

## 2つのことを同時にしようとする、どちらも中途半端になる 脳の仕組みを解明

船橋新太郎教授（京都大学こころの未来研究センター）と渡邊慶（現オックスフォード大学研究員<sup>1</sup>）は、2つのことを同時にしようとした時、それらが干渉しあってエラーの増加や反応時間の延長（二重課題干渉）が生じるしくみを、サルを用いた前頭連合野の神経活動記録による研究で明らかにしました。

この成果は、米国科学誌「Nature Neuroscience」誌のオンライン版に米国東部時間 2014 年 3 月 3 日に掲載されました。

### 1. 研究の背景

人通りの多い商店街を、助手席にいる友人と話をしながら車で通り抜けようとしている場面を想像してください。この場合運転者は、対向車、通りを歩いている人、自転車に乗っている人などに注意を払って運転するという課題と、友達の話聞いて理解しそれに対する的確に答えるという課題とを、同時にしなければなりません。このような場面において、ブレーキを踏むのが遅れて事故を起こしかけたり、問いかけに答えられなかったりすることがしばしば起こることは、誰もが経験しています。このように、2つの課題を同時に行おうとすると、エラーが増えたり、反応時間が長くなったりします。このような現象を二重課題干渉（dual task interference）と呼んでいます。二重課題干渉はヒトでよく知られている現象です。「注意」「記憶」「思考」など、いわゆる認知機能を実行するために使われる脳の限られた場所（資源またはリソースと呼びます）を、2つの課題が取り合うために起こると説明されることが多いのですが、その具体的な仕組みは明らかではありません。ヒトを対象にしたこれまでの脳機能イメージング研究で、二重課題干渉は前頭連合野の外側部の働きと関係のあることが明らかにされていますが、この時に前頭連合野の外側部でどのようなことが起こっているのかは、明らかではありませんでした。

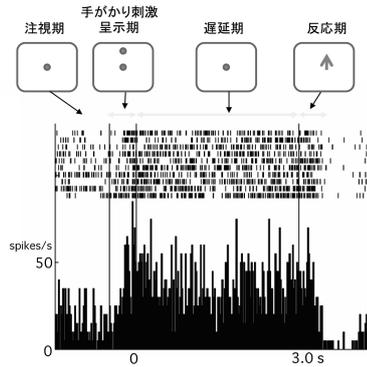
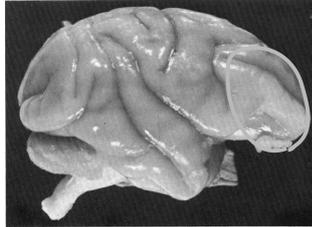
船橋の研究グループでは長年にわたってサルを用いて前頭連合野の機能を研究してきました。サルに、視覚刺激が現れた場所の記憶を行わせると、記憶の必要な期間、前頭連合野の神経細胞が持続的に活動します。この持続的活動は記憶関連活動としてよく知られています。この記憶関連活動の特徴（記憶しなければならない場所に関する選択的な活動）を利用して、船橋と渡邊は二重課題干渉の起こる仕組みの解明をこころみしました。本研究では、サルに、視覚刺激が現れた場所を記憶させると同時に、別の場所への注意の維持を行わせることで、サルでも二重課題干渉（＝記憶の成績の低下）が観察されることを確認しました。その後、この干渉に関わると考えられている前頭連合野外側部の神経活動のより詳しい分析を行いました。

---

<sup>1</sup> 2012年2月まで、京都大学こころの未来研究センター研究員。

眼球運動を利用した記憶課題（遅延反応課題）と前頭連合野で見いだされる記憶関連神経活動の例

ニホンザルの脳と前頭連合野



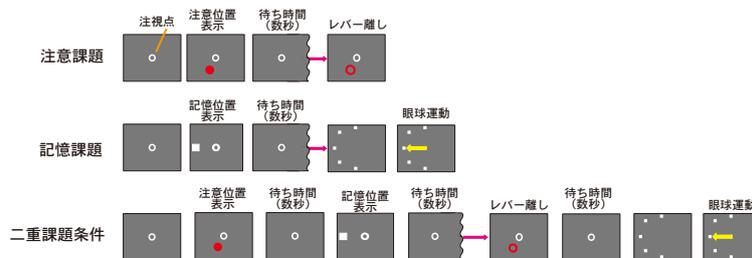
## 2. 研究方法

2頭のニホンザルに2種類の課題（記憶課題と注意課題）を訓練しました。どちらの課題でも、テレビ画面の中央に現れる白い丸印を見続けるように訓練しました。

**記憶課題**では、丸印を見ていると、その周辺に小さな白い四角形が短時間現れて消えます。サルは四角形の現れた場所を記憶しなければなりません。四角形が消えた後、ある時間（遅延時間といいます）後に中央の丸印が消え、画面上に複数の小さな白い点が現れます。サルが、四角形の現れた位置の点にすばやく視点を移すと、報酬（ジュース）が出ます。

**注意課題**では、手もとのレバーを押しているとき画面の中央に白丸が現れ、それを見ているとき赤い丸印が画面上の1カ所に短時間現れて消えます。レバーを押し続けているとき再び同じ位置に赤丸が現れます。この時、すばやくレバーを離すと報酬が出ます。赤丸が再び同じ位置に現れるまでの時間はランダムに変わりますから、サルは赤丸の現れた場所に注意を向け続ける必要があります。

