Title	文書を読む際に漢字字形再学習を促進する誤字形 文字の生成・活用手法
Author(s)	魏,建寧;西本,一志;高島,健太郎
Citation	情報処理学会論文誌, 64(3): 788-797
Issue Date	2023-03-15
Туре	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/18390
Rights	社団法人 情報処理学会,魏建寧,西本一志,高島健太郎,情報処理学会論文誌,Vol.64,No.3,2023,788-797.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.
Description	Information Processing Society of Japan.
Description	TAICT

JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

文書を読む際に漢字字形再学習を促進する 誤字形文字の生成・活用手法

魏 建寧^{1,a)} 西本 一志¹ 高島 健太郎¹

受付日 2022年8月23日, 採録日 2022年11月8日

概要:近年、日本や中国において、漢字を読むことはできるが書くことができない「漢字健忘」が社会問題になっている。この問題を解決するために、本論文では文書を読むだけで漢字の字形記憶を効果的に修正・強化することができるようにする手法 SwaPS を提案する。SwaPS では、漢字全体の 80%を占める形声字に着目し、形声字を構成する意符と音符の位置を入れ替えることによる字形変形手法によって誤字形文字 (PS 字形文字) を生成し、これを文書中に混入させる。PS 字形文字を含む文書を読むことで、漢字字形に注意が惹きつけられることにより、漢字字形記憶が修正・強化されることが期待できる。将来的にはPS 字形文字を自動生成して提示する電子書籍リーダの構築を目指しているが、本論文ではその実現に向けた基礎的な調査として、手作業で作成した誤字形文字を紙に印刷してユーザに提示することによるユーザスタディを実施した。その結果、PS 字形文字を混入した文書を読むことで、正しい字形の文字のみを含む文書を読む場合より、有意に漢字字形記憶を強化できること、および、正しい字形の文字のみを含む文書を読む場合よりも負荷が増加しないことを確認した。

キーワード:漢字健忘、誤字形文字、形声字、字形記憶の再構築、再学習支援

A Method for Generating and Using Erroneous Characters to Facilitate Relearning of Chinese Character Glyphs when Reading Documents

Jianning Wei^{1,a)} Kazushi Nishimoto¹ Kentaro Takashima¹

Received: August 23, 2022, Accepted: November 8, 2022

Abstract: Character amnesia is a recent phenomenon in which native Chinese or Japanese speakers forget how to write Chinese characters (kanji in Japanese), although they maintain the ability to read them. To solve this problem, we propose a method for generating incorrect character shapes named SwaPS, which can effectively correct and strengthen the memory of character shapes by simply reading a document. SwaPS generates incorrect characters named PS characters by using a deformation method that swaps the position of the semantic radicals and phonetic radicals of the phonogram characters, which account for 80% of all Chinese characters. By reading a document that includes PS characters, the user's attention is drawn to the character shapes, which is expected to correct and strengthen his or her memory of the character shapes. In the future, we aim to build an e-book reader that automatically generates and presents PS characters. To this end, in this paper, we conducted a basic investigation by printing manually created incorrect characters on paper and presenting them to users. The results of the user study confirmed that reading a document that includes PS characters significantly strengthens character shape memory compared to reading a document that contains only correct characters without increasing the user's workload.

Keywords: character amnesia, incorrect character shapes, phonogram characters, (re) building retention and recall of character shapes, relearning support

1. はじめに

漢字健忘 (Character Amnesia) と呼ばれる現象が、漢 字を使用している中国や日本などのアジアの国で近年社会 問題となっている[1],[2]. 漢字健忘とは, 漢字を読むこと はできるが、正しく手書きすることができない状態を指す. 漢字健忘の原因は、パソコンやスマートフォンなどで多く 利用されている, 漢字の読み方を入力して漢字に変換する 方式の漢字入力システムを日常的に用いていることにある と、一般的に認識されている[3]. たとえば「歳」という漢 字を入力するために、読みの「さい」を入力して変換した とき、同音異字の「再」や「最」などに変換されていない かについては確認するが、正しい「歳」の字が出力された 場合には、その文字がどんな字形構造をしているかを詳細 に確認することはなされない. この結果, 漢字の正確な字 形の記憶が次第に薄れ、やがておおよその字形は把握して いるが正確な字形は記憶していない状態, すなわち, 漢字 の字形を再認できるが再現できない状態 = 漢字健忘に陥る のである.

このように、漢字入力システムは便利なツールである反面、漢字の字形記憶を薄弱化させるという害をもたらす「便利害」[4] 的な特性を有している. せっかく習得した漢字に関する知識を忘失するという知的損失は避けるべきである. 現代社会では、漢字を書く必要性は大きく減少しているので、漢字を書けなくても問題ないという指摘もある. しかしながら、一方で漢字を書く能力を保ち続けたいというニーズは確実に存在している. そのようなニーズに応えるためにも、漢字健忘問題を解決ないし軽減するための何らかの現実的な漢字再学習の支援方策が必要である.

そのための一策として、筆者らは、漢字字形記憶の損失を防ぐための漢字入力方式 Gestalt Imprinting Method (G-IM) を提案した [5]. G-IM は、やはり漢字の読み方から漢字へと変換する入力方式の1つであるが、一部の漢字をときどき不正な字形の漢字(誤字形文字)に差し替えて出力する「書き間違え」機能を有し、誤字形文字が出力された際、これを正しい字形の漢字に訂正することを利用者に強いることで、利用者が持つ漢字字形記憶の修正・強化を支援するものである。ユーザスタディにより、G-IM は手書きや通常の漢字入力システムと比べて漢字字形記憶の修正・強化に有意に効果があることが示されている [5].

G-IM は、文章入力の際に誤字形文字を出力するという 妨害的な機能によって利用者の知的能力の向上を図る点 で、筆者らの研究室で推進している「妨害による知的活動 支援」[6] の1つの典型的な事例であり、同時に不便益シス テム [4] の事例でもある. しかし, G-IM を使用して文章入力を行うと, 常時すべての漢字の字形を確認しなければならないので, 利用者に課される負荷はかなり高いものになる. この結果, 多くの利用者が「メリットは理解できるが, 使いたいとは思わない」と感じる問題があることも明らかになった [5]. 実用的な観点からは, より軽量な (できれば無視できるレベルの) 負荷で漢字字形記憶の修正・強化を支援できる手段の実現が求められる.

