



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

終了報告書

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



1. 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概要

山脇 PM および課題推進者(以下PIと略す)は、本プロジェクトの基盤となる内受容感覚制御における島皮質の果たす役割について基礎研究によって明らかにするとともに、ポジティブ感性への気づきを促す Awareness Music とそれを用いた「こころの資本強化」のイノベーションを創出するために、音楽と感性脳科学の異分野融合の取り組みを進めた。具体的には、脳科学研究者と音楽家の視点のギャップを埋める議論を行うとともに、音楽聴取中の身体感覚(Body Map)計測を導入したリアルワールドでの実証検証などを通して、世界的にも類を見ない異分野融合研究を実施した。西本 PI は、Music Edutainment コンサートを実施し、Body Map、心拍計測、脳波計測による Awareness Music の検証を行った。明和 PI 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、現在論文投稿中である。さらに、親子 BIN 同時計測の基礎検討にも着手した。本田 PI 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(内受容感覚情報)上昇抑制効果を発見し、論文発表した(Sci Rep, 2022)。さらに、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も行った。高橋PIは、ラットとヒトの音楽のビート同期性が一致することを発見し、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する論文を発表した(Sci Adv, 2022)。また、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りガンマ波が AMS の要素になる可能性を報告した。笹岡PI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た(PLOS One, 2024)。町澤 PI 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概要

(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 PM 研究方針を説明し、進捗の管理を行った。計測を伴う音楽ワークショップの実施の際は、臨時で別途 ZOOM および対面会議を行った。令和 5 年度は Awareness Music の仮説検証の成果を出している明和 PI グループでの親子ワークショップの実施や、高橋 PI グループでのヒトでの脳波計測など、ビジョン達成にむけた研究加速のため集中的な研究費配分を行った。令和 6 年 2 月 17 日(大阪)には、Awareness Music の検証を目的とし、西本PIのEdutainmentコンサートにおいて、被験者に Body Map、心電図、脳波計測を行い、Awareness Music 候補曲における内受容感覚の気づき効果について検討した。

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。

山脇 PM が 2024 年 3 月 31 日をもって辞任のため、本プロジェクトは終了することになった。

(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 内の PM との連携、また、内受容感覚と島皮質に関する研究に関してロンドン大学Friston教授、サセックス大学 Critchley 教授らと国際共同研究を行い、論文発表した(Royal Soc Open Sci, 2022)。

(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した。また、TV や雑誌などメディアからの取材を多数受け、プロジェクトの成果に関する一般への情報発信を行った。さらに、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を行った。

(iv) データマネジメントに関する取り組み

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 PI チーム間でデータ共有を行った。また、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た。

2. 研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 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

実施内容：

I. 音楽と感性脳科学の異分野融合研究の課題とその解決

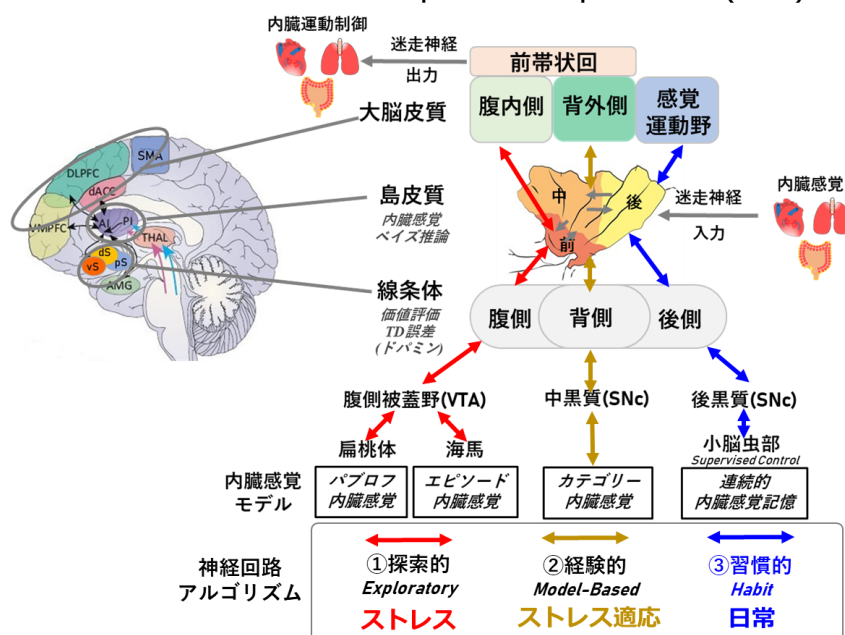
芸術的感性(非言語的体験)を科学者の言語に変換し、音楽と感性脳科学の融合によるブレイクスルーを実現するために、阻害因子となる課題解決やイノベーションに繋がる研究戦略、研究マネジメントについて議論した。具体的には、音楽家と脳科学者のアプローチの違い、音楽演奏中の生体計測の課題などを一つずつ解決するために、令和4年7月に甲府でジュニアオーケストラを対象とした音楽ワークショップにおいて、指揮者西本 PI やプロ演奏者に貼付型心電計を装着し、音楽演奏中の BIN 計測の Feasibility 検証を行った。その結果、音楽演奏中の動きや発汗などによる心電計測の課題が議論されたが、装着の仕方と計測方法を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が課題として明確となった。

II. 脳-内受容感覚ネットワーク (BIN) における島皮質の役割

本プロジェクトの基盤となる脳-内受容感覚ネットワーク(BIN)のメカニズムに関して、ストレス適応の観点から、①探索的な場面(ストレス)では、島皮質前部-腹側線条体-腹内側大脳皮質が作動、②経験的な場面(ストレス適応)では、島皮質中部-背側線条体-背外側大脳皮質が作動、③習慣的な場面(日常)では、島皮質後部-後側線条体-感覚運動野が作動するなど、島皮質の階層的な内受容感覚制御(IMAC)モデルを内受容感覚研究の第一人者である UCL の Friston 教授と共同で提唱した(Fermin, Friston & Yamawaki; Royal Soc J. 2022)。

島皮質の階層的な内受容感覚制御(IMAC)モデル

Insula Hierarchical Modular Adaptive Interoreception Control(IMAC)



III. Body Map を用いたネガティブ感性（うつ）と Awareness Music に関する検討

内受容感覚の気づきを促す音楽(Awareness Music)の創出と感性に及ぼす効果を評価するために Body Map を用いてネガティブ感性(うつ)と Awareness Music について検討した。

i) うつ傾向とアレキシサイミア(失感情)傾向の高い被験者(527 名)を対象としたオンライン実験で、高音から低音を聞いた際の Body Map を計測し、その特徴と惹起される感情について検討した。その結果、うつ傾向と失感情傾向の被験者の音に反応する身体感覚は、コントロール群と比べて限局せず、拡散していた。感情反応は、失感情群は低音に、うつ群は広い音高に対して不安などのネガティブな感情を誘発する可能性が示唆された。音高をトリガーとする身体感覚のモニタリングが感情と内受容感覚の指標の一つとなる可能性を示した。

ii) 音刺激を単一音から和音進行に変更し、内受容感覚の気づきを惹起するいくつかの和音進行を用いて、527 名の被験者を対象に、Body Map 計測と感情評価をオンラインにて実施した。その結果、腹部に主効果があり、また不確実性が低く、驚き(予測誤差)が高いコード進行は心臓に、不確実性が低く、驚きも少ない安定したコード進行は腹部など内受容感覚と密接に関連した身体部位の感覚に気づきを引き起こすこと(Fig1,2)、さらに、不確実性が低く、予測誤差が大きい和音進行の心臓感覚の強さが感情価と正の相関を示すことが明らかになった(Fig.3)。これら結果は、情動反応の形成において、不確実性と予測誤差(ゆらぎ)が極めて重要な役割を果たしていることを浮き彫りにしている(Daikoku, Tanaka & Yamawaki; iScience, 2024)。

Fig1

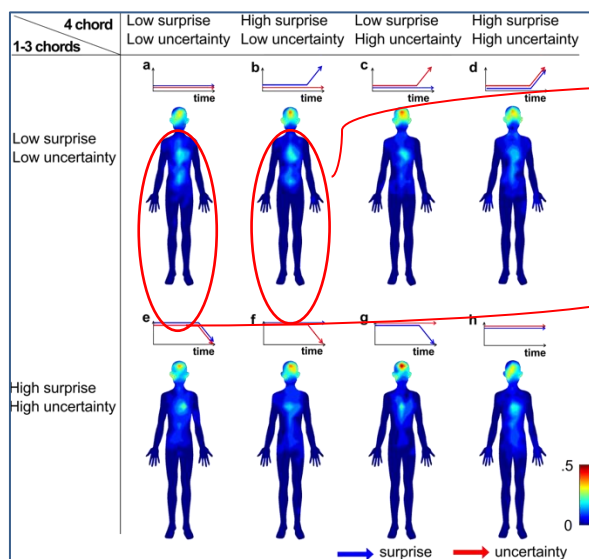


Fig2

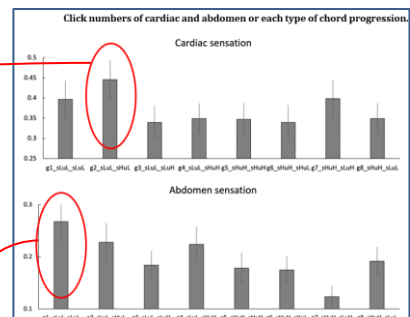
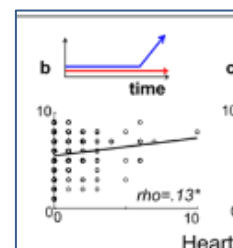


