



ムーンショット型研究開発事業 新たな目標検討のためのビジョン策定

「音楽感動共創による人類社会の持続と幸福の実現 及び地球文化普遍性の宇宙響鳴に関する調査研究」 調査研究報告書

令和3年7月

目標検討チーム 「西本 MS 音楽感動共創プロジェクト」

チームリーダー：西本 智実（指揮者・舞台演出 / 慶應義塾大学 SFC 研究所 上席所員）

サブリーダー：藤井 進也（慶應義塾大学 環境情報学部 准教授）

チームメンバー：岡ノ谷 一夫（東京大学 大学院総合文化研究科 教授）

橘 亮輔（東京大学 進化認知科学研究センター 助教）

大村 英史（東京理科大学 理工学部 講師）

山脇 成人（広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター 特任教授）

町澤 まる（広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター 特任准教授）

目次

| | |
|--|-----------|
| I. 提案する MS 目標案のコンセプト | 1 |
| 1. MS 目標案 | 1 |
| 1.1 MS 目標案の名称 | 1 |
| 1.2 実現したい 2050 年の社会像..... | 1 |
| 2. Targets：当該 MS 目標の達成シーン。2050 年及び 2030 年に何が実現しているか.. | 2 |
| 3. 当該 MS 目標を設定した理由及び、目標達成の社会的意義等 | 4 |
| 3.1 当該 MS 目標の設定や目標達成に向けた取組みが今必要である理由 | 4 |
| 3.2 目標達成の社会的意義 | 5 |
| 3.3 当該 MS 目標の達成に向けた社会全体の取組み概要 | 5 |
| 4. 当該目標達成によりもたらされる社会・産業構造の変化 | 7 |
| II. 統計・俯瞰的分析 | 8 |
| 1. 当該 MS 目標を達成するための科学技術的・社会的課題や必要な取組み..... | 8 |
| 2. 当該 MS 目標を達成するために取り組むべき研究開発の俯瞰 | 8 |
| 3. 当該目標に関連する研究開発の動向（全体）、海外動向及び日本の強み..... | 9 |
| III. 社会像実現に向けたシナリオ | 13 |
| 1. 挑戦的研究開発の分野・領域及び研究課題 | 13 |
| 2. 2030 年・2040 年・2050 年のそれぞれにおける、達成すべき目標（マイルストーン）、 マイルストーン達成に向けた研究開発、これによる波及効果..... | 15 |
| 3. 目標達成に向けた国際連携の在り方 | 16 |
| 4. 目標達成に向けた分野・セクターを越えた連携の在り方 | 16 |
| 5. ELSI (Ethical, Legal, Social Issues) | 17 |
| IV. 結論 | 18 |
| V. 参考文献 | 18 |

I. 提案する MS 目標案のコンセプト

1. MS 目標案

1.1 MS 目標案の名称

「2050 年までに、音楽感動共創による生命力と創造力に満ちた人類社会を実現」

1.2 実現したい 2050 年の社会像



図 1. MS 音楽感動共創プロジェクトのロゴ（実現したい社会像の概念図）。

五線譜で表現された「感動」と「共創」の 2 つの幹が 2050 年の社会を豊かに実らせる。

古代より人類は、音楽の中に時間と空間の広がりを感じてきた。時間と空間を統合することを、音楽用語で「調和」と呼ぶ。古代ギリシャにおいて「音楽は宇宙の調和だけではなく、人間に調和を与え、魂が救済される」とされ、アカデメイアのカリキュラムに音楽を取り入れたように、音楽とは本来、芸術と科学が不可分に融合したものだ。しかし、芸術と科学の発展過程で、これらは別々のものとして扱われるようになってしまった。私たちは音楽の深層にある可能性を掘り起こして複合的・多角的に利用し、音楽が喚起する「感動」と「共創」によって、生命力と創造力に人々が輝き、かけがえのない幸せを実感する新しい社会を実現したい。

2050 年には、既存 MS 目標の実現により、サイバネティック・アバター（CA）基盤が構築され、人間と AI ロボットが共生する社会がおとずれる。このような未来社会においては、人間がこれまでのように生産的労働によって社会貢献し、生きがいを得るといふ 20 世紀型

モデルは通用しない。物質的には豊かであるが、精神的には一部の人間しか満足感を得られない社会が訪れる危険性がある。また今後 30 年の間に、さらなるパンデミックや自然災害、テロ、紛争など、人類のこころの健康に長期的かつ甚大な悪影響を及ぼす事象の発生が予想される。精神的な豊かさの不足は、個人・集団・文化間の軋轢を招き、人類の希望溢れる生活を脅かす可能性がある。

これらの課題を克服するため、人々の心や感性を深く強く動かす「感動」の力と、互いの共感性と創造性を促す「共創」の力を解き明かし、人々のこころの健康と幸福、世界平和と地球持続のために活用する。我々は 2050 年までに、音楽が感動と共創を喚起する仕組みを活用して、うつ病ゼロ、自殺ゼロ、紛争ゼロ、心身健康、自己実現、幸福実現、宇宙躍進を成し遂げ、生命力と創造性に満ちた人類社会を実現したい(図 1)。

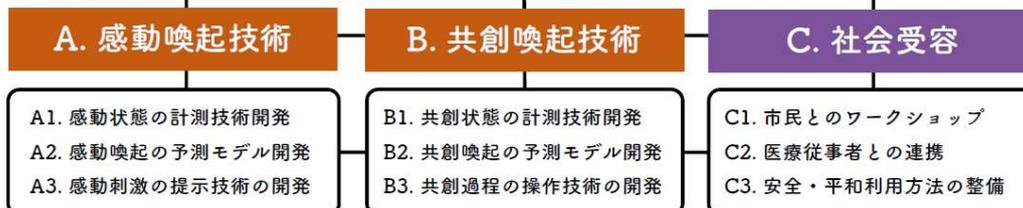
2. Targets : 当該 MS 目標の達成シーン。2050 年及び 2030 年に何が実現しているか

音楽感動共創による生命力と創造性に満ちた人類社会の実現

■ MS Musicの達成目標



■ 研究開発課題



■ 社会課題

- ・ 民族・国家間の分断、経済格差拡大
- ・ うつ病・自殺者↑労働人口・生産性↓

■ 技術課題

- ・ 音楽の感動共創喚起のメカニズム不明
- ・ うつ病・自殺の脳科学メカニズム不明

■ 社会ニーズ

- ・ うつ病・自殺ゼロによる生産性向上
- ・ 文化を超えた音楽の共感による世界平和

■ SDGs



図 2. 当該 MS 目標の概要と達成シーン.

