

論文 1

脳科学からみた親子関係

理化学研究所 脳科学総合研究センター
親和性社会行動研究チーム大村 菜美
黒田 公美

要約

親子関係は親の養育（子育て）と子の愛着から成り立つ。我々ヒトを含め哺乳類は養育・愛着の本能的欲求をもっており、脳にはこれらの行動に必要な神経機構が備わっている。だが、親ははじめから上手に養育行動ができるわけではなく、経験や学習を経て上達する。子が親を慕う愛着行動の多くは本能的な行動から始まり、成長に伴って環境や経験に適応するよう調整される。子の愛着形成は正常な心身の発達に必須である。現代社会で生じているヒトの親子にまつわるさまざまな問題を根本的に解決するためには、まず、正常な親子関係の仕組みを理解することが重要である。親子間における基礎的な行動や反応は哺乳類の種を越えて共通であるため、動物モデルを用いた親子関係研究は将来的にヒトの親子関係の仕組みを理解することに役立つと期待できる。

はじめに

動物の社会は、群れの協同関係や上下関係、家族内の親子、つがい関係など、さまざまな関係から成り立っている。この中で親子関係は哺乳類にとって最も基本的な社会単位である。哺乳類の子は親から乳（栄養）をもらうことで成長する。子にとって親子関係は生まれて初めて他者と築く関係であり、親子関係を通して他者との関わり合いを学ぶ。このような社会性学習は子の将来のさまざまな社会行動の基礎となる。

我々ヒトを含む哺乳類では、子は幼弱な状態で生まれるため親の世話がなければ生き延びることはできない。そのため、親は授乳をはじめとして身体を清潔にする、外敵から守る、教育するなどさまざまな養育（子育て）行動を行う。子は親の養育を受動的に受けているだけでなく、親を慕って後を追う、声や表情のシグナルを送るなど愛着行動を積極的に行っている。子が積極的に愛着行動を行うことで、親の養育行動を引き出すことができ、結果として自身の心身の安全を確保することにもつながる。自然界や人間の社会でごく当たり前に見られる親子関係は、このように親と子の双方の努力によって築き上げられ維持されている。

本稿では、親の養育や子の愛着について、そして、親子間の行動とそれに対する相手の反応の具体例を2つ、ヒトや動物モデルを用いた心理学、生理学、脳科学研究からの知見をまとめ紹介する。

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

1. 親の養育行動とそのメカニズム

哺乳類の親が産まれたばかりの子への養育をやめてしまうとどうなるか。子は生きていくことができず、親は自分の遺伝子を後世に残すことができない。一方で、環境の過酷さなど、さまざまな要因で、現在の子は諦め、次回の出産のためにリソースを温存するという行動も、動物には珍しくない。動物は自らの遺伝子を残すことを意識して行動しているわけではないが、哺乳類の場合子の生存には子育てが必須であるため、基本的には、子どもの時は親の世話を効率よく受けて成長する愛着行動、そして成体になれば子を産み育てるという一連の養育行動ができるよう、脳の中に必要な神経機構が備わっている。これらの行動は哺乳類に必須の行動であるため、基本的な部分は種を越えて共通のメカニズムが存在すると考えられる。

哺乳類の養育行動には、哺乳類にとって最も基本的な授乳、巣作り、保温、子の保護、子の移動、子の教育などさまざまなものがある。この中で子の移動（子運び行動）は、実験室で使われるマウスやラットなどの齧歯類でこれまでによく観察、定量されている養育行動の一つである。マウスやラットの仔運び行動を定量する方法として、仔暴露試験がよく用いられる [1] (図 1)。通常、マウスやラットは住んでいるケージの中に巣を一つ作る。生後 5 日までの新生仔 3 匹を巣以外の四隅に入れて対象動物の行動を観察すると、母親であれば通常 3 分以内に全ての仔を巣に運び、仔を抱えて温める行動が見られる。子育て経験のないメスでは、はじめは仔に対して近づくのを躊躇する行動が見られるが、次第に慣れてくると 1 匹ずつ仔を巣に運び、仔を温めるという行動が観察できる。一度でも子育て経験のあるマウスは、実験期間に子育てを行っていないくても、子育て中の母親同様にすぐに子を集め巣に運ぶ。

