

脳科学的知見の教育への応用に関する動向と問題点

A Trend and Issues in Brain-Based Education

岐阜大学教育学部 山崎捨夫

Yamazaki Suteo

キーワード：脳科学的知見，教育への応用，動向，問題点

科学が進歩し、医科学分野では生体の諸現象が科学的にかなり解明されていると思われる現代でも、脳の機能については大部分が今もなお未知であり、21世紀の主たる研究対象となっている。

本論では、脳科学的知見を教育現場へ利用・応用する場合の問題に関して、近年の「脳科学と教育」に関する動向を手短に述べ、その関連する公的報告書の内容に触れ、脳科学的知見の理解と応用に当たって留意すべき問題点を述べる。

I. 脳科学的知見の教育への応用に関する動向

近年の非侵襲的な脳研究から得た成果を教育の場に生かそうとする動きは、1990年代のアメリカで始まり、その後ヨーロッパ、日本、韓国、中国でもそれに呼応した動きが今世紀に入って次第に出てきた。アメリカでは、1990年7月17日の大統領声明で、その年の1月1日を起点とした1990年代を“Decade of the Brain”と謳い、脳科学の基礎的研究とその応用的研究を大々的に推進してきた¹⁵⁾。

この延長上での国際的な研究の取り組みとしては、経済協力開発機構（OECD）の中に設けられている教育研究革新センター（CERI: Center for Educational Research and Innovation）の活動にも見られる¹⁾。CERIは、OECD加盟国の教育政策の立案等に関する国際的共同研究の場として、専門的研究者による調査研究を目的として設置されたものである。この中で、脳研究の教育への応用に関する視点から、1999年に“Learning Sciences and Brain Research”のプロジェクトが立ち上げられた。

第1期のプロジェクトは1999年から2002にかけて行われ、脳および学習に関する研究成果の教育・教育政策立案者への応用可能性についてまとめ、認知神経科学的成果に基づく教育支援の研究を行った。2002年から2006年にかけての第2期プロジェクトでは、国際的な連携（米・サックラー研究所、仏・国立衛生医学研究所、日本・理化学研究所）の基で3つの重点課題に絞り研究を進めてきた。その研究内容は、読み書き能力（Literacy）、数理的思考能力（Numeracy）および生涯学習（Lifelong Learning）であり、これらの研究から得られた専門的知識を生かす方策を考え、基礎的学習能力の獲得に資することを目的としている。

脳科学の知見に基づく教育、指導や学習《Brain-Based Education (BBE), Brain-Based Teaching (BBT), or Brain-Based Learning (BBL)》への応用的研究に関する日本政府の取り組みとしては、文部科学省の科学技術・学術政策局基盤政策課が『「脳科学と教育」研究に関する検討会』を設置し、平成14年3月以来、教育学、心理学、行動学、生物学、医学、脳科学などの専門家グループによって検討が行われてきた。そして、平成15年7月に『「脳科学と教育」研究の推進方策について』と言うまとめの形で報告書が作られた¹⁶⁾。

この国家的取り組みである「脳科学と教育」研究の目的は、人の生涯にわたる学習の仕組みを明らかにし、人が本来有している能力の発達・成長・維持を目指し、その障害を取り除くことを目指している。この目的やそこから出てくる研究課題に関する俯瞰は、表1のようにまとめられている。さらに、当面5年以内に達成すべき短期計画と、10年程度の中長期的な「一応の達成目標」として取り組

むべき研究を、表2のような形にまとめている。ワーキンググループを設置して教育分野、脳科学分野、及びそれらを架橋する諸分野の研究者からの意見をまとめ、今後の研究の推進方策を検討したものである。(表1及び表2は、文部科学省のホームページ《http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/003/toushin/03071003/004.htm》に掲載されているものを、そのまま引用)

この報告書によると、「脳科学と教育」の融合的研究が必要とされた時代背景の一つは、科学技術の加速度的発展による情報化と少子高齢化による、生活・社会環境が不連続かつ劇的な変化であるとしている。教育を取り巻く環境の変化としては、表1および表2に示されている如く、(1)情報化、(2)効率化、(3)個人化、(4)少子化、(5)競争社会の進展、(6)高齢化、(7)化学物質の影響を列挙している。しかしながら、その内容の多くが、脳科学を教育に応用する必要性に密着しているものとは考えにくいものである。

