

# 作動記憶理論を援用した文聴解研究の展望

福田 倫子

(2003年9月30日受理)

A view of studies on listening comprehension within the theory of working memory

Michiko Fukuda

The present paper discusses four aspects: (1) the relation between the process of language comprehension and working memory, (2) overview of studies on working memory model, (3) application of the working memory to studies of listening comprehension in previous studies, (4) potentiality of application of the working memory model to studies of listening comprehension of second language acquisition.

Key words: working memory, listening comprehension, second language acquisition

キーワード：作動記憶，聴解，第2言語習得

## 1. はじめに

言語理解は、人間の認知活動の中でも高次で複雑な処理を必要とするものの一つである。読む場合でも聴く場合でも、言語を理解する時は、呈示される言語情報を次々に処理していかなければならない。呈示される言語の全体的な意味内容を把握するためには、呈示された語をその瞬間に処理するだけでは十分でなく、意味的に関連した後続情報が出てくるまで、その結果を前情報として覚えておかなければならない。このように、高次の認知活動で処理と保持を並行して行うのが作動記憶 (working memory) である。

本稿では、まず言語理解過程と作動記憶との関連について述べ、次に作動記憶モデル研究の概観を行なう。そして、それらのモデルが聴解研究にどのように応用されてきたかをみる。結びとして、第2言語の (以下、L2 とする) 習得における聴解研究に、今後、作動記憶研究が応用される可能性を検討する。

## 2. 言語理解過程と作動記憶の関係

作動記憶は、「種々の認知課題を遂行するために一時的に必要となる記憶の機能 (function, はたらき)、あるいは、それを実現しているメカニズム (mechanisms, しくみ) やプロセス (processes) を指す」と

定義されている (齊藤, 2000)。

言語理解の過程を認知的側面から考えた場合、単語認知過程→統語解析過程→利用過程 (既有知識との有機的結合による意味内容把握) といった3つの段階が想定されている (Anderson, 1983, 1985; 阿部・桃内・金子・李, 1994)。作動記憶は、これらの過程の部分ではなく、全ての段階に関わるといえる。なぜなら作動記憶は、言語理解の処理と保持の双方を同時に行なう機能を持ち、「単語認知」「統語解析」「利用」のどの過程も、保持のみ、あるいは処理のみでは十分に遂行することができないと考えられるからである。

現在最も広く受け入れられているBaddeley & Logie (1999) のモデルにあるように、作動記憶には3つの構成要素が想定されている。音韻的 (言語的) 情報の一時的な系列的保持を行なう音韻ループ (phonological loop)、視覚的イメージや視空間的情報を一時的に保持する視空間スケッチパッド (visuo-spatial sketchpad)、そしてこれら2つのサブシステムの制御や長期記憶内の表象の活性化を行う中央制御部 (central executive) である。言語的な情報は音韻ループを介して処理されるが、このとき、材料が聴覚呈示される場合と視覚呈示される場合とでは、通過する経路が異なる (荻阪, 2002)。音韻ループはさらに受動的な保持のみに携わる音韻ストア (phonological store) と、衰退していく音韻表象をリハーサルすることで再活性化させる構

音コントロール過程 (articulatory control process) の2つに分けられる。耳から取り入れられた言語情報は、直接音韻ストアに入力される。一方、目から取り入れられた言語情報は構音コントロール過程で音韻コードに変換され、その後、音韻ストアへ入力されると仮定されている。

Van Dijk and Kintsch (1983) によると、言語理解過程に必要なさまざまな処理作業は、文が視覚的に呈示された場合でも、聴覚的に呈示された場合でも共通している。しかし、脳内メカニズムでの処理は共通であっても、モダリティが異なると入力される情報量が異なるので、理解能力も異なることが推測される。内田 (2000) は、このことを示唆する研究を行なった。内田 (2000) は、大学生を対象に、英語の文章聴解において問題の選択肢の情報呈示様式が理解水準に与える影響を調査している。その結果、全く同じ問題では視覚呈示群よりも聴覚呈示群の方が正答率が10.4%低かった。この結果は、同じ文でも、視覚呈示より聴覚呈示の方が理解度が低いことを示している。聴解では視覚的な手がかりがないために、視覚呈示された材料の理解よりも被験者の理解能力の個人差が強く関わると考えられる。また、作動記憶容量にも個人差があることが想定されており、読解よりも聴解において作動記憶容量の大きさの影響が強くなることが考えられる。

