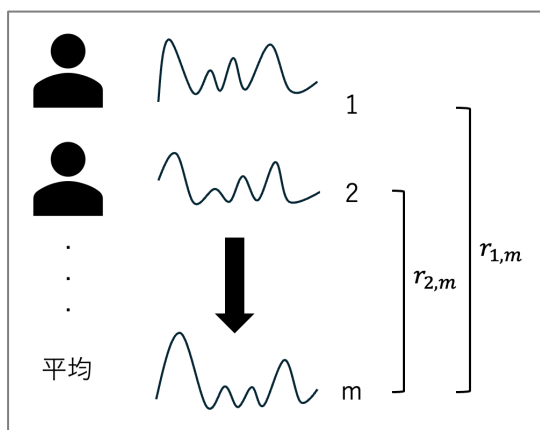


図 1 身体運動の同期率算出の模式図  
 $m$ は身体運動の平均、 $r$ は相関係数を表す。

### 3. 結果

全 18 楽曲のうち、本研究では曲調が大きく異なる 2 楽曲(ロック調, バラード調)を分析対象とした。対象とした 2 曲のうちロック調の楽曲 A は、ビート感の強

いアップテンポの楽曲であった。楽曲 A (図 2) において、観客 25 人の身体運動は ①1 番 A メロ (A) からその中間にかけての部分②1 番 B メロからサビにかけての部分 (B~C) ③C メロ最終部から大サビにかけての部分 (G~H) ④後奏後の拍手 (J) で次第に大きくなる傾向が見られた。一方、①1 番 A メロ (A) の中間から 1 番 B メロ (B) にかけての部分②C メロ (G) の前後③後奏(J)終了間際の部分で次第に小さくなる傾向が見られた。また、ビデオカメラデータから観客のほとんどが演奏開始後次第に手拍子を始め、前奏から後奏まで C メロ (G) を除いて、観客は曲のテンポに合わせて手拍子している様子が観察できた。また、頭や体を揺らしたり、足でリズムをとったりする観客、じっと演者の方を向く観客も見られた。一方、バラード調である楽曲 B は、落ち着いたローテンポの楽曲であった。楽曲 B (図 3) において観客 25 人の身体運動は拍手 (H) の部分を除いて、特に大きい運動は見られなかった。また、ビデオカメラデータから前奏から後奏まで観客は全体として演者の方を向き、身体運動は行わず楽曲鑑賞している様子が観察できた。1 度目のサビ (C) や C メロ (D)、ラストサビ (F) になると小さく頭を揺らす観客も何人か見られた。

これら 2 楽曲で、ともに同期傾向が見られた。具体的には、楽曲 A の身体運動同期率 $r$ について、 $.30 < r \leq .50$ で同期傾向にあった観客は 25 人中 15 人、 $.50 < r \leq .70$ で同期傾向にあった観客は 9 人であった。一方、楽曲 B 身体運動同期率 $r$ について、 $.50 < r \leq .70$ は 3 人、 $.70 < r \leq .90$ で同期傾向にあった観客は 25 人中 18 人、 $r > .90$ で同期傾向にあった観客は 4 人であり、楽曲 B の方が高い水準で同期傾向にあった。このように、身体運動同期率から、観客どうしがいずれの曲調においても同期していることが示された。

### 4. 考察と展望

ロック調の楽曲では、観客は身体運動量を増加させる一方、バラード調の楽曲では観客は身体運動量を減少させていた。また、身体運動のパターンは楽曲の構造によく対応していた。このことから、楽曲そのものや楽曲のフレーズのもつ穏やかさや賑やかさといった音楽的特徴が観客の身体運動に影響し、観客はこうした楽曲の特徴量に合わせて自身の身体運動を調整していると考えられる。

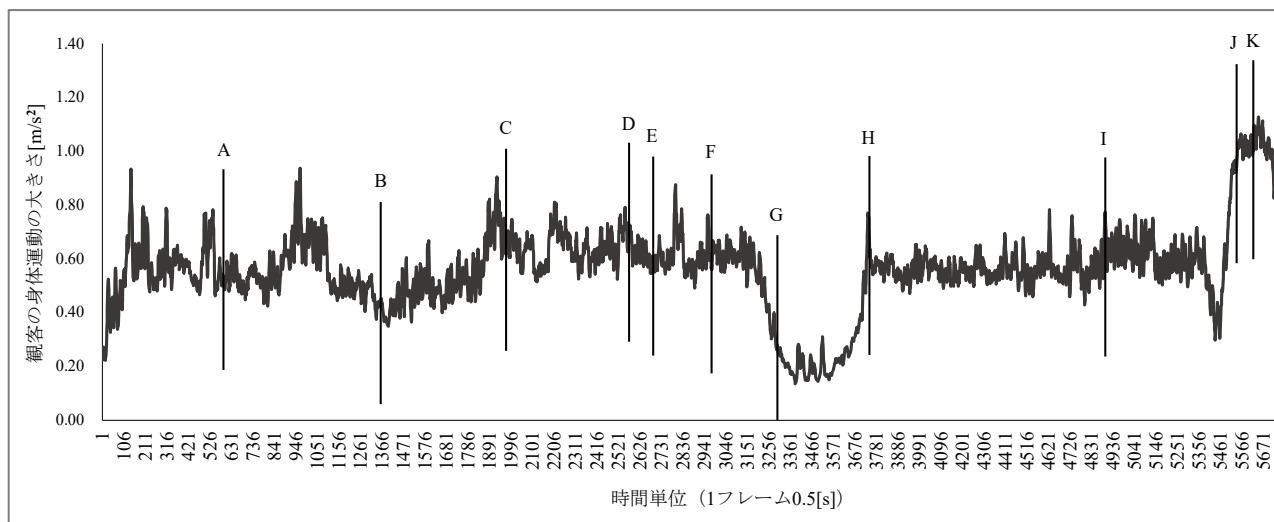


図2 楽曲 A における観客全体の身体運動出力パターン時系列

注) 移動平均の時間窓は 0.5[s], ステップは 0.05[s]. A~K は楽曲のセクションが移行する部分を指す.