もう一つの時代背景として、長期間の生物進化の産物である人の脳が、この急激な変化にどのように対応出来るか、と言った人類にとっての新たな問題を提起している。このため、今までの学問的な枠組みを超えた新たな視点からの研究が必要であり、脳科学に基づいた能力開発や教育手法、あるいは、教育における障害の軽減や克服のあり方が模索されてきたと述べている。

このような視点から、教育の役割に応えるための研究目標として、表1にあるように、(1)個の理解、(2)注意力、意欲、動機づけ、創造性の発達促進、(3)脳科学の知見を生かした適切な教育課程の開発のための知識の集積、(4)生涯学習の推進、(5)脳機能障害の解明と脳機能に障害のある人々の社会参加を目指す教育・療育の推進、の5項目を列挙している。

本論に直接関わる内容の一つとしての「(3)脳科学の知見を生かした適切な教育課程の開発のための知識の集積」については、「教育課程の基準策定に当たっては、学校現場の経験や教育学の知見に加え、学力調査の結果なども踏まえながら行われているが、今後は児童生徒の発達段階についての科学的な根拠、特に脳科学の知見も生かすための知識の集積を行う必要がある。」とまとめている。つまり、従来の教育関連の学問以外に、脳科学的知見を新たに加えて、教育課程に利用して行こうとしている。さらに、「このような観点から第一に、環境からの刺激、反復練習や様々な学習活動による刺激、異常刺激や感覚遮断などの様々な刺激の形態が、聴覚機能、視覚機能、言語機能、計算機能など種々の脳機能の発達に与える影響に関して、感受性期(臨界期)についてその有無を含め明らかにする必要がある。こうしたことは、体育・スポーツおよび芸術など、身体性や感性に関わる教育の側面についても同様である。」と述べている。このことは、環境の刺激が一番効果的に働く時期(臨界期)を想定して、その時期に合わせた教育内容や方策を考えていると思われ、昨今議論となっている小学校での英語教育に関する問題に通ずる。

加えて、「子どもの学習能力は、各教科などによって独自の発達過程をもっているのか、あるいは全体としてお互いに影響しあって発達するのかを明らかにする必要がある。このような研究を実施するに当たっては、子どもの個性についての研究や感受性期(臨界期)などの研究も参考にするとともに、学校をはじめとする教育の場との密接な連携を図るべきである。」としている。

しかしながら、このような報告内容を見る限り、意味の広い(広義で曖昧な)文言が多用されており、文意が不明瞭であり、あまりにも総花的であるが故に、主旨となる内容がほとんど分からない報告書となっている。全体として、脳科学的研究を推進し、その成果を収集し、教育の現場に応用していこうとする姿勢を前面に押し出そうとしてはいるが、報告書の大部分は脳科学とは無関係の内容になっている。脳科学では解決できないような内容が非常に多いのである。脳科学との関連づけを強調していても、具体的にどのような形で利用出来るのか、またどのような場面でのどのような内容を組み込んで行うのか、全く不明である。このような報告書として、平成17年10月に出された「情動の科学的解明と教育等への応用に関する検討会(報告書)」がある⁸⁾。この中では、子ども達のこのころの問題を理解するキーワードとして「情動」を取り挙げ、医学・脳科学的な視点から検討するとしているが、内容的には『「脳科学と教育」研究の推進方策について』の報告書と軌を一にしており、教育現場での具体的な方策については明らかにされていない。

ここまで、「脳科学と教育」に関する動向とそこで考えられている政策的内容についての概略を簡単に述べてきた。述べられている方向性は、脳科学的知見の収集を行い、脳のどの部位がどのような働きをしているかについての情報収集が主であり、それをどのように利用するのかについては、まだ十分に考えられてはおらず、手付かずの領域と行って良いだろう¹⁰⁾。つまり、脳画像研究から得た結果をどう考え、どう応用するかの方策について、ほとんど言及されていない。この応用的視点での具体策が重要でありながら、この点での妙案の無いのが現状であり、一番の泣き所でもある。

