

言語脳科学に基づく第 2 言語習得の考察

篠塚 勝 正

Second Language Acquisition based on Linguistic Neuroscience

Abstract

This paper examines the differences between successful and unsuccessful second language learners based on previous research in linguistic neuroscience field. It could be said that one of the keys to successful second language learning is to reduce trade-off effect, one of the reasons for unsuccessful second language acquisition.

In conclusion, in order to utilize working memory capacity effectively and efficiently, second language learners should enhance and increase their vocabulary as a schema, along with balancing between bottom-up and top-down strategies for better comprehension. Moreover, the ideal language processing in the brain should be performed automatically and unconsciously.

1. はじめに

昨今の脳機能イメージング機器 (fMRI, NIRS, PET など) の科学技術の進歩により、学習者の課題遂行時の脳内局在及び、活性化度合が次第に把握できるようになってきた。これら医療機器により、学習者が入力課題処理をどの程度まで理解しているか否かの把握も可能になってきた。こういった技術の進歩により、脳科学が学習や教育に役立てるということが実現する兆しが見えてきた (小泉, 2005)。

われわれの学習、思考、判断などは全て脳の働きによってなされている。

特に、ここで取り上げる言語習得と記憶との関係は切っても切り離せないものである。なぜならば、入力された情報が短期記憶から長期記憶に格納され、それが背景知識として蓄積され、そこから情報を検索し、一時的に記憶しつつ意味推論しながら思考するという一連の認知活動がなければ言語によるコミュニケーションは成立しないのは明白であるからである。経験によって変化する活動が学習・習得であり、そのような変化を保持することが記憶である。この記憶と学習こそがわれわれ人間の認知全般を支えている極めて基本的な精神活動である。

学習・習得とはいったい何であろうか。この論文では、第2言語習得を言語脳科学の見地から考察する。読む、聞く、話す、書くといったいわゆる4技能活動はといった全体どのように脳に刷り込まれて、言語活動が可能となっているのであろう。第2言語学習の成功者とそうでない者との脳内活動の差異に言及し、理想的な脳内状態の考察を試みる。

2. 言語活動をつかさどる大脳

ここでは、言語処理はもちろん、われわれの本能的な情動を司っている大脳、大脳新皮質にかんして簡潔に述べておきたい。

2.1 解剖学的大脳の解説（澤口、2001に基づく）

人間の脳の中で最も大きな領域（脳全体の約80%）を占める大脳は、本能的な情動を司る「大脳辺縁系」と、感覚と知覚の中核であるとともに、人間らしい行動を司る「大脳新皮質」という二つの部分で構成されている。前者の大脳辺縁系は「海馬」「扁桃核」「側坐核」などからなり、好き、嫌いの感情、記憶の形成、食欲、性欲などを主に担っている。海馬は、一時的な記憶装置であり、それらの記憶はのちに整理され、大脳新皮質や小脳などの適切な場所に保存される。側坐核は、「やる気の脳」とも呼ばれる部分で、扁桃核や海馬と協調しあいながら、物事を遂行か否かを決断する。大脳辺縁系は、好きか嫌いかを過去の記憶から判断し、好きと判断した場合は意欲をおこし、嫌いと判断した場合は、それを避けるためのシグナルを発する。いずれにせ

よ、大脳は学習を始めるにあたってそれを行うか否かの判断をし、行った学習を記憶するといった部分であることがわかる。

「大脳新皮質」は、感覚、思考、判断といった人間らしい行動を司っており、ヒトにとって学習の要となるといってもよい。大脳新皮質を解剖学的にみると、4つの脳葉にわけて考えられる。まず、「前頭葉」。ここは人間の脳の中で最も高等な機能を持つ部分で、主に思考、判断、創造などを司っている。次に、「頭頂葉」であり、ここは身体に刺激を受けたときに痛いつか、熱いなどと感じ、それを筋肉に送り運動を制御する働きをもつ。「側頭葉」は、海馬に保存された記憶を長期保存するとともに、言葉や発音などの情報を理解する役目を担うのであるが、言語野を含むこの側頭葉こそが、言語処理活動にとって最も大切な部分であるといえるだろう。最後に、「後頭葉」であるが、ここは主に視覚からの情報を処理する働きを持っている。

以上のように、大脳は人間の言語活動のみならず、われわれの日々の活動をコントロールしている管制塔ともいえるであろう。

2.2 脳内情報伝達システム (塩坂, 2006 に基づく)

