

カタカナ語の視覚的処理における迅速な音韻活性： 関下プライミングを用いた語彙性判断課題による検証

加藤志織¹ 熊可欣² 木山幸子¹

¹東北大学大学院文学研究科言語学研究室 ²東北大学学際科学フロンティア研究所

shiori.kato.s2@dc.tohoku.ac.jp xiongekexinkuma@gmail.com

skiyama@tohoku.ac.jp

概要

本研究は、日本語の音節文字であるカタカナの視覚的語彙処理において、書字情報の活性と、書字からモダリティの違いを越えて起こる音韻情報の活性の速度を比較することを目指す。関下プライミングを用い、ターゲットに対し書字音韻プライム、音韻プライムを提示したときに、無関連プライムを提示したときと比較してターゲットの処理がどれだけ促進されるかについて、3段階のプライム持続時間で検討した。語彙性判断課題の反応時間を分析して検討した結果、カタカナの視覚的処理において、音韻情報が迅速に活性化し、書字情報の活性との時間差はアルファベット等の音素文字よりも小さいことを示唆した。

1 序文

視覚的語彙処理において意味表象が活性化するまでの過程には、文字列の書字から直接対応する意味表象が活性化するルート（書字直接経路）と、書字から音韻を介して意味表象が活性化するルート（音韻媒介経路）が存在する（e.g., Holcomb et al., 2006）。後者は、書字という視覚情報から音韻という聴覚情報へのモダリティを越えた活性である。これら2つの活性ルートを経て、私たちは語の意味を理解している。

インプットした刺激から脳内で語彙が活性化するまでの書字や音韻情報の処理は、きわめて短時間のうちに意識下で進行することが関下プライミングというパラダイムを用いて明らかにされてきた（e.g., Forster & Davis, 1985）。プライムの持続時間を 50 ms 未満とし、マスク刺激を提示することで意識に上ら

ないほどプライムの視認度を下げる関下プライミング実験では、プライミング効果は意味表象以前に活性化する書字や音韻、つまり意識下で進行する情報の活性を反映することが知られている（e.g., Ferrand et al., 1993）。

仏語の関下プライミング効果を検討した Ferrand et al. (1993) では、語彙性判断課題における (1) 書字音韻プライム（プライム・ターゲットが書字・音韻情報を共有）、(2) 書字プライム（プライム・ターゲットが書字情報を共有）、(3) 無関連プライムによるターゲット処理への影響を比較した。(1) と (3) の比較から書字・音韻の両情報の活性が、(2) と (3) の比較により書字情報の活性が、(1) と (2) の比較により音韻情報の活性が反映すると想定した。さらに、17~100 ms の異なるプライム持続時間でこれらの効果を検討することで、書字・音韻それぞれの活性の速度を比較した。より短い持続時間のプライムの情報でターゲットの処理が促進すれば活性が速い、それがより長い持続時間で生じれば活性が遅いといえる。結果は、書字情報の活性はプライム持続時間が 17~50 ms で観察され、音韻情報の活性は 50 ms 以上ではじめて観察された。

書字・音韻の活性の相対的な速度の差は、日本語の仮名表記でも同様だろうか。音韻を介した意味表象の活性の起こりやすさは、表記体系と音韻情報との対応の規則性に依存するということが書字深度仮説（Katz & Frost, 1992）により提唱されている。文字が意味概念を表す表意文字は、音の記録である表音文字よりも対応する音との対応が明確でなく、書字深度が深い文字である。表音文字の中でも、アルファベットのように1つの文字が音素と結びついた音素文字は、連なる文字列によって発音が変化する（e.g., wash-/wʌʃ/, cap-/k'æp/, cage-/kéidʒ/）ため、仮

名のような音節文字よりも書字深度が深いといえる。書字深度仮説によれば、文字-発音の対応関係が単純な仮名の処理では音韻の活性が容易に起こることが予想される。

Okano et al. (2013) は、日本語のひらがなとカタカナの視覚処理における音韻活性の過程を、閾下プライミングで事象関連電位 (event-related potentials, ERPs) を測定し検討した。彼らは、対応するひらがな-カタカナの対が同一の音を表すことに注目し、ひらがなのみの表記内反復プライミング効果 (いのち-いのち vs. つづら-いのち) によって書字・音韻の活性を、カタカナ・ひらがなの表記間反復プライミング効果 (イノチ-いのち vs. ツヅラ-いのち) によって音韻活性を検出することを目指し、2 種 (50, 80ms) のプライム持続時間 (被験者間要因) で比較した。その結果、両プライム持続時間において N250 (刺激提示後約 250 ミリ秒後に起こる陰性成分) と N400 (同じく約 400 ミリ秒後の陰性成分) という ERP 成分について表記内・表記間で同様に反復プライミング効果を観察し、音韻活性が生じていることを例証した。ただし、彼らの実験では表記内・表記間条件を別個の実験で検討したため直接比較はしていない。また、プライム持続時間が 50・80 ms で検出されなかった書字情報と音韻情報の活性の差は、より短いプライム持続時間を用いることで明らかになる可能性もあるのではないだろうか。

