

脳と行動の相関関係について心理学からいえること

山 岸 直 基

本稿の目的は、人間における脳の活動と行動との関係について研究手法およびその背景にある哲学に基づいて検討を行うことである。事物間の関係について考えるためには、関係自体にどんな種類があるのかを知る必要がある。そこでまずは身のまわりの事物を考えるとところからはじめたい。その上で、脳科学研究と心理学の関係について論じる。

相関関係と因果関係

私たちの身のまわりでは、さまざまな事物が相互に関係しあいながら変化している。たとえば、身長と体重、日中の気温と炭酸飲料の売り上げなどが相互に関連しながら変化している。このような「相互の関係」はいくつかの種類に分類することができる。しかしその中で何が「原因」で、何が「結果」であるのかを特定するのはそれほど簡単ではない。たとえば、ある特定の集団において、年月の経過に伴い身長が伸びれば、それに伴って体重も増加する。しかし、身長の増加は体重増加の原因ではない。単に相関関係^(注1)があることと、因果関係があることは違うのである。因果関係の中には「原因」が含まれるが、相関関係の中には必ずしも「原因」が含まれているとは限らない。

そして私たちはしばしば、相関関係と因果関係を取り違えてしまう。その例を1つ紹介する。かつて文部科学省のホームページには、「僕たち私たちの生活2」と題して、中学3年生の国語、数学、理科、社会、英語の成績が、朝食の摂取状況によって変化することを紹介していた。これは、文部科学省の平成20年度全国学力・学習状況調査に基づいた資料である(文部科学省, 2008a, 2008b)。朝食を必ずとる生徒の成績が一番高く、たいていとる、とらないことが多い、全くまたはほとんどとらない生徒は順に成績が悪くなっている。各教科の成績と、朝食の摂取状況の間には相関関係があることがわかる。しかし、この調査のみから、因果関係に言及することはできない。先ほどの資料で

は、挿絵の中で女の子に「朝食を食べて成績アップだね！」といわせているが、現時点では、朝食を食べることによって成績がアップするとはいえない。

2012年2月29日現在、このファイルは文部科学省のサイトから姿を消したが、新たに内閣府のサイトにおいて、小学校6年生と中学校3年生の学力と朝食摂取の状況についての同一のデータに基づいて、同様の主張が繰り返されている。「朝からしあわせ「めざましごはん」と題するサイトにおいて、因果関係を明確に述べているわけではないが、それを示唆する記述がある。『文部科学省の「平成20年度全国学力・学習状況調査」によると、毎日、朝食を食べている児童生徒のほうがテストの正答率が高い傾向が見られるという結果が出ています。(中略)朝ごはんをしっかりとって、仕事や勉強が始まる前にエネルギーを補給しておきましょう。(内閣府大臣官房政府広報室, 2009)』。この資料の作成者が因果関係と相関関係の違いについてどこまで気をつけていたのか定かではないが、因果関係に言及しそうになっている良い例である。参考のため、図1に小学校6年生のデータを示した。

ここで示唆されている因果関係（関数関係ともいう）が確かに存在するのかどうかは、実際に朝食摂取状況を変化させる「実験」を行うことによって確かめることができる。たとえば朝食を食べない生徒がいたとする。その生徒の朝食摂取状況と各教科の成

