

デジタル教科書研究

日本デジタル教科書学会 学会誌

Vol. **11** October 2024

報告（一般）

- 1 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討
—Alter (2013)の方法の有用性に関する検討—
：齋藤岳人・井上和哉

i 投稿・審査規定

vi 編集委員会報告



<報告 (一般) >

電子端末を利用した教材における記憶の定着を 促進する書体の検討 —Alter (2013)の方法の有用性に関する検討—

齋藤 岳人 (東京都立大学)

井上 和哉 (東京都立大学)

概要

電子端末の教育現場への普及によって、児童は多くの情報に触れ、学ぶことが可能になった。一方で情報量の増加のため、重要な情報を優先的に処理し、記憶することが必要になった。そこで本研究では、電子端末におけるこの記憶負荷の問題を解決するために、読みにくい書体で表された情報が記憶されやすい現象（非流暢性効果）を利用し、教科書書体と組み合わせた場合に記憶を向上させる書体を検討した。具体的には、教科書書体とは異なる形態を持ち、読みにくい書体で表された単語の記憶が向上するかを検討した。その結果、書体の読みやすさは記憶成績に影響を及ぼさず、非流暢性効果は頑健な現象ではないことが示された。このことは、電子端末における記憶負荷の問題の解決には非流暢性効果は利用できないことを示している。

キーワード 電子端末, 書体, 非流暢性効果, 読みやすさ, 記憶

タブレットやスマートフォンなどの電子端末の急速な普及によって、文字を読むための媒体は変化しつつある。これまでは紙に書かれたものを読み、情報を得ることが当たり前だったが、電子端末に表示されるものを読むことで情報を得る機会も多くなった。実際、これまで紙媒体が当たり前だったもの（例えば、広告、書籍）の多くが電子化され、電子広告や電子書籍として広く利用されている。

文字を読む媒体の変化は、教育の現場も例外ではない。例えば、全国の公立小学校の80%以上（文部科学省, 2021）で、タブレットが児童に支給され、紙媒体の教材に替わるものとしてデジタル教科書や AI 型学習ドリルなどが利用されている。この教材の電子

化によって、児童は授業科目ごとに教科書を用意しなくても、一つの端末で多くの情報に触れられるようになり、さらに常に最新の情報を得ることが可能になった。また、インターネットや動画コンテンツなど、紙媒体では利用できなかった技術と連動することによって、学習アプリのように効率よく学習できるようになった。

しかし、電子端末を利用した学習にも問題はある。電子端末では様々な情報に容易に触れられるため、紙媒体よりも情報量を増やすことが可能である (辻, 2014)。そのため、一度に処理しなければならない情報の量が増加し、重要な情報を見逃してしまう可能性は紙媒体よりも高い。その結果、電子端末を利用した学習では、本当に重要な情報が児童の記憶に残らない可能性が考えられる。

これまで、電子端末における記憶負荷の問題は、読み手の余計な負荷を減らすことで解決可能だと考えられてきた(Arditi, 2004)。つまり、読み自体にかかる労力を極力減らすことで、内容の理解に集中させるアプローチが有効だとされてきた。そうしたアプローチの一環として、書体のどのような特徴がヒトにとって読みやすいかが検討されてきた(Bernard et al., 2010; Wallace et al., 2022)。例えば、Bernard et al. (2010)は、9歳から11歳の小学生に、ディスプレイ上に様々な書体で表された文章を読ませ、間違った単語や置き換えられて意味が通じなくなった単語を報告させる課題を行い、読みの効率を書体ごとに比較した。その結果、サンセリフ系の書体 (ゴシック体と似た特徴を持つ書体)の方がセリフ系の書体 (明朝体と似た特徴を持つ書体)よりも読みやすい書体であることが示された。また、Wallace et al. (2022)では、ディスプレイ上に様々な書体で文章を提示し、読みの速度と理解度を比較したところ、文章の理解度に差はなかったものの、サンセリフ系の書体(EB Garamond, Montserrat)では、他の書体よりも読みの速度が速いことが示された。これらの結果は、サンセリフ系の書体が電子端末で読みやすい書体であることを示唆している。また、日本語書体を用いた類似の研究も行われており、ディスプレイ上では明朝体よりもゴシック体の文字が容易に認識できることが示されている (遠藤, 2014; 足立・杉山, 2021)。これらの研究を考慮すると、言語に関わらずサンセリフ書体のようなストローク幅が太く、均一な形態で、余計な特徴がないデザインが電子端末において読みやすい書体の特徴であるといえる。近年では、電子端末用の読みやすい書体も開発され、日本語でもいくつかの書体 (例えば、イワタの UD フォント「みんなの文字」)を電子端末上で使用することが推奨されている (矢口他, 2013)。

しかし、読みやすい書体で表された印刷物は読み手に好ましい印象を与え、読みにくい書体で表されたものよりも読みへの動機づけを高める一方で(Tracy, 1981)、内容を精査するような注意深い処理には必ずしも適切ではない。例えば、読みやすい書体で表した文では小さな間違いを見逃しやすいことが報告されている (Song & Schwartz, 2008 ; Alter & Oppenheimer, 2009)。また、読みやすい書体で表された情報よりも読みにくい書体で表された情報の方が記憶されやすいことも報告されている (非流暢性効果 ; Diemand-Yauman et al., 2011)。これは、読み手が読みにくさを感じたことによって、注意深い処理が促進されたために起きる現象とされている (Bjork & Bjork, 2011 ; Schwartz, 2012)。

記憶の非流暢性効果は、生起メカニズムの検討や教育への応用など、幅広い視点からの研究が行われている。例えば、宮川・服部(2017)は、非流暢性効果を処理水準効果で説明するために、ワーキングメモリ容量の大小と非流暢性効果の関連を検討した。また、長谷部・楠見(2020)は、非流暢性効果が生起するために必要な「読みにくい」という主観的な感覚に注目した検討を行った。その結果、読みやすい書体で記憶課題を提示した場合と比べ、読みにくい書体で提示した場合には、十分に学習できていないという主観的な感覚が高まり、その後の再学習時間が長くなった。このことは、読みにくい書体によって注意深い処理が促進されるという非流暢性効果の生起過程を直接的に示している。教育への応用に関しては、学習教材を読みにくい書体で表すことで記憶の促進効果が生じるかが検討されている(French et al., 2013 ; Seufert et al., 2017)。さらには、記憶を向上させる書体として、あえて読みにくい加工をすることで非流暢性効果が生起することを狙った書体(Sans Forgetica ; Simon, 2018)も開発されており、積極的な応用が検討されている。

