

日本語学習者の文章聴解における 空間的状況モデルの構築

— 言語性・視空間ワーキングメモリ容量を操作した実験的検討 —

林 韻・常 笑・徐 婕・松見法男
(2019年10月3日受理)

Construction of Spatial Mental Representation in Japanese Learners' Listening:
An Experimental Analysis using Manipulation of Verbal and
Visuo-spatial Working Memory Capacities

Yun Lin, Xiao Chang, Jie Xu and Norio Matsumi

Abstract: We investigated the effects of verbal and visuo-spatial working memory (WM) capacities on spatial mental representation in second language listening by manipulating the length of the materials. In the experiment, an advanced class of Chinese learners learning Japanese were separated into four groups according to their verbal and visuo-spatial WM capacities. The learners were required to react to a judgement task in which they must judge whether the picture shown on the computer matches the sentences they had listened to previously. Two or four sentences were used in each trial. The correct rate and reaction time were used as dependent variables. As a result, only the main effect of the length of the materials was observed, which suggests that for Japanese learners, constructing a spatial mental representation during listening becomes more difficult with the increased length of the sentences. The results of correct rate and reaction time did not show significant differences among learners with a large capacity for verbal and visuo-spatial WM or those with small capacity. A possible reason for this result is that the experimental materials were not very difficult for advanced learners; therefore, a certain amount of processing resources during task execution was distributed efficiently and appropriately between verbal and visuo-spatial WM.

Key words: Japanese learners, listening, spatial mental representation, verbal working memory, visuo-spatial working memory

キーワード: 日本語学習者, 聴解, 空間的状況モデル, 言語性ワーキングメモリ, 視空間ワーキングメモリ

1. はじめに

私たちが文章を聴いて理解する際は、次々と入ってくる音声情報を処理して文章の意味表象を心内に構築し、それを記憶しながら、さらに活動を続けることになる。聴解はこのような複雑な認知過程であるため、第二言語 (second language: 以下, L2) 学習者にとって難しい活動の一つであると考えられる。特に、視覚・

空間的情報が聴解文章に含まれるとき、難易度が高まる。例えば、L2学習者が道を尋ねるとき、目的地を確認する場合はそれほど難しさを感じないが、相手から道や場所に関する説明を聴く場合は、理解できなかったり情報に追いつけなかったりすることが多い。道順や場所の位置関係のような視空間的情報が含まれた文章を聴く際は、聴き手が頭の中で地図を描くように、視空間的状況モデルを構築することが求められる

からである。

文章を聞きながら視空間的状况モデルを構築する際、聴いた言語情報を理解・記憶するだけではなく、視空間的情報も処理・保持しなければならない。これらの情報が処理・保持される作業場は、ワーキングメモリ (working memory: 以下, WM) である。WM とは、必要な情報を一時的に保持しながら、同時に他の情報を処理するという二重並行課題を支えるシステムである (三宅・斎藤, 2001)。WM はさらに、音声で表現される情報を処理・保持する言語性 WM (verbal working memory) とイメージや位置情報を処理・保持する視空間 WM (visuo-spatial working memory) に大別できる (金田・苧阪, 2007)。Baddeley (2000) の WM モデルでは、処理資源 (processing resources) という、言語情報の保持や理解といった高次の認知的活動を遂行するための心的資源が想定され、その処理資源の容量は WM 容量であると定義される (松見, 2006)。WM には容量制限があり、各コンポーネントに対応した WM 容量が存在すると考えられる (土田, 2009)。

聴解への WM の関わり方については、言語性 WM 容量が母語 (native language: first language とほぼ同義とし、以下, L1) と L2 の聴解力の双方に寄与することが複数の研究で明らかとなっている (e.g., Daneman & Carpenter, 1980; 前田, 2008)。一方、視空間 WM 容量の聴解との関わりについては、De Beni, Pazzaglia, Gyselinck, & Meneghetti (2005) の研究がある。De Beni et al. (2005) は、イタリア語 L1 話者が空間的情報の入った文章を聴く際、視空間 WM が文章の空間的状况モデルの構築に重要な役割を果たすことを明らかにした。しかし、L2 聴解における視空間 WM の働きを扱った研究はまだ少なく、未解明な点が多い。そこで本研究では、この問題点を扱い、L2 聴解における視空間 WM の働きを検討する。

聴解における空間的状况モデルの構築に影響を及ぼす要因は、WM 容量のほかにもある。國田・藤木・西村・中條 (2007) は、日本語 L1 話者を対象とし、情報処理の認知的負荷の多寡が空間的状况モデルの構築に及ぼす影響を検討した。説明文が視覚呈示された後の真偽判断課題における正答率を分析した結果、2文条件と6文条件の間に差がみられたが、説明文が聴覚呈示された場合は、認知的負荷による差はみられなかった。ただし、言語処理の自動性が L1 話者ほど高くない L2 学習者の聴解では、言語情報の増加とともにイメージ表象を迅速に更新しつつ、空間的状况モデルを構築することが難しいと考えられる。すなわち、L2 学習者では、文章の聴解時における言語性 WM と視空間

