



大木 研一 教授
Kenichi OHKI

研究分野：神経科学、イメージング、視覚

研究内容：大脳皮質は、外界から情報を受け取り、それを処理することによって、物体など外界の情報を認識していますが、実際にどのような神経回路によって、この情報処理がなされているかについては、依然としてわかっていません。近年、イメージング技術の進歩（2光子励起法）により、生体から数千個の神経細胞の活動を同時に計測することが可能になりました。他にも、神経回路を調べる技術が続々と開発されていて、神経科学の研究は変革期を迎えています。私たちは、これらの最新の手法を使って、哺乳類の視覚野の神経回路が、どのように情報処理を行っているのかを調べようとしています。

1996年 東京大学医学部医学科卒業
2000年 東京大学大学院医学系研究科修了 博士（医学）
2000年 東京大学医学部 助手
2002年 Harvard Medical School, Research Fellow

2008年 Harvard Medical School, Instructor
2010年 九州大学大学院医学研究院 教授
2016年 東京大学大学院医学系研究科 教授

大脳皮質の神経細胞集団による情報表現

大脳皮質と情報表現

私たち人間は、高度に発達した大脳皮質を用いて、外界の情報を詳細に認識し、記憶し、思考し、行動しています。それでは、大脳皮質の神経回路は、どのような動作原理で働いているのでしょうか。外界からの感覚情報は、感覚器官によって捉えられ、いくつかの段階を経て、大脳皮質に到達します。大脳皮質には数十から数百にも及ぶ多数の領野があり、一次感覚野から高次感覚野にいたる複数の領野で、感覚器官からの情報は統合され、たとえば特定の人物の認識が可能になります。このような情報処理を行う上で、感覚情報が大脳皮質の細胞集団にどのように表現されていると、効率的に情報処理を行うことが可能になるのでしょうか。

スパース符号化

脳の消費するエネルギーという点から考えると、外界の情報が、比較的少数の神経細胞の活動で表現されれば効率的です（この表現様式をスパース符号化と呼びます）。私たちが日常見ている視覚世界（自然風景と呼びます）は、網膜全体にわたる非常に多数の神経細胞の活動を引き起こしますが、これが大脳皮質に伝わるまでの間に、比較的少数の細胞で表現可能なように変換されれば、エネルギー的に効率的であると考えられます。このような観点から、自然風景をできるだけ少数の細胞で表現するためには、大脳皮質の細胞はどのような表現を持つべきか、理論的な研究がおこなわれ、実際の大脳皮質の一次視覚野の神経細胞と同様の表現をもつ時に、反応する細胞数が最小になることが示されました。

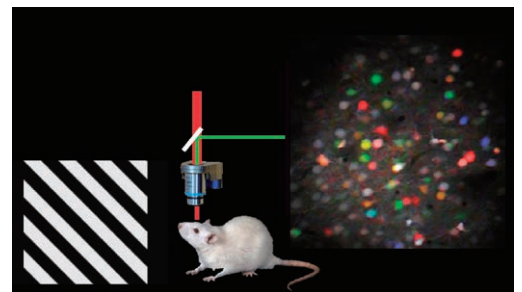
大脳皮質の細胞集団からの情報の読み取り

実際の大脳皮質の一次視覚野の細胞集団でも、自然風景に対して、わずか数%のごく少数の細胞だけが反応することが分かってきました。それでは、このようなごく少数の細胞が、複雑な自然風景を本当に表現することができるのでしょうか。これを検証するため、一次視覚野の数百の細胞集団の活動を計測し、その活動から動物が見ている視覚世界を再構築するという実験を行っています。その結果、数%の非常に少ない数の神経細胞から、動物が見ている風景を再構築できることが分かりました。これらの神経細胞は、お互いに異なる情報を表現していて、それによってごく少数の細胞でも複雑な情報を表現することが可能になっていました。

大脳皮質の動作原理へ

このような少数の細胞による情報表現は、その後の情報処理にも有利である可能性があります。高次視覚野の神経細胞は、一次視覚野のごく少数の神経細胞の情報を読み取るだけで、複雑な風景を認識できることとなります。少数の細胞で表現された情報は、認識・判断・思考・行動等を行う上で扱いやすい情報表現になっていると考えられます。このように、感覚情報の圧縮を行い、少数の細胞で表現することは、大脳皮質の動作原理の一つであると考えられ、エネルギー的に有利であるだけでなく、情報処理の上でも有利であると考えられます。この情報の表現様式は、人工知能の一つである深層学習と類似していて、実際の脳と人工知能が、ある程度共通した動作原理を持っていると考えられます。

図1 2光子イメージングで、大脳皮質視覚野の細胞の活動を見る実験の例。



赤外の超短パルスレーザー（中央の図、赤の線）を使うことにより、大脳皮質の細胞の活動を見ることが出来ます。大脳皮質の神経細胞には、カルシウム感受性色素が導入されているため、活動電位の発生とともに細胞体にカルシウムが流入し、蛍光を発します（中央の図、緑の線）。大脳皮質の視覚野の神経細胞は、特定の傾きをもつ視覚刺激に反応します。左図の斜めの縞模様は、動物に提示された視覚刺激の例です。いろいろな傾きをもつ視覚刺激を提示することによって、各細胞がどの傾きに一番よく反応するか調べることが出来ます。右の図は、視覚野の表面から約0.3mmの深さに焦点をあわせ2光子イメージングで撮像した図で、0.3×0.3mmの範囲に約100個の細胞が見えています。この図では、各細胞を一番良く反応した傾きの方位ごとに色分けして表示してあります。例えば、緑の細胞が縦向き、赤の細胞が横向きに最も良く反応したことを示しています。