

# 连续变调与声调知觉<sup>1)</sup>

方 至

中国科学院心理研究所, 北京

## 摘 要

声调连读时出现变调。这一音系学规律可能给声调知觉以某种制约。10名被试参加了对声调从第二声逐步变向第三声的两组单音节连续体和双音节连续体作辨认的心理物理实验。两组的实验结果一致: 双音节第二和第三声的音位界线对比单音节的这一界线, 都向第二声移动。这证实了上述制约的存在。

## 一、前 言

汉语是一种声调语言,对它的声调的研究历来受到中外学者的关注。在不久之前,这些研究,包括对普通话声调的研究,大都限于声调的声学分析及其知觉的声学线索的寻找<sup>[1-4]</sup>,而且大都限于孤立的单音节词。自然,这些工作也是必要的和有意义的。但近几年来,有了明显的变化。在言语合成和言语识别的实际要求推动下,在认知心理学将言语知觉作为信息加工过程的理论影响下,对接近连续语言的多音节词的声调及其变化<sup>[5-7]</sup>,声调和语调相互作用<sup>[8-10]</sup>的声学分析的研究报告增加。同时,不同层次信息源对声调知觉影响的研究也增加了。这一变化无疑将深化言语知觉机制的了解和加速更有效的言语识别模型的建立。

基于上述理解,本实验所研究的是比词汇更浅一层的信息源,即音系学的规律,对普通话声调知觉的影响。对普通话声调来说,最明显的音系学规律莫过于声调连读变调。本实验选择了两个第三声连读前一个第三声变为第二声的变调规律,通过传统的心理物理学方法,考察它对声调知觉的影响。

## 二、实 验 方 法

### 1. 实验语音材料

为了考察变调对声调知觉的影响,实验采用了两组声调作逐步改变的连续体。一组的端点是“骑(qí)-起(qǐ)”和“骑马(qí mǎ)-起码(qǐ mǎ)”,另一组的端点是“无(wú)-五(wǔ)”和“无理(wú lǐ)-五里(wǔ lǐ)”。每一组中两个连续体变化的声调相同,都是由第二声变向第三声,不同处在第二个连续体是由第一连续体加上音节“ma”后变为双音节词。第二组的结构和第一组相同,只是音节不同。

汉语声调知觉的主要线索是音高或基频变化的模式,这是经多家充分研究可以肯定下来的结论<sup>[2,4,14]</sup>,而普通话第二声和第三声基频模式的不同在第二声是上升的,而第三声是先降后升,中间有一个向下的曲拱。因此,我们用七个相等的间距逐步增加第二声曲

1) 本文于1998年9月29日收到。

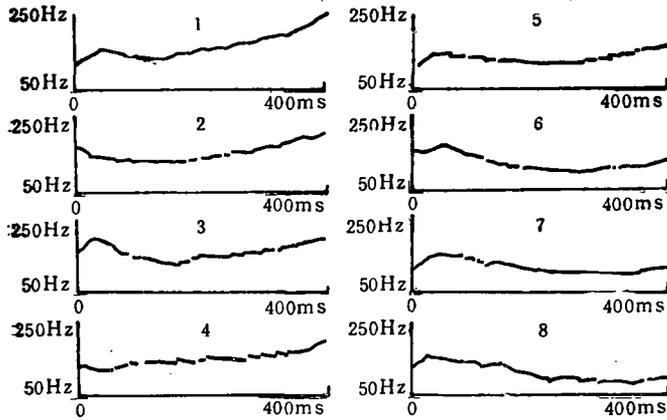


图1 “骑(qí)-起(qǐ)”连续体的基频曲线

(qǐ)”连续体中八个音节的基频曲线。

### 2. 被试者

10名中专学生参加了实验。其中男女各5人。他们的年龄在16—20岁之间，都生长在北京，说普通话，听力正常，也没有言语障碍。

### 3. 实验步骤

实验在一间隔声的测听室中进行，背景噪声约40dB(A)。10名被试以一米的相等距离围坐在一台收录机前。磁带经扬声器放音后，语音的声级约65dB(A)。按两挑一的强迫选择法指导被试，让他们在听清每个语音后，立即在备好的记录纸上勾出它是第二声还是第三声。正式实验前有一段练习，让他们熟悉将要听到的几个合成语音。两组语音分别进行，中间有10分钟的休息。

拱的曲率使之接近第二声的基频模式，便合成了实验所需要的声调变化连续体。语音合成是按Holmes方法在一台IBMPC/XT微机 and LSI合成器上实现的，采样频率10KHz。各连续体中包含八个语音，它们各重复10次，两组连续体共有语音160个。它们以五秒的间距按随机顺序记录在盒式磁带上。作为示例，图1是“骑(qí)-起(qǐ)”

