

学習のメカニズム

- 脳科学・心理学の知見からの考察 -

京都教育大学大学院 連合教職実践研究科

教職実践専攻 授業力高度化コース

126026 宮司 好久

学習のメカニズム

- 脳科学・心理学の知見からの考察 -

宮司 好久

授業力高度化コース

要約：知識が定着するときの、人の脳内での変化を探究する。探究の及ばぬ範囲については、心理学における学説を用い、論の体系化を図る。それにより、学習のメカニズムを現状の知見で解明し、遺伝的な形質についての探究から学習者の学習スタイルを把握する重要性を説き、知識の定着の再現性を高めると同時に、その学習のメカニズムや学習スタイル把握の重要性から教師・学習者に望まれることは何かについて論じる。

キーワード：脳科学 心理学 神経回路 学習スタイル 遺伝

1. はじめに

「教育の成功」を、日本の学習指導要領が求める内容であるとするならば、他国と比較すれば相違がみられるとともに、日本の過去の学習指導要領、またはそれに類するものと比較しても相違がみられる。つまり、時代・文化によって「教育の成功」とする内容は変化するということがいえる。

そこで、本論では「教育の成功」の内容には言及せず、その内容を獲得する際の因果を求めることを旨とした。その際、より本質的な因果が分かれば、効率的な学習の再現可能性が高まると考え、人間の学習の源とされる脳と、多くの知見を有する心理学をもとに、人間の五感・共感の能力・想像力を踏まえて体系づけることとした。

現状、脳科学の研究については日本政府から補助が出されているとともに、世界でも、脳科学・心理学・教育をキーワードとした研究がすすめられている。脳科学が様々な分野へと応用されようとしているのが世界的な現状であると考え。今後、教育の分野でも多くの脳科学の知見が応用されることが予想される。そこで、「脳科学・心理学の知見の

教育への応用」について基礎を深めておくこと、論の体系を作っておくこと、は今後非常に有意義であると考えられる。

2. 研究目的

教育の成功とは何か。それが『経験や学習内容を含む「知」の獲得や「知」を探究する姿勢の育成にある』とするならば、どのように人はそうなるのか。より本質的な因果関係が分かれば、教師にとっても学習者にとっても、よりよく学習を営むことができるのではないか。このような疑問・熱意から、人間の学習の源とされる脳と、学習について多くの知見を有する心理学の双方の知見を活かしながら、学習のメカニズムを解明することを目的とした。

そして既存の学習方法・教師に望まれる在り方・学習者に望まれる在り方・カリキュラムの在り方・学習環境の在り方・教具の意味などの学習に関わるものに対する一つの見方となれば幸いである。

3. 研究方法

上述の疑問に対する回答を得るため、大きく分けて二つの方法を取った。

①今までの記憶の省察

自らの知識の定着した状況・内容等を振り返り、体系づけるとともに、この論の協力者が知識の定着した状況・内容を振り返ったことを体系づけの参考とした。また、塾・教育委員会管轄の科学センター・実習での授業者としての経験を振り返り、学習者の学習が定着していた時について振り返り、同じく参考とした。

②文献研究

脳科学・心理学の既存の知見を研究し、その知見と照らし合わせることで体系を分類・精選・拡大した。ここにおいて脳における学習を定義し、①の体系について脳科学と心理学の知見から因果をもとめた。そして、その体系によって考えた学習の方策と遺伝についての研究をもとに、教師と学習者に望まれることを体系化した。

4. 脳における学習とは

脳における学習とは「基本的」にニューロンの回路の変化である。(鍋倉淳一ほか, 2010) 変化の仕方は次の三つがある。

- ①ニューロン（神経細胞）の学習内容に関わる回路形成
- ②シナプスにおける信号の伝達効率の上昇→シナプスの肥大・増加
- ③シナプスの減少

先に「基本的」にと述べたのは、子どもの「成長中の脳」ではニューロンの回路の変化だけでなく、ニューロンの性質も変化するからである。具体的には二つの変化がある。

①神経伝達物質（GABA）に対する反応が、最初は電気信号を発生（興奮）させるものであったのが、成長すると電気信号がおさえられる（抑制）に変化する

②使用する神経伝達物質が「GABA」から「グリシン」に切り替わり、反応時間が短くなる

これにより成長する子どもの脳では、一つの入力に対して、多くの神経細胞が繋がっていて必要以上に出力が行われていたものが、回路が再編成され、必要な出力だけになるとともに、余計な興奮が行われなくなり、反応時間の短いグリシンに変わることによって、活動のタイミングの精度が上がるのである。（鍋倉淳一ほか, 2010）

