

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：31302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26770197

研究課題名(和文)ワーキングメモリ容量が第二言語フィラーギャップ文処理過程に与える影響

研究課題名(英文)The Relation of Working Memory Capacity with Processing of Filler-Gap Sentences

研究代表者

中西 弘(Nakanishi, Hiroshi)

東北学院大学・文学部・准教授

研究者番号：10582918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、(1)語彙アクセスの困難性と学習者の習熟度が各種言語処理効率(意味・統語・語用論)にいかに関与するのか、さらに(2)ワーキングメモリ(Working Memory:WM)容量の個人差がフィラー・ギャップ文処理にいかに関与するのか、フィラー・ギャップ間の距離という観点から調査することである。主な結果は、(1)語彙アクセスにかかる負荷が下がると、各種言語処理が容易になること、習熟度が高い学習者は言語処理の種類に関わらず処理効率が良いこと、さらに、(2)フィラー・ギャップ間の距離が長くなると、特にWM小群において言語処理効率(正解率・処理時間)が下がる傾向が見られた。

研究成果の概要(英文)：The study aimed to investigate (1) whether the degree of cognitive burden on lexical access, which was manipulated by word familiarity of sentence-final words in reading span tests, influences the efficiency of language comprehension (i.e., syntactic, semantic, and pragmatic) and whether the degree of influence between lexical access and language comprehension efficiency is different from the types of sentences and participants' proficiency, and (2) how the length of the distance between filler and gap induce L2 working memory (WM) cost. The main results show that (1) the ease of lexical access could facilitate all types of language comprehension and the high proficiency group performed better than the low proficiency group irrespective of language processing types, and (2) the Japanese EFL learners with low WM capacity show the difficulty in processing the sentences with long-distance dependencies.

研究分野：心理言語学

キーワード：ワーキングメモリ リーディングスパンテスト 統語処理 語彙アクセス フィラーギャップ文

1. 研究開始当初の背景

ワーキングメモリ (working memory: WM) とは、入力された情報を処理しながら、一時的にその処理内容を記憶しておくことを可能にする認知システムである。言語処理には、入力情報の知覚・語彙処理・統語処理・意味処理・文脈処理など、さまざまな処理段階が含まれるが、それらの処理は WM 上で、長期記憶中の既存の各種知識 (語彙・統語知識など) から検索・照合することにより行われると考えられている。処理された情報は WM 上でしばらくの間保持され、新しい情報との統合が随時行われる。また WM には厳しい容量制限が想定されているので (Just & Carpenter, 1992; Cowan, 2001)、入力情報をもとに長期記憶中からいかに迅速に検索し、処理が行うことができるかが理解において重要な鍵となる。

このように WM は、人間の言語情報処理を根本から支える認知システムである。特に第二言語処理は、学習者の言語処理が自動化していないため、WM にかかる負担が大きく、WM 運用能力が果たす役割は第一言語よりも大きいと考えられる (Geva & Ryan, 1993)。

WM 容量を測定する方法として Daneman and Carpenter (1980) が開発したリーディングスパンテスト (Reading Span Test: RST) が一般的に用いられている。このテストでは、実験参加者は、次々に提示される文を音読しながら文末単語を心の中で覚えておくように指示される。つまり、参加者が音読 (文処理) により WM が削減された状況の中で、文末単語をどれだけ記憶しておけるのかを測定するテストである。このテストにより、実験参加者が有限の WM 資源をいかに効率よく処理機能と保持機能に振り分けているのか (WM の効率性) を知ることができる。しかし、一言に「処理」といっても、文処理には様々な処理段階が含まれているため、このテストでは、いったいどの処理段階で WM に負担がかかった結果、記憶に WM 容量を割り当てることができなかつたのか知ることができない。そこで、Nakanishi & Yokokawa (2011) では、様々な処理段階 (意味・統語・語用論) に認知負荷をかけた RST を作成し、日本人英語学習者にとって最も WM 容量を消費する認知負荷の高い処理段階を特定することを目的とした。4 つの課題 (RST1: 通常版 RST、RST2: 日本語訳妥当性判断課題 RST、RST3: 文法性判断課題 RST、RST4: 語用論判断課題 RST) を組み込んだ RST を実施した結果、文法性判断課題を含む RST3 得点が有意に低いことが示された。日本人英語学習者にとって、特に統語処理は認知コストがかかり、限りある WM 容量の大半を消費してしまうため、文末単語の記憶に WM 容量を回すことができず、その結果、他 RST と比べて有

