

長期記憶と英語教育 (2)

--- 記憶の曖昧性、LTP とヘブ則、記憶と情動、記憶と年齢、記憶の累積効果 ---

湯舟 英一 *

本論は前号の湯舟 (2006a) に引き続き、「学習することは記憶することである」という認知的事実に着目し、英語教育の諸問題は人間が生まれ持つ記憶のしくみと因果関係を持つという立場から、これまでの認知心理学における長期記憶研究と最新の脳科学に基づく所見を基に、筆者が英語教育の方法論に対していくつかのヒントを投じたものである。前号では、これらのうち、記憶の生成過程における海馬の役割、記憶システム論、および第二言語習得理論における手続記憶の役割について論じた。本号では、記憶の曖昧性、シナプスにおける LTP (長期増強) とヘブ則、記憶と情動、記憶と年齢、記憶の累積効果について論じるものである。

キーワード：LTP (長期増強)、ヘブ則、記憶の曖昧性、情動、年齢

0. はじめに

本論は湯舟 (2006a) に引き続き、長期記憶研究と脳科学研究の成果を英語教育の議論に応用するものであるが、その目的と方法論においては、前号と同様であることから、以下に抜粋で引用したい：

「現在、文部科学省の推進する『英語が使える日本人育成のための行動計画』の枠組みにおいて、英語教育の目的は、学習者が英語をコミュニケーションで使える形で習得させることにあ
る。認知的に言えば、習得するということは、知識として「記憶」することに留まらず、学習
者が「英語が使える」形で、すなわち「能力として記憶する」ことに他ならない。本稿はこの
目的を果たすために、人間の長期記憶の仕組みを概観し、学習者が確実に長期間、効率的に記

* 人間科学総合研究所研究員・東洋大学工学部

憶するためにはどうしたらよいか、教育実践におけるヒントを提示することを試みたものである。(中略) 学習という認知活動そのものは脳の海馬を中心に行われ記憶として経験化されるという意味で、記憶は英語教育の大きな根幹を成しており、英語教育実践およびその方法論というマクロな問題は記憶研究と辻褃を合わせながら検証されなければならない。」

以上の目的と方法論において、本論では、記憶の曖昧性、LTP とヘブ則、記憶と情動、記憶と年齢、記憶の累積効果について、その英語教育への示唆を論じるものである。

1. 記憶の曖昧性

陳述記憶のような長期記憶の多くは側頭葉に貯蔵されているといわれるが、記憶表象の実態は神経回路の変化であって、直ちに神経細胞の増殖を意味するものではない。神経細胞そのものの増殖は幼児期で止まり、その後は生きるために使われない細胞が一日に数万個単位で減っていき、脳では日々リストラが行われている。もし脳の神経細胞が増殖されるようにプログラムされていたら、人間は個体としての個性を失うことになる。そもそも脳は体重の2%に対し全身の25%のブドウ糖エネルギーを消費する臓器であり、個体維持の観点から経済性の原理が支配している。人間はこのような脳の性質を上手に利用する方法として、自然淘汰の過程で、同じ神経細胞を使いまわす方法を選んだと考えられている(池谷, 2001)。言い換えれば、同じ神経細胞が別の記憶に使い回されていることになる。これは、コンピュータのハードディスクがあらかじめ情報格納場所を個別に指定するアドレス方式とは明らかに異なる。コンピュータは記憶が満杯になればハードディスクを増設すればよいが、人間の場合は何とか記憶容量を確保するため、一つの神経細胞が複数の記憶表象のビットとして利用されている。人間の記憶の曖昧性はここから起因するものであり、人が「連想」や「創造」ができるのは、記憶が相互作用できる神経回路に保存されているからに他ならない。以下は、池谷(2001)より、記憶の相互作用を表す概念図である。

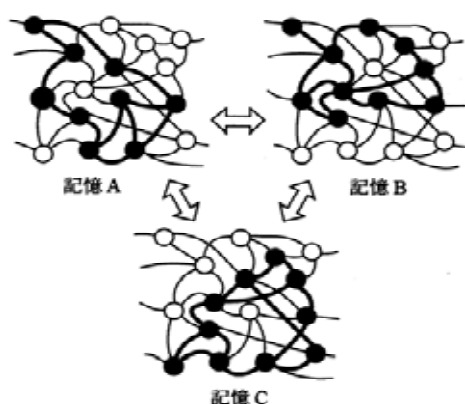


図1：記憶の相互作用の概念図(池谷、2001)

人間の意味記憶では、例えば「鳥」という概念はその対象物のプロトタイプと「トリ」という音韻表象が連合され心的辞書（mental lexicon）にエントリーされているが、「鳥」にはさらにその性質概念として「飛ぶ」、「翼がある」、「羽がある」などの記憶が連合していると考えられる。すなわち「鳥」を中心に多くの陳述記憶が、図1のように同一の神経細胞を共有していることで、「鳥」という一つの意味記憶から「鳥は飛ぶ」、「鳥には翼がある」、「鳥には羽がある」などの意味記憶が連想されるわけである。しかし、すべての記憶素子が別のアドレスに格納されているコンピュータでは、原則としてこのような連想ができない。

以上のことから、人間の記憶は進化の過程で「厳密さ」を犠牲にし「似ている物事」を識別する能力を重要視するようになったと言える。一方、進化の過程で下級な生物ほど曖昧な記憶のための資源が少なく、本能や刷り込みによる行動の割合が多くなる。そもそも人間が生きていく上では、全てがまったく同じ状況は二度とないことから、厳密で応用の効かない記憶を詰め込むよりも、似ている物事を同定し日々少しずつ変化する日常生活で恒常的に生き続けることの方が重要である（池谷、2001; 2002; 2004）。例えば、フォントの異なる文字や別の人間が書いた文字を同一のものと認識したり、人によって異なる周波数域で発せられる同一音声を同定する能力は言語能力の前提でもある。

