

汉语语调音高下倾的实验研究^{*}

黄贤军^{1,2} 高路^{1,3} 杨玉芳¹ 吕士楠⁴

(1 中国科学院心理研究所 北京 100101)

(2 首都师范大学教育科学学院 北京 100037)

(3 中国科学院研究生院 北京 100039)

(4 中国科学院声学研究所 北京 100190)

2007 年 5 月 16 日收到

2008 年 12 月 30 日定稿

摘要 通过提取和分析特定声调组合的实验室语句的音高曲线,探讨了确定条件下的汉语语句音高下倾趋势。分析结果表明,在不同类型声调组合的陈述句中,低音线清晰地呈现出以韵律短语为基本单元的下倾现象,下倾的斜率与韵律短语长度成反比。声调组合不同,以及承载下倾特征点的音节在韵律词中的位置不同,都会导致低音线下倾的斜率不同。具体表现为:(1)当低音点处于韵律词词首时,低音线斜率的绝对值大于低音点处于韵律词词末时的绝对值;(2)韵律短语音高下倾程度还受其在句中所处位置的影响,句首韵律短语的下倾程度大于句末韵律短语的下倾程度;(3)主句包含多个韵律短语时,它们的低音线起点可以是依次单调递降的,具体的下倾模式受短语之间句法语义关系的制约。

PACS 数: 43.70

Experimental study on declination in Chinese intonation

HUANG Xianjun^{1,2} GAO Lu^{1,3} YANG Yufang¹ LU Shinan⁴

(1 *The Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences* Beijing 100101)

(2 *College of Education, Capital Normal University* Beijing 100037)

(3 *Graduate School, Chinese Academy of Sciences* Beijing 100039)

(4 *Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences* Beijing 100190)

Received May 16, 2007

Revised Dec. 30, 2008

Abstract The aim of designing sentences with special tone combinations is to investigate the declination tendency of intonation in Mandarin Chinese. The result shows that baselines of Prosodic Phrases (PP), as the basic declination units, show the phenomena of declination clearly, and the declination slope is in inverse proportion to the length of PP. Different tone combinations of PP have different declination slopes. The primary conclusions are as follows: (1) If low points are at the beginning of prosodic word, the absolute value of baseline slope is larger than those at the end; (2) The declination of PP is larger if it is at the beginning of sentences than that at the end. (3) The start-points of baselines of PPs fall in order when there are more than two PPs in one sentence, the declination pattern is relevant to syntactic-semantic relations between prosodic phrases.

引言

不论声调语言或非声调语言,陈述语句的音高曲线都存在明显的下降趋势(downtrend)。Shih^[1]对影响音高曲线的因素进行了系统的总结,她指出这些因素主要有下倾、降阶、末尾下降、重音和声调、语类型、话语结构等。其中降阶、声调、末尾下降等因

素只与少数几个音节有关,属于局部因素;下倾、语调类型等则在小句或者整个句子这样更大的范围起作用,属于整体因素。由于上述因素同时对语调曲线的下降趋势产生影响,因此它们对音高曲线的下降趋势存在着叠加效应。

下倾是指基频曲线语调单元中从前至后的连续下降趋势^[2-5],使得短语首的音高值比短语末的高;

* 国家自然科学基金(60775026)和高等学校学科创新引智计划(B07018)资助项目。

它包括高音线下倾 (topline declination) 和低音线下倾 (baseline declination)。Cohen 与't Hart^[6] 及后来的许多研究者都使用下倾来说明语调曲线的下降趋势。Cohen 等指出音高下倾效应不能仅通过音高上升的程度比音高下降的程度小来实现, 必须存在整体的下倾线才能保证语句的自然度。

Chilin Shih^[1] 较早研究了汉语语句的音高下倾现象, 她通过设计实验语句发现: 当声调全部为阴平声时, 由于不存在低音声调, 句子主体部分音高曲线的下降反映了音高下倾现象, 而且大多数语句音高下倾的速度是先快后慢的; 当语句存在窄焦点时, 焦点后的音高曲线下倾的程度更大。

在接受沈炯^[7-8] 的双线语调理论模型下, 王蓓等^[9] 和王安红等^[10] 分别对自然语料中语句的音高进行了分析。王蓓等^[9] 对大规模语料库中不同等级的韵律边界前后音节的低音点及其差值、高音点及其差值进行了统计。分析结果表明: 韵律边界等级越高, 边界前的低音点越低, 并且不同等级间低音点的差异是显著的, 而高音点的差异则不显著。这说明在韵律短语和语调短语后, 低音线的重置是一种系统性变化, 而高音点的变化受重音的影响, 相对比较复杂、不规则。王蓓等^[9] 的分析结果支持了双线模型。王安红等^[10] 通过对从语料库中抽取的 78 个自然语句的低音线进行了考察, 他们利用定义的低音点和次低音点, 手工连接这些特征点后, 结果发现: 绝大部分语调短语 (80% 以上) 呈现出了确切的音高下倾的现象。实验证明播音风格的汉语陈述句符合普遍的音高下倾理论。

Tseng^[11] 提出“韵律短语组”(Prosodic Group) 的观点, 她认为韵律短语组是普遍存在的, 语流可以划分为不同的韵律短语组, 其中的音高下倾现象非常值得关注。韵律短语根据其在韵律短语组中的位置不同, 有不同的音高下倾模式。韵律短语组中最明显的音高下倾出现在首尾两个短语上, 而居中短语的音高下倾程度不如首尾短语的音高下倾程度明显和有规律。