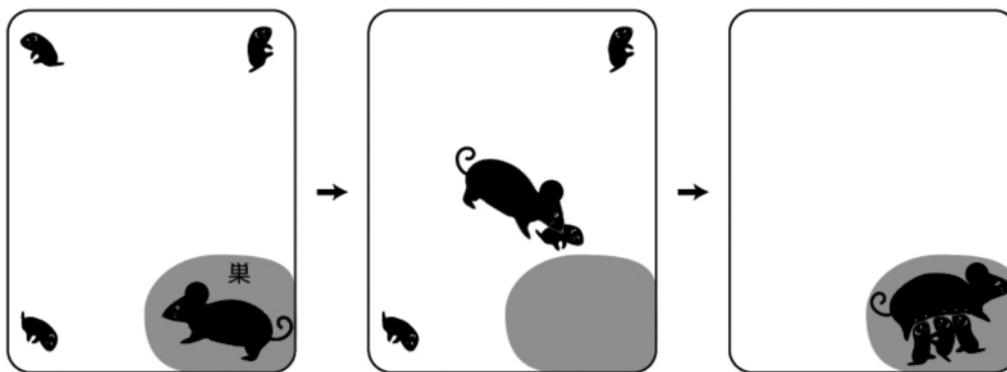


図 1. 仔暴露試験

このように、メスマウスには養育の欲求が備わっており、仔に出くわすとどうにか子育てしようとする。だが、いくら子育て欲求があるからといってもはじめからうまく子育てができるわけではない。私たちの脳の神経回路は生まれたばかりの時は未熟であり、さまざまな経験や学習を重ねることで脳神経回路が発達し、成熟する。これによって、私たちが普段何気なく行っているさまざまな行動ができるようになる。例えば、食べることは食欲という本能的な欲求に関わる行動であるが、これらの行動ははじめから上手にできたわけではない。我々は、離乳食から徐々に固形食へ、さらにさまざまな物の食べ方を学び、現在の食事ができるようになった。性行動も性欲という本能的な欲求がもとなるが、ある程度の経験を積んで上手にできるようになったのではないだろうか。同

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

様に、養育行動もはじめから上手にできるものではなく、自分が親に養育してもらった経験、子育てをしている他の個体を見て学ぶ経験、実際に子と接しながら試行錯誤を繰り返し、学ぶ経験をすることで上手にできるようになる。

養育行動に重要な脳部位として、視床下部の前方に位置する内側視索前野 (MPOA: medial preoptic area) が同定されてきた。ラットやマウスでは仔の世話をすると、MPOA の神経細胞において活性化マーカーである c-Fos や FosB といった転写因子が誘発される [2] [3]。つまり養育時には MPOA の神経細胞が活性化する。また、両側の MPOA を損傷させた場合や、MPOA と他の神経核を接続する線維を切断した場合には、仔運び行動や巣作り行動に異常がみられる [4] [5]。MPOA を損傷させた場合でも、性行動、運動活動量、体重、エサの貯蔵行動などは正常であるため、MPOA は養育行動を特異的に制御している脳部位であると考えられている。さらに MPOA のサブ領域について詳細に解析を行うと、MPOA の中でも中央部に位置する内側視索前野中央部 (cMPOA: central MPOA) を両側性に損傷した場合には、未経産・産後を問わずメスマウスは養育を行わず、むしろ喰殺を行うようになったことから、cMPOA がマウスの養育行動に必須であることが明らかとなった [6] (図 2)。

