

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04185

研究課題名(和文) 表情知覚における扁桃体の役割：神経心理学研究および深部脳波計測

研究課題名(英文) The role of the amygdala in emotional expression perception: Neuropsychological and intracranial electroencephalography studies

研究代表者

佐藤 弥 (Sato, Wataru)

京都大学・こころの未来研究センター・特定准教授

研究者番号：50422902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：表情の知覚は、対人相互作用において重要である。しかし、その神経メカニズムは不明である。この問題を調べるため、まず片側扁桃体損傷患者を対象とする神経心理学研究を実施した。被験者は、複数の中性表情の中の、怒り・幸福の通常表情あるいは逆表情を検出した。健常半球が刺激されたときのみ、通常表情の検出が逆表情より速かった。表情の検出において扁桃体が不可欠の役割を果たすことが示唆される。次に、過去の深部脳波データ(顔刺激を観察中の扁桃体と下後頭回のデータ)を動力的因果モデルで解析した。扁桃体と下後頭回の間にはすばやい調整効果が示された。すばやい顔処理のため扁桃体が視覚野と情報交換することが示唆される。

研究成果の概要(英文)：The detection of emotional facial expressions is important in social interaction. However, its neural mechanisms remain unclear. To investigate this issue, we conducted a neuropsychological experiment with unilateral amygdala-damaged patients. Participants detected normal expressions of anger and happiness and their anti-expressions within crowds of neutral expressions. Reaction times were shorter for normal expressions than for anti-expressions when stimuli were presented to the intact, but not lesioned, hemispheres. The results suggest that the amygdala is indispensable in the rapid detection of emotional expressions. Next, we analyzed intracranial electroencephalography data recorded from the amygdala and inferior occipital gyrus during the observation of faces using dynamic causal modeling. Rapid bidirectional modulatory effects were shown between these regions. These results suggest that the amygdala and visual cortices communicate rapidly for the efficient processing of faces.

研究分野：実験心理学

キーワード：表情 扁桃体 知覚

1. 研究開始当初の背景

表情はすばやく効率的に検出される

情動的な表情の知覚は、対人相互作用における最初期段階の重要な過程である。表情を適切に検出することで、その後の精緻な交流を実現できる。この心のはたらきは進化の過程で、捕食動物や食物の情報を他者と共有する、生存に不可欠な役割を果たしたであろう。

申請者は心理学研究により、この情動表情のすばやい検出が、視覚特徴ではなく情動処理に由来することを実証した(Sato & Yoshikawa, 2010: Visual Cognition, 18, 369-388)。この研究では、視覚探索パラダイムを用い、複数の中性表情の中に怒りや幸福といった情動を表す表情、あるいは視覚的には逆表情をターゲットとして呈示し、ターゲット検出の反応時間を計測した(図1)。その結果、情動表情の検出では統制刺激に比べて、反応時間が短いことが示された。さらに、表情検出の反応時間と表情に対する主観情動評定に相関が示され、強い情動が喚起されると反応時間が短縮されることが示された。こうした知見は、表情の情動性が処理されてすばやく効率的な検出が実現されることを示唆する。

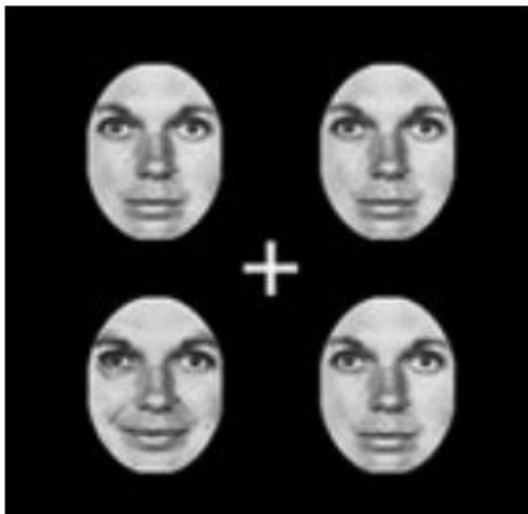


図1. 表情知覚の課題。

扁桃体はすばやく表情を処理する

表情をすばやく処理する神経基盤として、扁桃体が注目される。動物研究から、扁桃体が生物学的価値の高い刺激の検出・反応に関与することが示唆されている。

申請者は、ヒトの扁桃体が情動表情に対してすばやく活動することを、深部脳波を計測して証明した(Sato et al. 2011: Neuropsychologia, 49, 612-617)。脳内に電極が留置されたてんかん患者を対象として、恐怖・幸福・中性の表情を見ている際の深部脳波を計測した。時間周波数解析から、恐怖表情に対して中性表情よりも強いガンマ波活動が、刺激呈示後約 100ms の段階で示された(図2)。こうした結果は、扁桃体がすばやく表情を処理することを示す。