1.1 では解剖学的見地から大脳の概観の説明を試みたが、ここでは脳の特定部位で発生した情報が、いかなるプロセスを経て、脳の中の各部位に伝達されるかを観察をする。

脳は、他の臓器 (心臓や肝臓といった)、皮膚と同様に細胞できており、脳細胞もその一部とみなすことができる。しかし、脳細胞だけは一度死滅すると再生が不可能であるという点が他の臓器や皮膚の細胞と異なる。脳の細胞 (神経細胞) は多くの突起をもつのが特徴で、細胞体は複雑に分岐する「軸索」が伸びている。それらの突起は、他の神経細胞とつながりあいながら、巨大なネットワーク「神経経路」と形成している。一つの神経細胞を「ニューロン」と呼ぶが、その数は脳全体で千数百億のものなる。次は、どのように情報は伝達されるかであるが、まず四方八方に枝を伸ばした「樹状突起」が入力アンテナとなって電気信号の情報を受け取る。そしてその情報は「軸索」を通して、別の神経細胞へと運ばれる。このときに重要な役目を果たするのが軸索の末端にある「シナプス」である。シナプスは、別の神経細胞と直

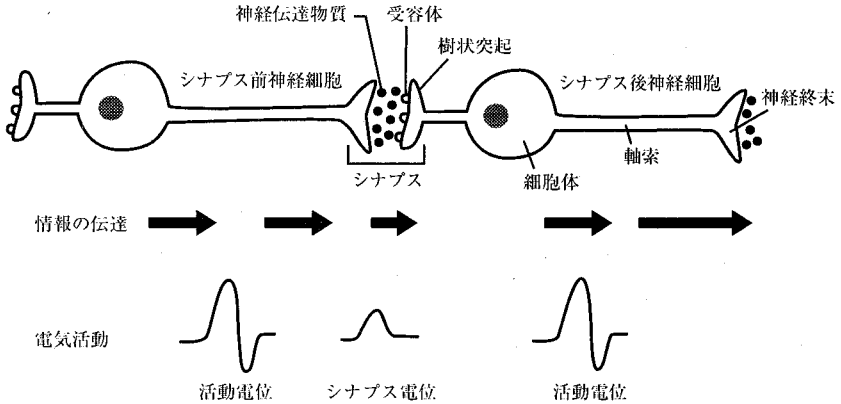


図1 シナプス伝達の基本 (仙波, 2001)

接つながっているのではなく、数万分の一ミリほどの隙間を挟んで、別の細胞と接している。この隙間があるために、電気信号のままでは情報伝達ができない。そこでシナプスが電気信号を化学伝達物質に変換させて情報を次の細胞に送ることになる。ひと言でいえば、電気信号-化学伝達物質という行程を繰り返しながら、情報は脳中を伝播し、処理される。なお、ここでは詳述は避けるが、化学伝達物質にはドーパミン、セロトニン、ノルアドレナリンなどが含まれる (図1)。

3. 母語と第二言語の比較

2 では、解剖学的及び、生理学的見地から脳の働きを述べたが、3 では、さらに脳内での言語活動を認知言語学的に考察する。

3.1 母語と第二言語の言語習得の違いとは

われわれは、母語である日本語を習得する過程においてごく困難もなく、読む、書く、聞く、話す、の4技能を会得していく。しかしながら、こと第2言語の習得となると容易ではない。ましてや、英語母語話者と同等のレベルに達する学習者はごくわずかであるに違いない。この理由は、臨界期説、

社会的環境説などさまざまである。

では、母語習得過程と第2言語習得過程においてどのような差異があるのかに着目し考察してみたい。まず、一般的な母語の習得順序を考えると、人は生まれすぐに両親や養育者の話すことを聞いて、聞いたこと同じことをまねて繰り返すようになる。そして例えば、幼児期には絵本を読み聞かされ、文字を見て、書くようになる。母語は、聞く→話す→読む→書くの順番で習得され、この4技能は密接に関わりあっているとういことは否定できないであろう(大石, 2006)。一方、第2言語習得では、最近ではネイティブスピーカーの導入によるコミュニカティブ・アプローチの教授法が進んできているが、学習者が、コミュニケーションの相互理解になら支障のない理想的な言語運用能力がついているとは考えづらい(鳥飼, 2004)。まして、日本では英語を日常生活の中でほとんど聞く機会がない環境もある。したがって、習得順序も、読む→書く→話す・聞くという順番であることは否めない事実であろう。

大半の第2言語習得者が不成功に終わる中で、ごくわずかにしても言語熟達者は存在している。では、なぜそのような現実が存在するのであろうか。そういった熟達者は、どのような方略を使って言語処理を脳内で行っているのかを以下で考察していきたい。

3.2 第2言語成功者とそうでない者の違い

母語習得は疾病などの理由を除けば、特別の労力を費やすことなく言語習得はほぼ100%成功する。つまり、母語で入力された情報を自動的に認知・理解できることに他ならない。とすれば、第2言語習得の不成功者は英語での入力情報を母語同様に自動的に理解ができないと捉えることもできるのではなからうか。

しかしながら、われわれはたとえ母語であってもその言語入力情報過程で、意識・注意がその情報に向けられていなければ理解不可能であることはたびたび経験する。ましてや、自分にとって全く未知の情報であれば当然ながら母語であっても理解が不可能となる。

