

記憶を関連づける神経細胞集団の仕組みを解明

ポイント

記憶同士が関連づけられる際に、それぞれの記憶を司る記憶痕跡細胞集団が重複するが、その役割は不明だった。重複した記憶痕跡細胞集団は記憶の関連づけ(連合)のみに関与し、それぞれの記憶を思い出すためには必要でないことを明らかにした。

個々の記憶に影響を与えることなく、記憶の不要な結びつきを切り離すことも可能になり、精神疾患の新たな治療法の創出にもつながると期待される。

JST 戦略的創造研究推進事業の一環として、富山大学 大学院医学薬学専攻(医学) 生化学講座の 井ノ口 馨教授らは、マウスで、個別に形成された記憶同士が繰り返し同時に思い出されるような場合に、脳内のある特定の神経細胞集団とそれぞれの記憶同士を結びつけていることを初めて明らかにしました。私たちは脳に入っているさまざまな記憶情報と関連づけることで、知識や概念を形成していきます。それぞれの記憶は特定の神経細胞集団(記憶痕跡細胞集団)によって脳内に蓄えられており、記憶同士が関連づけられるときには、それぞれの記憶を司る細胞集団同士が重複すると報告されていますが、重複した細胞集団の役割は不明でした。本研究グループは、マウスを用いて**味覚嫌悪学習(CTA)^{※1}**と**音恐怖条件付け(AFC)^{※2}**という2つの連合記憶を関連づける高次連合実験系を確立しました。CTAはサッカリン水溶液と塩化リチウムによる内臓慢怠感、AFCはブザー音と電気ショック(それに対するすくみ反応)がそれぞれ関連づけられる学習です。それぞれ**条件刺激^{※3}**(CTAではサッカリン水溶液、AFCではブザー音)を連続して同時に思い出させると、本来別々に得られたCTA記憶とAFC記憶が関連づけられました。すなわち、サッカリン水溶液を飲むと、ブザー音を聞いた時のようにフリージング(すくみ)反応を示すようになりました。その時、CTA記憶とAFC記憶を司る細胞集団では、各記憶に対応した記憶痕跡細胞集団の重なりが増えました。逆に、記憶を思い出した時に、重複した記憶痕跡細胞集団の活動のみを実験的に抑制すると、2つの連合記憶同士が連合する割合が低減しました。一方で、CTAおよびAFCそれぞれの記憶、すなわちオリジナルの記憶の想起は正常のままでした。これにより、重複した記憶痕跡細胞集団は記憶の連合のみに関与し、それぞれの記憶の想起には必要でないことが明らかになりました。記憶が関連づけられる仕組みに関する今回の研究は、知識や概念の形成といったヒトの高次脳機能の解明につながる成果です。また、関連性の弱い記憶同士の不必要な結びつきは、PTSD(心的外傷後ストレス障害)を始めとする精神疾患に密接に関わっていることから、今回の成果はこれらの疾患の治療法の創出につながるものと期待されます。

※1 味覚嫌悪学習(Conditioned Taste Aversion task: CTA) 給水制限したマウスに対して、サッカリン水溶液(甘い水)を摂取させた後、内臓慢怠感を引き起こす塩化リチウム水溶液を腹腔内に投与することで、学習後において本来嗜好性のあるサッカリン水溶液に対して忌避反応(摂取の低下、拒否)を示すようになります。味覚情報を利用した記憶学習課題の一つ。本研究では、給水制限に対する学習意欲の低下から慢怠感を感じる、味覚嫌悪記憶を評価している。
※2 音恐怖条件付け(Auditory Fear Conditioning: AFC) マウスを長い電線が敷かれた小箱(チャンバー)に入れ、ブザー音を鳴らしブザー音終了直後の数秒電気ショックを与える条件付けを行う。その後、条件付けされたマウスを電気ショックを与えたチャンバーとは異なるチャンバーに入れ、電気ショックを与えずに同じブザー音を鳴らす。その際に、マウスが必ずフリージング反応の時間を計測することで学習を評価する。動物が危険を予測する際にも慢覚情報を利用した一種の防衛反応。
※3 条件刺激、無条件刺激: 動物に対してそれ自体では忌避反応を及ぼさない光、音、振動(文脈)などの刺激。無条件刺激: 電気ショックなどのように忌避反応を引き起こす刺激。これらと対照するにより両者の関連性を学習し、条件刺激のみで忌避反応を示すようになる。本研究のCTAにおいては、条件刺激としてサッカリン水溶液、無条件刺激として塩化リチウムの腹腔内投与、一方AFCでは、条件刺激としてブザー音、無条件刺激として足への電気ショックを行った。

