

武鸣壮语双音节声调空间分布研究

潘晓声 孔江平

摘要: 本文以武鸣壮语为例,从音位负担和语音学的角度探讨了双音节声调分类的研究方法。传统的研究方法是从音节的声调具有最小对立的理论出发,研究双音节声调的分布和类型。本文认为以单音节声调的组合形式表示武鸣壮语双音节声调,其调类过多。由于双音节声调的音位功能负担量不同,其中功能负担很小的双音节声调,冗余性较大,已失去声调的功能,调值上也不稳定,它们会进行较大的合并。本文对武鸣壮语双音节声调的声学分布空间进行聚类分析,总结得出双音节声调的实际分布模式,并对这种方法进行了讨论。

关键词: 双音节声调、音位功能负担量、自适应仿射传播聚类

1. 引言

壮语系属汉藏语系壮侗语族壮傣语支,其内部大体可以分为北部方言和南部方言,以武鸣壮语和龙州壮语为代表。武鸣壮语属邕北土语。1957年11月,国务院批准的壮文方案,确定壮语以北壮方言为基础方言,以武鸣为标准音。武鸣县境位于广西壮族自治区中南部,是南宁市辖县,距南宁市区公路里程37公里。全县总面积3366平方公里,按1990年人口普查,壮族占全县总人口86.5%。

赵元任创立了“五度值”用于描写声调调值,为声调的音位学和语言学研究奠定了基础。但这种方法是基于人们对声调的听觉感知和音位结构的处理,用这种方法《武鸣土语》(李方桂 2005)将声调分为6类,若短音节单独算则为9类。《壮语方言研究》(张均如 1999)将其归为6个舒声调和2个促声调,其中每个促声调又分为长元音和短元音两类,总共为10类。上述研究都采用了听辨记音的方法。由于记音人往往不是母语者,又没有做过调类的感知测试实验,很难做到类别准确和调值精准。因此,研究者常常会在文献中看到前人的调查记音的声调与今人调查有所出入。此时则无法确定记音的差别是由音变造成的还是由不同记音者听觉感知的差异造成。

对于此类问题,人们常采用实验语音学的方法,

提取语音实际基频来验证记音的正确性。孔江平(孔江平,2005)的研究以实验语音学的方法提取音节的基频进行分析,将其分为舒声调和促声调。每个促声调分为长元音调、短元音调和变调,并指出武鸣壮语的声调具有稳定的调形和调值,实际的调值和韵母的长短也有密切的关系。促声调的长调和短调调值相同,最终将武鸣壮语分为10个调类,6种调值。这种方法在实际的调值上达到准确,但基本方法还是基于传统语言学方法。目前国内用实验语音学研究声调大都以前人的调类为研究基础,如果研究者对调类的归纳出现了偏差,即便使用实验语音学的方法也无济于事。

音位功能负担(Function Load)的概念最初由布拉格学派提出,表示音位的信息量,指某个音位在一定条件下出现的频率。音位的单位可以是声母、韵母和声调。王士元首次实现了功能负担的计算(Wang 1967),可以用之计算声调的音位功能负担量。《壮语简志》(韦庆稳、覃国生 1980)中指出壮语1调字数最多,4调最少,6调字也不多。每个调字数分布不均匀正好反应了声调的音位功能负担量并不不同。

对于武鸣壮语双音节声调的研究,前人研究主要关注双音节的连读变调。但所有研究都是在双音节声调是单音节声调的线性组合这一假设前提之下进行。武鸣壮语单音节共6种调值,双音节声调的调值可以有36种。本文认为每个双音节声调的音位功能负担量不等。在双音节声调数量很多的情况下,负担量很小的双音节声调,冗余性高,其作为最小对立的功能会逐渐失去,因此其调值变得不稳定,并导致双音节声调合并。因此,在壮语中,单音节声调的音位功能是显著的,以调类为单位进行声调的声学分析和归类是合理的。但双音节声调组合的音位功能已经很弱,调值也很不未定,此时再按调类进行声学处理,就很不合理了。

本文将从实际语音出发,用实验语音学的方法提取武鸣壮语单双音节声调的基频并进行相应的预处理。首先对单音节的基频数据进行聚类,以具有音位功能的单音节声调为基准,验证聚类方法得到

的调类与音位学归纳调类的一致性。在此基础之上对双音节基频进行聚类，研究双音节调类的实际分布。本文认为通过观察所有语音的基频分布空间，并对其进行聚类应有助于对于调类的归纳。

