

MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII



Mind & Brain

脳と心をめぐる冒険



CONTENTS

- 001 脳はいかにして
「心」を生み出しているのか？
- 008 パンデミックのストレスで
ダメージを受けた脳を修復する方法
- 016 世界最大級の貴重な
脳のコレクション
- 019 「喜びの意味がわかった」MDMA 併用の
PTSD 治療体験者が語ったこと
- 026 無反応患者に意識はあるか？
イタリア人科学者が作った最も正確な「意識計測機」
- 039 愛する人の顔を見た時に、
私たちの脳内で起こっていること
- 042 脳のモザイク現象は「心の健康」に関係するか？
探究続けた研究者の 20 年
- 056 脳の解明を目指す「巨大科学」は
なぜ行き詰まったのか

脳について理解することは、私たち自身について知ることに繋がる。私たちは非常に現実的な意味で、すでに知っていることやこれから知ることの根源を、脳に見出すことができる。そして、あいまいで感覚的な私たちの「心」も、脳と身体、周囲とのやり取りによって生み出されるものだ。最新の脳科学の研究動向から、PTSD 治療の最前線まで、脳と心の謎を探る記事をまとめた。



脳はいかにして 「心」を生み出しているのか？

by Lisa Feldman Barrett

人間の心は、脳や体、周囲の世界とのやり取りによって継続的に作り出される。私たちの脳は体の調節をするために進化したのであり、思考や感情、感覚、その他の精神的な能力は、そうした調節の結果である。

「心」とは何だろうか。これは奇妙な質問かもしれない。だが、強いて言えば、意識、夢、情動、記憶など、自分を自分たらしめる自分自身の一部だと言えるかもしれない。科学者たちは長い間、このような心の側面は、脳の特定の場所が司っているのだと考えていた。恐怖を司る神経回路や記憶領域などである。

しかし、近年、人間の脳は実はごまかしの達人であり、経験や行動からは脳の内部がどのように機能しているのか解明できないことが分かってきた。心とは実際、脳と体、そして周囲の世界によって継続的に作り出されるものなのである。

見たり、考えたり、感じたり、周囲の世界を動き回ったりするたびに、私たちは3つの要素をもとに認識する。1つ目の要素は、周囲の世界から受け取る信号（センス・データ、感覚与件と呼ば

れる）である。例えば、光が網膜に入ることによって、花が咲き乱れる庭や星空として体験できる。圧力の変化を内耳の蝸牛や皮膚が感知することで、愛する人の声やハグとなる。そして、鼻や口に届いた化学物質が甘さや辛さに変化するのだ。

2つ目の要素は、静脈や動脈を流れる血液、肺の伸縮、そして胃袋の音など、体内のイベントからのセンス・データである。体内のイベントからのセンス・データはほぼ無音なので、ありがたいことに自分では意識せずに済む。もし、体内のあらゆる動きや音を直接感じられたとしたら、体外のことに注意を払えないだろう。

3つ目の要素は過去の経験である。過去の経験がなければ、体内外のセンス・データは無意味な雑音になってしまう。知らない言語の音声を聞かされているようなもので、1つの単語がどこから

始まり、どこで終わるのかも分からないだろう。脳は、過去に見たり、実行したり、学んだりしたことを利用して、現在のセンス・データを説明し、次の行動を計画し、次に起こることを予測する。これらはすべて、指を鳴らすより速いスピードで、自動的かつ目に見えない形で実行される。

この3つの要素だけですべてが説明されるのではないかもしれないし、例えば、未来の機械における別の種類の心を生み出す方法は、他にもあるだろう。とはいえ、人間の心は、脳がその時々において体や外界と絶え間なく会話を続けることによって形成されるのだ。

脳が何かを思い起こす時は、過去の断片を再現し、シームレスに組み合わせる。この作業を「想起」と呼ぶのだが、本当は脳が「組み立て」しているのだ。実際、脳は同じ記憶（より正確には、同じ記憶として体験するもの）を毎回、異なる方法で構築している場合がある。ここで述べているのは、親友の顔や、昨日の夕食で何を食べたかを思い出すといった、意識的な体験ではない。物や単語を見て、すぐにそれが何であるかが分かるとい