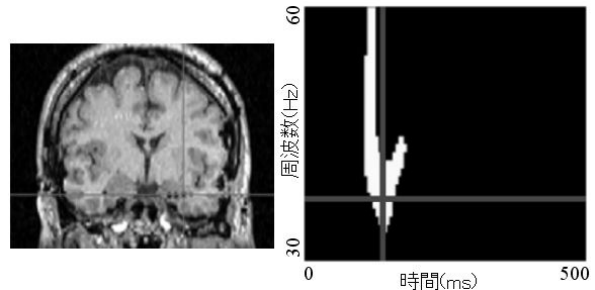


図2. 左) 扁桃体の電極。右) 恐怖表情 > 中性表情の扁桃体活動。

表情検出における扁桃体の役割は不明である

情動表情のすばやく効率的な検出が、どのような神経メカニズムにより実現されるか、不明であった。深部脳波研究の知見は、扁桃体のすばやい活動が、情動表情の検出に関与することを示唆する。しかし、実験心理学的な検討が不足しており、扁桃体が表情知覚に関与するという証拠はなかった。さらに、扁桃体におけるどのような電気生理学的活動(時間、周波数、他部位との機能結合など)がそれを実現するかのもななかった。

2. 研究の目的

本研究では、情動表情のすばやく効率的な検出における扁桃体の役割を明らかにすることを目的とした。先行研究に基づいた我々の仮説は、この過程において扁桃体は不可欠であり、扁桃体における約 100ms のガンマ波活動で表情が分析され、これによる扁桃体から視覚野への後方投射でのガンマ波-シタ波位相振幅異周波数結合(Sato et al. 2014: Cortex, 60, 52-68)により視覚野のガンマ波活動が調整され、表情知覚が実現されるというものであった(図3)。

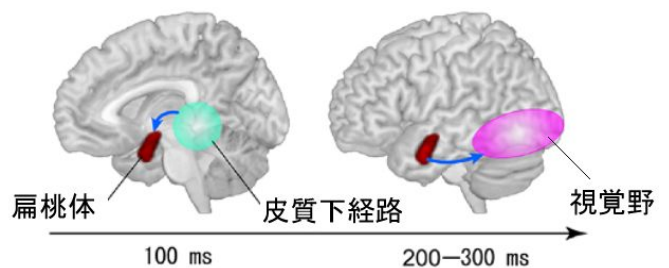


図3. 表情知覚における扁桃体の関与の仮説。

3. 研究の方法

神経心理学研究

扁桃体が表情知覚に不可欠な因果的役割を果たすことを証明するため、神経心理学研究を実施した。

参加者:

片側扁桃体損傷患者 16 名(ただし視野欠損や課題中断により最終的に解析したのは 13 名)、健常群 20 名を対象とした。

刺激:

怒り・幸福の情動を表す情動表情とその逆

表情を、ターゲット刺激として呈示した(図4)。逆表情とは中性表情から同等の視覚的特徴の変化量を有するが、中性的な感情を示す表情刺激である(Sato & Yoshikawa, 2009: Social Behavior and Personality, 37, 491-502)。先行研究は、情動表情の持つ視覚特徴(眉など)が検出を促進させている可能性を示唆するが、逆表情は視覚的变化量を情動表情と同等に有するため、視覚特徴の統制刺激として定義できる。これらを標的刺激とすることにより、検出を早める要因が視覚要因であるか情動要因であるかを検討できた。

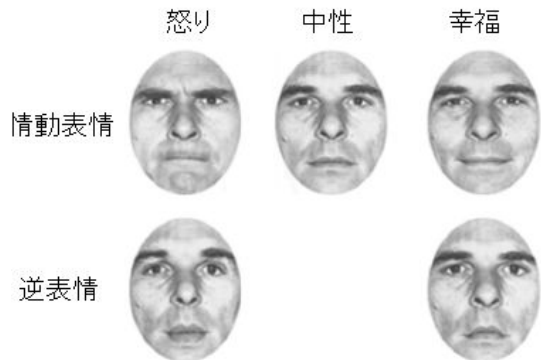


図4. 刺激。

手続き：

課題は視覚探索課題であった(図5)。複数個の中性表情の中に、一つのターゲット刺激(情動表情・逆表情)が存在する試行および存在しない試行を用意し、異なる顔画像の有無を検出するボタン押しの反応時間を計測した。さらに検出課題終了後、各刺激に対する主観情動を情動価・活性度の2次元で評定した。

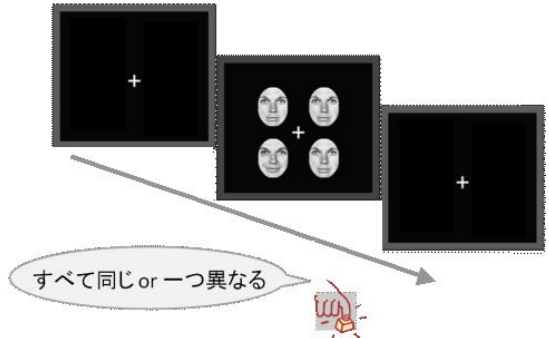


図5. 課題。

深部脳波計測

扁桃体がすばやく効率的な表情知覚を実現する電気生理学的パターンを明らかにするため、深部脳波計測を準備した。以下のような課題を実施する準備を終え、3名の計測の機会を得たが、いずれも臨床的な事情から計測は中止となった。

