

つながる脳科学

講談社ブルーバックス 2016

(Web 公開用に若干改変)

イラスト: 大久保ナオ登氏



親子のつながりをつくる脳

著者: 黒田公美 親和性社会行動研究チーム チームリーダー

誰にでも子どもだった時期があり、誰かに育てられて成長します。そして大人になれば、子どもを育てるという経験をすることも多いでしょう。その意味で、親子関係は誰にとっても身近な話題です。

私たち人間をはじめ、哺乳類の赤ちゃんは未熟な状態で生まれるので、親が子育てをしなければ成長できません。親は授乳するだけでなく、保温をする、体を清潔にしてあげる、危険から守るなど、子に対してさまざまな世話をします。一方、子どもは、世話をしてくれる親を慕い、後を追いつき、姿が見えなくなれば泣いて呼ぶなど、親子関係を維持するために積極的に働きかけます。これらを「愛着行動」と呼びます。

そもそも、こうした「親と子のつながり」とは何でしょうか？

私は、脳の研究からそのメカニズムを解明したいと思っています。子育てと愛着は本能的欲求にもとづく行動ではありますが、とても高度で難しいものです。それには、脳のどのような機能が関わっているのか、親と子のそれぞれの側から研究しています。

親と子の間にはつよい絆があって、はじめから愛情で結ばれているはず——そう考えている人も多いかもしれませんが、子育ては、経験もなしにはじめから上手にできるほど簡単なものではありません。親子双方の性格や心身の健康状態、経済状況など、さまざまな事情が重って、結果的に親子関係に困難をきたすことは普通にあります。育児放棄(ネグレクト)や虐待、家庭内暴力などのより大きな問題でさえ、現代の日本においてもまだしばしば起っているのが現状です。親子関係を脳から研究することで、そうした問題の解決にもつなげたいと考えています。

脳研究の過疎地に挑む

私は精神科の研修医時代に、いろいろな悩みや心の問題を抱えた人のうち、かなり多くの方々が、過去の親子関係に悩んでいることを知りました。そのときの経験から、親子関係を脳のレベルで解明したいと思い、基礎研究の道に進みました。

しかし、じつは親子関係の脳研究は、あまり盛んではありません。脳科学では、たとえば『つながる脳科学』2章「脳と時空間のつながり」に登場した空間記憶は非常に人気のある分野です。空間を動物がどう認知し、その

中での自分の位置や運動状態を理解し、さらにそれをいかに記憶するかには、海馬などの脳部位を中心にした精緻なメカニズムがあり、多くの脳科学研究者が研究しています。視覚や嗅覚、運動制御なども人気の高い分野です。心の感情的な働きに関する研究の中では、6章「脳と感情をつなげる神経回路」で詳しく紹介された恐怖や不安などの不快な感情が、病気との関連が高いこともあって注目され、研究人口も多いのです。

一方で親子関係や愛情、友情のような心地よい感情は、一般の方にもなじみのあるテーマだと思うのですが、なぜか研究人口が少なく、過疎地のようなものです。親子関係の中では「親子を分離したときに、子どもの発達にどんな悪影響があるか」という研究は、第二次世界大戦前後の孤児院での研究から始まり、今でも人気のある分野ですが、親子関係を築くための親や子の行動がどのような脳内回路によって制御されているのか、研究している人は多くありません。子育てと子の親への愛着を司る脳神経回路の解明に特化して研究しているのは、私たちの研究室を含めて世界でもわずかしかないのが現状です。

子育てに影響する遺伝子はどこ？

1996年にアメリカの研究グループによって、世界で初めて「特異的に子育て行動ができないノックアウトマウス」が報告されました。ただしこれは、もともと子育てを解明するための研究ではありませんでした。別のテーマで研究をしていた人が、ある遺伝子に注目してノックアウトマウスを作ったら、結果的に子育てができなかったという経緯でした。子育てを研究したいと思っていた私は、彼らの結果に感銘を受け、そのテーマでポストドクとして働きたいという手紙を出しました。

しかし「私たちは子育てにとくに興味があるわけではなく、今後その研究を継続するつもりはない」という返事だったのです。そこで私は、このマウスをはじめ、いくつか報告されはじめた子育てのできないノックアウトマウスを譲り受けて集め、その共通点を探すことで、子育ての分子機構を解明しようと思い、独自に研究を始めました。

ですが実際に研究を始めてみると、遺伝子をノックアウトして特異的に子育てに影響を与えることは、とても難しいことでした。ほとんどは他の行動にも影響が出ていたり、感覚受容や健康状態に問題があったりし、その結果として子育てが困難になっていたのです。15年前から始めて、10種類以上の遺伝子変異マウスを調べましたが、残念ながら、遺伝子1個の変異によって、特異的に、かつ決定的に子育てができなくなるという知見を見出すことは今でもできていません。

おそらく、子育ては哺乳類にとって非常に大切であるため、たった一つの遺伝子に完全に頼ってしまうことはなく、リダンダンシー(冗長性)があるのだろう、と考えられました。

小さな脳部位が関わっていた！

ところが、少し視点を変えて遺伝子ではなく脳の場所(脳部位)に着目することにより、「子育てに特異的に必要な脳内の物質的基盤」を解明する糸口が見えてきました。

一つの小さい脳部位が、子育てに大きな影響を持っていたのです。それは「内側視索前野中央部(ないそくしやくぜんやちゅうおうぶ)cMPOA」という部位です。2012年に母親マウスで同定し、2015年には父親マウスでも子育てに必須であることを明らかにしました。

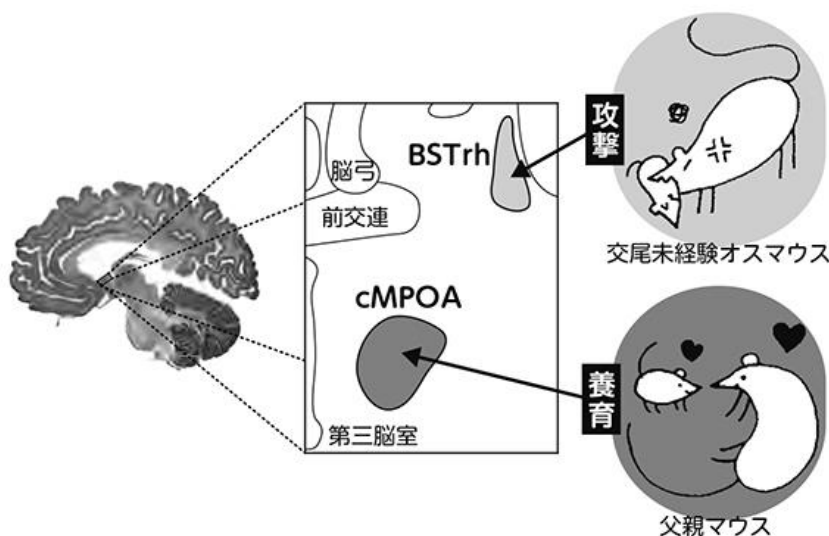
それまでに、「内側視索前野(MPOA)」という領域が子育てに大切だということは、ラットを用いた実験で解明されていました。内側視索前野は、視床下部の前方に位置する領域で、正確には視床下部ではありません。MPOAを破壊すると子育てに支障が出るということはわかっていましたが、その中でとくにどのようなニューロンが必要なのか、また、どのような他の脳部位から情報を受け取り、どこに情報を発信するのかなど、回路の全容は明らかになっていませんでした。

