

小学生における漢字の形態・音韻・意味処理に対する脳活動の発達的变化

徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 佐藤 裕
理化学研究所 脳神経科学研究センター 山根 直人

研究成果要約

1. 研究活動の概要

漢字の習得において、学習者は各漢字が有する形態・読み（音）・意味の3つを学ぶ必要がある。漢字の教育・練習教材において、これら3種の特徴のいずれを重点的に教育したり教材に含めたりするかに関する明確な指針は存在しない。しかし、漢字を含めた文字処理に関する能力や方略は年齢や学年、外国人の場合は日本語のレベルにより異なることが想定されるため、漢字教育において、文字の処理能力レベルやその発達的变化を考慮した教育指導法の導入や教材の活用が効果的であると考えられる。例えば、漢字を含む文字の脳内処理に関して、文字の読み方（音）を考慮し文字を音韻化する処理を経て読む経路（間接経路）と、文字をみて直接的に意味処理する経路（直接経路）の2種類が存在し、読みの発達過程として、文字と音との対応の学習が進むことでまず間接経路の発達が進み、後に、黙読の向上に伴い直接経路の処理が進むようになると想定されている。この発達過程に基づけば、低学年では読みや音を重点的に教育し、その後、意味処理を考慮した教育の展開がより効果的であるとの提言が可能である。しかし、小学生における漢字に対する脳内処理機構を含めた形態・読み・意味処理の発達過程は明らかになっていない。そこで、本研究では、漢字処理能力の発達を考慮した漢字教育法の提案を目指し、小学生を対象に漢字の形態処理、読み処理（どんな読みが可能か）、意味処理における処理時間、正確性、再認率、及び、脳反応を計測し、教育法の検討において基盤となり得る漢字処理の発達的变化を明らかにすることを目的とし、実験的研究を実施した。

2. 研究成果の概要

3種の課題成績を小学生全体で比較した結果、意味、読み処理の正確性が低く、読み処理により時間がかかっていた。学年別に分析した結果、形態処理と比較し、小学2-3年で読み処理の成績が低く、小学4年生では意味処理の正確性が低かった。小学5-6年生は成人と類似した結果を示し、漢字処理が成熟しつつあることが示唆された。脳反応の結果に関して、小学2-3年、4年生では、意味処理の際に音や音韻情報を処理する脳部位の反応が大きく、間接経路による読み処理を実行しつつ意味が処理されていることが示された。また、小学5-6年生では、意味処理において音韻情報処理に関与する脳部位の反応が小さく、直接経路の確立が示唆された。処理の違いによる漢字

再認率に関して、小学生全体では、意味、読み処理を実施した際に提示された漢字がより記憶されやすいことが示された。学年別にみると、小学2-3年生では処理間で再認率に差異がなかったが、学年が上がるにつれて、読み処理や意味処理を実行することで漢字の記憶が比較的定着しやすくなることが示された。

3. 成果活用について

本研究で得られた小学生の漢字処理における発達データは文字処理発達領域における学問的意義があり、例えば、神経科学的根拠を加えたより実地的な文字処理モデルの構築等の研究へ活用可能である。また、本研究の成果は、漢字教育法の確立にむけた提案のための根拠として活用され得ると考えられる。例えば、本研究により、小学校低学年では漢字の読みや音の想起に負荷がかかる可能性が得られたため、低学年では読みや音を訓練する漢字の学習法が適していると推察される。このように漢字処理特性に合わせた教材や指導法の提案が可能となる。また、この漢字の処理特性の発達に基づく教育法は、留学生等、日本語学習者の教育・指導法にも応用し得ると考えられるため、日本語教育における貢献も期待される。さらに、本研究手法を読みの学習に困難を有する小児に応用することで、漢字処理に関する脳機能における問題点の検討等、病態生理の解明にも寄与できる点で、社会的、教育的な面で本研究の成果を活用し得る。最終的に、本研究の結果や下記の今後の研究課題の実施結果を公表することで漢字教育の発展に貢献したい。

4. 今後の研究課題

本研究で得られた漢字処理特性の発達を考慮した漢字教育法を提案し、その教育法を実践、あるいは実験的に検証し、実際に児童の漢字処理能力がいかに変化するか、能力が上昇するかを示し、教育法として確立させることが今後の研究課題である。現在、脳科学が発展を遂げてきており、漢字教育においても脳科学で得られた知見を利用できることが示されれば、新たな教育法の進展や学習効果の判定にも応用が可能となり、よりよい教育実践が進展することが期待される。

研究成果報告

1. はじめに

漢字の習得において、学習者は各漢字が有する形態・読み（音）・意味の3つの要素を学ぶ必要がある。漢字を学習する目的は個々人で異なっており、例えば小学生・外国人留学生の目的は、日本語の文章を読むための漢字知識を獲得し、運用能力をつけることである（小林, 1998）。一方、中高年者を対象とした漢字練習教材では、脳の活性化や痴呆の防止が謳われている。従って、その目的に応じた漢字の教育方法や練習教材を用いることがより効果的であると想定される。しかし、漢字の教育・練習教材において、漢字が有する上記3種の特徴のうち、どれに重点をおいて教育したり教材に含めたりするかに関する明確な指針は存在しない。小学生や外国人留学生を対象とした漢字教育において、年齢や学年、認知能力の発達の程度あるいは日本語のレベル等によって適した教育法は異なると想定されることから、形態・読み（音）・意味の処理能力レベルやその発達的变化を考慮した教育指導法の導入や教材の活用が効果的であると考えられる。本研究の最終目標は、漢字処理能力の発達を考慮した漢字教育法の提案であるが、本助成における研究では、小学生に焦点を当て、小学生に対する漢字教育法の検討において基盤となり得る、漢字の処理に関する発達的变化を脳機能測定法や認知心理学的手法を用いて明らかにすることを目的とする。以下に具体的に述べる。

●読みの二重経路モデルと漢字処理発達

まず、佐藤・山根（2017）でまとめられている読みの発達に関する記述を引用しその概略を示す。我々が言語を獲得する際、発達初期では音声入力に基づく聴性言語処理が進み、その後、文字情報と音韻情報との対応を学習し読みが習得され、最終的には視覚的に提示された文字から意味処理することが可能となる。具体的には、次のような発達段階が想定されている。聴性言語発達として、まず生後1年程度、母語に特化した音韻知覚が発達し、1歳を過ぎると語彙処理が進み音声と意味との結びつきが学習される。次に、音韻意識が発達し、幼児は音の連鎖からなる語を言語学的な音節・拍などの音韻的構成要素に分節化し、それぞれの語音を同定する能力を獲得し、読み書きの習得に先立ち音韻表象を形成していく（原, 2001）。例えば、日本語を母語とする幼児は、音声入力された単語を拍（モーラ）単位で分節化することが4-5歳程度で可能となり（伊藤・辰巳, 1997）、「リング」と発話された語が「リ」「ン」「ゴ」に分節化され、3つの音から構成されることを認識する。その後、文字の習得が始まると文字と音韻表象とを結びつけ、日本語においては通常かな一文字と一モーラ音との対応が学習される。文字の習得初期には、一文字ごとに音韻変換して読む逐次的な読みがなされるが、読みが習熟すると、音韻変換を経ずに単語の文字形態情報のみで意味処理が可能となる（小泉, 2011）。

文字で書かれた単語の理解における脳内処理に関して（以下、小泉（2011）に基づき述べる）、二重経路モデルが提唱されており（e.g., Jobard et al., 2003）、文字の視覚的処理から心内辞書へアクセスする経路として、文字素・音素変換を通して得られた音韻表象を用いて処理が進む間接（文字音韻）経路と、単語の形態的情報に基づき直接心内辞書にアクセスする直接（語彙意味）経路があるとされている。各経路での処理に寄与する神経基盤は2000年頃からの研究

により明らかにされつつあり (e.g., Fiez & Petersen, 1998; Jobard et al., 2003; Pugh et al., 2000)、まず文字刺激は視覚野を経て左紡錘状回で単語形状の処理がなされる。間接経路では、文字情報と音声・音韻情報との変換が必要となるが、この機能には聴覚野を含む左上側頭領域 (Brodmann Area (BA) 22/41/42) や縁上回を含む左頭頂部位 (BA 40)、左下前頭領域後背部 (BA 44) が関与する。それに対して、直接経路では、文字形状処理後、音韻情報処理を経ずに意味処理 (左中・下側頭領域後部や左下前頭領域前腹部 (BA 45/47)) がなされる。小児における文字言語の習得過程では、音読の練習を通して文字と音との対応学習が進むことでまず間接経路の発達が進み、後に、黙読の向上に伴い直接経路の処理が進むようになると想定されている。漢字の処理においても、形態としての漢字に対応する読みを結びつける学習から、漢字形態を情報 (意味) として活用する学習へ移行する可能性が指摘されている (廣瀬, 1991)。しかし、日本語を母語とする児童の発達のいずれにおいて直接経路を活用した漢字の読みが獲得されるのか、また、漢字の形態・読み・意味処理に関する習熟がどのように発達的变化を示すかは不明である。そこで本研究では小学生を対象とし、漢字に対する形態的・音韻 (読み) 的・意味的処理課題を遂行する際の脳機能を近赤外分光法 (NIRS: Near Infrared Spectroscopy) にて測定するとともに、課題遂行における正答率 (正確性) と反応時間の結果も分析し、二重経路モデルに基づく漢字の読みに関する発達的变化を明らかにすることを目的とする。

