

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：11201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12891

研究課題名(和文) スマート機器を用いた漢字特殊拍産出自律学習支援システムの地球規模の運用実験評価

研究課題名(英文) An Autonomous Learning Support System for Production of Japanese Kanji and Special Morae Using Smart Devices: Global Field Testing and Evaluation

研究代表者

三輪 譲二 (MIWA, JOUJI)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：60125664

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本語母語話者や教師による学習支援を得にくい学習者に対して、漢字と特殊拍の多段自律学習を支援する公開型仮想学び舎を構築し、新しい時代の教育改善に資することを目的とした。

漢字産出支援では、Web型手書き漢字認識システムを開発し、漢字の画や筆順を誤った場合は、画の色を変更して、学習者に誤りに気づきを生みやすい機能を付けた。世界各地から利用され、過去一年間は約4分の1がスマートフォンからの利用であった。また、特殊拍音声の産出支援では、スマートフォンを用いて、100点法の対話型発音評価を開発した。運用実験では、米国の学習者に活用され、その5段階MOS値が約4.0であり、有効性が確認された。

研究成果の概要(英文)：We have developed an autonomous learning support system for production of Japanese kanji and special morae in the Open-MANABIX. And we have carried out global field testing and evaluation for the system.

Ability of production and discrimination for similar kanji such as "禾-未-未" and "木-不" is one of important skills for kanji learning. We have developed a web-based system of kanji hand-writing recognition for skill up. In the system, error strokes by learners are automatically marked by a color for noticing. About one quarter of accesses for the system is from the smart devices. In assessments for production of special morae, spoken words are recorded using smartphone apps for SNR improvement, and then are calculated as between 0 and 100 points by Bayes' theorem. The total average of mean-opinion-score by non-native speakers in the test mode has the value of 4.0. Then, the system is effective for autonomous learning of Japanese special morae.

研究分野：教育工学

 キーワード：日本語教育 教育工学 情報通信技術 e-Learning 自律学習支援 発音評価 特殊拍音声算出 漢字  
手書き算出

### 1. 研究開始当初の背景

2008年に文部科学省が発表した留学生30万人計画を達成するには、渡日前の日本語教育をより推進する必要がある。また、日本国内でも、発達障がい児や外国に外国にルーツを持つ子どもたちへの「やさしい漢字教育」や「日本語特有の特殊拍音声教育」の必要性が高まっている。近年、スマート機器が非常に普及してきており、日本語母語話者や教師による学習支援を得にくい学習者に対して、人工知能や情報技術を利用して、自律学習支援できる環境が整ってきている。

### 2. 研究の目的

本研究では、人工知能や情報技術を利用して、日本語母語話者や教師による学習支援を得にくい日本語学習者に対して、スマート機器により、いつでも、どこでも、だれにでも、手軽に、繰り返し学習できるクラウドコンピュータ環境で、漢字と特殊拍音声の産出学習を支援する多段自律学習できる公開型仮想学習舎 (Open-MANABIX: Multistage Autonomy Networks for Associative Brain and Intelligence in Cloud Computing Systems)を構築し、地球規模での公開運用実験を行い、新時代の日本語教育に資することを、研究目的とした

### 3. 研究の方法

本研究では、自律学習のアドバイザーの段階的な関わり度合いに応じて、多段的な自律学習を支援する日本語学習支援システムを開発して、地球規模の運用評価を実施する。

なお、アドバイザーをコンピュータに代替する場合に、学習者に「気づき (noticing)」を与えるように、誤り情報などをフィードバックする機能が必要であり、より効率的なフィードバック方法を検討する。

自律学習支援システムの地球規模での運用評価においては、米国ホノルル、メキシコ、イタリア、トルコ、米国ボストンで開催される国際学会で発表し、普及のための広報活動も行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 漢字産出の自立学習支援

