

どんな習慣ができるかを決める2つの神経回路を発見

— 強迫症などの理解へ前進 —

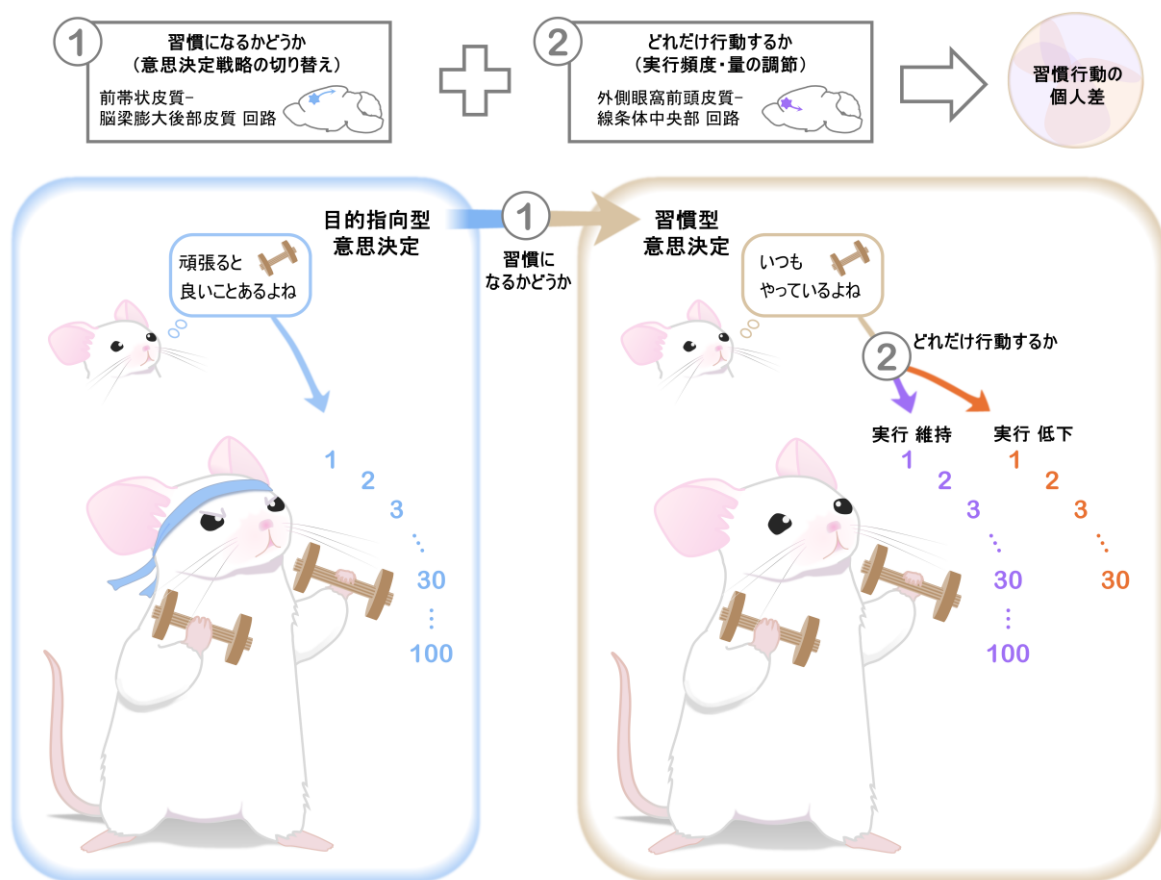
概要

運動や掃除など、「やったほうがいいとは分かっているけれど面倒なこと」を続ける方法として、その行動を習慣にすること（習慣化）が注目されています。習慣化には「同じ行動を何度も繰り返すこと」が大切ですが、意外にも、「繰り返した行動がそのまま同じ形で習慣になる」のかどうかは分かっていませんでした。