当該 MS 目標は、2050 年に、音楽が感動と共創を喚起する仕組みの解明に基づいて開発した科学技術(「感動喚起技術」・「共創喚起技術」とそれぞれ呼ぶ)を応用して、文化を超えた感動と共創によるうつ病ゼロ・自殺ゼロ・紛争ゼロの生命力と創造性に満ちた人類社会を実現する(図 2)。上記 2050 年の達成シーンをバックキャストして実現するため、2030

年では、音楽の感動と共創による個人のストレス・うつ軽減を実現する。

上記目標がどこまで具体的に実現可能であるか、実践的に検討する第一歩として、本調査研究の成果として、2021年6月23日に市民体験参加型の「ムーンショット(MS)音楽トライアルワークショップ」を実施した(図3)。

チームリーダーの西本が中心となり、イルミナートフィルハーモニーオーケストラ、豊島区、ヤマハ株式会社、実空間の観客、遠隔空間の観客、研究者が一体となって、2050年の音楽の姿を探るワークショップを共に創り上げた(図3A)。音楽が感動や共創を喚起する仕組みを解明する第一歩として、チームメンバーの山脇・町澤の開発した「ワクワク感」の可視化技術を使用した脳波測定実験を実施した(図3B)。さらには、MS ミレニア・プログラム「ウルトラダイバーシティ社会実現チーム」と心拍・皮膚画像測定解析技術を応用した実空間・遠隔空間の鑑賞者のこころの動きの可視化実験(図3C)、「Psyche Navigation System」による安寧・活力共存社会実現チーム」と微小加速度センサーによる音楽家の身体運動計測実験を実施した。「音楽感動共創」を共通ビジョンに掲げ、MS ミレニア・プログラムのチーム間の垣根を越境して、研究者、実演家、行政、産業、市民が実空間・遠隔空間をつないで一体となり、当該 MS 目標の実現に向けて第一歩を共創できたことは、実践的な実現可能性を示した大きな成果といえる。



図3. ムーンショット音楽トライアルワークショップ.

西本智実氏の指揮と手拍子によるデモンストレーション(A). 「ワクワク感」の高精度可視化技術を使用した脳波測定実験の様子(B). 脳波・心拍・顔面映像測定解析技術を応用した実空間・遠隔空間の鑑賞者のこころの動きの可視化実験の様子(C).

3. 当該 MS 目標を設定した理由及び、目標達成の社会的意義等

3.1 当該 MS 目標の設定や目標達成に向けた取組みが今必要である理由

近年うつ病をはじめとする気分障害の患者数は倍増しており、年間約 100 万人にも上る（厚生労働白書, 2012）。少子化が続く中で未来を支える若年層（15～39 歳）での自殺者数は改善せず、死因の第 1 位であり、20 歳代男性では死因全体の 5 割以上が自殺である（厚生労働省資料, 2019）。職場での高いストレスを抱えている割合は過半数を超えており（58%、厚生労働省資料, 2018）。少子化が続く中で働き手のうつ病、自殺者数の増大という国家的危機が存在し、早急な対応策が必要である。

さらに、新型コロナウイルス感染拡大(コロナ禍)により、自殺の主幹要因であるうつ症状を示す成人がコロナ前に比べて 3 倍以上に増加しており（OECD, 2021; 米国 3.6 倍、日本 2.2 倍、英国 2 倍）、うつ病及び自殺の急増による甚大な社会的損失（79 兆円以上）が報告されている（国連, 2020; JSCP 資料, 2021）。日本では、うつ病による休職、自殺による社会保障費や経済損失を踏まえた「自殺・うつ対策の経済的便益」が約 2.7 兆円との試算がある（厚生労働省, 2010）。コロナ禍実態調査（広島市, 2020）により、「憂うつな気分になることが増えた（男性 39.1%、女性 55.5%）」、「経済状態が苦しくなるほど、友人や相談相手がいないほどうつ状態が増加」、「死にたいとおもうほどの悩みやストレスがある（男性 5.8%、女性 13.5%）」などの深刻な結果が報告されており、コロナ禍によるあらゆる 2 次的影響からのこころの健康の悪化が懸念されている（Bourgeault et al., 2020）。これらの社会状況を踏まえ、こころの健康の維持・向上に貢献できる科学技術の開発に早急に取り組む必要がある（日本脳科学関連学会連合（代表：山脇成人）緊急提言, 2020）。

一方で、コロナ禍において、数ある余暇活動（音楽、SNS、料理、飲酒、映画鑑賞、運動など合計 43 の余暇活動）の中で、どの活動がストレスや不安など心理的苦痛の対処にプラスの効果をもたらすかについて調査した近年の研究では、心理的苦痛に対処するための最適な活動として、音楽が最も多く選ばれていることが明らかにされた（Mas-Herrero et al., 2020）。音楽を聴くこと、音楽を演奏すること、歌うこと、音楽に合わせて踊ること、公園に行き友達とギターを弾くことなど、コロナ禍における心理的苦痛への対処法として音楽活動が行われ、より多くの時間で音楽活動に従事した人ほど、うつ症状の度合いが低いことが示された。本調査研究においても、市民の日常生活における音楽とのかかわりについてアンケート調査を行った結果、大多数の市民が、安心やリラックス、元気を出して楽しくなること、やる気を出して集中する効果を期待して音楽を聴取していること、日常生活および自身の幸せに音楽を必要としていることが明らかとなった。

さらに地球上では、自然破壊、環境汚染、異常気象など、地球規模での問題が山積している。持続的な地球環境を確立・維持するためには、集団間・文化間での軋轢や対立、紛争を解決し、全地球人が一丸となる必要がある。自己中心的・利己的な思考や言動ではなく、人間、

生物、自然、地球に対する敬意、配慮、慈愛の心、そして幸福感を豊かに育む社会の実現が緊要である。持続可能な開発目標（SDGs）の真の実現に向けて、人々が自発的に地球全体のために行動したいと思えるような、胸高鳴るストーリーやビジョンの提示が緊要である。

3.2 目標達成の社会的意義

本 MS 目標達成の社会的意義は、音楽の感動と共創の喜びによって、うつ病・自殺者ゼロを達成し、労働人口・生産性の低下を一気に解決すると共に、文化を超えた感動共創による紛争ゼロの平和で持続的な地球社会を実現する点である。

太古の時代より、音楽は時代・国境・文化を超えて我々の日常生活に普遍的に存在してきた。人類の身近に当たり前のように存在する音楽であるが、実は音楽がどこから来て、どこに向かっているのか、その起源と未来について、我々は科学的によく理解していない。本 MS 目標の達成を目指して、世界の人々が身近に存在する音楽や芸術と真摯に向き合い、その本質を探究することは、自己の中の他者、他者や社会の中の自己を深く、強く感じ、互いの生命の尊厳を敬愛し、共感性と一体感を育み、共に明るい未来を創造することにつながるはずである。

