

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21605

研究課題名(和文)美術史と神経科学の協働実験美術史 カラヴァッジョ絵画の鑑賞者の心の深層を探る

研究課題名(英文) Experimental Art History based in Neuroscience. Search for the Minds of Viewers of Caravaggio Paintings.

研究代表者

小佐野 重利 (Osano, Shigetoshi)

東京大学・相談支援研究開発センター・特任教授

研究者番号：70177210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：カラヴァッジョ絵画鑑賞者の眼球運動と脳活動を探る目的で、美術史学生と一般学生の2グループを被験者に、カラヴァッジョ10点、カラヴァッジョ派10点およびモンドリアン10点の絵画画像を使い、眼球運動計測器を装備したMRIで実験した。カラヴァッジョ絵画を観ているとき、人物の顔を中心に情動経験を生み出す脳領域に活動が見られた。両グループ間の比較では、第1グループで右上頭頂小葉の活動が高く、画像に設定した関心領域AOIへの注視時間も長く、第2グループがみなかったAOIも観ていた。モンドリアン絵画の鑑賞時に特徴的な脳活動は色と線を認知する初期視覚野で起こり、視線パターンは両グループに差異がなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、モンドリアンの抽象絵画の鑑賞で特徴的な脳活動が第一視角野で起こると追認できた。一方、美術史学生と一般学生の間でカラヴァッジョの人物表現中心の絵画の鑑賞を視線計測および脳活動から比較した結果、共通して前帯状皮質、紡錘状回顔領域、扁桃体という情動経験を生み出す脳部位に活動が見られ、さらに美術史学生では右上頭頂小葉に高い活動があった。これより、カラヴァッジョ絵画の特質として、最初の鑑賞時に鑑賞者一般に強い情動経験を誘発させ、鑑賞に慣れた者にはさらに深い鑑賞へといざなうことが裏づけられた。つまり、カラヴァッジョは自身の作品への鑑賞者の関与を想定し、効果的な仕掛けを施したといえる。

研究成果の概要(英文)：In order to explore the eye movements and brain activity of Caravaggio paintings, two groups of art history students and non-art history students were subjected to 10 Caravaggio paintings, 10 Caravaggio school and 10 Mondrian paintings, which were examined by MRI equipped with an eye movement instrument. (1) When viewing Caravaggio's paintings, activity was observed in such brain regions as amygdala that produce information experiences centered on the faces of human figures. (2) In the comparison between the two groups, the activity of the upper right parietal lobule was high in the first group, the time spent paying attention to the region of interest set by the experimenter in the image was longer, and the first group did also observe the AOI that the second did not view. (3) Characteristic brain activity during the appreciation of Mondrian paintings occurred in the early visual cortex related to color and line, and the gaze pattern was not much different between the two groups.

研究分野：美術史

キーワード：実験美術史 カラヴァッジョ絵画 絵画鑑賞者 眼球運動計測 脳機能イメージング

1. 研究開始当初の背景

美術史と科学との関係が論文等でクローズアップされだしたのは1990年代からである。また1980年代から神経科学が目覚ましく進展する。1990年代にアントニオ・ダマジオが「体現的シミュレーション embodied simulation」又は「あたかも身体ループ as-if body loop」説を提唱し、脳の運動野や体性感覚野が、実際に自分自身は行動していないのに劇的な光景を見たりすると、その場に居合わせかのように活動する神経回路基盤を主張した。

1992年から2000年代までに、パルマ大学神経科学学科人間生理学教授ジャーコモ・リッツォラッティらによって、最初はサルの脳内に、次いでヒトの脳内にミラーニューロンの局在が確認された。すると、パロック美術の研究で知られるデイヴィド・フリードバーグ(最終履歴はロンドン大学コートルド研究所長)は、美術作品が鑑賞者の視覚認知や情動に与える影響に関心があったから、ミラーニューロンの発見を知って、