うような自動的かつ無意識な作業のことである。

あらゆる認識の行為は、脳による構築作業である。私たちは目で見るのではなく、脳で見ているのだ。他のすべての感覚においても同様である。脳は新しいセンス・データを受け取ると、以前に同様の目標を持った同様の状況で感じたものと比較する。このように比較することによって、すべての感覚が一度に組み合わせられる。なぜなら脳は、周囲の世界を体験し、理解するために、すべての感覚を一度に構築し、神経活動の壮大なパターンとして表現するからである。

脳はまた、過去の断片を斬新な方法で組み合わせるすばらしい能力を持っている。単に古いコンテンツを復活させるのではなく、新しいコンテンツを生成するのだ。例えば、私たちは、翼の生えた馬の絵など、過去に遭遇したことのないものも認識できる。実際にはペガサスを見たことがなくても、古代ギリシャ人と同じように、初めてペガサスの絵を見たとき、すぐそれが何であるかを認識できる。脳が、「馬」や「鳥」、「飛行」など、馴染みの概念を組み合わせ、一貫したイメージと



図 1：人間の脳は、使用目的によって物を分類できる。機械学習を利用するコンピューターは羽として認識するだけである

して構築できる驚異的な能力を備えているからである。

さらに、脳は、見慣れた物に、物理的性質の一部ではない新しい機能を与えることもできる。図 1 の写真をご覧いただきたい。現代のコンピューターであれば、機械学習を利用して、簡単に羽と分類できる。ところが、人間の脳はそういうふうには働かない。これを森の地面で見つけたら、もちろん羽であろう。しかし、18 世紀の作家にとってはペンである。シャイアン族の戦士にとっては名誉の象徴である。スパイごっこをしている子どもには手軽な付け髭になる。脳は、物理的な属性

だけでなく、どのように使われるかという機能によって物を分類する。亡くなった指導者の顔が印刷された紙片を見て、物と交換可能な紙幣であると認識する際は常に、このようなプロセスを経ているのである。

脳のこのすばらしい能力は、アドホック・カテゴリー構築と呼ばれる。脳は瞬時に、過去の経験を利用して、羽が含まれるカテゴリーとして「名誉の象徴」のようなカテゴリーを構築する。カテゴリーに属するかどうかは、物理的な類似性ではなく、機能的な類似性によって決まる。つまり、特定の状況において、どのように使用されるかが

重視されるのだ。このようなカテゴリーは、抽象的カテゴリーと呼ばれる。コンピューターは、羽を勇敢さに対する報酬として「認識」することができない。そのような情報は羽に含まれていないからである。それは、知覚した人の脳で構築される抽象的なカテゴリーである。

コンピューターには、少なくとも現在のところは、このような機能はない。コンピューターは、過去の事例に基づいて既存のカテゴリーに分類すること（「教師あり機械学習」と呼ばれるプロセス）と、事前に定義された特徴（通常は物理的な特徴）に基づいて新たなカテゴリーにまとめること（「教師なし機械学習」）ができる。しかし、「スパイごっこの付け髭」などの抽象的なカテゴリーを瞬時に構築することはできない。そして、非常に複雑な社会において理解し、行動するために、1秒間に何度も抽象的なカテゴリーに分類することなどは、まったく不可能なのだ。

記憶が構築されるものであるように、感覚も構築によるものである。見るもの、聞くもの、嗅ぐもの、味わうもの、感じるものはすべて、脳内外

のものが組み合わされた結果である。例えば、タンポポを見ると、茎が長く、花びらが黄色で、柔らかくて弱々しい感じの質感を持っていることが分かる。これらの特徴は、脳に流れ込むセンス・データに反映される。他の特徴は、タンポポは花束に入れるべき花なのか、地面から取り除くべき雑草なのかというような、より抽象的なものだ。

