

第16回公開シンポジウム
「脳科学からみた心の発達」

心の発達研究委員会 企画

東 洋	東京大学名誉教授	小林 登	国立小児病院名誉院長
大野 澄子	日赤医療センター	長田 久雄	桜美林大学大学院教授
柿沼 美紀	日本獣医畜産大学教授	上林 靖子	中央大学文学部教授
丹羽 洋子	育児文化研究所長	森 玲子	精神障害共同作業所アリス

開催日時 平成15年6月7日(土) 13:30~16:30
場 所 安田生命ホール(新宿)

司 会	小林 登	国立小児病院 名誉院長
演 者	小泉 英明	日立製作所基礎研究所 主管研究長
	廣中 直行	専修大学 文学部 教授
	柿沼 美紀	日本獣医畜産大学 比較発達心理学 教授

～脳科学からみた心の発達～

小林 登

ここ10年ほどの間に脳の研究は飛躍的に進歩し、ことに脳のいろいろな部分の働きについて、リアルタイムの観測で明らかにされるようになりました。

人の知能も感情も脳の働きによっているので、脳に関する知識が進めば、人の精神機能について、その可能性や生まれつきの制約を含めて新しい理解が得られるようになるはずです。社会生活にも育児や教育にも様々な示唆を投げるはずですが、とにかく進歩が急速なので、なかなか十分に消化しきれてはいません。

今回の企画は、脳についての知識の先端を拓きつつある研究者の話に基づいて、新しい進歩に目を開くとともに、それが人を育て、教える仕事にどのような示唆を与えるかを考えようとするものです。小泉・廣中、両先生には脳に関わるご研究の話を、また柿沼先生には人や動物の行動発達やその臨床に携わっておられる視点からのご感想を提言していただきます。

脳を育む

小泉 英明 (日立製作所)

自然科学・先端技術と人文学・社会科学を架橋・融合し、「Trans-disciplinary」[1-2] (環学的) な視点から社会システムを捉えて深刻な社会問題を解決しようというアプローチが始まりつつある。20 世紀は、物事を分析的に探求・理解する「還元論」が大きな成功を納めた時代であり、科学技術が目覚しく発展した。Science という言葉は元々ラテン語の scientia (知) に由来するが、原義は「分ける (scire)」ことである。Scientist という言葉が現れたのは 19 世紀になってからであり、還元論と関係が深い。しかし、現在の 21 世紀は、「還元論」一辺倒では発展が困難なフェーズに入りつつあり、少なくとも 21 世紀前半は「統合論」の時代と目されるようになってきた。科学と技術は明確に分けることが意味を持たなくなりつつあり、science に代る概念と術語が必要となってきた。最近提示された「社会技術」という言葉も「統合論」の色彩が反映されている。新たに求められているのは、ボーア型の純粋基礎研究やエジソン型の純粋応用研究でもない。パスツール型とでも言うべきもので、コンセプトが斬新であるだけでなく、人々の生活や社会利益に直接貢献する科学技術が強く求められるようになってきた。Human Security & Well-being (安寧とよりよき生存) を基調とした未来を見据え、未来からの反射を基礎研究に反映させて行く考え方である。

このような文理融合研究の流れの中で、典型的な新領域として考えられるのが「脳科学と教育」である[3-8]。学習の概念を、脳が環境 (外界) からの刺激に適応し、自ら情報処理神経回路網を構築する過程と捉え、蓄積された脳神経科学の知見を新たな角度から見直し、生物学的視点から学習機序の本質に迫ろうとするアプローチである。発達認知神経科学を含む脳科学、発達心理学や言語学、そして高次脳機能計測や各種情報技術を架橋・融合して実践的かつヒューマニステックな学習・教育に関する研究を志向するものである。胎児期から一生を終えるまでの全ての学習・教育過程を包括的な視点で捉え直し、少子・高齢化社会を維持する最適な学習・教育システムとその社会基盤構築に向けての研究は焦眉の急と言わねばならない。ここには従来の脳科学にも教育学にも存在しなかった学習・教育指向の新領域創生がある。学習効果・学習意欲の視点から、遺伝因子/環境因子 (genetic/epigenetic, nature/nurture) とそれらの相互作用、神経結合による環境適応、可塑性、神経伝達物質と興奮・抑制機序、髄鞘化の遺伝情報・機能発現機序、機能領野再構築、臨界期・感受性期、記憶、報酬系などを包括的に研究し、一般学力・語学力のみならず、創造力・

洞察力・理解力の改善、そして共感性・暖かい心・奉仕の心の育成、さらに倫理・義務を尊重する心の醸成、加齢と能力維持等々、私達の生活や社会システムに直結するテーマが数多く存在している。

