

# Caug Studio: 人と音楽を共創するロボティックメディアの提案

## Caug Studio: Proposal for Robotic Media that Co-creates Music with Human

湊本 耕己<sup>1</sup> 長谷川 孔明<sup>1</sup> 大島 直樹<sup>2</sup> 岡田 美智男<sup>1</sup>

Kouki Minamoto<sup>1</sup>, Komei Hasegawa<sup>1</sup>, Naoki Ohshima<sup>2</sup>, and Michio Okada<sup>1</sup>

<sup>1</sup>豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

<sup>1</sup>Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

<sup>2</sup>豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所

<sup>2</sup>Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute, Toyohashi University of Technology

**Abstract:** Power-assist suits and AR technology have been developed as devices that "directly" expand the abilities of individuals. The proposed 〈Caug Studio〉 is a new concept of self-augmentation that "indirectly" draws in a person's potential ability through the incompleteness of the media. In this presentation, we introduce a robotic media 〈Tune-born〉 based on the concept of 〈Caug Studio〉 that draws in people's musical creativity, and describe the results of evaluation from the viewpoint of well-being.

### 1. はじめに

初めてコンピュータを手にしたとき、初めてスマートフォンを手にしたとき、それまで全く手の及ばなかったような情報が手に入ったり、数多のアプリケーションで全く想像もつかなかったことを実現できるようになったり…。自分の身体ひとつでは絶対になし得なかったことが、随分と身近に感じられたらう。それらだけでなく、初めて楽器を触ったときや初めて色鉛筆を手にしたとき…。もう思い出せない記憶かもしれないけれど、うまく扱えるかわからない不安とともに、きっと自分の新しい可能性にワクワクしたりドキドキしたり、幼くも逞しい胸を踊らせたに違いない。

マーシャル・マクルーハンは、“メディアは人間の身体、精神の拡張”と述べた[1]。ここでいうメディアとはコンピュータやスマートフォンはもちろん、自動車や飛行機、衣服や住宅、更には楽器や色鉛筆、貨幣や数までもが対象である。つまりメディアとは、人間が生み出した技術の別名であり、人間の能力をなんらかの形で外化したもの、拡張したものである。人間は“メディア”によって自分の身体や精神が拡張することで、自分の身体ひとつでは到達できない領域まで能力を拡張できる。それだけでなく新たな楽しさや面白さに気づくことや、メディアを通して他者とのつながりが生まれることもある。それまでの日々と比べてほんの少しワクワクしたり、ときにハラハラしたり、沢山の豊かな感情が生まれよりいきいきとした日々を送ることができるのである。



図1: 〈Tune-born〉のイメージ

最近では、自身の身体や精神、つまり“自己”を拡張することを目指した「自己拡張(Augmentation)」を主軸としたテクノロジーが生み出されている。AR技術やパワーアシストスーツなどがその例である。これらのテクノロジーは、ユーザーにメディアが持つ能力や性質を直接付与する、いわば“直接的な”自己拡張テクノロジーと言える。

本発表では、メディアが“間接的に”人間の創造性を拡張する新たな自己拡張の概念である〈Caug Studio(シーオーグ スタジオ)〉を提案する。そして〈Caug Studio〉に基づいて開発したロボティックメディア〈Tune-born〉(図1)を紹介し、ウェルビーイングの観点から行った評価とその考察について述べる。

## 2. 研究背景

### 2.1. 自己拡張メディア

ハサミや鉛筆といった人に新たな能力を付与するような道具や、メガネや補聴器といった人間の能力を補うテクノロジーなど、個人の身体一つでは不可能ともいえる能力を実現させる“メディア”がある。

マクルーハンが“メディアは人間の身体、精神の拡張”と述べたように、全てのメディアが図らずとも人間を拡張するという側面を持っている。そして、最近では特に人間の身体や精神を“拡張”することに焦点を当てたメディアが多く開発されている。それが、自己拡張(Augmentation)メディアである。例えば、パワーアシストスーツや AR 技術はそれぞれ、人間の“筋力の拡張”と“視覚の拡張”と言える。