脳はまた、信号と雑音を区別して、どのセンス・データが関連していて、どれが関連していないかを判断しなければならない。経済学者や他の科学者は、この判断を「価値」の問題と呼んでいる。

しかも、価値自体、構築された抽象的な特徴である。外界から生じるセンス・データに本来備わっているものではないので、センス・データだけの情報では検知できないのだ。価値とは、感知している自分自身の状態に関連した情報に付随するものである。価値の重要性は、生態学的に考えると最もよく理解できるだろう。例えば、自分が森を徘徊する動物であったとして、遠くにぼんやり何かの姿が見えたとしよう。食物として価値のあるものか、それとも無視できるものか。エネルギー

を費やして追いかける価値のあるものだろうか。この答えは、自分の体の状態にもよる。お腹が空いていなければ、ぼんやりと見えているものの価値は下がるだろう。また、自分を食べようと狙っている動物であると脳が予測しているかどうかにもよっても価値は異なる。

多くの人は、店での買い物を除けば、日常的に食料を探すことはない。しかし、価値を見積もるというこのプロセスは、人生におけるすべてのことに適用できる。近づいてくる人は友人か、敵か。新作映画は、見る価値があるか。残業をすべきか、友人と飲みに行くべきか。それとも、少し、睡眠をとる方がよいだろうか。それぞれの選択肢は、行動するための計画であり、その計画自体、価値の見積もりを内包する。

価値を見積もる際に機能する同じ脳回路はまた、気分や、科学者が情緒（感情）と呼ぶ最も基本的な感覚を司っている。情緒（感情）とは、「心地よい」、「不快」、「高揚した気分」、「落ち着いた気分」など、単純なものであり、情動とは異なる（情動はより複雑なカテゴリー構造である）。情緒

（感情）とは、体の代謝状態を脳がどのようなものとして把握しているかを簡単にまとめたものであり、一種のバロメーターのようなものである。人間は、ある物が自分に関係があるかないか、つまり価値があるかないかを判断する際、情緒（感情）を頼りにする。例えば、この記事が非常にすばらしいと感じたり、著者は頭がおかしいと感じたりした場合、あるいは、エネルギーを費やしてここまで読んでくれたなら、この記事はあなたにとって価値があるということになる。

脳は体を制御するために進化した。進化の過程で、多くの動物は体が大きくなり、複雑な内部構造を持つようになって、調整や制御が必要になった。脳はこのようなシステムを統合し、調整する司令塔のような役割を果たす。水、塩、ブドウ糖、酸素などの必要な資源を、必要な時に必要な場所に運ぶのだ。このような調整の仕組みをアロスタシス（動的適応能）と呼ぶ。アロスタシスは、体が必要としているものを予測し、必要が生じる前に対応しようとする機能である。脳がしっかり役割を果たしていれば、体内の各システムは、アロ

スタシスによって、必要なものをほぼ常時、手に入れられる。

重要な代謝バランスを達成するために、脳は、周囲の環境に対応した自分の体の理想的モデルを維持している。モデルには、何を見て、何を考え、何を感じるかといった意識的なものだけでなく、歩行など、無意識的な活動も含まれる。例えば、脳は、体温をモデル化している。「暖かい」や「寒い」といった認識や、日陰に入るなど自動的に実行する行動、そして、血流を変えたり、毛穴を開いたりするような無意識のプロセスは、このモデルが司る。脳は常に、過去の経験やセンス・データに基づいて体内外で次に何が起きるかを予測し、資源を移動させ、行動を起こし、感覚を引き起こし、モデルをアップデートするのだ。

このモデルこそが「心」であり、アロスタシスはその中核を担う。私たちの脳は考えたり、感じたり、見たりするために進化したのではない。体の調節をするために進化したのだ。私たちの思考や感情、感覚、その他の精神的な能力は、そうした調節の結果である。

