

対人間相互作用における生理的シンクロニーに 二者のパーソナルテンポの類似度が及ぼす影響

The Effect of Similarity between Two People's Personal Tempi on Interpersonal Physiological Synchrony

森原 佳歩, 正田 悠

Kaho Morihara, Haruka Shoda

神戸大学大学院国際文化学研究科

Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

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

概要

本研究では、話者特性の一つであるパーソナルテンポが対面朗読時の二者間における生理的シンクロニーに及ぼす影響について調べた。その結果、二人朗読課題の序盤および終盤において、個人のタッピングテンポの類似と二者間の心電図 RR 間隔のシンクロニーとの間に相関関係が見られた。また、ペア間で個人の発話テンポが類似していることは、二人朗読課題の中盤における生理的シンクロニーならびに発話の音声シンクロニーと関連があることが示唆された。

キーワード: パーソナルテンポ, 朗読, 二者間相互作用, 生理的シンクロニー, ウェーブレット・コヒーレンス

1. 背景と目的

「会話のリズム」「生活のリズム」など「リズム」を含む言葉が日常的に使われることからわかるように、人間の心理、行動、あるいは生理的活動とリズムとの関連は深く、我々は日常生活を営む上で何らかのリズムの影響を受けている(足立・延谷・仲谷, 2011)。また、生物として生存するために備わる生体リズムとは別に、ヒトには個人が好むテンポがあり、これはパーソナルテンポ(精神テンポ)と呼ばれる。パーソナルテンポとは、話すとか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と定義されている(杉乃原・平・武藤・今若, 1993)。

本研究では、話者特性の一つと考えられるこのパーソナルテンポについて取り上げた。本研究で扱うパーソナルテンポは、タブレットのタッピングならびに一人で朗読しているときに表出されるテンポと定義した。一般的に、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、コミュニケーションが円滑になることが知られている(大石・尾田, 2006)。

こうした話者間の同調を、本研究では生理学的側面から確認する。具体的には、朗読中の二者の心電図 RR

間隔の同調(シンクロニー)と二者のパーソナルテンポの類似の程度との関連を、一人で朗読をする場面との比較から明らかにする。この生理的シンクロニーの高さは、会話や身体動作等の行動面でのシンクロニーと関連する可能性があり、これ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。

本研究の目的は、話者の持つパーソナルテンポが対面朗読時の二者間における心拍のシンクロニーに及ぼす影響を調べることであった。Iwanaga (1995) は、個人の心拍数に近いテンポが好まれる傾向にあることを示し、その値はおおよそ 70~100 bpm (beats per minute) に収まることを明らかにしたが、パーソナルテンポが近い者同士では心拍も類似し、その結果として、二者間におけるシンクロニーの程度も大きくなると予測される。

本研究で扱う指標を Figure 1 に示した。個人のパーソナルテンポを表す指標としてタッピングテンポと一人朗読時の発話テンポを、二者間のシンクロニーを表す指標として心電図 RR 間隔のシンクロニー(生理的シンクロニー)と二者間の発話テンポのシンクロニー(音声シンクロニー)を取り上げた。本研究においては、(a) タッピングテンポが生理的シンクロニーに及ぼす影響、(b) 発話テンポが生理的シンクロニーに及ぼす影響、さらに(c) 発話テンポが音声シンクロニーに及ぼす影響について分析する。

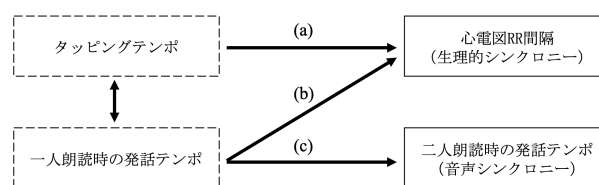


Figure 1. 本研究において扱う指標

本研究では、二者間相互作用の課題として、二者による朗読を対象とした。これは、自由会話では実験参加者によって発話量が異なる可能性があり、生理指標に影響を及ぼすと考えられるためである。朗読において、各実験参加者が発話する箇所を指定することにより、実験参加者間の発話量をある程度同一にすることができる。さらに、本研究では、この朗読を用いたことによる影響も確かめるため、自由会話時のシンクロニーの測定も行った。

2. 方法

実験計画

実験は、1人の実験参加者が、一人朗読条件、二人朗読条件、自由会話条件を行うという一要因3水準の実験参加者内計画で実施した。

実験参加者

実験参加者は大学生40名（男性20名、女性20名）であり、実験では初対面の同性ペアを構成した。また、実験参加者の年齢範囲は18～25歳であった ($M=20.70$, $SD=1.57$)。