## 三、实验结果

10名被试对两组语音的反应，如果以第二声为目标音位，即按被试听成第二声的反应统计，即可得到如图2, 3 的识别率曲线。

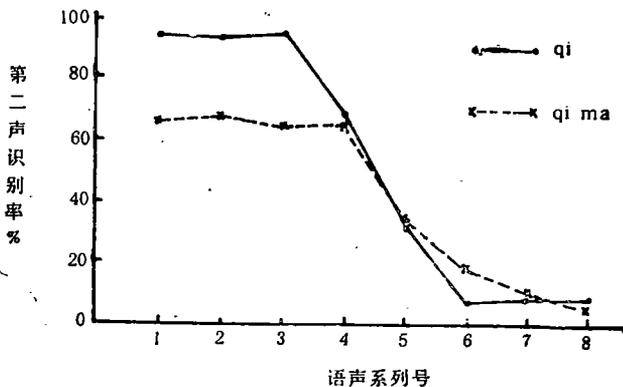


图2 10名被试对“qi”的第二声的识别曲线

图中每一点的数值是10名被试对每一语音重复10次的反应,所以既是反应的总次数,也是识别率。第一组“qi”的第二声的识别率见图2。实线和虚线分别为单音节和双音节的结果。图3是第二组“wu”的第二声的识别率。两组曲线的趋势是一致的。单音节的曲线和其它以语音连续体所得的识别曲线<sup>[11,14]</sup>相似,即接近连续体两端的反应有一段最大值和最小值,而当中一段呈直线下降。代表双音节识别率的两条虚线则不同一般,有较大的变化。接近连续体开端的第二声的反应都明显地低于相应的单音节的反应。两者最大的相差可达20%以上。以对第二声的平均识别率计算,10名被试对“qi”的单音节的均数为51.6,双音节的为41.3%。

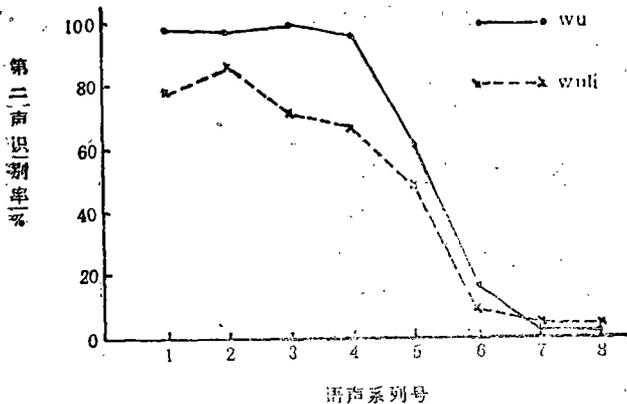


图3 10名被试对“wu”的第二声的识别曲线

“wu”的单音节的平均识别率为59.4%,双音节的为45.8%。单双音节的相差都在10%以上。经t检验,此差异是显著的( $p < 0.05$ )。换句话说,双音节第二声识别率(相对于单音节)的明显下降表明它的第二第三声的音位界向第二声一端移动。这是本实验预期的双音节变调可能给声调知觉带来的影响。

由于单双音节两条曲线的差异突出在它的两端,在确定它们的音位界时,没有象通常那样取识别率50%处的数值,而是取四分位数Q1, Q2, Q3的均数,使它能合理地反映曲线大部分的变化。表1给出了从10名被试对两组语音的识别所确定的第二第三声的音位界,还有它们的均数和标准差。

表1 10名被试第二第三声的音位界

被 试	Q <sub>1</sub> -Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> mǔ-Q <sub>1</sub> mǔ	W <sub>1</sub> -W <sub>1</sub>	W <sub>1</sub> ǐ-W <sub>1</sub> ǐ
1	4.1	3.6	4.5	4.3
2	4.7	1.5	5.8	2.2
3	4.8	5.2	4.9	5.0
4	4.4	2.5	4.9	4.1
5	4.2	2.3	5.6	1.7
6	5.0	5.1	5.8	5.3
7	3.7	1.7	5.2	3.3
8	5.5	4.7	5.4	3.6
9	3.8	4.3	5.0	5.0
10	4.4	4.9	5.4	4.7
均 数	4.5	3.6	5.3	4.0
标 准 差	0.6	1.5	0.4	1.3

“Qi”的单音节第二第三声的音位界为4.5,双音节的为3.6;“Wu”的两种音节的相应

的音位界为5.3和4.0。每组两音位界的差异经t检验在统计上都是显著的( $p < 0.05$ )。和图2, 8一样, 它们表明, 由于双音节的变调规律, 相对于单音节说, 它们的音位界都明显地减低, 即音位界向第二声一端移动。

