



ムーンショット目標 9

2050年までに、こころの安らぎや活力を増大することで、
精神的に豊かで躍動的な社会を実現

実施状況報告書

2022年度版

Awareness Music による「こころの資本」

イノベーションと新リベラルアーツの創出

山脇 成人

広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター



研究開発プロジェクト概要

音楽のポジティブ感性促進効果を脳科学的に解明し、2050年のメタバース時代を生きる次世代が自ら感性を育み、希望に満ちてこそ豊かに活躍できる社会の実現を目指します。

脳の内受容感覚情報*の予測制御に注目し、1) 音楽や超知覚音の「自分や他者のこころへの気づき」促進効果を示す Awareness Music の創発、2) ウエアラブル感性可視化装置を用いた Awareness Music による気づき促進技術、3) 自身のニューロバイオフィードバック(NBF)による希望や効力感などのポジティブ感性（こころの資本）の向上技術、4) 共感を促進する感性コミュニケーション技術などを開発します。上記研究開発を市民に開かれた形で共創し、倫理や社会課題など ELSI も議論しながら社会実装します。音楽・脳科学・情報科学・発達科学など分野融合型研究プロジェクトによる新リベラルアーツ（総合知科学）の学術モデルを創出します。

*身体内部の感覚情報（内臓感覚、免疫、内分泌など）

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal9/96_yamawaki.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
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
西本 智実	広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター	特命教授
明和 政子	京都大学 大学院教育学研究科	教授
本田 学	国立精神・神経医療研究センター 神経研究所	部長
高橋 宏知	東京大学 大学院情報理工学系研究科	准教授
笹岡 貴史	広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター	准教授
町澤 まろ	広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター	特任准教授

1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

<全体計画>

本プロジェクトでは、音楽が持つ感動、癒し、一体感などのポジティブ感性誘導効果の脳科学的検証と社会実装により、2050年のメタバース時代を生きる次世代がこころ豊かに活躍できる社会の実現を目指す。脳-内受容感覚ネットワーク(BIN)解析による感性の脳メカニズム解明とそれに基づく感性可視化技術(幸福度指数)を開発し、音楽と超高周波音などを用いた内受容感覚(潜在的感性)への気づきを促す Awareness Music(音楽や自然音を含む)を創出する。音楽を活用して自ら望む方向に感性を導く Neuro-Bio Feedback(NBF)を用いて、ポジティブ感性を最適化する「こころの資本(Hope, Efficacy, Resilience, Optimism)」の強化技術を開発する。市民体験参加型音楽・感性脳科学研究プラットフォーム(MKOS)や育児現場などで実証検証し、社会受容性に関する ELSI を開かれた形で議論を行う。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

令和4年度は3年目のマイルストーン達成に向けて、1)サブプロジェクトマネージャー(SPM)と課題推進者を兼任する西本は、MKOS構築のための音楽ワークショップ(大阪、甲府)を行い、演奏者に対して内受容感覚の気づきなどの感性アプリを用いた心理調査や BIN 計測(貼付型心電計、12ch 脳波計)、超高周波音効果の feasibility を検証し、課題を検討した。2) 課題推進者の明和は、乳児における BIN 指標の心拍誘発電位(Heartbeat-Evoked Potential: HEP)と Affective touch、音楽(リズム)と協調性の発達の相関性を明らかにし論文投稿中。親子 BIN 同時計測の基礎検討に着手した。3) 課題推進者の本田は、超高周波音の自律神経系を介したブドウ糖負荷後の血糖値上昇抑制効果を発見し論文発表した(Sci Rep2022)。MKOSで超高周波音効果検証のための feasibility を検討した。心拍弁別課題を用いた超高周波音の内受容感覚の気づきに対する効果検証に着手した。課題推進者の高橋は、ラットとヒトの音楽のビート同期性が一致することから音楽(リズム)に関して種を超えた脳情報処理機構の存在を示唆し論文発表した(Sci Adv2022)。迷走神経刺激による内受容感覚と外受容感覚の相互作用の脳波解析による AMS の要素同定とメカニズム解明に着手した。4) 課題推進者の笹岡は、fMRI/EEG と内受容感覚生理指標の BIN 同時計測と、感性に関わる内受容感覚の気づき、ストレス・レジリエンスなどの質問紙調査の統合解析による感性の心理学モデルと脳科学モデルの基礎検討を実施した。心拍弁別課題を用いた内受容感覚の個人差と音楽聴取時の感動と島皮質の活動との相関を明らかにし論文投稿中。課題推進者の町澤は、感性 BIN 計測の社会実装可能な脳波計測のために、チャンネル数、計測環境などによる脳活動の計測精度と装着簡便性の比較を行い、8ch の独立成分解析で約 70%の精度で可視化可能であることを確認した。メタバース環境での NBF 技術開発のために無線 VR と脳波を同時にリアルタイム計測出来る VR/EEG 計測デバイスのプロトタイプを開発した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

(i) 研究開発プロジェクトのガバナンス

月1回定例 ZOOM 運営会議で進捗管理。7/4(東京)に対面キックオフ研究会議で PM 研究方

針を説明。課題推進者西本の音楽ワークショップ(6/25・10/7 大阪、7/26-28 甲府)に全課題推進者が参加し、プロ演奏者を対象に内受容感覚の気づき質問紙、貼付型心電計測、超高周波音提示の feasibility の検証を行い、演奏時の BIN 計測が可能であることを確認した。10/4(広島)で井ノロサブプログラムディレクター(SPD)による研究セミナーで無意識の内受容感覚の気づき研究の指導を受けた。10/10(京都)で乳幼児親子を含む参加者(約 300 名)を対象にキックオフ公開シンポジウムを開催。終了後、音楽と感性脳科学の融合によるイノベーション研究推進会議(以下、MK 会議)で当該プロジェクト目標をバックキャストした研究設定の共通認識を持つ必要があると指摘された。11/9 に PI 年次成果発表会を行い PM が研究進捗を評価。12/3 に渡辺ガバニング委員会副委員長から目標達成をバックキャストした研究ガバナンスについて PM・全課題推進者が指導を受けた。

代表機関である広島大学は、学術・社会連携室から専任事務職員配置、未来共創科学研究本部から URA 配置、オープンイノベーション事業本部による産学連携の支援体制を構築した。

(ii) 研究成果の展開方法

本プロジェクトで得られた研究成果は積極的にプレスリリースするとともに、ムーンショット目標 9 内外の PM との連携、本プロジェクトに関してすでに連携している UCL を始め国際共同研究を展開し、国内外に研究成果を発信する予定。

(iii) 広報、アウトリーチ

本プロジェクトの HP を立ち上げ、ワークショップや公開シンポジウムについてはマスコミへの広報を積極的に発信する。すでに TV や雑誌などの取材はすでに多数受けている。また、次世代を対象とした学校、教育委員会、親子教室、自治体などへのアウトリーチ活動も開始している。

(iv) データマネジメントに関する取り組み

本年度の取り組みとしては、大阪及び山梨ワークショップの参加者のうち同意を得られた参加者を対象に、BMK センターが手掛けたセキュアな情報流通プラットフォーム(「みらい健康手帳」アプリ)を用いた質問紙調査を実施し、その回答について複数の課題推進者 PI チーム間でデータ共有を行った。また、究極の個人情報である脳情報(脳波)のセキュアなクラウドデータ集積に関する研究開発に着手し、国際共同研究プロジェクトにも参加している。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

研究開発項目 1 : 音楽・感性脳科学融合研究推進

研究開発課題 1 音楽・感性脳科学融合によるイノベーション推進(課題推進者:山脇成人)

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

本研究開発課題では、芸術的感性(非言語的体験)を科学者の言語に変換し、音楽と感性脳科学の融合によるブレイクスルーを実現するために、全課題推進者、研究参加者のみならず、熊谷 PD、井ノロ SPD、JST 中川シニアフェローなども参加し、阻害因子となる課題解決やイノベーションに繋がる研究戦略、研究マネジメントについて議論することを目的とした MK 会議等を行う。