Posner & Syder (1975) は、人間の情報処理理論に言及している。かれら

の理論では、人間の入力情報処理方法は、一般に二段階あり、それらは、意識的注意 (conscious attention) と自動的活性化 (automatic activation) からなるとしている。学習者は、学習の初期段階では、注意を必要とし、練習を重ねると注意を向ける必要がなくなり、やがて、注意資源を高度な認知活動に向けるために費やすことのできる後期段階に移行し、流暢に言語が処理できるようになると考えられる。したがってそのような学習者は、言語を簡潔に正確に処理できるので、言語的負担が少なく、無意識のうちに重要な情報に注意が向き、情報選択の効率がよい。一方、流暢さに欠ける学習者は、言語理解に時間がかかり、正しく理解できないため多くの注意を向け、 unnecessary 努力をしている (Lennon, 1990)。

3.3 無意識的注意にするには

無意識的、自動的に注意が働くには、情報の受け手にスキーマ (背景知識) がなければ理解は無理である。これは、スキーマ理論 (Rumelhart & Ortony, 1997) で説明できるのではないだろうか。この理論では、背景知識がない場合には、認知活動が停滞し、テキスト理解がうまく進まず、新しい情報に意識的に注意を向けなければならない。そうした場合には、情報処理は非常に悪く、多大な労力を費やしたにもかかわらず、その利益は少ないということになる。したがって第2言語習得において、多くの情報を記憶構造の中に蓄積 (長期記憶庫に格納) し、自動言語処理ができるようになることが、学習者の到達目標であるといえる。ヒトの情報処理において、意識的処理から自動処理に移行 (自動化) が完了した状態が最適な言語処理状態、ひいては言語学習者の成功者の絶対条件であるともいえよう。

音声入力、視覚入力のかかわらずコンテキストを理解・把握するためには、学習者のさまざまなスキーマが含まれる。そのスキーマは文法・音声知識などの言語的知識、世界動向・社会常識的知識、専門な学問的知識であったりする。言語情報処理は、こうしたスキーマによって促進される (大石, 2006)。そして、理想的なスキーマの構築には、言語理解過程でのトップダウン処理とボトムアップ処理の双方向から処理される相互作用が大切であると主張している (Carrel et al., 1988)。このトップダウン・ボトムアップ処理

にかんしては、5.1の項で後述する。

4. 言語脳科学の見地からの言語習得と記憶のしくみ

4.1 ニューロンの増強による変化とその可塑性

ある情報が入力され、それがどのように処理されるかの脳内活動を考察してみたい。1.2でも述べたが、われわれ人間の記憶、学習、思考、意識などのさまざまな精神活動は脳がなければ行われぬ。脳の生物学的な基本単位がニューロンとよばれる神経細胞である。神経細胞は情報を伝達するために特化した細胞で、この神経細胞同士が複雑な連絡網を作って神経回路網を形成する。この回路網のなかで情報の伝達や処理が行われることがヒトの思考や行動として表れると考えられる。情報の伝達は神経細胞で電気的に行われるが、神経細胞間の情報連絡は神経伝達物質とよばれる化学物質を介して行われる。したがって脳の機能はある意味で脳内の化学物質が担っているといえよう(仙波, 2001)。しかも、莫大な数のニューロンと神経回路網の構造や働きが、学習や経験により容易に変化する可塑性をもっていることが判明している。このことは、電子生理学の進歩により、シナプスの働きを微細に解析できるようになってきたことから裏付けられている。当然のことながら、英語を第2言語として学習する場合も、脳が活動するからこそ理解に至るのであるが、それは、膨大な数のニューロンが電気信号によって神経回路網が脳内を縦断するからこそ可能になっている。脳の中央にある海馬は学習・記憶を司ると考えられているが、海馬において短時間、高頻度でニューロンを刺激するとシナプスの伝達率が数日にわたって増強され、この現象をシナプスの長期増強(long-term potentiation: LTP)とよぶ(御子柴, 2001)。つまり、脳は、何か新しいことを覚えると、LTPによってニューロン同士をつなぐシナプスが増え、神経細胞がつながり、情報が伝達しやすくなったり、逆に抑えられたりする(ジェームス, 2006)。このことは、学習・記憶するためには、余り時間を置かずに、連続的、継続的に繰り返し行うことが大切であることを示唆していよう。

学習や経験による変化が記憶と言い換えられる。入力情報を短期間記憶に

留め、思考、推論を推し進めていくわけである。記憶が学習にとって絶対条件であることは決して否定できない。読み、聞きして得た情報を入力した直後に忘れては、当然ながら理解には至らないからである。学習や経験により生じるニューロンと回路網の変化は、まさに脳に刷り込まれた記憶の実体でもある。そのような変化があるからこそ、われわれは経験し学習したことをいつまでも心に留めておくことができるのである（櫻井，2002）。では、言語習得にとって切っても切り離せない記憶に関して、次の項で考察してみたい。

