

カラヴァッジョ 絵画鑑賞時の扁桃体の活動と機能的結合の特徴 Characteristics of amygdala activity and functional connectivity during viewing Caravaggio's paintings

小川 昭利¹, 小佐野 重利², 松田 哲也³, 坂上 雅道³, 亀田 達也⁴
Akitoshi Ogawa, Shigetoshi Osano, Tetsuya Matsuda, Masamichi Sakagami, Tatsuya Kameda

¹順天堂大学, ²東京大学, ³玉川大学, ⁴明治学院大学
Juntendo University, The University of Tokyo, Tamagawa University, Meiji Gakuin University
a-ogawa@juntendo.ac.jp

概要

イタリア・バロックの画家カラヴァッジョの絵画を鑑賞するとき、独特の情動の高揚が生じることを美術史家は指摘してきた。本研究はその神経基盤を、機能的磁気共鳴画像法を用いて調べた。情動に関連する扁桃体の活動は、カラヴァッジョの絵画を見たときの方が他の絵画を見たときよりも大きかった。一方で、扁桃体と他の活性化領域との機能的結合は、カラヴァッジョの絵画を見たときの方が他の絵画を見たときよりも低かった。

キーワード: 機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging), 機能的結合 (functional connectivity), 視線追跡 (eye tracking), 注意 (attention)

1. はじめに

イタリアのバロック画家カラヴァッジョ (1571-1610) は、明暗の激しいコントラストを用いるキアロスкуро技法の革新を進めたことで知られている。この技法の明暗のコントラストに含まれる限られた情報が、カラヴァッジョの絵画に対する情動的な反応を高めている[1]。カラヴァッジョの絵画では、明暗コントラスト中に顔や身体の緊張や動きが描かれていることで、彼の追従者たちと比べて主観的な情動の高揚を呼び起こす[2]。しかし、このような美術史的な観察所見の他は、カラヴァッジョに関連する独特の情動体験の神経基盤は、ほとんど不明だった。そこで、本研究の視線追跡と機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) を組み合わせた実験では、カラヴァッジョの絵画を見たときの情動の神経相関とその特徴を調べた。

2. 方法

この fMRI 実験には、美術史の専門家 11 名 (美術史専攻の学生, 男性 3 名, 女性 8 名, 20~25 歳) と、美術史初心者 20 名 (その他の専攻, 男性 10 名, 女性 10 名, 18~22 歳) が参加した。カラヴァッジョの絵画 10

点, カラヴァッジョの追従者の絵画 10 点, モンドリアンの絵画 10 点を用意した。各試行において絵画を 25 秒間表示した。試行間には短い間だけ十字を表示した。美術史のシニア研究者 2 人が、各絵画について 3 つの関心領域 (AOI) を定義した (図 1A)。fMRI 実験中、250Hz で動作する MR 対応アイトラッカー (EyeLink 1000) を用いて視線位置を記録した (図 1B)。

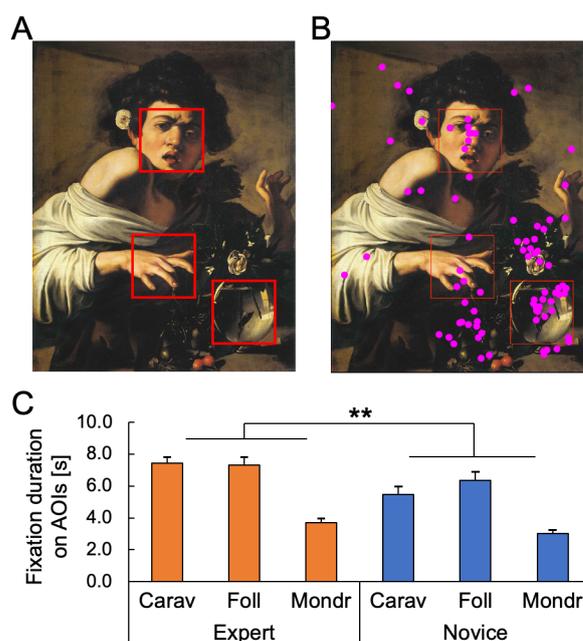


図 1 関心領域の定義と視線追跡の結果。A. “トカゲに噛まれた少年” (©Roberto Longhi Foundation Florence Italy / Bridgeman Images) に赤の四角で示した AOI の例。B. AOI は、実験前に 30 枚の絵画それぞれについて 3 つずつ定義された。B. 自由鑑賞時の専門家の固視記の例。点は鑑賞中の固視位置を示す。細線の四角は AOI を示す。C. 自由鑑賞における AOI の固視時間。専門家は初心者よりも長い時間 AOI を見ていた。また、カラヴァッジョとフォロワーの AOI は、抽象絵画 (モンドリアン) よりも長い時間見られていた。アスタリスクは統計的有意性を示す (** $P < 0.01$)。

