

コーパス利用による中国語教育 (3)

—学習者コーパスに基づいた中国語四声弁別 CAI自習システムの開発と効果検証—

砂 岡 和 子
孫 琦
比 企 静 雄

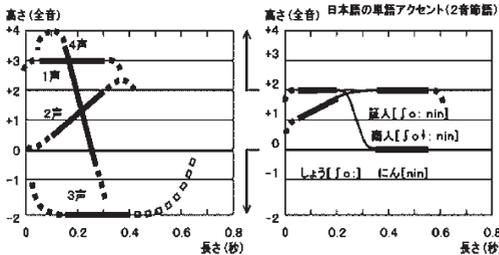
I 中国語声調の教育法と先行研究

声調の習得は、外国人が中国語を学習するさいの最初の関門である。個々の音節について音の高さが定まっている声調言語 (tone language) は世界に多数存在するが、中国語は一音節内の音の高さの変化が意味弁別機能を担い、かつ形態変化を伴わない単音節声調言語の代表格といえる。現代中国語の標準語である“普通話Putonghua”は、広東語や上海語など他の方言に比べ声調の種類が少なく、一声、二声、三声、四声の4パターンだけであるが¹、基本的にすべての音節の構成要素であり、かつ声調の違いが意味の弁別機能を担っている。子音21種類、母音35種類に比べ、4種の声調の聞き間違いや発音の誤りが情報伝達に及ぼす影響は大きい [孫徳金2006年 pp. 391]。

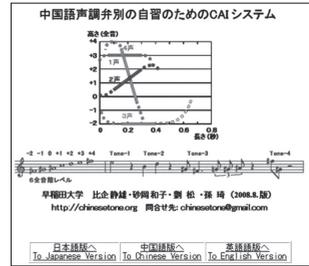
中国人の先天性聴覚障害児への声調弁別実験では、訓練開始年齢が早いほど、訓練時間が長いほど、声調弁別の効果が高いという報告がある [王志愷他2008年]。成人の第二語学習得は、第一言語の習得過程で言語認識機能を形成済みの点で条件が異なるが、繰り返し音声情報をインプットすることがアウトプットを促すことは共通する。

¹ 第2音節以降に現れる軽声と呼ばれる現象は、1声から4声が前音節の影響を受けて臨時に弱化したもので、声調に含めない。

中国語の入門段階で躓く外国人学習者は、日本語を含め母語に声調がない言語背景を持つケースが多い。主な学習障害は四種の声調の聴取弁別と発音である。日本語にも単語アクセントがあるが、前の音節から後の音節へかけて下がる変化であるのに対し、中国語の四声は単音節の高低の変化範囲が2倍も広く、1オクターブにも及ぶ [図1左]。日本人学習者が、1音節内を分断しないよう、声帯の緊張と弛緩を繰り返し、滑らかに一声から四声の高低変化を実現するのは、それほど容易くない。母語である日本語の単語アクセントと中国語の声調の違いについて、明瞭な説明が必要である [図1右]。



【図1】中国語の四声と日本語アクセント



【図2】「中国語四声弁別CAI自習システム」表紙

実線は基本的な部分、点線は付随する変化部分 [砂岡和子・孫琦2008年『互動式漢語口語(入門編)』比企提供図版]

I-1 声調はどう教えられているか

言語の音響的性質によって伝わる特徴は、母語話者が最も敏感に差異を感知する要素のひとつである。人間の音声言語の発達は文字認識より早く、両者は脳の異なる部位と神経回路を通り認知される。語彙や文法の情報が文字言語で説明可能なのに比べ、音声情報は物理的素性からなり、その形態を数値や言葉で説明するには限界がある。このため現在でも、外国語の発音習得は基本的に模倣にならざるを得ず、身体能力の優劣がものを言う。以下は、現在も広く行われている中国語声調の習得説明の一例である。

(第2声の発音) [声調の高低を日本語アクセントと対比して示す図形付き]

イメージは「中→高」。出始めを「中」以下に低くしない。終わりには必ず

「高」まで上げる、の3点が次の第3声と区別するポイント。

(第3声の発音) [同上]

イメージは「低→低→中」。単独の場合や末尾にくるときはこのパターンになります。「低」の音程はほぼ発話者の限界付近まで下がり、終わりの上昇は「中」以上まで上げないのがコツ。低い声を持続するにはそれなりに努力がいるため、時間的には第3声は「四声」の中で一番長いです(原文ママ) [『中国語ジャーナル』2005年4月号所載、朱春躍「中国語発音12のツボ」]。

この解説のように、多くのテキストは文章による発音の「コツ」の説明に加え、声の高さの変化の図表や模範音声を付録するが、「低、中、高」などで示される高さは学習者ひとりひとりの音域で相対的にイメージするほかない [興水優2005年pp.57-60]。音域は老若男女それぞれに異なり、区別は学習者ひとりひとりのカンに委ねられている。

外国語の発音は必ずしも母語話者のように完璧である必要はないが、聴取能力はコミュニケーションの基礎である。中でも声調弁別能力は中国語学習初期段階で身につけるべき必須事項である。成員の平等な学習機会を前提とする学校教育で、個人差が大きい聴取・発音の習得を全員に保障するには膨大な時間を要する。「習うより慣れる」式の自己努力を強いるのは科学的とは言えない。学習者が求めているのは、「耳」が悪かったり、真似るのが下手なものを置き去りにしない教師や教材のはずだ。