次節では作動記憶の概念の発展を追いつつ、それを応用した聴解研究の成果を検討していく。

### 3. 作動記憶研究の流れと聴解研究への応用

作動記憶研究には大きく分けて2つの流れがある。1つは、従来の短期記憶の考え方を発展させ、受動的な保持機能だけでは解決できない認知活動の側面を、複数のコンポーネントを持ったシステムを提唱することで解決しようとしたものである。これは、Baddeley & Hitch (1974) による理論の提唱が主な契機となっている。

もう1つは、作動記憶の処理システムとしての役割を重視し、課題の遂行に必要な情報を活性化させておくための処理資源の概念を積極的に取り入れて、その個人差に着目したものである。これは処理資源の測定方法を開発した Daneman & Carpenter (1980) の研究が主な契機となっている。ここでは、それぞれの研究の流れを概観し、それらが聴解研究においてどのように応用されてきたかをみていく。

#### 3.1. Baddeley & Hitch (1974) に基づいた理論展開

作動記憶の概念は Baddeley & Hitch (1974) が本格的に提唱し、その概念をモデル化したものが Baddeley (1986) で示されている。彼らの考え方は二重貯蔵モデル (dual storage model) の理論的枠組みを受け継ぎ、作動記憶と長期記憶の区分を想定しているところに特徴がある (三宅, 1995)。単一の受動的な保持機能だけを持つと考えられてきた従来の短期記憶の構成概念に代わって、複数の構成概念から構成されるモデルを提示した。

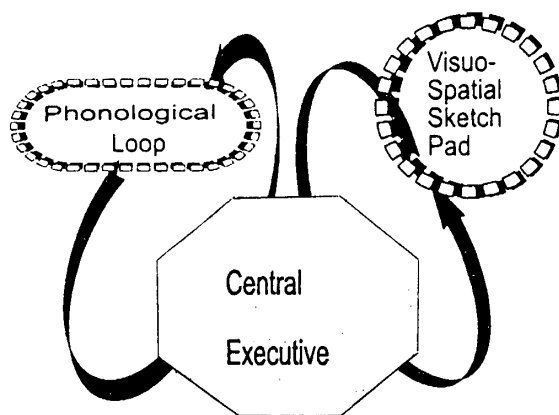


図1. 作動記憶モデル (Baddeley & Logie, 1999)

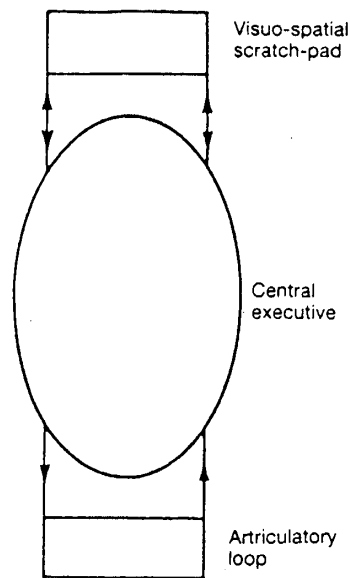


図2. 簡略化した作動記憶モデル (Baddeley, 1986)

その後、作動記憶の構成概念に関する大きな理論的進展が2度あった。2つの従属システムの機能は一時的な保持であるとされており、中央制御部にはそれ以外の全ての機能が帰属されてきた (齊藤, 1999)。そのため、中央制御部の機能については不明確な部分が

多くある。ただし、現在では、単一の機能だけではないというのが一般的な見方である。Baddeley & Logie (1999) は、後述する Daneman & Carpenter (1980) らの流れに一石を投じる見解を示した。Daneman & Carpenter (1980) は、中央制御部は貯蔵機能を持たないとし、処理と保持の機能の間で共通の資源を配分しているというリソース共有仮説 (240ページで詳述) をとっている。しかし、この説に疑問を呈したのである。Baddeley & Logie (1999) は、従属システムである音韻ループと視空間スケッチパッドがそれぞれ2つの下位要素に分けられるとも述べている。どちらも、受動的な保持機能と、保持されずに消えていきそうになる情報を活性化する能動的な保持機能を持つとしている。音韻ループは、前述のように、受動的な保持機能は音韻ストアが、また能動的な保持機能は構音コントロール過程が担当し、他方、視空間スケッチパッドでは、受動的機能を視覚キャッシュ (visual cache) が、能動的機能をインナー・スクライブ (inner scribe) がそれぞれ担当している。