つまり、「基本的」な脳においては、五感のいずれか、もしくはそれぞれによって認知された情報は脳内で電気信号に変換され、電気信号が流れることによって、回路が形成・増強され、学習内容が定着へと向かうのである。また、神経細胞の間（シナプス）では神経伝達物質によって信号が次の神経細胞へと送られる。この神経伝達物質には大きく分けて二種類がある。一つは電気信号を発生させる物質である。もう一つは電気信号を抑制する物質である。また、神経伝達物質を細かく分ければ様々な種類があり、電気信号を発生・抑制させる強さが種類により違うとともに、その物質を受け取る受容体（レセプター）も違う。この種類に応じた受容体は、脳の各部位ごとに定まって存在している。これらにより、繰り返し電気信号が流されたり、強い電気信号が流れたりした場合に、シナプスが肥大・増加する。（古市貞一, 2008）

5. 学びの方策

次に、どのような時に学習内容が定着していたかを振り返り、その時脳内ではどのようなことが起こっていたかを探ることで、学習の因果を求めていきたい。

5. 1 学習者の生活経験に根差した主体的な学習

脳には、必要性があることについて学習するメカニズムがある。環境に適応しようとするのである。つまり、学習者の生活経験に根差した学習の必要性がここに示唆される。また、身近な題材を学ぶことで必要性を感じ、主体的に学べば、集中や感情が喚起され、それにより普段より多くの神経調節物質が分泌され、学習内容の定着が容易となる。集中・感情の学習内容定着にもたらす作用については 5. 2 で詳しく述べる。

生活経験に根差した学習時には、脳ではどのようなことが起こるのであろうか。まず、

前頭前野に認知した情報が送られ、そこで、生活経験（過去の経験）によって生まれた回路（コードパターン）と照らし合わされる。同類の経験があれば、その経験の時に形成された回路に再び、同期発火という現象により電気信号が流れる。これにより、記憶が強化される、もしくは記憶が呼び起こされる。また、似ているが少し違うという経験の場合、前頭前野から報酬系を通り、新しい回路を形成する海馬へと信号が伝わる。そこで、報酬系を通ったときに、伝達をより活性化させるドーパミン等の電気信号を発生させる神経伝達物質が分泌される。

また、経験が豊富であれば、より多くのコードパターンが生成されることとなり、より詳細に経験を分類することが可能となる。（林成之, 2013）

ではどのような情報が、より報酬系からドーパミン等の電気信号を発生させる神経伝達物質の分泌を促すのかを考えると、心理学における学習最近接領域の理論が参考になると考える。ここで活用するその論での重要部分は、良く理解されていることや全く理解していないことに対しては学習意欲が生じにくく、「ある程度経験があり、なんとかできそうである」といった内容の学習時に、学習意欲が高まるということである。つまり、すでに経験としての学習は一定行われており、それについて体系づけることができていない、もしくは理解に及んでいない部分が一部ある情報についての学習時に学習意欲が高まるということである。ゆえに、生活経験によって一定経験があるものについて学習意欲が湧くことがここから述べられる。

また、主体的な学習が自らの内から生まれることは少ない。どのようにして主体的な学習になるかといえ、多くは環境要因によると考える。なぜならば、筆者を含め、複数名の協力者が主体的な学習の前には、身近な人物（テレビ等も含む）が行う行動の真似から、自然と主体的な学習へと転化していったと答えたからである。例えば、趣味などを想定すれば、身近な人物が行っていることを観察するうちに取り組みたくなったということがほとんどであろう。取り組むきっかけは後述するミラーニューロンの働き（7.1 教師に望まれること参照）が大きいと考えるが、継続する際には、親和欲求が大きく働いていると考える。自分が快の感情を抱く、もしくは強い関心をもつ身近な人物が「認めてくれる」ことにより、また、「認めてくれる」と予想される人物が身近にいることにより、より快を得られると学習者が予想し、それにより報酬系が活性化していることが予想される。