2. 语音材料

本研究在孔江平(孔江平 2005)的研究基础之上进行。一共四位发音人，两男两女，每个词发两遍。语音数据分为单音节和双音节两类。单音节覆盖 6 个舒声调以及 2 个促声调。每个调基本上取 3 个词，共 32 个词，每人共 64 个单音节样本。为使双音节声调的样本覆盖面更可能广且均匀，双音节由单音节调类组合而得，其中促声调的长元音调和短元音调调值相同，故在实际组合时只取一个。双音节共 249 个词组，每人 498 个双音节样本。

语音材料在广西武鸣镇广播站录音室采集，录音软件为 Audition1.5，采样频率为 22050Hz。使用北京大学语言学实验室语音处理平台 SpeechLab 进行语音标志，并使用自相关法提取基频。因为舒声调和促声调成互补分布，因此将舒声调和促声调都时长归一化为 30 个点。

3. 研究方法

研究声调可以通过观察声调拟合曲线的拟合系数实现，也可以直接观察声调的基频数据分布。因为前者数据更少，更简洁，所以人们常常通过分析拟合系数来研究基频。对于双音节声调，如果将前后音节视为一个整体进行拟合，使用低于 2 阶的多项式不易精确表示其调形。如果分别对前后音节进行 2 阶多项式拟合，最终得到 6 拟合系数用于描写一个双音节声调。在拟合系数多于 3 个时，其分布落于高维空间，就不易得到直观的分布图，因此无法通过观察声调曲线拟合系数的分布来了解双音节声调的分布情况。而双音节的基频虽然数据量较大，但不同音节的基频可以画在同一个二维图之中，可以直观的了解其分布情况。因此，本文不对双音节调形进行拟合操作，而是直接观察双音节基频分布。

使用聚类算法对双音节声调进行聚类可以从统计上得到双音节声调的相似程度，并将相似程度高的双音节声调归为一类。传统的聚类算法需要人工指定将数据聚为几类，这增加了聚类结果的主观性。仿射传播聚类(Affinity propagation clustering,

AP) (Frey and Dueck 2007)是2007年在《科学》(Science)上提出的一种新聚类算法,其思想是通过一个迭代循环计算吸引力,以产生m个高质量的类代表和对应的聚类,同时使聚类的能量函数最小化。AP算法有着如下优点:1、不需要指定类别数。2、求得的聚类中心是原始数据中真实存在的,而不是由多个数据点求均值而来。3、多次执行AP聚类算法,得到的结果是完全一致,不需要进行随机选取初值的过程。4、聚类结果误差小,正确率高。因此本文采用AP算法来进行聚类运算。

对于聚类算法而言,参与聚类的数据维数多少对聚类结果的无明显影响。双音节声调的拟合系数与原始基频相比,虽然参数的维数更少,且可以反映基频曲线的形状,但总是会丢失部分信息。因此本文直接针对双音节的原始基频数据进行聚类。

本文首先将2男2女的基频数据按音节作均值,得到消除发音人音域差异之后基频均值数据。然后使用聚类算法分别对每个发音人的单音节基频以及4个发音人单音节基频均值进行聚类处理,以验证对于调类较为稳定的单音节数据,使用聚类算法与传统归纳的方法所得的调类结果是否相同或相近。如果二者一致,则可以说明聚类算法可以较为有效的对声调进行提取调类的处理。本文在此基础之上对武鸣壮语双音节基频数据进行聚类处理,并认为聚类的结果反映了武鸣壮语双音调类的实际分布。

