仮名文字の複雑性を表す指標としての 周囲長複雑度の妥当性

齋藤 岳人 東京都立大学 樋口 大樹 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
井上 和哉 東京都立大学 小林 哲生 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

Validity of perimetric complexity index for Japanese *Kana* character complexity

Taketo Saito (Tokyo Metropolitan University), Hiroki Higuchi (NTT Communication Science Laboratories),
Kazuya Inoue (Tokyo Metropolitan University),
and Tessei Kobayashi (NTT Communication Science Laboratories)

Perimetric complexity, which is a simple metric of character (letter) complexity defined by an image's area and peripheral length, has been widely used, especially in alphabetic orthographies. We examined whether perimetric complexity is also a valid index for Japanese *kana* characters (*hiragana* and *katakana*) by comparing it with subjective complexity. We obtained evaluations of subjective complexities from Japanese and English speakers and calculated the mean of each character for each type of speaker for character-based analyses. The analyses revealed three main findings: (a) Perimetric complexity was highly correlated with subjective complexity ($r_s > .85$), and its correlation was higher than that between the subjective complexity and other measures for character complexity (i.e., stroke count). (b) The perimetric complexities were highly correlated across different typefaces, except for significantly different typefaces. (c) Subjective complexity was highly correlated between Japanese and English speakers. These findings suggest that perimetric complexity can also be used as an index for Japanese *kana* character complexity.

Key words: perimetric complexity, subjective complexity, character recognition, *hiragana*, *katakana*.

The Japanese Journal of Psychology

J-STAGE Advanced published date: February 10, 2022

われわれがどのように文字を認知しているのか、そしてその認知システムがどのように発達するのか明らかにすることは、読み書き研究における重要な課題である。文字認知のメカニズムを探るひとつの試みとして、文字自体の特性に注目する方法がある。文字特性は文字間の類似性や文字自体の複雑性などからなり、アルファベット語圏では、これらを用いた文字認知の研究が数多く行われてきた（例えば、Pelli, Burns, Farell, & Moore-Page, 2006）。一方、非アルファベット語圏における文字認知研究では、刺激として漢字が主に用いられている。例えば、中国語話者を対象にして、視覚的に制限された条件下での認識効率を実際の参加者のデータと理想的な参加者のモデルとの比較から検

証したり（Watson & Ahumada, 2012）、文字の物理的複雑性とその文字を認識するために必要とされるサイズとの関連が検討されている（Zhang, Zhang, Xue, Liu, & Yu, 2007）。これらの結果から、漢字において文字の物理的な複雑さが認識効率の低下につながることが報告されている。しかし、仮名文字についての文字認知の研究は非常に少なく、文字についての認知や発達機序が漢字と同様なのかは十分に解明されていない。また、文字の種類の少なさや文字を構成する点や線のパターンの単純さから、仮名文字は漢字よりもアルファベットに近い特性を持つと考えられ、同じ非アルファベット語圏の文字であっても、漢字とは区別して扱う必要がある。そこで本研究では、文字特性のひとつである周囲長複雑度の妥当性を仮名文字で検証することで、仮名文字の認知や発達機序を明らかにするための基盤を提供することを目指す。

本研究では、以下の三つの理由から、文字特性のひ

Correspondence concerning this article should be sent to: Taketo Saito, Department of Psychology, Graduate School of Humanities, Tokyo Metropolitan University, Minami-Osawa, Hachioji 192-0397, Japan. (E-mail: s.taketo025@gmail.com)

とつである複雑性に焦点を当てる。一点目は、複雑性を利用して文字認知過程を調べることがあるためである。例えば、複雑な文字ほどノイズ下での検出効率が低下することが報告されている (Pelli et al., 2006)。また、低頻度 (Tamaoka & Kiyama, 2013) や見たことのない文字 (Wiley, Wilson, & Rapp, 2016) を提示した場合でのみ、複雑な文字ほど認識効率が低下することが報告されている。これらの結果は、文字を処理する際に複雑性が文字認知に影響を与える可能性を示唆している。したがって、文字の認知過程を検討する際には、刺激の形態的な複雑性を考慮する必要がある。

二点目に、文字を刺激とした実験では文字の複雑性を統制する場合があるためである (Liu, Chen, & Wang, 2016; 矢後・中山, 2016; Yin & McBride, 2015)。例えば、文字列におけるクラウドイングの影響を検証した研究 (Grainger, Tydgate, & Isselé, 2010) や、発達性ディスレクシア児の視覚的注意スパンを調べた研究 (Ziegler, Pech-Georgel, Dufau, & Grainger, 2010) では、異なる視覚刺激間の複雑性が統制されている。実験刺激の複雑性を統制するために、実験参加者に主観的複雑度を評定させる場合があるが、実験の主目的の課題に加えて文字の評定課題を同時に行わせることは、参加者に余計な負荷を与えることになる。また、二つの課題を一つの実験で行わせることにより実験結果が交絡する可能性もある。

