

脳科学から見る教育課題の本質

研究は異分野の架橋・融合で

● **小泉英明** [株式会社日立製作所フェロー]



こいずみ ひであき

● 株式会社日立製作所フェロー（役員待遇）。
独立行政法人国立環境研究所監事。
独立行政法人科学技術振興機構 社会技術研究
開発センター「脳科学と教育」プログラム研究統括。
OECD「学習科学と脳研究」プログラム国際諮問委員。
東京大学教養学部基礎科学科卒業。
編著に『育つ・学ぶ・癒す 脳図鑑21』（工作舎）、
監修に『脳を育む 学習と教育の科学』（明石書店）など。

人 体に残された最後のフロンティア「脳」。
脳機能を安全に計測できる装置の進展によって、
近年、めざましい知見が得られつつある。
とりわけ期待されているのが、脳科学の教育への応用。
この分野の第一人者で、
国内外の様々な研究プログラムを推進する小泉英明先生に、
「脳科学と教育」の最前線についてうかがった。

Q 脳科学から見ると、学習や教育は
どのように定義できますか？

一般に、教育とは人間をより優れた状態にする営為、と考えられていて、そこには一定の価値観が入ります。人文学としての教育学では、教育の価値を議論することは重要です。しかし、サイエンスとして教育を考えた場合、一旦価値の視点を外しておく必要があります。価値観が入り込んでしまうと実証的な研究にならないからです。したがって、まず価値観を取り除いた上で、生物学的に定義付けると、次のように言えるでしょう。

学習とは、「脳が環境からの外部刺激に適応し、自ら情報処理神経回路網を構築する過程」です。そして教育とは、「環境からの刺激を制御・補完して学習を導き鼓舞する過程」ということになります。

生まれた直後は最も神経回路網の構築が盛んな時期です。赤ちゃんが初めて母親の顔を見る。ここから既に学習が始まっています。神経接続は遺伝子によって大雑把につくられますが、環境からの刺激（入力信号）を受けた接合部（シナプス）だけが生き残り、成長します。母乳を飲む行為一つ取っても、味覚・触覚・聴覚といった感覚を統合する過程と考えられます。睡眠のリズムもこの時期に形成されるので、夜間にとっても強い光を浴びたりすると、一生睡眠障害に悩まされることもあります。環境に対して脳が最適化するプロセスが

乳幼児期にあるわけで、この時期の学習の重要性が脳科学で実証され始めました。

胎児期から死に至るまで、一生を通じてすべての学習と教育の過程を包括的な視点で捉え直すのが脳科学のアプローチです。そこには多くの研究課題が生まれつつあります。

読み書きや計算などの基礎学力についてはもちろん、学習意欲の根源、臨界期と感受性期（学習効果の高い年齢）、神経回路網の構築における遺伝因子・環境因子、記憶のメカニズム、損傷した脳の機能回復過程（リハビリテーション）、加齢と能力維持（健やかな老い）などに関する研究のみならず、創造性や寛容性といった心の問題についても脳科学は挑もうとしています。

Q 基礎学力の前提として、学習意欲を
高めることは重要です。現在の脳科学は
「意欲」をどこまで解明していますか？

人間の脳の断面図を見ると、外側へ向かって進化してきたことが分かります。中心部の「脳幹」は爬虫類の脳と言われ、呼吸や循環など生命を維持する機能を持っています。そのまわりの「古い皮質」は哺乳類から大きくなった脳で、食欲や性欲など根源的な生きる力を駆動するはたらきを持っています。そして一番外側の「新しい皮質」は人間だけが極度に発達した脳で、他の動物以上に環境に適合し、より良く生きる

ために機能します。つまりは理性や知性に関係した脳で、動物的な欲望にブレーキをかける役割もあります。

「学習意欲」や「志（こころざし）」というのは情動とも関係が深いですが、動物的な欲望とも違うし、完全に理性が支配する領域でもない。恐らく、古い皮質と新しい皮質の相互作用から生まれるものですが、この仕組みはまだ十分にわかっていません。一口に脳の研究といっても、局在する機能ごとに研究分野が分かれていて、脳全体をシステムとして研究している人は少ないからです。各部位の相互作用のような問題は、全体を部分に分解して研究する従来の要素還元的な方法ではなく、一つの系全体をシステムとして捉える統合的な方法を導入しないと解明されません。この問題は全く新しい重要な研究テーマです。