そこで本論文では、文書作成時ではなく、文書を読むときに漢字字形記憶の修正・強化を支援できる新規な手段を提案する.具体的には、漢字構造の特性に着目し、文書を読む際の負荷を有意に増やすことなく漢字字形の再学習効果を得られる新たな漢字の字形変形手法を提案し、その有用性をユーザスタディによって実証する。本研究の最終的な目標は、自動的にこの字形変形を行う機能を実装した電子書籍リーダの実現である。本論文ではその実現に向けた基礎的調査として、外字エディタ使って誤字形文字フォントを手作業で作成し、これを紙に印刷してユーザに提示することによるユーザスタディを実施し、提案する字形変形手法の有効性を調査した。

以下,2章では漢字学習と漢字認知に関する関連研究を概観する.3章では提案手法を説明する.4章では,提案手法に関する評価実験の手順と結果を示す.5章では,評価実験の結果に基づき,提案手法の有効性について議論する.6章はまとめである.

2. 関連研究

従来,特に初等・中等教育において,漢字ドリルなどの多様な漢字学習教材が用いられてきた.また近年は,漢字の学習支援システムが多数提案されている.その中には,漢字のストロークと構造に基づく音声を用いた漢字記憶支援システム[7]や,プロジェクターカメラシステムを用いて漢字の出典や構造アニメーションを提示することよる漢字学習インタフェース[8],拡張現実技術を用いた学習カードによる漢字学習支援システム[9]などがある.これらの研究事例では,漢字の構造や関連情報などに着目した学習支援機能を採り入れている.これらの従来の漢字学習(支援)手段は,いずれも基本的に「未習得の漢字」が学習対象であり,漢字の習得途上の未習得者らがわざ時間を割いてこれらの教材や支援手段を用いて漢字を学習するという取り組み方が前提とされてきた.

一方,漢字健忘問題は,漢字の学習をひととおり完了した既習得者において生じる問題である。このような漢字の既習得者らが,漢字の再学習のためだけにわざわざ時間を割いて既存の学習手段を用いるとは考え難い。既習得者の再学習を支援するためには,再学習のためだけに特化した時間や場を設けることを求めるのではなく,日常的な諸活動の中に再学習の機会を埋め込むことが必要であると考

¹ 北陸先端科学技術大学院大学 Japan Advanced Institute of Science and Technology, Nomi, Ishikawa 923-1292, Japan

a) jianning.wei@jaist.ac.jp

Gestalt Imprinting Method

図 1 Sans Forgetica フォントで "Gestalt Imprinting Method" と書いた例 (Sans Forgetica: https://sansforgetica.rmit.edu.au/)

Fig. 1 An example of the Sans Forgetica font (see the Sans Forgetica website: https://sansforgetica.rmit.edu.au/)

える. 本研究で実現を目指している, 既習得の漢字の字形記憶を修正・強化することに特化し, 漢字学習ではない活動の中に漢字の再学習機会を埋め込んだ支援手段は, 筆者らの知る限りでは, 筆者ら自身による前述の G-IM システム [5] 以外には見当たらない.

Bjork は、学習者が情報習得や学習の際に困難を感じる ことによって記憶の長期的な保持が促進されることを指摘 している [10]. 認知心理学では、これを「望ましい困難」 (desirable difficulty) と呼ぶ、オーストラリアの RMIT 大 学は、望ましい困難の原理に基づいて学習内容を記憶に定 着させる効果を有するフォントである Sans Forgetica を開 発した [11] (図 1). このフォントは, 文字そのものを読 みにくくすることで「望ましい困難」を導入し、書かれて いる情報の記憶効果を高める目的でデザインされた. ユー ザスタディの結果, 通常のフォントよりも Sans Forgetica フォントで書かれた情報の方が記憶に残ることが示されて いる. 筆者らが提案した G-IM [5] も, 望ましい困難の原理 に基づく漢字字形記憶の修正・強化方式であると見なすこ とができる. しかしながら, G-IM で採用した誤字形文字 は、漢字の画数が1つ多い(あるいは少ない)程度のごく わずかな字形の誤りであったため、発見することが容易で はない場合が多く見られた.また,1つでも誤字形文字を 見逃して放置するとその文書ファイルを保存できないとい う仕様であったため、出力される漢字のすべてについて字 形の確認を強いられた.このように、G-IM は利用者に高 い認知負荷を課するものとなっており、G-IM で設定した 困難は、望ましい困難ではあるものの、やや過剰な困難に なっていたと考えられる.

3. 提案手法:SwaPS

本論文では、「望ましくかつ適正な程度の困難」を導入した漢字字形記憶の修正・強化手段の実現を目指す.そのために、G-IMの研究 [5] で得た知見に基づき、以下に示す 2つの変更を施した改良版の漢字健忘問題の解決手法 SwaPSを提案する.

第1の変更点は、G-IMでは漢字を「書く」行為を対象としたのに対し、SwaPSでは漢字を「読む」行為を対象としたことである。漢字健忘の問題は、漢字を手書きする行為が漢字入力システムに置き換わったことによって生じたといわれている[3]。それゆえ、G-IMの研究では、問題の原因となっている漢字を入力する行為の中に漢字健忘問題

蟀 蟀 軸

Normal 字形 GIM 字形 PS 字形

図2 正しい字形の漢字と、誤字形漢字の例

Fig. 2 An example of a correctly shaped "蟀" (left), slightly incorrectly shaped character (middle) named the GIM character, and the proposed PS character (right).

を解決する手段を埋め込もうとした.しかし,文章作成という創造的でそもそも認知負荷が非常に高い行為の中に,高い認知負荷を課するタスクをさらに埋め込んだことにより,G-IM の構成は UI のデザイン原則 [12] に反するものになってしまっていた.そこで SwaPS では,漢字の入力行為にこだわることをやめ,文章作成よりは一般的に認知負荷が低い,漢字を含む文書を読む行為を対象とし,その中に漢字健忘問題を解決する手段を埋め込むことにした.また,文書を読む行為は書く行為よりもさらに広く一般に行われる日常的な行為であるので,G-IM よりも幅広い層の漢字健忘問題を解決できるようになることも期待できる.

