

ConvoCerto

インタラクティブな協奏を行う音楽演奏エージェント

中村佑哉¹⁾, 植田蓮²⁾

1) インフォ・ラウンジ株式会社 (〒224-0032 神奈川県横浜市)

2) 高知工科大学 (〒782-8502 高知県香美市)

1. なにをつくるか

本提案は、非言語情報を活用したインタラクティブな協奏を行う音楽演奏エージェント「ConvoCerto」の開発を目指すものである。従来の伴奏システムでは、テンポ変化や音楽的な表情付けの実現自体は研究が進んでいるものの、演奏者を追従するだけで、共演者としてのインタラクションは十分とは言い難い。

そこで本システムでは、ユーザーを受動的に追従するのみではなく、

1. 演奏の途中で、システムが演奏状況に応じて「演奏者に追従する(フォロー)」か、あるいは「自ら演奏を主導する(リード)」を動的に切り替えるインタラクション制御

2. OpenPose¹⁾/ MediaPipe²⁾による身体動作解析を活用した視覚的合図の取り込み

を組み合わせることで、個人演奏家に対してこれまででないインタラクティブな演奏体験を提供する。

また、Web アプリケーションとして実装することで、ブラウザ上での利用を可能とし、ユーザビリティと普及性の向上を図る。さらに、OSS 化により、技術の民主化とイノベーションを促進するとともに、新たな合奏体験の場や音楽学習の環境を創出する。本システムにより、演奏者は場所や

時間を問わずインタラクティブなアンサンブルを楽しむことが可能になるだけでなく、音楽教育分野においても伴奏者不足や表現力向上の課題を解決すると期待される。

人間が互いの意思や関係性を築いたうえで生まれる深いコミュニケーションを、機械が完全に代替できるとは考えていない。しかし、個人での演奏を充実させる観点から捉えると、人工知能(AI)を活用した伴奏には幅広い可能性が残されている。演奏者の入力音を単に解析するだけに終わらず、意図をくみ取りながら伴奏の表現を絶えず変化させる仕組みが実現すれば、従来の個人での演奏では得られない対話的な演奏が可能になると考えられる。演奏機会が限られる奏者にとっては、一人であっても合奏のような対話的な演奏を楽しめることが、音楽への情熱を支え続けるかけがえのない体験となる。また、演奏機会に恵まれている奏者にとっても、伴奏の表現を細かく調整しながら反応を引き出せる環境は、従来の個人での練習では得られなかった高度なアンサンブル感覚や表現力を養う貴重な機会となると考える。

1.1 背景

楽器演奏において他者との合奏は、合わせるその一回ごとに一度限りの創造性と相互作用を体験できる、貴重なコミュニケーションの場と位置づけられる。複数の奏者が互いの意図を感じ取りながら音を重ねていく過程では、楽譜に書かれた通りの演奏だけでは得られない、奏者らならではの表現や音色が生まれる。様々な状況により、個

¹⁾<https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose>

²⁾<https://github.com/google-ai-edge/mediapipe>

人でソロ以外の曲を演奏する場合は、合奏を前提として書かれた楽譜の一部のみを演奏するため、充実度が下がるという問題が生じやすい。合奏の機会を得るには演奏団体への所属が一般的だが、地理的条件や時間的制約によって参加が困難な奏者が見受けられる。団体に所属している奏者も方針による選曲に左右され、自身の好みに合った楽曲を演奏できるかどうかは保証されない。前述の背景を踏まえると、一人でも合奏に近い臨場感を得られる環境が切実に求められている。既存の音楽伴奏システムは一定の役割を果たしているが、1.2節で述べるように合奏に求められるインタラクティブ性を十分に備えておらず、高度な表現追従やリアルタイムのフィードバックを実現する技術がさらに必要とされている。

1.2 従来伴奏システムの課題

ACCompanion[1]は演奏者のテンポや強弱、スラー・タンギングなどのアーティキュレーション³を含む多様な音楽表現パラメータをリアルタイムに解析し、ソリストの演奏スタイルに合わせて伴奏を生成することを目指している[2, 3]。ACCompanionの公式のデモ動画⁴では、MIDI入力に応じてテンポや強弱などが伴奏に反映される様子が確認できる。しかし、Cancino-Chacónらは文献[1]の5.2 Musician FeedbackでACCompanionを体験した演奏者から「初心者のような伴奏者との初見練習のようだ」「システムに対する信頼感を得にくい」という感想を得たと述べている。

