

Title	EE-Reader:漢字形状記憶の損失を防ぐための誤字形文字埋め込み電子書籍リーダー
Author(s)	西本, 一志; 魏, 建寧; 金井, 秀明; KAZUSHI NISHIMOTO; JIANNING WEI; HIDEAKI KANAI
Citation	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(HCI), 2022-HCI-198(25): 1-8
Issue Date	2022-06-09
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/18110
Rights	<p>社団法人 情報処理学会,西本一志,魏建寧,金井秀明,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(HCI),HCI-198(25), 2022, pp.1-8.ここに掲載した著作物の利用に関する注意:本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

EE-Reader : 漢字形状記憶の損失を防ぐための 誤字形文字埋め込み電子書籍リーダー

魏 建寧^{†1} 金井秀明^{†1} 西本一志^{†1}

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、筆者らは利用者の負担を増やすことなく、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 を提案した。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。これまでに、PS 字形文字を混入した文章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結果、有効であることを明らかにしている。本稿では、電子的な媒体上における SwaPS 手法の有効性を検証するために、PS 字形文字埋め込み電子書籍リーダー EE-Reader を実装し、ユーザスタディを実施した。その結果、紙媒体の場合と同様、電子的な媒体を用いた場合においても、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。

キーワード: 漢字健忘, 電子書籍リーダー, 形声字, 誤字形文字, 字形記憶の再構築

EE-Reader: An E-Book Reader that Embeds Incorrectly Shaped Characters into the Documents for Character Amnesia Prevention

JIANNING WEI^{†1} HIDEAKI KANAI^{†1} KAZUSHI NISHIMOTO^{†1}

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 have already proposed SwaPS, a method that enables users to effectively correct and strengthen their memory of character shapes by simply reading a document without increasing the user's workload. SwaPS generates incorrectly shaped characters (PS fonts) by swapping the position of the semantic radicals and phonetic radicals of the Phonogram Characters, which account for 80% of all Chinese characters, and embeds the PS fonts into documents. A user study has already been conducted by using printed documents with some PS fonts on paper and demonstrated its effectiveness. In this paper, we implemented EE-Reader, an e-book reader that is equipped with a function to embed PS fonts into the displayed document, to verify whether SwaPS is effective even on electronic media. We conducted user studies using EE-Reader and confirmed that, like the cases of the printed materials, reading a document with PS fonts significantly strengthens character shape memory compared to reading the document containing only the correct characters or the slightly incorrect characters. We also confirmed that reading the document with PS fonts does not increase the load compared to reading a normal document that contains only the correct characters.

Keywords: character amnesia, e-book reader, Phonogram Characters, incorrect character shapes, (re)building retention and recall of character shapes

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。2013 年の中国の零点研究機関の調査により、回答者の 94% が漢字を手書きする際に漢字の書き方のど忘れ問題を経験したことがあり、27% が常に問題を感じているという調査結果が得られている [3]。同じ現象は、日本においても大きな問題になっている。2017 年 6 月に放映された NHK の「あさイチ」では、「成績」「募集」「完璧」「博士」の 4 つの常用

漢字を街の人に書いてもらったところ、全問正解したのは 20 人中ただの 1 人だけであった [4]。

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 [5]。このような漢字入力システムを用いて漢字を入力する際、同音異字に変換されていないかについては確認するが、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。

近年、漢字の学習支援システムが多数提案されてきた。

^{†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

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[6]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による漢字学習インタフェース[7]、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[8]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採り入れている。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。しかもこれらの手法は、基本的に「未習得の漢字」が学習対象であり、漢字健忘問題を解決するための、既習得の漢字の字形記憶の修正・強化には適さない。

本稿では、既習得の漢字の字形記憶を修正・強化することを目指し、文書を読むときに漢字字形記憶の修正・強化を支援できる電子書籍リーダーを提案する。以下、2章では先行研究と本研究の位置付けを説明する。3章では、実験に用いたシステムの構成、評価実験の手順と結果を示す。4章では、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。5章はまとめである。

2. 先行研究と本研究の位置付け

本稿第1筆者と第3筆者は、漢字字形記憶の損失を防ぐための一策としての新規な漢字入力方式 Gestalt Imprinting Method (G-IM) を提案した[9]。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[9]。

しかし、G-IM で採用した誤字形文字（図1中央 GIM 字形）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、誤りに気づくには高い注意力が必要であった。しかも 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。それゆえ、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[9]。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。

そこで我々は、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



図1 正しい字形の漢字と、誤字形漢字の例

した[10]。具体的には、誤字形文字を文書中に混入させて提示し、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 感を気づきとして与える。これにより、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。

