

# 未来 設計 会議

Designing  
our  
future

シリーズ 1  
脳科学から見た社会デザイン

## 01

# こころは 分子が 知っている？

講師：糸原重美（理化学研究所）

企画構成+執筆：寺村たから 企画監修：高橋里英子

こころ  
は  
分子が  
知って  
いる？

## それってどういうこと？

こころは脳が生み出しています。

脳は分子（つまり物質）でつくられていて

脳の中では刻々と分子が流れ、

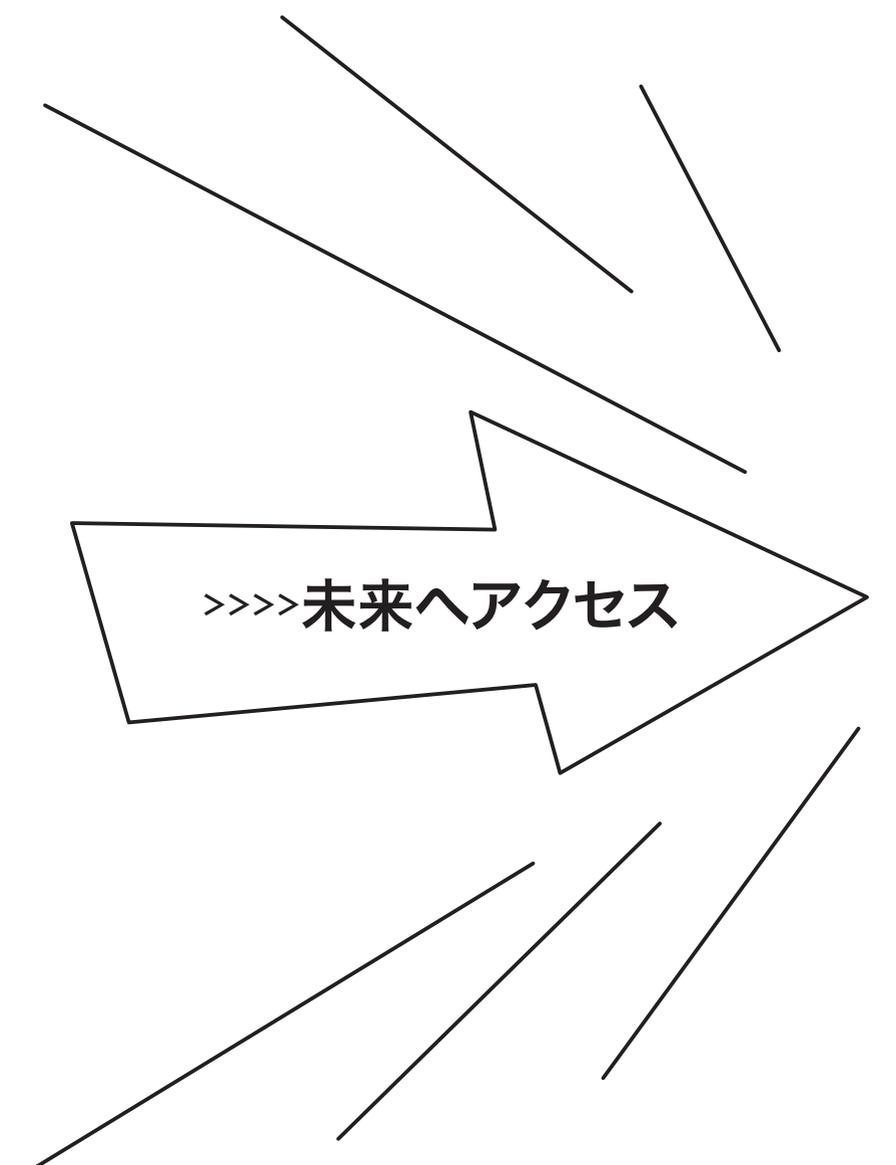
応答しあいながらさまざまな情報がやりとりされ、

感情（こころ）が生まれています。

すなわち、こころは分子に司られている、

少し強引に言い換えると、「こころは分子が知っている」

ということなのです。



>>>>未来へアクセス

では、詳しくみてみましょう。

こころと分子のプレ講座

## 脳の中の物質のはなし

**脳の中にはたくさんの物質が流れています。**

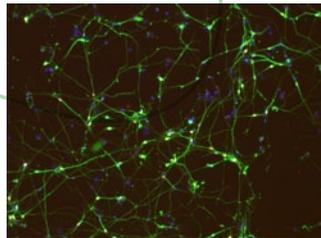
いわば脳は「化学物質づけの状態にある」といえます。この脳内の化学物質を分子レベルで解明し、こころの仕組みに迫る研究が、近年本格化しています。