手続き

実験参加者は事前に生体センサーBITalino (Plux社) を装着し、一人朗読課題、二人朗読課題および自由会話課題を行った。その際、心電図センサー（サンプリング周波数1,000Hz）を用いて、二者の心電図を測定した。音声はビデオカメラ（HDR-PJ670, Sony）に無線接続されたワイヤレスマスク（ECM-AW4, Sony）によって収録し、映像データとして記録した。

まず、一人朗読課題では、宮沢賢治作「よだかの星」を使用し、5分間で読めるところまで朗読を行った。次に、二人朗読課題においては、初対面で構成された2人の実験参加者は向かい合わせで椅子に座るよう指示され (Figure 2)、宮沢賢治作「注文の多い料理店」を2人で交替しながら最後まで朗読を行った（約15分間）。このとき、各々が朗読する箇所は、台本内に網掛けして指示した。最後に、自由会話課題においては、朗読を試みた感想、本を読むのは好きか、普段どのような本を読むかの3つのテーマに関して5分間自由に会話を行った。なお、一人朗読課題と二人朗読課題における実施順はカウンターバランスをとった。

タッピングテンポは大石・尾田 (2006) の方法に倣い、一人朗読条件実施前並びに二人朗読条件実施後に次の

ように測定した。まず、実験参加者は10秒間「できるだけ速いテンポで」タブレットを打叩した。次に、「今のように自分にとってストレスのかかるような無理なスピードではなく、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」1分間打叩を行うよう指示され、測定を行った。

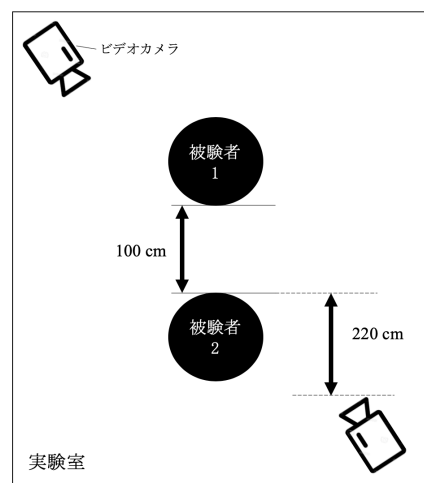


Figure 2. 実験室の配置

分析

1,000 Hz で得られた心電図から RR 間隔を抽出した。ここから3次スプライン補間を行うことで4 Hz の RR 間隔の時系列を算出した。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 (0.025～4.0 Hz 区間)。これは2つの時系列の局所的な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 RR 間隔の類似性を評価するために用いた。具体的には、二人朗読条件と自由会話条件におけるペア間の RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスを算出するとともに、実際にはペアで朗読実験を行ったわけではないが、一人朗読条件におけるシンクロニーの程度についても比較対象として算出した。なお、一人朗読課題と自由会話課題はそれぞれ5分間の課題であったが、二人朗読課題は10分を超えるものであったため、分析は3区間に分けてそれぞれ行った。各区間について、序盤は朗読開始から4分間、中盤は朗読所要時間の中央値から前後2分間を切り取ったもの、そして終盤は読み終わりから4分間であった。本論文における分析対象区間については、ウェーブレット・コヒーレンス算出時に抽出した0.025 Hz～4.0 Hz 区間の内、最もシンクロニーの値が顕著である区間(0.1

～1.0 Hz) を扱った。

タッピングテンポについては、タブレット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。安定したデータを取り出すため、最初と最後の3タップは除外し、タップ間隔を図示した際に明らかに外れている値は除外した。その後、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、タッピングテンポは正規分布に従わないと考えられるため、分析には対数変換後の値を用いた。

発話テンポについては、一人朗読条件では朗読台本のモーラ数を測定し、5分間で朗読されたモーラ数に基づき「モーラ数÷時間 (s)」で計算した。二人朗読条件についても、同様に一台詞ごとにモーラ数を測定し、その後、各発話における時間を計測することで算出した。この際、二人朗読課題において話者の交替にかかる話者交替潜時は除外した。さらに、発話テンポについてもタッピングテンポ同様、対数変換後の値を用いた。

3. 結果

まず、測定した二種類のパーソナルテンポについて、タッピングテンポ (beats per minute) の二者間の差の絶対値の平均値を Table 1 に、一人朗読条件前におけるタッピングテンポの分布を Figure 3 に示した。一人朗読条件前 (ベースライン) と二人朗読条件後の値を対応のある t 検定により比較したところ、条件間での差は認められなかった ($t(19) = 0.40, p = .70$)。このことから、タッピングテンポは今回の実験操作によっては速くなったり遅くなったりしないということが示された。また、発話テンポについて、一人朗読条件における発話テンポの分布を Figure 4 に示した。タッピングテンポと発話テンポの間には有意な相関は認められなかった ($r = .15, p = .35$)。

