



# 遠隔就労者間の社会的連帯感の向上のための テレソニフィケーションの提案

李 伊セイ<sup>1)</sup>, 楊 期蘭<sup>1)</sup>, 葛岡 英明<sup>1)</sup>

1) 東京大学 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, isei-li@cyber.t.u-tokyo.ac.jp, chilan.yang@cyber.t.u-tokyo.ac.jp, kuzuoka@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 遠隔就労の普及に伴い、非言語的な手がかりの不足から孤独感が増加し、協働意欲や組織内の社会的連帯感が低下する問題が顕在化している。視覚的な情報を用いた従来のアンビエントディスプレイは、ユーザが画面や照明などに意識を向ける必要があり、作業への集中を妨げるという課題があった。そこで本研究では、遠隔就労者のリアルタイムの状態検出と音楽提示を利用したアンビエント聴覚ディスプレイシステムを提案した。また、提案システムのユーザスタディに向けて、音楽から連想されるモードに関する予備調査を行った。

**キーワード:** 遠隔コミュニケーション、ソニフィケーション、アンビエントコミュニケーション

## 1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の流行とリモートコミュニケーション技術の発展に伴い、リモートワークが急速に普及し、多くの企業で一般的な働き方として採用されている [1]。リモートワークは、通勤負担の軽減や柔軟な働き方を可能にする一方で、組織内のコミュニケーションや関係構築に与える影響が新たな課題として浮上している [2]。既存のコミュニケーション手段、例えばメール、Slack、Zoom などは、テキスト、音声通話、ビデオといった多様な手段を通じて遠隔地との意思疎通を促進する。また、臨場感を高めるため、VR 空間を活用した試みも報告されている [3]。

しかしながら、これらの手段はリアルタイムの情報交換には有効であるものの、**常時的な状況把握**が必要な場合には課題が伴う。情報を参照する側にとっては、注意散漫や作業効率低下のリスクがあり、情報を提供する側にとっても、プライバシー侵害感や心理的負荷を生じる可能性がある。そのため、**注意力の散漫や心理的負荷**を最小限に抑えつつ、常時的な状況提示が可能な手段が求められている。

加えて、既存の遠隔コミュニケーション手法は、プロジェクトにおける共同作業や業務上の情報伝達といった強い動機付けが必要な場面に限定されがちであり、相手の行動から自ずと生まれる相互理解や、日常的な雑談といった、より自発的な交流の場には適していない。従来の対面環境では、表情や身振り手振り、活動状況など、**豊富な非言語的な手がかり**が存在し、同僚の活動を自然に理解し、他者への印象を常時更新・管理することで、組織内の**社会的存在感**を容易に維持することができた [2]。しかし、リモートワークにおいては、限られたカメラアングルや、特定の要件がある時にしか共有されない行動などにより、重要な非言語的な手がかりが失われ、現在の活動や感情を把握しづらく、印象の更新が困難になるという問題がある。

特に、同一プロジェクトに属さず、直接的なコミュニケー

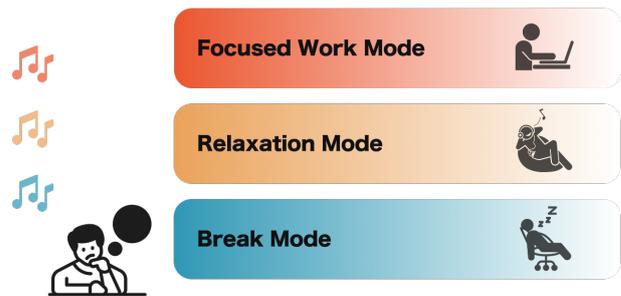


図 1: 異なるバックグラウンドミュージックによって遠隔地の相手の現在の行動を自然に連想させる。

ション機会が少ない同僚間では、これらの非言語的な手がかりが失われることは、交流の機会を大きく損なうことを意味する。同じ作業で協働する強い繋がりのあるメンバーは、頻繁なコミュニケーションを通じてビデオ通話やチャットなどで相手の状況や感情をリアルタイムで把握しやすい。このような状況把握は、円滑な協働を促し、組織の連帯感を高める上で重要である。一方、弱い繋がりでのメンバーは、直接コミュニケーションの機会が少なく、相手の状況を把握する動機や手段も不足している。これは組織内の孤立感や協働意欲の低下を招き、ひいては組織のイノベーションに悪影響を与える可能性がある [2]。そのため、**組織のイノベーション促進**には、弱い繋がりでのメンバーが間接的に相手の状態を判断できる手段が必要であり、社会的連帯感の向上が不可欠である。