Fig3



iii) 内受容感覚の気づきの質問紙 Body Perception Questionnaire (BPQ) と Body Map との関連についてピッチ音を刺激としてオンラインにて検証した。その結果、内受容感覚が高いとされる BPQ ハイスコア群は、コントロール群と比較して、心臓や腹部など内受容感覚関連部位に身体感覚が強く、高い音で胸部での強い反応が示された。さらに、内受容感覚の高い群は、中程度の高い音に対しポジティブ感情を引き起こすことが示された。

b-2 当初計画では予見し得なかった展開
特になし

課題推進者名:山脇成人

(2) 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」 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。

甲府にて約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。PI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、課題を検討した。

【成果】

1)演奏家の生体・感性データ計測
笹岡PI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。また、生体計測に伴う主観感性評価用アプリケーションについて、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課題が明らかになった。

オーケストラ演奏時の脳波・生理同時計測



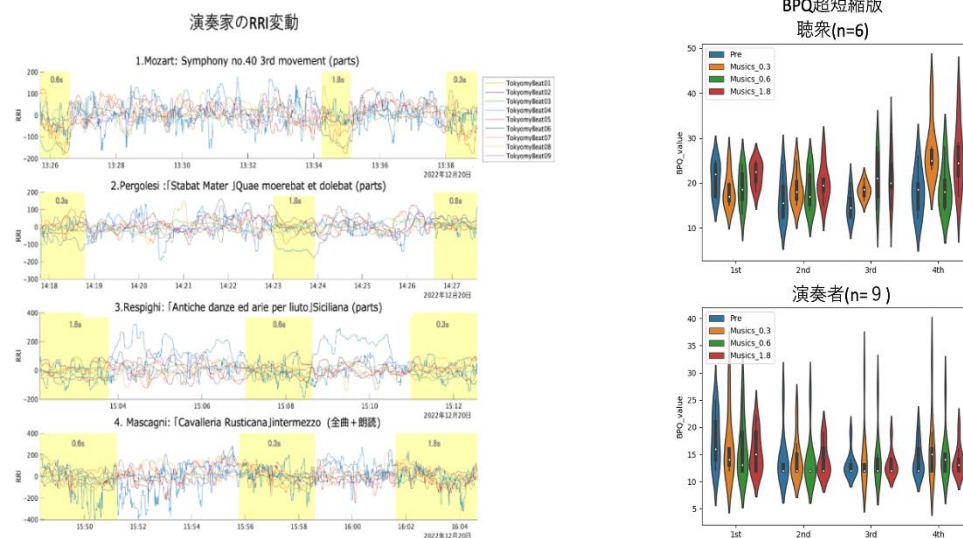
演奏時計測風景

II.音楽演奏、聴衆時の最適な環境研究として以下を実施。

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(上図左)。

2) 主観心理質問紙

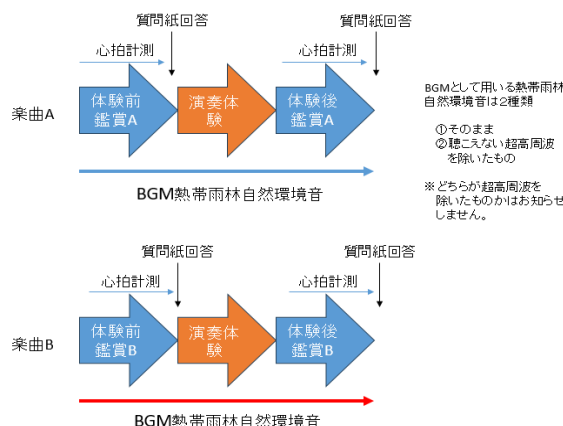
性格特性の違いにより、音楽経験後の快・不快やポジティブ・ネガティブなどの感情変化があることが取得データより示唆され、質問紙のプロトタイプの検討を進めた(上図右)。

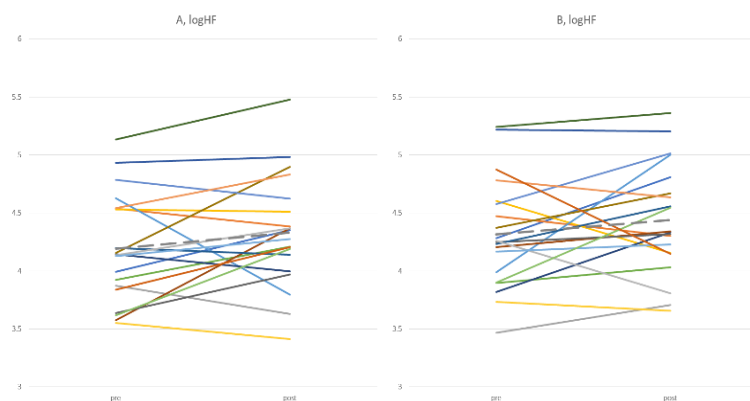
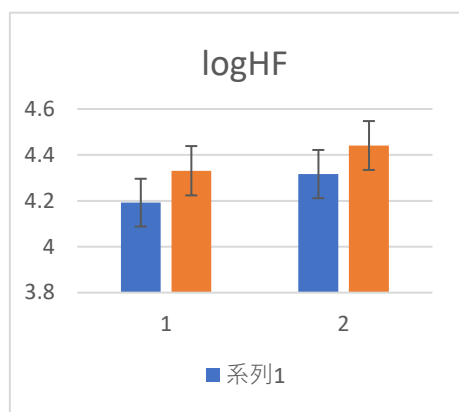
Ⅲ. 「市民参加型 MKOS」を通じた「Awareness Music Edutainment プログラム」開発のためのフィールドワークの実施

大阪において、大阪市教育委員会との協力のもと、被験者として、各日、次世代の子供の教育現場にいる現役音楽教員11名、プロ演奏家8名、合計38名でフィールドワークを実施。

【成果】

本田 PI との共同研究により、実験参加者は、まず演奏家の演奏により楽曲 A を鑑賞し、鑑賞中に心拍変動を計測するとともに、鑑賞直後に、音楽に対する感性反応に関わる対話からなる質問紙に回答した。その後、西本 PI の指導のもと、実験参加者は楽曲 A の演奏体験を行い、体験終了後に演奏家の演奏による楽曲 A を再度鑑賞し、心拍変動を計測するとともに、同じ質問紙に回答した。その後、別の楽曲 B を用いて、同じ手順で音楽鑑賞・体験・鑑賞を繰り返した。これらのワークショップ実施中には、熱帯雨林自然環境音を超高周波を含む状態と含まない状態とで流し、体験が鑑賞に及ぼす影響にどのような変化が生じるかを検討した。





心拍変動計測の結果、演奏体験前(pre)より体験後(post)の HF 値が統計的に有意に高くなっており、より副交感神経優位になっている。加えて、超高周波なし(A)より超高周波あり(B)の値が高くなっており、“超高周波あり演奏前”の値が“超高周波なし演奏後”の値とほぼ同じであり、感動で涙を流すのは副交感神経の働きだと報告されているので、演奏体験も超高周波も、感動をより高める方向に働いたと示唆された。

IV. Edutainment コンサート～音楽とこころを科学する～実施

大阪にて、Awareness Music の実証実験 Edutainment コンサートを実施。

被験者50名、参加者約650名(うち舞台演奏児童119名)、56名のオーケストラで、笹岡 PI の MyBeat 計測と質問紙、町澤 PI の脳波(P.19～20 に関連成果について記載)、大黒 PI のボディマップ、西本 PI の質問紙、の各計測を同時に行った。

選曲基準

豊かな自然倍音、超高周波から超低周波の幅広い周波数を含み、予測と予測誤差、1/fゆらぎを体感、心地よい感情、不快な感情、楽しい／悲しい／怖い／優しい／攻撃的／ダンス・グルーヴ、内受容感覚を誘発しやすい楽曲を9曲選曲した。

リセットタイム(曲間に於いて実施)