音楽ワークショップに課題推進者や研究参加者が参加し、音楽と脳科学の異分野の共通言語や感性(内受容感覚の気づき)可視化技術の Feasibility や研究方略を検討し、イノベーションに繋がる研究を推進する。また、2050年のメタバース時代に活躍すべきデジタルネイティブ世代の子どもを対象とした感性発達研究の方略や ELSI についても議論し、研究を推進する。

2. 当該年度の研究開発実施内容

令和4年7月26-28日に甲府でジュニアオーケストラを対象とした音楽ワークショップにおいて、指揮者西本 PI やプロ演奏者に貼付型心電計を装着し、音楽演奏中の BIN 計測の Feasibility 検証を行った。全課題推進者に加えて JST 中川シニアフェローも参加して MK 会議を実施し、音楽ワークショップでの BIN 生体計測や感性アプリの課題について議論した。その結果、音楽演奏中の動きや発汗などによる心電計測の課題が議論されたが、装着の仕方と計測方法を工夫すれば複数同時計測が可能であることが確認された。一方、演奏直前直後に行った内受容感覚の気づき質問票 (BPQ)、ストレス・レジリエンス質問票 (JPSS、RS14)、音楽感情 (GEMS) など感性評価アプリについては、操作性と質問項目を改善する必要があり、BIN 生体計測の基礎研究とどう繋げていくかの検討が今後の課題であることが議論された。

10月4日の井ノ口 SPD による研究セミナーでは、無意識の内受容感覚の気づきに関する基礎研究の指導を受け、無意識の脳活動の変化をどのような研究条件下で計測するかの助言を受けた。

10月10日のキックオフ公開シンポジウム終了後に行われた江村ガバニング委員、熊谷 PD、井ノ口 SPD、西田 SPD、JST 中島部長、中川フェローとの MK 会議では、各課題推進者の研究の方向性が一致しておらず、提案プロジェクトの目標に向かった研究設定の共通認識を持つ必要があることが指摘された。それを受けて、12/3に渡辺ガバニング委員から目標9の達成目標・マイルストーンをバックキャストしたトップダウン型の研究ガバナンス (PM 目標に向けて同じ山を登る) について PM・全課題推進者に対する指導を受けた。12月20日課題推進者・西本の音楽の残響と感性心理評価および課題推進者・町澤と連携して心拍計測実験を行った (浜松)。

令和5年2月1日課題推進者・西本と子ども対象の感性主観質問紙、生理計測に関する研究打ち合わせ (東京)、2月27日課題推進者・明和と親子 BIN 同時計測実験、課題推進者・笹岡との連携について研究打ち合わせ、2月28日課題推進者・明和と課題推進者・西本の子どもの質問紙、倫理申請に関する打ち合わせ、3月3日課題推進者・本田、課題推進者・笹岡と超高周波音と心拍誘発電位 (HEP) 計測の連携に関する研究打ち合わせを行った。3月10日山脇 PM と全課題推進者参加による対面全体会議を開催し、次年度研究計画に関する研究打ち合わせを行った (東京)。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】研究開発プロジェクト成果情報一覧 (別添書類を参照)

MK 会議および頻回の各 PI との連携に関する議論を重ねることで、山脇プロジェクトの達成目

標の明確化と研究実施方向に関する共通認識(同じ山を登る)を持つことができた。また、克服すべき課題と解決に向けた議論ができた。

論文、学会発表などについては、各課題推進者の成果情報一覧を参照。

(課題推進者名)山脇成人

(研究開発機関)広島大学

研究開発項目 2：市民体験参加型音楽・感性脳科学研究フィールド検証と ELSI・社会実装 研究開発課題 2：「市民体験参加型音楽・感性脳科学研究プラットフォーム構築と社会実装」

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

＜令和4年度計画概要＞課題①での議論を踏まえて、音楽による脳-内受容感覚ネットワーク(BIN)に及ぼす効果の実施可能な生体計測の Feasibility Study を行い、音楽を楽しみながら感性と BIN に及ぼす効果を理解できる Music Edutainment 研究プログラムを開発する。

2. 当該年度の研究開発実施内容

I. MKOS 構築と生体計測フィージビリティスタディとして、以下を実施。

●7/26～28 公共施設の協力にて約 100 名の次世代を中心とした地元の演奏者とプロの演奏家からなるオーケストラと約 200 名の鑑賞者が参加し甲府音楽ワークショップ(WS)を実施。課題推進者全員が参加して、大規模会場における音楽演奏中の指揮者・演奏家の生理同時計測フィージビリティ実験を行い、鑑賞者からアンケート調査実施。

【成果】

1)演奏家の生体・感性データ計測

オーケストラ演奏時の脳波・生理同時計測

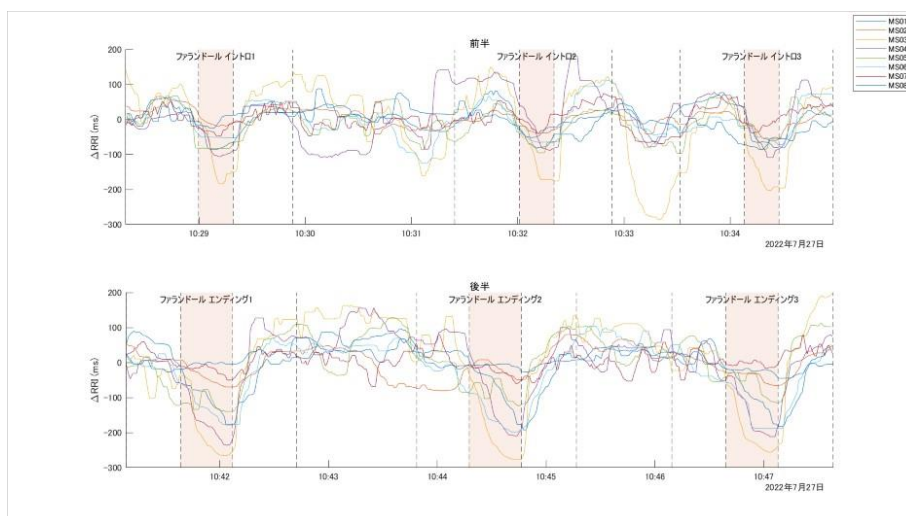


演奏時計測風景

課題推進者・笹岡チームと共同にて実施。ノイズ処理など検討課題はあるが、演奏時の心拍増加や演奏家間の心拍同期などが示唆された(下図)。また、生体計測に伴う主観感性評価

用アプリケーション(以下アプリ)について、利用した演奏家の感想を取りまとめ、操作性や質問内容についての改善、また演奏前後での入力タイミングの再検討など、アプリ開発担当の笹岡 PI チームに改善提案を行った。

演奏家 8 名の演奏時 RRI 変動



2)鑑賞者からは、以下の通り、本プロジェクトに対する関心や応援の意見をもらった。

(アンケート回答内容一部抜粋)

- ・とても興味深いコンサートでした。研究の続きがききたいです。
- ・音楽の力の影響力について、とても具体的に体験することができました。今までにないコンサートの形。とても勉強になりました。
- ・さまざまな音、音楽のはたらきを聞いて、実際に音楽もきけてとても楽しかったです。
- ・サイエンスといっしょになったふしぎなコンサートでした。
- ・このプロジェクト 5 年続くのですね。毎年やっていただきたい。

MKOS における Music Edutainment 基盤モデル構築の取り組みとして、WS への継続的な参加やデータ計測への協力、また翌年度以降の次世代の参加、計測協力を得るため、信頼関係構築を意識ながら WS を以下の通り実施した。

