

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：82404

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19334

研究課題名（和文）脳機能計測による書字の認知神経基盤の解明

研究課題名（英文）Neurocognitive mechanism of writing in Japanese kanji

研究代表者

横井 美緒 (Yokoi, Mio)

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 脳機能系障害研究部・特別研究員(PD)

研究者番号：00848096

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：文字を書く能力は生活において重要なスキルであるが、書字動作に関する認知神経心理学的メカニズムは未知の部分が多い。本研究課題では、漢字の書字において音韻処理機能がどのように関わっているのかを脳機能レベルで明らかにすることを目的とし、書字の行動実験と経頭蓋脳刺激法（TMS）による脳機能計測を行った。書字課題の行動実験の結果より、漢字の書字過程において文字の音韻情報が活用されていることや、漢字の書字に影響する最小の音韻単位がモーラであることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、調べた限り漢字の書字過程における音韻情報の活用および関連する脳部位について実験的に検証したはじめての報告である。本研究より得られた日本語話者の健常成人による基礎的データは、発達段階にある子どもや、後天性の疾患等による症例の研究にもつながる重要な知見である。今後は、読み書きの教育やリハビリテーションにおける有効な介入方法の検討および考案へとつながるのではないかと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Phonological knowledge plays a pivotal role in most aspects of language processing, but relatively less work has been devoted to understanding cognitive mechanisms of it. In the present study, we examined how phonological codes are related to written production in kanji, and how its process is related to brain function. We found that phonological codes contribute to written production in kanji script at mora level.

研究分野：認知神経心理学

キーワード：漢字 書字 認知神経基盤 音韻情報

## 1. 研究開始当初の背景

文字を書く能力(書字能力)は、正常な読み書き能力を学習・獲得する上で重要な役割を担うことが知られている(Dehaene, 2009)。特に日本語の漢字学習では、数多くの複雑な文字を記憶する必要があり、書字を介した視覚運動性学習が不可欠であると考えられている。近年、パソコンの普及により成人が文字を手書きする場面は減少しているが、学校生活においては依然として文字の手書きを求められる場面が多く、特に漢字の書字は成績や進路とも結びつく重要なスキルである。読み書き能力に関する先行研究では、いわゆる発達性ディスレクシアをはじめ読みの能力とその障害に関して多くの知見が得られてきた。一方で、書字能力については、上肢の運動過程も含まれるため評価や分析が難しく、未知の部分が多い。

文字は、音韻、形態、意味の3要素をもつ(図1)。日本語で使用される文字のうち、漢字は一つの文字に対し複数の読み方をもち、1文字で意味を表すことができるという特徴がある。さらに、仮名に比べて画数が多く、視覚的な複雑性が高いため、仮名に比べて習得困難の出現率が高いことも報告されている(Uno, 2009)。

漢字の書字には、音韻の要素から形態が想起され、書字運動が遂行されるといわれており、同時に漢字のもつ意味も関与していると考えられる(大槻, 2005)。しかし、これらの漢字の持つ情報が書字プロセスにおいて脳内でどのように処理をされているかについては、十分に検証されていない。

漢字の想起に左側頭葉後下部が関与していることはこれまでの知見から明らかにされてきており(Iwata, 1984; Nakamura, 2000)。同部位における意味処理の関与も指摘されている。一方、音を指標にした漢字想起では左中前頭回の賦活が有意であったという報告がある(大槻, 2007)。

しかしながら、書字における経時的なメカニズムについては明らかにされていない。本研究では、音韻情報の処理に負荷をかけた条件で書字実験を行い、TMSと組み合わせて脳活動を計測することで、書字における経時的な音韻情報処理の関与メカニズムを明らかにすることができる可能性がある。



図1. 漢字1文字のもつ情報

日本語の漢字は、1文字で形態・音韻・意味の情報を表している。

Dehaene, S. (2009). *Reading in the Brain: The New Science of How We Read*. New York: Penguin.

Iwata, M. (1984). Kanji versus kana: Neuropsychological correlates of Japanese writing system. *TINS*, 290-293.

Nakamura, K., Honda, M., Okada, T., Hanakawa, T., Toma, K., Fukuyama, H., ... & Shibasaki, H. (2000). Participation of the left posterior inferior temporal cortex in writing and mental recall of kanji orthography: A functional MRI study. *Brain*, 123(5), 954-967.

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(7), 755-789.

大槻美香著, 岩田誠, 川村満編. (2005) 神経文字学 読み書きの神経科学. 医学書院.

大槻美香. (2007) コミュニケーション障害とその機能局在. 日本コミュニケーション障害学会, 24, 29-34.