意に低くなったと言える。さらに、統語的な側面に負荷のかかる RST2・3 得点と英語習熟度テスト得点との間に有意な相関がみられた ($r=.36$, $r=.30$, $p<.01$)。この研究から、1) 処理段階ごとに処理困難性が異なり、中でも統語処理の非自動性が示された。さらに 2) 統語処理に関わる自動性の程度が、日本人英語学習者の英語習熟度を左右している。つまり、統語処理の非自動性が、英語の流暢性を獲得する上での障壁となっている可能性を示した。

Nakanishi & Yokokawa (2011) では、各種 RST に使用した単語の親密度に有意差が出ないように統制し、語彙の影響を出来るだけ無くすことで、言語処理上、統語・意味・語用論のいずれの処理が最も負荷がかかるか検討したが、本研究 [実験 1] では、各種 RST の語彙親密度を操作する (高親密度版 RST・低親密度版 RST を作成する) ことで、語彙アクセスにかかる負荷が各種言語処理効率にどのような影響を与えるのか調査した。

本研究 [実験 2] では、高親密度版 RST3 を用いて日本人英語学習者の WM 容量を測定し、WM 容量の個人差が filler-gap (FG) 文処理プロセスに及ぼす影響について調査することを目的とする。FG 文とは、Which cake did you eat last night? のように、通常他動詞 (eat) の後に続く目的語 (food) が文頭に移動したものである。FG 文を理解するには、移動した要素 (filler) を一旦 WM 上にとどめ、元の位置 (gap) で関連付けを行わねばならず、基本語順文 (例: You ate cake last night.) に比べて処理負荷が高いことが様々な研究で主張されている。また、filler-gap 間の距離に応じて処理負荷が増大することが第一言語研究で示されている (Fieback et al., 2002)。そこで、本研究では、日本人英語学習者を対象にコンピュータ版リーディングスパンテストを用いて WM 容量を測定し、FG 文における filler-gap 間に関係詞を挿入し filler-gap 間の長さを調整することで (短距離条件: Which gun did the man carry late last night? 長距離条件: Which gun did the man who was wearing a new tie carry late last night?)、filler-gap 間の距離の長さが FG 文処理効率に及ぼす影響を調査する。

2. 研究の目的 [実験 1]

以下の 2 点が [実験 1] の目的である。

- (1) 語彙アクセスの容易性が、いかに統語処理・意味処理・語用論処理効率に影響を及ぼすのか
- (2) 習熟度が、いかに各種言語処理効率に影響を及ぼすのか

3. 研究の方法[実験 1]

Nakanishi & Yokokawa(2011)の枠組みに倣い、4種類のRST(RST1: 通常版RST、RST2: 日本語訳妥当性判断課題 RST、RST3: 文法性判断課題 RST、RST4: 語用論判断課題 RST)を用意した。それぞれの条件(RST1-4)で、文末単語が高親密度のもの、低親密度のものを作成し、合計 8 種類のRSTを作成した。単語音節数は、条件間で有意差が出ないように調整している [全体 $F(3,336)=.045, ns$, 文末: $F(3,336)=.162$]

実験協力者は、36名の日本人英語学習者で、8種類のRSTを、順序効果の出ないようにランダムに実施した。なお、RSTは全てコンピュータ上で実施された。さらに、英語親密度を測定するテストとしてOxford Quick Placement Test (OQPT) を30分間で実施した。

4. 研究成果[実験 1]

表1にRSTで得られたデータ(a. 再生得点, b. エラーフリー得点, c. 処理得点)を示す。再生得点とは、RST1~4における文末単語の総再生語数を指す。エラーフリー得点(error-free(e-f) score)とは、RST2~4において、文を正しく理解した上で文末単語を再生することができた文の総数を指す。また、処理得点とは、RST2~4における処理正解数を指す。

表1 記述統計量

| | RST1 | | RST2 | | RST3 | | RST4 | |
|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | H | L | H | L | H | L | H | L |
| 再 | 33 | 29 | 31 | 27 | 29 | 25 | 29 | 27 |
| Ef | — | — | 28 | 23 | 21 | 18 | 25 | 22 |
| 処 | — | — | 39 | 36 | 31 | 30 | 36 | 33 |

