

Title	意味的非流暢性は非流暢性効果を生じるか: 同音誤字を対象とした調査結果
Author(s)	山口, 雄史; 西本, 一志
Citation	情報処理学会論文誌, 67(2): 330-340
Issue Date	2026-02-15
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	https://hdl.handle.net/10119/20390
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 山口雄史, 西本一志, 情報処理学会論文誌, Vol.67, No.2, 2026, 330-340.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	

意味的非流暢性は非流暢性効果を生じるか： 同音誤字を対象とした調査結果

山口 雄史¹ 西本 一志^{1,a)}

受付日 2025年5月12日, 採録日 2025年11月11日

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、ほぼすべ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きわめて少ない。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が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負の影響が強く現れることが示された。これは視覚的な非流暢性の影響に関する従来の知見とは逆の結果であった。これらの実験結果と先行研究で得られている知見に基づき、非流暢性効果が生じる要因について考察した。その結果、視覚的非流暢性効果の主たる要因は強調表示と同じく対比効果によるものではないかということ、および意味的非流暢性（同音誤字）は高い認知負荷を生じるため、その負荷に対応するための行動が作業記憶容量の多寡によって異なるのではないかという仮説を立てるに至った。

キーワード：非流暢性, 学習効果, 同音誤字, 非流暢性効果

Does Semantic Disfluency Produce Disfluency Effects?: An Investigation Targeting Homophonic Typographical Errors of Kanji

YUJI YAMAGUCHI¹ KAZUSHI NISHIMOTO^{1,a)}

Received: May 12, 2025, Accepted: November 11, 2025

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 typographical errors of Kanji” – A kanji that can be read with the correct pronunciation but is not correct in terms of meaning – on sentence comprehension. As a result, homophonic typographical errors were found to have a negative impact on the memory of text content, with this effect being particularly pronounced in individuals with high working memory capacity. This finding contradicted previous knowledge regarding the effects of visual difficulties. Based on these experimental results and prior research, we discussed the reasons why the disfluency effect arises. As a result, we hypothesized that the primary factor underlying visual disfluency effects is the contrast effect, the same as the factor of the highlighting effect, and that semantic disfluency (homophonic typographical errors) induces high cognitive load, leading to behavioral responses that vary depending on working memory capacity.

Keywords: disfluency, learning effect, homophonic typographical errors, disfluency effect

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のぼる。たとえば、機械の取扱説明書や、法律、教科書、規則、会員規約などがあげられる。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。最も一般的な手法は、文章中の特に重要で記憶すべき箇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、記憶すべき箇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。

本研究では、文章中に含まれる一部の字句の意味認知における非流暢性が与える影響について検証する。具体的には、たとえば「決断力」を「欠弾力」と記述する誤字のような、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 (Homophonic Typographical Error)」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文章内容記憶に対する好ましい影響を与えるのかについて検証した。近年のパソコンやスマートフォンなどの普及により、我々漢字文化圏に属する者は、かな漢字変換システムやピンイン入力法などの「漢字の読みを入力して漢字を出力するシステム」を用いて文章を作成することが一般的になった。この結果、手書きでは発生しがたいような同音誤字が変換ミスによって文章中に紛れ込むことが頻繁に生じるようになってきている。このような同音誤字の混入は基本的には好ましくなく、正しい字句に修正されるべきである。しかしながら、同音誤字が非流暢性効果を生じ、文章内容の理解や記憶に好ましい影響を与えるのであれば、その文章の用途によっては一律に排除するのではなくうまく活用する術を模索するべきであろう。これが本研究において、同音誤字が非流暢性効果を有するかどうかを検証するに至った動機である。

以下、2章ではハイライトや太字などによる強調効果ならびに視覚的読みにくさに基づく非流暢性効果に関する先

行研究事例について概観する。3章では「同音誤字」が、それを含む文章内容の理解と記憶に及ぼす影響、すなわち視覚的な非流暢性と同様に意味的な非流暢性が学習に対して好ましい影響を及ぼすか否かを調査するために実施した実験とその結果について述べる。4章では、本実験の結果と、先行研究で得られている強調効果と非流暢性効果に関する知見に基づき、非流暢性効果が生じる原因について考察する。5章はまとめである。

2. 関連研究

2.1 強調による学習成績向上に関する研究

学習効果の強化を目的として、文章中の重要な箇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。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] があげられる。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した研究として、Ponceらのメタ分析 [4] があげられる。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] があげられる。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したものと考えられる。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] があげられる。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 [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て読みにくくするシステムを開発した。

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, Nomi,
Ishikawa 923-1292, Japan

a) knishi@jaist.ac.jp

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と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・ノートと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分かっている。