ただし、一番外側の新しい皮質に関係する「知育」偏重の教育に問題があることは、すでに明らかです。知識や自己抑制ばかり強くなっても、何かをしようという意欲が育まなければ、人間性に問題が生じることになります。

脳の構造からも、進化の順番で学習するのが自然です。胎児から乳幼児への成長は進化の再現であるとする説、つまり

「個体発生は系統発生を繰り返す」というのは一部に俗説だと言われてきましたが、最先端の分子生物学的な知見によれば、再び意味のある仮説として浮上しています。学習も脳進化に準じるのが自然だとすれば、初めに本能的なことが完成し、欲求が芽生え、そのうち自己抑制を身に付け、知識を吸収していくプロセスを大事にしなければいけません。

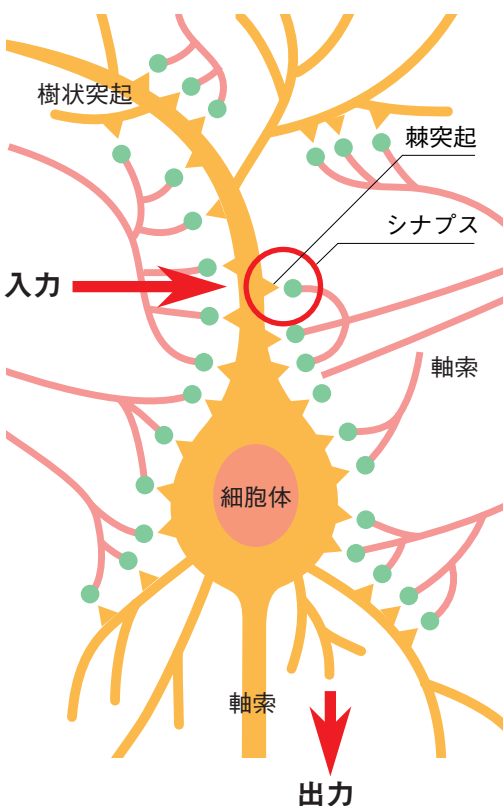
ところが最後の知識の点だけが外側から見えやすいので、どうしても知育に偏りがちになります。古い皮質との連携をきちんと育てる前に、新しい皮質にどんどん情報を入れてしまうと、後で取り返しのつかないことになる恐れがある。早期教育は決して間違いではありませんが、知育偏重にならないように注意すべきです。

Q 情操教育の大切さが脳科学からも実証されつつあるということですか？

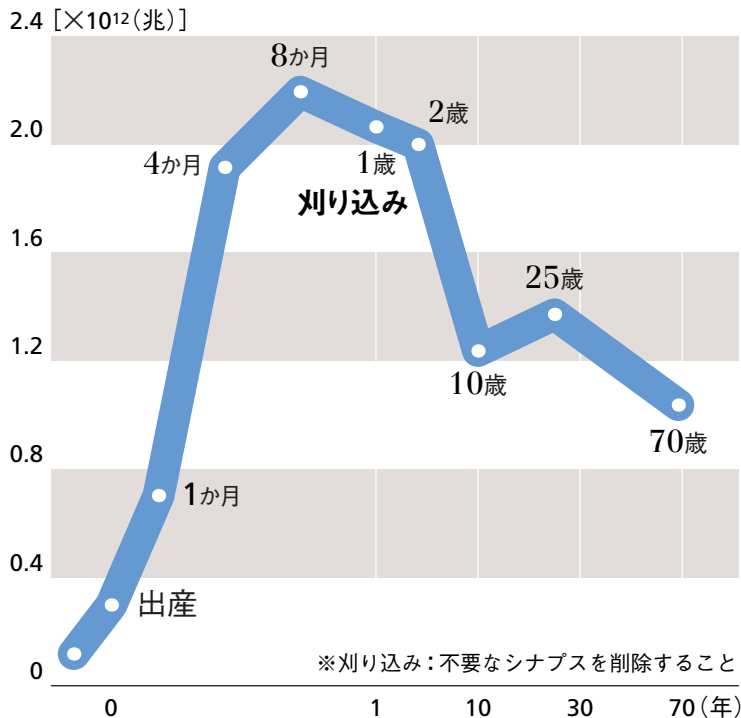
そうですね。知性や理性だけが支配する領域でないところに、人間らしい情動の根源がありそうですから。例えば「憎しみ」やその反対の「コンパッション (compassion)」といった情動も、新しい皮質と古い皮質の兼ね合いで生まれてい