そこでマウスを使ってより詳しく調べていくと、MPOAという領域の中の後方の中央付近にある小さい部位が、マウスの子育て行動には必須であるということが分かってきました。

この脳部位の機能が抑制されると、子育て経験を積んだ母親マウスでさえ、自分の子を育てずに攻撃してしまうことが判明したのです。この脳部位を明確に示す名前はまだ脳地図上になかったので、「cMPOA」と名付けました(図1)。

図1 子育てに関わる脳部位

cMPOA(内側視索前野中央部)は子を養育するのに関わり、BSTrh(分界条床核菱形部)は、子を攻撃するのに関わる脳部位だと判明。中央の図は、マウスの脳地図で、冠状断を見た様子を模式化したもの。ヒトの脳では左に示したあたりに相当する。
(Tsuneoka & Tokita et al., 2015)



脳地図とは、脳のどこにどんな脳部位があるかを網羅した、文字通り「脳の地図」です。脳科学の研究者にとっては必須の資料ですが、研究者が少ないために脳地図がまだ確立していない脳部位もあります。MPOA やその周辺もそうで、いろいろな分子の分布などを調べることによって、地図自体を自分で作りながら研究を進める必要があります。

ヒツジなど他の哺乳類の実験でも、MPOA が子育てに重要であると考えられています。今回、マウスの実験で、MPOA のなかでもとくに cMPOA という微小部位で、子育て行動がコントロールされていることが分かってきました。

MPOA や cMPOA は人間の脳ではまだ正確に同定はされていないのですが、現在は、マウスで cMPOA に特異的な分子を探索し、それを小型のサルであるマーモセットで検出することで、マウスでの cMPOA にあたる部分を霊長類で明らかにする研究を進めているところです。

メスとの経験によって「父性」が目覚めた

さらに、オスマウスでは「分界条床核菱形部(ぶんかいじょうしょうかくりょうけいぶ)BSTrh」という広義の扁桃体に属する脳部位(図 1)が、赤ちゃんマウスに対する攻撃性に関係することも分かってきました。

「オスの子殺し」については、野生動物の生態や行動学の話聞いたことのある方もいるかもしれません。ハーレムのように、1匹のオスのリーダーを頂点にした群れを構成する一夫多妻制の動物種で、リーダーが新しいオスに倒されて群れが乗っ取られると、前のリーダーの血を受け継ぐ子どもを新しいリーダーが皆殺しにし、それをきっかけに群れのメスが発情して交尾を始めるのです。

これは人間から見るとショッキングですが、オスが自らの遺伝子を効率よく複製するための、生物学的には適応的な行動です。

そして交尾の結果、新しいリーダー自身の子が生まれてくる頃になると、オスは子殺しをせず、むしろ子どもを守り育てるといって、「父性の目覚め」が起こります。

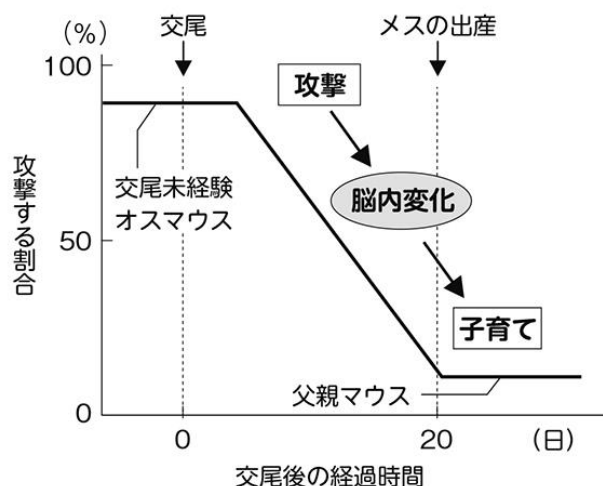
これは、すでに 50 年以上前にハヌマンラングールというサルで見つかった現象です。ほかにも、ゾウアザラシ、ライオン、ヒヒやマウンテンゴリラにも同じ現象が観察されていますが、そのメカニズムは解明されていませんでした。

マウスにも同じ現象があることがわかっていましたので、私たちはマウスでこの「父性の目覚め」現象の解明を目指しました。

興味深いことに、交尾しメスと同居する経験を経たオスマウスは、自分の子だけではなく、よその子でも殺さずに子育てをします(図2)。オスのマウスには、自分が交尾して生まれた子と他人の子を確実に見分けることはできないので、安全のためすべての子を同じように扱うのでしょう。

図 2 交尾をするとオスマウスは父性が目覚める
交尾未経験のオスマウスは子マウスを攻撃するが、
交尾を経験し、20 日ほど経ってそのメスが出産をする
頃には子を養育するようになる。

(vom Saal et al, 1978; Tachikawa et al, 2013)



よその子からくる匂い、見た目などの感覚入力、交尾をする前の子殺しのときと交尾後の子育てをする時期でまったく同一なので、メスと交尾し同居したという社会的記憶がオスの脳を変え、子に対する行動を正反対に変化させると考えられました。つまり、社会的な文脈で子育てするか子殺しするかを瞬時に切り替えているのです。

「子育て」「子殺し」のとき脳内で起きていること

では、子育てと子殺しのどちらにするか、決断する脳部位はどこにあるのでしょうか？そして、メスとの経験はオスの脳のどの部位に蓄えられ、決断する脳部位に影響を与えているのでしょうか？

この問題を解くために、まず私たちは、子マウスを攻撃する未交尾のオスと、子育てをする父親オスを、それぞれ子マウスと同居させ、2時間後に脳を摘出し、どの脳部位の活性が高まっているかを調べました。

