

# 日本語母語児童の漢字の読みにおける モダリティ間のバインディングの役割

小田 真実

(2023年10月6日受理)

The Role of Cross-modal Binding in Reading Kanji by Native Japanese Children

Mami Oda

**Abstract:** This study examined the role of working memory, especially the role of cross-modal binding, in reading of Kanji letters in 75 elementary school children studying in the second and third grades. I predicted that cross-modal binding ability would explain students' performance in reading words containing Kanji, reading Kanji words with okuri-gana, and reading sentences containing Kanji, after controlling for phonological loop and visuo-spatial sketchpad. The analysis results showed that there was no association between the reading performance of words containing Kanji and all elements of working memory. On the other hand, a relationship was identified between cross-modal binding and reading performance of Kanji words with okuri-gana and sentences containing Kanji. The study findings suggest that measurement of cross-modal binding ability may be useful as a screening index for students at risk for difficulties in Kanji reading.

**Key words:** working memory, episodic buffer, Kanji reading

キーワード：ワーキングメモリ、エピソードバッファ、漢字の読み

## 問題と目的

一般的な知的能力に問題はなくとも、読み書きに顕著な困難を示す発達性読み書き障害児を早期に発見し、適切な教育的支援を行うことは重要な課題である。日本語には、ひらがな、カタカナ、漢字の3種類の文字が存在している。これらの文字のうち、読み困難が最も生じやすいのは漢字である。Uno et al. (2009) では、日本語の文字種別の読み困難の割合はひらがなが0.4%、カタカナが1.4%である一方、漢字は6.9%と著しく高いことが示された。この背景要因に漢字の

文字と音の対応規則における不規則さが挙げられる(Lindgren et al, 1985; Wydell & Butterworth, 1999)。つまり、原則1文字に1音が対応するひらがな・カタカナよりも、1文字に複数の音が対応する漢字で読み困難が生じやすいことが示唆されている。

発達性読み書き障害の背景にある主な認知的問題には、音韻意識等の言語領域の問題(Snowling, 1998; 大石・斎藤, 1999)や、眼球運動や視知覚、視空間認知等の視覚領域の問題(Eden et al, 1996; 後藤他, 2010)が提唱されてきた。しかし、宇野他(2002)によると、日本語母語の発達性読み書き障害児の多くは言語・視覚情報の処理に単独で問題を呈したのではなく、双方で処理の問題を呈していた。この結果を踏まえると、日本語母語の発達性読み書き障害児の読みと認知的要因の関連について、言語・視覚領域を独立して検討するだけでは不十分であり、言語・視覚領域の相互的な

---

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：湯澤正通(主任指導教員) 中條和光、  
森田愛子

処理も含めて検討する必要があると考えられる。

言語・視覚情報の相互的な処理に関与する認知的要因に、ワーキングメモリ (Working Memory: 以下 WM) がある。Baddeley & Hitch (1974) のモデルによると、WM は一時的な情報の保持と処理を担う記憶システムである。WM は中央実行系、音韻ループ、視空間スケッチパッドの3要素から構成される。中央実行系は注意資源の分配や注意制御を担う。音韻ループと視空間スケッチパッドはそれぞれ音声情報と視覚情報の保持を担う。Gathercole & Alloway (2008 湯澤・湯澤訳 2009) は中央実行系と音韻ループをあわせて言語性 WM、中央実行系と視空間スケッチパッドをあわせて視空間性 WM と呼んだ。言語性 WM は音声情報、視空間性 WM は視覚・空間的情報を一時的に保持・処理する。これらの WM モデルに基づき、WM 容量の個人差が国語や算数の学習成績と関連することが繰り返し示されてきた (for a review see Baddeley, 2003; Raghobar et al., 2010)。

他方、湯澤他 (2019) は、幼児・児童を対象とした WM テストである Alloway (2007) の Automated Working Memory Assessment の日本語版を作成した。そして、その WM テストで得られたデータを基に、中央実行系、音韻ループ、視空間スケッチパッドの3要素から構成される WM モデルの検証を行った。その結果、仮説に反して言語領域と視覚領域の2要素から構成されるモデルで最も適合度が高いことが示された。湯澤他 (2019) は、この結果が幼児・児童の WM 容量の小ささに起因すると考察している。

幼児・児童は成人と比較すると WM 容量が相対的に小さい。そのため、単純な刺激の記録を行うスパン課題でも、刺激を保持しつつ適切な刺激に注意を向ける必要がある。このような刺激を保持しつつ注意の制御を行う働きは、WM の中央実行系が担うものである。したがって、幼児・児童の場合、相対的な WM 容量の小ささに起因して、WM の保持と処理の機能を切り分けることができない可能性が示唆された。本研究でも音韻ループと視空間スケッチパッドの容量を測定する課題として、単純な記録課題を実施する。しかし、湯澤他 (2019) の結果を考慮すると、児童において WM の保持と処理の機能を明確に弁別することは困難であると予測される。したがって、本稿では音韻ループと言語性 WM、視空間スケッチパッドと視空間性 WM をそれぞれ同義で用いることとする。