刺激・手続き：

上と同じ表情検出課題を遂行する。また比較のため、顔を観察中の課題(Sato et al., Journal of Cognitive Neuroscience, 24, 1420-1433)をあわせて実施する。

深部脳波計測：

脳波計にて、扁桃体およびいくつかの新皮質脳部位(下後頭回を含む)の頭蓋内電極の電気活動を計測する。

データ解析：

深部脳波データについて、時間周波数解析し、各ターゲット刺激タイプでの違い、および反応時間・主観情動との対応を検討する。扁桃体と視覚野の機能結合についても、動的因果解析において位相振幅異周波数結合(Sato et al. 2014: Cortex, 60, 52-68)を調べることによって検討する。

深部脳波解析

深部脳波の解析を洗練させるため、過去の深部脳波データ(Sato et al. 2014: Cortex, 60, 52-68)について、動力的因果モデルによる脳領域間結合解析の適用を試みた。

4. 研究成果

神経心理学研究

反応時間における逆表情と通常表情との差分を取り通常表情の検出優位性の指標とした。片側扁桃体損傷患者において、刺激が損傷半球に入力された場合、健常半球に入力された場合に比べて、反応時間差分が小さかった。この結果から、表情の検出において扁桃体が不可欠の役割を果たすことが示唆される。

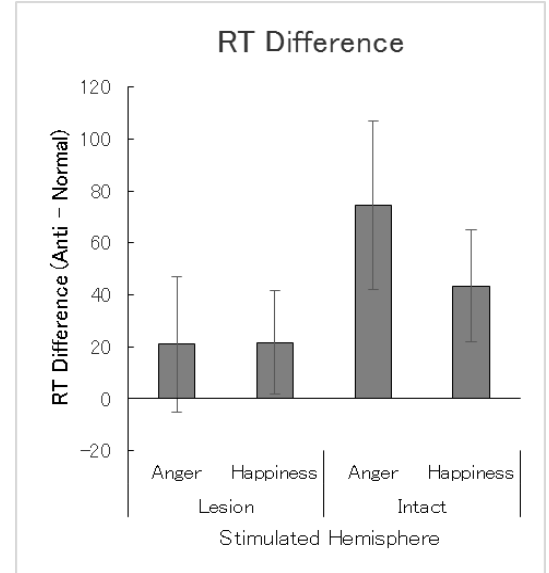


図6. 平均(±標準誤差)反応時間差分スコア。

深部脳波計測

患者の当日の状態により実験を実施することができなかった。深部脳波の計測は、今後の課題としたい。

深部脳波解析

顔刺激を観察中の扁桃体と下後頭回のデータ(図7)を解析した結果、刺激提示後400msのうちに、下後頭回と扁桃体の間に双方向の調整効果が示された(図8)。調整効果の周波

数プロフィールは、同周波数および異周波数結合を示した。こうした結果から、すばやく効率的な顔処理のため、扁桃体が視覚野と様々な振動を用いて双方向にコミュニケーションすることが示唆される。

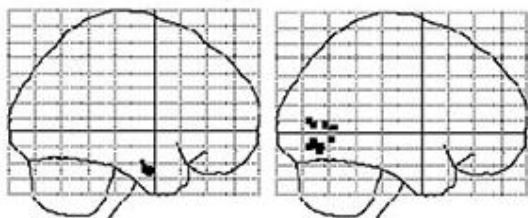


図 7 . 扁桃体と下後頭回の電極 .

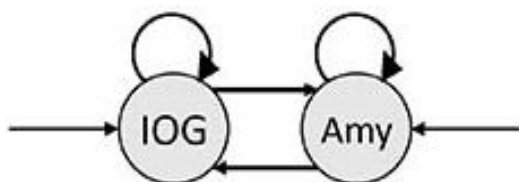


図 8 . 扁桃体と下後頭回との間に示された双方向の調整効果 .

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., Matsuda, K., Usui, K., Usui, N., Inoue, Y., & Toichi, M. (2017). Bidirectional electric communication between the inferior occipital gyrus and the amygdala during face processing. *Human Brain Mapping*, 38, 4511-4524. doi: 10.1002/hbm.23678.

[学会発表](計 0 件)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/3970/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 弥 (SATO, Wataru)

京都大学・こころの未来研究センター・特定准教授

研究者番号 : 5 0 4 2 2 9 0 2

(2)研究分担者

(3)連携研究者

(4)研究協力者