本実験の仮説として、低学年では、漢字の形態知覚後、音韻化 (読み) 処理を経て意味処理をするため (間接経路)、形態処理→音韻処理→意味処理において処理時間が加算的に増加するのに対して、直接経路の獲得が進めば、意味処理と音韻処理で反応時間の差異が小さくなることが想定される。また、脳反応に関して、意味処理において低学年では音韻情報処理部位 (間接経路での処理) と意味処理部位の両方に活動がみられるが、文字処理の発達が進むと音韻情報処理部位の活動は減少し意味処理部位のみの活動が観察される (直接経路の確立) と予想される。実際、かな文字を用いた先行研究 (佐藤・山根, 2017) において、高学年になるにつれて単語の形態的情報に基づき直接心内辞書にアクセスして意味処理が進む直接経路が獲得されつつあることが示唆されており、この先行研究結果に類似する結果が得られると予想される。ただし、日本語で用いられるかな文字 (ひらがなとカタカナ) が音を表す表音文字であるのに対して、漢字は文字が意味をもつ表意文字であり、一つの文字が複数の読み方をもつ場合が多く、形態もかな文字に比べて複雑である (廣瀬, 1991)。従って、かな文字と漢字では読み方略が異なる可能性があり、処理様式や符号化の点でかな文字と漢字の差異を示した報告もある (斎藤, 1981; 野村, 1981)。その場合には上記の仮説とは異なる結果が示されると考えられる。

●漢字再認課題

認知心理学において、記憶成績を向上させる要因の一つとして処理水準の深さが挙げられており、英単語を用いた記憶実験において、語の形態的な処理→音韻処理→意味処理の順に単語の再認成績が良くなることが報告されている (Craik & Tulving, 1975)。この先行研究における具体的な手続きは、被験者に幾つかの単語を提示し、提示された各単語に対して3種の質問のいずれかがなされ、被験者はYesかNoで回答するものである。3種の質問文は次の通りである (森ら, 1995)。

- ・「その単語は大文字で書かれているか？」(形態を問う質問文)

例えば、“TABLE”という単語が提示された場合、Yes反応が正答となり、“table”の場合はNoが正答となる。

- ・「その単語は○○（単語、例えばweight）と韻を踏むか？」（音韻を問う問題）

例えば、crateの場合Yes、marketの場合Noが正答となる。

- ・「その単語は次の文章にうまくあてはまるか？ “彼は町で_____に出会った”。」（意味を問う問題）

例えば、“FRIEND”の場合Yes、“cloud”の場合Noが正答となる。

実験の被験者には提示された単語に対して後で再認テストを実施することを知らせずに上記の判断課題を課す。判断課題終了後に、単語を提示しその単語が判断課題に出現していたかどうかの判断を求める再認テストを実施すると、その再認成績は、意味を問う問題に出現した単語が最も高く、音韻を問う問題で出現した単語、形態を問う問題に出現した単語の順に低くなっていた。

この処理水準の深さによる記憶成績の違いが漢字処理にもあてはまるかどうか検討するため、本研究では脳機能測定の後、各課題に出現した単語の一部に対する再認テストを課し、漢字に対してどのような処理を実施したことで漢字の記憶が高まるかを検討することも目的とする。Craig & Tulving (1975) の知見に基づく、概念的・意味的な「深い処理」を行うことで記憶成績が上がり、効果的な学習が進むことが期待されることから、仮説として、意味判断課題で出現した漢字の再認率が高いことが予想される。この結果が得られた場合、小林 (1998) が指摘するような、漢字授業における「深い」処理をするような学習活動の必要性が再確認されることとなる。一方、文字を提示し形態的な判断や処理をした際に、ヒトは自動的に音韻的・意味的処理まですることが示唆されている。特に漢字を構成する偏や旁はそれぞれ意味や音韻を示す形態として活用されているとの報告があり (桐木, 1986; 廣瀬, 1988)、漢字の偏や旁に関連した形態的な処理をすることのみでも音韻的・意味的処理がなされ、漢字の記憶や学習が促進する可能性が考えられる。

2. 研究方法

2.1. 被験者

小学生2-6年生33名が本研究に参加した。小学生の被験者に読み書きスクリーニング検査 (STRAW) (宇野ら, 2006) を実施し、学年・年齢に応じた読み書き能力を確認した。なお、小学1年生は被験者に含めなかった (2.2.節参照)。また、小学2年生から小学6年生までの被験者を、小学2-3年生、小学4年生、小学5-6年生の3群に分割し、3群間で脳反応や行動反応の相違を検討した。小学生の被験者情報を下記に示す (年齢は測定時2017年7~8月)。

- ・小学2年生2名：年齢7歳4ヶ月~8歳4ヶ月 女児2名
※1名の行動反応データはプログラムの不備により欠如
- ・小学3年生10名：年齢8歳4ヶ月~9歳2ヶ月 女児2名
- ・小学4年生10名：年齢9歳6ヶ月~10歳3ヶ月 女児5名
- ・小学5年生8名：年齢10歳6ヶ月~11歳3ヶ月 女児5名
- ・小学6年生3名：年齢12歳2ヶ月~12歳3ヶ月 女児1名

なお、成人統制群として大学生・大学院生10名も実験に参加した（19歳～26歳 平均21.9歳 女性4名）。すべての被験者にエジンバラ利き手検査を質問形式で実施し、右利きであることを確認した。なお、実験はすべての被験者または保護者に十分な説明と書面による同意を得た後、測定機関である理化学研究所の倫理ガイドラインに沿って実施された。

2.2. 刺激

文部科学省・現行学習指導要領（小学校：平成23年4月～）に定める学年別漢字配当表を基に刺激となる漢字を選定した。実験を実施した時期が、1学期が終了した7～8月であったため、当該学年で学習する漢字をすべて学修していないことを考慮し、主に被験者の学年より下の学年で習う漢字を刺激として用いることとした（例えば小学5年生であれば、4年生以下で習う漢字を主な刺激とする）。従って、小学1年生の場合、学修した漢字のみでは実験を遂行するための漢字刺激数が少なすぎるため今回の実験には含めないこととした。なお成人統制群の被験者には小学6年生用の刺激を用いた。

2.3. 装置

脳反応の測定にはNIRS（ETG-4000, 日立メディコ）を用いた。NIRS（Maki et al., 1995）は、組織内の酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）と脱酸素化ヘモグロビン（deoxy-Hb）、及び両者の加算である総ヘモグロビン（total-Hb）の量的変動を、近赤外光の波長による吸光係数の違いから、局所的に測定するものである（山下ら, 2000）。NIRSによる脳機能測定の特徴として、無侵襲、低拘束性、無音、電場や磁場の影響がない、局所的測定が可能、乳幼児の測定が容易である、等が挙げられる。

本研究では両側の前頭部から頭頂部、及び、側頭部を測定できるよう、光照射・検知プローブを配置した。片側で照射プローブ8本、検知プローブ7本を交互に3cm間隔で3×5の格子状に耳上部に配し、隣接する照射及び検知プローブ間が測定チャンネルとなることから片側で22チャンネル、左右計44チャンネルより反応を記録した（図1）。

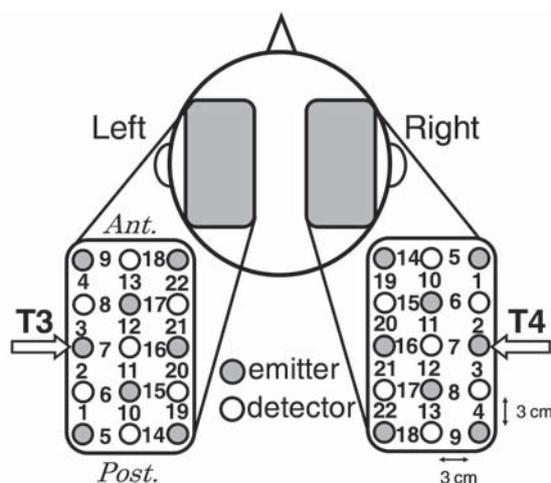


図1 NIRS計測におけるプローブ配置

灰丸が光照射プローブ、白丸が光検知プローブ、間の数字が測定チャンネルを示す。両側において、脳波測定で使用される電極配置を示す10-20法におけるT3とT4がチャンネル2と3の間に位置するよう配置した。

2.4. 手続き

実験は防音室で実施され、被験者は室内の椅子に楽な姿勢で着座し、椅子前方の机に置かれたPCにて各課題を遂行するよう教示された。実験状況はビデオカメラとマイクにて室外からモニターされており、NIRS測定はすべて防音室外で実施された。実験は4セッションに分かれており、各セッションにて、意味判断課題、読み判断課題、形態判断課題、及び統制課題として図形判断課題が行われた。図形判断課題実施後の3つのセッション（課題）の実施順序は被験者ごとにランダムであった。以下に各課題を説明する。

2.4.1. 意味判断課題

意味判断課題は、5つのブロックから構成され、各ブロックの持続時間は30秒、ブロック間のrest区間は20秒であった。各ブロック中に漢字刺激が5対提示され、意味判断課題が5試行実施された。一試行中、まず画面の中央にプラスマーク（+++++）の注視点を1秒間提示した。その後、注視点の位置に、漢字刺激を4秒間提示した。刺激が提示された後には1秒間の空白画面が提示された。被験者は画面に提示された漢字対が反対の意味をもつかそうでないかを判断して、対応するボタンを押すことを教示された。図2aに意味判断課題の流れを模式的に示す。