しかし、教育場面で非流暢性効果を利用する場合に、先行研究のように読みにくい書体のみで情報を提示し、記憶成績を向上させる方法は現実的ではない。記憶成績を向上させるために教材内のすべての情報を読みにくい書体で提示した場合、処理流暢性が過度に低下するために十分に情報が処理されず、記憶に残らない可能性が考えられる。したがって、情報の処理を極力阻害しない形で非流暢性効果を利用する方法を考える必要があるが、多くの研究では非流暢性効果の生起メカニズムの解明に焦点が当てられており、非流暢性効果を電子端末などの文字媒体の中でいかに利用するかという現実場面への導入しやすさについては十分に考慮されてこなかった。それに対し、Alter (2013) は、読みにくい書体のみで情報を提示する場合ほどには処理流暢性を低下させず、電子端末への導入が容易な非流暢さの新たな提示方法を提案している。具体的には、読みの途中で短い非流暢さを感じ

る（読みにくい書体で表された）項目を設けることで、その項目の記憶の定着を促進するものである。ただし、非流暢性効果の多くの研究では、参加者間やブロック間で書体の読みやすさを操作し、ブロック内の記憶刺激すべてを読みやすい書体または読みにくい書体のどちらか一方のみで表したり（French et al., 2013；長谷部・楠見, 2020；Seufert et al., 2017）、単一のブロックの中で読みやすい書体と読みにくい書体を半々で提示していたりするため（宮川・服部, 2017）、一部のみを読みにくい書体で表す方法（Alter, 2013）の有用性は検討されておらず、現状では提案のみに留まっている。

目的

そこで、本研究では、Alter(2013)が提案した非流暢さの提示方法が記憶の定着を促進するかを検討する。しかし、仮に読みにくい書体で表された項目の記憶成績がこの方法で向上したとしても、それが読みにくさによる注意深い処理の促進によって生じたかは明らかではない。読みにくい書体は日常的に使用される書体よりも知覚的な異質性（示差性）が高い傾向にあるため、それが再生の手がかりとなって記憶成績の向上を生じさせる可能性がある。そこで、電子端末向けの書体と組み合わせた場合に同程度に示差性が高い書体の中で、読みやすい書体と読みにくい書体をそれぞれ使用し、それらの書体で表された項目の記憶成績を比較する。つまり、書体の形態の示差性が記憶に与える影響を統制したうえで、読みにくい書体で表された項目が読みやすい書体で表された項目よりも記憶されやすいかを検討する。

方法

実験参加者

非流暢性効果を検討した記憶実験（宮川・服部, 2017）を参考に、50名程度の参加者を集めることを計画し、最終的に日本語を母語とする大学生および大学院生 49名（男性 23名、女性 26名）が実験に参加した。年齢の平均は、24.80歳（標準偏差：7.09）であった。参加者はすべて日常生活に支障のない視力（裸眼もしくは矯正で 0.7 以上）を持つものであった。なお、本研究は著者が所属する機関の倫理委員会の承認を得て実施された（承認番号 H4-148）。

刺激

記憶課題で使用する刺激として、漢字 2 字の熟語 20 語からなる単語リストを 8 セットを使用した。単語リストは以下の方法で作成したものの中から、実験で使用するものを選定した。まず、単語の持つ特性が記憶成績に交絡することを防ぐために、NTT の令和版単語親密度データベース (藤田・小林, 2020) の中から単語の親密度 (語のなじみ深さ) が非常に高いもの (6.5 から 7.0) で、モーラ数 (単語を読むときの音の長さ) が 4 の単語を選定した。この時、同じ漢字で始まる単語が複数ある場合は親密度が最も高い単語のみを採用し、複数の読み方がある単語は除外した。その後、単語自体の視覚的な複雑さの影響を統制するために、選定した単語すべての総画数の平均を算出し、画数が平均±2SD の範囲外にある単語は除外し、最終的に 126 語を選定した。選定した単語をランダムに組み合わせ、12 セットの単語リストを作成した。最後に、作成した単語リストの中で特に記憶されやすいものを除外するために、本実験には参加していない 62 名に予備調査の記憶課題を行った。自由再生法による記憶課題を行い、単語ごとの再生率を算出した上で、リストごとの再生率の分散を算出し、分散が最も小さいものから順に 8 セットを選定した。

単語自体の特性 (親密度, モーラ数, 視覚的な複雑さ, 記憶されやすさ) の影響をできる限り統制した熟語 20 語からなる単語リスト 8 セットそれぞれで、15 単語を電子端末向けに開発された教科書書体 (UD デジタル教科書体) で表し (以下, 高頻度書体語), 残り 5 単語を UD デジタル教科書体とは形態が著しく異なる書体 (視覚的に目立つ形態の書体: HG 創英角ゴシック, 大阪, HG 創英角ポップ体, HG 行書体) のいずれかで表した (以下, 低頻度書体語と表記)。低頻度書体語はそれぞれのリスト内で予備調査の記憶課題の再生率が中程度のものに固定し (表 1), それ以外の単語を高頻度書体語とした (表 2)。

高頻度書体に採用した UD デジタル教科書体は、健常者を対象とした書体の読みやすさ調査 (齋藤他, 2022) において 26 書体中で 1 番目に読みやすいものだった。低頻度書体は本実験及び記憶課題の予備調査には参加していない大学生 51 名を対象にした主観評定の調査をもとに選定した。具体的には、UD デジタル教科書体で表された単語リストのうち、一語を異なる書体 (合計 25 書体) で表し、その語の示差性 (UD デジタル教科書体と比べてどの程度目立つか) と読みやすさの主観評定 (1 から 7 のリッカート法で取得) をもとに、示差性の高い書体 (評定値の平均が高いものの中で上位 5 位以内のもの) の中で、

読みやすい書体（HG 創英角ゴシック：評定値の平均が 5.10，大阪：評定値の平均が 4.98）と読みにくい書体（HG 創英角ポップ体：評定値の平均が 3.90，HG 行書体：評定値の平均が 3.08）を低頻度書体に使用した（図 1）。これらの低頻度書体は，齋藤他（2022）の調査でも UD デジタル教科書体よりも読みにくいと評定されていた。これらの低頻度書体の示差性の平均値は，それぞれ 6.58，5.91，6.78，5.74 であった。

表 1

実験で使用した低頻度書体語の内訳

リスト01	リスト02	リスト03	リスト04	リスト05	リスト06	リスト07	リスト08
挨拶	確認	握手	靴下	親指	今頃	県名	買物
学園	在籍	健康	心配	辛口	革靴	告白	資料
財産	出費	広告	茶碗	休暇	速報	特別	手袋
判断	天井	寝室	当然	宅配	調査	昼頃	反対
冬服	郵便	体質	配達	発送	両手	面倒	抹茶