总之, 关于汉语语调的研究中, Chilin Shih^[1] 通过设计不含低音成分的语句, 在控制降阶作用的条件下, 研究了语调曲线中高音成分的音高下倾趋势。Yi Xu^[12-13] 也采用设计实验室语句的方法, 研究了汉语语调的影响因素, 他强调声调的同化作用 (carryover effect) 和逆化作用 (anticipatory effect)、焦点等因素对整体语调的影响。Shih 和 Xu 设计的句子, 在韵律结构上, 都是内部不包含韵律短语边界的语调短语。当语句较长时, 语调短语中会出现韵律

短语边界; 而韵律短语边界的有无、韵律短语边界的不同位置, 也会引起语句的调形变化, 这种变化具有怎样的规律? 对于这个问题的考察, 已有的音高下倾研究^[9-11], 大都采用了直接从语料库中抽取语句来观察音高变化的方法, 但由于受研究方法和实验材料的限制, 在没有足够低音点的情况下, 观察结果的离散性在所难免。

在双线语调模型中, 音域上限和下限的变化分别与不同的语调调节因素有关, 上限的变化与语义加强相关, 下限的变化与节奏的完整性相关^[7-8]。低音点的变化要比高音点的变化更有规律性, 这一结论在大规模语料库上也已得到了验证。另外, 在对降阶作用的研究^[14] 中, 实验发现了“降阶作用主要使低音后的音域上限明显降低, 对音域下限无显著性影响”, 说明汉语语调中的低音成分受降阶作用的影响不大。所以我们对汉语语调的研究, 主要继续关注低音线的变化。并且以往的汉语语句音高研究大都以简单句为主, 通常由一个语调短语构成。由于句子本身比较短, 在语调短语内部一般无明显的韵律短语边界, 它的音高变化可以通过与语调有关的大波浪与声调有关的小波浪的叠加来描述^[15]。实际的言语却比此复杂得多, 较长的句子内部一般会存在明显的韵律短语边界。且自然对话语调短语的音高变化与朗读语言相比变化更大^[16]。因此, 本文通过设计较长的实验室语句, 从具有韵律短语边界的汉语语调中, 探讨陈述句低音线的音高下倾规律。在设计语句时, 控制了声调组合、句子长度和句式等因素。使用这种控制条件的实验材料, 克服了直接从语料库中获取的语句中包含低音点太少、无法确切描述音高下倾规律的问题, 在数据处理上, 因为有足够的目标点数据, 可用线性拟合的方法, 相对更加客观和精确地探讨语句音高下倾的规律。

1 实验设计

实验目的是通过设计包含两个和多个韵律短语的句子, 研究在不同声调组合条件下, 低音线音高下倾的规律及多个韵律短语之间低音线的音高下倾模式。

1.1 实验材料

将四种声调两两组合, 可以有 16 种组合方式。考虑 3-3 组合连读变调为 2-3 的情况, 最终会得到 15 种声调组合。经预实验发现, 对于全部由 1-1 组合的词构成的长句子, 由于发音人声带紧张程度较高, 很容易形成“照字吐音”的现象, 从而导致语句自然

度较低。因此本研究只考虑了其余的 14 种声调组合方式。

实验句全部由双音节的实词组成,且不含轻声音节。在设计句子时,使同一句中词的声调组合方式完全保持一致,如由 1-3 声调组合而成的句子为“1313...”声调组合序列,3-1 声调组合构成“3131...”声调组合序列。照此原则设计的句子,可以保证句中任何位置的音节所处的声调环境都具有一定的规律性,还可保证低音点的同质性。比如,在 1-3 序列中,低音点都是上声最低点,除句尾的上声外,其他的上声音节都出现在词末且左右都是阴平声音节。

根据研究目的,分别设计了两类实验室语句:第一类为只含有一个韵律短语边界的句子,第二类为包含多个韵律短语边界的句子。

第一类实验句的句式为主谓句式,声调组合的方式有 14 种。其中主语的长度有 4 个音节和 6 个音节两种,谓语的长度有 6 个音节和 8 个音节两种。根据主语和谓语的音节数量,可以组合得到以下 4 种长度的句子:4(主)+6(谓)、4(主)+8(谓)、6(主)+6(谓)、6(主)+8(谓)。对每种主语谓语长度的句子各设计了 4 个,那么在每种声调组合条件下,共有 16 个(4×4)实验句。14 种声调组合条件下,第一类共计 224 句。

第二类实验句的句式有主谓句、连谓句和兼语句三种,声调组合的方式有 5 种,分别为 1-3、3-1、3-4、4-3、4-4 组合。每种声调组合的句子各设计了 12 句,因此第二类实验句共 60 句。

为便于朗读,实验句选取的词都是常用词。所有的实验语句设计完成后,都经过语言学家评定,确保这些句子语义的自然完整(例句见附录)。

1.2 发音人

发音人有两位,一个为播音系的男学生(M),另一个为电台女播音员(F),都说标准普通话。实验材料录音时,要求发音人不带特殊强调重音,用中等语速,以接近新闻广播风格的方式,把句子自然、流畅地朗读出来,并对朗读中不流畅、出现错误停顿的句子进行重新录音,以确保句子内部不出现大于韵律短语的韵律边界,即句内不形成一个以上的语调短语。

