

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19734

研究課題名（和文）ライブ音楽演奏における表現者と鑑賞者の心の動きの時間的同調性

研究課題名（英文）Synchronization of Mind Dynamics between Musician and Audiences in Live Music Performance

研究代表者

藤井 進也（Fujii, Shinya）

慶應義塾大学・環境情報学部（藤沢）・准教授

研究者番号：40773817

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ライブ音楽演奏における表現者と鑑賞者の心の動きの時間的同調性を明らかにすること目的として、アコースティック弾き語り形式の音楽ライブ実験を実施し、現地・遠隔会場における鑑賞者の心拍数と主観的な感動度および演奏者の心拍数を計測評価した。実験の結果、音楽ライブの演奏者・鑑賞者間の心拍数については時間的同調性がみられない一方で、演奏者の心拍数と鑑賞者の主観的感動度には時間的同調性がみられることが明らかとなった。これらの結果から、表現者の心拍反応は、鑑賞者の心拍反応と必ずしも時間的に同調しないが、鑑賞者の主観的感動度は、表現者に生じる心拍反応と時間的に同調する可能性が示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

感動は一度性や主観性、個人差に満ちた現象であり、客観性や再現性を求める科学的なアプローチでその仕組みを解明することは困難とされてきた。アーティストと研究者とで力を合わせ音楽ライブ実験を実施し、実環境での演奏者と鑑賞者の心理生理反応の時間的同調性を明らかにした本研究は、実験室環境にとどまらない実環境における感動現象に科学的に迫った点で意義がある。これまでの科学的なアプローチの限界を超え、感動とは何かという多くの人々が不思議に思う問いに迫り、実環境におけるヒトの情動反応の計測評価アプローチを開拓・提案した点で、本研究は学術的・社会的に意義ある研究であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to elucidate the temporal synchrony of psychophysiological responses between performers and audiences by conducting an acoustic live music experiment. The heart rates and subjective levels of emotional impact of the audience in both on-site and remote locations, as well as the heart rates of the performers, were measured and evaluated from the point of view of temporal synchrony. We found that while there was no significant temporal synchrony in heart rates between performers and audience members during the live music performance in both on-site and remote locations, there was significant temporal synchrony between the performers' heart rates and the audience's subjective emotional impact. These results suggest that although the heart rate responses of performers do not necessarily synchronize with those of the audience, the audience's subjective emotional impact may synchronize with the heart rate responses of the performers.

研究分野：音楽神経科学

キーワード：音楽 感動 音楽演奏 心拍 同調 ライブ 現地 遠隔

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトに感動を与える演奏は、どのようにして生まれるのか。感動は一度性や主観性、個人差に満ちた現象であり、客観性や再現性を求める科学的なアプローチでその仕組みを解明することは困難とされてきた<sup>1,2</sup>。研究開始当初、音楽のライブコンサートを鑑賞する人々の心拍変動やリズムの解析研究など、実音楽環境におけるヒトの情動変化に着目した学術研究が芽生え始めていた<sup>3,5</sup>。しかし、一度きりのライブ音楽演奏における感動の本質や仕組みは科学的には明らかにされておらず、特に表現者と鑑賞者のこころの動きの時間的同調性はまだ十分に解明されていない状況であった。

そこで我々は、音楽演奏における感動の本質は、音楽の演奏を通じて表現する者（演奏者）と音楽を鑑賞する者（鑑賞者）の間に生じる「こころの動きの時間的同調性」に在るのではないかと創意した。すなわち、演奏者のこころが動いた時、それに引き込まれて鑑賞者のこころも動き、両者のこころの動きが時間的に同調（シンクロ）した瞬間を、我々は「感動」と呼んでいるのではないかと考えた。

心理学分野において「感動」とは、「情動的にこころが動かされた状態」と定義される<sup>6</sup>。また「情動」とは、「外的刺激や内的な記憶の想起に伴って個体に生じる生理的な反応」と定義され、「情動の動きは客観的な観察や計測が可能」である<sup>7</sup>。これらを踏まえ、本研究では、音楽演奏における演奏者と鑑賞者のこころの動きの時間同調性を解明する方法として、演奏者と鑑賞者の心理生理反応の時間的同調性を明らかにすることにした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ライブ音楽演奏における演奏者と鑑賞者のこころの動きの時間的同調性の解明することであった。研究者とアーティストが協力し、アコースティック弾き語り形式のライブ音楽演奏実験を実施し、ウェアラブルマルチ生体センサーによって、演奏者の心拍数、鑑賞者の心拍数と主観的な感動度を計測評価し、演奏者と鑑賞者の心理生理反応の時間的同調性を明らかにすることを実験の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験参加者