4.2 ヒトの記憶のしくみ

人の言語習得や学習と記憶とは切り離すことができない。ヒトの記憶は感覚記憶 (sensory memory)、短期記憶 (short-time memory)、長期記憶 (long-term memory) の3つに大きく分類される。感覚記憶は、視覚では1秒間弱、聴覚では約4秒間保持されると考えられる。保持される情報はかなり多く、テレビや映画の画像を連続して理解できるのは感覚記憶の効果があってこそなのである。感覚記憶で得られた情報は、注意 (attention) の働きによって、短期記憶に転送 (transfer) される。短期記憶とは、短期間保持される記憶である。Miller (1956) では、情報は短期記憶の中で約20秒間保持され、 7 ± 2 (5-9) 個・チャンクの情報しかできないとしている。感覚記憶を数秒間蓄える貯蔵庫を感覚貯蔵庫、短期記憶を蓄える貯蔵庫を短期記憶 (short-term storage: STM) とよんでいる。短期記憶の情報は時間の経過とともに忘却 (forgetting) される。これを防ぐにはリハーサル (繰り返し) を行う必要がある。維持リハーサルを行うことによって、短期記憶で蓄えられた情報を長期記憶貯蔵庫に転送できる。長期記憶は、長期期間保持される記憶であり、出来事や知識の記憶を含み、忘却しない限り永遠に保持される。長期記憶を蓄える貯蔵庫を長期貯蔵庫 (long-term storage: LTS) とよぶ (三宅, 1995)。

4.3 言語学習を記憶から考察する——ワーキングメモリの枠組みから

3.1 においては、新たな学習によって脳神経細胞が神経回路網を形成され、

それをつなげるニューロンの増加によって回路網が変化することによって記憶が成り立つと述べた。3.2 では、記憶の仕組みを述べた。この項では、ワーキングメモリ（作業記憶）にかんして述べていきたいと思う。ワーキングメモリと短期記憶との違いとは何であろうか。短期記憶が、短期的に入力された情報が一時的に受動的に保持されるのに対し、ワーキングメモリは入力情報が能動的に保持され、また目標志向性が強い点で異なる。従来のいわゆる記憶のボックス・モデルで欠けていた、認知活動において積極的に情報を保持するという側面に注目して提案されたのが、ワーキングメモリである（芋阪，2000；和田，2001）。

ワーキングメモリは、人の認知活動を実行していく上で必要な情報を、必要な期間だけ、能動的・意識的に保持する機構である。例えば、トランプの神経衰弱ゲームのようにカードの位置を一時的に覚えておくような記憶をさし、作業・課題が終了すれば忘れてしまうことから「こころの黒板」とも呼ばれている。ワーキングメモリモデルで代表的なものは、Baddeley (1986) のモデルがある。Baddeley では、ワーキングメモリを言語理解、学習、推論をする認知的活動のために必要な情報を一時的に貯蔵したり操作したりするシステムであるとし、さまざまな認知活動と必要とする課題の要求に対処できる機能を備え持っているとしている。会話や文章理解、暗算、判断、推論や思考など、さまざまな認知活動における短期的な情報の保持が不可欠であることは、広く認められている（船橋，2000）。このワーキングメモリが人の脳に格納されていると考えられている。

では、具体的にわれわれは、ワーキングメモリを使ってどのようなプロセスを経て、言語処理という認知活動を行っているのであろうか。ワーキングメモリが果たす機能は、情報の「保持」及び、「処理」という二つの機能を司っている。保持 (storage) とは情報の一時貯蔵機構を指し、一時的に情報を保持する役割を果たす。処理 (processing) とは、入力された情報や長期記憶庫から検索された情報をプロセス（加工）することを指す。例えば、読解では眼球で捕らえた情報を一時的に保持しつつ同時に情報の処理を行う必要がある。

ワーキングメモリは、短期的・一時的に記憶を保持できる容量には限りがあると考えられている。したがって、情報処理の機能の遂行において、保持

に用量を取られると、その分だけ処理のための用量スペースがなくなってしまう、あるいは逆に処理に負担がかかると、それだけ保持ができにくくなるといった、トレードオフ (trade-off) の関係があると考えられている (芋阪, 2000)。例えば、われわれが母語の日本語で人の講演を聞いていても、そのことばの処理は比較的容易であるため、聞きながらも同時に、内容を保持しつつ質問を考えたり、コメントや反対意見を脳の中で考えることが可能である。ところが、同じような内容の講演を英語などの外国語となると、その講演を聞いてその言語処理することに多くの処理容量がとられてしまうため、その内容を記憶にとどめ、質問コメントや反対意見を考える余裕がなくなってしまう。つまり、情報を心の中に保持することのみに着目しそれに多くの資源をとられてしまうと、その分だけ処理ができなくなり、また逆に情報処理に多くの処理資源を消費してしまうと、保持できなくなってしまう。この「保持」「処理」がバランスよく情報処理されていないことがトレードオフ効果と呼ばれる (大石, 2006)。Baddeley のワーキングメモリモデル (図 2)