●6 月 25 日 主に教員を対象とし、プロジェクトをはじめ、新リベラルアーツの解説や演奏交えたインタラクティブな説明会を実施。

●10 月 6 日 前回未参加の教員を中心としてプロジェクトの紹介や課題推進者・本田による超高周波に関するショートレクチャーを実施。また課題推進者・本田の研究対象と共創にて超高周波・音楽体験による演奏者の生体計測とその内容説明をあわせ実施。

●10 月 7 日 教員を中心に対象とした音楽 WS で、音楽体験による演奏者と鑑賞者の生体計測を実施。併せて今後実施予定の生体計測に関する機器・同意書・主観感性アンケート内容について説明を実施。

●次年度以降の WS 開催地域の拡大のため、複数の自治体の首長と面談継続中。

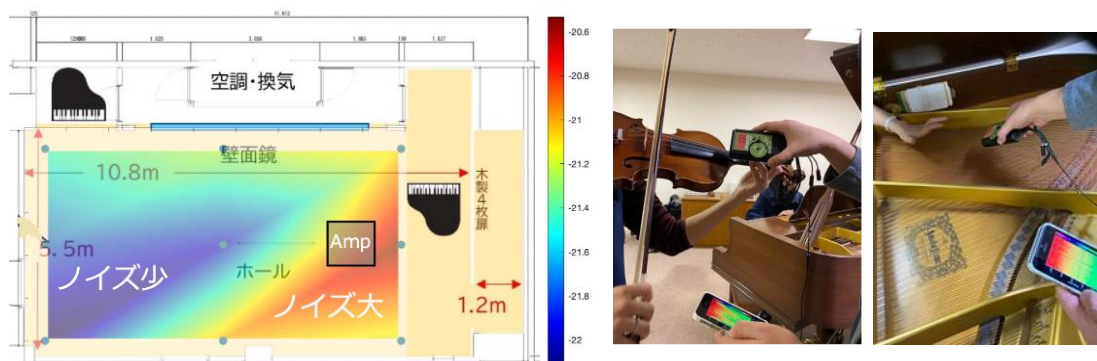
【成果】

1)脳波計測のためのノイズ計測

課題推進者の町澤チームと共同にて、今後の実験室外での脳波計測における環境ノイズ対応のための計測を実施した。

2) 超高周波音楽器の周波数計測

今後の Awareness music 創出や Music Edutainment での説明・教材作成のため、楽器ごとの超高周波の周波数を計測し、音楽演奏時の超高周波音の確認をする。今後楽器ごとの計測結果について取りまとめ、一覧化を行う。



大阪 WS 会場ノイズ計測結果

楽器演奏の超高周波計測

II.PM、他 PI との共創研究として以下を実施。

●10月10日 山脇 PM 主催のプロジェクトのキックオフシンポジウムにおいて、プロジェクトの目的対象である乳幼児から青年の次世代向け、また各課題推進者の研究計画内と「気づき」を踏まえての生演奏や Music Edutainment プログラムを視野に入れた音楽、脳科学理論解説など音楽検証を実施するとともに、併せ演奏家の生体計測を実施。また、8日に同シンポジウムのためのプレス会見への同席・活動内容について説明を行った。

【成果】

1) Music Edutainment プログラム用の音楽、脳科学理論を含んだ教材を開発。

数字・アルファベットは音に変換が可能です。

例えば

- ・円周率
- ・クモの巣
- ・バッハ→Bach→シ、ラ、ド、シ
- ・ . . . etc

⇒ **ソニフィケーション (可聴化)**

III. 来年度から本格的実施予定の主観心理質問紙調査準備として以下を実施。

●10月14日 合唱経験者による音楽鑑賞において質問紙の設問を26名にリサーチを行った。

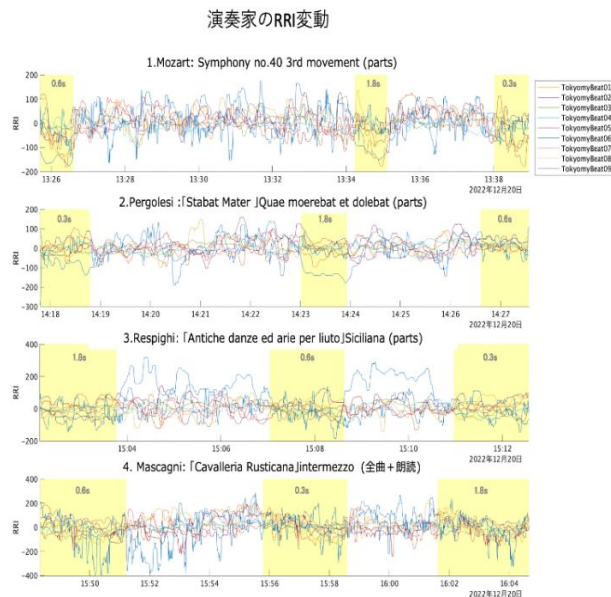
IV. 音楽演奏、聴衆時の最適な環境研究として以下を実施。

●12月20日 残響効果検証設備保有の民間企業の協力のもと、音楽演奏、聴衆時の残響効果の違いを調べるため、演奏者10名、聴衆6名が参加し、生体・感性データ収集と新たな主観心理質問紙調査作成準備のためデータ収集を行った。

【成果】

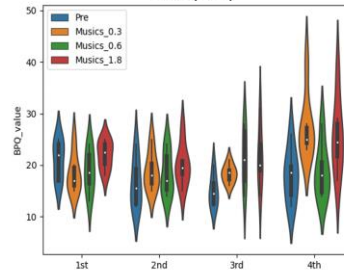
1) 演奏家、聴衆者の生体・感性データ計測

プロトコルやノイズ処理など検討課題はあるが、残響による演奏時の心拍変化や聴衆時の感情変化に差異がデータから示唆された。

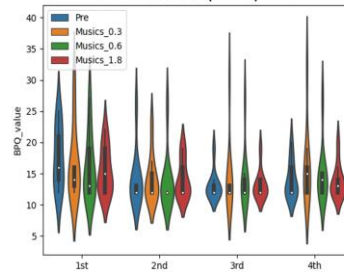


BPQ超短縮版

聴衆(n=6)



演奏者(n=9)



2) 主観心理質問紙

性格特性の違いにより、音楽経験後の快・不快やポジティブ・ネガティブなどの感情変化があることが取得データより示唆され、質問紙のプロトタイプの検討を進めた。

V.MS9活動の普及啓蒙のための広報活動

●別添、様式 410 のアウトリーチ活動に記載の通り、NHKE テレ「Switch インタビュー達人達」でのインタビューにおける MS9 活動内容について情報発信など
広報を数多く受け、MS9活動の普及啓蒙活動を実施。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】 研究開発プロジェクト成果情報一覧（別添書類を参照）

(課題推進者名) 西本智実

(研究開発機関) 広島大学

研究開発項目 3：音楽による乳幼児の内受容感覚発達メカニズム解明と社会実装

研究開発課題 3：「音楽養育環境による乳幼児の内受容感覚発達のメカニズム解明」

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

当該年度は、母子の生体リズム動態の計測系の確立を進めた。具体的には、日本人の母親と乳幼児を対象として、両者の相互作用時の脳波—自律神経系—行動の動態を同時計測し、得られたデータの時系列解析(同期性を指標とする)に取り組んだ。さらに、乳幼児およびその養育者を対象とした音楽ワークショップを京都大学内で実施するための計画立案、計測環境の構築、計測指標の検討を進めた。

2. 当該年度の研究開発実施内容

(1) 乳幼児を対象とした脳波・生理計測系の確立

本研究開発課題のマイルストーンを達成するには、まず、自然場面での母親—乳児間相互作用において、中枢神経系—自律神経系—姿勢運動系という異なる階層システムの生体信号を、二者同時に計測できる手法を確立する必要がある。令和4年度は、乳幼児という脆弱な者を対象とするうえで心身への負担がもっとも少なく、かつ信頼性・妥当性の高いデータを取得するため、下記①②の計測系の導入を開始した。