研究の背景と経緯

知識や概念の形成は、異なる経験を通して獲得した記憶を既存の記憶に付け加えていく作業であると考えられます。すなわち、脳内では個々の記憶同士が相互作用し合うことにより記憶間で新たな連合が生まれ、既存の記憶が更新されています。近年、個々の記憶は経験時に活動した特定の記憶痕跡細胞集団として脳内に蓄えられていること、また、それぞれの記憶同士が連合する際には、それぞれの記憶に対応する記憶痕跡細胞集団の間で、重複して活動する細胞の割合が増加することが報告されています。このように、これまで記憶同士の連合が成立する際には、個々の記憶痕跡間において重なりが増えることは知られていましたが、その重複細胞集団自体の機能的な役割はほとんど明らかになっていませんでした。

研究の内容

本研究ではマウスを用いて、異なる記憶同士の連合学習系として**味覚嫌悪学習(CTA)**と**音恐怖条件付け(AFC)**を組み合わせた新たな行動実験系を確立し、それぞれの記憶が関連づけられる仕組みを調べました。

異なる2種類の記憶課題として、いずれも単体では必要とする学習であるCTAとAFCを用いた。CTAは条件刺激としてサッカリン水溶液(甘い水)、無条件刺激として塩化リチウム投与を用いた。塩化リチウム投与は慢怠感を引き起こすため、学習後マウスは元々嗜好したサッカリン水溶液を避けるようになり、一方でAFCは、条件刺激としてブザー音、無条件刺激として足への電気ショックを用いた。学習後、マウスはブザー音を聞く忌避反応であるフリージング(すくみ)反応を示すようになりました。それぞれの記憶を個別に形成させた後、それぞれの条件刺激(サッカリン水溶液とブザー音)を連続してマウスに与えて両記憶を同時に想起させる。その後マウスはサッカリン水溶液を飲むとフリージング反応を示すようになります(図1)。この結果は、独立に形成したCTA記憶とAFC記憶が連想した同時想起により相互作用したことを示しています。

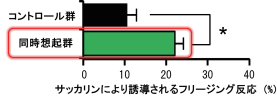


図1

連続した同時想起(記憶連合誘導)により生じた記憶間相互作用

上段: 連続した同時想起のCTA記憶テストにおけるサッカリン水溶液の摂取直後からフリージング反応。
下段: 重複した記憶痕跡細胞集団に基づいて記憶連合の形成を可視化。ベン図(円)はCTA記憶の想起時とAFC記憶の想起時に活動した記憶痕跡細胞集団を示す。サッカリン水溶液の投与によりCTA記憶痕跡細胞集団が活動する。その結果として重複した記憶痕跡細胞集団を介してAFC記憶痕跡細胞集団が活動し、フリージング反応を引き起こす。

また、その際にCTA記憶とAFC記憶を司る単体領域において、各記憶に応答して活動した記憶痕跡細胞集団を**catFISH法^{※4}**により特定したところ、連続した同時想起を行った群で両記憶を担う記憶痕跡細胞集団の重複率の有意な増加が認められました(図2)。この結果は、重複した記憶痕跡細胞集団が両記憶の関連づけを担っていることを示唆しています。

CTA-AFC記憶間連合誘導後のcatFISH解析

図2

連続した同時想起後にCTA、AFC記憶想起に伴い活動した単体領域での記憶痕跡細胞集団、CTA記憶想起時に活動した細胞(マゼンタ)、AFC記憶想起時に活動した細胞は緑で可視化。どちらの記憶の想起にも反応した細胞(マゼンタと緑の両方)を重複した記憶痕跡細胞集団と定義し、細胞連合の形成により、細胞群間において、コントロール群に比べて記憶に応答する神経細胞集団の重複率の有意な増加(9.1%から15.2%)が認められた(右図: ベン図の黄緑色部分参照)。