ただし、G-IM で採用したごくわずかな誤りを含む誤字形文字（GIM 字形）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。

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[11]。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[12]。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[12]。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[10]。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」、生成手法を「SwaPS 手法」と名付けた。図1右の PS 字形は、「漢」の意符「讠」と音符「莫」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。

SwaPS 手法の基礎的な有効性を検証するために、紙に印刷された文書を対象として実験を行った[10]。具体的には、外字エディタを使って作成した PS 字形文字を含む文書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である。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読む場合よりも負荷が増加しないことを確認した。

一方、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[13]。それゆえ、紙媒体における有効性が認められた PS 字形が、電子的な表示媒体においても同様に有効性が見られるかどうかを検証することが必要である。そこで本稿では、PS 字形文字の置き換え機能を有する電子書籍リーダーである Error-embedding E-Reader (EE-Reader) の実装を進めている。EE-Reader は、任意文章中の形声字を抽出する機能と、抽出された形声字に対応する PS 字形文字を自動生成して元の字の位置に差し替えて提示する機能、および、利用者が各自の状況により誤字形文字の提示率を選択する機能を備えることを目指している。

3. 実験

提案手法の有用性を実証するために、紙媒体における基礎調査[10]と同様のユーザスタディを実施した。

3.1 システムの構成

既存の漢字フォントから誤字形文字 (PS 字形文字または GIM 字形文字) のフォントを自動生成するのは容易ではない。そこで本研究では、実験を簡便に実施するために、TTedit[14]を使って手作業で誤字形文字フォントを作成した。実用に供するシステムを作るには、すべての形声字についての誤字形フォントを作る必要があるが、今回は評価実験で使用される形声字についてのみ誤字形文字フォント (PS 字形, GIM 字形) を作成した。次いで、実験用の電子書籍リーダーである EE-Reader のプロトタイプ (以下、これを単に EE-Reader と呼ぶ) を作成した。EE-Reader は、実験で用いる文書データを表示する際に、先に作成した誤字形文字フォントファイルを参照して、課題漢字 (の一部) を対応する誤字形文字フォントに差し替える機能を有する。また、文書中の誤字形文字が文書を読む時間に与える影響を評価するための、読書時間計測機能も用意した。具体的には、システム上の「タスク開始」ボタンを押してから文書を読み始め、終了時に「タスク完了」ボタンを押したら、システムは読書時間を計測する。

3.2 実験手順の概要と仮説

実験協力者は、著者らの大学院に所属する中国人学生 15 名である。実験は、以下の 4 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. EE-Reader を利用し、図 1 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読む作業。Step 1 の 15 日後に実施。



図 2 書き取りテスト問題の一部

Step 3. 事後調査 1: 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 90 個の漢字の書き取りテスト + アンケート調査。Step 2 の直後に実施。

Step 4. 事後調査 2: 40 個の課題漢字の書き取りテスト + 口頭インタビュー。Step 3 の 1 か月後に実施。

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 Normal \leq GIM < PS 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。

3.3 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[15]から選出した日常的によく使用される 60 個の形声字 (このうち 40 個を後の評価で使用する課題漢字として設定) 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題した。問題の例を図 2 に示す。書き取り問題では、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 40 個の課題漢字の書き取りテストの成績に基づき、15 人の実験協力者を 5 人ずつの 3 つのグループ (PS 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 ($F(2, 12) = 0.17, p = 0.85 > 0.05$) 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、40 個の課題漢字を PS 字形あるいは GIM 字形に変

PS 字形文字を含む文

幸ナイフが小さいのと、親指の骨が**敲**かったので、今だに**躰**指は手に付いている。しかし**瘡**痕は死ぬまで消えぬ。

GIM 字形文字を含む文

幸ナイフが小さいのと、親指の骨が**堅**かったので、今だに**親**指は手に付いている。しかし**創**痕は死ぬまで消えぬ。

Normal 字形文字を含む文章

幸ナイフが小さいのと、親指の骨が**堅**かったので、今だに**親**指は手に付いている。しかし**創**痕は死ぬまで消えぬ。

図3 3種の字形の文字を含む日本語文書の例

表1 各グループの事前調査 (Step 1), 事後調査1 (Step 3) と事後調査2 (Step 4) における40個の課題漢字の書き取りテストの成績 (100点満点)

グループ	Step 1		Step 3		Step 4		Step 3 – Step 1	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	差分の平均	標準偏差
PS	51.0	12.21	69.5	10.42	67.0	11.55	18.5	6.44
GIM	51.0	15.86	59.0	17.29	62.5	22.19	8.0	3.32
Normal	57.0	21.64	66.0	19.66	70.0	14.58	9.0	7.52

