

Title	非流暢性要因としての同音誤字が文章理解に及ぼす効果
Author(s)	山口, 雄史; 西本, 一志
Citation	情報処理学会研究報告, 2025-HCI-212(40): 1-8
Issue Date	2025-03-07
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19703
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 山口雄史, 西本一志, 情報処理学会研究報告, Vol.2025-HCI-212, No.40, 2025, 1-8.ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

非流暢性要因としての同音誤字が文章理解に及ぼす効果

山口雄史^{†1} 西本一志^{†1}

概要: 文章中に含まれる一部の文字を薄い色で表示したり読みにくいフォントを使ったりすることによって、文章の内容記憶に良い影響を与える「非流暢性効果」の存在が多くの先行研究で示されている。しかしながら、従来の研究で取り扱われてきた非流暢性は、ほぼ全てが視覚的な困難に基づく非流暢性であり、それ以外の要因に基づく非流暢性の影響に関する研究は極めて少ない。本研究では、文章中に含まれる一部の文字の意味認知における非流暢性を与える影響について検証する。具体的には、正しい読みで読むことができるが誤った漢字である「同音誤字」を含めることが文章理解に与える影響について実験を行い調査した。その結果、同音誤字は文章の内容記憶にむしろ負の影響を与え、特に作業記憶容量が多い人にとってその影響が強いことが示された。

キーワード: 非流暢性, 学習効果, 誤字, 妨害による支援

The Effect of Homophonic Kanji Errors as a Disfluency Factor on Text Comprehension

YUJI YAMAGUCHI^{†1} KAZUSHI NISHIMOTO^{†1}

Abstract: Many previous studies have shown the existence of the “disfluency effect”, in which the use of a light color or a difficult-to-read font for some of the characters in a sentence has a positive effect on the memorization of the content of the sentence. However, almost all of the disfluency effects dealt with in previous studies were based on visual difficulties, and there have been very few studies on the effects of disfluency based on other factors. In this study, we examine the impact of difficulties in recognizing the meaning of certain characters in a sentence. Specifically, we conducted experiments to investigate the impact of including “homophonic Kanji errors” - A kanji that can be read with the correct pronunciation but is not correct in terms of meaning - on sentence comprehension. The results showed that homophonic Kanji errors had a negative impact on sentence comprehension, and that this impact was particularly strong for people with high working memory capacity.

Keywords: disfluency, learning effect, typographical errors, and support by interference

1. はじめに

現代社会において人々が内容を把握しなければならない文章情報は膨大な量に上る。例えば、機械の取扱説明書や、法律、教科書、規則、会員規約などが挙げられる。これらの情報は日常生活や業務遂行において不可欠である一方、多くの人々にとって興味を引かない内容であるため、その内容の記憶は容易ではない[1]。このため、従来から文章の記憶を効果的に定着させるための手法が多数考案されている。もっとも一般的な手法は、文章中の特に重要で記憶すべき個所を太字にしたりマーカーを引いたりするなどの、なんらかの強調表示を施す手法であり、その効果についても多数の研究がなされている。一方、強調とは逆に、記憶すべき個所の文字を薄くしたりぼかしたりして読みにくくする手段も提案されている。このような手段は「非流暢性 (disfluency)」と呼ばれ、その有効性 (非流暢性効果) に関する研究例も多数存在する。しかしながら、従来の研究で採用されている非流暢性は、ほとんどが視覚的な要因がもたらす非流暢性であり、それ以外の要因による非流暢性の活用やその効果に関する検証を行った研究は、管見の

限り存在しない。

そこで本研究では、文章中に含まれる一部の文字の意味認知における非流暢性を与える影響について検証する。具体的には、正しい読みで読むことができるが誤った漢字である「同音誤字 (例: 「学問」を「我苦紋」と記述)」を含めることが文章理解に与える影響について実験を行い、視覚的非流暢性と同様の好ましい影響を与えるのか検証した。

2. 関連研究

2.1 強調効果による学習成績向上に関する研究

従来から、学習効果の強化を目的として、文章中の重要な個所をハイライトや太字を用いて強調する手法が古くから一般的に用いられてきた。近年、これらの強調手法が学習成果や学習プロセスに与える影響について、さまざまな視点から活発に研究が行われている。

ハイライトの効果についての初期の研究として、Fowlerらの研究[2]が挙げられる。この研究では、ハイライトの有無が文章の内容に関する記憶の保持に好影響を与えることを示した。ハイライトの自己調整に関する研究として、Leutnerらは、ハイライトの自己調整トレーニングが読者の自己評価能力を高め、読解力の向上に効果があることを示した[3]。ハイライトの提供主体と学習効果との関係に着目

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
Graduate School of Advanced Science and Technology, Japan Advanced
Institute of Science and Technology

した研究として、Ponce らのメタ分析[4]が挙げられる。この研究では、学習者自身が行うハイライト（学習者生成）と指導者が提供するハイライト（指導者提供）のテキスト学習効果を比較した。その結果、学習者生成のハイライトは記憶力の向上には寄与するものの、理解力にはあまり影響を与えないことが示された。一方、指導者提供のハイライトは、記憶力と理解力の両面で向上が認められ、指導者による強調が効果的であることが分かった。