Baddeley (2000) で WM モデルは改訂され、新たな要素であるエピソードバッファ (Episodic Buffer: 以下 EB) が追加された。EB は複数の情報源からの情報を統合して1表象を形成する、容量制限付きの一時

的な貯蔵システムと定義される。特に、EB において複数の情報源からの情報を統合する機能をバインディングと呼ぶ (Baddeley et al., 2011)。バインディングは2種類に弁別される。例えば、音韻ループに保持された「/リ/」「/ン/」「/ゴ/」という個々の音声情報を統合し、音韻ループに「/リンゴ/」という1まとまりの音声として保持するプロセスや、「赤い」「丸い」等の視覚的特徴を統合してりんごのイメージを形成するプロセスは、音韻ループか視空間スケッチパッドの各領域 (モダリティ) 内で生じる。そのため、このようなバインディングをモダリティ内のバインディングと呼ぶ。他方、EB は音声情報「/リンゴ/」と視覚情報「赤くて丸い」のように、異なる領域同士の情報を統合する機能を持つ。このようなバインディングは各領域間の情報を統合して1表象を形成することから、モダリティ間のバインディングと呼ばれる。

EB を直接的に測定する手法は存在しないが、EB を間接的に測定する手法が Wang et al. (2015) や Wang et al. (2017) において提唱された。これらの研究では、まず、音声刺激と視覚刺激の対連合学習課題でモダリティ間のバインディング能力を測定し、その課題成績を EB の容量とみなす。しかし、音声・視覚刺激の保持自体は音韻ループと視空間スケッチパッドの容量に依存するため、それらの容量の影響を除外する必要がある。したがって、階層的重回帰分析を用いて音韻ループと視空間スケッチパッド容量を統計的に統制したうえで、モダリティ間のバインディング能力と言語学習との関連が検討された。その結果、モダリティ間のバインディング能力は独立して言語学習と関連することが示された。

これまでに日本語母語児童の漢字の読み書きと WM との関連が検討されてきた。小澤他 (2019) では、就学直後に測定した WM とひらがな・漢字の読み書きの関連が検討された。その結果、就学直後の言語性 WM は2年生時のひらがなの読み、ひらがなと漢字の書き、3年生時のひらがなと漢字の読み書きを予測した。一方、視空間性 WM は2年生時の漢字の書きのみを予測した。また、Song et al. (2007) では、漢字の読み書き困難を示す児童は音韻ループに問題がある可能性を指摘している。しかし、前述の通り、宇野他 (2002) は日本語母語の発達性読み書き障害児の障害背景には言語・視覚領域の相互的な情報処理の問題があることを示唆した。つまり、発達性読み書き障害の読み困難には、言語・視覚領域間の情報の統合を担う EB が関連する可能性がある。実際に、後藤他 (2009) は漢字の読み困難が文字と聴覚情報の統合不全に起因する可能性を指摘している。しかし、その背景となる認知

的要因については未検討である。したがって、本研究では従来検討されてきた音韻ループや視空間スケッチパッドに加えて、EBを含めてWMと漢字の読みとの関連を再検討する。これにより、日本語母語の発達性読み書き障害児における読み困難のメカニズムを解明する一助となる可能性が考えられる。

本研究の目的を総括すると、漢字を含む単語、漢字で表記したときに送り仮名が生じる単語、漢字を含む文章の3種類の漢字の読みに関する課題を実施し、各読み課題とWMとの関連を検討することである。特に、音韻ループと視空間スケッチパッドの各容量の影響を統計的に統制しても、EB、すなわちモダリティ間のバインディング能力が独立して日本語母語児童の漢字の読みに関与するのかを検討する。音韻ループと視空間スケッチパッドの各容量を統計的に統制しても、EB、すなわちモダリティ間のバインディング能力が全ての読み課題の正答率を独立して説明すると予測される。

## 方法

### 参加児

202X年XX月からXX月+2ヶ月にかけて、小学2-3年生の子どもをもつ保護者に対して募集を行った。参加児の募集は株式会社インフィニットマインド (<https://www.infinitemind.jp/>) を通じて行った。研究参加への同意が得られた75名の児童(男児53名, 女児21名, 平均月齢 98.15,  $SD=6.70$ , 86-110か月)に

実験を実施した。実験は Gorilla Experiment Builder (Anwyl-Irvine et al, 2020) を用いてオンラインで行った。参加児の保護者に実験の URL を送付し, 参加児と保護者は URL をクリックして各家庭から実験に参加した。

