

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 4 月 16 日現在

機関番号：21402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K00229

研究課題名(和文) 実証実験に基づく神経科学と芸術の融合によるバーチャル・アートの創成

研究課題名(英文) Creation of "Virtual Art" through the practical fusion experiments of "neuroscience and arts"

研究代表者

精山 明敏 (Akitoshi, Seiyama)

国際教養大学・デザイン創造・データサイエンスセンター・特任教授

研究者番号：70206605

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は「バーチャル・アートの実現とヒト感覚機能の規格化」と「実証研究に基づく実験美術学の確立」の2つの研究成果を踏まえて、1) 芸術活動に関わる脳活動の再検討、2) 芸術活動と感情変化に係わる脳活動の再検討、3) バーチャル・アートの医学への応用を目指した。前者についてはVRで作成した、中性的な動画を鑑賞した時にNIRSを用いて測定した前頭前野背外側部の脳血流が左右脳で正の相関を示したのに対し、地震画像を鑑賞した時には負の相関を示した。一方、後者に関しては、言語野の活動が描画機能を抑制している可能性について磁気刺激装置とNIRSを用いて検討したが、複数の部位の脳活動が関与していることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、「創る側」・「鑑賞する側」の間に「測り評価する側」が入り、統合的に芸術・脳科学・医療を発展させる目的で推進してきた。本研究成果は現在複数の国際誌に投稿中である。本研究の様々なアプローチの過程の中で生まれてきたアイデアの一つが、「創る側」への脳科学の貢献を示すことができた。さらに、感性の表出/抑制という観点から、芸術を医療、リハビリテーションに活用する際の基礎的エビデンスを構築できた。また、VRなどの先端技術を導入した情動計測においては、人とコンピュータ、そこで生成された人工的環境とのインタラクションを実現し、芸術と脳科学の融合による新しいセラピー・治療の可能性を示せた。

研究成果の概要(英文)：We aimed at the following three objectives: 1) to re-examine brain activities related to artistic activities, 2) to re-examine brain activities related to artistic activities and emotional changes, and 3) to develop virtual art as an applied technology for medicine through the following two research outcomes: "Realizing virtual art and standardizing human sensory functions" and "Establishing experimental art studies based on empirical research". In the former study, we found that the cerebral blood flow in the dorsolateral prefrontal cortex measured by NIRS showed a positive correlation between the left and right hemispheres when watching a neutral video created with VR, while their relationship showed a negative correlation when watching a seismic image. In the latter experiment, using a TMS and NIRS, we found the brain activity in multiple regions is involved during drawing, contrary to our hypothesis that activity in the language area suppresses the drawing function.

研究分野：生体物理学

キーワード：バーチャルリアリティ 情動変化 NIRS 計測 描画テスト 磁気刺激

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、これまでにない芸術そのものの評価や創作への応用を目指して行った。そこに考えが至った経緯には、京都大学医学部人間健康科学科と京都市立芸術大学・同志社女子大・成安造形大学との9年間に渡る、“医療・芸術・脳科学融合プロジェクト”がある。このプロジェクトでは、「創る側」「鑑賞する側」の間に「測り評価する側」が入り、統合的に芸術・脳科学・医療を発展させる目的で推進してきた。様々なアプローチの過程の中で生まれてきたアイデアの一つが、「創る側」への脳科学の貢献を模索することであった。

さらに、研究代表者の精山(専門分野:検査技術科学・医療診断機器)と研究分担者の岡橋(専門分野:リハビリテーション科学・認知機能)はこれまで、モンテ・カセム教授(大学院大学至善館・学長)(専門分野:都市工学・環境科学)が主催する“Body-Mind-Brain プロジェクト”において、VR/AR技術やヒト情動計測の社会科学への応用についてセミナーを開催してきた。また、申請者はこれまでメディアアートや美術(絵画)分野の芸術家と共同研究を行い学会報告や学術論文の成果を報告してきている。特に、感性情報を取り入れた実験美術学の確立では、京都市立芸術大学(博士課程)を修了した美術家の岡本奈香子博士(絵画教室運営)とともに研究の立案・実施を計画しており、いずれの研究課題でも準備状況は十分にあった。

