

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14297

研究課題名(和文) コンピュータモデリングによる仮名の読み障害メカニズム解明から読み指導法の効果予測

研究課題名(英文) Elucidation of underlying mechanisms and prediction of the effectiveness of reading methods in reading deficits using computational modeling

研究代表者

三盃 亜美 (SAMBAI, Ami)

筑波大学・人間系・助教

研究者番号：60730281

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究で行った音読・語彙判断実験結果より、以下の仮説がたてられた。仮名の読み処理は、英語の二重経路モデル同様に、視覚分析、語彙経路、非語彙経路、出力バッファから成るシステムで読みが成立する。仮名の文字列を処理する非語彙経路は、原則、文字単位での処理を基本とし、漢字の読み処理と独立した経路として存在する可能性がある。音韻能力の他に、視覚認知力の弱さによって、仮名の非語彙経路の獲得・使用に障害が生じうる。発達性ディスレクシア例が示す読みの流暢性の問題において、語彙経路が十分に使用できない理由として、文字列レキシコンのサイズが小さいこと、文字列レキシコンの活性が十分でないことが考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、新型コロナウイルス感染症の拡大により、研究の進捗が大幅に遅れ、予定通り、シミュレーション実験を行うことができず、二重経路モデルの完成には至らなかった。しかし、仮名の非語彙経路に関して、仮名の拗音表記の処理過程をより詳細に明らかにでき、二重経路モデルの枠組みを提案することにつながったという点に学術的意義があったと思われる。そして、発達性ディスレクシア例の文字列レキシコンの問題を明らかにできたことから、本研究成果は読みの流暢性を向上させる指導法の提案や教材づくりにつながると考えられ、教育的、社会的意義がある研究になったと思われる。

研究成果の概要(英文)：We hypothesized as follows, based on our research results which were obtained in reading and lexical decision experiments: (1) like the dual route model in English, the reading process for kana consists of visual analysis, a lexical route, a non-lexical route, and an output buffer. (2) The non-lexical route in kana is assumed to work in the character level rather than the grapheme level and to exist as an independent route from the non-lexical route of kanji. (3) Weakness in visual cognitive abilities may impair the acquisition and use of the non-lexical route in kana. (4) In the reading problem in terms of fluency, the reasons for inadequate use of the lexical route may be due to the small size of the orthographic lexicon and insufficient activation of word-spelling representations in the orthographic lexicon.

研究分野：特別支援教育、認知神経心理学

キーワード：二重経路モデル 仮名 発達性ディスレクシア 失読 非語彙経路 文字列レキシコン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

知的障害および感覚器障害のない主な読み障害として、発達性ディスレクシア(発達性読み書き障害)と失読がある。どちらの読み障害も、正しく読めない字や単語の特徴(読み特徴)と、弱い/良好な処理(認知特性)が個々の症例で異なる。症例ごとに読み特徴と認知特性をアセスメントし、良好な処理を活用した指導・訓練を行うことが推奨されている。そのような指導・訓練を考える際に用いられるアプローチの一つが、認知神経心理学的アプローチである。

認知神経心理学的アプローチでは、読み障害を讀みの「認知モデル」の一部に弱さがある状態と考える。アセスメント結果を讀みの認知モデルに対応づけて、読み障害の原因と思われる弱い処理と、指導・訓練に活用できる良好な処理を推定する。そして個々の症例の認知特性に応じた指導・訓練を選択・考案する。このアプローチから読み指導・訓練を行う日本の臨床家の多くは英語の「二重経路モデル」(Coltheart et al., 2001)を用いている。しかし二重経路モデルは英語の読み処理を表すモデルで、その構造は英語の文字言語特徴に基づく。日本語の読み処理を検討する際に英語の二重経路モデルの枠組みを適用することについて、その妥当性は保証されておらず、日本語の文字言語特徴を反映した二重経路モデルの枠組みも確立されていない。そこで、日本語の讀みに、英語の「二重経路モデル」の処理過程の枠組みを適用してよいかどうかを検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、コンピュータモデリングという手法を用いて、日本語の二重経路モデルを作成し、そのモデルを用いたシミュレーション実験を行って、二重経路モデルの「仮名の読み処理」に関する枠組みを確立すること(目的1)、仮名の読み障害のメカニズムを解明すること(目的2)、試験的に仮名の読み指導の効果を予測すること(目的3)の3点を目的とした。