WM の働き方が L1 話者とは異なる様相を呈することが予測される。

そこで本研究では、認知負荷の多寡を操作し、中国語を L1 とする日本語学習者 (以下、中国人学習者) が空間的位置関係を述べる説明文を聴いて理解する際に、言語性 WM と視空間 WM の容量が文章の空間的状况モデルの構築にどのような影響を及ぼすかを検討する。

2. 先行研究の概観

2.1 文章聴解の過程に関する先行研究

van Dijk & Kintsch (1983) は、文章の記憶表象は、逐語的表層 (verbatim) と、命題的テキストベース (propositional textbase)、状況モデル (situation model) という3つの水準で構成されると主張している。逐語的表層とは、文章中で使用される文の表層的な構造や使われている単語に関する記憶表象である。命題的テキストベースとは、文章によって表現されている意味の心的表象である。状況モデルとは、最も高次の文章の心的表象であり、文章で記述されている状況に対する理解を表象するものである (中條, 2006)。聴解の過程について、Anderson (1983) は3段階モデルで提唱している。第1段階は知覚 (perception) であり、入力情報が一時的に保持される過程である。第2段階は解析 (parsing) であり、単語が意味に変換されて統語解析が行われ、意味のある心的表象が形成される過程である。第3段階は利用 (utilization) であり、心的表象が聴き手の既有知識と関連づけられる過程である。

Anderson (1983) の3段階モデルにおける聴解の各段階は、van Dijk & Kintsch (1983) が提唱している文章の記憶表象を構成する3つの水準の表象と対応関係が類似している。例えば、聴き手は、物体の位置関係を説明する文章を聴いて理解する際、言葉遣いを留めた表層形式から命題ネットワークで表現されるテキストベースを経て、空間的状况モデルを構築していく。しかし、個々の単語や文法構造の知覚ができ、命題ネットワークが作られ、テキストの意味が把握できたとしても、状況モデルの構築に困難を感じる人が多い。状況モデルは聴き手が文章を理解していく過程で WM 内に構築され、文章を聴き進めるにしたがって WM 内で更新されていくとされている (Glenberg, Meyer, & Lindem, 1987)。聴解における状況モデルの構築が難しく感じられる理由は、聴解が瞬間的な処理の連続を求められる複雑な認知過程であり、状況モデルが構築される WM に容量制限があるからだと考え

えられる。

次節では、空間的状況モデルの構築に影響を与える要因の1つとされるWMについての先行研究を述べる。

2.2 空間的状況モデルの構築に影響を与える要因：WM

2.2.1 WM モデルの概観

Baddeley (2000) のモデルでは、WM は、音韻ループ (phonological loop)、視・空間スケッチパッド (visuo-spatial sketch pad)、エピソード・バッファ (episode buffer) の3つのサブシステムと、中央制御部 (central executive) という1つのメインシステムから構成される (図1;松見, 2006より引用)。音韻ループは、音声化あるいは文字化された言語情報を一時的に貯蔵するためのサブシステムであり、視・空間スケッチパッドは、視覚的イメージや物体の位置など、視空間的情報の一時的貯蔵に携わるサブシステムである。エピソード・バッファは、音韻ループや視空間スケッチパッド、それに長期記憶から、当該事象に関連する視覚・聴覚などの情報を集め、1つの多次元表象を創り出す「場所」である (室橋, 2009)。中央制御部は、注意をコントロールし、高次の処理にかかわる。

WMの中で、音韻ループと中央制御部の働きを合わせたものが言語性WMと呼ばれ、視・空間スケッチパッドと中央制御部の働きを合わせたものが視空間WMと呼ばれている (e.g. 湯澤・宮谷・中條・杉村・森田・水口, 2015)。

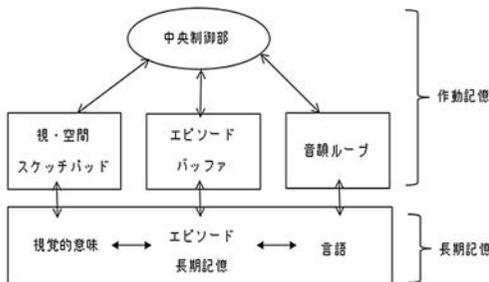


図1 Baddeleyの作動記憶モデル改訂版 (Baddeley, 2000を翻訳・一部改訂;松見, 2006より引用)

2.2.2 言語性WMに関する先行研究

Daneman & Carpenter (1980) は、聴解力と言語性WM容量の関係について、英語L1話者を対象とした実験的検討を行った。言語性WM容量を測定するリスニングスパンテスト (listening span test: 以下, LST) と聴解テストの成績の間に強い正の相関がある