三点目は、文字の複雑性が子どもの読み書きの発達に関与すると考えられるためである。これまでの研究から、仮名文字の読み書き習得には聴覚的な要因に加えて視覚的な要因も関与する可能性が示されている。具体的には、音列から言語を構成する音の単位 (日本語の場合は、モーラ) に音を分割し操作する能力である音韻認識能力 (天野, 1970; 高橋, 1997) と仮名文字の読み習得との関連が報告されている。加えて、仮名文字の書き習得には図形の模写成績との関連が指摘されており (猪俣・宇野・酒井・春原, 2016)、形態を視覚的情報から捉え、それを表すことができる視覚技能と仮名文字の書き習得との関連が報告されていることから、視覚技能の個人差も文字認知の発達に関与する可能性がある。また、それぞれの文字が有する文字特性が仮名文字の読み書き習得にどのように関連するのもも研究されてきた。例えば、国立国語研究所 (1972) の調査では、複雑な形態の文字ほど読みの習得が遅れる傾向にあることが示されている。このように、文字を認知する側の能力と認知される文字の特性の両方が仮名文字の読み書き習得に影響している。

ただし、これまでの研究で用いられてきた文字の複雑性の指標には方法論的な問題がある。例えば、国立国語研究所 (1972) の調査では画数を元にした操作的な方法を用いて文字の複雑性を定義している。「く」などの2直線からなる一画は二要素とみなすなど、解

析者側で恣意的に決めた基準に基づいて複雑度を定めている。しかし、この指標が観察者の心的辞書内の複雑性を真に反映しているのか定かではない。また画数は、アルファベット文字では算出できない指標であり、文字の複雑性の影響を言語間で比較する際の障壁ともなり得る。

文字の計量的な複雑性を表す指標として、画数以外で文字認知の研究に広く利用されているものに、周囲長複雑度 (perimetric complexity) がある (例えば, Castet, Descamps, Denis-Noel, & Cole, 2017; Pelli et al., 2006)。周囲長複雑度とは、文字の形態的特徴から算出される値であり、文字の周囲長の二乗を文字のインク領域 (面積) で割ることによって求められる。Figure 1 に示したように、文字の周囲長とは黒の太線で示された文字の周りの長さであり、文字のインク領域とは白色で示された領域の面積を示している。この指標は、面積だけではなく、周囲の長さにも依存するため、同じ面積であっても周囲長が長いほど周囲長複雑度は高くなる。したがって、真円とギザギザの付いた円であれば、同じ面積であっても後者のほうが周囲長複雑度は高くなる。このように、周囲長複雑度は物理的な特徴をもとに簡易に算出できるため、異なる言語の文字でも共通の方法で研究できるという利点がある。

周囲長複雑度は文字の認知のしやすさと関連することが報告されている。Pelli et al. (2006) は、ノイズ下でのアルファベット文字の検出効率を調べ、周囲長複雑度の値が高い文字ほど検出効率が悪いことを示している。また、Lo & Cheung (2010) は漢字を刺激として用い、周囲長複雑度が高い漢字ほど検出効率が悪くなり、認知が難しくなることを示した。日本語では、ひらがなとカタカナの文字習得に及ぼす影響を調べる目的で周囲長複雑度が利用されている (樋口・奥村・

Figure 1. Illustrative example of a method to calculate perimetric complexity.

小林, 2019a, 2019b)。画像の面積や周りの長さなどの複数の要素から形態の複雑度を算出する周囲長複雑度は、形態の一要素のみを利用するスケルトン長 (Bernard & Chung, 2011) や文字面積などの計量的な複雑度 (Wang, He, & Legge, 2014) と比べて、点や線の微妙な差異 (丸みや尖りなど) も検出可能であるため、よりヒトの複雑な認知を表した指標であると考えられる。しかし、周囲長複雑度と文字の主観的複雑度との直接的な関連は検討されておらず、周囲長複雑度が観察者の心的辞書内の複雑性を真に反映しているのかという問題は解決されていない。このように、周囲長複雑度がひらがなとカタカナの心的な主観的複雑度を十分に反映するかどうか検討する必要がある。

目 的

本研究の目的は、周囲長複雑度がひらがなとカタカナの複雑性を表す指標として妥当かどうか及び指標としての適用範囲を検証することである。この目的を達成するために、以下の3点を主に検討する。

第一に、主観的複雑度と周囲長複雑度の相関係数を算出することで、周囲長複雑度が仮名文字の複雑性を表す指標として妥当であるかを検証する。加えて、文字の物理的特性にもとづく他の指標との比較を通じて、周囲長複雑度の相対的な有用性を明らかにする。具体的には、日本語漢字の文字認知研究で用いられてきた画数 (例えば, Tamaoka & Kiyama, 2013) と主観的複雑度との相関係数を比較する。

