

# 脈拍数に基づいた同一テンポの BGM 共有による遠隔会話の支援手法の検討

## Investigation of a method to support remote conversation by sharing background music of the same tempo based on pulse rate

横山 洸樹<sup>†</sup> 伊藤 淳子<sup>‡</sup> 吉野 孝<sup>‡</sup>  
Hiroki Yokoyama Junko Itou Takashi Yoshino

### 1. はじめに

通信技術の発達や新型コロナウイルスの流行により、遠隔地でコミュニケーションを取ることが出来る Zoom<sup>1</sup> や Teams<sup>2</sup> などの、オンライン会議システムの利用場面が増加している。これらのシステムによる遠隔会話は、遠隔地から参加ができる利点がある一方で、会話の間が分からないことや、意思疎通がしづらい点から、精神的に疲労を引き起こしている [1]。こうした会話における「間」は、話者交替の時間間隔である交替潜時と捉えることが可能であり、適切な交替潜時で会話することは、コミュニケーションにおいて重要であると考えられる。しかし、遠隔会話では、対面と比べて映像や音声が遅延し、視線などのノンバーバル情報が不足するため、話者交替のタイミングがはかりづらい [2]。

このような話者交替のタイミングのはかりづらさを改善する手法として、パーソナルテンポに応じたリズムを会話相手に呈示する手法が検討されている [3][4]。この手法において、交替潜時や発話テンポは、会話時に発生する潜在的なリズムとして定義されている。そして、これらのリズムは、個人が固有で持つパーソナルテンポと相関があるとされ、個人間の交替潜時や発話テンポのずれを調整することによって、より円滑な会話に繋がることが期待されている。また、音楽の呈示は、行動や認知に影響を与えることが報告されており [5][6]、話者間のテンポのずれを調整する手法として期待できる。しかし、延谷らの手法は、対面の会話における効果を検証したものであり、リズムの呈示が遠隔会話の間の取りづらさの改善に効果を与えることは明らかになっていない。

そこで本研究では、遠隔会話の間の取りづらさの改善を目標とし、同一テンポの BGM を共有する遠隔会話の支援手法を検討する。この研究で検証する内容は以下の 2 点である。まず、同一テンポの BGM の共有によって、参加者同士の交替潜時や発話テンポに与える影響を検証する。次に、間の取りやすさに対する主観評価をアンケートで問い、提案手法の有効性を考察する。

### 2. 関連研究

本章ではまず、交替潜時や発話テンポに対する効果を表す指標の参考として、非対面環境における話者交替に関する

研究について述べる。次に、音楽聴取によるコミュニケーションの変容が起こる事例として、音楽のテンポとコミュニケーションに関する研究について述べる。そして最後に、本研究でテンポの基準とする脈拍数と BGM に関する研究について述べる。

#### 2.1 非対面環境における話者交替に関する研究

会話の間と定義できる話者交替の時間間隔は、会話において重要であると考えられている。そのため、話者交替の交替潜時や、話者交替の際に生じる発話衝突は、会話を評価する指標として用いられている。

長岡ら [7] は、コンピュータと人間の円滑な音声対話システムを構築するため、人間同士の音声のみによる会話を分析し、2 者間の交替潜時の類似について調査した。この調査の結果、親しい 2 者間の会話において、話者間の交替潜時は近似することや、2 者の組み合わせによって近似する交替潜時が異なることを明らかにしている。また、音声情報のみの会話において、2 者間の交替潜時が類似していることから、音声内に含まれるノンバーバル情報が 2 者間の類似に関連することが示されている。そして、会話者同士が、相手の交替潜時に応じて自らの交替潜時を変化させ、交替潜時を互いに合わせていることが推察されている。

中矢ら [8] は、遠隔会話における発話衝突の特徴の解明を試みた。発話衝突による先行発話の阻害に着目し、対面会話とオンライン会議システムを利用した会話を分析した。この研究では、遠隔会話の発話衝突の生起頻度は対面会話より少ないが、発話衝突後に発話を中止する割合が対面より高いことが明らかにされている。

