

昆虫の嗅覚中枢には並列的な情報処理経路がある

ポイント

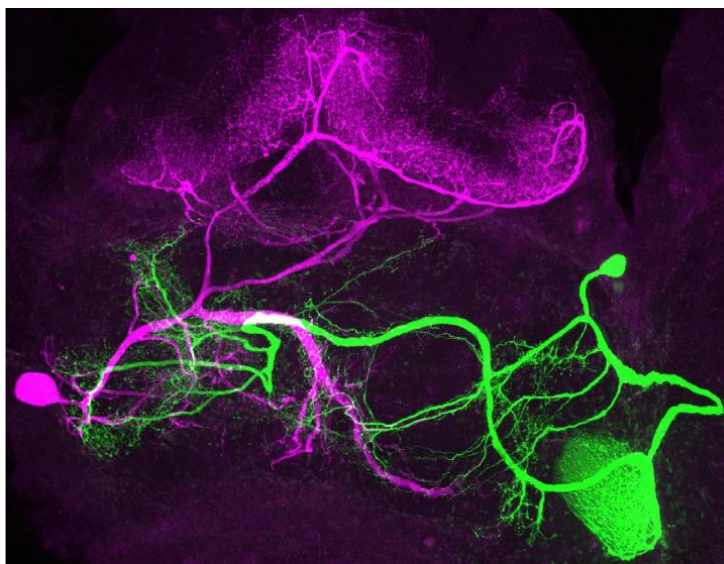
- ・ワモンゴキブリの抑制性ニューロンがキノコ体のフィードバック経路を担うことを解明。
- ・フィードバック経路には2つの並列した経路があり、2つの経路の間で相互作用があることを解明。
- ・動物の嗅覚情報処理系の基本構成についての理解に大きく貢献。

概要

北海道大学大学院生命科学院博士後期課程(当時)の高橋直美氏、電子科学研究所の西野浩史助教、大学院理学研究院の水波 誠教授らの研究グループは、昆虫(ワモンゴキブリ)の脳の高次嗅覚中枢(キノコ体*¹)に投射する抑制性ニューロンに着目し、それらがキノコ体出力ニューロンからシナプス*²を受けて、キノコ体出力ニューロンの匂い応答の強度を適正なレベルに調節するフィードバック経路を担っていることを突き止めました。さらに、キノコ体のフィードバック経路には、匂い受容ニューロンのタイプの違いに由来する2つの並列的な経路があること、また2つの並列経路の間に相互作用があることを見出しました。

この発見は、動物の嗅覚系において、受容ニューロンから高次中枢に至るまで一貫した並列的な情報処理経路が保たれていることを初めて明らかにしたもので、ヒトなどの哺乳類の脳がもつ嗅覚情報処理系の基本構成の理解にも示唆を与える重要な成果と言えます。

なお、本研究成果は、2019年9月23日(月)公開のThe Journal of Neuroscience 誌に掲載されました。



ワモンゴキブリの脳の高次嗅覚中枢(キノコ体)に投射する抑制性ニューロン(紫)とキノコ体出力ニューロン(緑)の同時染色像。抑制性ニューロンはキノコ体出力ニューロンからシナプスを受け、出力ニューロンの匂い応答の強度を適正な範囲に保つフィードバックの役割を果たす。

※関連動画：<https://www.youtube.com/watch?v=Zl4zBE9boOk>

【背景】

人間には無数の種類の匂いを識別し記憶する能力があり、多くの動物も同様な能力を持っていますが、そのしくみはどのようになっているのでしょうか？ 昆虫は嗅覚がよく発達しており、動物の匂い情報処理のしくみを調べる研究材料として用いられています。昆虫の匂い受容ニューロンは触角にあり、受容ニューロンで受容された匂い情報は脳の触角葉（一次嗅覚中枢）で処理された後、高次中枢（キノコ体）に伝えられます。ワモンゴキブリでは、触角の受容ニューロンは応答様式の異なる2つのタイプに分けられ、異なるタイプの受容ニューロンの軸索は触角葉の異なる領域に投射します。また、2つのタイプの受容ニューロンに由来する情報は、さらにキノコ体の別々の領域に伝えられますが、キノコ体でそれらの匂いがどのように処理されるかはわかっていませんでした。

【研究手法】

研究グループは、ワモンゴキブリの脳のキノコ体に投射する4本の抑制性ニューロンに着目し、それらのニューロンとキノコ体の出力ニューロンの活動を微小電極を用いて同時に記録し、ニューロン間のシナプス接続について調べました。また、記録後にニューロンに色素を注入し、ニューロンの枝に接触があるかを確認しました（1ページ目図）。

【研究成果】

本研究により、キノコ体に投射する抑制性ニューロンがキノコ体出力ニューロンからシナプスを受け、また、この抑制性ニューロンがキノコ体出力ニューロンの匂い応答の強度を調節するフィードバック経路を担っていることがわかりました。さらに、キノコ体のフィードバック経路には、匂い受容ニューロンのタイプの違いに由来する2つの並列的な経路があること、また2つの並列経路の間には相互作用があることがわかりました。これは、動物の嗅覚系において受容ニューロンから高次中枢に至るまで一貫して並列的な情報処理経路が保たれていることを初めて明らかにした研究で、ヒトなどの哺乳類がもつ脳の嗅覚情報処理系の基本構築の理解にもヒントを与える研究成果と言えます。

【今後への期待】

今後は、ワモンゴキブリのキノコ体における並列経路及び並列経路間の相互作用にどのような機能的な意味があるかの解明が待たれます。さらに、ヒトなどの哺乳類がもつ脳の嗅覚情報処理系においても同様な並列的な経路があるのかについて、今後の研究が待たれます。

論文情報

論文名	Separate but interactive parallel olfactory processing streams governed by different types of GABAergic feedback neurons in the mushroom body of a basal insect（昆虫キノコ体の異なるタイプのGABA作動性フィードバックニューロンによる並列嗅覚情報処理）
著者名	高橋直美 ¹ ，西野浩史 ² ，堂前 愛 ² ，水波 誠 ³ （ ¹ 北海道大学大学院生命科学院（当時）， ² 北海道大学電子科学研究所， ³ 北海道大学大学院理学研究院）
雑誌名	The Journal of Neuroscience（神経科学の専門誌）
DOI	10.1523/JNEUROSCI.0088-19.2019
公表日	2019年9月23日（月）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 教授 水波 誠（みずなみまこと）

T E L 011-706-3446 F A X 011-706-3446 メール mizunami@sci.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.sci.hokudai.ac.jp/~mizunami/MICROB~2/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【用語解説】

- *1 キノコ体 … 昆虫の脳にある2次嗅覚中枢。匂いと味や視覚などの感覚情報を統合し記憶する連合記憶中枢としても働く。ゴキブリのような夜行性昆虫やミツバチのような社会性昆虫で特に発達している。

- *2 シナプス … 神経細胞（ニューロン）の間に形成される，信号伝達のための接合部。シナプスにおいては，信号の出し手の細胞が神経伝達物質を分泌し，信号の受け手の細胞の受容体にそれが結合することによって信号の伝達が行われる。