4. 结果及分析

武鸣壮语的舒声调有6种调值,促声调有4种调值。我们将4个发音人,每个单音节调类求均值,得出每个声调的调值,具体如

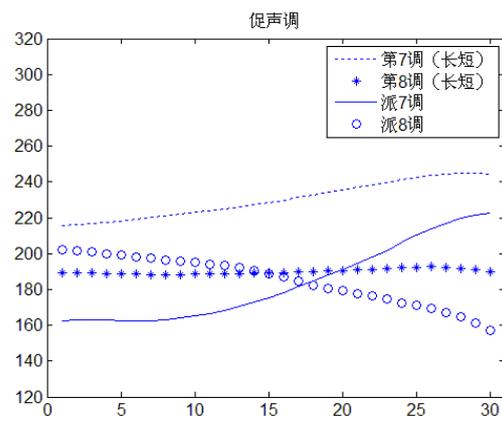


图 1 所示。

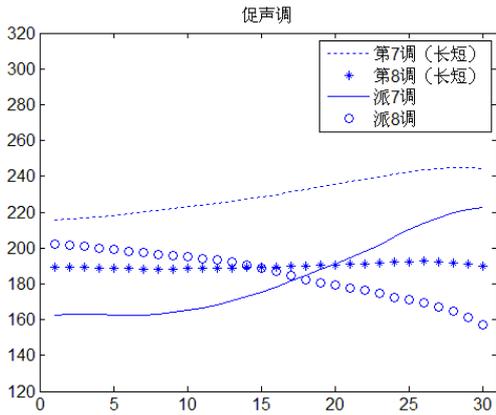


图 1 可以发现武鸣壮语的实际调值和传统方法的记音结果略有不同。本文对每个调类的具体调值同意杨峰(杨锋 2007)研究的结果,即第 1 调的实际调值为 34 而非 24,第 4 调和派 8 调的实际调值为 43 而非 42,第 6 调和第 8 调的实际调值为 44 而非 33。甚至从某种程度上说,5 度制并不足以描写实际调值的分布,比如第 6 调和第 8 调都记为 33,第 3 调和第 7 调都记为 55,但显然它们的调值还存在差异。此时,完全有可能出现人们把第 6 调的样本感知为 55,因为从其基频的分布上看,它更接近第 7 调(55)而非第 8 调(33)。

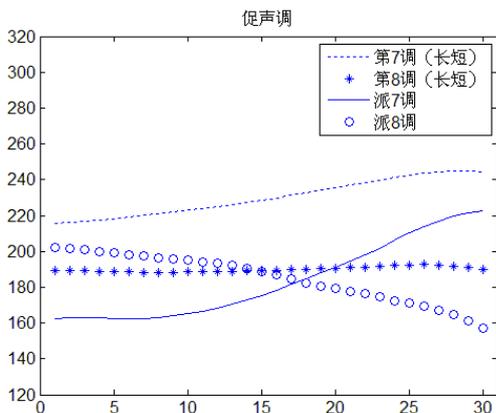
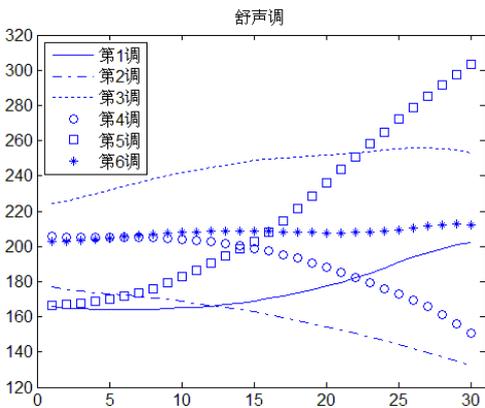


图 1 武鸣壮语单音节声调分布

针对 4 个发音人的单音节基频,其中 3 位聚类结果分为 6 类,每一类的基频分布与传统音位学所归纳的调值正好一致,由此可以说明聚类算法的结果正好与人脑对声调调值的感知结果一致。但其中的 2 号女发音人的基频数据被聚类算法分成了 7 类。经过分析,发现 55 调被分成了两类,这两类的分布具体如图 2 所示。

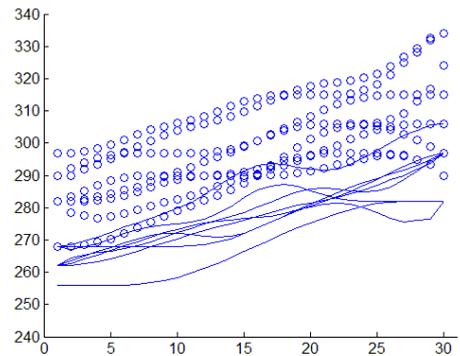


图 2 二号女发音人 55 调的聚类结果
调值为 55 的单音节主要是第 3 调和第 7 调。

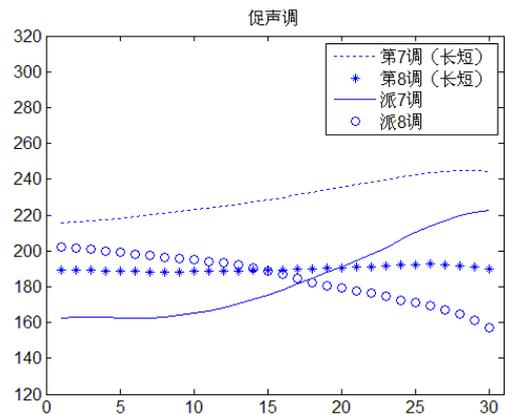


图 1 中,圆圈表示第 3 调,实线表示第 7 调。第 3 调和第 7 调虽然都记为 55 调,但第 7 调的基频要略低于第 3 调。因此,将调值为 55 的声调聚类为两类也有一定的道理。