「似ているもの」あるいは「同類物」の知識を獲得するには、「似ていないもの」を消去していく膨大な経験が必要になる。コンピュータはデータをインプットされれば「一瞬で正確に」記憶する。一方、人間は試行錯誤の末、「ゆっくりと曖昧に」記憶していく。似ているものや、他の範疇とは相対的に違うものを認識するにはそれらの特徴を抽出するプロセスが必須であり、おのずと時間が掛かる。その過程で人間は事象の本質を掴み、応用力を身につけ、新奇な環境にも対応できるようになる。これこそが学習の本質である。例えば、我々が一つの英単語の意味を覚える際も、その単語が使用されている様々な文脈に触れることで最終的にその語の意味領域を特定しコアとなる意味要素を（無意識に）抽出することで、汎用力のある確固とした語彙知識が形成されると考えられる。場所を表す前置詞 in, on, at など、それらの意味領域をはっきり「分けられる」ことが「分かった」ことになる。このことは、一生続く語彙学習に典型的に当てはまるプロセスだが、統語や音韻の獲得および L2 習得にも通じるものと考えられる。

消去法のプロセスで一から英語を学べれば、もっと多くの日本人が英語の達人となることであろう。しかし、現実はそのとはいかない。一般的な日本人にとっての英語は学校の教科であり受験科目であるので、すべてを消去法で覚えていく時間的余裕などない。その結果、学校や予備校では、学習者一人ひとりの頭の中で本来起こるべき消去法のプロセスを全て飛ばし、最終形としての抽象化された概念や規則を既製品として安売りして終わりである。単語の意味を日本語で提示したり、初めから文法規則を言葉で教えようとする。3単元の S や進行形の作り方など比較的単純で顕著性の高い文法項目ならそれでもよいが、冠詞や前置詞などの微妙な規則の習得には向かないし、そもそも応用力が身につかないので習得のスピードや上達がなかなか実感できない。このことは、最近話題になる「スロー・フード」と「ファスト・フード」の対比によく似ている。ハンバーガーは安く素早く食べられるが栄

養に乏しくバランスも悪い。一方、手間隙掛けた料理は栄養だけでなく、時に愛情や感謝といった目に見えない something more を含み、その価値は計り知れない。

では、少ない時間の中でどのようにして「スロー学習」を取り入れたらよいのであろうか。まず、小さい違いを区別できるようになるには、それよりも一つ大きな枠組みで区別できることが重要である。池谷（2001; 2002）によれば、例えばネズミにドとド の区別を教えるには、まず先にドとソの区別を教えるそうである。同様に、イヌに円と楕円の違いを認識させるには先に円と三角形の違いを発見させるという。コンピュータならいきなり難しいプログラムをインストールできるが、動物や人間はそうは行かない。あるいは、水泳のフォームのような一連の動作を習得するには、それらを分解してパーツごとに教えるのも効果的である。人間の記憶は曖昧なので、完成されたフォームを何度繰り返し見せても初級者にはただ手足を動かしているとは思えないのである。2つのことを同時に覚えるよりも段階に分けて覚えたほうが、結局は汎用性のある記憶を獲得でき学習効率も高いということになる。

以上、人間の記憶は曖昧であり消去法の繰り返しによってゆっくりと物事の本質を記憶してゆくという特徴があることが分かった。これを踏まえ英語教育実践への示唆を考えてみたい。

英語教育へのヒント4：「記憶の曖昧性から」

- 1 脳の記憶は消去法が基本であるので、努力と繰り返しによるスロー学習で応用力を育てる
- 2 難しい文法項目は言葉で一度に説明するよりも、手順を分解して少しずつ理解させる
- 3 基本動詞などの核語彙は文脈を沢山与えて意味領域や核となる概念を帰納させる
- 4 長いセンテンスの意味はチャンクごとに意味を理解させ、段階を追って全体の理解に導く

2. LTP(長期増強)とヘブ則

新たな記憶が生まれるということは、記憶素子として新たな神経細胞が増殖するのではなく、神経細胞どうしの結びつきに変化が起ることを意味する。すなわち、神経細胞どうしをつなぐシナプスにおいて神経伝達物質の伝達効率が長時間にわたり上昇した状態になることを指す。これはシナプス可塑性の一つで、「長期増強 (LTP: Long-term Potentiation)」と呼ばれ、神経学者のプリスとレモがうさぎの海馬を刺激することにより発見し (Bliss and Lomo, 1973) 以来、記憶や学習の基本メカニズムとされている。

シナプスにおける LTP の化学的メカニズムは専門誌を参考にされたいが、基本的には以下のような典型的な情報伝達機序の効率が長期に渡って上昇した状態が続くことと考えられている。

1. 前シナプス細胞の軸索を活動電位が伝わり、末端にあるシナプス小胞に到達する。
2. シナプス小胞の膜上に位置する電位依存性カルシウムイオン・チャンネルが開く。

3. カルシウムイオンがシナプス内に流入し、シナプス小胞が細胞膜に接して神経伝達物質が細胞外に放出される。
4. 神経伝達物質はシナプス間隙を拡散し、後シナプス細胞の細胞膜上に分布する神経伝達物質受容体に結合する。
5. 後シナプス細胞のイオンチャネルが開き、細胞膜内外の電位差が変化する。

なお、LTP とは逆に伝達効率が低くなった状態で可塑化する現象を「長期抑圧 (LTD: Long-term Depression)」と呼び、LTP 同様、記憶のメカニズムを説明する上で重要であるが、ここでは「覚える」メカニズムに重要な意味を持つ LTP を例として論じたい。

ブリスとレモが LTP を発見する基になった理論が「ヘブの法則(ヘブ則)」(Hebb, 1949)であり、ヘブは LTP 発見の 20 年以上前に記憶がシナプス抵抗の可塑性によって起こることを予言していた。ヘブ則は PDP に代表されるコネクショニスト・モデルの原型でもあり、3つの基本原理から構成されている。以下では、池谷(2001)の概念図を参考にしながら要点を論じ、最後に英語教育へのヒントを投じてみたい。

