



東北大学

報道機関各位

平成 27 年 3 月 5 日
東北大学大学院生命科学研究科

雄同士の求愛は遺伝的素因と社会環境の影響で起きる —ショウジョウバエでの研究成果—

ショウジョウバエでは、*fruitless**¹ という遺伝子 1 個が働かなくなるだけで、雄が雌に求愛しなくなり、雄に求愛するようになります。これは、同性愛形質が遺伝的に決まる証拠と見なされてきました。

しかし最近、東北大学大学院生命科学研究科の山元大輔教授と古波津創研究員は、*fruitless* 変異体を隔離し単独で育てると、同性への求愛が抑制されることを見い出しました。さらに、視覚映像を雄バエに見せ、それに求愛させるバーチャルリアリティー実験に成功しました。

野生型の雄バエでは、あらかじめ雌の体を触ってフェロモンを感じるか、脳中枢を人工的に興奮しやすくなるよう操作すると、ディスプレイ上の動く光点に対して求愛するようになりました。一方、集団生活をした *fruitless* 変異体の雄は、フェロモンもなく脳の刺激もない状態で、動く光点に求愛するのです。実際、集団生活をした *fruitless* 変異体の脳の細胞は、野生型や単独生活の *fruitless* 変異体のそれとは違い、動く光点に興奮反応を示します。つまり、*fruitless* 遺伝子が働かない状態では脳の特定の細胞が集団生活によって視覚刺激に過敏になり、相手かまわず求愛するように変化することを示唆しています。遺伝的素因と社会経験が協調して脳の働きを制御することを明快に示した研究です。

本研究成果は、英国のオンライン科学誌『ネイチャーコミュニケーションズ』 (*Nature Communications*) 3 月 6 日号に発表されます。

【背景】

異性に求愛し番うことは、有性生殖をする動物にとって種の存続の土台である一方、同性へ求愛する者も、ヒトを含めた様々な動物に少なくありません。異性に求愛するか同性に求愛するかという性指向性が、遺伝的に決定されているのかそれとも環境によって決まるのかについては、決着を見ることなく論争が続いて来ました。ショウジョウバエには遺伝子の変異によって雄が同性愛行動をするようになった系統、*satori* (サトリ) が存在します。今回、その遺伝的同性愛系統が、実は社会経験によって同性愛行動をとるようになることをバーチャルリアリティー実験系により立証し、性指向性の成因を巡る“氏か育ちか”の論争に一石を投じました。

【研究成果】

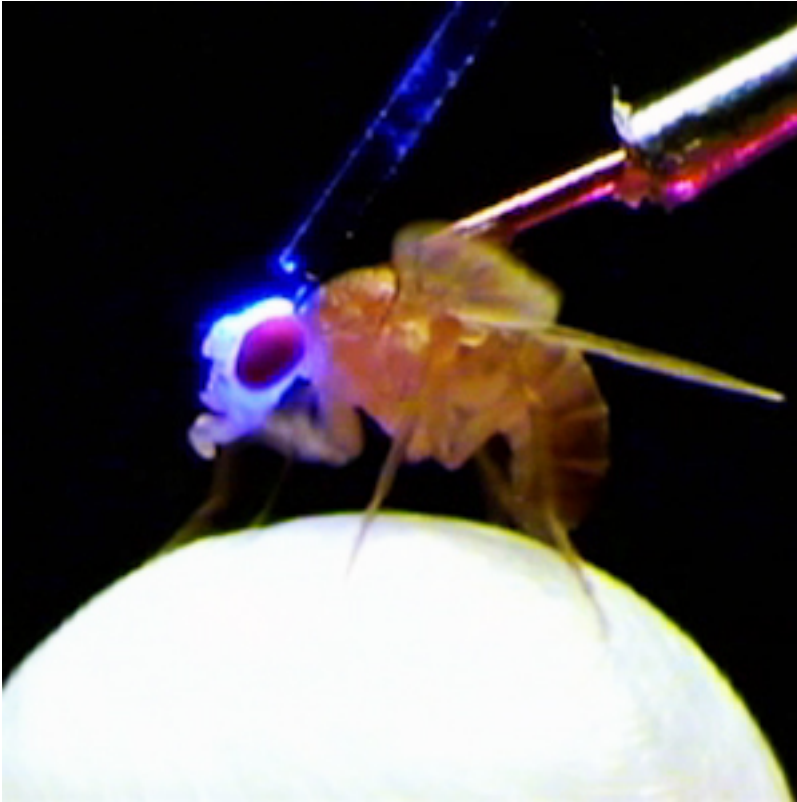
雄が同性愛行動を示すショウジョウバエの系統、*satori* は、*fruitless* と呼ばれる遺伝子の機能が損なわれた突然変異体です。*fruitless* 遺伝子は、脳神経系を雌雄で違ったものに組み立てます。その結果、雌雄はそれぞれに特有の行動をとることになります。雄の求愛行動を開始させるのは、脳半球あたり 20 個存在する雄特有の“P1 神経細胞”です。雄の眼前で雌を左右に動かしても野生型の雄は求愛せず、雌に触ってフェロモンを感知して初めて、動く雌を追い掛けて求愛するようになります*²。フェロモンは求愛開始のスイッチを入れ、動く雌の姿が求愛を維持するのです。今回、P1 神経細胞を人為的に興奮しやすい状態*³にしたところ、野生型の雄は雌に触ることなしに、動く雌を見ただけで求愛しました。P1 神経細胞を直接刺激することでフェロモンを代用できるわけです。こうして一度スイッチが入れば、ディスプレイ上の動く光点に対してさえ、野生型の雄が求愛します。これに対し *satori* 変異体の雄は、フェロモンもなく脳の刺激もない状態で、ディスプレイ上の光点に対して求愛をしました。ところが、*satori* の雄を成虫になってすぐ隔離した場合には、この無差別的な求愛は影をひそめたのです。別の実験で、*satori* 変異体の雄の同性に対する求愛も、隔離によって抑制されることが判明しました。脳の活動を記録しつつ*⁴ 雄バエに動く光点を見せると、数日間集団生活をおくった *satori* ではこの視覚刺激に反応して P1 を含む神経細胞が興奮を示しました。野生型の雄、隔離した *satori* の雄では、神経細胞が光点に反応することはありません。こうした結果を総合すると、*satori* 変異体では集団生活の経験によって神経細胞が視覚的に過剰に反応するようになり、動く標的が雄であっても求愛するものと考えられます。野生型ではこの過剰な反応を抑え込む仕組みが働くのでしょうか。こうして、*satori* 変異体の同性愛行動は、遺伝的素因と環境要因とが相互に作用しあい、特定の神経細胞の性質を変化させた結果、惹き起こされることがわかったのです。