I-2 先行CAI教材の紹介

ICT (Information and Communication Technology) が活用できる現在、教材編集には、学習者の誤り傾向を踏まえ、個人の学力に応じて最短時間で合理的な練習メニューを与えるCAIの手法や、単語難度や語法知識の提示順を管理するコーパス利用が欠かせない。コンピュータが使えない学習環境でも、外国語の習得に関する科学研究に基づいた教授方法と、最適なテキストが不可欠である [砂岡和子2009年]。

コンピュータ利用による言語教育は、日本でも英語教育を主として急速に普及しているが、音声指導のプログラムはテキストに比べ数量も少なく、完成度も低い。分析機器と研究手法の向上により、音声の基本周波数（高さに対応する物理量）の抽出など、実音声のデータ取得と解析は容易になったが、文系の研究者にとり、音声や映像データの分析や加工はハードルが高い。外国語教学へのICTやCAIの導入方法に通じる情報系の人材も不足する。中国語の分野でも、音声指導プログラムの研究は端緒についたばかりである。

以下、中国語声調の習得に関する先行研究と開発について、われわれの指導プログラムとの違いを比較しつつ紹介する。

史涓が中心になって開発する「普通話聲調網上教程」は、香港の小中学生が標準中国語を習得するための低学年向けのマルチメディア教材で、中でも中国安徽中科大訊飛信息科技股分有限公司の開発する中国語音声合成と認識技術を導入し [<http://www.iflytek.com/Html/cpfw/newyuyin/>]、学習者の発音の自動判定と矯正機能に定評がある。すでに香港政庁の基金を得て製品化され、インタネットを通じて香港の小中学校の教室で使用可能となっている [<http://pvjct.emb.hkedcity.net/>]。そのうち声調練習部門では、一字、二字、三字語、古典詩、早口言葉などの語句を標準音とともに提示して学習者に復唱させてその発音を録音し、CAIプログラムが自動的に模範発音と比較対照して成績評価を行う。個人の学習記録はすべて保存され、読み誤った音節数とその例字、誤読の類型、ならびに回答所要時間、誤答分布と成績の推移などをグラフやポートフォリオにより自動表示する [史涓2008年]。

従来、国内外に多く見られる「判別システム」や「声調習得教材」は、音声波形を示して教師の模範音と比較するものが多い。音声波形は実音声の表層をそのまま提示するだけで、声調の評価はできない。「普通話聲調網上教程」はCAIの利点と音声合成・音声認識技術を生かし、お手本の声調曲線と学習者の声の高さの変化を重ね合わせ、その差から正誤判断を行う。声調の誤答の類型情報もコーパス化し、随時提示できる優れたプログラムといえる。しかし課題

も多い。第一に、史涓の論文を見る限り、声調曲線の提示や照合は音声合成と認識技術の生成と処理結果を機械的に提示するだけで、個別の練習語彙が声調弁別に与える聴覚反応や音響的な特性について説明しない。練習語彙の難度や親密度の統制にも言及がなく、このような設定による自動判定には、信憑性に問題が残る。第二に、システム設計に学習者誤答データを使用せず、CAIプログラムを使いながら学習効率化を發揮していない。第三に広東語を母語とする学習者が対照のため、非声調言語圏の学習者と誤りの質が異なり使いづらい。

劉愛菊他の「漢語声調自習室」も同様に、外国人初級学習者向けの声調聴取と発音の練習および成否判定機能を持つCAIシステムである。練習問題の難度を中国語検定試験であるHSK基準で揃え、かつ語彙を2192の単漢字に分割し、その1音節の基本周波数の変化を特徴曲線として抽出・提示する。従って声調練習も単音節に限定される。本人の発音をお手本の声調曲線と比較して成否判定の根拠とする〔劉愛菊、許洁萍、梁埭2008年〕。第三声の声調模範曲線に難が残るものの、全体に学習者の認知過程に配慮した設計となっている。

単音節声調の判定は比較的簡単であるが、後述のように外国人学習者の声調習得障害は大半が2音節以上の単語で発生する。そもそも漢字と声調の習得難度は一致しない。また史涓のシステム同様、単漢字音の子音や母音が声調弁別に与える影響も無視されている。

曾金金他が台湾国立師範大学で開発する「漢語聲調自動辨識及聲調教學設計」は、初級外国人学習者向けのModuleによる声調学習プラットフォームである〔曾金金他2004年〕。声調の発音自動弁別機能に加え、子音・母音の発音を含め、母語別にストックした学習者誤りコーパスから、適切なアドバイス文を検索・参照できる設計で、上掲2種のCAIプログラムにない学習者の母語背景別の指導方法を目指す。非声調言語圏の学習者も対照に含むため、2声と3声の声調の組み合わせに関してアドバイスが多いが、管見する限りでは、学習者の誤りデータを反映してシステムを運用する段階には至っておらず、ま

た声調・子音・母音・個人の誤りコーパスを縦断して検索する機能に関しても言及がない。学習者コーパスとCAI機能の連携を十分にデザインしているとはいえない。

以上、先行システム3件に見てきたように、声調の自動判別プログラムの設計には、あらかじめ使用対象となる学習者の誤答傾向や、設問に使う語彙の親密度、ならびに語彙の子音や母音が声調弁別に与える音響的・聴覚心理的影響を設計に組み込んでおくべきである。より厳密には、声調識別の記憶と記述媒体（音声か文字か〔声調記号・数字など〕）が判定に及ぼす要因にも考慮が必要である。CAIの特性発揮にもっとも肝要なのは、学習者の誤り傾向を特定する解析作業と、それをプログラムに反映する設計と言えよう。