脳部位の活性は、遺伝子発現を調整するタンパク質である、c-Fos という転写因子の量で調べることができます。神経細胞が活発に機能して遺伝子発現も活発になるとき、転写因子 c-Fos タンパク質の発現量が上昇するため、神経細胞の活性化の指標になるわけです。

結果、子マウスを攻撃する父親マウスでは、BSTrh という場所で c-Fos タンパク質が増加しました。一方、子を養育する父親マウスでは、MPOA の後方中央部 (cMPOA) で c-Fos タンパク質が増加していたのです。

しかし、この実験では、脳部位の活性化と行動の間に相関関係があることは言えますが、因果関係までは分かりません。脳部位の活性化によって行動に至ったのか、あるいは行動の結果として脳部位が活性化したのかを区別できないのです。

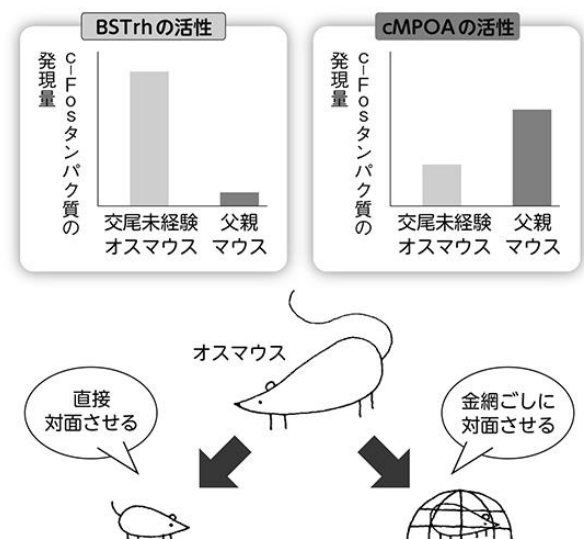
そこで、今度は同居させる子マウスを金網で覆い、実際には攻撃や養育ができない状況で、同じ実験を行いました。金網越しにオスマウスと子マウスを対面させたあとに、オスマウスの脳を調べたのです。

結果は、先ほどとほぼ同じでした。つまり、BSTrh や cMPOA の活性化は、子マウスに対して起こした行動の結果ではなく、行動を起こそうとする意欲や動機を反映していると考えられるのです (図3)。

図3 脳を見れば、子を攻撃したいのか子育てしたいのか分かる

子マウスと同居(直接対面)させたあとのオスマウスの脳の c-Fos 活性を調べると、上図の通り、子を養育する父親マウスでは cMPOA で活性化し、子を攻撃するオスマウス(交尾未経験)では BSTrh で顕著に活性化した。金網越しに子マウスと対面させたあとでも同様の結果に。

(Tsuneoka & Tokita et al., 2015)



さらに、cMPOA と BSTrh の活性化が子マウスへの攻撃や養育に必要などうかを確かめる実験を行いました。交尾未経験のオスマウスの BSTrh の働きを薬剤注入によって阻害すると、子マウスを攻撃する頻度が減りました。これは、BSTrh の働きが子マウスへの攻撃を促進することを示しています。

一方で、父親マウスの cMPOA の働きを阻害すると、まったく養育しなくなっただけでなく、子マウスを攻撃するようになったのです。さらに cMPOA の働きを阻害したときは、BSTrh が活性化されていました。

つまり、cMPOA は BSTrh を抑制していると考えられたのです(図4)。

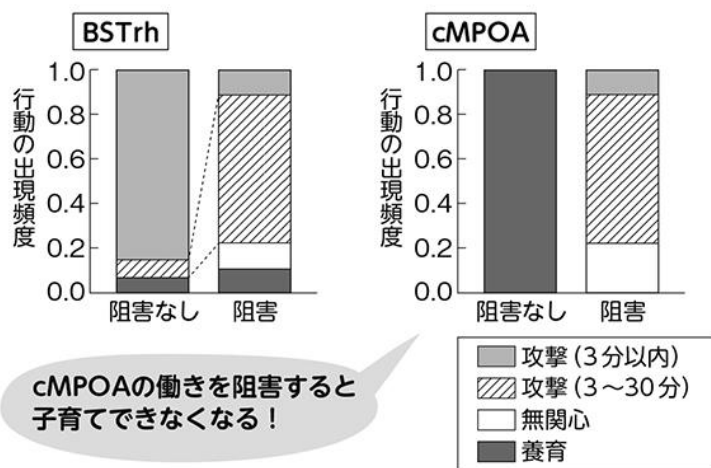


図4 子育てに関わる部位の働きを抑える
どうなる？

交尾未経験オスの BSTrh を阻害すると(図左)、阻害しないグループと比べて、子への攻撃を始めるまでの時間が長くなるマウスが増えた。一方、父親マウスの cMPOA を阻害すると(図右)、養育するオスマウスは皆無になり、子を攻撃するオスマウスが有意に増えた。

(Tsuneoka & Tokita et al., 2015)

**cMPOAの働きを阻害すると
子育てできなくなる！**

実験結果からは、養育行動に関わる cMPOA が活性化されると、子マウスへの攻撃に関わる BSTrh の働きが抑えられるような神経回路が形成されていることが推測できます。

実際に、BSTrh と cMPOA の結合様式を解析すると、GABA 作動性の抑制性ニューロンが、cMPOA から BSTrh へ投射していることが分かりました。ちなみに GABA 作動性の抑制性ニューロンとは、GABA (γ-アミノ酪酸) を神経伝達物質に持つ、投射先を抑制するニューロンのことです。

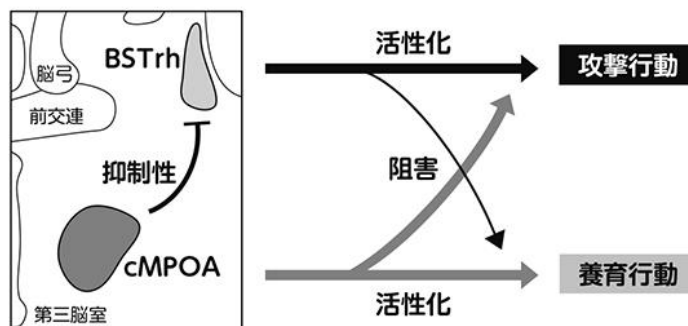
そこで次に、光遺伝学的手法を用いて、cMPOA の活性化が攻撃行動へ与える影響を確認しました。

