



平成28年3月8日

報道機関各位

東北大学大学院生命科学研究科

カテゴリー化により大量の情報を 瞬時に処理する脳のはたらきを解明

私たちは身のまわりの環境にあふれる膨大な情報を、どのように整理して認識し、判断や行動のために使っているのでしょうか？ 東北大学大学院生命科学研究科の筒井健一郎准教授・細川貴之助教授らは、サルを使った動物実験で、カテゴリー^{*1}化によって情報を整理して判断することに関する神経活動を、高次脳機能の中核として知られている前頭連合野^{*2}において発見しました。

本研究では、ニホンザルに、呈示された視覚刺激からその後どのような飲み物が与えられるかを予測する課題を訓練したうえで、前頭連合野から神経活動を記録しました。その結果、前頭連合野の一部の神経細胞が、概念の一種であるカテゴリーや、それを使って予測した結果の情報を保持していることを見出しました。この発見により、脳がその基本戦略として、膨大な情報をカテゴリー化によって整理し、物事の関係性を分かりやすくしたうえで、思考や判断に使っているということが明らかになりました。

この成果により、抽象的概念の形成やそれを使った論理的思考にかかわる神経メカニズムの解明が大きく進むことが期待されます。また、抽象的な思考が不得意だとされるアスペルガー症候群などの発達障害の病態の理解や、新たな治療法の開発にもつながることが期待されます。この研究成果は、脳神経科学のトップジャーナルのひとつである Journal of Neuroscience 誌3月号（3月9日発行）に掲載されます。

【研究の具体的な内容】

複数の抽象図形を、数秒後にジュースあるいは食塩水が与えられることを示す予告刺激として用いて、予測的に行動するようにニホンザルに訓練しました（図1）。するとサルは、それぞれの図形と、ジュースあるいは食塩水の間関係を学習し、ジュースを予測すると、それが口元のチューブから出てきたときに取りこぼしなく飲めるようにチューブを舐めながら待ち、食塩水を予測すると、それを飲まないで済むように口を閉じて待つようになりまし。さらに、ときどき、刺激とジュース・食塩水の間関係をすべて入れ替えることによって、2つのルールの下で課題を行わせるようにしました（図2）。そのようなルールの切り替えを行わせながら、長期間サルを訓練したところ、サルはたくさんの図形のなかの一つの図形の意味が変化したことを経験しただけで、ほかの図形についても意味が変化するということ予測して行動できるようになりました（図3）。このような行動は、サルが同じ結果に結びつく図形をカテゴリー化して記憶しており、そのカテゴリーを使って考え、判断することによって、予測的に行動していることを示すものです。

次に、サルがこの課題を行っている間に前頭連合野から神経活動の記録を行いました。その結果、前頭連合野の神経細胞の一部が、特定のカテゴリーの図形をサルに見せた時だけ興奮したことから（図4A）、図形を見て想起したカテゴリーの情報を保持していることが明らかになりました。また、これらの細胞の周辺には、ジュースと食塩水のどちらが与えられるのかということ、すなわち、カテゴリーを使って予測した結果の情報を保持している神経細胞もあることが明らかになりました（図4B）。さらに、前頭連合野の神経細胞群がどのようにこの推論問題を解いているかを明らかにするため、現在も神経活動データの解析を進めています。

【用語解説】

1. **カテゴリー** 行動学的には、「同じ行動を誘発する、機能的に等価な刺激グループの表象」と定義され、狭義には範疇、広義には概念と同じ意味をもつ。抽象的な思考の基盤をなす要素の一つであると考えられている。例えば、「椅子」というカテゴリーには、様々な大きさ・形のものがあるが、いずれも「座る」という行動に結びついている。本研究では、実験の文脈外での学習や記憶の影響を排除するため、抽象図形を使った人工的なカテゴリーをサルに新たに学習させ、用いている。

2. **前頭連合野** 高度な知覚・認知機能を担う大脳皮質のなかで、その前方部に位置する。知能が発達したサルやヒトの脳では非常に大きな割合を占めている。思考や意思決定を行うために必要な情報を短期間保持しておく「作業記憶」の中核として知られてきた。保持している情報を使って「考える」ことにも当然かかわっていると考えられるが、その機能の詳細については、いまだに不明な点が多い。