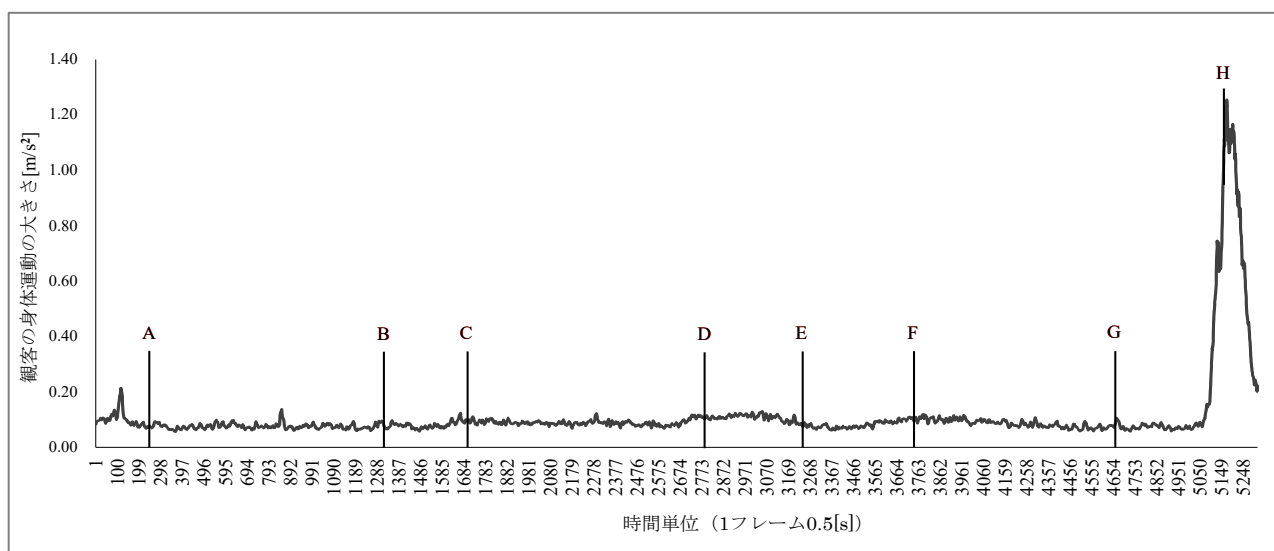


図3 楽曲 B における観客全体の身体運動出力パターン時系列

注) 移動平均の時間窓は 0.5[s], ステップは 0.05[s]. A~H は楽曲のセクションが移行する部分を指す.

こうした運動は、観客に固有のものではないことも明らかになった。  $r > .30$  を基準にすると、楽曲 A でも楽曲 B でも 96% 以上の観客に同期が見られた。このことから、ポップスのライブでは楽曲の種類に依存せず、観客の身体運動は集団で同期しうると考えられる。また、身体運動の大きなロック調の楽曲に比べて、バラード調の楽曲では、観客の身体運動は小さかったにもかかわらず、全体の運動との間で相関が高い観客が多かった。このことは、身体運動が大きいことが同期の必要条件なのではないことを示唆する。動きが小さくても楽曲の影響を共通して受けること、また、楽曲の音楽的特徴に対して観客が正確かつ即時に応答することが同期の条件であることを示唆する。特に分析した 2 楽曲は

楽曲構造が定型的な楽曲であり、観客は鑑賞しながら次の楽曲展開を予測しながら身体運動を調整した可能性が考えられる。 Czepiel et al. (2021) が示した古典派やロマン派音楽といった安定的な拍をもった楽曲においても観客のより高い同期率を得られており、音楽における同期には刺激の安定性が関与していると推察される。

今後の研究では、ロック調、バラード調以外の曲調での身体運動同期について検討することや、異なる身体運動もしくは生理指標計測機器を用いて身体運動を計測することで、音楽ライブ中の観客の同期についてより詳細に明らかにできるだろう。

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、音楽ライブでの実験実施に快く協力してくださいましたライブ制作関係者、劇場関係者、アーティスト、および観客の皆様には厚くお礼申し上げます。本研究は、科学研究費補助事業(21H03508, 21K12093, 23K21701, 24K03013)の助成を受けました。

## 文献

- Czepiel, A., Fink, L. K., Fink, L. T., Wald-Fuhrmann, M., Tröndle, M., & Merrill, J. (2021). Synchrony in the periphery: Inter-subject correlation of physiological responses during live music concerts. *Scientific Reports*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00492-3>.
- Demos, A. P., & Palmer, C. (2023). Social and nonlinear dynamics unite: Musical group synchrony. *Trends in Cognitive Sciences*, 27(11), 1008–1018. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.05.005>.
- Schmidt, R. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 227–247. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.16.2.227>.