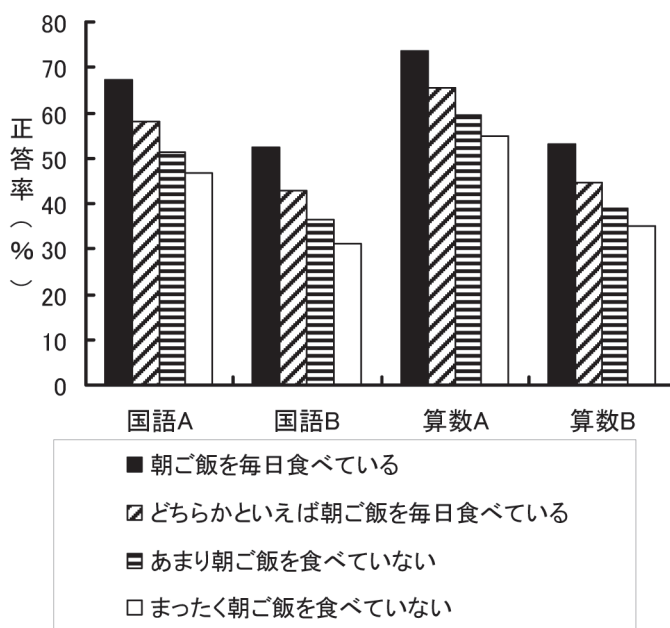


図1 小学校6年生の学力と朝食摂取との関係（文部科学省（2008a）より一部改変）。国語Aおよび算数Aは知識に関する問題であり、国語Bおよび算数Bは活用に関する問題である。

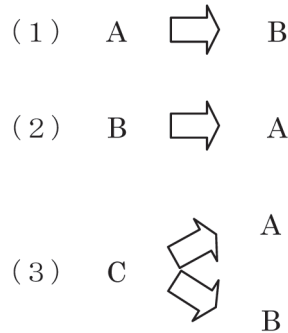


図2 想定される3つの因果関係. AとBに相関関係が確認された場合に想定される因果関係を示している。矢印は因果の方向である。

績を測定し、その後、一定期間毎朝朝食を食べさせ、成績が良くなるのかを調べればよい。さらにその後、朝食を摂取しないようにして成績が下がるのかを確認すればなお良い（ただし、朝食を食べさせたり食べさせなかったりすることが倫理的な問題に抵触すると考えられるので、その部分には注意が必要である）。

質問紙を使用した調査等によって仮にAとBという2つの変数の間に、なんらかの相関関係が明らかになった場合には、AとBの間には因果関係を以下のように3通り想定することができる（図2）。まず（1）はAの変化によってBが変化している場合であり、（2）はその逆、Bの変化によってAに変化が生じている場合である。（1）および（2）の場合は、相関関係が示されたAとBの間に因果関係が成立している。しかし、AとBの間には直接的な因果関係が含まれていない場合もある。それが（3）である。AとBはともにCの変化によって変化している。AとBは同じ原因によって生じているので、AとBの間には相関関係が生じる。しかし、AとBの間には因果関係は含まれていない。このような場合を擬似相関（spurious correlation）あるいはスプリアス効果（spurious effect）と呼ぶ。このように、相関関係が確認されただけでは必ずしもその中に因果関係があるわけではなく、場合によっては（3）のようにその関係の外に因果関係を想定する必要がある。つまり、相関関係は因果関係の証明にはならないのである。因果関係を明らかにするためには、基本的に先に述べたような実験により、特定の要因（たとえばA）を操作し、それに伴って別の要因（たとえばB）が変化するのかを確かめる必要がある。（1）であれば、朝食の摂取を操作することで学力が変化するのかを調べることになり、（2）であれば、学力を操作する、たとえば補習などを実施することによって、朝食の摂取に変化が生じるか調べることになる。

このように、（1）および（2）については、想定される因果関係が、AおよびBの間にあるので比較的扱いやすい。しかし、（3）こそ最も考慮すべきである。つまり、相関関係が確認されたAとB以外の要因がAとBの両者に関与している可能性を常に検討しなけ

ればならないということである。学力と朝食について、(3)の可能性を示唆する資料として、たとえば、厚生労働省健康局(2012)が平成22年度の国民健康・栄養調査の結果を公表している。その中で「所得と生活習慣等に関する状況」として、所得と習慣的朝食欠食者の割合の関係を報告している。そこでは、所得と習慣的朝食欠食者の割合の間には相関関係が示されている。所得の低い世帯では、習慣的朝食欠食者の割合が多くなるのである。さらに、世帯年収と子どもの学力との間に相関があるとの報告もある(石田, 1989)。したがって、朝食摂取と学力は、ともに世帯年収とも相関関係にある。この3つの変数(学力、朝食摂取、世帯年収)の間のどこに因果関係があるのかは現時点では不明であるが、朝食摂取が世帯年収に影響を与えると考えるよりは、世帯年収が朝食摂取に影響を与えると考えるほうが、説得的であろう。これは、(3)のCの候補の1つとして「世帯年収」を考慮すべきことを示唆している。しかし、相関関係だけを丹念に調べても、その情報のみから因果関係を特定することはできない。いずれにしろ、実験によって変数操作をすることによって、因果関係を同定することができるのである。