II 中国語四声弁別CAI自習システムの概要

中国語四声弁別CAI自習システムは、日本人初級中国語学習者の声調弁別を支援する自習用コンピュータシステムで、声調の音響分析的・聴覚心理的な性質と、初級者の声調弁別の誤答の特徴の基礎的データに基づいて設計されている。研究は声調の聴取と発声の効率のよい指導プログラムの開発を目標に、2005年に始まった。先行研究と日本人学習者に対する予備実験の分析から、標準中国語の四声のうち、とくに外国人初級学習者にとって弁別が困難な第2声と第3声の弁別に的を絞る方針を定めた。2声と3声の識別に誤答が集中することは〔马燕华2000年 pp.110-116〕をはじめ先行研究に指摘が多い。われわれは、数回にわたるCAIを使った実験で、多人数の学習履歴の詳細な解析に基づき、従来の声調誤答出現傾向を定量的に検証しただけではなく、音節位置と誤答率の関係、簡体字・ピンイン習得と声調の学習との相互関係についても新しい解析結果を出した（第IV章）。

単音節ではなく、連続声調の弁別に重点を置いたのは、現代中国語の単語の7割以上が2音節であることによる。4音節の語彙の多くは2音節の連結、3音節語は外来語に由来し、中間の音節が軽く発音されて2音節に近いリズムに

なる。多音節連続でも、基本的に1音節語での各声調の特徴が保たれたまま前後につながる特性を持つ [王洪君1999年、pp.239-241]。

2007年から、この指導システムをインターネットによる自習プログラムへ試験的に移行し、広く学習者と教授者の要望を収集し、プログラム改良に反映した。並行して2008年に向けCAI自習システムを使った学習プロセスと成績向上効果について、多人数被験者による詳細な実験を行い、学習記録を解析して指導効果の検証を行った。音韻構成と声調の組合せによる単語ごとの声調弁別の困難度の予測、簡体字やピンインの学習と声調の学習との相互関係など、CAIのアルゴリズムを利用することで、指導ステップごとの学習記録が保存でき、学習者コーパスに一次データの蓄積が可能となる。CAIシステムの録音再生効果が教員の発声と差異のないことも確認した [孫琦他2008年]。

これらの結果をシステム改良に反映させ、2008年5月から練習サイトの開発を始め、現在日本語版以外に中国語版と英語版も作成し、インターネットで公開している。2009年2月現在、発声指導システムは作成段階のため、本文では取り上げない。

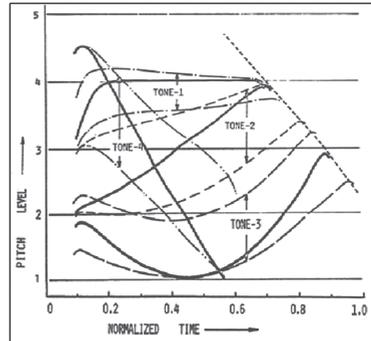
CAIシステムでは用途を「予習」「練習」「復習」から選択する ([図3] は「練習」サイト)。提示する音声の単語表は、第1音節と第2音節の4種類の声調 (軽声や方言の声調を含まない) のすべての組合せの2音節語15問が1表になっている。予備的な声調の聴取実験での結果を参考にし、比較的易しい単語が多い4表 (A系列) と比較的難しい単語が多い4表 (B系列) を編集し、それぞれ女声と男声の発声で録音した [図10左]。

用途の「予習」では、自分が不得意な声調の組合せをすぐ知ることができる。単語表から単語を選択しボタンを押すと、音声は1回だけ流れる。画面の四声の選択肢から、それぞれ第1音節と第2音節の正しいと思う声調をクリックして回答する。1表が終わるごとに、漢字、ピンイン、数字表示による声調、回答の正誤などの成績が画面に提示される [図3]。

用途の「練習」では、1単語を回答するごとに成績が通知される。誤答であ



【図3】 CAI 練習画面



【図4】 各声調の許容範囲

単音節の発声の場合、実線が典型的な変化、点線が範囲の上限と下限

れば、声の高さの変化の図形を参照しながら、納得ゆくまで音声を聴きなおすことができる。

用途の「復習」では、単語のボタンを押すと、上掲の該当単語の声調関連言語情報を音声とともに聴取できる。

学生自身が進度に合わせて、予習・練習・復習の用途や女声・男声の難易度の異なる単語表を選択できる「標準課程」(<http://chinesetone.org/std>)と、誤答した問題だけを練習したり、成績に応じCAI教師が最適な単語表を自動的に提示する「集中課程」(<http://chinesetone.org/int>)とがある。また、練習成績をクラス単位で比較するため、正答数だけを提示する「試験用サイト」(<http://chinesetone.org/exam>、見本)も用意し、試験用に使用を希望する教学関係者に対応している。

本システムの特徴をまとめると以下のようなになる。

- 1) 声調の聴取機能と発声の制御など、音響学的なデータを踏まえている。
- 2) 初級者の声調弁別の誤答の特徴の基礎的データに基づいて設計されている。
- 3) 聴取の指導には、実音声の分析に基づいた声の高さの変化の図形の視覚表示を有効に活用している。

4) CAIのアルゴリズムを導入し、目標に達するまでのステップを最小限に短縮する設計がなされている。

このうち1) 2) は、前掲の先行CAIプログラムが未踏の声調に関する基本データを組み込み、3) 4) は、従来の中国語声調の指導法を補強するICTの学習機能である。以下、四声弁別CAI自習システム作成にあたり、各種データの準備状況と、CAIシステムへの応用方法について述べてゆく。