音楽は、人間の喜怒哀楽や多様な感情、理念や信仰心や歴史や神話からの学び、官能の魅惑や背徳の悔恨といった人間性を非言語的に表現することができる。換言するならば、言語表現では論理的な対立や矛盾・軋轢を生む可能性のある情報を、音楽表現は抽象的な共感を生む情報へと巧みに変換する作用がある。音楽的行為において自然に行われる共創の過程や情動情報の抽象化の仕組みを解明し、科学技術としてそれらの恩恵を人類幸福のために活用することで、あらゆる個人・集団・文化間の軋轢を解消し、世界平和と持続社会を実現できると考える。

3.3 当該 MS 目標の達成に向けた社会全体の取組み概要

第一に、当該 MS 目標の達成に向けて必要であることは、実演家と研究者といった分断を無くし、協力して研究に取組むことである。当該目標検討チームの大きな特色は、実演家と研究者とが音楽への感謝と愛を通じて一つのチームとなり研究に取り組んでいる点である。チーム内での議論や勉強会で明らかになったことは、実演家たちが科学研究を通じて、音楽に対する理解を深め人類の幸せに貢献したいと希望していること、研究者たちが閉鎖的な音楽研究から脱却し、実演家たちと手を取り合い音楽の本質的作用を科学的に解き明かすことで世界の幸せに貢献したいと希望していることである。本 MS 目標の推進は、アートとアカデミアを融合し、芸術科学立国を目指す取組みともいえる。未来社会に生じうる様々な地球規模の困難や問題に立ち向かう人類の生命力と創造力を培う取組みである。

第二に、当該 MS 目標の達成に向けて必要であることは、2050 年の未来を担う次世代の若者と共に明るい未来を創造することである。その実現可能性を示すべく、本調査研究では、合計 10 校 763 名の小中高生を対象とした「西本智実ムーンショット音楽感動共創プロジェ

クトワークショップ 2021」を開催した。2030年・2040年・2050年の未来を想像し、2030年・2040年・2050年それぞれのゴールデンレコードに載せる作品を「絵」「書」「作曲」「文章」の4領域から選んで制作する活動を行った（ゴールデンレコードとは、1977年に発射された太陽系外探査機ボイジャーに搭載された、当時の地球文化を記録したものである）。ワークショップの結果、未来を担う次世代の若者と共に、夢のある2050年の未来社会像を共創することができた（図4）。



図4. 小中高生向けワークショップで描かれた「2050年のゴールデンレコード」に載せる作品（小学生の作品例）. (A)「どこでもスマホ」. (B)「生き物なんでもイヤフォン」. (C)「音楽&魚ヘッドフォンセット」. (D)「宇宙に行けるまほうの服と宇宙、地球スピーカー」. (E)「MUSIC粘土」. (F)「音符バッジ」. (G)「歌クッキー」. (こころ)「UMB~ Universe Music Building~」. (I)「アクシオム」.

第三に、当該MS目標の達成に向けて必要であることは、医療従事者との連携した取り組みである。本調査研究のヒアリング調査として、山中伸弥京都大学iPS細胞研究所所長、合田圭介東京大学教授、ムーンショットミレニアプログラム調査チームの先生方（「ウルトラダイバーシティ社会実現チーム」、「チームポスト・アントロポセン」、「DIGITAL BIOSPHERE 未来共創チーム」、「Psyche Navigation System による安寧・活力共存社会実現チーム」、「ストリート・メディカル・シティチーム」の先生方）、金井良太MS目標1PM兼株式会社アラヤ代表取締役、山脇成人広島大学脳・こころ・感性科学研究センター特任教授、

町澤まる同センター特任准教授とビジョン共有と議論の機会を設け、ヒアリング調査を実施した。中でも、山脇・町澤両氏が取り組んでいる脳科学・AI 技術・デジタル技術を融合し、人類のこころの健康の維持・向上を目指すメンタルヘルス・デジタルトランスフォーメーション(DX)プロジェクトは、感性科学を応用し人々の精神の健康と幸福の達成を目指す点で本 MS 目標のビジョンと信念が共通しており、本調査研究を推進する過程で正式なチームメンバーとして加わっていただいた。今後さらに医療従事者との連携が進むことが期待される。

第四に、当該 MS 目標の達成に向けて必要であることは、音楽芸術が感動と共創を喚起する仕組みの解明に基づいて開発した「感動喚起技術」・「共創喚起技術」が社会的に悪用されないよう配慮することである。人々のこころを深く、強く動かし、つながりを強める技術は、一歩間違えると人々の洗脳技術の開発につながる可能性がある。例えば、歴史的に音楽を俯瞰すると、ギリシャ時代の音楽の政治利用、ヨーロッパ中世の教会による宗教的利用、近代のプロパガンダとしての利用、軍歌のような外集団排除のための内集団の結束のために用いられた例などがあり、倫理的・法的に慎重な配慮が必要である。感動喚起技術・共創喚起技術の安全利用に向けて、倫理、法律、歴史、哲学の専門家と連携することが必要である。

4. 当該目標達成によりもたらされる社会・産業構造の変化

音楽は時間と空間の芸術であり、文化的背景を越えて人類の感性をつなぐことができる「つながり芸術」である。当該目標達成により、音楽の感動と共創によるつながりを全地球的に拡張することで、地域や階層による分断を統合し、全人類の英知を効率的に結集するような社会・産業構造へと変化する可能性がある。また、芸術は精神的な生産活動である。人間が実際に携わる産業は、芸術創造を支援し、それによって人間どうしの結びつきを作る産業構造へと変化すると思われる。当該目標達成により、21 世紀の人間の生産性は精神性として体現され、うつ病ゼロ・自殺ゼロ・紛争ゼロの生命力・創造性に満ちた社会の実現は、世界を紛争から平和、滅亡から持続へと導き、地球社会に安寧をもたらすと確信する。

II. 統計・俯瞰的分析

1. 当該 MS 目標を達成するための科学技術的・社会的課題や必要な取組み

当該 MS 目標を達成するための科学技術的課題は、なぜ、どのように音楽が人々の感動と共創を喚起するのか、そのメカニズムが不明な点である。社会的課題は、アートとアカデミアをどのように融合するか、という問題である。本 MS 目標達成するには、音楽芸術と科学技術が真の意味で融合しなくてはならない。目標を実現するには、音楽の実践家と研究者が協力し、医療従事者、市民と連携しながら、音楽が人々のこころの健康と健康にもたらす影響を学術的に追求する必要がある。日本の音楽情報科学の研究分野は、世界に比して高い水準にあるが、音楽知覚認知科学、音楽脳神経科学、音楽情動社会科学、音楽発達科学、音楽医科学の研究分野は、世界に比して遅れている。音楽情報科学の強みを最大限に活かしつつ、音楽知覚認知科学、音楽脳神経科学、音楽情動社会科学、音楽発達科学、音楽医科学を積極的に推進する必要がある。世界のあらゆる文化的背景を持つ国々が一丸となり、人類の幸福と世界平和のため、音楽芸術と科学技術を融合する国際連携が必要である。