これらの結果から、交替潜時の類似や発話衝突の回数を指標として調査することにより、提案手法の効果を分析することが可能であると考えられる。

#### 2.2 音楽のテンポとコミュニケーションに関する既存研究

本研究では、音楽のテンポによる会話行動の変容を調査する。既存研究では、聴取する音楽のテンポの違いにより、会話行動が変容した研究がいくつか報告されている [5][9][10]。

小林ら [5] は、光色と BGM の種類がカフェでの会話行動に与える影響を調査した。実験の結果として、アップテンポの BGM によって、より視線を合わせるようになり、会話量が増し、会話音量が大きくなる傾向が確認されている。

大野ら [9] は、被験者同士が異なるテンポのメトロノーム音を聴取した場合と、同じテンポのメトロノーム音を聴取した場合の、時間当たりの発話衝突回数の違いを比較した。比較の結果として、異なるテンポの聴取により発話衝突の回数が有意に増加することが確認されている。また、大野らは、この結果をもとに、テンポ条件を指定せず、自身にのみ聴取可能な好みの音楽を用いたコミュニケーションの

<sup>†</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科, Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>‡</sup> 和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>1</sup> Zoom Cloud Meetings: <https://explore.zoom.us/ja/products/meetings/> (2023 年 7 月 20 日 確認)

<sup>2</sup> Microsoft Teams: <https://teams.microsoft.com/> (2023 年 7 月 20 日 確認)

円滑化手法を検討している [10]. 実験結果として、音楽の聴取により会話中の緊張が緩和されることがアンケートによって示されている。そして、音楽聴取により、落ち着きながら会話が可能であることが、発話速度や会話中の沈黙の回数から示唆されている。

これらの研究結果から、音楽のテンポが会話行動に対して影響を与え、会話の間の取りづらさの改善へとつながる可能性が示されていると考えられる。また、大野らの手法と同様に、音楽聴取により緊張が緩和され、落ち着きながら会話が可能になると考えられる。しかし、大野らの手法を、遠隔会話に適用した場合、異なるテンポの聴取によって発話衝突が増加する可能性が考えられる。そのため、本研究では同一テンポの楽曲を共有する手法による会話支援を検討する。

### 2.3 音楽と脈拍数の関係性

音楽の聴取は、人間に対して様々な影響を与えることがこれまでに明らかにされている。音楽のテンポと心拍の関係はその一つとされており、生理現象や精神状態に影響を与えることが報告されている [6][11][12].

福本ら [6] や Reinhardt [11] は、音楽のテンポの変化と心拍数の関連性を検証した。これらの研究では、それぞれ計測手法は異なるが、徐々に遅くなるテンポと心拍の間に同期現象が発生することが確認されており、音楽のテンポによる生理現象への影響が示されている。

堀田ら [12] は、心拍数に基づいてテンポを決定した音楽の聴取による、リラクゼーション効果を検証した。検証に用いられた音楽は、心拍間隔 (RRI:R-R Interval) に応じて常にテンポが変動する心拍テンポの音楽、実験前に測定した平均心拍数を元にした固定テンポの音楽、平均心拍数±5の範囲でランダムに変化させた音楽の3種である。これら3種を比較した結果、心拍テンポと固定テンポは、ランダムテンポと比べてリラクゼーション効果が高いことが示されている。このリラクゼーション効果の違いは、心拍とパーソナルテンポの同調が関連していると考察されている。

これらの研究結果から、心拍数は個人のパーソナルテンポと関連しており、タッピングに表出するパーソナルテンポを呈示する手法 [3] と同様に、心拍数に基づいたテンポの音楽の共有による支援が可能であると考えられる。そのため、本研究では、共有するBGMのテンポの基準として、心拍数と同値であり会話中の測定が容易である脈拍数を用いる。また、共有するBGMのテンポは同一であるが、遠隔会話の参加者の脈拍数はそれぞれ異なることから、参加者それぞれの脈拍数を平均した値をテンポの基準として用いる。そして、脈拍数の平均に近いテンポのBGMを共有することによる、話者間の交替潜時や発話テンポ、発話衝突回数への影響を検証する。