Ⅲ 基礎言語データの準備とCAIへの応用

本研究の発端は、工学、医学、教育学などの分野から手がけてきた国内の聴覚障害児の音声指導の研究を、「人工聴覚による声の高さの弁別能力の検査・訓練のためのCAIシステム」でその有効性を確かめ（平成13～14年度早稲田大学特定課題研究助成費（国際共同研究：研究代表比企静雄）、声調の聴取の検査・訓練方法が、中国語圏の聴覚障害児だけではなく、中国語の音声の聴取や発声を学習する日本人学生の指導にも拡張できることに注目したことによる。人工聴覚の研究は従来、欧米圏中心であった結果、その聴覚訓練用言語も英語の特徴に基づいて開発され、中国語を母語として獲得したい先天性聴覚障害児の声調識別には適さなかった〔曹克利他2000年〕。医療福祉技術開発のため、比企らが長年にわたって積み重ねてきた中国語声調の調音音声学的、聴覚音響学的特性についての基礎データの準備があり、これらを中国語教育用のCAI設計に活かすことができた。以下、具体的なデータと、その利用方法について述べる。

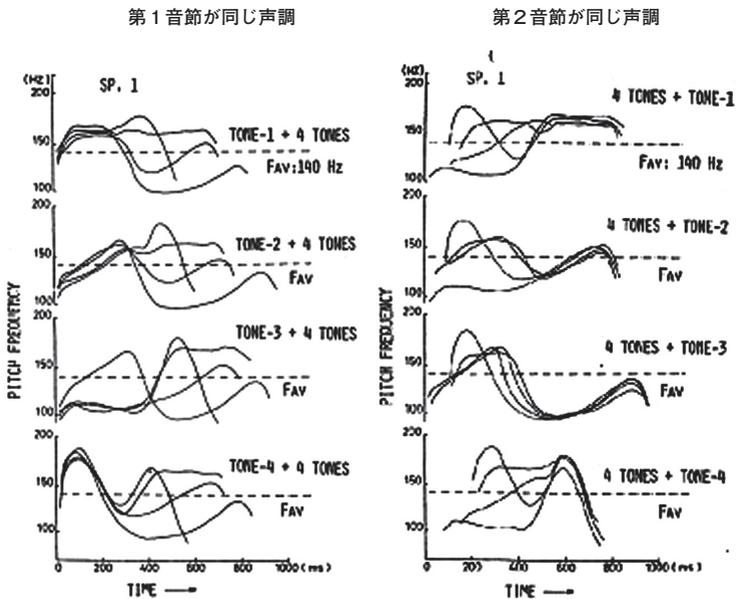
Ⅲ-1 声調の音響学的なデータ

まず、システムの設計に重要な役割をもつ、中国語の共通語の音響的な性質について、四声の発声と聴取の両面から、従来から収集した資料を整理した〔比企静雄他2005年〕。音声波の基本周波数（声の高さに対応）の変化と、筋電図の測定から、各声調の聴覚と発声の制御の特徴を分析し、四声弁別のための

パラメータ作成の手掛かりを求めた。

四声のそれぞれについて、声の高さの変化パターンが聴覚的に許容される範囲の相互の関係についても、合成音声による中間的な声調の刺激を利用した弁別の実験結果からまとめた [図4]。2声と3声の中間的な声の高さの変化パタンの斜線の範囲では、4人の聴取者の平均で各声調が50%以上許容される。外国人学習者にとって、第2声と第3声の弁別が困難であることを、この実験から再度確認した。

単独音節の声調の本質的な特徴が、2音節語でもそのまま保たれ、かつ聴取の過程では、それぞれの基本的な変化パタンの記憶と照合して、並行して認識されることを立証したのも、本システムが連続音節の声調弁別を課す理論的根拠になっている。中国語の2音節声調の連続発声は、表面上は複雑な変化をする。しかし2音節語の四声の組合せを、それぞれ第1音節と第2音節が同じ声



[図5] 2音節語での四声のすべての組合せ (男性話者)

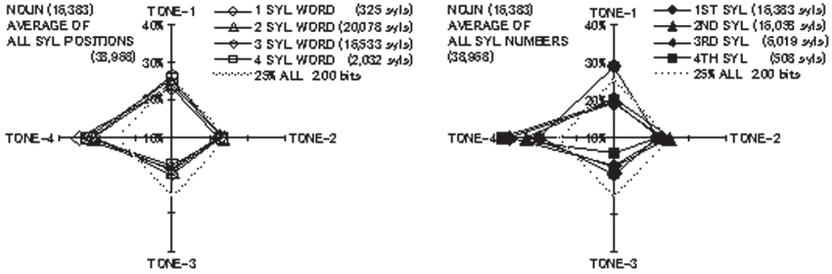
調で重ねてみると、中国語の声調の頑強性が一目瞭然である〔莊秋広他1975年〕〔図5〕。

実際の2音節語連続では、1声+1声、2声+2声、4声+4声など同じ声調が続く場合、2音節目に弱化傾向が見える。一般に第2音節は第1音節より高さが低めになり、例えば第2音節4声は降り傾斜が急に、域帯が広がる。2声は逆に昇り傾斜がゆるやかに狭くなる〔図3〕。3声+3声は2声+3声に変調する。1音節語の基本的声調の特徴が、節や文にまたがる構文的な情報を伝えるため、ゆるやかな昇り降りに重畳して、各音節の声調の声の高さの変化パターンが連結するためである〔比企他2004年〕。ただしこれら変調の音響的变化は、3声+3声を除き、聴取に与える影響は大きくない〔吳宗済他1989年、林焘他2001年〕。本CAI学習者マニュアルでは、1音節語での声調の特徴の聴取と発音を確実に把握しておくことが大事であると指摘し、予備知識として変則についても解説を加えてある。

