

文字の読みにくさが記憶を促進するときと妨害するとき： ワーキングメモリ容量に基づく非流暢性効果の検討

When difficulty in reading characters facilitates and hinders memory: Examination of disfluency effect in terms of working memory capacity

黒田 都雲^{†,*}, 西田 勇樹[†], 服部 雅史[†]

Tsukumo Kuroda, Yuki Nishida, Masasi Hattori

[†]立命館大学

Ritsumeikan University

*cp0041vf@ed.ritsumei.ac.jp

概要

読みにくい文字は記憶成績を高めるが、その効果(非流暢性効果)は頑健ではない。その要因として、非流暢性の程度やワーキングメモリ容量(WMC)が考えられる。そこで本研究は、文字の流暢性のレベル(4段階)とWMCが単語記憶に与える影響を調べた。実験の結果、非流暢性効果は確認できなかった。この結果は、一つの刺激リストの中に特徴的(非流暢)／非特徴的な文字を混ぜて呈示した場合に非流暢性効果が発生しやすいこと(対比効果仮説)を示唆する。

キーワード: 非流暢性効果 (disfluency effect), 処理水準 (levels of processing)

1. はじめに

読みにくいフォントや薄い色で書かれた文字の方が覚えやすい場合があることが知られている(非流暢性効果 disfluency effect)。Diemand-Yauman, Oppenheimer, & Vaughan (2011) は、刺激となる文字のフォント、コントラスト、印字の質を操作し、読みにくい文字で書かれた文章の方が記憶成績がよいことを示した。非流暢性効果のメカニズムについて、Diemand-Yauman et al. (2011) は、読みづらいつというメタ認知が努力的で入念な処理スタイルを引き起こし、深い記憶処理を促すと考え、非流暢性は「望ましい困難さ (desirable difficulties)」(Bjork, 1994) をもたらすとした。処理水準 (Craik & Lockhart, 1972) に基づいたこの仮説を処理水準説と呼ぶことにする。

しかし、処理水準説と矛盾する実験結果も報告されている。処理水準説によると、ワーキングメモリ容量(WMC)の大きい人で非流暢性効果が顕著に現れると予測される。これは、WMCの大きい人の方が使える認知資源が豊富であるため、努力的な処理スタイルに移行しやすいと考えられるためである。しかし、宮川・服部 (2017) は、むしろWMC小のグループでのみ非流暢性効果を観察し、処理水準説に反する結果を示した。

非流暢性効果の頑健性やこの効果の存在に対する疑問は、他にも多くの研究によって示されている(たとえば、Strukelj, Scheiter, Nyström, & Holmqvist, 2016)。

非流暢性効果が安定的に観察されない一つの大きな理由は、WMCの大きさによって困難さの「望ましさ」が異なるためではないだろうか。Seufert, Wagner, & Westphal (2017) は、非流暢条件として設定した刺激が読み易すぎるために「望ましい困難さ」に至らない場合があること、また、過度に読みにくい刺激は判読の困難や学習意欲の低減を引き起こすことを指摘した。処理水準説を検討するためには、どの程度の流暢性が「望ましい困難さ」になるのか明らかにする必要がある。そこで、本研究では、呈示される文字の流暢度を段階的に操作し、WMCと非流暢性効果の発現の関係を検討した。

宮川・服部 (2017) の実験において、WMC小のグループで流暢性効果が観察された理由は、文字の困難さレベルがWMCの大きさによって違うためかもしれない。ある困難さレベル(Aとする)の刺激は、WMC小の個人に対しては「望ましい」が、WMC大の個人に対しては容易すぎたために、非流暢性効果が見られたのかもしれない。また、別の困難さの高いレベル(B[>A]とする)の文字は、WMC小の個人に対しては難しすぎるが、WMC大の個人に対しては「望ましい」ということもあるかもしれない。そのため、刺激Aに対しては、WMC小でのみ非流暢性効果が観察され、WMC大では効果が見られない(宮川・服部, 2017) のに対して、刺激Bに対しては、WMC小では非流暢性の逆効果が観察され、WMC大でのみ非流暢性効果が観察されるといったこともあると考えられる。