表中两种数据的标准差也值得注意。单音节的标准差都比双音节的小一个数量级。这表明被试对单音节的知觉较稳定一致, 而对双音节的知觉则较复杂多变。

#### 四、讨 论

双音节的第二第三声的音位界为什么向第二声一端移动? 对这一结果可以从不同的角度分析。在声调知觉的有限文献中首先想到的是声调混淆。以往的实验表明(2), 声调混淆大多出现在第二第三声之间, 且不是对称的, 第三声听成第二声的混淆比反方向的混淆多两倍。本实验的结果虽然涉及第二第三声的混淆, 但实验作了单双音节的对照, 混淆只出现在双音节, 而且混淆的情况相反, 主要是第二声的识别降低, 即第二声听成第三声。因此, 不可能是一般的声调混淆所致。另一有关的事实是声调连读时后一声调对前一声调的影响。在林涛和王士元的实验中<sup>(7)</sup>, 只有当后一声调的基频高于前一声调的基频时, 第二声才可能听成第三声。而本实验的语音结构和它相反: 在连续体的左段, 作为后面声调的第三声的基频比前面声调的基频要低。因此, 这方面的事实也说明不了本实验音位的改变。本文认为, 两个三声连读的变调规律可能和连读时的发音生理和知觉有关, 但不论它是如何演变而来, 作为一条音系学的规律, 和其它知识源一样, 一定会参与人脑语音信息的加工。在自然口语中, 第三声前面的第三声变调为第二声, 这已为声学分析和知觉实验所证实。在本实验双音节条件下, 第三声前面的是一个第二声向第三声变化的合成语音序列。在靠第三声的一段, 被试听到的, 和口语不一样, 是确确实实的两个第三声相连, 因而大多数被听为第三声。少数被听成第二声则可能有一般声调混淆的作用。在音位界到第二声的另一段, 和自然口语相似, 变调的规律乃发生作用, 使得较多的第二声知觉为第三声。

双音节或多音节声调的知觉比单音节声调的有更多因素的影响。本文只涉及其中之一变调问题, 而且只是一种变调。普通话自动识别的研究表明<sup>(4)</sup>, 按单音节声调来处理双音节声调的识别, 所得的识别率要低。因此, 这类声调知觉的研究需要进一步的深入。

本实验语音材料由杨玉芳同志在中国科学院声学所七室协助下合成录制。  
特此致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 林茂灿, 音高显示器和普通话声调声学特征, 声学学报, 1985, 第二卷, 第一期。
- [2] Howie, J. M., Acoustical studies of mandarin vowel and tones, 1976.
- [3] Chuang, C. K. et al., The acoustical features and Perceptual cues of the four tones of standard colloquial Chinese. In Proceedings of 7th ICA (vol. 3) Budapest, Academia Kiado, 1972.
- [4] Lin Mao-can, The perceptual cues of tones in standard Chinese, Proceedings of 11th ICPHS, Talin, 1987.
- [5] 林茂灿, 普通话二字词变调的实验研究, 中国语文, 1980.
- [6] 吴宗济, 普通话三字组变调规律, 中国语言学报, 1984.
- [7] 林焱, 北京话去声连续变调新探, 中国语文, 1985.
- [8] Tseng, C. Y., An acoustical phonetic study on tones in Mandarin Chinese, Ph. D. dissertation, Brown University providens, 1981.
- [9] Bruce, A. et al., Experimental evidence of interaction between tone and intonation in mandarin Chinese J. of Phonetics, 1983, 11.
- [10] Gärding, E., Constancy and variation in standard Chinese tonal pattern, Working Papers 28, Department of Linguistics, Lund University, 1985.
- [11] Fox, R. A., Unkefer, J., The effect of lexical states on the perception of tone, J. of Chinese Linguistics, 1985.
- [12] 林焱, 王士元, 声调感知问题, 中国语言学报, 1984, 2.
- [13] Gärding, E. et al, Tone 3 and tone 4 discrimination in modern standard Chinese. Working Papers, 28, 1985.
- [14] Wu-ji Yang et al., Recognition of lexical tones for isolated syllables and dysyllables in mandarin speech. International J. of pattern recognition and artificial intelligence, 1988, vol. 2 No. 1.

## TONE SANDHI AND TONE PERCEPTION

Fang Zhi

*Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences*

## Abstract

Tone sandhi occurs in Chinese, when two tones are pronounced together. This phonological rule may give some constraints on the perception of tone. 10 subjects took part in a traditional psychophysical experiment to recognize two sets of continua of standard Chinese sounds in which the tones of their monosyllables and disyllables were varied in steps from the second tone to the third tone. The experimental results of both sets of continua are similar; when compared with the monosyllable, the phoneme boundaries between the second tone and the third tone of disyllable are shifted to the end of the second tone. The constraints suggested above are thus verified.