

感知訓練アプリによる中国語声調発音能力向上効果に関する研究 —UI と発音練習が感知訓練に与える効果—

康 茗淞¹ 伊藤 篤² 長谷川 まどか³

^{1,2,3}宇都宮大学 〒321-8505 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

E-mail: ¹s944302@gmail.com, ^{2,3}{at.ito, madoka}@is.utsunomiya-u.ac.jp

あらまし 中国語声調の発音に関する研究は、主に母語による影響、言語の違いなどに着目し、対照分析、誤答分析などを行うことで、第二言語学習者にとって難点である中国語声調発音を克服する方法を考案する。一般的な学習方法は教師による発音訓練と、単語やフレーズの模倣による発音練習がほとんどで、声調学習の基本である声調の感知能力と、感知能力向上のための教育コンテンツ設計があまり重視されていない。そこで、我々は、これまでに声調の感知状態を調査し、声調理解に役立つと思われる感知課題設計と、学習アプリの構築に着目して研究を行ってきた。本研究では、これまでの研究で開発した、多音節声調感知訓練課題の難易度設計に基づき、段階的に感知課題を提示する声調学習アプリを設計し、実装し、評価した結果を述べる。さらに、使用時の認知負荷を考慮して UI を改良するとともに、発音練習を取り入れることで、発音テストの予習と復習による学習向上を目指した。その結果、発音練習をすることが、逆に発音誤りの原因となり、学習の効果を下げる可能性があるが、音声情報の取得効率やアプリ操作の簡略化を重視した UI は、感知訓練の学習効果を引き上げることができた。これにより、感知能力を得る重要性と、感知訓練による声調学習のポテンシャルを示すことができたと考える。

キーワード 第二言語学習, 中国語声調, 発音練習, 感知訓練, アプリケーションデザイン

Effect of Perceptual Training Apps to Improve Tone Pronunciation Ability —About UI Design and Pronunciation Practice—

MingSung KAN¹ Atsushi ITO² Madoka HASEGAWA³

^{1,2,3}Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi, 321-8505, Japan

E-mail: ¹s944302@gmail.com, ^{2,3}{at.ito, madoka}@is.utsunomiya-u.ac.jp

Abstract The research method for Chinese tones learning mainly based on intermediate language theory, contrastive analysis, error analysis, etc. to investigate the hints and strategies for overcoming Chinese pronunciation for learners. As for learning methods, most of them are pronunciation training by teachers, provision of words and short sentences with emphasis on tone combination and pronunciation practice by imitation. Therefore, we investigate the tone perceptual ability of the learners, and focus on perceptual training, and the design of the learning application. In this study, to improve the learning effect of the tone learning app developed in the previous research, we optimize the application design based on cognitive load theory and add a pronunciation exercise to the perceptual training app to compare with. As a result, the perceptual training app with pronunciation exercise could cause pronunciation error. However, the optimization of app significantly enhances the learning effect, and we considered that this paper shows the effectiveness and potential of learning tone by perceptual training.

Keywords Second language acquisition, Chinese tone, Pronunciation practice, Perception practice, Application design

康茗松・伊藤篤・長谷川まどか; “感知訓練アプリによる中国語声調発音能力向上効果に関する研究—UI と発音練習が感知訓練に与える効果—”,

言語学習と教育言語学 2019 年度版, pp. 9-16,

日本英語教育学会・日本教育言語学会合同編集委員会編集, 早稲田大学情報教育研究所発行, 2020 年 3 月 31 日.

Copyright © 2019-2020 by Kan, M., Ito, A., & Hasegawa, M. All rights reserved.

1. はじめに

中国語の学習では、学習者の国籍、母語によって、学習の難しさには多少違いがある。特に、中国語と同じく漢字を大量に使用する日本語を母語とする学習者が、中国語を習う際に難しさを感じる理由としては、日本人母語話者は中国語の読み書きが他の国籍の学習者より得意であることに對し、中国語の発音が難しく、それを十分に習得できないことが挫折の原因になる。さらに、一斉授業における発音教育は、学生の個人差が原因で、指導の負担が重くなり、難しい課題に向けた指導が疎かにされる可能性が高いと思われる。

発音習得のスピードは人によって大きな違いがあることが、一斉授業における発音教育の負担を重くする、若しくは教育が疎かにされる原因になる。

中国語の発音が日本人学習者にとって難しい原因は、日本語には存在しない、若しくは、聞き分ける必要がない音素、音素の組み合わせの違い、音節の概念と声調の存在である。音節単位で構成された中国語の漢字の発音は四百以上となり、日本語の数倍ある。更に声調を加えると、その数は千三百を超える。中国語学習には「発音が良ければ半ば良し」、「声調が良ければ発音半ば良し」ということわざがある。しかし、短期間で会話能力を身に付けることを目指す中国語教室、大学の第二言語学習では、声調の学習の時間が少なく、声調という中国語の一番基本かつ重要な発音要素に対する意識が足りない場合が多い。

一般的に、中国語の発音学習は主に中国語に関する知識（音素、声調、表記など）を勉強し、教師と教材の音声を実真似して練習することが多い。しかし、基礎的な練習は数回の授業と教材の短い紹介で終わり、中国語の発音を練習するのはテキストを読み、単語、文法、会話などの勉強の一部になることが多い。

我々は声調の基礎的な練習の不足を補う、言語の認知を重視する学習方法を重点に置き、声調習得に必要な課題設計と、学習者が認知できる音声情報を調査した。さらに、学習させるためのフィードバックを素早く提供できる学習アプリの開発を目的として、研究を行ってきた[1]。これに基づき、本論文では学習時の認知負担に着目し、開発したアプリのUIの改良と、一般的な学習方法の組み込みを行い、その有効性を確認した結果を述べる。以下に、本論文の構成を述べる。

2章では中国語発音に関する研究背景と本研究が用いた学習理論について述べる。3章では、2章の関連研究と学習理論に基づき、開発した声調感知訓練アプリの改良と、声調学習の一般手法である発音練習をアプリ内に追加することを試みて、その詳細を示す。4章では、改良したアプリの評価のための実験方法、結果と考察を示し、最後にまとめと今後の課題を示す。