演奏者として1名の女性プロシンガーソングライターが実験に参加した。鑑賞者として、健常者44名（19～38歳、女性25名）が実験に参加した。鑑賞者は、現地鑑賞群（合計21名、女性13名）、遠隔鑑賞群（合計23名、女性12名）の二群にランダムに割り振られた。

#### (2) 実験手順

現地鑑賞群と遠隔鑑賞群は、アコースティックギター弾き語り演奏による3曲を鑑賞した（合計ライブ時間約25分）。現地鑑賞群は、慶應義塾大学日吉キャンパス内の藤原洋記念ホール（最大収容509席）において、音楽コンサートを現地でライブ鑑賞した。遠隔鑑賞群は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスシータ館（最大収容600席）において、音楽コンサートの遠隔ライブ配信を鑑賞した（図1）。



図1. 実験会場。現地会場である慶應義塾大学日吉キャンパス藤原洋記念ホール (a) 及び、遠隔配信会場である慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスθ館 (b)。

ゴールドスミス音楽洗練指標（Goldsmiths-Musical Sophistication Index: GMSI）<sup>8,9</sup>とバルセロナ式音楽報酬質問紙（Barcelona Music Reward Questionnaire: BMRQ）<sup>10,11</sup>を用いて鑑賞者の音楽洗練度と音楽感受性をそれぞれ評価した。実験状況をコンサートの実環境に近づけるため、事前の食事や喫煙・飲酒の制限や、鑑賞中の身体動作について指示はしなかったが、当日の鑑賞者のアルコール・カフェイン・水分摂取状況について記録した。

演奏者と鑑賞者は、ウェアラブルマルチ生体センサ（hitoe, NTT社製）を着用し、心電図（Electrocardiogram: ECG）、3軸加速度、衣服内温度、衣服内湿度を計測した。ECGのサンプリング周波数は1,000 Hzであった。記録したECGデータからR波から次のR波までの時間間隔（R-R interval: R-Ri）を検出し10 Hzでサンプリングした。

鑑賞者の主観的な感動のタイミングは本研究のために開発したスマートフォンアプリケーション（うたっぷ, Utap）を用いて記録した（図2）。鑑賞者には、「ライブ配信を視聴する際の『いいね』を押すようなつもりで、感動したタイミングで自分のこころの拍手を送るように指でタップしてほしい」と教示した。タップしたことがわかるよう、画面に指が触れた瞬間に画面上にエフェクトを提示し、振動フィードバックが発生するように設定した。画面に指が触れた時刻と離れた時刻を取得した。曲が終わった後の通常の拍手は許可した。

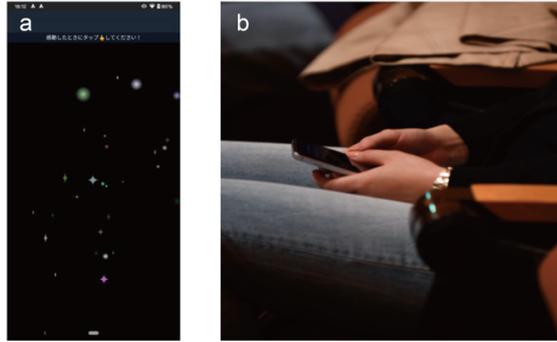


図 2. スマートフォンアプリケーションを用いた鑑賞者の主観的な感動のタイミングの計測アプリケーションの操作画面 (a) 及び鑑賞者がタップしている様子 (b) . 画面をタップすると画面上にエフェクトが出現し、振動フィードバックが発生する.