第二に、周囲長複雑度が書体に依存する指標かどうかを検討する。周囲長複雑度が書体によって大きく変化する場合、書体ごとに主観的複雑度を評価する必要があるため、簡便な指標とはいえない。そこで、書体によって周囲長複雑度が異なるかを確認する。本研究で主観的複雑度を評定させたMSゴシック体に加え、古くから日常的な筆記体として用いられているHGP行書体、ポスターや広告のロゴなどに用いられているHG創英角ポップ体、印刷物の本文書体として用いられている明朝体 (IPAexとMSの二種類) の周囲長複雑度を算出し、それらの書体間での周囲長複雑度の相関係数を比較する。

最後に、主観的複雑度が形態的要因のみで決まるのか、それとも言語的知識や接触経験 (国立国語研究所, 1972; 垣花, 2015) による影響もあるのかを検討する。例えば、日本語話者の場合、文字の複雑度を評定させたとしても、文字音の印象 (柔らかい音, 丸い音など) が評定に影響を与えている可能性が否定できない。主観的複雑度が言語的知識や接触経験によって大きく変わらないのであれば、本研究で得られた複雑度は、言語的知識や接触経験の少ない幼児の研究においても利用可能であり、文字習得研究においても有用な指標となる。本研究では、日本語母語話者と英語母語話者間

で主観的複雑度の相関係数を算出することにより、各文字間での主観的複雑度の相対的関連性が言語的知識や接触経験に影響されるのかを確認する。加えて、その相対的関連性は文字への接触経験によって大きく変わらないが、複雑度の評定値自体は接触経験によって変化する可能性もある。そのため、相関分析に加えて、主観的複雑度を日本語話者と英語話者間で比較する。

方 法

実験参加者

日本語を母語とする100名 (男性50名, 女性50名) と英語を母語とする100名 (男性50名, 女性49名, どちらでもない1名) が実験に参加した。日本語と英語の母語話者は、日本と英国のそれぞれの現地調査会社に依頼して集められた。そのため、日本語母語話者は日本在住、英語母語話者は英国在住であった。年齢は日本語話者が平均33.44歳 (標準偏差4.74)、英語話者が平均31.83歳 (標準偏差5.56) であった。また、すべての英語話者は日本語の学習経験がなかった。なお、本研究はNTTコミュニケーション科学基礎研究所研究倫理委員会の承認を得て実施された (承認番号: H31-010)。

提示刺激

ひらがな71文字とカタカナ71文字を用いた。これらには、清音など46文字 (例:「は」、「ひ」、「ふ」) だけではなく、濁音20文字 (例:「ば」、「び」、「ぶ」) や半濁音5文字 (例:「ぱ」、「ぴ」、「ぷ」) も含まれていた (使用した文字の詳細についてはAppendixを参照)。文字の書体はすべてMSゴシック体を利用した。それぞれの文字は300×300ピクセルの画像として用意し、パソコンの場合は等倍、スマートフォンの場合は画面の横幅に合わせて提示した。

手続き

実験参加者は、Webブラウザで実験プログラムのURLにアクセスすることで実験に参加した。ひらがなとカタカナの文字のいずれかをディスプレイにひとつずつ提示し、それぞれの文字の複雑度について7段階 (1: 全く複雑でない—7: 非常に複雑) で評定を行わせた。すべての文字の提示順はランダム化した。参加者が使用する端末は特に指定しなかったため、使用する端末の違いによって大きさや明るさなどの提示条件は異なっていた。ただし、参加者の人数を考慮すると、これらの提示条件の違いによる実験結果への影響はランダム要因としてある程度相殺されていたと考えられる。

試行数の増加を防ぐため、練習試行は実施しなかった。また、文字の視覚的な側面を反映した複雑度を取

Table 1

Means and standard deviations of subjective complexity rated by Japanese and English speakers

Character type		Japanese speakers	English speakers
All characters	Mean	2.26	4.15
	SD	0.41	0.94
Hiragana	Mean	2.44	4.53
	SD	0.43	0.95
Katakana	Mean	2.09	3.76
	SD	0.30	0.75

得するために、刺激が仮名文字のみであることを事前に参加者に教示しなかった。

分 析

本研究では文字自体の特性を調べることを目的としたため、参加者ではなく文字を単位とした分析を行った。日本語話者と英語話者ごとに、ひらがなとカタカナの文字ごとの評定値を平均し、その文字の主観的複雑度とした (Appendix)。周囲長複雑度の算出には、文字向けに提唱されているアルゴリズム (Pelli et al., 2006) を用いた。具体的には、 300×300 ピクセルの文字画像を用いて、文字の周囲の長さや面積をピクセル単位で数え、文字の周囲の長さの二乗を面積で割ることによって求められた。

結 果

統計ソフト R version 4.10 (R Core Team, 2021) を使用して分析を行った。まず、話者 (日本語話者 vs. 英

Table 2

Correlation coefficients between perimetric and subjective complexities of Japanese and English speakers

Character type	Japanese speakers	English speakers
All characters	.87**	.89**
Hiragana	.85**	.89**
Katakana	.82**	.83**