遠隔地における繋がりを深めるため、光などの視覚的な情報を用いて非言語的な手がかりを提示するアンビエントディスプレイが提案されてきた [4]。しかし、これらの手法は視覚的注意を向ける必要があり、ユーザーの作業を妨げることが考えられる。他方、ソニフィケーションの分野では、相手

の非言語的の手がかりを音声にすることで、注意を妨げずに共同作業を支援する研究や連続的な情報モニタリングシステムに関する研究が行われている [5][6]。ソニフィケーションは、視覚情報を占有することなく、聴覚チャンネルを通じて常時かつ周辺的な情報提示を可能にする。この特性は、リモートワークにおける同僚の状況認識 (awareness) の向上に寄与し、作業を妨げることなく共在感を促進する上で特に有効であると考えられる。

そこで、本研究では**遠隔地の就労者の行動を音声化する空間的音声を利用したシステム**を開発した。具体的には、遠隔地の相手の PC のアプリケーション利用状況およびキーボードとマウスの入力状況をセンシングし、その人の状態を「**作業モード** (集中して作業が捗っている状態)」、「**リラックスモード** (作業を中断してリラックスしている状態)」、「**休憩モード** (PC 操作がほとんどなく、体を休めている状態)」の3つに分類する。そして、そのリアルタイムの状態に応じ、ユーザーの環境に遠隔地の相手の現在の行動を自然に連想させるバックグラウンドミュージックを流す (図 1)。

このシステムを実装するにあたり、異なるテンポやジャンルの音楽を収集し、音楽と遠隔共同作業者の行動との関連性についてアンケート調査を行った。これにより、各状態に適した音楽を選定した。本システムにより、ユーザーの注意を妨げることなく、遠隔地の相手の行動を間接的に理解できることが期待される。

このシステムの効果を検証するため、組織内の弱い繋がりの同僚を対象に、1 週間のフィールドスタディを通して共在感、社会的連帯感、作業への干渉、プライバシー感知、行動動機の 5 項目について評価を行う予定である。

## 2. 先行研究

### 2.1 間接的・常時的な遠隔コミュニケーション支援

石井ら [7] は、人間の認知プロセスを意識的に注目を集中するフォアグラウンド情報と、潜在的に情報を処理でき、認知負荷が非常に低いアンビエント情報の 2 つに分類し、提案されているアンビエントメディアが、フォアグラウンド作業に影響を与えることなく、常時モニタリングしたい情報の提示に最適であることを示唆している。

遠隔コミュニケーション支援として、Light Bridge[4] という照明を用いたアンビエント情報提示の提案がある。これは、部屋にいる人の居場所に応じて遠隔の部屋の対応する場所の照明を調整し、場所と対応する照明の連動を用いて共同存在感を伝達するものである。これにより、相手の活動内容を間接的に推定可能となり、遠隔にいても細かな情報を常時共有できるメリットがあり、繋がり感と共同存在感の促進が示唆されている。

しかし、これらの視覚的手段は環境に視覚的な注意を向ける必要があり、リモートワークの場合、作業にとって重要な視覚情報を占有し、フォアグラウンド作業を妨げる可能性がある。このため、本研究では聴覚手段を用いたアンビエントディスプレイについて検討する。

### 2.2 ソニフィケーション

ソニフィケーションは、情報を非視覚的に伝える有効な手段として知られている [8]。これは認知負荷が低く、複雑なデータを直感的に理解することを可能にする。

ソニフィケーションという手段を用いて、注意を妨げずに共同作業を支援する研究は行われている [5]。また、IoT デバイスの状態情報をメロディックなアンビエントサウンドとして音声化する Ambient Rhythm というシステムが提案された [6]。このシステムでは、ユーザーが監視対象とするデバイスの音響サンプルを組み合わせて、プロセスや変数の連続的な状態を楽曲のリズム変化や周波数変化として表現することで、連続的な情報モニタリングを可能にしている。