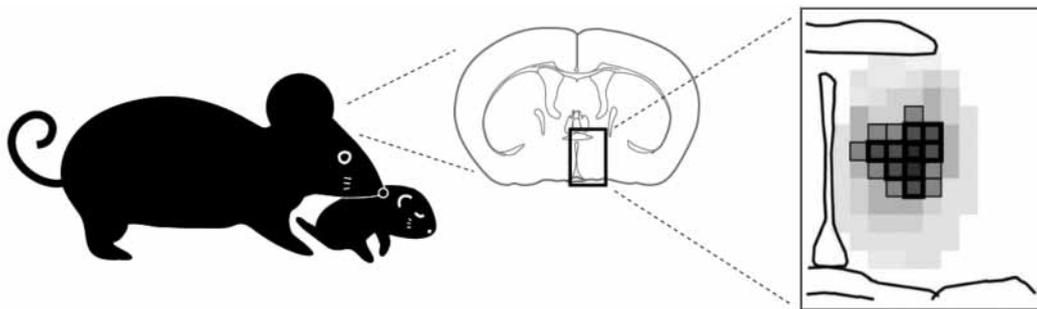


図 2. 養育に関わる脳部位 内側視索前野中央部 (cMPOA) マウスの脳地図 (冠状断面) 上の黒く表された領域が cMPOA。
(Tsuneoka et al., 2013 より一部抜粋し修正した)

これらはマウスやラットなどの齧歯類での知見であり、ヒトの cMPOA と養育についての研究はまだ行われていない。しかし、摂食や睡眠行動のような本能行動とそれを制御する視床下部内の微小脳部位については、マウスなど動物実験の結果が、基本的にヒトを含む霊長類についても同様であることが確認されつつある。子育てについても将来的にはマウスと霊長類に共通する脳内メカニズムが実証される可能性が高い。

2. 子の親への愛着

哺乳類の子にとって親と愛着を形成することはその後の発達にとっても非常に重要である。子が親に愛着するのは、単純に自分自身が栄養をもらうためだけでないことが、アメリカの心理学者ハリー・ハーロウが行った実験から明らかになっている。

ハーロウはマカク属アカゲザルの人工繁殖を試みていた。感染症を防ぐ目的で新生仔ザルを単独で金属製のケージに入れて飼育すると、仔ザルはすぐに死んでしまうことが多かった。そこで母親に似せた温かく布で覆った人形を入れておくと、仔ザルは生き延びるようになること

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

を発見した。人形を取り上げようとするとき仔ザルは泣いて抵抗し、また、怖いことが起こるとすぐにこの人形にとびつく様子が見られた。そのため、仔ザルはこの人形に愛着していると考えられた。次にハーロウは、二種類の人形を用意した。一方の人形は、金網でできていて哺乳瓶が取り付けられておりいつでもミルクを飲めるもの、もう一方は哺乳瓶はないが、布で覆われた温かい人形である。仔ザルはミルクを飲むときだけ金網でできた人形の方に行ったが、それ以外のほとんどの時間は布で覆われた人形にしがみついていた [7] (図 3)。この実験から、生後間もない仔ザルはミルクをもらえるという理由で愛着を形成するのではなく、母親らしく温かく柔らかい手触り自体に愛着し安心するようにプログラムされていることが示唆された。つまり、子の愛着は、自身の生存のためや世話を受けた経験から学習して親を慕っているのではなく、それとは別の至近的要因により生じると考えられた。