相関関係としての脳と行動

上述の相関関係と因果関係の違いを踏まえた上で、脳と行動の関係について考えてみたい。最近、脳研究が飛躍的に進展している。特に脳磁図や磁気共鳴画像を利用した非侵襲的研究法によって、脳の活動を詳細に検討することができるようになったことが関連している。一方でそれらの研究の一部に問題が生じているようにみえる。

脳機能マッピング(functional brain mapping)という研究領域がある。脳機能が脳の中で局在するという仮定に基づき、感覚や運動と対応する脳神経の位置を特定することを目指している。基本的な研究方法はPenfield and Rasmussen(1950)に代表されるように、開頭手術を行い、脳のさまざまな部位に直接電気刺激を与え、特定の部位とそれに対応する運動および感覚を調べ、その対応関係を図示したものを脳の「地図」と呼んだ。多くの場合は、人間以外の動物を対象として研究が行われる。近年は、さまざまな非侵襲的な方法が開発され(c.f. Belliveau, 1991)、開脳手術をすることなくマッピングをすることができるようになった。たとえば脳磁図や磁気共鳴画像は、脳の活動(血流量など)を磁場あるいは磁気の変化としてとらえたものである。これにより、人間を対象とした研究も実施しやすくなった。そしてその脳の活動と、外部からの刺激や自発される行動との相関関係(あるいは対応関係)などを調べている。さらにミラー・ニューロン(mirror neuron)といった高次脳機能に関する研究(c. f. Rizzolatti & Craighero, 2004)では、サルを対象として、模倣行動に対応した脳の部位を特定することができたことで、人間にも同様の部位があるのではないかと研究が進められている。

このような背景をもつ脳機能マッピング研究では、その一部において、脳が行動をいかに制御（control）しているのかを検討することを目的としたものも散見される。たとえば、Abutalebi, Annoni, Zimine, Pegna, Seghier, Lee-Jahnke, Lazeyras, Cappa and Khateb (2008) は、その論題において制御（control）という単語を使い、自らの研究の目的が脳による行動の制御の解明にあることを示している。そして、二言語習得者と一言語習得者における、言語活動と脳の活動の相関関係およびその程度を比較することによって、言語を「制御」する脳の部位を特定することを試みている。

結局、非侵襲的な研究方法を採用した場合には、脳の活動と行動との相関関係の大きさを調べることが研究の主要な部分になる。しかし、その結果のみによって、因果関係を導き出そうとすると前述の擬似相関という問題が生じるのである。

脳と行動に関与する変数

ここでは、脳科学研究と心理学との間にいかなる接点がありうるのかについて述べる。非侵襲的な脳神経科学の研究方法は、上述した「直接操作できない変数」である脳活動を行動の原因として位置づけようとしていることに問題があるといえる。しかし、脳の活動を従属変数とすることにより、そのような因果関係の取り違えを回避することが可能である。そしてそのような研究は大きな成果を挙げている。脳機能の測定技術の発達には、心理学領域で明らかになった行動変容法が、行動だけでなく、それに伴って脳自体が変化することを明らかにしている。

たとえば、脳卒中の後遺症として腕などが動かなくなることがある。これは学習性不使用（learned nonuse）と呼ばれる心理学的な障害である。この場合には、単にその腕が動くようにトレーニングをするだけではリハビリテーションとして不十分である。仮に一時的に動くようになったとしても、もう一方の腕のほうが動かしやすいため、結局は障害によって動かしにくくなった腕は使わなくなり、再び動かなくなってしまう。生理学的あるいは医学的な障害によって動かしにくくなった腕を動かすと、痛みや失敗によって弱化^(注2)されるが、障害のない腕を使うとうまく日常生活を送ることができる。そのため、障害のない腕を使うことが強化^(注3)され、それと同時に障害を受けた腕を使うことは弱化されることで生じると考えられる。