## 3. 提案手法の検証実験

本研究では、遠隔会話における間の取りづらさに対し、脈拍数に基づいた同一テンポのBGMの共有による会話の支援手法を検討する。そのため、先行研究で明らかにされていない、遠隔会話の話者交替における、脈拍数に基づいた同一テンポのBGMの共有による影響を検証する。

本章では、提案手法の検証実験について、実験概要、実験の手順、評価指標、実験に利用する脈拍数、遠隔会話の

交替潜時に対する留意点の順に述べ、最後に今後の実験について述べる。

### 3.1 実験概要

遠隔会話の話者交替に対する、脈拍数に基づいた同一テンポのBGMの共有による影響を検証する。そのため、脈拍数に基づいたテンポのBGMを聴取中の会話と、BGMを流さない会話の比較実験を実施する。比較する内容は、遠隔会話に参加する2者間の会話である。2人1組となる被験者の組み合わせは、会話の間に詰まっていることが想定される、会話の機会が少ないペアを予定している。

実験に用いるBGMは、田中らの研究 [13] でテンポを変更して用いられた、モーツァルト作曲の「ピアノソナタ第7番 第3楽章」である。この楽曲は、歌詞のないクラシック音楽であり、会話の妨害になりづらいと考えられる。BGMのテンポは、BPM60から120の間で5ずつ間隔をあげ、計13パターン用意する。そして、被験者2名の脈拍数の平均値に近いテンポのBGMを、比較実験に用いる。

2名の被験者は、周囲の状況による影響を可能な限り減らすため、同じ構造を持つ別の部屋に分かれた上で、会話することを予定している。また、実験者はBGMの共有のため、被験者とは別の部屋から、カメラをオフ状態、マイクをミュート状態にして遠隔会話に参加する。

会話の内容は、被験者が会話を十分に行えるように、大野らの研究 [10] と同様に、実験者側で用意した会話のテーマに対し、そのテーマの上位5位を話し合っ決定するタスクを採用する。また、大野らの研究と同様に「お笑い芸人といえば」「旅行したい海外の国といえば」「キャンパス付近の美味しい店といえば」「日本を代表する漫画といえば」の4つを会話のテーマとして用いる予定である。

比較実験では、脈拍数に基づいて実験者がBGMを共有する必要がある。そのため、サウンドの共有機能によってBGMを流すことが可能となるZoom Cloud Meetings<sup>3</sup> (以降Zoomと表記) をビデオ会議システムとして用いる。そして、実験中のZoomの画面と音声は、Windows10に標準搭載されている画面録画機能を用いて、各被験者視点で録画する。また、画面録画機能を用いて会話を録画した場合、BGMも会話と同時に録画されるため、発話終了のタイミングが分かりづらくなる可能性がある。そのため、Zoomのレコーディング機能を用いて会話を個別に録音し、各被験者の発話終了のタイミングを確認する。

### 3.2 実験の手順

脈拍数に基づいたテンポのBGMを聴取中の会話と、BGMを流さない会話の比較実験を実施する。実験の手順は、以下の通りである。

- (1) 被験者2名は個別の部屋に分かれ、それぞれが利用するPCの前に着席する。
- (2) 会話中の脈拍を測定するために、スマートウォッチを装着する。
- (3) 比較実験の前に3分程度の会話をしながら、平均脈拍数を測定する。

<sup>3</sup>Zoom Cloud Meetings:<https://explore.zoom.us/ja/products/meetings/> (2023年7月20日確認)

