

Elucidating the mechanisms of fast learning

研究代表者	国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・チームリーダー	
	McHugh Thomas (まっくひゅー とーます)	研究者番号:50553731
研究課題 情報	課題番号: 23H05478 キーワード: 記憶、知識、スキーマ、学習速度	研究期間: 2023年度～2027年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

● 研究の全体像

ここ10年の間に実験的な神経科学は、哺乳類の脳における「記憶」に必要な回路を解明することに関して著しく躍進した。エピソード記憶に関する海馬の典型的な回路や、それを調節する海馬の非典型的な他の部位との接続も、そのように研究されてきたものの一つである。事前に備わっている知識が新しい学習の速度と効率に影響を与えることはよく知られているが、ほとんどの動物実験では過去の経験と切り離された学習が研究されており、過去の遅い学習と現在における速い学習の関係は明らかになっていない。そこでこの研究では最新の遺伝学、脳活動記録法、行動実験、解析とモデリングを用いて、海馬にまつわる非典型的な回路がどのようにして異なる経験を統合し、素早く規則性を見出すのかを明らかにすることを目標としている。特に4つのトピックに焦点を当てる予定である（図1）：記憶スキーマ（体系化された記憶）の形成、関連する記憶の統合による推論と学習、長期記憶を保存するのに必要な回路群の連携、高速学習を可能にする脳波。

このような機能を可能にする回路とメカニズムを解明することは、私たちの脳がどのようにして知識を蓄え使うのか、そして何よりそれはどうすれば改善できるのかを理解する手がかりになるだろう。

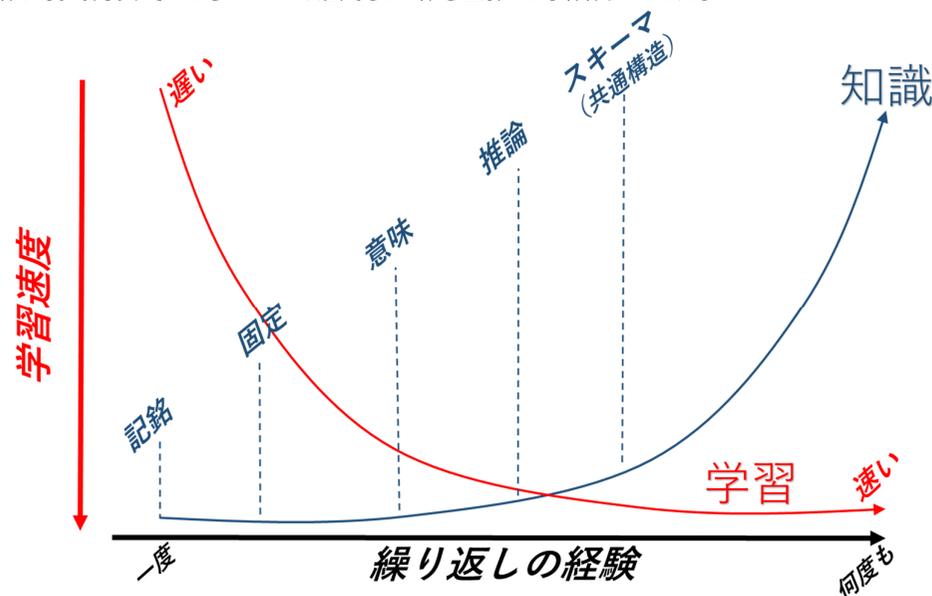


図 1. 私たちの脳は、繰り返しの経験を通じて、より抽象的な知識を構築し、新たな学習を高速化する。しかしこれらのプロセスの基礎となる回路とメカニズムはほとんど解明されていない。この研究の目標は一度きりの経験の記録にはじまり、経験を積み重ねることによって起こる記憶の固定化、関連する経験に基づいた結果の推測、最終的には速い学習の基礎となる記憶スキーマの構築に至るまで、学習速度に影響を与える新しい回路とプロセスを明らかにすることである。

研究で使われる様々な手法の技術的な発展に伴って、複雑で抽象的な記憶のプロセスの基盤となる回路を解明することが可能になった。私たちはこれまでの研究成果を土台に、最新鋭の技術と新たな課題を設定し、最先端の研究を続けていく。この研究は個別のエピソードの学習の解明を超えて、複数の経験にわたる学習や過去の知識を活かした学習を初めて研究の対象にしたものである。これは実際に私たちの脳が機能するのに必要なプロセスの研究であり、海馬と皮質下・皮質などの学習のスピードに影響する接続も研究の対象となる（図2、3）。

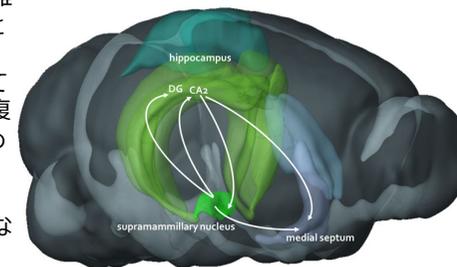


図2. 内側中隔は海馬と視床下部と双方向に接続されているが、これらの回路が学習の速度にどのような影響を与えるのかについて詳細はまだ分かっていない。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

システム神経科学の分野では過去5年間技術の進歩が加速し続けており、これまで不可能と思われていたような実験が続々と現実のものとなっている。ウイルス・遺伝学の新手法、生理学やイメージングを用いた大規模な神経活動計測、機械学習を用いた行動や脳活動のデータの解析、これらの高次元のデータを解析する手法など、私たちが研究で使うあらゆるツールにおいても様々な新手法が存在する。そういった最新の技術を活用し、複雑で抽象的な記憶のプロセスの基盤となる回路を解明するのが私たちの研究である。脳における抽象的な表現はマウスから人まで様々な種で確認されているが、それらの形成、さらにはそれらがいかに速い学習を可能にするのかに関する回路と細胞のメカニズムは未解明のままとなっている。海馬の典型的な記憶システムの回路の解明における我々の成功に基づき、我々はこの研究で記憶の形成だけでなく知識の形成に関わる海馬にまつわる新たな回路の解明に挑む。

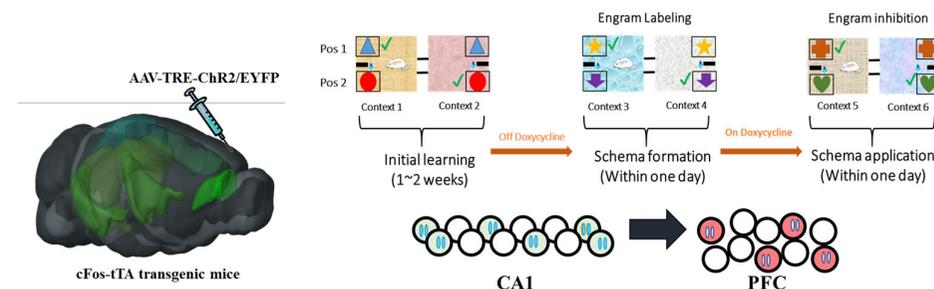


図3. (左) この研究では、遺伝学・生理学・行動学の手法を組み合わせ、行動するマウスの脳内で記憶スキーマを表現する神経細胞を特定し、操作し、活動を記録することが基本となる。特にスキーマに関連する脳活動が報告されている前頭皮質に着目している。(右) 記憶スキーマを研究するためにデザインされた文脈-刺激の連合学習タスク。最初の学習は低速だが、その後の類似タスクの学習は記憶スキーマ形成の影響で高速化していく。遺伝学的手法によって活動した神経細胞を特定し操作することで類似したタスクの高速学習のメカニズムを探ることが可能となる。