2. 研究背景

2.1. 関連研究と学習理論

台湾で行われた声調発音に関する研究[2-17]を、研究方法、実験のターゲットと学習手法に関する内容により分類したものを、図1に示す。

図1に示した16件の声調習得に関する文献は、学習者の声調エラー分析を主目的とし、その大半は1,2音節語の発音、もしくは感知能力を対象としていた。研究で実施した学習手法は教師による指導と教材が提供するモデル音声を模倣し、発音練習することがほとんどである。これらの研究には声調学習方法に関する内容は少なく、声調の発音エラーが起こる原因としてよく挙げられたのは母語による影響、声調の学習が疎かにされ、教師の指導が不足する、また、声調に対する意識が足りない、などである。

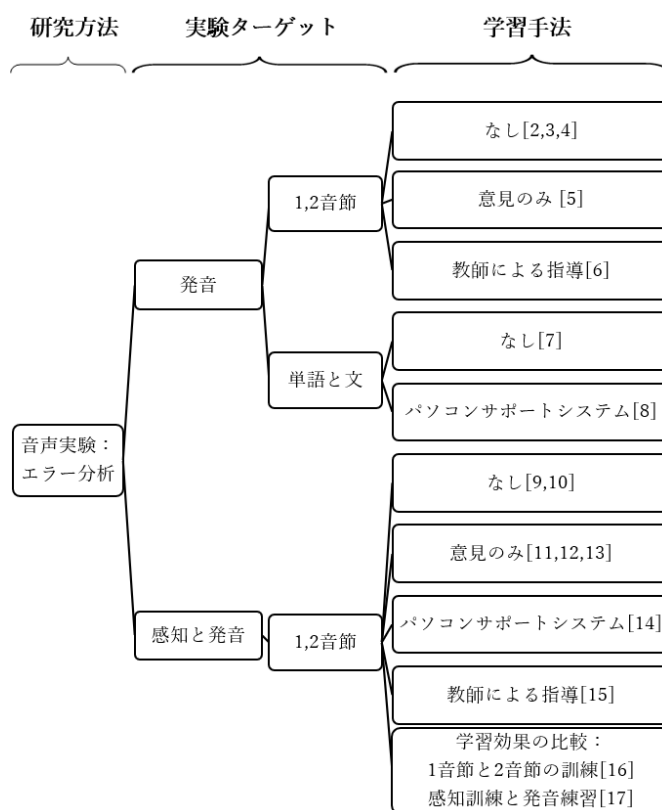


図1. 関連研究まとめ

丁雷が整理した中国と日本で行われた声調の習得に関する研究[18]は、我々の関連研究調査と近い結論を示している。既存研究は音声実験とエラー分析に関するものが多く、声調学習の方法についての内容は少ない、実施した音声実験はほとんど1,2音節をターゲットにし、声調の発音と感知のエラーパターンを考察しているものがほとんどである。

我々が調査した各関連研究が得た、中国語を2年以上学習した学習者の2音節語声調発音の誤り率は平均35.7%と53.3% [2,15]であり、正しく声調を身につけていたとは言えない。さらに、6年以上の学習経験を持つ学習者と1年以下しか学習経験のない中国語初心者との2音節語声調発音能力を比較する研究[6]はエラー率38.88%と30.55%という実験結果が示されており、学習経験が少ない被験者がより高い声調能力を持つという結果となっている。1音節と2音節による入門教育の比較がなされた研究[16]では、2音節の声調組み合わせを使用した授業を受けた学習者の声調能力は、単音節語の訓練のみを受けた学習者より高いことが示されている。両グループの2音節声調感知のエラー率は32.5%と71.67%、声調発音エラー率16.67%と61.67%である。2音節声調感知のエラー率は14.06%と32.81%、声調発音エラー率は10.94%と45.31%となり、かなりの差が見られる。

関連研究や中国語教室や教材では、教師による指導と2音節の声調組み合わせを重視した中国語の発音練習が行われることが多く、声調学習の基本である声調の認識、感知能力を重点に置くことはほとんどない。それに対して、我々は認知心理学 [19]とインプット仮説[20]に着目し、声調の感知能力を重視した学習方法を研究している。

声調の感知能力に関する先行研究としては[21]があり、単音節語を用いた感知訓練を受けることが、学習者の声調を聞き分ける能力にかなりの成長（平均21%）をもたらすことを示している。しかし、他の研究では、中国語の上級学習者でも多音節語や文章における声調の感知と誤りの修正は難しく、

特に中国語母語話者との比較実験では、声調能力の差が一番顕著である[22]。声調の感知訓練と発音練習を比較すると、対面による単音節声調感知訓練は、感知能力の向上効果は有効であるが、発音能力の向上には発音訓練の方が効果があると報告されている[23]。しかし、パソコンによる訓練を用いた研究では、2音節語の感知訓練と発音訓練を実施し、その効果を測った結果、感知訓練のみ受けた学習者の声調感知と発音は、感知訓練と発音訓練の両方を受けた学習者に負けない成長を得たことが示されている[17]。

2.2. インストラクショナルデザイン

我々は中国語教育の現状を背景にして、声調学習と指導不足を解消するための自習用声調学習教材の開発を行ってきた[1]。我々は一般的に使用される単音節、2音節語、フレーズと短文の模倣による発音練習の代わりに、感知実験の結果に基づき、相対的な音高が感知しやすい課題をベースに、徐々に音域や音素の変化を加え、段階的に感知訓練を行う感知アプリを作成し、フレーズによる模倣発音練習に比べて声調の学習効果が高いことを示した。

これまでに実施した実験では、参加者に中国語の発音構成、声調の意味や特徴などを教えた後、2グループに分けて単語、フレーズの模倣発音練習アプリ「NHK 声調確認くん」と本研究で設計したアプリの計3時間の使用後の声調発音成績を比較した(図2)。「NHK 声調確認くん」は声調の音高の可視化による学習のサポートを提供したスマートフォンアプリである。これは、既存研究によく見られる CAI (computer-assisted instruction) システム[8,14,17,24,25]と近い学習方法である。既存の他のアプリと比べると、より声調に着目し、録音して視覚と聴覚から発音を見直す機能が実装されている。