### 課題

WM 測定課題として, Wang & Allen (2018) を参考に, 音韻ループ容量を測定する言語短期記憶課題, 視空間スケッチパッド容量を測定する視覚短期記憶課題, EBのモダリティ間のバインディング能力を測定するバインディング課題の3課題を実施した (Figure 1)。読み課題として, 漢字読み課題, 送り仮名課題, 文章読み課題の3課題を実施した (Figure 2)。漢字読み課題は漢字の学習の基盤となる, 単語としての漢字表記を読む能力を測定することを目的とした。続いて, 形容詞の単語を漢字で表記する場合, 適切に送り仮名を送る必要がある。送り仮名課題は, 単語の送り仮名を適切に送ることができる能力を測定することを目的とした。最後に, 文章を読む際には漢字単独ではなく前後の文脈も考慮して1文としての読解を行う必要がある。文章読み課題は, 文脈がある中で正確に文章を理解する読み能力を測定することを目的とした。読み課題で刺激として呈示した漢字は, 光村図書による国語の教科書上下巻を参考として, 参加児が1学年下までに学習する漢字を用いた (Appendix)。WM 課題3課題の所要時間はそれぞれ約10分, 読み課題3課題の所要時間はそれぞれ約5分だった。

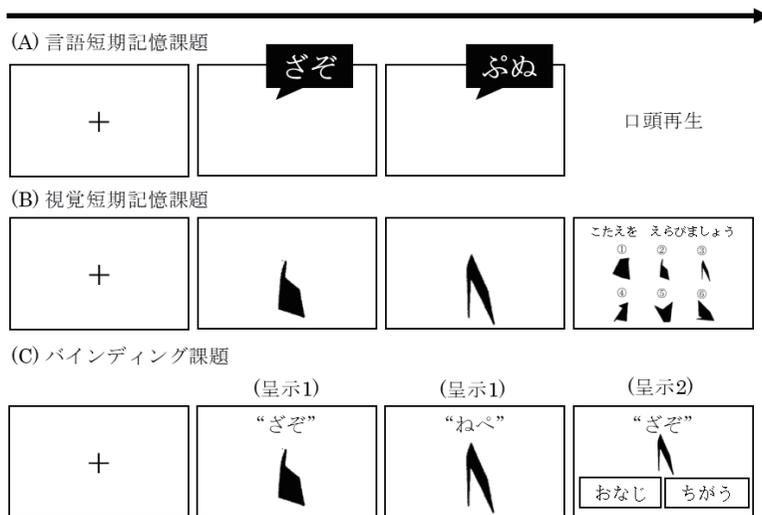


Figure 1 WM 課題の例 (練習試行の課題)

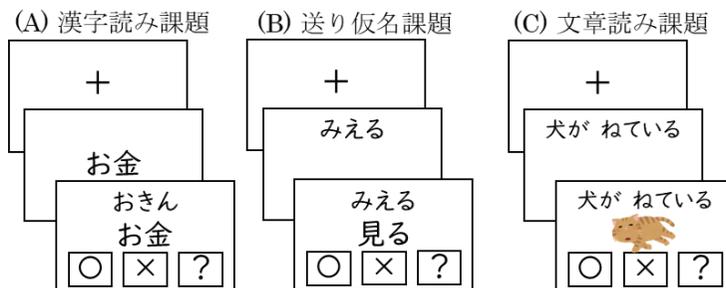


Figure 2 読み課題の例

**WM 測定課題 1: 言語短期記憶課題** 大学院で心理学を専攻する日本語母語話者の女性が発話した非単語音声を用いて、非単語の記銘と再生を求めた (Figure 1A)。課題開始前に練習試行で用いる非単語音声を呈示して音量調整を行い、児童が問題なく聞き取ることができる音量に設定するように教示した。音量調整後、チャイム音 1 回の呈示 (1 秒) に続けて、湯澤 (2010) による単語らしさの低い非単語の音声 (アギ, ザゾ, ゴボ, ヌオ, ネベ, バビ) をランダムに 4-5 個連続して、1 個につき 1 秒で聴覚呈示した。その後、チャイム音 2 回の呈示 (2 秒) に続けて、児童に呈示された非単語を口頭で再生するように求めた。児童の反応はキーボードを用いて保護者が記録した。回答は 4 個呈示の場合は 24 秒以内、5 個呈示の場合は 30 秒以内に行うように教示した。非単語 2 個の記銘と再生を求める練習試行 3 試行の実施に続けて、本試行として非単語 4 個、5 個呈示ともに 10 試行ずつ合計 20 試行を実施した。本試行における児童の反応について、正誤答した非単語を 1 語につき 1 点で採点し、4 個呈示×10 試行と 5 個呈示×10 試行の合計 90 点で正答率を算出した。

**WM 測定課題 2: 視覚短期記憶課題** 言語短期記憶課題と同様の手続きで低連想価の図形の記銘と再認を求めた (Figure 1B)。刺激には Vanderplas & Garvin (1959) による低連想価の図形を用いた (Six-point shapes: No. 3, 7, 13, 19, 20, 21)。注視点を 1 秒呈示した後、図形をランダムに 3-4 個、1 個につき 1 秒で呈示した。続けて画面に「かくにん」と 2 秒呈示した後、画面に図形 6 個を呈示した。児童には 6 個の図形の中から刺激として呈示された図形を再認し、口頭で回答するように求めた。保護者はキーボードを用いて児童の反応を記録した。回答は 3 個呈示の場合は 18 秒以内、4 個呈示の場合は 24 秒以内に行うように教示した。課題開始前に図形 2 個の記銘と再認を求める練習試行を実施した。本試行における児童の反応について、正誤答した図形を 1 個につき 1 点として採点し、3 個