そこで本研究では Ferrand et al. (1993) と Okano et al. (2013) のパラダイムを発展させ、より短いプライム持続時間における書字音韻プライミング効果・音韻プライミング効果を直接比較することで、カタカナ語の視覚的処理における音韻情報活性化の迅速さを明らかにすることを目的とした。

2 仮説

本研究は、書字音韻プライミング効果 (スタジオ-スタジオ vs. でざいん-スタジオ) と、音韻プライミング効果 (すたじお-スタジオ vs. でざいん-スタジオ) が 3 段階のプライム持続時間 (17, 33, 50 ms) で表れるかどうかを観察することで、書字と音韻が共同でターゲットの処理を促進するまでに要する時間と、音韻がターゲットの処理を促進するまでに要する時間を比較する。

プライム持続時間 50 と 80 ms について検討した Okano et al. (2013) は、いずれの持続時間においても N250 と N400 で有意な表記内・表記間反復プライミ

ング効果を観察した。したがって、本研究でもプライム持続時間 50 ms では有意な書字音韻プライミング効果および音韻プライミング効果が見られるはずである。本研究の主眼は、プライム持続時間 17・33 ms においてこれらのプライミング効果が現れるかどうかである。カタカナの視覚的語彙処理における書字と音韻の相対的活性速度の観点から、次のように仮説を立てた。

1 つ目の仮説は、カタカナの視覚的処理における音韻の活性に注目したものである。書字深度の浅いカタカナ語の視覚的処理において、音韻情報が迅速に活性化することが予想できる。その場合、音韻プライミング効果がより短いプライム持続時間でも有意となることが予想できる。したがって、Okano et al. (2013) が検討した 50 ms よりも短い 33 ms や 17 ms でも有意な音韻プライミング効果が観察されると予測できる。

2 つ目の仮説は、書字と音韻の活性速度の比較に関するものである。書字深度の浅いカタカナの視覚的処理においては音韻の活性が早期に起こり、視覚的処理で最初に起こる書字の活性から音韻の活性までの時間差が小さい、またはほとんどないことが予想できる。その場合、プライム持続時間を長くしたとき、書字音韻プライミング効果が有意となる時点と音韻プライミング効果が有意となる時点の差は小さい、またはないはずである。

3 方法

上記の仮説を検証するため、本研究は、語彙性判断に与える書字音韻プライミング効果・音韻プライミング効果を、長さが異なる 3 段階のプライム持続時間で比較検討した。

実験参加者

右利きの日本語母語話者である大学生 134 名 (うち女性 78 名、年齢 $M=20.51$ 歳 ± 1.65) が実験に参加した。参加者には事前に研究の趣旨・方法などを説明し、参加への同意を得たうえで実施した。謝金として一定の金額を支払った。本研究は、東北大学川内南地区「人を対象とする医学系研究」倫理審査委員会による承認を得て行った。

材料

実験刺激として、プライム-ターゲットのカタカナ語の 60 ペアを使用した。プライムに関して、表 1 の

ように、ターゲットと同じ単語かつ同表記である書字音韻プライム条件、プライムがターゲットと同じ単語であり表記が異なる音韻プライム条件、書字も音韻もターゲットと共有しない無関連プライム条件を設けた。各無関連プライム-ターゲットペアは、文字数が等しく、頻度、親密度が同程度であり、書字・音韻・意味に関して類似性が無いように作成した。書字に関しては同じ文字を共有しないこと、音韻に関しては単語中の同位置の文字が子音を共有しないこと、意味に関しては『分類語彙表』(国立国語研究所, 2004) 中で同一の中項目に属さないことを指針とした。頻度・心像性は天野・近藤 (1999) を参照した。全ての単語は国立国語研究所 (2004) にカタカナで記載された 2-4 文字の単語であった。

上記の単語ペアに加え、語彙性判断課題として成立させるため、プライムもターゲットも非単語である 60 ペアを作成した。川上 (1996), 梅本・森川・伊吹 (1955), 国立国語研究所 (2004) をもとに、実在する単語の書字隣接語 (文字列中の 1 文字を交換することでできる単語。例えばデスク, マークはどちらもマスクの書字隣接語である。) が存在しないように作成した (2 文字のものを除く)。非単語の無関連プライム-ターゲットペアについても、単語のプライム-ターゲットペアと同様の方法で、無関連プライムとターゲットの間に書字・音韻に関して類似性が無いように作成した。