この研究は、複雑なタスク遂行中でもユーザーが聴覚チャンネルで微細な変化を認識できるという特性を活用しており、ソニフィケーションのリモートワーク支援への応用可能性を示唆している。

### 2.3 音楽による情動誘発と非言語的情報伝達

音楽は、私たちの日常生活に深く根付いていて、仕事中に背景音楽を聴く人も少なくない。研究により、音楽が感情・情動を効果的に誘発・調整できることが示されている [9]。また、映画や演劇における状況提示として、バックグラウンドミュージックが効果的に利用されることは広く知られている。音楽の情動誘発効果を利用することで、情報を自然に伝達できることが期待される。

本提案は、これらの研究に着想を得て、背景音楽を媒介として、ユーザーの行動を可聴化することを目的とする。これにより、ユーザーは能動的な操作や注視を必要とせず、ソフトウェアを通じて収集・分析された必要データが適切な音楽に変換される。プライバシーを保護しつつ、存在感と状態を間接的に伝え、相手の行動理解を促進し、共同存在感を高めることを目指す。

## 3. システム設計

本提案システムは、視覚的な注意を分散させない**アンビエント聴覚提示手段**を用いて、一方のユーザーの現在の活動状態を検出し、リアルタイムに異なる BPM およびジャンルの音楽にマッピングすることで、組織内の弱い繋がりを持つ同僚に対し、間接的かつ常時的な遠隔コミュニケーション支援を提供することを目的とする。本研究では、特に就労時に頻繁に現れる以下の 3 つの状態に着目した。

- **作業モード (集中して作業が捗っている状態)** : 論文執筆、デザイン作業、プログラミング、ミーティングなどの行動。
- **リラックスモード (作業を中断してリラックスしている状態)** : YouTube 動画の視聴、アニメ鑑賞、ゲーム、雑談など、気分転換や心をリラックスさせる行動。
- **休憩モード (PC 操作がほとんどなく、体を休めている状態)** : 仮眠、休憩、外出など、体を休めている行動。

これら3つの状況に基づいて、システム的设计を行った。

### 3.1 状態センシング

本システムでは、Python を用いて、現在使用中のアプリケーションを検出し、その内容に基づいて「作業モード」または「リラックスモード」に分類する。

以下に分類例を示す。

- 作業モードのアプリケーション例: Visual Studio Code, Figma, Slack, Zoom, Microsoft Word など
- リラックスモードのアプリケーション例: Steam, Spotify, Apple Music など

また、ブラウザの使用状況については、YouTube, Netflix, X (旧 Twitter) などの動画・SNS サイトを閲覧している場合は「リラックスモード」に分類し、それ以外のウェブ閲覧は「作業モード」に分類する。ただし、プライバシーへの配慮から、具体的なページ内容の検出は行わず、この点は事前にユーザーへ明確に伝達する。

さらに、キーボードとマウスの入力状況も検出する。過去 60 秒間における操作回数が 10 回未満である場合、「休憩モード」と判断する。モードの頻繁な切り替わりを防ぐため、現在のモードが 5 秒間維持された後に、対応するモードへの変換を行う設計とした。

### 3.2 相互通信の構造

複数台のコンピュータ間での通信をサポートするため、Raspberry Pi を用いて MQTT ブローカーを構築した。各コンピュータ上で動作するセンシングソフトウェアは、ローカルネットワークを介して MQTT ブローカーと通信する。これにより、ブローカーを介して任意の 2 台のコンピュータ間で、現在の状態を送信・相手の状態を受信することが可能となり、受信した状態に基づいて各ローカル環境で適切な音楽を再生する (図 2)。