光遺伝学(オプトジェネティクス)については、『つながる脳科学』第1章「記憶をつなげる脳」を参照してほしいのですが、簡単に説明すると、ウイルスベクターを利用して、光が当たると神経細胞を活性化するチャンネルロドプシンというタンパク質を cMPOA の神経細胞にだけ作らせ、cMPOA を照らせるように光ファイバーを手術で埋め込みました。このことで、外から人工的に cMPOA の神経細胞を活性化させることができます。

そして、光を cMPOA に当てながら子マウスと同居させたときと、光を当てないで同居させたときで、行動を比較します。すると、予想通り子マウスに対する攻撃は光によって減少したのです。したがって、cMPOA が興奮すると BSTrh が抑制され、子殺しへの意欲が減って子育てが優位になる、という回路があると考えられました(図5)。

図5 子育てに関わる神経回路の仕組み

BSTrh は攻撃行動を促進し cMPOA は養育行動を促進するという、たがいに反する機能を持つ。cMPOA は BSTrh の働きを抑えている。BSTrh も cMPOA を阻害する機能を示すが、限定的である。



赤ちゃんを抱っこして歩くと泣き止んだ！

以上で紹介した研究は、子育てをする親側の脳の話ですが、より一層分かっていないのが、親子関係に関する子どもの脳の活動です。子どもが泣いたり泣き止んだり、親を後追いついたりといった親に対する愛着を示すために必要な脳部位については、最新の脳科学でもほとんど分かっていないといっても過言ではありません。

そもそも動物においても、成体(おとな)に比べて子どもの研究は難しいものです。子どもは急速に発達するので、脳の大きさも行動も成長にともなって日々変わっていきますし、身体が小さいので、実験自体が難しいのです。しかし、泣くなどの愛着行動はヒト・サル・マウスでかなり共通しているので、方法さえ工夫すれば、子どもの愛着の脳内メカニズムを研究することは可能です。

愛着の中でも、最近私たちは、赤ちゃんを抱っこして歩くと泣き止む、という現象を突き止めました。子育てをしたことのある方は、思い当たるのではないのでしょうか。ネコやイヌ、ライオンなど他の動物でも、親が子を運ぶときに子がおとなしくなって運ばれることは、経験的には知られていました。

しかし意外にも、この現象は科学的にまだ調べられていませんでした。それをヒトの乳児とマウスの実験で確認したのです。親が抱っこして歩くと赤ちゃんはリラックスして泣き止み、おとなしくなるのですが、それはマウスも人間も同じでした(図6)。

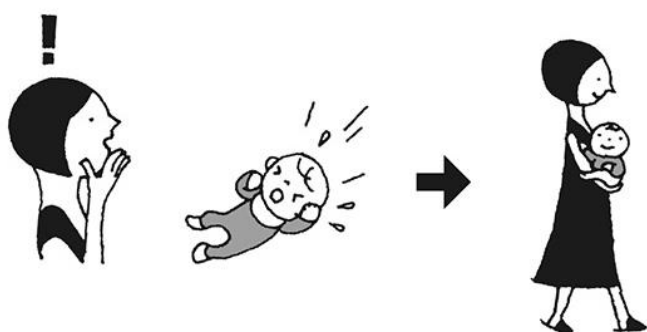


図6 赤ちゃんを抱っこして歩くと泣き止む! ——輸送反応

私たちは、この現象に「輸送反応」という名前をつけ、2013年に報告しました。通常はこのような基礎研究が実際の生活に役立つまでには時間がかかるのですが、この研究は、すぐに一般の家庭でも取り入れられて役立つことができました。

「輸送反応」という言葉はすでに、運ばれるときに人間や哺乳類の赤ちゃんがおとなしくなる現象、という意味で一般に使われ始めています。また輸送反応というキーワードでインターネットを検索すると、これを利用して子育てしているブログがいくつか見つかります。とくに、お母さんがいないときに慣れない子守りや寝かしつけをしなければならないお父さんが、「こうすれば泣き止むとわかって、赤ちゃんへの苦手意識がなくなった。みなさんもぜひ試してみてください」などと書かれているのを見ると、研究したかいたが思ったと思います。

「輸送反応」のメカニズム

この輸送反応について、私たちが行った実験を簡単に紹介します。

母親に、赤ちゃんを腕に抱いた状態で「座る・立って歩く」を約 30 秒ごとに繰り返してもらいました。このときの赤ちゃんの行動を映像で、生理的反応を心電図で記録しました。その結果、母親が歩いているときは座っているときに比べて、赤ちゃんの泣く量が約 10 分の 1 になり、足を蹴ったり手をつっぱったりする自発運動の量が約 5 分の 1 に低下しました。さらに心拍数は、母親が歩き始めて約 3 秒程度で顕著に低下しました。これらの結果から、母親が赤ちゃんを抱きながら歩くと、赤ちゃんがリラックスしおとなしくなることが分かったのです。

次に、マウスでも同じことが起こるかどうかを調べました。母親マウスは子マウスを運ぶとき、子マウスの首のうしろを軽くわえます。離乳前の子マウスは、このように運ばれるときおとなしくなります。また、母親マウスの動作をまねて人間が首のうしろの皮膚をつまみ上げても、子マウスはおとなしくなり、心拍数も低下しました。

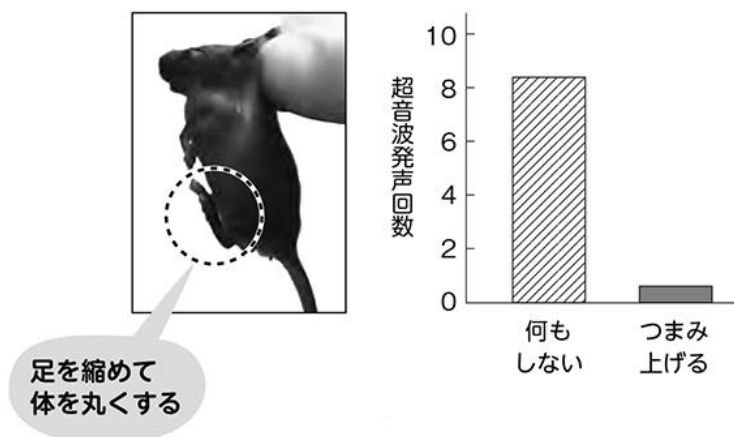
子マウスも人間の赤ちゃんと同じように、母親がいなくなったら泣いて呼びます。ただし、子マウスの泣き声は超音波で人間には聞こえないため、特殊な装置で測定します。その超音波で泣く回数も、つまみ上げたときは、何もしないときの 10 分の 1 ほどに低下しました。