【成果】

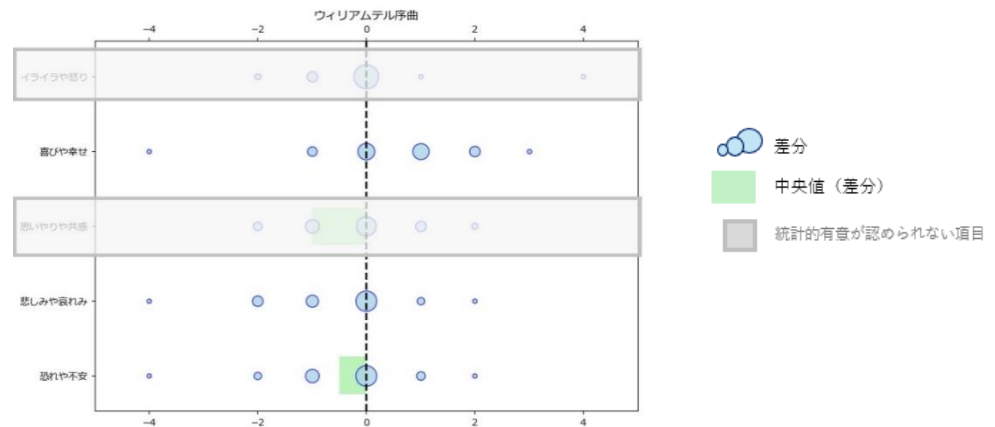
被験者50名の質問紙回答結果(符号順位検定、欠損値は除外)と、大黒 PI のボディマップデータ(曲の時系列で並べたもの)からの解析。(解析担当:大黒 PI)

今回の実証実験では、質問紙内容を東洋西洋の伝統知に基づく気質の要素5項目とした。

例『楽曲1 ROSSINI : Guillaume Tell (William Tell) “Overture: Finale”』

実証実験最初の曲は参加者の緊張感を和らげる事を優先的に選曲した。トランペットのファンファーレから導かれる活性的音楽でありながら、牧歌的のどかな響きを含む調性 Edur (ホ長調) で予測しやすい楽曲形式。自然倍音・超高周波の多く含まれる箇所でのボディマップ心臓部へのタップが見られた。

(質問紙回答分布図 : 鑑賞前後の回答の値の差)



鑑賞後は鑑賞前より「喜びや幸せ」が強まり、「悲しみや哀れみ」「恐れや不安」が弱まる方向が見られる。鑑賞が『明るく、楽観的な気持ちを促進させた』と考えられる。

課題推進者名: 西本智実

(3) 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」 実施内容:

(1) 乳幼児を対象とした脳波・生理計測系の確立

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。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。

- 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。

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)。



(3) 親—乳幼児の脳波・生理同時計測(80 ペア)

【成果1】親—乳幼児の脳波・生理同時計測40組を目標とし、生後6～9か月のヒト乳児とその母親を対象に、両者の相互作用場面で生じる生理系—中枢神経系—姿勢動作系のデータを、「EEG+EEG ハイパースキャンシステム」「マーカースレスモーションキャプチャカメラ」を用いてリアルタイムで同時計測した。達成目標40組測定目標に対し、44組の測定を達成した。

親子の相互作用は、「自然なインタラクション(通常期、2分)」→「親が無表情・無反応となり、乳幼児がもつ内部モデルの予測誤差を最大化させる(Still-Face(SF)期、2分)」→「自然なインタラクションを回復(回復期、2分)」の3フェーズ構成とした(計6分)。収集した生体データが母子の感性(主観評価)とどのように関連するかを検討するため、両者の心身特性を評価するための質問紙(BPQ、MAIA、RS、STAI、PSI、PSE、IBQ-SF)を実施した。

解析の結果、成人で確認されている心拍誘発性電位 (Heartbeat-evoked potential, HEP)と類似の信号を、乳児でも可視化することに成功した。母子間相互作用を構成する3つのフェーズ間でHEP由来の信号を比較した。その結果、乳児では、通常期と回復期に比べてSF期で強い陰性のHEPが認められた(図1)。それは、心電図Rピークから200～600ミリ秒間の前頭領域および頭頂領域でとくに顕著であった。SF期は母親からの応答が経験に基づく予測と大きく異なっていることから、内部モデルにもとづく予測誤差がHEPに反映された可能性が示された。

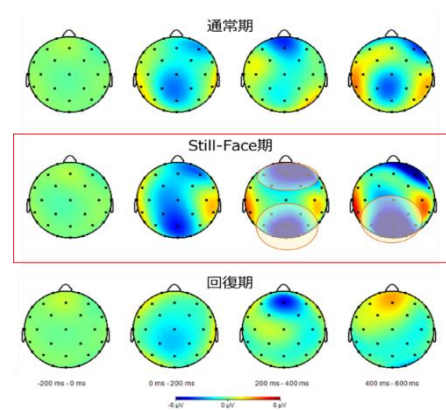


図1 相互作用時の乳児のHEP。(上)通常期、(中)SF期、(下)回復期。左列から順に、心電図Rピークをオンセットとして-200～0ミリ秒、0～200ミリ秒、200～400ミリ秒、400～600ミリ秒の平均振幅の頭皮上分布。

【成果2】 令和8年度末(5年目)のマイルストーン達成に向けた取り組み

京都大学にて、乳幼児(生後 1 歳未満の乳児と3〜4 歳の幼児)とその母親を対象とした音楽体験ワークショップを開催し、音楽体験による介入が親子双方の感性に与える影響を、実験室を超えた日常場面で検証することに成功した(図2)。令和5年8月〜12 月にかけて計 23 回実施した。乳幼児合わせて20 組の実施目標に対して、それを大幅に上回る、乳児25組、幼児29組の測定が達成された。同ワークショップには西本 PI も参画し、音楽体験(介入)による親子の生理―心理―行動がどのように変容するかを可視化、評価する手法の妥当性と克服すべき課題について、PI 間の連携を活かして検討を進めた。自然な状態で母子の生体データを同時計測する研究は世界でも例がなく、きわめて独創的、先駆的な取り組みといえる。

ワークショップでは、①ミリ波レーダー(非接触型)、MyBeat(接触型)による親子の呼吸・心拍、②非接触モーションキャプチャシステムによる親子の行動計測、③質問紙(PANAS)による母親の主観的感情の変容、④親子の心身特性を評価する質問紙(BPQ、MAIA、RS、STAI、PSI、PSE、IBQ-SF)(事前に各家庭にて回答)を行った。



図2 親子音楽体験ワークショップ(京都大学橘会館)

これまでの成果として、以下が達成された。

- (1) 親の主観的感情については、ワークショップの前後でポジティブ感情が顕著に高まった。
- (2) いくつかの親の心理特性が、親のポジティブ・ネガティブ感情の高まりの程度(体験前後の変化の大きさ)と関連した。親自身の身体への気づきの傾向が高いほど、体験後にポジティブ感情がより高まった。他方、親自身の育児ストレスや特性不安の高いほど、体験後にネガティブ感情がより下がった。本結果から、音楽を用いた親への支援を設計する際に取得すべき親の心理特性が同定された。
- (3) 音楽体験時の親子の心拍同期と、親の主観的感情変化との関連が示された。音楽体験全体における親子の心拍同期が高いほど、親のポジティブ感情が体験後により高まり、親のネガティブ感情が体験後により下がるが見いだされた。親子間の生理状態が親の感性に影響を与えることが示唆された。今後、子ども側の感性に与える影響の検討を進める。

【成果3】 社会貢献活動

1. 明和 PI が全監修を行った民放子ども向け番組「こどもちょうせんバラエティ いろりろ(日本テレビ系列読売テレビ)」が、日本民間放送連盟賞の優秀賞を受賞した。
2. 広島市私立保育連盟・広島市私立保育園協会との共催により、保育士を対象とした研修会を開催した。研修会には、のべ200名超の保育士に加え、JST中川様、山脇PM はじめプロジェクトメンバー10名以上に参加いただいた。同研修会では、前半に発達科学・ロボット工学を専門とする2名の研究者による話題提供を行い、後半では、参加者からいただいた質問・コメントに対して、研究者と現場の保育士が議論した。

課題推進者名：明和政子

(4) 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

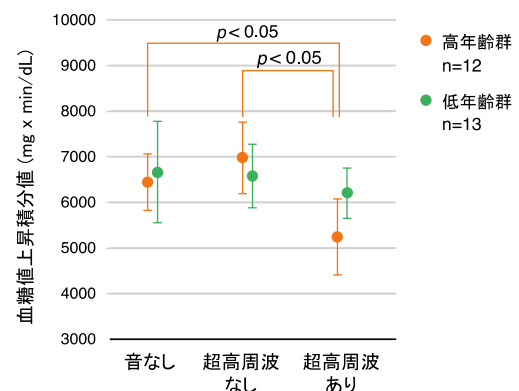
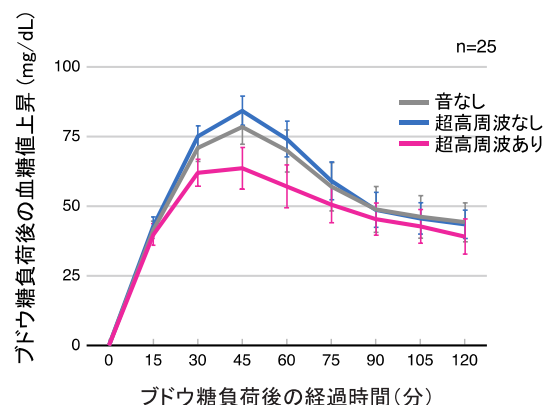
研究開発課題 4：「超高周波音の内受容感覚の気づき促進メカニズム解明と社会実装」