このような場合には、使える側の腕を人為的に使うことができないように、たとえば体に固定することが必要になる。これにより、動かすのが困難な腕を使わざるを得ない状況が作られる。そして、繰り返しトレーニングをすることにより、徐々に障害を負った腕でも日常動作をすることが可能になり、それによって少しずつ強化されることによって、困難だった動作がスムーズになってゆく。この手法は、サルを対象とした実験においても、そして人間を対象とした実験においてもその有効性が確認されている

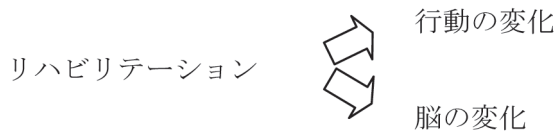


図3 リハビリテーションにおける脳の変化と行動の変化の関係。リハビリテーションを原因として、それが行動の変化および脳の変化を引き起こしていることを示している。

(Taub, Crago, Burgio, Groomes, Cook III, DeLuce, & Miller, 1994) また、このようなリハビリテーションでは、単に行動が変化するだけではなく、さらに脳にも変化が生じることが明らかになっている (Wolf, Winstein, Miller, Taub, Uswatte, Morris, Giuliani, Light, & Nichols-Larsen, 2006)。これは脳の可塑性という性質に基づく変化であり、脳卒中によって機能しなくなった脳の部位に代わって別の部位が機能するようになっているのである。

ここで、リハビリテーションという3つめの変数を加えた形で、行動と脳の活動の間の関係を図式化してみる (図3)。リハビリテーションという実験操作によって、行動が変化し、脳も変化している。さらにこの図は行動の変化と脳の変化は擬似相関である可能性も示している。ちょうど図2の(3)に対応する形になっている。両者は生体の活動であり、共変するが、その間に因果関係は存在しないのである。脳神経科学の成果と心理学の成果の間には多くの場合、相関関係として語るべき現象が存在するが、それらの間には因果関係と呼べるような関係があるという明白な証拠はない。これは脳の活動が「直接操作できない変数」であるということからも明らかである。

さらにこれらの研究結果は、脳神経科学研究に今後の可能性を示すものでもある。リハビリテーションという変数を扱うことで、行動と脳活動との対応関係とでもいうべき関係を知ることができた。心理学の歴史を振り返ってみると、すでにさまざまな行動や感情を変化させる変数が明らかになっている。脳機能マッピング研究は、心理学において明らかになったさまざまな変数がどのような脳活動と対応しているのかを調べることにより、一見、同じように見える行動の違いや、まったく異なると考えられていた行動の共通点などを発見することができるかもしれない。

ヒューマン・マシン・インターフェイス

リハビリテーションは一種の学習といえる。そして学習による脳の変化は、新たな技術である、ヒューマン・マシン・インターフェイスにも密接に関連している。SF小説の世界では、人工の腕や目を持った人物がしばしば登場する。それが徐々に実現されつつある。人間とコンピュータとを接続することにより、コンピュータに情報を伝達した

り、逆にコンピュータに情報を伝達したりすることが試みられている。そしてロボットの義手や人工的な目などの道具を生み出しつつあるのである（櫻井・小池・鈴木・八木, 2008）。

たとえば、サルを対象にしてロボットの義手についての研究が行われている（Velliste, Perel, Spalding, Whitford, & Schwartz, 2008）。この研究では、まずサルの両腕を固定して動かさないようにした上で、サルの大脳皮質の運動野とロボットの腕を接続し、サルがロボットの腕を使って目の前にあるマシュマロなどの食べ物をロボットの腕を使って自分で食べられるようにする訓練を行った。はじめはうまくいかないが、徐々にロボットの腕をスムーズに操れるようになり、マシュマロを食べることができるようになった。この研究においては、ロボットの腕をどのように作るか、運動野のどの情報を使うか、そしてその情報をどのように演算処理してロボットの腕の関節に伝達するのか等の問題がある。そしてさらに、サル自体がロボットの腕を使えるようになるためにオペラント条件づけさらには反応形成の技術が必要になる。ロボットの腕をつけた場合、サル自身が環境との相互作用を練習により経験することになる。