自己拡張は、量的拡張(Enlarge)と質的拡張(Enrich)に大別される。量的拡張は、物理的に人の持つ機能や能力を拡張するもので、メガネや補聴器、パワーアシストスーツなどがこれにあたる。質的拡張は、精神的な人の感情などを拡張するものである。例えば、見ているだけで何故だか心が安らいでいく「焚き火」や、自分の部屋に一輪置いてあるだけで普段の生活がほんの少し豊かになる「花」などである。テクノロジーで言えば、Sony の Walkman[2]は、いつでも音楽が聴けるといった量的拡張と共に、いつでも音楽で心を踊らせたり楽しんだりすることができる質的拡張の側面も持つ。

### 2.2. ウェルビーイングと自己決定理論

精神的に豊かであることや、身体が正常に動作することは“心身が良い状態にある”ということができ、このような状態は「ウェルビーイング」が満たされている状態と言える。ウェルビーイングとは、Well(良い)+Being(状態・在り方) からなる造語であり、「医学的ウェルビーイング」、「快樂的ウェルビーイング」、「持続的ウェルビーイング」という3つの定義で使われている。

ひとつめの「医学的ウェルビーイング」は、心身の機能が不全でないかを問うものである。次の「快樂的ウェルビーイング」は、その瞬間の気分のよし悪しや快/不快といった主観的感情に関するものである。最後の「持続的ウェルビーイング」は、“人間が心身の潜在能力を発揮し、意義を感じ、周囲の人との関係の中でいきいきと活動している状態”を指す[3]。従来は、一つ目と二つ目の医学的/快樂的ウェルビーイングに焦点を当てた研究が多くなされてきた。しかし、2000年代以降、特に持続的ウェルビーイングを対象とした研究や取り組みが加速し、ラファエル

らによってウェルビーイングを情報技術で促進するための方法論が研究されはじめている[4]。

ウェルビーイングを満たす要因は幾つかあるが本発表ではその中でも「自律性」、「有能感」、「関係性」の三つの要因に着目する。新たな楽しさや面白さに気づきそれがモチベーションとなることや、今までできなかったことができるようになること、それにより他者に受け入れられたり、繋がれたりすることは、それぞれ自律性、有能感、関係性が満たされている状態であり、これらがウェルビーイングを向上させる要因となる。このことを示したのが、エドワード・デシとリチャード・ライアンによる自己決定理論[5]である。本発表ではこの自己決定理論に基づいて被験者から得られたデータを評価し考察する。

### 2.3. 〈不完結さ〉を持ったロボット

著者らはこれまで、〈弱いロボット〉の概念[6]に基づく、関係論的なソーシャルロボットの研究・開発を進めてきた。例えばゴミ箱型ロボット〈Sociable Trash Box〉[7]は、床に落ちている空き缶やペットボトルを認識して、その近くまで擦り寄っていくのだが、アームなどゴミを拾うための機能がついていないため、見つけたゴミの側でゴミを見つめながらモジモジすることしかできない。その姿をみた人間は、「どうしたんだろう？」とロボットの側に寄り、ゴミをバスケットの中に入れる。ひとりでは目的を達成できない〈不完結さ〉が人の手助けを引き出し、何事もなかったかのように目的を達成してしまうのだ。その他にも、聞き手の顔色を伺いながらとつとつと発話を繰り返す〈Talking-Ally〉[8]や、発話における意味の完結を人に委ねる〈Muu〉[9]など〈不完結な発話〉の生成を特徴とするロボットも開発してきた。

これらのことから身体的な〈不完結さ〉や発話の〈不完結さ〉が人の手助けや発話を引き出し、人がロボットの弱さを補完するといった関係を作る手がかりとなると言える。

## 3. 創造性を拡張する〈Caug Studio〉

### 3.1. 概要

〈Caug Studio〉は“創造性を拡張する場”という意味を持つ。Creativity Augmenting Studio の略で、「シーオーグ スタジオ」と読む。視覚や聴覚、筋力、ポジティブ感情など様々な要素を拡張するメディアが存在する中で、〈Caug Studio〉は「創造性の拡張」に焦点を当てる。それは、絵を書いたり、文章を書いたり、楽器を弾いたりといった人のクリエイティビティの拡張である。

