

# 汉语学习者陈述句语调音高的声学实验分析<sup>①</sup>

刘 艺

(香港理工大学 中文及双语学系, 香港)

[摘要]作为与口头表达密切相关的语音形式,语调是汉语教学的难点之一。本文以样品句为语料,考察了学习者和母语者在陈述句全调域、调群调域、字调域、语调格局以及不同性别的学习者之间的差异,探讨了语调习得问题,并且进一步提出语调的教学方法和教学策略。

[关键词]陈述句;语调;音高;调域;声学分析;学习者

[中图分类号]H195.1 [文献标识码]A [文章编号]1003-7365(2014)01-0091-09

## 零、引言

作为与口头表达和语句类型密切相关的语音形式,语调一直是汉语语音研究的重要课题之一。石锋(1999)提出语调格局的想法;石锋等(2009)在语调格局的框架下的语调研究,以定量的方法分析发音人的语调表现,使不同发音人和不同语句类型之间具有可比性和可统计性。

受声调的影响,汉语的语调有不同于非声调语言的特征,因此语调是外国学生学习汉语的难点之一。迄今为止学者们对汉语声调的习得已有了不少研究,对语调的习得分析则略显不足。石林、温宝莹(2012)初步考察了美国学生掌握汉语语调的情况,所用的语料是同声调组合的语句,刘艺(2012)采用口头短讲的语句分析了欧美汉语初学者的语调特征,李亚南(2011)考察了越南学生汉语陈述句的语调。音高是语调的重要声学特征之一,本文以不同声调组合的样品句为考察语料,采用声学量化分析和统计分析的方法,旨在通过母语者和学习者陈述句语调音高的对比分析,考察汉语母语为非声调语言的学习者习得陈述句语调音高的情况,与母语为声调语言的学习者做对比,进而探讨汉语语调的教学方法和教学策略。

## 一、实验说明和统计方法

本文的被试都是非零起点的大学生,年龄介于20至25岁之间,来自法国、德国、丹麦、芬兰、俄罗斯、韩国和日本,以正常的语速朗读不带焦点和感情色彩的自然语句。本文分析的语料是学习者朗读的样品句,所有的语句均为三个音节组成的主谓宾陈述句,其中主语都是“他”或“她”,选择同音字主语的目的是考察不同声调组合的动宾结构,尽量减少不同声调的主语对谓语部分的影响。基于此,我们选择不同声调组合的动宾语句16组,如“他喝汤”和“她还笔”等,让学生朗读并且录音(每句读两遍),有男性6人、女性5人,一共11个外国学生作为被试参加实验测试,母语者为一男一女2个发音人,一共得到416个样品句。本文以每个语句为基本单位,采用南开大学“桌上语音工作室”进行声学测算和统计。首先测量每个音节

<sup>①</sup> 本研究得到香港理工大学4-ZZAM经费的支持,在此谨致谢忱。

9个点的音高赫兹,然后再确定每个音节里的最大值和最小值,即音高上线和音高下线,在此基础上确定调群内的音高上线和音高下线,而后把这些数据全部输入 Excel 进行统计和分析。

赫兹值只是音高的一种线性标度,而半音是适于反映心理-声学对应关系的语调研究单位。(李爱军 2005) 半音的计算以对数为基础,与人的听感是相对应的(石锋等 2009),用如下公式将赫兹值转换为半音(semitone):

$$St = 12 * \lg ( f / f_r ) / \lg 2$$

(f表示需要转换的赫兹值,fr表示参考频率,女性设为64赫兹,男性为55赫兹)

语调的声学特征与句子的语意、结构和类型存在着密切的关系,石锋等(2009)在分析汉语陈述句的语调时把语句分为三个调群,本文的样品句都是单音节词充当的主谓宾结构,我们认为把由单音节词充当的双音节动宾结构看成一个调群是较为合理的处理方法,所有的样品句均分为两个调群。先分别测量学习者和母语者每个音节九个点的音高赫兹,得出该音节最高点和最低点的音高赫兹,在此基础上再进行调群内部的计算、统计和分析。本文的目的是考察汉语学习者陈述句语调的习得情况,所以对音节的时长做了归一化的处理,以母语者一般陈述句为参照,对比学习者的数据,对其进行统计分析,揭示两者之间的差异度,进而探讨汉语学习者陈述句语调的习得。下面将依次讨论学习者和母语者一般陈述句全调域、调群调域、语调格局、字调在语调中的表现和男女学习者的语调音高差异,基于这五个方面的分析,进一步讨论学习者陈述句语调的习得问题。本文在对话调音高数据量化分析的基础上,以母语者的语调数据为标准,应用统计方法对比母语者和学习者的语调音高数据,把两者之间差异不显著的部分视为已习得,而把两者之间差异显著的部分视为未习得。