まず、再生得点において二元配置の分散分析 $4(RST) \times 2(親密度)$ を行った結果、RSTタイプ・親密度に主効果がみられた [RST: $F(3, 288) = 6.14, p < .01$, 親密度: $F(1, 288) = 20.18, p < .01$.] また、多重比較の結果、RST3,4 再生得点は、RST1 再生得点よりも有意に低いことが明らかになった($p < .01$)。

次に、e-f得点において二元配置の分散分析 $3(RST) \times 2(親密度)$ を行った結果、RSTタイプ・親密度に主効果が見られた [RST: $F(2, 216) = 14.34, p < .01$, 親密度: $F(1, 288) = 16.43, p < .01$.] また、多重比較の結果、RST3のe-f得点は、RST2,4と比較して、有意に低いことが明らかになった($p < .01$)。

さらに、処理得点において二元配置の分散分析 $3(RST) \times 2(親密度)$ を行った結果、RSTタイプ・親密度に主効果がみられた [RST: $F(2, 216) = 65.12, p < .01$, 親密度: $F(1, 288) = 16.11, p < .01$.] また、多重比較の結果、RST3の処理得点は、RST2,4

と比較して、有意に低いことが明らかになった($p < .01$)。ただし、再生得点・e-f得点・処理得点いずれも、RSTタイプと親密度の間に交互作用はみられなかった [再生: $F(3,288) = .329, ns$, e-f: $F(2,216) = .554, ns$, 処理: $F(2,216) = 1.622, ns$]

以上の分析より、文タイプに関わらず、高親密度語を用いた文は、低親密度語を用いた文よりも有意に得点が高いことが明らかになった。つまり、語彙アクセスが容易になると、各種言語処理(意味・統語・語用論)効率が向上することが明らかになった(目的1)。

なお、RST3は文処理中に文法性判断課題を課すという、文処理の中でも特に統語処理(syntactic processing; parsing)に処理負荷のかかる課題であるが、他のRST課題成績と比べて処理成績が有意に低い。これは、日本人英語学習者における統語処理の非自動性を示している可能性がある。この結果は、Nakanishi & Yokokawa(2011)と一致する。さらに、今回は、再生得点において、RST4もRST3と同様に得点が低い結果になった。RST4は、文処理中に語用論判断課題を課すという、文処理の中でも特に語用論的処理(pragmatic processing)に処理負荷のかかる課題である。課題文の意味を理解した上で、一般常識に照らし合わせ、その妥当性を判断させる課題は、bottom-up処理とtop-down処理の統合が必要であり、WMにとりわけ負荷がかかったものと考えられる(Sorace, 2005)。

表2 習熟度別記述統計量

| | | RST1 | | RST2 | | RST3 | | RST4 | |
|----|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | | H | L | H | L | H | L | H | L |
| 再 | 習高 | 34 | 32 | 32 | 30 | 32 | 26 | 31 | 30 |
| | 習低 | 23 | 27 | 30 | 24 | 26 | 24 | 27 | 23 |
| Ef | 習高 | | | 30 | 26 | 25 | 20 | 27 | 26 |
| | 習低 | | | 27 | 20 | 18 | 16 | 23 | 18 |
| 処 | 習高 | | | 40 | 38 | 33 | 31 | 37 | 35 |
| | 習低 | | | 38 | 35 | 28 | 28 | 35 | 32 |

表2は、習熟度別にRST得点を示したものである。

まず、再生得点において、三元配置の分散分析 $2(習熟度) \times 4(RST) \times 2(親密度)$ を行った結果、全ての要因に主効果がみられた [習熟度: $F(1,288) = 32.975, p < .01$, RST: $F(3, 288) = 6.954, p < .01$, 親密度: $F(1, 288) = 23.111, p < .01$.]

次に、e-f 得点において三元配置の分散分析 2 (習熟度) × 3(RST) × 2 (親密度)を行った結果、全ての要因に主効果がみられた[習熟度: $F(1, 216) = 35.865, p < .01$, RST: $F(2, 216) = 16.294, p < .01$, 親密度: $F(1, 216) = 19.766, p < .01$.]