- (4) 2名の平均脈拍数から、BGMのテンポを決定する。
- (5) 2つの条件下で、それぞれ10分程度会話し、その様子を録画する
- (6) 各条件下の会話終了後、被験者にアンケートを実施する。

(3)で測定する平均脈拍数は、比較実験前の会話の内、最後の1分間の平均脈拍数を用いる。また、(5)(6)で各条件を実施する順序は、順序効果を考慮する。

### 3.3 評価指標

会話の比較に用いる指標は、交替潜時、発話テンポ、発話衝突回数<sup>3</sup>の3つである。交替潜時は、前の話者が話し終えた後、次の話者が話し出すまでの経過時間である。発話テンポは、音の長さの指標であるモーラ数を話している時間で割った値である。発話衝突回数は、話者交替の際に発話が衝突した回数である。これら3つの指標を分析することにより、BGMによる会話行動への影響を検証する。ただし、小林ら<sup>[5]</sup>と同様に、相槌は話者交替と見なさずに分析する。

会話中のBGMの影響を調査する上で、BGMの呈示が会話者の阻害となり、会話行動の指標に影響を与える可能性を考慮する必要がある。そのため、会話後の被験者へ、会話中の間の取りやすさに関するアンケートを実施する。そして、アンケートによる主観評価の結果を分析し、会話行動の指標に対する影響を考察する。

### 3.4 実験に利用する脈拍数

比較実験では、BGMのテンポを決定する基準として、堀田らの研究<sup>[12]</sup>で固定テンポとして定義されていた、参加者の1分間の平均脈拍数を測定する必要がある。また、測定された脈拍数をもとに、実験者は2名の脈拍数の平均と近いテンポのBGMを、別の部屋から遠隔で共有する必要がある。そのため、多田らの研究<sup>[14]</sup>で提案された、LG Watch R<sup>4</sup>から脈拍を取得し、Nexus5<sup>5</sup>でデータ処理を行った後、サーバに送信するシステムを利用し、被験者の平均脈拍数を遠隔で確認する。LG Watch Rは腕時計型スマートデバイスであり、Nexus5はAndroid OSのスマートフォンである。また、サーバについては、リアルタイム同期型のデータベースが使用可能な、Googleが提供するクラウドサーバであるFirebase<sup>6</sup>を利用する。

共有する指標は1分間の平均脈拍数であり、1秒に1度取得した瞬時脈拍数のデータを用いて過去1分間の平均脈拍数を算出している。図1は、実際にシステムで共有された脈拍数の指標であり、それぞれ現在の脈拍数(BPM)と参加者を識別する番号(Participant)、1分間の平均脈拍数(average)、データを取得した日時(record time)となっている。

### 3.5 遠隔会話の交替潜時に対する留意点

比較実験では、各被験者が利用するZoomの画面を録画する。各被験者の画面を録画する理由として、遠隔会話に

<sup>4</sup>LG Watch R : <https://www.lg.com/jp/mobile-accessories/lg-W110> (2023年7月20日確認)

<sup>5</sup>Nexus5 : <https://www.lg.com/jp/mobile-phone/lg-D821> (2023年7月20日確認)

<sup>6</sup>Firebase : <https://firebase.google.com/> (2023年7月20日確認)

BPM: 76

Participant1: 1

average: "73.45"

record\_time: 2023年7月14日 0:25:16 UTC+9

図1: サーバに保存されたデータ

おける通信遅延により、前の発話者視点と次の発話者視点における交替潜時が異なる値を示す事が挙げられる。実験者が、前の発話者視点と次の発話者視点における交替潜時の差を事前に確認した結果、160ms程度であった。この結果から、次の発話者による発話は、前の発話者視点では遅れて聞こえており、交替潜時の分析に影響を与える可能性が考えられる。そのため本研究では、上記の点を考慮し、各被験者ごとのZoomの画面を録画する。そして、各被験者の視点における、相手側の発話終了が確認されたタイミングから、被験者自身が発話するまでの時間を、話者交替の交替潜時として定義し、分析対象とする。