### (3) データ解析と統計

ECG データに欠損があった者と不整脈とみられる者は解析から除外した。解析に使用したデータは、現地鑑賞群が合計 19 名 (女性 13 名, 平均年齢 [Mean] ± 標準偏差 [Standard Deviation: SD] = 23.42 ± 4.67)、遠隔会場群が合計 19 名 (女性 11 名, Mean ± SD = 23.89 ± 5.24) であった。

演奏者と各鑑賞者の RRi から音楽ライブ中の心拍数 (1 分間あたりの拍数, Beat Per Minute: BPM) を算出した。まず、鑑賞者間の生理反応の時間的同調性を評価するために、現地・遠隔会場群のそれぞれの各鑑賞者の心拍数データについて、総当たりのペアを作成し、鑑賞者ペア間の心拍数の相関係数を算出した。次に、演奏者—鑑賞者間の生理反応の時間的同調性を評価するために、現地・遠隔会場群のそれぞれについて、演奏者の心拍数と各鑑賞者の心拍数の時系列データについて総当たりのペアを作成し、演奏者—鑑賞者ペア間の心拍数の相関係数を算出した。

音楽ライブコンサート中の鑑賞者の主観的な感動タイミングデータについては、現地・遠隔会場群のそれぞれについて、タップタイミングをプロットし、30 秒毎の平均タップ回数を算出した。また、演奏者の心拍数データについても 30 秒毎の平均心拍数を算出し、演奏者の心拍数と各鑑賞者の主観的感動度の相互相関係数を算出した。

## 4. 研究の成果

### (1) 聴衆の音楽聴取経験について

現地会場群と遠隔会場群の音楽洗練度 (GMSI) を比較した結果、有意差は認められなかった ( $t_{42} = 0.16, p = 0.87$ )。現地会場群と遠隔会場群の音楽感受性 (BMRQ) を比較した結果、有意差は認められなかった ( $t_{42} = 1.07, p = 0.29$ )。

### (2) 演奏者の心拍数

演奏者の心拍数は、曲が開始すると高くなり、曲が終わると低くなり、特に演奏者の気持ちが高まるサビの部分で急上昇していた (図 3)。2 曲目と 3 曲目に関しては、心拍数の増減のパターンが楽曲の構造と一致していた。ピークは 2 曲目の最後サビで 169 BPM まで上昇した。

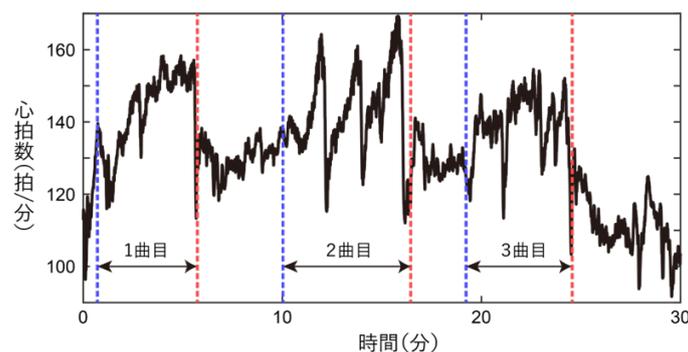


図 3. 音楽ライブコンサート中の演奏者の心拍数 (1 分間あたりの拍数) の時系列変化. 青色縦破線は楽曲の開始時刻, 赤色縦破線は楽曲の終了時刻を表す.

### (3) 鑑賞者の心拍数

音楽コンサート中の鑑賞者の平均心拍数は、現地会場群で  $78.88 \pm 10.70$  (M ± SD) BPM、遠隔会場群で  $78.46 \pm 10.40$  (M ± SD) BPM であった。現地会場群と遠隔会場群の平均心拍数に有意差は認められなかった ( $t_{36} = 0.12, p = 0.90$ )。鑑賞者の心拍は、演奏者の心拍 (最大 169BPM) と比較して全体的に低い値であった。

### (4) 鑑賞者間及び演奏者-鑑賞者間の心拍の時間的同調性

鑑賞者間の心拍数の時系列相関を鑑賞者群内の各ペアで算出したところ、現地・遠隔鑑賞群ともに、鑑賞者間の心拍相関は有意に正の値を示した (現地鑑賞群: 平均相関係数 = 0.14,  $t_{152} = 14.00, p < 0.01, 95\%$ 信頼区間 [Confidence Interval: CI] = 0.12 - 0.16,  $d = 1.13$ , 図 4 赤を参照; 遠隔鑑賞群: 平均相関係数 = 0.07,  $t_{170} = 12.88, p < 0.01, 95\%CI = 0.063 - 0.086, d = 0.98$ , 図 4 青を参照)。コルモゴロフ-スミルノフ検定の結果、