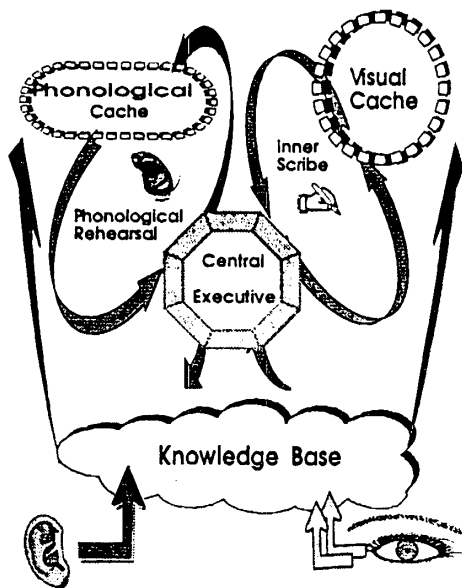


図3. 修正された作動記憶モデル (Logie, 1995)

2度目の大きな進展は新しいサブシステムであるエピソード・バッファ (episodic buffer) の追加である。Baddeley (2000) は、音韻ループの容量を超える記憶を貯蔵したり、従属システムと長期記憶の双方から情報を引き出して保持することが出来たり、また意識的気付きを伴うことが出来たりするような、4番目の構成要素が必要であるとし、エピソード・バッファを提案した。また、新しいモデルには長期記憶を蓄積できる認知システムも追加した。そのシステムには、エピソード長期記憶 (episodic long-term

memory), 視覚的意味 (visual semantics), 言語 (language) が含まれており、それぞれエピソード・バッファ、視空間スケッチパッド、音韻ループと相互に関連している。新システム内においてもエピソード長期記憶は他の長期記憶と相互に関連している。

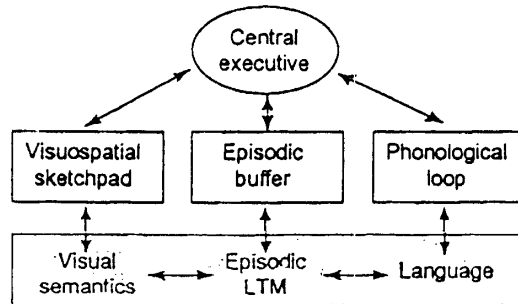


図4. 複数の構成要素を持った作動記憶モデル (Baddeley, 2000)

Baddeley & Hitch (1974) の考え方に基づいた実験は、主として二重課題法 (dual task method) を用い、保持と処理のどちらかに干渉する課題を並行させ、構成要素の機能を検証する方法がとられる。西崎 (1998) は、日本語を母語とする大学生を対象に、日本語の文章の聴き取り課題を用いて作動記憶の個人差が言語理解に及ぼす影響を検討した。文章を聴覚提示した後、文章の内容に関する質問を行なって理解度を測定した。二重課題としては視空間性の課題であるターゲット追撃課題を用いた。その結果、聴き取り課題でも文章理解と作動記憶容量の個人差との間に有意な相関が認められた。この解釈として、視空間的性質を持った課題を与えたために、文章を聴いて理解する際にイメージの使用が妨害を受けた可能性を指摘している。

### 3.2. Daneman & Carpenter (1980) に基づいた理論展開

作動記憶を捉える時に、Daneman & Carpenter (1980) は処理的側面を重視し、短期記憶は長期記憶が一時的に活性化された状態だとして、情報がある目標の遂行までの間だけ保持するには、その情報を活性化しておく必要があると考えている (荻阪, 1998)。これは Craik & Lockhart (1972) の処理水準 (levels of processing) の考え方を受け継ぐものであり、Baddeley らのモデルと対立的というよりは、相補的な関係にあるといえる (三宅, 1995)。彼らのモデルは3CAPSシステム (capacity-constrained, concurrent, activation-based production system) が基本をなしている。このシステムでは、情報の処理と保持がどちらも活性に依存しており (三宅, 1995)、この活性の