宮川・服部 (2017) は、非流暢性効果の発生メカニズムとして、非流暢な文字というのが、しばしば特徴的な文字であり、この特徴性が記憶のための手がかりの一

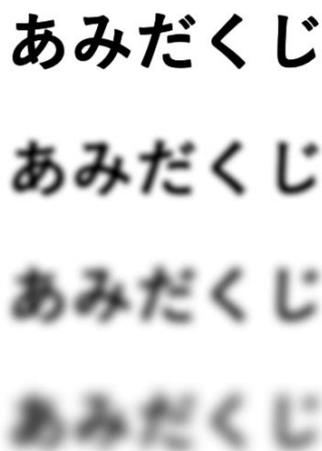


図 1 文字のぼかしを操作した単語刺激の一例。最上段から、無操作、ぼかし弱、ぼかし中、ぼかし強の刺激を示す。

つとなる可能性(特徴説)を示唆している。もしこの考えが正しければ、たとえば、一つの単語リストの中に特徴的な(読みにくいフォントによる)文字と非特徴的な文字が混ざっていると、特徴的な文字で書かれた単語に注意が向きやすくなり、その結果、特徴的な(非流暢な)単語が優先的に記録されて非流暢性効果が生じるが(対比効果仮説)、単語リストが同じ特徴の文字からなる場合には、文字が非流暢であっても非流暢性効果が生じないことになる。そこで、本研究では、流暢な文字と非流暢な文字をリストごとに分けて別々に提示し、その場合にも非流暢性効果が観察されるのかどうかを検討した。

本研究の第一の目的は、提示される文字の流暢度を段階的に操作し、WMCと非流暢性効果の発現の関係を検討することである。第二の目的は、宮川・服部(2017)で観察された非流暢性効果が対比効果仮説によるものかを検討することである。

2. 方法

実験参加者 クラウドワークスでの募集に応じた55名(男性17名、女性36名、無回答2名、平均年齢41.4歳、 $SD = 10.2$)が実験に参加した。参加者は報酬として、653円を受け取った。

刺激特性と単語リスト 流暢度を文字のぼかしによって操作した(図1参照)。流暢度の条件を4条件(無操作/ぼかし弱/ぼかし中/ぼかし強)とし、文字のぼかしは、文字の色を透明にし、文字に影を入れ、影をぼかすことで条件ごとに変えた。単語記憶課題で提示さ

れるすべてのひらがな単語に、文字の色を透明、文字の影を黒(RGB: 0,0,0)と指定した。ぼかしは、"text-shadow"の影のぼかし半径の値で決められた。各条件の影のぼかし半径の値は、無操作条件で1px、ぼかし弱条件で6px、ぼかし中条件で11px、ぼかし強条件で16pxとした。単語記憶課題の本試行(全4試行)では流暢度条件の順番を決めるために、参加者は4グループにランダムに割り当てられた。グループ1の参加者は各試行で無操作、ぼかし弱、ぼかし中、ぼかし強の順に条件が割り当てられた。グループ2はぼかし弱、無操作、ぼかし中、ぼかし強の順、グループ3はぼかし中、ぼかし強、無操作、ぼかし弱の順、グループ4はぼかし強、ぼかし中、ぼかし弱、無操作の順に条件が割り当てられた。また本試行における単語リストとして、10個のひらがな単語で構成された4セット分のリストが用意された。提示される単語リストの順をランダムに並べ、すべての参加者で同じ試行数のときに同じ単語リストのひらがな単語が提示された。また単語リスト内の単語の提示順をランダムに並べ、参加者間での提示順はすべて同じとした。

WMC課題 参加者のWMCは、井関(2010)の演算スパンテスト(operation span test; OST)と類似の手続きで測定した。OSTでは、計算課題と文字提示、文字再生を繰り返しおこない、文字の再生成績によってWMCを測定した。井関(2010)のOSTは、スパン数を3-7とし、それぞれのスパン数を3回繰り返すが(合計15試行)、本課題では、各試行(同じく合計15試行)で3-7のスパン数のどれかがランダムに選ばれた。