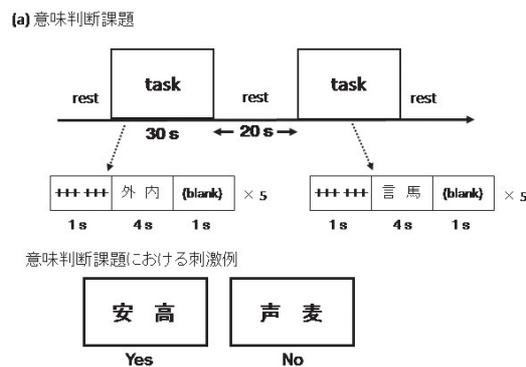


図2a 意味判断課題実験パラダイム

課題における刺激例を下に示す。安—高は対の意味をもつためYes回答が求められる。

2.4.2. 読み判断課題

読み判断課題は、意味判断課題と同様に実施され、課題内容が画面に提示された漢字対が同じ読みをすることが可能かどうかを判断する点で異なっていた。図2bに読み判断課題の流れを模式的に示す。

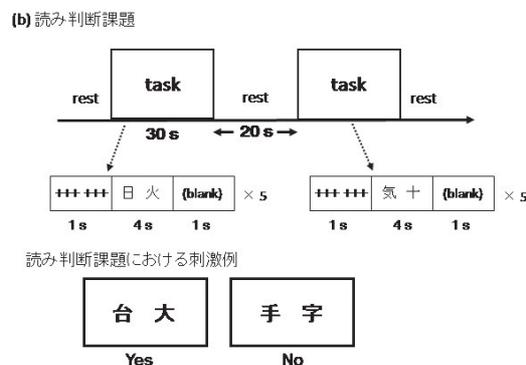


図2b 読み判断課題実験パラダイム

課題における刺激例を下に示す。台—大は同じ読み (/dai/) をもつためYes回答が求められる。

2.4.3. 形態判断課題

形態判断課題も、意味判断課題と同様に実施され、課題内容が画面に提示された漢字対両方に四角形（□）が含まれるかどうかを判断する点で異なっていた。図2cに形態判断課題の流れを模式的に示す。

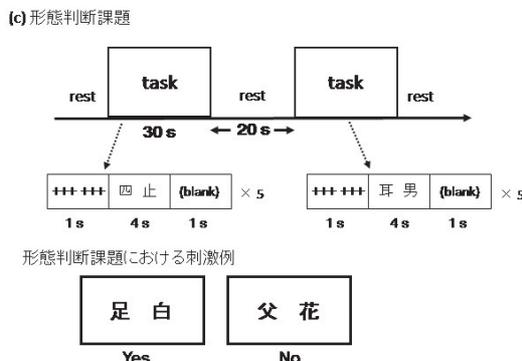


図2c 形態判断課題実験パラダイム

課題における刺激例を下に示す。足、白は四角形を形態的に含むためYes回答が求められる。

2.4.4. 図形判断課題

図形判断課題は、漢字を用いた課題と同様の設定で施行され、漢字対の代わりに黒丸（●）、白丸（○）が出現する点が異なっていた。この課題では、提示される二つの丸が両方とも黒丸かそうでないかを判断するよう教示された。図2dに図形判断課題の流れを模式的に示す。

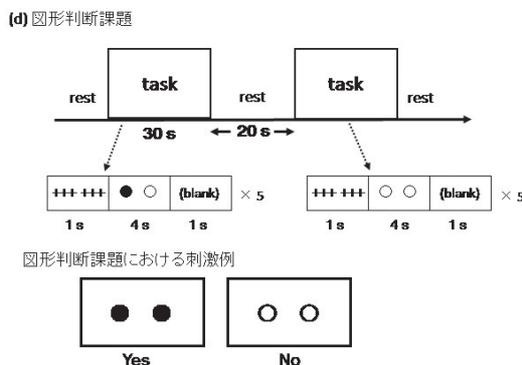


図2d 図形判断課題実験パラダイム

課題における刺激例を下に示す。左例は両方黒丸であるためYes回答が求められる。

各課題遂行中の脳反応を測定するとともに、平均正答率及び平均反応時間を算出した。また、4つの課題に対する脳反応測定の後、漢字再認課題を実施した。漢字再認課題では、72個の漢字を提示し、それらが脳機能測定中に提示された単語であったかそうでないかを、「はい」「いいえ」で被験者に回答をさせた。72個の提示漢字のうち、48個が脳機能測定中に提示された漢字であり、残り24個は課題中に提示されなかった単語であった。

2.5. データ解析

脳反応の解析として、まず、4つの課題における各被験者のチャンネルごとに、オキシヘモグロビン（Oxy-Hb）濃度長反応を、アーチファクトが混入したブロックを除外したのちブロックごとに加算平均した。意味・読み・形態判断課題ごとに加算平均した各チャンネルのOxy-Hb濃度長反応から、

図形判断課題における反応を引き算した。次に、被験者群（小学2-3年、小学4年、小学5-6年、成人統制群）別に課題ごとの各チャンネルにおいて、課題遂行中の30秒間ブロックのOxy-Hb平均値と課題ブロック直前10秒間のOxy-Hb平均値とを比較し、有意に大きい反応が得られたかどうかを判定した。なお、被験者によっては、多動やプローブの緩みにより、解析不能なチャンネルが存在したため、解析に用いられた人数が解析チャンネルによっては被験者数を下回る場合があった。

行動データ解析として、4つの課題における正答率と反応時間に対して、学年（小学2-3年、小学4年、小学5-6年）を被験者間要因、4つの課題を被験者内要因とする2要因分散分析を遂行した。また、成人統制群においては被験者間要因を用いず、4つの課題を被験者内要因とする1要因分散分析を遂行した。なお、正答率に関しては逆正弦変換した値を統計解析に用いた。反応時間は正答の場合のみの値を算出し統計解析に用いた。

漢字再認課題の解析に関して、意味・読み・形態判断課題で提示された漢字に対する再認率を課題間で比較した。なお、先行研究（*Craik & Tulving, 1975*）では、ターゲットとなった単語がそうでない単語よりも再認率が高かったことを考慮し、本研究でも各課題でYes反応を求めた漢字の再認率を算出し解析した。解析は上記の行動データ解析と同様に、小学生のデータに対して、学年（小学2-3年、小学4年、小学5-6年）を被験者間要因、3つの課題を被験者内要因とする2要因分散分析を遂行した。また、成人統制群のデータに関しては被験者間要因を用いず、3つの課題を被験者内要因とする1要因分散分析を遂行した。ここでも、再認率に関して逆正弦変換した値を統計解析に用いた。なお、データの不備のため小学2、3年及び5年生各1名ずつのデータが解析から除外された。

なお、被験者内要因を含む分散分析において、球面性が仮定できなかった場合、Greenhouse-Geisser補正による結果を採用したが、自由度は補正前に用いた値を記す。

3. 結果

3.1. 成人統制群の結果

3.1.1. 行動データ

図3に成人統制群の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間を示す。図中の*は、有意差のあった対比を示す ($p < .05$)。

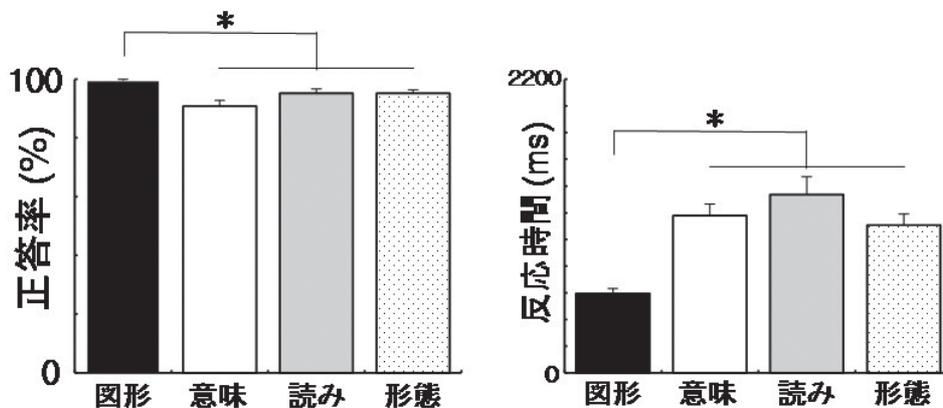


図3 成人統制群における正答率（左）と反応時間（右）

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

正答率に関して、統計には逆正弦変換した値を用いたが、図では直感的に分かりやすくするため、正答率を%で縦軸に示す。正答率に対する1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 27) = 6.60, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での正答率が有意に低くなっていた (図形対意味: $p < .01$ 、図形対読み、図形対形態: $p < .05$)。正答率の結果と同様に、反応時間に関する1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 27) = 35.05, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での反応時間が有意に遅くなっていた (いずれも $p < .01$)。正答率、反応時間のいずれにおいても、意味・読み・形態の3つの課題間で有意な差は生じていなかった。

3.1.2. 脳反応データ

図4に成人統制群の、意味・読み・形態判断課題における脳反応結果 (図形判断課題を減じた結果) を示す。統制課題 (図形判断課題) に比べて意味判断課題において、左下前頭部 (左9チャンネル、図1及び図4参照) で有意に大きい脳反応が観察された。同様に読み判断課題では、頭頂を含む領域 (左20チャンネル) で有意に大きい反応が得られ、その他、聴覚野付近 (左7チャンネル) や左前頭後背部 (左22チャンネル) で有意傾向ではあるが大きい脳反応が得られた。形態判断課題では、左右前頭部に有意に大きい脳反応を示すチャンネルが存在した (左9、右5チャンネル)。