(1) ヒトでもミラー反応はあるのか。

(2) 観察した行動が(サルの場合の)目的志向ではなく、意味のない行動のときにも、ミラーニューロンの活動は起こるのか。

(3) 生きた生物の行動でなく、絵画に描かれた行動を見たときには、どうなるのか

と問題提起し、その解明のために、パルマ大学のヴィットリオ・ガレーゼやメッシーナ大学出のフォルトゥナート・バッタリアら神経科学者たちとの協働実験研究を開始した。

研究代表者は、Tom Stafford & Matt Webb 著/夏目 大訳『Mind Hacks 実験で知る脳と心のシステム』(2005年)や美術史家 John Onians 著、*Neuroarthistory. From Aristotle and Pliny to Baxandall and Zeki* (Yale University Press: New Haven and London, 2007)から神経細胞のシナプス連結の可塑性による新たな神経細胞網の形成などの神経科学の最新知識を獲得した。そして、美術史と神経科学の協働を模索してきた。ヨーロッパ中世にアンジェのベルナルドが記述する、オーリヤックの聖ゲラルドの鍍金された聖遺物像が信者にウインクした話は、キリスト教の奇跡譚や幻視体験として括られ、聖遺物像と信者の相互作用的な交流-結合とみなすイメージ人類学的な解釈が行われている。だが、ニューロサイエンスの常識にたつと、眼がある特別の視覚条件下に置かれた物の形を長く見ていると、神経回路の結合強度が調整されて、あるパターン化した視覚能力(可塑性)を獲得する。物の見方や解読法はある明確な神経回路構造によって可能になり、条件づけられると同時に、その見方や解読法が逆に神経回路構造に影響を及ぼす。視覚は単に受動的に物を見るのではなく、想像力を駆使して無意識のうちに見たいと思うものを積極的に見る傾向にある。研究代表者は、聖堂内でろうそくの炎がひらめくなかで聖ゲラルドの聖遺物像がちらちらと輝くさまを信者が凝視したため、無意識に期待するもの、見たいと思う聖遺物像が動いてウインクするのを見たと思ひ込んだにすぎない(つまり錯視:パレイドリア現象)と結論づけた(Osano, S. "Art History in Japan and Its Future Development", in *Diogenes*, 58(1-2):119-135, esp.125-126, 2012)。

2. 研究の目的

美術史学では、絵画ひいては造形作品一般に関して何が「美」で何が「醜」なのか、作品が鑑賞者に与える快不快などの感情および様式の変遷について、様々な方法でその解明に努めている。学問領域を越境してイメージ人類学的な解明を試みる研究、科学的な機器を駆使して作品制作の内奥を探る研究などがある。本研究は、作品制作の際の制作者の心理の深層

と鑑賞者の認知神経基盤を探り、美術史学の存在理由の根底にある作品の審美的な特質、美術様式成立の要因などを掘り下げ、新しい研究方法の開発につなげることを目的とする。

激しい明暗と特異な図像の表現で知られるバロックの巨匠カラヴァッジョの宗教主題および世俗主題の作品を被験者に呈示し、被験者の絵の見方を眼球運動計測から探り、同時に暗示的動作を示す画中人物を見て脳内に惹起される運動や情動の反応を fMRI による脳機能イメージングによって計測する。この方法で、カラヴァッジョの絵画様式の特質を探る実験研究を初めて神経科学と協働で実施する。鑑賞者を魅了してやまない同画家の絵画様式の特質は、美術史的には解明されつくされていない。研究の成果は美術様式の変遷に果たす記憶（手続き記憶、情動記憶と長期記憶の結合）の作用や「文化的記憶」を考察する手がかりにもなる。

3. 研究の方法

美術史学と神経科学（ニューロサイエンス）との共同研究である本研究では、カラヴァッジョの《聖トマスの不信》（ポツダム、サンスーシ宮殿美術館）、《トカゲにかまれた少年》（フィレンツェ、ロベルト・ロンギ美術史研究財団）や《ホロフェルネスの首を切り落とすユディット》（ローマ、パルベリーニ宮殿国立古画美術館）など、画中人物が受ける接触的な痛み感覚について鑑賞者の脳に「情動的共感」を惹き起こさせる暗示的な動作をとともなう場面を描いた作品を使って、鑑賞者の心の深層を探る。絵画という静止画像において、鑑賞者がどこに視点を向けるかを眼球運動で測定し、描かれた人物あるいはその暗示的な動作に情動的共感をどの程度感じるかを探るために、鑑賞者の絵画に対する情動的共感の神経基盤を脳機能イメージングにより計測する。列挙した作品は「目的志向的な動作」（“イエスの脇腹の槍傷を穿り返す”、“剣で首を切り落とす”など）をとともなうので、動作主体に注目する場合は静止画像であっても動作の模倣に関わると考えられるミラーシステムが活動することが予想される。また、被動作主体に注目する場合は脳の「痛み回路」と呼ばれる「情動的共感」に関わるとされる脳部位が活動すると予想される。絵画主題の鑑賞に精通している被験者と、絵画鑑賞初心者の被験者を比較して、絵画呈示により惹起されるミラーシステム（i.e. 運動関連領域）情動的共感に関わる脳部位、そして、高次認知に関わる脳部位との機能的結合が絵画主題の鑑賞に精通することでいかに強化されているかを探究する。