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

身体内部の内受容感覚情報の一つである血糖値を指標に、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に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(Scientific Reports, 2022)。

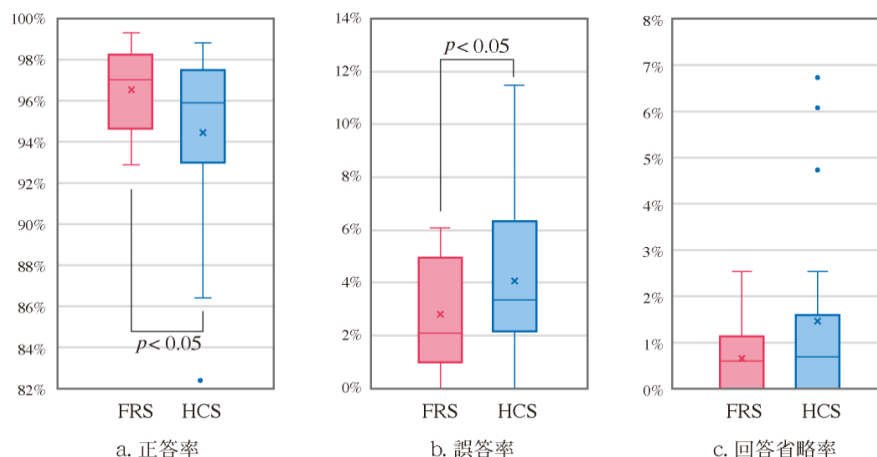


2. 超高周波音が集中と緊張を要する認知課題に及ぼす影響の検討

音楽は交感神経系または副交感神経系のどちらか一方の活動を一方向性に高めたり抑制したりするのではなく、自律神経系全体を状況に応じて適切に調節する機能を持つと捉えることができる。〈自律神経調節機能の向上〉は、言い換えれば内受容感覚に対する無意識の気づき(検出)そのものと捉えることも可能であり、Awareness Music の備えるべき特性の重要な候補になり得る。

Awareness Music の有力な候補である超高周波が自律神経調節機能を高めるという仮説を検証するために、被験者に集中力や緊張を求めるような認知課題として N-back タスクを遂行させ(すなわち適切に交感神経系が優位であることが望ましい状況をつくり)、タスク遂行中に超高周波成分を含んだ音と含まない音とを流すことで、成績にどのような影響が出るかを検討した。N-back テストとは、連続して呈示される刺激に対して、現在呈示された刺激が N 個前に呈示された刺激と同じか否かを答える認知課題であり、短期的なワーキングメモリに加えて集中力や注意力などが課題成績に大きく影響する。その結果、超高周波を含んだ音(FRS)を流したときの正答率

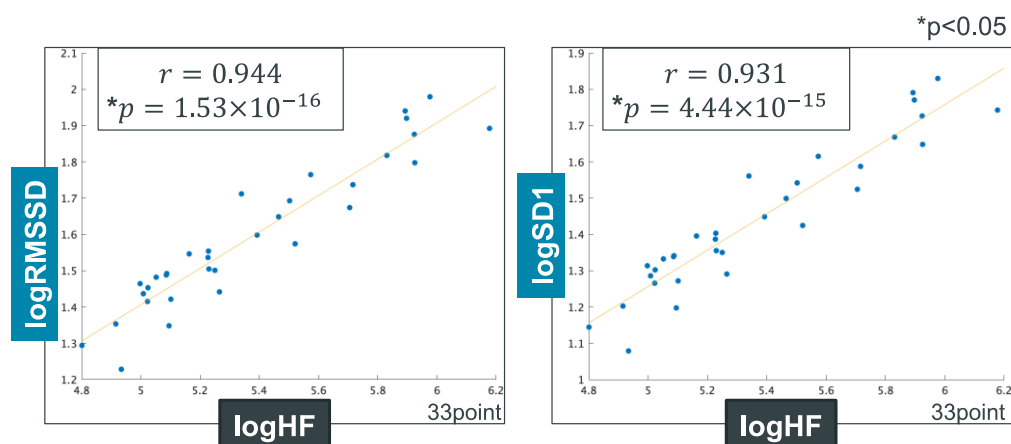
が、含まない音(HCS)を流したときの正答率に比べて、有意に高いことが見出された($p = 0.034$)。また誤答率についても、FRSの誤答率がHCSの誤答率に比べて有意に低かった($p = 0.043$)。一方、回答省略率(制限時間内に反応できなかった割合)については、FRSとHCSとの間には有意に違いが見出されなかった($p = 0.222$)



これらの結果は、被験者の集中力や覚醒度が超高周波によって高められたことを示唆しており、その背後に交感神経系の適切な活性化があると考えて矛盾しない。ただし、その証明には直接自律神経系の計測を実施する必要がある。この結果は、論文として投稿し、現在査読中である。

3. 複数の自律神経機能評価法の妥当性と頑強性の検討

計測時のストレスが少なく簡便に計測可能な自律神経機能指標として広く用いられている心拍変動のHF、LF/HFと、既に副交感神経指標、交感神経指標として信頼性が確立している複数の生体信号(心拍変動、皮膚伝導度、皮膚温)とを同時計測し、それらの指標間の相関関係を評価することにより、HFとLF/HFの自律神経機能評価法としての有効性を検討した。HFは、副交感神経指標であるRMSSD、SD1のいずれとも統計的に有意な正の相関を示した。これらの指標はいずれも心拍変動から算出されたものであるが、リアルタイムで簡便に算出できるHFであっても、副交感神経機能評価法として有効性が高いことが示された。



これに対してLF/HFは、交感神経指標である皮膚伝導度変化率、皮膚温変化量のいずれとも有意な相関を示さなかった。

その一方で、皮膚伝導度変化率と皮膚温変化量は有意な相関を示したことから、有意性の欠如の原因が単に計測モダリティーが異なることとは考えにくい。以上から、LF/HFは交感神経機

能評価法としての有効性には限界があると考えられる。

課題推進者名: 本田 学

(5) 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 : 「Awareness Music 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」

実施内容 :

(1) AMS の音響情報構造の同定

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。

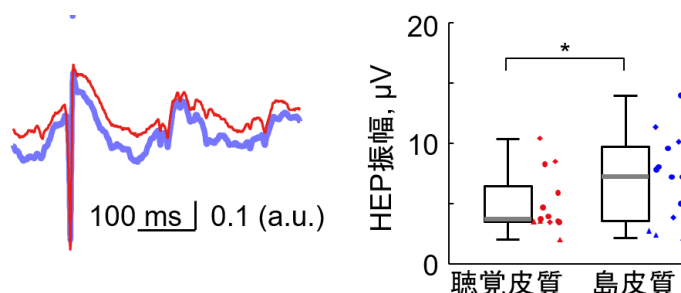
さらにラットの視床・聴覚野において、リズムが聴覚野における音楽情報処理に与える影響を精査した。聴覚野第 4 層に 96 点の計測点を有する微小電極アレイを刺入し、音楽の原曲と、原曲のテンポを調節した音楽刺激に対する神経応答を計測し、比較した。また、実験データから、音のリズムと神経応答との関係の数理モデルを構築し、実際の音楽のリズムを考察した。その結果、音楽に多く表れるリズムやテンポは、聴覚野の応答特性に関係があることを見出した。ラットの脳活動から推定した順応特性は、120 BPM 付近への同期を生むだけでなく、音楽の鑑賞や創作に関連している可能性を示した。

印刷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 (Science Advances, 2022)。

(2) Awareness Music の外受容感覚-内受容感覚統合の神経基盤の解明

内受容感覚系の定量的評価の確立のために、ラット島皮質からの心拍誘発電位 (HEP) の計測を行った。迷走神経刺激 (VNS) や和音が脳へ与える影響を検証することで、Interoceptive Awareness (IA) を促進する Awareness Music の音響情報構造の同定と、Awareness Music の外受容感覚-内受容感覚統合の神経基盤を考察した。

HEPs は内受容感覚の神経表象の一つであり、心拍動情報が脳を経由して島皮質に送られる際に、島皮質で発生すると考えられている。本研究では、HEP のヒトとの相同性を動物モデルで同定することを試みた。イソフルラン麻酔したラットの島皮質と聴覚野に表面電極アレイを設置した。心拍 R 波をトリガーと



して、約 1500 試行の神経活動を平均し HEP を求めた（図 1）。その結果、島皮質に設置された電極の多くが、1 心拍周期で電位の変動を示した。これらの変動は、聴覚野の電極ではほとんど見られなかった。HEP の発生源が島皮質の近くにあるというヒトの報告と一致しており、動物でも HEP 研究の突破口を開けたと考える。