1.3 声学分析

使用 MultiSpeech-3700 语音分析软件,对录制的实验材料进行声学分析。并对提取的音高进行半音(St)转换。其计算公式为:

$$St = 12 \log_2(F_0/F_{0ref}), \quad (1)$$

其中, F_0 为基频测量值; F_{0ref} 为基频参考值,男声 M 参考值取 70 Hz,女声 F 取 130 Hz。

1.4 不同声调组合中高音点和低音点的确定

对不同声调组合中的低音点分别作如下定义:在所有包含 3 声的句子中,3 声音高最低点为低音点;在 1-4、2-4、4-1 组合中的 4 声音高最低点为低音点,4-4 组合中的第二个 4 声音高最低点为低音点;在 1-2、2-1、4-2 组合中的 2 声音高最低点为低音点,2-2 组合中的第二个 2 声音高最低点为低音点。

不同声调组合中高音点的定义分别为:在 1-2、1-3、2-1、3-1 组合中的 1 声均值为高音点的取值;2-3、3-2 组合中的 2 声最高点为高音点;4-4 组合中的第一个 4 声的最高点及 2-2 组合中第一个 2 声的最高点为高音点;其余凡包含 4 声的组合,均以 4 声最高点为高音点。

利用上述确定方法,分别提取出音高曲线中低音点的频率值及低音点的对应时间。然后对韵律短语中低音点的频率值和对应时间使用统计软件 SPSS 进行一元回归分析,计算出不同韵律短语低音线的下倾斜率。

1.5 第一类句子的分析结果

经标注,第一类句子的韵律结构相同:即每句都是由 2 个韵律短语所构成的 1 个语调短语,韵律短语边界位于主语和谓语之间。为便于讨论,现分别用 PP1 和 PP2 来表示边界前后的两个韵律短语。

图 1 表示由 1-2 声调组合的双音节词组合而成的两个句子。其中主语“清洁工人”和“巴黎伤残军人”分别形成两句的第一个韵律短语 PP1;谓语“拆除公园花坛”和“积极支援消防工人”分别形成两句的第二个韵律短语 PP2(分别含有 6 个音节、8 个音节)。由于具有高音特征的阴平音节和低音特征的阳平声音节的交替呈现,PP1 和 PP2 中的高音点和低音点很容易确定,两个韵律短语低音线的下倾趋势如图 1 所示。