京都大学大学院医学研究科 浅岡 希美 助教、Adachi Pagano Diane 博士課程学生、林 康紀 教授の研究グループは、マウスに対して私たちヒトのような習慣行動を引き起こすことに成功し、そのとき何が起きているかを調べました。その結果、「行動が習慣になるかどうか(図中①)」と、「習慣になったあとどれくらい行動するか(頻度や量; 図中②)」は、脳内の別々の神経回路によって決定されていることが分かりました。実際、「頻度や量」を決める神経回路の働きが弱いマウスは、行動を習慣化することはできても、習慣化した行動の頻度や量に関しては元の行動より少なくなっていました。

この結果は、「行動を繰り返せば、その行動はそのまま習慣となる」といったこれまでの考え方よりも、複雑なメカニズムで習慣が作られていることを示しています。この発見は、「頻度や量」を決める神経回路を選んで働きを変化させることで、強迫症などでみられる病的な習慣行動がどのように生まれるかを理解し、その制御法の開発につながる可能性があります。本研究成果は、2026年7月27日午前10時（ロンドン時間）に国際学術誌「Nature Communications」にオンライン掲載されました。

《どんな習慣ができるか、を決める2つの神経回路》



作成：浅岡 希美

1. 背景

習慣は、有益な行動を長続きさせるために重要ですが、行動が習慣となる（習慣化）メカニズムには、今も解明されていないことが多くあります。例えば、「同じ行動を何度も繰り返すこと」は習慣化に必要な条件と考えられていますが、意外にも、「繰り返した行動がそのまま同じ形で習慣になるのか」は分かっていません。

私たちは多くの場合、「行動をすることでどんな利益があるか」を考えて行動を選ぶ、目的指向型の意思決定戦略（*1）で行動を身に着けます。一方で、同じ行動を繰り返すことで、「いつもと同じ」行動を選ぶ、習慣的な戦略をとるようになります。この移り変わりが習慣化です。これまでの多くの研究では目的指向型と習慣型の被験者間の比較をすることで、習慣化に関係する神経メカニズムが調査されてきました。しかし、通常、習慣化には長期間にわたって行動を継続することが必要なため、同じ被験者で習慣化前後の行動や神経機能を比較することは困難でした。

そこで、本研究では、マウスを用いて習慣化を短期間で完了させるトレーニングの開発をきっかけに、「どんな習慣ができるか」を決める神経メカニズムを明らかにすることを目指しました。

2. 研究手法・成果

私たちが習慣を身に着けると同じように、マウスにも、初めは目的指向型の戦略を使うようにトレーニングし、次に習慣型の戦略をとりやすくするトレーニングを4日間おこないました。どちらのトレーニングでも、マウスはレバーを押すことで報酬として砂糖水をもらえます。最初のトレーニングではレバーを合計何回押したか、で報酬がもらえるかどうかが決まるのに対して、次のトレーニングでは、前に報酬をもらってから特定の時間が経つまでは何回レバーを押しても報酬がもらえない代わりに、特定の時間が経った後はたった1回のレバー押しでも報酬がもらえるようにします。このように、ルールの異なる2つのトレーニングをする「二段階トレーニング法」によって、1つ目のトレーニングでは目的指向型、2つ目のトレーニング終了時点では習慣型といったように、目的指向型から習慣型への移り変わりを評価できるようになりました。

この「二段階トレーニング法」を利用して、多くのマウスの習慣化の過程を追跡したところ、習慣型の戦略をとるマウスの中でも、トレーニングをこなす量（実行量）は個体差があることがわかってきました。具体的には、目的指向型の戦略の時と同じ実行量を維持する個体と、実行量が低下してしまう個体が出現しました（図1）。実行量を「維持」する個体と「低下」する個体は、どちらも習慣型の戦略を身に着けること自体は成功していたことから、「行動が習慣化するかどうか」と、「習慣化前と同じだけの頻度や量で行動するか」は脳内では別々に決められている可能性が示されました。

そこで、「行動が習慣化するかどうか」と、「習慣化前と同じだけの頻度や量で行動するか」はどの神経回路が決められているのか、を探索しました。この時に着目したのは、習慣化には時間がかかる、ということです。習慣化が起きるには、「二段階トレーニング法」を利用しても4日間のトレーニングが必要です。そこで、この数日間のトレーニング経験が神経回路に蓄積し、長期的に神経接続（シナプス）の強さを変える、「可塑的」な変化（*2）が誘導されていると推測しました。この仮説を調べるために、報酬の評価や行動のコントロールに重要な前頭皮質の様々な領域の神経細胞で、トレーニングによる可塑的な変化が起こっているかどうかを調べました。「行動が習慣化するかどうか」や、「習慣化前と同じだけの頻度や量で行動するか」といったマウスの行動上の違いに対応して可塑的な変化を起こす領域を調べたところ、次のような神経回路の変化を見つけることができました。