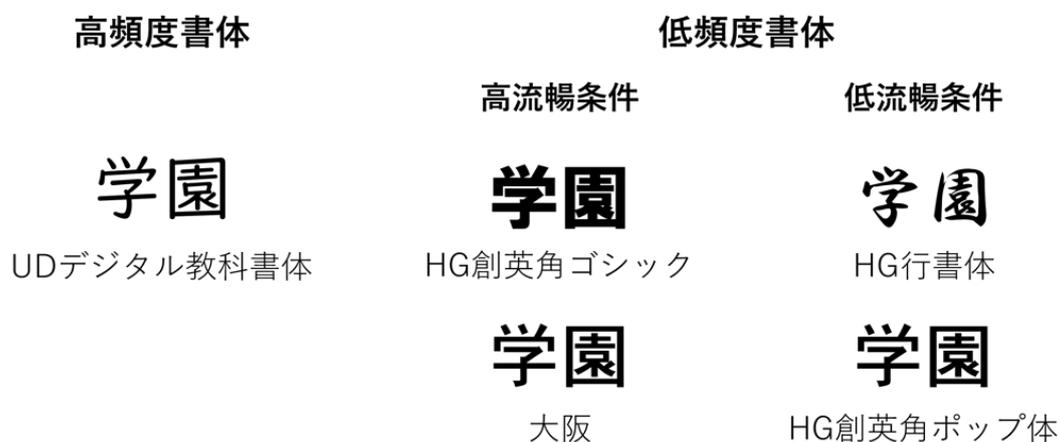
表 2

実験で使用した高頻度書体語の内訳

リスト01	リスト02	リスト03	リスト04	リスト05	リスト06	リスト07	リスト08
英検	青空	応援	安全	以上	音楽	印刷	永遠
監督	鉛筆	活動	往復	計算	給与	海岸	感動
金曜	看板	基準	髪色	建設	継続	関係	銀行
決定	空港	口紅	貴重	行動	限定	京都	結婚
攻撃	月曜	採用	現在	残高	国産	携帯	合格
修理	高校	準備	更新	醤油	至急	失格	最悪
視力	進行	性別	作業	森林	昭和	所属	写真
清掃	晴天	専用	上司	絶賛	炊飯	水分	成績
全身	先輩	父親	生命	測定	設定	説明	選手
大根	対策	店内	送迎	中止	玉葱	外側	体型
近道	地上	背景	台風	登録	読書	炭酸	単品
電卓	年間	左手	必要	病気	発売	治療	入荷
人間	非常	分析	平成	返答	表示	鼻水	豚丼
窓口	文系	右耳	名字	無料	弁当	方向	山梨
有効	満月	洋服	翌日	卵白	免除	料理	和食

図 1

高頻度書体と低頻度書体の例



装置

PsychoPy (Peirce et al., 2019) で実験プログラムを作成し、Windows の PC 上で実行した。実験刺激の表示には、解像度を 2560 × 1440 に設定した 27 インチディスプレイ(Dell S2721DS)を使用した。ディスプレイの観察距離は 60cm であった。実験中は、顎台 (NAMOTO 社製の TKD UK1) を使い、観察距離が常に一定になるように実験参加者の頭部を固定した。

手続き

参加者は、ディスプレイ上に表示された教示に従うように指示された。実験の開始前に実験中のリスク、取得したデータの取り扱いなどを口頭と書面にて説明を受け、十分に内容を理解し、同意をした参加者のみが実験に参加した。

実験の 1 試行は、非流暢性効果を検討した記憶実験 (宮川・服部, 2017) を参考に、記憶課題・計算課題・再生課題に分けて行われた (図 2)。まず、ディスプレイ上に単語リスト (20 単語) が提示され、参加者はできる限り多くの単語を記憶することを求められた (記憶課題)。単語は 4 単語ごとに 5 列に分けて、均等な間隔(0.1 pt)を開けて、同じサイズ (32 pt, 視角は 2.39°) で同時に提示された。また、どの単語がどの書体で表されるか (たとえば、“英検” は UD デジタル教科書体、“学園” は HG 創英角ポップ体で表す) は

あらかじめ決まっていたが、どの単語がどの位置に提示されるかは完全にランダムにされた。課題の実施中、参加者は提示された単語を、一列ごとに左から右の順番でできる限り早く正確に声に出して読み、同時に記憶することを求められた (図 2)。この実験手続きは、参加者にすべての単語に注意を向けさせること、読みの途中で特定の項目に読みにくさを感じた結果、その項目に対して注意深い処理が喚起されようになることを意図して行った。参加者は、記憶課題の実施中にメモを取ることを禁止され、正しく読んでいるかを後で確認するためにボイスレコーダーで音声録音された。参加者がすべての単語を読み終えた時点で画面が切り替わり、計算課題へ移行した。

計算課題では、記憶成績の天井効果を防ぐために、参加者は1000から3ずつ引き算し、その結果を口頭で繰り返し報告することを求められた。1分間が経過した時点で課題は終了し、次の再生課題へ移行した。

再生課題では、参加者は記憶課題で提示された単語のうち、覚えているものを記録用紙に書き出すことを求められた。具体的には、2分間でできる限り多くの単語を漢字のまま正確に再生することを求められた。2分間が経過した時点で課題は強制終了し、記録用紙は実験実施者に回収された。

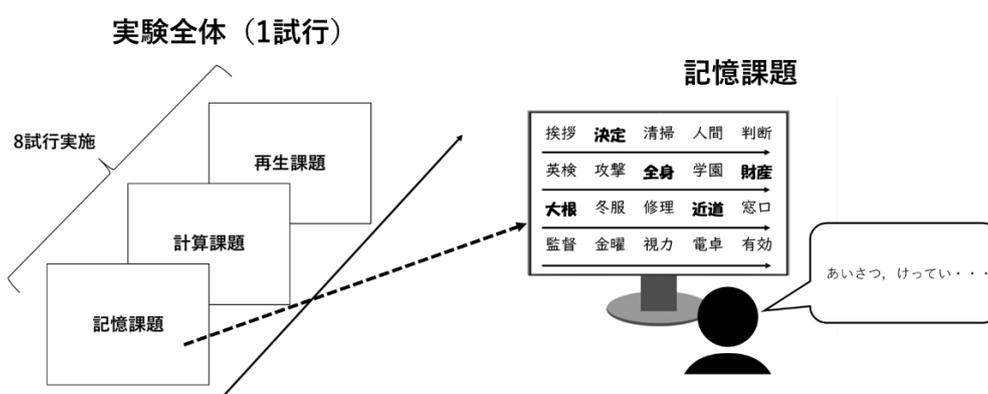
記憶課題、計算課題、再生課題の3つの課題を1試行とし、全部で8試行を行った。参加者の疲労を考慮し、4試行を行った時点で10分間の休憩をとり、休憩後に残りの4試行を実施した。8試行のうち4試行では、電子端末向けの教科書書体で表された15単語と読みやすい書体で表された5単語を組み合わせた単語リストが提示され (高流畅条件)、残りの4試行では教科書書体で表された15単語と読みにくい書体で表された5単語を組み合わせた単語リストが提示された (低流畅条件)。高流畅条件と低流畅条件の試行は休憩前と休憩後で2試行ずつ実施され、どの条件がどの順番で行われるかは完全にランダムにされていた。