そして、〈Caug Studio〉に基づいたメディアには「創造性の拡張」を含めて、以下のような4つの特徴がある。

- 創造性を拡張させる
- 〈Creativity Pocket〉を持つ
- 人とロボットがお互いに補完し合う(共創的拡張)
- 特化的ウェルビーイングの統合

以降、これらの特徴について順に述べる。

### 3.2. 創造性を引き込む〈Creativity Pocket〉

日常には、あるコンテンツの「全て」を提供するわけではなく、むしろわずかな手間や工夫の「余地」を残しておくことで、人の潜在的な創造力や強みを引き出す仕掛けが潜んでいることがある。その一つが、日清のチキンラーメンの〈くぼみ〉である。人はこのくぼみに気づいても気づかなくてもいいし、ましてや卵をのせることを強いられている訳でもない。しかし、この〈くぼみ〉に気づいてしまった途端、卵をのせるという一手間を加えたり、さらにネギやノリをトッピングしたりする。一見あってもなくても変わらないような〈くぼみ〉が、たちまち人の工夫や創造力を引き出して、日々の生活によりいきいきとした彩りを与えてくれるのだ。

また、関係論的なロボティクスとして〈弱いロボット〉がある。一般的なロボットは、与えられたタスクをできるだけ完璧に処理することを目的としている一方、〈弱いロボット〉はロボット単体だけではタスクを達成できない「不完結さ」や「弱さ」を持っているロボットである。それを媒介として人の手助けやコミュニケーションを引き出しながら、うまくタスクをこなしていくのである。〈Caug Studio〉はそのような〈弱いロボット〉やチキンラーメンの〈くぼみ〉から着想を得た〈Creativity Pocket〉をもつことを特徴としている。

〈Creativity Pocket〉とは、いわばユーザーの創造性を引き込むメディア側の性質の〈くぼみ〉である。これまでの自己拡張メディアはメディアが持つ能力や性質を“直接”人間に付与することでの拡張である。しかし、〈Caug Studio〉では図2のようにメディアの不完結さから作り出される〈くぼみ〉が、人の潜在的な創造性を“間接的に”「引き込む」ことによる自己拡張を指向する。

### 3.3. 人とメディアの〈共創的拡張〉

メディアの〈Creativity Pocket〉は人の潜在能力を引き込む。では、逆はどうだろうか。メディア側から見ると人にも能力や性質の不完結さ、つまり〈Creativity Pocket〉があると考えられるのではないだろうか。落書きという行為は、それが一枚の絵と

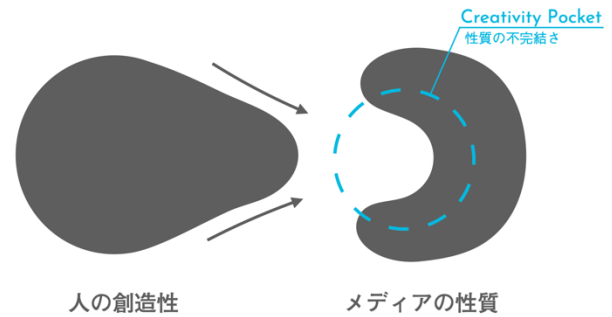


図2: 〈Creativity Pocket〉による自己拡張

して完成しなくてもいいし、誰かに見せるわけもない。それが何らかの作品として完結しなくてもいいのである。鼻歌を歌う時も、その歌が知っている曲の途中から始まることもあれば、初めから中途半端なところまで歌うこともあるし、知らない曲を歌うこともある。このように、人にもメディアから見た〈Creativity Pocket〉があるとと言える。

〈Caug Studio〉では、人がメディアの〈Creativity Pocket〉に創発されるだけでなく、メディアも人の〈Creativity Pocket〉に創発された振る舞いを繰り出すといった〈共創的拡張〉を指向する。これにより、お互いに支え合い、補い合い、創発されあいながら一つの作品を紡いでいくという、人とメディアとのより深い関係性を構築することを狙いとしている。

