

中国語声調の聴取の自習のための CAI システム

早稲田大学 比企静雄 今泉一哉 砂岡和子

hiki@waseda.jp, imaizumi@ruri.waseda.jp, ksunaoka@waseda.jp

要旨 まず、中国語の四声の聴取の、日本人学生に特有な誤りについて、聴取の試験の結果を詳細に解析して、従来の知見を再確認した。それにもとづいて、2声と3声の弁別を重視して、自習のための CAI システムを設計・試作した。この CAI システムでは、1音節語の4種の声調の単語表と、2音節語の声調の15種の組合せの単語表を、音素構成による声調の聴きやすさの順に配列した。それらの音声サンプルから基本周波数の変化を抽出して、ピッチパタンの図形を作成し、視覚的な表示として併用した。練習モードでは、学生が単語表を選び、問の音声サンプルを繰り返し聴くことができる。声調を回答をすると正答が提示され、聴き誤った場合は、さらに繰り返し聴いたり、ピッチパターンを音声と同時に見たりして、声調の聴こえ方を確かめることができる。この練習モードと、復習モードや試験モードを組合わせて、自習を効率よく進めることができる。このような CAI システムで自習した効果について、聴取の誤りが減ることも確かめた。

1. システムの開発の経過

前回は、合成音声を利用した中国語の声調の学習システムについて報告した [1, 2]。そのシステムでは、音声を分析再合成する手法を使って、弁別するべき元の音声サンプルの対の音響分析的な特徴を段階的に内挿・外挿して、声の高さの変化の対比の程度を任意に調節した音声サンプルの刺激を用意した。そして、CAI によって、応答の履歴に応じて次の最適な刺激を選んで提示して、習得の目標に到達するまでの提示回数が最少になるようにした。音声の分析再合成のプログラムは、河原秀樹氏（和歌山大学工学部）らによって、ATR 人間情報通信研究所で開発された STRAIGHT に、モーフィング手法を組み合わせたものである [3, 4]。

このようなシステムの設計には、中国語の声調について従来から収集してきた次のような基礎資料を、多面的に活用することができる。

- 1) 四声の音声の基本周波数の変化や持続時間構造の、音響分析的な性質の個人性と共通性の抽出 [5]、
- 2) 四声の相互の聴覚心理的な弁別特性と許容範囲の測定と、合成音声による検証 [6]、
- 3) とくに3声の発声の仕組みの、喉頭上下動や喉頭筋の筋電図からの観測 [7, 8]、
- 4) 軽声も含めた声調記号の、現代漢語での出現頻度や遷移確率などの統計的な性質の解析 [9, 10]。

今回は、まず、中国語の四声の聴取の、日本人学生に特有な誤りについて、聴取の試験をして、その結果を詳細に解析し、従来の知見を再確認した。

これとあわせて発声の試験もして、その結果から聴取と発声の特性の対応についても検討した。

そして、2声と3声の相互の弁別をとくに重視して、自習のための CAI システムを設計・試作した。この CAI システムでは、1音節語の4種の声調の単語表と、2音節語の声調の15種の組合せの単語表を、音素構成による声調の聴きやすさの順に配列した。それらの音声サンプルから基本周波数の変化を抽出して、ピッチパタンの図形を作成し、視覚的な表示として併用した。

練習モードでは、学生が単語表を選び、問の音声サンプルを繰り返し聴くことができる。声調を回答をすると正答が提示され、聴き誤った場合は、さらに繰り返し聴いたり、ピッチパターンを音声と同時に見たりして、声調の聴こえ方を確かめることができる。この練習モードと、復習モードや試験モードを組合わせて、自習を効率よく進めることができる。

さらに、このような CAI システムで自習した場合の効果について、聴取の誤りが減ることを確かめた。

2. 日本人学生の誤りの特性

中国語の四声の聴取の、日本人学生に特有な誤りについて、従来の経験的な知見を、実験的に再確認した。

2. 1. 試験の方法

- 1) 被験者：大学生の男女計 12 名（中国語履修開始の 1 年後）
- 2) 単語表：中級の教科書に含まれる 2 音節語（声調の組合せ 15 種類／表を 5 表、計 75 単語、150 音節）を、中国人女性教師が発声。
- 3) 回答方法：

