

论元音发音中的舌腭配合机制

胡方

中国社会科学院语言研究所语音室
hufang@cass.org.cn

摘要*

本文用电磁发音仪分析宁波方言十个元音在发音时的舌、腭位置信息，结果发现，二位发音人在元音发音中倾向于使用不同的发音策略。大致上说，发音人一更多地倾向于使用腭位的区分来对不同高度元音之间相似的舌位进行策略性的“补救”，反之亦然；而发音人二则相对较齐整地运用舌、腭协同，高腭位往往与高舌位相伴随。

1 引论

在言语发音中，舌、腭一般认为是可以相对独立地控制的。一个极端的例子是，同样发一个元音[α]，可以张大嘴巴（低舌位、低腭位），也可以尽量不张开嘴巴（低舌位、高腭位）。当然在自然的语流中，低舌位往往伴随着低腭位，反之亦然。在发音模型研究中，Lindblom & Sundberg（1971）将腭位作为模型中的一个独立控制体，在语音学上，他们认为腭位与元音开合（vowel openness）相关联。在实际语言的发音研究中，语音学家也经常发现不同的发音人可能使用不同的腭位控制方式，比如 Kent & Moll（1972）就曾报告说，在他们的两个美国英语发音人中，其中一个发音人的腭位是积极配合舌位的，也就是说，低元音，低舌位、低腭位，高元音，高舌位、高腭位，而另一个发音人的腭位动作却不大明显。一般来说，发音中的舌、腭配合是由说话人控制的一种协同机制，它反映了说话人在实现某个声学目标时所采用的发音策略。但是，在某些语言中，不同的舌腭互动也可以具有语言学上的意义。比如，Wood（1975）在检验了以往西方语言如英语的元音的X光照片发音研究后发现，同是长元音的[i ε]具有相似的舌位，但是腭位却不同，而长元音[i]却与其相应的短元音[i]拥有相似的腭位，但是舌位却不同。因此，研究言语发音中的舌、腭配合机制能够有助于我们理解发音时不同发音器官之间的协同关系，以及说话人所采取的发音策略。

本文用电磁发音仪（electromagnetic articulograph）采集了宁波方言元音发音中的各发音器官位置数据，进而检验宁波方言元音发音中的舌、腭配合机制。下文首先介绍宁波方言的元音，然后介绍本文的研究方法，接

着讨论研究结果，最后是结论。

2 宁波方言的元音

宁波方言有十个在（辅）元，即(C)V位置对立的舌面口元音，[ɿ ʏ ʨ ʋ ɛ ɔ ɐ ɑ ɔ ʊ]。除此之外，还有两个出现于喉塞尾前（即：入声音节中）的短元音，[α(ʔ) ɔ(ʔ)]，两个出现于舌尖前（alveolar）擦音或塞擦音后面的舌尖元音（apical vowels），[ɿ ʏ]，以及两个鼻化元音，[α ɔ]。另外，/α/在鼻尾前面变体为央元音[↔]。本文只讨论十个舌面口元音。图1是宁波方言十个元音的声学分布图（基于十个男性发音人的均值），图中横轴显示元音的第二共振峰值，纵轴显示元音的第一共振峰值，坐标的原点位于右上方。轴上的标度虽然是赫兹值，但刻度关系已经转化为Bark，而且，纵轴刻度是横轴的两倍，以加强第一共振峰在元音感知上的重要性，这样，元音的分布更符合听觉结果。如图所示，宁波方言区分四层元音高低，结合元音前后，可以概述为：[ɿ ʏ ʨ]为前、高元音，[ʊ]为后、高元音，[ɛ ɔ]为前、半高元音，[ɔ]为后、半高元音，[ɐ]为前、半低元音，[ɑ]为后、半低元音，而低元音[α]并不区分前后，居于央的位置（关于宁波元音声学分析的细节，参见胡方，2003a）。

图2显示了其中一个发音人（也是本文使用的第一个发音人）十个宁波元音的发音舌位图（关于宁波元音舌位的分析细节，可以参见胡方，2003b、2003c）。每个元音的舌位由三个采样点组成，舌背（Tongue Dorsum）、舌中（Tongue Mid）、舌尖（Tongue Tip），在图中用该元音的国际音标表示，并各自用线条相连接。在图中，发音人面向左，也就是说，左面的点是舌尖位置，中间是舌中位置，右面是舌背位置；图中上方的曲线是发音人的上腭示意图。从图中我们可以看到，元音的前后大致是可以和舌位的前后相关联的：前元音舌位靠前，舌中部位不同程度地接近硬腭，形成发音点；后元音的舌位靠后，舌背不同程度地向后方举起，大致在软腭（velum）或更后的位置形成发音点；而低元音居于中间略偏后位置，暗示了其发音点是在更后的咽腔内（pharynx）。而同时也可以看到，元音的高低并不如人们所期望的那样与舌位高低有明显的关联，五个前高、半高元音[ɿ ʏ ʨ ɛ ɔ]的舌位拥挤在一起，后高、半高元音[ʊ ɔ]的舌背位置也类似。下文我们就着重讨论十个宁波方言元音发音中的腭位信息，以及其与舌位的协同关系。