また、Cancino-Chacónらは文献[1]の5.3 On Human-Machine Expressive Collaborationで、合奏における自然なコミュニケーションと信頼関係構築のために、「システムがいつフォローすべき

か、いつ自らリードすべきかを理解し、適切なタイミングで役割を切り替えることが重要であり、そのためには曲の長期的な音楽構造を考慮したテンポモデルの改良や、人間が演奏時に用いる非言語的な視覚的合図（呼吸や身体の動き、手や頭の動作など）の導入が有効である」と示唆している。実際の演奏現場においては、演奏者同士は曲に応じて主導的な「リーダー役」と、柔軟に応答する「フォロワー役」を交代しながら音楽的対話を深めていくことが一般的である。

近年の商用自動伴奏システムとして、フランスの音楽スタートアップ Antescofo の「Metronaut」⁵やヤマハ株式会社の「AI合奏技術」⁶が登場しているが、いずれも課題を抱えている。Metronautは楽譜を追従するわかりやすいUIで有名曲の伴奏音源を提供するものの、テンポが固定的であり演奏者の自由な表現が制限される。中村が実際に演奏した映像(<https://x.gd/48BH4>(添付資料:MetronautBrahmsDemo.mp4))をみると、伴奏が固定的なテンポのため奏者の表現が制限されていることが理解できる。た、動画で演奏しているブラームスのクラリネットソナタ2番のようにクラリネットとピアノのデュオでは基本、クラリネットが主旋律を演奏する場面が多いが、曲の中ではピアノがクラリネットより先にメロディーを演奏するなど、テンポや音楽表現で主導権を握る場面もあり、自然な役割交代が合奏の表現力を高める鍵となっている。一方、ヤマハのシステムは自動演奏ピアノとの組み合わせで高精度な追従を実現しているように見えるが、技術詳細やAPIが一般公開されておらず、実用化が限定的である。これらのシステムは演奏者の自由な表現に十分対応できていない点で共通の課題を持っている。

³楽曲中における音の繋ぎ方や発音方法（スラー、スタッカート、レガートなど）を示す総称

⁴https://youtu.be/Wtxcqp-sQ_4?si=DpEBrD-9wF5TXiLu

⁵<https://metronautapp.com/ja>

⁶<https://www.yamaha.com/ja/tech-design/research/technologies/muens/>

1.3 目的

1.1 節および 1.2 節で述べた従来の伴奏システムの課題を踏まえ、本プロジェクト「ConvoCerto」は、演奏者と AI 伴奏システムが自然なコミュニケーションを取り、柔軟かつ表現豊かな合奏体験を提供することを目的とする。具体的には、以下の要件を想定している。

1. ユーザーだけが主体になるのではなく、人間の共演者と意思疎通を測っているような体験を実現する。
2. OpenPose/MediaPipe による身体動作解析を活用した視覚的合図を取り込むことで、人間が通常の演奏時に行う非言語的なコミュニケーションを実現する。

1.4 システムの概要

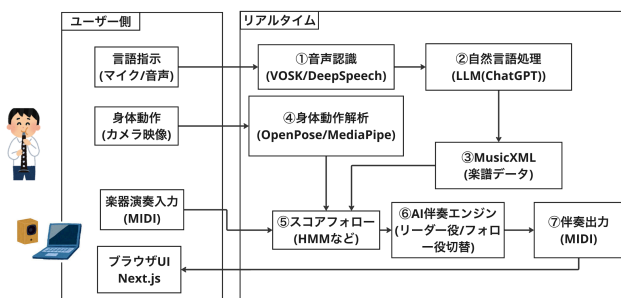


図 1: システム構成図

本システムでは、演奏者と伴奏システムが自然なやり取りを行いながら表現豊かな演奏を実現するため、従来の ACCompanion が備えていたスコアフォロー機能を大幅に拡張する。図 1 に提案システムの構成図を示す。

1.4.1 MusicXML の拡張とリード・フォロワー指定

MusicXML のリハーサルマークを活用し、特定小節でリード（AI 主体）かフォロワー（ユーザー主体）かをあらかじめ設定できる。小節タグに“Lead:strong”や“Follow:moderate”のような記