2.2 非流暢性効果に関する研究

非流暢性効果と 2.1 節で述べた強調効果とは、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。しかし、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認知処理を促し、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とされている*1。

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。Diemand-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、読みにく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) 提示によって読みにくさを操作し、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にくくなる一方で、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、文章内の一部をあらかじめぼかして読みにくくしておき、ぼかしが設定された箇所を注視することで次第にぼかしの強度が低下するシステムを開発した。これにより、通常のハイライトを用いて強調する手段よりも記憶学修の成績が有意に向上することを示した。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。

非流暢性効果を発生させるためには、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、通常の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。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。

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「視覚的な読みにくさ」を与える手段によっており、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いう仮説をたてた。この仮説を検証するために、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いたのに対し、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っ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、すべ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。

このように、非流暢性効果とワーキングメモリ容量の間には何らかの関係性があることが示されている。しかし、この点についてもこれまでは視覚的な非流暢性についてのみ検討されており、それ以外の非流暢性とワーキングメモリ容量の関係は調査されていない。また、なぜそのような関係が生じるのかという機序についても明らかにはなっていない。

3. 意味的非流暢性が及ぼす影響の検証実験

本実験は、北陸先端科学技術大学院大学・知識科学倫理

*1 ただしこの見解については疑問がある。詳細は 4.1 節で議論する。

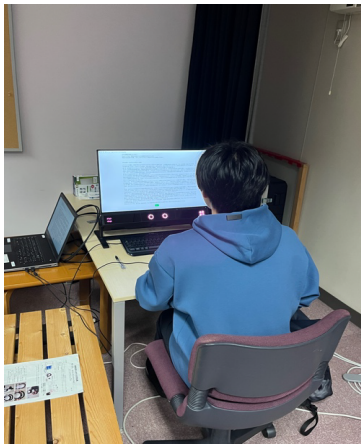


図 1 学内の協力者による検証作業の様子

Fig. 1 A snapshot of the verification work by a collaborator recruited on the authors' institute.

審査会議の承認（承認番号 KSEC-G2024112906）を受けて実施された。

3.1 リサーチクエスチョン

本実験のリサーチクエスチョンは、「意味的な非流暢性の1つである『同音誤字』が、それを含む文章内容の理解と記憶に好ましい影響を与えるか否か」である。2.2節でも述べたように、従来の非流暢性効果に関する研究は、ほぼすべてが視覚的な非流暢性を対象としており、それ以外の種類の非流暢性による影響については明らかになっていない。そこで本論文では、同音誤字による意味的非流暢性が非流暢性効果を生じるか否かについて検証する。

3.2 準備

この実験は、クラウドソーシングサービスを利用して多数の一般人を対象とした遠隔状況で実施するため、実験中の質問に答えるなどの柔軟な対応をすることができない。それゆえ、実験の内容や手順について、事前に入念な準備を行う必要がある。そこで、最初に筆者らが所属する大学院内で募集した学生12人を協力者として、実験で提示する文章の内容やその中に埋め込む同音誤字の設定、および実験で用いるウェブサイトの動作や使いやすさなどに関する検証を行った。

この検証作業は、実験者（本論文第1筆者）と学生1人が同室に滞在する対面環境で実施された。検証作業開始に先立って、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から作業を行ってもらった。作業では、実験者が用意したデスクトップPC上で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。作業の様子を図1に示す。実験用ウェブサイトの最初のページには、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」、「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。また作業中、学生には Tobii X120 eye tracker を装着してもらって実験タスク実行中の視線の動きを記録した。作業の終了後、各学生にインタビューを行い、作業内容についての意見を訊ねた。

図2に12人の学生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6つの字句が、挿入した同音誤字である。このうち、特に「鉄子雨施期」に視線が長時間滞留している様子がうかがえた。インタビューの結果も合わせると、「鉄子雨施期」が「鉄鉱石」の同音誤字であるということを多くの学生が分からなかったことが明らかになった。元の正しい字句が何であるかを推定できず、意味を正しく把握することが難しいようでは、そもそも文章内容の理解や記憶に有益になるとは考え難い。そこで、すべての同音誤字において、同音誤字中で用いられる漢字の「音読み」が正しい字句の読み方と一致するようにするなどの改良を行い、修正元の字句が何であったかを推定しやすいように改めた。結果として、図3に示す、赤字で示される4つの同音誤字（哲鋼施期：鉄鉱石、律兼訓酒声：立憲君主制、練敬：連携、他葉世位：多様性）を含む課題文章を実験で使用することにした。