ハイライトの制限や自己調整による効果をさらに検討した研究としては、Joshi らの研究[5]が挙げられる。この研究では、文書中のテキストハイライトに制限(最大 150 語)を設けた場合、無制限条件やハイライトなしの条件と比較して読解テストの成績が向上したことを報告している。これは、制約によって重要な部分のみを選択しようとする自己調整が促されるため、より効果的に学習を支援すると考えられる。また、ハイライトが読みやすさや理解度に及ぼす影響に注目し、その効果の応用に関する研究として、金森らの研究[6]が挙げられる。この研究では、読みに困難のある児童に対して、デジタル教材のハイライト機能を用いることで、音読潜在時間が短縮され、単語や文の認識が向上することが示唆された。

強調効果に関する発展的な研究として、小林ら[7]は、文章の段落やセンテンスの区切りに配慮し、各段落の先頭から、段落内の最終センテンスにかけて、センテンス単位で文字を徐々に退色させ、徐々に読みにくくするシステムを開発した。この表示方式により、文章の要旨を把握しやすくなる効果が確認され、新しい話題やエピソードが導入される段落先頭センテンスへの注意を促し、文章全体に対する理解の向上をもたらした可能性が推察されている。一方で Leonard らの研究[8]では、コンピュータベースのテキストと紙媒体のテキストにおけるハイライトとノート取りの有無が理解度に与える影響を比較したが、テキストの形式や強調・ノート取りの有無にかかわらず、有意な差は確認されなかった。

以上のように、ハイライトや太字による強調手法の学習効果に関する研究は多様な観点から行われており、ハイライトの提供主体や制限の有無、学習者の自己調整能力などの要因によって、記憶力や理解力などに及ぼす影響が異なることがわかっている。強調効果と非流暢性効果は、文章情報に変化を加えて、学習効果や理解度の向上を目指すという点で共通しているが、強調手法は重要箇所を明示し、読者の意識を誘導することによって、学習効果の向上を試みているのに対し、非流暢性効果は「望ましい困難性」(desirable difficulties [9]) を与えることで深い処理を促し、積極的に文章を理解・記憶しようとする認知過程を引き出すことによって学習効果の向上を試みている点で異なる。

2.2 文章の非流暢性に関する研究

文章の非流暢性が記憶に与える影響については、近年多

角的に研究が行われている。Yauman らの研究[10]では、文章の非流暢性が覚えやすさに及ぼす影響を調査した結果、読みづらい文章ほど記憶成績が向上することが確認された。また Sungkhasettee ら[11]は、単語の正位置提示と逆位置(180度回転)提示によって読みづらさを操作し、記憶成績への影響を検討した。その結果、逆位置の単語は読みづらくなる一方で、その視覚的困難が記憶の定着を促進することを示している。Ito らの研究[12]では、読みにくい手書き文字ほど記憶に残りやすいことが示された。青木らの研究[13]では、文章内の一部の単語に、視線の動きに応じて深度が変化するぼかしを与えたところ、有意に成績が向上した。一方、Eitel らによるマルチメディア学習の実験[14]では、文字を波状に変形させてぼかしたテキストは、学習成果を高める可能性が一部の条件で示唆されたものの、安定的かつ一貫した効果は確認されなかった。

以上のように、多くの研究において文章中に非流暢性を混ぜ込むことで学習効果が向上する「非流暢性効果」が得られる可能性が示されている。ただしその非流暢性の大半は、文章に「視覚的な読みづらさ」を与える手段に依っており、他の種類の非流暢性についての検証はほとんどなされていない。

2.3 非流暢性効果と非流暢性の範囲の関係

非流暢性効果を生じさせるためには、被験者に提示する情報の全体に非流暢性を付与すべきか、あるいは一部に限定すべきかについても研究が行われてきた。黒田らの研究[15]では、覚えるべき単語すべてにぼかしをかけたところ、非流暢性効果は確認されなかった。また、Strukelj らの研究[16]では、スウェーデン語で構成された文章画像全体にローパスフィルタをかけて文字の解像度を低下させたものを提示した場合と、通常解像度の文章を提示した場合とで記憶にどのような影響を与えるのかについて調査を行ったところ、両者の学習効果には差が認められなかった。一方で、青木らの研究[13]では、文章内の一部の単語に視線の動きに応じて深度が変化するぼかしを与えたところ、有意に成績が向上した。これらの研究結果から、非流暢性効果を十分に発揮するためには、被験者に提示する情報の一部にのみ非流暢性を付与する方法が有効である可能性が示唆される。

2.4 非流暢効果とワーキングメモリ容量の関係

非流暢性効果とワーキングメモリ容量(WMC: Working Memory Capacity)の関係についても、複数の研究が行われている。宮川らの研究[17]では、文章を非流暢にすることで、「望ましい困難性」[9]が生まれ、処理能力に余裕のある高WMCの人はその「望ましい困難」を処理しようとした結果、記憶成績が向上するのではないかと仮説をたて、これを検証するために、フォントの色が一般的なものより薄い単語と一般的な色の単語のいずれかをランダムに1つ