述を加えることで、演奏中のテンポ決定アルゴリズムを切り替える。（例：<measure number="32" rehearsal="Lead:strong">）

1.4.2 曲の入りなどでの <wait> や <listen> タグ

リード・フォロワー指定に加え、曲の冒頭や休符からの演奏再開時といった「一旦、息を合わせる」場面で<wait>や<listen>タグを用いる。例として、曲頭を<wait:2sec>と定義すれば、AI は 2 秒間テンポを固定せず、音声指示や身体動作から演奏開始を検知後に HMM テンポ推定を再開する。また、ユーザーが再演奏を示した瞬間に<listen>へ切り替えることで、AI 伴奏が音声・動作解析を優先して新たなテンポへ柔軟に追従可能となる。

1.4.3 ACCompanion の動的役割切り替え

ACCompanion では従来、演奏者の MIDI 入力を追従して伴奏を生成していたが、本研究では以下の拡張を行い、リード・フォロワーをダイナミックに切り替える。

1. リード・フォロワー強度の HMM 制御: MusicXML 内で指定された“Lead:strong”や“Follow:light”などを leadFactor, followFactor として HMM 遷移確率に反映。リード時は AI 側のテンポ目標を優先し、フォロワー時は演奏者の即興入力を強く追従する。
2. <wait>/<listen>機構: 曲頭や演奏再開タイミングで<wait>を検出した場合は HMM を一時停止し、音声・身体動作解析に集中。ユーザーが演奏スタートを明確に示した段階で<listen>へ遷移し、テンポ推定をリセットして合流する。
3. ポーズ推定の併用: 演奏者の上半身動作や

呼吸パターンを OpenPose/MediaPipe で解析し、息継ぎの長さやイントロ合図を補足情報として HMM へ与える。リード箇所でも演奏者が大きくテンポを揺らす場合は即時補正を行い、人間同士の柔軟なアンサンブルを再現する。

1.4.4 リハーサル時の自然言語操作

リハーサル時間を設定し、ユーザーは「32 小節目はリードを強めて」「冒頭で 2 秒待ってほしい」などの要望を音声指示で伝える。システムは拡張 MusicXML を自動更新し、AI 伴奏のロジックへ即座に反映する。GUI から小節番号を指定する代わりに自然言語を用いる点が新規性であり、テクニカルな譜面編集が不要となる。

実行フロー例

1. リハーサル入力: 「32 小節目はリード強め」「50 小節目の前に 2 秒待つように」などを音声で指定し、MusicXML の `rehearsal` 属性や `<wait>` タグを更新する。
2. 演奏開始: 曲冒頭で待機タグがある場合は、息遣いや動作から演奏開始を捉え、HMM テンポ推定を起動する。リード設定箇所では AI が主導し、フォロー指定箇所では演奏者のテンポ変化を重視する。

1.4.5 開発の前提

デジタル楽譜 (MusicXML) を用いてソロ・伴奏両パートを管理し、演奏者は MIDI 対応楽器で演奏する想定。解析には Partitura⁷や Mido⁸を活用し、AI 伴奏のリアルタイム生成を行う。管楽器における ClariMate⁹やサイレントブラス¹⁰等の

⁷<https://github.com/CPJKU/partitura>

⁸<https://github.com/mido/mido/>

⁹<https://clarimate.jp/>

¹⁰https://jp.yamaha.com/products/musical_instruments/winds/silent_brass/index.html

MIDI 変換デバイスを利用すれば、同等の仕組みを適用可能となる。

1.4.6 技術的基盤

スコアフォローイング

隠れマルコフモデル (HMM) で MIDI 入力を解析。リード・フォロー指定や待機タグを考慮し、状態遷移を柔軟に切り替える。

音声認識

VOSK や DeepSpeech で自然言語コマンドを取り込み、小節番号や待機時間を自動設定し、リハーサル時間中に繰り返し利用可能となる。

身体動作解析

OpenPose/MediaPipe で呼吸や息継ぎを推定し、曲の入りやイントロ部分で息を合わせる際のトリガを捉えて HMM 再開を制御する」。

1.4.7 ユーザインタフェースと差別化

Web アプリ (Next.js¹¹ベース) で楽譜を表示し、クリック操作や音声コマンドで `rehearsal` 属性や `<wait>` タグを編集できる。特別なソフトなしでブラウザとマイク・カメラがあれば利用できる。

OSS 化による普及 SmartMusic 等の独自実装と異なり、提案システムはオープンソースとして公開し、誰でも技術改良に参加可能とする。非公開仕様が多かった AI 伴奏分野への一石となり、研究や教育現場での活用が期待される。