これらの単語および非単語ターゲットへのプライム条件の割り当てについて、カウンターバランスを取った 3 つのリストを作成した。各参加者に 1 つのリストを割り当て、全てのターゲットを 1 回ずつ提示した。

表 1 プライム-ターゲットペアの例

プライム	単語試行	非単語試行
書字音韻	スタジオ- スタジオ	メマゼテ- メマゼテ
音韻	すたじお- スタジオ	めまぜて- メマゼテ
無関連	でざいん- スタジオ	そのぬす- メマゼテ

手続き

参加者は個別に語彙性判断課題に取り組んだ。プライム持続時間は、1 人の参加者につき 17・33・50 ms の 3 つのうちの 1 つの条件をランダムに割り当てた。46 名を 17 ms, 44 名を 33 ms, 44 名を 50 ms に

割り当てた。図 1 に示すように、固視点を 1000 ms 間提示し、前方マスク刺激 (#####) を 500 ms 間提示したのち、プライムを提示した。その後、後方マスク刺激 (#####) を 17 ms 間提示したのち、ターゲットを提示した。参加者には、提示された文字列が実在する単語であれば右手の人差し指で p キーを、非単語であれば左手の人差し指で q キーを、できるだけ早く正確に押すよう指示した。ターゲットの提示は参加者が p, q のいずれかを押すことで終了し、次の試行へと移行した。全ての刺激を黒色背景に白字で提示した。刺激の提示は E-prime 3.0 (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) によって制御し、リフレッシュレートを 60 Hz であるノートパソコンの中央に提示した。ノートパソコンは、画面と参加者の距離が 60 cm となるように設置した。

分析

反応時間に対するプライム持続時間、プライム条件の影響を、線形混合効果モデル (linear-mixed effects model: LME) を用いて分析した。参加者、刺激項目をランダム要因とした。反応時間の分析には正反応の単語ターゲット試行のみを用い、参加者ごとに各プライム条件の平均と標準偏差を算出し、平均 + 2.5 標準偏差を超過するデータは平均 + 2.5 標準偏差で置換した。これにより、全試行中の 2.63 % が置換された。その後参加者内で標準化を施し分析に供した。分析は R version 3.6.0 上で lme4 (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014), lmerTest (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2014), emmeans (Lenth et al., 2018) を用いて行った。

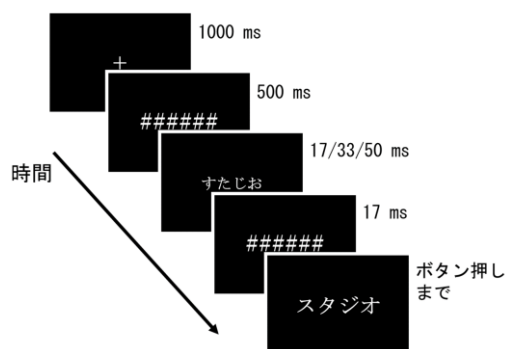


図 1 本実験の一試行の流れ

4 結果

参加者ごとの正答率の全体の平均は、0.95 (± 0.03) と十分高かった。プライム持続時間、プライム条件ごとの平均反応時間の z 値を図 2 に示す。

LMEによる分析の結果(表2), プライム持続時間 17 ms と 33 ms においては書字音韻プライミング効果, 音韻プライミング効果共に有意ではなかったが, プライム持続時間 50 ms において両者とも有意であった。また両要因の交互作用も有意であり, 書字音韻プライミング効果は音韻プライミング効果よりも大きかった。

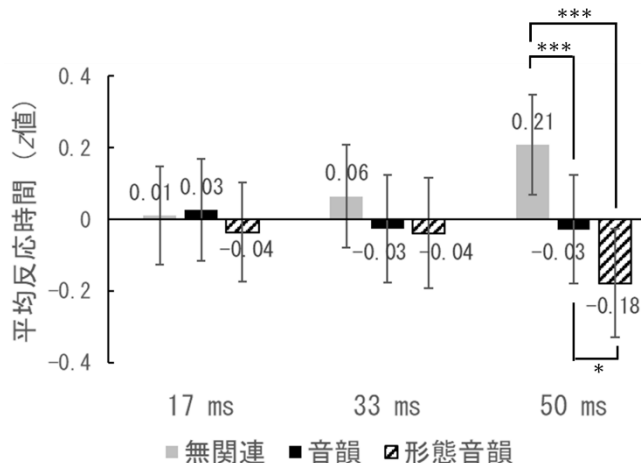


図2 プライム持続時間・プライム条件ごとの平均反応時間のz値

注. 多重比較の結果を併記している。エラーバーは標準誤差を示す。* $p < 0.05$. *** $p < 0.001$.