図表 [1] 神経接合部 (シナプス) の過剰生成と刈り込み

脳神経細胞の模式図



第一次視覚野神経シナプス総数



※刈り込み: 不要なシナプスを削除すること

Huttenlocher, P.R. 1990
御子柴克彦・久保田競『育つ・学ぶ・癒す 脳図鑑 21』
(小泉英明編、工作舎) をもとに作成

る可能性が高い。コンパッションというのは日本語に適切な言葉がなくて、仏教関係では「慈悲」と訳されますが、それよりもむしろ、性欲を除いた愛情に近いかもしれません。親子の愛とか、多くの人の幸せを願う気持ち、といった類いの感情。言うなれば、性愛よりも一段高度な情動で、人間以外の動物では発達していません。本能ではなく、理性とも言えないので、古い皮質と新しい皮質の両方が関係していそうですが、これからの研究課題です。

心理学でも脳科学でも、単純な「好き嫌い」の感情については十分研究されています。脳科学で言えば、好悪の感情は大脳辺縁系の扁桃核が関係していることが解明されています。ところが、「憎しみ」の感情が生じるメカニズムはよく分かっていません。意外なことに心理学事典にも「憎悪」や「憎しみ」といった項目が見当たらないのです。例えば、戦争や犯罪で肉親や配偶者を殺されたりしたとき日ごと募ってくる憎しみは、やはり人間独特の情動で、他の動物にはありません。これは、人間が非常に発達している前頭前野という部分で脳の古い皮質と新しい皮質が互いに連携を取り合って生まれてくる情動ではないか、と考えられていますが、完全

な証拠はまだ見つかっていません。

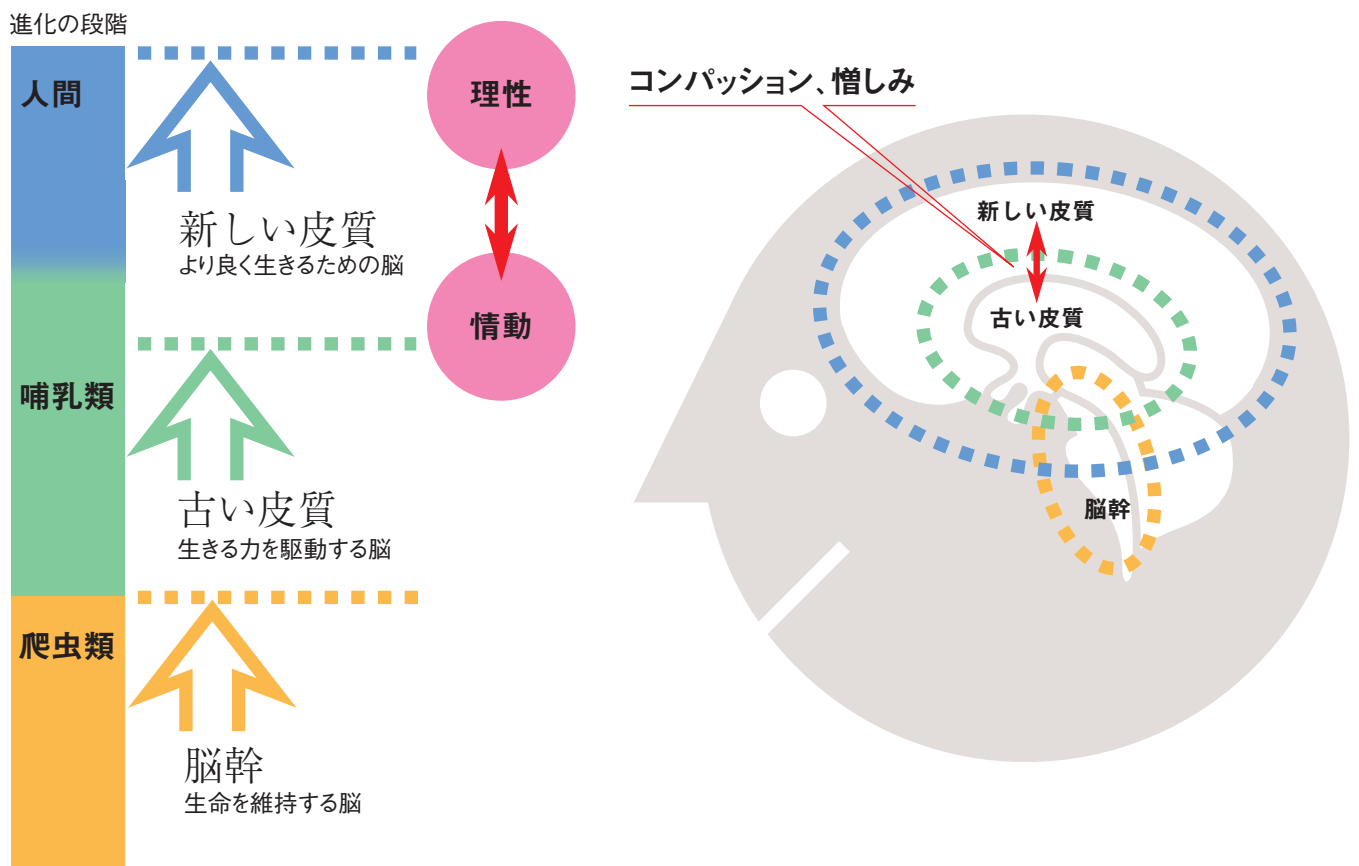
こうした人間特有の一段深い心の問題にも脳科学は立ち入る必要があります。なぜなら、社会のニーズがあるからです。先ごろ逝去された前ローマ法王ヨハネ・パウロ2世は9.11のテロ以降、一貫して「憎しみの連鎖を断ち切る勇気」に言及されました。「憎しみ」の感情は国際社会でも重要なキーワードになっています。