という結果から、L1の聴解において、言語性WM容量の大きいL1話者は聴解力も高いことが示唆された。

L2学習者を対象とし、聴解力とWM容量の関係を検討した研究には、前田(2008)がある。前田(2008)は、中上級レベルの台湾人日本語学習者を対象に、L2としての日本語の聴解力を予測する要因を分析した。具体的には、言語能力として学習者の語彙力と文法力を、また認知能力として学習者の問題解決能力と言語性WM容量をそれぞれ測定し、これら4つの変数で聴解テストの成績をどの程度予測できるかを、重回帰分析によって検討した。その結果、L2としての日本語聴解において、言語能力としての語彙力が聴解力に強く寄与し、認知能力である言語性WM容量も寄与する可能性が示された。

上述の研究結果から、L1とL2の聴解力の双方に言語性WM容量が関与することが明らかとなった。

2.2.3 視空間WMに関する先行研究

De Beni et al. (2005) は、イタリア語L1話者を対象とし、文章聴解において、言語性WMと視空間WMのどちらがより機能するかを明らかにするため、二重課題法を用いて実験的検討を行った。実験では、空間的情報の含まれる文章と空間的情報の含まれない文章が材料文として用いられた。実験参加者は、文章を聴く際に、二重課題として構音抑制タスクか空間的タッピングタスクの遂行が求められる実験群と、二重課題を課されない統制群とに分けられた。聴解課題の終了後、状況モデルについての正誤判断テストが行われた。正答率を分析した結果、空間的情報の含まれる文章では、構音抑制タスクよりも空間的タッピングタスクによる抑制効果が大きく、空間的情報が含まれない文章では、空間的タッピングタスクよりも構音抑制タスクによる抑制効果が大きかった。これらの結果から、L1話者が文章を聴いて空間的状況モデルを構築する際は、言語性WMの働きが必要であることと同時に、視空間WMも重要な役割を果たすことが示唆された。

2.3 空間的状況モデルの構築に影響を与える要因：情報処理の認知的負荷

國田他(2007)は、日本語L1話者を対象とし、情報処理の認知的負荷の多寡が空間的状況モデルの構築に及ぼす影響を検討した。実験では、物の位置関係を説明する文が視覚呈示あるいは聴覚呈示された後に、問題図が呈示された。実験参加者は問題図に対して、説明文の内容と一致するかどうかの判断を求められた。問題図の真偽判断課題における正答率を分析した結

果、説明文が視覚呈示された場合は6文条件よりも2文条件のほうが成績が高かったが、説明文が聴覚呈示された場合は6文条件と2文条件の間に差はみられなかった。この結果から、説明文が視覚呈示された場合、空間的状況モデルの更新と文章の処理が競合し、状況モデルの構築が阻害される可能性が示唆された。一方、説明文が聴覚呈示された場合、問題呈示時における視空間 WM 内の表象と視覚入力との競合が解消され、認知的負荷による差がなくなると解釈できる。

以上の先行研究をまとめると、聴解には WM が大きく関わり、さらに、空間的状況モデルの構築においても WM が大きな役割を果たすことが考えられる。また、L1 の文章聴解における空間的状況モデルの構築には、視空間 WM 容量が関わることも想定できる。ただし、L2 学習者の場合、L1 話者と同様の現象がみられるかどうかについては、議論の余地がある。すなわち、L1 話者は言語処理の自動性が高く、空間的状況モデルを構築する際、言語処理に必要な認知資源がそれほど多くはなく、より多くの認知資源が視空間 WM に配分できる。しかし、言語処理の自動性が L1 話者ほど高くない L2 学習者の聴解では、空間的状況モデルの構築において、言語性 WM と視空間 WM の双方に適切な処理資源が配分されなければならない。言語性 WM と視空間 WM の働き方が認知的負荷の多寡によって異なる可能性もある。本研究ではこれらを検討課題とし、その解答を実験的に導いていく。

3. 本研究の目的と仮説

本研究では、先行研究を踏まえ、日本留学中の上級の中国人学習者を対象とし、文章聴解における空間的状況モデルの構築に影響を及ぼす要因を実験的に検討する。

実験では、学習者の言語性 WM 容量と視空間 WM 容量を個人差要因として設定し、聴解文の長さを、情報処理における認知的負荷の多寡という観点から材料要因として操作する。従属変数は、聴解文の内容に対する問題図についての真偽判断課題の正答率と反応時間である。本研究の仮説は、以下のとおりである。

【仮説 1】Paivio (1971) の二重符号化理論 (dual coding theory) によると、人間の情報処理のシステムに言語システムと非言語システムの2種類がある。前者は音声や文字などの言語情報を扱い、後者はイメージなどの感覚情報を扱う。2つのシステムは独立しているが相互に連結しており、例えば、イメージ性の高い具象単語が視覚呈示されたときは、その情報が各システムに「二重に」符号化される確率が高い。二