ための心的エネルギー容量には限界があることが想定されている。このように処理と保持の両者が同じ資源に頼っているために、容量限界から生じるトレードオフ (trade-off) 現象が起り、言語理解のような認知活動が十分に行なえなくなってしまうのである。トレードオフの状態になると処理と保持のどちらにも十分に資源を配分することができなくなる。処理で資源が不足すれば処理速度の低下などが起り、保持で資源が不足すれば、情報の忘却が起ることになる。したがって、処理資源を処理と保持の両者にいかに適切に配分できるかという効率の良さと、容量の限界とが、認知活動に大きな影響を与える。

読みにおける処理と保持のトレードオフ関係を想定し、作動記憶容量の個人差を測定するために開発されたのがリーディングスパンテスト (reading span test: 以下 RST とする) である (Daneman & Carpenter, 1980)。「認知活動において処理と保持が共通の資源を心的エネルギーとして利用している」という彼らの仮説は、「リソース共有仮説」と呼ばれる。彼らが開発したテストは、作動記憶研究に大きな貢献を果たした。作動記憶容量の高低によって被験者を分類し、言語能力だけでなく、他の認知活動と作動記憶容量との関係をさぐる研究が増え、この分野の研究が飛躍的に発展したのである。

RST では、被験者は次々に視覚呈示される相互に意味的関連のない文を音読すると同時に、文末もしくは下線がひいてある単語を保持するよう求められる。その後、保持した単語を口頭再生する。再生できた単語数が一定の基準に満たなかった時点でテストは終了する。RST では、文を音読すると同時に意味を解釈する処理と、単語の保持とを同時に行なわせている。また、異なったモダリティを用いた作動記憶容量の測定方法として Daneman & Carpenter (1980) は、問題文を聴覚呈示するリスニングスパンテスト (listening span test: 以下 LST とする) も開発している。LST には、テストの材料と手続きに RST との相違点がある。文の内容自体が真偽判断を問える内容になっており、文が聴覚呈示された後、被験者は文の正誤判断を行なうよう求められる。文が聴覚呈示されるので、文を確実に理解するという処理が行なわれているかどうかを確認するためである。RST や LST が実際に何を測定しているのかについては活発な議論が展開されてきたが、いまだ一致した見解には達していない。ただし、保持できた単語数を作動記憶容量の指標としているにもかかわらず、RST や LST の結果は読解や聴解のテスト結果と高い相関を示すことが多くの研究で示されている (ex. Daneman & Carpenter, 1980;

菅阪・菅阪, 1994)。一方、従来の短期記憶スパンの測定方法 (ディジットスパンテスト, ワードスパンテストなど) を用いたテスト結果との相関は必ずしも高いとはいえず (ex. Harrington & Sawyer, 1992; 菅阪・菅阪, 1994), RST は、実際の読み過程に必要なとなる作動記憶の容量をうまく測定していると考えられている (齊藤, 1999)。

第 1 言語 (以下, L1 とする) の聴解と作動記憶容量との関連をみた研究として, Daneman & Carpenter (1980) がある。彼らは英語母語話者に対して英語の聴解力テストと RST, LST を行い, 非常に高い相関を得ている。つまり, 聴解力が十分であると考えられる L1 においてさえ, 聴解力と作動記憶容量には相関がみられるのである。

では L2 でも同様の現象がみられるのだろうか。

L2 の上級学習者を対象とした福田 (2001) は, 日本語を母語とする英語学習者に, 英語の聴解力テスト, 英語の LST を実施し, L2 における聴解力と作動記憶容量との関係を検討した。その結果, Daneman & Carpenter (1980) における L1 ほど高い相関はみられなかった。

L2 の初心者を対象とした研究には, 安藤・福永・倉八・須藤・中野・鹿毛 (1992) がある。彼らは, 小学校 5 年生の児童を対象にした英語教授法の, コミュニカティブなアプローチと文法的なアプローチの効果について調査した。その際, RST, LST を含む適性検査と様々な英語のテストを実施し, 各項目間の相関をみている。その結果, 作動記憶容量と筆記テスト総計との間で高い相関がみられ, また聞き取り和訳テストとの間でも高い相関がみられた。さらに作動記憶容量が英語学習の成果を予測することも示された。作動記憶容量の小さな学習者には, 視覚教材による外部記憶の強化や反復学習による処理の自動化促進など, 小容量を補償する教授法の工夫を提案している。