このような上記の最近接領域の学習、親和欲求を満たそうとする学習によって報酬系が活性化し、主体的な学習が促進され、学習に対する快の感覚と結び付いた学習内容の定着

を図ることが可能になると考える。

5. 2 感情・認知の喚起

「印象的なことが起こった」と人が感じたとき、シナプス前細胞では多くの神経伝達物質が出る。そのため、レセプターが増加し回路がより強固に形成され、学習が定着にむかう。

さらに、集中やテンションの高さなどの感情が喚起されれば神経伝達物質が普段より多く分泌され、もしくは他種の神経伝達物質が分泌され、新しい記憶の形成を司る海馬において、より強い電気信号が発生しやすくなり、一度の学習で定着させやすくなる。例えば感情の高ぶりや、運動による興奮によって、微量だが大変効果の強いドーパミンという神経伝達物質が分泌されることが挙げられる。主にこのドーパミンのレセプターがあるニューロンをもっているのは、創造性・意識に関係する前頭前葉、運動・快感に関係する側坐核、欲望に関連する視床下部、攻撃性などの感情に関連する扁桃体、新しい記憶に関連する海馬である。(加藤忠史, 2008) その部位が活性化することを考えれば、体育の後は創造的な学習を行う、記憶に関する学習を行うことなどが推奨されることがここから分かる。つまりカリキュラムの在り方に示唆される。

しかし、そのタイミングは重要である。現実には、運動後は疲れてしまうということを考える必要がある。この時、脳では、電気信号を抑制する神経伝達物質のセロトニンが出ているのである。つまり、活性化している脳を平常状態に戻すために、抑制する働きが生じているのである。恒常機能である。また、海馬の活性化は複数の情報が認知された時、つまり五感が複数同時に刺激された時にも起こる。(林成之 2013)

5. 3 反復学習

同じことを繰り返し学習すると、形成された回路に何度も信号が送られ、回路にあるシナプスが肥大化することがマウスを使った実験で分かった。その様子が光子レーザー顕微鏡で観察されている。また、学習の刺激がなくても、シナプスの大きさは変動することが分かった。つまり新しいシナプスは小さく、すぐに消滅してしまうのである。しかし古いシナプスはすでに大きくなっており多少の時間経過では消えないことも観察されている。(河西春朗、2010)

また可塑性に富む海馬における短期記憶は、繰り返し学習すると、長期記憶となり脳の各箇所転写するとされる。この長期記憶となった神経伝達回路は、特定の病気(アルツハイマー等)にかからない限り、思いだしにくくなるだけで、失われることはない。ただ、

記憶には「記憶の階層性」があり、時間がたつにつれ、下位へと移行する。それゆえ時々、再認（そのものを思い出す）・再生（関連することから思い出す）を行うことによってより思いだしやすくなる。

5. 4 関連記憶

5.1 でも述べたが、前頭前野は認知した情報を分析・判断する機能をもつ。そこで過去の情報と類似した情報が入力されたとき、過去の情報を持つ神経回路では同期発火という現象がおこり、再度電気信号が流れる。また、類似しているが少し違う情報であれば、報酬系を通り、海馬へと電気信号が流れ、新しい情報の回路を形成する。

記憶するときに関連付けて覚えることで、映像、音、言葉などに分けられ保存されている記憶が、一つの要素から再生しやすくなる。つまり、情報の断片を認知することで、電気信号が伝わり、全体への記憶が思い出されるのである。心理学でいうシェマの獲得といえる。