脳の模型  
所蔵：日本科学未来館

**脳内には、神経細胞（ニューロン）が千数百億もあるとされます。**

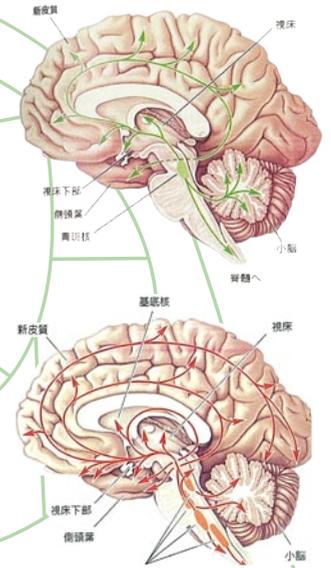
この神経細胞での情報のやりとりが、こころを司っています。神経細胞やその連なりからなる神経回路での情報のやりとりは、物質の流れで行なわれ、その物質はさまざまなタンパク質の働きによってつくられています。



脳の神経回路を蛍光物質により発光させている様子

**脳の物質の中には、アクセルとブレーキの信号の役割をになう物質があります。**

ノルアドレナリンやドーパミンなどのように覚醒をもたらすアクセル信号もあれば、セロトニンのように精神を安定させるブレーキ信号もあります。図はノルアドレナリンとセロトニンが作用している様子です。脳の広範部分に作用していることが分かります。



覚醒をもたらすノルアドレナリンの働き [図上] と、精神安定をもたらすセロトニンの働き [図下]  
出典：『神経科学 脳の探求』  
(M.F. ベアー、B.W. コノーズ、M.A. バラディーソ共著 / 西村書店)

**糸原先生も、  
脳の中の物質とこころの関係を  
さがっています。**



## 【講師の研究】

### こころに関わる遺伝子の発見

こころは科学で解明できると、ずっと考えてきました。  
どんな小さな生き物も、こころを持っていると信じています  
ですからマウスを使って、こころを研究しています。

「食事に誘ってみたいけれど、勇気がない・・・」。好きな人を目の前にしたとき、気持ちがゆれ動き葛藤した経験を、だれでも一度は持っていることでしょう。好きな人に、近づくか、遠ざかるか。人それぞれのアイデンティティともいえる「こころ」が、その大事な問題を握っています。このこころの仕組みを、科学で解明しようとする試みが始まっています。解明できるとしたら、社会にも影響があるに違いありません。

糸原重美氏（理化学研究所 脳科学総合研究センター）は、こころの働きを物質の働きへと還元して、仕組みを探っています。物質とこころは相反するもののように思えますが、どのような関係にあるのでしょうか。

## 脳内物質からこころをさぐる

「最近、『こころの研究』という言葉が、脳科学研究者のあいだで違和感なく使われるようになって、驚いています」（糸原氏）。

近年、MRIやNIRS（光トポグラフィ）など、体内を画像解析する技術が発達し、例えば恋愛の最中や将棋を打っている時などに脳の中で何が起きているのかなど、人間の行動を体の内側から探る研究が活発に行なわれています。脳のどの場所が活発化しているかを知ると同時に、その最中、どのような物質が使われているのかも分かってきました。「こころ」の動きと脳の中の「物質」の働きが、つながろうとしているのです。

糸原氏は、その物質の働きをマウスの遺伝子を使って解明し、こころの仕組みを明らかにしようとしています。マウスは不安や葛藤を感じたり、一番楽な方法を選んだり、周りの状況に応じて行動したりします。動物も人と同じようなこころを持つという考え方が、この研究の基盤になっているのです。

「私は、こころは科学で解明できるとずっと考えてきました。こころのありかをつき進めて考えていくと、脳の働きの一部であり、脳の働きは神経回路のやりとりの結果でしかないのです。つまり、こころは人間特有のものではないともいえます。“一寸の虫にも五分の魂”という言葉がありますが、他の生物もこころを持つとする考え方は、実は日本には昔からありました」。糸原氏も子どもの頃からそう考えてきたそうです。