II. 脳科学的知見の教育への応用に関する問題点

ここでは、教員研修や講義・講演の場で、著者が現職教員の発言として良く耳にする例をもとに、脳科学の教育への応用という点での問題点について考えを述べる。

良く聞かれる内容は、「音読が脳の活性化に効果的である」と脳科学者が言っているのだから、これを（教育現場で）実行している（行こうとしている）と言うことである。これに関する発言として、「音読が脳の鍛錬に効果的であると講演会で聞き、またテレビの番組などで見たので、学校でもこのことを実行しクラスの成績アップを考えている。さらに、著作物¹²⁾を購入して読んでみると、脳画像の研究結果から脳全体が赤くなっていて、脳全体が活性化されている図が出ていたので、音読が効果的であると思っている」と言うような表現が多くの教員から聞かれる。

本論ではこの例を取り挙げ、脳画像研究の知見を学ぶ時に、初学者が陥りやすい問題点として二点を、続いて教育へ応用する時の問題点として二点を述べることにする。

脳画像の知見は、MRI（磁気共鳴画像、Magnetic Resonance Imaging）、fMRI（functional MRI、機能的磁気共鳴画像；BOLD：Blood Oxygenation Level Dependency）、光トポグラフィ（optical topography、近赤外線分光法、NIRS：near infra-red spectroscopy）やPET（陽電子放射断層撮影、positron emission tomography）などの手法で研究されたものがほとんどであり、計測結果にカラフルなグラデーションを施し画像化され、立体的な脳図として提示されている場合が多い。大まかに言えば、fMRIや光トポグラフィによる研究では、（fMRIでも細部の測定原理は異なるものの）脳の血流量の局所的変化を調べ、行動との関連付けを計るものである。研究対象とする行動や作業をさせて（実験条件）、安静時や作業直前の状態（統制条件）と比較して、細動脈などの局所血流量の変化した量と部位を画像処理し、脳画像として再構築することになる。通常、変化量（統計的な差の検定をやり、その値を使うことが多い）の増加や大きい所を赤や黄色で画像化し、変化量の減少や少ない所を青で表示し、中間をグラデーション化する。

さて第一の問題点であるが、論文等からこのような脳画像を見る時に、一般の人は血流量に基づく画像を神経の活動量の変化と思い込んで解釈してしまうことにある。さらに、自説の脳科学的見解・応用を啓蒙する学者の側でも、その様に思い込ませる表現を意図的に行っていることが多い。神経活動の局所的な亢進に伴って血流量の局所的な増加があると仮定して、これから逆に神経活動を推定して研究が進められてはいるが、残念ながら、両者の関係は今の所明らかでない。細動脈より先の血管内の血流量が神経細胞からの何らかの信号で増加するとし、神経細胞へのブドウ糖と酸素の供給を増やし神経活動の亢進が見られると仮定されてもいるが、そのことも分かってはいない。

この思い込みによる錯覚を助長するのが、カラーでの処理にもある。赤は血液や燃える炎を連想させるため、脳科学の初学者である一般の人は、赤く塗られた脳部位は「血液が沢山流れて、神経細胞の活動が燃えるが如く活発である」と、思い込むことが多い。一般向けの脳科学書や、特にテレビの脳科学に関するドキュメンタリー番組での言い回しには、このようなニュアンスの表現を多用し、神経細胞の活動それ自体の画像であると思わせてしまう。

このようなことが重なり、赤や黄色で塗られた脳部位の神経細胞が活性化されていると簡単に思い込んでしまうが、それらの部位での個々の神経細胞の活動や神経細胞相互の情報伝達の様相、さらには局所神経ネットワークでの情報処理の詳細については全く不明である。