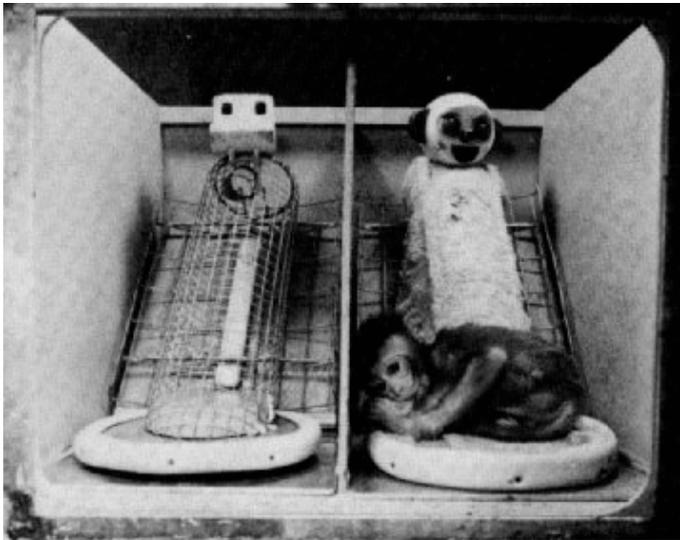


図 3. 仔ザルは触り心地のよい温かい人形に愛着した (Harlow, 1958 より)



図 4. 母親から引き離され「絶望」状態の仔ザル (Kaufman and Rosenblum, 1967 より)

ハーロウの実験からもわかるように、子は本能的に親（上の実験のように親がいないときには親らしいもの）に愛着を形成する。ではいったん子が親に愛着を形成した後に、愛着している親がいなくなると子はどうになってしまうのか。

マカク属ブタオザルの集団から母親を取り出して仔を母親と引き離し、仔の行動を観察した報告では、まず仔は「抗議 (protest)」(発声、探索行動など、母親と一緒にいる状態を取り戻そうとする) し、続いて「絶望 (despair)」(運動量が減少し、背中を丸めた抑うつ姿勢ですわる、無関心で引きこもるようになる) の状態になる [8] (図 4)。母親と再会するとしばらくの間、仔は母親へよりいっそうしがみつこうようになる。これは、ジェームズ・ロバートソンとジョン・ボウルビィがヒトの乳幼児において確認した反応と同様であった [9]。入院によって母親から引き離された 2～3 歳のヒト乳幼児は、はじめ抗議し、続いて絶望の状態になる。ここで母親と再会すると、しばらくの間しがみつきがみられる。しかし、母親との分離が長期にわたるとヒトの子どもの場合、再会の際に「脱愛着 (detachment)」(離れた距離にいる、無視をする、敵意を示す) の状態がみられる。

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

離乳前の仔ラットを母親やきょうだいから引き離す実験においても、サルやヒトにおける母子分離と同様の行動変化が見られる。仔ラットは分離されるとすぐに泣きはじめ、母親を探し回るが、しばらくすると行動や刺激に対する反応性が低下する [10]。このように母親を喪失した哺乳類の子の反応は種を越えて共通する。さらに仔ラットでは、普段よりも長期にわたって母親から離されると、体温や心拍数が抑制され、DNA 合成や熱産生系の酵素発現量などの代謝レベルが減少することも報告されている [11]。そして、成長ホルモン、プロラクチン、インスリンなどの同化促進系ホルモンの細胞応答性が低下することにより、発達・成長が遅くなる。ヒトにおいて、母子分離によってあられる発育不全 (failure-to-thrive syndrome) においても、成長ホルモンの応答性が低下していることが報告されており、ヒトでもラットと同様の内分泌反応が生じていることが示唆される [12]。このように、愛着している親がいなくなってしまうと、子において行動量の低下、生理的、生化学的な反応性の低下がみられるようになる。長期にわたり母親と引き離されることで生じるこれらの反応は、母親という栄養源がない期間に、成長や発達を犠牲にしてでもエネルギーを温存し、生き残るチャンスを増やそうとする、子の適応的な反応であると考えられる。

子が親を慕う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明らかにされていない。子は成長するため行動や脳の大きさが日々変化することや身体が小さいことなどから、成体と比べて研究が難しい。しかし、泣くなどの愛着行動やそれに伴って生じる生理的反応は、ヒト、サル、ラットなど種を越えて共通しているため、方法を工夫することにより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あり、現在探索を行っている。