呈示×10 試行と 4 個呈示×10 試行の合計 70 点で正答率を算出した。

**WM 測定課題 3: バインディング課題** 言語短期記憶課題で用いた非単語音声と視覚短期記憶課題で用いた図形を組み合わせた音声と図形のペアについて、記銘と再認を求めた (Figure 1C)。注視点を 1 秒呈示した後、無作為に組み合わせた音声と図形のペア 3 個を 1 ペアにつき 2 秒で連続して呈示した (呈示 1)。その後、2 秒間の「かくにん」という呈示に続けて、再度音声と図形のペアを呈示した (呈示 2)。呈示 2 のペアは、呈示 1 のペア 3 個のうちのどれかと音声と図形の組み合わせが全くの同一である正解の組み合わせか、不正解の組み合わせのいずれかだった。不正解の組み合わせは、呈示 1 の 3 ペアで音声と図形の組み合わせをランダムに入れ替えたもの、音声か図形のどちらかは呈示 1 で呈示されたが他方は新奇な刺激を用いたもの、音声・図形共に新奇な刺激のものいずれかだった。児童は呈示 2 のペアが呈示 1 のペアのいずれかと全く同一の組み合わせであるかどうかを、「おなじ」「ちがう」の 2 択から 6 秒以内に口頭で回答した。保護者は「おなじ」「ちがう」の選択肢をクリックすることで児童の反応を記録した。音声と図形のペア 2 個の記銘と再認を求める練習試行を 3 試行実施した後、本試行として全 20 試行を行い、正答率を算出した。

**読み課題 1: 漢字読み課題** 漢字を含む単語の呈示に続けてその読みをひらがなで呈示し、ひらがなが漢字の読みとして適切であるかを判断するように求めた (Figure 2A)。注視点を 1 秒呈示した後、漢字を含む単語を 2 秒呈示した。その後、ひらがなと回答の選択肢として「○」「×」「?」を同時に呈示した。なお、全ての文字の書体には UD デジタル教科書体を用いた。児童はひらがなが漢字の読みとして適切かについて、「○」「×」のどちらかを口頭で回答した。保護者は児童の反応を選択肢をクリックすることで記録し

た。回答に制限時間はなかったが、読みが適切か判断できない場合には「？」を選択して次の試行に進むように教示した。練習を3試行行った後に本試行として全20試行を実施し、正答率を算出した。

**読み課題2: 送り仮名課題** 漢字で記載すると送り仮名が生じる単語をひらがなで呈示した後、漢字表記を呈示して送り仮名の表記が適切かを判断するように求めた (Figure 2B)。漢字読み課題と同様に注視点を1秒呈示した後、送り仮名が生じる単語をひらがなで2秒呈示した。続けて単語の漢字表記と選択肢「○」「×」「？」を呈示した。漢字表記の送り仮名が適切な場合は「○」、適切でない場合は「×」、判断できない場合は「？」のいずれかを口頭で回答するように児童に求めた。保護者は選択肢をクリックすることでその反応を記録した。課題中に呈示した全ての文字はUDデジタル教科書体で記した。練習3試行の後に本試行を12試行行い、その正答率を算出した。

**読み課題3: 文章読み課題** 漢字を含む文章の呈示に続けてイラストを呈示し、イラストが文章の状況として適切であるかを判断するように求めた (Figure 2C)。注視点を1秒呈示した後、文章を3秒呈示した。文章はUDデジタル教科書体で記した。続けて、イラストと選択肢「○」「×」「？」を呈示した。児童はイラストが文章を適切に表しているかどうかについて、正しければ「○」、誤っていれば「×」、判断できない場合は「？」と口頭で回答した。保護者は選択肢をクリックすることで児童の反応を記録した。練習3試行の後に本試行を12試行行い、その正答率を算出した。なお、文章読み課題は、文中に含まれる単語は漢字が既習内容であれば全て漢字で表記した。

### 手続き

実験参加前に各課題の実施方法、操作方法、実験実施上の注意点を良い例と悪い例を図示したマニュアルを保護者に配布した。保護者にはマニュアルを理解したうえで実験に参加するように依頼した。実験実施上の注意点としては、(1) 実験にはコンピュータから参加すること、(2) 児童の回答をありのまま記録することが重要であり課題成績に優劣はないため、回答を正答に誘導しないこと、(3) 回答が不明である様子が見られた場合、直感的に選ぶように促すこと、(4) 実験実施中の精神的負荷を軽減するために、児童の回答が誤答でも「よくできたね」等の肯定的な励ましを行うこと、の4点を記述した。各課題では、本試行の前に児童と保護者が課題手続きを理解するための練習試行を設けた。実験課題はWM課題、読み課題の順で実施した。言語短期記憶課題と視覚短期記憶課題は参加児間で実施順序のカウンターバランスをとり、バ