2. 当該 MS 目標を達成するために取り組むべき研究開発の俯瞰

音楽の感動共創による生命力と創造性に満ちた人類社会を実現するには、(A) 感動喚起技術の開発、(B) 共創喚起技術の開発、(C) 社会受容のための取組みが必要である(図5)。

「感動喚起技術の開発」とは、なぜ、どのように音楽が人々の感動を喚起するのか、その科学的メカニズムを解き明かし、社会に応用するための科学技術開発である。「感動喚起技術」の開発を実現するためには、(A1) 感動状態を客観的に計測し定量化する技術(感動計測技術)、(A2) 感動状態の時系列推移と感動喚起の瞬間を予測する数理モデリングの開発(感動予測技術)、(A3) 感動体験を拡張する感覚刺激を提示する技術(感動拡張技術)の開発が必要である。

「共創喚起技術の開発」とは、なぜ、どのように音楽が人々の共創を喚起するのか、その科学的メカニズムを解き明かし、社会に応用するための科学技術開発である。「共創喚起技術」の開発を実現するためには、(B1) 人々が心躍らせ共に創造する状態を客観的に計測し定量化する技術(共創計測技術)、(B2) 人々が心躍らせ共に創造するプロセスの動態を予測する数理モデリングの開発(共創予測技術)、(B3) 人々が共感し心躍らせ創造的になる過程を促進・拡張する技術(共創拡張技術)の開発が必要である。

「社会受容の取組み」とは、音楽芸術と科学技術の融合を社会全体で進めるための取組みである。「社会受容」を実現するには、(C1) 「感動喚起技術」と「共創喚起技術」を市民と連携して進めるような市民科学の取組み、市民と連携したワークショップの開催や

デモンストレーションが必要である。また、(C2) 得られた成果を人々の心身健康に活かすため、医療従事者との連携とも必要である。さらには、(C3) 得られた成果を安全・平和に利用するための倫理的・法的整備が必要である。



図 5. 当該 MS 目標を達成するために取り組むべき研究開発の俯瞰図

3. 当該目標に関連する研究開発の動向（全体）、海外動向及び日本の強み

音楽に関連する科学技術研究開発の動向を調査するため、「音楽 (Music)」をキーワードとして、論文データベース Web of Science から科学技術論文を引用数順にトップ 5000 件を抽出し、その内容と国際動向を分析すると共に、広く文献調査を行い音楽に関連する科学技術動向について調査を行った。

まず、論文データベース Web of Science から抽出された音楽の科学に関する引用数トップ 5000 件論文の題目と要旨に含まれるキーワードをテキストマイニングの手法で抽出し、キーワード間の共起頻度を用いてクラスター分析した。その結果、音楽の科学研究分野には、

主に下記の6つの小分野があることが明らかとなった。

表1. 音楽科学技術論文のキーワード分析により得られた6つの小分野.

| | |
|----------|-----------------------------|
| 音楽知覚認知科学 | 音楽の知覚や認知に関する研究 |
| 音楽脳神経科学 | 音楽の認知や演奏に関わる脳機能構造に関する研究 |
| 音楽情報科学 | 楽曲検索や自動採譜など音楽情報処理に関する研究 |
| 音楽情動社会科学 | 音楽が喚起する情動や社会的行動に関する研究 |
| 音楽発達科学 | 音楽能力の発達、音楽訓練による認知・脳変化に関する研究 |
| 音楽医科学 | 音楽の医学臨床応用研究、音楽能力の疾患に関する研究 |

これらの6つの小分野について、それぞれの分野の論文数の割合の経年推移を調べたところ、「音楽脳神経科学」分野が1990年代から2000年代にかけて増加しており、「音楽情動社会科学」分野が2010年代以降増加していることが明らかとなった(図6)。本MS目標は音楽の感動と共創をテーマとしており、音楽が喚起する情動や社会的行動に関する「音楽情動社会科学」研究が、2010年代以降増加していることは注目すべきである。この結果は、情動や社会性に着目した音楽科学研究が、世界全体として近年増加しつつあることを示唆している。

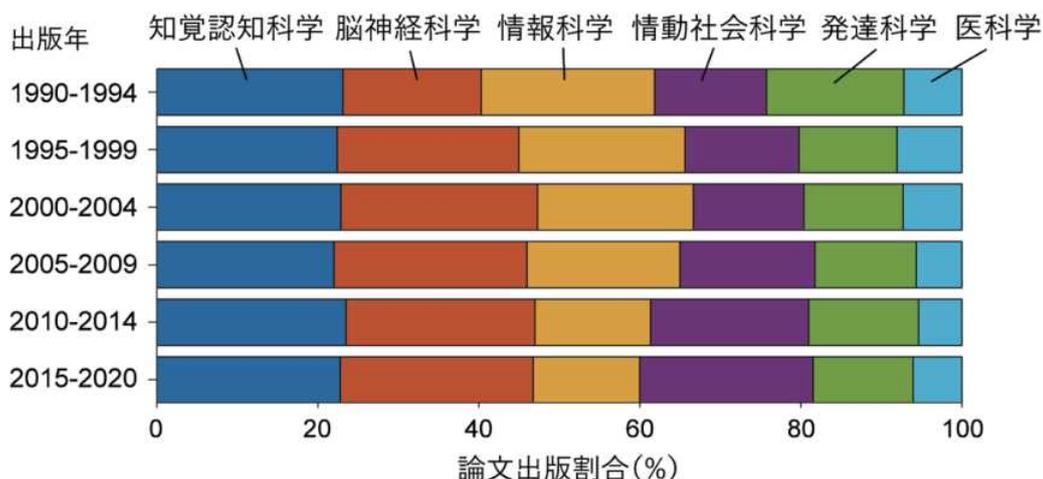


図6. 音楽科学の6つの小分野毎の出版割合の推移.