自然言語の導入 専門的操作なしでも「○小節目から AI をリード主体に」「次の小節で 2 秒待ち」などと伝達でき、演奏者の意図を柔軟に反映でき

¹¹<https://nextjs.org/>

る。リハーサル時に生まれる楽曲表現の試行錯誤を効率化する点が独自性である。

1.5 現時点でどこまでできているか

1.5.1 ACCompanion を基にした MIDI スコアフォローの実装検証

演奏のテンポ変化・音量変化・アーティキュレーションを可視化し、リアルタイム追従可能なプロトタイプの動画を添付する。<https://x.gd/gH3Ty>(または添付資料:ACCompanionDemo.mp4) 公式のデモ動画と同じく、入力値のテンポや強弱に合わせて伴奏に変化が起きていることが、理解できる。現状では、演奏の身体動作との連動はできていない、1.2 で述べた「初心者的な伴奏者との初見練習のようだ」という ACCompanion の課題も伝わる。

1.5.2 MediaPipe での演奏者動作認識

クラリネット演奏時の上半身・指の動きを検出し、演奏タイミングや表現に関与する身体動作を推定する実験を行っている。<https://x.gd/C7vxR>(または添付資料:MotionCaptureDemo.mp4) こちらがデモ動画である。

演奏の自然な動きから演奏の始まりを検知する実験も行なっている。<https://x.gd/0MJC8>(または添付資料:ClarinetBlowDetectionDemo.mp4) こちらがデモ動画である。

2. どんな出し方を考えているか

2.1 リリース戦略

2.1.1 オープンソース公開と Web アプリケーション配信

本システムは、GitHub 上でソースコードをオープンソースとして公開し、Next.js を用いた Web アプリケーションとして無料で提供する。ユーザーはブラウザとマイク・カメラのみで利用可

能となり、ソフトウェアのインストールが不要である。

2.1.2 ロードマップ

短期目標 (2 次審査まで)

音声インタラクションや身体動作解析の初期版を組み込む。具体的には、ユーザーが「声で伴奏を操作できる」「身体の動きに伴奏が反応する」という体験を提供する。

中期目標 (採択後～1 年)

追従精度や動作解析の精度向上を図り、本格的なリハーサルモード（多段階のコマンド）やリーダー・フォロワーの自動切替アルゴリズムを実装する。また、Web UI の充実化を進め、信頼性と機能性を高める。

長期目標 (未踏後～事業化)

ユーザビリティの改善を継続し、教育現場（吹奏楽部や音楽教室）への導入検証を行う。さらに、著作権管理やサーバー負荷対策など、事業運営面の整備を進める。

2.2 デモンストレーション・普及活動

学会・未踏成果報告会

クラリネットやキーボードの実演で、音声指示と身体動作解析を利用したリアルタイム伴奏を披露。ユーザーアンケートを実施し、情報処理学会 コラボレーションとネットワーク研究会または DICOMO での発表を行う。

オンライン普及

GitHub でレポジトリを公開、YouTube や SNS でチュートリアル動画を配信して開発者・音楽愛好家を巻き込む。

3. 斬新さの主張、期待される効果など

3.1 新規性および技術的差別化

本システムは、従来の伴奏システムが抱える課題を克服し、より高度で柔軟な合奏体験を提供するため、以下の新規性と技術的差別化を有する。

高度なインタラクション

演奏者は自然言語を用いて、「ここはもう少し大きく」「テンポを下げる」といったリハーサル指示を柔軟に行うことで、演奏中だけでなく事前準備段階でも、演奏者の意図を伴奏に反映させることができる。

動的制御（フォロワー・リーダー切替）

演奏中に伴奏が自律的に主導したり、演奏者に追従したりと、状況に応じて役割を動的に切り替える機能を備え、より自然で人間的な合奏体験を実現する。

非言語コミュニケーション

OpenPose や MediaPipe などの技術を活用し、演奏者の頭や肩、呼吸などの身体動作を解析し、合奏時の視覚的合図に近い形でテンポ予測や表情付けに活かし、より一体感のある演奏を可能にする。

オープンソース公開による拡張性

一般ユーザー・研究者が自由に参入し、技術の改良や派生開発が可能。日本発の AI 伴奏技術が世界中に波及し、多様な形で応用されることが期待される。

3.2 期待される効果

個人演奏者への合奏体験の提供

孤独な練習環境においても、インタラクティブに反応する AI 伴奏により、飽きずに練習を継続でき、個人演奏者が合奏の楽しさを

体験し、モチベーションの維持・向上が期待される。

音楽教育への新たなアプローチ

伴奏者不足の解消やパート練習の効率化が図れる。自由な表情付けやテンポ変化をシミュレートすることで、学生の表現力や創造性を養うことが可能となる。AI を活用した音楽教育は、学習者の能力や表現力の向上に寄与するとされている。