これらの結果から、母親が子を運ぶときには、マウスでも人間でも子が泣き止んで、おとなしくなり、リラックスすることが明らかになりました(図7)。

図7 子マウスも、輸送運動によっておとなしくなる

子マウスは親マウスにくわえられたときのように首の後ろをつまみ上げられると、下肢を縮めて丸くなり、心拍数も低下する。そのとき、鳴き声(超音波発声)をあげる回数も、何もしないときの約 10 分の 1 に減った。

(Esposito & Yoshida et al., 2013)



次に、輸送反応のメカニズムを脳や生理機能のレベルで明らかにするため、さまざまな遺伝子改変マウスで輸送反応を調べました。マウスは母親に運ばれるとき、リラックスしていても完全にだらしとなっているわけではなく、下肢を縮めて丸くなることが知られています。

ですが小脳皮質に異常のあるマウスで実験をしたところ、輸送されるときに体を丸める姿勢ができないことが分かりました。また、正常なマウスでも、首のうしろの皮膚の感覚をリドカインという麻酔薬でなくしたり、ピリドキシン(ビタミン B6)の過剰投与で空中を運ばれている感覚を阻害したりすると、おとなしくする時間が短くなりました。

この実験からは、輸送反応中の姿勢制御(体を丸める反応)には小脳皮質が、おとなしくなる反応には首のうしろの皮膚感覚と空中を運ばれるときの固有感覚が、それぞれに重要であることが分かります。

ちなみにビタミン B6 は、神経細胞の活動に必須のタンパク質です。通常の食生活で、欠乏症や過剰症になることはありません。しかし実験的に普通の食生活やサプリでは起こりえないほどの量を投与すると、一時的に固有感覚を麻痺させることが知られています。固有感覚とは、筋や、腱、関節などの状態を知る内部感覚で、自らの手足がどうなっているのかを把握するために使われます。自分の体が動いているという感覚は、固有感覚と平衡感覚(前庭感覚)、そして視覚の3つを統合して作られています。

赤ちゃんがおとなしくなるのには理由がある

では、なぜマウスと人間に共通して、赤ちゃんは運ばれるときにおとなしくなるのでしょうか？ この輸送反応という現象の役割を知るために、ピリドキシンの過剰投与で運ばれていることが分からない状態になった子マウスを、母親マウスに運んでもらう実験をしました。すると、おとなしく運ばせてくれない子マウスは、普通のおとなしくしている子マウスに比べて、母親が運ぶのに時間がかかってしまいました。

このことから、子が運ばれるときにおとなしくするのは、運んでくれる親に対する「協力」と考えられます。多くの哺乳類で親が子どもを運ぶのは、何か特殊な事情があるときです。たとえば、巣の近くにゾウの群れが迫ってくると、ライオンの母親は、1匹ずつ子をくわえて何キロメートルも歩き、別の場所に引っ越しをします。このような緊急事態で、親も急いでいるときに子どもがおとなしくしてくれないと、その子は置きざりにされてしまうかもしれません。

したがって輸送反応は、親の子育てに対する協力行動だと考えられるのです。輸送反応自体の存在は経験的に分かっていたとしても、その機能は、このような実験をしなければ証明できません。一時的にでも体の感覚を阻害するような実験は、人間の赤ちゃんではできないので、マウスで人間と共通する現象を明らかにして初めて、実験可能になるのです。

マーモセットで子育てを調べる

ちなみに最近、新しい霊長類モデルとして、先ほど出てきたマーモセットという中南米原産の小さなサルが注目されています(図8)。マウスやラットなどの齧歯類は、恐竜が絶滅した 6500 万年前頃、霊長類と分かれたと考えられており、カバやクジラなどと比べれば霊長類に近いのですが、それでも大きな違いがあり、マウスやラッ

トを使って明らかになったことを人間に応用するには、相当の飛躍があります。そこで、霊長類のモデル動物が求められているのです。



図8 マーモセットの家族
野生では主に樹上で暮らしており、父親や年上の兄弟も子育てに積極的に参加する。
右が母親、左で子(矢印)を抱いているのが父親。(撮影：齋藤慈子氏)

その中でマーモセットには、さまざまなメリットがあります。まず、体が小さいことや、順調にいけば5か月に一度、2匹ずつ子を出産する多産な性質から、飼育や実験には都合がよいこと。そして、マーモセットの脳皮質にはほとんどしわがなく、表面がつるんとしているのも、脳の研究にも有利です。通常の哺乳類の脳のしわにはかなり個体差があり、脳の区分を決める上で大きな障害になるからです。

そして、マーモセットは基本的に一夫一妻(野生では時に一夫二妻や二夫二妻)で強い家族の絆を築き、共同で育児も行うので、社会行動の研究に非常に適しています。密接な家族関係を持つため音声コミュニケーションも発達していて、マーモセットは、人間の耳にもはっきり分かる10種類以上のコールを鳴き分けます。また、独りぼっちにさせられると誰かが来てくれるまでずっと鳴いているところなど、人間の赤ちゃんの泣き声に機能的に似ているところがあるのです。今、こうした手がかりを用いて、マーモセットの愛着行動について調べているところです。

「本能」への誤解

最初にもお話したように、哺乳類は未熟な状態で生まれるので、必ず親の子育てが必要になります。そのため子育ては本能行動と呼ばれることがあります。本能という言葉は「まったく学習しなくてもはじめからできる行動」というように誤解されて受けとられることが多いので、ここで少し説明しておきたいと思います。

もし赤ちゃんが道端にいて泣いているとすれば、普通の人には周りに親がいないか探すものです。いなければ、抱き上げて保護しようと思うか、少なくとも誰かに伝えようと思うでしょう。

気にもかけずに通り過ぎて、その後も何も感じない人はほぼいないと思います。そうした気持ちは、教えられなくともほとんどの人が持っているものですよね。直接の利益はないけれど、それ自体にやりがいがある、やらずにはいられないからするのです。この意味で、子どもの世話・子育ては、基本的に「本能的欲求」の一種です。そうでなければ、子育てを必要とする哺乳類は生き残ってこられなかったでしょう。

しかし、「したいと思う」ことは本能ですが、実際の行動がうまくできるかは別問題です。本能行動にも学習は必要なのです。

私はよく、「1回目のセックスから上手にできた人はいますか？」と話します。母性についても、「母性は本能だから、上手に育てて当然」といわれることもあるのですが、これは母性神話という誤解です。

