

ドラム演奏課題における生理的シンクロニーと 二者のパーソナルテンポの類似度の関連

The Relationship between Physiological Synchrony and Personal Tempo in Dyadic Drum Interaction

森原 佳歩[†], 正田 悠[‡]
Kaho Morihara, Haruka Shoda

[†]神戸大学大学院国際文化科学研究科, [‡]立命館大学スポーツ健康科学部

[†]Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

[‡]Faculty of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

201c125c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本研究の目的は、「対面」「非対面」「別室」の異なる場面設定における二者間の生理的シンクロニーと両者のパーソナルテンポの類似度の関連について調べることであった。同性の友人により構成された二者に生体センサを装着し、呼吸を測定しながらリズムのやりとりを行うドラム演奏課題を実施した。その結果、対面条件でシンクロニーの程度が最も高いことが示された。また、パーソナルテンポの二者間での類似は、対面ならびに別室条件における生理的シンクロニーと関連があることが示された。

キーワード: パーソナルテンポ, ドラム演奏課題, 生理的シンクロニー, 呼吸, ウェーブレット・コヒーレンス

1. 背景と目的

複数人で同一の課題に取り組むと、その人々の身体運動や生理指標が類似する現象が知られている。中村 (2009) は、スピーチにおける「間」について、朗読者と聴取者間における呼吸の同期が見られることを示した。特に対面インタラクション時には、朗読者の「間」の終点において聴取者と呼吸が同期するという結果が報告されており、「息の合う」現象を示しているといえる。また、Gordon et al. (2020) は、複数人でドラムを演奏する課題において、課題に取り組む際の心電図 RR 間隔の同調程度がベースラインと比較し有意に高まることを示した。このように、身体的な動作や生理指標のパターンが類似し、それらが同時に発生する現象をシンクロニーとよぶ (Bernieri & Rosenthal, 1991)。身体的なシンクロニーは心理的同調との関連が深く、相手との親密度や類似性と関わることから (中川他, 2017)、シンクロニーの程度が高いことが円滑なコミュニケーションの基盤となると考えられる。

シンクロニーに影響を及ぼす要因の一つとして、パーソナルテンポの存在が知られる。パーソナルテンポとは、話す、歩くといった日常の生活行動において、特

に制約のない自由な行動場面で表出される個人特有の速さのことであり (杉乃原他, 1993), Dowling & Harwood (1986) は一般的に好まれやすいテンポについて、その値が 70~100 bpm (beats per minute) の間にあることを明らかにした。個人が生まれ持った特性の一つであるこのパーソナルテンポが二者間で類似していると、会話時の二者間の同調が促される現象が報告されている (大石・尾田, 2006)。本研究では、タッピング (打叩) テンポにより得られる個人特有の時間特性をパーソナルテンポと定義し、この値とシンクロニーとの関係性を調べた。

本研究の目的は、ドラム演奏課題を行う二者間における生理的シンクロニーと二者のパーソナルテンポの関連について調べることであった。本研究における生理的シンクロニーは、実験課題中の呼吸によって得られる同調と定義した。また、本研究では課題の場面設定について「対面」、「非対面」、「別室」の3つを設け、空間共有によるシンクロニーの程度の関係についても調べた (Figure 1)。空間の共有はシンクロニーに影響を及ぼすという報告から (Ardizzi et al., 2020), 「非対面」および「別室」条件に比べ「対面」条件で生理的シンクロニーは高くなると予測される。また、パーソナルテンポの二者間での類似はシンクロニーと関連があるという先行研究から、両者の相関も「対面」条件で最も高くなると予測される。

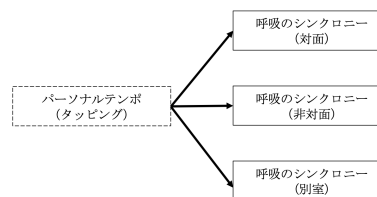


Figure 1. 本研究において扱う指標

2. 方法

実験計画

同一の実験参加者が3つの場面設定における課題を行う一要因の参加者内計画の実験を実施した。要因は「対面」, 「非対面」, 「別室」の3水準であり, この要因のことを以降では「場面要因」と呼ぶ。