次に、これら6つの小分野ごとの研究発展の動向を国際比較するために、小分野毎に主要8カ国(日本、米国、中国、イギリス、フランス、ドイツ、カナダ、オーストラリア)の論文出版数の推移を分析した(図7)。分析の結果、6つの小分野いずれにおいても全体として論文数が増加している傾向が認められた。「知覚認知科学」「脳神経科学」「情動社会科学」「発達科学」「医科学」の5分野については、いずれも米国がトップをキープしている。「情

報科学」の分野については中国の成長が顕著であり、直近では米国を抜いてトップである。日本は、「知覚認知科学」「脳神経科学」「情動社会科学」「発達科学」「医科学」の5分野については主要8カ国中最下位である。一方、「情報科学」の分野については中国、アメリカ、イギリスに次いで第4位であり、日本の強みといえる。日本では、現在最下位である「知覚認知科学」「脳神経科学」「情動社会科学」「発達科学」「医科学」の5分野を早急に発展させ、強みである「情報科学」と結びつけることが課題である。特に懸念されるのは、「音楽医科学」の分野が、日本以外の分野では近年伸びているのに対し、日本でのみ近年低下している点である。医療従事者と連携して、音楽科学の臨床応用研究を早急に推進することが望まれる。

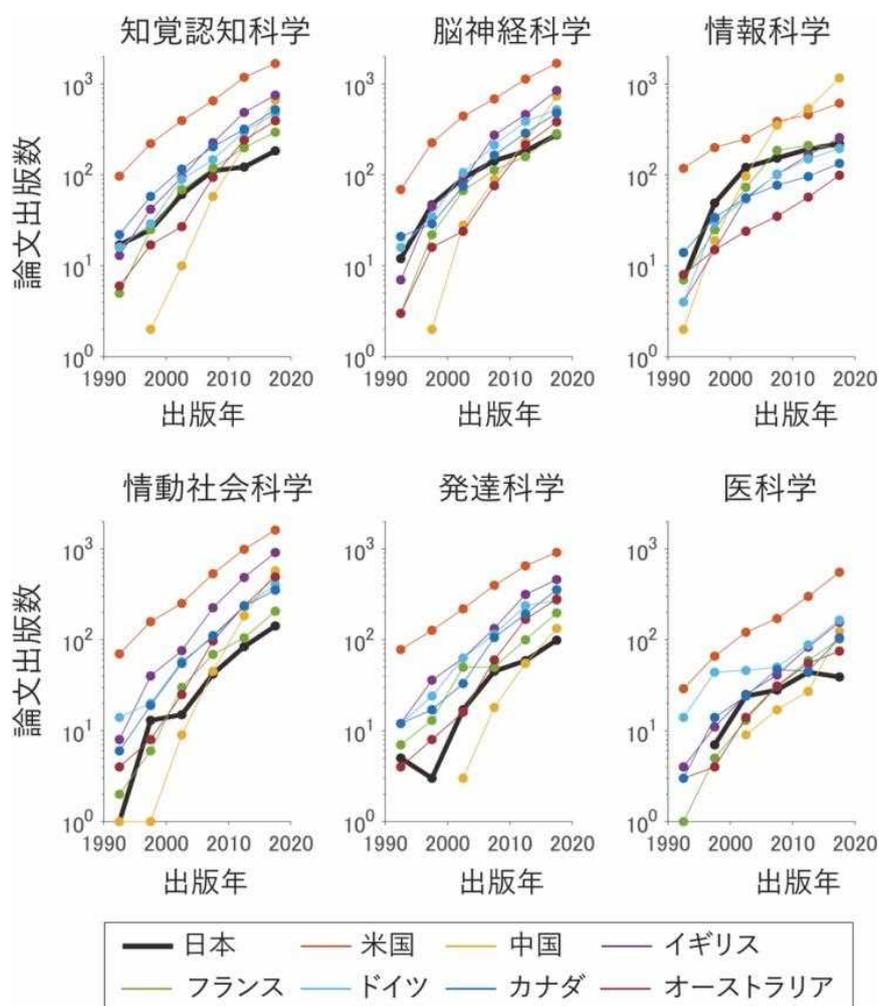


図7. 音楽科学の6つの小分野毎の主要8カ国の論文出版数の推移。

日本の音楽市場規模はアメリカに次いで世界第2位であり、国内の音楽産業は世界トップ水準である (IFPI, 2019)。しかし、音楽を人々の幸福に活かすための科学研究は決定的に不足しているように見受けられる。音楽の科学が日本において進展していない理由として、国民がそもそも音楽の科学を必要としていない可能性があるのではないかと考えた。そこ

で、日常生活における音楽の必要性や、音楽科学の必要性について実態を調査するため、本調査研究にて大規模アンケート調査を実施した。

アンケート調査の結果、「音楽は日常生活に必要か」「音楽は自分の幸せにとって必要か」という質問に対して、94%もの人々が「そう思う」「とてもそう思う」と回答しており、大多数の人々が音楽は日常生活と自分自身の幸福にとって必要であると認識していることが明らかとなった（図8）。

「音楽の科学的研究は社会にとって必要か」という質問に対しては、86.8%の人々が「そう思う」「とてもそう思う」と回答していた。この結果から、国民・社会の音楽科学のニーズは比較的高いと考えられる。一方で、「音楽の科学研究は生活に役立つか」「音楽の科学研究に関わりたいか」「音楽の科学を日本/世界で積極的に進めるべきか」という質問に対しては、60%以上の人々が「そう思う」「とてもそう思う」と回答していた。音楽の日常生活の回答ニーズは94%であったのに対し、音楽の科学のニーズが60%程度であったことは、音楽科学の有用性が市民に普及していないことを示唆している。音楽科学の有用性について市民に広くその意義を伝えながら、音楽科学の社会受容をいかに推進するかが課題である。

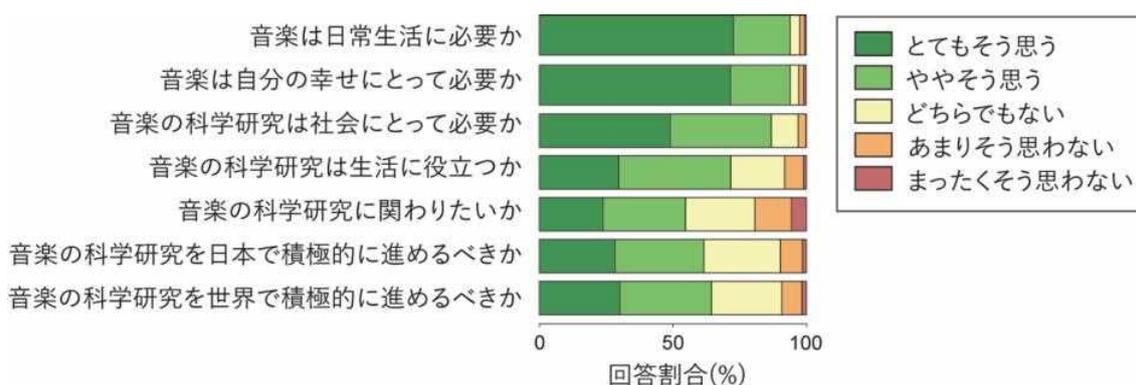


図8. 音楽及び音楽科学の必要性に関するアンケート調査の結果.

