

(実践報告・調査報告)

記憶に焦点を当てた英語授業
—処理水準モデル、かかわり度假説及び脳科学の知見にもとづいて—

平野 亜也子

高等教育フォーラム 第4号抜刷 平成26年3月

記憶に焦点を当てた英語授業

—処理水準モデル、かかわり度假説及び脳科学の知見にもとづいて—

平野 亜也子¹

現実場面で応用可能な知識を身につけるためには、学習内容を記憶することが不可欠であり、脳科学研究における記憶システムの知見を言語教育に生かすことは、非常に重要だと予想される。そこで、授業の中でより効率よく学生に学習内容を記憶させる方策を探ることを最終目的とし、本稿ではその第一歩として、第二言語習得に関連する記憶研究、処理水準モデル、かかわり度假説、及び脳科学研究でこれまでに解明された知見を検討した。その結果、長期記憶は、エピソード記憶・意味記憶・プライミング記憶及び手続記憶の4つに分類され、その中のエピソード記憶は、長期間にわたって記憶にとどまり、自分の意志で想起可能であることがわかった。また、記憶と密接な関係にある、海馬、側頭葉、及び扁桃体と呼ばれる脳の部位の複雑な記憶メカニズムを明確にすることで、学習内容を記憶させるための授業内タスクのヒントを得ることができた。それらは、記憶を強固にするために情動を生じさせるように導入すること、例文は学生が関連付けしやすいものにする、認知的に処理が深いと考えられるタスクを取り入れること、目標単語とタスクのかかわり度を考慮に入れる工夫をすることであった。

キーワード：長期記憶、処理水準モデル、かかわり度假説、脳科学

1. はじめに

グローバル化がますます加速する中、日本人の英語力の現状に目を向けてみると、留学に必要とされるTOEFL IBT[®]テストの2010年度のスコアでは、日本はアジアの中で、27位であった。ちなみに、韓国が15位、中国が16位、26位はベトナムである。国際社会で、語学の習熟度が低いために日本人が不利な立場にならないようにと、文部科学省は、『英語が使える日本人』の育成のための戦略構想を取りまとめ、様々なアクションプランを実行している。このような背景から、高等教育の現場では実践的に『使える英語』を学生に学ばせる必要性に迫られている。京都産業大学でも、学生に実践的な英語力をつけさせることを目標として、2013年度から新カリキュラムをスタートさせた。

ここで、文部科学省が掲げるところの『使える英語』を、「学びが生じて長期記憶に定着し、必要に応じて素早く検索並びに応用できる状態になった英語知識」と定義したい。これは、山鳥(2002)が定義する記憶、すなわち「新しい経験が保存され、その経験が意識や行為の中に再生さ

れること」を、「英語知識」に置き換えたものと同義だと考えることができる。山鳥によると、記憶とは、新しい情報の取り込み(経験の成立)、取り込んだ情報の保存、保存された情報の再生、という3段階のプロセスを含む認知機能である。本稿では、山鳥の記憶に関する定義を「英語知識」に適用する。そして、第2段階の「取り込んだ英語知識(情報)の保存」を、より効果的に行うための方法とその可能性について、考察する。

これまでの英語教育では、知識を長期記憶に定着させるための方策として、繰り返し学習や反復練習や英語の積極的使用の必要性が強調されてきた。繰り返し学習の効果は、これまで多くの研究で実証されているが、学校現場での英語学習時間は限られているため、繰り返し学習をするためには、授業でカバーする単元を減らす必要性に迫られる場合もある。また、日本人英語学習者は、英語を第二言語ではなく外国語として学ぶ環境にいる。そのため、積極的に使用する場も少ない。したがって、語彙や文法を学習する場合に、繰り返し学習以外にも学習効率を上げる工夫ができれば理想的だと思われる。

¹京都産業大学 全学共通教育センター

こうしたことから、「処理水準モデル(Levels of processing)」の理論を応用できるのではないかと、考えた。記憶に残るかどうかは、情報処理の量ではなく、処理の深さである、とするこのモデルはCRAIK and LOCKHART (1972)が主張したもので、情報を処理する水準の深さの違いによって、記憶の深さが変わる、としている。つまり、このモデルに従えば、深い処理を意識した教室内タスクを実践することで、学習内容を効率よく記憶させることができる。

また、語彙学習を目的としたタスクの学習効果を測定する「かかわり度仮説(Involvement Load Hypothesis)」による指数が提案されている。LAUFER and HULSTIJN (2001)によって提唱されたこの仮説は、語彙学習タスクには必要度、探索度、評価、という3つの要素が必要で、その指数によって学習効果が異なる、というものである。この指数を意識しながらタスクを考案することで、より効果的な語彙学習を実践できる可能性が期待できる。

加えて、脳科学分野で解明されている記憶のメカニズムを理解することは、言語教育に貢献できると考えた。言語と脳は密接に関連しているため、科学的に明らかになっている記憶研究の知見は、語学学習に応用できるだろう。そして、記憶に焦点を当てた学習方法を提案することで、『英語が使える日本人』育成に貢献できると思われる。

そこで、本稿では、記憶に焦点を当てた効率的な授業実践研究の第一歩として、記憶研究の概要と処理水準モデルの可能性と問題点、かかわり度仮説の概要とその指数について、及び脳科学研究で解明された記憶メカニズムを概観する。そして、今後さらに研究すべき点を明らかにしたうえで、概観した内容を踏まえて、効率的だと考えられる授業実践案を呈示する。

2. 記憶システム

2.1. 記憶研究

記憶研究の先駆けは、EBBINGHAUS (1885)だと言っても過言ではないだろう。EBBINGHAUS (1885)は、特定の音節系列を暗唱した後、それをそのまま放置しておけば、時間の影響だけで、忘却の過程はどのような経過をたどるのかを調べた。EBBINGHAUS (1885)の研究では、課題は2つの子音の間に母音を置いた3文字からなる無意味語を完全に暗記することであった。忘失量の決定については、暗記(第1学習)した後、一定の時間において再学習を行い、第1学習と再学習に要した時間を比較した。学習は、間違いのない暗唱が二回できるまで続け