3. 親子間の行動・反応

親と子におけるさまざまな行動は、養育・愛着をベースにして、さまざまな行動や反応が積み重なり成り立っている。親子関係は、片方が主体的に行動するときにはもう一方はその行動に対して何らかの反応を示すように、親と子の相互作用が基本となっている。

ここからは、例として「輸送反応」と「授乳」について、ヒトやヒト以外の動物の知見をもとに親子間に生じる行動と反応を紹介する。

3-1 輸送反応

「輸送反応」とは、親に運ばれる時の子の反応のことである。ヒトの子は生まれてすぐには自分で歩いて移動することはできない。そのため、親など周りの人が子を運び移動させる。ヒトの乳幼児を抱っこして歩くと泣きやみ眠りやすいことは、子育て経験などからよく知られている。この現象について科学的に調べた研究がある [13]。乳児を母親が抱いた状態で、抱っこして歩く、抱っこしたまま座る、を繰り返す実験を行い、そのときの子の体動、泣き、心電図を計測し定量した。その結果、抱っこして歩いているときには、抱っこして座っているときよりも、子は泣きやみ、体を動かすのをやめおとなしくなっていた (図 5)。また、母親が歩き始めてから数秒で子の心拍数が低下した。得られた心電図データから心拍変動解析を行うと、抱っこして歩いているときには自律神経系のうち副交感神経系の活性化を示す指標が上昇しており、子はリラックス状態になっていることが示された [13]。

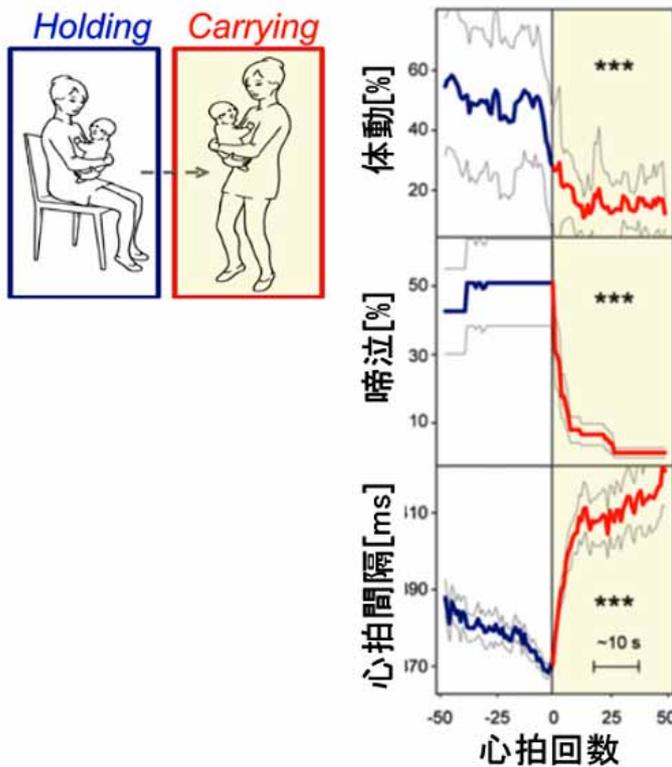


図5. ヒト乳児における輸送反応。

左:「抱っこして歩く (Carrying: 赤)」、「抱っこしたまま座る (Holding: 青)」の行動タスク。

右:「抱っこしたまま座る (Holding)」から「抱っこして歩く (Carrying)」に行動タスクを移行した際の、子の体動、泣き、心拍間隔の推移。

(Esposito et al., 2013 より一部抜粋し修正した)

輸送反応はヒト以外の他の動物でもみられる。ネコやイヌ、ライオンなど四足歩行動物では、親は仔を口にくわえて運ぶ。これらの動物では、仔は運ばれる時には足を上げ丸くコンパクトな姿勢をとりおとなしくなる。マウスを用いてこの現象を調べると、仔マウスも運ばれている際には泣き止んでおとなしくなり、心拍数が低下し、副交感神経優位のリラックス状態になっていることが明らかになった [13] [14]。したがって、ヒトとマウスの子では、運ばれる際には瞬時に動くのをやめておとなしくなる、泣き止む、心拍数が低下する、という共通の反応があることが明らかになった。