第2の変更点は、誤字形文字の生成方法である. 図2 に,正しい字形の漢字 (Normal 字形) の例と,G-IM で採 用した誤字形文字 (GIM 字形) の例, および SwaPS で新 たに採用する誤字形文字 (PS字形) の例を示す. GIM字 形は、Normal 字形から1画削除したり1画追加したりした 程度のごくわずかな誤りを含む誤字形文字である(図2の GIM 字形では、1 画「、」が削除されている)。 このような ごくわずかな誤りを G-IM で採用したのは、漢字の字形構 造により深く注意を払わせることを狙ったためである. し かし、このようなごくわずかな誤りは、文書を「読む」行 為の中では簡単に見過ごされてしまう可能性が高い. その ため、思わず2度見してしまうような目立つ誤字形を作り 出す必要がある.同時に、字形は誤っているのだが、正し い字形はどういうものであるかを知るための情報を提供で きる必要もある. G-IM の場合, 誤字形文字を「誤字であ る」と指摘すると、正しい字形の字に置き換わるという機 能があった.これにより、G-IM の利用者は正確な字形を 知ることができ、これが漢字の字形記憶の修正・強化に有 益な役割を果たしていた。ゆえに SwaPS においても、荒 唐無稽な誤字ではなく,正しい字形を把握するために必要 な情報をすべて含んだ誤字形文字の生成法を実現する必要 がある.

そこで我々は、「形声字(Phonogram Characters)」に着目した.形声字とは、漢字の意味を表す意符(Semantic Radicals)と、音を表す音符(Phonetic Radicals)とを組み合わせた字である.たとえば、「雲」は意符「雨」と音符「云」からなる.漢字の中で形声字が占める割合は非常に高

い. 中国語で使用される簡体字系の漢字約7,000字のうち, 81%が形声字である [13]. 常用漢字約 3.500 字のうちでは 2,523 字が形声字であり、72%を占めている [14]. また、字 形構造については、常用漢字の形声字のうち、「雲」や「銅」 のような, 意符と音符が上下あるいは左右に並ぶ構造の漢 字は91.1%を占めている[14]. これらの特徴に着目して, 意符と音符が上下ないし左右に配置される構造を持つ形声 字の意符と音符の位置を入れ替えることによって誤字形文 字を生成する手法を考案した. このようにして生成した誤 字形文字を、Phonetic Radicals と Semantic Radicals を入 れ替えて生成することから「PS 字形」と名付けた. 図 2 の PS 字形は、「蟀(中国語の読み方 shuai)」の意符「虫」 と音符「率」とを入れ替えて生成した誤字形文字である. PS 字形は、意符と音符を入れ替えれば元の正しい字形に 戻るので, 誤字形文字ではあるが, 正しい字形を知るため の情報をすべて保存している.

なお、英語の場合、Typoglycemia と呼ばれる現象の存在が知られている [15]. これは、ある条件下で英単語内の文字の順序が入れ替わっても、読み手は特に問題なく読めてしまい、ほとんどのミススペルの存在に気づかないという現象(たとえば、Document と Documnet)であり、日本語でも特にひがらなでかかれたぶんしょうでは同様の現象が生じる。PS字形を用いた場合に、漢字でも同様の現象が生じてPS字形文字の存在に気づかず読み飛ばされてしまう可能性が考えられる。そうなった場合、当然提案手法の効果は得られない。ゆえに、PS字形における Typoglycemiaのような類似現象の生起可能性についても検証する必要がある。

4. 実験

提案手法 SwaPS の有用性を実証するために、ユーザスタディを実施した。

4.1 実験手順の概要と仮説

実験協力者は、筆者らが所属する大学院大学の中国人留学生24人である。実験結果に影響しないために、被験者に実験の意図を知らせず、漢字の手書き現状調査としか伝えなかった。実験は、以下の3段階で実施した:

Step 1. 事前調査: 40 個の課題漢字を含む 90 個の漢字の 書き取りテスト

Step 2. 図 2 に示した 3 種類の字形 (PS 字形, GIM 字形, Normal 字形) のいずれかによって表記された課題漢字を含む文書を紙に印刷したものを読む作業

Step 3. 事後調査: Step 2 で読んだ文書に関する理解度 チェックテスト + 40 個の課題漢字を含む 60 個の漢字 の書き取りテスト + アンケート調査

最終的に、事後調査の書き取りテストの結果と事前調査 の書き取りテストの結果から成績の向上幅を求め、3種の



図3 実験の書き取りテスト問題の一部

Fig. 3 Examples of the problems in the dictation test of the experiment.

字形それぞれにおける向上幅を比較し、いずれの字形で最も向上幅が大きくなるかを検証する.

この実験における仮説は、成績の向上幅が Normal 字形 \leq GIM 字形 < PS 字形の順になるというものである.GIM 字形については、誤りに気づけば字形記憶が強化・修正され、Normal 字形よりも向上幅が大きくなる可能性はある.しかし前述のとおり GIM 字形の誤りはごくわずかなので、誤りに気づかれず、Normal 字形として読み飛ばされてしまう可能性も高く、その場合 Normal 字形との差が生じない.よって、総合的には GIM 字形の向上幅は Normal 字形よりも若干大きいかあるいは同等になると考えられる.一方、PS 字形は誤りに気づかれやすいので、より確実に字形記憶が強化・修正され、最も向上幅が大きくなると考えられる.

4.2 実験詳細

Step 1 で実施した書き取りテストでは、現代漢字常用字表 [16] から選出した日常的によく使用される 60 個の形声字と、課題漢字に対して過度に注意が向くことを避けるために、より強く注意を惹きつけるであろう高難度の漢字として、非常用漢字のうちから本論文第 1 筆者が経験的に書き間違いやすいと判断して選定した比較的画数が多い漢字 30 個の、合わせて 90 個の漢字書き取り問題を出題した. 図 3 に、実験で出題した書き取りテストの一部を示す. 書き取りテストでは、実験協力者はルビにピンインで表記された漢字の読みを参照し、下線部に漢字を手書きで記入することを求められた.