6. 遺伝と環境について

近年発表された研究では性格形成に、遺伝が多く（約 50%）関わっていることが言われ、さらに、性格や知性・体質などが父・母どちらの形質が引き継がれやすいかの研究がすすめられている。また、知能や性格の様々な特徴がどの程度遺伝の影響があるのかのデータがある。また、行動に関しては環境によって大きく変化することが分かっている。以下に記す。

・ 遺伝的な性格や知能の形質について

安藤寿康（2012）の遺伝研究で、大人になるに連れて、親の形質が現れることが発表された。ここから推測するに、例えば親が怒りやすい性格であれば、怒りやすさを形成するニューロンの繋がりが発生しやすい遺伝か、そのニューロンの繋がりが強いのか、それを活性化させる物質が分泌されやすいのか、それかそれらの複合要因であることが考えられる。実際、性格形成に影響を与える要因について、ロバートプロミン（1994）「遺伝と環境」における双子研究において、遺伝が 50%、共有環境（母親との関係など）5~10%、非共有環境（友人・教師・病気など）30~50%、残り誤差、とある。つまり遺伝的な要因が半数であるとしている。

ここにおいて、社会学における再生産理論の統計的根拠の一つとなる。

また、母親・父親の遺伝の仕方についてマウスを使った M. Wenner（2009）による実験でこのようなものがある。

父親由来がほとんどである遺伝子をもつマウスと、母親由来がほとんどである遺伝子をもつマウスを作る。結果、父親由来がほとんどである遺伝子をもつマウスは比較的脳が小さく、身体が大きいとともに、エネルギーバランスの維持、摂食、生殖、情動表現、社会的攻撃性に関与する視床と中隔の神経細胞が増加していた。母親由来がほとんどである遺伝子をもつマウスは、身体が小さいとともに、脳が大きく、知性、高次の情動応答、計画立案、問題解決に関与する前脳などの領域が肥大化していた。

これらの発見から、父親の遺伝子は摂食や生殖といった生存に必須の行動の発達に大きく関係し、母親の遺伝子は精神高次機能の発達に大きく関係していると考えられる。人の心理学的研究においても、脳の領域の遺伝的要因に関する研究結果では、上記のマウス実験の結果を支持する結果が出ている。

このような母親・父親双方の遺伝子がパズルのピースのように複雑に発現・関与しているというゲノム・インプリンティングという理論が近年支持されている。

しかし、これらの研究の結果はより検討する必要があると考える。あくまで統計として全体の平均として出されたものであると同時に、マウス実験では物理的に証明されているとしても、人間はより複雑に脳機能が絡み合っているということから、結果の正確さを判断することは難しい。また、成長時の経験によっても遺伝の影響の大小は変化すると考える。ただ、結果として遺伝の影響と予測されるものがある以上、遺伝的要因については今後も考える重要性がある。

7. 教師・学習者に望まれること

「5. 学びの方策」「6. 遺伝と環境について」から考えられる教師・学習者に望まれることについて以下に記す。

7. 1 教師に大事なこと

①学習内容の選定

主体的かつ学習者の生活経験に根差す内容であること、適切な認知を喚起すること、繰り返すこと、関連した知識を組み合わせることで記憶の再生が行いやすくなること、といった学習の方策が考えられるとした。もしくは、その背景にある脳の働きを活性化させる理由に根付いた学習が望まれると考えられる。ゆえに、それを踏まえて学習内容を選定することが重要なこととして考えられる。また、遺伝と環境についての考察より、より学習者を理解し、どのようなことが認知されやすいか、どのような性格かなど、学習者の学習スタイルを理解することが重要である。それらを踏まえた、教材研究、学習者の理解（保

護者の理解)、授業内容の精選が重要と考えられる。

②表情・言葉・動作

ミラーニューロン（相手の行動を予測し、自分があたかも相手の行動を行っているように脳が反応すること）が人間の脳に備わっているとされる。こちらの様子（意図や感情）が相手に伝わるのである。また、ミラーニューロンは、相手の行動の認知によって、身体の筋肉への反応も起こさせるとされる。（入来篤史, 2008）これらから、教師自身が楽しむということも重要な要素として考えられる。ただ、注意すべきこととして、楽しんでいる様子をただ見せるのではなく学習内容に対する関心を示し、学習内容に対して楽しむ様子を見せることが重要であろう。

