

# 语句韵律结构知觉\*

杨玉芳

(中国科学院心理研究所 北京 100012)

1996 年 9 月 6 日收到

1996 年 11 月 20 日定稿

**摘要** 以语句音节间知觉距离辨别的心理物理学实验结果为基础,用多维标度分析方法构建语句的韵律知觉结构。根据这些结构,讨论听者利用局部韵律学线索知觉全句韵律结构的能力,以及汉语中句法和语音的界面问题。

PACS 数 43.70

## Perception of prosodic structures of sentences

YANG Yufang

(Institute of Psychology, The Chinese Academy of Sciences Beijing 100012)

Received Sept. 6, 1996

Revised Nov. 20, 1996

**Abstract** The perceptual representation of the prosodic structure of Chinese sentences was constructed statistically by using the method of multidimensional scaling analysis on the basis of the result of a discrimination experiment, in which listeners were asked to compare perceptual distances between two adjacent syllables in each of six sentences. Listeners' ability to resolve levels of prosodic hierarchy and the relationship between the prosodic and syntactic structures were discussed in relation to the perceptual representations.

## 引言

语句结构可以在两个不同的范畴进行分析和描写。用句法分析,得到语句的句法结构;用语音分析,得到语句的韵律结构。关于言语产生的心理语言学理论认为,这两种结构是在语句生成的不同阶段上形成的,二者之间既相互联系,又存在差异<sup>[1]</sup>。

本实验的目的,一是研究在排除句法和语义信息的情况下,听者利用这些声学语音学线索知觉和构建语句结构的能力,特别关心的是听者能分辨出的韵律结构层次。二是根据韵律知觉结构,探讨汉语中句法和语音界面问题。

## 1 研究方法

### 1.1 方法的考虑

为了排除语句句法和语义的信息,真正研究语句结构的知觉问题,没有使用让听者对整个语

\* 国家自然科学基金资助项目

句作标记的方法,而是提供给听者局部的韵律学线索和音段内容,从听者对局部信息的知觉辨别中去构建韵律知觉结构,归纳韵律知觉结构的层次。

根据局部信息构建整体结构的过程,其起点和目标与统计学上聚类分析中的凝聚法相似。因此聚类分析有可能成为研究语句结构知觉的恰当的统计模型,成为本实验设计的基础。张家、等<sup>[2]</sup>曾用这一方法成功地研究了汉语元音和辅音的知觉结构。

为了用统计方法研究语句结构知觉,需要通过知觉实验求得语句中各个音段之间的相关矩阵。我们选择音节间知觉距离作为求相关矩阵的指标。音节间的知觉距离是指两音节的知觉起始点之间的时间间隔。在心理物理学文献中,音节知觉起始点又称为音节的知觉中心。所以,音节间知觉距离实际上是知觉中心之间的距离。选用这个指标的理由是:(1)对汉语语句中句法边界的声学语音学研究以及文献中使用其它语言的研究结果都说明,句法边界等级与边界前音节的时长及其后的打顿时长之间有密切的关系,还和边界音节内部能量分布有关;(2)心理物理学研究结果证明,音节时长、音节内部的能量分布、辅音在音节中的时长比例等因素都是决定音节知觉中心位置的因素<sup>[3]</sup>。因此,音节间知觉距离可以说是表现语句结构的比较理想的指标。

## 1.2 语句的编制

有六个实验句。

1. 校长和老师欢迎凯旋的学生。
2. 飞机播种的草籽在沙漠中生长。
3. 提高经济实力,工业发展是基础。
4. 我知道我不知道的人也许知道我。
5. 小王操纵一架飞机平稳降落在跑道上。
6. 小王操纵一架飞机去执行抢险任务。

## 1.3 实验材料

语句由播音员以播音风格读出,经录音、采样形成样本文件。用 ILS 软件对每个语句的波形进行音段切分,每段包含两个音节及其间的打顿,并通过听觉检验切分部位的准确性。再把切出的音段分别存入刺激文件中。从每个语句得到的音段数目为语句的音节数减一。