【今後の展開】

satori 変異体の雄が、集団で暮らすことによってどのような刺激を受け取り、同性への求愛傾向を発達させるのか、野生型の雄が集団で暮らしてもその影響を受けない仕組みは何なのか、そして、初期体験の影響がその後長きにわたって持続するのはなぜか、こうした疑問に答えることは、ヒトを含めた動物の社会性発達を理解することに大きく貢献するものと期待されます。

※本成果は、山元大輔教授を研究代表者とする文部科学省・基盤研究(S)、同・新学術領域研究、および公益財団法人武田科学振興財団研究助成によるものです。

【図及び説明】



トレッドミル上のショウジョウバエ雄に励起光を当てて脳の神経細胞を刺激し、同時にディスプレイ上の動く光点を見せると、求愛行動を開始する。

【用語説明】

*¹ *fruitless* 遺伝子： *fruitless* 遺伝子は、雄の脳神経系だけで働き、全部でおよそ 10 万個ある神経細胞のうちの約 2000 個に、雄の性質を賦与するタンパク質、Fruitless を作り出します。こうして *fruitless* 遺伝子は、細胞の性を決める働きを持つもう一つの遺伝子、*doublesex* と共に、脳神経系を雌雄で違ったものに組み立てます。結果として異なる回路を持つに至った雌雄は、それぞれの性に特有の行動をとることになります。

*² 行動実験の方法：本研究では、すべての条件をきちんとコントロールするために、雄を背中でワイヤーに固定し、発泡スチロールの球を持たせる手法をとっています。このトレッドミルシステムに置かれた雄は、自身は自由に歩いているつもりですが、実は定位置で球を回しています。そのため、与える刺激を厳密にコントロールしつつ、行動と脳の活動を正確に記録することができます。

*³ 神経細胞を興奮しやすい状態にする方法：緑藻類の眼点で働く光感受性陽イオンチャンネルであるチャンネルロドプシンを利用します。チャンネルロドプシンに特定の波長の光を当てるとそれを持つ細胞に陽イオンが流れ込み、細胞の興奮性が高まるという性質を利用します。今回の実験では、P1 神経細胞やその仲間の細胞にこのタンパク質を持たせ、光を当ててそれらの興奮性を高めました。

*⁴ 神経細胞の活動を記録する方法：神経細胞が興奮すると、細胞の中の Ca^{2+} イオンの濃度が急上昇します。そのため、 Ca^{2+} 濃度の上昇を測定することによって、細胞の興奮状態を知ることが可能になります。 Ca^{2+} の濃度が高まるとより強い蛍光を発するタンパク質、G-CaMP を神経細胞に持たせることによって、その蛍光の変化に基づき細胞内の Ca^{2+} 濃度の変化を捉える方法を本研究では用いています。

【論文題目】

Soh Kohatsu and Daisuke Yamamoto (2015) Visually induced initiation of *Drosophila* innate courtship-like following pursuit is mediated by central excitatory state. *Nature Communications*, in press.

「視覚刺激に対するショウジョウバエの求愛行動は、中枢神経の興奮の高まりに依存して解発される」

(お問い合わせ先)

東北大学大学院生命科学研究科

教授 山元 大輔 (やまもと だいすけ)

電話番号： 022-217-6218

Eメール： daichan@m.tohoku.ac.jp

(報道担当)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

担当：高橋 さやか (たかはし さやか)

電話番号： 022-217-6193

ファックス： 022-217-5704

Eメール： lifsci-pr@ige.tohoku.ac.jp