Table 1

ペア間におけるタッピングテンポの差の絶対値 (bpm)

	$M(SD)$	95%CI
一人朗読条件前	44.61 (50.27)	[22.58, 66.64]
二人朗読条件後	46.38 (49.21)	[24.81, 67.95]

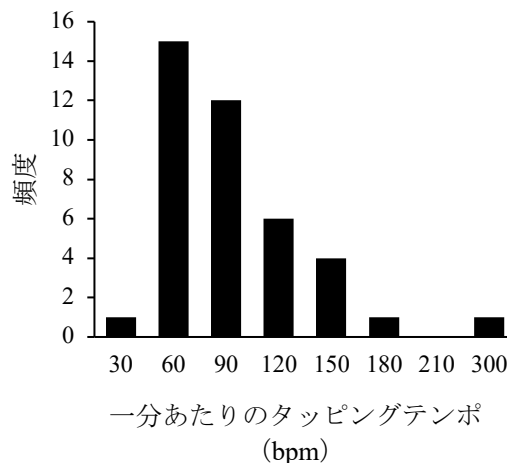


Figure 3. 一人朗読前におけるタッピングテンポ

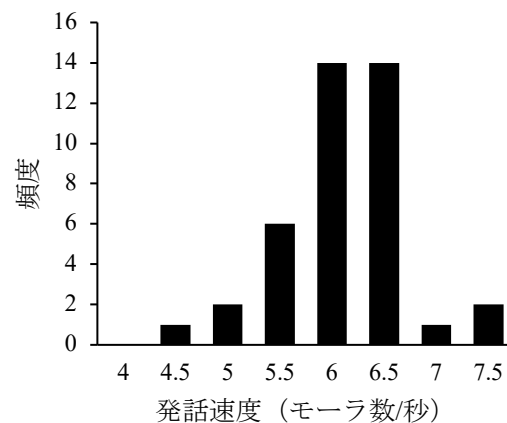


Figure 4. 一人朗読条件における発話テンポ

次に、条件による心拍のシンクロニーの比較を行うため、生理的シンクロニーを示す指標として用いた心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスについて、独立変数を実験課題条件とした一要因参加者内分散分析を行った。ウェーブレット・コヒーレンスは Fisher の Z 変換を行ったデータを使用した。Table 2 は、各条件におけるウェーブレット・コヒーレンスの平均値ならびに標準偏差を示す。Table 2 においては、タッピングテンポとの関連が認められた 0.1～0.2 Hz 区間および発話テンポとの関連が認められた 0.5～1.0 Hz 区間におけるシンクロニーの値を示した。

まず 0.1～0.2 Hz については、条件の主効果は有意傾向であったが ($F(4,76) = 2.33, p = .06$), Bonferroni の補正による多重比較では、有意な差を示すペアはなかった。これは、0.1～0.2 Hz における心拍のシンクロニーの値は時々刻々とは変化しなかったことを示している。

一方で 0.5～1.0 Hz 区間については、条件の主効果が

有意であった ($F(4,76)=3.70, p=.008$)。Bonferroni の補正による多重比較の結果、一人朗読条件と二人朗読条件の序盤において有意な差が認められた ($p=.04$)。このことは、0.5~1.0 Hz では、二人朗読条件の序盤において、一人朗読条件に比べ、心拍のシンクロニーが低下したことを示す。

Table 2

0.1~0.2 Hz 区間および0.5~1.0 Hz 区間における心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンス

条件	M(SD)	
	0.1~0.2 Hz	0.5~1.0 Hz
一人条件	0.37 (0.07)	0.40 (0.05)
二人朗読条件 (序盤)	0.33 (0.07)	0.37 (0.04)
二人朗読条件 (中盤)	0.34 (0.04)	0.40 (0.04)
二人朗読条件 (終盤)	0.37 (0.07)	0.38 (0.04)
自由会話条件	0.35 (0.05)	0.39 (0.05)

次に、パーソナルテンポと心電図 RR 間隔のシンクロニーとの関連について検討を行った。まず、タッピングテンポの差の絶対値とウェーブレット・コヒーレンス (Z変換後) の間のピアソンの相関係数を Table 3 に示した。ここから、タッピングテンポと二人朗読条件の序盤ならびに終盤に負の相関関係がみられた。これは、二人朗読条件における中盤を除く場面において、二者のタッピングテンポが近いほど、朗読時の心拍のシンクロニーが高いことを示す。比較対象として用いた一人朗読条件における生理的シンクロニーについては、相関係数は有意ではなかった。