## 二、统计结果和分析

在语句中语调特征表现为音高的变化,而语调音高的起伏程度具体表现为语调上、下线的变化,采用声学软件测量、计算学习者和母语者全句和语句调群内所有音节音高的数据,可以考察学习者和母语者全调域和调群调域的音高模式。下面我们将详细描述在全调域、调群调域、字调在语调中的表现和语调格局等方面学习者和母语者之间的异同。

### 2.1 全调域分析

语句全调域(full range)是指句中上线和下线之间的差距,先测量学习者和母语者发音人每个音节九个点的赫兹值,再用半音公式转换成半音,得出测量点的半音值,然后再计算每个发音人所有句子的上线和下线数据,在此基础上求出所有发音人语调上线和下线的均值以及调域总平均值。母语者和学习者样品句半音值的全调域计算数据见下表1:

表1 全调域数据

	半音上线	半音下线	半音调域
母语者	29.6	13.8	15.8
学习者	23.1	9.5	13.6

在语调上线、语调下线和全调域上母语者和学习者均存在着差距,母语者的调域上线和调域下线都比学习者高,调域下线差异最大,调域下线两者相差4.3个半音,差异度为31%,调域上线两者相差6.5个半音,差异度均为22%左右。在全调域方面,母语者的调域15.8个半音,学习者则是13.6个半音,母语者比学习者大2.2个半音,两者之间的差异度为14%,母

者和学习者全调域的比较见下图 1:

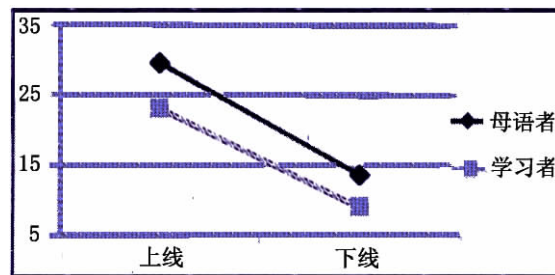


图 1 全调域的上、下线

以上量化分析显示,母语者和学习者之间全调域的差异主要是由语句调域上、下线的差异造成的,母语者的整体调域在学习者的调域之上,母语者的语调上、下线分别比学习者高 6.5 和 4.3 个半音,由此我们可以进一步推论,学习者尚未习得汉语陈述句的语调上、下线。

### 2.2 调群调域分析

本文的样品句都是主谓宾结构,我们把每个句子分为两个调群,主语是一个调群,后面的动宾短语是一个调群,然后分别统计每个发音人两个调群的最大值和最小值,调群内最大值和最小值之间的差异就是该调群的调域。在此基础上计算母语者和学习者前、后调群的上、下线数据,调群调域的分析以半音为单位。样品句调群调域的统计结果见下表 2:

表 2 调群调域数据

	前调群			后调群		
	调域上线	调域下线	调群调域	调域上线	调域下线	调群调域
母语者	28.7	24.3	4.4	29.6	13.8	15.8
学习者	18.7	12.3	6.5	20.1	7.2	12.9

可见,前调域母语者比学习者小,后调域母语者比前学习者大。前调域只有阴平音节“他/她”,阴平调在语调中的特征是高平,母语者的上、下线介于 28.7 至 24.3 之间,而学习者是 18.7 和 12.3 个半音,学习者的上、下线均比母语者低很多,其差异度分别达到 10 个半音和 12 个半音,差异度为 35% 和 49%;母语者的前调群调域为 4.4,学习者则为 6.5,比母语者大 2.1 个半音。同样在后调群中,母语者的上线和下线分别为 29.6 和 13.8,而学习者为 20.1 和 7.2,母语者的上线和下线均比学习者高,母语者的上线比学习者高 9.5 个半音,差异度是 32%,母语者的下线比学习者高 6.6 个半音,差异度为 47%;后调群调域母语者比学习者大 2.9 个半音,差异度为 18%。与前调群不同的是,后调群调域出现的音节包含阴平、阳平、上声和去声四个不同的声调,因此母语者和学习者后调域的跨度均比前调群大。见下图 2 所示:

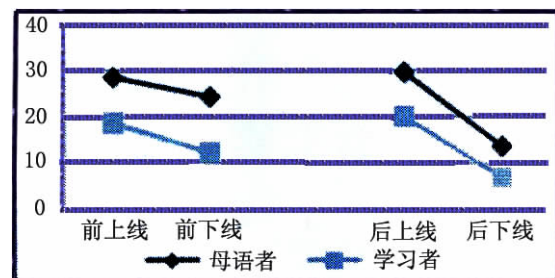


图 2 调群调域的上、下线

前面提到,学习者的全调域小于母语者,其内部原因是母语者的语调音高上、下线高于学习者。总体来看,无论是在前调群中还是在后调群中,学习者的语调上线和语调下线都比母语者低,这是造成母语者和学习者语调音高差异的主要原因,后调群的下线到达了调域的底部,因此差异最小。事实上,不同声调的音节在语调中有不同的音高表现,下一节我们描述音节在语调中的音高特征。

### 2.3 字调在语调中的表现

语调的音高特征与字调密切相关。我们讨论的样品句主语都是阴平调,动词和宾语都有四个声调的音节,构成十六种声调组合关系。在统计各声调在语调中的音高数据时,分为四个声调,以每个样品句的平均音高数据为基础,把出现在主、谓、宾位置的音节音高数据进行分类计算,得出母语者和学习者四个调类字调音高上线、下线的总平均值。计算数据见下表3:

表3 字调域数据

	学习者			母语者		
	上线	下线	调域	上线	下线	调域
阴平	19.2	17.6	1.6	26.9	26.2	0.7
阳平	17.4	15	2.4	24.6	17.8	6.8
上声	17.1	14	3.1	21.5	15.7	5.8
去声	18.6	15	3.6	28	17.3	10.7

如上表3所示,从音高上线来看,母语者去声的音高上线最高,为28个半音,阴平为26.9个半音,比去声低1.1个半音,音高上线最低的是上声,其半音值为21.5,阳平调的音高上线比上声高3.1个半音左右,其半音值为24.6。与此相对,在学习者方面,阴平的音高上线最高,为19.2个半音,其次是去声,是18.6个半音,阳平和上声的音高上线很接近,分别为17.4和17.1个半音。学习者四个声调的上线差距不大,只有2个半音左右,而母语者四个声调的上线差距较大,有6个多半音。

从音高下线来看,母语者阴平的音高下线最高,有26.2个半音,音高下线最低的是上声,为15.7个半音,阳平和去声的音高下线比较接近,分别是17.8和17.3个半音。学习者也是阴平的音高下线最高,为17.6个半音,阳平、上声和去声的音高下线很接近,介乎14至15个半音之间。母语者四个声调下线的差距为9个半音,而学习者却只有3个多半音。

在字调域范畴方面,母语者调域最窄的是阴平调,只有0.7个半音,调域最大的是去声,有10.7个半音,阳平和上声居中,分别是6.8个半音和5.8个半音。学习者调域最窄的也是阴平调,为1.6个半音,阳平、上声和去声的调域差距不大,调域值介于2.4至3.6个半音之间。现将母语者和学习者四个声调字调域九个点的均值数据绘制成以下图3-图6:

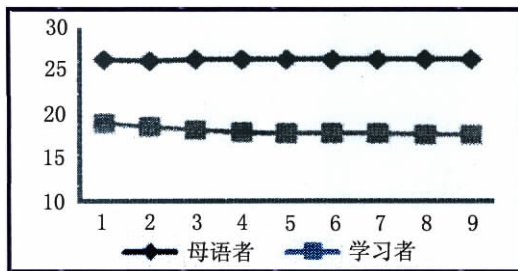


图3 阴平调调域的比较

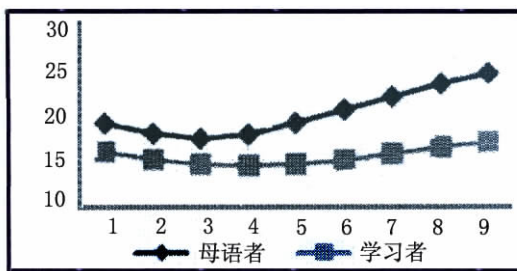


图4 阳平调调域的比较

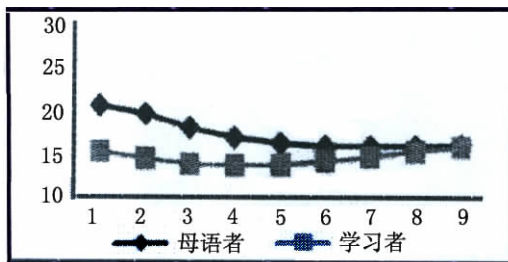


图5 上声调调域的比较

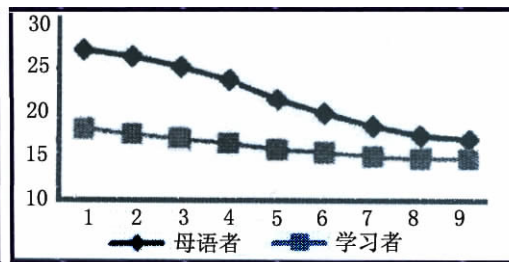


图6 去声调调域的比较

图3-图6展示了母语者和学习者字调域和调型的差异:阴平主要是调域音高的差异;阳平除了调域音高的差异外,还有调型的不同,母语者的折点在第三点,从第四点开始上升,直到终点,而学习者的折点在第四点,后半段升的幅度不大;上声母语者是降低平调,在语流中上声没有上升段,只表现出低降的特征(邓丹 2010),学习者上声的调型是低平调,起点比母语者低;母语者去声的音高特征是高降,学习者去声的音高特征则是低降,两者的差异在于下降的幅度不同。

在以上四类字调中,学习者和母语者之间差异最小的是上声和阳平的前半段,阴平、去声和阳平的后半段差异较大,其主要特征是调域不同,母语者的调域较高,而学习者则较低。上声和阳平的前半段之所以容易习得,是因为都位于低调域。可见,学习者较难习得的是高调域。从总的调域来看,学习者的调域上线没有超过20个半音,而学习者则在25个半音左右。字调的音高表现还与音节在语句中的位置有关,关于字调在语调中的声学表现,我们将另文讨论。

#### 2.4 语调格局的比较

石锋(1999)认为,语句调型曲线的起伏及其所表现的各调群调域本身的宽窄和相互之间的位置关系构成语调的格局。无论是母语者的语句还是学习者的语句,均各自构成格局关系。在测量每个发音人音高数据的基础上,在语调格局的框架下,得出每个发音人主语、动词和宾语的上、中、下线均值,进而计算出其总平均值。表4是通过计算得到的母语者和学习者的音高均值数据:

表4 语调格局数据

	主语			动词			宾语		
	上线	中线	下线	上线	中线	下线	上线	中线	下线
学习者	21.1	17.4	13.6	19.0	14.0	8.1	19.5	13.4	7.2
母语者	28.7	26.5	24.3	29.6	22.3	15.0	27.8	20.9	14.1

根据以上数据画出母语者和学习者的音高格局,如图7和图8:

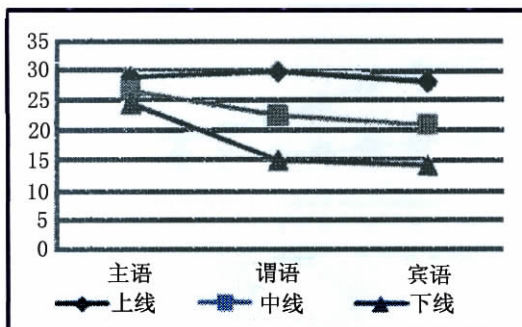


图7 母语者主动宾语语调格局

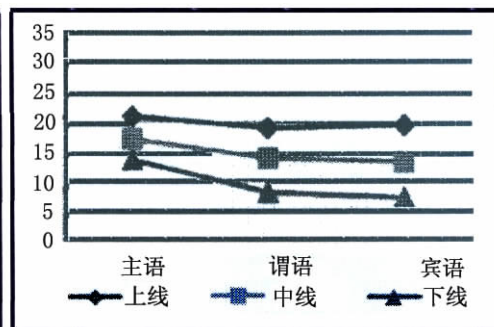


图8 学习者主动宾语语调格局



可见,母语者和学习者的语调音高差异在于:从上线来看,二者都是微微下降的;从下线来看,二者都是下倾的,但是母语者的下倾幅度大于学习者,母语者的下线从主语到宾语下降了10个多半音,而学习者却只下降了6个半音。石锋等(2009)对语调的本体研究发现,语调中线具有稳定性,最能反映语调特征。学习者和母语者从动词到宾语的中线都呈现下倾特征,可见学习者已经掌握了语调下倾的特征,两者之间的差异仍然在于调群内部上、下线的音高,无论是主语,还是动词和宾语,母语者的上、下线均比学习者高7至10个半音不等。此外,主语的调域学习者比母语者低,其原因是部分学生没有掌握阴平调高平的特点,把阴平字发成了其他调类。上面对前、后调群的分析表明,母语者和学习者的后调群均呈现下倾的特征。学习者和母语者的差异主要是调域音高的差异,尤其是调域上线的音高差异。尽管存在着调域音高上的不同,母语者和学习者的整体语调格局仍然具有以下共同特征:一是从前后调域来看,两者都是前调域窄,后调域宽;二是音高下倾是陈述句的语调特征(石锋等2009),母语者和学习者后调域均有下倾的表现,其中中线和下线的下倾特征最为明显。

样品句的后调群都是由两个音节组成的,调群的音高模式也就是音节音高特征的表现。在讨论语调格局和调群调域的基础上,还可以根据已有的音节音高数据,画出语句中每个音节的音高上、下线语调图。以“他还书”为例,母语者和学习者音节音高可图示如下:

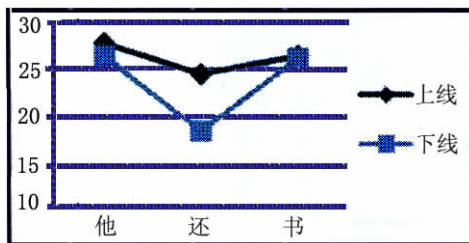


图9 母语者语句调域

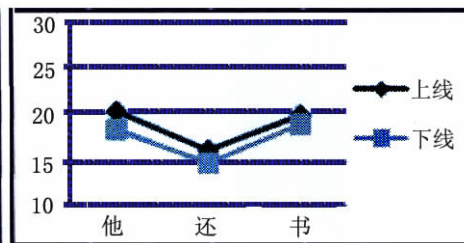


图10 学习者语句调域

上述语调音高图显示,学习者的语句上、下线均低于母语者,母语者和学习者上线的音高差异大于下线,上线的差异为7.3个半音,下线的音高则较为接近,差3.8个半音。上线的差异比下线大1倍,因此可以说学习者的语调习得主要是调域音高的习得,尤其是上线音高的习得。

### 2.5 不同性别学习者的考察

前面讨论的数据依据的是男女学习者的均值,不同性别的学习者习得汉语语调的程度可能会存在差异,而且其生理因素的差别会造成语调音高的差异。在把赫兹转换成半音时,一般将女性的参考值设为64赫兹,把男性的参考值设为55赫兹。(王萍、刘叶2012)我们按照学习者的性别分别进行统计、计算,首先计算每个学习者前后调群的最大值和最小值,得到男女学习者前、后调群的上、下线的音高均值。男女学习者前、后调群音高比较图如下图11所示:

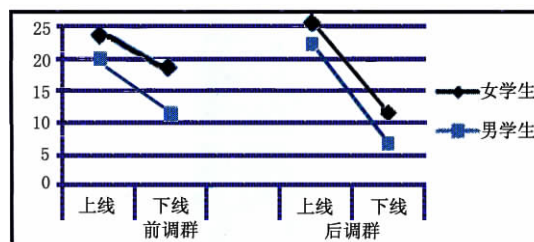


图11 不同性别的学习者前后调群的对比

以上调群音高比较图显示:女性学习者的语调上、下线均高于男性学习者,女性学习者前、后调群的上线是24.1个半音和25.4个半音,男性为20个半音和22个半音;从前、后调群的下线来看,女性学习者的下线音高分别是18.3个半音和11.7个半音,男性是11.5个半音和6.7个半音,前、后调群的下线女性学生分别比男性学生高7.8个半音和5个半音。

前面我们描述了母语者和学习者语调音高的上、下线数据的差异。男性学习者的音高上、下线均明显地低于女性学习者。为了进一步考察不同性别的学习者与母语者之间的差异度,我们将分别计算男性学习者和女性学习者每个语句前、后调群上线和下线的均值,再采用Anova统计方法对男性学习者和男性母语者、女性学习者和女性母语者前后调群的上、下线数据分别进行统计分析。统计结果见下表5:

表5 不同性别的学习者、母语者语调统计数据

	误差类别	SS	自由度	误差均方	F值	P值
女性前调群上线	处理	298.835	1	298.835	686.37	0.0000
	误差	13.062	30	0.435		显著
女性前调群下线	处理	384.00	1	384.00	741.71	0.0000
	误差	15.53	30	0.52		显著
女性后调群上线	处理	241.134	1	241.134	129.78	0.0000
	误差	55.74	30	1.858		显著
女性后调群下线	处理	28.925	1	28.925	5.8171	0.0222
	误差	149.175	30	4.9725		显著
男性前调群上线	处理	331.01	1	331.01	442.66	0.0000
	误差	22.43	30	0.75		显著
男性前调群下线	处理	521.23	1	521.23	723.35	0.0000
	误差	21.62	30	0.72		显著
男性后调群上线	处理	232.971	1	232.971	113.02	0.0000
	误差	61.841	30	2.061		显著
男性后调群下线	处理	40.13	1	40.13	9.1386	0.0051
	误差	131.74	30	4.391		显著

可见,男性学习者和男性母语者、女性学习者和女性母语者前后调群的上、下线在0.05水平上均存在着显著的差异,在所有的统计结果中,尽管女性学习者和母语者后调群下线的p值为0.0222(在0.05水平上差异显著),但是它仍然不及其他比较项差异明显。学习者和母语者的调域差异表现为调域上、下线音高的差异,母语者的前、后调群上、下线均比学习者高,而在后调群的内部,女性学习者和母语者下线的差异逐渐减少,差异不如其他比较项大。

本文前面讨论了学习者和母语者全调域、调群调域、字调域等方面的差异,本节用统计方法来检验男性学习者和男性母语者、女性学习者和女性母语者前后调群上、下线之间的差异,统计结果证明男性学习者和男性母语者、女性学习者和女性母语者前后调群上、下线之间均存在着显著的差异,表明学习者尚未习得前、后调群的上、下线。

### 三、总结和讨论

研究汉语学习者的语调习得可以有不同的方法和角度,刘芝(2012)关于初学者陈述句语调的起伏度分析,语料来源于中介语口语语料库的口头报告语句;本文的重点在于考察汉语学

习者习得不同声调组合的陈述句语调的规律,分析的是不同声调组合的样品句。虽然所使用的语料不同,但是我们都得出了相同的结论,即欧美汉语学习者的调域小于母语者。在全调域的讨论中,可以看到母语者调域上、下线分别比学习者高22%和31%,全调域差异为14%,与刘艺(2012)用自然句得出的全调域差异为13%的结论极为接近。在调群调域的对比中,无论是在前调域中还是在后调域中,母语者的上、下线都比学习者高,差距最大的是调域上线,母语者前、后调群的上线分别比学习者高8.6和7.2个半音。不同母语的学生在习得汉语语调的过程中表现出类型学的特征,欧美等非声调语言的汉语学习者,其语调特征是高调域的音高过低、调域过窄;而母语为声调语言的汉语学习者,如越南学生,受母语声调的影响,则表现为汉语语调调域比母语者更高、更宽的特点。(李亚南2011)调群内部音高的分析表明,学习者宾语的下线小幅下倾,而中线则并不具有下倾的特征,母语者的中线和下线都呈现下倾的声学特征,石林等(2010)的分析也发现,美国学生调群之间音高下倾不明显,跟本文的结论一致。受性别因素的影响,女性的音高一般高于男性,因此我们以同性别的学习者和母语者作对比来探讨两者间的差异。不同性别的学习者和母语者调群上、下线的统计分析显示,男性学习者和男性母语者、女性学习者和女性母语者前后调群的上、下线在0.05水平上差异均十分显著,表明无论是女性学习者还是男性学习者均没有习得调群的上、下线。语句中字调的分析则让我们考察学习者在调型、调域上与母语者的差异,字调的分析显示,无论是阴平、阳平,还是上声、去声,学习者的调域上线都没有超过20个半音,而母语者在阴平、阳平的终点和去声的起始段都在22个半音以上,其中阴平和去声的起始段都达到了25个半音以上。总括而言,学习者的语调上、下线均低于母语者,语调调域整体下移,可见语调调域是汉语学习者习得的难点。