对 4 位发音人的基频求均值,消除男女差异以及个人特征之后,对基频均值进行聚类,共分成 7 类。其中同样是调值为 55 的第 3 调和第 7 调被聚成了两类。这说明聚类结果受到了 2 号女发音人基频分布的影响。

武鸣壮语单音节共有 6 种比较稳定的调值,聚类算法对于单音节基频的聚类结果与 6 种调值的分布基本保持一致。舒声调与促声调是互补关系,我们在对基频数据进行聚类时将它们二合为一,如果从这个角度考虑,聚类算法甚至自动找出了调值相

同的第 3 调和第 7 调之间的细微差别，其聚类结果与人脑感知的调类一致，因此我们同样采用此算法对武鸣壮语双音节基频进行聚类，以此研究双音节调类的分布。

双音节样本进行聚类，分别得到 24、25、28 和 29 种类别。其中不同主要由个人发音音域、调形等差异造成。对 4 位发音人的双音节基频求均值，消除个人特性之后，共聚为 28 类，具体如

我们共有 498 个双音节样本，对四位发音人的表 1 所示。

表 1 双音节基频聚类结果

后字 前字	1 调	2 调	3 调	4 调	5 调	6 调	7 调	8 调	派 7	派 8
1 调	9 3	1	4 28	5	6 27	7	28 11 24	2 7	/	7
2 调	3	17	4	5	6	7 14	4	7	6 8	3
3 调	9	10	11 24	12	22 23	2 25	11 23	2	9	/
4 调	13	17	19	18	8 27	14	19	14 7	8 27	18
5 调	20	26	28	15 20	22	16	28	11 16	/	/
6 调	13 20	17	19	18	27	14 7	19	14 18 25	/	18
7 调	23 20	10 26	24	15 12	21 22 23	25	24 23	25 16	21	/
8 调	13	17 26	19	18	27	14 29	19 14	18 14 19	27	/
派 7	20	26 10	28	15	22 21	16	28	/	/	/
派 8	8 18	17	/	/	/	14	19	/	27	/

表 1 中数据表示聚类的结果，如果一种双音节声调被聚为多类，则各类之间用竖线分隔。斜杠部分表示没有此类样本。

以第 2 音节对齐，后音节与相应的前音节调值具体分布如

表 2 所示。

表 2 第二音节与第一音节声调配合表

第二音节调类	第二音节调值			第一音节调值							
				22	25	32	45	55			
第 1 调	24			22	25	32	45	55			
第 2 调	31	41		22	32	35	55				
第 3 调	55			23	32	42	44	55			
第 4 调	31	41	51	22	23	25	33	55			
第 5 调	25			22	32	34	45	55			
第 6 调	33	44		22	23	32	43	45	55		
第 7 调	35	44	55	23	32	33	44	55			
第 8 调	33	44	35	22	24	32	33	43	44	55	

派7调	24	25		32	43	44	55			
派8调	32	44	53	33	55					

蔡培康(蔡培康 1987)的武鸣壮语的连接变调规律作了以下总结:标准壮语第1调音节在第1、2调音节和第7、8调(短元音)音节前,变读为第3调;第2调音节在第1、2调和第7、8调(短元音)音节前,变读为第4调;第5调、第7调(长元音)音节,

表1中,可以发现同一个调在作后字调时,其聚类的总数要远少于此调在作前字调时。这正是因为武鸣壮语的连接变调主要表现为前字变调。以1调为例,当其后字为1调时,前字有部分表现变为第3调,还有一部分保持1调不变,因为当前后调