Step 2 では、まず Step 1 の書き取りテストの成績に基づき、24 人の実験協力者を 8 人ずつの 3 つのグループ(SwaPS グループ、GIM グループ、Normal グループ) に分けた. この際、各グループの成績分布が均等になるように実験協力者を割り振った。確認のために、3 つのグループそれぞれの Step 1 のテストの成績について、対応がない 1 要因 3 水準での分散分析を実施したところ、グループの主効果は有意ではなかった(F(2,21)=0.002、p=0.998>0.05)ので、グループ分けに有意な偏りはないことを確認した.

次に、Step 1 の書き取りテストで採用した、常用漢字から選出された 60 個の形声字のうちから 40 個を課題漢字と

① PS 字形文字を含む文章

天冷极了,下着雪,又快黑了。这是一年的最后一天——平安夜。在这又冷又黑的晚上,一个没戴帽子、没戴手套、也没穿鞋子的小女孩,在街上哆哆<mark>絮</mark>如地走着。凛冽的寒风吹过她幼小的脸<mark>映</mark>,她的衣服又旧又破,脚上穿着一双妈妈的大拖鞋在街上走着。她的口袋里装着许多盒火柴,一路上不住口地叫着: "卖火柴呀,卖火柴呀!"人们都在买节日的食品和礼物,有谁会理她呢?

② GIM 字形文字を含む文章

天冷极了,下着雪,又快黑了。这是一年的最后一天——平安夜。在这又冷又黑的晚上,一个没戴帽子、没戴手套、也没穿鞋子的小女孩,在街上哆哆<mark>嗦嗦</mark>地走着。凛冽的寒风吹过她幼小的脸颊,她的衣服又旧又破,脚上穿着一双妈妈的大拖鞋在街上走着。她的口袋里装着许多盒火柴,一路上不住口地叫着: "卖火柴呀,卖火柴呀!"人们都在买节目的食品和礼物,有谁会理她呢?

③ Normal 字形文字の文章

天冷极了,下着雪,又快黑了。这是一年的最后一天——平安夜。在这又冷又黑的晚上,一个没戴帽子、没戴手套、也没穿鞋子的小女孩,在街上哆哆<mark>嗦嗦</mark>地走着。凛冽的寒风吹过她幼小的脸颊,她的衣服又旧又破,脚上穿着一双妈妈的大拖鞋在街上走着。她的口袋里装着许多盒火柴,一路上不住口地叫着: "卖火柴呀,卖火柴呀!"人们都在买节日的食品和礼物,有谁会理她呢?

図 4 本実験で用いた 3 種の字形の文字を含む文書の一部

Fig. 4 Part of a document, which included characters in three different types.

して選出し、これらを PS 字形あるいは GIM 字形に変形し て埋め込んだ文書を作成した. 図4に, 作成した文書の一 部を示す、SwaPS グループの実験協力者には PS 字形の課 題漢字を埋め込んだ文書 (図 4 の ①) を, GIM グループ には GIM 字形の課題漢字を埋め込んだ文書(図 4 の ②) を, Normal グループにはすべて Normal 字形の漢字のみ で構成された文書(図4の③)を、それぞれ紙に印刷し たものを提供し、これを読むタスクを課した. なお図4で は、本論文読者の便宜のために文書中に埋め込んだ課題漢 字を赤色で示しているが, 実験協力者に提供した文書では すべて黒色の文字とした. 実験で使用した文章は、中国の 小学3年生の国語教材の文章「マッチ売りの少女」[17]で ある. 実験協力者に提供した文書の全文字数は 2,233 字で あり、Step 1 の書き取りテストで採用した 60 個の常用漢 字すべてを含んでいる. 文字フォントは SimSun 文字フォ ントを使用し、フォントサイズは10.5ポイントとした。こ れは中国語の紙書籍の標準的な文字フォントと文字サイズ である. 誤字形文字は、すべて本論文第1筆者が、SimSun フォントを基に Windows 10 付属の外字エディタ使って作

Step 2 における文書を読むタスクにおいて開始前に与えた教示は、提供した文書の紙上に開始時刻を記入してから文書を読み始め、終了時に終了時刻を紙上に記入するようにという教示のみである。それ以外の教示はいっさい与えず、タスク実施中および終了後の質問などはいっさい受け付けなかった。

なお、Step 2 における課題漢字は、すべて Step 1 の書

き取りテストで問題として出題されている漢字であるため、Step 1 の書き取りテストが Step 2 の文書を読む作業に何らかの予期せぬ影響を与える可能性が考えられる。そこでこのような影響を極力排除するために、Step 2 の実験は Step 1 実施の 15 日後に実施した。さらに、Step 1 の書き取りテストの問題には、課題漢字のほかに字形を変形させない常用漢字 20 字(この 20 字も Step 2 の文書中に含まれる)と、30 字の非常用漢字(この 30 字は Step 2 の文書中には含まれない)を混ぜ込んだ。

Step 3 は、Step 2 の直後に実施された。Step 2 で提供していた文書の紙を回収した後、実験協力者に文書の理解度チェックテスト(5 問)の用紙と、漢字の書き取りテスト用紙、アンケート調査用紙を順に配布して回答してもらった。

文書の理解度チェックテストは、4つの選択肢から単一の解答を選ぶ選択問題である。問題は以下のとおりである (実験協力者にはすべて中国語で記述した問題を配布している)

• 問題 1. 文章中の今日は何の日ですか.

A. お正月, B. クリスマス・イブ, C. ハロウィー ν , D. クリスマス

(正解は、B. クリスマス・イブ)

• 問題 2. 歩いているとき, 少女は何にぶつかりそうに なったのか.

A. 車, B. 馬車, C. 歩行者, D. 自転車 (正解は, B. 馬車)

問題3.少女のお婆さんとお母さんはどうなったか.
A.お婆さんとお母さんは、2人とも病気になった.