形して埋め込んだ文書を作成した。図3に、3種の字形の文字を含む文書の例を示す。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を、GIMグループにはGIM字形の課題漢字を埋め込んだ文書を、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を読むタスクを課した。なお図3では、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」[16]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、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。

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、システム上の「タスク開始」ボタンを押してから文書を読み始め、終了時に「タスク完了」ボタンを押すように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Step

1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のEE-Reader上に用意されている「回答票」ボタンを押すと、システムは自動的に文書の理解度チェックテスト（5問）[付録1]の画面に切り替わる。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。文章理解度チェックテストへの回答が終了したら、漢字の書き取りテスト用紙を配布して解答してもらい、最後に、オンラインでアンケート調査を実施した。

Step4は、Step3の1か月後に実施した。40個の課題漢字の書き取りテスト用紙を配布して解答してもらい、最後に、口頭インタビューを実施した。

3.4 実験結果

3.4.1 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), 事後調査1 (Step 3) と事後調査2 (Step 4) における、課題漢字の40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。なお、課題漢字の他に字形を変形させない常用漢字20字と、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に示す成績にはこちらの漢字の成績は含まれていない。表中の「Step 3 – Step 1

1] で示したのは、事前調査と事後調査 1 の成績の差分の平均である。

Step 1 の成績は 51 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、紙媒体の実験調査結果[10]と同様に漢字健忘問題の存在が示されている。Step 3 の成績の向上状況を確認するために、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 ($t(14)=5.78, p=0.00 < 0.01$)。つまり全体として、事後テスト 1 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。

3.2 節で示したように、今回の実験における仮説は、成績の向上幅が Normal \leq GIM $<$ PS の順になるというものがある。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 PS グループの成績の差分の間の統計検定量は 2.11 となり、5%水準で有意差が認められた。つまり、PS 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 -0.22 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。

また、提案手法は漢字字形への長期的な記憶効果があるかについて調査するために、PS グループの Step 3 と Step 4 の成績について対応のある t 検定を実施した結果、5%水準で有意差が認められなかった ($t(4)=1.20, p=0.15 > 0.05$)。つまり提案手法による字形記憶の強化効果は、少なくとも 1 か月間は維持されることがわかった。

なお、Step 3 と Step 4 の成績を比較すると、PS グループではわずかな成績の低下が認められるのに対し、その他の 2 グループではわずかながらも成績の向上が見られる。実験協力者へのインタビューの中で、GIM グループと Normal グループの実験協力者の一部は、Step 3 の書き取りテストの終了後、間違った漢字の正しい字形を調べていたことが明らかになった。一方、PS グループの実験協力者には、書き取りテスト後に字形を調べた者はいなかった。前述のような Step 4 での成績変化は、このような Step 3 終了後の期間における実験協力者の行動の違いが影響したものと思われる。

3.4.2 文書を読むのに要した時間と理解度

紙媒体の場合、文書中に漢字の誤字形文字を挿入した場合でも、読む速度が低下したり理解度が低下したりするこ

表 2 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
PS	6.8	4.53
GIM	5.8	1.72
Normal	5.4	0.80

表 3 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
PS	76	0.15
GIM	84	0.08
Normal	80	0.22

とは発生しなかった。今回は、電子的な表示媒体である EE-Reader を用いた場合における、読む速度や理解度への影響を調査した。

各実験協力者が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 ($F(2, 12)=0.26, p > 0.05$)。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 ($F(2,12)=0.25, p > 0.05$)。これらの結果から、電子的な表示媒体を用いた場合でも、紙媒体の場合と同様、文書中に漢字の誤字形文字を挿入した場合でも、読む速度が低下したり理解度が低下したりすることは発生しないことが示された。

3.4.3 アンケート調査の結果

PS 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 に示す。誤字形文字の存在に気付いた実験協力者について、図 4 には文書中の誤字形文字の存在が Step 3 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、また図 5 には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、それぞれ示す。表 4 に示すように、PS 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) に気付いた。一方、GIM グループの実験協力者は、60%だけが文書中の誤字形文字 (GIM 字形) の存在に気付いた。この結果は紙媒体の調査結果[10]とほぼ一致する (PS:100%, GIM:50%)。図 4 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、PS グループでは 60%がその存在が事後テストで役に立ったと答えたのに対