3.3 実験の実施手順

実験の被験者として、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161人を集めた。募集時に提示した作業概要は、以下のとおりである：

この調査では、2つの作業を行っていただきます。

1つ目の作業では、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つ目の作業では、数数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。

応募条件としては、スマートフォンではなくパソコンを使って作業できることのみを条件とした。被験者となることを承諾した応募者は、それぞれの応募者が保有する各自のPC上で実験用ウェブサイトアクセスし、オンラインタスクとして実験を実施した。作業を完遂した応募者には、報酬として1人あたり330円（税込）を支払った。なお、収集したデータの中には、被験者を特定できる個人情報はいっさい含まれていない。

全被験者は、3つの群に分けられた。各群に属する被験者の数と、各群に提示した課題文章は以下のとおりである：

1. 実験群：50人。同音誤字を含む課題文章を提示した。
2. 統制群：50人。実験群に提示した文章と同じ内容の文



図 2 12 人の学内協力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. 2 Heat map based on average gaze dwell time from 12 on-campus collaborators.

章であるが、同音誤字部分がすべて正しい文字になっている、非流暢性をいっさい含まない課題文章を提示した。

- 3. 比較群：61人。実験群に与えた文章と同じ内容の文章であるが、同音誤字部分がすべて正しい文字になっていて、しかもその文字が薄い色になっている、視覚的な非流暢性を含む課題文章を提示した。

提示した課題文章は、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文字の文章である(図3)。このような架空の国の歴史を述べた文章を採用したのは、被験者の事前知識の多寡による影響を避けるためである。統制群に提示した文章では、図3に赤字で示されている4つの同音誤字が、すべて正しい字句になっている。また比較群に提示した文章では、たとえば「哲鋼施期」の部分が「鉄鋳石」のように正しいが薄い色の文字となっている(文字の色はRGB(200, 200, 200)を採用)。

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、まず提示された文章を読むことを求めた。読み終えたら、実験用ウェブサイト上で次のページに遷移してもらい、課題文章が見えない(戻すことも許されない)状態でいずれの群に属する被験者にも同じ「内容理解テスト」に回答してもらった。

内容理解テストは、5択形式の質問を6問出題した。内容理解テストの一部を図4に示す。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部分(統制群と比較群では、同音誤字部分に該当する正しい字句)と関連した内容を問うものとした。残りの2問は、同音誤字部分と無関係の個所に関する内容を問うものとした。なお、被験者が設問を読んだうえで回答しているかどうか(設問内容と関係なくランダムに回答したりしていないか)を確認するために、誰でも正解できる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。内容理解テスト終了後、実験群には同音誤字を含まない正しい字句だけで構成された文章を提示し、文中で同音誤字が使用されていた個所の字句を記述式で回答するよう求めた(図5)。

以上のテストが終了した後、すべての群の被験者に短期記憶容量(WMC)測定問題に回答してもらった。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、まずアルファベット1文字を画面上に5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。たとえば「 $1 + 5 = 6$ 」が提示された場合は「正」ボタンを、「 $1 + 5 = 3$ 」が提示された場合は「誤」ボタンを押下する。これを数回繰り返した後に、提示されたすべてのアルファベットを提示された順序どおりに入力す

表 1 全被験者による内容理解テストの回答結果

Table 1 Results of content comprehension test responses by all subjects.

群		実験群	統制群	比較群	検定結果
被験者数		46	46	58	
問題番号	同音誤字との関係	正答率	正答率	正答率	
1	あり	0.804	0.935	0.983	**
2	なし	0.957	0.913	0.931	N.S.
3	あり	0.609	0.543	0.879	**
5	なし	0.913	0.804	0.845	N.S.
6	あり	0.652	0.891	0.931	**
7	あり	0.696	0.848	0.897	*
平均	全設問	0.772	0.822	0.911	**
	ありのみ	0.690	0.804	0.922	**
	なしのみ	0.935	0.859	0.888	N.S.

** : p < 0.01, * : p < 0.05, † : p < 0.1

表 2 低 WMC 族 (OST < 20) の被験者による内容理解テストの回答結果

Table 2 Results of content comprehension test responses by low WMC subjects (OST < 20).

群		実験群	統制群	比較群	検定結果
被験者数		24	24	26	
問題番号	同音誤字との関係	正答率	正答率	正答率	
1	あり	0.750	0.917	0.962	†
2	なし	0.917	0.875	0.885	N.S.
3	あり	0.583	0.417	0.808	*
5	なし	0.917	0.708	0.885	N.S.
6	あり	0.667	0.833	0.923	†
7	あり	0.750	0.792	0.962	N.S.
平均	全設問	0.764	0.757	0.904	**
	ありのみ	0.688	0.740	0.913	**
	なしのみ	0.917	0.792	0.885	N.S.

