

【基盤研究(S)】

大区分G



研究課題名 多階層光遺伝学による大脳皮質の認知・学習機構の 解明

東京大学・大学院医学系研究科・教授 おおき けんいち
大木 研一

研究課題番号： 19H05642 研究者番号： 50332622

キーワード： 大脳皮質、視覚野、イメージング、光遺伝学、神経回路、情報処理

【研究の背景・目的】

脳はどのようにして複雑な情報処理を行っているのだろうか？脳はどのようにして学習を通して神経回路を改変し、複雑な機能を獲得しているのだろうか？脳の情報処理の素過程として、個々の神経細胞がどのような情報の入力を受け、それを組み合わせて、複雑な情報を出力しているのかを解明することを第一の目標とする。次に、学習・記憶の素過程として、個々のシナプスに入力する情報がどのように変化するか、シナプス可塑性の学習則をとくに情報の視点から解明し、それがその細胞の機能の変化とどう関係しているのかを解明することを第二の目標とする。この両者を実行するため、光遺伝学を駆使してスパインレベルの機能イメージング法を開発し、個々のシナプスに入力する情報を可視化し、その変化を継続的に観察し、脳の情報処理の素過程と、学習・記憶の素過程をシナプスレベルで解明する。さらに、細胞集団のイメージングと組み合わせて、これらの素過程がネットワーク全体としての学習にどのように寄与しているのかを解明する。最後に、細胞集団を光遺伝学を用いて人工的に活性化し、細胞集団の活動が知覚・学習と因果関係を持つかどうかを検討する。以上、シナプスレベルから全脳レベルにいたる多階層で、脳の認知と学習の素過程から個体レベルでの認知・学習との因果関係を検証し、脳の情報処理と学習則の原理を解明する。

【研究の方法】

- (1)光遺伝学を用いたスパインレベルの機能イメージング法の開発
個々の神経細胞に入力する数千のシナプスについて、どのような情報が入力しているのかを網羅的に調べる方法を開発する。
- (2)脳の情報処理の素過程の解明
深層学習を用いて高次視覚野の神経細胞の非線形で複雑な受容野を系統的に調べる方法を開発し、項目(1)の方法を用いて、高次視覚野の神経細胞が、どのような入力を受け取り、それを組み合わせて物体の形等の複雑な情報を抽出しているのか、その素過程を解明する。
- (3)脳の学習の素過程と学習則の解明
動物が新規図形を学習しているときの高次視覚野の神経細胞の反応性の変化を継時的に観察するとともに、その細胞の個々のスパインに入力する情報の変化を継時的に観察し、シナプスの学習則を情報という新しい視点から明らかにする。

- (4)学習・記憶にともなう細胞集団による情報表現の変化
- (3)で、個々の神経細胞に入力する情報が、学習に伴ってどのように変化するかを解明するが、それがネットワーク全体としての学習にどのように寄与しているのかを解明する。
- (5)全脳での領野レベルでの光抑制の方法の開発、領野内の細胞集団の光活性化
細胞集団の活動と知覚・学習の因果関係を検証するために、光抑制と光活性化の二つの方法を解発する。
- (6)高次視覚野における細胞集団の活動と知覚・学習の因果関係の検証
- (5)で開発した2つの方法を用いて、細胞集団の活動と知覚の因果関係を検証する。

【期待される成果と意義】

高次視覚野の個々の神経細胞がどのような情報の入力を受け、それを組み合わせて、複雑な情報を出力しているのか、さらにシナプス可塑性の学習則が解明される。大脳皮質の情報処理と情報についての学習則の解明は、人工知能の新規アルゴリズム開発にもつながると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Ukita J, Yoshida T, Ohki K. Characterisation of nonlinear receptive fields of visual neurons by convolutional neural network. *Sci Rep.* 2019 Mar 7;9(1):3791.
- Yoshida T, Ohki K. Robust representation of natural images by sparse and variable population of active neurons in visual cortex. *bioRxiv* 300863.

【研究期間と研究経費】

令和元年度－令和5年度
156,200 千円

【ホームページ等】

<https://physiol1.m.u-tokyo.ac.jp/ern24596/>