### 3.4. 特化的ウェルビーイングの統合

メディアを含めた他者とのポジティブな関係が作れることや、一人では思いつかなかった表現ができること、新たなメディアに触れてその楽しさや面白さに気づくこと、これらはウェルビーイングにおける「関係性・有能感・自律性」が満たされていると言える。ウェルビーイングをメディアに統合する時、次のような4段階に分かれる[3]。1段階目がメディアの設計において、全くウェルビーイングを検討していない段階。2段階目がウェルビーイングを妨害・低下させるものをエラーとして扱い、再設計のきっかけとする「予防的」段階。3段階目はウェルビーイング以外を目的としたアプリケーションでウェルビーイングの要因や人間の潜在能力の開花を積極的に向上する設計を行う「積極的」段階。そして4段階目はウェルビーイング及び人間の潜在能力を何らかの方法で向上させる目的に特化したテクノロジーを構築する「特化的」段階である。

現存するほとんどのテクノロジーが全くウェルビーイングを考慮していないのに対し、〈Caug Studio〉では4段階目である「特化的ウェルビーイングの統合」を指向する。



図 3: 〈Tune-born〉の概観

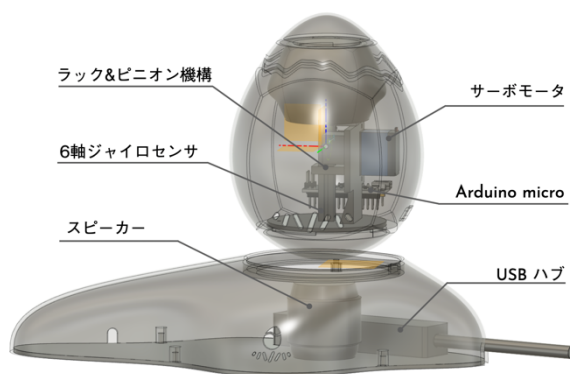


図 4: ハードウェア構成

## 4. タマゴ型の歌うロボット〈Tune-born〉

### 4.1. コンセプト

これまで Robotic Musicianship の分野で人の演奏に合わせてマリンバを即興演奏するロボット Shimon[10]や、人が弾いたメロディやパーカッションを基にそれによく似たメロディラインを生成し、リズムに合わせて身体を動かす Shimi[11]など人と音楽を共創するロボットが研究されてきた。また、オタマトーン[12]やケロミン[13]といった生きものらしさを持った楽器もある。

本発表で紹介する〈Tune-born〉(図 3)は歌うロボットで、人と一つのメロディを共創する生きものらしさを持った楽器でもある。外観は巣の上のタマゴのような見た目をしており、そのタマゴから顔を出して歌う姿は陽気に歌う鳥の雛を連想させる。

ユーザーから見て手前にはシンプルな鍵盤が置かれており、思いついたメロディを簡単に演奏できる。その鍵盤を使って一度演奏すると、いつもは不完結で終わるはずのメロディの続きを〈Tune-born〉が創作し歌ってくれる。〈Tune-born〉の歌に触発されるように、新しいメロディを思いついたユーザーはその歌に続くようなメロディを演奏し、その演奏に合わせてまた〈Tune-born〉が歌う… というように、ユーザーは思いつきの投機的なメロディを〈Tune-born〉と一緒に紡いでいく。人とロボットが共に一つの調べ(Tune)を産み(born)出していくのである。

### 4.2. 音楽性を引き込む〈調子はずれ〉

ところが〈Tune-born〉はタマゴ型であるため、タマゴから顔を出すと重心が崩れて身体が傾いてしまう。その「身体の傾き」と歌の「ピッチ」が対応していて、自らの身体的な制約で正しいピッチから音が外れてしまう〈調子はずれ〉になってしまう。体勢と調子を危なっかしく崩しながら歌う様子がユーザー

からの手助けを引き出すと同時に、ユーザーに「身体を傾けるとピッチを変化する」ということを知覚させる。これが、生成されたメロディのピッチをある程度操作できるという余地を与える。

このように、ユーザーは〈調子はずれ〉という“くぼみ”に引き込まれるように、新たな音楽性を見出ししていく。つまり〈調子はずれ〉は、〈Caug Studio〉における〈Creativity Pocket〉であると言える。