Q 「キレやすい」子どもたちが問題になっていますが、「キレる」のも「憎しみ」の感情と関係していますか？

これに関しては「憎しみ」よりはシンプルでしょう。むしろ「嫌悪」や「怒り」に近い感情から発する、と考えられています。

あるシンポジウムで、会場からの質問でも関心が高かった「キレる」問題について心理学者や小児神経科医とディスカッションをしたのですが、最初から「キレないようにするにはどうしたらよいか」という議論になりました。しかし、そこがちょっと違うのではないかと私は思うのです。

図表 [2] 脳構造の進化





キレルのはダメと決めつける、その入口がそもそもおかしい。キレルこと自体ではなく、キレた結果、どういう行動をとるか、ということが問題なのです。気が付いたら人を刺していたとか。その行動に問題があるのであって、キレル……カッと頭に血が上って激怒するのは自然な感情です。キレやすい、キレにくいというのは性格の違いにすぎません。キレにくい、大人しい子どもばかりになってしまったら、むしろそちらの方が不気味ではありませんか。

というような話をそのシンポジウムの打ち合わせの際にしたところ、「極妻」から弁護士になって大阪市の助役に就任された大平光代さんが微笑んでくれました。「大平さん、今でもキレますか」と司会の有働由美子アナウンサー（NHK）が聞いたら、「はい、毎日のようにキレています」と。キレルことは、状況を改善するための原動力にもなっているのです。義憤は大切です。かと言って、まさかたんかを切って刀を振り回すような真似はしない。抑制が効いているからです。

脳科学では「go/non go」というのですが、例えばキレた揚げ句ナイフで実際に人を刺してしまうのが「go」、ぐっと思いとどまるのが「non go」です。それを司っているのは脳の前頭葉の部分であることがほぼ分かっています。

Q すると、自制心が働かないのは前頭葉の機能に問題があるわけですか？

そうとも考えられるし、「go/non go」の研究者たちもそう言っていますが、私はまだ結論を急ぐべきではない、と個人的には考えています。その前にもう一段階あるのではないかと。

というのも、脳科学はまだ「無意識」の問題を本格的な研究対象にしていないからです。あくまでも推測ですが、意識には上らない領域が、こうした問題には関係しているのかもしれない。

脳がコンピュータと最も違うのは、超並列分散処理をしていることです。神経細胞の信号伝達速度はたかだか毎秒100m。遅いものだと毎秒1m以下です。コンピュータは電子を使っているので光の速度ですから1秒で地球を何周も回ってしまう。比較にならないほど脳の方は遅い。

にもかかわらず、いま最も高度なスーパーコンピュータよりも、脳の方がはるかに高度な情報処理ができます。現状では、コンピュータはせいぜいチェスでたまに人間に勝てる程

度。例えばイヌとネコをコンピュータに常に間違いなく区別させるのは大変ですが、脳は瞬時にやってのけます。なぜそんな高速処理ができるのでしょうか。

情報処理に重要な役割を果たす神経の接続部であるシナプスの数は、例えば視覚野だけに限っても兆のオーダーです。脳全体では何百兆という天文学的な数字になります。このシナプスでつながれた回路がそれぞれ分業して情報を並列処理しているので、一つひとつの処理時間は遅いけれど、全体を統合した結果は、光の速度で電子のやりとりをしているコンピュータより遥かに速くなるわけです。