3. 研究の方法

まず、仮名の読み処理を検討し、上記の目的1を達成するために、拗音の仮名表記がどのように処理され読まれているかを検討する必要がある。そこで、拗音を含む文字列と含まない文字列の音読成績を比較検討する研究1を行った。また、上記の目的2を達成するために、発達性ディスレクシアのある児童と成人における文字列レキシコンを検討する必要がある。そこで、語彙判断課題を用いて、発達性ディスレクシア例の文字列レキシコンを評価する研究2・3を行った。研究実施期間内に、目的1と目的2に関連して、重要な症例2例を経験した。そこで、研究4として、その症例の読み特徴や認知能力を詳細に検討する症例報告を行った。

最後に、研究1~4の結果を踏まえ、二重経路モデルを精緻化し完成させて、仮名の読み障害のメカニズムを解明するためのシミュレーション実験や、上記の目的3を達成するためのシミュレーション実験を行う予定であった。しかし、新型コロナウイルス感染症の拡大により、研究1~3の実施が大幅に遅れ、研究実施期間内に、二重経路モデルを精緻化し完成させることができず、シミュレーション実験を行うことができなかった。そこで、本研究の研究成果として、行動実験の研究1~4の成果を報告する。

4. 研究成果

(1) 研究1: 拗音の仮名表記に対する非語彙的な処理

目的

一般に、同じ文字数であっても、FOOCE のように二重母音字や二文字子音が含まれる非語の方が、FRULS のように二重母音字や二文字子音が含まれない非語よりも音読潜時が長くなる。この読み現象を whammy effect という。whammy effect は、英語の二重経路モデルにおいて、非語彙経路が書記素単位ではなく文字単位の処理が原則であることを示す証拠となっている

仮名では、拗音においてのみ、複数の文字で1音を表す。拗音の仮名表記に対して、非語彙経路では、まず文字単位での処理が行われた後に書記素単位での処理が行われるのか、それとも、始めから書記素単位での処理が行われるのかどうかについて、十分に分かっていない。そこで、研究1では、拗音を含む文字列の音読潜時の方が、拗音を含まない文字列よりも長くなるのかどうかを検討する。もし拗音を含む文字列の音読潜時が、拗音を含まない文字列よりも長くなった場合には、英単語の読みにおける whammy effect に類似する読み現象が観察されたと考え、非語彙経路では、原則、まずは文字単位で処理されると仮定できる。

結果

18名の大学生・大学院生に、ひらがな・カタカナのいずれかで表記された、拗音を含まない直音のみの非語(拗音なし条件)と、拗音を含む非語(拗音あり条件)を音読してもらった。その結果、ひらがな・カタカナ刺激双方において、拗音あり条件の音読潜時の方が長くなるという有意な whammy effect が得られた。こうして、拗音の仮名表記は、ひらがな、カタカナを問わず、非語彙経路での処理は文字単位での処理を原則とする可能性が示唆された。

(2) 研究2: 発達性ディスレクシアのある児童における文字列レキシコン

目的

Sambai et al. (2012) の研究により、仮名の音読速度が遅い発達性ディスレクシアのある児童では、語彙経路の処理が十分に発達しておらず、非語経路での処理が優位であることが示された。語彙経路の処理が十分に発達していない背景として、文字列レキシコンに何らかの問題があるのではないかと考えられている。しかし、発達性ディスレクシアのある児童の文字列レキシコンに焦点をあてた研究は調べた限りなかった。

一般に、文字列レキシコンは、語彙判断課題を用いて評価される (Coltheart et al., 2001; 橋本ら, 2018)。そこで、研究2では、発達性ディスレクシアのある児童を対象に、黒川ら(2014)が行った語彙判断実験を行い、発達性ディスレクシアのある児童の文字列レキシコンを評価することを目的とした。本研究では、黒川ら(2014)の定型発達児のデータと、本研究で新たに得た発達性ディスレクシア例のデータを用いて解析した。

