

第二言語でのワーキングメモリの容量と第二言語能力の関係

池田友美(無所属)

1. 研究背景

本研究の目的は、第二言語の習熟度とその言語でのワーキングメモリの容量の関係を調査することである。作業に必要な情報を一時的に保持しておく能力であるワーキングメモリ (Baddeley, 1986)は、容量に制限があると考えられており、一般にスパン課題でその容量が測られる。スパン課題とは、読み上げられた数字や単語などの情報を、提示された順番、または逆順に復唱する課題であり、正しく再生できた数でワーキングメモリの容量を測ろうとするものである。短期記憶における容量限界という概念を具体化して提示した Miller (1956)は、人が記憶できる量を「チャンク」という塊として捉え、記憶できる容量はその情報の種類を問わず 7 ± 2 個分のチャンクであるとした。後続の研究で、容量は覚える情報の種類や発音時間、単語の使用頻度などに依存することが示されている。

Baddeley, Thomson & Buchanan(1975)が行った一連のスパン課題実験では、英語第一言語話者は数字であれば約 7 個、単語であれば約 5 個まで正順で正しく覚えることができた。また、同研究では同じ言語の中ではシラブルの少ない単語の羅列よりも多い単語の羅列のほうが覚えられる単語の数が少なくなることがわかっている。後の研究でも、英語第一言語話者の数字のスパン課題の平均は 7 であった (Gathercole & Baddeley, 1993)。Jones & Macken(2015)は、通常の言語環境でよく出てくる情報が出てくるほうが、スパン課題の成績が良くなることを指摘し、人がランダムな単語の列よりもランダムな数列のほうが覚えやすいことに説明を与えている。

英語の第一言語話者と比較して、中国語の第一言語話者はより多くの数字を覚えられることが複数の研究で示されている。Hoosain (1984)が行った広東語の第一言語話者を対象にしたスパン課題実験では、被験者たちは平均 9.9 つの数字を覚えることができた。アメリカ・日本・中国で、英語・日本語・中国語の被験者を対象に、同じスパン課題を実施し、その結果を比較した Stigler, Lee & Stevenson (1986) では、幼稚園児・小学生・大学生のいずれのグループでも、数字を正順に覚えるタスクで中国語第一言語話者の成績が最も良かった。これは、中国語の数字の発音が、英語と比べて極端に短いことが有利に働くためだと考えられている (Hoosain, 1984)。

英語、スペイン語、ヘブライ語、アラビア語の 4 言語で数字のスパン課題実験を行い、結果を比較した Naveh-Benjamin & Ayres(1986)は、数字のスパン課題の結果は、その言語で数字を読み上げるときの発話速度によって予測可能であると主張した。同実験では、それぞれの言語で数字の発話速度を調べたうえで、数字のスパン課題の結果と比較している。英語話者が平均 7.2 個の数字を覚えたのに対して、英語よりも数字の発話に時間のかかるアラビア語話者は 5.77 個の数字しか覚えられなかった。これまでの研究から総合的に考えると、ワーキングメモリの容量は、その人の話す言語に影響を受け、覚えるものの発音時間・発話時間が短いほど多くの情報を覚えられるようである。

幼少期からスウェーデン語とフィンランド語を習得し、二言語に堪能なバランスバイリンガルを対象にした研究では、第一言語話者の数字スパン課題の結果は、第二言語話者の結果を常に上回り、客観的にはバランスバイリンガルと判断されるほどの高い第二言語能力があっても、ワーキングメモリの容量は第一言語話者に及ばない可能性が示唆された (Chincotta & Underwood, 1996)。同研究では、その言語で学校教育を受けていることと数字のスパン課題の成績の向上に相関がある可能性が示されており、第二言語の場合はその使用状況に応じてワーキングメモリの容量が増える可能性があると考えられる。

数字のスパン課題に関する先行研究では、調査協力者の第一言語や、バランスバイリンガルといえるほどの第二言語能力を持っている人の第二言語を調査対象としており、学習途上の第二言語話者のワーキングメモリ容量については未検討である。バランスバイリンガルほどの第二言語能力に達していない、ドミナントバイリンガルの場合には、第二言語のスパン課題の認知的負荷はより高くなり、覚えられる量の制限はより大きくなるのではないかと、本研究では、学習途上の第二言語話者を対象に、数字のスパン課題を実施し、第二言語能力とワーキングメモリの容量の関係について調査を行う。