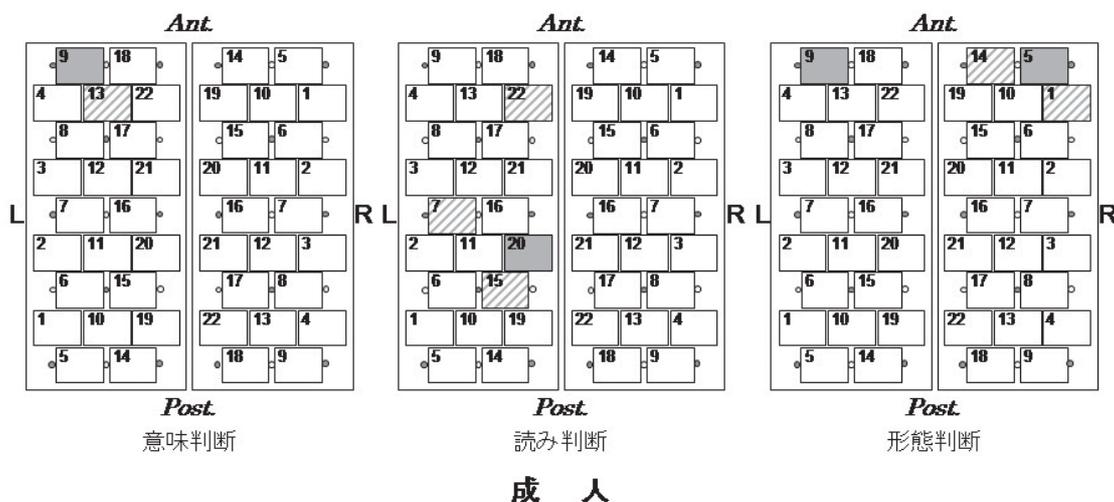


図4 成人統制群における意味 (左)、読み (中)、形態 (右) 判断課題時の脳反応
 図中の各数字は図1に示した測定チャンネルを示す。統制課題に比べて有意な Oxy-Hb の増加が観察されたチャンネルを灰色で示す (斜線は有意傾向)。灰丸が光照射プローブ、白丸が光検知プローブを示す。

3.1.3. 漢字再認課題結果

図5に成人統制群の漢字再認課題結果について意味・読み・形態判断課題に出現した単語ごとの再認率を示す。統計には逆正弦変換した値を用いたが、図では直感的に分かりやすくするため、再認率を%で縦軸に示す。図中の*は、有意差のあった対比を示す ($p < .05$)。

再認率に関して1要因分散分析を実施したところ、課題要因の主効果が有意であり ($F(2, 18) = 13.72, p < .01$)、下位検定の結果、形態判断課題で出現した漢字よりも、意味判断課題 ($p < .01$) 及び、読み判断課題 ($p < .05$) で出現した漢字の再認率が高かった。

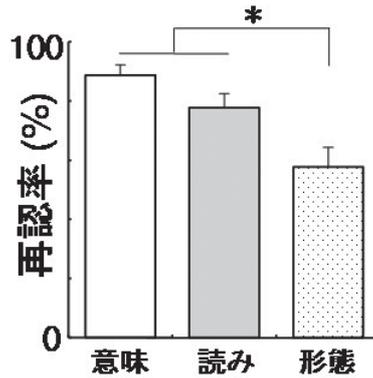


図5 成人統制群の漢字再認課題における課題別の漢字再認率
図中のエラーバーは標準誤差を示す。

3.2. 小学生の結果

3.2.1. 行動データ (小学2-6年生)

小学2-6年生すべての小学生被験者の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間に関して、被験者間要因として学年要因 (小学2-3年生、小学4年生、小学5-6年生)、被験者内要因として課題要因を設定した2要因分散分析を実施した。

図6にすべての小学生被験者 (小学2-6年生) の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間を示す。図の見方や表示法は図3と同様である。正答率に関して、交互作用が有意でなく ($F(6, 87) = 0.54, p > .05$)、また学年要因の主効果もみられなかった ($F(2, 29) = 0.35, p > .05$)。しかし、課題要因に関して主効果がみられ ($F(3, 87) = 30.88, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での正答率が有意に低くなっていたことに加え (いずれも $p < .01$)、意味、読み判断課題の正答率が形態判断課題より低くなっていた (いずれも $p < .01$)。

反応時間も同様に、交互作用が有意でなく ($F(6, 87) = 0.66, p > .05$)、学年要因の主効果がみられなかったが ($F(2, 29) = 1.22, p > .05$)、課題要因の主効果がみられた ($F(3, 87) = 94.71, p < .01$)。下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での反応時間が遅くなっていたことに加え (いずれも $p < .01$)、読み判断課題の反応時間が、意味判断課題及び形態判断課題よりも遅くなっていた (いずれも $p < .01$)。

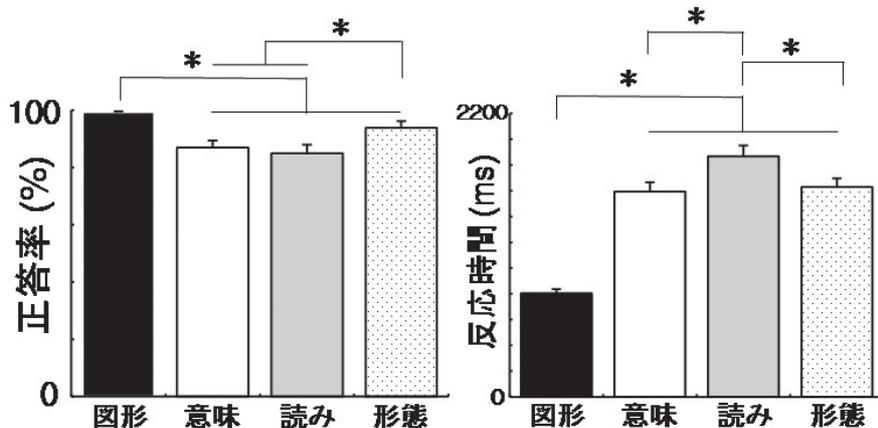


図6 小学2-6年生における正答率 (左) と反応時間 (右)
図中のエラーバーは標準誤差を示す。

3.2.2. 行動データ (学年群別)

行動データの解析では上記に示すように学年の被験者間要因の主効果や交互作用が有意でなかったため上記が正規の結果となる。ただし、学年を経るごとに変化がないかどうかを確認するため学年群ごとに正答率と反応時間に関して課題要因を被験者内要因とする1要因分散分析を実施した。

図7に小学2-3年生群の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間を示す。図の見方や表示法は図3と同様である。正答率に関して、1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 30) = 13.09, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み判断課題での正答率が有意に低くなっていた (いずれも $p < .01$)。また、形態判断課題に比べて読み判断課題の正答率が有意に低かった ($p < .05$)。

正答率の結果と同様、反応時間に関する1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 30) = 31.68, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での反応時間が有意に遅くなっていた (いずれも $p < .01$)。また、形態判断課題に比べて読み判断課題の反応時間が有意に遅かった ($p < .05$)。

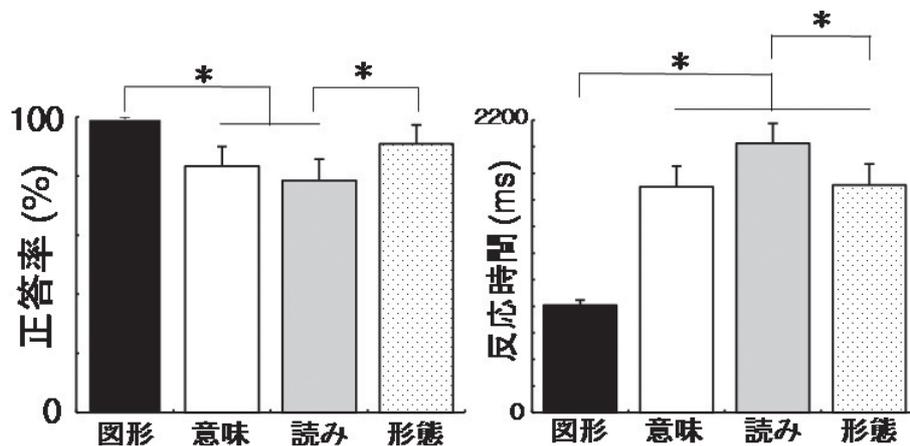


図7 小学2-3年生における正答率 (左) と反応時間 (右)

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

図8に小学4年生群の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間を示す。図の見方や表示法は図3と同様である。正答率に関して、1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 27) = 14.75, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み判断課題での正答率が有意に低くなっていた (図形対意味: $p < .01$ 、図形対読み: $p < .05$)。また、形態判断課題に比べて意味判断課題の正答率が有意に低かった ($p < .05$)。反応時間に関しては、1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 27) = 32.80, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での反応時間が有意に遅くなっていた (いずれも $p < .01$)。3つの意味・読み・形態判断課題間で有意な差は生じていなかった。

図9に小学5-6年生群の、意味・読み・形態判断課題及び図形判断課題における正答率と反応時間を示す。図の見方や表示法は図3と同様である。正答率に関して、1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 30) = 7.75, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み判断課題での正答率が有意に低くなっていた (いずれも $p < .01$)。反応時