結果

小学校高学年の発達性ディスレクシア群は、文字種、文字長、語彙性に関係なく、小学校高学年の定型発達群よりも正答率が低く、反応潜時が長かった。一方、小学校高学年の発達性ディスレクシア群と小学校低学年の定型発達群の正答率、反応潜時に有意差はなかった。ゆえに、小学校高学年の発達性ディスレクシア群における文字列レキシコンのサイズや活性のしやすさは、小学校低学年の定型発達群と同程度といえる。さらに、小学校高学年の発達性ディスレクシア群は、小学校高学年の定型発達群と異なり、ひらがな、カタカナに関係なく、実在語または同音擬似語のいずれかの反応潜時において、有意な文字長効果を示した。以上から、発達性ディスレクシアのある児童では、ひらがな・カタカナに関係なく、文字列レキシコンが十分に発達していないために、語彙判断する際に、文字列を語彙経路のみで並列的に処理することは困難で、非語彙経路に頼った処理をしていたと推測される。本研究によって、発達性ディスレクシア例が語彙経路を十分に使えない理由の一つとして、文字列レキシコンの問題が示唆された。

(3) 研究3: 発達性ディスレクシアのある成人における文字列レキシコン

目的

三盃ら (2014) の研究により、発達性ディスレクシアのある児童同様に、発達性ディスレクシアのある成人においても、語彙経路の処理が十分に発達していないことが分かっている。その背景として、文字列レキシコンに何らかの問題があるのではないかと考えられてきた。しかし、発達性ディスレクシアのある成人の文字列レキシコンを調べた研究はない。そこで、研究 3 では、発達性ディスレクシアのある成人例を対象に、研究 2 同様に、語彙判断課題を用いて文字列レキシコンを評価することを目的とした。

結果

発達性ディスレクシアのある成人群と健常成人群に、三盃ら (2014) と同一の刺激を用いた語彙判断課題を実施した。発達性ディスレクシアのある成人群は、健常成人群よりも、ひらがな・カタカナ刺激の双方で、正答率が低く、反応潜時も長かった。このことから、文字列レキシコンのサイズや精度が低く、活性にも時間がかかっていることが分かった。一方で、研究 2 の児童例とは異なり、群と文字長の交互作用は有意ではなく、発達性ディスレクシアのある成人例が非語彙経路に頼った処理をしていることを示す結果は得られなかった。

(4) 研究 4 : 仮名の二重経路モデルを考えるうえで重要な症例 2 例

研究課題の実施期間中に、仮名の二重経路モデルを考えるうえで、重要と思われる症例 2 例を経験し、症例報告を行った。下記にその概要を述べる。

症例 1

本症例の詳細は、Uema et al. (2022) を参照されたい。症例 1 は、後天性の音韻性失読例である。音韻性失読とは、実在語ではなく、非語の音読に選択的に障害を示す読み障害である。症例 1 は、漢字非語においてのみ音読障害を呈し、語彙性に関係なく、仮名の音読には困難さはなかった。漢字と仮名非語で音読成績に乖離がみられたことから、漢字語を処理する非語彙経路と、仮名語を処理する非語彙経路が独立して存在する可能性が考えられた。今後、漢字語と仮名語で音読成績が乖離している複数の症例を詳細に調べ、二重経路モデル内の読み処理経路を仮名と漢字で別々に構築すべきかどうかを検討する必要があると思われる。

症例 2

本症例の詳細は、Sambai et al. (2023) を参照されたい。症例 2 は、韓国語と日本語のバイリンガル児童で、発達性ディスレクシアのある小 6 男児である。読み書きの正確性に関して、韓国語(ハングル)では同学年の韓国語 - 日本語のバイリンガル児童と同程度であったにもかかわらず、仮名の書字および漢字の読み書きの正確性、仮名とハングルの双方の読みの流暢性が低かった。症例 2 は、韓国語と日本語の双方で、音韻能力と自動化能力は低く、視覚認知力にも弱さがあった。視覚認知力の弱さが原因となって仮名の習得が困難となり、自動化能力にも弱さがあることが原因で読みの流暢性に困難が生じたと思われる。