第二の問題点は、赤や黄色に塗られた脳部位の神経細胞が活性化していると解釈する事を寛大に見

たとしても、脳機能が不活性化しているとして青で表示されている部位の解釈に大きな間違いを生じていることが多い。

脳画像の研究では、何らかの行動や作業をさせ、安静時や作業直前の状態と比較して、局所血流量の変化量と部位を画像処理し、脳画像として再構築することについては前述した。この意味で、青く表示された脳部位では、作業前あるいは統制時の血流量と比較して、作業時の血流量に差がないことを表していることになる。このことを、初学者は「血液が当該部位にほとんど行っていない」、「血流量がほとんど無い」などと解釈してしまう。統制条件などとの間に血流量で差がないことを、青く塗られた脳部位には血流がほとんど無いと錯覚してしまう。その結果、青く色塗られた脳部位の所では、「脳に血液が行かない」との解釈をし、教育研修期間中に講演を聴いて勉強をした教員からこのような言語表現が聞かれた。これもまた、脳画像のカラー処理による錯覚促進効果とも言うべきことであり、青（蒼）という色の連想から「蒼く、血の気がない」となり、「血流がない」、その結果「神経細胞が活動していない」という非科学的な結びつきの連鎖による思い込みになってしまう。例えば、安静時や統制条件での血流量が相対的に高い場合には、青く塗られた脳部位の解釈として、実験時の特定の行動・作業による血流量が相対的に高いまま維持されていたとすべきであろう。血流が途絶えていたわけではないのである。それどころか、この例では、相対的に高い血流量を保ち、ある意味では当該部位の活動性が高いままであったことになる。講演会やドキュメンタリー番組では、脳科学者と称している発言者が意図的に、脳画像の青い部分は活動していないというような文言を使用して錯覚を誘導している側面があることは否めない。

第三の問題点は、今までの2点とは異なり、教育に応用する時の問題点である。前述した「音読が脳の活性化に効果的である」と脳科学者が言っているとの内容に関することである。

図1と図2は、「高次機能のブレインイメージング」(川島, 2002)¹¹⁾に出てくる図を、付録のCD-ROMからそのまま掲載したものであり、他の書物や講演会などに良く出てくる図である。



図1：日本語の文章を黙読中の脳活動（fMRI）【川島¹¹⁾の図3A-6】

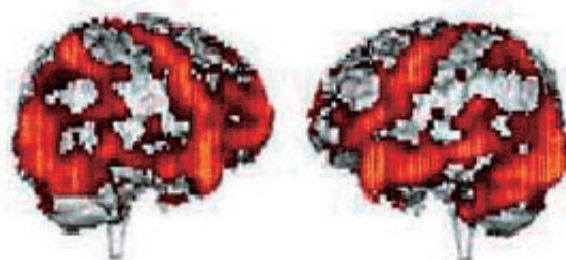


図2：音読中の脳活動（fMRI）【川島¹¹⁾の図3B-6】

川島 (2002)¹¹⁾ は、固視点凝視状態と比較して、日本語の文章を黙読している時に、「左右両半球前頭葉領域、側頭葉後半部領域、角回に活性化が認められる。視覚系として両側半球の視覚野と下側頭回が賦活しており、両側半球の側頭葉の聴覚領域も活性化している」としている(図1)。

他方、日本語の文章を音読している時には、「固視点凝視状態と比較して、黙読中の脳活動と同様に、言語領域としては、両側半球の前頭葉領域、側頭葉後半部領域、角回が活性化している。側頭葉

の聴覚領域の他、前頭前野も両側半球で活性化をしている。非常に多くの脳領域が活性化しているが、その一因として、言語システム上、音読において入力を書字言語系を、出力は聴覚言語系を使用する点が挙げられる。音読はわれわれがこれまでレビューをしてきた脳イメージング研究の中で、最も多くの脳領域を活性化させる課題である。」(図2)と川島は述べている¹¹⁾。

このような結果から、『音読が脳の活性化に効果的である』と川島は色々な場で述べてきている。そして、音読をやれば脳が活性化され、頭が良くなるとの論法に至っている。この延長線上で、脳を鍛える大人の音読ドリル、大人の名作読本などを活用すれば、脳の活性化が行われるのだということになる。

しかしながら、この結論的な内容は本当だろうか？そこで、黙読と音読の場面での行動を比較して考えてみよう。

まず黙読の場面であるが、書かれた文字を読み理解する時には、視覚的情報としての文字を目で追い、その意味を理解することになる¹⁸⁾。声を出さずに読む黙読であっても、多くの人は見た文字を心の中で言語音に変換し内言語として使用している場合が多い。

この場合、脳の活動する部位としては、視覚に関係する部位、言語に関係する部位、眼球運動に関係する部位などが考えられよう。この時の言語に関する部位としては、文字(視覚性)言語、聴覚性言語や運動性言語に関する脳部位が活動すると思われ、関連する報告が多数ある。いわゆる、角回、縁上回、紡錘状回、ウェルニッケの聴覚性言語野、ブローカの運動性言語野などである^{4) 21)}。さらに、文字を読んでいる時には、姿勢を正したり、首や手を少しは動かしたり、ジェスチャー様の行動があったり、口が動いたりする事が考えられ、これらの運動関連領域の活動も含まれよう¹⁹⁾。図1で見られる脳の活性部位からは、このようなことが考えられる。