2.1 ヘブ則1「協力性」

ある一定の閾値以上の強い信号が来たときにのみシナプス可塑性が生じるというもので、「協力性」と呼ばれる。これは、我々は何かを覚えようとしなければ覚えられず、ただぼんやりものを眺めているだけでは記憶されないことから明らかである。もし見たものや経験したことを全てもれなく記憶してしまうと、人の脳のメモリは数分で飽和すると言われている。すなわち、覚えようと選択的注意を向けたもの、あるいは何らかの条件下で「注意が向けられたものだけが記憶されるメカニズム」であり、脳は閾値を超えた強い信号だけを選択して記憶していることになる。なお後述するが、情動を伴うエピソードがあれば、海馬の隣にある扁桃体の働きによって協力性の閾値が下がることがわかっている。

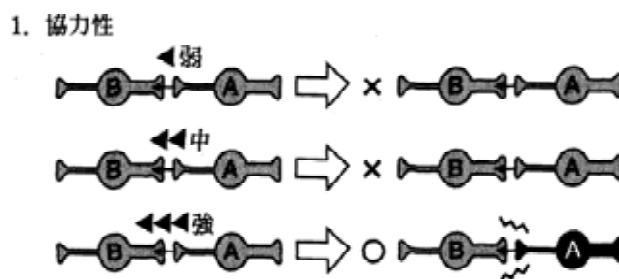


図2：協力性

2.2 ヘブ則2「入力特異性」

シナプス可塑性は、起こるべきシナプスに局限して生成し、他のシナプスには影響を与えない性質を持っている。この性質は「入力特異性」と呼ばれる。図3は、神経細胞Aからシナプス可塑性を起こすような強い信号が入ってきたとすると、Aではシナプス可塑性がおこるが、このときBはなんの影響も受けないことを示している。このことは、我々は覚えようとしたことは覚えられるが、まったく関係のない事象を覚えることはないという事実を説明している。

2. 入力特異性

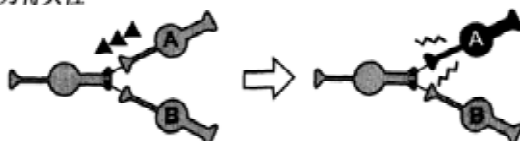


図3：入力特異性

2.3 ヘブ則3「連合性」

3つ目の法則は、閾値に達しない弱い信号であっても、それに関連する他の信号が加わればシナプス可塑性が起こるというもので、「連合性」と呼ばれている。例えば、「源頼朝」という記憶表象を単体で記憶することは困難であるし、そもそも日常生活で人の名前だけを単体で記憶する意味がない。これを「源頼朝は鎌倉幕府を開いた」と記憶することで、「源頼朝」と「鎌倉幕府」が連合し、新たな記憶すなわち LTP が生じることになる。このように我々は通常、物事をほかの物事に連合させて覚える。さらに連合させることで覚えやすくなったり、閾値以下のものでも覚えられるようになる。数字の語呂合わせなどはそのよい例と言える。図4では、神経細胞Aから閾値に達しない程度の信号が入力されているところに神経細胞Bからある程度の信号が来ると、Aにシナプス可塑性が生じる様子を表している。

3. 連合性



図4：連合性

物事を関連づけて覚えるということは、言い換えれば、物事の在り様を「理解する」ことを意味している。理解の根幹は、自分がすでに持っている記憶との関連性を見出し、意味あるものとして長期記憶に送られることである。例えば、短期記憶容量（Miller, 1956）を超える電話番号などの数字の羅列はそのままでは覚えられないが、語呂合わせして、そこに意味を付与することで「精緻化」され、

長期記憶に送られることが可能となる。意味付けされ精緻化された数字列はその意味を「イメージ」（頭の中で画像化）することでさらに強固な記憶になる。例えば、4 1 2 6 という番号も「ヨイフロ」から「良い風呂」と意味づけられ、さらに頭の中で、上質な温泉をイメージすることで、「連合性」に適った精緻化によるシナプス可塑性を具現化できる。

以上の3つの「ヘブ則」のうち、とりわけ「協力性」と「連合性」は英語教育への示唆に富んでいる。すなわち「協力性」は言語項目に対する選択的注意や意識集中の必要性を示唆し、「連合性」は言語学習には理解、精緻化、イメージ化などのストラテジーが重要であることを示唆している。以下に、考える英語教育へのヒントを挙げてみたい：

英語教育へのヒント5：「ヘブ則「協力性」の原理から」

- 1 一度の学習項目を絞りこむか、覚えさせたい項目に顕著性（saliency）を与える
- 2 TBLT（Task-based Language Teaching）により、学習項目への選択的注意を喚起する
- 3 授業またはタスクに集中させるための授業環境を創り出す
- 4 例文の意味や世界をイメージさせ、さらに喜怒哀楽の感情を抱かせるようにする

英語教育へのヒント6：「ヘブ則「連合性」の原理から」

- 1 新出の単語や文法項目は文脈の中で提示し、精緻化を高める
- 2 例文は生徒がイメージ（頭の中で画像化）しやすいものにし、必ず内容をイメージさせる
- 3 コミュニケーション重視の授業では、意味のある活動、現実的目的のある活動を取り入れる
- 4 理解できないことは長期記憶に残らないので、分かりやすい授業に徹する

従来のコミュニケーション・アプローチでは意味のやり取りを優先させるあまり、文法項目への選択的注意がなされず、学習者はなかなか正しい言語形式を身につけられないという欠点があった。この状況の揺れ戻しとして、TBLT ではコミュニケーション・アプローチの前提である意味や目的のあるインタラクションはそのままに、タスクへの取り組みを通して文法項目に（無意識に）意識を向けさせる教授法（Focus on form）が近年注目されている（Doughty and Williams, 1998; Long, 1988; 1991; 2000, Ellis, 1997; Long and Robinson, 1998）。

3. 記憶と情動

認知心理学では、個人にとってインパクトの強い経験が生々しく記憶される「フラッシュ光記憶（Flashbulb memory）」という効果が報告されている（Conway, 1994; Winograd and Neisser, 2006; マッガウ, 2006、他）。フラッシュ光記憶の特徴は、インパクトの強い経験は「長時間、強く」長期記憶に残るということにある。ただし、記憶の信頼性としての「正確さ」に関しては研究により様々である。いずれにせよ、出来事によって引き起こされる情動反応が、その出来事の記憶のされ方に影響