ずつ被験者に複数個提示し、実験を行った。その結果、仮説に反して、低 WMC の被験者は一般的な色のフォントの単語よりも薄いフォントの色の単語を多く覚えており、高 WMC の被験者には有意な差が見られなかった。黒田ら[15]は、宮川らの研究[17]で被験者に与えた非流暢性が容易すぎたため、高 WMC の被験者は「望ましい困難」を感じず、非流暢性効果を観測できなかつた可能性があることを指摘し、提示した単語すべてにぼかしをかけ、ぼかしの深度を3段階に設定して実験を行った。その結果、WMC の高低にかかわらず、全てのぼかしの深度において非流暢性効果は確認されなかった。この結果は、2.3 節で示した非流暢性を与える範囲に関する研究における知見と一致している。

3. 実験

この実験は、北陸先端科学技術大学院大学・知識科学倫理審査会議の承認（承認番号 KSEC-G2024112906）を受けて実施された。

3.1 実験の構成

本実験は、ウェブサイト上で回答するオンラインタスクとして実施した。実験は、以下の2つのパートで構成される。

パート1: 同音誤字を含む文章の記憶と理解

パート1でのタスクは、以下の3つの作業で構成される。

A) 文章提示

被験者には、架空の国であるオルヴァニア王国の歴史を説明した1,763文字の文章を提示した。図1にその一部分を示す。この文章には、全部で6個の同音誤字が挿入されている。被験者には、後で文章の内容に関する問題に回答してもらうことを教示したうえで、まずこの文章を読むことを求めた。なお、事前に予備的に行った調査において、一部の同音誤字を本来の正しい熟語に読み替えられないケースが認められた。そこで、正しく読み替えできなかった同音誤字4つのうち、2つについては誤字の部分に1文字だけ正しい漢字が含まれるように修正した。また全ての同音誤字において、用いられている漢字の「音読み」が正しい熟語の読み方と一致するように修正した。

B) 内容理解テスト

文章提示後、次のページで文章の内容に基づいた5択形式の質問を6問出題した。図2にそのうちの1問（問3）を示す。選択肢の1つには「分からない」を含めた。6問中4問は、それぞれ異なる同音誤字と関連した内容を問うものとした。残りの2問は、同音誤字と無関係の内容を問うものとした。なお、被験者が設問を読んだ上で回答しているかどうかを確認するために、きわめて一般的な常識に関する2つの質問をダミー問題として追加で出題した。この2つのダミー問題に誤った回答をした被験者のデータは、分析対象から除外した。

(前略)この時期、オルヴァニアは政治的にも混乱し、王位継承争いが続いた。しかし、12世紀に即位した女王セリーヌの登場によって、王国は再び安定を取り戻す。セリーヌは優れた軍略家であり、彼女の治世のもとで王国は再び統一され、ヴァルドール帝国を撃退することに成功した。彼女は「鋼の女王」と呼ばれ、その冷徹で欠弾力のある統治により、国内外から高く評価された。(後略)

図1 パート1の文章提示で提示した文章の一部。同音誤字部分を赤字で示しているが、実験中被験者に提示した文章では赤字にはしていない。

Fig. 1. A part of the sentences presented in the text presentation of the experiment part 1.

問3 女王セリーヌが「鋼の女王」と呼ばれた理由は以下のうちどれか。

1. 腐敗した官僚を粛清したため
2. 決断力のある統治を行なったため。
3. 敵対する周辺諸国を鎮圧したため。
4. 強権的な政治を行なったため。
5. 分からない。

図2 パート1の内容理解テスト（一部）

Fig. 2. One of the questions (Q.3) in the content comprehension test in part 1.

誤字の確認

はじめに提示した文章には、正しい読み方が可能な誤った熟語が含まれていました。

例：豊かな自然環境と独自の文化を**押啓**（「背景」が適切）に、独自の文化を...

以下では、誤った漢字が修正されたバージョンの最初の文章を提示します。どの熟語が誤って表記されていたか思い出してください。そして、誤っていた熟語を思い出せる限り、正しい表記で文章の下にある記入欄に書き込んでください。

記入欄一つにつき、一つの熟語を記入してください。

記入が終了次第、「次へ」ボタンを押して下さい。

図3 パート1の同音誤字の記憶テスト

Fig.3 Memory test for homophonic Kanji error in part 1

C) 同音誤字の記憶テスト

内容理解テスト終了後、同音誤字を含まない正しい文字だけで構成された文章を提示し、被験者には文中で同音誤字が使用されていた個所を記述式で回答するよう求めた（図3）。