インディング課題は必ず言語短期記憶課題と視覚短期記憶課題双方を実施してから行った。読み課題は全児童共通で漢字読み課題、送り仮名課題、文章読み課題の順序で実施した。

### 倫理的配慮

実験への参加意思を示す保護者は、ウェブフォーム上で研究の目的を確認した。あわせて参加者の権利として、実験参加に伴う身体的・精神的負担が大きすぎると判断した場合、いつでも実験参加を中断できること等の参加者の権利を明記した。上記の内容を理解して研究参加に同意できる場合にのみ、フォームから実験参加の申請を行うように依頼した。本研究は広島大学大学院人間社会科学研究所倫理審査委員会による承認を受けて実施された (承認番号: HR-PSY-000207)。

### 結果

実験参加児のうちコンピュータ以外からの参加が確認され、かつ、実験終了後に保護者が実験の実施方法が不明であったことが申し出た児童1名を除外した。また、各課題の正答率について平均値を算出し、各課題正答率の平均値から2SD以下の正答率を示した児童14名を外れ値として除外した。最終的な分析対象児は60名 (男児41名、女児19名、平均月齢 97.83,  $SD=6.74$ , 86-110か月) だった。以下の分析は清水 (2016) によるHADを使用した。まず、全課題で性差が見られないことを確認した (言語, 視覚, バインディング, 漢字, 送り仮名, 文章:  $t(58)=0.12, -0.70, -0.66, -0.83, -0.71, 0.48, ps>.42$ )。また、バインディング課題と各読み課題は、児童の反応がチャンスレベルを有意に超えていることを確認した (バインディング, 漢字, 送り仮名, 文章:  $t(59)=13.89, 101.72, -2.57, 22.99, ps<.05$ )。

各課題における正答率の記述統計量、ならびに、学年を統制した各課題間の偏相関分析の結果を Table 1 に示す。偏相関分析の結果、漢字読み課題は全てのWM課題と有意な相関が示されなかった (言語, 視覚, バインディング:  $r=.11, .09, .18, ps>.19$ )。送り仮名課題も同様に、全てのWM課題との有意な相関は示されなかった (言語, 視覚, バインディング:  $r=.18, -.07, .21, ps>.13$ )。文章読み課題は言語課題 ( $r=.22, p<.10$ ) と有意傾向、バインディング課題 ( $r=.31, p<.05$ ) と有意でそれぞれ正の相関が示された。

各読み課題の課題正答率を目的変数、説明変数として Step 1に児童の学年、Step 2に言語短期記憶課題および視覚短期記憶課題の各課題正答率、Step 3にバインディング課題の課題正答率を投入する階層的

Table 1 各課題正答率の記述統計量と学年を統制した偏相関分析

変数	<i>M</i>	<i>SD</i>	1	2	3	4	5
1. 言語短期記憶課題	0.55	0.26					
2. 視覚短期記憶課題	0.74	0.10	.07				
3. バインディング課題	0.70	0.11	.15	.50 **			
4. 漢字読み課題	0.98	0.04	.11	.09	.18		
5. 送り仮名課題	0.47	0.08	.18	-.07	.21	.11	
6. 文章読み課題	0.58	0.03	.22 +	.20	.31 *	-.09	.13

\*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$ , +  $p < .10$ 

Table 2 各読み課題の正答率を目的変数とする階層的重回帰分析

説明変数	漢字読み課題			送り仮名課題			文章読み課題		
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3
学年	.29 *	.25 +	.21	.35 **	.36 **	.30 *	-.49 **	-.56 **	-.61 **
言語短期記憶課題		.10	.08		.18	.14		.18	.16
視覚短期記憶課題		.09	.01		-.08	-.23		.18	.06
バインディング課題			.17			.30 +			.24 +
$R^2$	.08 *	.10	.12	.12 **	.15 *	.21 **	.24 **	.30 **	.34 **

\*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$ , +  $p < .10$ 

回帰分析を実施した (Table 2)。漢字読み課題は全ての説明変数が課題正答率を説明しなかった ( $\beta_s < .22$ ,  $p_s > .14$ ;  $R^2 = .12$ , 補正  $R^2 = .05$ ,  $F(4, 55) = 1.82$ ,  $p = .14$ )。送り仮名課題は学年 ( $\beta = .30$ ,  $p < .05$ ) が有意, バインディング課題 ( $\beta = .30$ ,  $p < .10$ ) が有意傾向で課題正答率をポジティブに説明した ( $R^2 = .21$ , 補正  $R^2 = .15$ ,  $F(4, 55) = 3.69$ ,  $p < .01$ )。文章読み課題はバインディング課題 ( $\beta = .24$ ,  $p < .10$ ) が有意傾向でポジティブに課題正答率を説明したが, 学年 ( $\beta = -.61$ ,  $p < .01$ ) はネガティブに課題正答率を説明した ( $R^2 = .34$ , 補正  $R^2 = .29$ ,  $F(4, 55) = 6.97$ ,  $p < .01$ )。

