

# SwaPS : 文書を読むだけで漢字の字形記憶を効率的に 修正・強化できる誤字形文字の生成・活用手法

魏 建寧<sup>†1</sup> 西本一志<sup>†1</sup> 高島健太郎<sup>†1</sup>

**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、筆者らは漢字字形記憶の損失を防ぐ効果を有する漢字入力方式 G-IM システムをすでに提案し、その有効性を確認している。G-IM は、文字変換時に誤字形文字をランダムに差し込む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。しかし、ごくわずかに異なっている誤字形文字を発見し修正する作業は負荷が高いため、利用者の利用意欲を削ぐという問題があった。そこで、本論文では、利用者の負荷を増やすことなく、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ー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や、G-IM で採用したごくわずかに異なっている誤字形文字を含む文書を読む場合よりも、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含む場合よりも負荷が増加しないことを確認した。

## 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タイプ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、読み方の「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。それゆえ、漢字健忘問題を解決ないし軽減するための何らかの策が必要である。

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ひとつであるが、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]のひとつの典型的な事例であり、同時に不利益システム[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]。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法を提案する。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の字形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

<sup>†1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology  
1-1, Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1292, Japan.

基礎的調査として、外字エディタを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、提案手法で取り扱う種類の漢字（形声字：説明は後述）を対象とした漢字健忘問題に関する予備実験について示す。5章では、提案手法に関する評価実験の手順と結果を示す。6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。7章はまとめである。

## 2. 関連研究

近年、漢字の学習支援システムが多数提案されてきた。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辞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支援機能を探り入れている。しかし、これらの従来の手法では、漢字の学習を目的としてわざわざ時間を割いてこれらのシステムを利用しなければならないので、特に漢字の学習を終えている（はずの）成人の利用率が低い問題や、高い有効性が得られがたいという検証結果の問題などがある。これらの手法は、基本的に「未習得の漢字」が学習対象であり、既習得の漢字の字形記憶の修正・強化には適さない。既習得の漢字の字形記憶の修正・強化に特化した漢字学習支援手段は、筆者らの知る限りでは、筆者ら自身による G-IM システム[5]以外には見当たらない。

Bjork らは、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づらくすることで「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た。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・強化方式であるとみなすことができる。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

## Gestalt Imprinting Method

図 1 Sans Forgetica フォントで“Gestalt Imprinting Method”と書いた例 (RMIT 大学 Sans Forgetica ウェブサイトで作成 <https://sansforgetica.rmit.edu.au/>)



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

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言われている[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らざることをやめ、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」が抜けている). 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, 思わず二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, 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. 例えば, 「雲」は意符「雨」と音符「云」から成る. 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 3500 字のうちでは 2523 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」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を入れ替わっても, 読み手は特に問題無く読めてしまうという現象 (たとえば, Document と Documnet) であり, 日本語でも特にひらが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る可能性が考えられる. 形声字認識における意符と音符の処理メカニズムに関する問題は, 長きにわたり心理言語学者の大きな関心事となっている[16][17]が, 意符と音符を入れ替えた文字の認識に関する研究例は, 筆者



図 3 予備実験の書き取りテスト問題の一部

表 1 書き取りテストの成績

	全漢字		常用漢字		非常用漢字		
	満点	20 点	100 点	13 点	100 点	7 点	100 点
得点	7.5	37.7	6.0	46.2	2.0	26.2	

表 2 書き取りテストの成績の人数分布

成績	全漢字		常用漢字		非常用漢字	
	人数	割合	人数	割合	人数	割合
80 点以上	0	0	1	4.2%	0	0
79~60 点	2	8.3%	7	29.2%	0	0
60 点未満	22	91.7%	16	66.7%	24	100%

らの知る限りで見当たらない. 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. 予備実験

形声字を対象とした字形の忘却状況を調べるための予備実験を行った.

### 4.1 実験手順

著者らの大学院に所属する中国人学生 24 名の実験協力者を対象として, 形声字の書き取りテストを実施した. 書き取りテストの問題には, 現代漢字常用字表[18]から選出した 13 個の常用形声字と, 書き間違いやすい 7 個の非常用形声字の, 合わせて 20 個の形声字を使用した. 図 3 に, 予備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.