また、親和欲求の理論より、信頼関係の構築の重要性が考えられる。強い関心のある身近な人物の存在が学習への動機の強さを左右することは述べた。信頼する人物からの適度な期待が学習の動機を強くすることから考えても、教師と学習者の信頼関係構築の重要性は示唆される。

加えて、海馬の活性化は五感の刺激が認知された時に起こるが、特に聴覚による認知が海馬を活性化させる効果があると報告されている。（林成之, 2013）

③学習者が安心・集中・共感できる環境の設定

学習にコンセントレートさせるには安心感が重要と考える。学習内容とは関わりのないことに認知を集中させれば学習内容に対する認知がはかられない。また、不安状態の継続はパニックなどのもととなる。なので、集中・共感できるような学習環境の創出が重要である。基本的に教師が環境の創出の際には大きく関わっていることを考えれば、教師の必要性もここにある。

そのために、考えられる方策としてルールを定めるということが考えられる。その際、ルールに対する認識を深めるためにも、教師の思いをストーリーテリングという形で、学習者の経験に寄り添い認知しやすく伝え、これはだめだというルールを伝える。その後、学習者のルールに対する認識を深める意味も込めて、話し合わせるとともに、承認させる。

具体的なルールとして次の三つを例にあげる。【i. 命に関すること ii. 人権に関すること iii. 自他共にとって学習の妨げになること】である。例ではあるが、このようなことを伝える際には、学習者の経験に寄り添った内容に変換して伝えるなどの注意をする。

④学習の方略を伝える

学校の教師は、学習内容は教えても、学習の方略については言葉では伝えていないこと

が多い。授業や活動を通して、経験はさせていることは多いだろうが、それを意識的に行わせる取り組みは、学習者自らが考えだすか、学習塾や、本で初めて意識の表象に現れることが多いだろう。けれど、やる気の引き出し方などのテクニックを伝えることも学び続ける者にするには重要な要素ではないだろうか。そこでここでは、二つ学習の方略を考えた。

一つは、場の設定についてである。普段遊ぶ場所では、その場所の認知から、遊ぶことが喚起されてしまうことが考えられる。よって、学習する場所を定めるということが考えられる。もう一つは、学習内容を口に出す、もしくは図や絵のようなイメージを記すなどのアウトプットを行うということである。具体的には、誰かを仮想して説明をするということも考えられる。

7. 2 学習者に大事なこと

①刺激（書く感覚・動き・音・視覚 etc.）

脳を活性化させる。つまり、適切な感情・知覚の喚起により電気信号や伝達物質を発生させやすい状態にすることで、回路の形成が起こりやすい状態にする。（林成之, 2013）

例えば、学習前に軽い運動をするということや、声を出してみることが考えられる。また、創造性を高めるとされる暖色系の色を見ることがも考えられる。

②アウトプットしノートする

アウトプットすることで、電気信号を再度発生させ、特定のニューロンの繋がりを強化する。またノート・タブレット等に記しておくことで、再認・再生できるようにする。また、アウトプットの重要性はさらにある。これについて、二重符号化説【dual-coding theory (Pavio, 1971)】を用いて述べる。これは「表象システムにはイメージと言語の二つの様式があり、入力刺激はこれらのいずれか、あるいは両方のコードに符号化され処理される」というものである。アウトプットすることで、論理的な回路を形成し、理解を促進する。考えるに、人は表現されたものによって他から情報を理解する。「なんとなく理解している状態」では表現することはできない。この状態から、言語や、具象的なイメージとして認識し、表現できる状態にする必要が人間にはある。そのため、認知した時にイメージや言語を表現することを意識することが重要であると同時に、実際に表現することが重要であろう。絵での表現や、言語による発表の重要性がここに示唆される。

③睡眠・休息

適切な脳内物質の分泌を行わせるために適切な睡眠・休息を得る必要がある。継続的に

脳を活性化させる状態におくとシナプス間の伝達効率・ニューロンの電位変化は落ちるといふ仮説が提唱されている。また、レム睡眠が記憶の定着に関係あるという仮説もある。経験を再生し、記憶の定着をはかっているとされるのである。