## 考察

本研究の目的は, 漢字を含む単語, 漢字で表記したときに送り仮名が生じる単語, 漢字を含む文章の3種類の読み課題でWMの役割を明らかにすることだった。特に, 音韻ループと視空間スケッチパッドの各容量を統計的に統制しても, モダリティ間のバインディング能力が各読み課題の課題正答率を独立して説明すると予測した。各読み課題の正答率を目的変数とする階層的重回帰分析の結果, 漢字読み課題の課題正答率は全てのWM要素との関連が示されなかった。他方, 送り仮名課題と文章読み課題では有意傾向ではあるも

の, モダリティ間のバインディング能力が各課題正答率を説明した。

送り仮名課題はモダリティ間のバインディング能力との関与が示され, 仮説が支持された。例えば「みえる」を漢字で表記するためには, 「見」には「/ミ/」か「/ミエ/」のどちらが対応するのといったように, 文字と読みを正確に対応付ける必要がある。本研究の結果は, このような漢字「見」に読み「/ミ/」を統合して文字「見」- 音声「/ミ/」の1表象を形成する過程には, 異なる領域間の情報を統合するEBが関与することを示唆するものであった。

続いて, 文章読み課題も音韻ループと視空間スケッチパッドの各容量を統制したうえで, モダリティ間のバインディング能力が独立して課題正答率を説明し, 仮説は支持された。本研究の文章読み課題では文章の呈示後にイラストを呈示し, 文章とイラストの異同の判断を求めた。このときの正誤判断の過程としては, まず, 文章を音声情報に変換する必要があると考えられる。続いて, 変換された音声情報を保持しつつ, 音声から想起されるイメージと画面に呈示されたイラストの異同を判断したと予測される。このとき, それぞれの過程で想起された情報を統合する過程にモダリティ間のバインディング能力が関与していたことで, バインディング課題が文章読み課題の正答率を説明し

たと推測される。

一方、文章読み課題では、児童の学年が読み課題正答率をネガティブに説明していた。この結果は、2年生と比較すると3年生で呈示した文章に含まれる漢字の個数が相対的に増加したことに起因すると考えられる。文章読み課題では、文中に含まれる単語表記が既習であれば全て漢字で記載した。小学校学習指導要領において、小学校1年生は80字、小学校2年生は160字の漢字を学習すると規定されている（文部科学省、2010）。文章読み課題の文中で表記された漢字の個数は2年生よりも3年生で増加していた。つまり、学習項目が2倍になることで、読みが定着していない漢字の数も2年生より3年生で増加していた可能性がある。その学習項目の増加の影響が階層的重回帰分析において、学年のネガティブな関連として表れたと考えられる。

なお、漢字読み課題は全てのWM課題との関連が示されず、仮説は支持されなかった。漢字読み課題の正答率は天井効果が表示されていることから、漢字読み課題自体が児童にとって容易であったことが伺える。そのため、WMの個人差が意味を持たずに仮説が不支持であった可能性が高い。漢字読み課題の容易さは、漢字に対呈示したひらがなが非単語であったことに起因すると考えられる。この課題では、漢字を含む単語（e.g. お金）の呈示に続けて読み（e.g. おきん）をひらがなで呈示した。このとき、誤った読みとして呈示したのは、正しい読みから音訓読みを入れ替えた非単語であった。語彙知識を参照すれば単語と非単語の別を判断することができる。したがって、WMの個人差や漢字の読みに関する知識に関わらず、単語として適切ではないという観点で読みの正誤判断が可能だったと考えられる。

最後に本研究の成果と限界点を述べる。まず、本研究は小澤他（2019）やSong et al.（2007）によって示された漢字の読みとWMとの関連についての研究結果を拡張した。つまり、先行研究では検討されていなかったEB、すなわちモダリティ間のバインディング能力を含めて漢字の読みにおけるWMの役割を再検討した。その結果、送り仮名の生じる漢字と漢字を含む文章の読みには、音韻ループや視空間スケッチパッドを統計的に統制しても、EBが独立して関与することが示唆された。漢字の文字と音が不規則さに対応するという特性が読みの遅れに繋がることは先行研究において指摘されていた（Lindgren et al., 1985; Wydell & Butterworth, 1999; 後藤他, 2009）。しかし、この背景にある認知的要因としてEBの関連を検討したことは本研究の成果である。本研究の結果を鑑みると、

モダリティ間のバインディング能力を測定することが漢字の読み困難を示す児童の早期的な発見・介入の一助になる可能性がある。

他方、本研究の限界点を3点挙げることができる。1点目に本研究は全てオンライン上で実施しており、児童の反応は保護者の代理回答で記録されたという点である。事前に保護者に対して実験実施マニュアルを配布し、実験中は児童の回答を誘導せずにありのままの反応を記録することを依頼した。しかし、zoom等を用いて実際の実験場面を観察したわけではないため、本研究の結果の解釈には留意しなければならない。