2. 目的と課題

本研究では二つの仮説を立て、それらを検証することとした。一つ目の仮説は、第一言語の方が優位なドミナントバイリンガルの第二言語のワーキングメモリの容量は、ネイティブスピーカーやバランスバイリンガルよりも少ないということである。先行研究では、二言語ともに堪能なバランスバイリンガルでも第二言語のスパン課題の成績はネイティブスピーカーに及ばなかった。ドミナントバイリンガルにとって、第二言語でのスパン課題の認知的負荷はさらに高くなり、覚えられる容量の制限はより大きくなると予想する。よって、ドミナントバイリンガルが第二言語で数字のスパン課題を行った場合、言語の第一言語話者よりも少ない情報しか覚えられないことになるだろう。

二つ目の仮説は、ドミナントバイリンガルが第二言語に堪能になればなるほど、第二言語でのワーキングメモリの容量も増えていくということである。先行研究では第二言語で学校教育を受けている場合、ネイティブスピーカーには及ばないものの、第二言語での数字スパン課題の成績は、学校教育を第一言語で受けているグループよりも良くなっていた (Chincotta & Underwood, 1996)。第二言語でのワーキングメモリは、言語学習が進んだり、言語の使用頻度が増えたりすれば増えるものと予想する。そうであった場合、第二言語能力が高い第二言語話者ほど、第二言語で行ったスパン課題の成績も良くなることだろう。

第二言語話者のこうした認知的傾向について知ることは、第二言語の習得過程に対する理解を深め、より良い教育的介入の検討や、円滑なコミュニケーションの促進の一助となることが期待される。

3. 調査方法

本研究では、第一言語のモノリンガルと区別できるだけの英語力を有する英語の第二言語話者であり、同じ尺度で英語力の比較が可能な実験協力者を集めるため、英国の大学に通う留学生に向けて実験協力の募集を行った。留学生は英語圏の大学へ通うほどの英語力を有しているが、その英語力にはある程度の幅があり、英語力の証明が大学入学の条件となっているため、同じ尺度で英語力を比較することが容易である。実験協力者募集に対して、応募のあった 38 人の英国留学生に協力を依頼した。協力者は 20 の異なる言語の第一言語話者であり、そのうち最多は中国語の 10 人であった。協力者には、事前に言語学習経験や英語圏への滞在経験などを質問するアンケートへの回答と、英国の大学に入学するために取得した英語のスコアの提示を依頼した。33 人が IELTS、3 人が TOEFL のスコアを有し、2 人が英語圏の学校を事前に卒業していたことで大学への英語のスコア提出を免除されていた。TOEFL の出題団体が提供している換算表 (Educational Testing Service, 2019) をもとに、TOEFL のスコアは IELTS のスコアに換算し、テストスコアを免除されている 2 人は、所属学部の入学必要要件である IELTS のスコアを持っているとみなして分析に加えた。また、協力者には自分の第一言語と英語のそれぞれに対して、言語能力を自己評価するよう依頼した。

アンケート回答後、数字のスパン課題を 3 種類、英単語のスパン課題を 1 種類、合計 4 種類のセッションを全ての協力者が実施した。セッション実施の順番が結果に与える影響を減らすため、協力者の半数はセッションの実施順を逆にした。本研究の実験は、Baddeley et al. (1975) の実験を、第一言語の異なる英語の第二言語話者が参加可能なようにアレンジしたものである。最も大きな変更は、Baddeley et al. (1975) では口頭で数字や単語を伝えていたのに対して、本実験では数字をスクリーンに表示することによって伝え、数字を書き出すことによって再生してもらった点にある。これは、調査者である著者と、実験協力者の共通言語が英語のみである状態でも、協力者の第一言語と英語の両方でスパン課題を行えるようにするための改変である。

数字の一種類目のセッション (Arabic numeral-Arabic numeral condition:以下 AA) では、コンピュータスクリーン上に最初に“Ready”と表示され、それに続いて 4~9 個の数字の列が 1.5 秒間隔でランダムに、アラビア数字の形式で表示される。協力者はそれを表示された順に覚え、画面に“Recall”と表示されたら、アラビア数字で与えられた紙に書き出すことで再生する。表示される数字の数は最初の 4 個から 1 個ずつ、9 個まで増えていき、協力者が何個の数字の列まで覚えられたかが記録される。このセッションは他のセッションと比較するための基本となるセッションであり、協力者は自身の第一言語で数字を覚えて再生することが想定されている。

数字の二種類目のセッション (Digits in Letters-Arabic numeral condition:以下 LA) では、英語のスペルで綴られた数字がコンピュータスクリーン上に表示され、協力者はアラビア数字で書き出すことで覚えた数字の列を再生する。このセッションでは、インプットが英語に制限される。協力者が再生の際に第一言語と第二言語のどちらを使っているかは、他のセッションとの比較で明らかになることが期待される。