また、結果の一般性を保証するため、高流畅条件と低流畅条件のそれぞれで教科書書体と組み合わせて提示する書体には2種類があり、参加者はそれぞれの条件でどちらか一方の書体の組み合わせで表された単語リストが提示された。具体的には、高流畅条件と低流畅条件で教科書書体と組み合わせて提示される書体のパターンは全部で4種類 (高流畅条件 vs 低流畅条件 : HG 創英角ゴシック vs HG 行書体, HG 創英角ゴシック vs HG 創英角ポップ体, 大阪 vs HG 行書体, 大阪 vs HG 創英角ポップ体) があり、それぞれのパターンに参加者を均等に振り分けることでカウンターバランスを行った。また、単語リスト8セッ

トのうち、どのリストをどの書体に割り当てるか（例えば、単語リスト 1 の低頻度書体には HG 創英角ポップ体を使用する）についても参加者間でカウンターバランスをとった。したがって、単語リストの提示順、書体の組み合わせ、各条件への単語リストの割り当てが記憶成績に及ぼす影響は相殺されていた。

図 2

研究全体の流れと記憶課題の例



分析

再生された単語は、漢字で正しく再生されたもののみを正答とした。また、間違った読みで記憶された結果、他の単語と異なるモーラ数であったことが再生時の手がかりになった可能性を除外するために、記憶課題の実施中に誤った読みをされた単語は正しく再生されていた場合であっても誤答とした。

結果

実験に参加した 49 名のうち、正しい手続きで課題が行われた 48 名を有効データとして分析を行った。分析には、統計ソフト R version 4.22 (R Core Team, 2022)を使用した。

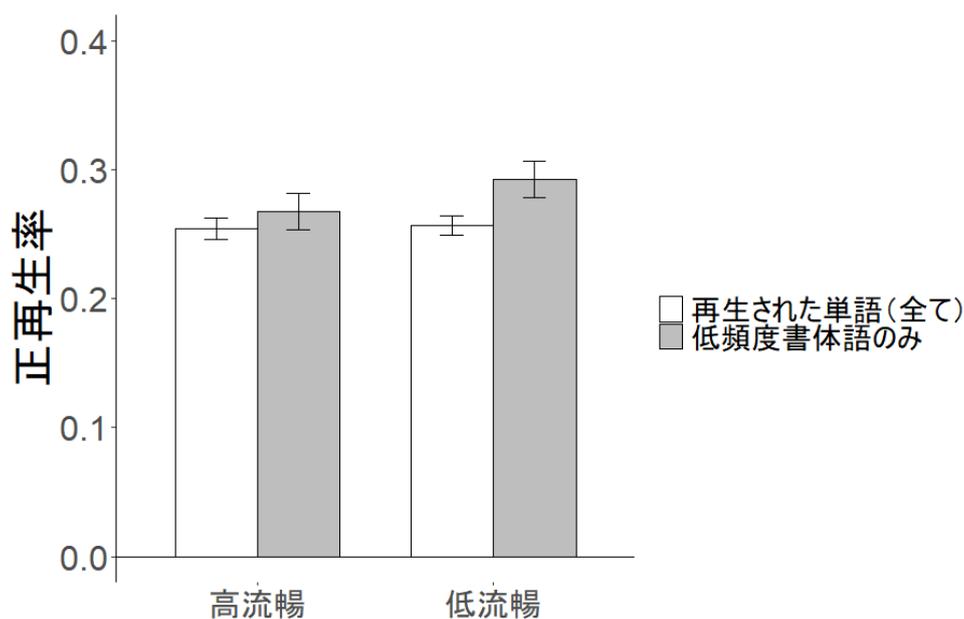
書体の流暢性に注目した単語の正再生率の比較

単語リスト全体の正再生率と低頻度語のみの正再生率の平均を、流暢性の条件ごとに図 3 に示した。非流暢性効果が生起していたかを検討するために、教科書書体と組み合わせ

た書体の流暢性を要因とした 1 要因 2 水準の参加者内分散分析を行った。単語リスト全体の正再生率については、書体の流暢性の主効果は有意ではなく ($F(1, 47) = 0.09, p = .77$)、高流暢条件（平均正再生率：0.25、標準偏差：0.11）と低流暢条件（平均正再生率：0.26、標準偏差：0.10）に差は認められなかった。また、低頻度書体語のみの正再生率についても同様の分析を行ったところ、書体の流暢性の主効果は有意ではなく ($F(1, 47) = 1.79, p = .19$)、高流暢条件（平均正再生率：0.27、標準偏差：0.19）と低流暢条件（平均正再生率：0.29、標準偏差：0.19）に差は認められなかった。これらの結果は、本実験の非流暢さの提示方法では、書体の非流暢性は記憶成績を高めず、非流暢性効果が生起していないことを示している。

図 3

読みやすさごとの全ての単語の正再生率、低頻度書体語のみの正再生率の比較



注) エラーバーは標準誤差を示す

流暢条件と非流暢条件で提示した書体の組み合わせごとの単語の正再生率の比較

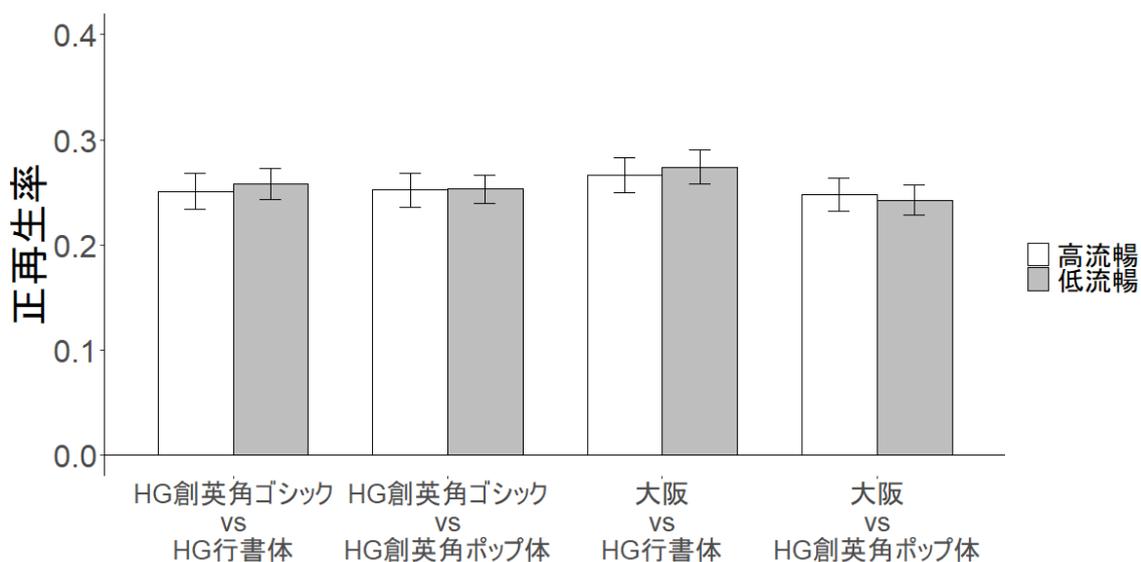
本研究では、教科書書体（高頻度書体）と組み合わせて提示する単語を表す書体（低頻度書体）には、高流暢条件と低流暢条件でそれぞれ 2 種類があり、参加者はそれぞれの条