MRI データは玉川大学の 3T MRI (Prisma Fit) にて取得した。脳活動を含む機能画像はマルチバンド法[3]を用いて、解像度は等方 3 mm で取得した。画像処理には SPM12 と FSL を用いた。機能画像は、動き補正、歪み補正、座標の標準化、空間平滑化 (8mm)、ハイパスフィルタリング (カットオフ=256 秒) を行った。一般線形モデルの解析では、絵画タイプ (カラヴァッジョ、追従者、モンドリアン) に対する 3 つの回帰子と、6 つの頭の動きの回帰子が設定された。ボクセルレベルとクラスターレベルの閾値を用いて有意な脳活動を調べた (ボクセルレベル $P < 0.001$, クラスターレベル $P < 0.05$ (多重比較補正あり))。

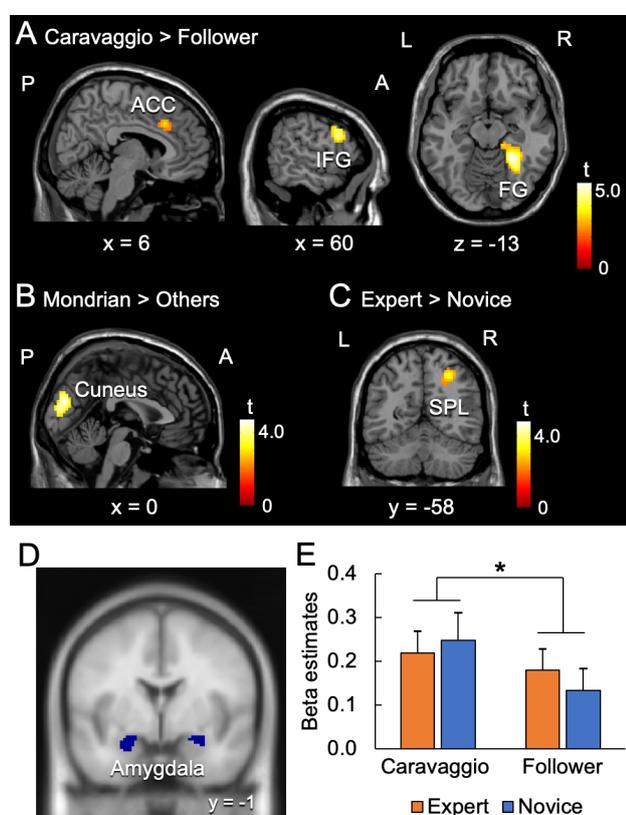


図 2 イメージングの結果。A. カラヴァッジョの絵画を見たときの脳の活性化。ACC, FG, IFG の活性化は、フォロワーの絵画と比較してカラヴァッジョの絵画で高かった。B. モンドリアン絵画を見たときの脳の活性化。C. 専門家と初心者の対比で観察された脳の活性化。D. 冠状断に示された扁桃体の関心領域 (ROI)。E. 扁桃体の活性化。カラヴァッジョの絵画に対する活性は、専門家と初心者ともに追従者の絵画に対する活性よりも有意に高かった。アスタリスクは統計的有意性を示す (* $P < 0.05$)。エラーバーは標準誤差を示す。ACC=前帯状皮質, FG=楔状回, IFG=下前頭回, SPL=上頭頂小葉。