また、国内外の研究動向としては、芸術を対象とした脳科学や神経科学の研究はこれまでも国内外で多く報告されてきているが、これらは脳科学や神経科学から見たアーティストらの脳活動の評価が主であり、医学への応用といった研究は全くなかった。一方、音楽や絵画を用いた芸術療養は1940年代から医療分野でも積極的に取り入れられてきたが、音楽や絵画の鑑賞や演奏・描画を手段として用いており、患者や作品の双方向的な活用は技術的に困難で行われてきていなかった。しかしながら、VR/ARおよびIoTなど近年の科学技術の発展によりこの壁を取り除くことができるようになった。

そこで、本研究では感性の表出/抑制という観点から、芸術を医療、リハビリテーションに活用する際の基礎的エビデンスを構築すること、また、VR/AR等の先端技術を導入させた芸術活動において、人とコンピュータ、そこで生成された人工的環境とのインタラクションを想定した分析を行い、芸術と脳科学の融合による新しいセラピー・治療の可能性を探ることを最終目的として研究の立案を行った。

## 2. 研究の目的

### 1. 研究課題1:バーチャル・アートの実現とヒト感覚機能の規格化

【研究背景・目的】21世紀の科学技術の一つとしてバイオフィードバックの医学応用が注目を集めている。ひとつには運動機能の補助システムを制御するために、生体信号(脳波、筋電図、脳血流)を利用したものがあり、この領域はBrain Computer/Machine Interfaceとして現在盛んに研究が進められている。申請者の精山はこれまでに、視覚障害を対象に切断力を応用した2.5次元タッチパルや実際のアクリル模型を用いて、ヒトの感覚(視覚)-身体イメージの規格化を手掛けてきた(文献1)。

一方、近年の科学技術の発達が目覚ましく、仮想現実(バーチャルリアリティ:VR)や拡張現実(オーグメンテッドリアリティ:AR)が身近な技術となり様々な分野で利用されるようになってきた。研究分担者の岡橋は、リハビリテーション科学の観点からVR/AR技術の勃興期からヒト認知機能への応用技術開発を手掛けてきた(文献2)。

本研究では、バーチャル技術により引き起こされる情動変化などの感性情報をフィードバック信号としたシステムが実用可能かを検討する。本システムが実用可能になれば、視覚・聴覚刺激が情動に与える影響をリアルタイムに調べ、不快情動を快情動へ転換することもできる新しいタイプのインタラクティブアートを実現できる。我々はこれをバーチャル・アートと位置付けたい。このことは同時に、将来的に使用者の情動を考慮して作動するシステムの誕生を示唆し、麻痺患者にとってのQOL向上のみならず、健常者にとっても精神状態を自覚することでヒューマンエラーや精神疾患の予防にもつながると考える。

参考文献1. Takayuki Shiose, Akitoshi Seiyama, et al. Analysis of Awareness while Touching the Tactile Figures Using Near-Infrared Spectroscopy. ICCHP 2010, Part II, Lecture Notes in Computer Science 6180, pp.447-450, 2010.

参考文献2. 岡橋さやか, 関啓子, 長野明紀, 種村留美, 小島麻木, 羅志偉. バーチャルリアリティ技術を用いた買い物課題による高次脳機能検査の開発高次脳機能研究. 日本高次脳機能障害学会誌, 32(2), 302-311, 2012.

### 2. 研究課題2:実証研究に基づく実験美術学の確立

【研究目的】本研究では、芸術的(絵画的)創造性と脳活動の関係性において、経頭磁気刺激装

置(TMS)による神経細胞活動の脳賦活又は抑性効果を利用して、言語野の活動が視覚感覚機能に及ぼす影響について調べる。本実験では、「理念や思考といった通常の言語活動が、ヒトが持つ本来の視覚感覚機能を抑制している」という仮説の検証を、言語野に対する抑制刺激を行い、「言語活動による視覚感覚抑制を一時的に解放する」ことにより描画がどのように変わりうるのか検討した。