件でどちらか一方の書体のみが使われた。書体の組み合わせには4通りがあったため、特定の組み合わせのみで流暢性の違いによって記憶成績に差があった可能性も否定できない。そこで、高流暢条件と低流暢条件の低頻度書体の組み合わせ 4 種類（高流暢条件 vs 低流暢条件：HG 創英角ゴシック vs HG 行書体，HG 創英角ゴシック vs HG 創英角ポップ体，大阪 vs HG 行書体，大阪 vs HG 創英角ポップ体）ごとに書体の流暢性の違いが単語の正再生率に与える影響を検討した。

全ての単語の正再生率について、低頻度書体の組み合わせのパターン（4 種類）を参加者間要因、流暢性（2 種類）を参加者内要因とした 2 要因の混合計画の分散分析を行った（図 4）。その結果、書体のパターン($F(3, 44) = 0.16, p = .92$)と流暢性($F(1, 44) = 0.02, p = .89$)のいずれの主効果も有意ではなく、交互作用もなかった($F(3, 44) = 0.03, p = .99$)。また、低頻度書体語のみの正再生率について同様の分析を行ったところ（図 5）、書体のパターン($F(3, 44) = 0.23, p = .87$)と流暢性($F(1, 44) = 0.41, p = .52$)のいずれの主効果も有意ではなく、交互作用もなかった($F(3, 44) = 0.09, p = .97$)。

図 4

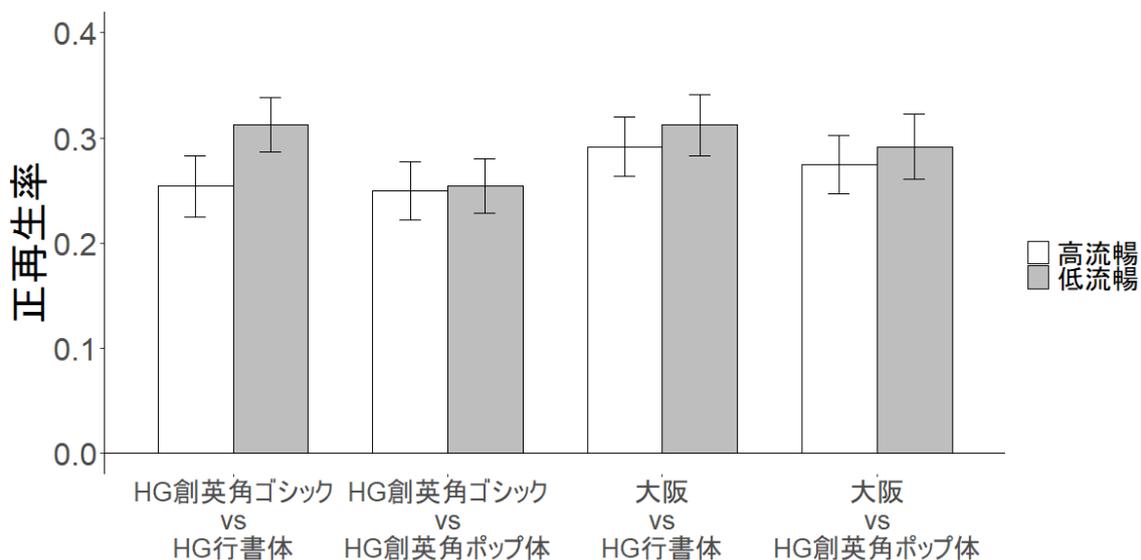
低頻度書体のパターンごとの全ての単語の正再生率の比較



注) エラーバーは標準誤差を示す。

図 5

低頻度書体のパターンごとの低頻度書体語の正再生率の比較



注) エラーバーは標準誤差を示す。

考察

本研究の目的は、電子端末が直面している記憶負荷の問題を解決する可能性がある方法として、Alter(2003)が提案した非流暢さの提示方法に着目し、この方法が非流暢性効果を生じさせるかを明らかにすることであった。具体的には、20語の単語リストを提示し、そのうち15語を教科書書体で表し、残り5語を教科書書体との対比で示差性が高い書体で表した(低頻度書体)。また、低頻度書体の流暢性を操作し、単語リスト全体の正再生率と低頻度書体語のみの正再生率を、高流暢条件と低流暢条件で比較した。その結果、二つの主要な結果が示された。第一に、単語リスト全体の正再生率と低頻度書体語のみの正再生率の両方で、書体の流暢性による差は認められなかった。第二に、高流暢条件と低流暢条件の低頻度書体のペアを考慮した分析においても、流暢性は単語リスト全体と低頻度書体語の正再生率の両方に影響を与えなかった。

Alter (2003)は、高流暢な書体で表された文章の中に短い低流暢な書体で表された部分を設定することで、その部分の記憶の定着を促進する方法を提案したが、その提案の妥当性

はこれまで十分に検討されてこなかった。本研究の結果は、一部の項目のみを高流暢な書体と低流暢な書体で表した場合であっても、それらの間に記憶成績に差がないことを示しており、この非流暢さの提示方法では記憶への促進効果は望めず、電子端末での記憶の定着を促進する方法としては有用でないことが明らかになった。この非流暢さの提示方法では、一部の項目のみが異なる書体で提示されることでその項目がポップアウトし、記憶されやすくなるという可能性もあった。しかし、書体の流暢性の違いが記憶成績に影響を与えていないことや課題実施時にすべての項目を参加者に処理させていたことから、本研究においてポップアウトが記憶成績に影響していた可能性は低いと考えられる。

本研究の結果は、いずれも非流暢性効果が生じないことを示すものであったが、これらが実験手続きの不備や検定力不足によるものである可能性は低いと考えられる。例えば、非流暢性効果を検討した記憶実験の多くは、記憶する単語自体が持つ要因（なじみ深さ、視覚的な複雑さ、モーラ数）を事前に統制しているが（Eskenazi & Nix, 2021 ; Geller et al., 2018 ; 宮川・服部, 2017）、本研究でもこれらの要因をできる限り統制した上で実験を行っていた。また、予備調査をもとに、読みにくさの主観的感觉が十分喚起可能な書体を使用していた。そのため、単語自体の特性をもとに記憶されていたために書体の流暢性の効果が希釈された可能性や、低頻度書体語に使用した書体が読みにくさの主観的感觉を十分に喚起しなかったために、記憶成績に差がなかった可能性は低いと考えられる。また、非流暢効果の代表的な先行研究(Diamond-Yauman et al., 2011 ; experiment 2)の効果量 ($f=0.40$) を使って本研究のサンプルサイズから検定力を事後的に算出したところ、検定力は 0.77 であり、許容可能なサンプルサイズのもとで実験が行われていた。