#### 四、教学启示

音高是语调的主要特征之一,通过对样品句的实验分析发现,调域是汉语学习者习得汉语语调的难点,由于学习者的语调上、下线过低,阴平、阳平、上声和去声四个声调的调域差异不大,均集中在13至18.5个半音之间,相差只有约5个半音,而母语者的调域跨度明显地大于学习者。鉴于学习者调域过低、过窄的情况,在教外国学生学习汉语声调的过程中,要有意识地提高学习者的调域上、下线,尤其是阴平、去声和阳平的后段,从认知心理方面强化学生对汉语语调调域的认识,可以采取示范法、引导法、夸张法、定调法、听辨法等一系列教学方法,使学生有效地掌握语调上、下线,以强化学生对汉语调域的习得。

为了让学习者有效地掌握汉语语调的特征,在教学生汉语声调的同时要兼顾语调的教学,不能仅仅停留在声调的层面、过分地强调单字调的学习,而应该有意识地渗透语调的教学,把字、词、短语、语句的学习有机地结合起来,这样才能提高声调、语调的教学效率,真正实现高效的汉语教学。改进汉语语调教学有两个途径,一是以不同国籍的学生为考察对象,建立不同国籍学生的语调语料库,这些资源可以用于学生自学、教师培训和教学研究;二是在教学的过程中,结合电脑软件的声学功能和显示功能,对照学习者和母语者的语调调形和参数,可以有效地诊断学习者的语调偏误,使汉语语调教学更加专业化、科学化,以进一步提高教学效果。

本文以实验句为切入点,从语句调域、调群调域、字调在语调中的表现、语调格局、不同性别学习者的考察五个方面分析了汉语初学者的语调表现,也得出了有益的启示。至于不同国籍学习者的语调习得情况,我们将另文讨论。



参考文献:

- [1]曹剑芬. 汉语声调与语调的关系[A]. 语音研究报告[C]. 中国社会科学院语言研究所语音研究室 2002.  
[2]邓丹. 汉语韵律词研究[M]. 北京: 北京大学出版社 2010.  
[3]李爱军. 普通话对话中韵律特征的声学表现[J]. 中国语文 2002 (6).  
[4]李爱军. 语调研究中心理和声学等价单位[J]. 声学 2005 (24).  
[5]李亚南. 越南留学生汉语陈述句语调分析[R]. 国际中国语言学学会第十九届年会论文 2011.  
[6]林茂灿. 普通话语句的韵律结构和基频(F0)高低线的构建[J]. 当代语言学 2002 (4).  
[7]刘艺. 汉语初学者陈述句语调的起伏度分析[A]. 对外汉语研究(第8辑)[C]. 北京: 商务印书馆 2012.  
[8]沈炯. 汉语语调构造和类型[J]. 方言 1994 (3).  
[9]石锋. 汉语语调格局在不同语速中的表现[A]. 中国语言学的新拓展[C]. 香港: 香港城市大学出版社 1999.  
[10]石锋, 王萍, 梁磊. 汉语普通话陈述句语调的起伏度[J]. 南开语言学刊 2009 (2).  
[11]石林, 温宝莹. “洋腔洋调”初探—美国学生汉语语调习得[J]. 南开语言学刊 2012 (1).  
[12]王萍, 刘叶. “了<sub>1</sub>”、“了<sub>2</sub>”在汉语语调中的表现[J]. 汉藏语学报 2012 (6).  
[13]吴宗济. 普通话语句中的声调变化[J]. 中国语文 1982 (6).  
[14]赵元任. 汉语的字调跟语调[A]. 中研院史语所集刊[C]. 北京: 中华书局 1933.  
[15]Xu Yi. What can tone studies tell us about intonation[A]. *ESCA workshop on intonation: Theory, Model and Application* [C]. Athens, Greece. 1997.

## Acoustic Analysis of Chinese Declarative Sentences Produced by Learners

LIU Yi

(*Department of Chinese and Bilingual Studies, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong*)

**Abstract** As the phonemic form associated with oral expression, intonation is one of the most difficult issues in teaching Chinese to learners. By analyzing the designed declarative sentences, the paper aims to examine the differences between native speakers and learners in terms of full range, sub-range, pitch of syllables, intonation pattern and gender, and discuss the acquisition of Chinese intonation. We further propose the methods and strategy in Chinese intonation teaching.

**Key words:** declarative sentences; intonation; pitch; range; acoustic analysis; learners