* 第六届全国现代语音学学术会议论文，2003年10月18-20日，天津。

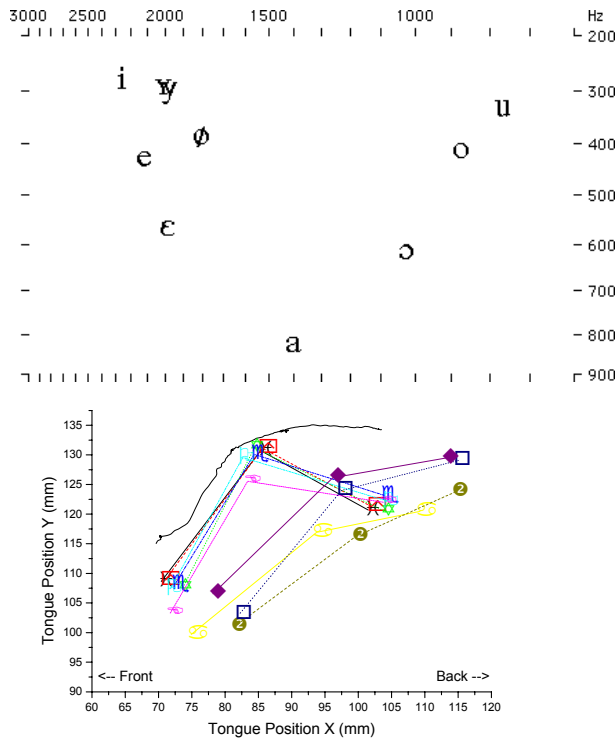


图 1: 宁波方言元音声学分布图 (单位: 赫兹)。

图 2: 宁波方言元音舌位图 (单位: 毫米)。

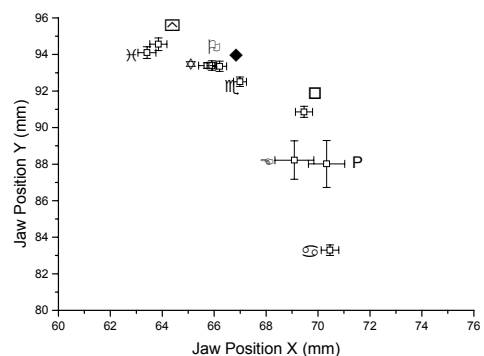
3 研究方法

本文用电磁发音仪 (electromagnetic articulograph, Carstens AG100 系统) 采集发音数据 (关于电磁发音仪的一般工作原理及方法论之细节, 可以参见: Perkell 等, 1992; Hoole, 1996)。两位宁波发音人参与了本研究, 其中第一位也是参与了先前声学研究的发音人一, 另一位是作者本人, 实验在香港城市大学语音实验室进行。在实验中, 五个传感器沿矢状平面中线分别粘在发音人的 5 个发音点上: 下唇 (Lower Lip)、下齿龈脊 (the gum ridge at the lower teeth, 即: 下颚)、舌尖 (Tongue Tip)、舌中 (Tongue Mid)、舌背 (Tongue Dorsum)。实验使用包含目标元音的有意义的单音节词作为测试词, 并将之放在一个载体句中, 每个测试词重复五遍。所采集的发音数据用 Carstens Winpack 中的软件进行分析 (关于具体的实验设计、步骤、以及分析细节, 可以参见: 胡方, 2003b)。本文着重分析所采集的颞位数据, 以及颞位数据与舌位数据之间的关系。

4 实验结果与讨论

实验所得二位发音人的颞位信息的均值, 以标准差作为误差条 (error bar), 显示于横坐标为“颞位 x”、纵坐标为“颞位 y”的笛卡尔坐标系中, 如图 3 所示。从图中可以看到, 两个发音人的颞位材料并不完全一致。