現地鑑賞群の鑑賞者間の心拍数の相関係数（図 4 赤）は、遠隔鑑賞群の鑑賞者間の心拍数の相関係数（図 4 青）よりも高い値を示した（ $D=0.328, p<0.001$ ）。

演奏者の心拍数の時系列と各鑑賞者の心拍数の時系列相関を算出したところ、現地・遠隔鑑賞群ともに、演奏者-鑑賞者間の心拍相関は有意水準には至らなかった（現地鑑賞群: 平均相関係数 = 0.042,  $t_{17} = 1.40$ ,  $p = 0.18$ ,  $95\%CI = -0.025 - 0.053$ ,  $d = 0.33$ , 図 4 マゼンダを参照; 遠隔鑑賞群: 平均相関係数 = 0.014,  $t_{18} = 0.75$ ,  $p = 0.46$ ,  $95\%CI = -0.03 - 0.05$ ,  $d = 0.17$ , 図 4 シアンを参照）。

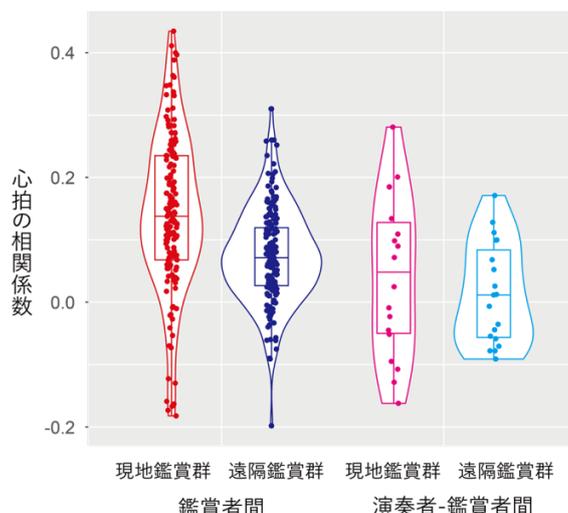


図 4. 音楽コンサート中の心拍の相関. 左から、現地鑑賞群における鑑賞者間の心拍相関（赤）、遠隔会場における鑑賞者間の心拍相関（青）、現地会場における演奏者-鑑賞者間の心拍相関（マゼンダ）、遠隔会場における演奏者-鑑賞者間の心拍相関（シアン）。

#### (5) 鑑賞者の主観的な感動のタイミング

音楽ライブコンサート中の鑑賞者の主観的な感動タイミングを図 5 に示した。図 5 の横軸は時刻、縦軸はどの鑑賞者のデータかを表し、タップしたタイミングが色で表されている。現地鑑賞群は図 5 赤、遠隔鑑賞群は図 5 青のデータである。タップ回数の寡多には個人差があったが、タップタイミングは現地・遠隔鑑賞群ともに似たパターンを示し、楽曲部分でタップが増加するパターンがみられた。

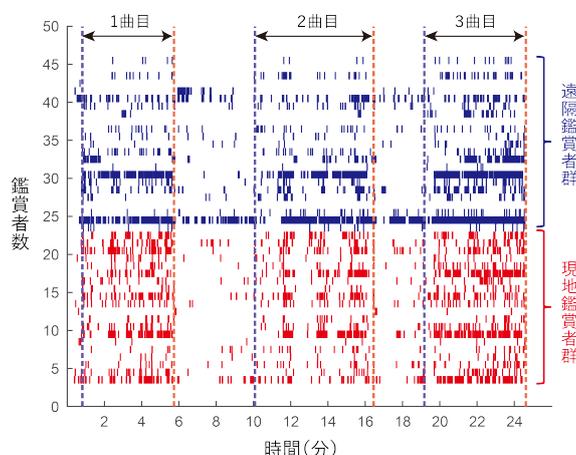


図 5. 音楽ライブコンサート中の鑑賞者の主観的な感動タイミング. 感動したタイミングで自分のこころの拍手を送るように指でタップした瞬間が色で示されている（現地鑑賞群のデータは赤、遠隔鑑賞群のデータは青）。青縦線は楽曲の開始時刻、赤縦線は楽曲の終了時刻を表す。