第2の課題は本研究は漢字の読みにおけるWMの役割に焦点を当てており、WM以外の読みに関連する要因を統制していない点である。本来、発達性読み書き障害は「知的能力に問題はないにもかかわらず、読みの遅れが見られること」を前提としており、障害の鑑別にはWISCやK-ABC等の知能検査が用いられる（宇野他, 1995）。また、発達性読み書き障害を有する者はADHD等の他の発達障害を併発することも多い（岡, 2017）。特にADHDを併発する場合、注意制御の不得手さという障害特性が読みの不正確さに影響する可能性が想定される。したがって、読みの不正確さが発達性読み書き障害の障害特性に由来するのか、それとも、発達性読み書き障害以外の障害特性や認知的特性等に起因するのかを正確に弁別する必要がある。

第3の課題は本研究の文章読み課題の性質についてである。読みには、文字から音声に変換する復号化の過程と、文字から変換された音声から意味内容を想起するという読解の2過程が存在する（Gough & Tunmer, 1986）。しかし、本研究はオンライン上で実施したため、文章とイラストの異同を判断するという手続きで文章の読みを間接的に測定した。したがって、本研究で示された文章読み課題とEBとの関連は、文章の読みにおけるEBの関与ではなく、文章とイラストの照合におけるEBの関与が示されたという可能性が否定できない。一般的な文章読解の過程でも、文章を構成する単語の意味情報を統合して文章としての1表象を形成することが必要であると考えられる。そのため、この過程にはEBが関与すると推察されるものの、本研究の結果からは解釈しきれない。今後の研究において、一般的な文章読解のプロセスに即した手続きを用いたうえでEBとの関連を再検証する必要があるだろう。

また、文章読み課題では文章とイラストが一致する場合と不一致の場合とで、正答の判断方略が異なる可能性が存在する。例えば「犬がねている」という文章

を正答するためには、主語「犬」と述語「ねている」を理解し、文章の意味とイラストを完全に照合する必要がある。他方、文章「犬がねている」にイラスト「猫が寝ている」を呈示した場合、「犬がねている」の主語「犬」を読み、その意味を理解することができれば、イラストとの照合は可能である。つまり、文章とイラストが一致した試行では、文章を構成する単語を完全に理解する必要がある。それに対して、文章とイラストが不一致の試行の場合、文章を完全に理解できなくとも文章とイラストで異なる単語（e.g. 文章「犬」－イラスト「ねこ」）を照合できれば、正答を導き出すことができたと考えられる。文章とイラストの相違点のみを照合するような読み方略は、文章全体を理解する一般的な読解方略とは異なるものである。したがって、一般的な文章の読解方略に即して、文章の読みとEBの関連を改めて検討する必要があると考えられる。

上記の限界点を総括すると、今後の研究では児童の認知特性や読みに関連する能力を統制したうえで、対面実験で本研究の結果を再検証することが重要であると考えられる。特に、読みの遅れがADHD傾向等の認知的特性に由来するのか、発達性読み書き障害の特性に由来するのかを鑑別することは、適切な教育的支援の提供において重要である。それに加えて、児童が漢字を含む文章を読む際の正誤や反応時間を含めて対面で検証することで、漢字の読みにおけるWMの役割の検討、および、漢字の読みのメカニズム解明に対する示唆を提供できるだろう。

## 【引用文献】

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment.
- Anwyl-Irvine, A. L., Massonnié, J., Flitton, A., Kirkham, N., & Evershed, J. K. (2020). Gorilla in our midst: An online behavioral experiment builder. *Behavior Research Methods*, *52*, 388–407. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01237-x>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, *36*(3), 189–208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, *49*(6), 1393–1400. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Eden, G. F., VanMeter, J. W., Rumsey, J. M., & Zeffiro, T. A. (1996). The Visual Deficit Theory of Developmental Dyslexia. *NeuroImage*, *4*(3), S108–S117. <https://doi.org/10.1006/nimg.1996.0061>
- Gathercole S. E., & Alloway T. P. (2008). *Working Memory and Learning: A Practical Guide for Teachers*. Sage Press.
- (ギャザコール, S. E. & アロウェイ, T. P. 湯澤 正通・湯澤 美紀 (監訳) (2009). ワーキングメモリと学習: 教師のための実践ガイド 北大路書房)
- 後藤 隆章・赤塚 めぐみ・池尻 加奈子・小池 敏英 (2009). LD 児における漢字の読みの学習過程とその促進に関する研究 特殊教育学研究, *47*(2), 81–90. <https://doi.org/10.6033/tokkyou.47.81>
- 後藤 多可志・宇野 彰・春原 則子・金子 真人・粟屋 徳子・狐塚 順子・片野 晶子 (2010). 発達性読み書き障害児における視機能、視知覚および視覚認知機能について 音声言語医学, *51*(1), 38–53. <https://doi.org/10.5112/jjlp.51.38>
- Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, *7*(1), 6–10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- Lindgren, S. D., De Renzi, E., & Richman, L. C. (1985). Cross-national comparisons of developmental dyslexia in Italy and the United States. *Child Development*, *56*(6), 1404–1417. <https://doi.org/10.2307/1130460>
- 文部科学省 (2010). 小学校学習指導要領 学年別漢字 配当表. Retrieved September 8, 2023, from [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/koku/001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/koku/001.htm)
- 大石 敬子・斎藤 佐和子 (1999). 言語発達障害における音韻の問題－読み書き障害の場合－ 音声言語 医学, *40*(4), 378–387. <https://doi.org/10.5112/jjlp.40.378>
- 岡 牧郎 (2017). LD と自閉スペクトラム症, 注意欠如・多動症 (併存障害) 児童青年精神医学とその近接領域, *58*(2), 236–245. [https://doi.org/10.20615/jscap.58.2\\_236](https://doi.org/10.20615/jscap.58.2_236)