重符号化理論を踏まえるならば、言語情報を処理する際、心内の言語表象とイメージ表象がともに活性化し、理解が促進されると考えられる。したがって、聴き手が物体の位置関係などを述べる文章を聴く際、文章内容をよりよく理解・記憶するために、処理された言語情報をイメージ表象にも符号化することが考えられる。

言語処理の自動性の観点から考えると、L1 話者は、言語処理の自動性が高いため、言語情報の処理とイメージ表象の形成がほぼ同時的に行われる。これに対して、言語処理の自動性が L1 話者ほど高くない L2 学習者は、言語情報の処理とイメージ表象の形成が継時的であると考えられる。これを前提とするならば、L2 学習者は、文章を聴く際、まず聴いた言語情報を理解するために処理資源をある程度、言語性 WM に配分する。その上で、空間的状況モデルを構築するため、次々と入力される言語情報の処理とイメージ表象の更新・保持ができるように、さらなる処理資源を必要とする。よって、文を聴きながら空間的状況モデルを作り上げる並行作業は、言語性 WM と視空間 WM の間で効率よく処理資源を配分することが求められる。L2 学習者では、言語性 WM 容量も視空間 WM 容量も、ともに空間的状況モデルの構築の成否を左右する要因になると推測される。

言語処理の優先性を考慮すると、聴解文の2文条件でも4文条件でも、言語性 WM 容量の大きい学習者は、迅速に言語情報を処理することが可能となるため、より多くの認知資源を視空間 WM に配分できる。したがって、視空間 WM 容量の大小にかかわらず、言語性 WM 容量が大きい学習者はそれが小さい学習者よりも正答率が高く、反応時間が短いだろう (仮説 1-1)。また、言語情報を空間的イメージに変換する必然性を考慮すると、言語性 WM 容量が大きい学習者では、視空間 WM 容量が大きい学習者のほうが、それが小さい学習者よりも正答率が高く、反応時間が短いだろう (仮説 1-2)。他方、言語性 WM 容量が小さい学習者は、言語情報の意味処理が十分に行われない可能性があるため、連続的に入ってくる言語情報に対してイメージ表象を形成・更新することは難しいと考えられる。したがって、言語性 WM 容量が小さい学習者では、正答率と反応時間において、視空間 WM 容量の大小による差はみられないだろう (仮説 1-3)。

【仮説 2】聴解における空間的状況モデルの構築は認知的負荷の大きい作業であり、次々と耳に入る説明文の命題的テキストベースの理解に処理資源が用いられ、空間的状況モデルの構築に必要な処理資源が、聴解文の連続的な入力とともに減少すると考えられる。

したがって、学習者の言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小にかかわらず、4 文条件よりも 2 文条件のほうがは正答率が高く、反応時間が短いだろう(仮説 2)。【仮説 3】文章聴解における空間的状況モデルの構築では、言語情報とイメージ表象の処理・保持が並行的に行われ、処理資源が言語性 WM と視空間 WM の間で効率よく適切に配分される必要がある。そのため、言語情報の増加につれて、言語性 WM と視空間 WM の働き方が異なってくると考えられる。2 文条件においては、言語情報とイメージ表象の処理・保持の認知的負荷はそれほど高くないため、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小にかかわらず、言語情報の意味処理が十分に行われ、視空間 WM に配分できる処理資源が不足することはない。よって、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小の間で、正答率と反応時間に差はみられないだろう(仮説 3-1)。4 文条件において、言語性 WM 容量が大きい学習者では、視空間 WM 容量が大きい学習者のほうが、視空間 WM 容量が小さい学習者よりも正答率が高く、反応時間が短いだろう(仮説 3-2)。他方、言語性 WM 容量が小さい学習者では、言語情報の処理に多くの処理資源が配分され、言語情報の増加につれて、イメージ表象の処理と保持が難しくなると考えられる。したがって、言語性 WM 容量が小さい学習者では、視空間 WM 容量の大小の間で、正答率と反応時間に差はみられないだろう(仮説 3-3)。

本実験の目的は、以上の仮説を検証することである。

4. 方法

4.1 実験参加者

日本留学中の中国人上級学習者 40 名であった。全員が日本語能力試験 1 級を取得していた。日本滞在歴は平均 2 年 5 か月であり、日本語学習歴は平均 6 年 4 か月であった。

4.2 実験計画

2 × 2 × 2 の 3 要因計画であった。第 1 の要因は言語性 WM 容量であり、大、小の 2 水準であった。第 2 の要因は視空間 WM 容量であり、大、小の 2 水準であった。第 3 の要因は文章の長さであり、2 文条件と 4 文条件の 2 水準であった。第 1 と第 2 の要因は参加者間変数であり、第 3 の要因は参加者内変数であった。