ロボットの腕の製作、情報の演算等はロボット工学や脳神経科学の話になるが、接続された腕をいかにして使えるようにトレーニングするのは、心理学の問題である。しかし、上述の研究の焦点は、主に神経からの情報の抽出、演算処理など工学的な部分に当てられている。したがって、心理的な部分についてはまだ検討の余地が残っている。たとえば行動の獲得にはオペラント条件づけを応用した行動形成（shaping）と呼ばれる方法を適用することにより、よりスムーズな獲得を期待することができる。行動形成とは、目標とする行動に似た行動を徐々に強化することによって、初期の行動を徐々に目標行動に近づけてゆく手法である。行動形成法を統制することにより、いかなる演算処理が、あるいはいかなる情報を神経から抽出すれば、適応的な行動を促進するのかを比較することも可能になるだろう^(注4)。

機械を使って、失われた身体機能を補う試みはこれ以外にも行われている。たとえば、視覚障害者の視覚を代替するセンサーとしてはBach-y-Rita, Kaczmarek, Tyler, and Garcia-Lara (1998)が、触覚によって視覚を代替する装置を開発している。この装置は、カメラから舌用表示装置に画像データが送られ、そこから舌用センサー（約1 cm四方の中に縦横10個程度の電極のピンを等間隔に並べた装置）の対応する電極に微弱な電気刺激が送られる仕組みになっている。これと類似した装置を使って、視覚障害者に対して、文字を認識・区別するトレーニングを6時間実施すると、文字を認識するときには脳の視覚野が活動するようになることが明らかになっている（Arno, De Volder, Vanlierde, Wanet-Defalque, Streeel, Robert, Sanabria-Bohórquez, and Veraart, 2001）。通常は目からの刺激によって活動する視覚野が舌からの刺激によって活動することは脳を含む神経の回路が変化したと考えることができるだろう。

ここで行われたような文字を認識・区別するトレーニングについても、心理学はさまざまな方法を開発している。幼児や発達障害児の読字トレーニングでは、見本合わせ法やそれを応用したフェイディング手続き等を利用することにより、トレーニングを促進することが可能である。そして、どのような方法が舌による文字認識を促進するのかを知ることができ、それらによっていかなる脳の変化が生じるのかも知ることができる。適用するトレーニング方法の違いが脳に異なる変化をもたらす可能性もあるだろう。

このように、ヒューマン・マシン・インターフェイス研究は、リハビリテーションと同様、脳と行動との両者に影響を与える変数を検討する上で重要な領域となる可能性を秘めているのである。ロボットの義手を操作するときにも、舌用表示装置を利用する場合にも、単に義手と脳を接続するだけでは十分ではなく、表示装置を舌に位置させるだけでは十分ではない。そして、それらを使いこなすことができるようになるという過程が常に必要であり、その過程が、行動と脳の両者を変化させるのである。

脳と行動の哲学

脳と行動の関係について、ここまで実験的な研究を中心に考察してきた。そして脳と行動の相関関係それ自体に注目すべきであると述べた。それでは、このような関係をどのように概念化すべきなのだろうか。脳機能マッピングの領域では、しばしば脳が感覚や行動を制御しているというモデルを前提に研究が進められている。このようなモデルの源泉をたどれば、デカルトにまでさかのぼることが可能である。このようにこれ自体が非常に壮大な歴史をもった仮説である。しかし、その一方で人間を含む動物自体の行動は、生活環境と切り離して考えることはできない。