** $p < .01$.

語話者) と表記の種類 (ひらがな vs. カタカナ) ごと主観的複雑度の平均および標準偏差を Table 1 に示した。また、コルモゴロフ・スミルノフ検定によって、日本語話者の主観的複雑度 (文字全体 $D = 0.05$, $p = .79$, ひらがなのみ $D = 0.12$, $p = .24$, カタカナのみ $D = 0.06$, $p = .94$) と英語話者の主観的複雑度 (文字全体 $D = 0.09$, $p = .19$, ひらがなのみ $D = 0.12$, $p = .23$, カタカナのみ $D = 0.08$, $p = .74$) のそれぞれにおいてデータの正規性が確認された。

周囲長複雑度と主観的複雑度の関連

周囲長複雑度と主観的複雑度の関連性を明らかにするため、これらのピアソンの相関係数を算出した (以降の相関分析では、すべてピアソン積率相関係数を用いた)。その結果、Figure 2 に示すように、日本語話者 ($r = .87$, $t(140) = 20.83$, $p < .01$) と英語話者 ($r = .89$, $t(140) = 23.24$, $p < .01$) の両方で周囲長複雑度と主観的複雑度の間に高い正の相関が認められた。また、ひらがなとカタカナそれぞれで周囲長複雑度と主観的複雑度の関係性を検討したところ、ひらがなとカタカナのいずれにおいても高い正の相関が認められ、Table 2

Figure 2. Subjective complexity as a function of perimetric complexity (perimetric²/area) for Japanese and English speakers. Triangles ($\triangle$) show *hiragana* characters and black circles ($\bullet$) show *katakana* characters.

Table 3

Correlation coefficients between stroke count
and subjective complexity of Japanese and English speakers

Character type	Japanese speakers	English speakers
All characters	.74**	.79**
<i>Hiragana</i>	.72**	.78**
<i>Katakana</i>	.82**	.82**

** $p < .01$.

に示すように相関係数にも大きな違いは見られなかった（日本語話者： $ts(69) > 11.86$, $ps < .01$; 英語話者： $ts(69) > 12.25$, $ps < .01$ ）。これらの結果から、ひらがなとカタカナの文字全体において、周囲長複雑度が文字の複雑性を表す指標であることが示された。

周囲長複雑度と画数の妥当性の比較

周囲長複雑度がその他の計量的指標である画数よりも主観的複雑度を表す指標として妥当か検証するため、画数と主観的複雑度の関係性を検討した。その結果、周囲長複雑度の場合と同様に、日本語話者（ $r = .74$, $t(140) = 13.00$, $p < .01$ ）と英語話者（ $r = .79$, $t(140) = 14.97$, $p < .01$ ）の両方で高い正の相関が認められた（Figure 3, Table 3）。また、周囲長複雑度と同じく、ひらがなとカタカナそれぞれで画数と主観的複雑度の関係性を検討したところ、Table 3 に示すように、表記

Table 4

Correlation coefficients of perimetric complexity
among each typeface

Typeface	1	2	3	4	5
1 HGPGyosho	–	.79**	.92**	.91**	.93**
2 HGSoeikakuPop		–	.79**	.87**	.79**
3 IPAexMincho			–	.98**	.98**
4 MSGothic				–	.96**
5 MSMincho					–

** $p < .01$ (Holm corrected for multiple comparisons).

の種類（ひらがな、カタカナ）にかかわらず高い相関が認められた（日本語話者： $ts(69) > 8.58$, $ps < .01$; 英語話者： $ts(69) > 10.45$, $ps < .01$ ）。このように、画数も周囲長複雑度と同様にひらがなとカタカナの文字の主観的複雑度と高い相関を示した。

さらに、周囲長複雑度と画数のどちらが主観的複雑度を表す指標として妥当であるかを検討するために、変数（主観的複雑度）を共有する二つの相関係数の差の検定を、psych パッケージ (Revelle, 2021) を使用して行ったところ、日本語話者と英語話者の両方で主観的複雑度との相関係数は画数よりも周囲長複雑度のほうが有意に高い値を示していた（日本語話者： $t = 4.90$, $p < .01$; 英語話者： $t = 4.18$, $p < .01$ ）。この結果は、画数よりも周囲長複雑度のほうがより仮名文字の

Figure 3. Subjective complexity as a function of strokes for Japanese and English speakers. Triangles (△) show *hiragana* characters and black circles (●) show *katakana* characters.

Figure 4. Example of typefaces used for correlational analyses.

複雑性を表す指標として優れていることを示している。

周囲長複雑度と書体

周囲長複雑度が書体によって影響を受けるかを検討するために、書体間での周囲長複雑度の相関係数を算出した (Table 4; 各書体の例は Figure 4 を参照)。多重比較に伴う有意水準の調整には Holm 法を用いた。その結果、HG 創英角ポップ体を除いた書体間で周囲長複雑度に .91 以上の高い正の相関が認められた ($t_s(140) > 27.06, p_s < .01$)。それに対して、HG 創英角ポップ体と他の書体との間で .87 から .79 の高い正の相関が認められたものの ($t_s(140) > 15.45, p_s < .01$)、他の書体間の相関係数と比較して相対的に低い値を示していた。この結果は、HG 創英角ポップ体の周囲長複雑度は他の書体の周囲長複雑度とは異なる傾向にあることを示している。