III-2 声調の出現頻度と遷移確率

本システムの練習問題に用いる語彙の声調の選定に当たり、中国の北京大学の計算機言語研究所の俞士文他編集の大規模電子辞書コーパス『現代漢語信息詞典』(清華大学出版、1998)を使い〔砂岡和子他2004年〕、中国語語彙に現れる中国語声調の出現頻度と遷移確率についての統計的性質を調べた。

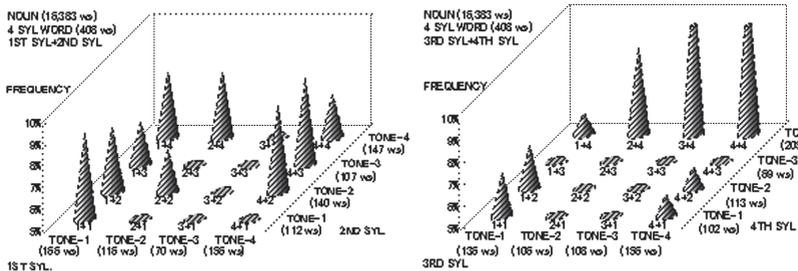
『現代漢語信息詞典』に収録されていた、1、2、3、4音節語の合計約55,000単語に含まれる、第1、2、3、4音節の合計124,000音節について、軽声も含めた声調記号の出現頻度や遷移確率などの統計的な性質を調べた〔比企静雄他2003年〕。その結果、名詞の単語の各声調の出現頻度には、単語の音節数や音節の位置により、出現に多少の過多はあるものの、全体として4種の声調がかなり均等に使われていることが判明した〔図6〕。これに対し、先行する音節から後続する音節への声調の遷移確率には、偏りが大きかった〔図7〕。これらの分析結果を、出題に採用する中国語語彙の声調選択の基準とすること



【図6】四声の出現頻度の例。

名詞の1、2、3、4音節語の音節数別（左）と音節位置別（右）。

各声調の出現頻度の比率を、各軸に原点を10%として40%まで記入してある。



【図7】四声の遷移確率の例。名詞の4音節語の第1音節から第2音節へ（左）と、第3音節から第4音節へ（右）。列が先行する音節、行が後続する音節、円錐の高さが遷移確率の大きさ。

ができる。中国語声調のこのような統計的な解析は、中国や欧米諸国の言語学の分野でもまだ進んでおらず、この予備的なデータの解明が、本システムの設計思想を支える基礎資料として役立っている [比企静雄他2004年]。また、収録されている全単語を、品詞別、音節数別、音節位置別、声調組合せ別、ピンイン順の音韻構成について、どの角度からでも検索できるように編集し直したデータベースを作成してある。これは、単語表に必要とする声調の組合せの単語をすべて表示した中から、最適な単語を選択するように活用できる。

Ⅲ－3 聴取誤答声調の傾向

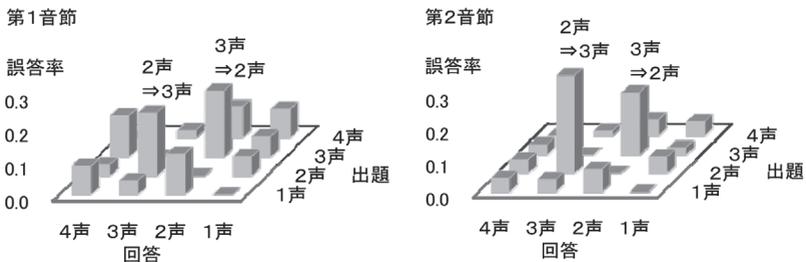
CAIシステム設計に当たり、最初に声調弁別の誤り傾向を調査した。早稲田大学1年次生を対象に、2007年12月に計2回の実験を行い、出題の各声調に対する誤答率とその傾向を把握した。以下、声調聴取の誤答傾向に解説を付して述べてゆく。

a. 声調弁別の誤り傾向

〔図8〕は出題の各声調に対する誤答率である。被験者数は104人、2音節語15問の4表に含まれる各声調の出題数は、合計で1,664音節（3声だけは1,248音節）になる。

第1音節（左）では、出題が2声を3声と回答したのと、出題が3声を2声と回答した被験者の誤答率が最大約20%であった。対して、出題が1声と4声の誤答率は、大半がこの半分以下であった。第2音節（右）では、出題が3声を2声に誤答した割合は、第1音節と同じ約20%で変わらないが、2声を3声に誤答した回答者は1.5倍の30%に増えている。

2声と3声は、第2音節では上昇する声調の特徴が似ている。その上、第2音節の2声は第1音節の場合より低く、上昇が少なくなるが多いため、上記のように、出題が2声を3声に誤答する割合が非常に増えると考えられる。CAIシステムで、2声と3声の弁別に特に重点をおくのは、この結果を踏まえている。2声と3声の弁別問題は、いずれも難しい表に入っている。



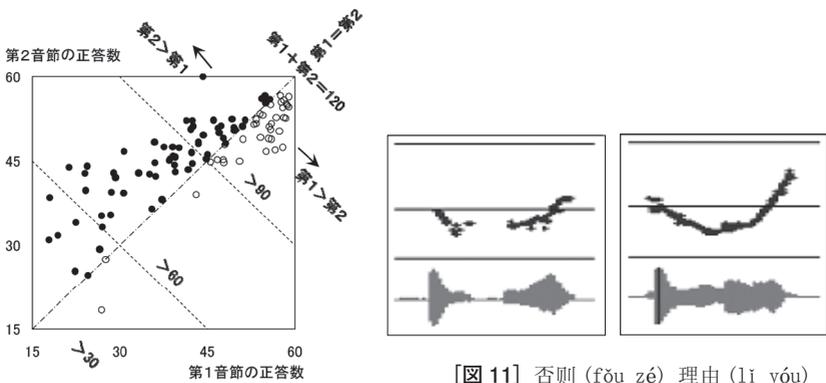
〔図8〕 出題と誤答の相互の声調の種類

出題が1声と4声の誤答は少ない。1声の平坦や4声の下降の声調の特徴は、第1音節では後続第2音節への移行につられて乱されやすい。しかし、第2音節の終わりでは対照的に現れるので、弁別しやすくなる。CAIプログラムでは、1声と4声の弁別問題は易しい表に組み込んだ。このように、学習者の誤りデータに基づけば、中級者以上は1声と4声の弁別を飛ばして、2声と3声の問題が入っている難しい表に直接挑戦するコースを作成することができる。