### 3.6 今後の実験について

本章で述べた実験計画をもとに、遠隔会話における話者交替に対するBGMの影響を調査する。そして、留意点で挙げた通信遅延を考慮して、交替潜時に対する分析を行い、その結果をもとに、遠隔会話の間の取りづらさを改善するシステムを検討する。

## 4. おわりに

本研究では、遠隔会話の間の取りづらさの改善を目標とし、脈拍数を基にした同一テンポのBGMを共有することによる、遠隔会話の支援を検討する。そのため、先行研究で明らかにされていない、遠隔会話の話者交替における、脈拍数に基づいた同一テンポのBGMの共有による影響を検証する実験について述べた。今後は、3章で述べた実験を実施し、分析結果をもとに、遠隔会話の間の取りづらさを改善する手法の検討を進めていく。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(C)(JP22K12110)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 一般社団法人オンラインコミュニケーション協会: "【プレスリリース】オンライン会議に関する実態調査を実施しました." <https://onlinecommunication.jp/216/> (2023年7月7日閲覧)
- [2] 玉木 秀和, 東野 豪, 小林 稔, 井原 雅行, 岡田 謙一: 遠隔会議における発話衝突低減手法, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.7, pp.1797-1806 (2012)
- [3] 延谷 直哉, 仲谷 善雄: パーソナルテンポ支援による会話支援システム, 情報処理学会第72回全国大会講演論文集, Vol.2010, pp.193-194(2010)

- [4] 足立 幸佑, 延谷 直哉, 仲谷 善雄: パーソナルテンポを利用した2者間の会話円滑化支援の試み, 情報処理学会第74回全国大会講演論文集, Vol.2012, No.1, pp.223-224 (2012)
- [5] 小林 茂雄, 小口 尚子: 光色とBGMの種類がカフェでの会話行動に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol.71, No.599, pp.143-150 (2006)
- [6] 福本 誠, 楠 芳之, 長島 知正: 音楽のテンポと心拍の同期現象 Sychrogram による同期状態の検出とリラクゼーション効果への影響, 感性工学研究論文集, Vol.4, No.2, pp.17-24 (2004)
- [7] 長岡 千賀, 小森 政嗣, 中村 敏枝: 対話における交替潜時の2者間相互影響, 人間工学, Vol.38, No.6, pp.316-323 (2002)
- [8] 中矢 明歩, 岡本 雅史: オンライン会話における発話重複—先行発話への阻害に着目して—, 人工知能学会研究会資料 第94回言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-094-13, pp.70-77 (2022)
- [9] 大野 直紀, 中村 聡史: 独立した音楽視聴時の会話円滑化手法の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2018, No.5A1-2, pp.1-5 (2018)
- [10] 大野 直紀, 徳久 弘樹, 中村 聡史: 自身のみ聴取可能な音楽を用いたコミュニケーション円滑化手法の提案, 情報処理学会 研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), vol.2019-GN-106, No.22, pp.1-7 (2019)
- [11] Reinhardt, U.: Investigations into Synchronization of Heart Rate and Musical Rhythm in a Relaxation Therapy in Patients with Cancer Pain (German), Research in Complementary Medicine, pp.135-141 (1999)
- [12] 堀田 晴子, 澤村 貫太, 井上 健: 被験者の心拍数に応じたテンポによる音楽聴取時の心拍変動について, 臨床教育心理学研究, Vol.33 No.1, pp.1-8 (2007)
- [13] 田中 吉史, 水口 加菜: 背景音楽の調とテンポの変化が文脈依存記憶に与える影響, 日本認知心理学会発表論文集 日本認知心理学会第11回大会, 日本認知心理学会, pp.163-163 (2013)
- [14] 多田 有輝, 伊藤 淳子, 吉野 孝: 遠隔会議における複数参加者の心拍の可視化と共有, 2021年度情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, G-77, pp.1-2 (2021)