#### (6) 鑑賞者の主観的感動度と演奏者の心拍数の時間的同調性

鑑賞者の主観的な感動度を示すタップデータについて、30秒毎の平均タップ回数を算出した（図 6 上）。現地会場群の平均タップ回数は図 6 赤、遠隔会場群の平均タップ回数は図 6 青、全鑑賞者（現地会場群+遠隔会場群）の平均タップ回数は図 6 緑で示されている。また、演奏者の心拍数のデータについて、同じく30秒毎の平均心拍数を算出した（図 6 下, マゼンダ）。両者を並べてプロットした結果、鑑賞者の主観的感動度と演奏者の心拍数は類似していた。全鑑賞者の主観的な感動度合いの平均時系列（図 6 緑）と演奏者の心拍数の平均時系列（図 6 マゼンダ）の間の相互相関係数を算出したところ、ラグが0の時に最も相関しており、相関係数は0.66と高い値を示した。

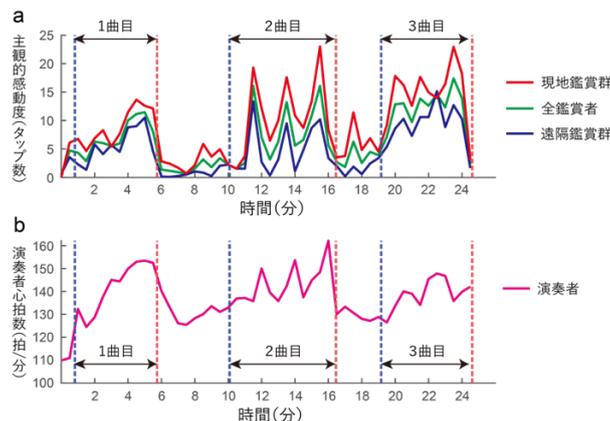


図 6. 鑑賞者の主観的感動度と演奏者の心拍数の時間的同調性。主観的な感動の度合いを示すタップ回数  
のデータ (a) , および演奏者の心拍数のデータ (b) .

## 5. まとめと考察

本研究では、音楽演奏における感動の本質は、演奏者と鑑賞者の間に生じるこころの動きの時間的同調性に在ると考え、アコースティック弾き語り形式の音楽ライブ実験を実施し、演奏者と鑑賞者の心理生理反応の時間的同調性を明らかにすること目的として、現地・遠隔会場における鑑賞者の心拍数と主観的な感動度および演奏者の心拍数を計測評価した。

実験の結果、演奏者—鑑賞者間の心拍数の時系列相関については、現地・遠隔会場群ともに、有意な相関関係はみられなかった。一方で、鑑賞者間の心拍数の時系列相関については、現地・遠隔会場群ともに、有意な正の相関関係がみられ、鑑賞者間の心拍相関の程度は現地会場群の方が遠隔会場群よりも高いという結果が得られた。これらの結果は、演奏者の個体に生じる生理（心拍）反応は、鑑賞者それぞれに生じる生理（心拍）反応と必ずしも時間的に同調しないが、鑑賞者同士の生理（心拍）反応は同調し、その同調の程度は遠隔会場よりも現地会場で高い可能性を示唆している。演奏者—鑑賞者間の心拍相関が観測されなかった要因として挙げられるのは、演奏者と鑑賞者の運動状態の差異である。演奏者はステージ上で立位の状態では弾き語りをしていたのに対し、鑑賞者は座位の状態では声を出さずに指先でタップしていた。事実、鑑賞者の心拍数は演奏者の心拍数に比べて低く、運動状態の差異が演奏者—鑑賞者間の心拍相関の低さに影響していた可能性がある。