さらに、処理得点において三元配置の分散分析 2(習熟度) × 3(RST) × 2 (親密度)を行った結果、全ての要因に主効果がみられた [習熟度: $F(1, 216) = 30.730, p < .01$, RST: $F(2, 216) = 70.164, p < .01$, 親密度: $F(1, 216) = 19.209, p < .01$.]

以上の分析より、高習熟度の学習者は、低習熟度の学習者に比べ、文処理の種類に関わらず効率よく処理を行い、有限の WM 資源を保持機能に回すことが可能であることが明らかになった (目的 2)。

表 3 相関分析

| | RST1 | | RST2 | | RST3 | | RST4 | |
|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | H | L | H | L | H | L | H | L |
| 再 | .14 | .65 | .19 | .51 | .41 | .33 | .45 | .57 |
| Ef | — | — | .30 | .56 | .60 | .47 | .56 | .68 |
| 処 | — | — | .66 | .56 | .72 | .57 | .60 | .61 |

表 3 は、各種 RST 得点と OQPT 得点との間の相関分析の結果を表している。再生得点・e-f 得点と OQPT 得点の間の相関値は、低親密度条件の方が高親密度条件よりも高い傾向にある。これは、習熟度の高い学習者は、低親密度の語を使用した文でさえも、効率よく文処理を行い、限りある WM 資源を保持機能に回すことが出来ることを示している。一方、RST3 に関しては、高親密度の方が低親密度の相関値よりも高い。これは習熟度の高い学習者でさえも統語処理に限りある WM 資源の大半を用いてしまうため、保持機能に WM 資源を回すことが出来ないためと考えられる。

2. 研究の目的[実験 2]

実験 1 で使用した RST3 高親密度版 RST を用いて日本人英語学習者の WM を測定し、filler-gap 文処理プロセスとの関係を調査することが目的である。filler-gap 間の距離 (=WM にかかる負荷)を操作することで両者の関係を調査した。

3. 研究の方法[実験 2]

58 名の日本人英語学習者を対象に、(1) Oxford Quick Placement Test (OQPT) (2) コンピュータ版 RST(RST3 高親密度版) (3) filler-gap 文処理課題を行った。(1)(2)に関しては、実験 1 と同じものを実施した。(3)に関しては、コンピュータ上に 1 語ずつ実験文が呈示され、実験参加者は、自己ペースで読み進めるよう指示された。読解中、意味的に不適切な箇所 NO 反応キーを押

すことが求められた。実験文として、意味的に確かな文と不適格な文を作成した。さらに filler-gap 間の距離を操作することで短距離条件・長距離条件を設定した。合計 4 種類の文が 8 文ずつ用意された。以下が、本実験で用いた実験文例である。

a 適格文短距離条件

Which gun did the man carry late last night?

b 適格文長距離条件

Which gun did the man who was wearing a new tie carry late last night?

c 不適格文長距離条件

Which city did the man carry late last night?

d 不適格文長距離条件

Which city did the man who was wearing a new tie carry late last night?

4. 研究成果[実験 2]

実験参加者を RST のエラーフリー得点を基に、上位群 22 名、下位群 23 名に分けた。中位群は分析から除外した。

図 1・2 は、WM 小群における、各領域の平均読み時間と平均 NO 反応数を、図 3・4 は、WM 大群における各領域の平均読み時間と平均 NO 反応数を示したものである。