パート2: ワーキングメモリ容量 (WMC) の測定

各被験者の WMC を測定するために、Oswald らが開発した Operation Span Test (OST) [18] を使用した。OST では、まず被験者にアルファベット 1 文字を画面上に 5.0 秒間提示する。その提示が消えた後に、ごく簡単な計算式 (例: $1+5=6$) が提示され、被験者はその計算結果が正しいか否かを判断して正誤のいずれかを回答する (例: 「 $1+5=6$ 」の場合は「正」ボタンを、「 $1+5=3$ 」の場合は「誤」ボタンを押下する)。これを数回繰り返した後に、提示されたアルファベットを提

示順序通りに入力するよう求められる。これを1試行とし、アルファベット提示回数を3回、4回、5回、6回、7回と変化させた5種類の試行をそれぞれ1回ずつ実施した。

3.2 実験の実施手順

3.1 節に示した実験を、異なる2つの被験者群に対して実施した。まず、筆者らが所属する大学院の学生12人を被験者として実験を実施した。この実験では、実験者（本稿第1筆者）と被験者1名が同室に滞在する対面環境で実施された。実験開始に先立って行った被験者への教示では、同音誤字が文章内容の記憶に与える影響を調査するという実験の意図は伝えず、単に提示される文章を読んでその後のテストに回答するようにとだけ教示して実験を行った。実験では、実験者が用意したデスクトップ PC 上に作成した実験用ウェブサイトを表示して、自主的に進めてもらった。実験の様子を図4に示す。最初のページには、注意事項として「メモ帳やスマートフォンを用いて、テストの内容を記録しないでください」、「テストに集中できる環境を用意して下さい」、「ブラウザの戻るボタンとリロードボタンは絶対に使用しないでください」と記載した。実験の実施中、被験者には Tobii X120 eye tracker を装着してもらい、タスク実行時の視線の動きを記録した。

もう1つの実験では、ランサーズが提供するクラウドソーシングサービスを用いて被験者100人を無作為に募集し、各自のPC上でオンラインタスクの実施を依頼した。募集時に提示した作業概要は以下の通りである：

この調査では、2つの作業を行っていただきます。

1 目目の作業では架空の国の歴史を述べた文章を読み、その内容に関するいくつかの質問に回答していただきます。

2 目目の作業では数文字のアルファベットを記憶し回答する問題と簡単な計算問題を行っていただきます。

全体で20～30分ほどの作業となります。

100人の内の50名（実験群）には同音誤字を含む文章を提示し、残りの50名（統制群）には同音誤字を含まない、すべて正しい文字のみで構成された文章を提示した。いずれの群に属する被験者にも同じ「内容理解テスト」に回答してもらい、その後 WMC 測定問題に回答してもらった。

3.3 結果

3.3.1 被験者全体における結果

内容理解テストに用意した2問のダミー問題への回答が不正解だった被験者と、複数回タスクを実施した被験者合計10人を除外し、最終的な分析対象者は103人（大学院生12人、クラウドソーシングで募集した被験者91人）となった。OSTの結果の数値化には、宮川らの研究[17]に倣い、部分加点法を用いた。すなわち、正しい順序で入力することができたアルファベット1つにつき、1点を与え、被験者ごとの合計得点を求めた（合計得点の最大値は25点）。

設問ごとの正答率と全体の平均正答率を表1に示す。同

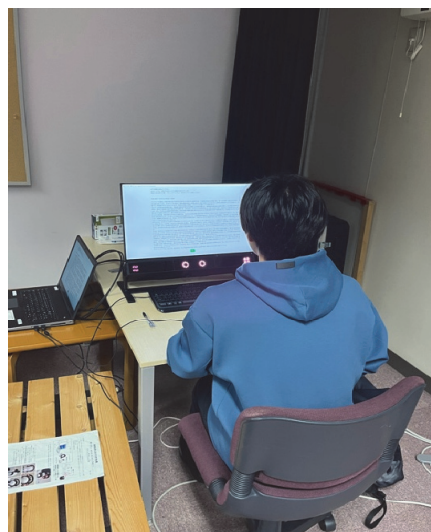


図4 学内で募集した被験者による実験の様子

Fig. 4 A snapshot of the experiment conducted by a subject recruited on JAIST

表1 設問ごとの正答率（問題番号4と8はダミー問題であるため結果は掲載しない）。

Table 1 Percentage of correct answers per question

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	93.48%	73.68%	—
2	なし	91.30%	87.72%	—
3	あり	54.35%	49.12%	—
5	なし	80.43%	85.96%	—
6	あり	89.13%	61.40%	—
7	あり	84.78%	56.14%	—
平均	全体	82.25%	69.01%	**
	「あり」のみ	80.43%	60.09%	**
	「なし」のみ	85.87%	86.84%	N.S.

** : $p < 0.01$

音誤字を含まない文章を読んだ統制群 ($n=46$) と同音誤字を含む文章を読んだ実験群 ($n=57$) の全体の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、 $p < 0.01$ となり、1%水準で有意差が認められ、統制群が実験群よりも有意に成績が良い結果となった。また、文中の同音誤字が正解と関係している4問（設問1, 3, 6, 7:「あり」のみ）全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、やはり1%水準で有意差が認められ、統制群が実験群よりも有意に成績が良い結果となった。一方、同音誤字が正解と関係していない2問（設問2, 5:「なし」のみ）全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、有意差は認められず、統制群と実験群の成績に差があるとは言えないという結果となった。

表2 高 WM 群における設問ごとの正答率 (問題番号 4 と 8 はダミー問題であるため結果は掲載しない).