これに対して、我々は人間の持つ有限の認知リソースを有効利用することを着目した認知負荷理論[26]に基づき声調の教育コンテンツを考察した。一般的な学習方法では、複雑な発音要素を含む中国語単語やフレーズ利用して、音素、声調を含めた発音表記、文字と意味を提示する。多数の中国語初心者にとって発音練習における認知負荷は非常に高いと考えられる。それが、音声課題のコンテンツを設計し、感知能力と訓練に特化した声調学習が、一般的な発音練習より、声調発音能力の向上においてより有効になる原因だと考えている。しかし、アンケート結果では、実験で用いた感知訓練アプリの使い勝手は、一般の中国語学習ソフトや比較対象の NHK 語学講座「声調確認くん」より劣るという結果が出しているため、わかりやすい情報提供やアプリ操作の簡略化などの改善を実施することで、声調感知訓練アプリの効果がさらに向上することが期待できると考えられる。

そこで、さらなる声調学習の効率向上や学習時の負担軽減と学習のモチベーションの向上のため、我々は認知負荷理論を応用し、学習内容自体と関係する内在性認知負荷(学習のコンテンツ)をそのまま、開発された感知訓練アプリ使用時の外在性(余計な)認知負荷(操作の手間など)を最小限に抑えることを目指してアプリの UI の改良を行うとともに、訓練方法も見直した。さらに我々が以前に実施した実験[27]では、アプリ使用前に発音テストを予習することで、アプリ使用後の発音成績が20%上がったことから、発音練習を、感知訓練アプリに組み込むことによる学習効果向上も目指した。

3. 感知訓練アプリ

3.1. 感知訓練アプリのプロトタイプ

先行研究[1]の実験で、我々の感知訓練アプリは既存の模倣による発音練習アプリより有効であると示したが、教育のコンテンツの効果を検証するための感知訓練アプリのプロトタイプ

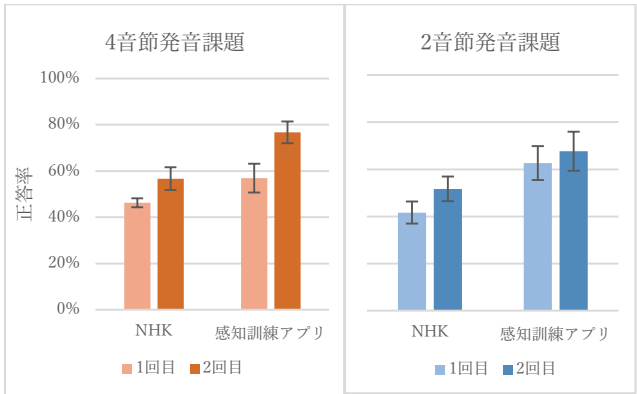


図2. 発音テスト結果 (平均と分散)[1]

表1 最適化前後のアプリ UI 比較

項目名称	最適化	
	前	後
映像説明を見るための操作回数	2回	1回
映像説明を見るための画面遷移回数	1回	0回
各映像のローディング時間	1秒	0秒
項目の切り替えに必要な操作回数	2回	1回
項目の切り替えに必要な画面遷移数	2回	1回
項目の切り替えのローディング時間	2秒	0秒
問題回答のための操作回数	6回	3回
問題回答に必要な画面遷移数	2回	1回
各問題のローディング時間	1秒	0秒
回答状況を示すローディング時間	1秒	0秒

イプとして、1. 声調学習に関する内容と紹介の示し方、2. 各項目への移動と感知問題を解くときのローディング時間、3. 次の項目や問題へ移動するための画面遷移、4. 時間と操作の手間や声調の映像と音声を獲得する容易さなど、アプリケーションデザインについて改善すべき点はまだ残っていた。

感知訓練アプリのプロトタイプ各訓練項目や項目の説明や声調の映像による紹介はボタンをクリックして、ローディング時間を待つ必要があり、映像の大きさによって、時には数秒以上待つ必要がある。声調感知問題を解く場合は、1. ローディング時間(0.8-1秒程度)を待ってから、2. ボタンクリックで課題音声再生。さらに3. ボタンクリックで課題音声の声調組み合わせを選択し、4. ボタンクリックで答えを送信する。回答後は、5. ローディング時間を待ってから、回答結果を確認し、6. ボタンクリックで次の問題へ移動して、再びローディング時間待ち、次の問題の回答に移る必要がある。そのため、我々は声調感知問題を解く時の負担の効率を重点とし、UIの改善を図り、感知訓練アプリの最適化版を作成した。

3.2. 声調情報の獲得と訓練時の操作の最適化

文献[28]によると、音声の感覚記憶は秒単位しか維持できない。このため、声調を習得できていない中国語学習者には、感じ取れる情報を与え、素早くフィードバックを与え、学習させる必要がある。各感知問題の回答に必要なアプリ操作時間を感覚記憶の長さより短く出来れば、学習の効率をさらに上げることができると考えた。最適化前後のアプリ UI や操作の手間などを比較した結果を表1に示す。

アプリは声調イメージを描く映像説明31個と感知訓練問題計197問で構成され、声調の学習に違う高さ、スピード、純音、音声、音素のテンプレート映像と感知問題を用いた。最適化後のアプリによる感知問題の回答は1. ボタンクリック

で課題音声再生し、2. ボタンクリックで課題音声の声調組み合わせを選択して、回答状況を確認する。回答後に3. スワイプして次の問題や項目へ移動する。合計3つの操作、プロトタイプの半分のみになった。さらに画面遷移ごとに必要なローディング時間が無くなり、最適化された感知訓練アプリは、学習時に必要な操作と情報獲得の手間を最低限にした。最適化したアプリのメイン画面と感知訓練問題画面を図3に示す。

改善された感知訓練アプリはアプリ内の内容を予めローディングし、項目を選択せずに声調の基本説明と映像説明が表示され、スワイプで項目を切り替えることができる。項目は知識、入門、初級、小テスト、中級課題などの大きい項目と、紹介、低音、中音、高音、男声、女声、テスト、1音節、漢字、四字熟語などの小さい項目をタブの形で表示される。

アプリ内に含まれる教育コンテンツはプロトタイプと変わらないが、コンテンツの提示について、多種類の映像説明を見るための操作はより簡単化にしていることと、映像説明を

参考しながら回答する1音節感知問題と初級レベルの復習問題をサポート項目として分離し、初級訓練での正答率が低い(60%以下)使用者のみその項目を勧めることとした。

3.3. 発音練習項目

我々はアプリの最適化で学習効果の向上を図ることに加え、設計した発音練習課題を導入することが、声調の学習にプラスの効果を与えるのではないかという仮説を検証するため、アプリ起動後に表示される発音練習用のエクササイズ画面を追加し、声調イメージを描く映像説明と音声なしの発音練習用声調映像3つを提示する仕組みにした(図4)。声調イメージは趙元任の五度数声調表記法[29]を用い、さらに発音練習の誘導を受けてから感知訓練問題へ進めることにするため、エクササイズ画面の最後にだけ、メイン画面へ移動するボタンを設置した。