実験参加者

実験参加者は, 大学生男女36名(男性20名, 女性16名)であり, 同性の友人同士で実験に参加した。また, 参加者の年齢範囲は, 19~24歳であった($M=21.58$, $SD=1.44$)。

手続き

実験参加者は事前に胸部に呼吸計測用のバンドを巻き, 生体計測装置 Biosignalsplux (Plux) によって呼吸波形を取得した。まず, 背もたれのない椅子に座った状態で波の流れるような音を約3分聴取し, ベースラインとなる安静時の呼吸波形を取得した。

次に, PsychoPy によって構築したプログラムを用いてパーソナルテンポの測定を行った。測定は, 「あなた自身にとって速すぎず, 遅すぎず, 心地よいと感じる速さでキーを叩いてください」という教示のもと, 15秒間パソコンのキーを打叩するものであった。試行は計3回行い, それらの平均値をパーソナルテンポの指標とした。

ドラム演奏課題では, 個人でそれぞれ1分間ずつドラムを叩く練習を行った後, 二人での演奏課題を実施した。二人での課題は, 相手の視覚情報をみながら同一空間で行う「対面」条件, パーティションを用い相手の視覚情報は得られないが同一空間で行う「非対面」条件, また, 空間そのものを分割し相手の視覚情報も得られない「別室」条件の3つの場面設定で, 実験参加者は5分間自由にリズムのやりとりを行った(Figure 2)。課題は「言葉でのコミュニケーションは控えること」, 「音を通して相手とコミュニケーションをとるように」という指示のもと実施した。なお, 3つの場面設定の実施順はカウンターバランスをとった。

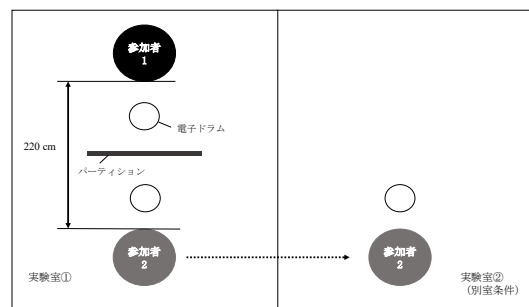


Figure 2. 実験室の配置

分析

Fujiwara & Daibo (2016) を参考に, 二者間における2つの時系列の同調の程度を表す指標としてウェーブレット・コヒーレンスを算出した (Matlab 2021a, Mathworks)。これは2つの時系列における振動の共通性を周波数ごとに推定するものであり, 本研究においては二者間の呼吸の類似性を評価するために用いた。本研究の呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおいて分析対象とする波の周期は4~64秒周期の区間とした(4~8秒周期, 8~16秒周期, 16~32秒周期, 32~64秒周期の各区間)。これは, 健康な成人の平均的な呼吸数が12~18回/分であり (Rexlin, Preejitha & Brundha, 2020), 1回あたりの呼吸時間は約3~5秒となることから, 4秒以下における速い周期のシンクロニーは分析対象外としたためである。また, ウェーブレット・コヒーレンスは0~1の値をとり, 正規分布に従わないため, フィッシャーのZ変換を行った値を分析に用いた。

タッピングテンポについては, まず PsychoPy を用いたタッピングテストの結果を, タッピングの間隔 (s) の値でテキストファイルとして保存した。タップ間隔を図示した際に明らかに外れている値を除外した後, タップ間隔の平均値を60から除することで bpm 値を算出した。また, タッピングテンポの分析には対数変換後の値を用いた。個人のタッピングテンポの値は, 3回の測定の平均値として算出した。

3. 結果

まず, 事前に測定したパーソナルテンポについて, 実験参加者全体のタッピングテンポの平均値は, Dowling & Harwood (1986) が報告した一般的に好まれやすいテンポである70~100 bpm と一致する結果となった ($M=93.59$, $SD=26.71$)。