## 2. 研究の目的

本研究では、漢字の書字において音韻処理機能がどのように関わっているのかを脳機能レベルで明らかにすることを目的とする。書字行動実験と、経頭蓋脳刺激法(TMS)による脳機能計測を組み合わせることで、音韻情報処理に関わる脳内機構が書字プロセスにおいて、運動系をはじめとする神経システムとどのような機能的結合を示すのかを検証する。このように書字能力に関わる認知神経過程を明らかにすることで、読み書きの教育や障害支援に資する新しい知見を提供できると考えられる。

### 3. 研究の方法

#### 1) 健常成人の書称による行動実験

##### (実験1)

健常成人 28 名を対象に、名詞絵の書称実験と比較対照として呼称実験を実施した。動物、食べ物、日用品などの名詞絵 74 個を刺激として用い、実験参加者には絵がパソコン画面上に提示されたらできるだけ早く、正確に絵の名称を言う、または漢字で書くように教示した。名詞絵が提示されてから呼称または書称するまでの反応潜時を計測した(図2)。実験プログラムの提示および計測には Psychopy3 を使用した。

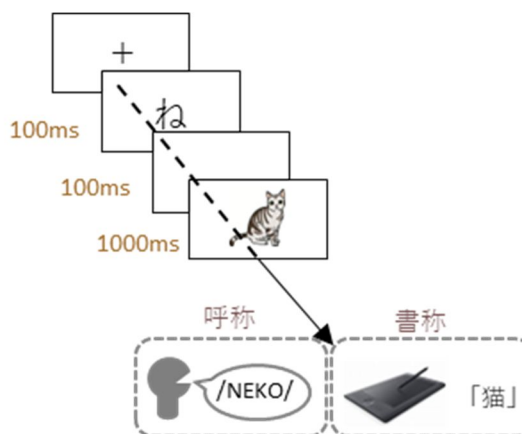


図2. 呼称および書称実験の手続き

名詞絵に 100ms 先行してひらがな 1 文字のプライムを提示し、反応潜時がプライム刺激の条件によってどのように変化するかを分析した。プライム刺激は、名詞絵の語頭音と重複している音韻単位を変化させ、モーラ一致、子音のみ一致、母音のみ一致、不一致の 4 条件を設定した(図3)。

##### (実験2)

実験1の手続きを用い、健常成人 30 名を対象に呼称および書称実験を行った。プライム刺激の条件に疑似文字条件を追加し、音韻化できない条件と比較することで、反応の促進および抑制効果を調べることとした。

条件	プライム	刺激
モーラ一致	ね /NE/	/NEKO/, "cat"
子音のみ一致	な /NA/	/NEKO/, "cat"
母音のみ一致	け /KE/	/NEKO/, "cat"
不一致	も /MO/	/NEKO/, "cat"

図3. プライム刺激の条件

2) 経頭蓋磁気刺激(TMS)を用いた脳機能計測実験  
健常成人 14 名を対象に、研究1の実験で用いた刺激のうち、25 個の名詞絵を用いて書称および呼称課題を実施した。名詞絵の提示に 200ms 先行する時点で脳に磁気刺激を与え、プライム刺激による書字反応の促進効果が消失するかを調べた。磁気刺激には single-plus の TMS を用い、刺激する脳部位は書字の中枢処理に関与するとされる腹側運動前野(PMv)、縁上回(SMG)、上側頭回(STG)の3部位を選出した。

### 4. 研究成果

#### 1) 健常成人の書称による行動実験の結果

##### (実験1)

漢字による名詞絵の書称実験の結果、絵の語頭音とプライム刺激の仮名文字がモーラ単位で一致する条件では、不一致の条件に比べて反応潜時が有意に早くなることがわかった。この反応促進効果は、子音のみ一致、母音のみ一致条件ではみられなかった。これらの結果より、漢字の書字過程で音韻情報が活用されていることが示唆され、その際に影響する最小の音韻単位はモーラであることが示唆された。この内容は国際学会においてポスター発表を行うとともに、学術論文としてまとめ現在投稿中である。

##### (実験2)

プライム刺激として仮名文字のかわりに記号を使用した疑似文字条件と比較した場合にも、プライム刺激の仮名文字と語頭音のモーラが一致した条件では反応潜時の促進効果がみとめられた。

#### 2) 経頭蓋磁気刺激(TMS)を用いた脳機能計測実験の結果

行動実験においてみられたモーラ一致のプライム刺激による反応促進効果が、腹側運動前野(PMv)、縁上回(SMG)、上側頭回(STG)の3部位における時期刺激によって消失するかを調べ、新たな知見を得た。研究結果の一部をまとめ、国際学会において発表した。

#### [学会発表]

Mio Yokoi, Kouji Takano, Tomoki Uno, Kimihiro Nakamura. Neural systems for phonology contribute to the act of writing. Cognitive Neuroscience Society 23th annual meeting, 2023.

Mio Yokoi, Kouji Takano, Kimihiro Nakamura. Phonological priming reveals a key role of phonology in writing. Cognitive Neuroscience Society Annual Meeting, 2021

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Mio Yokoi, Kouji Takano, Kimihiro Nakamura
2. 発表標題 Phonological priming reveals a key role of phonology in writing
3. 学会等名 Cognitive Neuroscience Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021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
---------	---------