「脳科学と教育」は利便性・物の時代から叡智・心の時代を志向し、21世紀における人間の基本的能力向上を目指そうとするものである。このようなアプローチにおいては、単なる恣意的仮説に基づいた推論ではなく、科学的・実証的根拠を基調とした実直な研究が肝要となる。分かっているものと、分かっていないものを常に明確に区別せねばならない。さらに、今までと根本的に異なった研究体制も必要とされてくる。

具体的には、第1に、脳神経科学の蓄積された知見を、学習・教育（胎児・乳幼児教育、育児、特殊教育、語学教育、リハビリテーション、痴呆予防、遠隔教育、メディア教育、教育経済学など）に具体的に適用するための調査・基礎研究を行う分野が考えられる。第2に発達認知神経科学や進化・発達心理学、各種神経科学を基調とした学習機序の研究と広義の教育への応用展開であり、認知発達モデル、学習モデル、発達認知ロボティクス、発達神経言語学等の研究も含まれる。そして第3に、新たな研究組織として、科学・人文学基礎研究者 (scientist & scholar) と、例えば、臨床医師、教師、保育者、各種療法士など現場の実情・実態を熟知した人々 (practitioner & engineer) との連携体制による学習・教育研究が必要となってくる。

参考文献

- [1] H. Koizumi: "A Practical Approach towards Trans-disciplinary Studies for the 21st Century", *J. Seizon and Life Sci.*, **9**, 5-24 (1999).
- [2] H. Koizumi: "Trans-disciplinarity", *The Trans-disciplinary Symposium on the Frontier of Mind-Brain Science and Its Practical Applications (II)* (H. Koizumi, ed.), p220-222, Hitachi, Ltd., Tokyo (2000).
(*Neuro-endocrinology Letters*, **22** (4), (2001) に再録)
- [3] H. Koizumi: "The Concept of "Developing the Brain"—A Natural Science for Learning and Education—", *ibid.*, p217-219, (2000).
- [4] 小泉英明: 「脳を育む—学習・教育の科学」、*科学*, **70**, 878-884 (2000).
(『現代の教育問題』(荻谷剛彦編)、岩波書店 (2001) に再録)
- [5] JST 異分野研究者交流フォーラム「脳を育む: 学習の科学」、11月23-26日(2000)、サイエンスチャンネル(衛星TV) 37回シリーズ放送(2001).
(インターネット放送に再録・放映中<<http://sc-smn.jst.go.jp>>)
- [6] 伊藤正男、大津由紀雄、小泉英明他、「脳を育む」(座談会)、*生体の科学*, **52**, 3-60 (2001). (医学界新聞, 2423号以降に再録)
- [7] 小泉英明: 「未来への展望: 脳・環境・教育科学」、『22世紀への手紙』(東倉洋一編)、p41-62, NTT出版(2001).
- [8] 小泉英明編著: 『育つ・学ぶ・癒す 脳図鑑 21』、工作舎(2001).

脳科学からみた心の発達～動物モデルから

専修大学文学部心理学科 廣中直行

母親の胎内で育まれる小さな神経の塊がヒトの脳の芽生えである。受精後3ヶ月で大脳、間脳、中脳、小脳、延髄といった構造の基本はほぼ出来上がっており、脳の神経細胞の数は胎生20週齢でほぼ成人と同じになる。出生時の脳の重さは約400グラムで、成人の三分の一にも満たないが、その後急速に成長して思春期にはほぼ成人と同じ重さになる。これは神経細胞の数が増えているのではなく、脳の中で神経のネットワークが作られて行くことによる。ネットワークの基幹をなす神経細胞と神経細胞のつなぎめをシナプスと呼ぶ。大脳皮質のシナプス密度は出生2ヶ月後頃から急速に増加して、8ヶ月齢で最大となり、1立方センチメートル当たり6000億個という膨大な数になる。しかしその後減少し始め、成人ではそのほぼ半分くらいの値に落ち着く。発達途上の脳ではまず過剰なシナプスが大量に作られ、その後、必要なものだけを残して「刈り込まれて」行くのである。