4.3 材料

4.3.1 聴解課題の説明文と問題図

國田他(2007)を参考に、物の位置関係を説明する

文章(説明文)、および文章内容に関する真偽判断課題で用いる問題図を 1 セットとした。説明文は「(対象)の上/下/左/右には(対象)が置いてあります」という形式であり、2 文条件と 4 文条件がそれぞれ 12 セット、計 24 セット作成された。説明文は日本語の関東方言話者(女性)によって録音され、それを編集したものを聴解材料として用いた。具体的な説明文の例を表 1 に示す。

表 1 2 文条件と 4 文条件の説明文の一例

文の長さ	日本語文
2 文条件	ごはんの左にハンバーガーが置いてあります。ハンバーガーの下にケーキが置いてあります。
4 文条件	帽子的の右にネックレスが置いてあります。ネックレスの上に腕時計が置いてあります。ネックレスの下にメガネが置いてあります。メガネの左にネクタイが置いてあります。

真偽判断問題における問題図は、説明文で述べられた 2 つの対象の位置関係を表した図であり、すべて説明文の 1 文目に出た物と最後の文に出た物の位置関係を問う問題(統合問題)の形式であった。Yes 試行と No 試行の問題図は 12 枚ずつ設けられた。問題図に用いられた線画材料は、Snodgrass & Vanderwart(1980)と徐(2017)の標準線画から 28 枚を選定して作成された。真偽判断問題の問題図の例を図 2 に示す。

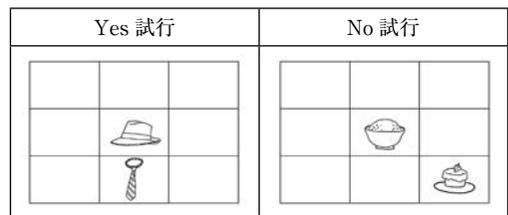


図 2 真偽判断問題の問題図の例(Yes/No 試行)

4.3.2 言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の測定

言語性 WM 容量を測るために、日本語学習者用の LST(松見・福田・古本・邱, 2009)が用いられた。LST は、2 文条件から 5 文条件まで、それぞれ 3 つのセットで構成されている。実験参加者は、聴覚呈示された複数の刺激文を聴いて、その文の意味内容について常識的な正誤判断をしながら文頭の単語を記憶し、すべての文を聴き終わってから再生することが求められる。

視空間 WM 容量を測るために視空間 WM 課題¹(Visuo-Spatial Memory Task; Maki, Yoshida &

Yamaguchi, 2010) が用いられた。視空間 WM 課題では、実験参加者が画面に現れる数字項目(図3)の場所や順番を記憶することが求められる。15秒の記憶時間が過ぎると、数字が隠される(図4)。実験参加者は記憶を使って残りの数字項目を順にクリックし、各試行をクリアすることが求められる。

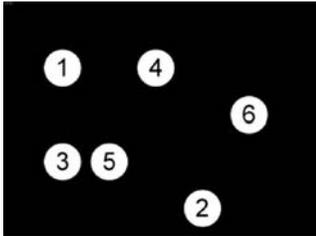


図3 最初の画面

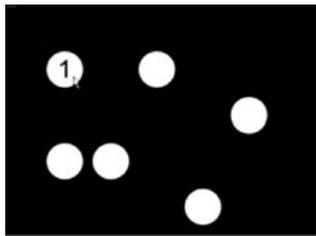


図4 最初の項目をクリックしたところ

4.4 使用機器

説明文の聴覚呈示と問題図の視覚呈示、および真偽判断課題における反応時間と正答率を測定するため、コンピュータおよび周辺機器が用いられた。実験プログラムは、Super Lab Pro (Cedrus 社製 Version 5.0) によって作成された。

4.5 手続き

個別実験であった。実験は、聴解課題、LST、視空間 WM 課題の順で実施した。聴解課題では、参加者は聴覚呈示された説明文を聴いた後、視覚呈示された図が先ほど聴いた内容と一致すれば Yes キーを、一致しなければ No キーをできるだけ速く正確に押すように求められた。教示の後、練習試行が4試行行われた。本試行では、4ブロック(各6試行)に分けられ、

ランダムに呈示された。問題図が呈示されてからキーを押す時までの時間が反応時間としてコンピュータによって自動的に計測された。1試行の流れを図5に示す。

すべての課題の実施後、日本の滞在歴と日本語の学習歴、実験に関する感想などを尋ねるアンケート調査が行われた。実験の所要時間は約30分であった。

5. 結果

5.1 LST の得点

LST の得点は、スパン得点方式を採用し、5点満点で採点された。具体的に、文の真偽判断もターゲット単語の再生も正解したセットが、同じ条件において3セット中2セット以上ある場合に、該当する文条件をクリアしたもののみなし、1点が与えられ、採点は次の文条件へ移った。クリアできなかった(3セット中1セット以下が完全に正解した)場合は、その文条件で採点が終わった。なお、正解したセット数が3セット中1セットの場合0.5点が与えられ、同様に次の文条件に進まず、採点を終了した。