技術の民主化と発展

OSS 公開によって、音楽ソフトウェア領域の新規参入を促進する。結果的に AI 音楽技術がより幅広いユーザーに普及し、多様なイノベーションが期待される。

4. 具体的な進め方と予算

4.1 主に開発を行う場所

主に、中村、植田のお互いの自宅で開発を行う。また、同じ環境で同じ音を聴く時間を多く取りたいと考えているため、2ヶ月に一度のペースでオフラインで会う場を設けようと検討している。

4.2 使用する環境・ツール

Web アプリ

Next.js, React.js, Tone.js, Web Speech API

音声認識&自然言語処理

VOSK/DeepSpeech, spaCy/BERT

画像処理・動作解析

Python, OpenCV, OpenPose/MediaPipe

機械学習

PyTorch, (必要に応じて Federated Learning)

楽器・デバイス

中村: Mac mini M4 Pro(メモリ:48GB) /

MacBook Pro M1(メモリ:16GB), クラリネット (BuffetCrampon E11), Clarimate, MIDI キーボード

植田: MacBook Air M2(メモリ: 24GB), デスクトップ PC(core i5-8500, 16GB, GTX 750Ti), デスクトップ PC(core i7-10700F, 32GB, RTX3060Ti), MIDI キーボード

4.3 作業分担

中村 (メイン実装者)

- NLP を用いたりハーサル機能の基礎開発
- Web Audio API, Tone.js を使った演奏同期処理
- 動的フォロワー/リーダー比調整
- 非言語フィードバック機能

植田 (サブ実装者)

- MIDI 操作プロトタイプ
- リアルタイム身体動作解析
- 各モジュールのテスト

4.4 開発線表

開発線表を図2に示す。プロジェクト採択後の6月から約3ヶ月間で、自然言語処理を用いたりハーサル機能や、MIDI 操作のプロトタイプ構築を行う。また、続く3ヶ月間をかけて、骨格推定を用いてリアルタイムにユーザーの演奏と同期する機能を実装する。12月から2月の3ヶ月間では、開発したモジュールの結合、テスト、およびベータ版公開とユーザーからのフィードバック反映を行う。

4.5 開発にかかわる時間帯と時間数

未踏期間の2025年6月23日から、2026年3月13日まで、37週間と4日ある。

中村 現在、所属するインフォ・ラウンジでの勤務を一週間あたり5日している。未踏に採択された場合は体力的、精神的にも未踏プロジェクトに集中したいため、一週間あたり4日以下にする契約を依頼しており、概ね承諾をいただいている。二次審査に進んだ場合は具体的な契約について打ち合わせをする予定である。未踏期間中は、仕事のない日は平均して6時間のペースで開発を進め、仕事のある日も継続して就業後に20:00-22:00を基本として開発を行い、一週間に26時間は確保できる。一週間あたり作業できる26時間 \times 37週間 = 962時間は作業時間を確保できる。作業できない日も想定し、940時間と見積もる。

植田 プロジェクト期間中は修士課程の2年次にあたるが、修士学位論文以外の修了要件はすでに満たしており、現在の修士研究の進捗を含め担当教員からもプロジェクト参画への承諾を得ている。また就職活動についてもすで終了しており時間の確保は十分可能である。研究室での活動を考慮し、一週間に15時間程度は確保できる。一週間あたり作業できる15時間 \times 37週間 = 555時間は作業時間を確保できる。作業できない時間を想定し、500時間と見積もる。

4.6 予算内訳と作業時間

作業時間・人件費

※中村はインボイス登録をしており課税事業者である。

- 作業時間 (中村): 年間 940 時間

タスク	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
リハーサル機能の基礎開発										
MIDI操作プロトタイプ構築										
Web Audio API、Tone.jsを使った演奏同期処理										
リアルタイム身体動作解析機能の初期実装										
動的フォロワー/リーダー比調整、非言語フィードバック機能の強化										
各モジュールの統合テスト & ユーザーフィードバック反映										
未踏成果発表でのデモ実施										
最終調整、成果報告書作成、プロモ動画制作										

図 2: 開発線表

- 作業時間（植田）：年間 500 時間
- 人件費：(940 時間× 2,000 円× 1.1 消費税率) + (500 時間× 2,000 円) = 3,068,000 円
- 人件費合計：3,068,000 円