さらに、発話テンポの差の絶対値とウェーブレット・コヒーレンスとの間の相関係数を Table 4 に示した。二人で朗読を行った際の心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスとの関連では、その中盤においてのみ負の相関関係がみられた。これは、二人朗読条件における中盤においては、個人が持つ発話テンポが二者間で類似しているほど、朗読時の心拍シンクロニーが高いことを示す。また、発話テンポについても、一人朗読条件における生理的シンクロニーとの相関は有意ではなかった。

Table 3

RR 間隔のシンクロニーとタッピングテンポの類似度との相関係数 (0.1~0.2 Hz 区間)

条件	r (p)
一人条件	.11 (.63)
二人朗読条件 (序盤)	-.44 (.05)*
二人朗読条件 (中盤)	.34 (.14)
二人朗読条件 (終盤)	-.60 (.01)*
自由会話条件	.10 (.98)

* $p \leq .05$

Table 4

RR 間隔のシンクロニーと発話テンポの類似度との相関係数 (0.5~1.0 Hz 区間)

条件	r (p)
一人条件	.01 (.95)
二人朗読条件 (序盤)	.10 (.67)
二人朗読条件 (中盤)	-.39 (.09)†
二人朗読条件 (終盤)	.42 (.06)†
自由会話条件	.07 (.76)

† $p < .10$

最後に、発話テンポについて、一人朗読条件と二人朗読条件における発話テンポ同士の比較を行った。一人朗読条件の発話テンポの差と二人朗読条件全体の音声シンクロニー (二者の発話テンポの差の絶対値) との間に、有意な相関が認められた ($r = .56, p = .01$)。また、Table 5 はペア間の個人の発話テンポの差 (一人朗読条件) と二人朗読条件の音声シンクロニーの相関関係を示す。個人の持つ発話テンポは、二人朗読条件の特に中盤と終盤において有意な相関が認められた。これは、ペア間における個人の発話テンポがもともと類似していることが、二人で朗読を行った際の中盤と終盤における音声シンクロニーを促進することを示す。

Table 5

二人朗読条件の各セクションにおける発話テンポと一人朗読条件の発話テンポとの相関係数

条件	r (p)
二人朗読条件 (序盤)	.30 (.20)
二人朗読条件 (中盤)	.57 (.01)*
二人朗読条件 (終盤)	.38 (.09)†

† $p < .10$, * $p < .05$

4. 考察

本研究の目的は、話者特性の一つであるパーソナルテンポが二者間の生理的シンクロニーに及ぼす影響を調べることであった。その結果、タッピングテンポの二者間での類似は、二人朗読条件の序盤および終盤の生理的シンクロニーと相関関係がみられることが確認された。さらに、発話テンポの二者間での類似は、二人朗読条件の中盤における生理的シンクロニーならびに音声シンクロニーと関連することが示された。

まず、タッピングテンポの類似度は、二人朗読条件の序盤および終盤において生理的シンクロニーと有意な相関を示した。中盤ではその効果がみられなかったが、中盤では一人発話時のテンポ（発話におけるパーソナルテンポ）との有意な相関が示された。これらの結果は、個人の時間的特性であるタッピングテンポや発話テンポが、二者間インタラクションの時々刻々の生理的变化に関わることを示す。とりわけ、従来の研究では、タッピングテンポと発話テンポの間には相関関係がみられるという研究が多かったが（金子・長谷川・野崎, 2017）、本研究の結果は、この両者が実際のコミュニケーションにおいて異なる役割を及ぼす可能性を示唆する。本研究では、二者間コミュニケーションにおける生理的シンクロニーが、朗読の始めと終わりではタッピングテンポが、中盤以降は発話テンポが、それぞれ関連することを示した。パーソナルテンポのうち、運動として表れるタッピングテンポと、音声として表れる発話テンポの役割について、今後詳細に検討する必要があるだろう。

次に、個人の発話テンポの類似度は、二人朗読条件の中盤において音声シンクロニーと正の相関を示した。大石・尾田（2006）は、話者間の発話のテンポが類似していれば、対話の初期段階からコミュニケーションが円滑に進むが、時間経過に伴いその相関係数は小さくなることを報告しているが、本研究では、それとは異なる結果が示された。大石・尾田（2006）では自由会話を課題としている一方で、朗読課題を使用した本研究においては、インタラクションの序盤では台本を読むことに集中していた一方で、中盤以降は課題に慣れ、二者のもつパーソナルテンポの影響がより反映されやすかったのかもしれない。本研究において、序盤における生理的シンクロニーの程度が小さかったことは、こうした課題の特性やインタラクション序盤にみられる両者の「気まずさ」を反映したものである可能性もある。中