Alter (2003)の提案する方法で非流暢性効果が認められなかった理由の一つとして、刺激観察時の構えの問題が挙げられる。非流暢性効果の多くの研究では、提示する記憶刺激すべてを読みやすい書体または読みにくい書体のどちらか一方のみで表していた（French et al., 2013 ; 長谷部・楠見, 2020 ; Seufert et al., 2017）。このような状況では、読みにくい書体に対して注意深い処理(Bjork & Bjork, 2011 ; Schwartz, 2012)を行おうとする処理の構えを形成しやすく、非流暢性効果が生じやすい可能性がある。それに対し、本研究では、リストの単語の大部分は読みやすい書体（UD デジタル教科書体）で提示されており、読みにくい書体で提示されたのはリストの一部のみであった。構えの切り替えにはコストが伴うため（Rogers & Monsell, 1995）、低頻度書体が提示される度に処理の構えを交代するのは非効率で

あり、その結果、実験参加者は読みにくい書体の単語が出現しても、注意深い処理を行おうとしなかった可能性が考えられる。

本研究で非流暢性効果が観察されなかったもう一つの可能性として、その再現性の低さが挙げられる。例えば、Diemand-Yauman et al. (2011)の結果は、その後の研究の多くで再現されず(Eitel & Kühl, 2016 ; Taylor et al., 2020 ; Xie et al., 2018 ; Yue et al., 2013), 書体の読みやすさ以外の要因が統制できていないなど手続き上の不備も指摘されている(Rummer et al., 2016)。また、非流暢性効果を狙ってデザインされた読みにくい書体 (Sans Forgetica) が記憶の促進を生じさせないことも明らかになっている(Gellor et al., 2020)。すなわち、非流暢性効果の先行研究における書体の記憶への促進効果は、様々な要因の複合的な作用の結果であり、単に読みやすさのみの操作で再現できるものではない可能性がある。具体的には、読みにくさと強く関連するメタ認知的な感覚(Bjork & Bjork, 2011 ; Schwartz, 2012)だけでなく、課題にどのくらい熱心に取り組んでいたかという動機づけ(Eitel & Kühl, 2016)や内容の理解に割り当てられる認知資源の個人差(Lehmann et al., 2016)も記憶成績に影響する可能性もある。すなわち、動機づけの高さは書体の読みにくさが与える影響 (非流暢性効果) を低減する一方で(Eitel & Kühl, 2016), 内容の理解に十分に認知資源を割り当てられる参加者でのみ非流暢性効果が見られることも報告されている(Lehmann et al., 2016)。しかし、本研究ではこれらの特性に基づいて参加者を募集しておらず、実験内でもこれらの特性を測定していなかった。そのため、参加者の特性のレベルによっては、一部の参加者のみで非流暢性効果が生起していた可能性も否定できない。今後は動機づけや認知資源などの特性も考慮した上で、Alter(2013)の方法の有用性を詳細に検討する必要がある。

本研究では Alter(2013)が提案した方法の有用性を検討するため、書体以外の要因が記憶成績に交絡する可能性をできるだけ除外する目的で単語再生課題を用いていた。その一方で、非流暢性効果は内容を問うような記憶課題で検討されることもある。例えば、架空の生物の特徴(Diemand-Yauman et al., 2010)や架空の国の文化の特徴 (長谷部・楠見, 2020) について書かれたリストを提示し、その内容を問う課題で検討されている。概念の内容を問うこれらの課題と単語そのものの記憶を求める本研究の課題では、同一の記憶方略が用いられているかは明確ではないため、今後は概念の内容を問う課題を用いて Alter(2013)の方法の有用性を検討する必要もあるだろう。

以上の結果から、非流暢性効果は再現が難しい現象であり、電子端末における記憶負荷の問題の解決には利用できないと考えられる。したがって、書体の読みやすさの操作のみ

齋藤岳人・井上和哉 (2024). 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討—Alter(2013)の方法の有用性に関する検討— デジタル教科書研究, 11, 1-18.

で電子端末で提示された情報の記憶のされにくさの問題を解決することは難しい。一方で、読みやすさ以外にも書体の持つ要因がヒトの情報理解に影響を与える可能性もあるため、今後は書体がヒトの情報理解を支えるうえでどの要因がどの程度重要かを包括的に検討する必要がある。

謝辞

本研究は公益財団法人吉田秀雄記念事業財団による第 56 次研究助成を受けて行われたものである。

引用文献

- 足立 香純・杉山 岳弘 (2021). 斜め視線方向に適した 4K 液晶ディスプレイのフォント形状の研究 情報知識学会誌, 30, 455-458.
- Alter, A. L. (2013). The benefits of cognitive disfluency. *Current Directions in Psychological Science*, 22(6), 437-442.
- Alter, A. L., & Oppenheimer, D. M. (2009). Uniting the tribes of fluency to form a metacognitive nation. *Personality and Social Psychology Review*, 13(3), 219 -235. <https://doi.org/10.1177/1088868309341564>
- Arditi, A. (2004). Adjustable typography : an approach to enhancing low vision text accessibility. *Ergonomics*, 47(5), 469-482. <https://doi.org/10.1080/0014013031000085680>
- Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., & Halcomb, C. G. (2010). Examining children's reading performance and preference for different computer-displayed text. *Behaviour & Information Technology*, 21(2). <https://doi.org/10.1080/01449290210146737>
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, J. R. Pomerantz (Eds.) & FABBS Foundation, *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society*. 56-64.

齋藤岳人・井上和哉 (2024). 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討—Alter(2013)の方法の有用性に関する検討— デジタル教科書研究, 11, 1-18.

Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., & Vaughan, E. B. (2011). Fortune favors the bold (and the italicized) : Effect of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, 118(1), 111-115.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.09.012>

Eitel, A., & Kühl, T. (2016). Effects of disfluency and test expectancy on learning with text. *Metacognition and Learning*, 11(1), 107-121. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9145-3>

遠藤 厚志 (2014). 液晶ディスプレイにおける表示文字の視認性に関する工学的解析 熊本専門高等学校研究紀要, 6, 14-19.

Eskenazi, M. A., & Nix, B. (2021). Individual Differences in the Desirable Difficulty Effect During Lexical Acquisition. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, 47(1), 45-52.
<https://doi.org/10.1037/xlm0000809>

French, M. M. J., Blood, A., Bright, N. D., Futak, D., Grohmann, M. J., Hasthorpe, A., Poland, R. M., Reece, M., & Tabor, J. (2013). Changing fonts in education: How the benefits vary with ability and dyslexia. *The Journal of Educational Research*, 106(4), 301-304.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2012.736430>

Gellor, J., Sara, D. D., & Daniel, J. P. (2020). Sans Forgetica is not desirable for learning. *Memory*, 28(8), 957-967. <https://doi.org/10.1080/09658211.2020.1797096>

Gellor, J., Still, M. L., Dark, V. J., & Carpenter, S. K. (2018). Would disfluency by any other name still be disfluent? Examining the disfluency effect with cursive handwriting. *Memory & Cognition*, 46(7), 1109-1126. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0824-6>

長谷部 育恵・楠見 孝 (2020). 学習教材における処理流暢性が学習者の学習プロセスに及ぼす影響 認知心理学研究, 18, 1-11. <https://doi.org/10.5265/jcogpsy.18.1>

藤田 早苗・小林 哲生 (2020). “単語親密度の再調査と過去のデータとの比較” 言語処理学会第26回年次大会.