3. 結果

視線追跡の結果、美術史の専門家は初心者よりも AOI を長く見ていた ($F(1,29) = 8.90, P = 0.0057$) (図 1C)。画像解析の結果、カラヴァッジョの絵画を見たときには、前帯状皮質、右楔状回、右下前頭回が、彼の追従者の絵画を見たときと比較して有意に活性化していた (図 2A, 表 1)。先行研究[4]と一致して、モンドリアンの絵画では、カラヴァッジョとその追従者の絵画と比較して、初期視覚野が活性化した (図 2B, 表 1)。カラヴァッジョの絵画を見たときの専門家と初心者の比較では、専門家は初心者に比べて、トップダウンの視覚的注意に関連する上頭頂小葉の活動が高かった (図 2C, 表 1)。扁桃体は一般に情動に関与しているため、参加者がカラヴァッジョとその追従者の絵画を自由に鑑賞しているときの扁桃体の活動を、モンドリアンの絵画を鑑賞しているときの活動と比較した (図 2D)。専門家と初心者で扁桃体活動に有意差がなかったため、両者を合わせて解析を行ったところ、カラヴァッジョの絵画は追従者の絵画に比べて扁桃体をより活性化していた ($t(30) = 2.08, P = 0.046$) (図 2E)。さらに、扁桃体と他の活性化領域 (前帯状皮質、右楔状回、右下前頭回) との機能的結合は、カラヴァッジョの絵画を見たときの方が、他の絵画を見たときよりも有意に低かった (図 3)。

4. 議論

専門家と初心者では絵画を認知的に異なった態度で見ていた一方で、カラヴァッジョの絵画を見ている間は、専門家も初心者も同様に扁桃体が活性化していた。さらに、扁桃体と他の活性化領域との間で活動の非同期が特異的に起こっていた。これらは、カラヴァッジョの絵画を見たときの独特な情動の喚起に関連しているかもしれない。

表1 イメージング結果のまとめ

Contrast	MNI coordinates of the peak (mm)			Voxels
	Regions	x	y	
Caravaggio >				
Follower				
R FG	27	-46	-13	179
R IFG	60	11	26	224
R ACC	6	23	35	200
Mondrian > Others				
Cuneus	0	-82	23	151
Expert > Novice				
R SPL	27	-58	50	115

文献

[1] Osano, S. (2020). Caravaggio. Hokkaido Shimbun Press, Hokkaido.
 [2] Szajnberg, N.M. (2013). Caravaggio Four Centuries Later. Journal of the American Psychoanalytic Association, 61, 311–332.
 [3] Xu, J., Moeller, S., Auerbach, E.J., Strupp, J., Smith, S.M., Feinberg, D.A., Yacoub, E., Ugurbil, K. (2013). Evaluation of slice accelerations using multiband echo planar imaging at 3T. Neuroimage, 83, 991–1001.
 [4] McKeefry, D.J., Zeki, S. (1997). The position and topography of the human colour centre as revealed by functional magnetic resonance imaging. Brain, 120, 2229–42.

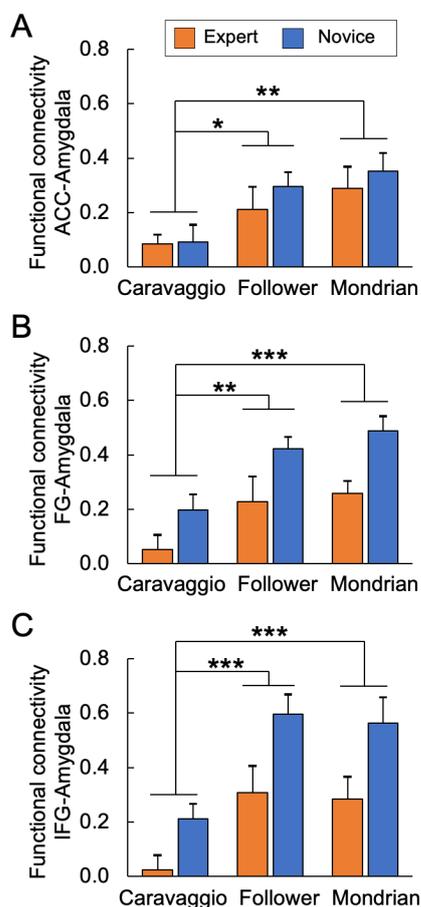


図3 機能的結合解析の結果. **A.** 扁桃体とACCの機能的結合. **B.** 扁桃体とFGとの機能的結合. **C.** 扁桃体とIFGとの機能的結合. すべての機能的結合において、カラヴァッジョの絵画は他の絵画よりも低かった。アスタリスクは統計的有意性を示す (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$)。エラーバーは標準誤差を示す。ACC = 前帯状皮質, FG = 紡錘状回, IFG = 下前頭回。