Table 2 Percentage of correct answers per question by high WMC subjects

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	95.45%	95.45%	—
2	なし	95.45%	93.10%	—
3	あり	68.18%	48.28%	—
5	なし	90.91%	86.21%	—
6	あり	95.45%	62.07%	—
7	あり	90.91%	48.28%	—
平均	全体	89.39%	68.96%	**
	「あり」のみ	87.5%	58.62%	**
	「なし」のみ	93.18%	89.65%	N.S.

** : $p < 0.01$

表3 低 WM 群における設問ごとの正答率 (問題番号 4 と 8 はダミー問題であるため、結果は掲載しない).

Table 3 Percentage of correct answers per question by low WMC subjects.

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	91.67%	71.43%	—
2	なし	87.50%	82.14%	—
3	あり	41.67%	50.00%	—
5	なし	70.83%	85.71%	—
6	あり	83.33%	60.71%	—
7	あり	79.17%	64.29%	—
平均	全体	75.69%	69.05%	N.S.
	「あり」のみ	73.96%	61.61%	N.S.
	「なし」のみ	79.17%	83.93%	N.S.

** : $p < 0.01$

3.3.2 高 WM 群における結果

分析対象者 103 人の内、実験群と統制群それぞれで OST の成績が属する群の中央値以上である被験者 51 名を対象として、設問ごとの正答率と全体の平均正答率を求めた。結果を表 2 に示す。同音誤字を含まない文章を読んだ統制群 ($n=22$) と同音誤字を含む文章を読んだ実験群 ($n=29$) の全体の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、 $p < 0.01$ となり、1%水準で有意差が認められ、統制群が実験群よりも有意に成績が良い結果となった。また、文中の同音誤字が正解と関係している 4 問 (設問 1, 3, 6, 7: 「あり」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、やはり 1%水準で有意差が認められ、統制群が実験群よりも有意に成績が良い結果となった。一方、同音誤字が正解と関係していない 2 問 (設問 2, 5: 「なし」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、



図 5 12 名の学内被験者から得た視線滞留時間の平均値に基づくヒートマップ

Fig. 5 Heat map based on average gaze dwell time from 12 on-campus subjects

有意差は認められず、両群の成績に差があるとは言えない結果となった。

3.3.3 低 WM 群における結果

分析対象者 103 人の内、実験群と統制群それぞれで OST の成績が属する群の中央値未満である被験者 52 名を対象として、設問ごとの正答率と全体の平均正答率を求めた。結果を表 3 に示す。同音誤字を含まない文章を読んだ統制群 ($n=24$) と同音誤字を含む文章を読んだ実験群 ($n=28$) の全体の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、有意差は認められず、両群の成績に差があるとは言えない結果となった。また、文中の同音誤字が正解と関係している 4 問 (設問 1, 3, 6, 7: 「あり」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、有意差は認められず、両群の成績に差があるとは言えない結果となった。また、同音誤字が正解と関係していない 2 問 (設問 2 と 5: 「なし」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ、有意差は認められず、両群の成績に差があるとは言えない結果となった。

3.3.4 記録した視線の結果

12 人の学内被験者から得た視線滞留時間の平均値によって作成したヒートマップを図 5 に示す。視線ヒートマップの色は、赤が最も滞留時間が長く、次いで黄色、緑の順に短いことを示す。黒枠で囲ってある単語が、挿入した同音誤字である。「哲鋼施期」と「律兼訓酒声」には視線が滞留しているが、残りの同音誤字には視線が滞留しなかった。

3.4 考察

表 1, 2, 3 で示したように、同音誤字と関係がない設問全体については、WMC の多少に関わらず実験群と統制群の間に有意差が認められなかった。このことから、正しい文

字で書かれた部分に関する文章内容に関する読解および記憶に関して、両群の間には差が無いと考えられる。にもかかわらず、同音誤字が埋め込まれた部分と関係がある設問については、高 WM 群において、実験群と統制群の間に明確な有意差が認められ、明らかに実験群が統制群よりも低い成績となった。この結果は、高 WM 群においては同音誤字が文章内容の理解と記憶に対して有害であることを示している。

2 章の関連研究で示したように、これまでに文章中に非流暢性を導入することで文章内容理解などに良い影響が与えられることが多くの事例で示されている。しかしながら、今回試みた同音誤字の混入という非流暢性は、全体としてはむしろ好ましくない影響を与えることが示され、多くの先行研究に反する結果となっている。同様の結果は Eitel ら [14] や宮川ら [17] による研究結果でも報告されており、これらの研究では非流暢性の効果が現れる条件が限定的であることが示されている。