アプリ起動後に表示させるエクササイズ画面を除いて、すべての感知訓練項目後にはモデル映像、声調組み合わせの画像と4種類声調を再生できる4つのボタンが提示される発音

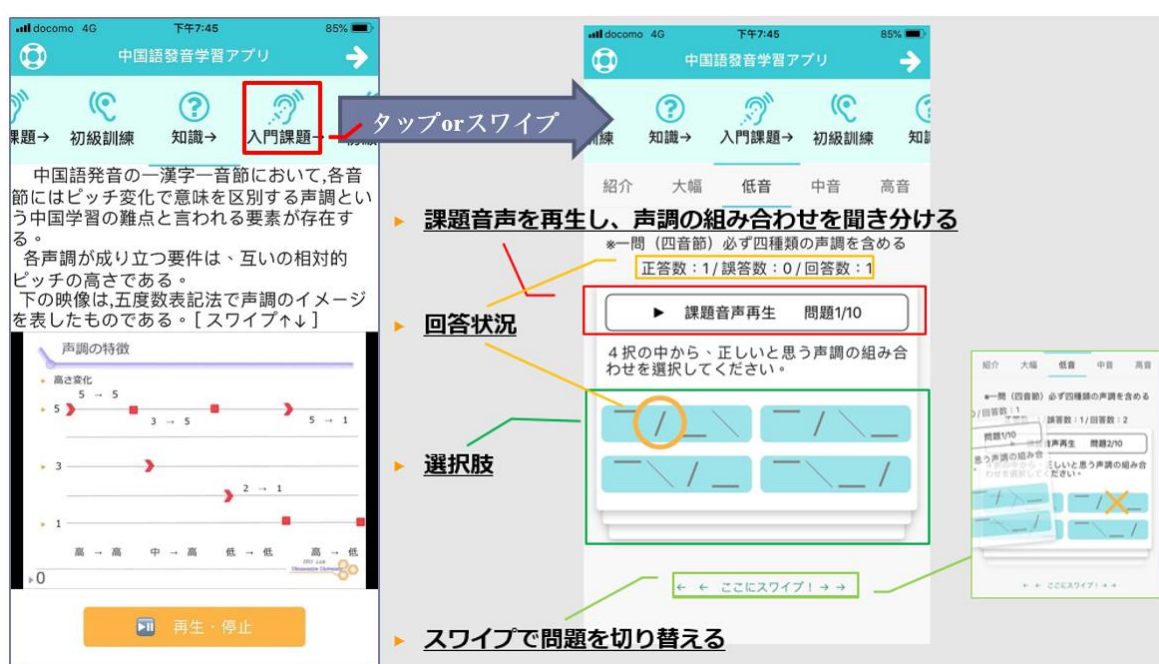


図3. 最適化した感知訓練アプリのメイン画面と感知訓練問題使用マニュアル

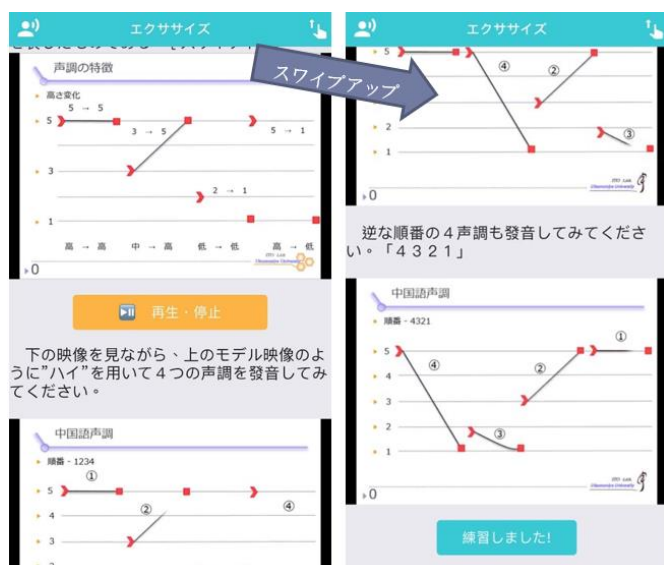


図4. エクササイズ画面



図5. 発音練習画面

訓練項目を作成した(図5)。作成した発音訓練課題は声調の並び替えと音素の変化に対応し、各声調の相対的音高をぶれなく表現できる能力を鍛えるのが目的である。更に声調の感知ができず、学習が停滞することを避けるため、練習のサポートとして、参考用の4声調のモデル音声を提供し、正しい発音を聴きながら練習することを可能にしている。

4. アプリの声調発音能力向上効果の比較

感知訓練アプリの最適化と発音練習項目の追加の声調学習効果への影響を評価するため、我々は2018年2月行ったアプリ評価実験[1]と同じ実験方法で、最適化された感知訓練アプリのエクササイズ画面が実装されたバージョンとエクササイズ画面なしのバージョンの学習効果を比較した。更にその結果と去年実施した感知訓練アプリのプロトタイプの実験結果と比較した。

4.1. 実験方法

被験者を2グループに分け、違うバージョンの最適化された声調感知訓練アプリによる学習を行い、アプリ使用後に発音テストを受け、声調の発音能力を測る。

実験の流れは以下のとおりである。

- ① 知識の獲得 (20分ほど)
- ② アプリによる訓練 (3日間, 1日30分)
- ③ 発音テスト
- ④ 再度-アプリによる訓練 (3日間, 1日30分)
- ⑤ 再度-発音テスト
- ⑥ アンケート

4.1.1. 被験者

本実験は、中国語学習経験がない、18~24歳の宇都宮大学に在籍する大学生10人を、年齢と性別を考慮し、2グループに分けて実施した。

エクササイズ画面ありのバージョンの利用者は、平均年齢20.4歳、男性3人、女性2人、エクササイズ画面なしのバージョンの利用者は、平均年齢20.6歳、男性3人、女性2人であった。