られ、再学習の場合も同じ基準とした。

よく知られている忘却曲線を導き出した実験では、全部で163回の二重テストを行い、それぞれの二重テストは13音節8系列の学習からなっていた。13音節8系列というのは、例えばsas rek kel…などの3文字で成り立つ無意味語を13個連ねたものを8種類、ということになる。第1学習と再学習との時間間隔は、それぞれ1/3時間、1時間、9時間、1日、2日、6日、31日の7種であった。表1は、時間間隔19分、テスト回数12回、第1学習及び再学習の時刻午前10時~11時の実験結果である。表2は、時間間隔63分、テスト回数16回、第1学習の時刻午前10時~11時、再学習の時刻午前11時~12時の実験結果である。それぞれの記号の説明は以下のとおりである。

L = 第一学習の所要時間。暗唱に要した時間を含む。

WL = 再学習の所要時間。暗唱に要した時間を含む。

WLK = 学習時間帯による精神力の衰えの違い等を考慮する必要があるため、その修正が必要な場合にその分を取り去った再学習の時間を示す。

△ = 場合によって、L-WL又は、L-WLKの値を示す。すなわち、再学習の際の節約量(一度記憶した内容を再び完全に記憶し直すまでに必要な時間、または回数をどれくらい節約できたかの量)を表す。

Q = 節約量と、第一学習の所要時間との比率を、%で示したものの。この指数の計算には、実際の学習時間だけを考慮しているため、2回の暗唱に要した時間は、差し引かれている。

P.E.m = 平均値の確率誤差(probability error of the mean)。一連の観察結果の平均値を求めてその特徴を知れば、その平均値と推測される真の平均値との差は、真の平均値の確率誤差の量を越えることはない、ということが100%の確率で期待されるもの。

(日本語訳:宇津木、1978参照)

節約量(Q)を求める場合、例えば13音節8系列の材料を2回暗唱するのに85秒かかったとすると、一音節につき0.41秒を要したことになるため、次の通りとなる。

$$Q = \frac{100 \triangle}{L - 85}$$

表3は、表1と表2を含む1/3時間、1時間、9時間、1日、2日、6日、31日の7種の時間間隔の実験結果をまとめたものである。ここに示された数値的結果から、EBBINGHAUS (1885)は1/3時間、1時間、9時間、1日、2日、6日、31日の7種の時間間隔を含む数値が、以下の数式

表1. 時間間隔19分、テスト回数12回、第1学習及び再学習の時刻:午前10時~11時 (EBBINGHAUS, 1885:日本語訳 宇津木、1978)

L(秒)	WL(秒)	△	Q
1156	467	689	64.3
1089	528	561	55.9
1022	492	530	56.6
1146	483	663	62.5
1115	490	625	60.7
1066	447	619	63.1
985	453	532	59.1
1066	517	549	56.0
1364	540	824	64.4
975	577	398	44.7
1039	528	511	53.6
952	452	500	57.7
mean = 1081	498	583	58.2 P.E.m=1

表2. 時間間隔63分、テスト回数16回、第1学習の時刻:午前10時~11時、再学習の時刻:午前11時~12時 (EBBINGHAUS, 1885:日本語訳 宇津木、1978)

L(秒)	WL(秒)	WLK(秒)	△	Q
1095	625	594	501	49.6
1195	821	780	415	37.4
1133	669	636	497	47.4
1153	687	653	500	46.8
1134	626	595	539	51.4
1075	620	589	486	49.1
1138	704	669	469	44.5
1078	565	537	541	54.5
1205	770	731	474	42.3
1104	723	687	417	40.9
886	644	612	274	34.2
958	591	562	396	45.4
1046	739	702	344	35.8
1122	790	750	372	35.9
1100	609	579	521	51.3
1269	709	674	595	50.0
mean = 1106	681	647	459	44.2 P.E.m=1

によって近似的に示せることを、導き出した。

$$b = \frac{100 k}{(\log t)^c \times k}$$

ただしは第1学習が終わる1分前から数えた時間(分)で、bは再学習にあらわれた節約量であり、第1学習で覚えられた分量に相当する。cとkは常数を表す。

常用対数を用いて近似値を求めると以下のとおりである。

$$k=1.84$$

$$c=1.25$$

上記の式に従って計算した結果を表4に示す。

表4が示すように、観察された節約量と計算式による節約量は誤差があるものの非常に似通っているため、学習と忘却には何らかの法則があることが示唆される、とEBBINGHAUS (1885)は結論付けている。図1は表4を基にグラフに表したものである。横軸が第1学習からの経過時間t(分)を、縦軸が観察された記憶の節約量(保持量)(%)を示す。第1学習から20分経過すると約40%が、1か月後には約80%の学習内容が忘却されることがわかる。

その後EBBINGHAUS (1885)はさらに詳細な実験を行った。その実験では、20個の無意味語を覚えさせるテストを行った被験者に、その後何日か空けて、再度同じ無意味語を暗記させ、テストを実施した。その結果、1回目よりも2回目の方が、さらに3回目の方が、忘却率が低下することを明らかにした。以来、記憶は繰り返しによって強化される、という事実は、今日ではよく知られている(山鳥、2002)。

2.2.情報処理と記憶

人間の情報処理過程と記憶との関係についてのモデルが、これまでに提唱されている。記憶の情報処理過程は、符号化、貯蔵、検索、の三段階で成り立っている、というのが基本的な前提である。どのような符号化が実行されるのかは、刺激の種類や方略などで決定される。例えば、視覚的符号化、音韻的符号化及び意味的符号化がある。貯蔵がいわゆる“記憶”であり、記憶の保持時間の長短によって、感覚記憶、短期記憶(ワーキングメモリ)、長期記憶に分けられる。仲(1987)によると、長期記憶と短期記憶に介在するものとして、中期記憶を考える研究者もいるが、本稿では、言及しないこととする。