同音誤字の混入という非流暢性が好ましくない影響を与えた原因として、同音誤字の非流暢性が強すぎたために、正しい熟語への変換のための認知負荷が高く、その負荷を嫌って読み飛ばされた可能性が考えられる。金子ら [19] の研究では、文章中に伏字になった熟語が多くなるほど、読解力が低下することが報告されている。これは伏字部分に入るべき語が何かを推定するための認知負荷が高過ぎ、その負荷を避けるために読み飛ばしが生じたことによると考えられる。今回の実験でも、この金子らの実験と同様の現象が生じていた可能性が考えられる。このことは、図 5 に示した視線滞留時間の結果からもうかがえる。図 5 では、「哲鋼施期」と「律兼訓酒声」にだけ視線が滞留していた。その理由としては、前者が読解中に最初に遭遇する同音誤字である点、後者が混入された同音誤字の中で最も文字数が多くインパクトが大きかった点が考えられる。一方、その他の 4 つの同音誤字については、特段の視線滞留が認められない。これは正しい文字に容易に変換できた可能性も考えられるが、元の文字の推定を避けて読み飛ばした可能性も十分に考えられる。読み飛ばしが生じれば、内容理解の度合いが低下するのは必然であろう。

4. 追加実験

4.1 実験の概要

3 章に示した本実験で使用した文章や提示方法では、先行研究と同様の視覚的な非流暢性を文中に混入させ実験を行った場合でも、先行研究の結果とは異なる結果を得る可能性がある。もしそのような結果となった場合には、前述の実験の結果は同音誤字による影響ではない別の要因による影響である可能性が考えられることになる。そこで、宮川ら [17] の研究を参考にし、同音誤字混入文ではなく、正しい熟語のフォントの色を薄く表示した文章を提示する追加

王国は彼の強力な軍勢力と外交手腕により急速に発展した。同時に、豊富な鉄鉱石を産出する鉱山地帯を掌握した。これにより、他国に対しても影響力を拡大していった。また、アルタニルに引継がれた。リオネルの治世は内政に重きを置いた時

図 6 追加実験で提示した文章の一部。「鉄鉱石」が薄い色の文字で表示されている。

Fig. 6 A part of the text presented in the additional experiment.

実験を実施し、宮川ら [17] の研究結果と同じ傾向の結果が得られるかを確認した。

追加実験では、本実験で使用したタスクと同じタスクを

表 4 追加実験における設問ごとの正答率（問題番号 4 と 8 はダミー問題であるため、結果は掲載しない）。

Table 4 Percentage of correct answers per question in additional experiments

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	95.45%	98.28%	—
2	なし	95.45%	93.10%	—
3	あり	68.18%	87.93%	—
5	なし	90.91%	85.96%	—
6	あり	95.45%	93.10%	—
7	あり	90.91%	89.66%	—
平均	全体	89.39%	91.09%	**
	「あり」のみ	87.5%	92.24%	**
	「なし」のみ	93.18%	88.79%	N.S.

** : $p < 0.01$

用いた。ただし提示した文章は、同音誤字を含まず正しい文字のみで書かれており、本実験の実験群が読んだ文章に含まれていた同音誤字部分に該当する文字の色を読解可能な範囲で薄くした（文字の色は RGB(200, 200, 200) を採用）。実際に提示した文字の色を図 6 に示す。

追加実験ではランサーズが提供するクラウドソーシングサービスのみを用いて、本実験には参加していない被験者 61 人を無作為に募集した。被験者には、図 6 に示した文章を提示して内容理解テストに回答してもらい、その後 WMC 測定問題に回答してもらった。

4.2 結果

4.2.1 被験者全体における結果

本実験と同様に、内容理解テストに用意した 2 問のダミー問題への回答が不正解だった被験者と、複数回タスクを実施した被験者合計 3 人を除外し最終的な分析対象者は 58 名となった。設問ごとの正答率と全体の平均正答率を表 4 に示す。色が薄い文字も同音誤字もいずれも含まない文章を読んだ第 3 章で示した本実験の統制群 ($n=46$) と、色が薄くなった文字を含む文章を読んだ追加実験の実験群 ($n=$

表 5 追加実験における高 WM 群における設問ごとの正答率 (問題番号 4 と 8 はダミー問題であるため, 結果は掲載しない).

Table 5 Percentage of correct answers per question in additional experiments by high WMC subjects

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	95.45%	100.00%	—
2	なし	95.45%	96.30%	—
3	あり	68.18%	92.59%	—
5	なし	90.91%	81.48%	—
6	あり	95.45%	96.30%	—
7	あり	90.91%	85.19%	—
平均	全体	89.39%	91.98%	N.S.
	「あり」のみ	87.5%	93.52%	N.S.
	「なし」のみ	93.18%	88.89%	N.S.

** : $p < 0.01$

表 6 追加実験における低 WM 群における設問ごとの正答率 (問題番号 4 と 8 はダミー問題であるため, 結果は掲載しない).