近年の脳科学の進展によって、シナプスが形成される機構がわかってきた。成長途上の神経細胞の軸索の先端には「成長円錐」という構造体作られる。この成長円錐が「糸状仮足」というアンテナのような突起を四方八方に伸ばして、シナプスを作るべき相手を探し、軸索を伸ばして行くのである。そのさいにはさまざまな化学物質がガイド役として働いている。たとえば、ある神経細胞からは「セマフォリン」という名前のタンパク質が拡散しており、別の神経細胞からは「ネトリン」というタンパク質が拡散している。突起伸展の途上にある神経細胞はセマフォリンを避け、ネトリンの方に誘われて突起を伸ばす。また、「接着分子」と呼ばれる化学物質がまるでキャタピラのように成長円錐を前進させて行く。成長円錐がひとたび標的の神経細胞に到達したら、そこから「神経栄養因子」が放出される。成長円錐は神経栄養因子を取り込み、シナプスを形作る。

過剰に形成されたシナプスから必要なものだけを残して刈り込みが起こる過程には、生後の正常な経験が必要である。成長に伴ってさまざまな経験を重ねることによって、必要度の高いシナプス結合は強化され、あまり使われないシナプスは退化して行く。たとえば、ネコの子を縦縞しか見えない環境で育てると、このネコの脳の神経細胞は横縞や斜めの線には応答しなくなる。脳の成長には「臨界期」があり、臨界期を過ぎるとひとたび出来上がった神経系の応答を変えることはできない。これは、私

たち日本人が成人してから英語を習っても、英米で生まれ育ったのような発音をするのは無理だということを考えれば納得できるだろう。

演者らはラットの聴覚系における臨界期の重要性を調べた。ラットの聴覚は生後2週齢で成体と同じような感度曲線を示すようになる。この頃、脳内の聴覚伝導路である蝸牛核や下丘の中では、耳から入った音の高さ（振動数）に応じて応答する神経細胞が整然と並ぶ。これを「トノトピックマップ」と呼んでいる。トノトピックマップの形成期に大きな騒音を聞かせると、マップの形成に不全が生じ、4週齢ごろになると音を聞かせただけで痙攣発作（とくに疾走発作、まれに間代性痙攣や強直性痙攣）を起こすようになる。この痙攣発作は下丘が原発部位であり、下丘中のグルタミン酸神経伝達の亢進によって起こる。神経終末から放出されたグルタミン酸がシナプス間隙を越えて相手側の神経細胞に到達し、その細胞膜にあるグルタミン酸受容体（N-メチル-D-アスパラギン酸（NMDA）受容体）に結合して反応を起こす。騒音曝露の影響で刈り込まれるべきシナプスが刈り込まれず、グルタミン酸が過剰に放出されて神経細胞が強く興奮し、痙攣を起こすものと考えられる。グルタミン酸受容体の拮抗薬を用いた実験から、トノトピックマップの形成に重要な役割を演じているのは、NMDA受容体を構成するタンパク質のうち「NR2B」と呼ばれるものであり、成長後の痙攣発作に関与しているのは「NR2A」と呼ばれるものであることがわかった（Hironaka & Niki, 2000）。

この結果は、同じ神経伝達機構の中でも成長途上と成体に達してからとは違う種類のタンパク質が働いていることを示している。つまり子供と大人とでは薬の効き方が質的に違う可能性があると言えるのかも知れない。また、成長後のラットには何の影響もないような騒音でも、聴覚伝導路の形成途上にある幼獣には回復不可能な痙攣易発性を生じさせる。つまり騒音や振動などの環境の安全性を考えるさいには子供を基準にすべきであると言えるのかも知れない。脳の発達の後戻りのできない一方通行の過程であり、その過程で起こる一連の出来事にはそれぞれ臨界期が定まっている。このような成長を経験しつつある子供たちにどのような環境を提供すべきか、脳科学の知見に基づいた責任ある提言が求められていると言えるだろう。

文献：

Hironaka, N. & Niki, H.: Effects of N-methyl-D-aspartate receptor subunit antagonists on regulation of susceptibility to audiogenic seizures in rats. *Neurosci Lett.* 288: 139-42 (2000).

心の発達と脳の科学

心の理論研究から考える脳の発達

柿沼美紀

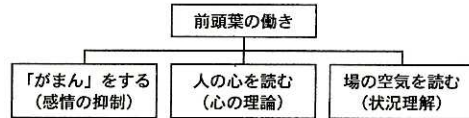
はじめに

- 私たちの脳の中には人の立場や気持ちを理解するためのプログラムがあると考えられています。そういった能力は脳の発達と関係があるのです。保育現場や教育現場にはなかなかお友達とうまく遊べない、すぐけんかになる、人との関わり方が変わっている、なんとなく気になるといった子どもがいます。その原因は様々で、生まれつきの場合もあれば、育てられた環境によることもあるようです。