表3. 再学習までの時間間隔、第1学習と比較した再学習の節約量、第1学習に対する忘却量
(EBBINGHAUS, 1885: 日本語訳 宇津木, 1978)

テストの 順序番号	I 再学習までの時間間隔 X (時間)	II 第1学習のQ%が再学習で 節約された	III P.E.m	IV 忘却量は第1学習のV% に等しい
	X=	Q=		V=
1	0.33	58.2	1	41.8
2	1.0	44.2	1	55.8
3	8.8	35.8	1	64.2
4	24.0	33.7	1.2	66.3
5	48.0	27.8	1.4	72.2
6	6x24	25.4	1.3	74.6
7	31x24	21.1	0.8	78.9

表4. 第1学習からの経過時間(分)、観察された
節約量(%)及び計算式による節約量(%)
(EBBINGHAUS, 1885: 日本語訳 宇津木, 1978)

t (分)	観察された b (%)	計算された b (%)	△
20	58.2	57.0	+1.2
64	44.2	46.7	-2.5
526	35.8	34.5	+1.3
1440	33.7	30.4	+3.3
2x1440	27.8	28.1	-0.3
6x1440	25.4	24.9	+0.5
31x1440	21.1	21.2	-0.1

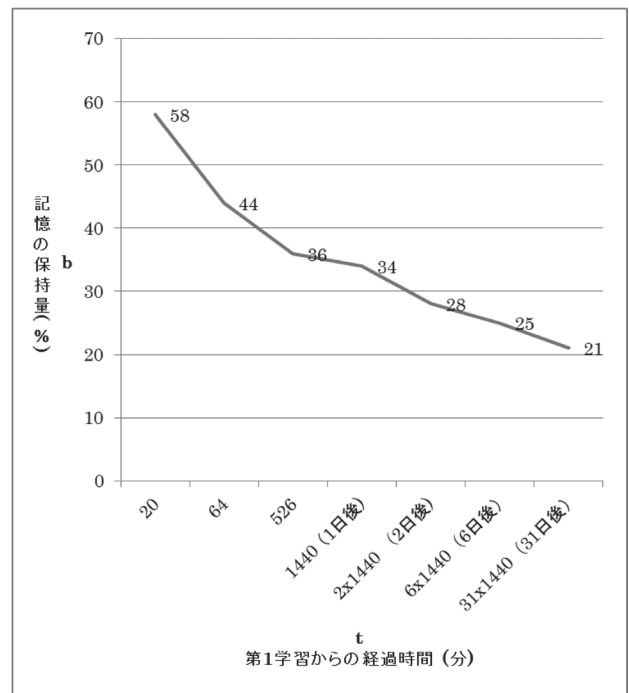


図1. 忘却曲線
(EBBINGHAUS, 1885: 宇津木, 1978)にもとづく)

ATKINSON and SHIFFRIN (1968)は、記憶に関して二重貯蔵庫モデルという概念を示した(図2)。

ATKINSON and SHIFFRIN (1968)によると、このモデルでは、入力された情報(ENVIRONMENTAL INPUT)は感覚登録機(SENSORY RESISTERS)に入り、感覚記憶に短時間保持される。その中から選択された情報だけがさらに処理を受けて、短期記憶として短期貯蔵庫(STS/short-term storage)すなわちTEMPORARY WORKING MEMORYに蓄えられる。短期貯蔵庫は記憶容量に限界があり、リハーサルなどによって忘却されなかったいくつかの情報、長期貯蔵庫(LTS/long-term storage)すなわちPERMANENT MEMORY STOREに移送され、長期記憶として半永久的に保存される(日本語訳: 門田, 2003参照)。

2.3. 長期記憶

長期貯蔵庫に保存される長期記憶は、複数のタイプに分類される。スクワイヤの記憶分類(SQUIRE, 1987)と

呼ばれるものが、これまでのところ最も一般的な記憶分類とされており、それによると、長期記憶はエピソード記憶、意味記憶、手続記憶、プライミング記憶、に分類される。

エピソード記憶とは、例えば、初めて付き合った異性からプレゼントをもらった時のことなど、過去の自分の経験や出来事に関連した記憶である。意味記憶とは、例えば“英語文法では冠詞(a, the)の後ろには名詞(book, pen)が続く”、といった「知識」の長期記憶である。エピソード記憶はTURVING (1972)によって、意味記憶はQUILLIAN (1966)によって、それぞれ分類された。

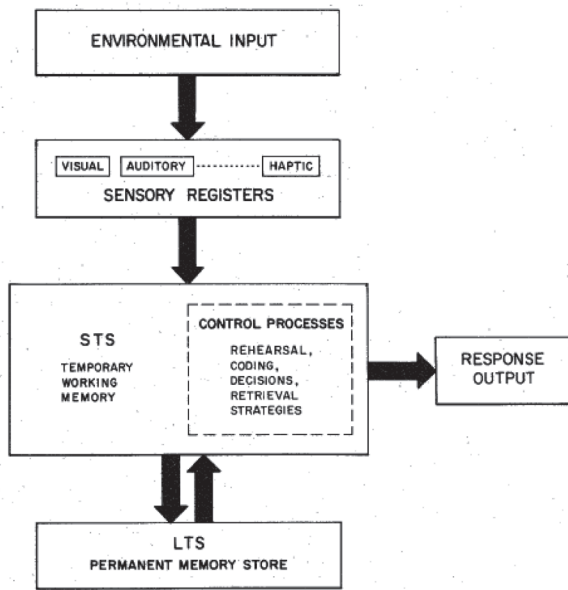


図2. 二重貯蔵庫モデル (ATKINSON & SHIFFRIN, 1971)

さらに、COHEN and SQUIRE (1980)は、手続記憶とプライミング記憶を発見した。手続記憶とは体で記憶している記憶で、例えば、靴の紐を結ぶときに“まず右の紐を左の紐に載せて”と手順を考える人はあまりいないだろう。このように、我々が意識せずに体得している記憶のことを、手続記憶と呼ぶ。プライミング記憶とは、例えば、

I bought a dictionary a month ago. The dictionary was very useful, so I told Tom to buy it. Today I happened to know that Tom bought the same dictionary I have.