することは、フラッシュ光記憶に関する多くの研究から明らかになっている。フラッシュ光記憶のメカニズムに関する脳科学からの説明として、海馬と同じ大脳辺縁系にある扁桃体の活動が LTP の閾値を下げることが分かっている（池谷、2001; マッガウ、2006）。情動が記憶を強固にする理由として、池谷（2001）は、動物にとって情動は生存に関わる深い意味があるとし、とりわけ恐怖を体験した記憶をもとに再度の危険を効率よく回避する必要があるためだと説明する。

また、人は新規な状況に遭遇し「興味」を示すと、大脳辺縁系の扁桃体で 5 ヘルツの波が生まれ、これが海馬の LTP を促進すると言われている（池谷、2001; 2002; 2004; 2007）。おそらく、新しい環境に早く適応することが生存には不可欠であったのではないかと思われる。さらに、情動を伴う記憶は、生物学的にも理に適っている。ヘブ則の「協力性」にあるように、記憶には LTP が起こるために閾値以上の強い情報を必要とするため、記憶される対象に焦点的注意が向けられる必要があるが、情動によってその閾値が自動的に下がるため、脳への負担も少ないわけである。我々は学習時には集中して覚えようとするが、やる気や興味がなければ非常に辛い作業となる。

同様に、池谷（2001）によると、目の記憶よりも耳の記憶のほうが心に深く残るという。理由としては、視覚の発達には進化の過程では最近のことであり、聴覚機能の方が人間の認知機構においてより深い位置にあるとされる。確かに、映画やドラマの記憶に残る名シーンでは、映像と同時に音楽が浮かび上がってくる。とりわけリズムや長調・短調などの音楽的要素は聞く者の情動を大きく左右すると思われる。英語教育研究では、最近「音読」の効果を示す研究が増えている。音読は音声の習得を促すかもしれないが、それよりも重要なことは、テキストを声に出して読むことで内容や言語形式の記憶を促進することにある。すなわち、音読はテキストに対して主体的な経験を付与しエピソード記憶化すると同時に、「耳」を通して情動による記憶を助長するという意味で、認知的に有意義な教育実践だと考えられる。

英語教育へのヒント 7 : 「情動を伴う英語学習へ」

- 1 教材はできるだけ物語性やエンターテインメント性を持たせる（映画やドラマの利用）
- 2 ダイアログや例文の登場人物が学習者にとって身近で「感情移入」できることが望ましい
- 3 授業にサプライズや変化を持たせ、ルーティーンの中にも新奇な要素を取り入れる
- 4 教材は文字と同時に音声を提示したり、音読活動を積極的に取り入れる

4. 記憶と年齢

湯舟（2006）では、Tulving（1984）に基づき、記憶のシステム分類について紹介した。池谷（2001）によれば、10 才くらいまでは意味記憶による rote-memory（機械的記憶）が得意だが、それ以降の年齢になるとエピソード記憶が優勢になり、中学以降の学習には論理や自我の付与が重要になるという。さらに、DeKeyser（2000; 2004）は、人は十代半ばまでに、接する言語の断片的記憶から、第二

言語の形態素や文法規則を「無意識に」帰納する能力を失うとし、思春期以降の第二言語習得は一般問題解決能力や母語の言語適性による顕在意識上での学習に移行すると主張する。これらの見解は英語教育に大きな示唆を持つと同時に、これまでの第二言語習得研究の分野でも議論され未だに解決を見ない「臨界期仮説」を記憶研究から支持するものである。

脳神経学や心理学では、臨界期が生じるメカニズムとして脳の発達に伴う構造的な変化を挙げている。Lenneburg (1967) は、人間の脳は思春期までに右脳と左脳の機能分化が完成し、とりわけ左脳に言語機能が側頭化するとした「言語機能の側頭化（一側化）」(Lateralization) を主張した。すなわち、この時期までに言語機能は主に左脳側頭葉のウェルニッケ野とブローカ野に分かれる結果、「脳の可塑性」(シナプス可塑性とは異なり、脳機能の局在化が柔軟に起こりえる状態) が失われ、L1、L2 に限らず言語習得が困難になるという。なお、Lenneburg に先立って脳の可塑性と臨界期について主張した脳科学者の Penfield and Roberts (1959) は、言語習得に最適な年齢は 10 歳までとしている。彼らの主張の根拠は、事故などによる脳の右半球の損傷が大人よりも子供により大きな言語障害を生じさせることや、脳の左半球の手術を受けた子供は言語障害が生じても短期間に回復するのに対し、大人には重度の言語障害もしくは言語喪失が起こるという臨床データに支えられている。

しかしながら、脳の一側化と言語習得の臨界期を同期させるという主張は、未だに意見の一致を見していない。例えば、Krashen (1973) は、右脳損傷に関わる言語障害は 5 歳児と大人で同じ比率であったことから、一側化は 5 歳ですでに起こっているとし、第二言語習得の臨界期を思春期とする Lenneburg らの主張とは異なる。いずれにせよ、脳の一側化が何歳で完了するかという問題は、さらなる臨床データの報告を待ちたいが、これまでの多くの第二言語習得研究では、5 歳～16 歳くらいの間に学習を開始すれば母語同然の到達度を示していることから（文法習得では、Long, 1990; Seliger, 1978; Johnson and Newport, 1989; DeKeyser, 2000; Patkowski, 1982 等、発音・聴解習得では、Scovel, 1988; 2000; Oyama, 1976; 1978 等）完全な L2 習得すなわちバイリンガリズムと脳の一側化は直接的な関数ではなく、他の要因が大きく作用し、さらに言語要素ごとに異なると考えられる。