### 3. 研究の方法

#### 1. 研究課題1：バーチャル・アートの実現とヒト感覚機能の規格化

【研究方法】①被験者には、リクライニングシートに横たわった安静な自然な状態で視覚刺激と聴覚を同時に体感してもらった。②VR技術を用いて視聴覚刺激(刺激の選定や開発を岡橋が担当した)には、地震や台風などの自然災害など日常生活で起こりうる事象を課題とした。本研究では、鑑賞者(=被験者)から“目的とする”脳活動の信号変化が検出されたら、刺激提示の切り替えや提示時間が変わるようにリアルタイムにフィードバックを与えることで、アート性を持たせる。このとき情動が快と判別された場合は刺激を変化させずに継続し、そうでない場合には刺激を変化させた。③被験者の前額部の脳活動測定には現有のNIRS(HOT-2000, NeU社製)を用いた。このとき、前額部に生じた脳血流から情動を判別した。④NIRSを用いた客観的・非言語型データと主観的な自記式アンケートを用いた言語型データを分析し、フィードバック効果の評価を行った。

#### 2. 研究課題2：実証研究に基づく実験美術学の確立

【研究方法】

- ① 対象：健康成人18名を対象に行った。
- ② 方法：現有の磁気刺激装置(TMS：日本光電工業株式会社製, SMN-1200)を用い、左の外側部前頭前野にある運動性言語野ならびに上側頭回の後部に位置する感覚性言語野を低頻度反復磁気刺激(刺激周波数0.5Hz、刺激出力強度は右指モータ閾値の60%)、神経細胞の活動を抑制した(注：1Hz以下の磁気刺激は、低頻度反復磁気刺激と呼ばれ、神経細胞の興奮性を低下させるとされる)。
- ③ タスクデザイン：「安静60秒+課題人物クロッキーを480s」を1回とし、TMSなし・ありを交互に合計4回行った(1回目TMS無し→2回目TMS有り→3回目TMS無し→4回目TMS有り)。(描画道具は、コンテ48色の中から自由に選択することができるものを用いた)
- ④ 脳活動の測定には島津社製 FOIRE-3000(32チャンネルNIRS)を用いて前頭前野と左右側頭を測定し、皮膚血流の測定にはレーザー組織血流計(オメガフロー FLO-C1)を用いた。
- ⑤ データの解析では磁気刺激のあり・なしでのNIRSの信号変化による脳活動の変化や脈拍変化と、被験者が描画した人物クロッキーの色調変化、サイズ変化、筆圧変化などの画像分析結果と比較考察した。

### 4. 研究成果

#### 1. 研究課題1：バーチャル・アートの実現とヒト感覚機能の規格化

まず、2次元画像(スクリーン映写画像)が感情変化に及ぼす影響を調べた。突然の災害の発生は人々の感情を動揺させ、計画的な避難活動を困難にすることがよくある。しかし、自然災害状況に対する生物学的反応は調査されていなかった。この研究の目的は1)地震ビデオを見ている人と中立的な人の感情反応の違いを発見する、次に2)地震ビデオ視聴中の感情反応と主観的感情評価/個人の不安特性との関係を調べた。健康な若者(n=12)が地震と中立のビデオを視聴し、生体信号を測定し、感情評価を実施した。ウェアラブル2チャンネル近赤外分光装置(NIRS)を用いて、背外側前頭前野の脈拍数や脳血流などの生体信号を測定した。自律神経指数(交感神経指数および副交感神経指数)は、NIRSデータから計算した。主観的感情評価は、自己評価マネキン、STAIを用いて特性不安に関する調査票も実施した。地震ビデオ視聴条件では、中立条件に比べて交感神経活動が有意に低下することがわかった[1]。一方、3次元的なVR地震ビデオは、主観的な否定的な感情を呼び起こし、脈拍数は大幅に減少した。交感神経活動は低下する傾向があり、一方、左前頭前野のCBFはわずかな増加を示したが、有意ではなかった。また、地震ビデオを見ているときの左右のCBF変化の間に負の相関があることを示した( $p = -0.53, n = 24$ )。対照的に、中立的なビデオを視聴した人は正の相関を示した( $p = 0.75, n = 24$ )。今回の定常状態解析は、仮想地震ビデオによって誘発された感情の変化が、I-DLPFCとr-DLPFCの間の定常状態の神経同期を乱したことを示唆している。自然災害時の脳機能の変化を明らかにするには、動的ニューラルネットワーク解析に基づくさらなる調査が必要とおもわれる[2]。