## 4. 音楽から連想されるモードに関する予備調査

提案システムのユーザスタディに向けて、どのような曲が各モードに対応すると判断されるか、また、曲から連想されるモードはユーザ間で一貫性があるかを予備調査した。

### 4.1 バックグラウンドミュージックの選定

歌詞のあるバックグラウンドミュージックは集中力と注意力に悪影響を及ぼすことが知られている [10]。そのため、フリー音楽のプラットフォームである Free Music Archive<sup>1</sup> から、歌詞の無い異なる 32 曲を用意した。選定した曲には、Pop や Hip-hop, Rock 等の 11 種類のジャンルを表すタグが 1 つ以上付与されていた。

### 4.2 手続き

予備調査は 8 名 (男性 6 名, 女性 2 名, 平均 24.5 ± 1.8 歳) に対して行われた。実験参加者は、音楽の視聴とアンケートへの回答からなる試行を計 32 回行った。音楽の視聴は、最低でも 10 秒以上行うように指示した。実験の所要時間は 10 分程度だった。

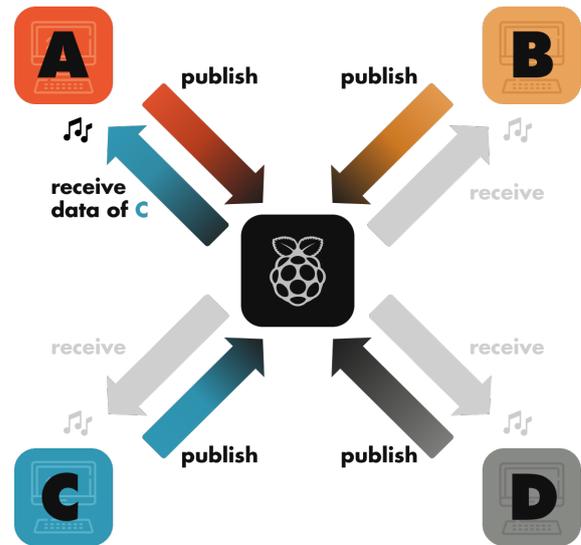


図 2: 各ユーザーから状態の送信・特定の遠隔相手の状態の受信 (例えば、A が C の状態を受信している) が可能となり、受信した状態に基づいて適切な音楽を再生する。

### 4.3 評価項目

これらの音楽が「遠隔作業者の状態を表している」と仮定し、音楽から「連想できる遠隔作業者の状態」について評価を依頼した。回答者には、音楽から連想した状態とその度合いに加え、相手の覚醒度、感情、ストレスについても評価してもらった。

### 4.4 結果と考察

8 名の回答結果を、図 3 に示す。Pop のタグが含まれる曲は、9 曲中 7 曲において作業モードを一番想起させた。また、Blues のタグが含まれる曲は、7 曲中 5 曲においてリラックスモードを一番想起させた。Ambient のタグが含まれる曲は、8 曲中 7 曲において、休憩モードを一番想起させた。特に、Ambient の 5 曲においては、全員が休憩モードを想起させた。

この結果から、ユーザ間で安定して特定のモードを想起させることができる可能性が示唆された。一方で、Pop の曲番号 12 番において、他の Pop の曲と異なり、全員がリラックスモードを想起させるなど、ジャンル内でも異なるモードを想起させる曲が存在した。Pop の曲番号 12 番は、他の Pop の曲よりもテンポが遅いなどの特徴が見られた。また、自由回答においても連想できるモードに対しては、テンポ、使用楽器、音量、リズムの安定性、そして普段各モードのシナリオでよく聴かれる音楽の印象を基準に判断していることが明らかになり、ジャンル以外の変数が存在することが示唆された。今後は、テンポや音色などの、ジャンル以外の変数と想起されるモードについて検討をすることが考えられる。これらの調査結果に基づき、今後の実験で使用する音楽を選定する予定である。

<sup>1</sup>Free Music Archive <https://freemusicarchive.org/home>

ジャンル 曲番号	Pop						Pop, Hip-Hop	Pop, Rock			Electronic, Techno			Rock	Ambient, Electronic	
	2	6	10	11	12	31	1	15	24	26	5	13	18	16	8	20
モード																
作業モード	87.5	0	62.5	87.5	0	87.5	75	62.5	87.5	62.5	87.5	87.5	75	0	0	75
リラックスモード	12.5	87.5	37.5	12.5	100	12.5	12.5	37.5	12.5	37.5	12.5	12.5	25	75	12.5	12.5
休憩モード	0	12.5	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	25	87.5	12.5