図 1 ラットの聴覚野と島皮質における HEP 計測

次に、VNS が感覚野に与える影響を動物モデルで調べた。イソフルラン麻酔したラットの聴覚野に表面電極アレイを設置し、音に対する誘発応答を計測した。その結果、VNS により、gamma 波（40 Hz 以上の高周波成分）が増え、theta 波（5 Hz）が減ることが分かった。薬理実験により、gamma 波はニコチン性アセチルコリン受容体を介し、theta 波は β 受容体（ノルアドレナリン）を介することが分かった（図 2）。予測符号化理論に基づく研究によれば、gamma 波はフィードフォワード方向に伝播する予測誤差、theta 波はフィードバック方向に伝播する予測信号を担う。VNS がフィードフォワード方向の信号伝播を強めることは、神経細胞レベルの神経応答の情報理論的な解析でも得られている。

したがって本研究結果は、VNS は予測誤差信号を強めることで、内部モデルの更新、すなわち、「気づき」を促すことを示唆する。協和音や長三和音も、聴覚野における gamma 帯域の同期を強めることから、これらの音楽的要素が気づきを促す「Awareness Music」と考えられる。また、音に対する反応と同様に、VNS が HEP に与える影響も調べたところ、HEP も VNS により増加した。このように、VNS と音楽が脳に及ぼす共通の効果から、Awareness Music の外・内受容感覚の統合メカニズムとの一端が明らかになった。

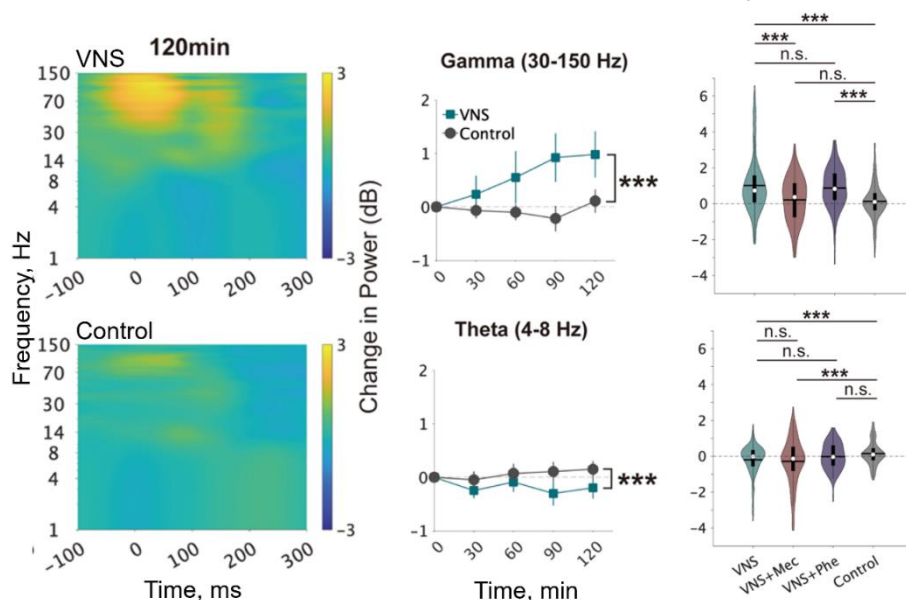


図 2 VNS が聴覚野の音誘発応答に与える影響。

VNS により、gamma 波が増え、theta 波が減る。このような効果は、ニコチン性アセチルコリンの拮抗薬（Mec）や β 受容体の拮抗薬（Phe）を介する。

動物実験に加えて、ヒトの脳波でも迷走神経刺激の影響を検証した。具体的には、健常

者に対して、経皮的耳介迷走神経刺激（taVNS）が、40 Hz (gamma 帯域) の変調音に対する聴覚定常反応（ASSR）へ及ぼす影響を調べた。その結果、taVNS 刺激条件では、シャム刺激条件と比べて、ASSR の位相同期度（CMS）が増大する傾向が認められた。この変化は、瞳孔散大や alpha 帯域のパワー減少を伴った（図 3）。これらの結果は、動物実験で検証した作業仮説、すなわち VNS がフィードフォワード方向の信号伝播を強める作用と整合的である。

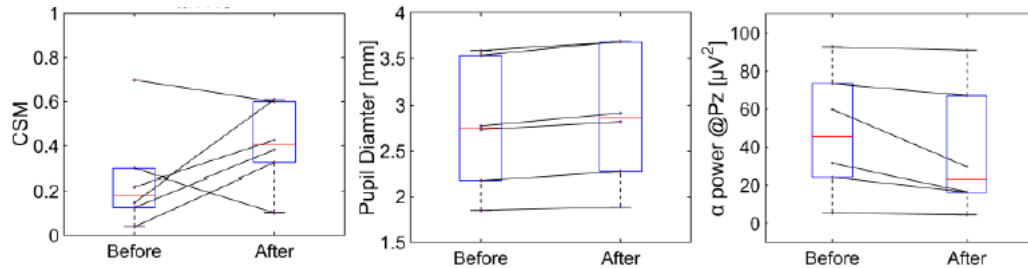


図 3 taVNS 前後の ASSR の CSM 値（左）、瞳孔径（中）、アルファパワー（右）

VNS には、抗てんかん、抗うつ、認知・学習能力の向上など、さまざまな臨床効果が報告されている。一方で、ネガティブな効果として、思考の柔軟性や創造性の低下も報告されている。このような VNS の多様な臨床的効果を説明できる神経メカニズムは明らかでなかった。本研究の結果は、抗うつや認知・学習能力の向上は、フィードフォワード信号が強まり、内部モデルの更新が促されたことに起因し、抗てんかんや思考の柔軟性・創造性の低下は、フィードバック信号が弱まったことに起因することを示唆する。このように、VNS の神経メカニズム、さらには、VNS と音楽の共通メカニズムの一端を示せたことは、Awareness Music のフィージビリティを示す証拠として極めて重要である。なお、図 2 に示したデータは、Brain Stimulation へ掲載され、国際的にも高く評価された。

さらに、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。この実験系の構築により、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（図 4）。

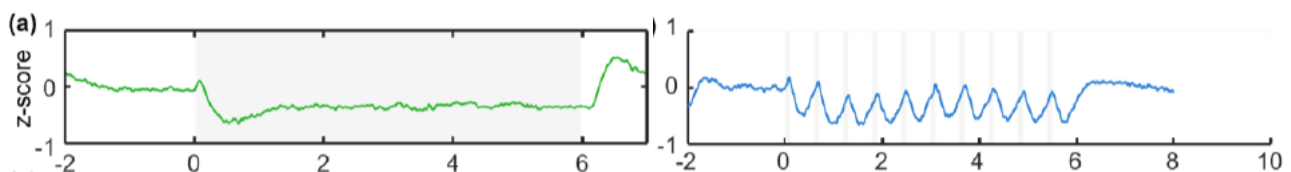


図 4 白色雑音を提示中のラットの側坐核のドーパミン濃度変化

課題推進者名： 高橋宏知

（6）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」

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)

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(Ono et al, Sci Rep, 2024)。

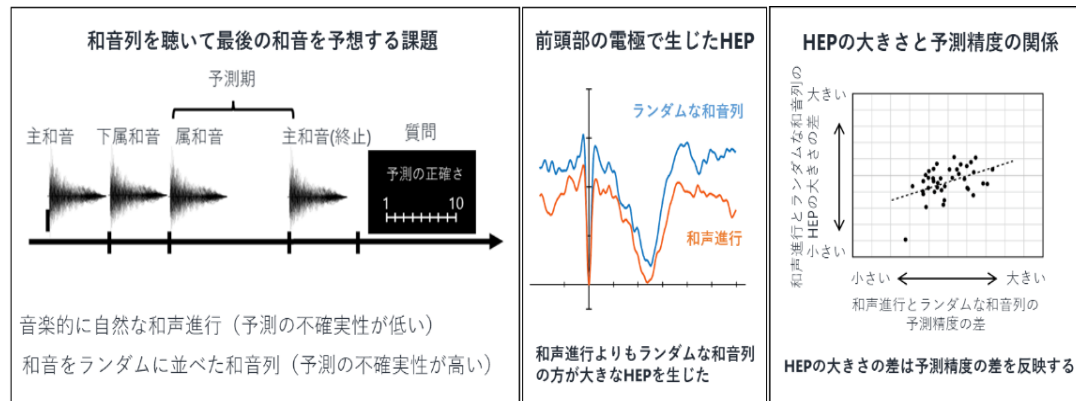


図 1. 音楽における予測の不確実性と心拍誘発電位

(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)において感動度と相関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。(Maekawa et al. Plos One, 2024)。