【コントロール群】

※4 catFISH法(Cell compartment analysis of temporal activity using fluorescence in situ hybridization法)の改良と利用mRNAの局在を調べるFISH法を利用して、神経細胞が活動したタイミングを特定する技術。Arc mRNAは神経活動5分後に、Homer1 mRNAは神経活動24時間後に発現が確認される。この時間差を利用して、30分間隔で2回のイベントを行った直後の脳断片を解析することで、神経細胞がいつ活動したのかを調べることができる。
※1 ArcAr1(アーチーアーチー-Archaeohodopsin-T)プロトンポンプによる光感受性タンパク質の一種。神経細胞にArchtTを発現させる場合、黄緑色光に応じてプロトンポンプが作動し、水素イオンを細胞外へくみ出す。これにより、細胞膜電位は過分極を示すので黄緑色光照射依存性のArchtTを発現した細胞的特異的に神経活動を抑制することができる。
※2 光遺伝学(オプトジェネティクス)特定の波長の光を当てると活動する分子を遺伝子導入することで、望った細胞の活動性や機能を光で制御する方法。光照射によって人為的に標的細胞の神経活動を誘導、抑制できる。

今後の展開

ヒトの知識や概念の形成過程は、過去に経験した既存の記憶に対し、日々新たに経験する様々な情報(感覚・情動・記憶など)を適切に結びつけることにより体系化される高次脳機能の1つです。一方で、PTSDを始めとする精神疾患や記憶錯誤などの記憶障害においては、このような正常な関連づけが行われず、関連性の弱い記憶同士を結びつけることで事象を悪化させることがあります。このように医学的な観点からも本研究成果は新たな知見を与えてくれます。例えば、フラッシュバックのように日常の出来事の記憶とトラウマ記憶の結びつきが問題となる場合、重複した記憶痕跡細胞集団の神経活動を抑制することで、それぞれの記憶には影響を与えず両者の記憶を切り離すことも可能と思われ、将来的にはPTSD治療への適用も視野に入ります。

本成果は、以下の事業・研究領域によって得られました。戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST)研究領域「生命活動の理解と制御のための基盤技術の創出」(研究総括: 山本 沖純科学技術大学院大学教授) 研究課題名「細胞集団の活動動態解析と回路モデルに基づいた記憶統合プロセスの解明」研究代表者 井ノ口 馨(富山大学大学院医学薬学専攻(医学)教授) 研究期間 平成31年3月~平成31年3月 JST(文部科学省)の領域で、ゲームやたばこ、賭博をはじめとする社会高度分子行動に関する生命現象を無細胞系、細胞、細胞集団のレベルで解析・実験・計測。この生命体の動的システムを時空間の視点で統合的に理解することを目指す。同時に、これらの研究を基盤として、生命現象を自在に操作・演出の創出を追求する。① 研究課題領域は、記憶のダイナミクス側面に着目し、ニューロンの活動特性に基盤を当てた解析と数値モデルの記憶のメカニズム解明を目指す。

本研究は、富山大学 大学院医学薬学専攻(医学)の機構 澤村助教授と東京慈恵会医科大学脳科学センターの機構 徳本教授と共同で行ったものです。本研究成果は、2017年1月27日(米国東部時間)に米国科学誌「米国科学誌 Science」のオンライン版で公開されました。論文情報: タイトル "Overlapping memory trace indispensable for linking, but not recalling, individual memories" (重複活動する記憶痕跡細胞集団は記憶連合には必要不可欠であるが、個々の記憶想起には必要でない) doi10.1126/science.aal2690

記憶のアイデンティティを保つ仕組みを解明

～知識や概念を形成する精神活動の理解に一步前進～

ポイント

知識は複数の記憶情報を共有することで形成されるが、個々の記憶のアイデンティティがどのような仕組みで保たれているのかは不明だ。
マウスを用いて、共有化された記憶を扱う細胞（エンграм細胞）を持つ異なるシナプスの伝達効率の制御が、それぞれの記憶のアイデンティティをしっかりと保っていることが明らかになった。
記憶のアイデンティティの喪失は、記憶障害や学習認知症などに密接に関わっていることから、本成果はこれらの疾患の予防・治療法の創出にもつながると期待される。