こころの動きにあわせて変化する脳内物質の観測が進んだ結果、今では、「こころは脳の働きの一部であり、物質同士の作用、つまり脳内分子の働きで成り立っている」とする見方は、研究者たちの常識となり、動物を使ったこころの研究も盛んに行なわれているそうです。

## 遺伝子を使いこころの変化を見る

遺伝子を使ってマウスの脳内物質の役割を研究するとは、どのようなものなのか。もう少し具体的に見てみましょう。言語や学習、感情などの脳の

機能は、すべて、神経細胞のつくるネットワークの働きです。脳内ではさまざまなタンパク質が働き、神経細胞を構成したり、神経回路で情報のやり取りに使う物質をつくったりしています。そしてそれらのタンパク質の有無や量は、生物個々の持つ遺伝情報に左右されます。

実験では、マウスを使ってある遺伝子の働きを抑制します。すると、その遺伝子がつくるはずだったあるタンパク質を持たないマウスをつくることができます。もしも、このタンパク質が脳の中で大切な働きを担うはずだったとしたら？そうした状況下で、マウスの行動を探ってみようというのです。

糸原氏が注目したのは、脳内だけに存在するタンパク質 X11L でした。アルツハイマー病に関連するのではと考え、1996年に研究を開始。X11L をつくらないマウス (X11L-KO マウス) をつくり、通常のマウスとの違いを調べました。

なかなか違いが見つからずいたある日、事件が起こりました。そのころ研究室では、X11L-KO と普通のマウスの2種類を同じケージで飼育し、えさは毎日90分間、時間を決めてマウスが欲しがらだけ食べさせていました。ところがその日は、担当の学生がえさをケージ内に置いて帰ってしまったのです。

すると次の日、X11L-KO マウスに変化がありました。他とくらべて体重が減っていたのです。糸原氏はこの違いを見逃さず、学生が帰った後に何が起きたと考えました。原因をつきとめるため、まずはえさの量を減らし、ケージ内に置いてみました。すると、ケージ内の X11L-KO マウスだけ、体重が低下しました。もしかしたら X11L-KO マウスは、えさが足りずに取り合う状況になると、遠慮して食べる量が減るのでは？と糸原氏は考えました。

## 積極性に関わる遺伝子の発見

「遠慮した」という現象は、「こころが変化した」といえそうです。しかし、どうやってその曖昧なこころの変化を実験すればよいのでしょうか？

こころの変化を計る手法は、脳科学分野で確立されているわけではありません。しかし、この X11L-KO マウスの研究では、「遺伝子→タンパク質→行動」の変化という異なるレベルの3つの現象が、つながろうとしていました。糸原先生は行動の変化を計測する最終フェーズに、心理学で使われる行動解析手法を取り入れてみることにしました。

えさに近づくべきか、避けるべきか？この時マウスには、えさに近づきたい欲求と、争いを避けたい欲求が生まれると考えられます。そこでまず、タンパク質 X11L は両方の葛藤に関わっているという仮説を立てました。次に、マウスの体重が減ったのは、①えさをめぐる争いを避けたい欲求 (回避欲求) が増加した、②えさに近づきたい欲求 (接近欲求) が低下した、という2つの可能性があるかと仮定し、別々に調べることにしました (詳しくは P 10 参照)。

すると、X11L-KO マウスでは、①の回避欲求に変化は見られず、②の接近欲求が低下したことがわかりました。X11L は、マウスの積極性を低下させ、葛藤を避けようとする行動に関係していたのです。2009年、遺伝子による脳内のタンパク質の有無が、行動を左右しうることを明らかにしたこの研究は、脳科学の研究者たちに大きなインパクトを与えただけでなく、新聞に掲載されるなどして社会の注目を集めました。

では、行動を選択するこころの働きは、遺伝子のみで決まるのでしょうか？この問いに対して糸原氏は、「遺伝子は、行動の選択の幅を決めているにすぎないと考えています」と答えます。特定の遺伝情報を持つ個体がすべてある特定の行動をするわけではなく、ある特定の行動を選択する割合が高くなる、ということです。

マウスでも人でも、皆それぞれに育った環境が異なり、別々の経験を持っています。経験と遺伝情報の両方が、行動の選択に影響します。糸原氏は、遺伝情報は脳の神経回路の大まかな基盤設計、つまり受け皿を決めており、そこに何をどれだけ盛るかの細かな仕組みの設計は、環境や経験が決定しているのではないかと考えています。(→本文 P11 にづく)