数字の三種類目のセッション (Digits in Letters-Digits in Letters:以下 LL) では、数字は英語のスペルで綴られた形で与えられ、協力者は覚えたものを英語のスペルで書き出して再生する。このセッションでは、インプット・アウトプ

ットともに英語であり、先述の仮説が正しかった場合、他のセッションと比較して最も成績が悪くなると予想される。

単語のセッションでは、Baddeley et al. (1975) で用いられたのと同じ、1 シラブルの単語リストを使用し、コンピューター画面上に 1.5 秒間隔でランダムに英単語を表示させ、協力者は覚えた単語を書き出すことで再生した。Baddeley et al. (1975) の手順と同様に、協力者たちはこのセッションの前に、使用される予定の 9 つの単語に慣れ親しむ時間が設けられ、スパン課題中を通して使用する単語が書かれたカードは協力者に常に見える状態になっていた。もしこのセッションの結果が、ネイティブスピーカーの結果よりも顕著に悪かった場合、第二言語能力がワーキングメモリの容量に与える影響が示唆される結果となるだろう。

4. データ分析

協力者たちの IELTS のスコアの平均と標準偏差 (括弧内) は、総合 7.11 (0.67)、リスニング 7.37 (0.91)、リーディング 7.51 (0.90)、ライティング 6.50 (0.77)、スピーキング 6.92 (0.82) であった。また、第一言語と英語のそれぞれの言語能力についての自己評価では、第一言語が 9.87 (0.811)、英語が 6.79 (1.818) である。

数字のスパン課題タスクの結果の平均と標準偏差は、AA が 7.95 (1.207)、LA が 7.00 (1.507)、LL が 6.66 (1.649) と、順に成績が下がり、LL の成績が最もばらつきが大きい。

ウィルコクソンの符号順位検定を用いて、数字のスパン課題の各セッションの結果に有意な差があるかを分析したところ、AA の成績は、LA ($T = 42$, $p < .0001$, $r = -.56$) と LL ($T = 40$, $p < .0001$, $r = .61$) よりも有意に高いことがわかった。一方、LA と LL の間には有意な差は見られなかった ($T = 115$, $p = .209$, $r = .21$)。

スピーアマンの順位相関係数で数字のスパン課題タスクのそれぞれのセッションの成績と、英語の各技能の成績、英語力の自己評価の相関を調べたところ、AA の成績は英語に関連したスコアのどの要素とも相関が認められなかった。しかし、英語のスピーキングスコアと、LA ($r_s = -.36$, $p = .008$)、LL ($r_s = -.48$, $p = .002$) の成績の間には負の相関が認められた。つまり、英語でインプットが与えられたセッションの結果にのみ、英語のスピーキングスコアと負の相関があったということになる。英語力が高くなるほど、英語でのワーキングメモリの容量が大きくなるという当初の予想とは反する結果となった。

被験者の中にいた 10 人の中国語第一言語話者を取り出して分析すると、いずれのセッションでも多くの人が英語第一言語話者の平均よりも多くの数字を覚えていた。中国語第一言語話者の成績の中央値は、AA が 9.0、LA が 9.0、LL が 8.5 と総じて高い。非中国語第一言語話者の中央値は AA が 8.0、LA が 6.0、LL が 6.0 であった。マン・ホイットニーの U 検定の結果、LA ($U = 46.0$, $p = .001$, $r = .52$) と LL ($U = 60.0$, $p = .006$, $r = .51$) の中国語第一言語話者の成績は、非中国語第一言語話者の成績よりも有意に高いことがわかった。中国語第一言語話者は、数字のインプットが英語になった場合でもなお、他の言語の話者よりも多くの数字を覚えていることになる。特筆すべきはアウトプットが英語になった LL でも、中国語第一言語話者は先行研究の英語第一言語話者や本研究の他の言語の話者よりも多くの数字を再生していることである。数字のスパン課題における中国語の優位性は、英語で情報を再生する際にも現れている。本実験の AA では中国語第一言語話者と非中国語第一言語話者の間に有意な差が出ていなかったが、天井効果のために差がつかなくなっている可能性は否定できない。数列の長さが 9 よりも大きくなった場合には違った結果が出ることも考えられる。