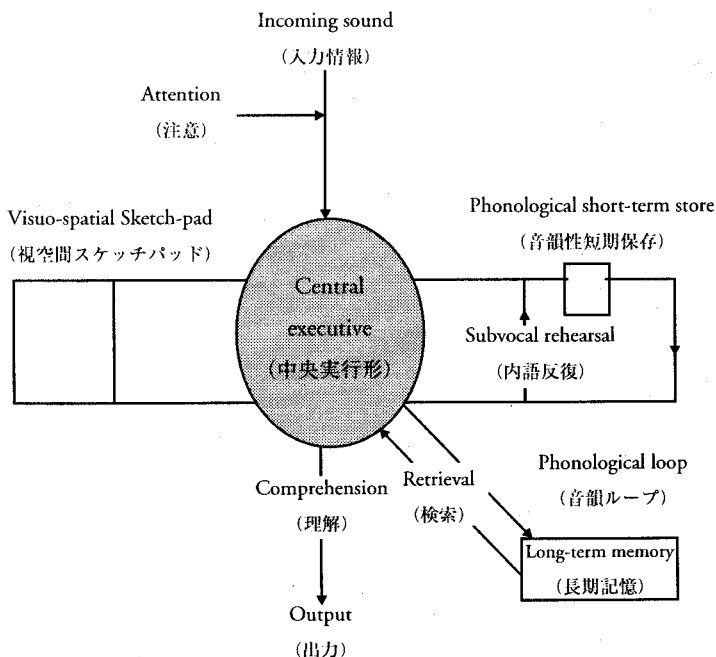


図 2 Baddeley のワーキングメモリのモデル

はヒトの脳の入力から出力までの情報処理をうまく表し、このワーキングメモリがわれわれヒトの脳の中に格納されていると考えられている。

4.4 ワーキングメモリは脳内のどこに格納されているのであろうか

われわれの認知活動はワーキングメモリ機能がうまく働いているからこそ日々の生活が営まれている。では、そのワーキングメモリとは、いったいわれわれの脳の中のどこに格納されているのであろうか。近年、人の脳の活動パターンを画像化するニューロイメージング法が飛躍的に進歩しているが、PET や fMRI などを用いた研究でも、課題遂行時に、前頭連合野背外側部が賦活されることが明らかになっている。このような所見は、空間情報だけでなく、色や形などの視覚情報や言葉などの音声に関する課題においてもみられることから、この脳部位がワーキングメモリのセンターとしての重要な役割を持つものと考えられている。前頭連合野は額のすぐ後ろに位置する大脳皮質領域であるが、その後方にあるさまざまな感覚系から最終的な入力を受けていると考えられており、同時に高次の運動系にも出力をだしており、入力系と出力系を統合するはたらきをもつことから、ワーキングメモリは、人をはじめとする霊長類の高次機能の中の中核と考えられている。しかしながら、ワーキングメモリは、脳の特定部位にある「箱」や「場所」ではなく、活性化した部位は、ワーキングメモリ機能を実現するうえで重要な、広範囲におよぶ神経回路網の一部とする見方が一般的である（和田，2001）。

認知活動である言語処理は、ワーキングメモリの効率的な賦活が言語習得成功の一端を担っているといえそうである。では、そのワーキングメモリがどのようにうまく機能すれば言語習得の成功に寄与するのであろうか。それを、次で考察していきたい。

5. ワーキングメモリの効率的な賦活

5.1 ワーキングメモリ機能への負担・制限

3.2 の項では、ワーキングメモリが果たす保持と処理の二つの機能には、

トレードオフ効果が生じることを述べた。つまり、あちらを立てれば、こちらが立たないというジレンマ的な状況である。このトレードオフ効果が、言語習得の成功の鍵を握る、換言すれば、トレードオフ効果が言語習得を不成功へ導く可能性のある要因となるのではないかを以下で論を進めて行きたい。