聴取の試験では、マルチメディア教室の各学生用のパソコンで、学生が画面で操作して、次の表の次の間の音声サンプルを呼び出し、声調をマウスで回答した。その記録をあとで集計した。

聴取試験に続いて、同じ単語表 5 表を使って、発声の試験もした。やはり、学生が画面で操作して、次の表の次の間の声調記号付きピンイン表記を呼び出して発声した。その録音をあとで教師が評価した。

2. 2. 解析の結果

2. 2. 1. 聴取の試験の成績

- 1) 総合成績：ほとんどの学生が誤答数が 10%以内であったが、一部に 30~40%もある学生もいた。
- 2) 音節の位置：第 1 音節と第 2 音節で、総合成績では有意な差はなかった。
- 3) 声調の種類：誤答数は 4 声が最も少なく、次いで 1 声が少なかった。2 声と 3 声はずっと多く、もう一方の音節の声調によって差があり、3 声は 1 声と、2 声は 3 声や 2 声と組み合わせると少なくなった。
- 4) 聴き誤り先：聴き誤った声調と元の声調との関係は、2 声を 3 声に誤ったのが最も多く、3 声を 2 声にその半分ぐらいあった。いずれも、第 1 音節の誤りは第 2 音節の 2/3 ぐらいで少なかった。聴き誤り先は、誤答数が少ない学生ではある程度限定されていたが、誤答数が多い学生では多様で、個人差があった。
- 5) 表による差：単語表によって、あるいは表の順番によって、誤答数の有意な差はみられなかった。

2. 2. 2. 発声の試験の成績

発声の成績の評価は、四声の標準的なピッチパターンの上で、各声調の必要な特徴が不適切な程度を、高さ；平坦部の高低の不足、傾き；昇降の傾斜の不足、長さ；過不足の項目を図解して、教師が録音を繰り返し聴いて、各項目について適否を判定した。また、その声調に聴こえない場合は、他のどの声調に聴こえるか、四声のどれにも聴こえないかを判定した。総合成績は、これらの判定結果を荷重して加算した。

- 1) 総合成績：ほとんどの学生が 90%以上であった。（聴取の成績と釣り合うように荷重をしてある。）
- 2) 音節の位置：第 2 音節の方が総合成績が悪い学生が少数いた。
- 3) 声調の種類：聴取と同様に、2 声と 3 声が誤答が多かった。第 2 音節では、多くの学生が、2 声より 3 声が誤答が少し多かった。一部の学生では、どちらの音節位置でも、2 声が非常に誤答が多かった。
- 4) 不適切な項目：1 声や 4 声の高さ、2 声の傾き、3 声の長さの不足という判定が、とくに多かった。
- 5) 聴こえる声調：3 声が 2 声に聴こえるという判定が非常に多く、2 声が 3 声にその 1/2 ぐらいあった。

2. 2. 3. 聴取と発音の成績の対応

これらの解析結果を組み合わせ、聴取と発声の試験の回答がどのように対応しているかを確かめた。

- 1) 総合成績：聴取と発声は、各学生の総合成績では相関があった。
- 2) 声調の種類：半数の学生で、聴取では 3 声より 2 声が、発声では 2 声より 3 声が、誤答が少し多かった。
- 3) 単語：各学生で、聴取と発声で同じ単語を誤答するとは限らなかった。

3. CAI システムの導入

中国語の四声の聴取の日本人学生に特有な誤りの特性の解析結果にもとづいて、とくに2声と3声の相互の弁別を重視して、自習のためのCAIシステムを次のように設計・試作した。