本調査研究では、音楽科学の有用性について、市民参加を促すことを目的に、大学生向けの音楽科学ワークショップと音楽科学の学術シンポジウムも実施した。大学生向けワークショップには4日間で計80人が参加、東京大学で開催した合同学術シンポジウム「音楽科学の意義と展望」には約300名が参加し、音楽科学の意義と展望について、市民参加型のオープンな形で活発に議論した。

III.社会像実現に向けたシナリオ

1. 挑戦的研究開発の分野・領域及び研究課題

挑戦的研究開発を推進すべき分野・領域

本 MS 目標を達成するにあたり、挑戦的研究開発を推進すべき分野・領域についての俯瞰図を図 5 下に示した。

まず重点的に研究開発を推進すべき分野・領域は、音楽の医科学分野である。II. Analysis (統計・俯瞰的分析)の結果から、日本は音楽の情報科学分野に強みがあるが、音楽の医科学分野は他国に比して大きく遅れていることが明らかとなった。音楽の情報科学分野の強みを医科学分野に活かすための研究開発を積極的に推進すべきである。

次に重点的に研究開発を推進すべき分野・領域は、音楽の脳神経科学、知覚認知科学、情動社会科学、発達科学分野である。音楽の情報科学分野の強みを医科学分野に十分に活かすためには、そもそも音楽がどのようにヒトの脳内で知覚認知され、情動や共感を喚起するのか、また、音楽による感動喚起・共創喚起が、発達や教育、社会にどのような影響を及ぼすのか、その仕組みを明らかにするための科学研究を推進すべきである。

目標達成にあたっての研究課題

(A) 感動喚起技術の開発

(A1) 感動計測技術の開発

感動を喚起する技術を開発するためには、まず「感動状態」を客観的に定量化して計測する必要がある。我々目標検討チームは、脳波信号の感性多軸モデルに基づく「ワクワク感メーター (Brain-Emotion-Interface)」の計測・定量化技術を既に関発している (Machizawa, Yamawaki et al., 2020)。本調査研究の「MS 音楽トライアルワークショップ」では、このワクワク感メーターを用いて、生演奏音楽聴取中の感動状態を実際に計測した成果がある。感動指標は、予測に基づいたポジティブな予測 (期待感) を伴うワクワク感 (Machizawa, Yamawaki et al. 2020; 特許 6590411「感性評価方法」) を上回る予測誤差として数値定量化し計測できると考える。よって、感動計測技術の開発は実現可能性が極めて高い。

(A2) 感動予測技術の開発

感動を予測する技術の開発にも、感性の可視化技術が応用できる。音楽聴取中に感動が喚起された瞬間、思わず鳥肌が立つ現象に代表されるように、外受容感覚として処理された音波等の外部刺激が、内受容感覚 (鼓動、呼吸、鳥肌、内臓の感覚など) として再び神経処理される「脳 内受容感覚」の情報処理プロセスとして、感動を予測する数理モデルを開発できると我々は考える。そこで、「脳 内受容感覚」ネットワークの動態を捉えるために、マ

マルチモーダルな高精度ウェアラブル計測評価を実施する。脳波(ウェアラブル高精度脳波計 & 簡易脳波計)に加え、スマートフォン、スマートウォッチなどウェアラブル生体デバイスを用いて、瞳孔・顔表情・顔血流・音声・体温・心拍・脈拍・血圧・血管剛性・行動リズムを計測し、IoT・クラウド情報通信技術を用いて、感動喚起に関連する脳内受容感覚ビッグデータのDX化に取り組む。AIを用いてこれらの感動喚起に関するマルチモーダルデータを解析し、個性に合わせて最適化する技術(特開 2019-202031・町澤&山脇・感性評価装置、感性評価方法および感性多軸モデル構築方法、特許査定済)を応用することで、個人にカスタマイズされたワクワク感(予測)や感動(予測誤差)の高精度数理モデルを開発する。本調査研究の「MS音楽トライアルワークショップ」でも、生演奏音楽聴取中の実空間・遠隔空間の観客の脳波・心拍・顔血流を実際に計測した成果がある。

(A3) 感動拡張技術の開発

音楽による感動喚起の体験を拡張するために、感動刺激の提示技術の開発にも取り組む。例えば、我々目標検討チームはこれまでに、冷感触覚刺激やバイノーラル音によって音聴取中のゾクゾク感を増幅する技術の開発に取り組んできた(Ishikawa, Fujii et al., 2019; Honda, Fujii et al., 2020)。脳波情報の音楽変換技術(Hamano, Okanoya et al., 2013; Hamano, Ohmura, Okanoya et al., 2014)に関する研究開発の実績もあり、現在も感動(感性)データ可聴化にも取り組んでいる。感動喚起の予測モデルの開発と並行して、感動状態の個性に合わせて順応的に最適なパターンで(特願 2017-139585・町澤&山脇・脳波信号評価方法)五感を刺激する技術を開発することで、あらゆる個人の音楽感動体験を拡張する研究に取り組む。

(B) 共創喚起技術の開発

(B1) 共創計測技術の開発

集団がある楽曲を演奏する過程における「正直な信号」を計測する。「正直な信号」とは、意図性を伴わない無意識的な動作・表情・生理的な信号を意味する。これらの測定値と演奏そのものの審美的・技術的評価の時間的同期性や因果関係を解明し、どのような同期過程が創造性と結びつくのかを解明する。本調査研究の「MS音楽トライアルワークショップ」では、微小加速度センサーによってリアルな演奏環境で音楽家集団の身体運動計測を実現した成果がある。我々目標検討チームでも音楽家の身体運動科学研究を実施してきた実績や(Fujii et al., 2009; 2010)音楽と身体運動の同期関係を解明した成果(Fujii et al., 2014)がある。実演家と研究者が協力して研究を推進することで、共創状態の「正直な信号」を計測し、共創状態計測技術の開発を推進することができる。

(B2) 共創予測技術の開発

集団がある楽曲を演奏する過程における「正直な信号」のビッグデータを取得し、共創喚起の予測モデルを開発する。ウェアラブルデバイスを用いて音楽家集団の瞳孔・顔表情・顔

血流・音声・体温・心拍・脈拍・血圧・血管剛性・行動リズムを計測し、IoT・クラウド情報通信技術を用いて、ある集団が演奏している最中の脳内受容感覚ビッグデータをDX化することに取り組む。各個人の「正直な信号」と集団演奏の審美的・技術的評価データの同期性を解析し、どのような瞬間に創造的なアンサンブルが生まれるのか、共創喚起の予測モデルを開発する。

(B3) 共創拡張技術の開発

人々が共感し、心躍らせ創造的になる過程を操作・促進・拡張する技術の開発にも取り組む。例えば、集団がある楽曲を演奏する過程に様々な介入信号や条件を与え、共創過程がどのように変化するのかを明らかにする。共創を促進する、または抑制するような信号を発見することで、集団の創造性を操作することが可能になると考える。集団の創造性に介入する研究となるので、当初はモデルとシミュレーションでパラメータの選定を行い、その後、研究参加者に対する倫理的配慮を十分に考慮し、研究目的を明示した上で、実験的な介入を試みるのが重要である。