(5) まとめ

本研究で得られた主な成果に基づく仮説

本研究で行った実験結果などから、以下のように仮説がたてられる。

- ・ 英語の二重経路モデルの処理過程同様に、仮名においても、大きくは、視覚分析、語彙経路、非語彙経路、出力バッファーから成るシステムで読みが成立する。
- ・ 仮名の文字列を処理する非語彙経路は、原則、文字単位での処理を基本とし、漢字の読み処理と独立した経路として存在する可能性がある。
- ・ 非語彙経路の発達・獲得には、音韻能力の他に、視覚認知力も関与しており、視覚認知力の弱さによって、仮名の非語彙経路の獲得・使用に障害が生じうる。
- ・ 発達性ディスレクシアの症状の一つである読みの流暢性の背景として、非語彙経路の処理速度が遅

いこの他に、文字列レキシコンのサイズが小さいこと、文字列レキシコンの活性が十分でないことが考えられる。

・ 上記の読みの流暢性に関する障害機序に基づくと、非語彙経路の処理速度を上げる練習(例:仮名をランダムな順で速く読むことを積み重ねる)に加えて、実在語をかたまりで捉えることができるように文字列レキシコンの表象形成・活性レベルの向上を促進させる練習(例:様々な呈示時間で呈示された実在語を速く読むことを積み重ねる)の双方を行うことで読み速読を上げることが望ましいと考えられる。

得られた成果の国内外における位置づけとインパクト、今後の展望

本研究結果は、仮名の読み処理に英語の二重経路モデルの枠組みを適用可能なことを示していた。本研究結果を基に、仮名の読み処理の枠組みを提案することにつながり、読み処理の普遍性や言語特異性の解明に貢献できるのではないと思われる。本研究期間内にシミュレーション実験を行うことができず、仮説の妥当性の検証を十分に検討できなかったが、コンピュータモデリングに必要な音読・語彙判断実験データを得ることができたという点で、国内外のコンピュータモデリング研究を進展させることにつながるとと思われる。今後、シミュレーション実験を行い、仮名の二重経路モデルの精緻化および実用化を目指していきたい。

<引用文献>

- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., et al. (2001) DRC: A dual-route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- 橋本幸成、宇野彰、三盃亜美(2018)同音擬似語を用いた語彙性判断による文字列レキシコンの評価—失語症臨床への応用に向けて。 *言語聴覚研究*, 15, 321-331.
- 黒川鈴子、三盃亜美、宇野彰(2014)典型発達児における仮名文字を用いた語彙判断時の文字長効果と語彙性効果。 *音声言語医学*, 55, 326-332.
- Rastle, K., & Coltheart, M. (1998) Whammies and double whammies: The effect of length on nonword reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 277-282.
- 三盃亜美、Max Coltheart、宇野彰、春原則子(2014)発達性読み書き障害成人例の仮名文字列音読における語彙処理と非語彙処理の発達的問題 - 文字長と語彙性効果を指標にして - 。 *音声言語医学*, 55, 8-16.
- Sambai, A., Ju, Y., & Uno, A. (2022) Influence of cognitive abilities on literacy skills in a Korean-Japanese bilingual child with developmental dyslexia. *Frontiers in Psychology*, e942775.
- Sambai, A., Uno, A., Kurokawa, S., et al. (2012) An investigation into kana reading development in normal and dyslexic Japanese children using length and lexicality effects. *Brain & Development*, 34, 520-528.
- Uema, S., Uno, A., Hashimoto, K., & Sambai, A. (2022) A case of acquired phonological dyslexia with selective impairment of Kanji: analysis of reading impairment mechanism using cognitive neuropsychological models for reading. *Neurocase*, 28, 173-180.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shinji Uema, Akira Uno, Kosei Hashimoto, Ami Sambai	4. 巻 28
2. 論文標題 A case of acquired phonological dyslexia with selective impairment of Kanji: analysis of reading impairment mechanism using cognitive neuropsychological models for reading	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurocase	6. 最初と最後の頁 173-180
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13554794.2022.2050406	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ami Sambai, Yeongsil Ju, Akira Uno	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of cognitive abilities on literacy skills in a Korean-Japanese bilingual child with developmental dyslexia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 e942775
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2022.942775	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三孟亜美
2. 発表標題 読みの二重経路モデルに基づく日本語の読み処理およびその発達
3. 学会等名 日本発達心理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	Macquarie University			