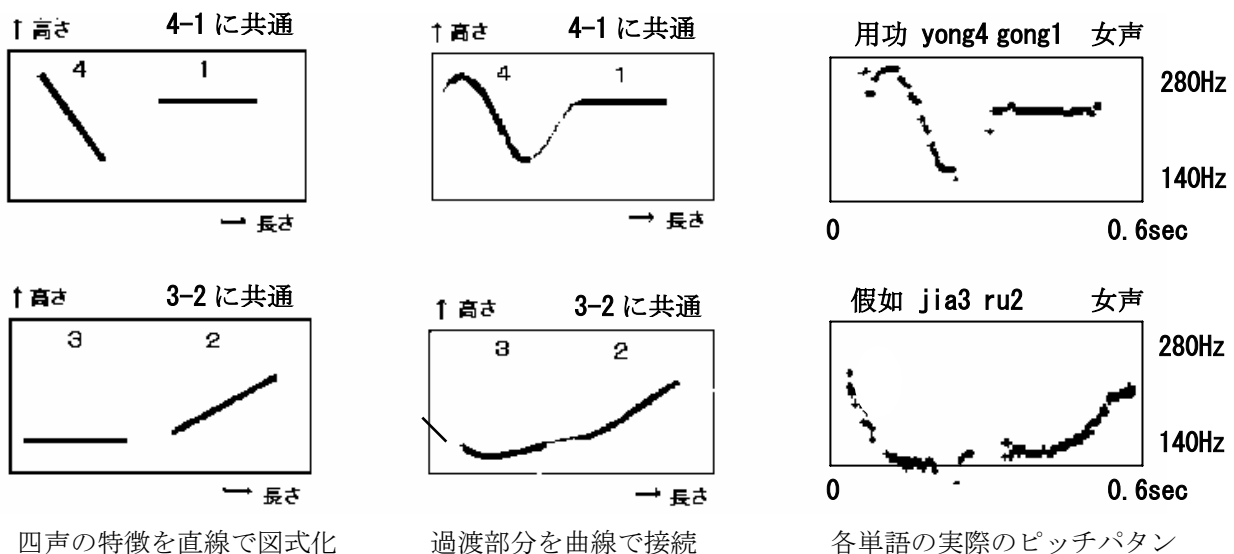
2. 1. ピッチパタンの視覚表示

1音節語の4種の声調の単語表（声調4種類、各5単語、20単語/表、5表）の中国人男性教師による発声と、さきの2音節語の単語表を、音素構成による声調の聴きやすさの順に配列した。それらの音声サンプルから基本周波数の変化を抽出して、ピッチパタンの図形を作成した。実際に抽出されるピッチパターンは、教科書で図解されている標準的なパターンとは非常に異なる場合もあるので、次の3段階の図形を用意した。

- 1) 直線パターン：まず、高低と昇降を直線的に図式化した共通パターンで、四声の特徴の区別を確認する。
- 2) 曲線パターン：次に、音節の前後の過渡部分を曲線で接続して、実際のピッチパターンへの橋渡しをする。
- 3) 点線パターン：最後に、各単語の実際のピッチパターンを点線で表示する。これによって、共通パターンより歪んでいて聞き取りがむずかしくても、その声調の許容範囲内にあることを理解できるようにした。

ピッチパターンは基本周波数の対数尺度で表現し、4声の始まりが1声の高い平坦な部分より1全音以上も高いことや、これと3声の低い部分とが1 octave 近く離れていることにも注意する。

なお、ピッチパタンの抽出には、Key Elemetrics, Corp. の Multi-Speech のプログラム（Real-Time Pitch ではなく）を使い、さらに、声調の特徴が見やすいように図形の上で修正をした。



2. 2. モードの選択

次の3種のモードを用意してあり、目的や段階に応じて使い分ける。

- 1) 練習モード：学生がパソコンの画面を操作して、単語表を選び、問の音声サンプルを繰り返し聴くことができる。声調をマウスで回答をすると正答が表示され、聴き誤った音声サンプルを、さらに繰り返し聴いたり、どの段階かのピッチパターンを音声サンプルと同時に見たりして、聴こえ方を確かめる。先に試験モードをすませて、間違った単語だけを選んで自動的に提示して、練習の能率をあげることもできる。
- 2) 復習モード：表の間の音声サンプルを一定の間隔で順次に提示し、音声と同時に、正答とピッチパターンも提示する。これによって、練習の成果を確認する。予習のために使うこともできる。
- 3) 試験モード：学生が次の表の次の問の音声サンプルを呼び出し、声調をマウスで回答する。1表がすんだら、正答と誤答などの成績一覧が提示される。必要なら印刷できる。