2. 2030年・2040年・2050年のそれぞれにおける、達成すべき目標(マイルストーン)、マイルストーン達成に向けた研究開発、これによる波及効果

2030年において達成すべき目標は、音楽の感動と共創による個人のストレス・うつを軽減である(図2)。取り組むべき研究開発は、個人に対する(A)感動喚起技術、(B)共創喚起技術の臨床・社会応用である。(A)感動喚起技術を用いて、感動状態の個性に合わせて順応的に最適なパターンで(特願2017-139585・町澤&山脇・脳波信号評価方法)五感を刺激し、個人のストレス・うつを軽減する技術を確立する。さらに、(B)共創喚起技術を用いて、個人を創造的な状態にし、臨床・社会現場における個人のストレス・うつを軽減する。波及効果として、国内における音楽科学の健康応用分野を10年間で急速に拡充する。

2040年において達成すべき目標は、音楽の感動と共創による集団の憎悪の抑制と軋轢の解消である。取り組むべき研究開発は、(A)感動喚起技術と(B)共創喚起技術を社会集団に応用することである。家庭、市町村、会社、教育施設、医療施設など、様々な集団において、(A)感動喚起技術と(B)共創喚起技術を応用し、集団内の他集団に向かう抽象的な憎悪を抑制し、軋轢を解消する。音楽の感動と共創により、内集団・外集団の構造に変化を与えることで、集団内の抽象的な憎悪を抑制し、軋轢を解消する。波及効果として、孤立する個人が減少し、自殺者減少につながる。

2050年において達成すべき目標は、文化を超えた感動と共創によるうつ病ゼロ・自殺ゼロ・紛争ゼロである。紛争ゼロに向けて取り組むべき研究開発は、文化の枠組みを超えて(A)感動喚起技術と(B)共創喚起技術を応用する研究である。波及効果として、民族・文化間の対立・分断を解消し、文化を超えた全人類の音楽の感動共創による世界平和が実現できる

と考える。

3. 目標達成に向けた国際連携の在り方

本 MS 目標を達成する上で鍵となるのは、日本の強みである音楽の情報科学分野を、音楽の医科学、脳神経科学、知覚認知科学、情動社会科学、発達科学分野と巧みに融合させ、研究開発を進めることである。音楽の医科学、脳神経科学、知覚認知科学、情動社会科学、発達科学分野において、出版論文数の第一位を占めるのは米国である。事実、アメリカ国立衛生研究所（NIH）は、2019 年からの 5 年間、「Sound Health」と題した音楽科学の健康応用プロジェクトを 2 千万ドル規模で推進しており、心身健康と医療費削減の国策として音楽科学の利用を積極的に進めている（NIH, 2019）。NIH の「Sound Health」プロジェクトと本 MS 目標が国際連携すれば、音楽科学の健康応用分野は日本国内でも飛躍的に進展する可能性がある。

一方で考慮しなくてはならないのは、これまでの世界の音楽科学研究の大きな問題点として、西洋諸国を中心とした科学研究が先行し、アジアやアフリカなど世界の文化的多様性が考慮されていない点が指摘されていることである（Jacoby et al., 2020）。この「文化的多様性が考慮されていない」という問題を解決するため、2021 年 2 月にアメリカ、ポルトガル、ナイジェリア、インド、ドイツ、イギリス、ニュージーランド、南アフリカ、スペイン、日本など世界各地から音楽科学者が集い国際シンポジウムを開催し、本チームのメンバーも参加して文化的多様性を考慮した音楽科学研究の達成目標について議論した（Savage, Fujii et al., 2021）。本 MS 目標を実現していくためには、全世界の多様な文化背景を持つ国々と国際連携し、文化的多様性を考慮して研究開発を進めることが必要不可欠である。

4. 目標達成に向けた分野・セクターを越えた連携の在り方

目標達成に向けた分野・セクターを越えた連携の在り方として必要な取り組みは、(1)実演家と研究者とが協力し研究に取り組むこと、(2)未来を担う次世代の若者を含む市民全員が参加し、ビジョンを共有しつつ共に明るい未来を創造すること、(3)医療従事者との連携した取組みを積極的に行うこと、(4)音楽の歴史を大切に振り返りつつ、感動共創喚起技術の平和利用に向けて、倫理・法的な整備を行っていくことである。加えて重要であるのは社会受容である。本調査研究の成果として、「MS 音楽トライアルワークショップ」など、市民に開かれたデモンストレーションやワークショップを実施したが、MS 目標の実現にはこれらの社会受容のための活動を継続的に実施していく必要がある。感動喚起技術の社会受容を目指し、市民と連携して対話的なデモンストレーションや参加型のワークショップを行うことや、共創喚起技術の社会受容を目指して市民と連携した参加型の研究開発プラットフォームの構築を行なっていくことが期待される。チームリーダー西本がバチカン国際音楽祭や泉涌寺音舞台のような場を通じて音楽による感動共創を人々のところに伝えてきた

ように、だれもが地球人として地球文明の普遍性や生命の輝きを実感できる社会を実現することが大切である（図9）。



図9. 音楽による感動共創の実践例.

(A)パチカン国際音楽祭 (B) 泉涌寺音舞台 (©MBS) .

5. ELSI (Ethical, Legal, Social Issues)

(目標達成に向けて取り組むうえでの倫理・法的・社会的課題及びその解決策)

本チームでは、音楽による気分や情動の調整、健康増進、幸福感の励起といった人類にとってポジティブな影響を目指す研究である。しかし、音楽による影響はネガティブな方向へ機能することも予想される。歴史的に音楽を俯瞰すると、ギリシャ時代の音楽の政治利用や、ヨーロッパ中世の教会による宗教的利用、近代のプロパガンダとしての利用など比較的ネガティブと捉えられる音楽利用がある。また、音楽のポジティブな利用においても、軍歌のような外集団排除のための内集団の結束のために用いられた例も存在する。また、興味深い例として、19世紀にイギリス政府がトリニダード・トバゴで行った音楽や楽器の禁止令がある。これによって楽器を所有することができなくなった市民は、スティーロパンと呼ばれる楽器を発案制作し音楽文化を発祥させた。政治、市民、音楽の関係は常に相互作用の中にあり、様々な影響を受けている。音楽科学の利用によるネガティブな影響はある程度規制する必要があるが、人類の文化的活動の一つとして自由を持たせることが必要な場合もあるため、倫理的・法的に慎重な配慮が必要である。また、感動喚起技術・共創喚起技術の開発にあたり、様々なセンシング技術を利用して個人や集団の生体情報計測を行い、研究開発を進めるため、インフォームドコンセントや個人情報保護など倫理的配慮も十分に行う必要がある。感動喚起技術・共創喚起技術の安全・平和利用に向けて、倫理、法律、歴史、哲学の専門家と連携してルールを設定する必要がある。

IV. 結論

少子高齢化社会において、音楽の力によって誰もが心身の健康を維持増進できる社会は、医療費・社会保障費を節約できるという実利性のみならず、人類にとって最大の価値である幸福を実現できる社会でもある。

かけがえのない命を持った個人の集まりである社会が感動を共創し、人類の共有遺産である芸術的音楽、医学的音楽、科学的音楽を活用して、人類の感性と叡智によって調和する地球を実現することが、私たちの目標である。

V. 参考文献

いのち支える自殺対策推進センター(JSCP)資料 (2020). 「コロナ禍における自殺の動向」

<https://www.mhlw.go.jp/content/12201000/000707293.pdf>.