間に関しては、1要因分散分析の結果、課題要因の主効果が有意であり ($F(3, 30) = 32.62, p < .01$)、下位検定の結果、図形判断課題に比して、意味・読み・形態判断課題での反応時間が有意に遅くなっていた (いずれも $p < .01$)。3つの意味・読み・形態判断課題間で有意な差は生じていなかった。

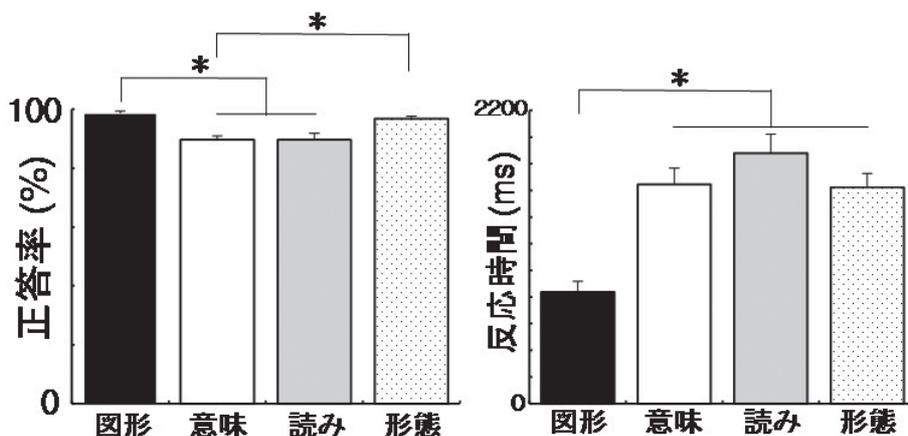


図8 小学4年生における正答率 (左) と反応時間 (右)

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

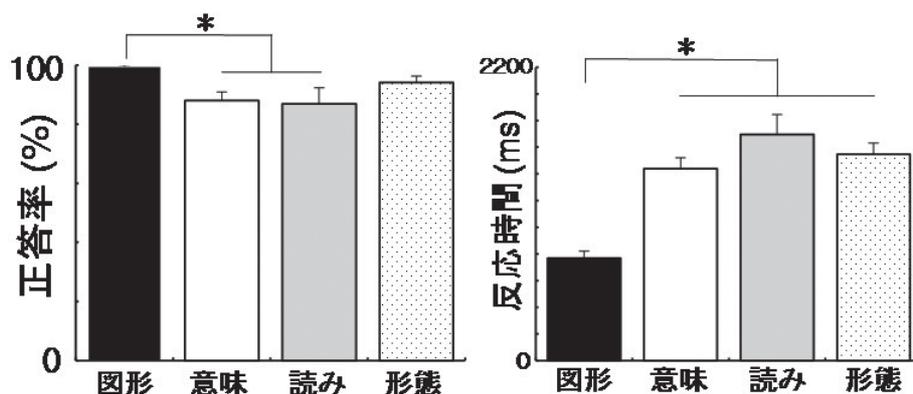


図9 小学5-6年生における正答率 (左) と反応時間 (右)

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

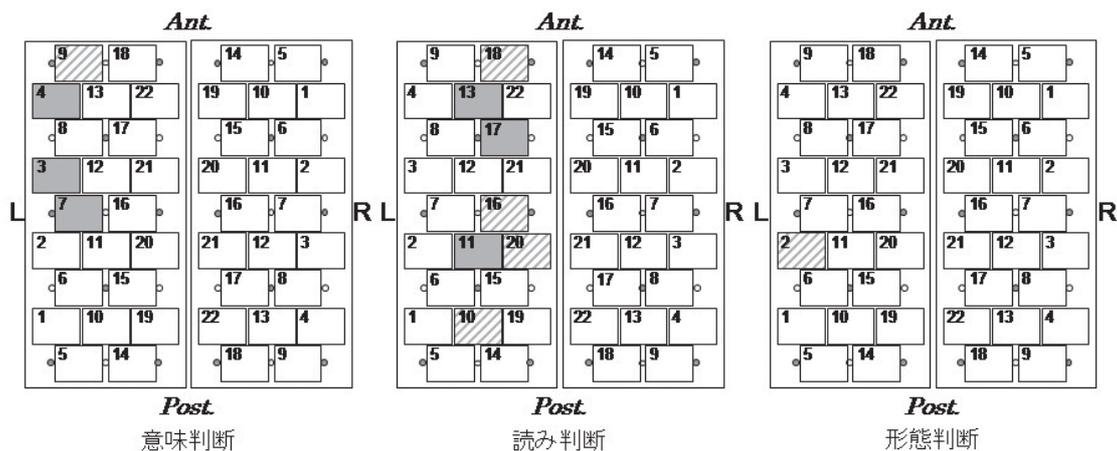
3.2.3. 脳反応データ

図10、11、12に小学2-3年生、4年生、5-6年生の、意味・読み・形態判断課題における脳反応結果 (図形判断課題における脳反応を減じた結果) を示す。図の見方は図4と同様である。小学2-3年生において (図10)、統制課題 (図形判断課題) に比べて意味判断課題において、左下前頭前腹部 (左4チャンネル) 及び左聴覚野を含む側頭部 (左3、7チャンネル) で有意に大きい脳反応が観察された。読み判断課題では、ブローカ領域を含む左下前頭領域 (左13、17チャンネル)、ウェルニッケ野を含む側頭-頭頂領域 (左11チャンネル) で有意に大きい反応が得られ、それらの周辺で有意傾向となる脳反応が得られた。形態判断課題では、中側頭部で有意傾向を示すチャンネルが存在したのみであった (左2チャンネル)。

小学4年生では (図11)、統制課題 (図形判断課題) に比べて意味判断課題において、左下

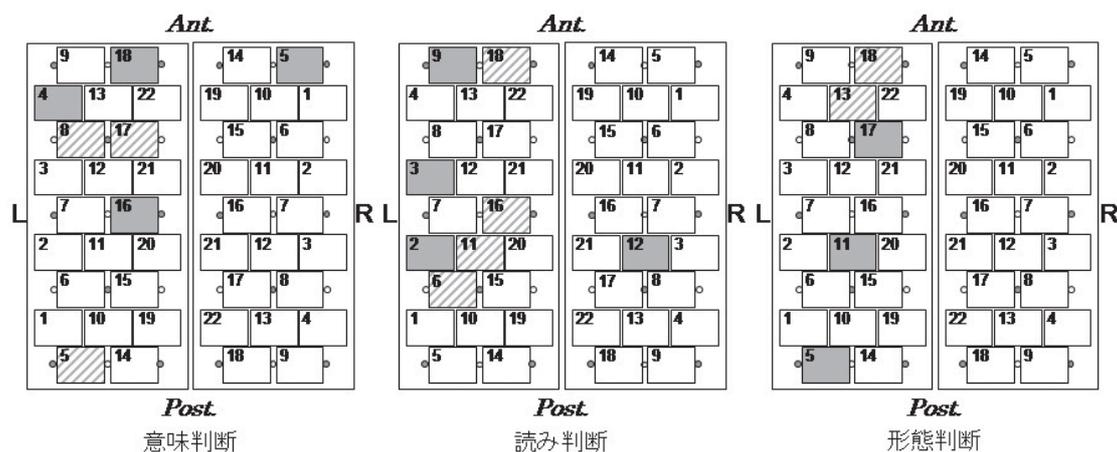
前頭前腹部（左4チャンネル）、縁上回を含む頭頂領域（左16チャンネル）及び左前頭部（左18チャンネル）で有意に大きい脳反応が観察された。読み判断課題では、側頭領域（左2、3チャンネル）及び左下前頭部（左9チャンネル）で有意に大きい反応が得られた。形態判断課題では、紡錘状回を含む側頭領域（左5チャンネル）や左下前頭領域（左17チャンネル）、側頭—頭頂領域（左11チャンネル）で有意に大きい反応が観察された。

小学5-6年生では、いずれの課題においても図形判断課題と比べて有意に大きい反応を示したチャンネルは存在しなかった。



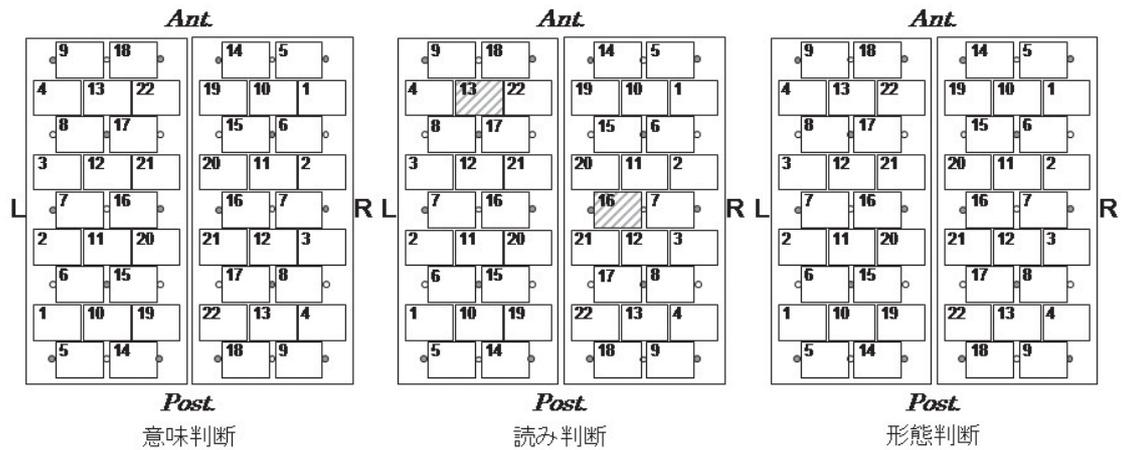
小学2-3年生

図10 小学2-3年生における意味（左）、読み（中）、形態（右）判断課題時の脳反応
図中の各数字は図1に示した測定チャンネルを示す。統制課題に比べて有意な Oxy-Hb の増加が観察されたチャンネルを灰色で示す（斜線は有意傾向）。灰丸が光照射プローブ、白丸が光検知プローブを示す。