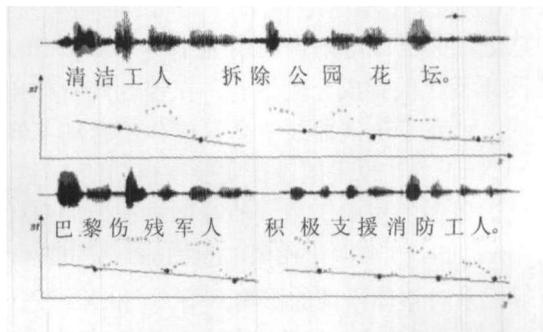


图 1 1-2 声调组合句低音线的音高下倾趋势图

表 1 14 种声调组合韵律短语的高低音线的始、末点音高值(半音)测量结果

组 合 类 型	韵 律 短 语 类 型	发音人 M								发音人 F							
		低音线				高音线				低音线				高音线			
		起点 (St)		末点 (St)		起点 (St)		末点 (St)		起点 (St)		末点 (St)		起点 (St)		末点 (St)	
		平 均 值	均 值 差														
1-2	PP1	9.6	1.3	4.5	0.7	19.2	1.2	15.1	1.2	9.0	0.8	5.3	0.7	15.8	0.6	13.1	0.9
	PP2	6.8	1.4	3.4	0.6	15.0	1.4	11.7	1.2	6.9	1.6	4.1	0.3	12.6	0.6	11.1	0.7
1-3	PP1	5.9	1.4	3.2	0.8	18.9	0.9	15.5	1.2	5.8	0.8	3.5	0.7	16.1	0.5	12.5	0.8
	PP2	3.7	0.7	2.8	1.0	12.6	1.2	11.6	1.4	4.9	1.2	1.6	0.8	13.5	0.6	10.7	0.8
1-4	PP1	8.6	1.6	3.5	1.1	17.4	1.3	13.0	2.7	8.9	1.1	4.1	0.9	15.2	1.2	12.3	1.5
	PP2	4.6	1.0	3.3	1.3	12.6	2.3	8.7	2.7	5.9	1.3	2.7	0.8	12.1	1.2	10.1	1.6
2-1	PP1	11.9	1.2	5.9	1.2	18.5	1.0	10.8	1.4	10.2	0.6	7.4	1.0	15.3	0.7	11.7	1.1
	PP2	9.7	1.5	3.9	0.7	16.4	1.5	7.8	1.5	8.5	1.0	4.9	0.5	12.7	0.9	9.0	1.2
2-2	PP1	13.5	2.9	4.4	0.7	18.7	1.0	13.4	2.5	10.9	1.1	5.2	0.9	16.1	0.9	11.2	1.1
	PP2	8.5	1.4	3.7	0.5	14.9	1.4	9.3	1.4	7.9	1.6	4.3	0.8	12.9	1.3	8.5	1.1
2-3	PP1	5.4	1.0	2.5	1.1	19.7	1.4	14.9	1.8	8.0	1.1	4.1	0.7	16.2	1.2	11.8	1.3
	PP2	3.8	1.4	2.5	1.2	14.0	2.4	10.1	1.9	5.9	1.5	3.3	0.7	13.5	1.2	9.3	0.8
2-4	PP1	11.7	2.3	3.5	1.4	19.4	1.4	13.7	2.9	11.5	1.7	4.7	1.0	17.2	0.8	13.6	1.1
	PP2	6.8	1.9	3.8	1.0	14.7	2.5	9.9	1.7	9.0	1.3	3.8	0.7	14.7	1.6	10.4	1.7
3-1	PP1	12.1	1.0	3.3	0.4	18.3	0.9	10.1	1.2	9.1	1.0	4.5	1.0	15.5	0.9	10.6	0.9
	PP2	8.9	1.2	2.5	0.8	15.6	2.3	8.0	1.2	6.7	1.4	3.4	0.7	12.2	1.0	9.1	0.8
3-2	PP1	12.0	0.7	3.7	0.6	19.5	1.0	11.4	1.7	8.5	0.9	5.3	1.3	14.6	1.3	9.2	1.3
	PP2	7.3	2.0	2.7	0.8	16.1	2.1	8.9	1.4	7.1	1.1	4.0	0.7	12.4	1.1	7.4	0.6
3-4	PP1	12.1	1.2	4.3	1.3	19.5	1.5	13.0	1.9	8.7	0.9	4.5	1.0	16.7	0.6	11.8	1.4
	PP2	7.2	1.6	2.6	0.7	13.7	1.8	8.5	1.5	7.1	1.5	3.0	0.9	13.9	0.8	9.9	1.2
4-1	PP1	15.5	1.2	6.0	1.4	20.0	0.9	14.5	3.3	12.2	1.2	8.7	1.3	16.7	1.1	14.6	1.5
	PP2	10.3	1.6	3.9	0.5	15.2	1.5	10.1	2.4	8.9	0.9	5.9	1.0	13.7	1.0	11.7	1.6
4-2	PP1	10.4	1.9	4.7	0.8	20.9	1.1	16.6	1.9	8.5	1.2	5.2	0.7	17.1	0.6	14.8	1.2
	PP2	7.2	2.5	3.3	1.6	16.8	1.9	11.8	2.1	6.4	1.0	4.2	0.5	14.4	1.6	11.4	1.6
4-3	PP1	7.8	1.4	3.5	0.8	21.4	0.9	16.1	1.8	5.6	0.4	4.3	0.4	17.4	0.8	14.1	0.9
	PP2	3.7	0.9	3.3	0.5	15.5	2.3	11.4	2.7	4.7	0.9	3.4	1.0	15.8	1.1	12.1	1.6
4-4	PP1	11.7	1.7	3.9	0.5	20.6	1.5	14.8	3.0	10.4	1.2	4.5	0.5	17.1	0.9	13.9	1.2
	PP2	6.7	1.5	3.7	1.6	16.5	1.9	10.5	2.8	6.5	1.4	3.6	0.8	15.1	1.0	11.4	2.1

1.5.1 韵律短语高音线和低音线始末点统计

对两位发音人 14 种声调组合、不同长度韵律短语的低音线和高音线始末点取平均值, 其结果如表 1 所示。

由表 1 可以看出, 在 14 种声调组合中, PP1 和 PP2 的高音线和低音线的末点音高值都显著低于起

点音高值, 表现出明显的音高下降趋势。但韵律词的声调组合方式不同, 韵律短语的音高下降程度是不同的。即使是相同的两种声调, 组合次序不同时, 音高下降程度也不同: 如 3-1 组合的韵律短语的下降程度显著大于 1-3 组合的下降程度; 4-1 组合的下降程度显著大于 1-4 组合的下降程度; 3-4 组合的下降程度大于 4-3 组合的下降程度; 2-1 组合的下降程度大

于 1-2 组合的下降程度等。为便于讨论,在此以典型的高低音组合 1-3 组合和 3-1 组合的韵律短语为例进行分析。两位发音人在 PP1 和 PP2 上的音高下降趋势分别如图 2 和图 3 所示。

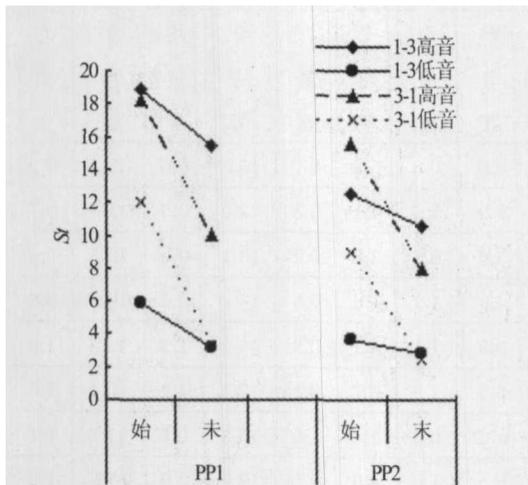


图 2 发音人 M 的 1-3 和 3-1 组合音高下倾趋势

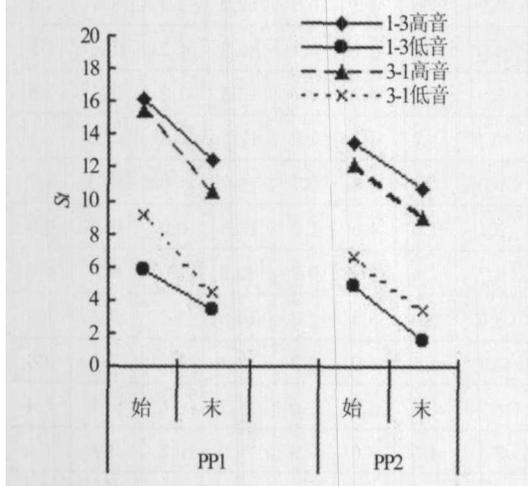


图 3 发音人 F 的 1-3 和 3-1 组合音高下倾趋势

在 3-1 组合的韵律短语中,处于词首的 3 声对其后的 1 声存在正向降低作用,而对其前 1 声的逆向提高作用不大;在 1-3 组合的韵律短语中,处于词末的 3 声对其前的 1 声存在着逆向提高作用,而对其后 1 声的正向降低作用不大。因此,正向降低和逆向提高综合作用的结果使得不论在 PP1 中还是在 PP2 中,1-3 组合句的高音线显著高于 3-1 组合句高音线,这种差别在高音线的末点上尤其显著。而在低音点处于词首位置时的 3-1 组合中,由于受词末高音的逆化作用,使得 3-1 组合的韵律短语低音线始末点都高于 1-3 组合韵律短语低音线的始末点。