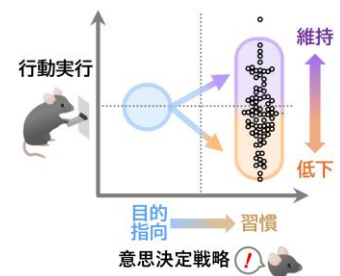


図1 習慣化が起こったときに実行量を「維持」するか「低下」するかには個体差が存在する
「二段階トレーニング法」により、マウスの意思決定戦略を目的指向型から習慣型へ移行させる（左⇒右）と、行動の実行量を維持する個体から低下する個体（上⇔下）まで、様々な変化（個体差）が観察された。

- 「行動が習慣化するかどうか」は前帯状皮質(ACC)から、^{のうりょう}脳梁膨大後部皮質(RSC)に投射する神経細胞 (ACC→RSC 神経) が関与
目的指向型の戦略をとるマウスの ACC→RSC 神経ではシナプス機能が長期的に強まる (LTP) 現象が起こるのに対し、習慣型の戦略をとるマウスの ACC→RSC 神経のシナプス機能が弱まる。
- 「習慣化前と同じだけの頻度や量で行動するか」は外側眼窩前頭皮質(LOFC)から、線条体中央部(CS)に投射する神経細胞 (LOFC→CS 神経) が関与
LOFC→CS 神経のシナプス機能が長期的に強まっている (LTP) マウスでは習慣化後も、習慣化前の実行量を維持できるが、LOFC→CS 神経のシナプス機能が弱いマウスでは実行量が低下する。

さらに、こうしたシナプス機能の変化を人為的に抑制したり、反対に神経活動を人為的に強めたりするような実験 (*3) をすると、マウスの習慣化の促進/抑制や実行量の減少/増加を引き起こすことができました。こうした結果から、「行動が習慣化するかどうか、は ACC→RSC 神経」、「習慣化前と同じだけの頻度や量で行動するか、は LOFC→CS 神経」という、2 種類の神経回路の働きによって、どんな習慣ができるかがコントロールされているということが明らかになりました (図 2)。