令和5年5月以降は、国内で求められてきた COVID-19 の感染症対策が、かなり緩やかになるため、母子を対象とした対面調査を加速度的に推進する予定である。

① 神経生理系: ハイパースキャニング EEG+ECG 同時計測システム、アクティブ電極搭載型脳波キャップ

② 姿勢運動系: センサーレスモーションキャプチャシステム

(2) 音楽を用いたフィールドでの実証検証の計画立案と計測システムの検討

音楽を活用した親子の感性を育む「AMS 感性発達メソッド」の構築を目指し、音楽を用いたフィールドでの実証検討を開始する準備に着手した。

フィールド実証で克服すべき課題は2つある。ひとつは、親子の自然な相互作用を制約することのない計測手法の開発、もうひとつは、とくに脆弱な乳幼児に対して心身に負担をかけずに信頼性・妥当性のある生体データを取得することである。

これらの課題を克服するため、ワイヤレス心拍計、およびマーカーレスモーションキャプチャカメラを導入し、母子を対象とした予備計測を実施した。

令和5年度には、京都大学赤ちゃん研究員に登録している親子や NPO での子育て支援施設、音楽教室などの協力を得て、予備計測を開始する。具体的には、ライブ体験条件(音楽講

師が対象者と対面で楽器演奏)および動画視聴体験条件(同講師が楽器を演奏する場面を動画で提示)を設定し、親子の生理・行動系の動態を2条件間で比較する(下図)。

親子の感性可視化・脳波/生理計測による評価系開発



【関連する研究成果】

論文発表

Yu, L., & Todoriki, K., & **Myowa, M.** (2022) From spontaneous rhythmic engagement to joint drumming: A gradual development of flexible coordination at approximately 24 months of age. *Frontiers in Psychology*, 29, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.907834> (他2件)

学会発表

Tanaka, Y. & **Myowa, M.** (2022) The Neural Processing of Multisensory Integration Between Tactile-Visual and Interoceptive Information in Infancy. *XXIII International Congress for Infant Studies (ICIS 2022) Symposium S40.01*, Westin Ottawa, Ottawa, Canada (July, 2022) (他13件)

著書

明和政子 (2022.10.24) 宝島社新書 マスク社会が危ない 子どもの発達に「毎日マスク」はどう影響するか? 192頁, 宝島社

【PI 間連携】

当該年度は、山脇 PM 課題推進者の笹岡、および町澤との連携を強化した。具体的には、主観レベルでの感性評価指標として用いる質問紙尺度を、課題推進者らと協議して選定した。また、広島大学での研究カンファレンスで、当該課題に関する発達科学の研究動向と計画について発表を行い、情報共有、討論を図った。

令和5年度は、他課題推進者との連携にも着手する。ヒトを対象とした実証実験による成果を課題推進者・高橋と共有し、マウス母仔を対象とした神経生理学的研究の立案を図る。フィールド実証計測に関しては課題推進者・本田、および西本と連携する。とくに、京都大学内で実施する音楽ワークショップでの協働を目指した研究計画の立案を図る。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】 研究開発プロジェクト成果情報一覧（別添書類を参照）

（課題推進者名） 明和政子

（研究開発機関） 京都大学

研究開発項目 4：音楽/音による内受容感覚の気づき促進メカニズム解明

研究開発課題 4 超高周波音の自律神経・情動・報酬系への影響と内受容感覚の気づき促進効果の検証」

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

1. ヒトと齧歯類を用いた超高周波音が自律神経系におよぼす影響と内受容感覚気づき促進効果の神経基盤の解明

健常被験者を対象として、ブドウ糖負荷後の血糖値上昇が超高周波音を含む自然環境音によって抑制されることを発見し、論文報告するとともに、プレスリリースを行い、多くの報道で取り上げられた。

2. 超高周波音を含むAMS社会実装にむけたPoC確立

研究開発課題2の西本Gによる音楽教育WSにおいて超高周波音呈示装置をセッティングし、実際に超高周波音を含む自然環境音を流すことで、音楽演奏・鑑賞時に再生する音響コンテンツの内容及び音量、タイミングなど実験系を構築し検討を開始した。

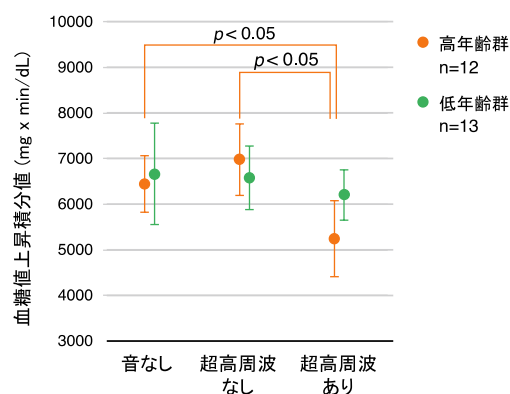
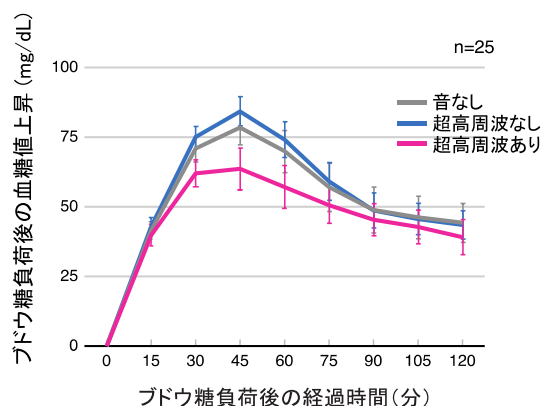
3. ウェアラブル体表面音楽プレイヤーをもちいた AMS 社会実装に向けた要素技術開発と PoC 確立

ウェアラブル体表面音楽プレイヤーが具えるべき性能と仕様を検討するとともに、要素技術の開発に適したパートナー企業の探索を行い、何社かと検討を開始した。

2. 当該年度の研究開発実施内容

1. ヒトと齧歯類を用いた超高周波音が自律神経系におよぼす影響と内受容感覚気づき促進効果の神経基盤の解明

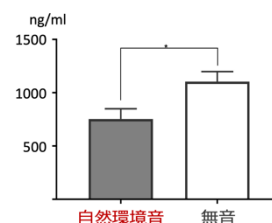
Awareness Sound の主要要因の候補である可聴域上限をこえる超高周波音が、内受容感覚を制御する自律神経系を介して心身の健やかさと豊かさを導く手法を開発し実装する本研究開発項目の達成に向けた第一歩として、ストレスによる自律神経機能の乱れが予防と発症後の経過に重大な影響を及ぼす糖尿病をターゲットとした効果を検証した。健常者を対象として、超高周波音を含む自然環境音(赤線)と含まない自然環境音(青線)、および環境音なし(灰色)の条件下で、糖尿病の診断に用いられる経口ブドウ糖負荷試験を実施し、ブドウ糖摂取後の血糖値の変化を計測比較した。その結果、超高周波音を含む自然環境音により、血糖値上昇が統計的有意に抑



制されることを実証した ($P < 0.0001$)。また、超高周波音による血糖値抑制効果は、年齢の高い被験者群と日常的に血糖値が高めの被験者群 (HbA1C が高い被験者群) で顕著に見られたことから、糖尿病になりやすいハイリスク層に対する予防効果が期待される。研究報告論文が Nature 姉妹誌である Scientific Reports 誌に受理され、当初計画を上回る成果となった (当初計画では令和 5 年度の目標)。またプレスリリースを実施したところ、多くの報道で取り上げられた。