- 小澤 郁美・湯澤 正通・福屋 いずみ・小田 真実・福丸 奈津子・梶木 育子・小池 薫 (2019). 小学校入学時のワーキングメモリが予測する児童の読み書き困難 発達心理学研究, 30(4), 278-287. <https://doi.org/10.11201/jjdp.30.278>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- 清水 裕士 (2016). フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案. *メディア・情報・コミュニケーション研究*, 1, 59-73.
- Snowling, M. (1998). Dyslexia as a Phonological Deficit: Evidence and Implications. *Child Psychology and Psychiatry Review*, 3(1), 4-11. <https://doi.org/10.1111/1475-3588.00201>
- Song, K., Goto, T., Koike, T., & Ohta, M. (2007). Visual Memory of Motor Imagery in Children With Specific Disorders of Kanji Writing. *The Japanese Journal of Special Education*, 44(6), 437-449. <https://doi.org/10.6033/tokkyou.44.437>
- 宇野 彰・加我 牧子・稲垣 真澄 (1995). 漢字書字に特異的な障害を示した学習障害の1例 脳と発達, 27(5), 395-400. <https://doi.org/10.11251/ojiscn1969.27.395>
- 宇野 彰・金子 真人・春原 則子・松田 博史・加藤 元一郎・笠原 麻里 (2002). 発達性読み書き障害－神経心理学のおよび認知神経心理学的分析－失語症研究, 22(2), 130-136. <https://doi.org/10.2496/apr.22.130>
- Uno, A., Wydell, T. N., Haruhara, N., Kaneko, M., & Shinya, N. (2009). Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: Normal readers versus poor readers (dyslexics). *Reading and Writing*, 22, 755-789. <https://doi.org/10.1007/s11145-008-9128-8>
- Vanderplas, J. M., & Garvin, E. A. (1959). The association value of random shapes. *Journal of Experimental Psychology*, 57(3), 147-154. <https://doi.org/10.1037/h0048723>
- Wang, S., & Allen, R. J. (2018). Cross-modal working memory binding and word recognition skills: How specific is the link? *Memory*, 26(4), 514-523. <https://doi.org/10.1080/09658211.2017.1380835>
- Wang, S., Allen, R. J., Fang, S.-Y., & Li, P. (2017). Cross-modal working memory binding and L1-L2 word learning. *Memory & Cognition*, 45, 1371-1383. <https://doi.org/10.3758/s13421-017-0731-2>
- Wang, S., Allen, R. J., Lee, J. R., & Hsieh, C.-E. (2015). Evaluating the developmental trajectory of the episodic buffer component of working memory and its relation to word recognition in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 133, 16-28. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.01.002>
- Wydell, T. N., & Butterworth, B. (1999). A case study of an English-Japanese bilingual with monolingual dyslexia. *Cognition*, 70(3), 273-305. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00016-5](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00016-5)
- 湯澤 正通・蔵永 瞳・齊藤 智・水口 啓吾・渡辺 大介・森田 愛子 (2019). 児童・生徒用集団式ワーキングメモリアセスメントテストの作成 発達心理学研究, 30(4), 253-265. <https://doi.org/10.11201/jjdp.30.253>
- 湯澤 美紀 (2010). 幼児の音韻的短期記憶に関する研究 風間書房

Appendix 学年別の読み課題に使用した刺激の例

学年	漢字読み課題		送り仮名課題		文章読み課題	
	漢字	読み	読み	漢字	文章	イラスト
2年生	正答	右足 みぎあし 夕がた ゆうがた	あからむ 赤らむ やすめる 休める	雨が ふってきた いえて 火じが おきる	雨が降っているイラスト 家が火事になっているイラスト	
	誤答	文字 ぶんじ まい日 まいひ	はやめる 早る のぼる 上げる	赤いろの ようふくを きる 石を なげる	青色の洋服を着るイラスト ブーメランを投げるイラスト	
3年生	正答	読書 どくしょ 広場 ひろば	たのしむ 楽しむ よわまる 弱まる	川原で 魚つりを する お父さんと 工作を する	川原で魚釣りをするイラスト お父さんと工作をするイラスト	
	誤答	野原 のげん 新年 しんとし	まるめる 丸る したしむ 親たしむ	今日の 夜ごはんは やき肉だ 男の子は 元気だ	夜ごはんに魚を食べるイラスト 病気の男の子のイラスト	