表 1 各グループの事前調査 (Step 1) と事後調査 (Step 3) における書き取りテストの成績 (100 点満点)

Table 1 Results of the pre-examination and the post-examination for the three groups.

	Step 1		Step 3		Step 3 – Step 1	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	差分の平均	標準偏差
SwaPS	58.96	16.67	78.54	9.91	19.58	14.14
GIM	59.58	17.55	73.13	16.38	13.54	9.38
Normal	59.58	22.73	68.96	22.14	9.38	5.40

- B. お婆さんは病気で、お母さんは亡くなった。
- C. お婆さんは亡くなり、お母さんは病気になった.
- D. お婆さんとお母さんは, 2人とも亡くなった. (正解は, C. お婆さんは亡くなり, お母さんは病気になった.)
- 問題 4. 次のシナリオのうち,少女が実際に見た情景 (少女がマッチに火をつけて想像したものではない)は どれですか.
 - A. 部屋の中で犬が骨を舐めていて、2人の小さな子供が窓ぎわに立って外を眺めている.
 - B. 部屋のテーブルにパン・リンゴ・パイナップル が置かれている.
 - C. 部屋の中にクリスマスカードと千羽鶴で飾られているクリスマスツリーがある.
 - D. お婆さんが自分の方に向かって笑顔で歩いて くる

(正解は、A. 部屋の中で犬が骨を舐めていて、2人の小さな子供が窓ぎわに立って外を眺めている.)

- 問題 5. 少女はだれの靴を履いて家を出たのか.
 - A. お婆さんの靴, B. 自分の靴, C. お母さんの靴,
 - D. 本文中に記載なし

(正解は, C. お母さんの靴)

Step 3 の事後調査での書き取りテストでは、Step 1 での事前調査の書き取りテストで出題したのと同じ 60 個の常用漢字を出題した。テストの実施方法は、事前調査と同じである。

アンケート調査は、SwaPS グループと GIM グループの 実験協力者のみに対して実施し、Step 2 で読んだ文書の中 に含まれる誤字形文字に対する印象に関して調査した。ア ンケートの内容は下記のとおりである。

- 問題 1. ふだん漢字を手書きする際に字を思い出せないなどの問題があるか.
 - A. よくある, B. ある, C. どちらともいえない,
 - D. あまりない, E. ない
- 問題 2. ふだんの漢字との接し方のうち,一番多い接し方はどれか.
 - A. 漢字を読む (字幕, 本, 論文など).
 - B. 漢字入力システムを用いて漢字を書く.

- C. 漢字を手書きする.
- D. その他.
- 問題 3. 実験で読んだ文書中に含まれる誤字形文字に 気づいたか.
 - A. はい, 気づいた, B. いいえ, 気づかなかった.
- 問題 4. 文書中の誤字形文字の存在が事後調査の書き 取りテストにどの程度影響したか.
 - A. 非常に役に立った.
 - B. ある程度役に立った.
 - C. どちらともいえない.
 - D. あまり役に立たなかった.
 - E. まったく役に立たなかった.
- 問題 5. 誤字形文字の存在が文書の内容理解や読む速度にどの程度影響したか.
 - A. 非常に影響した.
 - B. ある程度影響した.
 - C. どちらともいえない.
 - D. あまり影響がなかった.
 - E. 影響がなかった.

4.3 実験結果

4.3.1 書き取りテストの成績の比較

表 1 に、3 つのグループそれぞれの事前調査 (Step 1) と事後調査 (Step 3) における、現代漢字常用字表 [16] から選出した日常的によく使用される 60 個の形声字のみに関する書き取りテストの成績の平均を 100 点満点で示す。これら 60 個の漢字は、実験で使用した中国の小学 3 年生の国語教材にも含まれる、非常に基礎的な漢字である。なお Step 1 では、難度が高い 30 字の非常用漢字に関する書き取りテストも行っているが、表 1 に示す成績には非常用漢字の成績は含まれていない。表中の「Step 3 – Step 1」で示したのは、事前調査と事後調査の成績の差分の平均である。

Step 1 の成績は 59 点前後であり、小学校 3 年生レベルの 漢字に関する大学院生の成績としては非常に物足りない結果となっており、漢字健忘問題の存在が示されている。すべての実験協力者について、Step 3 の成績は Step 1 の成績 を上回る結果となっていた。確認のために、全員の Step 1

表 2 Step 2 での文書を読むために要した時間

Table 2 Average required time in minutes to read the document in Step 2 for the three groups.

グループ	文書を読む時間(min)			
9 N- 7	平均	標準偏差		
Normal	7.13	2.52		
GIM	7.25	3.73		
SwaPS	7.25	2.99		

の成績と Step 3 の成績について対応のある t 検定を実施した結果, 1%水準で有意差が認められた (t(23)=6.32, p=0.00<0.01). つまり全体として, 事後調査の書き取りテストの成績は事前調査の書き取りテストの成績よりも有意に向上していることが分かった.

今回の実験における仮説は、成績の向上幅が Normal 字 形 \leq GIM 字形 < PS 字形の順になるというものである。表 1 の Step 3 – Step 1 の差分の平均の値を見ると、基本的にはこの仮説どおりの傾向が認められる。各実験協力者の成績の Step 1 と Step 3 との差分データに基づき、Williamsの多重比較検定法を用いて、Normal グループをコントロール群とし、上記仮説の下で成績の差分(Step 3 – Step 1)に関する検定を行ったところ、以下の結果が得られた。

- Normal グループと SwaPS グループの成績の差分の間の統計検定量は 1.93 となり,5%水準で有意差が認められた.つまり,SwaPS グループにおける成績の向上幅は,Normal グループよりも有意に大きい.
- Normal グループと GIM グループの成績の差分の間の 統計検定量は 0.79 となり, 有意差が認められなかった. つまり, GIM グループにおける成績の向上幅は, Normal グループよりも有意に大きいとはいえない.