言語的知識の影響

言語的知識が主観的複雑度に及ぼす影響を明らかにするために、日本語話者と英語話者間の関連性を検討した。まず、日本語話者と英語話者の主観的複雑度の相関係数を算出した結果、 $r = .95$ という非常に高い相関が認められた ($t(140) = 36.15, p < .01$)。ただし、Figure 5 に示したように、話者間で評定値の分布に違いがあり、英語話者よりも日本語話者のほうが下方に分布が偏っている傾向が見られた。話者間の主観的複

雑度に対してウェルチの t 検定を行ったところ、日本語話者のほうが英語話者よりも主観的複雑度が全般的に低いことが示された ($t(192.98) = -21.98, p < .01$)。したがって、主観的複雑度の文字間の相対的關係性は日本語話者と英語話者ではほぼ同じであるが、英語話者と比べて日本語話者の主観的複雑度は下方に偏っており、分散が小さいことが示された。この結果は、日本語話者が言語的な知識や経験といった文字の物理的特性以外の要因の影響を受けて主観的複雑度を評定していた可能性を示唆している。

考 察

本研究の目的は、ひらがなとカタカナの文字の複雑性を表す指標として周囲長複雑度を用いることが妥当であるかを検証することであった。本研究では3つの主要な結果を得た。第一に、表記形態にかかわらず周囲長複雑度が主観的複雑度と高く相関し、その相関係数は画数と主観的複雑度の値よりも高かった。第二に、異なる書体間でも周囲長複雑度は高く相関することが示された。最後に、ひらがなとカタカナ文字に関する言語的知識を持っている日本語話者は、言語的知識を持たない英語話者に比べて、主観的複雑度を低く評価する傾向にあることが示された。

周囲長複雑度と主観的複雑度の間に極めて高い正の相関が認められたことから、周囲長複雑度は仮名文字の複雑性を表す指標であることが示された。この結果

Figure 5. Histograms of subjective complexity for Japanese and English speakers (bin width = 0.20).

は、ひらがなやカタカナのように類似性の高い文字が多い場合であっても、周囲長複雑度は複雑性を表す指標として利用できることを示唆している。ひらがなやカタカナのみならず、アルファベットや漢字においても、周囲長複雑度と主観的複雑度の関連が暗黙裏に仮定されてきたが（樋口・奥村・小林, 2019a, 2019b; Lo & Cheung, 2010; Pelli et al., 2006）、本研究の結果はそのような仮定が妥当であったことを示している。なお、本研究では文字ごとに参加者間平均を算出したうえで、主観的複雑度と周囲長複雑度の相関係数を算出した。こうした平均化により、参加者間の回答傾向の個人差がある程度は相殺されたと考えられる。このため、本研究の方法は主観的複雑度と周囲長複雑度の関連を検討するのに適しており、その結果としてこれらの間に高い相関係数が得られた可能性が考えられる。

また、周囲長複雑度と主観的複雑度の相関係数が画数と主観的複雑度の相関係数よりも高かったことから、周囲長複雑度は画数よりも文字の複雑性を表す指標として妥当であることが示された。このことは、ひらがなとカタカナ文字の形態についての主観的複雑度が画数のような単純な物理的特性ではなく、複数の要素から総合的に判断されている可能性を示唆している。先行研究では、画数では同じ要素間での文字認識の困難さを表現できないこと（樋口・奥村・小林, 2019a）や画数以外の要因として文字の相称性の影響を考慮できていないこと（賀集・石原・井上・斎藤・前田, 1979）が指摘されている。文字の相称性とは、左右対称の形態を持つ文字のことを示し、相称性のある文字ほど「よい形態」とみなされ、複雑度が低く評定される傾向がある。ヒトが文字形態の複雑性を評定する際に様々な物理的特性が利用されているため、画数のように、筆を下ろして書き始めてから離すまでにできる点や線を合計するだけの指標では、文字認知に必要な視覚的情報を十分に表現できなかった可能性がある。

周囲長複雑度は書体間の相関が高く、書体に依存しない指標であることも示された。このことは、本研究で用いた MS ゴシック体以外の書体においても、周囲長複雑度が文字の複雑性を表す指標として利用できることを示唆している。ただし、HG 創英角ポップ体の周囲長複雑度は他の書体の周囲長複雑度との相関がやや低かった。ひとつの理由として、ポスターや広告などに用いられる HG 創英角ポップ体は、他の書体に比べてフォントの丸みが強調されているため、他の書体の周囲長複雑度との相関係数が HG 創英角ポップ体以外の書体間の相関係数と比べて低い値を示した可能性が考えられる。このことから、本研究で得られた MS ゴシック体における周囲長複雑度と主観的複雑度の関係を、文字の形態が大きく異なる書体に適用することには注意が必要である。