小学4年生

図11 小学4年生における意味（左）、読み（中）、形態（右）判断課題時の脳反応
図中の各数字は図1に示した測定チャンネルを示す。統制課題に比べて有意な Oxy-Hb の増加が観察されたチャンネルを灰色で示す（斜線は有意傾向）。灰丸が光照射プローブ、白丸が光検知プローブを示す。



小学5-6年生

図12 小学5-6年生における意味（左）、読み（中）、形態（右）判断課題時の脳反応
 図中の各数字は図1に示した測定チャンネルを示す。統制課題に比べて有意なOxy-Hbの増加が観察されたチャンネルを灰色で示す（斜線は有意傾向）。灰丸が光照射プローブ、白丸が光検知プローブを示す。

3.2.4. 漢字再認課題結果（小学2-6年生）

小学2-6年生すべての小学生被験者の漢字再認課題結果について、被験者間要因として学年要因（小学2-3年生、小学4年生、小学5-6年生）、被験者内要因として課題要因を設定した2要因分散分析を実施した。その結果、交互作用が有意でなく ($F(4, 54) = 0.84, p > .05$)、また学年要因の主効果もみられなかった ($F(2, 27) = 0.09, p > .05$)。しかし、課題要因に関して主効果がみられ ($F(2, 54) = 6.76, p < .01$)、下位検定の結果、形態判断課題で出現した漢字よりも、意味判断課題、及び、読み判断課題（いずれも $p < .05$ ）で出現した漢字の再認率が高かった。この結果を図13に示す。図の見方は図5と同様である。

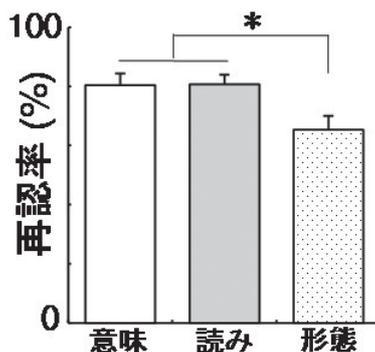


図13 小学2-6年生の漢字再認課題における課題別の漢字再認率
 図中のエラーバーは標準誤差を示す。

3.2.5. 漢字再認課題結果（学年群別）

小学生の漢字再認課題結果では上記に示すように学年の被験者間要因の主効果や交互作用が有意でなかったため上記が正規の結果となる。ただし、学年を経るごとに変化がないかどうかを確認するため学年群ごとに再認率に関して課題要因を被験者内要因とする1要因分散分析を

実施した。下記の各図の見方は図5と同様である。

図14に小学2-3年生の漢字再認課題結果について、意味・読み・形態判断課題に出現した単語ごとの再認率を示す。1要因分散分析の結果、課題要因の主効果がみられなかった ($F(2, 18) = 0.22, p > .05$)。

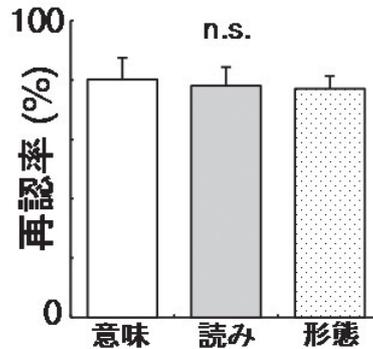


図14 小学2-3年生の漢字再認課題における課題別の漢字再認率

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

図15に小学4年生の漢字再認課題結果について、意味・読み・形態判断課題に出現した単語ごとの再認率を示す。1要因分散分析の結果、課題要因の主効果がみられたものの ($F(2, 18) = 4.18, p < .05$)、下位検定の結果、形態判断課題で出現した漢字と読み判断課題で出現した漢字の再認率の差が有意傾向に留まるのみであった。図中の†は、 $p < .10$ を示す。

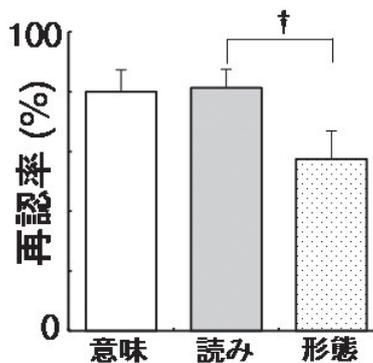


図15 小学4年生の漢字再認課題における課題別の漢字再認率

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

図16に小学5-6年生の漢字再認課題結果について、意味・読み・形態判断課題に出現した単語ごとの再認率を示す。1要因分散分析の結果、課題要因の主効果がみられたものの ($F(2, 18) = 5.02, p < .05$)、下位検定の結果、形態判断課題で出現した漢字と意味判断課題で出現した漢字の再認率の差が有意傾向に留まるのみであった ($p < .10$)。図の見方は図15と同様である。

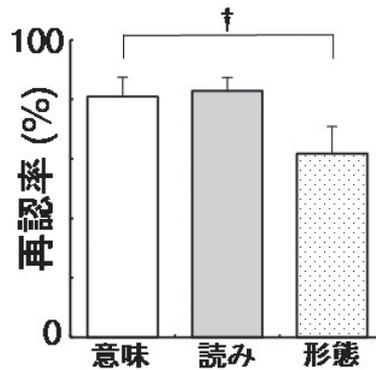


図16 小学5-6年生の漢字再認課題における課題別の漢字再認率

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

4. 考察

本研究では、小学生の漢字認知に関する処理能力や発達に応じた教育法や教育教材の提案を最終目標に据え、その根拠となる小学生の漢字認知発達を明らかにするため、漢字に対する意味処理、読み（音）処理、形態処理機能を脳機能測定及び認知心理学的手法により測定した。まず、成人統制群の結果をまとめたのち、小学生の漢字認知発達について考察する。

4.1. 成人統制群の漢字認知処理

成人統制群の意味・読み・形態判断課題における行動データに関して、丸の色を判断するだけの図形判断課題に比べると正答率や反応時間で有意差が生じていたが、3つの処理間では正答率や反応時間において差異がないことが示された（図3）。後で詳しくみるが、小学生では形態判断課題に比べて意味や読み判断課題の成績が概ね低くなっていた点を考慮すると、成人になるにつれて意味処理や読みの処理が完成されつつあることがうかがえる。脳反応データ（図4）に関して、意味判断課題で意味処理に関与する左下前頭領域や、読み判断課題で音韻処理に関与する左頭頂部位において脳反応が有意に増大しており、各処理に応じた脳活動が観察された。形態判断処理では、前頭部で大きい脳反応が示された。この活動の根拠を明確に説明するのは困難であるが、意味判断や読み判断課題と比べて行動データにおいて差がないことから、比較的容易と考えられる形態判断課題に対して、ある程度慎重に判断をした結果であるかもしれない。

漢字再認課題では形態判断課題に出現した漢字の再認率が、他の課題で出現した漢字に比べて低くなっていた。この点においては、英単語を用いた先行研究（*Craik & Tulving, 1975*）と同様であり、言語によらずアルファベット単語と漢字で同様の結果となったことは興味深い。ただし、先行研究では読み（音韻）処理と意味処理間でも差異があったが、本研究では差異がみられず、この点が本研究と先行研究の差異である。本研究の結果からすると、漢字の読み処理が意味処理と同様の処理の深さを引き起こしたと考えられるが、それには漢字が音読み・訓読みを含め複数の読み方をもっている場合が多いため（*廣瀬, 1991*）、漢字の読みの処理には英単語の読みと比べると処理負荷がかかり、より記憶に残った可能性がある。ただし、図5の

グラフをみると、今回の研究で読みと意味課題間で再認率に有意差がなかったものの、本質的には差異が存在している可能性も考えられる。今回は成人被験者に対して小学生で習う漢字を使用した。難易度の高い漢字を用いていけば、漢字再認結果、あるいは脳反応やその行動データも含め今回とは異なる結果となった可能性があることに留意する必要がある。

4.2. 小学生の漢字認知処理

4.2.1. 行動データ

小学生の意味、読み、形態判断課題における行動データの全体結果をみると（図6）、正答率に関しては、成人統制群の結果と同様、図形判断課題の成績が他の課題に比べて高かったことに加えて、形態判断課題の成績と比べて、意味、読み判断課題の成績が低くなっていた。このことから、小学生全体では意味や読みの正確性を教育する方法が漢字成績の上昇に有効であることが示唆される。一方、反応時間では、図形判断課題の反応時間が他の課題よりも短かったことに加え、3つの課題間における差異として読み判断処理において他の処理課題よりも時間を要している結果が得られた。正答率では差がなかったものの、読み判断課題と意味処理課題間でも反応時間に差があったことは注目すべき点であり、読み判断課題で適切な読みの検索に時間がかかっていることが推察される。前項でも示唆したが、複数の読みを有する漢字に対してより大きな処理負荷がかかることが示唆される。