4.3.2 文書を読むのに要した時間と理解度

英語の場合,単語のスペルの中の文字を入れ替えたり別の文字に置き換えたりすると,読む速度が低下したり理解度が低下したりすることが知られている[18]. そこで中国語の文書中に漢字の誤字形文字を挿入した場合,英語の場合と同様に文章を読む時間と理解度に影響するかどうかを検証した.

各実験協力者がテスト用紙に書き込んだ開始時刻と終了時刻のデータから求めた文書を読むために要した時間をもとにして求めた、3つのグループの平均所要時間を表 2に示す。この結果に対し、対応がない 1 要因 3 水準の分散分析を実施した結果、グループの主効果は有意ではなく $(F(2,21)=0.316,\ p>0.05)$ 、文書を読む時間に関するグループ間の差異は認められなかった。また、3つのグループの文章理解度チェックの成績(1 問正解ごとに 20 点加算し、全問正解で 100 点)を表 3 に示す。この結果に対し、対応がない 1 要因 3 水準の分散分析を実施した結果、やはりグループの主効果は有意ではなく (F(2,21)=0.452,

表 3 Step 3 での文書の理解度チェックの結果

Table 3 Results of the reading comprehension in Step 3 for the three groups.

グループ	理解度チェックの正答率%			
9 N-7	平均	標準偏差		
Normal	80.0	12.5		
GIM	75.0	17.2		
SwaPS	80.0	12.5		

表 4 Step 2 で読んだ文書中の誤字形文字の存在に気づいたと回答 した実験協力者の割合

Table 4 Percentage of participants in the SwaPS group and the GIM group who reported noticing the presence of incorrect characters in the documents.

グループ	気づいた割合
SwaPS	100%
GIM	50%

表 5 Step 2 で読んだ文書中の誤字形文字が事後調査の書き取りテストにどの程度影響したかに関する回答

Table 5 Responses to the question about how much the presence of incorrect characters in the documents affected the post-examination.

選択肢	SwaPS		GIM	
	人数	割合	人数	割合
1. 非常に役に立つ	5	63%	4	100%
2. ある程度役に立つ	3	37%	0	0
3. どちらとも言えない	0	0	0	0
4. あまり役に立たない	0	0	0	0
5. 役に立たない	0	0	0	0

p > 0.05), 文書の理解度に関するグループ間の差異は認められなかった.

4.3.3 アンケート調査の結果

SwaPS グループと GIM グループの実験協力者のみに対して実施した、Step2 で読んだ文書に含まれる誤字形文字に関するアンケートの結果について、文書中に含まれる誤字形文字に気づいた実験協力者の割合を表 4 に、文書中の誤字形文字の存在が Step 3 での事後調査の書き取りテストにどの程度影響したかについての主観的な印象に関する回答結果を表 5 に、誤字形文字の存在が文書の内容理解や読む速度にどの程度影響したかについての主観的な印象に関する回答結果を表 6 に、それぞれ示す。表 4 に示すように、SwaPS グループの実験協力者は、全員が Step 2 での文書に含まれている誤字形文字(PS 字形)に気づいた、一方、GIM グループの実験協力者は、半数だけが文書中の誤字形文字(GIM 字形)の存在に気づいた、表 5 に示すように、誤字形文字の存在に気づいた実験協力者は、全員その存在が事後調査の書き取りテストに影響し、役に立っ

表 6 Step 2 で読んだ文書中の誤字形文字が文書の理解や読む時間 にどの程度影響したかに関する回答

Table 6 Responses to the question about whether the incorrect characters in the documents in Step 2 affected participants' understanding of the documents or the reading time.

選択肢	SwaPS		GIM	
	人数	割合	人数	割合
1. 非常に影響した	0	0	0	0
2. ある程度影響した	0	0	0	0
3. どちらとも言えない	0	0	0	0
4. あまり影響なかった	3	38%	2	50%
5. 影響がなかった	5	62%	2	50%

たと答えた. また,表 6 に示すように,誤字形文字の存在 に気づいた実験協力者は,全員その存在が内容理解や読む 時間には影響しないと回答した.

5. 考察

4.3.1 項で示したように、今回の実験では全体として事 前調査の書き取りテストよりも事後調査の書き取りテスト で成績が有意に向上している. この結果は, 文書を読むこ とが漢字の字形記憶の修正・強化に有益な効果を有するこ とを示している. つまり、漢字健忘問題は、読書などの文 書を読む行為によって,一定の改善が見込まれることが示 唆された. これは、言い換えれば、漢字健忘問題の原因が PC やスマートフォンの漢字変換システムを使用して文章 を作成することだけにあるのではなく、文書を読む機会の 減少も一因となっていることを示唆しているといえるだろ う. あるいは、文書を読む機会自体は特に減少していない が、SNS などの普及によって、日常的に読む文書の質が低 下していることが影響している可能性も考えられよう. た だしこの点については、あくまで推測の範囲を出ない. 小 学校児童を対象とした調査結果によれば、読書量と語彙力 (漢字の字形記憶能力とは異なるが) との間に正の相関が 認められるものの、その相関はあまり強くないことが示さ れている [19]. しかし、漢字学習をひととおり終えている 成人を対象とした読書量と漢字能力の関係に関する調査は 管見の限り見当たらず,今後検討を進める必要がある.

上述のとおり、文書を読むことが漢字健忘問題の解消に有益であることが示されたが、4.3.1 項に示した、SwaPS グループでは事前調査の書き取りテストから事後調査の書き取りテストへの成績向上幅が Normal グループよりも有意に大きいという結果は、PS 字形の誤字形文字を文書に埋め込むことによって、より効果的に漢字健忘問題を解決できる可能性を示している。ここで重要なのは、誤字形文字であれば何でもよいわけではないということである。実際、GIM 字形の誤字形文字を使用した GIM グループの成