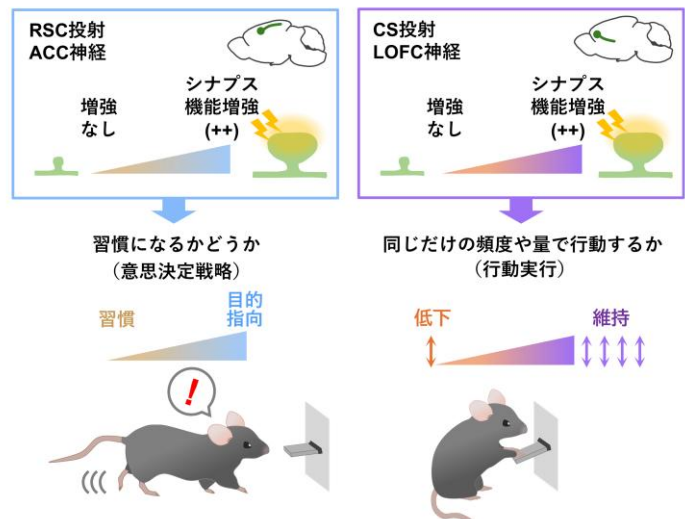


図2 本研究結果のまとめ

3. 波及効果、今後の予定

本研究は、今まで解明されていなかった「習慣はどのようにできるのか」という疑問を神経科学的に解明する第一歩となります。今回発見した「実行量を維持するかどうか」の個体差は、日常的な習慣において、その習慣の有益性を左右する要素と考えられます。さらに、今回の成果は、強迫症などの精神疾患で見られる、習慣的に特定の行動を過剰に繰り返してしまう症状に対して、原因や治療法の研究に結びつくことが期待できます。今後は、この「実行量」の個体差を生む要因について、さらなる研究を行っていく予定です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、文部科学省科学研究費補助金 (JP22K15291, JP25K02556, JP18H05434, JP22H04981, JP22K21353)、AMED 脳神経科学統合プログラム (JP24wm0625507)、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST (JPMJCR20E4)、HFSP Research Grant (RGP0022/2013)、上原記念生命科学財団、小林財団、武田科学振興財団、アステラス病態代謝研究会、内藤記念科学振興財団、光科学技術研究振興財団、ノバルティス科学振興財団の助成を受けて実施されました。

<用語解説>

*1 目的指向型/習慣型の意思決定戦略：何をするかを決めることを意思決定と呼びます。意思決定の時にどういった情報を基に決めるか、どういう特徴を持っているか、で目的指向型と習慣型の戦略に分類されます。目的指向型の意思決定戦略は、「ある行動をすると、どういった結果が期待できるか」「得られる結果は、今の自分にとって重要かどうか」を考えて、どう行動するかを決める戦略です。期待される結果が望ましいときは、

積極的にその行動を選びますが、いわゆる「三日坊主」など、モチベーションの低下に弱い側面があります。一方で習慣型の意思決定戦略では、「これまでに同じ状況でどんな行動をしたか」という経験をもとに行動を決めます。目的指向型戦略のように、色々な選択肢を比較したり、モチベーションに左右されたりすることが少ないため、どのようなコンディションでも安定して同じ行動を選ぶことができると考えられています。

*2 シナプスの可塑的な変化：神経細胞同士が情報を伝達する接続点のことをシナプスと呼びます。シナプスでの情報伝達の効率は一定ではなく、様々な要因で情報伝達機能が強まったり弱まったりします。その変化した状態を一定期間維持することを可塑的な変化と呼びます。代表的なシナプスの可塑的な変化として、情報伝達の機能が長期間、持続して強化される現象、シナプス長期増強（Long-Term Potentiation; LTP）が知られています。LTP は記憶や行動学習などに重要な役割を果たすことがわかっています。

*3 神経活動やシナプスの機能を変化させる実験：変化を起こしたい神経細胞集団にだけ、特殊な人工タンパク質を作らせることで、その神経細胞の機能だけを、狙ったタイミングで変化させることができます。今回の研究では起こしたい変化に合わせて、以下のように利用するタンパク質を使い分けました。

神経活動を操作するためには、人工の受容体タンパク質を利用しました。この受容体はクロザピン-N-オキシド（CNO）という薬品に反応して、受容体を持つ神経細胞の活動を高めたり、弱めたりすることができます。実験の前にマウスに CNO を与えることで、狙った神経細胞の活動が高い/低い状態での行動を調べることができます。

シナプスの機能（長期増強現象：LTP）を抑える実験には、LTP が起きるときに必要なタンパク質であるコフィリンと光に反応するタンパク質であるスーパーノバというタンパク質を結合させた人工タンパク質を利用しました。トレーニングの後に目的の神経細胞に光を当てることで、スーパーノバが反応し、コフィリンの働きを止めてしまいます。これによって、狙った神経細胞だけで、トレーニングによって引き起こされた LTP を抑えることができます。

<研究者のコメント>

習慣には自分の行動なのに自分でうまくコントロールできない不思議さがあります。今回の研究は、その不思議さに向き合い、「習慣って何だろう」と常に考えながら手探りで進めてきました。今後は、今回の成果をもとに、通常の習慣と病的な習慣の違いなどへと研究内容を発展させ、社会に還元できる発見ができるように努力していきます。（浅岡 希美）

<論文タイトルと著者>

タイトル：Dissociable roles of prefrontal plasticity in decision making strategy and execution of habitual behavior（意思決定戦略と習慣行動の実行における前頭前皮質可塑性が果たす異なる役割）

著 者：Nozomi Asaoka*, Diane Pagano and Yasunori Hayashi*（*責任著者）

掲 載 誌：Nature Communications DOI：10.1038/s41467-026-75706-1