##### ① 漢字学習支援

非漢字圏の日本語学習者においては、明朝体フォントの鱗を漢字の重要な要素と捉えるなど、誤りが化石化してしまう危険性がある。また、発達障がい児では、明朝体の漢字の横の線が見えなかったり、太字ボールド体は真っ黒に見えたりするため、比較的、丸ゴシック体や、やや太めの教科書体がわかりやすいと言われており、画の止めや跳ねに気づきにくい傾向がある。このため、漢字格文法と、スマートフォンに手書き漢字認識機能を導入し、漢字の筆画の誤りなどを色つきでフィードバックする機能を追加した、日本語学習者向け自律型漢字字形学習支援システム

を開発した。

##### ② 自律型漢字字形学習支援システム

自律型漢字字形学習支援システムでは、例えば、「木」の第1画を「←」と逆向きに書いたり、「木」を「十」と「へ」で書いたりした場合、「←」や「へ」の画に色を付けて、学習者に自動でフィードバックする機能を、学習者向けに追加した。すなわち、誤りの画をカラーで、学習者にフィードバックすることにより、学習者は、漢字の画の記述誤りに気が付きやすくなり、漢字の画の字形の特徴を自律的に学習できる。ひいては、禾-未-末、木-不、好-奴、計-訂、肌-肋、漢-漠などの類似漢字の識別力が向上し、漢字の理解力が高まるものと期待される。

##### ③ 漢字画文法の利用

漢字の学習の初期段階で、30分程度の漢字の画文法の知識を説明する。

従来、部首、偏、旁などの構成要素で分割する方法は考えられていたが、文の係り受け構造木と同様に、漢字をさらに画まで多段階に木構造で分解して表現すると、筆順も理解しやすくなる。

漢字画文法では、T, H, N, S, P (ノ、一、丿、↓、∨) の5個の基本画でのみ表現され、はね画や明朝フォントの鱗などは、在っても無くても良いと考える。すなわち、「干」と「于」のように、「跳ね」が漢字の弁別の要素になる漢字の例も存在するが、常用漢字2136字の中には、「跳ね」が漢字の弁別とならないので、時計の9時以降の方向画は存在しないものとし、この5画を基本画とした。

また、画文法では、漢字は、5個の基本画と10個の複合画 A, F, K, L, M, V, X, Y, Z, W (フ、フ、く、L、レ、∠、フ、フ、乙、フ) の合計15個の書記素 (grapheme) から構成されるものとする。すなわち、鋭角のみが結合し、鈍角は結合しない。また、TNはひらがなの「へ」として存在するが、漢字には存在しないし、また、NPは、こざとへん「β」の第2画目に含まれるが、経済則から、HP「フ」で代用させる。

漢字の画の筆順優先規則 (Kanji Stroke Order Rule) として、( ) を漢字例、[ ] を反例漢字例とすると、上から優先順位の順番に、以下で表される。

1. 偏や旁の基本要素毎に書く (山行林時曜) /Radical Rule
2. 慣性の筆運動法則に従う (シ↑扌王 右左) /Anti Inertia and Beauty Rule
3. 貫く画は後で書く (十子女中母毎) [世] /Through Stroke Last Rule
4. 連続する鈍角の画は分離、鋭角の画は連続 (氏卵) / Acute Connection and Abuse No-connection Rule
5. 蓋は後で書く (日田円曲国) /Enclosure Last Rule
6. 中左右は中-左-右の順に書く (業) [↑]

/Center First Rule

7. 左はらい右はらいの順 (六父文食袖)

/Left and Right Sweep and Happy Rule

8. T字形を先に書く (王玉集)[千金] /T First Rule

9. 上から下の順に書く (上下止王) /Up to Down Rule

10. 左から右の順に書く (八川心) /Left to Right Rule

一般的に、画の順序として、9番と10番の規則が強調されているが、特に、7番と10番の規則の優先順序を理解していると、「父」、「文」、「食」、「初」などの筆順を誤ることがなくなる利点がある。

また、このツールを使用すると、同一部首や画数の漢字の検索や、意味や読みが不明な漢字も、高価な電子辞書をしようすることなく、スマートフォンを利用して漢字を検索することができる。さらに、意味、読み、画数、部首、SKIP、四角號碼など、様々な方法でも、漢字を検索できる機能を有している。例えば、SKIP法では、従来、「引」を「1-3-1」で検索していたが、図式的に“□□-3-1”または“□□3-1”でも検索できる。また、高価な電子辞書を使用することなく、日ごろ使用しているスマートフォンを利用できることは、非常にメリットとなる。