** : p < 0.01, * : p < 0.05, † : p < 0.1

した。

表 1 には分析対象の全被験者による内容理解テストの正答率を、表 2 には低 WMC 族の被験者による内容理解テストの正答率を、表 3 には高 WMC 族の被験者による内容理解テストの正答率を、それぞれ示す。ただし、設問 4 と 8 はダミー設問であるため結果は示していない。これらの表中、正答率の平均の「ありのみ」は同音誤字個所に関連する設問（問題番号 1, 3, 6, 7）全部に関する平均正答率を、また「なしのみ」は同音誤字個所に関連しない設問（問題番号 2, 5）全部に関する平均正答率を示している。また検定結果は、クラスカル・ウォリス検定の結果を示している。

これら 3 つの結果のいずれにおいても、同音誤字個所と関連する設問に関する「ありのみ」の正答率においては有意差が認められるのに対し、同音誤字個所と無関連な設問に関する「なしのみ」の正答率においては有意差が認められなかった。また、各設問の正答率を個別に見た場合にも、同音誤字個所と関連する設問 1, 3, 6, 7 ではおおむね有意差または有意傾向が認められるのに対し、同音誤字個

表 3 高 WMC 族 (OST ≥ 20) の被験者による内容理解テストの回答結果

Table 3 Results of content comprehension test responses by high WMC subjects (OST ≥ 20).

群		実験群	統制群	比較群	検定結果
被験者数		22	22	32	
問題番号	同音誤字との関係	正答率	正答率	正答率	
1	あり	0.864	0.955	1.000	†
2	なし	1.000	0.955	0.969	N.S.
3	あり	0.636	0.682	0.938	*
5	なし	0.909	0.909	0.813	N.S.
6	あり	0.636	0.955	0.938	**
7	あり	0.636	0.909	0.844	†
平均	全設問	0.780	0.894	0.917	**
	ありのみ	0.693	0.875	0.930	**
	なしのみ	0.955	0.932	0.891	N.S.

** : p < 0.01, * : p < 0.05, † : p < 0.1

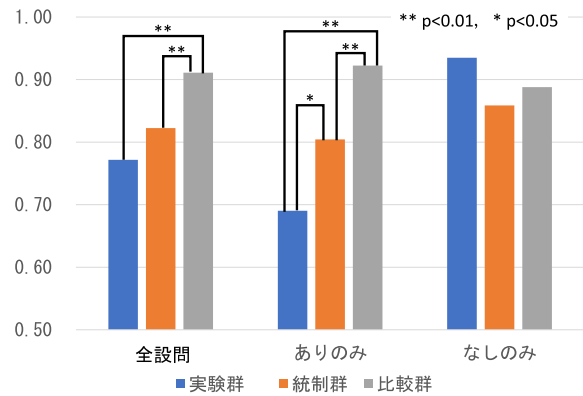


図 6 全被験者を対象とした平均正答率の下位検定結果

Fig. 6 Results of Steel-Dwass test for the average correct answer rate of all subjects.

所と無関連な設問 2, 5 ではすべて有意差が認められない結果となっている。これらの結果は、非流動性要因によって正答率に有意な変化が現れることを示している。そこで、平均正答率の「全体」と「ありのみ」の結果について、Steel-Dwass 検定による下位検定を実施した。全被験者に対する結果を図 6 に、低 WMC 族に対する結果を図 7 に、高 WMC 族に対する結果を図 8 に、それぞれ示す。なお、各図には「なしのみ」の平均正答率もあわせて示しているが、「なしのみ」についてはクラスカル・ウォリス検定で有意差が認められていないので、下位検定は行っていない。

図 6 によれば、全被験者を対象とした場合、全設問の平均正答率は視覚的非流動性を取り入れた比較群がその他の 2 群よりも 1%水準で有意に正答率が高い。また同音誤字個所と関係ある「ありのみ」の設問の平均正答率については、比較群がその他の 2 群よりも 1%水準で有意に正答率が高い。また、非流動性要因を取り入れていない統制群が同音誤字を取り入れた実験群よりも 5%水準で有意に正答率が高い。図 7 によれば、低 WMC 族の被験者を対象とした場合、全設問の平均正答率についても同音誤字個所と関