#### 2. 研究課題2：実証研究に基づく実験美術学の確立

反復経頭蓋磁気刺激(rTMS)と機能的近赤外分光法(fNIRS)を組み合わせた方法を使用して、描画動作内の再構成を行った。18人の健康な参加者の言語野(左後中側頭回)に低周波抑制性rTMSを行った結果、Benton Visual Retention Test(BVRT)の描画タスク中は、BVRTの複雑なデザインでは、単純なデザインや中程度のデザインと比較して、再現の平均精度が大幅に低下した。一方、fNIRSデータは、BVRTの結果と強い負の相関を示した。しかし、rTMSが脳の活動を抑

制するであろうという私たちの仮説とは矛盾した結果となった。この結果は、BVRT などの形状認識とその再構築には、左後中側頭回だけでなく 左側頭葉の神経活性化も必要であることを示唆していた[3]。

[ 1 ] Otsuka H, Okahashi S and Seiyama A. Evaluation of Emotional Changes During Earthquake Video Watching: A Wearable NIRS. ヒューマンインターフェイス学会論文誌 24(4), 239-248, 2022.

[ 2 ] Otsuka H, Okahashi S and Seiyama A. Neural function desynchronization in left and right dorsolateral prefrontal cortices during virtual-reality earthquake video viewing. Advances in Experimental Medicine and Biology, 2024, in press.

[ 3 ] Okamoto N, Seiyama A, Hori S and Takahashi S. Role of the left posterior middle temporal gyrus in shape recognition and its reconstruction during drawing: A study combining transcranial magnetic stimulation and functional near infrared spectroscopy. Plos One, 2024, in press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Okahashi S, Sakamoto K, Hashiya F, Kumasaka K, Yamaguchi T, Seiyama A, Utsumi J.	4. 巻 12
2. 論文標題 Development of an Electric Pegboard (e-Peg) for Hand Dexterity Improvement and Cognitive Rehabilitation: A Preliminary Study.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 81-90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14326/abe.12.81	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Seiyama A, Miura T, Sasaki Y, Okahashi S, Konishi N, Cassim M.	4. 巻 186
2. 論文標題 Characterization of forehead blood flow bias on NIRS signals during neural activation with a verbal fluency task.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 43-50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neures.2022.09.012. Epub 2022 Sep 30.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大塚 日花里、岡橋 さやか、精山 明敏	4. 巻 24
2. 論文標題 地震映像視聴時の携帯型NIRSを用いた情動研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 239 ~ 248
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.24.4_239	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 精山明敏，三浦辰朗，岡橋さやか，小西奈美，モンテ・カセム
2. 発表標題 NIRS-EEG同時測定による運転者の眠気検知に関する基礎研究（シンポジウム）
3. 学会等名 第28回医用近赤外線分光法研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 精山明敏, 三浦辰朗, 岡橋さやか, 小西奈美, モンテ・カセム
2. 発表標題 近赤外分光法を用いた脳機能計測の近況: Body-Mind-Brain プロジェクトへの応用
3. 学会等名 第9回心身医学のニューロサイエンス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 1)Seiyama A, Nami Konishi N, Okahashi S, Cassim M.
2. 発表標題 A near-infrared spectroscopy (NIRS) study on effects of visual information on haptics.
3. 学会等名 The 99th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akitoshi Seiyama, Nami Konishi, Sayaka Okahashi, Monte Cassim
2. 発表標題 A near-infrared spectroscopy (NIRS) study on effects of visual information on haptics
3. 学会等名 The 99th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan, Mar 17, 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚日花里, 岡橋さやか, 精山明敏
2. 発表標題 シミュレーション実験による災害体験時の生体反応に関する研究
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2021, Sep 17, 2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	岡橋 さやか  (Okahashi Sayaka)  (20610760)	国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・研究所 老年学・社会科学研究センター・主任研究員   (83903)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------