

自分にとって「良いもの」「悪いもの」を評価する神経機序の一端を解明 —様々な情動価に対するサル脳の扁桃核ニューロン応答の分析から—

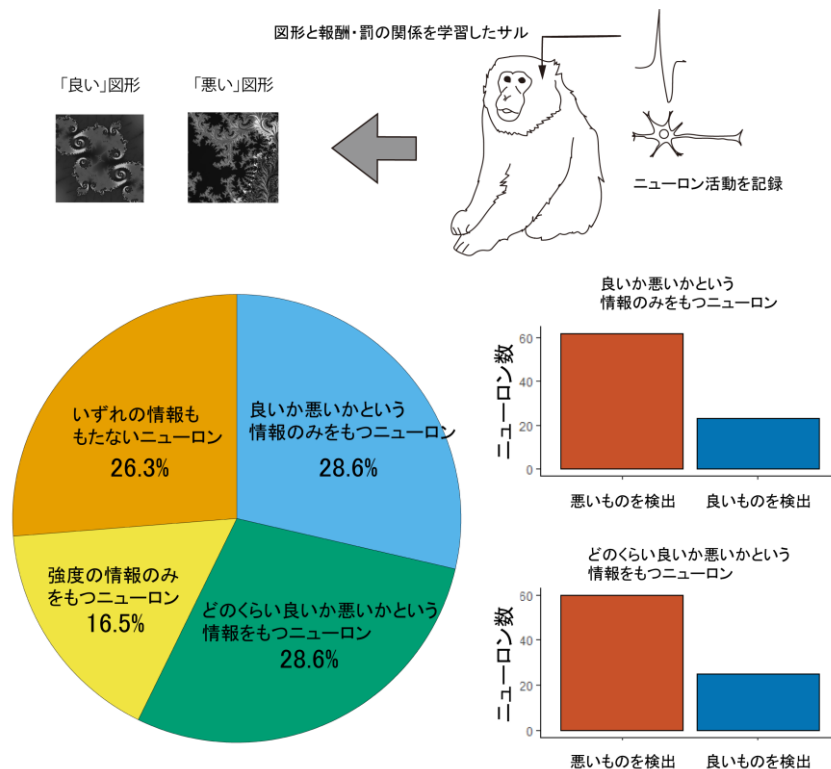
概要

ヒト含めた動物は、嫌なものや敵から遠ざかり、好きなものや仲間には近づきます。そのためには目の前の対象の情動価（良いものか悪いものか、どのくらいの強度か）を正確に素早く評価することが必要です。

京都大学ヒト行動進化研究センター 中村克樹 教授と同大学霊長類研究所 岩沖晴彦 研究員（研究当時、現：量子科学技術研究機構）の研究グループは、脳の扁桃核という場所が情動価の評価に重要な働きをしていることを明らかにしました。

本研究では、さまざまな図形を、良いもの（報酬）あるいは悪いもの（罰）か、またその強度（大・中・小）とを関連させてサルに覚えさせた後で、扁桃核のニューロン（神経細胞）の応答を調べました。すると扁桃核のニューロンの応答は、図形の価値が報酬であるか罰であるかや、その強度（大・中・小）、あるいはこれらの情報の組み合わせを反映していることが明らかになりました。また、扁桃核は罰の情報により鋭敏に応答していることが分かりました。本成果は、脳で情動価をどのように評価しているのかという過程の一端を明らかにしたものです。この結果は、今後、情動障害などによって引き起こされる過剰な情動反応のメカニズムの理解や治療への貢献につながることが期待されます。

本研究成果は、2022年9月6日に、米国の国際学術誌「Journal of Neuroscience」にオンライン掲載されました。



サルに良いものと悪いものを覚えさせ、扁桃核ニューロンの活動を記録した。その結果、報酬もしくは罰の情報のみをもつニューロン、報酬か罰かに加えて強度の情報をもつニューロン、強度の情報のみをもつニューロン、いずれの情報ももたないニューロンなど、扁桃核は様々な方法で情動価を表現していた。また、罰に対して応答するニューロンの数が報酬に対して応答するニューロンの数より多かった。