〈Tune-born〉とは、「ユーザーの演奏」と「〈Tune-born〉の歌声生成」を繰り返す、時に身体と共にピッチを支えられたり揺さぶられたりしながら、一つのフレーズを共創していくロボットであり音楽表現としてのメディアでもある「ロボティックメディア」なのである。そうして投機的なメロディが一つのフレーズとして出来上がる「有能感」や音楽の新たな楽しさを見出すことによる「自律性」、そのフレーズが他者である〈Tune-born〉に受け入れられる「関係性」を満たすことで、ユーザーのウェルビーイングについて議論することを狙いとしている。

### 4.3. ハードウェア構成

〈Tune-born〉のハードウェア構成を図 4 に示す。

本体部分には、サーボモータとボディの傾きをセンシングする 6 軸ジャイロセンサ、センサ情報の取得やサーボモータの制御を行うマイコン(Arduino micro)が搭載されている。サーボモータをアクチュエータとしたラック&ピニオン機構によりヘッドが上下し、タマゴの殻から顔をのぞかせながら殻の開閉を行う。また、身体の傾きや揺れ具合を調整するために、おもりをボディの下部とヘッドに固定できるようになっている。土台部分には、MIDI キーボードの電源やマイコンの電源、スピーカーの電源などのコードをまとめる USB ハブと、スピーカーを搭載している。任意の MIDI キーボードを接続する設計となっている。

## 4. 4. 歌声生成システム

歌声生成システムは、「メロディ生成システム」と「発声システム」に分かれる。メロディ生成システムはユーザーが演奏したメロディをもとに後続するメロディを生成するシステムである。これには、Google が開発した AI 作曲モジュールである Magenta[14]を用いた。Magenta は RNN(Recurrent Neural Network)を用いて任意の MIDI ファイルから音符配列を学習し、入力された音符配列からそれに続くような新たな音符配列を出力する。

発声システムは生成されたメロディを音声として出力するためのシステムである。これには減算方式のシンセサイザーから着想を得た音声合成システムである pySynth を独自に開発した。pySynth はオシレータで生成した波形をローパスフィルタなどのフィルタを通して加工することができる。〈Tune-born〉では pySynth を用いて鳥の鳴き声をイメージした音声を出力するように設計した。

## 4. 5. インタラクションの流れ

〈Tune-born〉は人が見当たらない間は、少しで殻から顔を覗かせて周りを伺うような振る舞いを続ける。そして、ユーザーが近くにきたことを認識すると、嬉しそうな鳴き声をあげる。それと同時にメロディをのせるためのビートが流れ出す。二小節ごとにユーザーからのキーボード入力を待機する「入力待機フェーズ」と入力されたメロディをもとに〈Tune-born〉が歌う「歌唱フェーズ」が切り替わる。歌唱フェーズでは、ユーザーが〈Tune-born〉の身体を操作することでピッチの変化を変化させることができる。そして、この「入力待機フェーズ」と「歌唱フェーズ」を繰り返すことでユーザーと〈Tune-born〉が共に一つのメロディを紡いでいく。

## 5. 質的評価実験

### 5. 1. 実験概要

本実験の目的は、〈Caug Studio〉に基づいて設計された〈Tune-born〉が自己決定理論の三要素(自律性・有能感・関係性)を満たし、ユーザーのウェルビーイングを向上させ得るかどうかを調べることである。

ウェルビーイングを量的に評価する指標は現在ドミニク・チェンらによって研究されているが、未だ有効な指標は用意されていない。したがって本実験では、質的評価方法である半構造化インタビューによる評価を行なった。



図 5: システムのみのインタラクション



図 6: 〈Tune-born〉とのインタラクション

## 5. 2. 実験の流れ

本実験で実験を行う部屋に入ってもらってすぐ、「音楽経験があるか」や「音楽の興味があるか」などを問う旨の属性アンケートに回答してもらう。その後、実験の説明を口頭でおこなう。次に、使用する鍵盤に慣れてもらうことやインタラクションの流れを把握してもらうために、図 5 のような PC と PC の前に置かれたキーボードのみで、キーボードを弾くと PC から何かしらメロディが返ってくるといったシステムのみ環境で 5 分間インタラクションを行ってもらう。その後、図 6 のような環境で〈Tune-born〉と 10 分間インタラクションを行ってもらう。そして最後に、〈Tune-born〉の印象について半構造化インタビューを行い、実験を終了する。