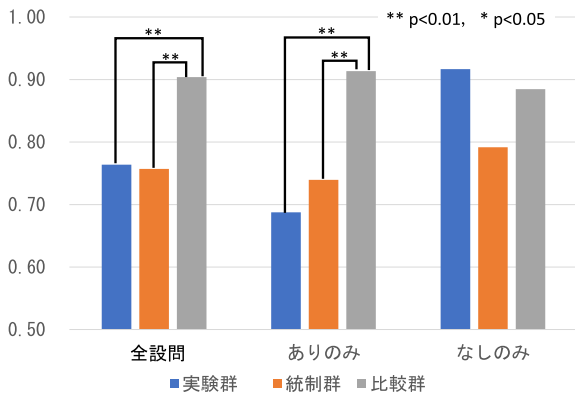


図 7 低 WMC 族の被験者を対象とした平均正答率の下位検定結果
Fig. 7 Results of Steel-Dwass test for the average correct answer rate of low WMC subjects (OST < 20).

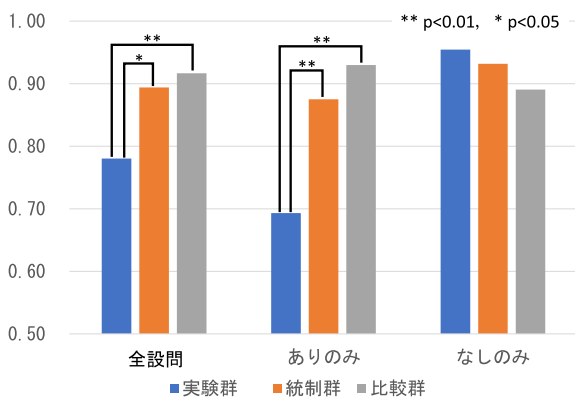


図 8 高 WMC 族の被験者を対象とした平均正答率の下位検定結果
Fig. 8 Results of Steel-Dwass test for the average correct answer rate of high WMC subjects (OST ≥ 20).

係ある「ありのみ」の設問の平均正答率についても、視覚的非流暢性を採り入れた比較群がその他の2群よりも1%水準で有意に正答率が高い。また、いずれの正答率についても、実験群と統制群はほぼ同等の正答率であり、両者の間に有意差は認められない。一方図8によれば、高WMC族の被験者を対象とした場合、全設問の平均正答率については比較群が実験群よりも1%水準で有意に正答率が高く、統制群が実験群よりも5%水準で有意に正答率が高い。また「ありのみ」の設問の平均正答率については、比較群と統制群が実験群よりも1%水準で有意に正答率が高い。また、いずれの正答率についても、比較群と統制群はほぼ同等の正答率であり、両者の間に有意差は認められない。このように、WMCの高低によって正答率の傾向に違いが認められる。

なお、図7に示す低WMC族の統制群における全設問の正答率(平均0.757)と、図8に示す高WMC族の統制群における全設問の正答率(平均0.894)について、マンホイットニーのU検定で比較した結果、1%水準で有意差が認められた。統制群に提示した文章には、視覚的・意味的いずれの非流暢性も含まれていない。つまり統制群の結果

は単純な文章の内容理解テストの結果である。ゆえに、通常の文章内容理解については、高WMC族が低WMC族よりも有意に正答率が高いことが示されている。

3.5 考察

表1, 2, 3に示したように、同音誤字と関係がない設問2と5および「なしのみ」については、被験者全体でも、あるいはWMCの高低によって分けた被験者族においても、群間に正答率の有意差は認められなかった。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、各群の間には差がなかったと考えられる。しかしながら、非流暢性要因が埋め込まれた部分と関係がある設問については、群間に有意差が認められるケースがあった。

従来から文章内容の理解や把握に有用とされてきた視覚的非流暢性を採り入れた比較群の正答率は、非流暢性要因を何も採り入れていない統制群と比較して全般に高くなる傾向が示された(図6「ありのみ」)。この傾向は、低WMC族において顕著に認められる(図7「ありのみ」)一方、高WMC族では有意な差が認められない(図8「ありのみ」)ことが示された。この結果は、色が薄い字句という視覚的非流暢性の導入が低WMC族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という宮川ら[17]の研究結果と一致している。よって、今回の実験で設定した課題は、先行研究において設定された課題と本質的に同質の課題であったということができよう。それゆえ、本論文で注目している意味的非流暢性としての同音誤字を導入した場合の実験結果については純粋に同音誤字の影響による結果であると見なすことができ、先行研究との設定課題におけるなんらかの予期せぬ差異による可能性は低いといえるだろう。