对 14 种声调组合的前后两个韵律短语低音线进一步统计分析发现:PP1 低音线起点显著高于 PP2 低音线起点(发音人 M: $t_{(13)} = 11.25^{***}$;发音人 F: $t_{(13)} = 9.58^{***}$);PP1 低音线的末点显著高于 PP2

低音线的末点(发音人 M: $t_{(13)} = 4.17^{***}$;发音人 F: $t_{(13)} = 8.57^{***}$)。两名发音人的结果都表明韵律短语之间存在低音线的音高重置,PP2 低音线起点显著大于 PP1 低音线末点(发音人 M: $t_{(13)} = 6.54^{***}$;发音人 F: $t_{(13)} = 6.50^{***}$)。韵律短语低音线起点变化显著大于末点的变化(发音人 M: $t_{(27)} = 5.36^{***}$;发音人 F: $t_{(27)} = 4.46^{***}$),说明低音线起点的音高变化比末点更自由。并且 PP1 低音线的下倾程度大于 PP2 的下倾程度(发音人 M: $t_{(13)} = 7.77^{***}$;发音人 F: $t_{(13)} = 2.85^{**}$)。

1.5.2 音高特征点在韵律词中的位置对音高下倾线始、末点的影响

分别对处于词首和词末的低音点(即:阳平、上声和去声的最低点)音高值进行平均处理,结果如图 4 和图 5 所示。

由图 4 和图 5 可以看出,相同声调的低音点在韵律词中的位置不同,音高值差别比较大。对词首和词末、短语首和短语末低音点音高值进行两因素方差分析,统计结果表明,在韵律词中所处位置对低音点音高值有显著影响,词首位置低音点的音高值显著大于词末位置低音点的音高值。发音人 M 的“短语

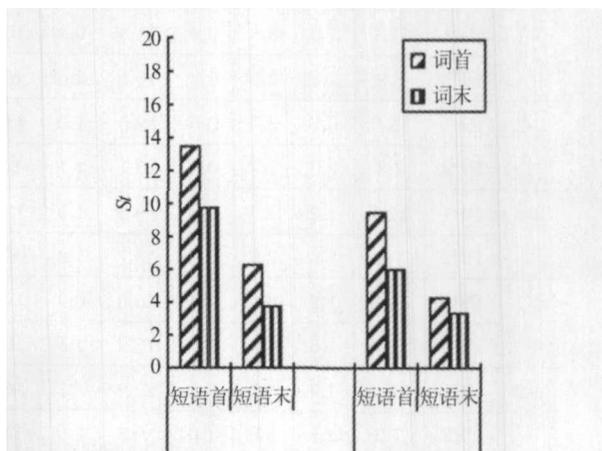


图 4 发音人 M 音高下倾线词首、词末低音点统计

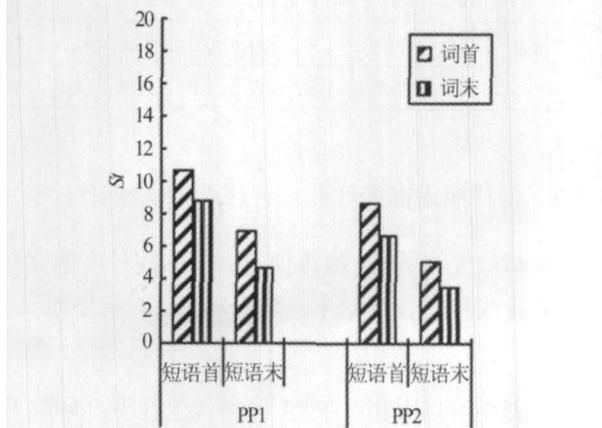


图 5 发音人 F 音高下倾线词首、词末低音点统计

位置”主效应显著(在 PP1 上, $F(1,10) = 420.75^{***}$; 在 PP2 上 $F(1,10) = 298.03^{***}$); “韵律词位置”主效应显著(在 PP1 上, $F(1,10) = 60.82^{***}$; 在 PP2 上 $F(1,10) = 103.45^{***}$); 交互作用主效应不显著(在 PP1 上, $F(1,10) = 0.81, p = 0.39$; 在 PP2 上 $F(1,10) = 1.30, p = 0.25$)。发音人 F 结果的统计分析 with 发音人 M 基本一致。韵律词位置效应的产生,一方面可能是由于不同声调固有低音音高本身存在差别,另一方面还可能是由于汉语词内声调的协同发音的作用,词首声调的高音点和低音点都显著高于词末相同声调的高音点和低音点。

虽然韵律词词首和词末位置上的低音点会由于其前后声调的不同,使得低音点的音高值产生一定的变化,但这种变化显著小于因低音点在韵律短语中位置的不同所引起的变化,即“短语位置”主效应大于“韵律词位置”主效应对低音点音高的影响。