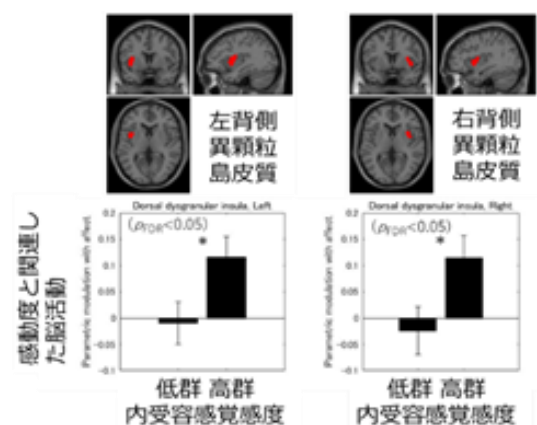


図 2. 島皮質における音楽の感動度と関連した脳活動の内受容感覚感度

(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

こころの資本の一要素であるレジリエンス(ストレスへの耐性)、および IA 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、レジリエンスの高い個人ほど、安静時における頭頂部の脳波電極における HEP の振幅が大きいことが分かった(図3)。

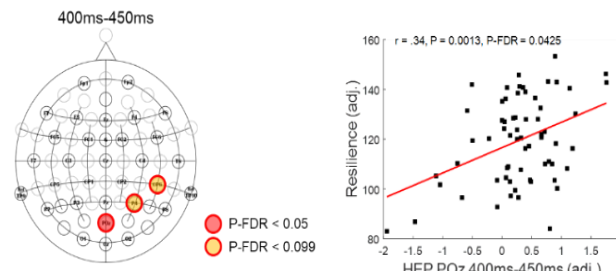


図 3. レジリエンスの個人特性に関わる HEP

また、IA 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、心拍タイミングから 200ms-250ms の HEP では Noticing 因子、300-350ms では Not-worrying 因子、550-600ms では Not-distracting 因子という、異なる時間帯で異なる因子と正の相関が見られた。また、相関が見られた脳波電極は時間を追うごとに後頭から前頭へとシフトする傾向が見られ、併せて取得した安静時 fMRI データ解析により、HEP の個人差と関連した島皮質をシードとした機能的結合を示した脳部位の推移が脳波電極の空間的推移と類似した傾向を示した(図3)。以上の結果は、HEP の BIN 指標としての有用性を示唆する結果と言える。とくに、心拍タイミングから 200ms-250ms の Noticing 因子の HEP は IA に関連している可能性があるので、さらに検討する必要がある。

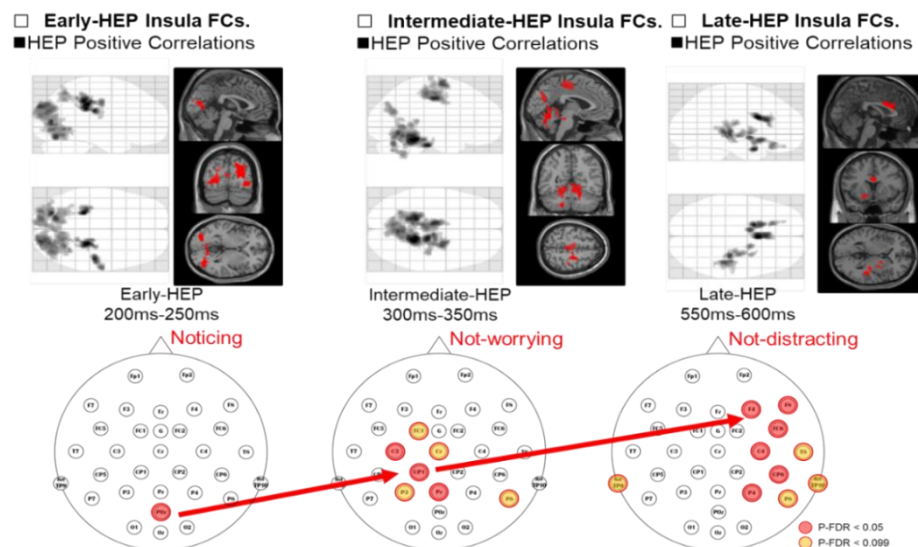


図4. 内受容感覚の気づき特性に関わる HEP と HEP と相関する島皮質をシードとした機能的結合が見られた脳部位の推移

(4) HEP によるボラティリティ(変動性)と内受容感覚の関連性の検討

周囲の環境の変動しやすさであるボラティリティに適切に対処するためには、内受容感覚の制御が必要である。痛み学習課題におけるボラティリティの変化に対する内受容感覚の反応を HEP を用いて評価した。結果、ボラティリティが高い条件では、後部から頭頂部にかけての後期 HEP がより大きくなることが分かった(図5左)。また、痛み予測においては左側頭部で予測と関連する HEP がみられた(図5中)。この活動は刺激時の左側頭部の HEP(図5右)と類似しており、刺激前に予期的に刺激呈示時の脳活動をシミュレートしていることを示唆する。これは Active Inference 理論の予言する予期的な内受容活動変化を支持する証拠である。

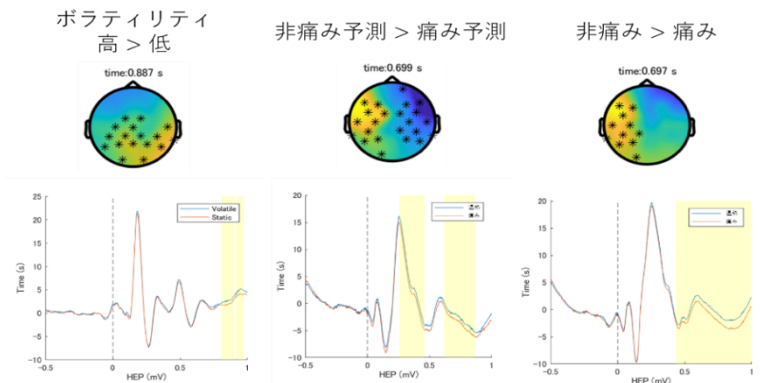


図5. ボラティリティや痛み予測に関連した HEP

(5) 音楽に対する感情に関わる外-内受容感覚処理の神経ダイナミクス

音楽に対する内受容感覚の気づきの指標としての HEP の変調の有用性を検証するため、不確実さの内受容感覚処理後の和音聴取により誘発される聴覚誘発電位(AEP)が相互作用するのかを検討した。その結果、不確実性の高(SLUH 条件;図6左上, 青)/低(SLUL 条件;図6左上, 赤)により振幅が異なる HEP 成分が抽出され、HEP 振幅が大きいほど AEP-N1 成分の潜時が短縮すること(図6左下)、AEP-P2 成分の振幅が大きくなること(図6右下)が明らかとなった。また、HEP 成分には不確実性が高いときには BDI と、不確実性が低いときには RS と STAI とに相関が認められた(図6右中, 右上)。これらの結果から、時系列的に内受容感覚処理→聴覚処理というモデリティーを越えた作用があること、不確実性に関わる内受容感覚処理ではうつ傾向、レジリエンス、不安といった個人特性が関与することが示唆された。

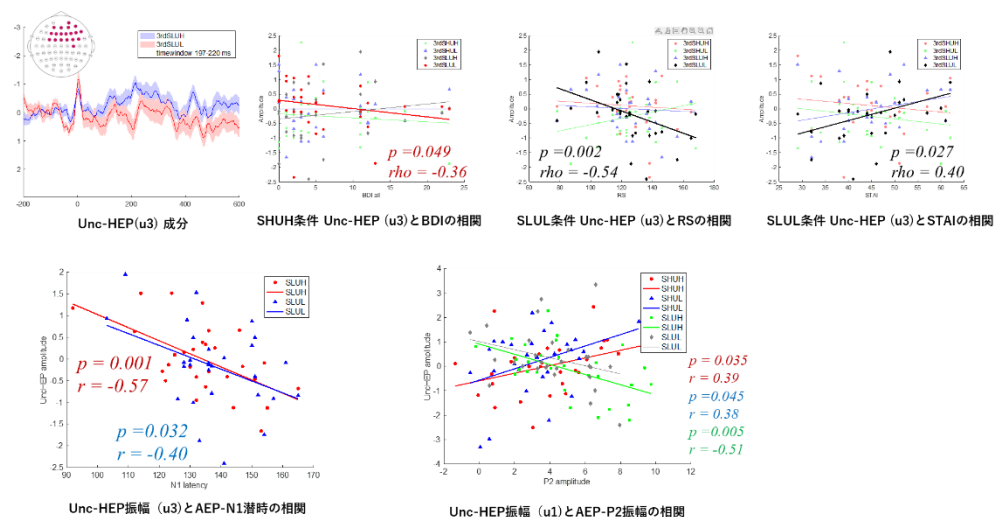


図6. 音楽に対する外-内受容感覚処理の神経ダイナミクス、およびうつ傾向、内受容感覚、レジリエンス特性との関係

課題推進者名：笹岡貴史

(7) 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」

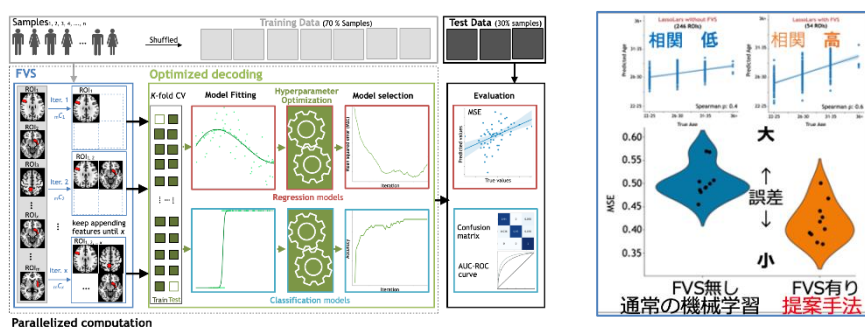
実施内容 :