で、その超並列分散処理をしている過程は、意識に上らない水面下の部分です。無意識のうちに処理している。最後にまとまる段階で逐次処理になり、そこでようやく自分の思考や行動を意識できます。

冒頭で述べたように、神経回路網は乳幼児期に環境からの刺激によって盛んに構築されます。つまり無意識に超並列分散処理され、情報として蓄えられるのです。逆に環境から与えられない刺激の処理回路は構築されません。

子どもの頃に実体験していることは無意識に蓄えられているはずで、例えばナイフで手を切った経験があれば、どのような状況で切ったかは覚えていなくても、「ナイフで身体を切れば痛い」という情報は脳にあり、いつでもアクセスすることができます。実体験とバーチャルなものの違いは、そこにあると考えられます。入力深度が違う。

水面下の無意識に「ナイフで身体を切れば痛い」という情報が入っていれば、きちんと抑制が効くはずで、それがないと、あっと思ったときにはもう手が先に動いている。

今の子どもたちを取り巻く状況に問題があるとしたら、バーチャルな環境にどっぷりつかって、実体験に乏しいことです。本質的な原因が特定できれば、より良い対策を講じられます。ここも脳科学が教育に役立つ大事な点です。

Q 情報技術などテクノロジーの進歩で周りの環境が大きく変化すると、脳の発育にも影響が及ぶのですか？

それがアセスメントの問題です。かつてない環境の中に置かれたとき、脳はどう変化するか。その環境自体も、脳が変化させたものです。例えば、都市という環境。人間が自然環境を改変し、脳の中で創造したイメージを外界に投射するこ

とによって出現させた都市という人工環境は、動物の進化からすれば特殊な環境です。その中で子どもたちが育つ。すると、その環境によって脳の組織が変化する。脳と環境はこうした相互作用の関係にある可能性が高い。都市化や情報化で激変する環境因子によって子どもたちがどのような影響を受けているのか、議論を繰り返すよりも、脳科学の見地から実証するべきです。地球環境問題というアセスメントを脳についても考えなくてははいけません。

そのための基礎的なデータを収集するには、同時期に生まれた子どもたちを何年も追跡調査するような、統計因子を共有する集団を対象にした「コホート研究」が必要です。

来年の春から、「日本における子どもの認知・行動発達に影響を与える要因の解明」という大規模な調査研究が始まります。これは、1万人の乳幼児を対象に5年間、看護師などが寄り添いながら両親と共に発達や行動を見守る調査研究です。無論、得られたデータの処理に際しては匿名性が大前提で、個人情報にかかわることですからプライバシーを厳守し、本人や家族に不利益がないようにしなければいけません。脳科学の研究は人間を対象にするので、脳機能を観測する際の安全性の確保も含めて、このような倫理の問題が極めて重要になります。神経倫理学とでもいべき新たな倫理学の確立も必要でしょう。

Q 脳機能の観測はどのような方法で行われるのですか？

fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging= 機能的磁気共鳴画像法) や光トポグラフィーといった脳機能イメージング法です。これは、血液の状態を通じて、脳のどの部分の神経活動が活発になっているか、画像によって明らかにする方法です。特に、近赤外線光を利用して脳内の酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの分布を計測する光トポグラフィーは、大がかりな装置がいらず簡単に装着できて、被験者が動いても大丈夫なので、子どもにも適用できます。このように、身体に悪影響を与えない脳機能イメージング法が急速に発展したことによって、脳の高次機能の一部を安全かつリアルタイムに観察できるようになりました。教育への応用に役立つ実証的なデータが提供されつつあります。

思えば、fMRIを開発した後、1995年に日立の中央研究所で脳科学の研究者や企業の方々に参加いただいてシンポジウ

ムを開いたのですが、その時、脳の活動をリアルタイム計測できることによって、これから四つの研究分野に貢献できるだろう、と私たちは発表しました。可能性の高い順番に (1) 医療 (2) IT (3) ロボティクス (4) 教育。

当時は教育が4番目だと考えていたのですが、どうやら予想は外れそうです。脳機能を模したニューロコンピュータや自ら学習する知能ロボットよりも、教育分野への応用の方が早く実現する可能性が高い。子どもを取り巻く状況から、社会の要請も強くなっています。