图 1 给出六个语句的波形图。

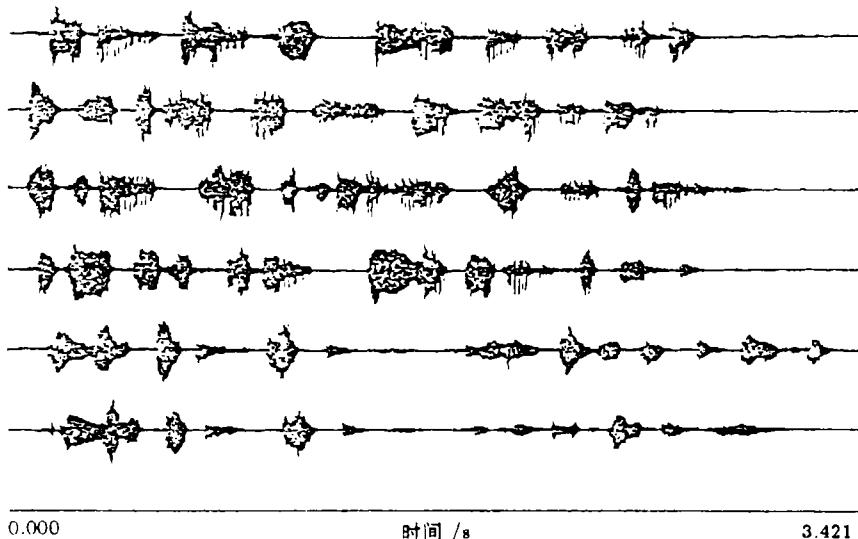


图 1 语句 1 ~ 6 的波形图

### 1.4 实验方法

将每个语句中切出的音段两两进行全排列搭配, 以随机顺序提供给听者。一个语句产生的音段构成一个实验模块。音段间的时间间隔为 800 ms。听者的任务是判断所听到的第一对音节间的知觉距离与第二对音节是否相同。若相同, 按 S 键; 若不同, 按 D 键。判断无把握时, 可以重复听多次。各个语句构成的实验模块出现的次序在听者中做到平衡。完成一个模块约需 20 ~ 30 分钟。听完一个模块, 听者可以休息一段时间。

有 24 名听者参加了实验, 年龄在 18 ~ 35 岁之间, 其中有高中学生和理所职工。听者讲普通话, 听力正常, 无明显耳疾。

## 2 实验结果和分析

实验结果的处理和分析分为以下几个步骤:

1. 把每位听者的数据文件转换成音节间知觉距离混淆矩阵。矩阵中 S 反应用 1 表示, D 反应用 0 表示。如果混淆矩阵对角线上的数值有三分之一以上为 0, 则该矩阵被剔除。用第二组语句作的实验中有 3 名听者的结果被剔除。
2. 把所有听者对一个模块的混淆矩阵中相应元素相加求平均, 得到用混淆概率表示的混淆矩阵。
3. 根据下列公式计算每个语句的音节间知觉距离的相似度矩阵:

$$S_{ij} = \frac{P_{ij} + P_{ji}}{P_{ii} + P_{jj}}$$

其中  $S_{ij}$  为相似度矩阵中第  $i$  行第  $j$  列元素的数值,  $P_{ij}$ 、 $P_{ji}$ 、 $P_{ii}$  和  $P_{jj}$  为混淆矩阵中相应行和列元素的数值。

4. 对相似度矩阵作统计处理时使用了多维标度法 (MDS)。理由是, 它兼有聚类分析和多因素分析的功能。不但可以对所研究的对象进行分类, 而且可以分析决定分类的因素或维度。根据本实验的目标, 目前只作一维的 MDS 分析。
5. 对一维 MDS 分析结果作适当的平移和旋转处理。其目的是使结果具有合理性和可比性。然后, 作韵律知觉结构图。作图时, 句法词作为最低一级结构层次处理。词内部音节间的知觉距离取作 0。