小学生の行動データに関して上記の結果が正規のものになるが、本研究の目的が発達的变化を捉えることであったため、統計学上不適切ではあるが、学年群別に分析した結果に関して、図形判断課題を除いた3つの課題の結果について下記に考察する。まず、小学2-3年生では（図7）、正答率・反応時間ともに、読み判断課題と形態判断課題で差異が生じており、読み判断課題が小学2-3年生で特に困難であることが示唆される結果となった。それに対して小学4年生では（図8）、意味判断課題と形態判断課題処理間で正答率に差異が生じており、小学4年生になると意味判断課題における困難性が浮き彫りとなっている。これに関しては、小学校3、4年生の頃から、学習内容に抽象的なものが増加し、いわゆる「9歳あるいは10歳の壁」が指摘される学年であり、学習内容自体が難しくなり出現する漢字においても抽象度が高まることと関連しているかもしれない。また、小学5-6年生（図9）では、正答率で図形判断課題と形態判断課題で差がない点を除いて、成人統制群と同様の結果となっていた。

以上の結果をまとめると、小学生全体として、意味処理と読み処理の正確性に比較的問題が生じる、また読みにおいて処理時間を要することが考えられる。ただし、学年別の結果に基づき小学生の発達を考慮すると、小学生低学年では特に読みの処理、小学校中学年にかけて意味処理において困難性がみられ、高学年あたりから成人の処理に近くなることが示された。

また、読み処理の発達に関する仮説として、低学年では、形態処理→音韻処理→意味処理において処理時間が加算的に増加するのに対して、直接経路の獲得が進めば、意味処理と音韻処理で反応時間の差異が小さくなると想定していた。しかしながら、小学生全体では読み判断課題における反応時間に比べて意味判断課題での反応時間が有意に短くなっていた。また、小学生を群分けして反応時間を検討した結果において、意味判断課題と読み判断課題で反応時間に有意差は観察されなかった。アルファベット言語や日本語のかな文字に比べて、漢字は一文字それ自体に意味を有するため、小学生においても漢字を視覚的に処理する際に、複数ある読みよりもむしろ意味の側面が時間的に早く処理され想起されやすいということを、これらの結果

は示している可能性がある。廣瀬（1991）のreviewにおいて、成人で漢字の処理は音韻処理と意味処理が並列的に実施される可能性や、漢字の認知において音韻処理に比べ意味処理が優位であることを示した研究が紹介されており、漢字における意味処理優位性が小学生において既に生じている可能性が示唆される。なお、正答率に関して意味判断課題と読み判断課題間では有意差はなかったことから、判断の正確性が反応時間に影響した可能性は低い。

4.2.2. 脳反応データ

意味判断課題に対する脳反応データを学年群ごとにみていくと（図10-12）、小学2-3年生、小学4年生では、左下前頭領域に加えて、聴覚野や頭頂領域、左前頭後背領域等での脳反応が出現していた。左下前頭部での反応は、語意味判断処理が実施されたことを反映していると考えられる。また、聴覚野や頭頂領域、左前頭後背領域では、意味判断において文字情報を音韻変換し、語全体の音韻表象を構築する処理が行われたと考えられる（小泉，2011）。このことから、小学4年生頃までは、間接経路による読み処理を実行しつつ意味処理も実施していると考えられる。前項に示したように、漢字の意味処理は読み処理よりも反応時間が短くなることが小学生全体で示されていることから、読み（音）処理後に意味処理がなされるのではなく、意味処理に付随して、あるいは意味処理後に音が処理されている可能性もある。小学5-6年生では、音韻情報処理に関与する脳部位の反応が見られず、直接経路の確立が示唆される。ただし、上記の行動データの考察にあるように、特に表音文字とは異なり、漢字の処理においては小学校低学年から意味処理が比較的優勢に働く可能性があることに留意する必要がある。これらの漢字の読み処理は、間接経路の獲得ののち直接経路が獲得されるといった、これまで得られてきた読みの二重経路モデルの発達にあてはまらず、漢字に対しては特殊なパターンで発達する、あるいは、形態、音韻、意味表象を用いた並列分散処理型モデルであるトライアングル・モデル（安藤，2013；伏見ら，2000）による説明の方が適切である可能性が考えられる。

読み判断課題において、小学2-3年生、小学4年生では左前頭領域、側頭領域、側頭一頭頂領域で脳反応がみられ、読み処理における音韻情報処理部位の活動を反映していると考えられる。また、形態判断課題では、小学4年生で幾つかの領域で有意な脳反応が出現しているが、小学2-3年生や5-6年生では活動がほとんどみられなかった。行動データから考えると形態判断課題は他の2課題より容易であるため図形判断課題との比較において有意な脳活動がほとんどみられなかったと考えられる。

全体として高学年では有意に増大した反応を示したチャンネルが少なかった。ただし、行動成績は低学年と有意差はなかったものの、正答率や反応時間の値を考慮すると低学年に比べて漢字に対する読みの習熟度が上がっていることが示唆される。それにもかかわらず有意な脳反応を示したチャンネルが減少しているのは、脳に負荷をかけずに、効率よく漢字に対する判断処理しているためと考えられる。

4.2.3. 漢字再認課題

小学2-6年生の漢字再認課題結果において（図13）、意味、読み判断課題に出現した漢字の再認率が、形態判断課題で出現した漢字に比べて高くなっていた。この結果は成人の結果と同様であり、漢字の処理において再認の高さの点では、読み処理が意味処理と同等に深い処理がなされていることが示唆される。特に、小学生の結果では意味判断課題と読み判断課題で出現

した漢字の再認率の差が成人被験者群のデータと比べて小さく、小学生において読みの処理も記憶されやすい要素となっていると考えられる。また、小学生を群分けして分析を実施した結果、小学2-3年生では、意味、読み、形態判断課題間で出現した漢字の再認率に差がなく、いずれの処理も同等に記憶に留まることが示唆された。学年が上がると、読み判断課題（小学4年生）や意味判断課題（小学5-6年生）で形態判断課題に比べて有意傾向ではあるが記憶されやすいという結果になっており、小学低学年では、形態判断においても意味処理や読み処理と同等に処理が深くなり、同程度に記憶に留めやすいことが想定される。今回の課題は、漢字の中に四角形の形状を探索するものであり、漢字全体の形態を熟視せずとも回答し得る課題であったが、それにもかかわらず、再認率が高かったことから、漢字の形態を詳細に学ぶことで、小学校低学年では新たに学習する漢字の定着に比較的寄与しやすいことが示唆される。

本課題における仮説として、先行研究にみられたように、「意味処理のような深い処理を実施した場合に記憶に定着しやすい」ということが挙げられていた。小学生低学年では、漢字の形態的処理のみでも漢字の記憶に関しては意味処理や読み処理と同程度の定着が図れることが示された。また、小学校高学年では、形態処理に比べて読み処理や意味処理の方が記憶に留まりやすいことが示唆され、先行研究に一部沿う結果となっていたが、意味処理に特化して再認率が上昇する結果とはならなかった。漢字の記憶定着においては、意味処理と同等に読み処理が寄与する可能性が示され、漢字がもつ複数の読みを想起したり、比較したりすることで処理が深くなることが想定される。この点はアルファベット単語を用いた先行研究と異なり、漢字を用いた本研究で明らかになった点である。ただし、再認率を比較すると、学年が上がると形態判断課題における再認率が下がっていることが示唆され、形態判断が自動化しつつあり記憶に残りにくくなってくるのかもしれない。

5. 結論

本研究では漢字処理における発達的变化を明らかにするため、漢字に対する形態判断、読み判断及び意味判断をしている際の小学生における脳反応及び行動反応データを測定した。さらにその後、各課題で提示された漢字刺激の再認率を比較し、記憶に残りやすい課題を検討した。

小学2-6年生における意味判断、読み判断、形態判断課題の行動データを解析した結果、意味判断や読み判断の成績が形態判断より低く、正答を導くまでの反応時間は読み判断課題で遅くなっていた。このことから、小学生の漢字学習において、意味や読みの正確性を上げること及び読みの処理速度（どんな読みが可能か）を上げることに重点をおくことの重要性が示唆される。学年別にみると、小学校低学年では読みの処理、小学校中学年にかけては意味処理に困難を有することが示唆された。また、脳反応データの解析から、小学校中学年までは、意味処理の際に音韻情報処理に関わる部位も活動することから、間接経路を用いた読みも実行していることが示された。また、小学校高学年になると直接経路を用いた漢字の読みが形成される可能性が示唆された。

漢字再認課題の結果から、小学生全体では、意味処理、読み処理を実施した際に形態処理を実施した場合と比較し、当該の漢字の記憶が定着しやすいことが示された。これはアルファベット言語を用いた先行研究とは異なる結果であることから、漢字特有にみられる効果である可能性が考えられる。学年別にみると、小学2-3年生では処理間で再認率に差異がなく、いずれの

処理においても同等に漢字の記憶定着が図れることが示された。ただし、小学4年生では読み判断課題で、小学5-6年生では意味判断課題で出現した漢字の再認率が形態判断課題に比べて有意傾向ではあるが高くなっており、学年が上がるにつれて、読み処理や意味処理により漢字の記憶が比較的定着しやすくなっていくことが示唆される。