一方、音読場面を考えてみると、視覚的情報としての書かれた文字を目で読みとり、口に出して発声する作業になる。黙読の状態に、さらに幾つかの行動が加わることになる。音読の発声と自分が発声した音声を聞き取る行動が最低限加わり、他にも関連する行動(あるいは無関連な行動)が加わる。これらの行動に関与する脳部位の活性が、黙読時の機能に追加されることになろう^{7) 13)}。

これらの脳の活動としては、発声するための声帯、咽頭、喉頭などに関与する脳のコントロール⁹⁾、および自分の発声音声を聞き取る時に働く聴覚野の働きが加わる他に、さらに、文字を追うことと発声を連動させるための複雑な機能なども追加されることになろう。このためには、これらに関与する脳部位の活性化は必然的である。近年の研究では、音声の聞き取りだけでも発声に関与する運動性の言語関連部位が活動しているとの研究報告が多い^{3) 6)}。つまり、黙読の時よりも、より多くの行動に関与する各々の脳部位が活動している画像データが得られることは当然の結果と思われる。このことから、音読が脳全体を活性化させるとの結論は飛躍している。

固視点凝視状態と比較して、より多くの脳部位で血流量が上昇した画像結果が得られたとしても、音読が殊更に脳を活性化し、他の学習法に較べて殊更に効果的であるとは言い難い。特殊感覚や運動に関与する機能局在を持つ脳の領域が、黙読に比べて音読で増加したとしても不思議ではない。つまり、音読を行えば、発声などの個々の機能に関連する限局した脳の部位数が多くなり、全体として、活動する脳の領域(実際は血流量だが)が広がったという画像結果が得られることは当然と言えよう。

他方、連合野のような脳の部位では、脳画像で機能局在的に現れる個々の活性脳部位の寄せ集めとして、部位加算的に脳が働くとは考え難い。機能局在的活性脳部位の寄せ集めであれば、脳は個々の機能に細分化された機能局在的な解剖学的部位を無限に必要とすることになる。多くの神経細胞が組み合わせられ、時間的空間的な神経活動として相互の連携を保ちながら統合的に働いている脳のメカニズムについては、脳の限局した活性部位の面積的総和としては捉えきれない。個々の脳部位のどのような統合的な働きによって、音読時にどのような脳の活性化が起こっているかについては何も言及できないのである。

昔から、基本的学習能力、リテラシーを身につけるやり方として、読み書きそろばんと言われ、音読は学習の中心的な方法であった。リテラシーを身につける方法として必要不可欠な方策であること

は、今日でも同じであろう。幼少から絵本を音読し、教育現場では、小学校入学以来毎日のように継続して音読を行って来ている。「音読が脳を活性化する」と単純に言えるのであれば、ほとんどの児童生徒は素晴らしく活性化された脳を既に身につけているはずである。また、学校教育の長い歴史の中で、音読によるリテラシー学習の効果的方策が既に確立されているはずである。

音読を行わせた時の脳画像の結果として、より広範な脳部位での活性化が見られたとしても、より広範な脳部位の活性化に音読が効果的だとする可逆的な論理の成り立ちにくい理由が、ここで述べた読み書きそろばんの身近な例からも伺えよう。このような所に脳科学を応用する方策の難しさがある。脳画像研究から特定行動時の脳の活性部位がここであるから、この脳部位の活性化が特定行動を引き起こすことに関与していると言うことは言えても、正常に機能している特定行動をより活性化する(例えば、学習能力を今まで以上に伸ばす)とまでは言い難いのである。

第四の問題点として、障害を抱えた子どもへの脳科学的知見の応用は治療的意味を持つが故に必要であり有効性が高いと思われるが、健常児がより高い能力を獲得するための方策としての脳科学応用は、かなりハードルが高いと思われる。

医学的に障害を抱えた特別支援を必要とする児童の行動や学習での障害がどうして起こっているのか、又その児童にどう接していくのかという時に、脳科学的知見は児童の立場になって当該児童を理解する一助になってくれる^{17) 20)}。勿論、医学的・脳科学的研究報告から、投薬や特定治療法などが障害の治癒や寛解に役立つのであれば積極的に使用すべきである。このような障害児に対する学習等の支援に応用することと、健常児向けに脳科学的知見の教育への応用と言った枠組みで考える内容とを混同すべきではない。