このため、研究組織は研究代表者の他に、fMRI を使う研究経験の豊富な実験社会学者の亀田達也（東京大学大学院人文社会系研究科教授）を研究分担者に、認知神経科学者の小川昭利（順天堂大学医学部准教授）を研究協力者にして構成された

2019～2020 年度に予備実験 I、II を東京大学大学院人文社会系研究科社会心理学研究室に設置されたスクリーンベースの視線計測器（Tobii Pro TX600）でおこなった。fMRI 実験の設計に向けて、絵画を見ている間の視線活動を計測した。一連の実験の目的は、カラヴァッジョ絵画の鑑賞時、特に、見る者の視線が主題関連領域（Area Of Interest, AOI; 又は、Regions Of Interest, ROI）へ誘導されやすいという仮説を確かめることにあった。

カラヴァッジョ絵画 10 点と、比較のためのカラヴァジェスキ（カラヴァッジョ派）絵画、モンドリアン絵画をそれぞれ 10 点用意した。二人の美術史専門家（研究代表者・瀧良介）が各絵画に AOI を 3 つ設定した。また、検出（Change Detection）課題用に各絵画に色変更と形変更を加えた加工画像を Photo Shop で制作した。AOI の大きさは絵画ごとに若干の差異があったが、一つの絵画に設定される 3 つの AOI はすべて同じ大きさとした。

予備実験 I は、美術史を専攻しない一般学生 24 人（Novice）に「自由鑑賞（Free Viewing）」

と「変化検出 (Change Detection) 課題」の 2 つを実施した。予備実験 II では、美術史専攻の学生 (Expert) 5 人と一般学生 7 人が変化検出課題だけをおこなった。両実験では 24 インチのフル HD ディスプレイを用い、絵画の縦の長さを画面サイズの 90% に揃えるように拡大または縮小して表示した。視線計測には Tobii Pro TX600 を用いて、視線データを 120 Hz で取得した。鑑賞中、参加者は顎を顎台に乗せて顔の位置を固定し、各セッションの前にキャリブレーションを行うことで、できるだけ正確な計測を担保した。計測データは、標準的な前処理を行ったあと、視線の速度に基づいて注視とそれ以外に分類し、注視位置が AOI 内かどうかを判定して、自由鑑賞と変化検出 (Change Detection) 課題における合計注視時間を計算した。

2022 年度には、予備実験 I、II の結果を踏まえ、MRI 本実験を玉川大学脳科学研究所に設置された MRI (Siemens : PRISMA fit 3T) に視線計測装置 (SR Research: Eyelink1000 plus) を装備しておこなった。実験には美術史の学生 Expert 13 名と一般学生 Novice 24 名が参加した。行動データの Quality check から Expert は 11 名、Novice は 20 名が解析対象となった。各群に左利きが 1 名ずついた。参加者は最初に各絵画につき 25 sec、全 30 絵画をランダムオーダーで自由鑑賞 (Free Viewing : FV) し、次いで、変化の見落とし課題 (CD) をおこなった。後者では、絵画が 400 msec、ブランク画面が 100 msec 呈示されることが 20 回行われた。1 試行には 1 絵画のみが使用された。奇数回はオリジナル画像を呈示し、偶数回でオリジナル画像またはオブジェクト消去した画像を呈示した。被験者は、画像呈示中に変化の有無を判断し、ボタン押しで答えた。また、画像呈示後に変化の有無をあらためてボタン押しで答えた。このボタン押しを解析した。

また、2021 年度には、装着眼鏡型アイトラッカー (Tobii Pro Glasses 3 100Hz) を使って大塚国際美術館の等身大複製絵画を美術の初心者の来館者 6 名に自由に鑑賞してもらうパイロットランも実施した。

4 . 研究成果

予備実験 I (参加者は一般学生 24 人) で、すべての参加者について自由鑑賞 (FV) での AOI の合計固視 (注視) 時間の解析結果を見ると、カラヴァッジョ絵画では、カラヴァッジェスキ絵画、モンドリアン絵画に比べて、特に AOI を注視する時間が長いことが分かった。検出課題 (CD) での AOI の合計固視 (注視) 時間の解析結果から、変化検出課題の変化なしと変化ありのどちらの場合でも、カラヴァッジョ絵画で AOI を固視 (注視) する時間が、ほか 2 絵画群に比べて有意に長いことが分かった。