「システムのみ」のインタラクションでは、二小節ごとに「ユーザーの演奏」と「メロディの返答」を繰り返すという注意を伝え、それ以外は「自由に演奏してください」とのみ伝えた。〈Tune-born〉とのインタラクションでは、基本的なインタラクションは「システムのみ」の時と同様だと伝え、加えて「ロボットには自由に触っていいです」と伝えた。

### 5.3. 分析結果

本実験では、24歳男性1人(音楽経験なし)を対象に行い SCAT[15]を用いて半構造化インタビューの回答を分析した。今回 SCAT による分析の詳細は割愛するが得られたストーリーラインと理論記述を述べる。

得られたストーリーラインを以下の枠線内に示す。

ユーザーは初めて〈Tune-born〉と対面し、未知のロボットへの好奇心から、どう扱っていいのかという手がかりを模索し、メロディの返答や身体が傾くといった機能や性質を知覚した。そして、身体の不定さから不安を感じつつも音楽を通じたインタラクションに遊びとしての演奏という目的を見出した。ロボットの環境に委ねた動作はユーザーの支えを引き出すと同時に、支えなくてはならない手間も生じさせる。しかし、ランダム性やピッチの変化による不確かさや大胆で投機的な動作は〈調子はずれ〉による助け合いを引き出し、ロボットが側にいる存在感を感じさせる。また、ユーザーとロボットがセッションをするような音楽の即興共創といえるようなインタラクションも獲得した。ユーザーは〈Tune-born〉をロボットとの共創を手段としたストレスの昇華に使いたいと感じ、他者と一つのものを作り上げる楽しさを感じている。

このストーリーラインから得られた理論記述が以下の通りである。

- ① 「未知」なものへの好奇心が様々な試行を引き出し、シグニファイアされた性質を知覚させるきっかけとなる。
- ② 音楽経験がないユーザーにも音楽を通じたインタラクションや遊びを提供する。
- ③ 投機的な動作はユーザーの「ロボットを支える」という行動を引き出す。
- ④ 〈調子はずれ〉はロボットとユーザーが助け合いながらメロディを作るきっかけを与える。
- ⑤ 大胆で投機的な動作はユーザーにロボットの存在感を印象づける。
- ⑥ 〈Tune-born〉との音楽の共創は他者と一つのものを作り上げる楽しさを提供する。

### 5.4. 考察

上記の理論記述①~⑥をウェルビーイングの自己決定理論に基づく要素(自律性・有能感・関係性)を主軸に考察する。

理論記述の①より、ユーザーは「どういうメロディが鳴るのだろうか？」や「どんな振る舞いの変化があるのだろうか？」といった好奇心を掻き立て、それが

ロボットと接するための動機となることがわかった。これはロボットと関わる自律性を満たしていると言える。②は音楽の楽しさや楽器の面白さを提供し音楽経験のないユーザーにも〈Tune-born〉は音楽を続ける動機となることがわかった。これも音楽への自律性を満たしていると言える。また、遊びを通して没頭やフローといった要素を満たし得ると言える。③はユーザーの「自分はロボットを支えられる」という有能感を満たしていると言える。④は〈Creativity Pocket〉である〈調子はずれ〉がユーザーとロボットが一つのメロディを作り上げる共創を実現していると共に、1人では作れないメロディが作れる有能感や、ユーザーとロボットが関わるきっかけを与え関係性を満たすと言える。⑤のロボットの存在感もロボットが側にいるという関係性を満たしていると言える。⑥では〈Tune-born〉との音楽の共創からユーザーが新たな楽しさを見出し、それはロボットや音楽に関わる上での動機となる。この動機から自律性を満たすことができると言える。