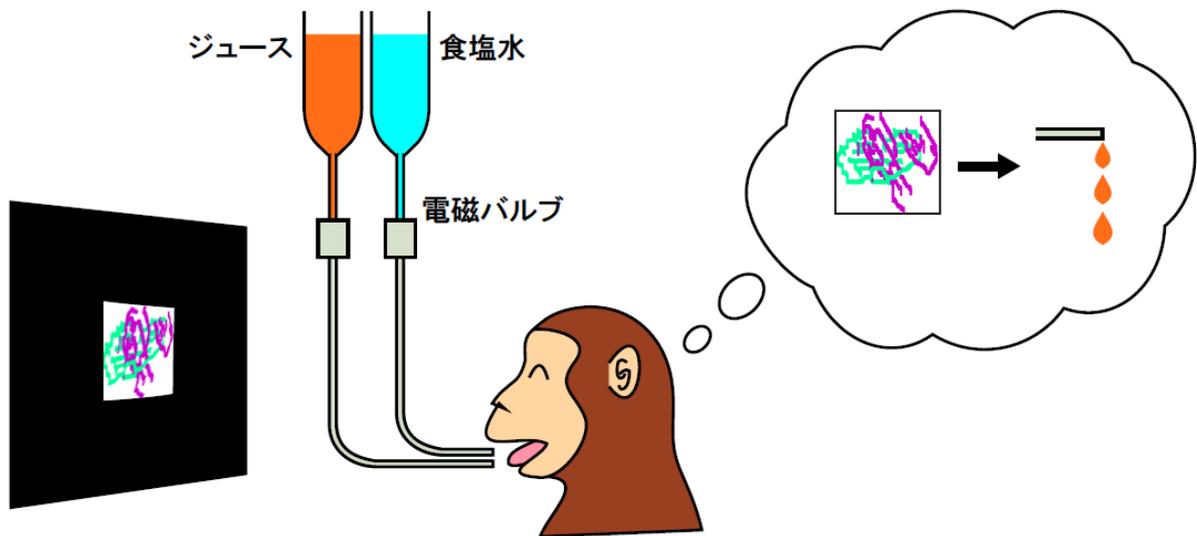


図1 実験装置とサルに行わせた課題の概要

サルは、数秒後に、口元のチューブから、ジュースがでてくるのか、食塩水がでてくるのかを、スクリーンに呈示された図形のカテゴリーを基に予測する。一定期間の訓練の後、サルは、ジュースを予測すると、それが口元のチューブから出てきたときに取りこぼしなく飲めるようにチューブを舐めながら待ち、食塩水を予測すると、それを飲まないで済むように口を閉じて待つようになった。

				ルールX	ルールY
<u>カテゴリーA</u>				 ジュース	 食塩水
<u>カテゴリーB</u>				 食塩水	 ジュース

図2 抽象図形とそのカテゴリー・ルール・液体（ジュース／食塩水）の関係

ルールXのもとでは、カテゴリーAの図形はジュース、カテゴリーBの図形は食塩水に先立って呈示され、ルールYのもとでは、カテゴリーAの図形は食塩水、カテゴリーBの図形はジュースに先立って呈示される。予告なしに、ルールは時折切り替わる。

	呈示された図形		液体の種類		
	試行番号	予測的行動		正(O)/誤(X)	
ルールX	310			水 (Blue drop)	O
	311			ジュース (Orange drop)	O
	312			ジュース (Orange drop)	O
	313			ジュース (Orange drop)	O
	314			ジュース (Orange drop)	O
	315			ジュース (Orange drop)	O
	316			ジュース (Orange drop)	O
	317			ジュース (Orange drop)	O
	318			ジュース (Orange drop)	O
	319			ジュース (Orange drop)	O
ルールY	320			ジュース (Orange drop)	O
	321			ジュース (Orange drop)	X
	322			ジュース (Orange drop)	O
	323			ジュース (Orange drop)	O
	324			ジュース (Orange drop)	O
	325			ジュース (Orange drop)	O
	326			ジュース (Orange drop)	O
	327			ジュース (Orange drop)	O
	328			ジュース (Orange drop)	O
	329			ジュース (Orange drop)	O
	330			ジュース (Orange drop)	O
	331			ジュース (Orange drop)	O