b. 2音節語の音節位置による正答数の差

各学生の2音節語の第1音節と第2音節の正答数の関係は、[図9]のようになった。

正答数が90（正答率2/3）以下の学生ではほとんど全員が、第2音節の方が正答数が多い顕著な傾向がある（図中の黒丸）。学習が初期の段階では、声調の判定に時間がかかるので、一時記憶がより鮮明な後の第2音節の方が、声調の判定がしやすいと解釈できる。一方、正答数が90位以上に学習が進むと、素早く判定できる識別能力を備えるようになり、逆に、先の第1音節の方が判定しやすくなる（図中の白丸）。この結果から、声調の学習途中の学生に対し



[図11] 否則 (fǒu zé) 理由 (lǐ yóu)

[図9] 2音節語の音節位置による正答数の差

では、第1音節の正答数の向上を促すことが有効と分かる。教場での授業に広用してもよいし、CAIプログラムの設定に反映することも可能である。

Ⅲ-4 単語の音韻構成

CAIシステムに用いる単語の選定には、子音や母音の音韻構成が、その声調弁別に与える影響を十分に考慮しなくてはならない。また単語の意味的な親密度も、学習者の成績を左右する要因である。前者については、中国語口語テキストから常用詞彙を選出後、声調と子音や母音の音韻構成を考慮し、2音節語の四声のすべての組合せの15単語を4表、作成した（各音節計60問）[砂岡和子他2005年]。その後、予備的な声調の聴取実験での結果を参考にして、比較的易しい単語が多い4表（A系列）と比較的難しい単語が多い4表（B系列）を編集し、それぞれ女声と男声の発声で録音した [図10左]。練習用サイトでは、学生自身が進度に合わせて、予習・練習・復習の用途や女声・男声の難易度の違う単語表を選択できる [図10右]。

子音や母音の音韻構成が、その声調弁別に与える影響には主に以下の要素がある。

a. 無声子音による声の途切れ

“否则 (fǒu zé)” のように無声子音が先行すると、後続母音区間が短くなり、声の高さの変化も短くなって、しかも音節の間に声の途切れが出来るため、聴取困難が生ずる場合がある [図11左]。対して同じ声調の組合せでも“理由 (lǐ yóu)” は典型的な3声+2声の曲線を示し、聴取障害が起りにくい [図11右]。

2008年本システムを使用した声調聴取試験の成績から、同じ声調の組合せの単語の相互の測定データの差を観察した結果、一般に無声子音は有声子音 (m, n, l, r) より声の高さを霍乱する要因となり、無声子音の中でも破擦音 (z, c, zh, ch, j, q) は同じ破裂音 (b, p, d, t, g, k) より困難度が大きく、対して摩擦音 (s, sh, x, f, h) は比較的聴取に悪影響を与えないことを確認した。

b. 音量の小さい母音

中国語の声調の特色は母音によって担われる。しかし音量が平均的に小さい母音が使われると、声の高さの変化が聞き取りにくくなる。介音 (i, u, ü) が入る語彙、もしくは介音がなく主母音の始めの母音が (i) である場合がこれである：例 “楞慳(miàn qián)”。対して介音なしa、介音なしo、介音なしeの音量の大きい母音は典型的な声調曲線を描き、聴取が易しい。例：“自由(zì yóu)”。

c. 単語親密度

単語の意味的な親密度は声調弁別に影響を与える。われわれはすでに、単語の意味的な親密度の測定と解析から、既習語彙の中でも声調をよく覚えている単語は親密な単語に多く、学習者によって声調記憶への注意力（既習単語でも声調はうろ覚え）や方法が異なる（音感でなく数字で暗記）などの分析結果を得ている [孫琦他2008年]。

音感を育てようとする本システムの効率の向上のためには、これら声調を暗記した既習単語はシステムから削除するほうがよい。その上で設問の難度推定をパラメータ化し、より一層のシステムの精度向上を図る。現在はデータの収集と解析を進めているが、今後データをコーパスすれば、プログラムの自動更新が可能となるであろう。

次に、2音節語の単語の表の一覧から、始めに使う表を選択します。

2音節語の単語	女声	男声	(初めは女声の方が声調の判定がしやすい)			
声調の判定がやさしい単語(1表15問)	表A1	表A2	表A3	表A4		
声調が判定がむずかしい単語(1表15問)	表B1	表B2	表B3	表B4		
2声3声を含む単語だけ(1表11問) 表Aから	表C1	表C2	表C3	表C4		
2声3声を含む単語だけ(1表11問) 表Bから	表D1	表D2	表D3	表D4		

表Aは、子音による声の途切れが少ない単語が多いので、声調の判定がやさしい。
 表Bは、子音による声の途切れが多い単語が多いので、声調が判定がむずかしい。
 表Cと表Dは、表Aと表Bから、2声と3声を含む単語だけを抜き出している。
 (判定がやさしい1声+1声、4声+4声、1声+4声、4声+1声を省いている。)