手続き 参加者は、自分の所有するPCのブラウザ上で実験を実施した。はじめに単語記憶課題を実施した。単語記憶課題に取り組む参加者は、提示されたひらがな単語を記憶し、妨害課題をはさんだ後に、覚えたひらがな単語を自由再生した。単語記憶課題は1試行の練習試行と4試行の本試行で構成された。練習試行では8個のひらがな単語が個別に提示された。注視点提示(1000ms)の後に、ひらがなの単語(5000ms)が1個提示され、ひらがな単語の提示数だけ注視点とひらがな単語の提示が繰り返された。参加者は、提示されるひらがな単語を見て覚えるよう求められた。練習試行では、参加者にすべての流暢度条件の文字を提示するために、2単語ごとに流暢度を操作した。最初に提示された2単語は無操作条件のひらがな単語が提示され、2単語ごとに流暢度の低い条件の単語が提示された。8単語提示の後、参加者は妨害課題として2分間の制限時間

で「e」から始まる英単語をできるだけたくさん回答するように求められた。参加者は、英単語をタイピングで入力し、1単語ごとに「回答」ボタンを押して回答した。英単語は時間内であればいくつでも回答することができた。制限時間経過後、参加者は、覚えたひらがな単語を回答するように求められた（自由再生）。参加者は、タイピングでひらがなを入力し、1単語を入力するたびに「回答」ボタンを押して回答した。回答のときは、ひらがな入力のみが許された。呈示されたひらがな単語の数だけ回答したときか、思い出すことができなくなり「スキップ」のボタンを押したときに、次の試行にうつることができた。

本試行では、1試行につき10個のひらがな単語が呈示された。本試行では、練習試行と同じ方法で10個のひらがな単語が個別に呈示された。ただし、ひらがな単語の流暢度の操作は各試行で操作された。また本試行の妨害課題では、1試行で“e”，2試行目で“a”，3試行目で“f”，4試行目で“t”からはじまる英単語の回答を求めた。ひらがな単語の回答では10個のひらがなが回答された場合か、「スキップ」ボタンが押された場合に、次の試行に移った。

単語記憶課題終了後、参加者は、それぞれの流暢度条件の読みやすさと覚えやすさの評定を求められた。画面上に無操作条件の「あとずさり」の刺激が呈示され、参加者が普段目にする文字に比べてどれくらい読みやすいかを7件法（1: 読みづらい, 4: 変わらない, 7: 読みやすい）で回答した。続いて同じ流暢度の同じ刺激が呈示され、参加者が普段目にする文字に比べてどれくらい覚えやすいかを7件法（1: 覚えづらい, 4: 変わらない, 7: 覚えやすい）で回答した。参加者は、読みやすさと覚えやすさの質問に、無操作、ぼかし弱、ぼかし中、ぼかし強の順に回答した。全条件の評定を終えた後、3分間の休憩をとった。

OSTは、計算フェーズ、記銘フェーズ、再生フェーズで構成された。計算フェーズでは、参加者は、呈示された計算式（“5+1+3=9?”）が正解か不正解か3秒以内にマウスクリックで判断した。正解の場合は左クリック、不正解の場合は右クリックを押した。3秒経過すると「タイムオーバー」の文字が呈示された。クリックで反応した場合か制限時間経過した場合、記銘フェーズにうつった。記銘フェーズではアルファベット1文字が呈示（800ms）され、参加者は、アルファベットを記憶した。ランダムに決められたスパン数（3-7系列）だけ、計算フェーズと記銘フェーズを繰り返した。その

後、再生フェーズにうつった。再生フェーズでは回答画面が表示され、参加者は、呈示されたアルファベットの順に回答画面のボタンを押して、回答した。記銘フェーズを2回繰り返して再生フェーズにうつる練習試行を2試行、計算フェーズ単独の練習試行を2試行、スパン数が2のOSTの練習試行を2試行、15試行の本試行で構成された。

OST終了後、画面に参加者個別のユーザーIDが呈示された。参加者は、実験実施者にユーザーIDを報告して実験を終えた。

3. 結果

分析対象 実験に複数回参加したと見られる2名、OSTの正再生率の平均より $\pm 2SD$ の範囲におさまらなかった3名を除き、最終的に50名を分析対象とした。以後は、分析対象の参加者のみのデータを報告する。