という文章の中で、最後のdictionaryのスペルが違っていることに気付かずに読んでしまう場合がある。これは、その前のdictionaryを処理しているため、その処理した記憶がもととなり、その後の情報処理に影響を及ぼしたもので、この無意識の記憶のことを、プライミング記憶と呼ぶ。

表5. 長期記憶の分類 (TULVING, 1984より)

陳述記憶	エピソード記憶
	意味記憶
非陳述記憶	プライミング記憶
	手続記憶

エピソード記憶と意味記憶は“What is”で説明できるため、陳述記憶と呼ばれるのに対し、手続記憶は“How to”の記憶であるため、非陳述記憶と呼ばれる。表5は、TULVING (1984)の記憶システム相関に基づいてまとめたものである。池谷(2001)によると、エピソード記憶はきっかけの有無にかかわらず自分の意志で思い出すことができるため、長期間持続する記憶である。

2.4. 処理水準モデル

記憶された情報の貯蔵という構造的側面ではなく、情報の処理のされ方を重視して、CRAIK and LOCKHART (1972)が「処理水準モデル (Levels of Processing)」を提唱した。彼らのモデルによると、人の情報処理は、何段階かの処理過程を経る。そして、外部情報のコード入力(符号化)が違えば、保持時間が変わる。また、認識、注意、リハーサルも違いを生む。例えば単語を呈示する場合、視覚的な文字呈示か、音韻呈示か、意味呈示か、又は線画や写真などのイメージ呈示か、で符号化が変わるのである。

CRAIK and WATKINS (1973)は、単語のリスト呈示の実験結果から、記憶の痕跡が残る強さは、リハーサルの量ではなくリハーサルの質によって決定される、と仮定している。また、CRAIK and TULVING (1975)は、単語の処理方法の違いが記憶の保持の成績の高さにどう影響を与えるか、について調べた。その結果、形態的処理よりは、音声的処理の方が、音声的処理よりは意味的処理の方が、単語の記憶の保持が高くなる、としている。しかしながら、LAUFER and HULSTIJN (2001)、門田(2003)および吉井(2004)も指摘するように、処理水準の基本的な枠組みの定義があいまいで、それぞれの水準が明確になっていない点が問題としてあげられている。

2.5. かかわり度仮説

そこで、LAUFER and HULSTIJN (2001)は、かかわり度仮説 (Involvement Load Hypothesis) を提唱した。語彙学習のタスクにおいて、目標単語の記憶保持を高めるタスクを明確に測定する要素として、必要度 (need) ・探索度 (search) ・評価 (evaluation) の3つの観点を提案するもので、それぞれの指数 (index) は、moderate (中: <+>) と strong (強: <++>) の2種類、かかわり度が存在しない場合は <-> となる。かかわり度仮説によれば、語彙の記憶保持を高めるタスクには、必要度 (need) ・探索度 (search) ・評価 (evaluation) の3つの要素が必要で、いくつかのタスクの要素が同じであれば、かかわり度の合計指数 (index) が高いタスクで学習した語彙の方が、記憶保

持が優れている。

必要度(need)とは、動機づけに関連するもので、タスクの達成のためにその未知語を知る必要性があるかどうか、で決定される。必要がなければ指数(index)は〈-〉となる。また、その必要性が外部からの働きかけか自分が考える必要性かで、それぞれmoderate (中:+)、strong (強:++)となる。例えばリーディングタスクの後に内容読解テストに解答する場合、テキストの中の未知語の意味を知る必要性がある。これは教師などによる外部からの働きかけであるため、moderate (中:+)となる。一方、自分でテキストを読んでいて、内容理解のために未知語の意味を知る必要がある場合、自分が考える必要性であるため、strong (強:++)となる。

探索度(search)とは、情報処理に限定した認知的活動で、辞書を調べたり教師に尋ねたりすることで第二言語(second language:L2)の未知語の意味を探したり、学習者が表現したい概念を表すL2の未知語を探すことを指す。例えばL2によるリーディングタスクで未知語の注釈があれば、調べる必要がないため、探索度指数(index)は〈-〉となる。

評価(evaluation)も情報処理に限定した認知的活動で、適切な語彙を選択することを指す。例えば、L2によるリーディングタスクで未知語の意味を辞書で調べた時に、いくつかの意味が列挙されている場合、文脈などから最適な意味を選ぶ必要がある。またL2によるライティングタスクで、自分の概念を表現するための適切な単語を決定する時には、複数の単語を比較して選ぶ必要がある。これらを実評価(evaluation)としている。指数(index)に関しては、例えば目標単語がリーディングテキストで空所になっており、空所補充用にいくつかの単語が注釈を添えてリストに列挙してあれば、moderate (中:+)となる。