图 2 至图 7 给出了韵律知觉结构图。图中横坐标为音节对, 纵坐标为音节间的知觉距离。

附录给出相似度矩阵。表 1 给出了对 MDS 分析结果作平移处理后的结果以及所作的平移旋转操作。表示操作的符号中, 数值代表平移量, “+” 或 “-” 表示未作或作了反转。

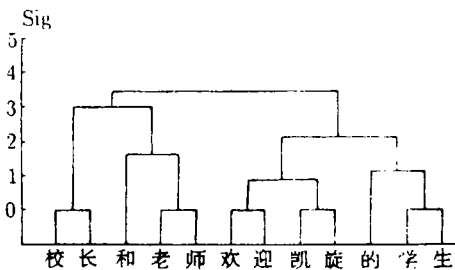


图 2 语句“校长和老师欢迎凯旋的学生”的韵律知觉结构图

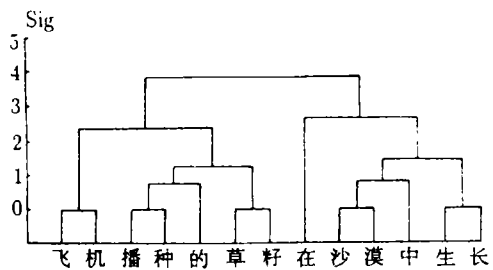


图 3 语句“飞机播种的草籽在沙漠中生长”的韵律知觉结构图

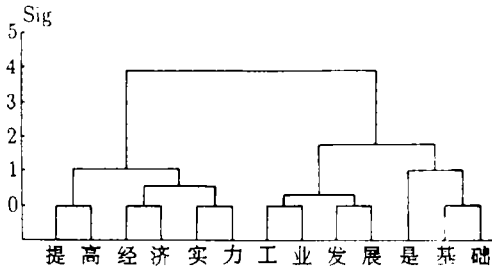


图 4 语句“提高经济实力, 工业发展是基础”的韵律知觉结构图

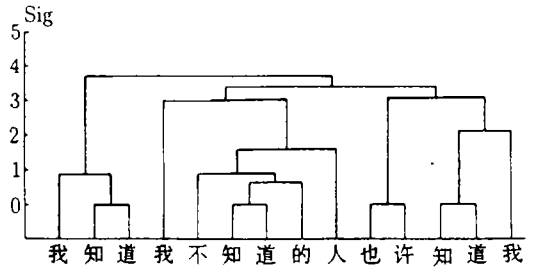


图 5 语句“我知道我不知道的人也许知道我”的韵律知觉结构图

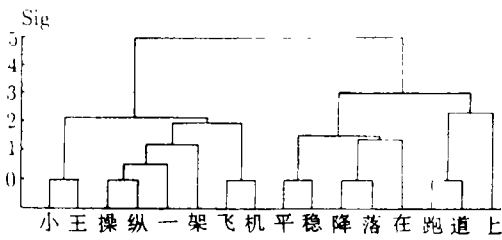


图 6 语句“小王操纵一架飞机平稳降落在跑道上”的韵律知觉结构图

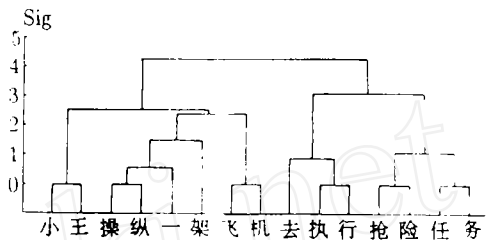


图 7 语句“小王操纵一架飞机平稳降落在跑道上”的韵律知觉结构图

表 1 语句音节之间的知觉距离

音节对 序位	语 句					
	1	2	3	4	5	6
1	0.64	0.55	1.95	0.85	1.78	2.69
2	3.00	1.03	2.38	1.80	2.12	2.32
3	1.66	0.03	0.43	3.68	1.17	1.54
4	0.91	0.39	0.71	3.01	0.49	0.64
5	3.41	1.34	1.20	0.81	1.23	1.48
6	0.63	3.83	3.20	0.95	1.92	2.36
7	0.80	0.62	3.80	0.74	2.65	2.11
8	1.03	0.22	2.71	1.63	4.93	4.32
9	2.17	1.19	1.16	3.40	1.82	0.82
10	2.06	1.72	0.84	2.49	1.44	2.33
11	0.18	0.20	1.48	3.07	1.34	2.03
12		1.11	1.73	1.55	1.41	2.60
13				2.02	2.98	1.13
14					2.45	0.63
15					2.28	
平移旋转处理	1.50-	1.00-	1.80-	2.00-	2.00-	2.00+

### 3 讨论

从听者对各语句中的音节对距离的知觉区分结果, 构建出了语句的韵律知觉结构。这些结构应该说是反映了听者对语句韵律结构的知觉能力。知觉结构的层次包括: 语音词、节奏群、语音短语、语调短语和语句。这些结构层次在知觉结构图中得到十分清楚的反映。