### 4.2 結果

実験の結果を表 1 に示す. 全ての漢字についての成績は, 20 点満点で平均 7.5 点 (100 点満点で 37.7 点) であった. このうち, 常用漢字だけについては 13 点満点で平均 6.0 点 (100 点満点で 46.2 点), 非常用漢字だけについては 7 点満点で平均 2.0 点 (100 点満点で 26.2 点) であった. 表 2 に, 100 点に換算した成績の人数分布と割合を示す. 24 人の実験協力者のうちで 60 点未満の成績となった人数の割合は, 全ての漢字については 91.7%, 常用漢字については 66.7%, 非常用漢字に至っては 100%であることが分かった.

以上のように, いずれの結果についても成績がかなり低いことから, 漢字全体でほぼ 80%を占めている形声字にお

いても、字形が正しく記憶されていない割合がかなり高く、漢字健忘問題がやはり存在していることが明らかになった。

## 5. 本実験

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。

### 5.1 実験手順の概要と仮説

実験協力者は、予備実験とは異なる中国人学生 24 名である。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：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  $\text{Normal} \leq \text{GIM} < \text{SwaPS}$  の順になるというものである。GIM 字形については、誤りに気付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、誤りに気付

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 字形は誤りに気付かれやすいので、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。

### 5.2 実験の詳細

Step 1 で実施した書き取りテストでは、現代漢字常用字表[18]から選出した日常的によく使用される 60 個の形声字と、非常用漢字のうちから本稿第 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题した。テストの実施方法は、予備実験と同じであり、図 3 に示したものと同様の問題を示し、ピンインの発音を参照して下線部に漢字を手書きで記入することを求めた。

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、対応が無い 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無いことが裏付けられた。

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 個を課題漢字として選出し、これらを PS 字形あるいは GIM 字形に変形し

#### 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，在街上哆哆嗦嗦地走着。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，在街上哆哆嗦嗦地走着。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，在街上哆哆嗦嗦地走着。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

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、本稿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」[19]である。実験協力者に提供した文書の全文字数は2233字であり、Step1の書き取りテストで採用した60個の常用漢字全てを含んでいる。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、すべて本稿第1筆者が、SimSunフォントを基にWindows10付属の外字エディタを使って作成した。

Step2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。それ以外の教示は一切与えず、タスク実施中および終了後の質問などは一切受け付けなかった。

なお、Step2における課題漢字は、すべてStep1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、Step1の書き取りテストがStep2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、Step2の実験はStep1実施の15日後に実施した。さらに、Step1の書き取りテストの問題には、課題漢字の他に字形を変形させない常用漢字20字(この20字もStep2の文書中に含まれる)と、30字の非常用漢字(この30字はStep2の文書中には含まれない)を混ぜ込んだ。

Step3は、Step2の文章を読んだ直後に実施された。Step2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。

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。問題は以下の通りである(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。
  - 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. 少女は誰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)

Step3の事後調査での書き取りテストでは、Step1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、Step2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通りである。

- 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. どちらとも言えない,
  - 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。

表 3 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)

	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

- 問題 4. 文書中の誤字形文字の存在が事後テストにどの程度影響したか.
  - 非常に役に立った.
  - ある程度役に立った.
  - どちらとも言えない.
  - あまり役に立たなかった.
  - 全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.
  - 非常に影響した.
  - ある程度影響した.
  - どちらとも言えない.
  - あまり影響がなかった.
  - 影響がなかった.

### 5.3 実験結果

#### 5.3.1 書き取りテストの成績の比較

表 3 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[18]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 3 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、ここでも 4 章の予備実験の結果と同様に漢字健忘問題の存在が示されている。全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 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、事後テストの成績は事前テストの成績よりも有意に向上していることがわかった。

今回の実験における仮説は、成績の向上幅が Normal  $\leq$  GIM < SwaPS の順になるというものである。表 3 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

表 4 Step2 での文書を読むために要した時間

グループ	平均 (min)	標準偏差
Normal	7.13	2.52
GIM	7.25	3.73
SwaPS	7.25	2.99

表 5 Step3 での文書の理解度チェックの結果

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

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言えない。

#### 5.3.2 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[20]。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 4 に示す。この結果に対し、対応が無い 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かった ( $F(2, 21) = 0.316, p > 0.05$ )。また、3 つのグループの文

表 6 Step2 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

グループ	気づいた割合
SwaPS	100%
GIM	50%

表 7 Step2 で読んだ文書中の誤字形文字が事後テストにどの程度影響したかに関する回答

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

表 8 Step2 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

選択肢	SwaPS グループ		GIM グループ	
	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%