盤を境に終盤では生理的シンクロニーと発話特性との相関係数が小さくなるという結果は、大石・尾田（2006）の報告する結果と一致していると考えられる。

個人の持つ時間的特性としての発話テンポがもともと二者間で類似していることによって、中盤以降の音声シンクロニーが促されるという現象は、生理的シンクロニーとの関連についても同様に認められた。これは、個人の持つパーソナルテンポの一つである発話テンポが、行動として発せられる二者間の音声シンクロニーだけでなく、生理的にも関連していることを示している。今後は時系列に沿ったシンクロニーの推移についてより検討を行うことで、生理的シンクロニーと発話テンポを含む行動面のシンクロニーとの関連について解明することが望まれる。

本研究においては、個人のパーソナルテンポを表す指標としてタッピングテンポと一人朗読時の発話テンポを用い、二者間のシンクロニーを表す指標として心電図RR間隔のウェーブレット・コヒーレンス（生理的シンクロニー）と二者間の話者テンポの類似度（音声シンクロニー）を使用した。その結果、パーソナルテンポが二者間のシンクロニーに及ぼす影響は時々刻々と変容することが示され、序盤および終盤においてはタッピングテンポと生理的シンクロニーが、中盤においては発話テンポと生理的シンクロニーが、中盤以降においては、発話テンポと音声シンクロニーが、それぞれ関連することが示された。生理的シンクロニーが低下するインタラクションの序盤において、二者の生理的シンクロニーが、タッピングテンポに近い者同士ではより高く保たれているという結果は、インタラクションの序盤におけるある種の「気まずさ」が、こうしたペアでは解消されやすいとも考えられ、今後に向けての実践的な示唆と捉えることもできる。とりわけ興味深いのは、タッピングテンポと生理的シンクロニーの相関関係が弱い中盤において、発話テンポと生理的シンクロニー、また発話テンポと音声シンクロニーの相関関係が互いに高まるということである。このことは、タッピングテンポ、発話テンポ、生理的シンクロニー、音声シンクロニーの相互関係が、時々刻々のインタラクションに伴って変化することを示唆している。今後、こうした複数指標の相関関係の時系列変化について、取り組んでいく必要があるだろう。

タッピングテンポそのものについては、二者間相互作用によって全般的な変化はみられなかったが、ペア毎に変化のパターンをみると、二度目の測定で値が近

づくペアや離れるペアなど、いくつかの変化のパターンが確認されている。Iwanaga (1995) が報告している70~100 bpm とはかけ離れた値も確認されたことから、タッピングテンポの測定には改善の余地があると考えられる。しかしながら、武中・奥井・小原・井上 (2006) が指摘するように、パーソナルテンポは心理状態や環境に応じて変化する可能性があり、不安定な指標であることも考えられる。そのため、今後の実験においては、パーソナルテンポの測定についてはタッピングによる測定だけでなく、聴取テンポなどの異なるテンポとの組み合わせにより検討を行うことで、より多様なパーソナルテンポの定義が可能となると考えられる。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、発話や身体動作等の行動面でのシンクロニーとどのように関わっているのか、またパーソナルテンポは二者間相互作用の中でどのような役割を担っているのかについて詳細に探究し、シンクロニーを支える要因の解明に貢献することを課題とする。

文献

- [1] 足立 幸祐・延谷 直哉・仲谷 善雄 (2011). パーソナルテンポに基づいた会話支援システムの提案 情報処理学会第73回全国大会, 4, 189-190.
- [2] Fujiwara, K., & Daibo, I. (2016). Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation, *Frontiers in Psychology*, 7(516), 1-9.
- [3] Iwanaga, M. (1995). Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 67-71.
- [4] 金子 もりの・長谷川 千紘・野崎 とも子 (2017). 日常生活における個人特有のテンポに関する一考察 千葉大学教育学部研究紀要, 65, 407-415.
- [5] 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.
- [6] 杉乃原 正純・相浦 義郎・松田 俊・平 伸二 (1993). 精神テンポに関する基礎的研究(7) 広島修大論集, 23(2), 120.
- [7] 武中 美佳子・奥井 沙智子・小原 依子・井上 健 (2006). 心拍を基礎としたテンポのリズム聴取による生理反応に関する研究 臨床教育心理学研究, 31(1), 43-45.