LST の得点を算出したところ、平均点は3.34点であった。LST の得点が3.5点以上の実験参加者(20名)を言語性 WM 容量大群、3点以下の実験参加者(20名)を言語性 WM 容量小群とし、両群間で1要因分散分析を行ったところ(本研究では、有意性検定における有意水準をすべて5%に設定した)、言語性 WM 容量大群と小群との間に有意差がみられた($F(1,38)=154.11, p < .001, \eta^2=.80$)。

5.2 視空間 WM 課題の得点

視空間 WM 課題では、実験参加者の視空間 WM 容量が階段法によって測られる。各試行において、実験参加者が一度も間違わずにすべての数字項目をクリックできたら、そのたびに項目数が増えていく(上昇系列)。それに対して、もし途中で間違えると、次は刺激項目が1つ減ることになる(下降系列)。上昇系列と下降系列の間の変換(系列反転)がプログラムによって記録される。あらかじめ設定された系列反転数(number of reversals)に達したら、プログラムは自

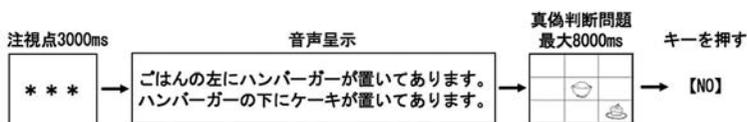


図5 実験における1試行の流れ

動的に終了し、それまでの系列反転時の項目数をもとに得点が計算される。本実験では、系列反転数を4に設定した。

視空間 WM 課題の得点を算出したところ、平均点は7.95点であった。視空間 WM 課題の得点が8.0点以上の実験参加者（20名）を視空間 WM 容量大群とし、7.75点以下の実験参加者（20名）を視空間 WM 容量小群とし、両群間で1要因分散分析を行ったところ、視空間 WM 容量大群と小群との間に有意差がみられた ($F(1,38)=60.30, p<.001, \eta^2=.61$)。

言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小の組み合わせにおける人数と成績を表2に示す。

表2 言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小の組み合わせにおける人数と成績

	言 WM 大 視空 WM 大	言 WM 大 視空 WM 小	言 WM 小 視空 WM 大	言 WM 小 視空 WM 小
参加者数	10	10	10	10
言 WM M (SD)	4.25 (.63)	4.38 (.58)	2.25 (.49)	2.45 (.37)
視空 WM M (SD)	8.85 (.77)	7.22 (.41)	8.55 (.62)	7.13 (.52)

5.3 正答率

正答率について、2（言語性 WM 容量：大，小）×2（視空間 WM 容量：大，小）×2（文章の長さ：2文，4文）の3要因分散分析を行なったところ、文章の長さの主効果が有意であり、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小にかかわらず、2文条件の方が4文条件よりも正答率が高かった ($F(1,36)=10.89, p=.002, \eta^2=.098$)。言語性 WM 容量の主効果 ($F(1,36)=0.12, p=.74, \eta^2=.001$)、視空間 WM 容量の主効果 ($F(1,36)=0.04, p=.84, \eta^2<.001$)、言語性 WM 容量×視空間 WM 容量の一次交互作用 ($F(1,36)=2.44, p=.13, \eta^2=.034$)、言語性 WM 容量×文章の長さの一次交互作用 ($F(1,36)=1.61, p=.21, \eta^2=.015$)、視空間 WM 容量×文章の長さの一次交互作用 ($F(1,36)=0.58, p=.45, \eta^2=.005$)、言語性 WM 容量×視空間 WM 容量×文章の長さの二次交互作用 ($F(1,36)=1.61, p=.21, \eta^2=.015$) はいずれも有意ではなかった。図6に各条件における真偽判断課題の平均正答率と標準偏差を示す。

5.4 反応時間

反応時間について、2（言語性 WM 容量：大，小）×2（視空間 WM 容量：大，小）×2（文章の長さ：2文，4文）の3要因分散分析を行なったところ、文章の長さの主効果が有意であり、言語性 WM 容量と

視空間 WM 容量の大小にかかわらず、4文条件の方が2文条件よりも反応時間が短かった ($F(1,36)=7.29, p=.01, \eta^2=.020$)。言語性 WM 容量の主効果 ($F(1,36)=0.11, p=.74, \eta^2=.003$)、視空間 WM 容量の主効果 ($F(1,36)<.001, p=.99, \eta^2<.001$)、言語性 WM 容量×視空間 WM 容量の一次交互作用 ($F(1,36)=0.18, p=.68, \eta^2=.004$)、言語性 WM 容量×文章の長さの一次交互作用 ($F(1,36)=1.21, p=.28, \eta^2=.003$)、視空間 WM 容量×文章の長さの一次交互作用 ($F(1,36)=0.12, p=.73, \eta^2<.001$)、言語性 WM 容量×視空間 WM 容量×文章の長さの二次交互作用 ($F(1,36)=0.01, p=.92, \eta^2<.001$) はいずれも有意ではなかった。図7に各条件における真偽判断課題の平均反応時間と標準偏差を示す。