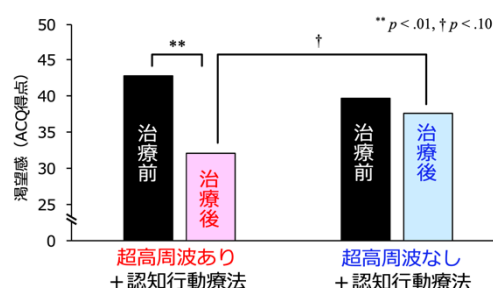
また、齧歯類 (マウス) をもちいて超高周波音が自律神経機能に及ぼす影響を評価する実験系の構築をおこなうとともに、行動実験とコルチゾール計測を用いたストレス評価をパイロット的に実施した。その結果、自然環境音呈示によりストレスホルモンの一種であるコルチコステロンが有意に低下することを見出した。

血清コルチコステロン濃度



2. 超高周波音を含むAMS社会実装にむけたPoC確立

MKOS や育児場面における超高周波音の Add-on による効果を示す研究手法を確立するために、アルコール依存症に対する集団認知行動療法の背景音として超高周波音を含む自然環境音を流し、治療効果に対する影響を検証した。その結果、超高周波音を含む自然環境音を流したときに、アルコールに対する渴望感が有意に低下することを明らかにし、複数の学会発表を実施した (日本クリティカルケア看護学会、自動車技術会、日本声楽発声学会など)。



また、研究開発課題2の西本グループによる甲府 WS (7/26-28)、大阪 WS (10/6)、キックオフシンポジウム検証演奏 (10/10) 時に、超高周波音呈示装置をセッティングし、実際に超高周波音を含む自然環境音を流すことで、音楽演奏・鑑賞時に再生する音響コンテンツの内容及び音量、タイミングなど実験系を構築し検討を開始した。加えて、従来の研究で使用していた自然環境音に含まれる超高周波音だけでなく、楽器演奏音に含まれる超高周波音を収録し、来年度以降の検討に使用できるようコンテンツ編集を行っているところである。また育児場面については、キックオフシンポジウム検証演奏 (10/10) 時に参加した乳幼児に対して自然環境音を試験的に呈示し、具体的な検討を開始した。

3. ウェアラブル体表面音楽プレイヤーをもちいた AMS 社会実装に向けた要素技術開発と PoC 確立

ウェアラブル体表面音楽プレイヤーが具えるべき性能と仕様を検討するとともに、要素技術の開発に適したパートナー企業の探索を行い、何社かと検討を開始した。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】研究開発プロジェクト成果情報一覧 (別添書類を参照)

(課題推進者名) 本田 学

(研究開発機関) 国立研究開発法人 国立精神・神経医療研究センター

研究開発項目 4：音楽/音による内受容感覚の気づき促進メカニズム解明

研究開発課題 5「AMS の音響構造の同定と BIN メカニズム解明、臨界期（高感受性期）の音環境の影響解明」

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

本研究開発課題 5「Awareness Music/Sound の要素同定と音の及ぼす臨界期の解明」では、AMS (Awareness Music Sound) が聴覚系、運動系、情動系、内受容感覚系などに訴求することを検証する。

内受容感覚と外受容感覚の相互作用が進化の過程でどのように獲得されてきたのかに注目し、ヒトと動物の相同性を実験検証する。このために、以下の二項目を実施した。

- (1) AMS の音響情報構造の同定
- (2) 自律神経系・情動系のセンシング機構の同定

2. 当該年度の研究開発実施内容

(1) AMS の音響情報構造の同定 (【様式 501】の①-a【聴覚系】)

本項目では、音楽的な音響情報構造の特徴に注目し、その情報処理機構をげっ歯類モデルにおいて同定した。特に、AMS の音響情報構造として、音楽的なリズムに注目した。

ラットの頭部に無線加速度計を取り付け、音楽提示中のラットの頭部運動を精密に計測することを試みた。音楽には、モーツァルト作曲「2 台のピアノのためのソナタ ニ長調 K. 448 (375a)」(テンポは 132 BPM) を用いた。その結果、ラットは原曲で最も顕著なビート同期を示すこと、早いテンポではビート同期運動を示さないこと、楽曲中のビート同期運動の変化は、ラットとヒトで似ていることを明らかにした。

さらにラットの視床・聴覚野において、リズムが聴覚野における音楽情報処理に与える影響を精査した。聴覚野第 4 層に 96 点の計測点を有する微小電極アレイを刺入し、音楽の原曲と、原曲のテンポを調節した音楽刺激に対する神経応答を計測し、比較した。また、実験データから、音のリズムと神経応答との関係の数理モデルを構築し、実際の音楽のリズムを考察した。その結果、音楽に多く表れるリズムやテンポは、聴覚野の応答特性に関係があることを見出した。ラットの脳活動から推定した順応特性は、120 BPM 付近への同期を生むだけでなく、音楽の鑑賞や創作に関連している可能性を示した。

これらの結果から、ビート同期を生む脳のダイナミクスは、少なくともげっ歯類の脳から私たち人間の脳に受け継がれてきたと言える。また逆に、長い年月をかけて、人間社会で発展してきた音楽は、動物種を超えて、脳へ強い訴求力を発揮する可能性も考えられる。したがって、ラットは、AMS の効果を検証するための画期的な実験モデルとして確立できると結論付けた。本研究成果は、Science Advances に掲載されるとともに、世界中のメディアで紹介された。

音楽的な音響情報構造の特徴として、リズム以外にも、協和音・不協和音や、音楽的な和音についても、ラットの聴覚系で研究を進めている。すでに、実験データは取得済みであり、発表に向けてデータ解析と論文執筆を進めている。また、音系列を提示したときに、音の過去の記憶がどれほど聴覚野内に残っているかを調べる指標として、聴覚野の情報処理容量を確立し、論文投稿済みである。

(2) 自律神経系・情動系のセンシング機構の同定

げっ歯類の動物実験において、自律神経系や情動系の状態を把握できる手法を構築し、検証した。

迷走神経刺激療法は、てんかん発作やうつ病へ適応されるが、その動作メカニズムは解明されていない。当該年度は、自律神経系・情動系に対する迷走神経刺激の影響を検証する第一歩として、動物モデルを用いて、迷走神経刺激による神経活動の変化に関わる神経伝達物質を特定した。具体的には、VNS による脳活動の変化を時間周波数解析により調べた。その結果、VNS はガンマ帯域を強め、シータ帯域を弱めた。ガンマ帯域とシータ帯域は、それぞれ、フィードフォワード経路とフィードバック経路の神経活動を担っていると考えられる。さらに、薬理的な実験では、アセチルコリンの阻害剤とノルアドレナリンの阻害剤を投与したところ、それぞれ、アセチルコリンはガンマ帯域の増強に関わり、ノルアドレナリンはシータ帯域の減弱に関わることを示した。これらの実験から、迷走神経は、アセチルコリンを介してフィードフォワード経路を強め、ノルアドレナリンを介してフィードバック経路を弱めることで、外受容感覚を変化させることを示唆する。これらの研究成果は、現在、論文投稿中である。

アセチルコリンとノルアドレナリン以外でも情動系の変化を調べるために、ドーパミン蛍光プローブ GRAB-DA を用いて、ラット脳内のドーパミン濃度変化をリアルタイム計測できる実験系を構築した。当該年度は、自由行動下のラットの側坐核に光ファイバを埋植し、ドーパミン濃度の変化を計測できた。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】研究開発プロジェクト成果情報一覧（別添書類を参照）

（課題推進者名） 高橋宏知

（研究開発機関） 東京大学

研究開発項目 5：BIN 解析による感性脳科学モデルと可視化技術、音楽 NBF 技術開発
 研究開発課題 6：「脳・生理指標マルチモーダル同時計測・解析による内受容感覚の気づきと感性の心理学・脳科学モデルの検証」