ワーキングメモリのトレードオフ効果は、前項でも触れたが、ヒト個人個人が持ち合わせている能力・知識以上の情報処理を行わなければいけないときに起きる現象である。われわれが、情報処理課題を与えられた際、母語であればリスニングであれリーディングであれ情報処理はボトムアップからトップダウン処理まで並列的に行われる。それに対し、第2言語の処理には、母語に比べボトムアップ処理の効率が悪く、学習者の記憶容量の低下につながり、結果的に理解が促進されないとされる（大石，2006）。Yorio (1971) は、第2言語の学習では、提示された課題の中の未知語のために、記憶容量が低下し、すでに記憶した事柄でも、ワーキングメモリ内に貯蔵できず、適切に処理されないと指摘している。Segalowitz & Hebert (1990) は、第2言語処理では、言語を意味的に処理するのに時間を費やし、いったん処理されたイメージが劣化し消えてしまうのも早いと述べている。Juffs (2003) では、処理時間にかんして、統語的に複雑な構造の文の処理時間を単語ごとに測定した結果、ワーキングメモリの運用能力が高い読み手は、トップダウン処理がなされ、複雑な構文処理が可能であるに対して、ワーキングメモリの運用能力の低い読み手は、読み始めてすぐに、ボトムアップ的解釈にとどまり、読解途中で、仮説-検証のプロセスを促進させることができず、読み誤りを起こす傾向が多いと示唆している。

上記から、ワーキングメモリ運用能力が第2言語習得の習熟度をあらわす指標になるのではと考えられる。このことは、第2言語の習熟度が高くなれば、母語と同様に言語処理に用いる認知資源の割合が増えることを意味しよう。第2言語でのワーキングメモリは、母語のそれに比べ著しく低いため、容量が制限されているといえよう。

5.2 ワーキングメモリへの負荷の軽減のために

前項で、学習習熟度の低い者は、トレードオフ効果のためにワーキングメ

メモリが十分に機能していないがゆえに、情報処理が困難になると理解できた。とすると、理解を促進するためには、トレードオフ効果をいかにして軽減すればいいのかが焦点となる。情報処理を効率よく遂行するには長期記憶化したスキーマが必要であることは述べた。しかし、スキーマのみならず、Yorioが指摘するように、課題処理文に未知語が多いと、ワーキングメモリの記憶容量が低下し、結果的に意味理解に至らないと述べているが、その未知語を少なくし、語彙量の豊富さによって意味理解促進に奏功する語彙力とはいかなることであるか、以下で論じたい。

コミュニケーションを円滑に相互理解するにはスキーマとしての豊富な語彙力が必要である。英語学習者の語彙知識、語彙力は、言語運用の根幹をなすものであり、英語の4技能の運用能力を十分に発揮するための基本的能力といってよい。つまり、語彙知識あるいは語彙力が少なければ英語運用能力を高めることは期待できないといえる。島本の研究では(1998)、語彙サイズを測ることで読解力、英語力を予測することができると結論づけたが、言い換えれば、語彙力の高さが総合的な英語力向上における鍵ともいえる。では、総合的な英語学習者の英語力を測ることの出来る語彙はいったいどのように長期記憶の中に貯蔵され、検索されるのであろうか。

認知言語学の枠組みでは、母語であれ、外国語の英語であれ、言語の運用という言語情報処理を円滑に進める上で、脳に存在すると仮定されている長期記憶(long-term memory)中の語彙知識としてのメンタルレキシコン(心的辞書)から意味理解のために必要な語彙情報を検索(retrieval)することは不可欠であると考え(門田, 2003)。つまり、われわれ人間の心(脳)内には長期記憶化したメンタルレキシコンが存在し、その中には語の形態(綴り)、音韻、意味情報、統語などのさまざまな言語情報が蓄えられており、意味理解が必要なときにわれわれは、メンタルレキシコンという辞書から語彙情報を検索するのである。たとえば、ある文が聴覚的に与えられたとする。その文が聞き手にとって全く未知の言語で話された場合、聞き手は、それを聞き分けること自体困難であり、ましてや意味内容は当然理解できない。なぜならばその聞き手の心(脳)の中にあるメンタルレキシコンにはその言語の語彙情報はまったくないからである(阿部, 1995)。言い換えれば、母語であれ、日ごろ接触のある外国語であれ、メンタルレキシコンに格納された

語彙情報が多ければ多いほど、ワーキングメモリ資源を節約し意味理解が容易になることも理解できよう。外国語である英語の「語彙情報、語彙知識を豊富に持っている」といった、いわゆる「語彙力が高い」ことは英語学習者の英語力を測る重要な要素になりえるという島本の研究結果は説得力がある。

前述の島本の研究で興味深い結果がある。それは、島本の研究対象者の語彙サイズを 3,000 語レベルを境に上位群と下位群に分け、それぞれの相関関係を見た結果、上位群（3,000 語以上：word family：派生語含めない。派生語を含めれば（派生語の 1.6-2 倍とされる）約 5,000 語：英検 2 級、TOEIC 500-550 点に相当）では、語彙サイズと TOEFL 総合点との間に高い相関 (0.72) が見られたと述べている点である。下位群（3,000 語未満）では相関 (0.04) は認められなかったことが判明した。その結果、島本は英語力を測る語彙サイズは 3,000 語がターニングポイントである可能性が高いと主張している。また、島本は 3,000 語未満の学習者は未知語率が 5% 以下の（言い換えれば、95% 以上語彙の意味が理解できても）英文でも平均 62% 以下の推測率しかなく、このレベルの学習者は語彙の総量（語彙サイズ）を増やし、確実なボトムアップの力を付けると共に、トップダウンリーディングのための未知語推測の訓練が必要であると主張している。また、Nation & Coady (1998) は、文脈中で、正確な意味把握を行うためには、第 2 言語学習者は、ある文章での 98% の語彙意味を理解していなければならず、それを遂行するためには word family で約 5,000 語（派生語を含めれば 8,000 語から 10,000 語：英検準 1 級以上 1 級以下：TOEIC 750-850 点に相当）が必要であると主張している。