他に脳の可塑性と臨界期を関連づけて説明する仮説に Pinker (1994) がある。彼によれば、母語の言語獲得が終わると、生得的な言語獲得機構モジュールが役目を終え、その機能が退化し、言語獲得のために用意されていた部位は脳資源の経済的有效利用のために他の認知機構に利用されるようになるという。よって、臨界期が終われば、それまであった言語獲得モジュールへのアクセスが効かなくなり、L2 習得は極めて困難になり、その結果、母語話者と同等な言語習得には至らないとする。

竹内 (2000) によれば、この時期はちょうど母語の「聞く」「話す」能力が安定し、「読み」「書き」の学習段階に移行する時期と重なり、同時に「機械的記憶力」の喪失あるいは退化を伴うと言われている。このことは、先に触れた池谷 (2001) の「10 歳くらいを境に意味記憶からエピソード記憶優勢に移行する」とした見解と似ている。さらに、Piaget の「形式操作」(formal operation) の段階に入るのが 10 歳前後とされ (Inhelder and Piaget, 1958) それ以降は物事を抽象化、分類、一般化するという極めて顕在意識に頼った問題解決能力を駆使して言語習得に臨むことになる。しかし、Dulay,

Burt, and Krashen (1982) は、言語学習において問題解決能力に依存する方法は不自然かつ限界があるとし、L2 習得は子供の方が優れていることを示唆している。さらに DeKeyser (2000) は、難しい言語規則の習得は思春期までは implicit learning 能力によって母語話者同様の習得が可能だが、思春期を過ぎると母語の言語適性に依存すると報告している。このことは、冠詞や前置詞のように、細かい事象の差異を意識下で膨大に蓄積して初めて母語話者並みの習得ができるような文法項目は、意味記憶が優勢な子供の方が向いていることを意味している。

その他、脳の可塑性以外に臨界期を説明する認知的な仮説として、Jacobs (1988) は脳神経の髄鞘形成が思春期以降に止まり、そのため神経の情報伝達速度と確実性が鈍ることによって言語習得が困難になるとする。また、Newport (1990) によれば、幼児の記憶保持容量が少ないことで、入力情報を小さな単位でしか分析できないために、かえって言語入力の分析が効率的かつ少負担で行えるという。この説は「制限有利仮説 (less-is-more)」あるいは、少しずつ沢山学習する特長から「小容量・多学習」などと呼ばれている (酒井, 2002; 竹内, 2003)。また Elman (1993) の作業記憶容量とニューラルネットに関する研究でも Newport と同様のロジックが主張されている。彼の創作した学習シミュレーションモデルでは「小さく始めることの重要性 (the importance of starting small)」を指摘しており、作業記憶の小ささという従来消極的に捉えられてきた乳幼児の記憶特性が、複雑な文の分析をスキップするフィルターの役目を持つとし、記憶保持容量が小さいことが言語習得に対して肯定的な意味を持つことをコネクショニズムの方法論から主張したものである。

なお、臨界期仮説に関しては、多くの反論や条件付けを迫る研究があり、ここで全てを検証することは不可能である。それらの研究に共通して言えることは、まったく同じ状況と方法論で行われた研究は極めて少ないということである。研究の方法論に関わるポイントを以下に挙げてみる：

- 1 研究対象とした言語能力 (発音、聴解、形態素、統語、語彙、コロケーション、等)
- 2 独立変数 (学習開始年齢、目標言語国での滞在年数、母語言語適性、等)
- 3 従属変数 (最終到達度、習得スピード、理解能力、発表能力、等)
- 4 研究でカバーした L2 学習期間 (3 ヶ月か 50 年か、等)
- 5 母語は何か (オランダ人による英語習得なのか、日本人による英語習得なのか、等)
- 6 その他、定量化できない個人差や環境に起因する要素
(Input の量と質、動機付け、訓練方法、学習方略、信念、等)

臨界期を支持しない研究によく見られる特徴としては、上記のうち、発音を対象としている (Neufeld, 1977; 1978)、習得スピードを調べている (Cummins, 1981)、比較的短い学習スパンで結論を出している (例えば、Neufeld, 1977; 1978 では 18 時間のトレーニング後に発音判定)、母語が目標言語に比較的近い被験者である (例えば、Bongaerts, et al. 1995; 1997 ではオランダ人による英語音読の評価) などの場合が多い。臨界期の有無に関する論争に対し、Long (2007) はリサーチデ

ザインやデータ解釈を吟味した上で、臨界期の存在をはっきり否定するに足る反証はいまだ提示されておらず、更なる脳科学によるアプローチを發展させる必要があると言う。ちなみに、3の「習得スピード」に関して、Krashen, Long, and Scarcella (1979)、Long (2007) では、第二言語の文法習得において、早い時期から始めた子供はスロースタートだが結局はネイティブに近い高い到達度を示す一方、大人は学習初期に子供より高い習熟度を示すが結局ほとんどが不完全な習得に終わるとする、いわば「ウサギとカメ効果」を示唆している。下の図は、Long (2007) の概念図である。

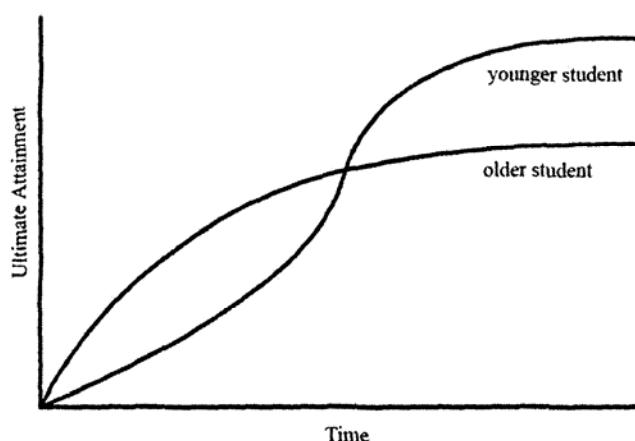


図5：大人と子供の言語習熟度の時間軸による違い

なお、上記のような反論研究を受け、それを取り込む形で「敏感期 (sensitive period)」という呼び名を用いる研究者も多い。第二言語習得の場合は、the earlier, the better ではあるが、思春期を過ぎても、学習方法や環境次第で母語話者と同程度の習得を報告する例も多数あることから、この呼び名が使われることがある。しかしながら多くの場合、現実の概念としては古典的な「臨界期」のことを指しており、この問題は本質論ではなく言葉の問題である。さらに、発音や統語など言語の異なる側面でそれぞれの習得の最適期が異なるという事実を踏まえて、「複数臨界期 (Multiple Critical Periods)」(Seliger, 1978) や「複数敏感期 (Multiple Sensitive Periods)」(Long, 1990; 2007) という概念を導入する研究者もある。