アロスタシスはすべての行動や感覚の基盤となるものなので、もし体がなかったらどうなるか考えてみよう。ガラスびんの中の脳は、調整すべき体内システムを持たない。理解すべき体の感覚もない。価値や情緒（感情）を構築することもできない。従って、体外に取り出された脳は、心を持たないことになる。心に生身の体が必要だとは言わないが、刻々と変化する世界で効率的に調整するためのシステムを備えた、体のようなものが必要であろう。体は心の一部である。漠然とした比喩的な意味ではなく、実際に脳の配線に必要なものなのである。

私たちの思考や夢、情動、そして、今この記事を読んでいるという体験でさえ、その場の状況に応じたアドホックなカテゴリーを構築し、体を調節して生命を維持するという、脳による重要な使命の結果なのである。おそらく、私たちは心の動きをこのように体験することはないだろうが、脳内ではこうしたことが起こっているのである。■

世界最大級の 貴重な脳の コレクション

100 個ほどのガラスびんの中には、精神科病院から寄贈された貴重な患者の脳が収められている。

これらの人間の脳の断面は、かつて教育目的で使われていたものだ。2011 年に写真家のアダム・ヴォーレスが初めてこのコレクションを訪れたときは、もう何十年も放置された状態だった。以下

の画像は、ヴォーレスがアレックス・ハナフォードと共著で出版した脳についての書籍から抜粋したものだ。

テキサス大学には、ヒトの異常な脳の標本を集



Adam Voorhes & Robin Finlay



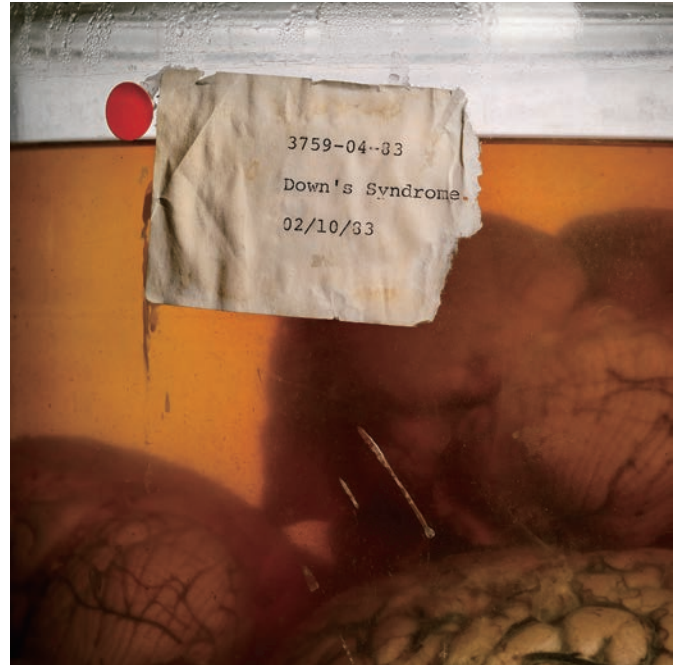
ADAM VOORHES & ROBIN FINLAY



ADAM VOORHES & ROBIN FINLAY



ADAM VOORHES & ROBIN FINLAY



めた世界最大級のコレクションがある。100 個ほどのガラスびんには、当時精神科病院だったオースティン州立病院の患者の脳が収められている。同病院の神経病理学者だったコールマン・ド・シェナーが 1950 年代から 30 年かけて収集したものだ。

「ダウン症」というラベルが貼られたガラスびん（上右）には、複数の脳が、おそらく他の臓器とともに収められているように見える。多くのガラスびんにはラベルが無く、どのような人のものなのかはほとんど分かっていない。

通常は早期死亡につながることが多い神経障害である「滑脳症（かつのうしょう）」のような、明らかに異常な脳もいくつかある。また、表面的

には正常に見えても、解剖すると腫れや出血が見られる脳も多い。このコレクションは、MRI（磁気共鳴画像）機器でスキャンされた。（Robin Finlay）**T**

**eムックは、MITテクノロジーレビュー
有料会員限定サービスです。**

**有料会員はすべてのページ（残り49ページ）を
ダウンロードできます。**

ご購入はこちら



<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA ASCII Research Laboratories, Inc.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社 角川アスキー総合研究所 の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。