

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
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18390">http://hdl.handle.net/10119/18390</a>
Rights	<p>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。</p> <p>Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IP SJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IP SJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IP SJ 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	



# 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<sup>1,a)</sup> 西本 一志<sup>1</sup> 高島 健太郎<sup>1</sup>

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<sup>1,a)</sup> KAZUSHI NISHIMOTO<sup>1</sup> KENTARO TAKASHIMA<sup>1</sup>

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ため、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「書き間違い」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、同時に不利益シ

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ーの実現である。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-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に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探り入れている。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

<sup>1</sup> 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 は利用者が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



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も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「丶」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、正しい字形はどのような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なかった。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ため、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

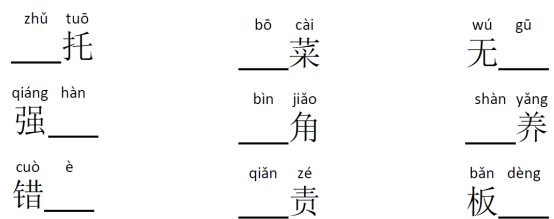


図 3 実験の書き取りテスト問題の一部

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，在街上哆哆索索地走着。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？

### 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，在街上哆哆索索地走着。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？

### 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，在街上哆哆索索地走着。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を使って作成した。

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. ハロウィーン, 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)	
	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%	
	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、役に立つ



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ないという現象が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](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）：不利益 — 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: Knowing about knowing*, pp.185-205, MIT Press (1994).
- [11] Sans Forgetica, available from (<https://sansforgetica.rmit.edu.au/>).
- [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, *Information 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.: Reading Words with Jumbled Letters - 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)。