JST戦略的創造研究推進事業において、富山大学 大学院医学薬学学際研究(医学) 生化学講座の井ノ口 馨教授らは、マウスで、関連付けられた記憶それぞれが**アイデンティティ**^①は、シナプス特異性が担っていることを世界で初めて明らかにした。記憶は特定の神経細胞集団として脳内に蓄えられている。記憶同士が相互作用するときには、それぞれの記憶に対応する**記憶エングラム細胞**^②が共有化され、その結果として元々独立した記憶同士が関連付けられ新しい意味を持つ特徴(知識)が形成される。一方で、これまでの研究において、それぞれの記憶が相互作用しても、元々の記憶のアイデンティティは保たれているが、どのような仕組みによりアイデンティティが保たれているのかは不明なままだった。本研究グループは、まず、異なる音響記憶を用いて、2つの記憶の相互作用は**長期記憶**^③に存在するエングラム細胞の共有化が担っていることを示した。一方で、それぞれの記憶のアイデンティティは、聴覚皮質と扁桃体の間に形成される特異的な**シナプス可塑性**^④が担っていることを示した。すなわち、2つの記憶を持つ扁桃体のエングラム細胞上に存在する異なるシナプスが異なる記憶を担っていることが明らかになった。また、この研究の過程で、完全な**逆行性健忘**^⑤はエングラム細胞の喪失によって引き起こされることから、本成果はこれらの疾患の予防法や治療法の創出につながると期待される。

記憶がアイデンティティを保つ仕組みに関する今回の研究は、一つ一つの記憶を正確に保存しつつ記憶同士を関連付けて知識や概念を形成していくための高次脳機能の解明につながる成果です。また、記憶のアイデンティティの喪失は、記憶障害や学習認知症などに密接に関わっていることから、本成果はこれらの疾患の予防法や治療法の創出につながると期待される。

① 記憶のアイデンティティ…記憶同士の間に関連付けが行われること。それぞれの記憶そのものは異なるものとしてアイデンティティを保っている。例えば、東京駅で野球観戦した後に公園のベンチでティータイムを楽しむ、というように連続して起きた出来事の場合は関連付けられて覚えていくが、もちろん野球観戦とティータイムは別々の出来事として記憶される。
② 記憶エングラム細胞…記憶を扱う神経細胞のこと。記憶は脳内に特定の神経細胞集団として蓄えられていく。学習時に活性化された特定の神経細胞のセットという形で脳の中に残った生物学的痕跡がエングラム(痕跡)である。何らかのきっかけでこの神経細胞集団が活動すると、その記憶が想起される。
③ 長期記憶…情報処理の記憶を分類する用語。短期記憶とは、音などの刺激(信号)が神経細胞の神経シナプスで伝達される(参考)の短期記憶と区別して長期記憶を指す。
④ シナプス可塑性…神経細胞間のシナプスの伝達効率が変化(増強、あるいは減弱)し、その変化が長期持続すること。短期レベルでは学習・記憶の基礎過程であると考えられている。以下に記載されている長期記憶(LTP)や長期抑制(LTP)が代表例である。
⑤ 逆行性健忘…過去の記憶を思い出すことができない障害のことを指す。逆行性健忘は記憶そのものが消えたのではなく、記憶のエングラムの消失、あるいは、エングラムは残っているが記憶のプロセスに障害があるのかもしれないと議論されている。

研究の背景と経緯

異なる経験により形成される複数の記憶情報を関連する記憶として連合させ、新しい意味を持った記憶(知識)として貯蔵することは、知識や概念の形成という観点から注目と集めていた。

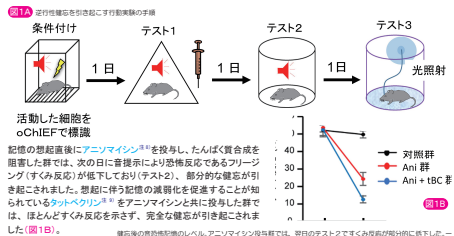
近年、個々の記憶が経験時に活動した特定のエングラム細胞集団として脳内に蓄えられていること、また、記憶同士が相互作用するときには、それぞれの記憶が共有し、その結果として記憶同士の間に関連付けが形成されることが明らかになってきました。一方で、それぞれの記憶が相互作用しても、元々の記憶のアイデンティティは保たれているが、どのような仕組みによりアイデンティティが保たれているのかは不明のままだった。