### 3.3. Ericsson & Kintsch (1995) の研究

聴解への応用はなされていないが, 読みにおける長期記憶の役割を重視した理論的枠組みとして Ericsson & Kintsch (1995) の長期作動記憶 (long-term working memory) が挙げられる。チェスのプレーヤーや経験を積んだ医師の医療診断のようなエキスパートの記憶, あるいは親しみのある内容のテキスト理解の記憶検索には, 容量制限の少ない長期記憶との関わりが考えられ, そこでは効率的な情報検索が可能な検索機構 (retrieval structure) が構築されるとしている。

#### 4. 第2言語習得における聴解研究への作動記憶理論の応用可能性

L1, L2の聴解に関して、これまでに発展してきた作動記憶の概念を活用して被験者の聴解能力をさぐることは、被験者の聴解メカニズムを解明することに役立っている。これまでの研究から、聴解力も作動記憶容量との相関がみられることが明らかになっているからである。

では、L2学習者の聴解研究において、作動記憶研究はどのように応用できるのであろうか。

まず、L1とL2の作動記憶容量の関係について検討した研究をみる。Osaka & Osaka (1992)は日本語母語話者に対して、L1である日本語とL2である英語のRSTを行ない、2言語間で高い相関を得ている。つまりL1で作動記憶容量が高い被験者は、L2でもそれが高い可能性を示した。

この現象は、L2の習得期間が異なる学習者においても同じようにみられるのだろうか。苧阪(2002)は、2つのL2(英語・イタリア語)を学習している大学生を対象にL1, L2のRSTを行ない、作動記憶容量を測定した。1つめのL2である英語は、被験者は全員相当期間の学習経験があり、2つめのL2であるイタリア語は、習得期間が短期のグループ(約1年半)と長期のグループ(約2年半)があった。各RST間の相関をみると、日本語でのRSTとイタリア語でのRSTとの相関は、短期グループでは弱い相関しかみられなかったが( $r=.25$ )、長期グループでは強い相関がみられた( $r=.82, p<.01$ )。つまり、L1とL2の作動記憶容量の相関が高い現象は、学習期間が短い学習者にはみられず、学習期間がある程度長くなってからみられることが明らかにされた。

このことから、作動記憶容量を測度の一つとして取り入れた実験研究は、学習者の学習期間を考慮に入れて解釈するべきであるといえる。実験結果が学習期間に関して汎用性があるものかどうかについても、慎重に見極める必要がある。

#### 5. 教育現場への応用

柳生・高野(2003)は、「外国語副作用」という概念を用いて、外国語使用時の思考能力の低下を検討している。言語を用いた思考と、言語の入出力という類似した処理との間における干渉効果は、母語であっても存在し、思考力の低下を生じる。入出力を行なう言語が外国語であればその現象はさらに増大することが考えられる。そこで彼らは、日本語母語話者に対して

主課題である思考課題と副課題である言語課題(英語、日本語、課題なしの3条件)を与え、思考課題の成績を比較した。その結果、英語条件では、課題なしと日本語のどちらの間にも有意差がみられ、外国語副作用の存在がさらに明確になった。このことから、L2学習者は、学習言語を処理するだけで、母語を処理するよりも多くの処理資源を消費してしまうため、母語を使用している時に比べて、高度なまたは複雑な思考が困難になるといえる。

安藤他(1992)でみられたような、L2学習の初心者において作動記憶容量の高低がテスト成績と高い相関を示す現象は、この外国語副作用に一因があると解釈できる。初心者の場合、中上級者に比べてL2の音韻表象が確立されておらず、処理の自動化もまだ進んでいないため、入力される言語の処理に非常に多くの処理資源が必要とされる。そのため、中上級者よりも、作動記憶容量の高低が言語処理後に残される処理資源の量に大きく影響するのである。そのため、中上級の学習者よりも初心者・初級者に対しては、作動記憶容量の大きさに配慮した教授方法・習得方法が工夫されなければならない。