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5に示す。この結果に対し、対応が無い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かった ( $F(2,21)=0.452, p>0.05$ )。

### 5.3.3 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6に、文書中の誤字形文字の存在が Step3 での事後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7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8に、それぞれ示す。表6に示すように、SwaPS グループの実験協力者は、全員が Step2 での文書に含まれている誤字形文字 (PS 字形) に気付いた。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) の存在に気付いた。表7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テストに影響し、役に立ったと答えた。また、表8に示すように、誤

字形文字の存在に気付いた実験協力者は、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。

## 6. 考察

5.3.1 節で示したように、今回の実験では全体として事前テストよりも事後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言えるだろう。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 等の普及によって、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[21]。しかし、漢字学習を一通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、5.3.1 節に示した、SwaPS グループでは事前テストから事後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言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6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。つまり、英語の場合に見られる Typoglycemia と類似する現象が 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が示された。また、表7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 3)、有意差を認められるレベルには至らなかったの  
である。

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わかった。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言える。

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 4 に示した、Step2 での文書を読む作業にかかった時間と、表 5 に示した Step3 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 8 に示した、Step2 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無く、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。

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]とみなすことができる。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、あくまで漢字を一通り習得している者のための、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。

## 7. 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差異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明らかになった。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 2233 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実験を行ったが、誤字形文字を自動生成して、文書に埋め込んで提示するような電子書籍リーダーの開発を現在進めている。本論文で示したように、提案手法は紙媒体においても有効であるが、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、利用シーンが限定される。そこで、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ーを実現し、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ーを実装した上で、提案手法の学習への効果を検証して行きたい。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[22]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。例えば、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、北陸先端科学技術大学院大学 Doctoral Research Fellow 制度の支援を受けて実施したものです。

## 参考文献

- [1] Character amnesia, Wikipedia, available from [https://en.wikipedia.org/wiki/Character\\_amnesia](https://en.wikipedia.org/wiki/Character_amnesia) (2021 年 9 月 16 日確認)
- [2] Christina Hilburger: Character Amnesia: An Overview, Sino-Platonic Papers, 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] Yifan Yang, Leijing Zhou, Rujian Li, Hang Yao, Jialu Song, and Fangtian Ying: 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] Yuma Ito, Tsutomu Terada, and Masahiko Tsukamoto: A system for memorizing Chinese Characters using a song based on strokes and structures of the character, Proc. 17<sup>th</sup> Int'l. Conf. on Information Integration and Web-based Applications & Services, Article No. 18, pp. 1-9, 2015.
- [9] Min Fan, Jianyu Fan, Alissa N. Antle, Sheng Jin, Dongxu Yin, and Philippe Pasquier: 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] Robert A. Bjork: Memory and Meta-memory Considerations in the Training of Human Beings, in Book “*Metacognition: Knowing about knowing*”, pp.185-205, MIT Press, 1994.
- [11] Sans Forgetica, available from <https://sansforgetica.rmit.edu.au/>
- [12] Sharon Oviatt: Human-Centered Design Meets Cognitive Load Theory: Designing Interfaces that Help People Think, Proc. 14<sup>th</sup> ACM Int'l. Conf. on Multimedia (MM '06), pp. 871-880, 2006.
- [13] Li, Y., & Kang, J. S.: Analysis of phonetics of the ideographic characters in modern Chinese. In: Y. Chen(Ed.). Information analysis of usage of characters in modern Chinese, 84-98, 1993.
- [14] Zhu, Haiyan: 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] WANG Xieshun, WU Yan, ZHAO Simin, NI Chao, and ZHANG Ming: The effects of semantic radicals and phonetic radicals in Chinese phonogram recognition, Acta Psychologica Sinica, Vol. 48, Issue 2, pp. 130-140, 2016.
- [17] CHI Hui, YAN Guoli, XU Xiaolu, XIA Ying, CUI Lei, and BAI Xuejun: The Effect of Phonetic Radicals on Identification of Chinese Phonograms: Evidence from Eye Movement, Acta Psychologica Sinica, Vol. 46, Issue 9, pp. 1242-1260, 2014.
- [18] 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>
- [19] “マッチ売りの少女” available from <https://www.thn21.com/xiao/liux/4484.html>
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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—, 情報研報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.