研究の内容

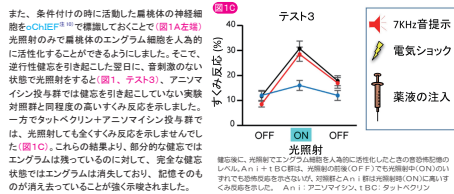
他の記憶と相互作用しつつ個々の記憶のアイデンティティを保持するメカニズムの解明にシナプス特異性の観点から取り組みました。

逆行性健忘を引き起こす実験系の構築

本研究では、マウスを用い、まず、**両面記憶の障害**^①により、音響記憶の逆行性健忘を引き起こす実験系を構築した。
条件付け…7kHzの音、無条件刺激^②…電気ショックを組み合わせ条件付けを行い、1日後に7kHzの音の提示で音響記憶を想起させた(テスト1)直後に、この記憶の責任領域の扁桃体に種々の薬液を注入し、その効果を測定した(図1A)。

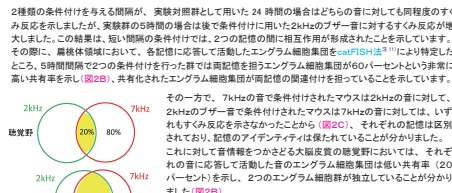
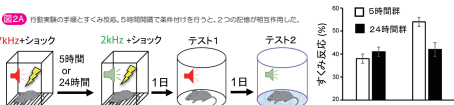


③ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
④ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑤ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築



記憶のアイデンティティを保つ仕組み

マウスに、扁桃体を必要とする音響である2種類の音による条件付けとして、最初7kHzの音+電気ショック^①、次にその5時間間隔で24時間後に2kHzの音+電気ショック^②を行いました。最初、マウスは7kHz、2kHzのいずれの音を用いても聴覚反応であるフリーズ(すみ反応)を示すようになりました(図2A)。



③ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
④ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑤ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑥ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑦ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑧ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑨ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑩ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑪ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑫ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑬ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑭ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑮ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑯ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑰ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑱ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑲ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑳ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉑ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉒ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉓ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉔ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉕ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉖ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉗ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉘ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉙ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉚ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉛ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉜ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉝ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉞ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉟ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊱ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊲ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊳ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊴ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊵ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊶ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊷ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊸ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊹ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊺ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊻ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊼ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊽ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊾ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊿ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋀ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋁ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋂ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋃ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋄ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋅ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋆ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋇ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋈ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

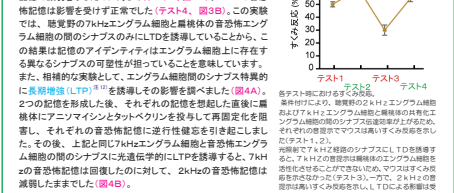
㋉ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋊ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋋ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋌ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋍ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋎ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋏ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋐ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋑ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋒ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋓ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋔ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋕ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋖ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋗ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築



③ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
④ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑤ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑥ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑦ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑧ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑨ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑩ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑪ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑫ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑬ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑭ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑮ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑯ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑰ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

⑱ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑲ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
⑳ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉑ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉒ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉓ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉔ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉕ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉖ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉗ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉘ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉙ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉚ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉛ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉜ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㉝ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉞ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㉟ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊱ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊲ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊳ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊴ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊵ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊶ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊷ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊸ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊹ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊺ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊻ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊼ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㊽ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊾ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㊿ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋀ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋁ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋂ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋃ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋄ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋅ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋆ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋇ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋈ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋉ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋊ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋋ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋌ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋍ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋎ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋏ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋐ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋑ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋒ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋓ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋔ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

㋕ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋖ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築
㋗ 両面記憶の障害を引き起こす実験系の構築

本成果は、以下の事業・研究領域・研究課題によって得られました。戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST) 研究領域「生命活動の理解と制御のための基盤技術の創出」(研究総括: 山本 雅 神純科学技術大学院大学 教授) 研究課題名「細胞集団の活動動態解析と回路モデルに基づいた記憶統合プロセスの解明」 研究代表者: 井ノ口 馨(富山大学 大学院医学薬学学際研究(医学) 教授) 研究期間: 平成25年10月~平成31年3月 上記研究課題では、記憶のダイナミックな側面に注目し、ニューロン集団の活動動態に焦点を当てた解析と数理モデルの構築を通して、神経回路レベルの記憶のメカニズム解明を目指します。

本研究は、富山大学 大学院医学薬学学際研究(医学)のカリム・アブドゥル・ハミド教授と自治医科大学の村松 貴教授らと共同で行ったものです。本研究成果は、2018年6月15日(米国東部時間)に米科学雑誌「Science」のオンライン版で公開されました。

論文情報: タイトル「Synapse-specific Representation of the Identity of Overlapping Memory Engrams」(シナプス特異性による記憶のアイデンティティの保持) doi:10.1126/science.aaq13810