本実験の協力者の単語のスパン課題の結果の平均は 4.97 (1.219) であった。Baddeley et al. (1975) の英語のネイティブスピーカーにはほぼ全員が 5 単語の列を覚えられているのに対して、本実験の協力者のうち 5 単語の列を正しく覚えられた人はわずか 42.1%、4 単語を覚えられた人は 89.4% であった。当初の予想に反して、スピーアマンの順位相関係数では、単語のスパン課題の成績と、英語のスコアの間には相関がなかった。このセッションにおいては、中国語第一言語話者と非中国語第一言語話者の間にも有意な差は見られなかった。

5. 考察

先行研究と本研究の結果を踏まえると、バイリンガルが第二言語で情報を扱う際のワーキングメモリは、第一言語と第二言語の両方から影響を受けると考えられる。本研究の中国語第一言語話者が LA と LL で英語のネイティブスピーカーよりも良い結果を出していたのは、第一言語の影響である可能性が高い。先行研究のバランスバイリンガル (Chincotta & Underwood, 1996) は第一言語話者よりも少ない数字しか覚えることができず、学校での使用言語が第二言語である人はそうでない他のバランスバイリンガルよりも第二言語のスパン課題タスクの成績が良かったことから、第二言語の使用状況も第二言語のワーキングメモリに影響を与えると見られる。

本研究の中国語第一言語話者の多くが LL と LA でも多くの数字を覚えられたということは、数字が英語で与えられた場合であっても、数字を中国語に変換して覚えていた可能性が高い。LA と LL の結果に有意な差がなかったことから、LL の

際に中国語で覚えたと思われる数字を英語に変換してから再生することは、大きな負荷にはならないようだ。このような形で第一言語の特性を発揮しながら記憶することができるのは、第一言語と英語で一対一対応の翻訳ができる数字の特性と言えるかもしれない。通常の言語環境で出現頻度の高いもののほうがスパン課題でも記憶しやすいという特性を考慮すれば、第一言語と第二言語を行き来しながら記憶をする場合には、翻訳が容易な情報のほうが保持しやすくなるだろう。一対一対応の翻訳ができるものばかりではない英単語のスパン課題については、第一言語を介しての記憶ができないためか、本研究の参加者たちの成績は先行研究の英語第一言語話者には及ばなかった。

しかし、数字のスパン課題の場合は、第一言語と第二言語を行き来して記憶するのみであるならば、先行研究のバランスパイリンガルたちの第二言語のワーキングメモリが、第二言語の使用状況に影響を受けていたことの説明がつかない。本研究では英語のスピーキングスコアと数字の LA, LL セッションの成績に負の相関があったことを踏まえると、第二言語で与えられた数字を記憶する際の優位な言語が第一言語から第二言語に切り替わる条件があるのかもしれない。スピーキングスコアで測られるような英語能力が一定以上になったときといった優位な言語が切り替わる敷居があることも考えられる。あるいは、学習初期は第一言語の影響が大きく、徐々にその影響が弱まると同時に第二言語力の影響が強まるといったように、段階的に状態が移り変わっていく可能性もあるだろう。幼少期からその言語を第二言語として習得した人と、外国語として第二言語を学習した人で、ワーキングメモリに異なる傾向があるということも考えられる。

本研究は少人数の、特定の傾向を持つ集団における実験であるため、結果を過度に一般化することはできない。異なるレベルの学習者や、諸条件を統制した集団を対象にした実験を行うことで、第一言語・第二言語がどのような条件で第二言語のワーキングメモリに影響を与えるのかがより明らかになることが期待される。

参考文献

Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975).

Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589.

Baddeley, A. (1986).

Oxford psychology series, No. 11. Working memory. New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press.

Chincotta, D., & Underwood, G. (1996).

Mother tongue, language of schooling and bilingual digit span. *British Journal of Psychology*, 87(2), 193-208.

Educational Testing Service. (2019).

Compare TOEFL® Scores. Retrieved from <https://www.ets.org/toefl/institutions/scores/compare/>

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). *Essays in cognitive psychology. Working memory and language*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Hoosain, R. (1984).

Experiments on digit spans in the Chinese and English languages. In H. S. R. Kao & R. Hoosain (Eds.), *Psychological studies of the Chinese language* (pp. 23-28). Hong Kong: Chinese Language Society of Hong Kong.

Jones, G. & Macken, B. (2015).

Questioning short-term memory and its measurement: Why digit span measures long-term associative learning. *Cognition*, 144, 1-13.

Miller, G. (1956).

The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2), 81-97.

Naveh-Benjamin, M., & Ayres, T. J. (1986).

Digit span, reading rate, and linguistic relativity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 739-751.

Stigler, J. W., Lee, S. Y., & Stevenson, H. W. (1986).

Digit memory in Chinese and English: Evidence for a temporally limited store. *Cognition*, 23(1), 1-20.