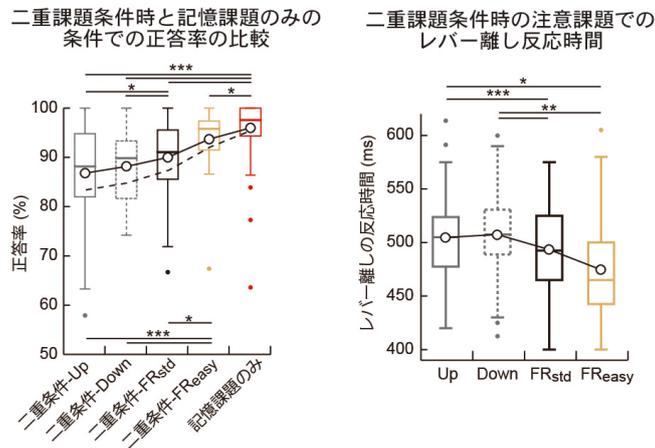
そして、記憶課題のみの**単独課題条件**と、記憶課題と注意課題を組み合わせた**二重課題条件**とで課題を行わせ、二重課題条件で記憶課題の成績がどのように変化するか、注意課題が難しい時と易しい時で記憶課題の成績がどのように変化するかを調べ、サルでも二重課題干渉が観察されることを確かめました。そして、二重課題干渉の生じるメカニズムを明らかにするため、これに関わっていると考えられている前頭連合野外側部の神経活動を調べました。



## 3. 成果

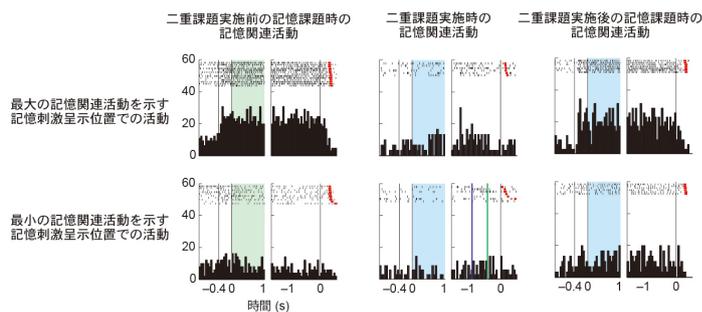
行動実験により、二重課題条件時（記憶課題＋注意課題）と記憶課題のみの条件で、記憶課題の

成績を比較すると、二重課題条件時において有意に正答率が低下し、反応時間も有意に延長していることがわかりました。また、注意を向ける場所を変えると注意課題の難易度が変わり、記憶課題の成績もそれと平行して変化することがわかりました。つまりサルでも人と同様に二重課題干渉が観察されることがわかりました。

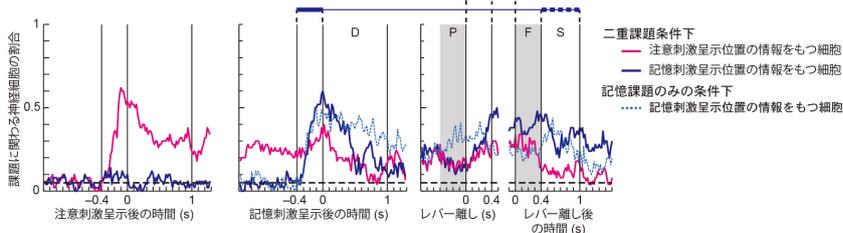


そこで次に、この干渉に関わると考えられる前頭連合野外側部の神経活動を調べました。その結果、注意課題と記憶課題を同時に行わせると、この脳部位の神経細胞で観察されていた記憶関連活動が著しく低下し、神経細胞が保持していた記憶情報が一時的に失われた状態に近くなることが明らかになりました。また、活動低下の程度は注意課題の難易度に比例し、注意課題が難しくなると活動低下がより顕著になることもわかりました。さらに、神経細胞の集団での活動を観察すると、注意課題の実行により記憶関連活動は著しく低下しますが、完全に消失することではなく、注意課題が終了すれば記憶関連活動がある程度まで回復することが観察され、この事実により記憶課題の成績がある程度維持されていることがわかりました。

#### 二重課題条件での記憶関連活動の変化



#### 二重課題条件での神経細胞集団の活動変化



このことから、二重課題干渉は、2つの異なる課題の各々が、前頭連合野の共通する神経細胞集団（資源）を同時に、かつ、過剰に動員しようとしませんが、資源が限られているためお互いが干渉

しあい、他方の活動を制限してしまうことにより生じることが明らかになりました。

#### 4. 波及効果ならびに今後の予定

二重課題干渉は限られた神経資源を二つの課題が取り合うことにより起こっていることが、本研究により明らかになりました。ただし、このような場面で限られた資源をうまく振り分ける仕組み（遂行機能と呼ばれ、前頭連合野の重要な働きと考えられています）はまだ明らかではありません。二重課題干渉の仕組みの解明は、日常場面で同時に直面する様々な問題の解決や判断、意思決定がどのようにして行われているのかという問いの解明に直結します。このメカニズムは私たちが行っている様々な認知機能の解明に不可欠であると同時に、自閉症や統合失調症などの原因究明にも役立つと考えています。我々は、引き続きこの仕組みの解明を目指します。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(A) (No. 21240024, 25240021)の支援によって行われました。また、使用したニホンザルは文部科学省の支援によるバイオリソースプロジェクト（ニホンザル）から供給を受けました。

#### 書誌情報

Kei Watanabe and Shintaro Funahashi, “Neural mechanisms of dual-task interference and cognitive capacity limitation in prefrontal cortex”, *Nature Neuroscience* Published online DOI:10.1038/nn.3667.