「次の表へ進むと、この一覧の順序で自動的に提示されますが、自分で「表の選択」を行うこともできます。
 「予習」のあとで、「誤答した単語だけの表」を選んで、「練習」をすることもできます。

左

女声 表A1				男声 表A1			
問題	単語	拼音	声調	問題	単語	拼音	声調
1	大学	da4 xue2	42	1	熊猫	xiong2 mao1	21
2	结束	jie2 guo3	23	2	汽车	qi4 che1	41
3	满足	man2 zu2	32	3	操场	cao1 chang3	13
4	家庭	jia1 ting2	12	4	请假	qing3 jia4	34
5	记者	ji4 zhe3	43	5	北京	bei3 jing1	31
6	交通	jiao1 tong1	11	6	刮风	gua1 feng1	11
7	教室	jiao4 shi4	44	7	学习	xue2 xi2	22
8	旅行	liu2 xing2	22	8	电脑	dian4 nao3	43
9	合作	he2 zuo4	24	9	牛肉	niu2 rou4	24
10	健康	jian4 kang1	41	10	啤酒	pi2 jiu3	23
11	打算	da3 suan4	34	11	美元	mei3 yuan2	32
12	时间	shi2 jian1	21	12	介绍	jie4 shao4	44
13	收费	shou1 fei4	14	13	拼音	pin1 ming4	14
14	体操	ti3 cao1	31	14	西服	xi1 fu2	12
15	积累	ji1 lei3	13	15	去年	qu4 nian2	42

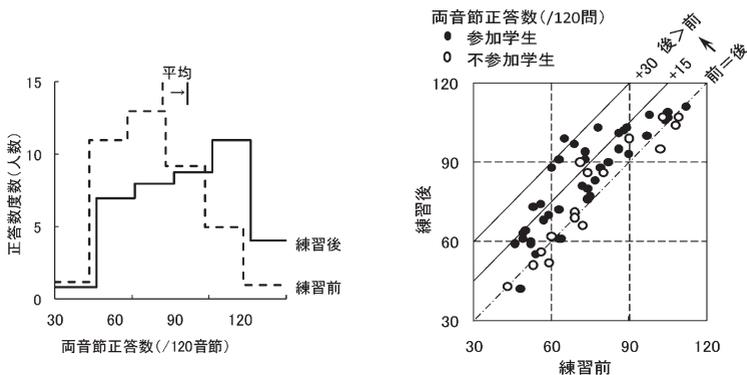
右

[図 10]

IV 学習効果の検証

CAIシステムを利用した自立型学習の効果を検証するために、2008年6月に計2回の実験を行った。2回とも被験者数は40人である。実験に使用した問題は、2音節語の四声の組合せ15問の単語表4表で、60問で計120音節になる。

CAIシステムによる声調の弁別の練習の前と後での正答数の度数分布の変化を、[図12左]に示す(孫琦ほか、2008)。計120音節に対する得点の増加は、被験者数40人の平均で10点前後である。正答数の度数分布に明らかなように、練習前は得点の低い学生が多かったが(点線)、練習後は得点の高い学生が多くなっている(実線)。



[図12]

左：練習前後での正答数の度数分布の変化 右：各学生の練習前後の正答数の増加

被験者数の正答数の増加を、[図12右]に示す。練習前の得点が入点範囲のうちで上1/3の被験者数では、向上する余地が少ない。これに対して、下1/3の被験者数や中1/3の被験者数では、平均で12点も増加しており、20点以上も数人いる。度数分布の変化から、成績向上に寄与したのが特定のグループではなく、多数の被験者数によるものとわかり、システムの利用の有効なことを確認した。

練習不参加の被験者数16人(白丸)は、同じ出題の2回の試験の正答数には

ほとんど変化がない。練習に参加した被験者数は、1人平均ログイン3.5回、17単語表、延べ時間73分であった。教室外の自習で、学習の遅れた被験者数の多くが、このような向上傾向を見せたことから、教科の適切な段階で学習者に参加を指示すれば、有効な活用が期待される。

V まとめと今後の課題

CAIシステムに記録された試験用サイトの成績と練習用サイトの経過から、声調聴取の誤答傾向の変化と練習前後の成績の向上について分析し、システムの利用の有効なことを確認した。これらの分析から、今後は、単語による声調弁別の困難度を、音韻構成と声調の系列や意味的な親密度などから一層詳細に予測することを試みたい。また、CAIシステムによる声調の聴覚的・視覚的な習得の経過が、簡体字やピンインの習得とどのように関連しているか、総合学習との比較を通して考察してゆく。

発声制御についても、すでに喉頭の上昇下降や、喉頭筋の筋電図の観測データを得ている [楊立明他2003年]。学習者の声調発声に関する評価実験も実施し、その誤答傾向の分析もおこなった。発音の誤りの音節の位置が第2音節の方が多く、2声と3声に誤答が多いことなど、聴取時の誤りと一部似た傾向が観察される一方、聴取誤りと発音の誤りに顕著な対応関係はないことが解析結果から判明している [比企静雄他2005年]。このような声調における学習者の発音と聞き取りの相互作用のメカニズムを解明することが発音教育の重要な課題である。今後これらの解析結果を総合し、発声システム開発に生かすと同時に、語学教育と研究に向け、新たな問題発見と提言ができることを期待したい。