日本語話者と英語話者の主観的複雑度の相関は極めて高く、周囲長複雑度と主観的複雑度の相関は話者の種類にかかわらず同程度であった。この結果は、言語的知識や経験の有無にかかわらず、ひらがなとカタカナの形態自体にもとづいて主観的な複雑性が規定されていることを示唆している。一方、文字に関する言語的知識を持っている日本語話者は、言語的知識を持たない英語話者に比べて主観的複雑度の得点の分布が下方に偏っており、分散も小さかった。この結果から、日本語話者は文字の物理的特性以外の要因も利用し、複雑度を評定していた可能性が示唆される。賀集他（1979）は、よく知っている漢字ほど主観的複雑度が低下することを報告している。このことから、ひらがなやカタカナへの接触頻度が高く、熟知度の高い日本語話者のほうが英語話者よりも全般的に複雑度を低く評価した可能性が考えられる。また、日本語話者はひらがなとカタカナに加えて漢字を併用していることも主観的複雑度が低かった一因であると考えられる。日本語話者は、形態的により複雑な文字体系である漢字が日本語に存在することを知っているため、主観的複雑度を全般的に低く評価したと考えられる。本研究では、ひらがなとカタカナのみを対象としたが、今後は漢字も含めより広範な文字の複雑性に関する検討を行う必要がある。

言語的知識の有無は主観的複雑度の相対的な関係性にはほとんど影響しないが、主観的複雑度の評定値自体には影響しうる可能性が示唆された。したがって、読み習得前の未就学児を対象とし、複雑度の評定値自体が影響を及ぼしうる研究に本研究の結果を適用する際には注意が必要である。こうした目的で複雑度を利用するには、異なる発達段階の子どもを対象とした主観的複雑度に関する評定データを別途取得する必要があるかもしれない。

利益相反

なお、本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

引用文献

- 天野 清（1970）. 語の音韻構造と分析行為の形成とかな文字の読み学習 教育心理学研究, 18, 76-89. http://doi.org/10.5926/jjep1953.18.2_76
- Bernard, J-B., & Chung, S. T. L. (2011). The dependence of crowding on flanker complexity and target-flanker similarity. *Journal of Vision*, 11(8), 1. <https://doi.org/10.1167/11.8.1>
- Castet, E., Descamps, M., Denis-Noel, A., & Cole, P. (2017). Letter and symbol identification: No evidence for letter specific crowding mechanisms. *Journal of Vision*, 17(11), 2. <https://doi.org/10.1167/17.11.2>

- Grainger, J., Tydgat, I., & Issele, J. (2010). Crowding affects letters and symbols differently. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 673–688. <https://doi.org/10.1037/a0016888>
- 樋口 大樹・奥村 優子・小林 哲生 (2019a). 幼児のひらがな読み書き習得に及ぼす文字特性の影響 音声言語医学, 60, 113–120. <https://doi.org/10.5112/jjlp.60.113>
- 樋口 大樹・奥村 優子・小林 哲生 (2019b). 幼児のカタカナ読み書き習得に関与する文字特性の検討 音声言語医学, 60, 230–237. <https://doi.org/10.5112/jjlp.60.230>
- 猪俣 明恵・宇野 彰・酒井 厚・春原 則子 (2016). 年長児のひらがなの読み書き習得に関わる認知能力と家庭での読み書き関連活動 音声言語医学, 57, 208–216. <http://doi.org/10.5112/jjlp.57.208>
- 垣花 真一郎 (2015). 幼児の仮名文字の読み習得に影響する文字側の諸要因 発達心理学研究, 26, 237–247. <http://doi.org/10.11201/jjdp.26.237>
- 賀集 寛・石原 岩太郎・井上 道雄・斎藤 洋典・前田 泰宏 (1979). 漢字の視覚的複雑性 人文論究, 29, 103–121.
- 国立国語研究所 (1972). 幼児の読み書き能力 東京書籍
- Liu, D., Chen, X., & Wang, Y. (2016). The impact of visual-spatial attention on reading and spelling in Chinese children. *Reading and Writing*, 29, 1435–1447. <https://doi.org/10.1007/s11145-016-9644-x>
- Lo, O. T., & Cheung, S. H. (2010). Chinese character recognition is limited by overall complexity, not by number of strokes or stroke patterns. *Journal of Vision*, 10(7), 977. <https://doi.org/10.1167/10.7.977>
- Pelli, D. G., Burns, C. W., Farell, B., & Moore-Page, D. C. (2006). Feature detection and letter identification. *Vision Research*, 46, 4646–4674. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.04.023>
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Revelle, W. (2021). psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. Northwestern University, Evanston, Illinois. R package version 2.1.3. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=psych>
- 高橋 登 (1997). 幼児のことば遊びの発達——「しりと」を可能にする条件の分析—— 発達心理学研究, 8, 42–52. <https://doi.org/10.11201/jjdp.8.42>
- Tamaoka, K., & Kiyama, S. (2013). The effects of visual complexity for Japanese kanji processing with high and low frequencies. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 26, 205–223.
- Wang, H., He, X., & Legge, G. E. (2014). Effect of pattern complexity on the visual span for Chinese and alphabet characters. *Journal of Vision*, 14(8), 6. <https://doi.org/10.1167/14.8.6>
- Watson, A. B., & Ahumada, A. J. (2012). Modeling acuity for optotypes varying in complexity. *Journal of Vision*, 12(10), 19. <https://doi.org/10.1167/12.10.19>
- Wiley, R. W., Wilson, C., & Rapp, B. (2016). The effects of alphabet and expertise on letter perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 1186–1203.
- 矢後 妃奈子・中山 実 (2016). 漢字画像の特徴操作と RSVP 課題における注意の瞬きとの関係 映像情報メディア学会誌, 70, J166–J169. <http://doi.org/10.3169/itej.70.J166>
- Yin, L., & McBride, C. (2015). Chinese kindergartners learn to read characters analytically. *Psychological Science*, 26, 424–432. <https://doi.org/10.1177/0956797614567203>
- Zhang, J.-Y., Zhang, T., Xue, F., Liu, L., & Yu, C. (2007). Legibility variations of Chinese characters and implications for visual acuity measurement in Chinese reading population. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48, 2383–2390. <https://doi.org/10.1167/iov.06-1195>
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., Dufau, S., & Grainger, J. (2010). Rapid processing of letters, digits and symbols: What purely visual-attentional deficit in developmental dyslexia? *Development Science*, 13, F8–F14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00983.x>