これらのことから〈Caug Studio〉に基づいた〈Tune-born〉がウェルビーイングの自己決定理論に基づく3要素を満たせるということが分かる。また、それ以外にも「没頭・フロー」といったウェルビーイングのための要素や、ストーリーラインの“ストレスの昇華に使いたい”は〈Tune-born〉がストレス解消につながる可能性があり、これは「心理的回復力」につながり得ると言える。

### 6. おわりに

本発表では、新たな自己拡張メディアの設計思想である〈Caug Studio〉を提案し、〈Caug Studio〉に基づいて開発したロボティックメディアである〈Tune-born〉を紹介した。そして、〈Tune-born〉を用いて半構造化インタビューでの質的評価を行い SCAT で分析、考察した。

分析の結果から〈Caug Studio〉に基づいた〈Tune-born〉がウェルビーイングの自己決定理論に基づく3要素(自律性・有能感・関係性)を満たせることが分かった。それらだけでなく没頭やフロー、心理的回復力といった要素も満たし得ると考えられる。

今後の展望として、“音楽経験の違いでインタラクションや出来上がるメロディにどういった差が生まれるのか”や、他のウェルビーイングを満たす要素での評価を行いたい。また、様々な属性の被験者を対象としてより一般的なストーリーラインや理論を得たいと考えている。

## 謝辞

本研究の一部は、科研費補助金（基礎研究(B) 18H03322) によって行われている。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] マクルーハン H. M(栗原, 河本訳): 『メディア論—人間の拡張の諸相』, みすず書房(1987).
- [2] SONY WALKMAN: <https://www.sony.jp/walkman/>, (参照 2021-1-25).
- [3] 渡邊淳司, ドミニク・チェン(監修・編著), 安藤英由樹, 板倉杏介, 村上藍子(編著): 『わたしたちのウェルビーイングをつくりあうために: その思想, 実践, 技術』, ビー・エヌ・エス新社, (2020).
- [4] ラファエル・A・カルヴォ, ドリアン・ピーターズ(著), 渡邊淳司, ドミニク・チェン(監訳): 『ウェルビーイングの設計論 人がよりよく生きるための情報技術』, (2017).
- [5] Richard M. Ryan, Edward L. Deci: “Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being”, *American Psychologist*, Vol.55, No.1, pp68-78, (2000).
- [6] 岡田美智男: 『弱いロボット』(シリーズケアをひらく), 医学書院, (2012).
- [7] 三宅泰亮, 山地雄士, 大島直樹, デシルバラビンドラ, 岡田美智男, *Sociable Trash Box: 子どもたちはゴミ箱ロボットとどのように関わるのか*, *人工知能学会論文誌* 28 巻 2 号 pp.197-209, (2013).
- [8] Hitomi Matsushita, Yohei Kurata, P.Ravindra S De Silva, and Michio Okada: *Talking-Ally: What is the Future of Robot’s Utterance Generation?*, *The 24<sup>th</sup> IEEE-International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2015)* pp.1-12, (2019).
- [9] 西脇裕作, 板敷尚, 岡田美智男: *ロボットの言葉足らずな会話が生み出す協調的インタラクションについて*, *ヒューマンインターフェース学会論文誌*, Vol.21, No.1, pp.1-12, (2019).
- [10] Guy Hoffman, Gil Weinberg: *Shimon: An Interactive Improvisation Robotic Marimba Player*, *CHI 2010: Media Showcase Session 4*, pp.3097-3102, (2010).
- [11] Guy Hoffman, Keinan Vanunu: *Effects of Robotic Companionship on Music Enjoyment and Agent Perception*, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, (2013).
- [12] Otamatone: <https://otamatone.jp/>, (参照 2021-1-25).
- [13] 口の開きで演奏するパペット楽器 ケロミン:

<http://www.keromin.com/>, (参照 2021-1-25).

- [14] Magenta: <https://magenta.tensorflow.org/>, (参照 2021-1-25).
- [15] 大谷尚, *SCAT: Steps for Coding and Theorization - 明示的手続きで着手しやすく小規模データに適応可能な質的データ分析手法-*, *日本感性工学会論文誌* Vol.10 No.3, pp.155-160, (2011).