1. 本研究開発課題の当該年度実施概要

本研究開発課題では、本プロジェクトで提案する、予測した内受容感覚(無意識下)と実体験の予測誤差を島皮質が検出して「内受容感覚の気づき」を惹起し、前頭前野がポジティブやネガティブの「価値づけ」評価する感性脳科学モデルの検証に向けた取り組みを進めた。

2. 当該年度の研究開発実施内容

(1) 音楽における予測の不確実性と心拍誘発電位

和音の予測に対する不確実性が内受容感覚に与える影響を、心拍誘発電位(HEP; Heartbeat Evoked Potential)を用いて検討した。その結果、不確実性が低い和音列(音楽的な和声進行)よりも不確実性が高い和音列(ランダムな和音列)の方が、次の和音を予測しているときに前頭部で生じる HEP が大きく、また和音の予測が不確実なほど HEP が大きくなった(図 1; Ono et al., 2022, NEURO2022)。

これらの結果は、和音に対する予測の不確実性が内受容感覚の処理に影響を及ぼすことを示唆している。本成果については 2023 年度に論文投稿を行った。

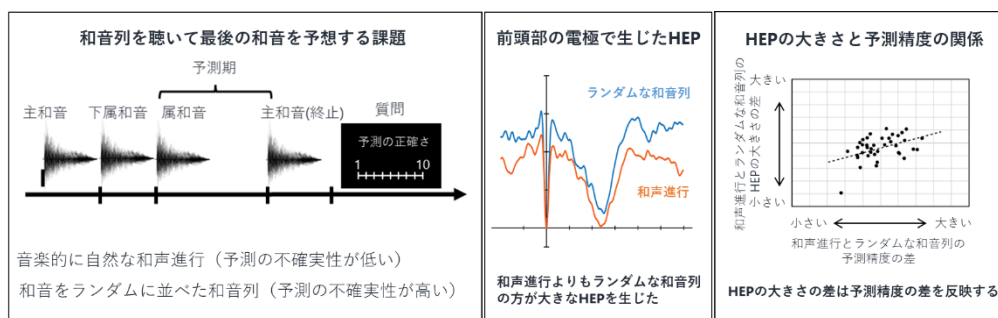


図 1. 音楽における予測の不確実性と心拍誘発電位

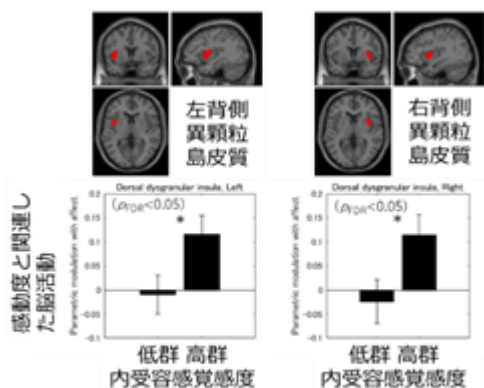


図 2. 島皮質における音楽の感動度と関連した脳活動の内受容感覚感度

(2) 音楽の感動に関わる内受容感覚処理とその脳内メカニズム

音楽刺激に対する感動度評定課題中の参加者の心拍と脳活動計測を実施した。心拍知覚の成績に基づいて参加者を内受容感覚感度高群と低群に分けた解析を行うと、高群において感動度が高いときに心拍数の上昇が見られるとともに、中部島皮質(異顆粒島皮質)において感動度と関連した脳活動が見られた(図 2)。異顆粒島皮質は顆粒皮質とともに内臓からの求心性信号を受け取っていることが知られており、内

受容感覚感度高群においてより感動度評定に内受容感覚情報が用いられていたことが示唆された。本成果については 2023 年度に論文投稿を行った。

(3) マルチモーダル脳-生理計測によるレジリエンスと内受容感覚の気づき特性に関わるメカニ

ズムの検討

こころの資本に関わる HERO モデルの一要素であるレジリエンス(ストレスへの耐性)、および内受容感覚の気づきの特性に関わる脳・生理指標の検討をマルチモーダル脳-生理計測によって行った。その結果、レジリエンスの個人差と関連した脳波指標を見いだした。内受容感覚の気づきに関わる質問紙 MAIA の 8 つの因子の得点と HEP との相関を調べたところ、この脳波成分について、異なる時間帯で異なる因子と相関が見られた。以上の結果は、この脳波指標の BIN 指標としての有用性を示唆する結果と言える。

(4)内受容感覚情報処理に関する論文出版

本研究の理論的基盤となる島皮質を中心とした内受容感覚情報処理仮説に関する論文を Friston との共著で出版(Fermin, Friston, & Yamawaki, 2022)するとともに、仮説を裏付ける不安感に関わる生理反応の脳内メカニズムに関する論文(Sasaoka et al., 2022), 内受容感覚の個人差と疼痛知覚に関わる論文を出版した(Yoshino et al., 2022)。

(1)フィールドでの実証に向けたフィジビリティスタディ

実験室実験で得られた知見をフィールドで実証するため、課題推進者・西本主催のワークショップにおいて、ウェアラブル心拍計を用いた演奏者の心拍の計測と、スマートフォン上で動作するアプリケーションによって、主観感性評価のデータ取得を行った。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】 研究開発プロジェクト成果情報一覧（別添書類を参照）

（課題推進者名） 笹岡貴史

（研究開発機関） 広島大学

研究開発項目 5：BIN 解析による感性脳科学モデルと可視化技術、音楽 NBF 技術開発 研究開発課題 7：「感性の心理学・脳科学モデルに基づく感性可視化技術の確立、簡易 BIN 計測装置のプロトタイプ開発とその実証検証」

脳-内受容感覚ネットワーク(BIN)解析による感性の脳科学モデルに基づき、その実社会でも活用可能な簡便な指標の特定し、次年度のそのリアルタイム可視化を可能とするマルチモーダル脳生理情報のリアルタイム解読技術の構築につなげる。当該年度では、以下項目において取組みを進めた。

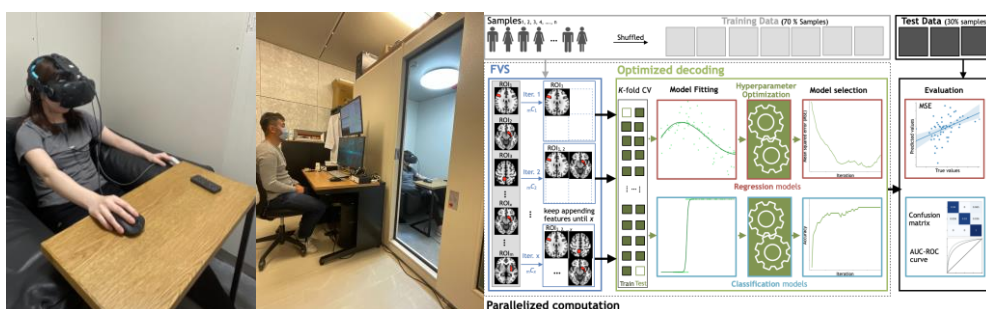
- (1) ウェアラブル BIN 計測を用いた感性可視化技術開発
- (2) 複数名同時のマルチモーダル BIN データの蓄積と感性の遠隔可視化技術開発への整備
- (3) MKOS におけるマルチモーダル脳生理計測技術の構築と実証検証準備体制の構築
- (4) 世代間及び種族間での HEP 計測手法の共有

2. 当該年度の研究開発実施内容

(1) ウェアラブル BIN 計測を用いた感性可視化技術開発

BIN 計測法については、市民におけるウェアラブルな脳波及び生理計測を用いた NBF を達成するための環境構築及び計測手法の構築を完了した（左下写真 2 点はウェアラブルな多チャンネル VR-EEG を用いた心電図+脈波の同時計測場面）。