1.5.3 音高特征点在韵律词中的位置对音高下倾线斜率的影响

如前所述,负载低音点的音节所在韵律词中的位置不同会显著影响低音点的音高值,进而影响到低音线的斜率。当低音点分别处于词首和词末时,对低音线的斜率进行分别统计,两位发音人的结果如图 6 和图 7 所示。

由图 6 和图 7 可以看出,韵律短语低音线的下倾斜率与韵律短语长度成反比,在句中处于相同位置的韵律短语长度越短,下倾斜率越大。并且当低音点位于词首时的斜率绝对值显著大于低音点位于词末时的斜率绝对值,即当低音点位于词首时,低音线下倾程度更大,这是由于此时的低音线起点相对较高所致(如图 2 和图 3 所示)。

从以上实验结果可以看出,王安红等^[10]直接将上声音高最低点和去声末点定义为低音点的做法值得商榷。因为低音点所处韵律词的位置会显著影响韵律短语的下倾斜率及下倾程度,因此在确定低音点时除了要考察负载低音点的声调类型外,还应该考虑其所在韵律词中的位置。

1.5.4 韵律短语在语句中的位置对音高下倾的影响

从表 1 的统计结果看,在 14 种组合中,两位发音人韵律短语的音高下倾还表现出明显的“句中位置效应”:即 PP1 的下倾程度大于 PP2 的下倾程度。为了进一步考察这一现象,另外补充了两组语句,分别由最初的 1-4 组合和 4-1 组合的句子转换得来,每种声调组合各 12 句。转换方法是将主谓句式变为“是”字句,以发音人 M 为例,其朗读结果如图 8 和