—— 2021. 3. 2 受稿, 2021. 9. 12 受理 ——

Appendix

Means (M) and standard deviations (SD) of subjective complexity for each character and its corresponding perimetric complexity (MSGothic)

	Japanese speakers		English speakers		Perimetric complexity
	M	SD	M	SD	MSGothic
あ	3.00	1.88	5.79	1.17	160.92
い	1.72	1.02	3.18	1.64	84.12
う	1.92	1.15	3.35	1.78	86.98
え	2.63	1.63	5.05	1.31	123.23
お	2.70	1.65	5.33	1.32	163.31
か	2.35	1.37	4.68	1.53	135.48
が	2.84	1.77	5.39	1.47	173.11
き	2.59	1.55	5.23	1.50	159.29
ぎ	2.80	1.68	5.84	1.09	198.86
く	1.46	0.90	2.44	1.63	55.99
ぐ	2.07	1.16	3.70	1.67	92.85
け	2.18	1.25	3.61	1.70	121.82
げ	2.45	1.41	4.83	1.36	157.89
こ	1.76	1.16	2.91	1.77	78.19
ご	2.16	1.21	4.35	1.58	116.04
さ	2.34	1.35	4.50	1.43	123.45
ざ	2.64	1.53	5.33	1.23	160.28
し	1.45	0.95	2.51	1.68	67.63
じ	2.08	1.22	3.66	1.71	104.69
す	2.51	1.50	4.74	1.37	118.80
ず	2.72	1.58	5.49	1.30	151.91
せ	2.52	1.44	4.77	1.39	139.57
ぜ	2.75	1.62	5.45	1.35	176.89
そ	2.67	1.68	4.93	1.39	117.99
ぞ	2.85	1.70	5.49	1.31	154.97
た	2.38	1.38	4.16	1.56	134.17
だ	2.57	1.52	5.23	1.38	173.56
ち	2.29	1.27	4.47	1.37	122.22
ぢ	2.67	1.58	5.16	1.37	159.23
つ	1.55	1.10	2.57	1.66	84.19
づ	2.09	1.26	3.85	1.67	117.85
て	1.75	1.18	3.33	1.65	92.09
で	2.42	1.32	4.48	1.49	129.91
と	1.94	1.16	3.43	1.60	90.28
ど	2.37	1.37	4.57	1.41	126.96
な	2.82	1.69	5.22	1.48	157.38
に	1.97	1.14	3.37	1.74	111.65
ぬ	2.97	1.85	5.80	1.33	162.16
ね	2.96	1.80	5.60	1.27	158.98
の	2.00	1.20	3.54	1.74	122.77
は	2.63	1.60	4.65	1.45	155.21
ば	2.76	1.65	5.48	1.42	190.89
ぱ	2.77	1.70	5.28	1.39	201.92
ひ	2.03	1.21	3.47	1.64	116.70