マルチモーダルな脳生理情報の解読技術については、多変量な脳データにおいて、既存の機械学習法よりも特徴量の抽出を最適化する高精度な解読手法を開発し、GitHub にて (optimized Forward Variable Selection Decoder: oFVSD) を公開した。この解読手法を応用し、研究開発項目 6 との共同で得られた EEG-fMRI 同時計測中のデータから、fMRI で推定された機能的結合ネットワークの脳活動の推移を脳波成分による解読を進めている。また、大黒らと共同で、脳波から解読された感性(わくわく感)を触って体験できる心臓型デバイスを開発し、熊谷 PD と PM に共有するとともに、公開イベント(ハイブリッド:”Musience”, 2022/2/15)でも公開した。

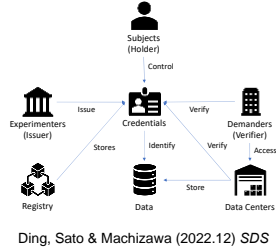


(2) 「複数名同時のマルチモーダル BIN データの蓄積と感性の遠隔可視化技術開発」への整備

市民を巻き込んだマルチモーダルな脳生理情報(パーソナルデータ)を取得するプラットフォームとして、セキュアにデータの提供者とその利用者間の認証を確立する、自己主権型認証を開発した(Ding, Sato & Machizawa, 2022)。国際学会(IEEE Software Defined Systems)にて Best Paper Award を受賞した(下図左)。また、本プラットフォームを通じて同様に 33 カ国の国際共同研究に

て脳波指標の再現性検証を進める目的の#EEGManyLabs コンソーシアム(町澤はデータ統合及びアドバイザーとして参画)においては、英国最大の神経科学協会(BNA)において [2023 BNA Credibility in Neuroscience Prize](#) を受賞した(下図右はその取組みの pre-registration 論文 Cortex 誌の表紙に採用された図)。

脳科学研究用の自己主権型認証(SSI) ...
市民の意思を反映したデータ共有



Ding, Sato & Machizawa (2022.12) SDS

SDS論文最優秀賞を受賞



(3) MKOS におけるマルチモーダル脳生理計測技術の構築と実証検証準備体制の構築

研究開発項目2(西本 G)と連動し、実環境での脳生理計測のデータ取得の意義を共有しフィージビリティを実証検証した。具体的には、山梨(7/26-28)、大阪(10/6)、京都(10/10)、浜松(12/20)それぞれの MKOS イベント、及び音楽家の協力を得て音楽イベントにおいて、「多チャンネル脳波計を用いた脳計測と脳活動の可視化」のデモンストレーション及び市民におけるデータ取得の意義を共有し、市民の参画の意図を確認した。特に大阪では教育委員会関係者らでは 90%の参加者が計測に協力したいとの反応が得られた。



(4) 世代間及び種族間での HEP 計測手法の共有

当該年度マイルストーン: ヒトにおいては、計測する脳波及び生理指標デバイスを揃え、各研究開発項目で計画されている実験における共通項を見出す。

研究開発項目3及び5及び6と連動して、乳幼児～大人(課題推進者・明和)、ヒト～ラット(課題推進者・高橋)、実験室～実験室外(課題推進者・笹岡)らと研究室訪問またはリモートでの具体的な情報共有を実施し、共通項を想定している HEP を中心に、実際に使用する脳波計測機器(アンプ・電極)、計測手法及び解析手段の詳細を提供し今後のすり合わせを実施した。

3. 当該年度の成果データ集計

【様式 410】 研究開発プロジェクト成果情報一覧 (別添書類を参照)

(課題推進者名) 町澤 まろ

(研究開発機関) 広島大学

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

月1回定例 ZOOM 運営会議で進捗管理。7/4(東京)に対面キックオフ研究会議で PM 研究方針を説明。課題推進者・西本の音楽ワークショップ(6/25・10/7 大阪、7/26-28 甲府)に全課題推進者が参加し、プロ演奏者を対象に内受容感覚の気づき質問紙、貼付型心電計測、超高周波音提示の feasibility の検証を行い、演奏時の BIN 計測が可能であることを確認した。10/4(広島)で井ノ口 SPD による研究セミナーで無意識の内受容感覚の気づき研究の指導を受けた。10/10(京都)で乳幼児を含む参加者(約 300 名)を対象にキックオフ公開シンポジウムを開催。終了後 MK 会議で当該プロジェクト目標をバックキャストした研究設定の共通認識を持つ必要があると指摘された。11/9 に課題推進者の年次成果発表会を行い PM が研究進捗を評価。12/3 に渡辺ガバニング委員から目標達成をバックキャストした研究ガバナンスについて PM・全課題推進者が指導を受けた。

代表機関である広島大学は、学術・社会連携室から専任事務職員配置、未来共創科学研究本部から URA 配置、オープンイノベーション事業本部による産学連携の支援体制を構築している。

進捗状況の把握

●PM 支援体制チームの構築

PM が属する脳・こころ・感性科学研究センターに常駐する常勤事務職員2名は、本プロジェクトの研究開発全般の進行・管理を支援している。当該期間には、PM 活動支援のため PM 補佐として未来共創科学研究本部所属の URA1名を配置した。今年度中をめどに、PM 補佐の二人目として専任職員(URA)を新規雇用・配置予定である。代表機関である広島大学の本プロジェクト PM 支援体制チーム(下図参照)は、主に未来共創科学研究本部、オープンイノベーション事業本部、学術・社会連携室のメンバーで構成され、当該期間での構築状況と想定する役割を以下に記す。

●未来共創科学研究本部

将来的な本事業の広がり研究基盤として、副学長(教育担当)と副学長(学術・社会連携担当)/未来共創科学研究本部本部長で打合せし、研究領域横断連携プログラムの構築に向けた検討を進めている。

所属するシニア URA1名と上述 PM 補佐 URA1名は、PM 支援体制チーム構築に努め、引き続き実施する。上述 PM 補佐 URA はプロジェクト進捗状況および国内外の研究開発動向を把握し、報告書作成等を支援した。次年度以降もプロジェクト進捗状況および国内外の研究開発動向を把握しつつ、適宜 PM プロジェクトマネジメントにおける必要な支援を提案・実施する予定である。

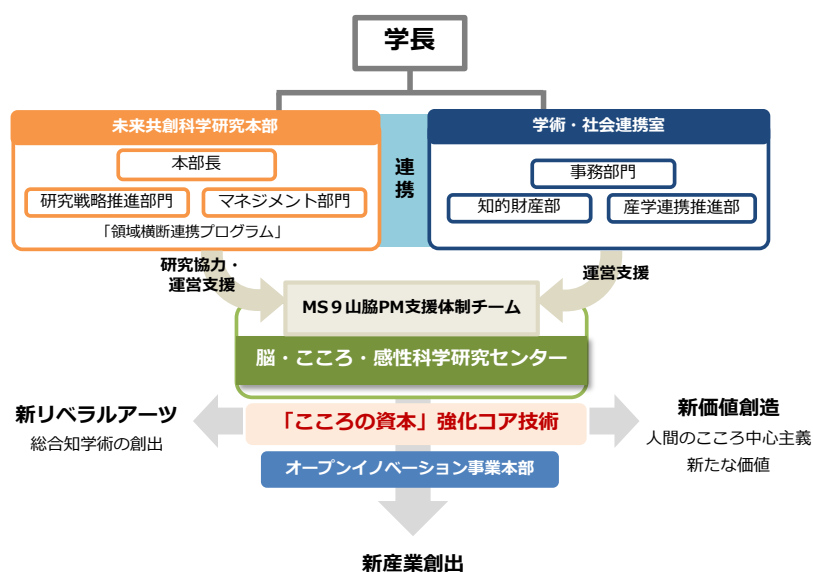
●オープンイノベーション事業本部

本研究開発成果の社会実装加速に向けた支援(共同研究組成・ベンチャー組成)を実施する予定である。

●学術・社会連携室

代表機関の知的財産部(知財マネージャー)や産学連携推進部(コーディネーター)の専門人材は、適宜研究開発において必要な関連支援を実施する。今後本プロジェクトにお

ける研究開発成果の展開において、参画機関との議論により、グローバル展開を加味した知的財産戦略マネジメントや法的リスクマネジメントを実施する予定である。



① 各種マネジメントに係る会議開催等

● 運営会議の開催

- ・研究キックオフ会議(7/4、東京):PI と研究参加者全員が対面形式にて実施、研究計画の発表とPM の計画方針を共有した。
- ・定例 ZOOM 研究会議:毎月 1 回程度開催し議論を重ねた。音楽ワークショップ (WS) については、臨時で別途 ZOOM 会議を数回行った。
- ・MK 会議(10/10、京都):PI に加え PD、SPD も含めた議論を行った。