ちなみに、日本で脳科学の教育への応用を初めて述べられたのは時実利彦先生だと思います。1974年に『脳と保育』という先生の遺稿集が出版されました。また、「育児の神様」と言われている小児科医の内藤寿七郎先生は、時実先生をお誘いして、60年代から一緒に研究会をなさっていたと、ご本人からおうかがいしました。恐らく、医療現場の実践の中から脳科学の重要性をいち早くお感じになったのではないかと思います。海外に比べても非常に早い時期から日本の研究者は脳科学と教育というテーマに関心を寄せていたのです。

Q では次に学力の面でおうかがいします。例えば語学の習得に関して応用できる脳科学の知見はあるのでしょうか？

かなりドラステックな効果の期待できる英語教育が可能かもしれません。脳科学から見てどうすれば今よりもはるかに効率的な英語教育ができるか解明するために、実証ベースでのコホート研究が始まりました。

仮説としては、チョムスキーの生成変形文法の理論に基づいています。生成変形文法の理論によれば、子どもの言語習得能力は生得的です。脳の観点から言うと、人間の脳には生まれながらにしてすべての言語の土台となる普遍的な文法の原型のようなものが備わっていて、乳幼児期に環境からの刺激(親や周囲が話す母語)によってそれが様々な自然言語に変化し発現する過程が言語習得である、ということになります。親や周囲の人間が話す文法的に不完全で限定的な言葉を耳にするだけで、なぜ幼児が普通に喋れるようになるのかと考えれば、説得力のある仮説です。

実はチョムスキー先生にお会いしたとき、「先生の理論は語学教育に活用できるのでは？」とお話ししたら、「私がやっているのは物理学で言えば素粒子物理学に相当するような基礎

理論だから、それがすぐ応用に結びつくとはなかなか考えられない]とおっしゃっていましたが……。

奇妙なことに言語学と語学教育はこれまで別世界でしたが、生成変形文法の理論を媒介にして脳科学という場でこの二つを架橋・融合すれば、かなりの成果が上がるのではないのでしょうか。現に、それを示唆する報告がアメリカでは出ています。失語症のリハビリに生成変形文法の理論を活用して、どのような順番でリハビリをすれば最も効果が上がるか、ということが分かりつつあるようなのです。

Q 生成変形文法の理論を具体的には どう英語教育に応用するのですか？

人間の脳には世界共通の普遍文法が備わっていると言われています。そこに各々異なった値の変数（パラメーター）が組み合わさることによって、様々な言語ができるのだとすると、その重要なパラメーターの一つにヘッドポジションというものがあります。つまり語順のことで、例えば英語では "I eat an apple." と言い、日本語では「リンゴを食べる」と言います。順番が逆になっているわけで、別の言語へ変換するにはスイッチの切り替えが必要です。漢文の「返り点」はまさにこのスイッチの切り替えを示した転字法で、外国語で書かれた文章を理解するときにはこうした方法が役に立ちます。

しかし、元々言葉を話すときは、いちいち頭の中でスイッチの切り替えなどしません。無意識に自動化されているから話せるのであって、ヘッドポジションを意識した途端、神経細胞の処理速度が鈍り、口に出ません。ところが日本の英語教育は、「リンゴを食べる」と "I eat an apple." を対応させることから始めます。一旦そこを入り口にすると、脳の回路はいつでも語順を転換させるという時間のかかる高次機能を働かせないと次に進めなくなってしまう。これでは話せるようになるはずがない。

ですから、脳の中で時間のかかる処理をしないためには、当たり前のことですが、英語の授業なら日本語を一切使わず、最初から英語だけで教えるべきです。ちょうど、赤ちゃんが母語を喋り始めるプロセスを真似るようにして。外国から来た相撲取りが、綺麗な日本語を話せるのもそのためだと考えられます。

Q 脳がある程度成長した後も、 そうした教育法は有効なのでしょう？

確かに言語には臨界期や感受性期といって習得するのに効率の良い年齢はあります。しかし、それは鳥の刷り込みのように極めて短い期間でストーンと終わってしまうわけではありません。グラフで書けば人間の場合はピークが終わってもなかなか続いていく。したがって、脳科学から見て理にかなった教育を施せば、十分話せるようになる可能性はあります。習得効率が落ちた上に非効率な教育をしているから、無理のような気がするだけです。

知育の面では、言語習得の他にも脳科学が貢献できそうな領域は多くありますが、研究の順序としては、いきなりそこへ取りかかるのではなく、各種の学習障害に見られるような典型的症状の解決がまずは糸口になるでしょう。