績向上幅は、Normal グループよりも有意に大きいとはい えないことが示されている。

この理由として、GIM字形を用いると誤字形文字が埋め込まれていることに気づきにくいことが考えられる。表4に示した誤字形文字の存在に気づいたかどうかに関する調査結果から、SwaPSグループは全員が気づいていたのに対し、GIMグループでは半数の実験協力者しか気づいていなかった。また、表5に示す結果から、誤字形文字の存在に気づいた実験協力者らは、全員が誤字形文字の存在が事後調査の書き取りテストに役に立った(すなわち、字形記憶の修正や強化に効果がある)ことを指摘している。このような効果は、誤字形文字の存在に気づいて初めて得られるものであり、誤字形文字の存在に気づかなければ、Normalグループの場合と同等の効果しか得られないのは当然である。このため、GIMグループの成績向上幅は、Normalグループと比べて若干大きくなってはいるものの(表1)、有意差を認められるレベルには至らなかったのであろう。

以上のように, 形声字の意符と音符を入れ替えて作られ る誤字形文字である PS 字形は、文書の読み手に対して誤 字形文字の存在に確実に気づかせる効果があることが分 かった. しかも PS 字形の文字は, 正しい文字の字形を再 現するために必要な構造情報をすべて有している. その結 果として、PS 字形の誤字形文字を文書中に埋め込むこと によって, 意符と音符が上下ないし左右に配置される構造 を持つ形声字の字形記憶がより効果的に修正・強化される ことが示されたといえる. なお, 今回の実験では Step 3 の 事後調査を Step 2 の直後に実施したため、提案手法の効果 については、直接的には短期的な記憶効果しか確認できて いない. 今後さらに長期的な記憶効果についても検証実験 を実施する予定であるが,長期的に記憶されるためには, まず短期的に記憶されることが必要であるので、長期的な 記憶効果についても提案手法は有効である可能性を十分に 有していると考えられる.

ところで、文書を書く際に GIM 字形の文字を埋め込むことによって字形記憶を修正・強化できることが筆者らの先行研究で明らかになっている [5] が、一方で誤字形文字の発見と修正に必要な負荷が過剰であるため、多くの使用者が G-IM 漢字入力方式を使いたくないとする問題が生じていた [5]. 今回新たに提案した、文書を読む際に誤字形文字を埋め込む手法 SwaPS においても、字形記憶の修正・強化には有効ではあるものの、その利用が忌避されるという同様の事態が生じていないかどうかを確認する必要がある.

表 2 に示した、Step 2 での文書を読む作業にかかった時間と、表 3 に示した Step 3 での文章の理解度チェックの結果から、3 つのグループの間に有意差が認められなかった。また、表 6 に示した、Step 2 で読んだ文書中の誤字形文字が文書の理解や読む時間にどの程度影響したかに関する回答結果でも、SwaPS グループと GIM グループとの間

に顕著な差はなく、いずれも文書を読む行為に対する影響はほとんどないという主観を報告している。これらの結果は、PS字形と GIM 字形のいずれの誤字形文字が埋め込まれていても、文書を読む際の障害にはなっていないことを示しており、G-IM 漢字入力方式の場合に見られた利用の忌避問題を生じにくいことが示唆された。また、英語の場合に見られる Typoglycemia と類似する誤字の存在に気づかれにくいという現象が GIM 字形の場合には生じるのに対し、PS字形の場合には生じ難いことも示された。

以上の結果から、文書を読む作業を対象とし、文書中に意符と音符の上下位置ないし左右位置を入れ替えて作られた誤字形文字である PS 字形文字を埋め込む SwaPS 手法は、漢字字形記憶の修正と強化に有効に機能する、一種の「望ましい困難要素」[10] と見なすことができる。なお、漢字を初めて学ぶ初学者は、PS 字形が正しいのか誤りなのかを判断できないので、むしろ PS 字形を正しい文字として習得してしまう危険性がある。つまり SwaPS 手法による漢字学習は、あくまで漢字をひととおり習得している既習得者のための、日常的活動の中における「再学習」用の手法であることに注意されたい。

6. おわりに

本論文では、文書中に「望ましくかつ適正な程度の困難要素」としての誤字形文字を採り入れることによって、その文書をただ読むだけで漢字字形の記憶を修正・強化する効果を得られる漢字の再学習支援手法 SwaPS を提案した。SwaPS で採用した誤字形文字である PS 字形は、意符と音符が上下ないし左右に配置される構造を持つ形声字の意符と音符の位置を入れ替えることによって生成される。

提案手法 SwaPS による漢字字形記憶の修正・強化に関 する効果を検証するために、本研究で提案した PS 字形の 誤字形文字を採り入れた文書を読む場合と,筆者らの先行 研究 [5] で使用した、ごく微小な誤りを含む GIM 字形の 誤字形文字を採り入れた文書を読む場合と, 誤字形文字を 含まない文書を読む場合の3つの条件の比較実験を実施し た. その結果, PS 字形を用いた場合に, 誤字形文字を含 まない文書を読む場合よりも漢字字形記憶に関するテスト の成績向上幅が有意に大きくなる一方, GIM 字形を用いた 場合には有意な向上が認められなかった. また, 文書を読 むのにかかった時間や文書の理解度については、3つの条 件間に有意な差が認められず、誤字形文字を採り入れても 利用者に余計な負荷がかからないことが示唆された. ゆえ に、PS字形を用いる提案手法 SwaPS は、利用者に余計な 負荷をかけることなく漢字字形記憶の修正・強化を実現で きる, 漢字の既習得者を対象とした再学習に有効な手法で あることが示された.

ただし、今回の実験では 2,233 文字の文書中で 40 種の課題漢字を誤字形漢字として出現させるケースのみについて

調査したが、この課題漢字の種類数を 20 種や 80 種などに して誤字形文字の出現割合を変えることによって、学習効 果や認知負荷に対する影響が変わる可能性がある.この点 については、今後の検討課題としたい.