たとえば、人が箸を使うという行動を考えた場合、食事のときにトレーニングをすることによって、徐々に可能になる。そして、はじめは一口食べるのに時間がかかったり、あるいは、途中で食べ物を落としたりすることがある。しかし、なんとか箸で一口食べることができることにより、箸を使う行動が少しずつ強化される。そして徐々に経験を積むことによってスムーズに箸を使うことができるようになる。さらに、豆腐を掴むときと、とんかつを掴むときでは、その食べ物の硬さの違いに応じた箸の使い方をようになる。また養育者から、正しい持ち方、使い方を学ぶことになる。この正しさは物理学的な合理性ではなく、文化的な正しさを指す。このように、箸を使うという比較的単純な行動も、物理的環境（掴むものなど）、さらには社会的環境（養育者など）との密接なかかわりの中で、獲得、維持、分化してゆくのである。そして箸を使う行動は、社会的な環境の中で維持され、箸を使わない文化と接したり、箸を使うことが弱化されたりすることで箸を使う行動が消失してゆく。このように、ある行動を獲得、維持・持続、そして消失する過程において、環境との相互作用は不可欠である。

もちろん、箸を使うときには脳のさまざまな部位が活動することは間違いのないであろう。しかし、人間あるいは生体の行動とその行動が生起する環境との相互的な関係の中では、脳という臓器はその関係の一部を担っているに過ぎない。そして、行動の変化や脳の変化に関する因果関係を把握するには、環境側の要因あるいは経験という生体と環境の相互作用すなわち行動随伴性そのものを独立変数として操作することによって生体側の従属変数がどのように変化するかを丹念に調べることが必要である。

生体の行動について、生体を取り囲む環境の中で捉えようとする考え方は行動分析学 (Sidman, 1960, Skinner, 1938) や生態学的心理学 (Bateson, 1972 佐藤訳2010, Gibson, 1979) で採用されている。このような考え方を採用するとき、開脳手術によって脳と行動の対応を調べることによって脳と行動の間の因果関係を理解できるとする考え方に問題があると指摘することができる。まず、開脳手術による脳機能マッピングの研究では、電気刺激が脳に人為的に与えられるが、通常は脳内の電気的な変化は自発的に生じるのではなく、環境からの働きかけによって生じる。したがって、脳に電気刺激を与えることによって、脳の部位と行動や感情との間の対応関係を明らかにしようとしても、脳内で「自発的に」電気刺激が生じたという状況を再現しているにすぎない。脳を始点として生体活動の一部を再現したとしても、環境と生体との間の相互作用を解明する役には立たないのである。脳神経の機能や構造それ自体を知るには役立つかもしれないが。

また、脳の可塑性を前提とするならば、脳機能の局在にあまり多くの信頼を置くべきでないとも主張することができる。さまざまな学習・経験により行動が変化し、それに伴って脳が変化する。局在する脳機能自体がより柔軟に変化することが想定される。したがって、ある種の脳機能の局在があきらかになったとしてもそれ自体がさまざまな学習・経験によって変化する可能性がある。むしろその変化自体に焦点を当てた研究こそが重要であろう。

その一方でヒューマン・マシン・インターフェイス研究は、その射程に確かに生体と環境との相互作用あるいは因果的循環を含んでいる。そうであるがゆえに環境と切り離されていない行動を扱うことができるのである。そして個体あるいは生体それ自体をまるごと扱う心理学との接点が生まれてくる。このような考え方は、さきほどのリハビリテーションに関する一連の研究とも接点をもつものである。

人間を環境の中で変化する存在としてとらえることで、脳活動の測定と心理学との接点を見出すことができる。そしてこれまで心理学が築いた行動変化についての膨大な蓄積を、丁寧に脳活動の測定と照らし合わせることが今後の脳科学研究に必要なことなのであろう。

注

- (注1) 相関関係：2つの変数の間に、一方の変数が増加するとそれに伴ってもう一方の変数も増加しているという、共変関係があること。
- (注2) 弱化：行動の直後に生じる環境の変化によって、その行動の将来の生起頻度が減少すること。弱化は大きく2種類に分類することができ、行動の直後に痛みや怒鳴り声などの刺激が出現することによってその行動の生起頻度が減少する場合（嫌子出現による弱化）と、行動の直後に好きな食べ物や大事なファイルが消失することによって行動の生起頻度が減少する場合（好子消失による弱化）に分けることができる。
- (注3) 強化：行動の直後に生じる環境の変化によって、その行動の将来の生起頻度が増加すること。強化も大きく2種類に分類することができる。好子出現による強化（行動の直後に刺激が出現することにより、将来のその行動が増加する場合）と嫌子消失による強化（行動の直後に刺激が消失することにより、将来のその行動が増加する場合）である。
- (注4) 行動形成法の1つにパーセントイル強化スケジュールがある。一般的に行動形成は手動で行われる。人間が見て、強化のタイミングをある意味、職人的に見極めて、目標とする行動を形成する。その一方で、パーセントイル強化スケジュールは、強化するかしないかをそれ以前の反応傾向から自動的に算出し、職人的な見極めなしに、行動形成をする方法である。このような方法を利用することで、行動形成法の統一あるいは統制をすることが可能になる。