(1) ウェアラブル BIN 計測を用いた感性可視化技術開発

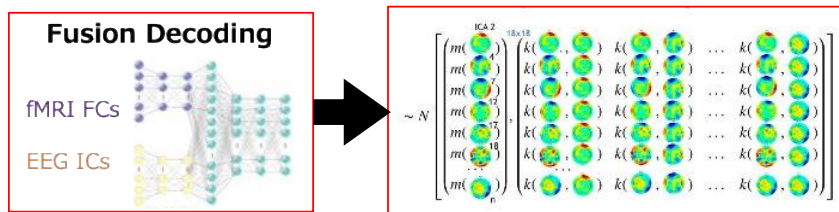
BIN 計測法については、市民におけるウェアラブルな脳波及び生理計測を用いた NBF を達成するための環境構築及び計測手法の構築を完了した。

(2) 脳生理情報解読技術 (Fusion Network) の開発と BIN 指標の特定

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



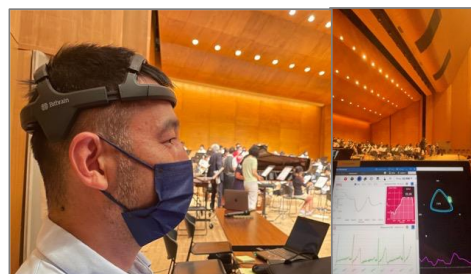
BOLD機能結合を反映する脳波独立成分モデル (Gaussian Process)



応用し、笹岡PI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行った。

(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

西本PI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。



(4) VR を用いた (瞑想中 (内受容感覚に集中) の脳波指標

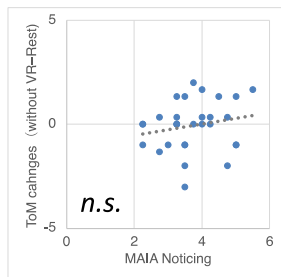
自己の内観 (内受容感覚への意識を向けている時) の指標のイマーシブ環境での可視化にむけて、VR-EEG 脳波を用いた計測実験1を終了した ($n = 30$; 下図左)。現状、VR 風景を鑑賞時に

内観することで、他者への思慮が深まる人は内受容感覚の気づきの個人差に相関があることが確認され、また、実験1において脳波 β & γ 帯域に VR の有無での内観トレーニング中の脳活動の差異を確認している(下図中赤枠)。

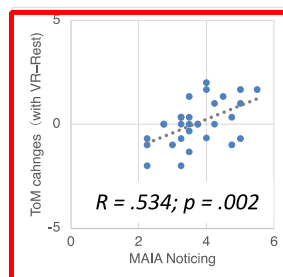
(5)「複数名同時のマルチモーダル BIN データの蓄積と感性の遠隔可視化技術開発」への整備



VR映像なし - 安静

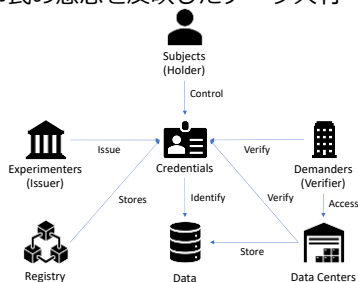


VR映像あり - 安静



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(論文 Ding, Sato & Machizawa, 2022)。この技術をデータ共有基盤である脳波クラウドへ導入

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

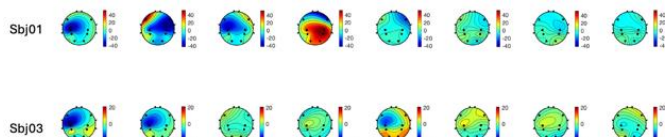


Ding, Sato & Machizawa (2022.12) SDS

た。

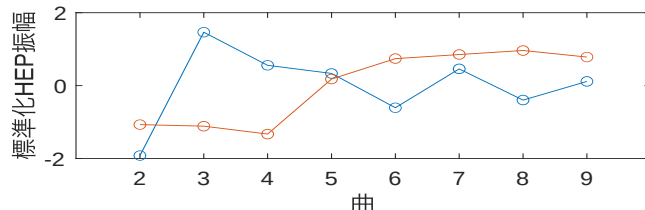
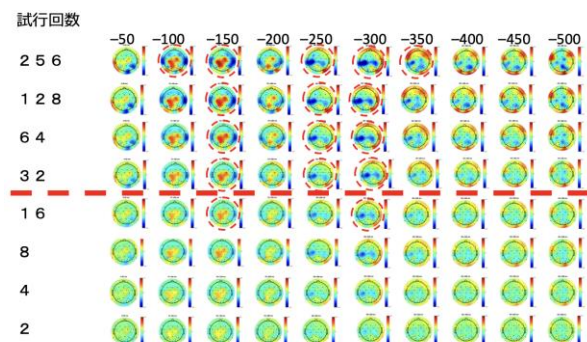
することで、脳波データを研究者間で効率良い共有を可能とし、データ提供者の同意を組んだ上で国内外との共同研究を促進する技術の特許申請した(特願)。

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、英国神経科学協会(BNA)において 2023 BNA Credibility in Neuroscience Prize を受賞し



明和 PM 代行及び笹岡 PI、高橋 PI、西本 PIらと共同で Awareness Music Edutainment を実施した(クレオ大阪 2024/2/17)。市民3名の同時マルチモーダル計測を実施し(脳波+心電図+脈波)、実社会シチュエーションにおける BIN 計測の可能性を検討した。

その結果 1 名のデータが不良で除外されたが、HEP が曲間で大きく変化し、また後半になるにつれて個人内で標準化した振幅が大きくなる傾向が確認された。今後追加計測により、心理反応との相関などが見出していくことにより、社会実装場面での NBF の有用性を検討したい。



課題推進者名:町澤 まろ

山脇 PM-菊知 PM-山田 PM プロジェクト間連携に伴う研究開発課題

(8) 研究開発項目 6: 音楽介入が親子の脳生理動態と主観的感性に与える影響の検証

研究開発課題 8: 「音楽の短期介入が親子の内受容感覚への気づきに与える影響を検証」

実施内容:

世界各国の童謡のコーパスを約 100 曲収集した。そして、これらの曲が、どの程度知らないものか、親子約 300 名を対象に実験をするための、オンライン調査のシステムを構築した。このシステムをもとに、5 名を対象に予備実験を行い、離れた環境でも、パソコンやスマートフォンと、イヤホンを用いて十分に楽曲を聴取できることを確認した。よって、現在 300 名を対象にオンライン実験を開始した。また、楽曲の wav ファイルから、曲間の類似度を調べる相互情報量の解析プログラムを作成した。

b-2 当初計画では予見し得なかった展開

特になし

課題推進者名:大黒 達也

(9) 研究開発項目 6: 音楽介入が親子の脳生理動態と主観的感性に与える影響の検証

研究開発課題 9: 「短期音楽介入が親子の感性に与える影響およびその個人差に関する要因の検証」

実施内容:

今年度は、親子双方の安静時 HEP の同時計測を行い、HEP の計測妥当性を検討した(図 3)。生後 6~9 か月のヒト乳児と母親 23 組を対象に、2 分間の動画視聴時の親子双方の脳波・心電図同時計測を行った。心電図 R ピークをオンセットとし、600 ミリ秒間の HEP を親子それぞれについて分析した。

成果として、双方の前頭・頭頂領域において、類似した時間潜時に陰性・陽性のピークを確認した。課題時間を 2 分程度と設定すれば、親子を対象とした HEP の同時計測が可能であることが確認できた。この成果に基づき、現在、音楽刺激を用いた実験プロトコルを作成中である(大黒 PI・柏野 PI と連携)。

親子 HEP の同時計測が達成されたことで、HEP 振幅の大きさに関して親子ペア間の相関関係や、(楽曲の一部が変化するなど) 予測誤差が生じる前後での神経同期の時系列変容などを含めて検討することが可能となった。