表6は、LAUFER and HULSTIJN (2001)によるタ

スクの種類、目標単語の取り扱い、及びかかわり度の各要素の指数(index)を示している。かかわり度が存在しない場合の指数(index)は〈-〉で、存在する場合は、moderateが〈+〉 strongが〈++〉となっている。タスク1は、リーディングの後に読解問題に解答するタスクであるが、読解問題タスクとは関連のない語に下線を引いて注釈がついているため必要度、探索度、評価が共に〈-〉となる。タスク2の場合は、同じくリーディングの後に読解問題に解答するタスクであるが、読解問題タスクと関連のある語に下線を引いて注釈がついているため、必要度が〈+〉、探索度と評価は共に〈-〉となる。タスク3は、上記と同じタスクであるが、読解問題タスクと関連のある語に下線を引いてあり、それには注釈がついていないため自分で調べる必要がある。従って、必要度と探索度が〈+〉、評価は単語や文脈によって意味が1つしかない場合は〈-〉、いくつかの中から選択する場合は〈+〉となる。タスク4は目標単語が空所となっているリーディングテキストを読む際に、注釈つき単語の選択肢リストが与えられ、そのリストから選択した単語で空所補充をし、その後内容読解問題に解答するタスクである。空所補充問題があるために、必要度が〈+〉、注釈つき単語リストが付いているため探索度は〈-〉、文脈が与えられたテキストに対して単語リストから適切な語彙を選択するため、評価は〈+〉となる。

タスク5、6、7はライティングタスクである。タスク5は、教師が導入した新出単語を用いて学習者オリジナルのセンテンスを作るため、必要度が〈+〉、語彙を調べる必要がないため探索度は〈-〉、学習者自らが作った文脈で適切なcollocation (共起性)に配慮する必要があるため、評価は〈++〉となっている。タスク6は、タスク5よりも分量の多い作文を想定しており、作文内容の概念を教師は第一言語(first language:L1)で導入するがL2では導入

表6. タスクの種類と「かかわり度」(LAUFER and HULSTIJN, 2001より)

タスク	目標単語の取り扱い	必要度	探索度	評価
1. リーディングと読解問題	読解問題タスクとは関連のない語、注釈あり	-	-	-
2. リーディングと読解問題	読解問題タスクと関連のある語、注釈あり	+	-	-
3. リーディングと読解問題	読解問題タスクと関連のある語、注釈なし	+	+	-/+
4. 穴あきリーディングテキストで空所補充をした後、内容読解問題	リーディングテキストで空所となっている注釈つき単語の選択肢リストあり	+	-	+
5. 目標単語で複数センテンスを作文	導入済み新出単語	+	-	++
6. 作文	概念は教師の指示(L1)、L2は学習者が探索	+	+	++
7. 作文	概念は学習者が選択、L2も学習者が探索	++	+	++

しない。そのため、必要度は〈+〉、L2の語彙を調べる必要があるため探索度も〈+〉、学習者自らが作成した文脈で collocation (共起性)に配慮する必要があるため評価は〈++〉であるとしている。最後にタスク7であるが、LAUFER and HULSTIJN (2001)によると、最もかわり度の合計指数(index)が高くなるものである。学習者自らが表現したい概念を作文するため、必要度が〈++〉、L2の語彙を調べる必要があるため探索度は〈+〉、学習者自らが作成した文脈で collocation (共起性)に配慮する必要があるため、評価は〈++〉であるとしている。

研究者の中には「かわり度」の構成概念となっている指標の妥当性を問題点として指摘するものもあり、吉井(2004)は、必要度(need)・探索度(search)・評価(evaluation)に加えて、「確認」(feedback)という指標の必要性を主張している。しかしながら、これまでの研究では、かわり度指数の高いタスクで学習した語彙ほど、記憶保持の割合が優れていることは、検証されている(NEWTON, 1995; JOE, 1995)。今後、新たな指標を加えることも視野に入れながら実証研究を進めていけば、学習した単語の記憶保持に効果的なタスクを測定する、有益なインデックスになることが期待される。また、指数を基に文法学習の効果を測る実践研究を実施することで、さらに英語教育への貢献ができると考える。

3. 脳科学からみた記憶

3.1. 海馬

大脳両半球の側頭葉それぞれの内部に一对存在する「海馬」という脳部位は、記憶にとって非常に重要であることが、これまでの研究で明らかになっている(図3)。

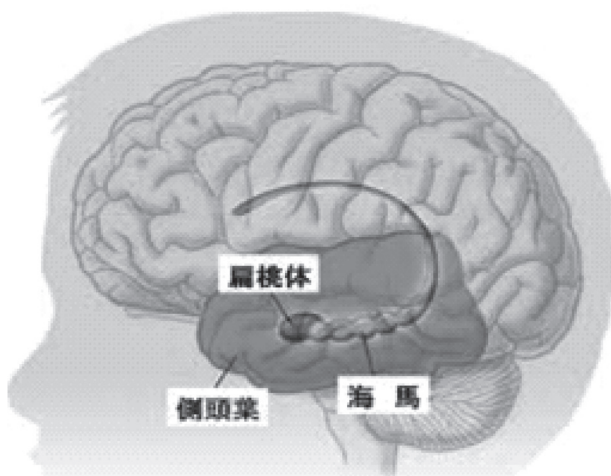


図3. 側頭葉・海馬・扁桃体
(日経ビジネスオンラインAssocie, 2006)

最初に解明したのはSCOVILLE and MILNER (1957)で、彼らは、HMというてんかん患者のケースを詳細に調べた。HMがてんかんの病巣であった海馬を取り除く手術を受けたところ、てんかん症状は改善され、人格も知覚も完全に正常であったにも関わらず、新しいことを記憶できない重度の記憶障害が起こった。それ以前の出来事では憶えていることも多かったため、彼らの研究から、海馬が新しい記憶の獲得に重要な働きを担うことが分かったのである。