以上をふまえて、今回検討対象とした意味的非流暢性の1つである同音誤字を採り入れた実験群の正答率について見ると、視覚的非流暢性に関する比較群の結果と大きく異なる結果になっていることが分かる。すなわち、実験群の正答率は、他の2群と比べて全般に低くなる傾向が示された(図6)。これまでに文章中に視覚的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。Eitelら[14]や宮川ら[17]による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ものの、効果がないだけではなくむしろ害があるという結果は管見の限り見られない。しかしながら、今回試みた同音誤字の混入という意味的非流暢性は、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、非流暢性効果に関する多くの先行研究に反する結果となった。またWMCの高低と非流暢性の影響についても視覚的非流暢性の場合と大きく異なる結果となった。低WMC族においては実験群と統制群の間に有意差がない

(図 7) ことから、低 WMC 族は同音誤字の影響をほぼ受けないのに対し、高 WMC 族においては実験群が統制群よりも有意に低い成績となった(図 8) ことから、高 WMC 族では同音誤字の影響を強く受け、文章内容の理解と記憶に対して有害となることが示された。宮川らの研究 [17] では、視覚的非流暢性の影響を低 WMC 族は強く受けるのに対し高 WMC 族は特に影響を受けないことが示されており、影響を受ける WMC 族が逆転している。

3.6 リサーチクエスチョンへの解

以上のように、意味的非流暢性の 1 つである同音誤字は、それを含む文章の内容理解に対して好ましい影響を与えるどころかむしろ悪影響を及ぼす可能性が示された。またその悪影響は、低 WMC 族においては有意ではないが、高 WMC 族において顕著となることが示された。これらの結果は、視覚的非流暢性の場合と正反対の結果である。

4. 非流暢性効果が生じる理由に関する考察

本章では、3 章で述べた実験の結果と、先行研究で得られている強調効果と非流暢性効果に関する知見に基づき、非流暢性効果が生じる理由について考察する。

4.1 視覚的非流暢性が非流暢性効果を生じる理由

視覚的非流暢性が非流暢性効果を生じる理由として、読みにくさという知覚的な処理のしにくさが深く精緻な認知的処理を誘発するという**処理水準説**が提起されている [10]。この説が正しければ、認知資源に余裕がある高 WMC 族の方に非流暢性効果が生じることが期待される。実際、3.3 節に示した実験結果において、統制群の正答率に関して高 WMC 族の方が低 WMC 族の正答率よりも有意に高い結果となっていることから、通常の文章内容理解に関しては、認知資源に余裕がある方が正答率が高くなるという考えが妥当であるように思われる。しかしながら、宮川ら [17] の研究では、視覚的非流暢性効果は低 WMC 族において顕著であることが示されており、また本研究においても、3.3 節で示したように比較群が統制群よりも有意に優れた正答率となったのは低 WMC 族においてであった。それゆえ、非流暢性効果が生じる理由としては、**処理水準説**は妥当ではないことが示唆された。さらに意味的非流暢性を採用した実験群においては、高 WMC 族において非流暢性がむしろネガティブな効果を持つことが示された。この結果も、**処理水準説**では説明できない。ゆえに、非流暢性が認知的処理に与える影響の要因としては、**処理水準**以外の何か別の理由が考えられる。

視覚的非流暢性が非流暢性効果を生じる理由として、宮川ら [17] は、文字情報もたらす情報には**主要情報**としての意味内容と**周辺情報**としての文字の色や形などの 2 種類の情報があり、内容の記憶課題ではこのうちの**周辺情報**を

切り捨てて**主要情報**にのみ集中する必要があることを指摘している。そのうえで、低 WMC 者は**周辺情報**を切り捨てる抑制機能が弱い**ため**、**意味情報**と**文字の非流暢性情報**をあわせた形で記憶してしまうことが**想起時**に**有利に働く**のではないかという仮説を提案している。しかしながら、低 WMC 者は**周辺情報**を切り捨てる抑制機能が弱い**ということの裏付け**は見当たらない。また**意味情報**と**文字の非流暢性情報**をあわせて記憶するという**意味情報**だけよりも多くの情報を記憶することが**有利に作用する**ならば、むしろ高 WMC 者の方が**有利**なのではないかという疑問が残る。

以上の考察から、本論文筆者らは**視覚的非流暢性**による**非流暢性効果**の発生理由として、**対比効果仮説** [15] をとることが妥当ではないかと考えるに至った。すなわち**視覚的非流暢性**は「**望ましい困難**」[9]による深い認知処理をもたらしているのではなく、**非流暢性**という強い特徴を持った**字句**が、**併存する非流暢性**を持たない**字句**との**対比**によって優先的に記憶されるという仮説である。実際に 2.2 節でとり上げた黒田らの研究 [15] や Strukelj らの研究 [16] においては、**提示する文章全体**に**一様に視覚的非流暢性**を加えた場合には**非流暢性効果**が生じないことが示されている。2.1 節で述べた**ハイライト**などの**強調表示**の有効性も、この**対比効果仮説**で説明できるであろう。