以上の議論から、人はおよそ 10 歳前後から思春期終わりまでには、ひたすら意味記憶の具体的断片を収集し無意識のうちに規則や文法を帰納できる能力が枯れ、それ以降は主に一般問題解決能力や母語言語適性をリソースに、個人に合った学習ストラテジーを駆使して意識的に学習ようになる。意識的な学習は、強い動機付けがなければ辛く苦しいものであり、大人は仕方なく自我の関与するエピソード記憶を利用したり精緻化することで年齢によるデメリットを克服せざるを得ないようである。

これまでの議論を踏まえ、年齢と発達段階に関する英語教育へのヒントを考えてみたい：

英語教育へのヒント 8 : 「年齢と発達段階にあった英語学習とは」

- 1 英語学習開始年齢は早ければ早いほうがよい
- 2 小学校や早期英語教育では、多量の exposure を与え機械的意味記憶を有効利用する
- 3 小学校や早期英語教育では、まず音韻などの知覚表象の確立を目指すべき
- 4 中学以降は、学習内容に論理、意味、文脈、エピソード（自我関与）があることが重要
- 5 中学以降は、動機付けと個人に合った学習ストラテジーが結果を大きく左右する
- 6 子供は大人に比べて習得スピードは遅いが、その効果は後で現れるので焦ってはならない
- 7 大人は子供より習得スピードは速いかもしれないが、「分かったつもり」で終わらないように、繰り返し練習を通して真の能力化を目指す

5. 上達と記憶の累積効果

本論の1章では、人間は記憶の曖昧性のために、失敗を重ねながら似ている要素を抽出していくという消去法の記憶方法をとっていることについて論じた。このことは人間にとって決してデメリットではない。本能や刷り込みだけでは様々な環境に適応できないことから、「学習」はむしろ人間に与えられた特権であると言ってよい。つまり、より多くの経験を経て試行錯誤を繰り返すほど記憶は強化されることになる。

さらに、前編の2章、3章では、脳が記憶するときには、記憶の対象となる事象だけでなく、その「理解の仕方」も同時に記憶すること、すなわち「手続き記憶」の有効性について論じた。手続き記憶は潜在記憶であり無意識に形成されるストラテジー記憶である。ストラテジーとは what ではなく how の記憶であるので、一度身に付けてしまうと他の学習に応用が利く。すなわち、一つのことを学習すると、関連する別の事柄を学習する時にもそのコツを利用することで一段習得が楽になるわけである。それを繰り返すことが上達への近道といえる。よって、結果として目に見える知識の増大は、理解の仕方の上達に支えられているわけである。

岡本（2002）によれば、上達した者に共通して言えることは、一連の記憶を「スキーマ化」あるいは「コード化」しているという点である。例えば、プロ棋士は棋譜を簡単に覚え再現することができるが、これは彼らが複雑な将棋の流れの一部を有限個のパターンとして記憶し、その記憶単位で思考しているからである。しかしプロの棋士であっても、素人の打つ将棋の棋譜を再現しようとすると途端に難しくなる。予想不可能な素人将棋には既存のスキーマが使えないからである。

物事の一連のつながりはスキーマと呼ばれ、上達した者ほど多くのスキーマを持っている。またスキーマは個々の記憶を一つにまとめ記号化されたものと考えられることから「コード化」とも言える。上級者はスキーマ化された記憶を処理単位とすることで、ワーキングメモリ（作動記憶）への負担が減り、より多くの記憶資源を利用したり、選択的注意に多くの資源を割り当てることも可能になる。

このことは英語学習にも当てはまる。英語上級者になるほど一度に理解し産出する言語単位は増大し、逆に初級者ほど処理単位は小さくなり単語や熟語程度まで細分化されてくる。例えば、読解過程

においては、上級者は「チャンク」あるいはPSU (perceptual sense unit : 知覚意味単位) ごとに意味を処理することで高速な読解が可能となり (門田・野呂, 2001; 湯舟, 2006b; 2007) 内容に対して批判的に考えながら読むこともできるようになる。一方、初級者は単語一つ一つの意味を考えたり、しばしば戻り読みを行い和訳しながら読もうとする。これではワーキングメモリに負担が掛かり過ぎ、文意を構築できないか、できてもその内容を記憶しておくだけのメモリ容量は残っていない。またスピーキングにおいては、上級者は意味の塊ごとに文を生成していくことでメモリ負担を減らし語用論的なレベルを意識しながら会話を進めることが可能であるが、初級者は文生成の単位が小さいため意識上で文を作ることにワーキングメモリ容量を使い果たし、話の論理まで手が回らない。

このような習熟度に起因する言語処理単位の違いは、ジグソーパズルに喩えられる。すなわち、上級者はピースを塊ごとに記憶しているので出し入れに手間が掛からないが、初級者は毎度ばらばらなピースを一つ一つはめ込んでいるようなものである。一連のピースをまとめてコード化しスキーマを身に付けるには、トップダウン情報としての全体像をヒントに利用しながら、少しずつピースの塊を大きくすることを繰り返し行い、処理単位を増大させることが必要である。

最後に、池谷 (2001; 2002) の提唱する「記憶の累積効果」について触れたい。前号で論じたように、「手続き記憶」は運動的技能だけでなく、認知的な理解の仕方すなわち学習ストラテジーとしての記憶の側面を持っている。学習時はふつう記憶対象に意識があり、手続き記憶は意識下で生成される。ちなみに意味記憶やエピソード記憶は海馬を中心に生成される顕在記憶であるが、手続き記憶は主に大脳基底核や小脳の一部で生成される潜在記憶である。