これまでは、単に「学習障害」とひとくくりにされていた症状が、脳機能を調べることによって、個別の原因が明らかになりつつあります。例えばディスクレシア（失読症・難読症）に関しては、どのような脳機能の障害によって生じるのか、分かり始めてきました。学習に困難を感じる子どもたちの症状に応じて、その原因を脳機能的に特定できれば、克服への道が開けるでしょう。

そうした学習障害が起こる仕組みについて明らかにした上で、その知見を徐々に一般の教育にも応用していくのが筋道です。最初から一般の教育に役立つような誤解を与えてはいけません。時間をかけて地道に積み重ねていく必要があります。

Q 脳科学は一般の関心が高いだけに、 特に教育への応用となると、 耳目を引く部分だけが拡大解釈されて 誤解を生む恐れはありませんか？

そこはたいへん重要な問題です。必ずしも一般の方々だけではなく、脳科学の研究者自身にも一部、誤解が生じています。先に述べたように、脳科学の中でも専門分野が細分化されていて、脳全体をシステムと捉えて研究する人々は非常に少ない。ところが、一般的に関心と呼ぶ話題というのは、脳全体をシステムとして扱わないと答えが出ない問題ばかりなのです。すると、一見、専門家の意見のようできて、必ずしもそうではない、ということが起こります。

典型的な例は、「神経細胞の数は年を取るにしたがって減

っていく」という"定説"です。厳密に言えば、そのような事実を確認した研究者は世界で一人もいません。第一次視覚野の神経細胞の数の経年変化を追った研究者はいましたが（大変な仕事です）、その結果は、数の減少はほとんど見られませんでした。脳の全体については、誰も調べたことがないので、分からない。これが科学的事実です。

確かに、fMRIの画像を見ると、加齢による脳の萎縮が観察できます。しかし、だからと言って、神経細胞が死んでいるからだ、と単純に結論付けられません。脳にはグリア細胞という充填剤がたくさんありますから、これが萎縮すれば当然、脳全体が萎縮します。最も確からしいのは、神経細胞から出ている樹状突起が萎縮してくる可能性です。ですから細胞としての数は変わらない。そのあたりがどうも本筋らしいのですが、誰もまだ確認していません。

我々が今、いくつも同時進行している「脳科学と教育」に関する研究プログラムで注意しているのは、現在の脳科学の知識で「既に分かっている所」と「まだ分かっていない所」を明確に区別して情報発信することです。この原則を厳密に守らなければいけません。



Q 脳科学の知識を教育の場に生かすためには、異分野間の融合をはかるような学際的な研究が必要になるのでしょうか？

昔から言われている「学際的」(inter-disciplinary)アプローチというのは、互いに近い二つの学問の境界領域に関連部分を見いだして融合させることです。

それに対して、複数の異分野の研究を同時並行で進めることは「多角的」(multi-disciplinary)アプローチと呼ばれています。一つの研究所に五つくらいの異なる研究分野のチームを集めて互いにディスカッションさせれば、全く新しい融合分野が誕生するだろう、と考えて世界中で試されてきました。

ところが現実には融合せず、むしろ分野間の壁が高くなることの方が多い。異質なものを混ぜこぜにするだけでは、水と油のように分離するのが自然の流れだからです。

そのことは実は昔から明らかでした。フランス革命の時、数学者であり政治家でもあったコンドルセが、異分野の融合を目指した「学者の共和国」のようなシステムをつくらうと試みましたが、現実には難しかった、と書き残しています。互いに自分の専門外の話聞くのは退屈で、異分野の研究者を集めて議論しても、まともに噛み合わない、と。

では、どうすればよいのでしょうか。研究分野がスタティック（静的）に交じり合うのではなく、強いインセンティブによってダイナミック（動的）に融合するメカニズムが働かなければなりません。そうやって初めて、異分野を架橋・融合できるのだと思います。これを私は「環学的」(Trans-disciplinary)アプローチと呼んでいます。