図 1 平均読み時間(ms) : WM 小群

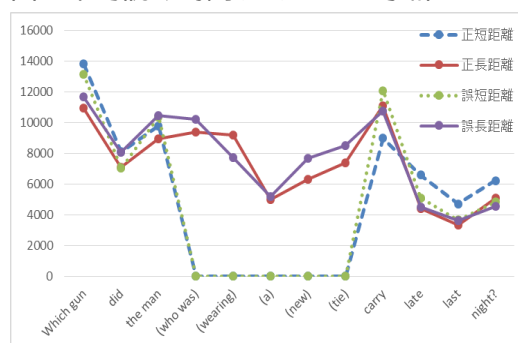


図 2 平均 NO 反応数 : WM 小群

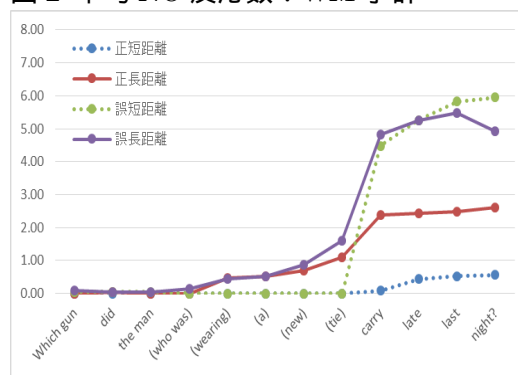


図3 平均読み時間(ms) : WM 大群

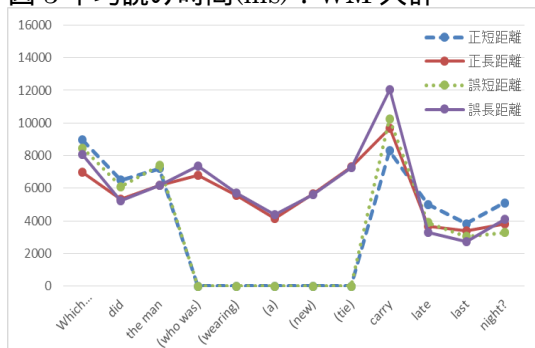
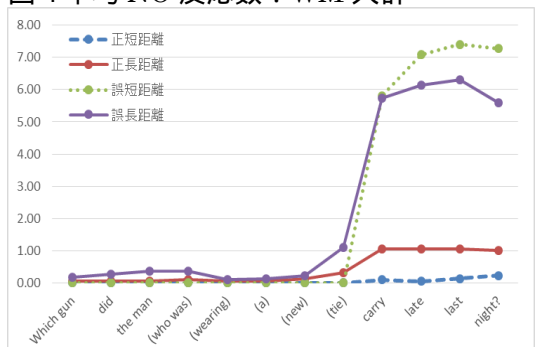


図4 平均 NO 反応数 : WM 大群



主な結果としては、WM 大群の方が小群よりもフィラーギャップ文を正しく処理していることが、図 2,4 の Gap 位置での平均 NO 反応数から明らかになった。さらに、WM 小群・大群ともに、適格文の長距離条件において、短距離条件よりも、gap 位置での NO 反応数・反応時間が増加することが明らかになった。特に WM 小群でその傾向が顕著にみられた。WM 小群は、filler-gap 間の距離が長くなると filler 情報を gap 位置まで WM 上に保持しておくことが困難になり、統合する際の認知コストが高くなることを示唆している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

中西 弘(2014)「ワーキングメモリ容量と英理解」、ことばの科学研究第15号, pp.6-8.

中西 弘(2014)「記憶容量を効率よく使うための読解指導」、英語教育 63 巻 4 号(大修館書店), pp.16-17.

Nakanishi, H. (2015). Prior Contextual Influence on Syntactic Processing- From the Perspective of Japanese EFL Learners' Working Memory Capacity, The Tohoku English Language Education Society, 35, 51-62.

〔学会発表〕(計2件)

中西 弘(2014)「ワーキングメモリ容量とリーディ

ングの流暢さの関係について」第28回 JACET 北海道支部(於 北海道教育大学)、『Reading Fluency を科学する(シンポジウム)』川崎真理子・氏木道人・門田修平・松本広幸とのシンポジウム

Nakanishi, H. (2014). Processing cognitive load and working memory—Reading span performance of Japanese EFL learners, AILA2014(Brisbane Convention and Exhibition Center), Facilitating Fluency in L2 Processing: Evidence from Behavioral and Physiological Research (Symposium with Kadota, S., Noro, T., Kawasaki, M., Shiki, O., Hase, N., Nakano, Y.)

〔図書〕(計2件)

横川博一, 定藤 規弘, 吉田 晴世(編). 中西弘他(分担執筆)(2014)『外国語運用能力は、いかに熟達化するか 言語情報処理の自動化プロセスを探る』, 松柏社, pp.193-225.

門田修平, 野呂忠司, 氏木道人, 長谷尚也(編). 中西弘他(分担執筆)(2014)『英単語運用能力判定ソフトを使った語彙指導』, 大修館書店.

6. 研究組織

(1)研究代表者

中西 弘 (NAKANISHI HIROSHI)

東北学院大学・文学部・准教授

研究者番号: 10582918