1. 背景

目の前のものが、自分にとって「悪いもの（嫌なもの、敵や罰など）」なのか、「良いもの（好きなもの、仲間や報酬など）」なのか、そしてそれがどのくらいの強度かという情報(情動価)を判断するで、動物は悪いものは避け、良いものには近づくといった生存にとって必要な行動をとることができます。特に、ヒトやサルなど霊長類では、これらの良いか悪いかという判断の多くを視覚情報に頼っています。そのため、報酬や罰に関連づけた視覚刺激に対する脳の応答を調べることが、情動価の判断の仕組みを理解するためには有効だと考えました。また、これまでの研究では、脳の扁桃核という場所にあるニューロンが、報酬の強度（大きさ）に応じて活動を変えることが報告されていました。しかし、扁桃核を損傷すると、恐怖の表情が理解できなくなったり、サルではヘビに対する恐怖反応が減弱したり、罰に対する行動が変わることが知られています。そのため、扁桃核が罰やその強度に対してどのように応答するのかを調べるのが重要だと考え、本研究を実施しました。

2. 研究手法・成果

本研究では、サルの悪いか良いか（ネガティブかポジティブか）という質的な判断と、どのくらい悪いのか良いのかという強度の判断の両方を同時に調べようとしました。もともとサルが好きでも嫌いでもない、見たことすらないさまざまな図形と罰の大・中・小、あるいは報酬の大・中・小のどれかを関連させてサルに覚えさせました。そして、図形を見ているときのサルの扁桃核にある1つ1つのニューロンが、罰もしくは報酬、そしてそれらの強度に関する情報をもつ図形にどのように応答するのかを調べることで、扁桃核の情動価の評価における役割を調べました。

その結果、サルの扁桃核ニューロンの応答は、これまで知られていた報酬とその強度だけではなく、罰とその強度、さらには報酬や罰と強度を組み合わせた情報も反映していることが初めて明らかになりました。また、報酬よりも罰の情報を反映した応答を示すニューロンの割合が多く、扁桃核は罰をより鋭敏に検出していることが分かりました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究によって、サルの扁桃核が視覚情報の情動価（良いものか悪いものか、そしてどのくらいの強度か）の評価に関わる神経表現の理解が進みました。扁桃核と並んで、情動評価や行動の選択に深く関わると考えられる前頭前野や帯状回や視床下部といった領域との関係を明らかにしていくことで、情動刺激に対する行動の選択の仕組みが明らかになっていくと期待できます。その成果は、反社会的な情動行動の理解や、脳損傷により引き起こされる情動行動の障害の理解や治療へとつながっていくと期待できます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術研究振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A)「情動行動制御における扁桃核一前帯状回ループの役割の解明」(24240060)、研究活動スタート支援「サルを用いた不安によるチェック行動の定量化とその神経メカニズムの解明」(20K22267)、の支援を受けて実施しました。

<研究者のコメント>

私は一貫して情動を生む脳のメカニズムに興味があり、大学院入学以来、いろいろな方法でサルの刺激に対する情動価を定量化しようと試みてきました。サルは言葉がわからないので苦労しましたが、指導教員の中村克樹先生をはじめとする、研究室の方々のアドバイスによって、今回、情動価の定量化に成功しました。本論文は私にとって初めての筆頭論文であり、論文が受理されたときはとても嬉しかったです。(岩沖晴彦)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Neuronal Encoding of Emotional Valence and Intensity in the Monkey Amygdala (サル扁桃核における情動価の評価)

著者：Haruhiko Iwaoki and Katsuki Nakamura (岩沖晴彦・中村克樹)

掲載誌：Journal of Neuroscience DOI：https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0021-22.2022