图 9 所示。

由图 8 和图 9 可以得到:对于相同的名词性韵律短语“大批特殊细菌”来说,当其位于句首时,音高下倾的斜率都比处于句末时的下倾斜率大。因此,

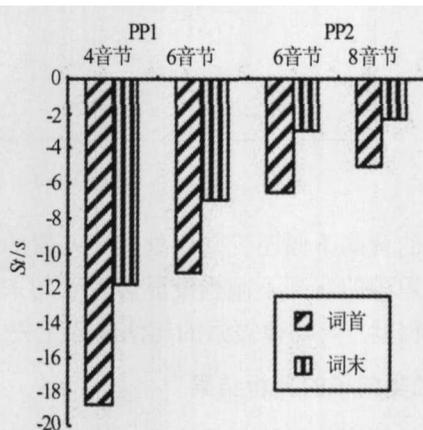


图 6 发音人 M 低音线的斜率

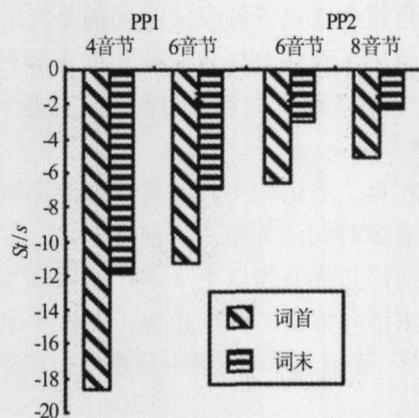


图 7 发音人 F2 低音线的斜率

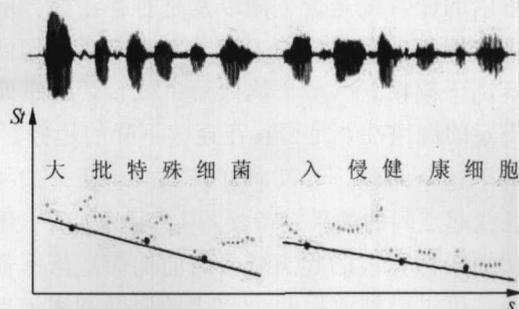


图 8 转换前实验句的音高下倾趋势图

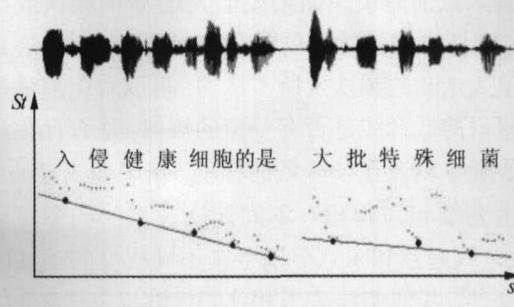


图 9 转换后实验句的音高下倾趋势图

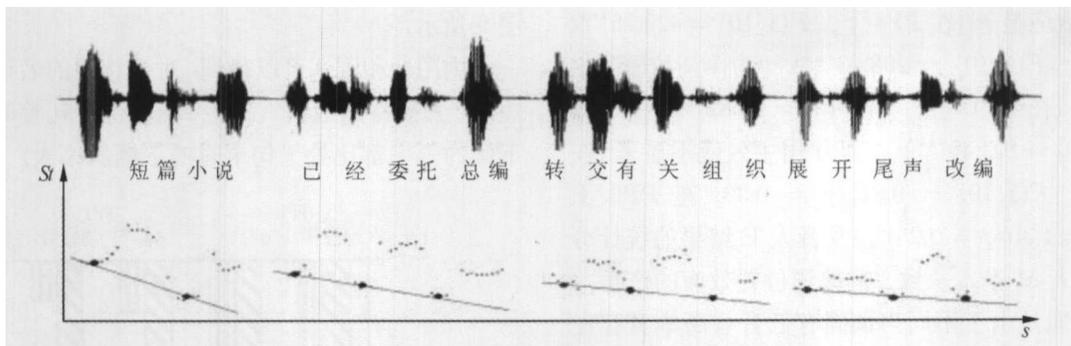


图 10 3-1 组合多韵律短语句的音高下倾趋势图

韵律短语的音高下倾还受其所处句中位置的影响，句首韵律短语的音高下倾程度显著大于句末韵律短语的下倾程度，与韵律短语的句法成分无关。

1.6 第二类句子的分析结果

第二类句子的标注结果表明，语句的韵律结构为包含多个韵律短语的语调短语。与 Tseng^[11] 提出的韵律短语组的音高下倾模式不同的是，所有句子的韵律短语的低音线都呈现出明显的下倾趋势，以发音人 M 的 3-1 组合的句子为例，其音高下倾趋势如图 10 所示。

由于在第二类语句中，前后两个韵律短语边界之间存在着多种句法关系，为便于讨论，首先将不同的韵律短语边界归为以下 4 种：状语和主语之间的边界、主语和谓语之间的边界、谓语 1 和谓语 2 之间的边界（连谓关系的边界）及述语和宾语之间的边界。

当语句中存在多个韵律短语时，除了考察每个韵律短语的低音线是否下倾以及是否存在边界前后的音高重置外，更重要的一点是考察整个语句低音线的音高下倾模式：多个韵律短语低音线的下倾有没有一定的规律性？是否存在连续下降的趋势？

对于这个问题，可以通过研究前后两个韵律短语低音线起点间的关系来考察。具体做法如下：用居后韵律短语低音线的起点减去居前韵律短语低音线的起点，可以得到前后两个韵律短语低音线起点的差值，采用同样方法可以计算出前后两个韵律短语低音线末点的差值。如果差值大于 0 的频次或比例越大，则低音线连续降低的程度越小。因此，通过统计差值大于 0 的频次及所占比例，可以看出前后两个韵律短语的低音线是否有一定的规律、是否存在连续降低的现象以及连续降低的程度，结果如表 2 所示。

由表 2 可以得出：不同句法关系的韵律短语之间，低音线起点和末点分别存在不同程度的连续降低的现象。与其他句法关系相比，状语与主语之间，发生不连续下降的比例较高：主句部分的第一个韵律

短语（主语部分）低音线的起点和末点，会分别高于处于句首的状语低音线的起点和末点。在其他三种句法关系的韵律短语之间，低音线起点发生不连续下降的比例较小，说明低音线起点几乎是依次递降的，而低音线的末点之间的关系则无明显规律性。

以发音人 M 为例，分别对含状语和不含状语句子的 4 个韵律短语的始末点进行统计分析，结果如图 11 和图 12 所示。

表 2 不同句法关系的韵律短语起点差值统计

句法关系	差值类型	发音人 M			发音人 F		
		总频次	低音差值 > 0		总频次	低音差值 > 0	
			频次	比例 %		频次	比例 %
状语 + 主语	起点	23	12	52.2	23	10	43.5
	末点	23	15	65.2	23	9	39.13
主语 + 谓语	起点	60	4	6.7	60	11	18.3
	末点	60	27	45	60	26	43.3
述语 + 宾语	起点	27	0	0	31	8	25.8
	末点	27	7	25.9	31	6	19.4
谓 1 + 谓 2	起点	22	6	27.3	22	7	31.8
	末点	22	9	40.9	22	8	36.4