ジャンル 曲番号	Blues					Blues, Country	Blues, Folk	Country, Folk	Folk	Jazz	Ambient						
	3	7	19	22	30	32	14	17	21	28	4	9	23	25	27	29	
モード																	
作業モード	0	0	25	75	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
リラックスモード	87.5	50	75	25	75	87.5	100	50	50	75	0	0	0	0	0	12.5	
休憩モード	12.5	50	0	0	12.5	12.5	0	50	50	25	100	100	100	100	100	87.5	

図 3: 予備調査の結果。各曲番号に対し、どの程度の実験参加者が各モードを連想したかをパーセンテージで示している。

5. まとめと今後の展望

本稿では、視覚的な注意を分散させない聴覚提示手段として、遠隔就労者のリアルタイムの状態検出と音楽提示を利用したアンビエント聴覚ディスプレイシステムを提案した。本システムは、組織内の弱い繋がりを持つ同僚に対し、間接的かつ常時的な遠隔コミュニケーション支援を提供することを目的とする。作業への干渉やプライバシーへの侵害に配慮しつつ、遠隔就労者間の共在感と社会的連帯感の向上、さらには会話や協働意欲、そして同じ行動を取るなどの行動動機の促進が期待される。

今後は、提案システムの実際の効果を検証するため、フィールドスタディを実施し、その結果に基づいてシステムを改良していく予定である。また、現在検討している PC 操作の検出以外にも、非侵襲的な間接的センシング（例えば、IR センサーを用いた動きや位置の検出）や、ウェアラブルデバイスを用いたセンシングも考えられる。これらを現在の提案と組み合わせることで、より多様な状態検出が可能になると期待している。さらに、音楽提示についても、今回のアンケート調査内容を基に、AI を用いたパーソナライズされた音楽生成や、空間オーディオを活用し、空間的な要素（例えば移動や動き）を自然に提示できるシステムの構築も将来的な展望として挙げられる。

謝辞 本研究は、科研費 基盤研究 (B)(25K03172) の助成を受けた。

参考文献

[1] 総務省. (2024). 令和 6 年版 情報通信白書. 総務省.  
 [2] Yang et al., 2022. Distance Matters to Weak Ties: Exploring How Workers Perceive Their Strongly- and Weakly-Connected Collaborators in Remote Workplaces. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 6, GROUP, Article 44 (January 2022), 26 pages.  
 [3] Wei et al. 2024. Communication in Immersive Social Virtual Reality: A Systematic Review of 10 Years' Studies. In Proceedings of the Tenth International

Symposium of Chinese CHI. Association for Computing Machinery, 27–37.

[4] Jan Hommes and Michael Kipp. 2024. Light Bridge: Improving social connectedness through ambient spatial interaction. In Proceedings of the 2024 ACM Designing Interactive Systems Conference. Association for Computing Machinery, 1658–1665.  
 [5] Hermann et al., 2013. Sonification for supporting joint attention in dyadic augmented reality-based cooperation. In Proceedings of the 8th Audio Mostly Conference. Association for Computing Machinery, Article 18, 1–6.  
 [6] Chernyshov et al., 2016, Ambient Rhythm: Melodic Sonification of Status Information for IoT-enabled Devices. In Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things. Association for Computing Machinery, 1–6.  
 [7] Ishii et al., 1998, ambientROOM: integrating ambient media with architectural space. In CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems (pp. 173-174).  
 [8] Rocchesso et al., 2008, Sonic interaction design: sound, information and experience. In CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. Association for Computing Machinery, 3969–3972.  
 [9] Li et al., 2019, Music enhances activity in the hypothalamus, brainstem, and anterior cerebellum during script-driven imagery of affective scenes. Neuropsychologia, 133, 107073.  
 [10] Shih, Y. N. et al., 2012. Background music: effects on attention performance. Work, 42(4), 573–578.