想定必要経費

- 想定必要経費：200,000 円
 - － サーバー運用費 (デプロイ)：50,000 円
 - － 旅費交通費：5 回 × 50,000 円 = 150,000 円

中村が神奈川県、植田が高知県在住のため、交通費を約 40,000 円、一泊すると想定して 10,000 円の計 50,000 円を 1 回あたりの想定費用として計算している。

5. 提案者たちの実績と信頼性

中村 2024 年度 SecHack365 表現駆動コースを修了。Code for Japan アクセラレータープログラムに採択された Code for Livinglab の Savepoint プロジェクトにてエンジニアリーダー経験。インフォ・ラウンジ株式会社にてフロントエンド開発や IoT 開発の実績多数。Code for Yokohama コアメンバー。インフォ・ラウンジ株式会社での実績の一部を紹介する。「Xdiorm: <https://xdiorrm.jp/>」(RaspberryPi の制

御部分を実装) , Awwwards 入賞プロジェクト「MetaBathAwwwards 紹介ページ: <https://www.awwwards.com/sites/meta-bath>」(3D 制御のコア部分を担当) ※こちらは 2024 年度末にリンク切れになる可能性があり Awwwards の紹介ページにリンクしている

植田 2024 年度 SecHack365 表現駆動コースを修了。大学では主にコラボレーションや小型ロボットを用いた医療面接, CNN を用いた心電図解析に関する研究に従事 [4, 5, 6]。また, インフラ技術に関する普及・啓発活動にも従事しており [7, 8, 9], 2024 年 6 月には SNIA-J より Outstanding Contributor Award を受賞。

6. プロジェクト遂行にあたっての特記事項

中村と植田は 2024 年度の SecHack365 の表現コースで, 2024 年 6 月に知り合った。SecHack365 のカリキュラムの中で複数のプロジェクトでチームメンバーとして開発をした経験がある。本提案については中村が自分の経験からくる本提案の元となる既存伴奏システムの不十分さを植田に伝えたところ, 音楽を非言語コミュニケーションとして捉えた話をしてくれたことがきっかけで, 応募するに至った。

参考文献

- [1] Carlos Cancino-Chacón, Silvan Peter, Patricia Hu, Emmanouil Karystinaios, Florian Henkel, Francesco Foscari, Nimrod Varga, and Gerhard Widmer. The accompanion: Combining reactivity, robustness, and musical expressivity in an automatic piano accompanist, 2023.
- [2] Arshia Cont. ANTESCOFO: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music. In *International Computer Music Conference (ICMC)*, pp. 33–40, Belfast, Ireland, August 2008.
- [3] Guangyu Xia, Yun Wang, Roger B. Dannenberg, and Geoffrey Gordon. Spectral learning for expressive interactive ensemble music performance. In Meinard Müller and Frans Wiering, editors, *Proceedings of the 16th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2015, Málaga, Spain, October 26-30, 2015*, pp. 816–822, 2015.
- [4] 植田蓮. オンライン発表を阻害しない聴衆の反応可視化方式の提案と評価, 2024. 高知工科大学修士学位論文梗概.
- [5] 中真咲, 綾部滯, 植田蓮, 敷田幹文. オンライン音楽ライブにおけるペンライトを用いた盛り上がり可視化による相互コミュニケーション支援方式の提案. Technical Report 39, Jan 2022.
- [6] Yuya Asada, Tomomi Horiguchi, Kunimasa Yagi, Mako Komatsu, Ayaka Yamashita, Ren Ueta, Naoto Yamaaki, Miki-fumi Shikida, Shuichi Nishio, and Michiko Inagaki. Robot-assisted approach to diabetes care consultations: Enhancing patient engagement and identifying therapeutic issues. *Medicina*, Vol. 61, No. 2, 2025.
- [7] 田中愛美, 植田蓮, 敷田幹文. ストレージの実機を用いた講習会の実践と評価. Technical report, 情報処理学会, Mar 2024.
- [8] 加藤日和, 植田蓮, 敷田幹文. 技術者とのインタラクションを伴うストレージ実機体感型ワークショップの実施と評価. Technical report, 情報処理学会, Feb 2025.
- [9] 日立製作所. 高知工科大学にて次世代のエンジニア向けストレージ教育を実施. https://www.hitachi.co.jp/products/it/storage-solutions/pressroom/info/info_2312.html, 2023. Accessed: 2025-03-13.