池谷(2001)によると、外部からの情報は脳皮質の側頭葉を経て、海馬へと入力される。海馬のCA3と呼ばれる部位は記憶のコード化の役割をし、CA1と呼ばれる部位は内嗅皮質からの入力とCA3からの入力を比較することにより、記憶を照らし合わせる過程への関与が示唆されている(西村, 2012)。また、海馬で獲得された記憶情報は、時間とともに海馬から皮質に転送され、安定した長期記憶になるとされる(富永(吉野)・小倉, 2013)。重要な点は、海馬が記憶の仕分けをして長期記憶に送る情報を分類していることである。つまり、側頭葉が長期記憶の貯蔵庫であるが、海馬に選ばれた記憶だけが側頭葉へ転送されるのである(池谷, 2001)。

3.2. 記憶する時の脳内メカニズム

人間の体の神経細胞は他の細胞と異なり、神経突起(神経線維)を伸ばす性質を持っている。神経細胞は別の神経細胞を見つけると突起を伸ばして、神経繊維どうしで結びつく。池谷(2001)によると、記憶はこれらの神経細胞が脳内でどのようにネットワークを作っているかで決定される。変化の起きたネットワークはその状態が持続し、これを「脳の可塑性」と呼ぶ。「可塑性」とは、神経の性質が変化することである。つまり、覚えている状態と覚えていない状態では、神経回路のパターンが異なるということである。

また、神経細胞の内外ではナトリウムイオンなどの電荷のバランスによる電位差が生じており、その変化によって活動電位と呼ばれる電位変動が神経線維上を伝搬する。神経回路は、糸のような連続体ではなく、神経繊維と神経繊維の間は途切れているため、繊維を伝わってきた活動電位は、その隙間を神経伝達物質が移動することで次の神経細胞に受け渡される必要がある。このつながりをシナプスと呼ぶ。(図4 参照)

この活動電位は神経線維に沿って伝導するが、常に活動電位がシナプスを介して次の神経細胞に受け渡されるわけではない。図4で示すように、前細胞と後細胞との間

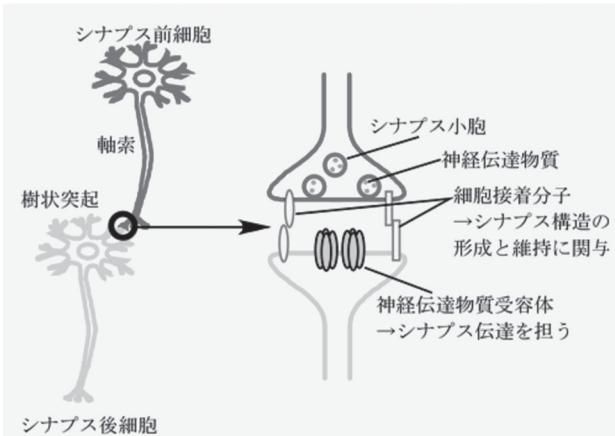


図4. シナプス
(京都大学ホームページより引用、2009)

で電位が受け渡されるためには、細胞間の隙間を神経伝達物質が移動する効率(伝達効率)が高くなる必要がある。シナプスの伝達効率に変化する現象を「シナプス可塑性」と呼ぶ。また、脳波には α (アルファ)波、 β (ベータ)波、 δ (デルタ)波、 θ (シータ)波などの、複数の周波数律動成分が存在する。4-7Hz前後の周期を有する脳波の律動を θ 波と呼び、海馬においては特定の状況下でこの θ 波が出現しているときに「シナプス可塑性」が起こりやすいことが明らかになっている。

3.3.シナプス可塑性とヘブの法則

半世紀以上も前に、先ほど言及した「シナプス可塑性」について、ヘブが「協力性」「入力特異性」「連合性」というシナプスの性質を主張した(HEBB, 1949)。これは、「ヘブの法則」と呼ばれる。それによると、シナプスには記憶するために必要な最小の刺激量である“閾値”が設定されており、その閾値を超えた強い信号を感知すれば、シナプス可塑性が起こる。そのうちの「協力性」とは、“記憶すべきものだ”、という強い信号が来たときのみシナプス可塑性が生じる、というものである。図5では、Aがシナプス後細胞を、Bがシナプス前細胞を表しており、▲の数で信号の強さを示している。つまり、▲<▲▲<▲▲▲と、三角の数が多いほど信号が強く、▲と▲▲の信号の強さでは、閾値に達していないことを表す。また、波線はシナプス可塑性が生じたことを示している。すなわち、[1]と[2]の閾値に達しない信号では可塑性が起こらないが、[3]の例では、シナプス後細胞から強い信号が送られたため、シナプス可塑性が起きている。人間の記憶に当てはめると、強い注意を向けたものを選んで記憶するメカニズ

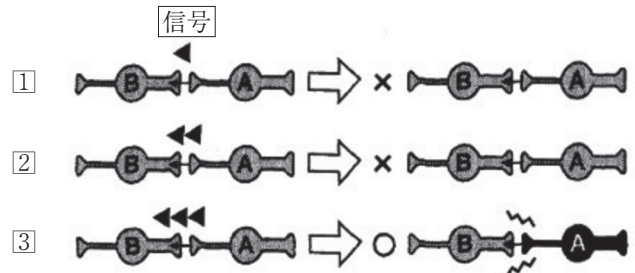


図5. 協力性(池谷、2001より)

ムだとされている(池谷、2001)。

図6の示す「入力特異性」とは、強い信号が入ってきたところには可塑性が起こるが(A)、そうでないところには(B)可塑性は起こらない性質である。(池谷、2001)。

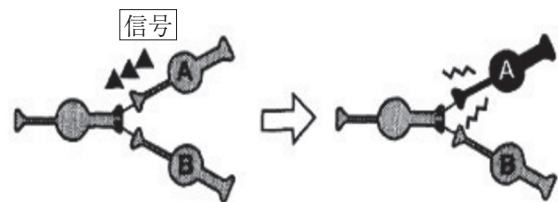


図6. 入力特異性(池谷、2001より)