2. 3. 試用効果の検討

このような CAI システムで声調の聴取の自習をした効果を、次のような試用実験で確かめた。

- 1) 被験者：大学生の男女の初級者（8名）と中級者（11名）。
- 2) 単語表：初級者には、1音節語（声調4種類、各5単語、20単語／表のうちの2表）を、中級者には、さきの聴取と発声の試験に使った2音節語（声調の組合せ15種類／表のうちの2表）を使った。
- 3) 回答方法：さきの聴取の試験と同様、マルチメディア教室で、各学生用のパソコンの画面で回答した。

この CAI システムのプログラムはホームページ形式で、劉松（早稲田大学）が作成した。

聴取の試験モードで2表を回答してから、その成績一覧を参照しながら、誤答の単語に注目して、練習モードで約30分ほど自習をした。その後でもう一度、同じ2表の聴取の試験をした。その結果、練習前の誤答の単語は平均で20%ぐらいあったが、そのうちの半数が、ほとんどの学生で、練習後には正答になった。

なお、この中国語声調の CAI システムは、人工内耳を装着した中国の幼児の声調の弁別能力の検査と練習のために企画している方式を [11, 12], 日本人学生の声調の学習に拡張した。

文献

- [1] 比企静雄, 今泉一哉, 砂岡和子, 楊立明, 合成音声利用による中国語声調の学習システム, 2004PC カンファレンス論文集, pp. 444-447, 神戸, 2004. 8.
- [2] S. Hiki, K. Imaizumi, K. Sunaoka and L-M. Yang, "Teaching tonal discrimination based on statistical properties and acoustical characteristics of the Chinese four tones: With regard to the contrast between tone-2 and tone-3," Proc. IWLeL 2004, Interactive Workshop on Language e-Learning 2004, pp. 1-10, Tokyo, Dec. 2004
- [3] H. Kawahara, I. Masuda-Katsuse and A. de Cheveigne, Restructuring speech representation using a pitch-adaptive time-frequency smoothing and an instantaneous-frequency-based F0 extraction, *Speech Communication*, Vol. 27, No. 3-4, pp. 187-207, 1999.
- [4] 松井九美, 河原英紀, STRAIT による感情モーフィング音声の知覚と変換関数の構造について, 電子情報通信学会 信学技報 EA2003-18, SP2003-18 (2003-04), pp. 63-68, 2003.04.
- [5] 荘秋広, 比企静雄, 曾根敏夫, 二村忠元, "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, vol. 31, no. 6, pp. 369-380, June 1975
- [6] C-K. Chuang, and S. Hiki, "Acoustical features and perceptual cues of the four tones of standard colloquial Chinese," *J. Acoustical Soc. America*, vol. 52, no. 1(Part 1), p. 146, 1972
- [7] Y. Kakita, and S. Hiki, "Investigation of laryngeal control in speech by use of thyrometer," *J. Acoustical Soc. America*, vol. 59, no. 3, pp. 669-674. March 1976
- [8] Y. Kakita and S. Hiki, "A study on laryngeal control for pitch change by use of anatomical structure model," Conference Record, 1976 IEEE Int'l Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, no. 76CH1067-8 ASSP, pp. 43-46, Philadelphia, U.S.A., April 1976
- [9] S-W. Yu, ed. *The Grammatical Knowledge-base of Contemporary Chinese*, Tsinghua University Press, China, 1998, in Chinese. 俞士汶, 现代汉语语法信息词典详解, 清华大学出版社, 中華人民共和国, 1998.
尹明と砂岡和子（早稲田大学）がデータベースを日本語環境に変換。
- [10] S. Hiki, K. Sunaoka, L-M. Yang and Y. Tokuhiko, "Statistical properties of the Chinese four tones: Their occurrence frequency and transition probability," Proc. 18th Int'l Cong. Acoustics, ICA2004, pp. IV-3317-3320, Kyoto, Japan, April 2004
- [11] S. Hiki, K. Imaizumi, M. Shiroma and Y. Fukuda, "CAI system for testing and training discrimination ability of change in voice pitch through the cochlear implant," Proc. Fourth Asia Pacific Symposium on Cochlear Implant and Related Sciences, *Cochlear Implant International*, vol. 5, Suppl. 1, 2004, pp. 140-141, Taipei, Taiwan, Dec. 200
- [12] 比企静雄, 今泉一哉, 路玲, 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 CAI 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, 2003.11.