4.1.2. 知識の獲得

知識の獲得については、説明会を実施し、中国語の基礎知識、アプリの使い方(図3)、アプリの使用と声調発音テストの日程を伝えた。

説明会のため準備した中国語の基礎知識内容は中国語発音表記、中国語の発音構成、声調の意義、中国語の入力と、メインである声調のイメージ、音高の特徴、第三声と軽声の説明とした。声調イメージは趙元任の五度数声調表記法[24]を用いるが、第三声は、その2種類の表現と使用場面について紹介し、テストする4つの声調イメージの第三声は「半三声」であることを被験者に伝えた。

4.1.3. アプリ使用

アプリの使用は1日30分、3日間の使用後、発音テストを受け、これを2回行った。アプリの使用はアプリに含めた項目を紹介し、使用スタイルは被験者個人のペースで行うことを伝えた。声調学習のアドバイスとして、簡単な項目から始めることと、簡単な感知訓練項目でもうまく解けない場合はサポート項目を利用することを被験者に勧めた。

アプリ利用者には毎日の使用状況を記録してもらい、エクササイズ画面ありのバージョンのアプリ利用者はエクササイズ画面の指示通りに練習するようにと教えた。

4.1.4. 発音テスト

合計2回の発音テストは声調の相対的高低差の把握と、発音において重要な声調組み立て能力を測定するため、4つの基礎発音課題を用いたテスト内容を設計し、

1. 声調テンプレート: 音素(テスト1回目: “ハイ”, 2回目: “ハイ” と “マ”) と4つの声調のイメージを提示し、被験者の発音を要求する(合計8音節)。
2. 声調テンプレートの分解: 音素(テスト1回目: “ハイ”, 2回目: “マ”) と第一声から第四声の声調イメージを個別に提示し、被験者の発音を要求する(合計8音節)。
3. テンプレートの順番変更: テンプレート(テスト1回目: “ハイ”, 2回目: “マ”) の順番変更動画イメージを提示し、被験者の発音を要求する(合計96音節)。
4. 二音節音素変化: 2つの音素(テスト1回目: “ハ”, “シ” と “カ”, “ミ”, 2回目: “シ”, “ロ” と “ヨ”, “ル”) と2音節の声調イメージを提示し、被験者の発音を要求する(合計60音節)。

さらにフレーズの模倣とより複雑な音素構成の声調発音能力を測定するため、フレーズの模倣と、モデル音声を頼らずのフレーズ発音課題を実施した。中国語フレーズの読み仮名(“ニー ハオ”, “フアン イン グアン リン”など)と声調イメージを提示し、被験者の発音を要求した。

4.1.5. アンケート

使用者アンケートによる、年齢、言語、音楽経験、アプリ使用、発音課題と中国語の声調学習に対する感想を調査した。

解答形式は6段階リッカートスケールとした、具体的に以下の通りである。①全くあてはまらない ②あてはまらない ③あまりあてはまらない ④ややあてはまる ⑤あてはまる ⑥非常にあてはまる、とした。

4.2. 実験結果

4.2.1. アプリ使用状況

感知訓練アプリのプロトタイプ使用者の平均1日30分の感知問題回答数は37.9問、最適化後の感知訓練アプリ、2つのバージョンの利用者は44.3問(エクササイズ画面あり)と46.6問(エクササイズ画面なし)であった。このことから、ローディング時間の短縮と操作の簡略化による回答数の向上が見られると言える。また、発音予習のためのエクササイズ画面を実装したバージョンの利用者の感知問題回答数は、実装されていない感知訓練アプリより少なくなった。

感知問題と発音練習の回数は使用者によって、かなりの差が見られる。エクササイズ画面での発音練習を含め、最適化された感知訓練アプリ使用者が発音練習をする状況を調査した結果、平均1日30分の練習回数は6.4回(エクササイズ画面あり)と13.27回(エクササイズ画面なし)。アプリの使用は被験者個人のペースに任せたため、発音練習項目を利用しなかった被験者と、2回目の使用で感知問題を利用せず、発音練習だけした被験者がいた。

4.2.2. 発音テスト結果

我々は最適化前後と、発音予習を追加した感知訓練アプリの利用者の、各発音課題においての声調発音成績を比較した。図6, 7に3種類アプリ使用者の、1回目と2回目の発音テストの平均正答率と分散を示す(exはエクササイズ画面ありのバージョンを意味する)。

発音課題- 四音節テンプレートの順番変更において、最適化されたアプリの利用者の正答率はプロトタイプの感知訓練アプリ利用者より10%以上の差が確認できた。さらに、最適化されたアプリのエクササイズ画面に従い、発音予習をした使用者の1回目のテスト成績は、発音予習をしなかった使用者より6%低く、2回目は3%高くなった。

発音課題- 二音節音素変化において、最適化されたアプリの利用者の正答率はプロトタイプの感知訓練アプリ利用者に比べ12%~20%の差が見られたが、発音予習をした使用者の

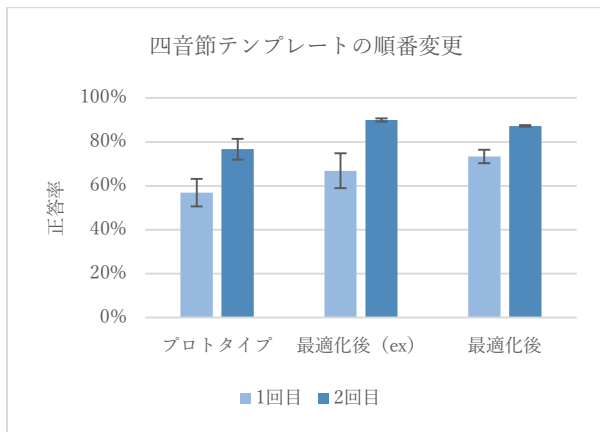


図 6. 各アプリ使用者の 4 音節発音課題正答率

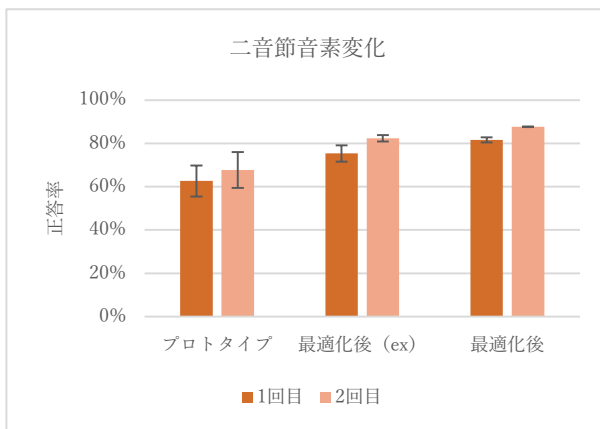


図 7. 各アプリ使用者の二音節音素変化発音課題正答率

1 回目と 2 回目の発音正答率は、発音予習をしなかった使用者より 7%と 6%低かった。予習の内容が 2 音節の発音練習ではないことが成績が低下した原因の 1 つだと考えられる。