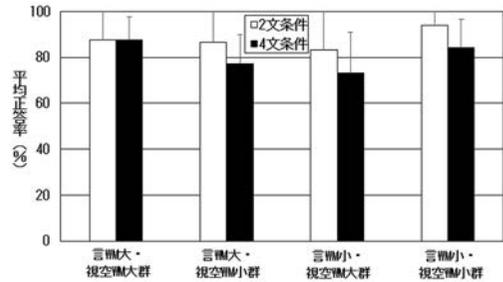


図6 各条件における平均正答率と標準偏差

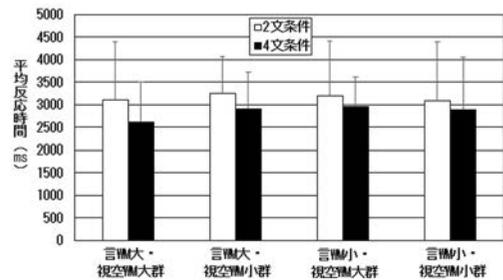


図7 各条件における平均反応時間と標準偏差

6. 考察

本研究では、中国人学習者が日本語の文章を聴解する際に、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量、および認知的負荷の多寡として設定した文章の長さが、空間的状況モデルの構築に与える影響について、問題図の真偽判断テストを用いて検討した。

実験の結果、真偽判断課題における正答率と反応時間の両方において、文章の長さによる認知的負荷の主効果のみがみられ、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小にかかわらず、正答率は4文条件よりも2文

条件のほうが高く、反応時間は2文条件よりも4文条件のほうが短いことがわかった。仮説2では、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の大小にかかわらず、4文条件よりも2文条件のほうは正答率が高く、反応時間が短いと予測した。仮説2が部分的に支持されたと見える。この結果を踏まえ、以下に考察を述べる。

真偽判断課題の正答率は、学習者が説明文を聴く際に生成したイメージ表象の完成度を反映していると考えられる。4文条件よりも2文条件のほうが、正答率が高いという結果は、國田他(2007)の結果と一致しない。日本語 L1話者を対象とした國田他(2007)では、説明文が聴覚呈示された場合、正答率において認知的負荷の多寡による差はみられなかった。本研究における、認知的負荷の多寡による差がみられたという結果は、L2学習者にとって、認知的負荷が高いほうが、空間的状況モデルの構築が難しいことを示している。L1話者と比べて言語処理の自動性が低いL2学習者では、言語情報の増加に伴い、言語の意味処理に要する資源が加算的に多くなり、イメージ表象の処理に十分な処理資源を配分できなくなった。その結果として、説明文に対する空間的状況モデルを完全に構築することが難しくなると考えられる。

一方、真偽判断課題の反応時間は、学習者が説明文を聴く際に生成したイメージ表象と視覚呈示された図のイメージ情報との照合時間を反映していると考えられる。2文条件よりも4文条件のほうが、反応時間が短かったことは、4文条件では、情報量が多くなるが、学習者が文章を聴く際に生成したイメージ表象と問題図に呈示されたイメージ情報との照合が、部分的であっても多角的に容易であったことを示唆する。すなわち、言語情報の増加に伴い、長期記憶に転送が可能なイメージ表象の完全な形成は難しくなるが、限られた処理資源内でのリハーサルにより、視空間 WM 内に部分的な情報が一時的に保持され、それが検索を速めた可能性がある。

L2学習者の文章聴解における空間的状況モデルの構築については、本研究の結果から、以下のように推察できる。L2学習者が文章を聴きながら空間的状況モデルを構築する際は、入力される言語情報が多くなるにつれて、既に処理された言語情報に基づいて形成した空間的状況モデルをベースに、次々と更新することが求められる。空間的状況モデルを更新するためには、直前に形成したイメージ表象を検索してリハーサルしなければならない。しかし、言語情報の処理が適切に行われないと、イメージ表象の更新に処理資源を十分に配分できない。つまり、次々に入ってくる言語情報の意味処理に追われ、完全な状況モデルを最終的

に構築することが難しくなる。ただしその場合、部分的な空間的状況モデルの構築、という観点に立つならば、外部情報(多くの場合、説明図や絵)との照合は、時間的に早い反応として現れる可能性がある。

本研究では、言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の影響がみられず、仮説1と仮説3はすべて支持されなかった。その理由については、以下のように解釈できる。真偽判断課題において、各条件における平均正答率をみると、いずれも80%前後に達している。本実験で用いられた材料文は2文条件であれ4文条件であれ、すべて同じ構文を持つ短い文章であった。聴解課題自体が、日本留学中の上級学習者にとって認知的負荷の高いものではなく、言語性 WM、視空間 WM ともに容量の大小による違いが生じるほどには、処理資源を多く要する課題ではなかったと考えられる。そのため、課題遂行中の処理資源は、言語性 WM に対しても視空間 WM に対しても、効率よく一定量が適切に配分されたと考えられる。