池谷によると、A という事象を理解し記憶した上で、新たに B という事象を覚えようすると、A を覚えたときに無意識に習得した手続き記憶が応用され、A を覚えたときよりも簡単に B を覚えられという。すなわち「学習の転移」が働いたと言える。このとき、当然ながら B を覚えた手続き記憶も新たに記憶されている。さらに、この B を覚えた時の手続き記憶が先に覚えた A の理解をさらに深める再補強効果があるという。言い換えれば、A と B という2つの対象を覚えるとき、それらを覚える際の手続き記憶が相互に理解を助けることになり、合計2の二乗で4つ分の記憶が新たに生まれるという計算になる。さらに3つ目の事象 C を記憶するときも同様に、A と B の手続き記憶が利用されると同時に、C を理解した時の手続き記憶が先に記憶した A と B の理解を再補強することになる。

このように次々に新しいことを学習していくと、その効果は等比級数的に累積していくことになる。つまり、学習と記憶 (勉強量と成績) の関係は、直線的な1次関数ではなく、加速度的に二乗曲線を描いて上昇していくと考えられる。図6はその概念図である。この図は学習に対して大変重要なことを示唆している。すなわち学習の効果はすぐには現れず、地道な努力を継続しているうちに徐々に効果を実感でき、そしてある日突然悟りを開いたように理解できるようになる。これこそが上達の本質であり、天才や熟練者と呼ばれる人も初めは初級者だったことを証明するものである。池谷の言葉を借りれば、「嵐の前の静けさ」と「突然の爆発」が隣り合わせなのが脳の性質である。教師であれば、目の前でなかなか効果の上がない学習者に対し、このグラフを見せて勇気づけたいものである。

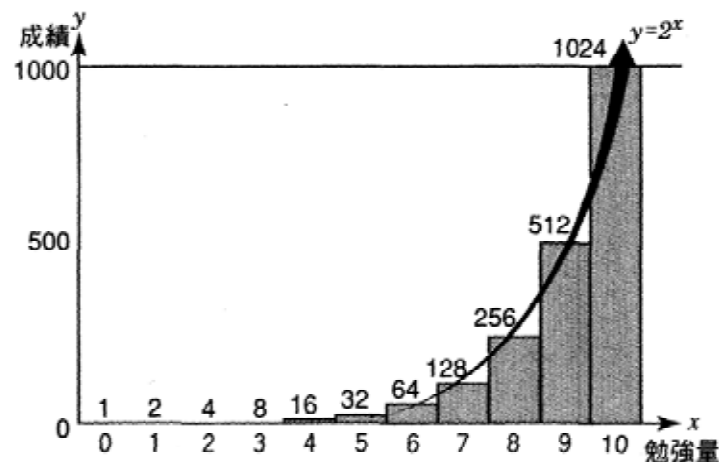


図6：記憶の累積効果（池谷、2002）

以上のような記憶と脳の特徴を踏まえ、英語教育への示唆を考えてみたい。

英語教育へのヒント9：「スキーマと記憶の累積効果を生かす方法」

- 1 努力の継続による発見学習で理解のトラテジーを身に付けさせる
- 2 スキーマやチャンクを利用した言語理解と言語産出の練習を行い、処理単位を増大させる
- 3 時には一つのことを深く勉強させ、その理解の方法を学習の転移に利用する
- 4 slow learner に対して、上のグラフを見せて勇気づける

おわりに

以上、2編にわたって、人間の長期記憶の仕組みを概観し、教育実践に対するヒントを提示した。今回提示したヒントの多くはすでに経験的に言われている英語教育の定説も多く、また英語教育に限らずあらゆる教育や学習活動に当てはまるヒントも多いと思われる。しかし、今回の試みのように、人間の学習の本質である記憶研究から再度光を当てることで、それらがどうして定説だったのか改めて理解できた。なお、本論では「作動記憶」を別に扱う目的で敢えて「長期記憶」という用語を用いた。英語教育の諸問題は認知的には「学習」と「処理」に大きく分けて考えることができる。本論はこのうちの学習に焦点を当てて論じたものである。処理の問題とは、英語を聞き、話し、読み、書く、そのときに頭の中で何が起きているかを明らかにすることである。そして外国語として英語を処理する学習者の振る舞いを支配するのが「作動記憶」である。このように、英語教育に応用すべき記憶研究は長期記憶と作動記憶の両方を十分に論じることが必要である。筆者としても次の機会で「作動記憶と英語教育」について論じたいと考えている。

参考文献

- 池谷祐二 (2001) 『記憶力を強くする—最新脳科学が語る記憶の仕組みと鍛え方』. 講談社.
- 池谷祐二 (2002) 『最新脳科学が教える高校生の勉強法』. 東進ブックス.
- 池谷祐二 (2004) 『進化しすぎた脳—中高生と語る大脳生理学の最前線』. 朝日出版社.
- 池谷祐二 (2007) 『進化しすぎた脳』. 講談社.
- 岡本浩二 (2002) 『上達の法則—効率のよい努力を科学する』. PHP 新書.
- 門田修平、野呂忠司 (2001) 『英語リーディングの認知メカニズム』. くろしお出版.
- 酒井邦嘉 (2002) 『言語の脳科学—脳はどのようにしてことばを生みだすか』. 中公新書.
- J.L. マッガウ (2006) 『記憶と情動の脳科学』 大石高生、久保田競 (訳). 講談社.
- 竹内 理 (2000) 『認知的アプローチによる外国語教育』. 松柏社.
- 竹内 理 (2003) 『より良い外国語学習法を求めて』. 松柏社.
- B.F. スキナー (1953) 『科学と人間行動』. 河合伊六、他 (訳). 二瓶社. 2003.
- 湯舟英一 (2006a) 「長期記憶と英語教育 (1) --- 海馬と記憶の生成、記憶システムの分類、手続き記憶と第二言語習得理論」『人間科学総合研究所要』第7号. 147-162. 東洋大学.
- 湯舟英一 (2006b) 「e-learning 教材を用いた速読トレーニング授業」. *Dialogue*. 第5号. 67-79. TALK.
- 湯舟英一、神田明延、田淵龍二 (2007) 「CALL 教材における英文チャンク提示法の違いが読解効率に与える効果」. *Language Education & Technology*, 44: 215-229. 外国語教育メディア学会 (LET).
- Bliss TV, and Lomo T, (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *The Journal of Physiology*, 232 (2): 331-256.
- Bongaerts,, T., Planken, B., and Schils, E. (1995). Can late starters attain a native accent in a foreign language? A test of the critical period hypothesis. In D. Singleton and Z. Lengyel (eds.). *The Age Factor in Second Language Acquisition*. (pp. 30-50). Clevedon, England: Multilingual Matters.
- Bongaerts,, T., van Summeren, C., Planken, B., and Schils, E. (1997). Age and ultimate attainment in the pronunciation of a foreign language. *Studies in Second Language Acquisition*, 19 (4): 447-465.
- Conway, M.A. (1994). *Flashbulb Memories. --- Essays in Cognitive Psychology*. Psychology Press,
- Cummins, J. (1981). The role of primary language development in promoting educational success for language minority students. In California State Department of Education (ed.). *Schooling and Language Minority Student: A Theoretical Framework*. California State University.
- DeKeyser, R. (2000). The robustness of critical period effects in second language acquisition.