二音節音素変化成績を、関連研究が主に使用する 2 音節語の正答率のように、2 音節とも正解することを条件とした発音テスト結果を図 8, 9 に示す。感知訓練アプリのプロトタイプ使用者は再度のアプリによる訓練後でも、2 音節課題の声調発音正答率が 20%未満の被験者が 5 人中 2 人いた。最適化されたアプリの使用者は、一度のアプリ使用後 1 人声調の発音正答率 20%以下の被験者がいたが、再度の訓練後、10 人の被験者全て 50%以上の声調発音正答率を得た。

3 種類のアプリ使用者、2 回の各発音課題における声調発音正答率を T 検定し、結果は以下の通りである。

1. 感知訓練アプリの最適化による使用者の正答率向上は上述の 3 つの発音課題において有意である (P 値 < 0.05)。
2. 最適化したアプリ使用者の声調発音は、四音節テンプレートの順番変更発音課題において、その効果量は大 (Cohen's $d = 0.8$) に近い 0.725 である。
3. 二音節音素変化発音課題の音節と問題の正答率を検定した結果、効果量は 0.827 と 0.826 であり、効果量大に達した。
4. エクササイズ画面を声調感知訓練アプリに追加し、発音練習することについては、統計的有意差が見えなかった (P 値 > 0.1)。さらに 3 つの発音課題において使用者の 1 回目の平均正答率が低くなることが示された (図 6, 7, 10)。

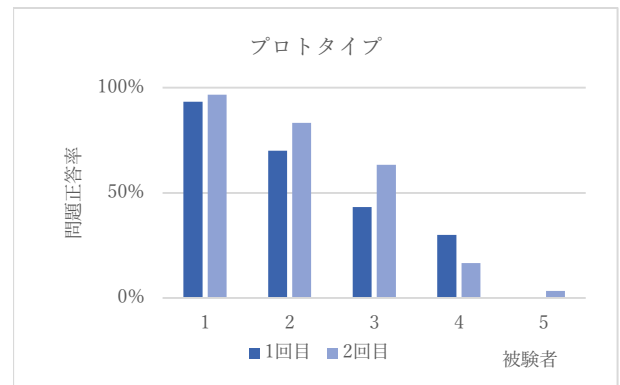


図 8. プロトタイプ使用者の 2 音節問題声調発音正答率[1]

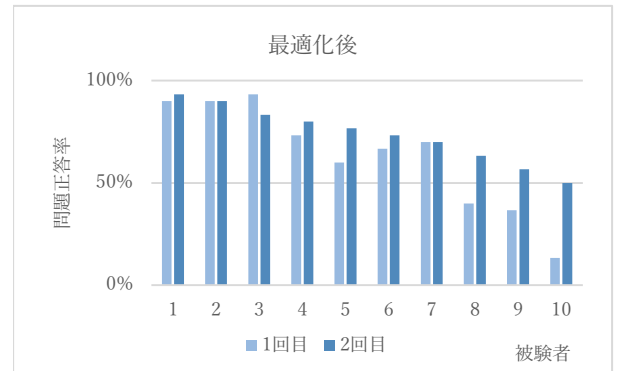


図 9. 最適化版アプリ使用者の 2 音節問題声調発音正答率

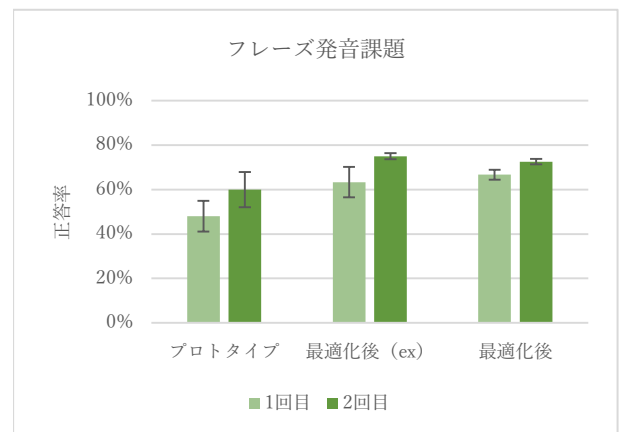


図 10. 各アプリ使用者のフレーズ発音正答率

表 2 アンケート結果

項目名称/総合得点	最適化	
	前	後
声調の学習に専心した	4.2	4.6
1 回目のアプリ使用をしっかりと行った	4	4.9
2 回目のアプリ使用をしっかりと行った	4.4	4.8
このアプリは声調の理解に役立つ	5	5.3
発音テストは声調の良い訓練になる	5	5.7
発音テストは面白い	5.2	4.9
このアプリで声調学習は面白い	4.4	5.3
このアプリの学習方法が面倒くさい	2.8	2.4
声調の聞き分けが難しい	5	4.4
声調の発音が難しい	5	4.2

4.2.3. アンケート結果

我々は2回目の発音テスト後、アプリによる声調学習、発音テスト、声調の難しさ等についてアンケートを行った(表2)。その結果、最適化後の感知訓練アプリ使用者はより声調の学習に集中し、しっかりアプリを使用したことがわかった。さらに、最適化のアプリ使用者は発音テストの練習意義とアプリによる学習の楽しさをより感じて、学習の手間と声調の難しさをあまり感じないという結果となった。

声調学習における文字と動画説明や各感知訓練内容についてのアンケート結果を表3に示す。アプリの最適化によって評価が一番大きく向上したのは映像説明のプラス1.4点と文字説明プラス1点であった。最適化前後において高い評価(5.4点以上)をされた感知課題の設計は、遅いスピード、男女声変化と4音節に4種類声調の3つであった。