学習支援の例として、具体的には、15個の書記素と画文法を用いて、図1(a)の例のように、点つなぎを通して、漢字の基本を学ぶ。次に、手書き認識システムを用いた場合、図1(b)の例のように、「木」を「十」と「へ」で書いたりした時、「へ」の部分が赤色で表示される。また、図1(c)の例のように、1画目と4画目を逆方向に書くと、オレンジ色で表示される。さらに、2画目と3画目の角度は鋭角であるので、筆順優先規則第4により、連結するはずであったが、3画目を分離して書いたため、赤色の誤りとして表示される。このため、学習者が気づき易くなり、学習を効率的に行うことができる。

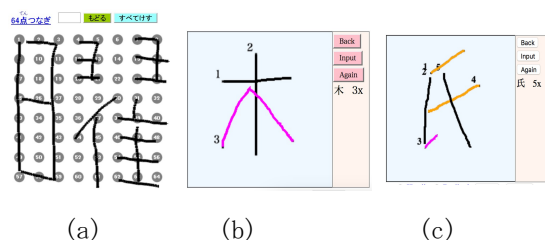


図1 漢字の点つなぎ学習と手書き誤り自動検出表示例

#### ④ 漢字学習支援まとめ

手書き認識機能を用いたスマートフォンの自律型漢字産出学習支援システムについて述べた。このWeb版システムの過去1年間の利用数は、約5万漢字で、1日あたり約150文字の利用であり、また、その約25%がスマートフォンからの利用であり、世界各地から有効的に活用されていることが分かった。な

お、公開している「ひらがなの手書き文字認識機能」も、積極的に利用されており、漢字に加えてひらがなの学習支援の充実させる必要もある。

なお、漢字仮名文字の手書き漢字認識システムのURLは、以下である。

<http://www.sp.cis.iwate-u.ac.jp/icampus/u/ihwr.jsp>

#### (2) 特殊拍音声産出の自律学習支援

##### ① 特殊拍音声対話型試験システム

日本語の発音が拍(モーラ)リズムに対して、外国語はストレスリズムなどであることから、日本語学習者や発達障がい児の中には、促音、撥音、長母音の特殊拍の発音が困難な場合がある。また、テ形動詞の活用に含まれる特殊拍の発音も、音声と文法の面から困難な場合がある。

このため、スマートフォンから、『「言う」のテ形は何ですか?』と合成音声で質問された場合、「言って」または「言ってください」と答えると、図2の例のように、50点以上の正解かどうか教えてくれる対話型特殊拍音声試験システムを開発した。

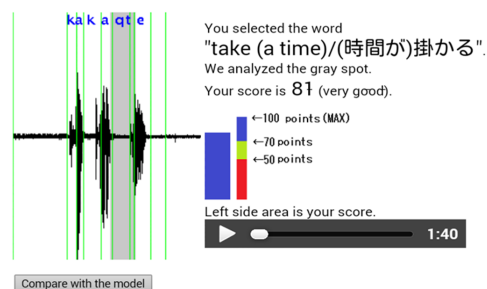


図2 発音評価結果の表示例 (かかって)

##### ② 発音学習支援システム評価

米国の大学生66名による演習と米国の大学生13名による対話型試験の特殊拍音声の判別率が、それぞれ84%、85%であった。また、本システムの評価を、米国の日本語学習者7名に5段階平均オピニオン評点で行った結果、評点が4.0であった。

##### ③ 発音学習支援まとめ

本研究では、拗音を含む単語音声の中の特殊拍を対象とする自律学習支援と対話型発音試験のシステムを開発した。このシステムでは、S/N比を改善するためスマートフォンアプリにより音声入力を行い、音素認識後の特殊拍の対数化持続時間と単語拍数から、事後確率に基づいた100点満点のスコアを求めた。65個の演習単語による特殊拍の学習支援機能と、10個のテ形動詞からなる合成音声による質問に回答する形式の対話型試験機能を備えた。米国の大学生66名による演習と米国の大学生13名による対話型試験の判別率が、それぞれ84%、85%であった。また、米国