以上、長期記憶内に存在するメンタルレキシコンの語彙情報の豊富さ（語彙力）がスキーマとしていかに英語力の根本をなし、ワーキングメモリ資源を効率よく使うための重要な要素であることを述べた。

5.3 言語脳科学の立場からの理想的な言語処理

前項では、背景知識（スキーマ）としての語彙量が、ヒトの情報処理に多大に影響を及ぼすことを言及した。語彙量が多ければ、それだけワーキングメモリ資源への負担軽減につながり、その結果、処理能力が向上し言語理解

がよりスムーズになる。

では、脳機能イメージング法（画像法）を用いた実験における言語習得成功者とそうでない者との差異はいかなるものか論じていきたい。なぜならば、成功者の脳の活性状態を把握し、それに近づけることによって、そうでない者が欠いている問題解決の一助となると考えるからである。

PETによる実験では、学習者がある課題に注意を向けるときに、母語より第2言語処理時の方が脳血流量は多い傾向にあるとし、学習者にとって困難な課題に取り組むときの方が、血流量が増加する、つまり脳内活性度が上昇すると述べている (Posner, 1995)。

大石 (2006) では、NIRS (光トポグラフィ) を使い、日本人英語学習者 (大学生 16 名、全員右利き) を TOEFL の取得点 310 点-480 点を初・中級学習者、550 点-620 点を上級者とし、リスニングとリーディングの課題遂行時の左脳活性度合いの変化の調査報告をしている。課題は、易問題を英検 2 級、難問題を準 1 級としている。その結果、習熟度が低い学習者の血流量の増加が少なく、習熟度が高くなるにつれて血流の増加の割合が増すというものであった。また、上級者になるに従い、ある地点を境に血流量は逆 U 字型のカーブを描いているとしている。つまり、習熟度が低ければ、易課題遂行時には、脳は活性化するが、難課題では、活性度合いが低い。上級者では、易課題では、脳の活性度合いは低く、難課題では、活性度合いが高くなる。なお、活性度合いとは、脳の血流量を示す。簡潔に述べれば、熟達度が低い学習者が、難課題を遂行しようとする時、言語処理能力がないために、脳が活性化しない状態である。逆に、熟達度が高い学習者は、難課題に取り組む際に、懸命に解決の糸口を模索しているがゆえ、脳が活性化すると理解できる。このことは、注意を向け意識している学習者は、血流量が増加し、注意を向けることができず注意散漫状態になっていると、血流量は増加しておらず、脳は無活状態となっていることを意味する。さらに、大石は、中級の一部学習者及び、上級学習者は、言語野 (ウエルニッケ野、聴覚野、角回、縁上回) が集中して活性化していると述べ、この状態が言語処理課題の遂行中の、最適脳活性状態であり、上級者は言語野を選択的に活性化させ、血流も選択的に言語野に集中させることが、言語処理の脳の最適な状態への機能がうまく循環していると言及している。

以上の大石の実験のように、脳機能イメージング法を用いて学習者が英語を理解する過程の脳活性化状態が言語脳科学的に把握されるようになってきた。

6. むすび

第2言語習得者を、言語脳科学的見地から観察してきた。学習成功者は、そうでない者との脳内の血流量（活性度合い）が異なることが認識できた。また、学習の根本をなす記憶にかんしては、新たな情報・知識のスキーマとしての長期記憶への格納は、脳内神経細胞であるニューロンの長期シナプス強化（LTP）によって形成されることがわかった。しかも、シナプスには可塑性があることもわかった。したがって、新しく入ってくる知識、情報に注意を向けつつ、脳内に刷り込み、LTPが継続している比較的短い時間に繰り返し学習することが大切である。ニューロンには可塑性があるからこそ、入力した学習情報を常に刷新しつつ正確で確固たるものへと変化していくことができるのであろう。

第2言語習得の鍵を握るのは、情報処理の自動化であり、換言すれば、ワーキングメモリの効率よい働きである。つまり、情報処理過程において、ボトムアップ・トップダウン処理方略の両者の効率のよい働きである。その効率的な方略の活用を支えるものが、スキーマの増強（この論文では、スキーマの一部である語彙知識に関して言及した）であり、その結果、トレードオフ効果の軽減に奏功することを述べた。と同時に、無意識化注意の下で、情報処理を遂行するためにはやはりスキーマ増強が大切であることも述べた。