注目すべきは、演奏者の心拍数の時間変動パターンである。演奏者の音楽ライブ中の心拍数の時間変動パターンは、楽曲構造と似たパターンであり、心拍数の動態からサビ部分など楽曲構成が読み取れる程であった。楽曲のサビ部分は、楽曲の根幹を担う大切な部分であり、聴衆に伝えたいという感情の昂りに伴って、演奏者の心拍数が大きく上昇していた可能性がある。興味深い点は、この演奏者の心拍数の時間変動と同調するように、鑑賞者の主観的な感動度が変化していた点である。この結果は、演奏者の生理（心拍）反応と鑑賞者の心理反応（感動度）とが同調していた可能性を示唆している。

以上、表現者の個体に生じる生理反応（心拍数変動）は、鑑賞者それぞれに生じる生理反応（心拍数変動）と必ずしも時間的に同調しないものの、鑑賞者の心理反応（主観的感動度）は、表現者に生じる生理（心拍）反応と時間的に同調する可能性が示唆される。鑑賞者の主観的な「感動」（主観的にこころを動かされたという情動認知のダイナミクス）は、表現者の「こころの動き」（心拍等に反映される生理反応のダイナミクス）と同調している可能性がある。

## 参考文献

1. 藤井進也. (2018). 平成時代：音楽と神経科学の邂逅. *Keio SFC Journal*, 18(1), 186–201.
2. 大串健吾. (2000). 感心させる演奏と感動させる演奏. *日本音響学会誌*, 56(5), 349–353.
3. Shoda, H., Adachi, M., & Umeda, T. (2016). How Live Performance Moves the Human Heart. *PloS One*, 11(4), e0154322.
4. Bernardi, N. F., Codrons, E., di Leo, R., Vandoni, M., Cavallaro, F., Vita, G., & Bernardi, L. (2017). Increase in Synchronization of Autonomic Rhythms between Individuals When Listening to Music. *Frontiers in Physiology*, 8, 785.
5. Swarbrick, D., Bosnyak, D., Livingstone, S. R., Bansal, J., Marsh-Rollo, S., Woolhouse, M. H., & Trainor, L. J. (2018). How Live Music Moves Us: Head Movement Differences in Audiences to Live Versus Recorded Music. *Frontiers in Psychology*, 9, 2682.
6. 戸梶亜紀彦. (2001). 『感動』喚起のメカニズムについて. *認知科学*, 8(4), 360–368.
7. 乾敏郎. (2018). 感情とはそもそも何なのか: ミネルヴァ書房.
8. Müllensiefen, D., Gingras, B., Musil, J., & Stewart, L. (2014). The musicality of non-musicians: an index for assessing musical sophistication in the general population. *PloS One*, 9(2), e89642.
9. Sadakata, M., Yamaguchi, Y., Ohsawa, C., Matsubara, M., Terasawa, H., von Schnehen, A., Müllensiefen, D., & Sekiyama, K. (2023). The Japanese translation of the Gold-MSI: Adaptation and validation of the self-report questionnaire of musical sophistication. *Musicae Scientiae*, 27(3), 798–810.
10. Mas-Herrero, E., Marco-Pallares, J., Lorenzo-Seva, U., Zatorre, R. J., & Rodriguez-Fornells, A. (2012). Individual differences in music reward experiences. *Music Perception*, 31(2), 118–138.
11. Honda, S., Mas-Herrero, E., Isoda, M., Muraki, M., Seva, U. L., Kitayama, Y., Savage, P. E., Fujii, S. (2023). The Japanese Version of the Barcelona Music Reward Questionnaire (J-BMRQ) Confirms the Cross-Cultural Generalizability of the “Five-Factor” Model. *PsyArXiv*, <https://doi.org/10.31234/osf.io/7qp45>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 miwa, Honda K., Saijo N., Samma T., Sakakibara Y., Komine M., Kashino M., & Fujii S.
2. 発表標題 Physiological synchronization among audiences in live musical concert
3. 学会等名 The 2022 Meeting of the Society for Music Perception and Cognition (SMPC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 miwa, Honda K., Saijo N., Samma T., Sakakibara Y., Komine M., Kashino M., & Fujii S.
2. 発表標題 Psychophysiological synchronization between a performer and audiences in on-site and remote live music concerts
3. 学会等名 The Joint Conference of the 17th International Conference on Music Perception and Cognition and the 7th Conference of the Asia-Pacific Society for the Cognitive Sciences of Music (ICMPC17-APSCOM7) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------