しかし、上記のものは仮説であり、睡眠についての確かな知見は少ない。ただ、睡眠時間が短いと短期記憶課題の成績が低下することは明らかになっている。(Steenari 他, 2003) また、ハーバードの学生グループを対象に、仮眠が注意と集中の非常に要する複雑な作業の遂行能力について影響するかどうかの実験を行った結果、30～60 分の仮眠をとることで、実験初期に観察されたレベルまで復元可能であることを示した。(Stickgold, 2003)

十分な睡眠時間については個人差が大きいため単純な指針をもとめることはできないだろう。しかし、睡眠の重要性と仮眠の効果の重要性については十分に示唆される。

④食事

神経細胞やシナプス、グリア細胞によるニューロンの診断・修復を支えるためには、適切な食事が必要である。たんぱく質等の合成により神経細胞やシナプス、グリア細胞が生成されている。実際に良質な食事と学習の相関についてのデータは豊富にある。

例えば、アメリカで小学校三年生から五年生までの低所得家庭の生徒 1023 名を対象にした実験がある。学校朝食が成績に及ぼす調査をした結果、朝食を希望した生徒は標準検査の総合点が有意に上昇し、算数、読み、語彙の点数にも向上が見られ、欠席率と遅刻率も低下した。(Meyers 他, 1989) また、29 名の生徒を対象としてシリアル、グルコースドリンク、朝食抜きと比較実験を行ったところ、複合糖質を多く含むシリアルを朝食に摂取したグループが注意力の低下をゆるやかにするという結果がでており、午前中を通しての精神的能力の維持に役立つ可能性が実証された。(Wesnes 他, 2003) 他にも、イギリスの刑務所において、適切な量のビタミン、ミネラル、必須脂肪酸の摂取が暴力を含む反社会的行動を減少させるかどうかの実験が行われ、結果、実際に減少し、特に食生活に問題にあった人には特に大きな成果が見られた。(Gesch 他, 2002)

このように、必須脂肪酸を多く含む食事や質の良い朝食が、良好な健康状態と学習能力の向上に繋がるということが証明されている。

8. 考察

端的に述べれば、学習とは五感や共感を通じ、感情や認知を喚起し、電気信号を発生させ、神経伝達物質を分泌させ、海馬におけるシナプスの発生・結合・結合の強化を行うこ

とである。ただ、分泌やニューロン同士の伝達の仕方は年齢や人によって違う。今までの環境・遺伝などの形質の相互作用、脳年齢、その人の状態によって変化する。また、学習を行う際には、周りの環境や前後の状況（これもその人の今までの環境・遺伝などの形質の相互作用、脳年齢、状態によって受け取り方は変わる）も学習する。

ゆえに、学習者の学習スタイルを捉え、刻々と変化する状態を観察し、どのような学習の仕方を行うか、内容をどうするか、場をどう設定するかは非常に重要なのである。

入れ物のように一方的に知識を注入されれば、受け身な「モノ」に近づく。対話の中で学習を行えば、対話によって学習がなされることを知るだろう。自らが学習することに快を覚えながら学習すれば、学習が快なものとなり、学習そのものが楽しくなりえるだろう。学校にこさせなければ学校が楽しいものと認識させることが重要であろう。

教師の危険性もここにある。人間は単純なものではなく、自ら考える力がある。けれど、その力を解放に導くか否かは教師の在り方にも関わりがあるといえよう。

9. 研究の成果と今後の課題

学習のメカニズムの原理を考えることで、様々な学習方法が考えだされる中で、それらを選択する際の一つのヒントとすることができるとともに、教師・学習者に望まれることについても考えられる。また、より良い教育を生み出す際の示唆ともなる。

今後は、脳科学の発展とともに筆者の学びを深め、この論のさらなる論証・改善・拡大がなされていくことに課題がある。今回の論文は脳科学の片鱗を用いたものにすぎない。加えて、脳科学はまだ発展途上にある。それを支えるのは心理学や哲学などであろう。また、脳はここに述べるより複雑であり、様々な部位がより複雑に相互に関連しあっている。これらのことから、より詳しく論を記すことが私の使命であり楽しみと感じている。