の大学生7名による学習者アンケートにおける平均オピニオン評点が4.0であったことから、システムの有効性が確認された。

なお、日本語の発音においては、特殊拍の他に、単語アクセントの発音が困難な場合が多い。このため、開発したアプリの中には、単語アクセントのアクセント型自動判定機能も加えている。

特殊拍音声と単語アクセントの発音評価システムは、以下のURLで無料公開している。

<http://sw.sp.cis.iwate-u.ac.jp>

また、特殊拍と単語アクセント発音評価のAndroid版アプリ SAIDER は、以下から無料でダウンロードできる。

<http://sw.sp.cis.iwate-u.ac.jp/s/downloads/application/saider.apk>

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Nazma Khatun and Jouji Miwa: An Autonomous Learning System of Bengali Characters Using Web-Based Intelligent Handwriting Recognition, Journal of Education and Learning, Vol. 5, No. 3, pp.122-138 (May. 2016). doi:10.5539/jel.v5n3p122
2. 川村よし子: 逆引き辞書の作成を可能にする対訳辞書編集システムの構築、ヨーロッパ日本語教育、Vol.20、pp.285-290 (June 30, 2016).

[学会発表] (計 26 件)

1. 金庭久美子、川村よし子、山森理恵、小林秀和: 日本語学習者に役に立つ語は何か—「やさしい日本語」書き換えリストの分析を通して—、日本語教育方法研究会誌、23-2、pp.88-89、宮城教育大学、仙台市. 宮城県 (Mar. 18, 2017).
2. 藤原崇、三輪譲二: 発達障がいの子供たち個々の段階に対応した課題設定の研究、平成28年度地域課題解決プログラム成果発表会、岩手大学、盛岡市、岩手県 (Mar. 17, 2017).
3. 三輪譲二: 自律学習支援のための漢字と特殊拍音声産出の自動評価システムの地球規模の運用評価、沖縄県日本語教育研究会、琉球大学、沖縄県 (Mar. 4, 2017).
4. 佐々木勝、三輪譲二: スマートフォンを

用いた日本語特殊拍の対話型発音試験システムとその検討、電子情報通信学会音声研究会技術報告、SP2016-68、pp.23-28、東京大学、東京都 (Jan. 21, 2017).

5. 三輪譲二、今石 元久: 10次元調音特徴に基づいた声道形モデルを用いた日本語中舌母音の解析、日本音声学会第334回研究例会、十文字学園女子大学、埼玉県新座市 (Dec. 3, 2016).
6. 藤原崇、三輪譲二: プログラミングと段取りスキル、親子講座、NPO法人HAHATO.CO盛岡支部、盛岡市、岩手県 (Nov. 12, 2016)、(Dec. 17, 2016)、(Feb. 18, 2017).
7. Jouji Miwa and Satoru Shinagawa: Pronunciation Assessment of Japanese Special Mora Using Smartphone Apps, ACTFL 2016, 772, Boston, USA (Nov. 20, 2016).
8. 川村よし子: 理系研究者との連携のノウハウ、日本語教育における理系研究者とのより良い連携を探る、甲南大学ネットワークキャンパス、東京都 (Oct. 30, 2016).
9. 三輪譲二: 連合漢字学習法、招待講演会、エンジェルズ大学、カイセリ、トルコ (Oct. 21, 2016).
10. 三輪譲二: 日本語音声の発音評価法、招待講演会、エンジェルズ大学、カイセリ、トルコ (Oct. 20, 2016).
11. 三輪譲二: 手書き認識機能を用いたスマートフォンの自律型漢字字形学習支援ツール、日本語教育学会秋季大会、デモンストレーション、ひめぎんホール、松山市、愛媛県 (Oct. 9, 2016).
12. 川村よし子: 東南アジア圏学習者のための日本語辞書編集システムの開発、ICJLE2016、Bali, Indonesia (Sep. 10, 2016).
13. 三輪譲二: スマートフォンを用いた特殊拍音声産出の自律学習支援、ヨーロッパ日本語教師会2016年日本語教育シンポジウム、Ca' Foscari University of Venice, Venice, Italy (July 7, 2016).
14. 北村達也、川村よし子: 新聞記事における慣用表現の出現頻度の調査、日本語教育方法研究会誌、22-3、pp.32-33、国際交流基金日本語国際センター、埼玉県さいたま市 (Mar. 19, 2016).