Lehmann, J., Goussios, C., & Seufert, T. (2016). Working memory capacity and disfluency effect: An aptitude-treatment-interaction study. *Metacognition and Learning*, 11(1), 89-105.
<https://doi.org/10.1007/s11409-015-9149-z>

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. <https://doi.org/10.11225/jcss.24.450>

文部科学省 (2021). 端末利活用状況等の実態調査

- 齋藤岳人・井上和哉 (2024). 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討—Alter(2013)の方法の有用性に関する検討— デジタル教科書研究, *11*, 1-18.
- Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M. R., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. (2019). PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, *10*.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*(2), 207–231. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.124.2.207>
- Rummer, R., Schweppe, J., & Schwede, A. (2016). Fortune is fickle: Null-effects of disfluency on learning outcomes. *Metacognition and Learning*, *11*(1), 57–70. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9151-5>
- 齋藤岳人・井上和哉・樋口大樹・小林哲生 (2022). 和文書体の主観的な読みやすさと日常的な接触経験の関連. 日本認知心理学会第19回大会発表論文集
- Schwarz, N. (2012). Feelings-as-information theory. In P. A. M. Van Lange, A. W. Kruglanski, & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of theories of social psychology*. 289-308. <https://doi.org/10.4135/9781446249215.n15>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9387-8>
- Simon, S. (2018). Sans Forgetica: a font to remember. Retrieved 26 March 2022, from <https://www.npr.org/2018/10/06/655121384/sans-forgetica-a-font-to-remember>
- Song, H., & Schwarz, N. (2008). If it's hard to read, it's hard to do: Processing fluency affects effort prediction and motivation. *Psychological Science*, *19*(10), 986–988. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02189.x>
- Taylor, A., Sanson, M., Burnell, R., Wade, K. A., & Garry, M. (2020). Disfluent difficulties are not desirable difficulties: the (lack of) effect of Sans Forgetica on memory. *Memory*, *28*(7), 1-8. <https://doi.org/10.1080/09658211.2020.1758726>
- Tracy, W. (1986). *Letters of Credit (a View of Type Design)*. London: Gordon Fraser.
- 辻元 (2014). デジタル教科書の問題点—情報量の多さは教育効果につながるか— コンピュータ&エデュケーション, *36*, 30-35. <https://doi.org/10.14949/konpyutariyoukyouiku.36.30>
- Wallace, S., Bylinskii, Z., Dobres, J., Kerr, B., Berlow, S., Treitman, R., Kumawat, N., Arpin, K., Miller, D. B., Huang, J., & Sawyer, B. D. (2022). Towards individuated reading experiences: different fonts

齋藤岳人・井上和哉 (2024). 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討—Alter(2013)の方法の有用性に関する検討— デジタル教科書研究, 11, 1-18.

increase reading speed for different individuals. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 29(38), 1-56. <https://doi.org/10.1145/3502222>

Xie, H., Zhou, Z., & Liu, Q. (2018). Null effects of perceptual disfluency on learning outcomes in a text-based educational context: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(3), 745–771. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9442-x>

矢口 博之・竹下 直幸・水野 昭・八杉 淳一 (2013). 視覚特性や提示条件が変化しても読み違いが起こりにくい金融コミュニケーション向け UD フォントの開発 日本印刷学会誌, 50, 57-67. <https://doi.org/10.11413/nig.50.057>

Yue, C. L., Castel, A. D., & Bjork, R. A. (2013). When disfluency is-and is not-a desirable difficulty: the influence of typeface clarity on metacognitive judgments and memory. *Memory and Cognition*, 41, 229–241. [10.3758/s13421-012-0255-8](https://doi.org/10.3758/s13421-012-0255-8)

齋藤岳人・井上和哉 (2024). 電子端末を利用した教材における記憶の定着を促進する書体の検討—Alter(2013)の方法の有用性に関する検討— デジタル教科書研究, 11, 1-18.

Saito, T., & Inoue, K. (2024). Investigation of typefaces that promote memory retention in educational materials using electronic devices: A usability evaluation of the method of Alter (2013). *Japanese Journal of Digital Textbook*, 11, 1-18.

(2024年5月4日受稿・2024年8月9日受理・2024年10月30日発行)

「デジタル教科書研究」投稿・審査規定

日本デジタル教科書学会 編集委員会

1 編集方針

- 1.1 デジタル教科書の発展に寄与する研究論文を掲載する。
- 1.2 「デジタル教科書」は広い意味で考え、ICT活用教育全般を対象とする。
- 1.3 デジタル教科書・ICT活用教育に批判的な内容の論文であっても、以下に述べる掲載基準を満たしていれば、積極的に掲載する。
- 1.4 学際的な学会の論文誌であるので、様々な領域の研究者・実践者にとって理解できる記述を求める。

2 論文の種類と掲載基準

- 2.1 受理できる論文の種類は、以下の6種とする。
原著（一般）、原著（実践）、原著（展望）
報告（一般）、報告（実践）、報告（展望）
- 2.2 原著論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性を十分に備えた論文とする。
- 2.3 報告論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性をある程度備えつつ、速報性や資料的価値を備えた論文とする。
- 2.4 一般カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、理論的、実証的、開発的な方法論によりその目的に合致した結果が得られ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。
- 2.5 実践カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、その目的に合致した教育実践がなされ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。
- 2.6 展望カテゴリーの論文は、理論的、実証的、開発的、実践的な先行研究を十分に参照しながら、オリジナルな視点から将来的展望について言及した論文である。
- 2.7 いずれの論文も、目的、方法、結果、考察等が学術論文として十分に記述されていることを求める。
- 2.8 上記によらず、編集委員会の判断により、編集委員会企画論文、特集論文等を掲

載することがある。掲載基準、審査の有無等は、その都度編集委員会が定める。

3 投稿資格

3.1 筆頭著者は、日本デジタル教科書学会の会員であることを求める。第2著者以降は、非会員でも投稿、掲載が可能である。

3.2 上記は、日本デジタル教科書学会に入会手続き中であってもよい。

4 審査手続き

4.1 原著論文、報告論文のいずれも、投稿された個々の論文に対して担当編集委員が割り振られ、担当編集委員が著者との連絡・調整を行う。

4.2 原著論文、報告論文のいずれも、担当編集委員が2名の査読者を割り振る。著者に査読者名は伝えられない。また、査読者に著者名は伝えられない。ただし、報告論文の場合に限り、査読者のうち1名を編集委員の中から選ぶ。編集委員には著者名が伝えられる。