WMC OST のスコアの算出は部分加点法を採用した。部分加点法では呈示されたアルファベットを正しい順番で再生できた場合、再生できた分の得点が加点される。井関（2010）では3から7のスパン数を3回繰り返すため、部分加点法の最大得点は、スパン数の合計値に3を掛けた結果と同じ75となる。本研究では、手続きの問題で参加者によってスパン数の合計値が異なるため、最大得点も参加者によって異なる。そこで部分加点法による各参加者の正再生数の合計数から各参加者のOSTのスパン数の合計数を割ることで、正再生率を算出した。各参加者のOSTのスパン数の合計値は最小63、最大93（ $M=76.1, SD=7.4$ ）、各参加者の正再生数の合計値は最小14、最大76（ $M=48.7, SD=13.3$ ）、各参加者の正再生率は最小0.19、最大0.94（ $M=0.64, SD=0.18$ ）であった。続いて、各参加者の正再生率の中央値（ $Me=0.65$ ）より大きいWMC大群（ $n=24$ ）と中央値以下のWMC小群（ $n=26$ ）に分けた。WMC大群の方が、WMC小群よりも正再生率が高いことを確認した、 $t(48)=-9.7, p<.0001$ 。

単語記憶課題 WMCの大きさが非流暢性効果に与える影響を調べるための分析を実施した。図2に各条件における単語記憶課題の成績を示した。WMCの大小と文字のぼかしの独立変数、単語記憶課題の再生率を従属変数とする2要因混合計画の分散分析を実施した。分析の結果、WMC、ぼかしの主効果、および両者の交互作用は有意でなかった、 $F(1, 48)=2.78, p=.102$; $F(3, 144)=0.73, p=.536$; $F(3, 144)=0.38, p=.771$ 。

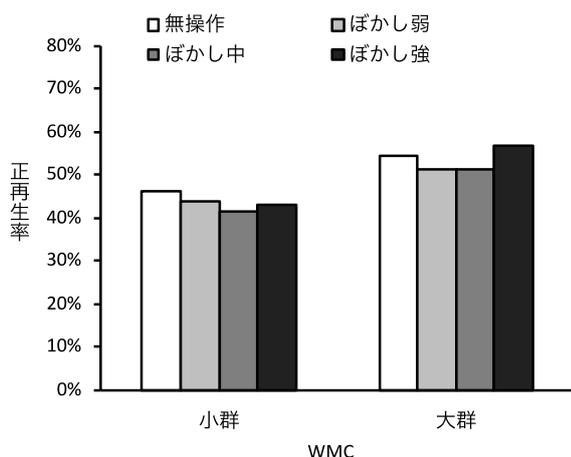


図 2 単語記憶課題の成績。

文字の読みやすさと覚えやすさ 本研究におけるぼかしの操作が主観的な文字の読みやすさと覚えやすさに与える影響を検討するための分析を実施した。文字のぼかしを独立変数、読みやすさの評定値を従属変数とする 1 要因参加者内計画の分散分析を実施した。その結果、ぼかしの主効果が有意だった、 $F(3, 147) = 248.27$, $p < .0001$ 。Ryan 法による多重比較の結果、すべての条件で有意差がみられ、 $ps < .0001$ 、無操作条件、ぼかし弱条件、ぼかし中条件、ぼかし強条件の順に読みやすさの評定値が高かった。続いて、文字のぼかしを独立変数、覚えやすさ評定値を従属変数とする 1 要因参加者内計画の分散分析を実施した。その結果、ぼかしの主効果が有意だった、 $F(3, 147) = 87.36$, $p < .0001$ 。Ryan 法による多重比較の結果、すべての条件で有意差がみられ、 $ps < .001$ 、無操作条件、ぼかし弱条件、ぼかし中条件、ぼかし強条件の順に覚えやすさの評定値が高かった。

4. 考察

本研究の第一の目的は、呈示される文字の流暢度を段階的に操作し、WMC と非流暢性効果の発現の関係を検討することであった。第二の目的は、宮川・服部 (2017) で観察された非流暢性効果が対比効果仮説によるものか検討することであった。まず文字のぼかしによる流暢度の評定の結果、主観的な文字の読みやすさと覚えやすさが、無操作、ぼかし弱、ぼかし中、ぼかし強の順になることを確認した。続いて、WMC の個人差による非流暢性効果がどのように変わるか調べたところ、すべての条件で非流暢性効果は観察されなかった。