7. おわりに

本研究では、中国人学習者の文章聴解における空間的状況モデルの構築に及ぼす言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の影響を調べるために、認知的負荷の多寡を操作し、聴解文に対する問題図の真偽判断課題における正反応時間と正答率を指標として実験的検討を行った。

実験の結果、認知的負荷による影響が認められ、文章の長さが増えるにつれて、空間的状況モデルの構築が困難になることが示唆された。ただし、文章聴解における空間的状況モデルの構築に言語性 WM 容量と視空間 WM 容量の影響はみられなかった。その理由として、本実験の材料文が日本留学中の上級学習者にとって比較的容易であったことが推察される。よって、難易度の高い文章に置き換える、あるいは、中級の日本語学習者を対象にする、という2点を、今後の課題とし、文章聴解における空間的状況モデルの構築に言語性 WM 容量と視空間 WM 容量がどのように関与するかを追検したい。

本研究は、これまで日本語教育の分野では検討されていない、L2学習者の文章聴解における空間的状況モデルの構築に着目した点で、また視空間 WM 容量を要因として取り上げた点で、探索的研究としての意義があると言える。

【引用文献】

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4(11), 417-423.
- 中條和光 (2006). 「言語学習と記憶」 縫部義憲 (監修)・迫田久美子 (編著) 『講座・日本語教育学 第3巻 言語学習の心理』 第3章 (pp. 184-209), スリーエーネットワーク
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- De Beni, R., Pazzaglia, F., Gyselinck, V., & Meneghetti, C. (2005). Visuospatial working memory and mental representation of spatial descriptions. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(1), 77-95.
- van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. NY: Academic Press.
- Glenberg, A. M., Meyer, M., & Lindem, K. (1987). Mental models contribute to foregrounding during text comprehension. *Journal of Memory and Language*, 26(1), 69-83.
- <http://maruhi.heteml.jp/programs/vsmt/vsmt.html> (令和元年9月19日に閲覧)
- 金田みずき・宇阪直行 (2007). 「言語性ワーキングメモリと長期記憶情報とのかかわりにおける実行系機能の役割」 『心理学研究』 78, 235-243.
- 國田祥子・藤木大介・西村裕之・中條和光 (2007). 「空間的な状況モデルの構成に及ぼす文章呈示モダリティの影響」 『第5回認知心理学会発表論文集』, 73.
- 前田由樹 (2008). 「中・上級日本語学習者の聴解力を予測する要因 - 語彙力, 文法力, 問題解決能力, 作動記憶容量の視点から -」 『広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部 (文化教育開発関連領域)』 57, 237-244.
- Maki, Y., Yoshida, H., & Yamaguchi, H. (2010). Computerized visuo-spatial memory test as a supplementary screening test for dementia. *Psycho Geriatrics*, 10(2), 77-82.
- 松見法男 (2006). 「言語学習と記憶」 縫部義憲 (監修)・迫田久美子 (編著) 『講座・日本語教育学 第3巻 言語学習の心理』 第3章第1節 (pp. 128-160), スリーエーネットワーク
- 松見法男・福田倫子・古本裕美・邱 兪瑗 (2009). 「日本語学習者用リスニングスパンテストの開発 - 台湾人日本語学習者を対象とした信頼性と妥当性の検討 -」 『日本語教育』 141, 68-78.
- 三宅 晶・斎藤 智 (2001). 「作動記憶研究の現状と展開」 *The Japanese Journal of Psychology*, 72(4), 336-350.
- 室橋春光 (2009). 「読みとワーキングメモリー: 「学習障害」 研究と認知科学」 『LD 研究』 18(3), 251-260.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 174-215.
- 土田幸男 (2009). 「ワーキングメモリ容量とは何か? : 個人差と認知パフォーマンスへの影響」 『北海道大学大学院教育学研究紀要』 109, 81-92.
- 徐 婕・費 曉東・松見法男 (2017). 「中国人上級日本語学習者における日本語漢字単語の語彙表象と概念表象の連合関係 - 線画 - 単語ストループ命名課題を用いた検討 -」 『広島大学日本語教育研究』 27, 21-29.
- 湯澤正通・宮谷真人・中條和光・杉村伸一郎・森田愛子・水口啓吾 (2015). 「子どもの学び支援プロジェクト: ウェブを通じたワーキングメモリアセスメントと学習支援システムの構築」 『広島大学大学院教育学研究科共同研究プロジェクト報告書』 13, 37-43.

【注】

- 1 視空間 WM 課題: <http://maruhi.heteml.jp/programs/vsmt/vsmt.html>