● 課題推進者とPM の個別ミーティングの実施

進捗確認のため、各課題推進者とPM が議論を行った。

● ワークショップおよび報告会等の開催

- ・西本 PI による音楽 WS(7/26~28、甲府): PM と課題推進者全員が参加し、音楽演奏中の指揮者・演奏家の生体計測フィージビリティ実験を行い、鑑賞者からアンケート調査を実施した。
- ・課題推進者西本による音楽 WS(10/7、大阪): 教員を中心に対象とした音楽 WS で、音楽体験による演奏者と鑑賞者の生体計測を行った。
- ・キックオフ公開シンポジウム(10/10、京都):PM と課題推進者全員が発表し、それに付随する検証音楽演奏を行った。
- ・課題推進者年次成果発表会(11/8、オンライン):PM が課題推進者の年次成果を把握するための報告会を開催。
- ・渡辺ガバニング委員会副委員長との対面面談(12/3、名古屋):プロジェクト達成目標をバックキャストした研究ガバナンス

研究開発プロジェクトの展開

PM は研究課題推進者全員あるいは個別に面談して進捗を確認し、計画通り成果が出ていない場合は明確に指導し、研究計画の妥当性と進捗を厳しく評価している。R4 年度は

MK 会議を通じて音楽と感性脳科学融合研究の課題とその解決方法について議論した。また、PD、SPD からの指導を踏まえて、本プロジェクトの達成目標に向けた研究ガバナンスを強化してきた。

内受容感覚に予測符号化、能動的推論から見た感情や感性に関する研究はこの数年で急速に進展している。この領域の先駆者である UCL の Friston 教授とは内受容感覚に予測符号化と島皮質の果たす役割について共著論文を発表した。この他、課題推進者らがすでに行っている海外研究者との共同研究を発展させて、本研究開発プロジェクトが音楽と感性脳科学融合研究領域で世界をリードすべく取り組む予定である。

こころの脳科学研究で課題となる ELSI については、AI 倫理学を専門とする広島大学岡本慎平助教に PM の ELSI アドバイザーとして意見をもらっている。脳神経倫理に関する国際ガイドラインなども参考にしつつ、国民との対話によるオープン ELSI に取り組んでいる。

(2) 研究成果の展開

本プロジェクトで得られた研究成果は積極的にプレスリリースするとともに、ムーンショット目標9内外の PM との連携、本プロジェクトに関してすでに連携している UCL を始め国際共同研究を展開し、国内外に研究成果を発信する予定。

事業化戦略や知財戦略については、広島大学オープンイノベーション事業本部及び知的財産本部を中心とし、各課題推進者所属機関担当者の合議により進めていくことを想定している。

(3) 広報、アウトリーチ

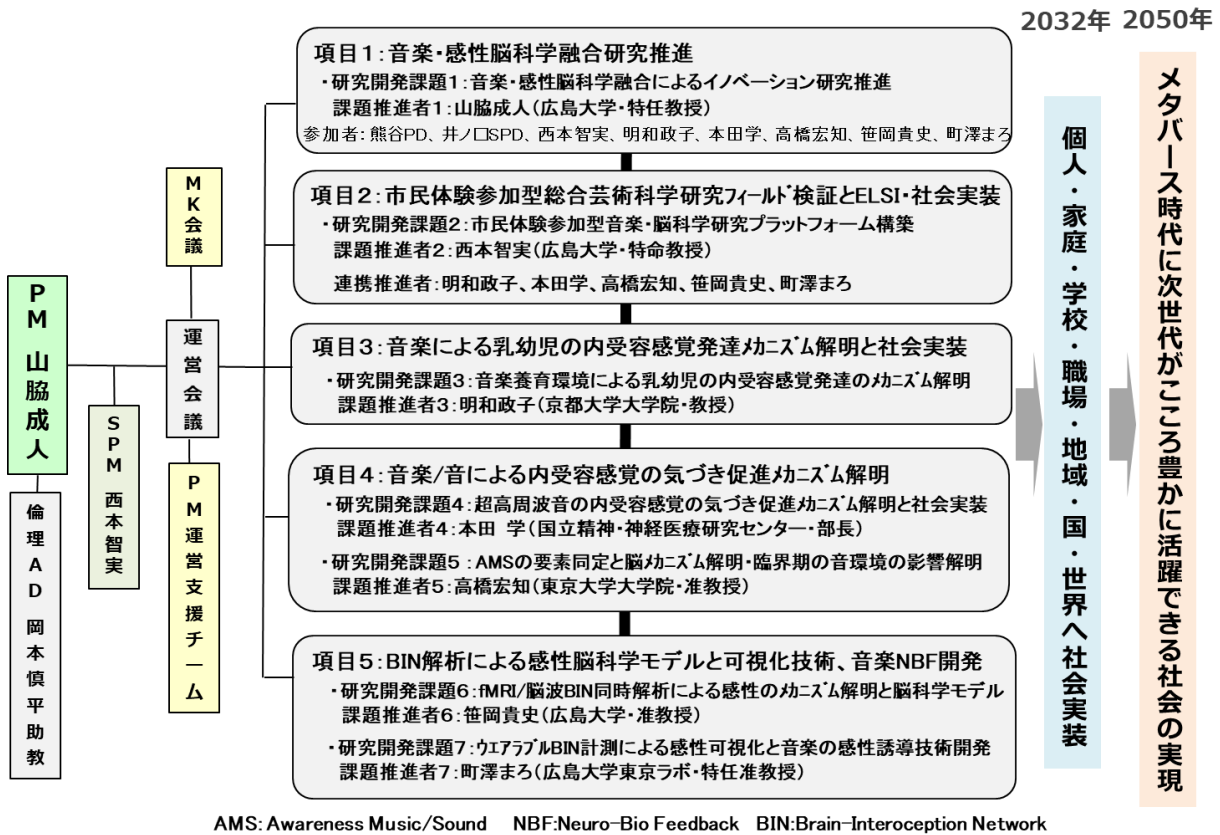
TV や雑誌などの取材はすでに多数受けている。また、次世代を対象とした学校、教育委員会、親子教室、自治体などへのアウトリーチ活動も開始している。

なお、ホームページ・パンフレットについては 2023 年度に公開予定である。

(4) データマネジメントに関する取り組み

データマネジメントに関しては、年度当初作成したデータマネジメントプランに沿って検討を進めるとともに、大阪及び山梨ワークショップの参加者のうち同意を得られた参加者を対象に、BMK センターが手掛けたセキュアな情報流通プラットフォーム(「みらい健康手帳」アプリ)を用いた質問紙調査を実施し、その回答について複数の課題推進者チーム間でデータ共有を行った。また、究極の個人情報である脳情報(脳波)のセキュアなクラウドデータ集積に関する研究開発に着手し、国際共同研究プロジェクトにも参加している。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	55	7	62
口頭発表	10	14	24
ポスター発表	6	20	26
合計	71	41	112

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	8	8
(うち、査読有)	0	8	8

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	5	0	5
書籍	1	0	1
その他	1	2	3
合計	7	2	9

受賞件数		
国内	国際	総数
2	2	4

プレスリリース件数
6

報道件数
232

ワークショップ等、アウトリーチ件数
16