我々の仮説において、WMC の高低による**非流暢性効果**の現れ方の違いは以下のように説明される。高 WMC 者は、**認知資源**に**余裕**があるため、**特段の強調**などがなくても今回の**実験程度**の分量の**文章の内容**であれば**全体的に**十分記憶できると思われる。実際、図 8 に示すように、高 WMC 族の**統制群**は**比較群**と**有意差**がなく、いずれも**正答率**が 0.90 前後の**ほぼ満点**に近い**正答率**となっている。一方低 WMC 者は、**認知資源**に**余裕**がないため、**注目すべき箇所**が**不明**である場合に**全体**を十分に記憶しきれない。しかし、**視覚的非流暢性**が与えられると、その**部分**が**注目すべき箇所**として(暗黙的に)認識され、少ない**認知資源**でも**必要な情報**を記憶できるのではないだろうか。この仮説を検証するためには、**強調表示**における WMC の違いの影響を調査する必要がある。この点に関する先行研究事例を調査したが、今のところ該当する事例を見つけられていない。今後さらに調査を進めるとともに、我々自身でも**実験**を行って検証してゆきたい。また、高 WMC 族の**統制群**と**比較群**の**正答率**がいずれも非常に高い(0.90 前後)ことから、今回の**実験課題**では高 WMC 族の**比較群**における**正答率**が**天井効果**によって抑えられている可能性も考えられる。そのため、より長く複雑な**課題文章**を用いて**統制群**の**正答率**を低くする**実験**も実施することによって、高 WMC 族でも**視覚的非流暢性**による**流暢性効果**が**現出**する可能性があるかもしれない。この点に関する検証も今後進めたい。

4.2 意味的非流暢性が好ましくない影響を与えた理由

次に、同音誤字の混入という意味的非流暢性が好ましくない影響を与えた原因について検討する。視覚的非流暢性を処理する場合、その処理は知覚レベルにとどまり、意味認知レベルには立ち入らないと思われる。一方、同音誤字を処理する場合、その字句の意味を把握するためには、同音誤字の読みをいくつか想定し、その読みに該当するであろう正しい字句を文脈から読み取って推定するという、かなり高負荷な認知的処理を必要とする。このため、同音誤字は視覚的非流暢性と同様の強調表示的役割をあわせ持ちつつも、そこでより多くの認知資源を消費する。

金子ら [20] の研究では、文章中に伏字になった字句が多くなるほど、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字句が何かを推定するための認知負荷が高過ぎて内容を十分に記憶しきれなくなることに加えて、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読み飛ばしが生じていた可能性も考えられる。このことは、図 2 に示した実験準備段階において取得した視線滞留時間の結果からもうかがえる。図 2 では、「鉄子雨施期」に視線が滞留していた。その理由としては、これが課題文章の読解中に最初に遭遇する同音誤字であり、奇妙な誤字が出現することに戸惑うと同時にそれをなんとか読解しようとしたことによると考えられる。しかしながら、その後に出現する他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、「律兼訓酒声」のようなかなり奇妙な誤字においても特に長い滞留が認められないことから、むしろ元の字句の推定を避けて読み飛ばした可能性の方が高いと考えられる。

このように、同音誤字は高い認知負荷を課するため、多くの認知資源を消費してしまうか、あるいはそれを避けて読み飛ばすかの、いずれかの事象を引き起こすと考えられる。以下は推測の域を出ないが、低 WMC 者の場合は主として読み飛ばしを行っていたのではないだろうか。同音誤字は強調表示としての機能も有するため、低 WMC 者はその個所に注目することはできる。しかし、同音誤字部分の意味を完全に把握することはせずに、前後の文脈に基づいて曖昧かつ不正確に意味を把握する。その結果、注目箇所が明示されない統制群の場合と同等の曖昧な意味把握となり、図 7 に示すように低 WMC 族の統制群と実験群の正答率がほぼ同等になるのではないだろうか。一方、高 WMC 者の場合は、通常の記事を読むのと同じ読み方で課題文章を読み進めるが、同音誤字に行きあたった際に、それが正しくはどのような字句であったかを推定する思考作業を行う。そのために認知資源が消費され、作業記憶に記憶されていた文章の内容に関する情報が損なわれる。その結果、今回の課題の分量程度であれば注目箇所が明示される