4.3. 考察

4.3.1. アプリ使用と発音テスト結果について

一定時間内の感知問題回答数は最適化後に増えることが確認され、個別に各被験者の回答数と声調発音正答率を見ると、回答数と発音正答率に相関はないが、3種類アプリ使用者の平均使用数と発音正答率は正の相関関係が見られる。さらに声調感知問題の正答率も発音正答率と相関が見られた。設計した初級声調感知訓練問題[1]の正答率が40%以下の被験者では、2音節声調発音問題の正答率は20%以下であったが、再度のアプリによる訓練で初級声調感知訓練問題に対して大きな正答率向上(20%~35.2%)が見られた3人の被験者(図9の被験者5, 8と10)は、2音節声調発音問題の正答率向上(16.7%~36.7%)も見られ、声調感知能力の向上は発音能力を向上させる効果があると言える。

感知訓練アプリに追加した発音練習項目は発音テスト基礎課題の予習と練習であるが、発音予習として追加したアプリ起動時に表示させるエクササイズ画面が、使用者の発音の正答率を上げる効果は確認できなかった。エクササイズ画面を追加したアプリの使用者の1回目の声調発音テストの平均正答率は、全ての発音課題においてエクササイズ画面がないアプリの使用者より3.3%~6.6%低く(図6, 7, 10の2種類最適化したアプリ使用者の正答率差)、2回目の声調発音正答率も発音練習が有効であると示すことができなかった。さらに、再度の感知訓練アプリによる訓練で、感知問題を回答せず、発音練習のみ行った1人の被験者(図9の被験者3)は、1回目のテストで被験者の中では一番良い成績であるが、発音練習後の声調発音の正答率では4.2%~14.6%の低下が見られ、発音の誤りを気づかずに練習し、間違った声調発音を身に付けた可能性が高いと考えられる。

4.3.2. 発音練習と感知訓練の効果について

我々が実施したフレーズの模倣による発音練習と感知訓練の比較では、感知訓練アプリはフレーズ模倣発音練習アプリより有効であることを示した[1]。しかし、声調の学習には個人差があり、模倣発音練習と感知訓練アプリのプロトタイプの利用者は4.1節の実験方法で計3時間の使用を行っても、声調の発音正答率が50%以下の被験者(およそ半分)と、4種類の声調すべて同じ発音をする被験者がいた。

今回の実験では、認知負荷の軽減に着目し、感覚記憶の維持時間が短いことを意識したアプリ設計を行った、これにより声調の認識が比較的苦手な学習者でも短期間で声調の感知能力が上がり、発音の正答率向上も確認できた。

先行研究[27]では、アプリ使用前に、採点者と1対1の状態での発音テストを行うことで発音の成績向上が見られたが、アプリ内に組み込んだ短い発音予習内容の提示画面は、1対1の訓練よりモチベーションが低く、そして発音テストの予習と違い、アプリでの発音練習は感知訓練の時間を減らすことになる。これが、使用後の成績を下がる原因だと考えている。さらに、感知訓練後の基礎発音練習は、フレーズ模倣発音練習アプリ利用者[1]2人が犯した、第三声の下がりのイメージ

表3 アンケート結果(感知訓練課題)

項目名称/平均得点	最適化	
	前	後
(文字説明)声調の理解に役立つ	4.2	5.2
(映像説明)声調の理解に役立つ	4.3	5.7
(ピー音)声調の理解に役立つ	4.9	5.4
(遅いスピード)声調の理解に役立つ	5.6	5.5
(音素を固定)声調の理解に役立つ	5.2	5.1
(4音節に4種類声調)・・・	5.4	5.4
(ピー音の3種類高さ変化)・・・	4.9	5.3
(男女声変化)声調の理解に役立つ	5.5	5.5
(音素変化)声調の理解に役立つ	5.3	5.6

を強調しすぎて、第四声のように発音する誤りの原因になり得るため、声調発音の自主的練習は正しいフィードバックが得られる状態で行い、誤りの定着を避ける必要がある。

4.3.3. アンケート結果について

感知訓練アプリのコンテンツについてのアンケート結果によると、感知訓練アプリのプロトタイプ利用者にとって大きな点差で最も声調の理解の役に立たないと評価されたのは文字と映像の説明である。しかし、最適化したアプリの利用者のアンケート結果では、文字と映像説明の評価は大きく上がり、映像説明はさらに最高得点を得た項目となった。感知訓練アプリのプロトタイプ内の多種類の映像説明を見るためには、種類ごとに項目を選択し、ローディング時間を待つ必要があり、最適化後のアプリのように、起動後に必ず文字説明と映像説明を提示し、スワイプすることで各声調の映像説明に切り替えることができない。最適化した感知訓練アプリの利用者はより頻繁かつ、簡単に映像説明を見ることができたのが、映像説明を一番声調の学習に役立つ項目と評価される理由であると思われる、感知訓練アプリの効果向上の原因の1つだと考えている。

5. まとめ

本論文では、声調の入門学習手法として、我々が設計した感知訓練問題を用いた自主学習用アプリは一般的な発音模倣練習より有効であるという先行研究に基づき、アプリの改良と、発音練習と合わせる事による学習効果向上を図る実験を実施した結果を述べた。評価実験の結果、感知訓練アプリの改良による学習中の認知負荷の軽減は、声調学習の効果に大きく影響し、改良前後のアプリ使用者の短期間(合計3時間)のアプリ使用後の声調発音正答率は2音節、4音節とフレーズ発音課題のいずれにおいても有意な差があり、効果量が中と大であるという結果を得た。さらに、実験後のアンケートによれば、改良後のアプリ使用者は声調をより楽しく、より学習を進めることができた。

発音練習を感知訓練アプリ内に組み込んだが、効果が見られなかった。逆に感知訓練の時間を少なくしてしまったため、感知訓練問題の回答数を低くすることになった。さらに1人の被験者は感知訓練の代わりに発音練習をすることを選んだ結果、声調発音の誤りを招いた。自主的発音練習は間違った発音を気づかずに練習するリスクがあり、これが、発音練習を組み込んだアプリの効果が比較的低いことと、練習後の発音成績が下がる原因だと考えている。

感知訓練は、常に正しい音声情報とフィードバックを提供するため、発音練習時に誤りが生じ、気づかないまま練習することがなく、学習に負の効果が発生する可能性を軽減すると言える。今後は声調発音誤りの自動検出や採点など、音声認識を用いた声調学習のサポート機能を開発し、従来の発音の音高追跡と違う手法の評価を設計する予定である。また、