予備実験 (参加者は美術学生 5 名、一般学生 7 名) で、AOI の合計固視 (注視) 時間の解析結果から、カラヴァッジョ絵画では、Expert か Novice かに関わらず、長い時間 AOI を注視していたことがわかる。それに対して他グループ絵画では、Expert の AOI の固視 (注視) 時間が短かった。また、予備実験 1 の結果と一貫して、変化なしの場合、物体の変化の場合に、カラヴァッジョ絵画での AOI の固視 (注視) 時間が、ほか絵画群より統計的に有意に長かった。

以上のように、自由鑑賞、変化検出課題に拘わらず、また、Expert か Novice に拘わらず、カラヴァッジョ絵画の AOI には鑑賞者の視線が集まることが示された。つまり、カラヴァッジョ絵画は、見る者の視線を主題に関わる領域に誘導していた。2022 年度に行った fMRI 実験では、カラヴァッジョ絵画を見るときに、人物や物体の認識に関わる脳領域だけでなく、注意や視線の制御を行う脳領域がどのような活動を示すのかを厳密に検討した。なお、予備

実験 I および II の結果に関しては、亀田達也と小川昭利によるコラム記事「カラヴァッジョの絵画は視線を誘導する」(所収、小佐野重利『絵画は眼でなく脳で見る 神経科学による実験美術史』、みすず書房、2022年、pp.146-149)に発表している。

2022年度のfMRI実験の結果は、次のとおりであった。視線計測の解析結果から、自由鑑賞(FV)課題でのAOI(ROI)の合計固視(注視)時間を調べたところ、カラヴァッジョ絵画とカラヴァッジェスキのあいだに有意差はなかった。モンドリアン絵画に対しては、両グループ絵画の方が有意であり、また美術史学生(Expert)の方が一般学生(Novice)よりも長かった。検出(CD)課題でのAOI(ROI)の合計固視(注視)時間を調べたところ、変化がないときにExpertがNoviceより長く、変化ありのとき、両群のあいだに差はなかった。

一方、脳活動の解析結果は、次のとおりである。自由鑑賞(FV)では、美術史学生(Expert)と一般学生(Novice)を結合して解析すると、カラヴァッジョ絵画とカラヴァッジェスキ絵画の比較では、カラヴァッジョ絵画で前帯状回(皮質)、右背外側前頭前野、紡錘状回顔領域に活動が見られた。参加者グループごとでみると、両グループともに有意差を示す脳活動が見られなかった。参加者グループを結合して、カラヴァッジョおよびカラヴァッジェスキ絵画とモンドリアン絵画の脳活動を比較すると、前者の鑑賞時に物体や顔や場所の認識に関わる脳部位、眼球運動に関わる脳部位、それに、感情に関わる扁桃体で活動が見られた。また、参加者2グループ結合でモンドリアン絵画とほか2絵画群とを比較すると、モンドリアン絵画鑑賞時に、線と色の認知にかかわる初期視覚野に活動が見られた。この結果は、セミール・ゼキたちの研究と一貫する(McKeefry and Zeki, 1997)。一方、美術史学生と一般学生の視線を比べると、美術史学生は、一般学生に比べ、特にカラヴァッジョ絵画鑑賞時にAOIへの固視(注視)時間が長く、その差は美術史学生が、一般学生が見ないAOIまで観ている時間との差であると想定できる。そしてカラヴァッジョ絵画を鑑賞しているとき、美術史学生に特徴的な脳活動として右上頭頂小葉に活動が見られた。これは絵画内の事物への能動的な注意に関与している可能性があり、ことによると、美術史学生が絵画に関する知識から注意を制御していたのかもしれないと予想できた。

以上のfMRI実験の結果については、2023年4月6日にイタリア文化会館アネッリホールで共同研究者全員が登壇した講演会(会場参加者169人)で公开发表した。

その際、研究代表者からは、2021年度の大塚国際美術館での装着眼鏡型アイトラッカーによるパイロットランの結果を踏まえて、実験美術史の理想と課題 被験者にストレスを与えない自由鑑賞を可能にするエコロジカルな実験環境とそれに適した脳生体計測器の開発 についても発言した。

https://iictokyo.esteri.it/iic_tokyo/ja/gli_eventi/calendario/2023/04/la-mente-degli-spettatori-di-fronte.html

なお、同講演会については新聞記事評が刊行された(大西若人記者、「美術史と神経科学 脳は美をどう捉える」、2023年4月18日付、『朝日新聞』夕刊3面)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小佐野重利	4. 発行年 2022年
2. 出版社 みすず書房	5. 総ページ数 176
3. 書名 絵画は眼でなく脳で見る 神経科学による実験美術史	

〔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	亀田 達也 (Kameda Tatsuya) (20214554)	東京大学・大学院人文社会系研究科(文学部)・教授 (12601)	

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
---------	---------