教育への応用を考えた時、対象となる児童生徒の多くはあくまでも健常児であり、彼らの記憶力を良くし、学習能力をアップさせるには、海馬を鍛えるべきである等の論調は、短絡的と言えよう。アルツハイマー病や記憶障害の患者から得られた脳画像で、海馬の萎縮が見られると言う医学的知見を^{2) 5) 16)}、障害を抱えていない普通児童に当てはめて考えることができないのである。

以上、本論では否定的な側面をやや強調しすぎた嫌いはあるが、子どもの行動を理解する上では、脳科学的知見の習得は言をまたず重要なことであり、この知見から教育の実践上のヒントが得られる可能性は非常に大きい。特に特別支援教育を必要とする子どもの場合には、教室での彼らの存在に気づく事が教師の教育の第一歩である。気づく為には、障害に関する脳科学的・行動学的知識が必要であり、気づいてこそ次のステップの支援や教育的配慮が可能となる。

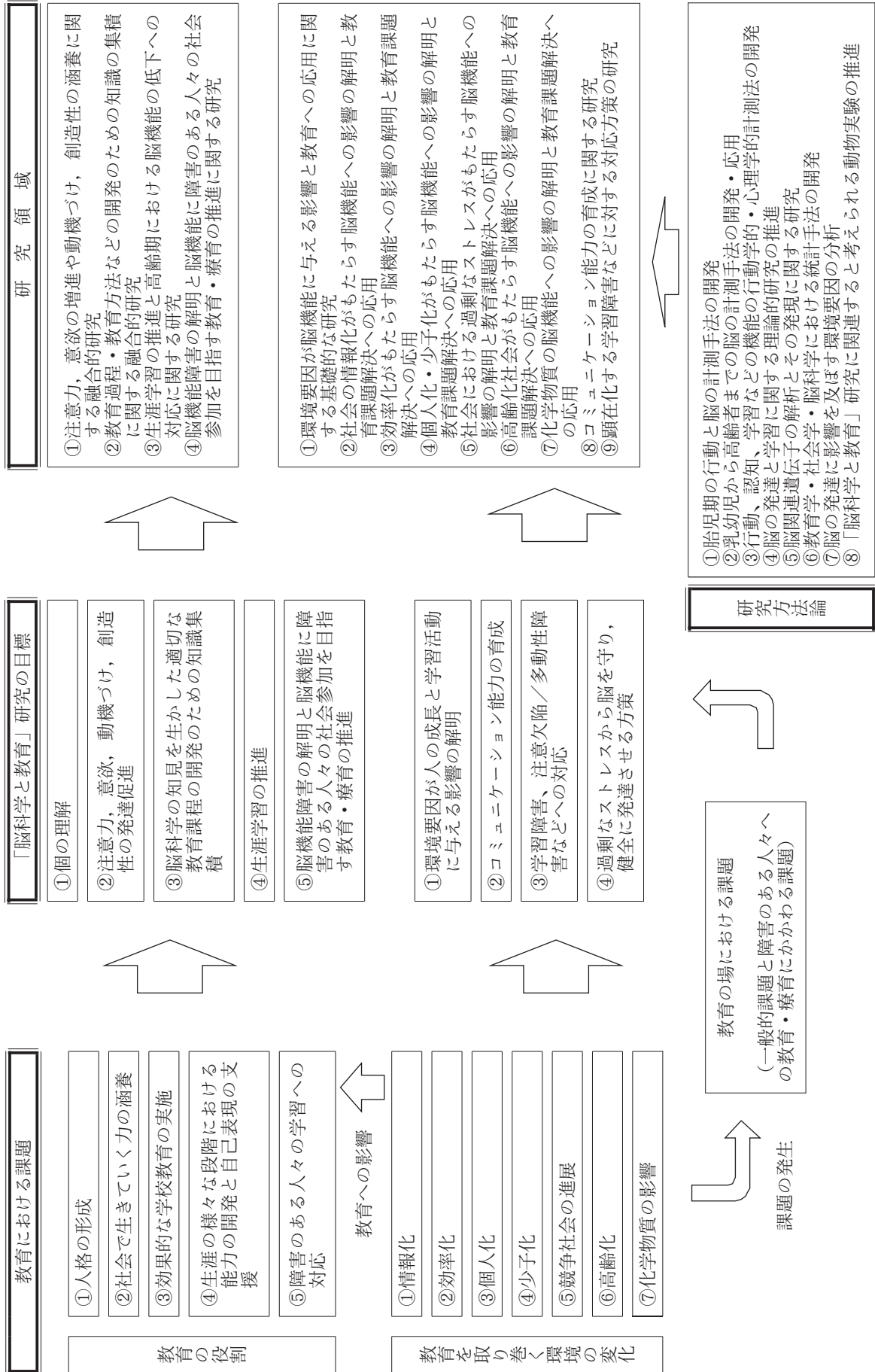
しかしながら、健常な児童・生徒に対して脳科学的知見を応用しようとする時には、本論で述べた問題点に留意して、教育現場での学習指導を進めて行くことが肝要かと思われる。