表 4 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
PS	100%
GIM	60%

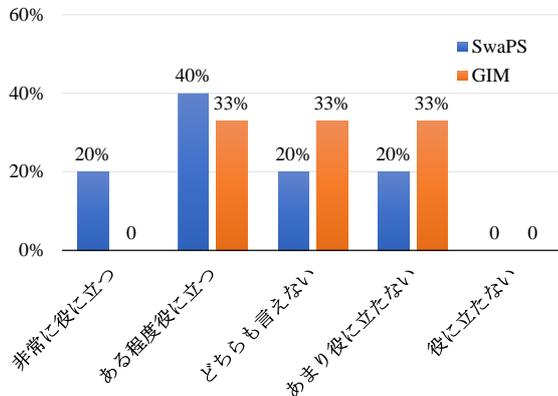


図 4 Step2 で読んだ文書中の誤字形文字が事後テストにどの程度影響したかに関する回答

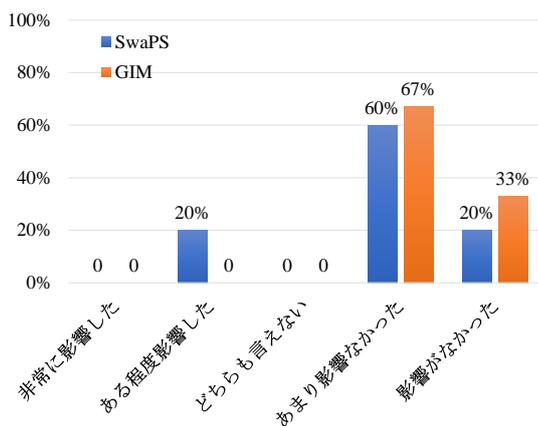


図 5 Step2 で読んだ文書中の誤字形文字が文書の理解

し、GIM グループでは 33% (1 人) だけが役に立ったと答えた。また、図 5 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、PS グループでは 80% が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のに対し、GIM グループでは全員が影響しないと回答した。

4. 考察

3.4.1 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が、PS 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。この結果は、紙媒体と同様な調査結果であり、SwaPS 手法は電子的な表示媒体を用いた場合でも有効であることが分かった。また、Step 4 の調査結果から、SwaPS 手法は漢字形の短期的な記憶に有効であることが示されただけでなく、長期記憶にも有効であることが示唆された。

一方、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 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、PS 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 60% の実験協力者しか気づいていなかった。

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、電子媒体においても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[9]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[9]。PS 字形を混入した文章を紙に印刷した場合、同様な問題が生じていなかったが[10]、今回提案した EE-Reader において、その利用が忌避されるという事態が生じるかどうかを確認する必要がある。

表 2 に示した、Step2 での文書を読む作業にかかった時間と、表 3 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、図 5 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、PS 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 80% 以上の実験協力者は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 字形文字は、電子書籍リーダーにおいても利用者に余計な負荷をかけることなく漢字形記

憶の修正と強化に有効であることが分かった。

5. おわりに

本稿では、文書中に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電子書籍リーダーEE-Readerを提案した。EE-Reader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。

本稿第1・第3筆者は、先行研究[10]において、PS字形文字を混入した文書を紙に印刷したものを読むことによって、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読む場合よりも負荷が増加しないことを確認している。今回は、電子的な媒体であるEE-Readerを利用して、PS字形の誤字形文字を採り入れた文書を読む場合と、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字形は、電子書籍リーダーにおいても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であることが示された。つまり、先行研究[10]で提案したSwaPS手法は、紙媒体と電子的な媒体のいずれの表示媒体でも字形記憶の修正・強化に関する効果が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。また、中国語だけではなく漢字を使用している日本語でもPS字形文字の有意効果が得られることが期待できる。以上については、今後の検討課題として進めたい。

6. 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 (2021年9月16日確認)
- [2] Christina Hilburger: Character Amnesia: An Overview, Sino-Platonic Papers, 264, pp.51-70, (2016).
- [3] 九成半国人提笔忘字, available from <http://horizon.blog.caixin.com/archives/56667>(2022年4月18日確認)
- [4] [不利益不便で得をする] NHK あさイチ 2017年6月14日
- [5] 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).
- [6] 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.
- [7] 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. 17th Int'l. Conf. on Information Integration and Web-based Applications & Services, Article No. 18, pp. 1-9, 2015.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 魏建寧, 西本一志, 高島健太郎: 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・活用法, 情報処理学会インタラクティブ2022論文集, pp.68-76, 2022.
- [11] 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.
- [12] Zhu, Haiyan: An analysis on the frequently-used phonetic symbols and teaching of Chinese characters, 中国文字研究, 2003, (in Chinese).
- [13] 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—, 情処研報ヒューマンコンピュータインタラクティブ, Vol. 2012-HCI-147, No. 29, pp. 1-7, 2012.
- [14] TTedit, available from <<https://opentype.jp/ttedit.htm>>
- [15] 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>
- [16] “マッチ売りの少女” available from <https://www.thn21.com/xiao/liux/4484.html>

付録

文章の理解度チェックテスト問題

- 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)