この輸送反応の意義は何だろうか。輸送反応が誘発されないように仔マウスにピリドキシンを過剰投与し (仔マウスは運ばれている感覚がわからなくなり、おとなしくならない)、カップの中から仔を運び出すテストを母親マウスに行わせると、通常の仔がおとなしくなる場合と比べて救出時間が多く必要であった [13]。このことから、子が運ばれるときにおとなしくなるのは、効率的に輸送を行えるよう、運んでくれる親に対して協力するためと考えられる。自然界の多くの哺乳類において、親が子を運ぶのは特別な事情があるときである。例えば、ライオンの母親は、巣の近くに危険が迫ってくると、一匹ずつ仔をくわえ何キロメートルも歩き、巣を別の場所に移動させる。このような緊急事態のときに仔がおとなしくしないと輸送に時間がかかり、命を落としてしまうおそれがある。こうならないように、子には輸送反応という性質が備わっており、親の行動に協力することは結果的に自分の身を守ることにつながっている。

3-2 授乳

授乳は哺乳類の養育の最も基本的な行動である。子が母親から乳を飲むという一連の行動には、母子のさまざまな行動、生理的反応が関わっている（図6）。子が泣くと母親は子に近づき抱きかかえる。子が乳を探し始めると母親は、授乳姿勢をとる。子がうまく乳首を咥え、吸啜すると、その刺激により母親の脳内でオキシトシンが分泌される。それにより、母親で射乳が起こり、子は乳を飲むことができる。子は乳を飲むことにより泣きやみ、リラックスする [15]。授乳時には子がリラックスするだけでなく、母親においてもストレスが緩和していることやリラックス状態になっていることが報告されている。

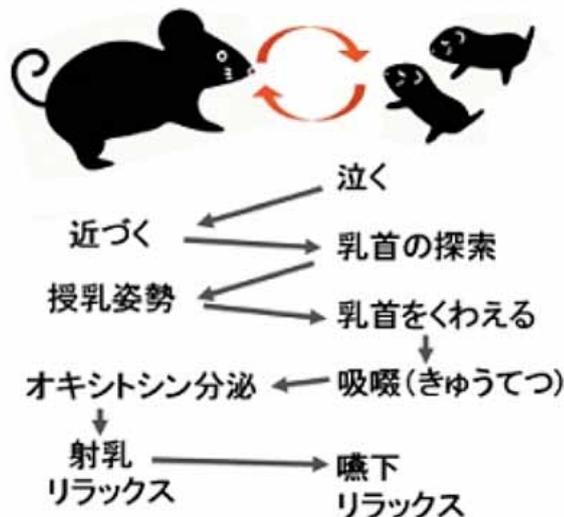


図6. 授乳のための親子の一連の行動・反応。
(RIKEN BSI 親和性社会行動研究チーム HP [16] より)

普段から直接授乳（子が乳首を直接咥え母乳を飲む）を行っている授乳期の母親から、授乳前・最中・後にそれぞれ質問紙によって心身の状態を調査した研究では、授乳中には母親がポジティブな心身状態（満たされている・信頼している・手足が温かく眠い）になっていることが報告されている [17]。また、産褥早期の母親から授乳前・最中・後の心電図を測定した研究では、心拍変動解析により自律神経系のうち副交感神経を反映する高周波数成分を比較したところ、授乳前に比べて授乳最中に増加しており、授乳中にはリラックス状態を作り出そうと副交感神経が優位になっていることが示唆された [18]。他にも、一例ではあるが、ヒトにおいて授乳中の脳波を測定した研究がある。この報告によると、授乳中の脳波では、ネコなど他の動物のリラックス行動と関連づけられた脳波成分と同様の周波数成分の増加が確認できたという [19]。