たしかに子育ては哺乳類にとって種の存続に関わる重要な行動ですから、子育てをしたいと思う意欲を司る脳内回路が、哺乳類の進化の中で保存されていることは間違いありません。しかし、初回から複雑な行為を思った通りにできるものではないのです。赤ちゃんがごはんを食べたり水を飲んだりするときも、最初は、こぼしてばかりで上手にできません。食欲が本能的であるにもかかわらず、です。

したがって、欲求が本能的であっても、上手に行うためには練習や経験が必要なのです。子育ては、あらゆる本能行動の中でも一番高度で難しいものであり、多くの経験が必要になります。はじめに上手くできなかったとしても、不思議ではありません。野生動物でも、初産では、世話がうまくできないため子どもの死亡率も高いですし、養育放棄(ネグレクト)もよく起こります。しかし2産目には同じ母親が上手に子育てすることがほとんどです。

親子関係の脳科学は役に立つのか

親子関係において脳の中で起きていることを探究し、そのメカニズムを明らかにすることは重要です。ですがその知見は単に科学的な興味を満足させるだけではなく、できれば、何らかの形で現実に起きる親子関係の問題に役立つものであってほしい、そうありたいと、私は思っています。先に出てきた、赤ちゃんの輸送反応を知ることは、泣いている赤ちゃんをなだめたり、寝かしつけたりすることに役立ちますが、これには行動を調べれば十分なので、脳内メカニズムの知識が役立っているわけではありません。では、親子関係の脳科学はどのように現実の人間社会に役立つ可能性があるのでしょうか？たとえば、子ども虐待などに応用できる可能性はあるのでしょうか。

虐待とまではいなくても、子育てに難しさを抱える親や保護者の方々は多いですが、実際には、子どもとの関係以外に悩みを抱えている場合がほとんどです。とくに多いのが、自分自身が親に十分養育してもらえなかった、あるいは虐待を受けた、という幼少期のつらい経験が背景にある場合です。

こういった体験が子どもの心理的な発達に影響を及ぼし、それが長じて自らの子育てを行う上で妨げになりうることは、統計的・心理学的な研究はされてきましたが、脳科学的には未知のままです。つまり、つらい過去の経験が、将来の問題行動や心の問題のリスクを高めること自体は分かっている、その真ん中にある「脳」がブラックボックスだと、どうしてそうなるのか、またその影響の程度が人によって違うのはなぜなのか、分からないのです。

人間の心の働きのなかで、自分自身が意識できる部分はかなり小さく、大部分が「無意識」に働いているということ、そしてその無意識の働きに、小さい頃の親に対する愛着が関係しているということをジークムント・フロイトが初めて示唆しました。そして、それが確かだろうということは、その後多くの研究者によって検証されました。

心の働きとは、何か超自然的な存在を仮定するのでもなければ、そのほとんどがすなわち脳の働きです。何か記憶されたり、学習されたりすることも、すべて脳の中に物質的なこと、たとえば脳内の特定の場所にある分子が増えてくことや、神経細胞と神経細胞の間のつながり(シナプス)ができたり消えたりすることなどの現れ

のはずです。ですから、小さい頃の親との経験も、オスマウスがメスマウスと一緒に暮らした経験と同じように、物質的に脳の中に残り、それによってその後の脳の働きを変えていくことになります。

フロイトたちも、親子関係に関する問題について、具体的・物質的に脳の中で何が起きているのか知りたかったらと思うと思います。しかし技術的に、手が出る時代ではありませんでした。たとえば神経解剖学はありましたが、まだ未発達でしたし、脳の小さい部分の働きを外から観察したり、定量したりすることはできませんでした。

今は動物を用いればそれが可能です。まずは動物実験で、つらい乳幼児期の体験が、脳のどこに、どのような影響を及ぼし、それが成長後のさまざまな心の問題のきっかけになるのか、明らかにする必要があります。それができて初めて、なぜ小さい頃に大切にされていないと、大きくなっていろいろな問題が引き起こされるのか、はっきり分かってくるでしょう。

ほかにもたとえば、ドメスティック・バイオレンス、貧困、家族や自身の病気なども、子どもをかわいと思う気持ちを混乱させたり、また、気持ちはあっても実際にかわいがる行動を難しくさせてしまったりする場合があります。こうした問題を明らかにし、解決を支援する上で、脳科学が役に立てば素晴らしいと思っています。

脳と心进行操作する技術

「すでにマウスでは、光ファイバーを脳に埋め込んで、子どもに対する攻撃行動を抑制することが可能なことから、その技術を子どもに虐待をしてしまう人間の親に応用するのはどうだろうか？」と聞かれることがあります。これは、技術を使って、「心」をコントロールすることと言えるでしょう。最後に、この問題について考えてみたいと思います。

まず、脳を直接操作することによって人間の行動を変えようとした過去の例として、1930～1940年代に行われた前頭葉白質切離術(ぜんとうようはくしつせつさいじゅつ:いわゆる「ロボトミー」)があります。重篤なうつ病などの精神疾患に対して行われた方法で、うつ病などに関係していると思われた前頭葉白質を他の脳部位と切り離す手術です。当初は治療法として大きく期待され、この方法を開発したモニスがノーベル賞を受賞したほどでした。しかし、対象が制限なく広げられ、犯罪者等にまで応用されてしまったこと、十分な安全対策なく行われたために事故で亡くなった方もいたこと、適切なインフォームドコンセントなしに行われたこと、意欲の低下や人格の変化といった副作用があることが分かってきたこと、などの問題点に加え、薬物療法が進歩したことから、その後、行われなくなりました。

しかし、脳を直接操作する治療法がなくなったわけではありません。たとえば、「パーキンソン病」という、体の動きがぎこちなくなったり手が震えてしまったりする病気があります。これは脳の中でドーパミンという、運動の制御に大切な物質の働きが不足することが原因で起こります。

そこで、脳の深いところにある視床下核などに電極を埋め込んで、高頻度電気刺激を与えることでその部位の機能を抑制し、脳内のドーパミンの作用を高める治療(脳深部刺激療法 Deep brain stimulation)があります。これはすでに日本でも2000年から保険適用となっており、多くの患者さんに行われています。また、事故などで脊髄が損傷したため手足が動かなくなってしまう人に、直接脳の活動を讀んで手足を動かす信号を取り出し、機械を使って手足を動かす技術(ブレインマシンインターフェース)も開発されています。