次に, 呼吸のシンクロニーの程度を示すウェーブレ

ット・コヒーレンスの値について「対面」、「非対面」、「別室」のそれぞれにおける平均値および分散分析の結果を Table 1 に示した。表における時間区分は、シンクロニーの周期を示す。場面要因を独立変数とする分散分析の結果から、4—8 秒および 8—16 秒周期における呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおいて場面要因の主効果が認められた。多重比較検定を行ったところ、4—8 秒周期におけるシンクロニーは「対面」と「別室」($p=.01$) および「対面」と「非対面」($p=.02$) において、いずれも「対面」条件で有意に高かった。また、8—16 秒周期においては「対面」条件が「別室」条件に比べ有意にシンクロニーが高いことが示された ($p=.05$)。16—32 秒ならびに 32—64 秒周期におけるウェーブレット・コヒーレンスには、場面の主効果が認められなかった。

Table 1

各周期帯における

呼吸のウェーブレット・コヒーレンス

	M (SD)			
	4—8 s	8—16 s	16—32 s	32—64 s
対面	0.28 (0.05)	0.30 (0.07)	0.29 (0.10)	0.30 (0.16)
非対面	0.24 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.09)	0.25 (0.10)
別室	0.24 (0.02)	0.25 (0.05)	0.27 (0.05)	0.26 (0.15)
F(2,34)	6.13 **	3.69*	0.43	0.68
p	.005	.04	.70	.51

† $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

Table 2 は二者間のパーソナルテンポの差の絶対値（離れ具合）と課題実施時の生理的シンクロニー（ウェーブレット・コヒーレンス）におけるピアソンの相関係数を示す。パーソナルテンポは二者間で類似しているほど差は小さくなることから、相関係数が負であれば「パーソナルテンポが類似しているペアでは生理的シンクロニーの関連が強い」ということを表す。結果から、タッピングテンポとウェーブレット・コヒーレンスとの相関について、「対面」条件および「別室」条件（いずれも 4—8 秒区間）でそれぞれ有意な相関がみられた。「非対面」条件ではパーソナルテンポの類似度と有意な相関はみられなかった。これは、「非対面」を除く 2 つの条件において、二者間のパーソナルテンポがもと

から類似していたペアであると、呼吸のシンクロニーの程度が高い傾向であったことを示す。8 秒以降の周期において、パーソナルテンポと呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおける相関は認められなかった。

Table 2

タッピングテンポと各条件における
呼吸のウェーブレット・コヒーレンスの相関

	r(p)			
	4—8 s	8—16 s	16—32 s	32—64 s
対面	-.43 [†] (.08)	.16 (.53)	.16 (.52)	-.26 (.30)
非対面	-.11 (.67)	.01 (.97)	-.31 (.21)	-.24 (.35)
別室	-.53 [*] (.02)	-.17 (.49)	.31 (.21)	.13 (.61)

† $p < .10$, * $p < .05$

4. 考察

本研究の目的は、ドラム演奏課題において個人特性の一つであるパーソナルテンポと二者間の生理的シンクロニーとの関連を調べることであった。その結果、第一に、「対面」条件における生理的シンクロニーの程度は、「非対面」、「別室」条件と比較して有意に高いことが示された。第二に、パーソナルテンポの二者間での類似と、「対面」および「別室」条件における生理的シンクロニーにおいて相関がみられた。

まず、ウェーブレット・コヒーレンスにより得られた呼吸のシンクロニーについて、「対面」条件において最もシンクロニーの程度が高かったことは、空間共有がシンクロニーに影響を及ぼすという先行研究と同様の結果であったと考えられる (Ardizzi et al., 2020)。4—8 秒周期のシンクロニーにおいて「対面」条件のシンクロニーの程度が「非対面」、「別室」条件のいずれとの比較においても高かったことから、空間を共有するだけでなく視覚情報により相手の身体運動や視線を確認できることがシンクロニーを促すことが示された。