Table 6 Percentage of correct answers per question in additional experiments by low WMC subjects

問題番号	同音誤字との関係	統制群	実験群	検定結果
1	あり	95.45%	96.77%	—
2	なし	95.45%	90.32%	—
3	あり	68.18%	83.87%	—
5	なし	90.91%	87.10%	—
6	あり	95.45%	90.32%	—
7	あり	90.91%	93.55%	—
平均	全体	89.39%	90.32%	**
	「あり」のみ	87.5%	91.13%	**
	「なし」のみ	93.18%	88.71%	N.S.

** : $p < 0.01$

58) の全体の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 1%水準で有意差が認められ, 追加実験の実験群が統制群よりも有意に成績が良い結果となった. また文中の色が薄い熟語が正解と関係している 4 問 (設問 1, 3, 6, 7: 「あり」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較した場合も, 1%水準で有意差が認められ, 実験群が統制群よりも有意に成績が良い結果となった. 一方, 色が薄い熟語が正解と関係していない 2 問 (設問 2, 5: 「なし」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 有意差は認められず, 両群の成績に差があるとは言えない結果となった.

4.2.2 高 WM 群における結果

分析対象者 104 人の内, 実験群と統制群それぞれで, OST の成績が属する群の中央値以上である被験者 49 名を対象

として, 設問ごとの正答率と全体の平均正答率を表 5 に示す. 本実験の統制群 ($n = 22$) と, 追加実験の実験群 ($n = 27$) の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 有意差は認められず, 両群の成績に差があるとは言えない結果となった. また, 色が薄い熟語が正解と関係している 4 問 (設問 1, 3, 6, 7: 「あり」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 有意差は認められず, 両群の成績に差があるとは言えない結果となった. 色が薄い熟語が正解と関係していない 2 問 (設問 2, 5: 「なし」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, やはり有意差は認められず, 両群の成績に差があるとは言えない結果となった.

4.2.3 低 WM 群における結果

分析対象者 104 人の内, 実験群と統制群それぞれで, OST の成績が属する群の中央値未満である被験者 55 人を対象として, 設問ごとの正答率と全体の平均正答率を表 6 に示す. 本実験の統制群 ($n = 24$) と, 追加実験の実験群 ($n = 31$) の正答率の平均をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 1%水準で有意差が認められ, 実験群が統制群よりも有意に成績が良い結果となった. また, 色が薄い熟語が正解と関係している 4 問 (設問 1, 3, 6, 7: 「あり」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 1%水準で有意差が認められ, 実験群が統制群よりも有意に成績が良い結果となった. 一方, 色が薄い熟語が正解と関係していない 2 問 (設問 2, 5: 「なし」のみ) 全体の平均正答率をマン=ホイットニーの U 検定を用いて比較したところ, 有意差は認められず, 両群の成績に差があるとは言えない結果となった.

4.3 考察

色が薄い熟語と関係がある設問の正答率は, 低 WM 群については実験群の方が統制群よりも有意に高い一方, 高 WM 群については実験群と統制群との間に有意な差が見られなかった. これに対し, 色が薄い熟語と関係がない設問の正答率は, 低 WM 群と高 WM 群のいずれについても実験群と統制群との間に有意な差が認められなかった. この結果は, 色が薄い熟語の混入が, 低 WM 群の被験者に対してのみ, 文章内容の理解と記憶に好ましい影響を及ぼすことを示しており, 宮川ら[17]の研究結果と一致している. 従って, 3 章で示した本実験の結果は同音誤字による影響であることが確認され, 意味的な認知に立ち入った非流暢性の一つである「同音誤字」は, 低 WMC 保有者の学習に対して影響を与えず, 高 WMC 保有者に学習に対してのみ, 負の影響を与えることが明らかになった.

4.4 本研究の限界と今後の展望

本研究の結果, 意味的な認知に立ち入った非流暢性の一つである「同音誤字」は, 低 WMC 保有者の学習に対して影響を与えず, 高 WMC 保有者に学習に対してのみ, 負の

影響を与えることが明らかになった。一方で、本研究で用いた同音誤字よりも可読性が高い同音誤字や、同音誤字以外の意味的な認知に立ち立った非流暢性が学習の効果にどのような影響を与えるかは現状では不明であり、今後さらなる検証が必要である。

また、本研究では、同音誤字が高 WMC 保有者に対してのみ文章の内容把握を阻害し、低 WMC 保有者に対しては影響を与えない理由についても明らかにすることができなかった。考えられる理由として、高 WMC 保有者は文章の要旨と文中で使用されている単語という粒度が異なる両方の情報を記憶しながら読解しているのに対し、低 WMC 保有者では文章の要旨という粗い粒度の情報のみを記憶しながら読解している可能性が考えられる。この場合、同音誤字という強い非流暢性が混入することにより、高 WMC 保有者は通常の読解行為が妨げられて学習効果が低下する一方で、低 WMC 保有者は同音誤字による細かい粒度の情報記憶に対する影響をあまり受けないため、学習成績が変化しなかったのではないだろうか。もちろんこれは、あくまで仮説に過ぎない。今後更なる検証が求められる。