引用文献

- 1) CERI(Centre for Educational Research and Innovation), Learning Sciences and Brain Research : Summary content. (http://www.oecd.org/document/63/0,2340,en_2649_14935397_31420927_1_1_1_1,00.html)
- 2) Clifford R. J. Jr., Petersen, R. C., Xu, Y. C., Waring, S. C., O'Brien, P. C., Tangalos, E. G., Smith, G. E., Ivnik, R. J. and Kokmen, E. Medial Temporal Atrophy on MRI in Normal Aging and Very Mild Alzheimer's Disease. *Neurology* 49(3): 786-794, 1997
- 3) D'Ausilio, A., Pulvermüller, F., Salmas, P., Bufalari, I., Begliomini, C. and Fadiga, L. The Motor Somatotopy of Speech Perception. *Current Biology* 19:1-5, 2009
- 4) Gaillard, W. D., Balsamo, L. M., Ibrahim, Z., Sachs, B. C. and Xu, B. fMRI identifies regional specialization of neural networks for reading in young children. *Neurology* 60:94-100, 2003
- 5) Guo, X., Wang, Z., Li, K., Li, Z., Qi, Z., Jin, Z., Yao, L. and Chen, K. Voxel-based assessment of gray and white matter volumes in Alzheimer's disease. *Neuroscience Letters*, 468(2): 146-150, 2010

- 6) Heim, S., Alter, K., Ischebeck, A. K., Amunts, K., Eickhoff, S. B., Mohlberg, H., Zilles, K., von Cramon, D. Y. and Friederici, A. D. The role of the left Brodmann's areas 44 and 45 in reading words and pseudowords. *Brain research. Cognitive brain research* 25:982-993, 2005
- 7) Iacoboni, M. The role of premotor cortex in speech perception: Evidence from fMRI and rTMS. *Journal of Physiology - Paris* 102:31-34, 2008
- 8) 情動の科学的解明と教育等への応用に関する検討会, 同報告書, 文部科学省, 2005
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/seitoshidou/05032201/003.htm)
- 9) Jürgens, U. Review Neural pathways underlying vocal control. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 26:235-258, 2002
- 10) 科学技術・学術審議会, 長期的展望に立つ脳科学研究の基本的構想及び推進方策について～総合的人間科学の構築と社会への貢献を目指して～(第1次答申), 参考資料1:19文科振第553号, 2009
- 11) 川島隆太, 高次機能のブレインイメージング, 医学書院, 2002
- 12) 松澤大樹, 目で見る脳とこころ, 日本放送出版協会, 2003
- 13) Meister, I. G., Wilson, S. M., Deblieck, C., Wu, A. D. and Iacoboni, M. The Essential Role of Premotor Cortex in Speech Perception. *Current Biology* 17:1692-1696, 2007
- 14) 「脳科学と教育」研究に関する検討会, 「脳科学と教育」研究の推進方策について(報告書), 2003
(http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/003/toushin/03071003.htm#mokuji)
- 15) The President of the United States of America, Presidential Proclamation 6158, July 17, 1990
(<http://www.loc.gov/loc/brain/proclaim.html>)
- 16) Reitz, C., Brickman, A. M., Brown, T. R., Manly, J., DeCarli, C., Small, S. A. and Mayeux, R. Linking Hippocampal Structure and Function to Memory Performance in an Aging Population. *Arch Neurol.*, 66(11): 1385-1392, 2009
- 17) Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Constable, R.T., Marchione, K.E., Fletcher, J.M., Lyon, G. R. and Gore, J. C. Disruption of Posterior Brain Systems for Reading in Children with Developmental Dyslexia. *Biological Psychiatry* 52:101-110, 2002
- 18) Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K.R., Fulbright, R.K., Skudlarski, P., Mencl, W. E., Constable, R. T., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Fletcher, J. M., Lyon, G. R. and Gore, J. C. Development of Left Occipitotemporal Systems for Skilled Reading in Children After a Phonologically-Based Intervention. *Biological Psychiatry* 55:926-933, 2004
- 19) Skipper, J. I., Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H.C. and Small, S. L. Speech-associated gestures, Broca's area, and the human mirror system. *Brain and Language* 101(3):260-277, 2007
- 20) Soliva, J. C., Moreno, A., Fauquet, J., Bielsa, A., Carmona, S., Gispert, J. D., Rovira, M., Bulbena, A. and Vilarroya, O. Cerebellar neurometabolite abnormalities in pediatric attention/deficit hyperactivity disorder: A proton MR spectroscopic study. *Neuroscience Letters*, 470(1): 60-64, 2010
- 21) 山崎捨夫, 知的障害児の支援・生理(特別支援教育を学ぶ[第2版]・第2章第2節), 岐阜大学教育学部特別支援教育研究会編, pp. 27-41, 2008