4.3 査読者は、以下の4カテゴリの中から1つを選び、判定する。

- A：採択…そのまま掲載可能（誤字脱字等の微修正は除く）
- B：修正後採択…採録条件を明示した上で、採録条件に沿った修正あるいは採録条件に従わない妥当な理由が認められれば掲載可能。
- C：修正後再審査…疑問点、不明点、詳しい説明が必要な点等を明示した上で、著者修正後に再審査を行い、掲載の可否を判断。
- D：掲載不可…掲載は不可能。掲載不可の理由を明示する。

4.4 初回審査の結果、2名の査読者のうち少なくとも一方がCの場合、再審査とする。

4.4.1 2名ともCの場合、修正後に再審査を行う。

4.4.2 2名の査読者の一方がC、一方がA、B、Dの場合、再審査は原則としてCと判定した査読者のみに対して行う。ただし、再審査の過程で内容の大幅な改編がある場合は、編集委員会の判断で、A、B、Dと判定した査読者に照会することがある。

4.4.3 再審査の判定は、A、B、Dのいずれかとする。

4.5 初回審査または再審査の結果、2名の査読者ともAまたはBの場合、原則として採択とする。また、ともにDの場合、原則として不採択とする。

4.6 初回審査または再審査の結果、2名の査読者の一方がAまたはB、一方がDの場

合、次のように対処する。

4.6.1 原著の場合、担当編集者がもう 1 名の査読者を割り振る。A または B の場合採択、C の場合再審査、D の場合不採択と判定する。

4.6.2 報告の場合、編集委員会が掲載の可否を決定する。

4.7 審査の過程は原則として上記に従うが、編集委員会が上記によらずに判断することがある。

4.8 著者が論文を取り下げる場合、担当編集委員が決まるまでは編集委員会に、担当編集委員が決まってからは担当編集委員に随時連絡する。

4.9 不採択または取り下げされた原稿は、原則として再投稿できない。ただし、内容の大幅な改編をした場合には、その改編内容を明示した上で、投稿前に編集委員会に問い合わせる。編集委員会の判断によって、再投稿を認めることがある。

5 出版形態

5.1 原則として電子出版とする。

5.2 紙の論文誌は発行しないが、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.3 抜き刷りは、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.4 出版費用は無料である。ただし、特別な要求がある場合には、著者負担を求めることがある。

6 著作権と論文公開

6.1 著作権は、日本デジタル教科書学会に帰属する。

6.2 著者は、論文がインターネットを通じて公開されることを了承する。

6.3 著者は、自身の論文を自由に公開し、利用することができる。

7 原稿の書き方

7.1 執筆要領に従う。

7.2 氏名、所属先、謝辞等、執筆者を明示あるいは推測できる情報を排除した原稿を作成し、投稿する。

7.3 刷り上がり 20 ページを上限とする。ただし、編集委員会が認める場合、その限りではない。

7.4 図等にカラーを用いてもよい。ただし、モノクロ印刷時に判別ができるものが望ましい。

7.5 言語は原則として日本語とする。他言語で執筆の原稿の場合、著者が投稿前に

編集委員会に問い合わせ、その都度編集委員会が判断する。

8 投稿手順

8.1 以下の日本デジタル教科書学会編集委員会のメールアドレスに投稿する。

edit@js-dt.jp

8.2 氏名と所属先等を除いた原稿と、除かれていない原稿ともに、オリジナル版と pdf 版の両方を提出する。

8.3 別途定める投稿票に記入し、提出する。

8.4 提出は、原則として編集委員会宛の電子メールに添付して行う。ファイルサイズが大きい場合は、事前に編集委員会に問い合わせる。

9 倫理的事項

9.1 アンケート調査や実験実施、学習履歴の閲覧等、研究協力者からデータを得る研究の倫理的配慮について、協力者（あるいはそれに代わる者）の同意の手続きとその内容、倫理審査等、各領域の慣例に従う。また、必要に応じて、具体的な倫理的事項とその対応について論文中に明記する。

9.2 企業との共同研究等、利益相反の可能性がある場合には、論文中に明記する。

9.3 二重投稿は禁止する。すなわち、デジタル教科書研究に投稿される論文は、他の雑誌等に掲載されている論文、他の雑誌等で審査中の論文であってはならない。また、デジタル教科書研究で審査中の論文は、他の雑誌等に投稿してはならない。ただし、学会における口頭発表、学位論文等は、二重投稿にあたらぬ。投稿しようとしている論文が二重投稿にあたるかどうかは、各領域の慣例に従う。

9.4 掲載にあたって著作権者の了承が必要な内容を含む場合、著者の責任で解決しておく。

9.5 その他、研究に必要な倫理的事項について、各領域の慣例に従う。また、必要に応じて、具体的な倫理的事項とその対応について論文中に明記する。

10 その他

10.1 論文誌には、学会のお知らせ、会員動向等、会員にとって有用な情報を含めることがある。

2013年3月30日 制定

2016年4月1日 一部改訂

2019年7月20日 一部改訂

2021年1月1日 一部改訂

2021年10月1日 一部改訂

編集委員会報告

審査報告

2023年9月1日から2024年8月31日の間、新規投稿論文2編の審査を行った。原著については、1編の新規投稿論文に対して、1編不採択であった。報告については、1編の新規投稿論文に対して、1編採択であった。本報告期間に審査結果が確定した論文の採択率は、原著0%、報告100%であった。

審査協力のお礼

審査にご協力いただいた先生方に感謝いたします。

論文募集

デジタル教科書学会ホームページにおいて、随時論文を募集している。

<https://js-dt.jp/>

編集後記

2012年の学会設立から現在まで、継続して編集委員会に携わってきましたが、2024年大会の総会において、編集委員会を退くことが正式に決まりました。細々とした運営でしたが、実践を大事にしつつ学術的な研究を促進したいという想いを実現できたと思います。さまざまな形でご協力いただいたみなさまのおかげです。ありがとうございました。今後は、山口編集委員長のもとで、新たな運営が行われることとなります。引き続き、どうぞよろしくお願いいたします。

編集委員長（2024年8月まで） 島田英昭

デジタル教科書学会編集委員会（編集担当）

委員長 島田英昭（信州大学）
副委員長 山口大輔（流通経済大学附属柏中学校）
委員 蔵富恵（岐阜聖徳学園大学）
委員 小林祐紀（放送大学）
委員 坂田陽子（愛知淑徳大学）

デジタル教科書学会事務局（公開担当）

事務局長 久富望（京都大学）
副事務局長 杉山一郎（十日町市立馬場小学校）
事務局員 上田昌史（一般財団法人マルチメディア振興センター）

表紙デザイン 水越綾（杉野服飾大学）



日本デジタル教科書学会
学会誌「デジタル教科書研究」 Vol.11
2024年10月30日発行 ISSN 2188-7748

編集・発行：日本デジタル教科書学会 <https://js-dt.jp/>
問い合わせ：日本デジタル教科書学会 事務局 office@js-dt.jp