把语句知觉结构与句法结构进行对比, 可以看出二者之间有许多一致和不一致之处。对这些异同进行分析和讨论, 可以对汉语中句法和语音界面问题提供一些有用的信息。

通过对比可以看出, 当句子结构比较简单时, 或者复杂句子中的主语和谓语短语长度比较对称时, 韵律结构的主要边界与句法结构的主要边界是一致的。第三句是由两个十分简单的分句构成的复合句, 它的句法结构和韵律结构完全一致。当句子比较复杂, 而且主谓短语的长度严重不平衡时, 最大的韵律结构边界出现在句子中部的一些不重要的或者说等级不高的句法边界上。这种不一致性反映了韵律结构本身的平衡要求, 反映了它独立于句法结构的一面。

两种结构更多的不一致性出现在短语内部结构上。在第二句的名词短语“飞机播种的草籽”中, “飞机播种的”和“草籽”在句法和语义结构中是相对独立的结构层次。但在韵律结构中, 却是“播种的草籽”先组织成一个结构层次, 再和“飞机”构成一个大的结构层次。在第二句的谓语短语“在沙漠中生长”里, “在沙漠中”和“生长”在句法和语义结构中分别是由介词、名词和方位词构成的状语短语和主要动词, 二者构成语句的动词短语。但在韵律结构中, 先是“沙漠中”构成小节奏群, “沙漠中生长”再构成大节奏群, 最后是“在沙漠中生长”组成语音短语。

通过语句知觉结构和句法结构的分析比较, 似乎可以说, 在汉语中, 韵律结构和句法结构间的关系大体与英语以及其它语言相似。它们既相互联系又相对独立, 既有一致的方面, 又有许多不同之处。但在另外一些问题, 如一致和不一致的具体表现, 各种语言之间肯定存在差异。由于本实验使用的语料十分有限, 不可能就这些问题作更深更细的探讨。

在知觉实验中, 考察了语句中所有音节间的知觉距离, 包括词内部的音节。MDS 分析结果说明, 词内音节间距离有时大于跨词的音节间距离。这是由于当一个词受到强调时, 音节的时长也会增加。这种重读引起的延时是否影响全句韵律结构的知觉呢? 应当说不会的。因为研究证明<sup>[4]</sup>, 两种延时的发音机理和声学语音学表现是不同的。边界前音节延时, 主要是音节后半部分的延时。而重读延时, 主要是音节前半部分, 辅音和元音能量上升时间的延长。两者产生的知觉效果是不同的。此外, 在汉语中, 还有词内部声调基频模式等声学语音学线索, 使得两种延时更加容易区分。这一问题的提出也说明了, 虽然音节间的知觉距离是构建语句韵律知觉结构的比较好的指标, 但决定语句结构知觉的还有其它因素, 特别是声调和语调的作用。语句句法结构对音节声调和句子语调的结构有极其重要的影响。反过来, 音节声调曲线的形状以及语调对音节音域的调节都在一定程度上反映了语句句法结构。当用音节间知觉距离作指标研究语句结构知觉时, 上述因素的作用没有充分地考虑进去。