参考文献

〔日本語〕

- 今泉一哉, 比企静雄, 楊立明, 城間将江, 福田友美子2004年「分析合成音声サンプルを利用した声の高さの変化の弁別能力の検査と訓練のためのCAIシステム」第18回音響学国際会議論文集, IV-3317-3320
- 小池生夫他編集2004年『第二言語習得研究の現在—これからの外国語教育への視点』大修館書店
- 興水優2005年『中国語の教え方・学び方—中国語科教育法概説』日本大学文理学部叢書
- 齊藤俊雄, 中村純作2005年『英語コーパス言語学改訂新版基礎と実践』研究社
- 砂岡和子, 伊明, 劉松2004年「コーパスを用いた中国語口語テキストの詞彙提示」早稲田大学遠隔教育中国語部会 漢語コーパス研究会第4回報告会
- 砂岡和子, 比企静雄2005年「中国語声調の音響的特性に基づいた四声弁別CAI自習システム」日本中国語学会第55回全国大会予稿集 pp.276-280
- 砂岡和子, 孫琦2008年『互動式漢語口語(入門編)』外研社
- 砂岡和子2009年「指導法の科学性を求められる中国語語学教材と電子出版」月刊『東方』335号 pp.14-18
- 莊秋広, 比企静雄, 曾根敏夫, 二村忠元1975年「標準中国語の単音節語の四声の音響的特徴」日本音響学会誌, 31. 6, pp.369-380
- 徳弘康代, 比企静雄2004年「日本語の単語のアクセントと音節構造の關係の統計的分析」第18回音響学国際会議論文集, IV-3317 - 3320
- 比企静雄, 今泉一哉, 路玲2003年「声の高さの弁別能力の検査・訓練のための分析—合成音声を利用したCAシステム」日本音響学会聴覚研究会資料, vol. 33, no. 9, H-2003-102, pp.597-602
- 比企静雄, 砂岡和子, 楊立明2004年「現代漢語語法情報詞典から算出した中国語声調の統計的な性質」北京大学計算機言語研究所講演会
- 比企静雄, 砂岡和子, 楊立明, 徳弘康代2004年「中国語声調の出現頻度と遷移確率」言語の声調の問題国際研究討論会論文集, pp.73-76
- 比企静雄, 砂岡和子, 楊立明, 今泉一哉2004年「合成音声利用による中国語声調の学習システム」2004 PCCConference 研究大会予稿集, pp.444 -447
- 比企静雄, 楊立明, 砂岡和子, 徳弘康代2004年「中国語の四声の統計的性質: 出現頻度と遷移確率」第18回音響学国際会議, 4, 4-9, 京都, 論文集, IV-3317 - 3320
- 比企静雄, 砂岡和子, 楊立明2004年「現代漢語語法情報詞典による中国語声調の統計的性質の解析」早稲田大学遠隔教育中国語部会 漢語コーパス研究会第4回報告会
- 比企静雄, 今泉一哉, 砂岡和子2005年「中国語声調の音響的性質にもとづく自習のためのCAIシステム」音声聴覚研究会
- 楊立明, 比企静雄2003年「人工内耳を通じての声の高さの変化の弁別能力の検査と訓練のための日本語の単語アクセントと中国語の声調の単語表の編集」第15回音声科学国際会議, 8, バルセロナ, 論文集, 第2/3巻, 1413-1416

[中国語]

- 曹克利, 魏朝刚, 王直中2000年, 多通道人工耳蜗在语前聋儿童及青少年中的应用。『中华耳鼻喉科杂志』35(1): PP.16-19
- 李晓琪2006年『对外汉语听力教学研究』对外汉语教学专题研究书系, 商务印书馆, 北京
- 林焘, 王理嘉2001年『语音学教程』北京大学出版社
- 刘爱菊, 许洁萍, 梁爽2008年, 汉语声调学习软件《汉语声调自习室》的设计研发, 第六届中文电化教学国际研讨会论文集『数字化汉语教学进展与深化』pp.259-264
- 马燕华2000年, 初级汉语水平留学生的第三声听辨分析《北京师范大学学报》第6期 pp.110-116
- 毛世桢主编2002年『对外汉语教学语音测试研究』中国社科出版社 pp.187-191
- 史澍2008年, 普通话网上听读·视辨, 智能学习平台的设计理念以及运行模式, 『数字化汉语教学进展与深化』第六届中文电化教学国际研讨会论文集 pp.352-355
- 孙德金2006年『对外汉语语音及语音教学研究』对外汉语教学专题研究书系, 商务印书馆
- 孙琦, 比企静雄, 砂岡和子 2008年, 基于<<CAI汉语四声听力自习系统>>进行的声调听力测评『数字化汉语教学-进展与深化-』第六届中文电化教学国际研讨会论文集 pp.474-479
- 王洪君, 1999年, 『汉语非线性音系学』北京: 北京大学出版社
- 王志恺, 华清泉, 曹永茂, 吴展元, 周晓妮, 李骏, 常伟, 黄治物, 朱素琴, 2008年, 先天性聋儿人工耳蜗植入后的汉语普通话声调辨别, 『中华耳科学杂志』6卷1期
- 吴宗济, 林茂灿主编1989年『实验语音学概要』北京: 高等教育出版社
- 俞士汶他1998年『現代漢語信息詞典』清華大學出版社
- 曾金金, 周福強 2004年, 華語語音數位學習及線上檢測研究, 『數字化對外漢語教學理論與方法研究』, pp.529-535, 清華大學出版社, 北京
- 曾金金2007年, 零起點學生的漢語聲調自動辨識及結合語音檢索的聲調教學設計, 華語語音數位學習及線上檢測研究, 台灣師範大學HP
- 张和生2006年『对外汉语课堂教学技巧研究』对外汉语教学专题研究书系, 商务印书馆
- 郑艳群2006年『对外汉语计算机辅助教学的实践研究』同上
- 郑艳群2006年『对外汉语计算机辅助教学的理论研究』同上
- 朱川主编1997年《汉语语音学习对策》语文出版社 pp.193-194