引用文献

- Abutalebi, Annoni, Zimine, Pegna, Seghier, Lee-Jahnke, Lazeyras, Cappa and Khateb, (2008). Language control and lexical competition in bilinguals: An event-related fMRI study. *Cerebral Cortex*, 18, 1496-1505.
- Arno, P., De Volder, A. G., Vanlierde, A., Wanet-Defalque, M., Streeel, M., Robert, A., Sanabria-Bohórquez, S., and Veraart, C. (2001). Occipital activation by pattern recognition in the early blind using auditory substitution for vision. *NeuroImage*, 13, 632-645.
- Bach-y-Rita, P., Kaczmarek, K. A., Tyler, M. E., and Garcia-Lara, J. (1998). Form perception with a 49-point electrotactile stimulus array on the tongue. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 35, 427-430.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind: Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology*, San Francisco: Chandler Publishing Company.
- (ベイトソン, G., 佐藤 良明(訳) (2010). 精神の生態学 改訂第2版. 新思索社.)
- Belliveau, J. W., Kennedy, D. N., McKinstry, R. C., Buchbinder, B. R., Weisskoff, R. M., Cohen, M. S., Vevea, J. M., Brady, T. J., and Rosen, B. R. (1991). Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. *Science*, 254, 716-719.

- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- 石田 浩 (1989). 学歴と社会経済的地位の達成：日米英国際比較研究. *社会学評論*, 159, 252-266.
- 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室(2012). 平成22年国民健康・栄養調査結果の概要. <<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000020qbb-att/2r98520000021c0o.pdf>>(2012年2月21日)
- 文部科学省 (2008a). 「平成20年度 全国学力・学習状況調査 報告書・集計結果」について. <<http://www.nier.go.jp/08chousakekkahoukoku/index.htm>>(2012年2月21日)
- 文部科学省 (2008b). 平成20年度文部科学白書.
<http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab200801/index.htm>(2012年2月21日)
- 内閣府大臣官房政府広報室 (2009). 朝からしあわせ「めざましごはん」 朝食をしっかりとって元気な一日をスタート. <<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/200904/5.html>>(2012年2月21日)
- Penfield, W., & Rasmussen, T. (1950). *The cerebral cortex of man: A clinical study of localization of function*. Oxford, England: Macmillan.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- 櫻井芳雄, 小池康晴, 鈴木隆文, 八木 透. (2007). ブレイン - マシン・インタフェース最前線：脳と機械をむすぶ革新技術. 工業調査会.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. Nevada: Context Press.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental Analysis*. New York: Appleton Century Crofts.
- Taub, E., Crago, J. E., Burgio, L. D., Groomes, T. E., Cook III, E. W., DeLuce, S. C., & Miller, N. E. (1994). An operant approach to rehabilitation medicine: Overcoming learned nonuse by shaping. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 61, 281-293.
- Velliste, M., Perel, S., Spalding, M. C., Whitford, A. S., & Schwartz, A. B. (2008). Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. *Nature* 453, 1098-1101
- Wolf, S. L., Winstein, C. J., Miller, J. P., Taub, E., Uswatte, G., Morris, D., Giuliani, C., Light, K. E., Nichols-Larsen, D. (2006) Effect of Constraint-Induced Movement Therapy on Upper Extremity Function 3 to 9 Months After Stroke: The EXCITE Randomized Clinical Trial. *The Journal of American Medical Association*, 296, 2095-2104.