6. 展望

6.1. 次の研究への展望

本研究では、小学生における漢字の形態処理、読み処理、意味処理における処理時間と正確性、及び、脳反応を計測し、二重経路モデルに基づく漢字処理の発達的变化を明らかにすることを目的としていた。この研究プロジェクトの最終目標は小学生の漢字認知における発達的变化に基づく漢字教育法の確立であり、本研究の結果に基づき提案し得る教育法を下記に示す。なお、この教育法を実践、あるいは実験的に検証し、実際に児童の漢字処理能力がいかに変化するか、実際に能力が上昇するかを示し、教育法として確立させることが今後の展望となる。

・小学校低学年を対象とした“音”を取り入れた教育

小学校低学年では読みの処理の正確性が比較的低く、また読み処理に時間がかかることが判明し、それを裏付けるように脳反応データにおいても、意味判断処理課題においても音韻情報を処理する部位に脳活動が観察された。このように、小学校低学年における漢字の処理の特徴として、漢字の読みや音を重視した処理を実施しているものの、読みや音の想起に負荷がかかっている可能性が考えられる。従って、低学年では読みや音を訓練する漢字の習得法が適していると考えられる。例えば、丹羽（2012）の研究にて用いられている「音の出る」絵カードを用いた方法や、聴覚法（春原ら，2005）による方法（例えば、親は「木の上に立って見えるのが親」というように、児童が対応する言い方を聞いて形態が想起できる部分に分解して、漢字の成り立ちを音声言語化して覚える方法）による教育などが挙げられる。これらの方法と他の学習方法とを比較し、低学年児童の漢字の習得に差が生じるかを検証することで、聴覚処理をより活用した“音”による漢字教育の効果や、この教育が適している学年・個人の読みの達成度が判明し、教育法の確立が進むと考えられる。

また、聴覚を積極的に活用する教育法は、小学校低学年を対象とすることから、外国人児童への教育にも応用し得ると考えられる。特に親・養育者が日本語を未習得である場合には、当該児童も日本語の音声入力が不足していると考えられるため、聴覚的な面を重視する教育により漢字の習得が円滑に進むことが期待される。

・小学校高学年を対象とした意味処理に重点をおいた漢字教育

小学校中学年頃になると、意味処理に困難を有することが本研究で見いだされた。また、小学5-6年生では意味判断課題で出現した漢字の再認率が形態判断課題に比べて有意傾向ではあるが高くなり、意味処理により漢字の記憶が比較的定着しやすくなることが本研究で示された。このように、学年が上がるにつれて、漢字の意味処理において負荷がかかるようになるものの逆に記憶には残りやすいという発達を示すことから、高学年にかけては、意味処理を重要視した教育が有効であると考えられる。例えば、例文・文章を活用し、まとまった文章の中にある

漢字を言語的知識や内容の背景となる知識と関連付けながら、当該漢字の語彙・用法を習得する教育法（小林，1997；1998）が効果的であると考えられる。また、まとまった意味的なつながりから部首を選択する学習や、既に有している漢字知識からの推論誤りを減少させる学習方法（小林，1997）が適していることも想定される。このような意味処理を重視した教育法が他の方法と比べて、高学年における漢字の習得をより促進させるかどうかを検証することで、教育法としての確立につなげることが可能となると考えられる。

・漢字の読み書きに困難のある児童の教育への応用

本研究で用いられた手法により、読み書きに困難を有する児童への教育にも応用が可能であると考えられる。例えば、読み書きに困難を有する児童に対する脳機能測定により、対象児童において形態（視覚的）処理に問題があるのか、音韻（聴覚的）処理に問題があるのかが浮き彫りとなる。その後、問題がある処理を強化する教育を施し、その教育が功を奏しているかに関して、再度脳機能測定を実施することで確認が可能である。

本研究で得られた結果を基に、効果的であると考えられる教育法を上記のように提案した。これらを実証・実践することで、新たな漢字教育の構築につながり、本研究の成果が漢字教育へ活用され、漢字教育に貢献し得ると考えられる。現在、脳科学が発展を遂げてきており、漢字教育においても脳科学で得られた知見を利用できることが示されれば、新たな教育法の進展や学習効果の判定にも応用が可能となり、よりよい教育実践が進展することが期待される。

6.2. 本研究の課題

6.2.1. 漢字刺激選定

当初の予定では、

- ・“読みが一通りの漢字”と“非典型的な読みを含めて読み方が複数ある漢字”

- ・心像性が高い（イメージしやすい具体性をもった）語の漢字と心像性が低い語の漢字

等、用いる漢字の種類により処理方略が異なることが考えられるため（安藤，2013；伏見ら，2000）、漢字の、親密度、読み方の多様性、心像性を考慮して（実験の条件に組み込んで）、漢字刺激の選定を行う予定であった。しかしながら、対の意味をもつ漢字ペアや同じ読みをもつ漢字の組み合わせを選定するにあたり、漢字の刺激数が足りなくなる可能性が考えられたため、読みの複雑さや心像性はあえて考慮せずにそれらの要因をランダム化することで影響を少なくするように設定した。しかしながら、やはり上記の要因が読みに影響した可能性が排除できないため、まずは、成人を対象に漢字の読みの複雑さや心像性を考慮した刺激を用いた実験を実施し、結果に影響しないかどうかを検討する必要があると考えられる。

6.2.2. 個人差

今回の研究では、個人差を誤差の変動と捉え被験者グループにおける測定データの平均を基に結果を導き出す手法を用いたため、被験者個人の結果に着目した解析は実施しなかった。ただし、同じ学年であっても被験者間で文字処理能力や処理機構は異なる可能性があり、先に述べたように読みに困難を抱える児童を対象にした研究においては、個々のデータを吟味する必要がある。例えば、被験者個人の様々な測定データの相関を検討するといった解析が考えら

れるが、今回の測定した被験者数では信頼性の高い結果が得られない可能性があるため、個人の結果に着目した検討を進めるためにはさらなる被験者データの取得が必要となろう。

謝辞

本研究は、平成28年度漢字・日本語研究助成により実施されました。また、お世話になった担当の方、実験にご協力いただいた被験者の方々及び保護者様、そして、公益財団法人 日本漢字能力検定協会に感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 安藤壽子 (2013). 健常児におけるトライアングル・モデルの検討. お茶の水女子大学人文科学研究, 9, 25-36.
- Craik, F. I. M., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 268-294.
- Fiez, J. A., & Petersen, S. E. (1998). Neuroimaging studies of word reading. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 914-921.
- 伏見貴夫, 伊集院陸雄, 辰巳格 (2000). 漢字・仮名で書かれた単語・非語の音読に関するトライアングル・モデル (1). *失語症研究*, 20, 115-126.
- 原恵子 (2001). 健常児における音韻意識の発達. *聴能言語学研究*, 18, 10-18.
- 春原則子, 宇野彰, 金子真人 (2005). 発達性読み書き障害児における実験的漢字書字訓練—認知機能特性に基づいた訓練方法の効果—. *音声言語医学*, 46, 10-15.
- 廣瀬等 (1988). 漢字の読み過程における形態情報の効果—音韻マッチング課題による処理方略の検討—. *中国四国心理学会論文集*, 21, 20.
- 廣瀬等 (1991). 漢字の認知に関する心理学的研究の展望. *広島大学教育学部紀要*, 第1部, 40, 57-65.
- 伊藤友彦, 辰巳格 (1997). 特殊拍に対するメタ言語的知識の発達. *音声言語医学*, 38, 196-203.
- Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: a metaanalysis of 35 neuroimaging studies. *NeuroImage*, 20, 693-712.
- 桐木建始 (1986). 漢字形態の記憶構造に関する研究—語彙判断課題における形態要素の機能—. *日本心理学会第50回大会発表論文集*, 206.
- 小林由子 (1997). 漢字学習活動の分類 (2). *日本語教育方法研究会誌*, 4, 6-7.
- 小林由子 (1998). 漢字授業における学習活動—認知心理学的モデルによる検討—. *北海道大学留学生センター紀要*, 2, 88-102.
- 小泉政利 (2011). 言語. 村上郁也 (編), *認知神経科学* (pp. 89-106), オーム社.
- Maki, A., Yamashita, Y., Ito, Y., Watanabe, E., Mayanagi, Y., & Koizumi, H. (1995). Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography. *Medical physics*, 22, 1997-2005.
- 森敏明, 井上毅, 松井孝雄 (共著) (1995). *グラフィック認知心理学*, サイエンス社.

- 丹羽典子 (2012). 日本語能力を高めるための小学校低学年配当漢字指導法 ―漢字学習入門者の意欲を大切にした指導法の研究―. 漢字・日本語教育研究 第1号, 138-153. (http://www.kanken.or.jp/project/data/investigation_aid_2011_a4.pdf)
- 野村幸正 (1981). 漢字, 仮名表記語の情報処理 ―読みに及ぼすデータ推進型処理と概念推進型処理の効果―. 心理学研究, 51, 327-334.
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2000). Functional neuroimaging studies of reading and reading disability (developmental dyslexia). *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 6, 207-213.
- 斎藤洋典(1981). 漢字と仮名の読みにおける形態的符号化及び音的符号化の検討. 心理学研究, 52, 266-273.
- 佐藤裕, 山根直人 (2017). 小学生の読みにおける音韻処理の発達的变化 ―語彙判断・押韻判断処理における脳処理からの検討―. 明治安田心の健康財団 2016年度研究助成論文集, 52, 70-78.
- 宇野彰, 春原則子, 金子真人, Wydell, T. N. (2006). 小学生の読み書きスクリーニング検査, インテルナ出版.
- 山下優一, 牧敦, 山本剛, 小泉英明 (2000). 光トポグラフィ技術の将来像. 脳の科学, 22, 1263-1268.