図3 課題のルールが逆転する前後でのサルの行動

この図は、呈示された図形、サルの予測的行動、与えられた液体の種類、および、予測の正誤を、試行ごとに示したものである。ルールXのもとでは、カテゴリーAの図形がジュース、カテゴリーBの図形が食塩水を予告する刺激となっているが、ルールYのもとでは、その関係が逆になっている。この例では、320 試行目と 321 試行目の間でルールがXからYに変わっているが、サルにはルールが逆転したことについての手掛かりは一切与えられていない。サルは一つの図形の意味が変化したことを経験しただけで(321 試行目)、ほかの図形についても意味が変化するということ予測しながら取るべき行動を選択していることがわかる(322 試行目~328 試行目)。これは、サルが、ルールの逆転に際して、図形と液体の関係を試行錯誤的に記憶し直しているのではなく、カテゴリーを使って各図形の後に与えられる液体を予測していることを示すものである。

凡例 舌を出してチューブをなめて待つ 口を閉じて待つ

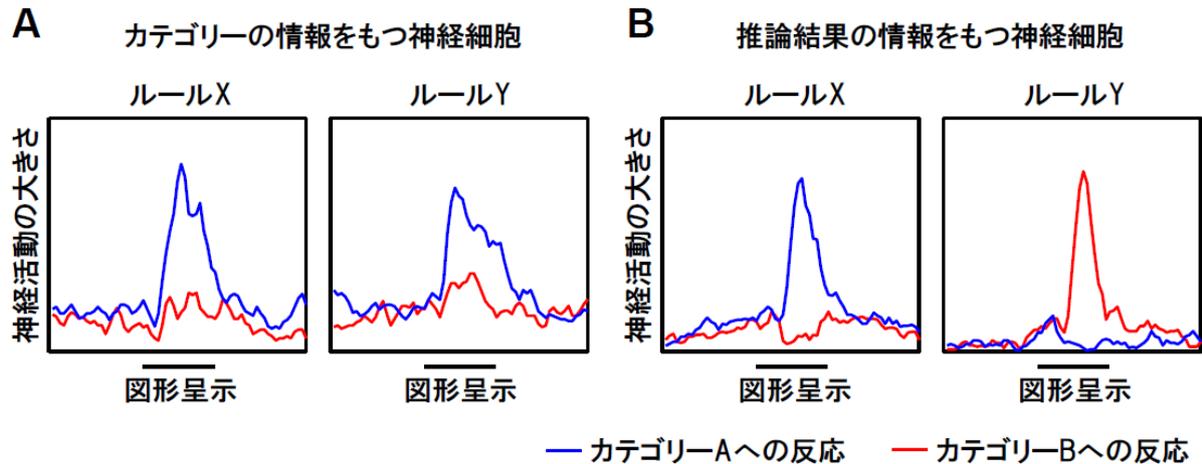


図4 記録された神経活動の代表例

A： いずれのルールのもとでも、カテゴリーAの図形が呈示されたときに活動が上昇する神経細胞の一例。このような活動を示す神経細胞は、カテゴリーの情報を保持しているといえる。

B： ルールXのもとではカテゴリーAの図形、ルールYのもとではカテゴリーBの図形が呈示されたときに活動が上昇する神経細胞の一例。常に特定の結果（ジュース）が予想される条件で活動が上昇していることから、このような活動を示す神経細胞は、予測の結果の情報を保持しているといえる。

【論文題目等】

題目： Representation of functional category in the monkey prefrontal cortex and its rule-dependent use for behavioral selection.

掲載誌： Journal of Neuroscience

著者： Ken-Ichiro Tsutsui, Takayuki Hosokawa, Munekazu Yamada, Toshio Iijima

DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2063-15.2016

お問い合わせ先

（研究に関すること）

東北大学大学院生命科学研究科

飯島 敏夫（いじま としお）

電話番号： 022-217-5046, 5052

電子メール： t-ijima@m.tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学大学院生命科学研究科広報室

高橋 さやか

電話番号： 022-217-6193

電子メール： lifsci-pr@ige.tohoku.ac.jp

筒井健一郎（つつい けんいちろう）

電話番号： 022-217-5047, 5052

電子メール： tsutsui@m.tohoku.ac.jp