### 参 考 文 献

- 1 Levelt W J M. Speaking: from intention to articulation. Cambridge, MA: MIT Press, 1989
- 2 张家、, 齐士铃, 吕士楠. 汉语辅音知觉空间初探. 心理学报, 1981, 1: 76—82
- 3 Pompino-Marschall B. On the psychoacoustic nature of the P-center phenomenon. *J. of Phonetics*, 1989, 17: 175—192
- 4 Compbell N. Automatic detection of prosodic boundaries in speech. *Speech Communication*, 1993: 343—354

## 附录

表 1 语句“校长和老师欢迎凯旋的学生”音节间知觉距离相似度矩阵

	校长	长和	和老	老师	师欢	欢迎	迎凯	凯旋	旋的	的学	学生
长和	.3261										
和老	.3864	.2955									
老师	.7872	.4043	.4222								
师欢	.2143	.9762	.3250	.3023							
欢迎	.7778	.2000	.7442	.6957	.1951						
迎凯	.9302	.3721	.7073	.8182	.1026	.7857					
凯旋	.7333	.4889	.6047	.8696	.2195	.7045	.7143				
旋的	.2391	.1304	.5455	.3191	.1905	.4222	.3721	.2444			
的学	.2889	.2444	.7209	.4348	.0976	.3636	.4286	.3636	.5111		
学生	.7447	.2340	.4222	.6875	.0698	.6087	.8636	.7174	.1915	.1087	

表 2 语句“飞机播种的草籽在沙漠中生长”音节间知觉距离相似度矩阵

	飞机	机播	播种	种的	的草	草籽	籽在	在沙	沙漠	漠中	中生
机播	.5938										
播种	.2121	.3636									
种的	.4333	.4667	.8710								
的草	.5806	.5484	.6563	.7931							
草籽	.7576	.3939	.1765	.1290	.3125						
籽在	.1290	.3871	.1563	.2759	.2000	.5625					
在沙	.6667	.7576	.3235	.2903	.5313	.6471	.4063				
沙漠	.8750	.4063	.6364	.5667	.5806	.3636	.1935	.4242			
漠中	.5484	.2581	.7813	.6207	.6333	.3750	.1667	.3125	.8387		
中生	.8182	.5758	.5294	.5161	.5625	.2941	.2188	.3235	.8485	.5938	
生长	.7576	.4545	.4118	.4516	.4688	.4706	.2813	.4412	.6970	.5938	.8235

表 3 语句“提高经济实力, 工业发展是基础”音节间知觉距离相似度矩阵

	提高	高经	经济	济实	实力	力工	工业	业发	发展	展是	是基
高经	.5000										
经济	.7500	.3043									
济实	.8837	.6000	.7872								
实力	.8780	.3953	.4667	.4545							
力工	.2286	.3784	.2308	.1842	.3056						
工业	.9048	.4773	.7826	.5778	.8837	.2703					
业发	.6585	.5116	.7333	.9318	.5476	.1944	.6977				
发展	.8810	.3636	.4783	.6444	.9767	.2162	.6591	.4419			
展是	.5238	.4545	.3043	.4444	.6977	.2703	.5455	.3488	.7045		
是基	.7500	.5217	.7292	.8085	.4667	.2051	.6304	.8444	.4130	.3043	
基础	.7381	.3864	.5000	.5556	.8837	.1622	.6818	.4884	.9091	.7955	.5217