【表1】 「脳科学と教育」研究の俯瞰



【表2】 研究領域の基礎的評価と集中して取り組むべき時期

	「脳科学と教育」研究の研究領域		集中して研究に取り組むべき時期	
	基礎的評価 緊急性	重要性	当面から短期	中長期
(1)教育の役割 に 応え る た め の 研 究	①注意力、意欲の増進や動機づけ、創造性の涵養に関する融合的研究	大	○	○
	②教育課程・教育方法などの開発のための知識の集積に関する融合的研究	中	○※	○
	③生涯学習の推進と高齢期における脳機能の低下への対応に関する研究	中	○※	○
(2)教育の取り 巻く環境の 変化に 対 応 す る た め の 研 究	④脳機能障害の解明と脳機能に障害のある人々の社会参加を目指す教育・療育の推進に関する研究	大	○	○
	①環境要因が脳機能に与える影響と教育への応用に関する基礎的な研究	大	○	○
	②社会の情報化がもたらす脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	大	○	○
	③効率化がもたらす脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	中	○	○
	④個人化・少子化がもたらす脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	中	○	○
	⑤社会における過剰なストレスがもたらす脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	大	○	○
	⑥高齢化社会がもたらす脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	中	○	○
	⑦化学物質の脳機能への影響の解明と教育課題解決への応用	中	○	○
(3)「脳科学と 教育」研究 を 支 え る 研 究 方 法 論 に 関 する 研 究	⑧コミュニケーション能力の育成に関する研究	大	○	○
	⑨顕在化する学習障害などに対する対応方策の研究	大	○	○
	①胎児期の行動と脳の計測方法の開発	*	○	○
	②乳幼児から高齢者までの脳の計測手法の開発・応用	*	○	○
	③行動、認知、学習などの機能の行動学的・心理学的測定法の開発	*	○	○
	④脳の発達と学習に関する理論的研究の推進	*	○	○
	⑤脳関連遺伝子の解析とその発現に関する研究	*	○	○
	⑥教育学・社会学・脳科学における統計手法の開発	*	○	○
⑦脳の発達に影響を及ぼす環境要因の分析	*	○	○	
⑧「脳科学と教育」研究に関連すると考えられる動物実験の推進	*	○	○	

注：緊急性・・・社会的な意義、脳科学などの進捗状況などの視点から評価 重要性・・・教育の改善、福祉の向上、経済的な効果の視点から評価
 当面から短期・・・5年以内での一応の達成を目標 中長期・・・10年程度での一応の達成を目標 なお、集中して取り組むべき時期については中期評価などにより、適宜見直すことが重要である。
 「当面から短期」及び「中長期」の両方の欄に○が記入されている領域については、当面から中長期にわたって集中して取り組むべきであるという意味である。
 (1) ②、③については緊急性の評価は「中」であるが、当領域の中に項目数が非常に多く、そのうち一部については「当面から短期」に取り組むことが可能であるため○を付した。
 *・・・③については、(1)及び(2)の研究を支える基礎的な研究であり、いずれも早期に着手すべき課題であるため、基礎的な評価の対象に含めていない。