「連合性」と呼ばれる性質は、関連付けによって活動電位の閾値が下がりシナプス可塑性が起こるものである。図7では、Aからの信号は閾値に達していないが、Bからの強い信号があるため、それと関連づけたAの閾値が下がった結果、Aでもシナプス可塑性が起こる、という現象が示されている。

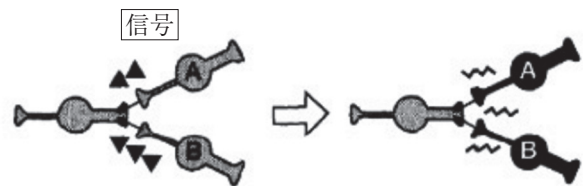


図7. 連合性(池谷、2001より)

3.4.LTP

上記のヘブの法則は、BLISS and LEMO (1973)によって裏付けられた。彼らはウサギの海馬で「シナプス可塑性」を発見し、“海馬歯状回のシナプスを高い周波数で刺激すると、シナプス伝達の効率は上昇し、この現象は刺激の後、長時間持続した”と、研究結果を報告した。シナプス

結合の増強が長期間持続する現象を長期増強(LTP: Long-term potentiation)とよぶ。彼らの研究の後、人を含む様々な動物の海馬でLTPが確認された。

LTPとはシナプスの伝達効率が上昇する現象、つまり脳内で情報伝達のパターンが記憶される現象である。活発でなかったシナプスが、強い刺激を受けたために活発になり伝達効率が上がり、その状態が持続する現象である。したがって、現在のところLTPが記憶や学習のメカニズムであるとされている(池谷, 2001)。より詳細な内容については、専門書を参照されたい。

3.5.扁桃体と情動

人間の扁桃体は、図3に示すように側頭葉内側部にある脳部位で、情動による記憶の固定化に重要であることが明らかになっている(マッガウ, 2006)。森(2011)も、情動によって記憶が増強する過程には、扁桃体が深く関与していると示唆している。扁桃体の神経細胞が活発になると人が情動を生じ、扁桃体が活動すると海馬のLTPの強さが増強する。つまり、情動を生じさせて扁桃体を刺激すれば、記憶の固定化につながると考えられる(池谷, 2001)。

広辞苑によると情動とは、“怒り・恐れ・喜び・悲しみなどのように、比較的急速に引き起こされた一時的で急激な感情の動き。身体的・生理的変化を伴う。情緒”とある。授業中に情動を生じさせるためには、丸暗記や無意味な復唱ではなかなか難しいことがわかる。逆に、可笑しさや喜びや驚きを感じさせるような導入をすることは、記憶を固定化させるためにはとても意味があることだと考えられる。

森(2011)は、健常者とアルツハイマー病患者を被験者として、情動の記憶における影響を調べた。ちなみにアルツハイマー病では、扁桃体や海馬が障害を受けることが多い。実験課題は、11枚の連続した写真と、情動を喚起する内容を含む情動性Arousal物語(A物語)と、情動を喚起しない中性Neutral物語(N物語)からなっていた。A物語とN物語で用いる写真は同一であった。それぞれの物語は共に3つの相からなっており、第一相と第三相は同一で、情動的に中性の内容であった。第二相のみ異なっており、A物語は情動的で、N物語は情動的に中性の内容となっていた。物語の理解やすさには、差がなかった。実験手順は、写真を画面上で提示しながら短い文章を聞かせ、物語のあらすじを覚えるように指示し、五分後に写真を見せながら、物語に関する質問に対して自由再生させるものであった。各被験者はA物語とN物語で二週間の

間隔を空けて、一回ずつ検査を受けた。結果は、健常者群とアルツハイマー病患者群では健常者の方が当然成績は良かったが、いずれの群も、第二相のみで情動を喚起するA物語の方が、記憶保持の成績が有意に高かった。以上の結果から、健常者、並びに扁桃体や海馬に度合いの差はあるが障害の影響を受けているアルツハイマー病患者であっても、情動が記憶を強化することは明らかである、と結論付けている。

4. まとめ

以上、記憶研究と脳科学研究で明らかになっている知見、情報処理の深さに焦点を置いた「処理水準モデル(Levels of processing)」とタスクと目標単語のかかわり度の指数を測定する「かかわり度仮説(Involvement Load Hypothesis)」の可能性と問題点を概観した。これらを踏まえて、効果的な授業展開に応用できうる事柄を、確認する。

1. 一度学習した内容は、次の授業で復習する。ミニテストは、出題範囲が数回重なるように予定を組む(2.1忘却曲線)。
2. 新出内容は、何度かリハーサルさせる(2.2、2.3短期記憶から長期記憶へ)。
3. 単語学習が目的であれば、音声処理だけではなく、意味処理もさせる(2.4処理水準モデル)。
4. L2での日記など、作文練習をタスクに入れる(2.5かかわり度仮説)。
5. ターゲットとなる学習内容をピンポイントに絞り、パワーポイントなどを使用して注意を促す。学生の身近な事象に関連づけた例文で単語を導入したり、視覚イメージとして符号化させたりする(3.3ヘブの法則)。
6. 学習者の興味を持つ内容の物語などをテキストに選び、ターゲットとなる語彙や文法が、情動を喚起するセンテンスに入るように工夫する(3.5扁桃体と情動)。

5. 今後の課題

今後は、処理水準モデルの基準を明らかにし、このモデルを適用したタスクを考案して実践研究を進めていきたい。かかわり度仮説に関しては、3つの要素以外に“確認(feedback)”を追加する必要性が挙げられており、実証研究が急がれる。さらに、語彙だけではなく、文法学習に関しても同じ指標が使用できるのかどうかを検証することは、非常に興味深いと考える。