今日、脳機能イメージング機器を用いて、学習・教育に役立てる日を探求しつつ、さまざまな研究がなされている。また、学習成功へ導く動機づけ・やる気といった目に見えない心理的情動に関しても、脳のニューロン、遺伝子レベルでの研究も進んできている（上淵，2004）。今後は、文系・理系という垣根を越え、深遠な謎に秘められた第2言語習得の分野の解明がますます発展していくこととなり、今後の更なる研究課題は多い。

参考文献

- 阿部純一 (1995) 「文の理解」 大津由紀雄編『認知心理学 3 言語』東京大学出版会、159-168 頁。
- 上淵寿 (2004) 「神経化学的研究と動機づけ研究の将来の展望」 上淵寿編著『動機づけ研究の最前線』北大路書房、171-186 頁。
- 芋阪直行 (2000) 「ワーキングメモリと意識」 芋阪直行編著『脳とワーキングメモリ』京都大学出版会、1-18 頁。
- 大石晴美 (2006) 『脳科学からの第二言語習得論』昭和堂。
- 伊藤正男 (2001) 『脳図鑑 21』工作舎。
- 門田修平 (2002) 「メンタルレキシコンとは何か」 門田修平編著『英語のメンタルレキシコン』松柏社、2-11 頁。
- 小泉英明 (2005) 『脳を育む学習と教育の科学』明石書店。
- 鳥飼秋美子 (2004) 「日本における通訳教育の可能性——英語教育の動向をふまえて」 日本通訳学会『通訳理論研究』論集、39-52 頁。
- 櫻井芳雄 (2002) 『考える細胞ニューロン』講談社。
- 塩坂貞夫 (2006) 「脳神経系をつくる組織——神経の組織と情報伝達」 塩坂・俣野ほか編著『新・行動と脳』大阪大学出版会、65-90 頁。
- 篠塚勝正 (2007) 「シャドーイングの英語学習者及び通訳訓練者のリスニング力向上におよぼす有効性」『映像メディア外国語教育学会創刊号』33-51 頁。
- 島本たい子 (1998) 「読解における語彙サイズと語彙方略について」『The JASEC Bulletin』71-79 頁。
- 澤口京子 (2001) 「脳の進化」 風祭・岡崎ほか編著『こころの科学』日本評論社、41-54 頁。
- 船橋新太郎 (2000) 「ワーキングメモリの神経機構と前頭連合野の役割」 芋阪直行編著『脳とワーキングメモリ』大阪大学出版会、21-45 頁。
- 仙波純一 (2001) 「こころの化学信号ネットワーク 脳の神経化学」 風祭・岡崎ほか編著『こころの科学』日本評論社、55-62 頁。
- ジェームズ・L・マッガウ (2006) 『記憶と情動の脳科学』高石高生・久保田競監訳 講談社。
- 御子柴克彦 (2001) 「氏か育ちか」 小泉英明編著『脳図鑑 21』工作舎、48-56 頁。
- 三宅晶 (1995) 「短期記憶と作動記憶」『認知心理学 2 記憶』東京大学出版会、71-99

頁。

和田有司 (2001) 「こころの電気信号ネットワーク 脳の生理学」 風祭・岡崎ほか編著『こころの化学』63-70 頁。

Baddeley, A. D. (1986) *Working Memory*, New York: Oxford University Press.

Carrell, P. L. (1988) "Interactive Text Processing: Implications for ESL Reading Classrooms," In P. Carrel et al. (eds.), *Interactive Approaches to Second Language Reading*, New York: Cambridge University Press, pp. 125-220.

Juffus, A. (2003) *Working Memory as a Variable in SLA a Paper Presented at American Association of Applied Linguistics*, Arlington

Lennon, P. (1990) "Investigating Fluency in EFL: A Quantative Approach," *Language Learning*, 40, pp. 387-417.

Miller, G. A. (1956) "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information," *Psychological Review*, 63, pp. 81-97.

Nation, P. & Coady, J. (1998) *Vocabulary and Reading Teaching*, London: Longman.

Posner, M. L. (1995) "Attention in Cognitive Neuroscience: An overview," In M. Gazzaniga (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E. & Ortony, A. (1997) "The Representation of Knowledge in Memory," In R. C. Anderson, R. J. Spiro, & W. E. Montague (eds.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*, NJ: Lawrence Erlbaum.

Segalowitz, N. & Herbert, M. (1990) "Phonological Coding in the First and Second Language Reading of Skilled Bilinguals," *Language Learning*, 40, pp. 503-538.

Yorio, C. A. (1971) "Some Sources of Reading Problems for Forging Language Learners," *Language Learning*, 21, pp. 107-115.