厚生労働省資料 (2010). 「自殺・うつ対策の経済的便益」

<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000000qvsy.html>.

厚生労働省資料 (2018) 「労働者調査」 https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/h30-46-50_kekka-gaiyo02.pdf.

厚生労働省資料 (2019). 「若年層の自殺をめぐる状況」

<https://www.mhlw.go.jp/content/r1h-2-3.pdf>.

厚生労働省白書 (2012). <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/12/dl/2-08.pdf>.

国連 (2021). Secretary-General's video message to launch Policy Brief: COVID-19 and the Need for Action on Mental Health.

<https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2020-05-13/secretary-generals-video-message-launch-policy-brief-covid-19-and-the-need-for-action-mental-health>.

広島市資料 (2020). 「広島市こころの健康に関するアンケート調査結果」

<https://www.city.hiroshima.lg.jp/site/utsu-jisatsu-taisaku/212723.html>.

日本脳科学関連学会連合緊急提言 (2020). 「新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に係る

メンタルヘルス危機とその脳科学に基づく対策の必要性」 <http://www.brainscience-union.jp/wp/wp-content/uploads/2020/06/55efa57a57fa6425faeccea99e9a7527.pdf>.

Bourgeault, I. L., Maier, C. B., Dieleman, M., Ball, J., MacKenzie, A., Nancarrow, S., Nigenda, G., & Sidat, M. (2020). The COVID-19 pandemic presents an opportunity to develop more sustainable health workforces. *Hum Resour Health*, 18(1), 83.

<https://doi.org/10.1186/s12960-020-00529-0>

- Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Oda, S. (2009). Tapping performance and underlying wrist muscle activity of non-drummers, drummers, and the world's fastest drummer. *Neurosci Lett*, 459(2), 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.04.055>
- Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Oda, S. (2010). Intrinsic constraint of asymmetry acting as a control parameter on rapid, rhythmic bimanual coordination: a study of professional drummers and nondrummers. *J Neurophysiol*, 104(4), 2178-2186. <https://doi.org/10.1152/jn.00882.2009>.
- Fujii, S., Watanabe, H., Oohashi, H., Hirashima, M., Nozaki, D., & Taga, G. (2014). Precursors of Dancing and Singing to Music in Three- to Four-Month-Old Infants. *PLoS ONE*, 9 (5): e97680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097680>.
- Jacoby, N., Margulis, E. H., Clayton, M., Hannon, E., Honing, H., Iversen, J., Klein, T. R., Mehr, S. A., Pearson, L., Peretz, I., Perlman, M., Polak, R., Ravignani, A., Savage, P., E., Steingo, G., Stevens, C. J., Trainor, L., Trehub, S., Veal, M., Wald-Fuhrmann, M. (2020) Cross-Cultural Work in Music Cognition: Challenges, Insights, and Recommendations. *Music Perception*, 37 (3), pp.185-195.
- Machizawa, M. G., Lisi, G., Kanayama, N., Mizuochi, R., Makita, K., Sasaoka, T., & Yamawaki, S. (2020). Quantification of anticipation of excitement with a three-axial model of emotion with EEG. *J Neural Eng*, 17(3), 036011. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab93b4>
- Mas-Herrero, E. M., Singer, N., Ferreri, L., McPhee, M., Zatorre, R., & Ripolles, P. (2020). Rock 'n' Roll but not Sex or Drugs: Music is negatively correlated to depressive symptoms during the COVID-19 pandemic via reward-related mechanisms. *PsyArXiv*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/x5upn>
- NIH (2019). NIH Awards \$20 Million Over Five Years to Bring Together Music Therapy and Neuroscience. <https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-awards-20-million-over-five-years-bring-together-music-therapy-neuroscience>
- Hamano, T., Rutkowski, T. M., Terasawa, H., Okanoya, K., & Furukawa, K. (2013). Generating an Integrated Musical Expression with a Brain-Computer Interface. *NIME 2013*. pp. 49-54.
- Hamano, T., Ohmura, H., Nakagawa, R., Terasawa, H., Hoshi-Shiba, R., Okanoya, K., & Furukawa, K. (2014). Creating a Place as a Medium for Musical Communication Using Multiple Electroencephalography. *ICMC-SMC 2014*, pp. 637-642.
- Honda, S., Ishikawa, Y., Konno, R., Imai, E., Nomiyama, N., Sakurada, K., Koumura, T., Kondo, H. M., Furukawa, S., Fujii, S., & Nakatani, M. (2020). Proximal Binaural Sound Can Induce Subjective Frisson. *Front Psychol*, 11, 316. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00316>

- IFPI (2019). IFPI Global Music Report. <https://www.ifpi.org/ifpi-global-music-report-2019/>
- Ishikawa, Y. Kawazoe, A. Chernyshov, G. Fujii, S. Nakatani, M. (2019). The Thermal Feedback Influencer: Wearable Thermal Display for Enhancing the Experience of Music Listening. Kyung, U. Konyo, M. Lee, D. Kim, S. Y., Kajimoto, H. (Ed) *Haptic Interaction - Perception, Devices and Algorithms*, 7, pp. 162-168.
- OECD (2021). OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/tackling-the-mental-health-impact-of-the-covid-19-crisis-an-integrated-whole-of-society-response-0cca0b/>
- Savage, P. E., Jacoby, N., Margulis, E. H., Daikoku, H., Anglada-Tort, M., Castelo-Branco, S. E., ... Fujii, S., ... Schippers, H. (2021). Building Sustainable Global Collaborative Networks: Recommendations from Music Studies and the Social Sciences. *PsyArXiv*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/cb4ys>

補足資料について

本調査全体の成果として、各種調査の方法と結果の詳細を記載した補足資料も同時に提出した。しかしこれらは著作権・肖像権上の問題が生じる可能性があること、後日論文などであらためて出版する可能性があることから、非公開とする。