か否かにかかわらず全体的に内容を把握できるにもかかわらず、把握したと思っていた意味内容が実際には損失し、正答率が下がるのではないだろうか。

以上の推測がもし正しいとすれば、今回の実験で用いた同音誤字よりもはるかに元の字句を推定しやすい容易な同音誤字を用いた場合に、視覚的非流暢性と同等の結果が得られる可能性があるだろう。今回の実験で採用した同音誤字は、3.1 節に示した実験準備段階で質的・量的調整を行ったものの、まだ非流暢性の度合いが強すぎた可能性が考えられる。この点についても今後さらに検証を進めたいと考えるが、そのためには同音誤字の非流暢性の度合い（あるいは同音誤字の可読性の度合い）に関する指標を定義する必要があるだろう。文章の類似性における編集距離のような客観的指標を定義できればよいのだが、おそらくこれは困難であると思われる。そのため、文章理解の実験を実施するに先立って、実験で用いる文章中に含まれる正解語に対する同音誤字候補を複数種類用意し、これらを複数の被験者に提示して本来の正解語を推定するしやすさの主観的評価を行うような事前準備を行うことも必要になるであろう。こういった検討もさらに進めていきたい。

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入った非流暢性の影響に関する最初の取り組みとして、同音誤字が文章の内容把握に及ぼす影響を、従来から多くの研究がなされている視覚的非流暢性の影響と比較しながら検討した。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、視覚的非流暢性に関しては先行研究の結果を再現する結果が得られたのに対し、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、特に高 WMC 者に対してその負の影響が大きく現れることが示された。これは視覚的非流暢性の結果とは逆の結果であった。これらの実験結果と先行研究で得られている知見に基づき、非流暢性効果が生じる要因について考察した。その結果、視覚的非流暢性効果の主たる要因は強調表示と同じく対比効果によるものではないかということ、および意味的非流暢性（同音誤字）は高い認知負荷を生じるため、その負荷に対応するための行動が WMC の高低によって異なるのではないかという仮説を立てるに至った。今後は、この仮説を検証することを目的として、ハイライトなどの一般的な強調表示の効果が WMC の高低によってどう異なるのか、より長く複雑な課題文章を提示した場合に高 WMC 者にも視覚的非流暢性による非流暢性効果が生じるのか、より可読性の高い同音誤字を用いた場合に今回見られたような負の非流暢性効果は解消されるか否か、などについて調査を進めたい。

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。本研究は JSPS 科研費 JP24K02976 の助成を受けたものです。

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: Proc. 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*, Metcalfe, J. and Shimamura, A.P. (Eds.), pp.185-205 (1994).

[10] Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D.M. and Vaughan, E.B.: Fortune favors the **Bold** (and the Italicized): 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 柊八, 中村 聡史: 視線に連動したばかりし深度制御を用いた単語の記憶容易性向上システムの開発と検証, 情報処理学会研究報告, Vol.2025-HCI-212, No.41, pp.1-8 (2025).

[14] Eitel, A., Kühn, 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, P-79 (2020).

[16] Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M. and Holmqvist,

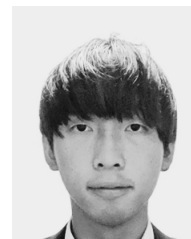
K.: Exploring the lack of a disfluency effect, *Metacognition Learning*, Vol.11, pp.71-88 (2016).

[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] 苧阪満里子, 苧阪直行: 読みとワーキングメモリ容量—日本語版リーディングスパンテストによる測定, 心理学研究, Vol.65, No.5, pp.339-345 (1994).

[20] 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).



山口 雄史

2023年立命館アジア太平洋大学国際経営学部国際経営学科卒業。2025年北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科博士前期課程修了。興味を引きにくいと感じる必要のある文章の記憶を促したいという思いから、非流暢性を用いた学習支援に興味を持つ。現在は株式会社CCIグループに勤務。



西本 一志 (正会員)

1987年京都大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了。同年松下電器産業(株)入社。1992年(株)ATR通信システム研究所研究員。1995年(株)ATR知能映像通信研究所客員研究員。1999年より北陸先端科学技術大学院大学助教授, 2007年より教授。2000~2003年科学技術振興事業団さきがけ研究21「情報と知」領域研究員兼任。1999年度情報処理学会坂井記念特別賞, 1999年度人工知能学会論文賞, ACM Multimedia 2004 Best Paper Award, 第14回ヒューマンインタフェース学会論文賞, 2023年度情報処理学会論文賞ほか受賞。IEEE computer society, ACM, 人工知能学会, ヒューマンインタフェース学会, 感性工学会各会員。博士(工学)。創造活動支援, 妨害による知的活動支援, 不用知や誤情報の活用の研究に従事。本会フェロー。