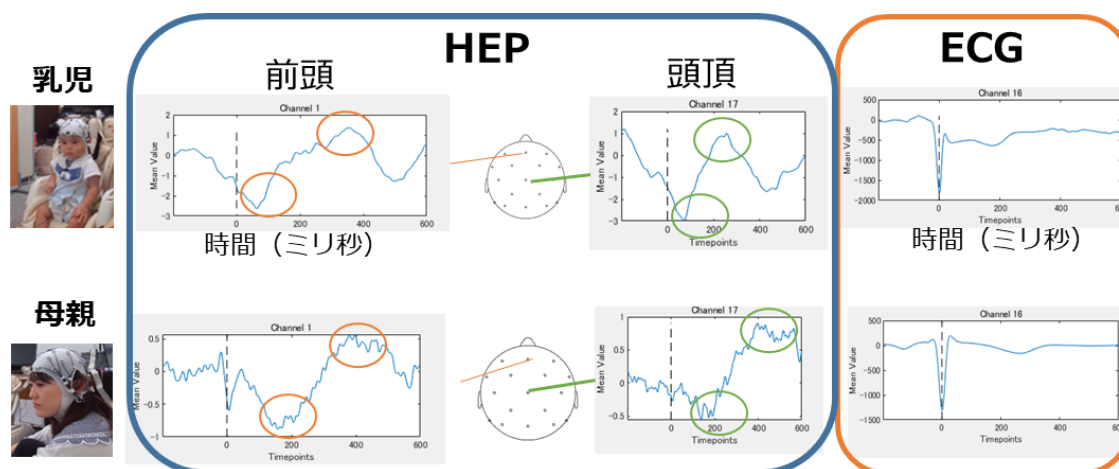


図. 安静時（動画視聴時）の親子 HEP 同時計測の結果。乳児の前頭—頭頂の HEP および ECG 振幅（上段）、母親の前頭—頭頂の HEP および ECG 振幅（下段）。

課題推進者名：明和政子

3. 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

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。PM 活動支援のため PM 補佐とシニア URA を配置した。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

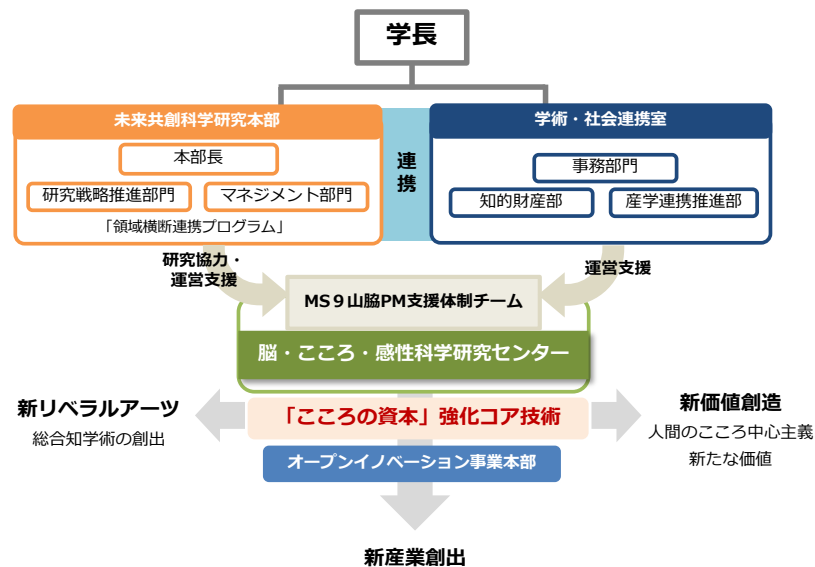
将来的な本事業の広がりをめざして、副学長(教育担当)と副学長(学術・社会連携担当)/未来共創科学研究本部本部長で打合せし、研究領域横断連携プログラムの構築に向けた検討を進めた。PM 補佐 URA はプロジェクト進捗状況および国内外の研究開発動向を把握し、報告書作成等を支援した。

●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)を実施した。

●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した。具体的には、研究開発成果の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した。



各種マネジメントに係る会議開催等

●運営会議の開催

- ・令和4年7月4日(東京)に対面キックオフ研究会議で PM 研究方針を説明した。
- ・定例 ZOOM 研究会議:毎月1回程度開催し議論を重ねた。計測を伴う音楽ワークショップの実施の際は、臨時で別途 ZOOM および対面会議を行った。

- ・山脇 PM が体調不良のため、令和 5 年 8 月より、明和 PI が PM 代行を務めた。山脇 PM が令和 6 年 3 月 31 日をもって辞任し、本プロジェクトは中止となった。
- ・菊知 PM とのプロジェクト間連携(音楽と親子プロジェクト)に参加していた明和 PI、大黒 PI は菊知 PM プロジェクトメンバーに移行した。

●課題推進者(PI)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 ZOOM および対面で議論を行った。

●ワークショップおよび報告会等の開催

- ・西本PIの音楽ワークショップを数回開催し、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 の検証を行った。
- ・令和 4 年 10 月 10(京都)で乳幼児を含む参加者(約 300 名)を対象に京都大学オーケストラの協力を得てキックオフ公開シンポジウムを開催。
- ・令和 5 年 8 月～12 月(京都)に乳幼児 29 組を対象に、親子の生理-心理-行動の変化を計測し、音楽介入による効果を解析した。
- ・令和 6 年 2 月 17 日(大阪)に、市民約 700 名参加した西本PIの Edutainment コンサートにおいて、被験者に Body Map、心電図、脳波計測を行い、Awareness Music 候補曲における内受容感覚の気づき効果について検討した。

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。R5 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、有望なテーマに対して集中的な投資を行ってきた。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 との連携を進めた。また、内受容感覚と島皮質に関する研究に関してロンドン大学Friston教授、サセックス大学 Critchley 教授らと国際共同研究を行い、国際共著論文を発表した(Royal Soc Open Sci, 2022)。

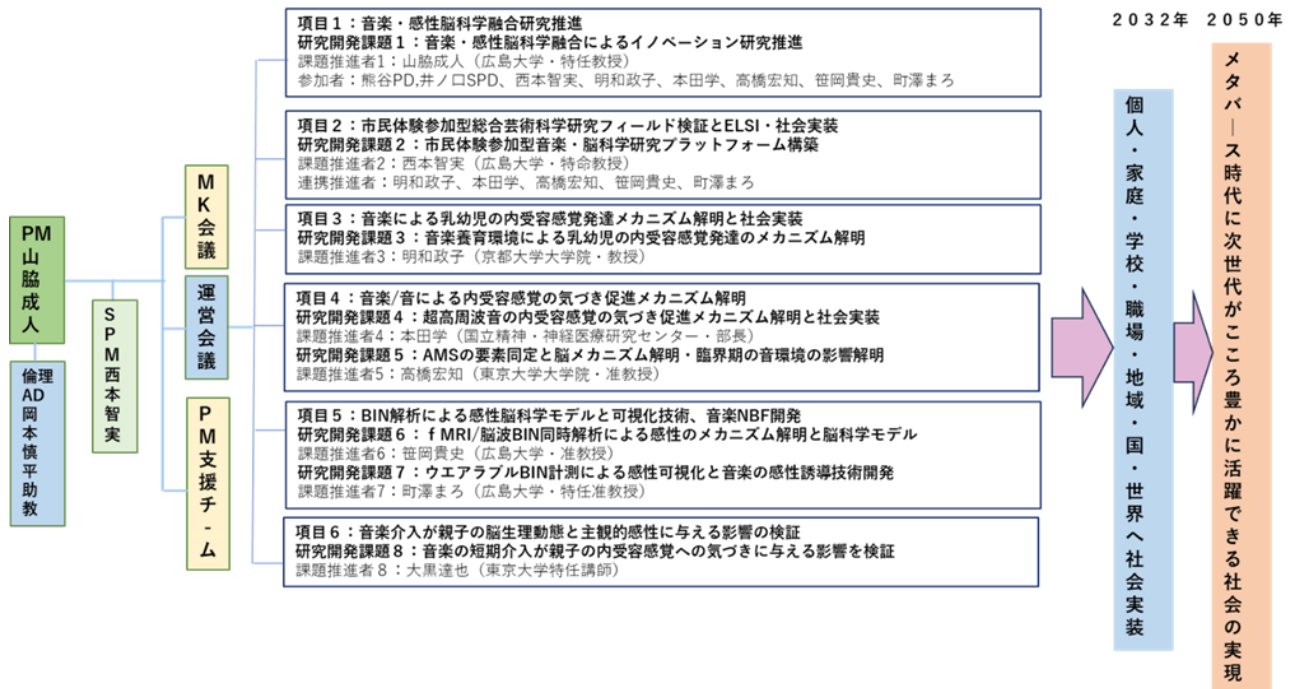
(3) 広報、アウトリーチ

TV や雑誌などメディアからの取材を多数受け、プロジェクトの成果に関する一般への情報発信を行った。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。

(4) データマネジメントに関する取り組み

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WS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. 研究開発プロジェクト推進体制図



5. 研究開発プロジェクト成果

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	1	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計 (出願件数)	1	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	113	14	127
口頭発表	20	23	43
ポスター発表	14	32	46
合計	147	69	216

原著論文数 (※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	1	32	33
(うち、査読有)	1	32	33

その他著作物数 (総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	11	2	13
書籍	3	2	5
その他	0	0	0
合計	14	4	18

受賞件数		
国内	国際	総数
4	1	5

プレスリリース件数
8

報道件数
247

ワークショップ等、アウトリーチ件数
33