心と脳の関係

•脳科学の発達により、こういった「心」の働きと脳の機能について近年多くの研究が行われています。保育学、教育学、心理学では以前は心と脳をこれほど密接につなげて考えていませんでした。しかし最近の研究報告から脳の前頭葉と人間らしさには関連があり、「がまん」や「他人の立場を理解する」といった行動が脳と関係していることが分かってきました。今回は「心の理論」を中心に社会性の発達と脳の発達の関係について説明します。

心と脳の関係



心の理論とは

- 他人の心の状態を推測し、理解する能力を意味します。私たちは日常的に物事に関していろいろな理論を組み立て、推測しています。例えばトリの羽と小石を高いところから落としたり、どれくらいのスピードで落下するかおおよその見当がつかます。それは過去の経験から次に起きることを推測しているからです。

- 同じようなことを私たちは人の行動を推測するときにも行っています。だからこそ「予想外」の行動には驚いたりします。こういった行動を推測する能力は友達関係などにも必要な能力です。相手の立場を理解する能力は健常児の場合、おおむね3歳から5歳の間に発達します。
- このような他人の心の状態を推測し、理解する能力は、社会性（対人関係や状況の理解）の発達に必要なものです。脳の前頭連合野と関連していると思われます。

心の理論課題検査

- 心の理論は
 - 他人の心の状態を推測し、理解する能力
 - 対人関係や状況の理解に必要
- このような能力は簡単な検査でわかります
「TOM心の理論課題検査—幼児・児童社会認知発達テスト」文教資料協会

げた箱課題

①あきちゃんがくつを入れる

②たろう君がくつを動かす

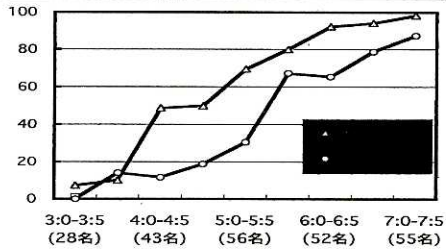
Qくつをはくために、あきちゃんは最初にどこを開けますか？

はさみ課題

①クレヨンが入っている

②箱の中身をはさみにかえる

Qお母さんは何が入っていると言うでしょう？

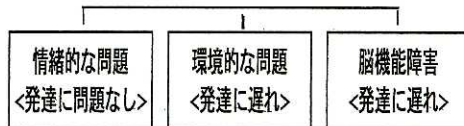


課題の年齢別正答率

心の理論の発達

- 3歳すぎから徐々に発達します
- 5歳ぐらいで基本的な理論は獲得されます
- 集団生活に問題を持つ子供の中には心の理論の発達に遅れが見られる子どもが含まれます
 - 脳機能障害のある子ども
 - 被虐待児など環境に問題のある子ども

集団生活に問題をもつ子どもの心の理論の発達



保育・教育現場における心の扱い

- お友達とトラブルを起こす、指導者の言うことがきけない、集団行動がとれない子どもはどこにでもいます
- 心の理論研究から、こういった子どもには2つのタイプがある
 - 状況は理解できているが、問題を起こすタイプ
 - 他人の気持ちや立場、状況の理解の発達に遅れが見られるタイプ

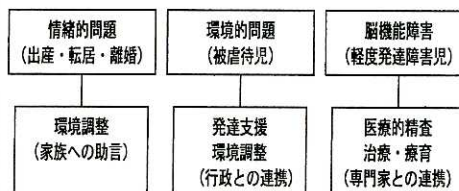
脳機能障害と心の働き

- 脳機能障害を持った子どもの中には「がまん」がむずかしかったり、お友達とうまく遊べない子どもがいます
- 他人の立場がうまく理解できないと、お友達と上手く関われなかったり、人との関わりが奇妙だったりします
- それは単にわがままや、経験不足のためではなく、脳の発達に問題がある場合もあります

問題の所在を確認する

- 単なるわがままや、経験不足、あるいは一過性ストレスによるものか、あるいは脳の発達による問題かを見極めることが大切です
- 脳の発達に問題が場合は、それが環境的要因によるものか、先天的なものかを検討します
- 原因によって関わり方を検討し、保育・教育に反映していきます

問題の所在と対応



まとめ

ここでは、脳の状態を直接見るのではなく、従来の心理学的な視点から心の発達と脳の発達の問題について検討してみました。
脳機能障害と診断された子どもたちと健常児を比較検討することからも、心の発達には脳が深く関わっていることが分かります。

今後脳機能と心の関係について研究が重ねられることで、その成果を保育・教育の現場に反映することができるでしょう。
マスメディアでは脳機能に関する情報が増えていますが、中にはきちんと裏付けのとれていないもの、憶測の域を出ないものも含まれているようです。
保育や教育に関わる者として、的確な情報に基づいて物事を判断することが求められます。