機械学習を用いて発音は正しいか否か、正解にどれくらい近いかなどのフィードバックを提供する方法を目指す。

謝辞

本実験に協力していただいた学生の皆さんに感謝します。

文 献

- [1] M. S. Kang, A. Atsushi and H. Hatano, "Development and Evaluation of a Chinese Tone Perceptual Training App", *Language Learning and Educational Linguistics 2018-19*, pp.11-18, 2019.
- [2] P. S. Zhang, "An Analysis of Tone Errors Made by Japanese Learners of Mandarin in Disyllabic Words", available at: <https://hdl.handle.net/11296/f34wqa> (accessed 11 February 2017), 2013.
- [3] K. J. Zhang, and L. M. Chen, "Tonal errors of Japanese students learning Chinese: A study of disyllabic words", available at: <https://aclanthology.info/papers/O05-1009/o05-1009> (accessed 20 July 2017), 2015.
- [4] H. W. Wu, "A Study of Chinese Tone Production by Polish Speakers", available at: <https://hdl.handle.net/11296/e9nbkb/> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2011.
- [5] H. Y. Chen, "The Study of Chinese Phonetic Errors and Teaching Strategies of Vietnamese Spouses in Taiwan", available at: <http://paperupload.ntnu.edu.tw/paper-321.html> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2007.
- [6] S. Kim, "Analysis and Teaching Research on Chinese Tone Errors of Korean Students", available at: <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=id=%22N2005000097%22.&searchmode=basic/> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2005.
- [7] L. Lin, "An Analysis of the Tone Errors of Hong Kong Students Who Are Studying in Taiwan", available at: <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=id=%22G060285014I%22.&searchmode=basic/> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2017.
- [8] K. Takamatsu, "A Case Study of Mandarin Chinese Tone Combination Training :Error Corrections in Pronunciation for an Aged Japanese Learner", available at: <https://hdl.handle.net/11296/4seuaz> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2018.
- [9] L. Y. Cheng, "The Perception and Production of Mandarin Tones by L2 learners", available at: <https://hdl.handle.net/11296/fgsjr3> (accessed 12 October 2017), 2014.
- [10] H. Y. Lin, "Mandarin Tonal Acquisition of Novice Japanese Learners", available at: <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=id=%22GN0693240217%22.&searchmode=basic> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2007.
- [11] K. L. Tran Thi, "Error Analysis of Mandarin Tones from Vietnamese Learners", available at: <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=id=%22G0069124031%22.&XXXX> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2005.
- [12] R. H. Jiang, "A Study on Mandarin Disyllabic Tones of German learners", available at: <http://etds.lib.ntnu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=id=%22GN0697800194%22.&searchmode=basic> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2012.
- [13] P. L. Tsai, "Perception and Production of Chinese Lexical Tone by Adult English Speaking Learners", available at: <http://etd.lib.nctu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dnthucdr&s=id=%22GH000934709%22.&searchmode=basic> (accessed 10 October, 2018, in Japanese), 2008.
- [14] N. T. Nguyen Thi, "A Case Study of Mandarin Chinese Tone Training: Error Corrections in Pronunciation for beginning Vietnamese learners", available at: <https://hdl.handle.net/11296/7bk39j> (accessed 11 February 2017), 2016.
- [15] C. C. Li, "Error Analysis and Remedial Instruction of Chinese Tones --- A study on American Learners of Mandarin", available at: <http://hdl.handle.net/11296/3wh27p> (accessed 12 April 2017), 2010.
- [16] N. H. Wu, "Initiating foreign students into Mandarin Chinese tone pairs and its effects on tone acquisition", available at: <https://hdl.handle.net/11296/3b65pc> (accessed 20 February 2017), 2015.
- [17] A. W. Hsia, "Training Non-tonal Speakers in the Perception and Production of Mandarin Tones in Disyllabic Words", available at <https://hdl.handle.net/11296/8xez8w> (accessed 12 October 2017), 2010.
- [18] R. Ding, "Talking about the Recognition of the Problem with "Tone is difficult" for Japanese Learners of Chinese as the Second Language", available at: <http://ir.lib.shimane-u.ac.jp/en/38621/> (accessed 18 October 2017), 2017.
- [19] T. Umemoto, "Course psychology 7 Memory", University of Tokyo Press, Tokyo, pp.165-170, 1969.
- [20] S. Krashen, "We acquire vocabulary and spelling by reading: Additional evidence for the input hypothesis", *Modern Language Journal*, 73, pp.440-464, 1989.
- [21] Y. Wang, M. M. Spence, A. Jongman and J. Sereno, "Training American listeners to perceive Mandarin tone", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(6), pp.3649-58, 1999.
- [22] E. Pelzl, E. F. Lau, T. Guo and R. DeKeyser, "Advanced second language learners' perception of lexical tone contrasts", *Studies in Second Language Acquisition*, 41(1), pp.59-86, available at: <https://doi.org/10.1017/S0272263117000444> (accessed 12 October 2019), 2019.
- [23] M. Li and R. DeKeyser, "Perception Practice, Production Practice, and Musical Ability in L2 Mandarin Tone-word Learning", *Studies in Second Language Acquisition*, 39(4), pp.593-620, available at: <https://doi.org/10.1017/S0272263116000358> (accessed 12 October 2019), 2017.
- [24] 湯山トミ子, 武田紀子, 2008, 《中国語基礎教育における e-Learning システムの活用 : 発音習得における声調波形表示機能の使用と教育課題》, 日本 e-Learning 学会 2008 年春季学術講演会
- [25] 劉 松, 浦野義頼, 比企静雄, "中国語四声弁別を自習するための CAI システム," 『日本教育工学会論文誌』, 34(3), pp. 223-233, 2010
- [26] J. Sweller, "Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning", *Cognitive Science*, 12, pp.257-185, 1988.
- [27] M. S. Kang and A. Atsushi, "Effects of Repeating and Perceptual Training to Improve Chinese Tone Pronunciation Ability", 2019 IEEE Conference on e-Learning, e-Management & e- Services (IC3e), Pulau Pinang, Malaysia, 2019, pp. 25-30.
- [28] C. J. Darwin, M. T. Turvey and R. G. Crowder. "An auditory analogue of the sperling partial report procedure: Evidence for brief auditory storage", *Cognitive Psychology*, 3 (2), 255-67, available at: [doi:10.1016/0010-0285\(72\)90007-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(72)90007-2) (accessed 14 March 2020), 1972
- [29] Y. R. Chao, "Language Problems", The commercial Press, Beijing, pp.59-81, 1980.