また, 今回は紙に印刷された文書を対象として提案手法 の有効性を示したが, 実世界での利用を考えた場合, たと えば学術論文に PS 字形のような誤字を埋め込んで印刷す ると、論文の質的評価に悪影響を与えることが懸念される など、紙媒体では利用シーンが限定される. PS 字形文字 の生成・置き換え機能を有する電子書籍リーダを実現し、 著者や出版者ではなく読者の意志で PS 字形を文書中に混 ぜ込むことを可能とすれば、前述のような利用シーンの問 題は解消される。こうして、各利用者がそれぞれの日常で 目にする文書に PS 字形文字を埋め込み、知っているはず の漢字をあたかも初めて見る漢字であるかのように感じる Vuja De 感を気づきとして得ることにより、つい意識の表 層で流してしまう浅い漢字認知行為を深い認知行為に変え ることができるようになると期待される. 今後このような 電子書籍リーダを実装したうえで、提案手法の学習への効 果を検証していきたい. その際, 従来からタブレットなど の電子的な表示媒体を用いた場合, 紙媒体よりも集中の度 合いや内容の理解度が低くなることが報告されている[20] ので、本提案手法にも同様の影響が見られるかどうかを検 証する必要があるだろう. さらに、PS 字形を任意の可視 テキストに挿入することで,同じ効果が得られることが期 待できる.たとえば、文章を書く場合、漢字入力システム を使って目標漢字を選ぶ際に、正しい字形の代わりに PS 字形の文字を選択肢欄に表示してユーザに字形に注意を払 わせ、PS 字形を選んだ後は文書上に正しい字形を表示す るような利用方法も可能と思われる. このような, 別の利 用形態についても, 今後検討を進めたい.

謝辞 ユーザスタディにご協力いただいた実験協力者各位に深くお礼申し上げます.本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2102 の支援を受けたものです.

参考文献

- [1] Character amnesia, Wikipedia, available from (https://en.wikipedia.org/wiki/Character_amnesia) (参照 2021-09-16).
- [2] Hilburger, C.: Character Amnesia: An Overview, Sino-Platonic Papers, Vol.264, pp.51–70 (2016).
- [3] 海保博之,阿辻哲司:漢字を忘れる日本人―「漢字ど忘れ の心理とその克服法」と「パソコンと漢字のど忘れ」,月 刊しにか大特集「漢字を忘れる日本人」,pp.13-35 (2003).
- [4] 川上浩司:不便の効用に着目したシステムデザインに向けて,ヒューマンインタフェース学会誌,Vol.11,No.1,pp.125-134 (2009).
- [5] 西本一志,魏 建寧:漢字形状記憶の損失を防ぐ漢字入力 方式,情報処理学会論文誌,Vol.57, No.4, pp.1207-1216 (2016).

- [6] 西本一志: 妨害による支援, 川上浩司(編著): 不便益 手間をかけるシステムのデザイン, 第9章, pp.145-165, 近代科学社 (2017).
- [7] Yang, Y., Zhou, L., Li, R., Yao, H., Song, J. and Ying, F.: Chinese Character Learning System, Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '19), Paper No.LBW2218, pp.1–5 (2019).
- [8] Ito, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M.: A system for memorizing Chinese Characters using a song based on strokes and structures of the character, Proc. 17th Int'l Conf. Information Integration and Web-based Applications & Services, Article No.18, pp.1–9 (2015).
- [9] Fan, M., Fan, J., Antle, A.N., Jin, S., Yin, D. and Pasquier, P.: Character Alive: A Tangible Reading and Writing System for Chinese Children At-risk for Dyslexia, Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '19), Paper No.LBW0113, pp.1-6 (2019).
- [10] Bjork, R.A.: Memory and Meta-memory Considerations in the Training of Human Beings, *Metacognition: Know*ing about knowing, pp.185–205, MIT Press (1994).
- [11] Sans Forgetica, available from $\langle \text{https://sansforgetica.} \\ \text{rmit.edu.au/} \rangle$.
- [12] Oviatt, S.: Human-Centered Design Meets Cognitive Load Theory: Designing Interfaces that Help People Think, Proc. 14th ACM Int'l Conf. Multimedia (MM '06), pp.871–880 (2006).
- [13] Li, Y. and Kang, J.S.: Analysis of phonetics of the ideophonetic characters in modern Chinese, *Informa*tion analysis of usage of characters in modern Chinese, Chen, Y. (Ed.), pp.84–98 (1993).
- [14] Zhu, H.: An analysis on the frequently-used phonetic symbols and teaching of Chinese characters, 中国文字研究 (2003) (in Chinese).
- [15] Rawlinson, G.E.: The significance of letter position in word recognition, Ph.D. dissertation, Psychology Dept., Univ. Nottingham, Nottingham, U.K. (1976).
- [16] 現代漢字常用字表 List of frequently used characters in Modern Chinese, available from \(\https://lingua. mtsu.edu/chinese-computing/statistics/char/listchangyong.php\\)
- [17] マッチ売りの少女 available from 〈https://www.thn21.com/xiao/liux/4484.html〉
- [18] Rayner, K., White, S.J., Johnson, R.L. and Liversedge, S.P.: Raeding Wrods with Jubmled Lettres – There Is a Cost, *Psychological Science*, Vol.17, No.3, pp.192–193 (2006).
- [19] 猪原敬介,上田紋佳,塩谷京子,小山内秀和:複数の読書量推定指標と語彙力・文章理解力との関係—日本人小学校児童への横断的調査による検討,教育心理学研究, Vol.63, No.3, pp.254-266 (2015).
- [20] 小林亮太,池内 淳:表示媒体が文章理解と記憶に及ぼす影響—電子書籍端末と紙媒体の比較,情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol.2012-HCI-147, No.29, pp.1-7 (2012).



魏 建寧 (学生会員)

2013 年北陸先端科学技術大学院大学博士前期課程修了. 同年日本サード・パーティ(JTP 株式会社)に入社. 2019 年北陸先端科学技術大学院大学博士後期課程に進学,現在に至る. 2021年 JAIST 次世代特別研究員. 再学習

支援および妨害による知的活動支援の研究に従事.



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,不用知の活用の研究に従事.本会フェロー.



高島 健太郎 (正会員)

2010 年東京工業大学大学院社会理工 学研究科博士前期課程修了. 同年日本 アイ・ビー・エム株式会社入社. 2016 年東京工業大学大学院社会理工学研究 科博士後期課程修了. 同年東京農工大 学大学院工学研究院特任助教. 2017

年北陸先端科学技術大学院大学助教,2020年より講師, 現在に至る.日本経営工学会,経営情報学会会員.博士 (工学).