つまり、人間の脳から直接情報を読み出したり、外から活動を操作したりすることは、技術的に可能なばかりではなく、すでに行われていることなのです。

しかし、それを子育ての問題、たとえば虐待をしてしまう親に応用してもよいのでしょうか？ とてもそうは思えない、とんでもない、というのが一般的な感覚だと思います。パーキンソン病と子ども虐待の間の、この違いはどこにあるのでしょうか。

わたし自身と脳

すでに 1963 年にコンラート・ローレンツというノーベル賞学者が、名著『攻撃』の中でこの問題について述べています。

「今日わたしたちは自分の消化管の機能を知りつくしているばかりでなく、この知識をもとにした医学、ことに腸外科学のおかげで、年々幾千人もの生命が救われているが、それというのも、要するにわたしたちがだれひとりとして、この器官の働きに特別の畏敬や尊敬を払っていないという事情が幸いしているからだ」

「ところが人類は、かれらの社会構造の病理学的解決には無力であり、原子力兵器を手中にしながら社会のこととなると、まるでそらの動物となんら変わらず、理にかなう行動ができないということは、大部分、みずからの行動を高慢にも過大評価し、その結果、人間の行動の問題を研究可能とみられる自然現象から除外しているせいなのだ」

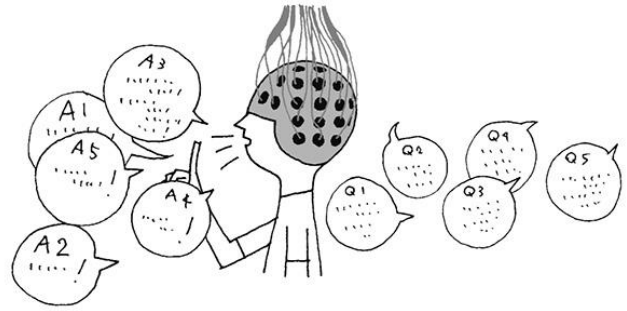
——つまり、体の働きと異なり、愛情や憎しみ、社会性といった自分の心の働きに人間は誇りを抱くあまり、科学的に調べ、それを白日の下にさらすことに強い抵抗感を感じるのだろう、というのです。

「自分自身とは何か？」あるいはもっと具体的に、「自分にとってほんとうに大切な『自分の部分』、そこを変えたら自分ではなくなってしまうくらい、自分という存在の中心にあるものとは何ですか？」と問われたとき、多くの人にとって、体やその働きは、そこまで大事ではないと思うのです（スーパーモデルやトップアスリートは違うかもしれませんが）。例えば足を怪我して義足になったり、心臓や肝臓や腎臓の病気になって他の人の臓器を移植したりしても、自分が自分でなくなった、とはあまり感じないのではないのでしょうか。

では、脳はどうでしょう。脳も臓器の一つですが、特別な存在です。というのは、人体の中で主観的な「私」にもっとも近い臓器が脳だからです。現実には不可能ですが、仮に自分の脳をまるまる他の人の脳と入れ替えたら、その人はもはや自分ではなく、脳の持ち主になってしまうはずで。というのは、生まれた時からのいろいろな記憶や経験、ものの感じ方、性格、そして意識など、主観的な「私」のほとんどの部分はすなわち脳の働きであるからです。

しかし脳の働きのすべてが、「私」という存在自体に不可欠ではないでしょう。たとえば先に挙げたような、身体の動きを震えたりふらつかないようにコントロールするような脳の機能は、人工的に操作しても、「自分の心が変わってしまった、自分という存在が操作された」とは感じません（註：パーキンソン病治療の作用は運動系だけではなく、ドーパミンが関わる精神面にも及ぶため、厳密に言えばもっと複雑です）。また、パズルや計算問題を解いたり、何かを記憶・学習したりといった道具的な知能はどうでしょう。もし将来、脳を操作して、ほかの部分はまったく変えずに学力だけを飛躍的に伸ばすことができるようになったら、やってみたいと思う人もいるかもしれません（図9）。

図9 脳が外からコントロールすることで、学力をアップが可能になったら……?



アイデンティティの根幹であり、変えられたくないと感じる心の部分には、やはり愛憎をはじめとする感情的な面があるのではないかと私は思います。

たとえば、大事な人を失って悲しみのあまり、ごはんも喉を通らない、眠れないほどの状態のとき、「この治療を受ければ悲しい気持ちがなくなりますよ」と言われたら、私たちはその治療を受けるでしょうか。もちろん、悲しみの持続やその強さにもよるでしょうが、何となく抵抗を感じてしまいますね。もし悲しさがなくなってしまうと、その人に対する愛自体も減ってしまうような気がするからかもしれません。

また、ささいなことでかっとなって暴力を振るってしまう人が、「こんな自分を変えたい。もっと他人に優しくできる人間になりたい」と思っていたとしても、「脳にチップを埋め込めば、他人に怒りの感情が湧いて意地悪や暴力をしそうになったら、強制的にそのような感情が消えて、優しくできるようになれますよ」と言われたらどうでしょうか。

『時計じかけのオレンジ』という1962年の近未来小説(1971年に映画化)には、人間の暴力的な行動を、政府が科学的な方法で強制的に消去する実験的な試みが描かれています。強盗や強姦を繰り返し刑務所に収容されていた非行少年アレックスは、「ルドヴィコ療法」と本の中で名付けられた新しい治療法の被験者となります。この治療法とは、一言で言えば、『つながる脳科学』の6章「脳と感情をつなげる神経回路」に出てくる「嫌悪条件づけ学習」であり、吐き気を引き起こす薬物を投与しながら残虐な暴力や性行為の映像を見せ続けることによって、暴力行為をしようとすると嫌悪感に捉えられてできなくなってしまう、という状態を作り出そうとするものです。治療が成功して暴力を働くことができなくなったアレックスを見て、アレックスと親しかった刑務所の教諭師は言います：

「神は、善良であることを望んでおられるのか、それとも善良であることを選択を望んでおられるのか？」

つまりアレックスは自らの意思で悪事をやめたのではなく、強制的に悪事をできない状態にさせられたのです。社会秩序維持のためには、国家が本人の意思に反して悪事ができない状態に個人の脳を作り変えてもよいのだろうか、ということを行っているのでしょう。

ただ実際には、この小説の“治療”とされる単純な「嫌悪条件づけ学習」は、刑務所から出たら次第に“消去”(『つながる脳科学』p204)され、効果がなくなってしまうはずですが。しかし、この本で述べてきたような最新の手法で脳を直接操作すれば、暴力行為ができないよう、永続的な「治療」を行うことも不可能ではありません。次の章では、この問題に関する倫理的な側面についても考えてみたいと思います。