15. 西野慧、三輪譲二：発達障がいの子の学習意欲と学力を高める方法の研究、平成27年度地域課題解決プログラム、岩手大学、盛岡市 (Mar. 17、2016).
16. 三輪譲二：スマート機器を用いた漢字と特殊拍音声の自律学習支援、第21回メキシコ日本語教育シンポジウム、7A、メキシコシティ、メキシコ (Mar. 5、2016).
17. 鈴木孝仁、佐々木勝、敦賀匡朗、三輪譲二：おでって君、いわてアプリコンテスト2015、アイーナ、盛岡市 (Jan. 30、2016).
18. 砂川有里子、李在鎬、長谷部陽一郎、川村よし子：日本語学習辞書開発プロジェクトについて、日本語教育学会秋季大会予稿集、pp.343-344、沖縄国際大学 (Oct. 11、2015).
19. 敦賀匡朗、三輪譲二：スマート機器を用いた単語アクセント発音評価システムの検討、日本音響学会秋季講演論文集、3-Q-35、pp.365-366、会津大学、会津若松市、福島県 (Sep. 18、2015).
20. 佐々木勝、三輪譲二、単語中の特殊拍音声の発音評価法の検討、日本音響学会秋季講演論文集、3-Q-34、p.363-364、会津大学、会津若松市、福島県 (Sep. 18、2015).
21. 三輪譲二、品川覚：スマート機器を用いた日本語発音評価システムの運用、6<sup>th</sup> International Conference on Computer Assisted Systems For Teaching & Learning Japanese (CASTEL/J2015)、pp.145-148、Hawaii Univ.、Hawaii、USA (Aug. 8、2015).
22. 川村よし子、川村ヒサオ：多言語対応『チュウ太のWeb辞書』の最新版の活用、CASTEL/J2015、Hawaii Univ.、Hawaii、USA (Aug. 8、2015).
23. 川村よし子：やさしい日本語書換えシステムの提案機能とその活用、CASTEL/J2015、Hawaii Univ.、Hawaii、USA (Aug. 7、2015).
24. 西野慧、三輪譲二：楽しく読み書き♪タブレット体験、平成27年度地域課題解決プログラム、盛岡市・陸前高田市、岩手県 (July 25/28、2015).
25. 三輪譲二：「オデッテくんださい」について、CDRG、岩手大学、盛岡市、岩手県 (Apr. 6、2015).
26. 三輪譲二：インターネット時代の発音学習支援システム、日本音響学会東北支部第1772回学術講演会招待講演、東北大学、仙台市、宮城県 (Apr. 22、2015).

〔図書〕(計 2 件)

1. 川村よし子総監修：ポータブル日タイ英・タイ日英辞典、三修社、東京 (Sep.、2015).
2. 川村よし子総監修：ポータブル日ベトナム英・ベトナム日英辞典、三修社、東京 (Sep.、2015).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

1. 連合漢字学習支援システム：  
<http://www.sp.cis.iwate-u.ac.jp/icampus/u/akanji.jsp>
2. 特殊拍発音評価システム：  
<http://sw.sp.cis.iwate-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三輪譲二(MIWA JOUJI)  
岩手大学・工学部・准教授  
研究者番号:60125664

(2) 研究分担者

川村よし子(KAWAMURA YOSHIKO)  
東京国際大学・言語コミュニケーション学部・教授  
研究者番号:40214704

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

稲葉 生一郎 (INABA SEIICHIRO)  
サンノゼ州立大学 (米国)・教授

品川 覚 (SHINAGAWA SATORU)  
ハワイ大学カピオラニ・コミュニティ・カレッジ (米国)・教授

百濟 正和 (KUDARA MASAKAZU)  
カーディフ大学 (英国)・准教授

以上