(→ P9 のつづき)

## こころの研究が社会にもたらすもの

「こころの研究は、登山にたとえるとまだ一合目です。頂上はまだまだ見えません。しかし、今まで人間しか持たないとされてきたこころがマウスにもあると認められたことで、マウスを遺伝学的に操作しながらの研究が随分やりやすくなりました。ですが、こころの動きを検出する方法が未だ確立されていないという困難があります。今後、研究成果の蓄積によって、だんだんとその手法も確立されていくのだらうと思います」と、糸原氏。

では、こころの仕組みが解明されると、どんな利点があるのでしょうか？

脳科学の成果はどのように役に立つのでしょうか？

「まず、精神疾患の病因の解明などへの応用が期待されます。また、価値観が変わり、人間同士はもとより、人間と動物のコミュニケーションがよりスムーズになるのではないのでしょうか」と糸原氏は語ります。「こころには個性があります。こころの仕組みが解明されれば、自分とは違うこころの個性の持ち主のプラスの面を、より多く認められるようになると思います。良い性格、悪い性格という考え方ではなく、価値観の多様さを認めあえる社会になると期待しています」。

ヒトという存在について知ろうとするとき、こころの理解は外せません。こころを自分そのものだと考える人も、少なくありません。哲学や心理学など、人々は昔からこころの在り処を探求してきました。脳科学は、こころが脳という臓器の、神経細胞の中の物質の動きにすぎないことを明らかにしようとしています。わたしたちの存在は果たしてどこにあるのか。脳科学は、より深く、わたしたち自身を知るための大きな助けとなるでしょう。

糸原重美 いとはら・しげよし

理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動遺伝学技術開発チームリーダー。

1978年山口大学大学院修了後、動物衛生研究所で免疫の研究を行なう。87年農学博士。88年から3年間、米ハワードヒューズ医学研究所。京都大学ウイルス研究所を経て、97年から現職。遺伝的にさまざまな特性を持ったマウスを作成し「こころ」の仕組みの解明に取り組んでいる。

理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動遺伝学技術開発チーム

科学から未来へ science>>>future

## 未来設計のための会議報告

【今回のお題】

あなたは、脳科学の成果を社会にどう役立てますか？

講師の糸原重美氏の研究についてお話をうかがった後、会場の参加者に2つの問いを投げかけながら、脳科学の成果を社会にどう活かせばよいのか議論しました。会議のまとめを報告します。

開催日：2010年12月25日

参加者の人数：46名



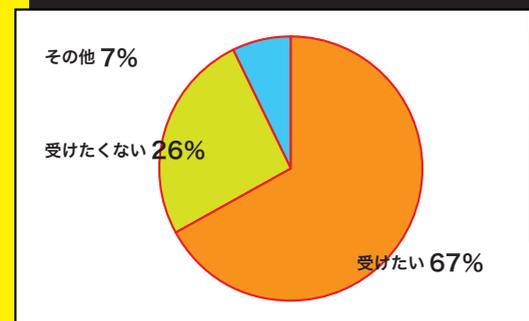
ファシリテーター 寺村たから

### Q1 性格に影響する遺伝情報を調べる検査があったら、受けていますか？

糸原氏はマウスの実験で、あるタンパク質分子をつくる遺伝子の有無が、こころと行動を左右することを示しました。性格に影響する遺伝子が、今後も発見されていく可能性は、高いといえるでしょう。

### A1

受けたい	67%	(31人)
受けたくない	26%	(12人)
その他	7%	(3人)



### ■考察

約7割が「受けたい」と答えました。理由として、自分を理解するツールとして使いたいという意見

が大半を占めました。「検査を受け、必要であれば性格を修正したい」という意見の一方で、「結果がどうあれ自分是不変わると思う」という参加者もいました。また、実際の性格と遺伝子検査の相関を見たいという方もいました。

「受けたくない」という回答の理由には、「検査結果の性格を信じてしまいそうだから」が多く、他には「差別等につながる可能性がある」「検査結果によって画一的な扱いを受けたくない」などの社会的影響を心配する声がありました。