流暢度の段階的な操作によって再生率が変わることがなかったことから、本研究では WMC によって「望ましい困難さ」が異なるという仮説は支持されなかった。同時に、呈示された文字を処理しづらいと評価しているにも関わらず、非流暢性効果が観察されなかった本研究の結果は、処理水準説を支持しなかった。

非流暢性効果が見られなかった理由として三つの可能性が考えられる。第一に、単語記憶課題で観察される非流暢性効果が対比効果仮説によるという可能性である。宮川・服部 (2017) では、1 試行内で呈示される一つの単語リストに、流暢な文字と非流暢な文字を混合して呈示した。対比効果仮説によれば、1 試行内で呈示される単語リストの文字がすべて同じ流暢度の場合、非流暢性効果が発生しにくいことになる。本研究でこの可能性を検討したところ、対比効果仮説が支持された。また宮川・服部 (2017) は、WMC 小のグループで非流暢性効果を観察した理由として、WMC が不十分な場合は抑制機能が弱いために、文字の主要情報に集中して、文字の周辺情報（色・形、大きさなど）を切り捨てることができず、その結果、非流暢な文字の再生率が高くなったとしている。この解釈は、対比効果仮説でも当てはまる。本研究では、一つの単語リストで流暢な文字と非流暢な文字を混合せず呈示した場合にはその効果が現れないことを示した。

第二の可能性としては、学習内容によって効果が変わるといったことがあるかもしれない。たとえば、Diemand-Yauman et al. (2011) の非流暢性効果を観察した実験では、架空の生物の特徴を短い文でいくつか呈示された。それを効率良く覚えるには文字そのものにとらわれず、視覚イメージに変換（身長 90cm、緑色の目、緑色の葉を食べるといった文字から、そのような生物の姿を想像）することが一つの方略となる。そこで非流暢な文字は、文字としての認識を低減させ、文字を何度も読み返して文字を覚えようとすることを抑制し、架空生物のイメージを促進させることが、記憶成績を向上させたため、非流暢性効果が見られたのではないだろうか。本研究と Diemand-Yauman et al. (2011) の参加者に課した学習内容が異なるように、非流暢性効果についてのこれまでの研究では、学習内容について統一されていない。学習内容によって非流暢性効果が変わるのかどうか検討する必要があるだろう。

第三に、非流暢な文字によって覚えることに対して努力的になったが、記憶の促進効果が見られなかったという可能性である。非流暢な文字は、たとえば、判読

するのに時間がかかる。学習に不利な分それを補填するため、努力的になり、その結果、流暢な文字との記憶成績の差がなくなっているのではないか。(隠れた非流暢性効果)。

非流暢性効果がどのようなときに観察されるのか明らかにするための今後の課題として、単語記憶だけでなく文章内容の理解について検討する必要があるかもしれない。本研究では、呈示した単語の記銘と再生を参加者に求める記憶課題を実施した。しかし、現実場面では単語の個別の記憶だけでなく、文章を読んで概要を把握する学習もある。先述のように、文章理解を求める課題の場合、課題を行う主体は非流暢な文字を読むことによって文字そのものを覚えようとせず、イメージ形成を促進させるのかもしれない。非流暢な文字を見たときの学習の方向性の違いが、非流暢性効果の頑健性と関係しているのかもしれない。

文献

- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*, 671–684.
- Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., & Vaughan, E. B. (2011). Fortune favors the bold (and the italicized): Effects of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, *118*, 111–115.
- 井関 龍太 (2010). 演算スパンテスター.
<<http://riseki.php.xdomain.jp/index.php>?演算スパンテスター> (2020年3月25日アクセス)
- Lehmann, J., Goussios, C., & Seufert, T. (2016). Working memory capacity and disfluency effect: An aptitude-treatment-interaction study. *Metacognition and Learning*, *11*, 89–105.
- 宮川 法子・服部 雅史 (2017). 文字の流暢性が単語記憶課題に与える影響：ワーキングメモリの観点から。 *認知科学*, *24*, 450–456.
- Seufert, T., Wagner, F., & Westphal, J. (2017). The effects of different levels of disfluency on learning outcomes and cognitive load. *Instructional Science*, *45*, 221–238.
- Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M., & Holmqvist, K. (2016). Exploring the lack of a disfluency effect: Evidence from eye movements. *Metacognition and Learning*, *11*, 71–88.