表1中如1调在2调前没有被聚为两类,是因为语音样本覆盖面不够,正好没有选中前字变调的样本所造成的。

对于所有后音节为1调的双音节,我们查看其基频分布,具体如图3所示。

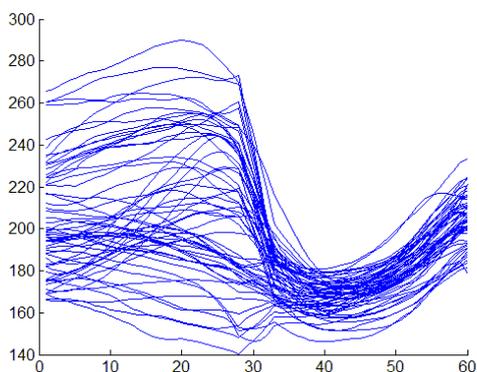


图3 后音节为1调的双音节基频分布图

从图3可以发现,后音节没有发生变调情况,这与连读变调规则相一致。因此,后音节为1调的双音节声调被聚类为几类最终由前字调决定。从单音节的基频分布可知,理论上1调与派7调为同一调值,应归为同一类;3调和7调为同一调值,4调与派8同一调值,6调和8调为同一调值。但从双音节的聚类结果中可知当后音节调值相同时,这些前音节理论上调值相同的双音节并没有被聚为相同的类。在我们已经验证了聚类算法的有效性的前提之下,只可能理论上前音节调值相同的双音节,其前音节的基频调值发生了变化,最终导致理论上调值相同的双音节被聚类为不同的类。通过观察实验的基频,发现很多双音节的前字基频的值发生了变化,所以导致聚类结果与理论值不同。我们此处以

在第5调和第7调音节前,变读为第3调;第6调、第8调音节除在第4调音节前不变调外,其他变读为第4调;第3、4调音节为第2音节时,前一音节不变调。

从都是1调时就被分成了两类。同理,1调在2调、7调和8调(短元音)音节前也会分为高低两类。由此,当前音节是1调时,其聚类总数会远多于后音节是1调的情况,聚类结果正好反映了连读变调现象。而

后音节为1调,前音节分别为1调和派7调的双音节样本为例,具体见图4。图4中实线为前音节为1调,圆圈为前音节为派7调的样本。显然前音节的1调和派7调都发生了变调,故聚类算法最终没有将它们聚为一类。其它双音节声调聚类结果也同样受前音节基频变化的影响,此处不在逐一做图证明。

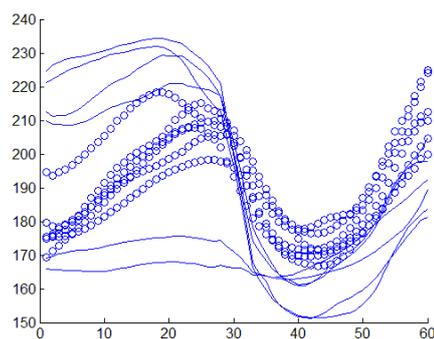


图4 后音节为1调,前音节分别为1调和派7调的双音节基频分布

5. 结论

武鸣壮语的双音节调类数量较多,很难找到完全使用双音节声调为最小对立的词组。因此有些双音节调已经失去了调位的功能。按音位功能负担理论,这些失去最小对立功能的双音节调位功能负担量小,冗余性高,基频不稳定,易发生变化。以此,本文从音位负担的角度指出直接使用调位的概念来处理武鸣壮语的双音节声调的不合理性,并探讨了一种聚类分析的可行性。

若以单音节声调的组合表示双音节声调,则有36种双音节声调。加上连读变调形式的话,双音节声调的总类别数会更多。本文使用聚类算法,最终武鸣壮语双音节声调被分为28类。聚类结果远少于

理论类别数。双音节调类数量的减少的原因是某些双音节调类的实际基频与其它调类相似度很高，在聚类时被归并成一类所造成的。因此本文认为这些被归并为一类的双音节声调中，有些声调发生了变调。

虽然不能说双音节的聚类结果与调类在人脑感知的结果完全一致，但聚类结果反映的是基频的相似程度，相似度高的基频，往往在听觉感知上会比较一致。这一点从单音节的聚类结果上已经得到了证明。因此本文认为聚类结果与人脑感知的结果应比较接近，以感知实验来验证聚类结果将是我们下一步的工作。

参考文献

- Frey, B. and D. Dueck (2007). "Clustering by passing messages between data points." Science **315**(5814): 972.
- Wang, W. S. Y. (1967). "The measurement of functional load." Phonetica **16**(1): 36-54.
- 孔江平 (2005). 武鸣壮语声调的声学研究. 第38届国际汉藏语会议.
- 李方桂 (2005). 武鸣土语, 清华大学出版社.
- 蔡培康 (1987). "武鸣壮话的连读变调." 民族语文 (01): 20-26.
- 张均如 (1999). 壮语方言研究, 四川民族出版社.
- 杨锋 (2007). "武鸣壮语声调声学空间分布的统计分析." 河池学院学报 **27**(003): 74-78.
- 韦庆稳、覃国生 (1980). 壮语简志, 民族出版社.