	Japanese speakers		English speakers		Perimetric complexity
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	MSGothic
ビ	2.48	1.44	4.29	1.53	151.49
び	2.39	1.36	4.44	1.52	162.20
ふ	2.75	1.62	5.05	1.25	118.42
ぶ	2.98	1.72	5.64	1.37	154.67
ぶ	3.01	1.89	5.59	1.30	165.94
へ	1.50	1.00	2.57	1.75	49.16
べ	2.02	1.16	3.58	1.74	85.10
ぺ	1.93	1.17	3.15	1.58	93.06
ほ	2.68	1.59	5.23	1.27	173.06
ぼ	2.90	1.75	5.72	1.44	202.12
ぼ	2.89	1.69	5.70	1.25	214.05
ま	2.65	1.61	5.04	1.36	157.74
み	2.65	1.65	4.92	1.35	143.09
む	3.02	1.80	5.47	1.27	149.56
め	2.78	1.78	5.31	1.49	154.04
も	2.44	1.42	4.30	1.50	120.71
や	2.56	1.51	4.85	1.51	129.44
ゆ	3.00	1.84	5.34	1.33	156.52
よ	2.30	1.36	4.12	1.46	110.05
ら	2.28	1.29	3.97	1.59	114.74
り	1.79	1.03	3.29	1.62	100.87
る	2.71	1.67	4.94	1.43	140.76
れ	2.73	1.69	4.95	1.37	135.02
ろ	2.09	1.30	3.83	1.63	114.40
わ	2.79	1.69	5.17	1.33	134.64
を	3.36	1.87	5.70	1.27	157.50
ん	2.25	1.4	3.46	1.51	101.81
ア	2.16	1.29	3.94	1.68	94.74
イ	1.63	0.97	3.05	1.71	65.15
ウ	2.02	1.08	3.77	1.65	91.71
エ	1.83	1.10	2.88	1.84	90.05
オ	2.26	1.25	4.21	1.56	103.21
カ	2.06	1.15	3.95	1.53	109.25
ガ	2.40	1.39	4.97	1.35	142.29
キ	2.06	1.27	3.52	1.81	121.42
ギ	2.26	1.32	4.60	1.48	155.39
ク	1.89	1.07	3.63	1.58	83.62
グ	2.30	1.31	4.73	1.49	116.44
ケ	2.19	1.25	3.85	1.61	87.01
ゲ	2.42	1.39	4.74	1.40	121.25
コ	1.69	1.02	3.04	1.77	83.45
ゴ	2.21	1.21	4.01	1.60	118.32
サ	2.13	1.19	4.03	1.49	107.08
ザ	2.41	1.44	5.09	1.40	140.35
シ	2.13	1.32	3.13	1.73	83.30
ジ	2.45	1.41	4.19	1.67	118.21
ス	1.92	1.16	3.59	1.68	84.03
ズ	2.39	1.42	4.82	1.29	117.28
セ	2.22	1.27	3.99	1.59	107.68
ゼ	2.56	1.50	4.98	1.35	140.60
ソ	1.88	1.15	2.82	1.74	69.54

	Japanese speakers		English speakers		Perimetric complexity
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	MSGothic
ゾ	2.26	1.28	4.20	1.44	99.88
タ	2.39	1.38	4.94	1.26	99.27
ダ	2.48	1.49	5.52	1.34	132.97
チ	2.30	1.31	3.90	1.60	103.89
ヂ	2.63	1.52	4.98	1.22	137.50
ツ	2.24	1.30	3.13	1.66	91.96
ヅ	2.51	1.51	4.33	1.54	124.74
テ	2.12	1.18	3.51	1.70	100.97
デ	2.32	1.29	4.69	1.45	134.39
ト	1.77	1.11	2.87	1.73	62.06
ド	2.17	1.24	3.90	1.53	97.09
ナ	1.74	1.11	3.24	1.79	83.44
ニ	1.54	0.97	2.41	1.77	82.60
ヌ	2.21	1.20	4.09	1.51	100.44
ネ	2.72	1.57	5.03	1.27	113.32
ノ	1.37	1.02	2.29	1.75	44.30
ハ	1.61	0.98	2.72	1.74	65.47
バ	2.05	1.14	3.94	1.70	99.25
パ	2.08	1.28	3.58	1.73	111.37
ヒ	1.96	1.08	3.01	1.78	87.37
ビ	2.29	1.38	4.33	1.65	121.51
ピ	2.30	1.28	3.91	1.58	132.99
フ	1.60	1.05	2.81	1.81	76.26
ブ	2.03	1.24	3.98	1.73	106.72
プ	2.13	1.25	3.64	1.57	122.88
ヘ	1.53	0.99	2.61	1.73	46.79
ベ	2.06	1.32	3.52	1.62	77.90
ペ	1.96	1.16	3.50	1.80	89.34
ホ	2.21	1.26	4.12	1.56	128.12
ボ	2.55	1.49	5.09	1.39	161.71
ポ	2.58	1.49	4.95	1.34	174.34
マ	2.05	1.17	3.64	1.59	75.68
ミ	1.83	1.07	2.96	1.80	93.29
ム	2.20	1.27	3.80	1.55	88.71
メ	1.72	0.93	2.97	1.76	65.56
モ	2.23	1.29	3.78	1.65	109.78
ヤ	2.02	1.13	3.85	1.65	100.45
ユ	1.85	1.06	3.19	1.72	84.99
ヨ	2.14	1.22	3.14	1.65	106.97
ラ	2.01	1.18	3.52	1.76	105.33
リ	1.68	1.03	3.23	1.81	78.25
ル	1.94	1.08	3.37	1.75	100.53
レ	1.64	1.11	2.80	1.87	71.14
ロ	1.77	1.14	2.97	1.80	93.30
ワ	1.79	1.09	3.13	1.59	86.23
ヲ	2.33	1.33	3.61	1.74	102.47
ン	1.94	1.19	3.03	1.71	66.54