ただ、記憶を辿れば、感動したことはその場の雰囲気と共に思い出されること、関連させたり繰り返したりした記憶は残っていることなど、どのように成長してきたか、を振り返り考えればそれが論証になるとも考えている。

- 引用文献 -

- 1) 安藤寿康 著「遺伝子の不都合な真実」筑摩書房
- 2) 入来篤史 編 (2008)「シリーズ脳科学 言語と思考を生む脳」東京大学出版 150 - 152
- 3) 加藤忠史 (2008)「シリーズ脳科学 精神の脳科学」東京大学出版 71 - 80
- 4) 河西春朗 (2010)「ニュートン別冊 脳と心」ニュートンプレス 44 - 45
- 5) 鍋倉淳一ほか (2010)「ニュートン別冊 脳と心」ニュートンプレス 40 - 41、34 - 35
- 6) 林成之 著 (2013)「何歳になっても脳は進化する」三笠書房 24 - 29
- 7) 古市貞一 編 (2008)「シリーズ脳科学分子・細胞・シナプスからみる脳」東京大学出版 55 - 90
- 8) ロバート・プロミン著 安藤寿康・大木秀一 訳 (1994)「遺伝と環境」培風館
- 9) Gesch 他,2002“*Influence of Supplementary Vitamins, Minerals and Essential Fatty Acids on the Antisocial Behaviour of Young Adult Prisoners:Randomised, Placebo-Controlled Trial*”British Journal of Psychiatry,Vol.181,No.1,pp.22-28
- 10) Meyers 他,1989“*School Breakfast Program and School Performance*”American Journal of Disease of Children, Vol.143, No.10, pp.1234-1239
- 11) M.Wenner,2009“*A Patch Work Mind*” SCIENTIFIC AMERICAN MIND
- 12)Paivio, A.,1971“*Imagery and verbal processes.*”. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- 13)Steenari 他 ,2003“*Working Memory and Sleep in 6-to 13-year-old Schoolchildren*”Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry.Vol.42 85-92.
- 14)Stickgold,R,2003“*Human Studies of Sleep and Off-Line Memory Reprocessing*”Oxford University Press,New York,pp.42-63.
- 15)Wesnes 他,2003“*Breakfast Reduces Declines in Attention and Memory Over the Morning in Schoolchildren*”Appetite,Vol.41,No.3,pp.329-331

- 参考文献 -

- 1) 甘利俊一 監修 (2008)『シリーズ脳科学② 認識と行動の脳科学』東京大学出版会
- 2) 甘利俊一 監修 (2008)『シリーズ脳科学③ 言語と思考を生む脳』東京大学出版会
- 3) 甘利俊一 監修 (2008)『シリーズ脳科学④ 脳の発生と発達』東京大学出版会
- 4) 甘利俊一 監修 (2008)『シリーズ脳科学⑤ 分子・細胞・シナプスからみる脳』東京大学出版会
- 5) 甘利俊一 監修 (2008)『シリーズ脳科学⑥ 精神の脳科学』東京大学出版会
- 6) 小泉英明 監修 (2011)「脳からみた学習 新しい学習科学の誕生」OECD 教育研究革新センター
- 7) 小泉英明 編 (2010)「脳科学と学習・教育」明石書店
- 8) 三宮真智子 編 (2008)「メタ認知 学習力を支える高次認知機能」北大路書房
- 9) 鹿毛雅治 著 (2013)「学習意欲の理論 (動機づけの教育心理学)」金子書房
- 10) 日経サイエンス編集部 編 (2013)「心の成長と脳科学」日経サイエンス社
- 11)水谷仁 編 (2012)「ニュートン別冊 知能と心の科学 知能とは何か？意識とは何か？」ニュートンプレス
- 12) 水谷仁 編 (2012)「ニュートン別冊脳と心 「心」はどこにあるのか」ニュートンプレス