作動記憶容量の大きさに配慮したレベルごとの学習方法としては、次のようなことが提案できるだろう。

初心者・初級者に対しては、安藤ら(1992)の提案する視覚教材による外部記憶の強化や反復学習による処理の自動化促進に加えて、作動記憶容量に基づいた処理可能な文の長さを考慮するべきである。RSTの結果が2.0であれば、RSTで呈示された長さの文を一度に2つまで理解する能力があると考えられる。このような学習者に対しては、口頭で与える指示や例文などの量が2文の範囲を越えることによる認知的な負荷を軽減するために、呈示文は範囲内におさめるよう留意すべきだといえる。

L1とL2での作動記憶容量の相関が高くなる上級学習者では、学習者が本来備えている認知能力に加えて、外国語副作用も考慮し、成人であっても聴解すべき内容が母語話者並みにいたるには訓練が必要であることを忘れてはならない。

学習者の認知メカニズムを解明することは、より適切な言語教育を行なうために不可欠である。作動記憶の概念に基づいた研究は、このような観点においてもさらなる発展が求められる。

#### 【引用文献】

阿部純一・桃内佳雄・金子康朗・李光五 1994 人間の言語情報処理—言語理解の認知科学—サイエン

- ス社
- Anderson, J. R. 1983 *The architecture of cognition*.  
Harvard University Press.
- Anderson, J. R. 1985 *Cognitive Psychology and its implications*. 2<sup>nd</sup> edn. New York: W. H. Freeman.
- 安藤寿康・福永信義・倉八順子・須藤 毅・中野隆司・鹿毛雅治 1992 英語教授法の比較研究—コミュニケーション・アプローチと文法的・アプローチ— 教育心理学研究, **40**, 247-256.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. 2000 The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive science*, **4**, 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. 1974 Working memory. In G. Bower (Ed.) *The psychology of learning and motivation*, VIII. New York: Academic press. pp.47-90.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. 1999 Working memory: The multiple component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. pp.28-61. New York: Cambridge University Press.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal behavior*, **11**, 671-684.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 450-466.
- Ericsson, K. A. & Kintsch, W. 1995 Long-term working memory. *Psychological Review*, **102**, 211-245.
- 福田倫子 2001 L2の文聴解と作動記憶容量—リスニングスパンテストを指標として— 広島大学教育学研究科修士論文 (未公開)
- Harrington, M., & Sawyer, M. 1992 L2 working Memory Capacity and L2 Reading Skill. *Studies in Second Language Acquisition*, **14**, 25-38.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. 1992 A capacity theory of comprehension; Individual differences in working memory. *Psychological Review*, **99**, 122-149.
- Logie, R. H. 1995 *Visuo-spatial Working Memory*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- 西崎友規子 1998 ワーキングメモリ容量に及ぼす二重課題の効果 基礎心理学研究, **17**, 49-50.
- 苧阪満里子 1998 ワーキングメモリと言語理解の脳内メカニズム 心理学評論, **41**, 174-193.
- 苧阪満里子 2002 脳のメモ帳ワーキングメモリ 新曜社
- Osaka, M. & Osaka, N. 1992 Language-independent working memory as measured by Japanese and English reading span test. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **30**, 287-289.
- 三宅 晶 1995 短期記憶と作動記憶 高野陽太郎 (編) 認知心理学 2 記憶 第4章 pp.71-99. 東京大学出版会
- 齊藤 智 1999 作動記憶と短期記憶 浅井昌弘・鹿島晴雄 (編) 記憶の臨床 臨床精神医学講座 special issue 2 pp.7-20. 中山書店
- 齊藤 智 2000 作動記憶 太田信夫・田鹿秀継 (編著) 記憶研究の最前線 第2章 pp.15-40. 北大路書房
- 内田照久 2000 英語リスニング・テストにおいて音声の時間構造と提示情報の様式が理解水準に与える影響 日本教育心理学会第42回総会発表論文集, 278.
- van Dijk, T. A. & Kintsch, W. 1983 *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- 柳生崇志・高野陽太郎 2003 外国語副作用～外国語使用に伴う思考能力の一時的低下～ 日本心理学会第67回大会発表論文集, 936.

(主任指導教官 水町伊佐男)