このような授乳中の母親における生理的反応はヒトばかりでなく他の動物においても報告されている。ラットを用いて授乳中の脳波を記録した実験では、母親がしっかり覚醒している状態や深い眠りについている状態では射乳は起こらず、射乳前には必ず、徐波睡眠様（ノンレム睡眠様）の高振幅の脳波が出現することが確認されている [20] [21]。このような脳波は通常、リラックスしてうとうとしている状態の時によくみられるものである。すなわち、授乳中に母親がしっかり覚醒している状態になっては、射乳が起こらずに乳を十分飲ませることができない。母親が深い眠りではなくうとうとした状態になると射乳が起こり、子はたくさん乳を飲むことができる。

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

先に述べたヒトでの知見と併せて考えると、子が乳を咥え授乳が始まると母親は副交感神経優位のリラックス状態になり、この状態になることで母親は射乳を誘発することができ、その結果、子に十分量の乳を与えることができる、という仕組みが備わっていると推測できる。授乳時の母親におけるこの反応は、ひょっとすると、先に述べた輸送反応と逆のパターンの、子の行動によって母親がリラックスする反応であるかもしれない。しかし現段階では、ヒトとヒト以外の動物に共通してこのような一連の現象・反応が生じるかはまだ証明されていない。これらの仮説を科学的に証明するためにはさらなる研究が必要である。

おわりに

親子関係にかかわる行動や生理的反応は、その基本的な部分の多くがヒトを含む哺乳類において共通している。動物モデルから親子関係について知見を得、その仕組みを理解することは、ヒトの親子関係のよりよい理解のために必要である。

動物にとって出産・育児はもっとも重要な生産活動であると同時に、多くの犠牲を要する重労働でもある。自分の体調の悪い時も、悪天候や飢餓など環境に恵まれない時も、子育てを1日も休まず続けることは、短時間だけ子どもの世話をすることとは根本的に異なる。上述のような、進化が育んできた哺乳類の「子育て本能とそれに必要な神経機構」は、相当に堅牢で信頼できるものではあるが、病気や飢餓などの厳しい環境においては、子育て意欲を失う場合もある。

一方で、現代社会はあらゆる状況において、親に親としての義務を全うするように要請する。もちろんこれは子どもの人権保護のために重要である。しかし生物である親には、それが自力では成し遂げられない場合もある。ならば、現代社会は同時に、困難な状況に置かれた親たちを積極的に支援する責務があるのではないだろうか。そのような支援は親のためだけでなく、親に愛着している子どもの最善の利益のためにも重要である。この問題についてのより詳しい情報は、拙著(黒田公美, 2014; 黒田公美 et al., 2016)を参照されたい。(筆者らのHPからダウンロード可能)。[22]