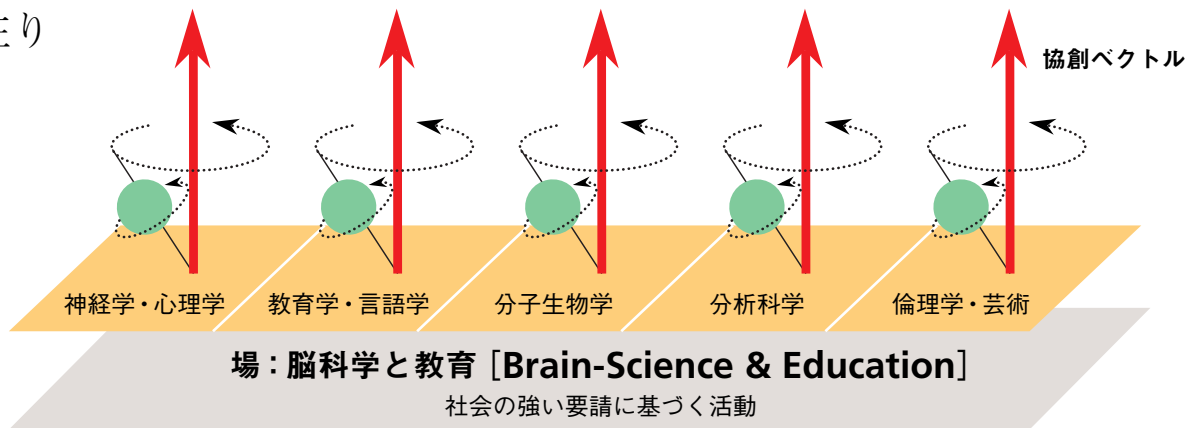
どんなイメージかと言うと、量子力学でいうスピン・カップリング (Spin coupling) から連想しています……と言ってもかえって分かりにくいかもしれませんが、要は、コマの運動のようなものを思い描いてください。コマを机の上でクルクル回すと、角運動量のエネルギーが生じます。机に接している回転軸の1点は動かないけれど、そこにエネルギーが生じる。

一つの研究分野の中の情報量が、ちょうどコマのスピンエネルギーに相当するとすれば、二つの研究分野が融合するとは、どういうことでしょうか。当然ながら、二つのコマが一つになることはあり得ません。それをしようとするから、これまでうまくいかなかったのです。

ではどう考えればよいか。コマを回すと、初めは中心軸で

図表 [3] 「環学的」(Trans-disciplinary) アプローチ

場在り



場無し



回っていたのが、しばらくすると首を振ります。この首振運動の周波数は、コマ全体の回転周波数よりずっと小さい。しかし、同じ軸方向なので、微小ながらも同じ回転エネルギーを含んだベクトルです。

研究分野に例えれば、この首振運動のエネルギーは、一つの研究分野の情報量のごく一部にすぎません。ところが、同じ机という「場」で、複数のコマ（研究分野）を同時に回し、さらに首振運動の周波数の位相を合わせれば、小さな角運動量のベクトルとしての和（融合）が生じます。

それぞれの研究分野で互いに関連する部分があったとしても、静かに置いておくだけでは、何も起こらない。けれども、そこに「脳科学と教育」という共通の場を用意すれば、その視点から、互いに関連する部分を融合させて、新しい成果をもたらすことができます。その関連付けられた部分は、ちょうどコマの首振運動のように、分野ごとのごく小さな動きなのですが、共通の場があるために、回転周波数が近づき、位相が同じになる。各分野の「場」に関係する部分の位相が同期することによって、全体として新しいコマの運動が生ずるわけです。それが、架橋・融合された新たな学問領域の誕生であり、環学性の概念です。

社会からの要請というインセンティブが強い「場」ほど、

融合は起こりやすいでしょう。「脳科学と教育」は、まさにそういう「場」になり得るのです。子どもたちを取り巻く環境の激変に教育がどう対応すべきか、脳科学の観点から実証的に明らかにすることが強く求められています。将来を担う研究者には、そのことを肝に銘じて、「脳科学と教育」というダイナミックな「場」を発展させてほしい。

どんな分野であろうと、研究者に最も必要なものはパッション……日本語でいえば「志」と「情熱」を合わせたような強い意思です。脳科学的に言えば、まさに「新しい皮質」と「古い皮質」をリンクさせたような情動。

それを育むのは子どもの頃の環境ですから、人工物やバーチャルな世界ばかりに触れるのではなく、時には少々な怪我也覚悟の上で、できるだけ自然の中で泥まみれになって遊ぶ機会を増やし、生身の人と人との触れ合い、ぶつかり合いといった実体験を豊富にする。そうした中で、心の奥底からわき出るパッションが育まれるのでしょう。

情報化、効率化、都市化が急速に進行する中で、どうしたら脳の健全な発達を促す環境を維持できるか。若い方には、こうした問題を我が身に降り懸かることとして捉え、研究成果を次世代の育成に役立ててほしいと思います。