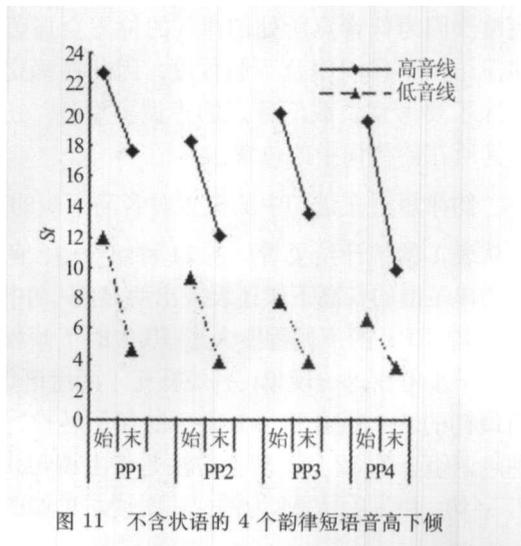


图 11 不含状语的 4 个韵律短语音高下倾

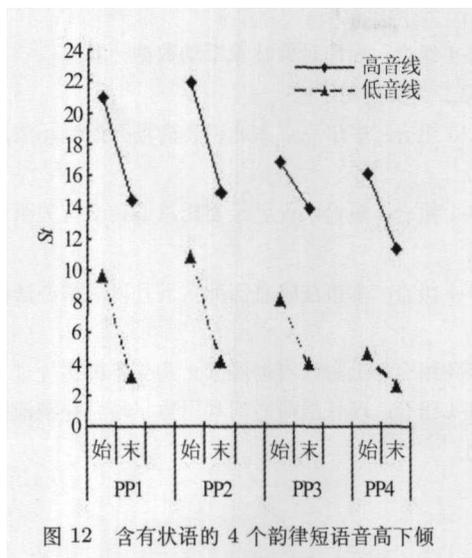


图 12 含有状语的 4 个韵律短语音高下倾

图 11 和图 12 表明: 在主句中, 多个韵律短语之间低音线的起点是依次递降的。这说明在一个句子中, 多个韵律短语之间低音线的下倾是系统性的。句末韵律短语的低音线显著降低, 具有最低的低音线终点, 它会同下一句中处于句首的韵律短语形成句与句之间更突出的音高重置。当主句存在前置状语(图 12 中 PP1) 时, 状语与主句的第一个韵律短语之间, 低音线起点和末点不一定下降, 这可能与句子的语义中心一般不在状语上有关。发生低音线不连续下降的状语多为单纯的“时间状语”, 如: “六月二日”、“九月以后”、“上个世纪末叶”等; 而对于像“次品占领市场不久”、“炸弹爆破过后”等由主谓短语构成的复杂的时间状语, 由于主谓短语内部的重音模式, 使得状语被重读。此时状语与主句第一个韵律短语之间的低音线起点与图 11 没有前置状语的情况相似。

2 结论

本研究采用设计较长的、特定声调组合的实验室语句的方法, 探讨了存在韵律短语边界的语句中低音线音高下倾的规律。通过声学测量、线性拟合及相关统计分析, 得到以下主要结果:

(1) 实验语句呈现出以韵律短语为基本单元的清晰的音高下倾现象。

(2) 韵律短语的低音线会由于负载低音点的声调不同以及低音点在韵律词中的位置不同, 而具有不同的下倾斜率。当低音点处于韵律词词首时, 低音线斜率的绝对值较大。

(3) 韵律短语的下倾斜率与长度成反比, 长度越大, 下倾斜率越小。

(4) 韵律短语的音高下倾程度与它在语句中所处的位置有关, 句首韵律短语的下倾程度显著大于句末

韵律短语的下倾程度。

(5) 当语句中含有多个韵律短语时, 所有韵律短语都呈现明显的下倾趋势。但韵律短语之间句法语义关系不同, 会造成低音线起始点连续降低的程度不同。

以上结果进一步说明了双线语调模型中低音线变化的系统性及规律性。

参 考 文 献

- Chilin Shih. Declination in Mandarin. *Intonation: theory, models and applications*, Proceedings of an ESCA workshop. Athens, Greece, 1997
- Lieberman P. *Intonation, perception, and language*. MIT Press. 1967
- Lieberman M, Pierrehumbert J B. Intonational invariance under changes in pitch range and length. In *language sound structure*. MIT press. 1984: 157—233
- Ladd R. *Intonational Phonology*. Cambridge University Press: 1996: 70—78
- Guessenhoven C. *The Phonology of Tone and Intonation*. Cambridge University Press, 2002: 116—121
- 't Hart J, Collier R, Cohen A. *A perceptual study of intonation: an experimental-phonetic approach to speech melody*. Cambridge University Press, 1990: 121—123
- 沈 炯. 北京话声调的音域和语调. *北京语音实验录*, 北京大学出版社, 林焱, 王理嘉等著, 1985
- 沈 炯. 汉语语调构造和语调类型. *方言*, 1994(3): 221—228
- 王 蓓, 杨玉芳, 吕士楠. 汉语韵律层级结构边界的声学分析. *声学学报*, 2004; 29(1): 29—36
- 王安红, 陈 明, 吕士楠. 基于言语数据库的汉语音高下倾现象研究. *声学学报*, 2004; 29(4): 353—358
- Tseng Chiu-yu et al. Fluent speech prosody: Framework and modeling. *Speech Communication*, 2005; 46: 284—309
- Yi X. Effects of tone and focus on the formation and alignment of F0 contours. *Journal of Phonetics*, 1999; 27: 55—105
- Yi X. Pitch targets and their realization: Evidence from Mandarin Chinese. *Speech Communication*, 2001; 33(2): 319—337
- 黄贤军, 杨玉芳, 吕士楠. 汉语语调降阶的实验研究. *声学学报*, 2007; 32(1): 56—61
- 赵元任. 汉语的字调跟语调. 陈保亚译. 1933, 《赵元任语言学论文集》, 吴宗济等编, 商务印书馆, 2002: 734—749
- 王茂林, 林茂灿, 李爱军. 汉语自然对话音高研究. *声学学报*, 2008; 33(2): 97—101

附录

第一类实验句示例:

1-2 组合: 三排私人高楼包围天然森林公园。

1-3 组合: 欧美钢铁工厂缺少生产资本。

- 1-4 组合: 花卉收入拉动当地区域经济。
- 2-1 组合: 台湾同胞投资南方农村。
- 2-2 组合: 全球能源联盟调节能源格局。
- 2-3 组合: 来访学者集体游览海港美景。
- 2-4 组合: 国共谈判实现国共全面合作。
- 3-1 组合: 广州警方打击走私手枪。
- 3-2 组合: 美俄两国友人抵达海南考察。
- 3-4 组合: 法院总部举办法律理论讲座。
- 4-1 组合: 大批四川技工进军贵州地区。
- 4-2 组合: 贵阳市民畅谈外国见闻。
- 4-3 组合: 上海政府重点治理造纸废水。

4-4 组合: 面向对象技术带动数据计算。

第二类实验句示例:

- 1-3 组合: 中午一点东北钟表商场开始当场清理多种精美商品。
- 3-1 组合: 短篇小说已经委托总编转交有关组织展开尾声改编。
- 3-4 组合: 本市法院总部准备五月以后举办法律理论讲座。
- 4-3 组合: 上海政府彻底禁止购买各种劣等进口电脑。
- 4-4 组合: 现任战略顾问利用数字暗号秘密泄露重要作战计划。