論文特集「親子関係の解剖学～その闇に迫る」

参考文献

1. Kuroda KO, Tachikawa K, Yoshida S, Tsuneoka Y, and Numan M. (2011). Neuromolecular basis of parental behavior in laboratory mice and rats: With special emphasis on technical issues of using mouse genetics. *Prog. Neuro-Psychopharmacology Biol. Psychiatry* 35, 1205–1231.
2. Calamandrei G, and Keverne EB. (1994). Differential expression of Fos protein in the brain of female mice dependent on pup sensory cues and maternal experience. *Behav. Neurosci.* 108, 113–20.
3. Kalinichev M, Rosenblatt JS, Nakabeppu Y, and Morrell JI. (2000). Induction of c-Fos-like and FosB-like immunoreactivity reveals forebrain neuronal populations involved differentially in pup-mediated maternal behavior in juvenile and adult rats. *J. Comp. Neurol.* 416, 45–78.
4. Terkel J, Bridges RS, and Sawyer CH. (1979). Effects of transecting lateral neural connections of the medial preoptic area on maternal behavior in the rat: nest building, pup retrieval and prolactin secretion. *Brain Res.* 169, 369–80.
5. Kalinichev M, Rosenblatt JS, and Morrell JI. (2000). The medial preoptic area, necessary for adult maternal behavior in rats, is only partially established as a component of the neural circuit that supports maternal behavior in juvenile rats. *Behav. Neurosci.* 114, 196–210.
6. Tsuneoka Y, Maruyama T, Yoshida S, Nishimori K, Kato T, Numan M, and Kuroda KO. (2013). Functional, anatomical, and neurochemical differentiation of medial preoptic area subregions in relation to maternal behavior in the mouse. *J. Comp. Neurol.* 521, 1633–1663.
7. Harlow HF. (1958). The nature of love. *Am. Psychol.* 13, 673–685.
8. Kaufman IC, and Rosenblum LA. (1967). The reaction to separation in infant monkeys: anaclitic depression and conservation-withdrawal. *Psychosom. Med.* 29, 648–75.
9. Robertson J, and Bowlby J. (1952). Responses of young children to separation from their mothers. *Courr. la Cent. Int. l'Enfance* 2, 131–142.
10. Hofer MA. (1996). On the nature and consequences of early loss. *Psychosom Med* 58, 570–81.
11. Kuhn CM, and Schanberg SM. (1998). Responses to maternal separation: mechanisms and mediators. *Int. J. Dev. Neurosci.* 16, 261–70.
12. Kuhn CM, Butler SR, and Schanberg SM. (1978). Selective depression of serum growth hormone during maternal deprivation in rat pups. *Science* 201, 1034–6.
13. Esposito G, Yoshida S, Ohnishi R, Tsuneoka Y, Rostagno MDC, Yokota S, Okabe S, Kamiya K, Hoshino M, Shimizu M, Venuti P, Kikusui T, Kato T, and Kuroda KO. (2013). Infant calming responses during maternal carrying in humans and mice. *Curr. Biol.* 23, 739–45.
14. Yoshida S, Esposito G, Ohnishi R, Tsuneoka Y, Okabe S, Kikusui T, Kato T, and Kuroda KO. (2013). Transport Response is a filial-specific behavioral response to maternal carrying in C57BL/6 mice. *Front. Zool.* 10, 50.
15. Blass EM, and Fitzgerald E. (1988). Milk-induced analgesia and comforting in 10-day-old rats: opioid mediation. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 29, 9–13.
16. 親和性社会行動研究チームホームページ http://asb.brain.riken.jp/index_j.html.
17. 小曾根 秀実, 久住 武, 近藤 昊 (2012). 直接授乳プロセスにおける母親の唾液中クロモグラニン A とポジティブな心身状態得点の測定. *心身健康科学* 8, 100–112.
18. Imada Y, Ohira M, Saito S, and Muramoto J. (2012). 褥婦の乳房マッサージ中および授乳前後における生理・心理特性の変化. 日本人間工学会 第 53 回大会.
19. Cervantes M, Ruelas R, and Alcalá V. (1992). EEG signs of “relaxation behavior” during breast-feeding in a nursing woman. *Arch. Med. Res.* 23, 123–7.
20. Lincoln DW, Hentzen K, Hin T, van der Schoot P, Clarke G, and Summerlee AJ. (1980). Sleep: a prerequisite for reflex milk ejection in the rat. *Exp. brain Res.* 38, 151–62.
21. Voloschin LM, and Tramezzani JH. (1979). Milk ejection reflex linked to slow wave sleep in nursing rats. *Endocrinology* 105, 1202–7.
22. 黒田公美 (2014). 親子の愛と絆の脳科学. In 科学 (岩波書店), pp. 720-726.
黒田公美, 白石優子, 篠塚一貴, and 時田賢一 (2016). 子ども虐待はなぜ起こるのか—親子関係の脳科学. In ここまでわかった! 脳とこころ, 加藤忠史, ed. (日本評論社), pp. 16-24.