5 考察

1 つ目の仮説として, もしカタカナの処理において音韻の活性が早期に起こるのであれば, 音韻プライミング効果がより短いプライム持続時間 (17・33

ms) でも見られることを予測した。実験の結果, 書字音韻プライミング効果と音韻プライミング効果はいずれもプライム持続時間 50 ms で観察され, 17・33 ms では有意とならなかった。したがって, 反応時間を指標とするカタカナのプライミング実験で反復プライミング効果を観察するには, 最低でも 50 ms のプライム持続時間が必要であることが示唆される。

また, 2 つ目の仮説として, 書字深度の浅いカタカナの視覚的処理では音韻の活性が早期に起こるため書字の活性から音韻の活性までの時間差が小さく, プライム持続時間を長くしたときに書字音韻プライミング効果が有意となる時点と音韻プライミング効果が有意となる時点の差はなくなるかまたは小さくなることを予測した。実験の結果, 書字音韻プライミング効果と音韻プライミング効果は, 仮説を支持し, いずれもプライム持続時間 50 ms のときに有意となった。このことは, 書字プライミング効果と音韻プライミング効果があらわれるプライム持続時間の間に 30-40 ms 程度の差がある仏語のアルファベット (Ferrand et al., 1993) と比較して, 日本語のカタカナの視覚的処理において書字が活性化するまでの時間と音韻が活性化するまでの時間の間の差は小さいということを示唆している。

以上のように本研究は, 書字深度の浅い音節文字であるカタカナの視覚的処理では, アルファベット等の書字深度が深い音素文字と比較して, 音韻情報がより迅速に活性化し, 音韻情報と書字情報の活性のタイミングがより近くなることを例証した。

表2 反応時間に対するプライム持続時間・プライム条件の影響の線形混合効果モデリングによる検討

対比	β	SE	df	t	p
(切片)	0.25	0.06	134.9	4.18	<0.001
17 ms 対 50 ms	-0.21	0.04	7596.6	-5.20	<0.001
33 ms 対 50 ms	-0.15	0.05	7599.1	-2.95	0.003
書字音韻 対 無関連	-0.40	0.05	93.6	-8.90	<0.001
音韻 対 無関連	-0.24	0.04	166.4	-5.47	<0.001
17ms: 50ms 対 書字音韻:無関連	0.37	0.06	94.9	6.26	<0.001
33 ms: 50ms 対 書字音韻:無関連	0.27	0.07	97.0	3.78	<0.001
17 ms: 50ms 対 音韻:無関連	0.27	0.06	168.8	4.61	<0.001
33 ms: 50ms 対 音韻:無関連	0.14	0.07	174.2	1.95	0.053

謝辞

本研究は科学研究費基盤研究 (B) 21H00525 による助成を受けた。

参考文献

- 天野成昭, 近藤公久. (1999). NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性, 東京: 三省堂.
- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67 (1), 1–48.
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1993). The time course of orthographic and phonological code activation in the early phases of visual word recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31, 119–122.
- Forster, K. I., & Davis, C. (1985). Repetition priming and frequency attenuation in lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(4), 680.
- Holcomb, P., & Grainger, J. (2006). On the time course of visual word recognition: An event-related potential investigation using masked repetition priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1631–1643.
- 川上正浩, & Kawakami M. (1996). 仮名 3 文字で表記される非単語の類似語数(N - size)表 [名古屋大学教育学部]. *名古屋大学教育学部紀要. 教育心理学* (Vol. 43, pp. 187-220).
- Katz, L., & Frost, R. (1992). Reading in different orthographies: The orthographic depth hypothesis. In R. Frost & L. Katz (Eds.), *Orthography, Phonology, Morphology, and Meaning* (pp. 67–84). Amsterdam, the Netherlands: North Holland.
- 国立国語研究所. (2004). *分類語彙表 (増補改訂版)*. 大日本図書.
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017). lmerTest package: tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, 82 (13), 1–26.
- Lenth, R., Singmann, H., Love, J., Buerkner, P., & Herve, M. (2018). Package “Emmeans”. R Package Version 4.0-3.
- Okano, K., Grainger, J., & Holcomb, P. (2013). An ERP investigation of visual word recognition in syllabary

scripts. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 13, (2), 390–404.

梅本堯夫, 森川弥寿雄, 伊吹昌夫 (1955). 清音 2 字音節の無連想価および有意味度. *心理学研究* 26 (3), 148–155.