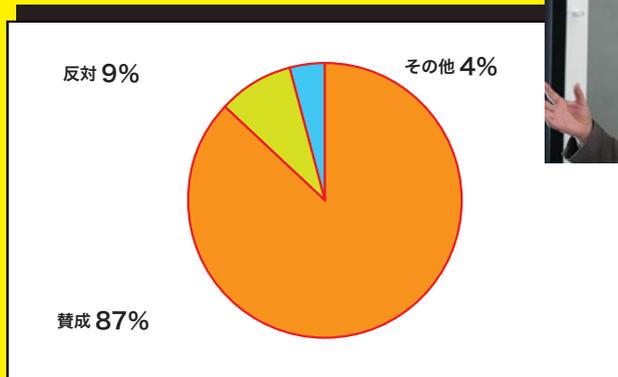
現在、医療の分野では遺伝子検査が広がりつつあります。しかし、特に性格については、その人のメンタリティそのものだと考える人も多く、性格に関連する遺伝情報の扱いには、今後十分な議論が必要です。

## Q2 こころのしくみを解明することに賛成ですか？

脳科学の進展によって、脳の機能のひとつであるこころのしくみが明らかになってきています。そもそも、こころのはじまりを脳のしくみを見て探るといような、こころを脳科学的に解明しようとする取り組みは、一般の方々にどうとらえられているのでしょうか？

### A2

賛成	87%	(40人)
反対	9%	(4人)
その他	4%	(2人)



### ■考察

ほとんどの参加者が「賛成」と答えました。理由として「わからないことを解明するのが科学」「こ

ころが何か、というのは人類の長年の疑問」「人間とは何かという問いへの答えとなる可能性がある」という意見があがりました。一方、「反対」の理由には、「悪用される可能性がある」などの意見があげられました。こころの研究には期待が集まっていますが、その研究成果の社会への影響については、プラス面・マイナス面を含めた説明と、一般を巻き込んだ議論がより重要となりそうです。

また議論では、「何をもって“こころ”というのかが分からない」「特定の脳内分子の有無で性格や行動が決まるのであれば、人それぞれのアイデンティティとは何か？」など、こころの定義に関する疑問も投げかけられ、参加者全員がもう一度、こころと自分の存在について考える時間となりました。

## Q3 脳科学の成果をどのように社会に役立てたいと思いますか？

以上のような議論を経て、参加者それぞれが考える「脳科学の社会への役立て方」を提出してもらいました。

- ・脳や心の病気の治療の開発に役立ててほしい。
- ・会話のできない人や動物と、コミュニケーションがとれる可能性が広がる。
- ・子供の好奇心を育てることに役立てたい。
- ・恋愛成就に役立てる。
- ・今までの思考の枠組みを超えるパラダイムをつくる。
- ・極端な例だが、悪意を事前に察知して犯罪を防止する。
- ・行動がコントロールできれば、犯罪等も減ってゆくのでは？ただ、それは自然のあり方なのか？
- ・プラスの方向に使われることが必須条件。
- ・プラスの性質もマイナスの性質も良い方向に向けて個性を活かして生活できるようになると良い。逆に（個性を）単一化する方向に進んでほしくないと思う。それが心配。
- ・脳科学の発展を止めることはできないと思う。その副作用として生じる「良からぬこと」を予測できるほど人間は賢くはない、ということを常に念頭に置いて、研究を進めるべきであろう。
- ・自分を見つめることや、企業のマーケティング。
- ・子どもの好奇心を育てることに役立てたい。
- ・プラスになるように脳科学を役立てたいと思います。ただし、どこまでいっても（良し悪しに対しては）「その傾向がある」というところまでしかいかないとはいえるのですが・・・。
- ・脳と主体（意識も含む）の関係こそ、今、ひとつの最先端であると思う。ですがその先の、主体とは何か、意識とは何かの本質を解明することが求められる。物質と精神のよい具合が分かれば、よい世界をつくることができる。
- ・人に似たロボットをつくることできる。
- ・人間社会での平和な生存に必要。
- ・例えば、学校のクラスやプロジェクトチームをつくる時に役立てる。
- ・成果を利用してもっと他者を理解できるようになれば、争いは避けられるのではないかと。
- ・やはり人の幸せの向上につながる方面に役立てたい。



発行：日本科学未来館

〒135-0064 東京都江東区青海 2-3-6

電話：03-3570-9151

<http://www.miraikan.jst.go.jp/>

©2011 National Museum of Emerging Science and  
Innovation (Miraikan) All Rights Reserved