- Studies in Second Language Acquisition*, 22(4), 499-533.
- DeKeyser, R., Ravid, D., and Alfi-Shabtay, I. (2004). Age effects in Russian immigrants acquiring English or Hebrew. Paper presented at the annual meeting of the American Association for Applied Linguistics, Portland, OR.
- Doughty, C. and Williams, J. (1998). *Focus on Form in Classroom Second Language Acquisition*. Cambridge, CUP.
- Dulay, H., Burt, M., and Krashen, S. (1982). *Language Two*. OUP
- Ellis, R. (1997). *SLA Research and Language Teaching*. Oxford and New York: OUP
- Elman, J.L. (1993). Learning and development in neural networks: The importance of starting small. *Cognition*, 48, 71-99.
- Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley.
- Inhelder, B. and Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. Basic Books.
- Jacobs, B. (1988). Neurobiological differentiation of primary and secondary language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, 10 (3): 303-337.
- Johnson, L. and Newport, E. (1989). Critical period effects in second language learning: the influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. *Cognitive Psychology*, 21: 60-99.
- Krashen, S. D., Long, M.H., and Scarcella, R.C. (1979). Age, rate, and eventual attainment in second language acquisition. *TESOL Quarterly*, 13 (4): 573-782.
- Long, M.H. (1988). Instructed interlanguage development. In L. Beebe (ed.). *Issues in Second Language Acquisition: Multiple perspectives*. 115-41. Rowley, MA: Newbury House.
- Long, M.H. (1990). Maturational constraints on language development. *Studies in Second Language Acquisition*, 12: 251-285.
- Long, M.H. (1991). The design and psycholinguistic motivation of research on foreign language learning. In BF. Freed (ed.). *Foreign Language Acquisition Research and the Classroom*. 309-20. Lexington, MA: Heath.
- Long, M.H. (2000). Focus on form in task-based language teaching. In R.L. Lambert and E. Shohamy. (eds.). *Language Policy and Pedagogy*. 179-92. Amsterdam and Philadelphia: John Benjamins.
- Long, M. (2007). *Problems in SLA*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Long, M.H. and Robinson, P. (1998). Focus on form: theory, research, and practice. In C, Doughty and J, Williams. (eds.). *Focus on Form in Classroom Second Language Acquisition*. 15-41. Cambridge, CUP.

- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Neufeld, G.G. (1977). Language learning ability in adults: A study on the acquisition of prosodic and articulatory features. *Working Papers on Bilingualism*, 12, 46-60.
- Neufeld, G.G. (1978). On the acquisition of prosodic and articulatory features in adult language learning. *Canadian Modern Language Review*, 34, 163-174.
- Newport, E. (1990). Maturational constraints on language learning. *Cognitive Science*, 14, 11-28.
- Ohyama, S. (1976). A sensitive period for the acquisition of a nonnative phonological system. *Journal of Psycholinguistic Research*, 5 (3), 261-283.
- Ohyama, S. (1978). The sensitive period and comprehension of speech. *Working Papers on Bilingualism*, 16, 1-17.
- Seliger, H. (1978). Implications of a multiple critical periods hypothesis for second language learning. In W. Ritchie. (ed.). *Second Language acquisition research*. Academic Press.
- Patkowski, M. (1980). The sensitive period for the acquisition of syntax in a second language. *Language Learning*, 30, 449-72.
- Scovel, T. (1988). *A Time to Speak: A Psycholinguistic Inquiry into the Critical Period for Human Speech*. Rpwley, MA: Newbury House.
- Scovel, T. (2000). A critical review of the critical period hypothesis. *Annual Review of Applied Linguistics*, 20, 213-223.
- Tulving, E. (1984). Relations among components process of memory. *Behavioral and Brain Science*, 7, 223-238.
- Winograd, E. and Neisser, U. (2006). *Affect and Accuracy in Recall: Studies in 'Flashbulb Memories'---Emory Symposia in Cognition*. CUP.

Long-term Memory and English Education (2): Ambiguity of memory, the LTP and the Hebb's rule, emotion, age factors, and the accumulative effect of memory

YUBUNE, Eiichi *

Following the last issue, this essay is to present some pedagogical implications for English teaching methodology from the cognitive viewpoint of the human memory systems and the latest findings in neuroscience. In the last volume, I discussed the role of hippocampus in producing declarative memories and the memory system, and also revisited the role of procedural memory on the second language acquisition theories. In this volume, ambiguity of memory, the LTP (long-term potentiation) in the synapses, and the Hebb's rule, memory and emotion, memory and age factor, and the accumulative effect of memory are examined.

Key Words: ambiguity of memory, long-term potentiation, the Hebb's rule, emotion, age factors

* An associate professor in the Faculty of Engineering, and a member of the Institute of Human Sciences at Toyo University