表 4 语句“我知道我不知道的人也许知道我”音节间知觉距离相似度矩阵

	我知	知道	道我	我不	不知	知道	道的	的人	人也	也许	许知	知道
知道	.4468											
道我	.1739	.2444										
我不	.1458	.2979	.6304									
不知	.9149	.4565	.0667	.1277								
知道	.8511	.3478	.1778	.3191	.8261							
道的	.7021	.3261	.1111	.1702	.9565	.8913						
的人	.5106	.8478	.0889	.2979	.6522	.6087	.4783					
人也	.1778	.1818	.9070	.6222	.1136	.1136	.1818	.2045				
也许	.2083	.5532	.3913	.6667	.2340	.2128	.2128	.5957	.4444			
许知	.1489	.3261	.5778	.7021	.1304	.1522	.1957	.4130	.5909	.7021		
知道	.5208	.4468	.0870	.4167	.5957	.5745	.3404	.7872	.3333	.4375	.3191	
道我	.2826	.5111	.0909	.3043	.2444	.3111	.2000	.8667	.3023	.5870	.4000	.5870

表 5 语句“小王操纵一架飞机平稳降落在跑道上”音节间知觉距离相似度矩阵

	小王	王操	操纵	纵一	一架	架飞	飞机	机平	平稳	稳降	降落	落在	在跑	跑道
王操	.6667													
操纵	.4286	.5385												
纵一	.4667	.5000	.7692											
一架	.5000	.4000	.5714	.6667										
架飞	.4667	.5714	.6923	.5714	.6667									
飞机	.5333	.5714	.0769	.4286	.3333	.9286								
机平	.3333	.2857	.3846	.2857	.1333	.1429	.2857							
平稳	.6000	.2857	.6154	.2857	.5333	.8571	.7143	.5000						
稳降	.3125	.7333	.6429	.4000	.7500	.8000	.3333	.1333	.6667					
降落	.2000	.5714	.6923	.9286	.7333	.8571	.2857	.5714	.7143	.6000				
落在	.2667	.4286	.6923	.5000	.6667	.5714	.4286	.0714	.4286	.5333	.7857			
在跑	.4286	.3077	.4167	.3077	.5714	.7692	.6154	.2308	.6154	.5714	.3846	.8462		
跑道	.2500	.3333	.5000	.1333	.3125	.4667	.4667	.2000	.4667	.3750	.2000	.4667	.6429	
道上	.3750	.2667	.2143	.2667	.2500	.5333	.8000	.2667	.6000	.3125	.2667	.4000	.4286	.5000

表 6 语句“小王操纵一架飞机去执行抢险任务”音节间知觉距离相似度矩阵

	小王	王操	操纵	纵一	一架	架飞	飞机	机去	去执	执行	行抢	抢险	险任
王操	.7105												
操纵	.5640	.7948											
纵一	.2499	.4249	.6341										
一架	.6923	.5640	.6749	.6341									
架飞	.7691	.6153	.5999	.2926	.6499								
飞机	.4750	.4499	.3170	.3333	.5365	.6829							
机去	.2857	.1999	.2222	.2432	.1666	.3333	.1621						
去执	.4499	.3750	.4877	.5000	.6341	.2926	.2380	.2972					
执行	.8157	.8421	.5641	.4499	.6923	.8461	.5750	.3714	.5249				
行抢	.5853	.5609	.4285	.3255	.4285	.5476	.4650	.3157	.4186	.6585			
抢险	.7436	.5640	.5500	.4146	.4499	.7750	.7316	.1944	.4146	.6667	.5952		
险任	.2999	.3249	.4634	.4523	.6341	.6341	.5000	.3243	.5000	.3750	.4418	.4146	
任务	.4210	.3684	.6666	.4750	.8205	.5128	.7749	.8569	.4499	.3421	.2926	.3846	.5499