5. おわりに

本研究では、非流暢性効果に関する先行研究ではほとんど扱われていない、意味的な認知に立ち立った非流暢性の影響に関する最初の取組として、同音誤字が文章の内容把握に及ぼす影響を検討した。筆者らが所属する大学院大学の学生、およびクラウドソーシングで募集した被験者らによる実験を実施した結果、同音誤字の混入は文章の内容把握に対してむしろ負の影響を与えることが示され、さらに作業記憶容量が大きい人に対してその負の影響が大きく現れることが示された。

今後は、より可読性の高い同音誤字や他の意味的非流暢性の影響について調査を進めたい。また、特に作業記憶容量が大きい人に対して同音誤字が負の影響を与える理由についての原因究明も進めたいと考えている。

謝辞 実験にご協力いただいた被験者の皆さまに厚く御礼申し上げます。

参考文献

[1] Garner, R., Alexander, P. A., Gillingham, M. G., Kulikowich, J. M., and Brown, R.: Interest and Learning from Text, *American Educational Research Journal*, Vol. 28, No. 3, pp. 643-659 (1991).

- [2] Fowler, R. L., and Barker, A. S.: Effectiveness of highlighting for retention of text material, *Journal of Applied Psychology*, Vol. 59, No. 3, pp. 358-364 (1974).
- [3] Leutner, D., Leopold, C., and den Elzen-Rump, V.: Self-regulated learning with a text-highlighting strategy, *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, Vol. 215, No. 3, pp. 174-182 (2007).
- [4] Ponce, H. R., Mayer, R. E., and Méndez, E. E.: Effects of learner-generated highlighting and instructor-provided highlighting on learning from text: A meta-analysis, *Educational Psychology Review*, Vol. 34, No. 2, pp. 989-1024 (2022).
- [5] Joshi, N., and Vogel, D.: Constrained Highlighting in a Document Reader can Improve Reading Comprehension, *CHI '24: Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No. 893, pp. 1-10 (2024).
- [6] 金森裕治, 楠敬太, 今枝史雄: 読み書きに困難のある児童に対するデジタル教材におけるハイライト機能の効果について, 明治安田こころの健康財団 研究助成論文集, No. 52, pp. 106-113 (2016).
- [7] 小林潤平: レイアウトデザインによる効率的な読みの支援, *日本画像学会誌*, Vol. 59, No. 2, pp. 219-227 (2020).
- [8] Leonard, S., Stroud, M. J., and Shaw, R. J.: Highlighting and taking notes are equally ineffective when reading paper or eText, *Education and Information Technologies*, Vol. 26, No. 4, pp. 3811-3823 (2021).
- [9] Bjork, R. A.: Memory and metamemory considerations in the training of human beings, *Metacognition: Knowing about knowing* (Ed. J. Metcalfe & A. P. Shimamura), pp. 185-205 (1994).
- [10] Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., and Vaughan, E. B.: Fortune favors the (): Effects of disfluency on educational outcomes, *Cognition*, Vol. 118, No. 1, pp. 111-115 (2011).
- [11] Sungkhasettee, V. W., Friedman, M. C., and Castel, A. D.: Memory and metamemory for inverted words: Illusions of competency and desirable difficulties, *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 18, No. 5, pp. 973-978 (2011).
- [12] Ito R., Hamano K., Nonaka K., Sugano I., Nakamura S., Kake A., and Ishimaru K.: Comparison of the Remembering Ability by the Difference Between Handwriting and Typeface, *International Conference on Human-Computer Interaction*, Vol. 1224, pp. 526-534 (2020).
- [13] 青木終八, 高野沙也香, 中村聡史: 視線に連動した記憶対象文字列へのぼかし深度操作による記憶容易性向上手法のより多角的な調査, *信学技報*, Vol. 123, No. 433, MVE2023-44, pp. 13-18 (2024).
- [14] Eitel, A., Kühl, T., Scheiter, K., and Gerjets, P.: Disfluency meets cognitive load in multimedia learning: Dose harder-to-read mean better-to-understand?, *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 28, pp. 488-501 (2014).
- [15] 黒田都雲, 西田勇樹, 服部雅史: 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, *日本認知科学大会発表論文集*, Vol. 37, pp. P-79 (2020).
- [16] Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M., and Holmqvist, K.: Exploring the lack of a disfluency effect, *Metacognition Learning*, Vol. 11, pp. 71-88 (2016).
- [17] 宮川法子, 服部雅史: 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*, Vol. 24, No. 3, pp. 450-456 (2017).
- [18] Unsworth, N., Heitz, R. P., Schrock, J. C., and Engle, R. W.: An automated version of the operation span task, *Behavior Research Methods*, Vol. 37, No. 3, pp. 498-505 (2005).
- [19] 金子利佳, 沼田秀穂, 池田佳代, 釜江尚彦, 曾根原登: デジタル文章流通における伏せ字付き文章の認知特性, *信学技報*, Vol. 106, No. 541, pp. 35-40 (2007).

著者注: 情報処理学会に投稿した論文には、表 1 と表 3 にデータの誤りがありました。本稿はその誤りを修正した版です。