次に、個人特性としてのパーソナルテンポと呼吸のシンクロニーとの関係について、「対面」および「別室」の場面設定において相関関係がみられた。すなわち、「対面」と「別室」の条件において、二者のもつ本来の時間的な特性が類似していることが、両者の生理的同期を促すことが示された。パーソナルテンポの二者間

での類似はシンクロニーと関連があるという先行研究から(大石・尾田, 2006), 両者の相関は「対面」条件で最も高まると予測できるが, 相関係数の値はむしろ「別室」条件の方が極端な値を示した。「対面」条件に比べシンクロニーの程度が低かった「別室」条件においても, 個人の特性であるパーソナルテンポとの関連がみられたことは興味深い。「別室」条件においては, 相手の視覚情報が得られず, 空間の共有もないため, シンクロニーの程度は減少するが, ヘッドホンを通した音のみのインタラクションであったことから, 音に集中することでリズムに注意が向きやすく, その結果として両者が本来持つ時間的な類似性がシンクロニーにも反映されたと考えられる。また, 本研究から得られた結果から, 空間の共有がなく, 得られる情報が制限される「別室」の場面において, パーソナルテンポはその二者間のシンクロニーを維持する役割を果たす可能性がある。

本研究では, 二者間インタラクションのうち, 呼吸に注目し, 二者の呼吸が空間・時間を共有する対面場面で最も高まることを示した。今後の研究では, 今回算出した生理面でのシンクロニーが, ドラムのリズムや身体運動等の行動面のシンクロニーとどのように関わるのか, またそれらとパーソナルテンポとの関連についてさらなる探究を行うことを課題とする。

文献

- 感性情報心理学 音声研究, 13(1), 40-52.
- [8] 大石 周平・尾田 政臣 (2006). 話者間の精神テンポの差がコミュニケーションの円滑化に及ぼす影響: 交替潜時を指標として 電子情報通信学会技術研究報告, 105(536), 31-36.
- [9] Rexlin, P. E. Jai, Precjitha, V. B., Brundha, M. P. (2020). Age-related differences of heart rate and respiratory rate in the age group of 45-55 years: A regression analysis, *Drug Invention Today*, 14(2), 271-273.
- [10] 杉之原 正純・平 伸二・武藤 玲路・今若 修 (1993). 精神テンポの基礎的実験研究(2): 精神テンポの機制に関する実験的研究 広島修道大学研究叢書, 76.
- [1] Ardizzi, M., Calbi, M., Tavaglione, S., Umilta, M. A., & Gallese, V. (2020). Audience spontaneous entrainment during the collective enjoyment of live performances: Physiological and behavioral measurement. *Scientific Reports*, 10, 3813. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60832-7>
- [2] Bernieri, F. J., & Rosenthal, R. (1991). Interpersonal coordination: Behavior matching and interactional synchrony. In R. S. Feldman, & B. Rimé, (Eds.), *Fundamentals of nonverbal behavior* (pp. 401-432). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [3] Dowling, W. J., & Harwood, D. L. (1986). *Music cognition*. New York: Academic press.
- [4] Fujiwara, K., & Daibo, I. (2016). Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation, *Frontiers in Psychology*, 7(516), 1-9.
- [5] Gordon, I., Gilboa, A., Cohen, S., Milstein, N., Haimovich, N., Pinhasi, S., & Siegman, S. (2020). Physiological and behavioral synchrony predict group cohesion and performance, *Scientific Reports*, 10, 8484. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65670-1>
- [6] 中川 友貴・楠見 茉耶・前田 佳史・服部 託夢・中田 一紀 (2017). 身体的コミュニケーションにおけるリズム同調を促進するインタラクティブ音楽演奏システム インタラクション 2017 論文集, 864-867.
- [7] 中村 敏枝 (2009). コミュニケーションにおける「間」の