処理水準モデルの観点とかかわり度仮説の指数の両側

面からタスクの効果を測り、比較検証を行うことも検討課題となる。また、認知的に処理が深いと考えられるタスクと、その比較対象として、リハーサルに焦点を当てた繰り返しタスクで、時間を統制した実験を進めることも重要である。即時テスト及び遅延テストを用いて記憶保持効果を調べることで、効果的な授業実践案を呈示できることが期待される。その場合それぞれのタスクのかかわり度指数を出し、所要時間との計算式が提案できれば、今後の教室内タスクを考える上で、非常に有益だと考えられる。

謝辞

本稿の改善に向けて、多くの貴重なご指摘・ご助言をくださいました査読者の先生方に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- ATKINSON, R.C. and SHIFFRIN, R.M. (1968) Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence and J.T. Spence (eds.) *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research Theory* (Vol. 2), pp. 89-195. New York: Academic Press.
- ATKINSON, R.C. and SHIFFRIN, R.M. (1971) The control of short-term memory. *Scientific Americana*, 225, 82-90.
- BLISS and LEMO (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, 331-356.
- COHEN, N. J. and SQUIRE, L. R. (1987) Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210, 207-210.
- CRAIK, F. I. M. and LOCKHART, R. S. (1972) Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- CRAIK, F. I. M. and TULVING, E. (1975) Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology*, 104, 268-294.
- CRAIK, F. I. M. and WATKINS, M. J. (1973) The role of rehearsal in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 599-607.
- EBBINGHAUS, K. (1885) *Über das Gedächtnis*. Leipzig: Dunker. (Translation by H. Ruyter and C. E. Bussenius. 1913. Memory. New York: Teachers College, Columbia University.) 宇津木保(訳) 1978. 『記憶について』誠信書房、東京
- 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、東京
- 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、東京
- HEBB, D. O. (1949) *The organization of Behavior*: Wiley: New York.
- J. L. マツガウ(2006) 『記憶情動の脳科学』. 大石高生、久保田競(訳). 講談社、東京
- JOE, A. (1995) Task-based tasks and incidental vocabulary learning. *Second Language Research*, 11, 149-158.
- 門田修平(2003) 『英語のメンタルレキシコン』. 松柏社、東京
- 京都大学(2009) 「受容体分子によるシナプス形成誘導を発見」
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news6/2008/080303_1.htm (accessed 2013.11.20)
- 岩波書店(1998) 『広辞苑岩; 第5版』. 東京.
- LAUFER, B. and HULSTIJN, J. (2001) Incidental vocabulary acquisition in a second language: The construct of task-induced involvement. *Applied Linguistics*, 22, 1-26.
- 森悦郎(2011) 「情動の制御と高次脳機能: 情動と記憶の相互作用」『心身医学』 51(1): pp. 53-60
- 仲真紀子(1987) 「情報を蓄える: 情報処理としての記憶」田島信元 他(編) 『現代心理学のすすめ』 . pp. 64-73
- NEWTON, J. (1995) Task-based interaction and incidental vocabulary learning: A case study. *Second Language Research*, 11, 159-177.
- 日経ビジネスオンライン Associe (2006) 「脳の仕組みを生かして覚える(その1)」
<http://business.nikkeibp.co.jp/article/skillup/20061201/114720/> (accessed 2013.11.20)
- 西村基志(2012) 「ラット海馬スライスにおいて見られる、シナプス可塑性のリズムバースト位相による変化」『九州工業大学学術機関リポジトリ』 . pp.1-66
- 能瀬聡直(2011) 「神経回路の設計図と動作原理を探る」<http://bio.phys.s.u-tokyo.ac.jp/index.php?id=17> (accessed 2013.11.20)
- QUILLIAN, M. R. (1966) Semantic Memory. <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0641671> (accessed 2013. 11.20)
- SCOVILLE and MILNER (1957) Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychology*, 20, 11-21.
- SQUIRE, L. R. (1987) *Memory and Brain*. Oxford University Press; New York.
- 富永(吉野)恵子、小倉 明彦(2013) 「『記憶固定のin vitro再現』長期

記憶の細胞基盤解明をめざして:繰り返し依存的なシナプス
新生』『日薬理誌(*Folia Pharmacol. Jpn.*)』. 142:pp.122-127

TURVING, E. (1972) Episodic and semantic memory. In E, Tulving & W, Donaldson (eds.), *Organization of memory*. Academic Press. pp. 382-403.

TULVING, E. (1984) Relations among components process of memory. *Behavioral and Brain Science*, 7, 223-238.

山鳥重(2002) 『記憶の神経心理学〈神経心理学コレクション〉』.
医学書院, 東京

吉井誠(2004) 「「かかわり度假説」—語彙学習への新たな展望、その可能性と課題」『熊本県立大学文学部紀要』. 10: pp.91-101

2013年11月29日受理

¹ General Education Center, Kyoto Sangyo University

English Lessons Focusing on Memory
—Levels of Processing, Involvement Load
Hypothesis, and Brain Science Research—

Ayako HIRANO¹

Learning retains what we have learned. Without memorizing learning contents, we can't accumulate knowledge. Therefore, it is worthwhile applying findings from memory research to second language teaching. The purpose of this study is to clarify primary findings in the field of brain science and memory research that can be used for classroom second language acquisition (SLA). Our long-term memory is classified into four types, episodic memory, semantic memory, priming memory and procedural memory. It turned out that the episodic memory is the most ideal for applying to a second language because we can remember the episodic memory voluntarily. In addition, by examining levels of processing model, involvement load hypothesis, and the complex mechanism of hippocampus, temporal cortex and amygdala, I got some hints for effective memory-oriented tasks. These are employing composition tasks, introducing example sentences familiar to students, designing a task which requires language learners to process information deeply. Moreover, by adding a new twist to introducing learning contents, we can make learning contents more memorable because emotion plays a pivotal role for building our memory. Lastly, the necessity of future research is discussed.

KEYWORDS: Long-term memory, Levels of processing, Involvement load hypothesis, Brain science