脳と社会をつなげる

脳科学を使ってそのような人間性の根幹に関わる感情まで見たり操作したりすることが、今や技術的には射程距離に入ってきています。本能的な、すなわち哺乳類全体に保存された行動や感情を司る脳部位は、マウスからサル、人間に至る進化の過程で、より高次な認知や知能を司る大脳皮質と比べれば、それほど大きな変化はありません。マウスで可能なことは、原理的には、人間にも適用できる可能性があるのです。

ではいっそ、そのような科学はやめてしまったほうがよいのではないかと。これ以上、心について深く知ってしまうと、自分の大事な感情をのぞき見られたり、勝手に操作されたりといった悪用の可能性が出てくるから、研究自体をすべて禁止したほうがよいのではないかと。そういった議論も、じつはかなり昔からありました。

しかし先のコンラート・ローレンツは、人間がもっとも神聖なものであるかのように思っている社会性や共感などの心の働きを自然科学の題材とせず、ブラックボックスのままにしておこうとする傾向こそが、現に人間が示す社会行動の病理、すなわちいじめ、子ども虐待、テロリズム、そして戦争などを効果的に防ぐことができない原因なのではないか、という警告を発しています。人間が環境汚染や核兵器によって自らを滅ぼしてしまう瀬戸際に立たされているのは、科学や工業を発達させたからではなく、その果実を正しく利用するために必要な社会性が哺乳動物のままに留まっていることに、自分で気づいていないからではないのか、というのです。私も基本的に同意見です。

詳しく動物行動を調べてみると、たとえばオオカミやゴリラなどの高度な社会性を持つ動物の群れの中には、高い道徳性があります。その中には、たとえば順位に応じて挨拶をする、メスや子どもなど弱い立場の個体を攻撃してはいけないというルール・規範があり、メンバーはそれを守って群れの中で平和に暮らしています。しかし、群れのメンバー以外には、この規範が適用されないことが多いのです。

第二次世界大戦に医師として従軍し、ロシアの捕虜収容所に抑留されるという経験を経たローレンツは、異なる国や宗教の間の対立が、まさにこのような人間の動物としての社会性のあり方から説明できるのではないかと考えました。であるならば、動物の社会性が脳の中でどのように実現しているのか、突き止める必要があります。そうすることで、社会性がうまく機能しない場合はどの部位に問題があるのか、あるいは人権や法が現代人に求めるように、動物における規範を超えて社会性を機能させようとするならば何が必要なのかを、初めて明らかにできると考えられるからです。

それでは、どうすればよいのでしょうか？ 脳、そしてその働きである人間の心や行動を外部から操作する技術が実現すれば、誰かが、あるいはどこかの国がそれを人間に応用するかもしれません。もちろん人間をサイボーグのように操って悪事をさせるような行為を禁止することには異論はないでしょう。しかし、一見合理的な目的の場合はどうなのでしょう。病気や事故で損なわれた感覚・運動機能を回復させるような脳への操作はすでに可能です。記憶力や集中力を向上させるような脳機能の操作は、もし可能であったとしても禁止すべきでしょうか。さらには、犯罪に至るような怒りや性欲を押さえるための脳への操作はどうでしょう。度重なる性犯罪を犯してしまう人すべてではありませんが、一部には「性的強迫症」といって、本人も困っているのに強い性的欲求が抑えられず、窺視や痴漢行為を繰り返してしまう人もいます。このような場合、脳への直接操作ではありませんが、本人が同意すれば手術により物理的に精巣除去(去勢)を行ったり、あるいはホルモン投与による化学的去勢が合法である国も現在でも複数あります。

また、前頭葉をはじめ衝動性を制御する脳領域の機能が認知症や外傷など様々な理由で低下することによって、万引きや暴力行為などのリスクが高まる場合があることも、かなり証拠が蓄積してきました。ある性犯罪者が逮捕されてから、前頭葉に脳腫瘍があることがわかり、手術で腫瘍を除去すると性衝動がなくなった、という報告もあります。したがって、これまで自由意志と考えられてきた人間の行動や性格も、脳という物質的な実体の機能障害によって大きく影響を受けることは、今日では疑いようのない事実となってきました。

つきつめていうと、意図的に他者に害を与えるような罪を犯す人は「悪人」なのか、それとも社会性を制御する脳領域に障害を抱える「病人」なのでしょう。もし後者だとしたら、それを人体や脳への直接操作によって治療してよいのでしょうか？このような議論は、海外では「神経犯罪学」や「神経倫理学」と呼ばれる分野として盛んになってきていますが、日本ではまだ十分な議論が行われているとは言えません。

この問題について本章ではこれ以上述べませんが、脳の操作によって、人間の行動や感情を変えてよいのか、よいとするのならどのような条件がある場合なのか、脳科学と一般社会の対話によって議論していくべき時代が来ていると、このような研究を進めてきた私自身が思っています。

新しい科学技術は時に、それまでは予想もしなかったような新たな倫理的問題をもたらすことがあります。ES細胞やiPS細胞による再生医療技術はその好例です。そこで新しい技術が生まれるごとに、実用化の前に人間の生活や社会に与える影響について慎重に検討し、多くの人のコンセンサスを得てから規制や法改正などの方法でそれを社会に反映させる必要がありますが、それには年単位の時間がかかります。他方で技術の進歩は急速で、法律や制度の変更が間に合わないうちに技術が普及してしまう場合もあります。例えば高度生殖医療の発展は、不妊に悩む人に計り知れない恩恵をもたらした一方で、遺伝子型による生命の選別も技術的に可能にしました。さらに海外での代理懐胎ビジネスなど生殖医療の商業化、卵子や精子の提供を受けて生まれた子どもが自分の出自を知る権利をどう保証するかなど、それまでには考えてもみなかったような生命倫理上の難題が次々と出現しました。そして、それらが解決するより前にこの技術によって生まれた子ども達の親子関係に関する立場が不安定な状態になってしまう問題が生じました。

脳と行動の関係については、その轍を踏まないよう、早いうちから議論を開始したほうがよいと思っています。科学の進歩によって、私たちの心と行動を作る脳のメカニズムが明らかになることはとてもエキサイティングなことで、様々な新しい応用の可能性も生まれてきます。だからこそ、脳科学の発展を社会にとって有意義なものとして生かしていくためには、社会の中の多様な立場の人々の対話が必要です。今こそ、脳科学と社会との密接なつながりと、広い視野が必要になってきているのです。

(了)