发音人二的材料相对比较整齐, 颞位高低与元音的高低密切相关: 高元音 [i ʏ u] 具有最高的颞位; 半高元音 [ε o o] 次之; 半低元音 [E ɔ] 再次之; 而低元音 [α] 则拥有最低的颞位。唯一的例外是高元音 [ʏ], 它没有与它拥有相似舌位高度的其它前高元音归为一类, 而是和半高元音具有类似的颞位高度。在发音人一中, 颞位高低的情况相对复杂。高元音 [i ʏ] 还是占据最高的颞位位置; 低元音 [α] 也还是处于最低的颞位位置; 半低元音 [E ɔ] 也组成了它们次低的颞位位置, 与其它元音很好地区分开了。但是, 另两个高元音 [u ʏ] 和半高元音 [ε o o] 的颞位分布似乎显得有些杂乱无章。然而, 如果我们将前、后元音分开来看, 那么, 其间还是具有一定的规律性。前、高元音 [ʏ] 与前、半高元音 [ε o] 归在了一起, 组成次高颞位位置。而同时, 后、高元音 [u] 也在次高的颞位位置, 相应地, 后、半高元音 [o] 处于一个低于 [u] 而高于 [ɔ] 的颞位位置, 这说明, 就颞位高度而言, 前、后元音在发音人二中各成系列, 大致上说, 后高、半高元音要比相应高度的前元音低一个颞位等级, 这也是两个发音人的最主要不同之处。两个发音人的相同之处有两点需要指明: 一是除 [ʏ] 之外, 前、高元音与前、半高元音都属于不同的颞位高度等级, 也就是说, 拥有相似舌位高度的前、高元音与前、半高元音 (尤其是在发音人一中) 正是因为这颞位高度的不同, 才得以在声学上显示了它们之间的不同, 而这也与以往英语的研究是一致的 (如 Wood, 1975, 见引论中略述); 二是高元音 [ʏ] 在两位发音人中都与半高元音归在了一起, 也许正因为如此, [ʏ] 的颞位比其它前、高元音略低, 所以在以往的吴语研究者中, 将之描写成了次高元音① (如 Chao, 1928)。



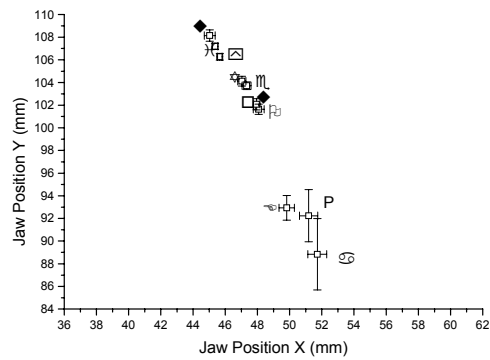


图 3: 宁波元音顎位图 (单位: 毫米)。左: 发音人一;
右: 发音人二。

上面我们已经提到, 音系 (或者说是音位) 意义上的元音高低与元音发音上的舌位高低、顎位高低拥有比较复杂的关系, 比如前、高元音与前、半高元音在发音上拥有相似的舌位高度, 但能够用不同的顎位高度进行区分, 而且, 两个发音人在舌、顎发音上也相对地存在着不同之处。下面我们将具体检验元音发音中舌、顎之间的配合关系。我们用元音顎位位置的原始纵轴数据作为顎位高低指标, 并将之作为新坐标的横轴, 用元音发音中舌中位置的原始纵轴数据作为舌位高低指标②, 并将之作为新坐标的纵轴, 这样, 就得到了一个舌、顎高低关系的坐标, 如图 4 所示。不过需要注意的是, 相对于相应的前元音而言, 由于后元音永远具有较低的舌中位置, 因此, 在舌位高低上, 分析中应该适当地区分前、后元音系列。

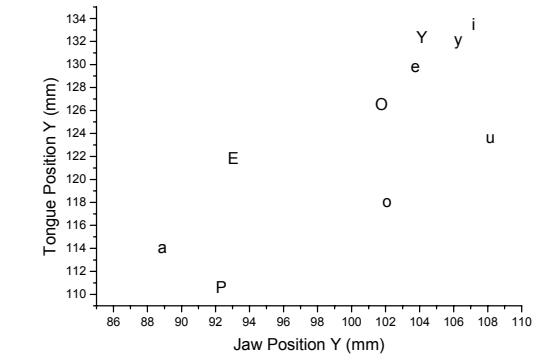
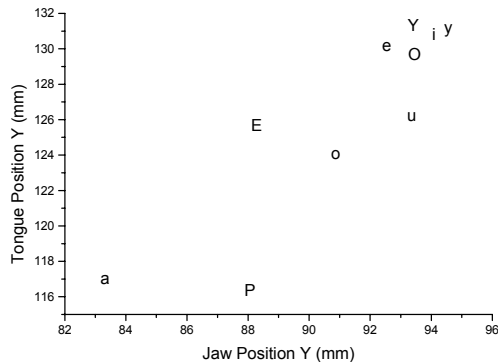


图 4: 宁波元音舌顎配合关系图 (单位: 毫米)。左: 发音人一; 右: 发音人二。

从图中我们可以非常直观地看到, 三个后元音 [ɔ o u] 可以很好地相互区分舌位高低和顎位高低: [u] 最高、[ɔ] 最低、[o] 在中间。但如果将低元音 [α] 也一起进行解释, 问题就有些复杂: 在发音人一中, [α] 和 [ɔ] 在图中具有相似的舌位高度, 而在发音人二中, [ɔ] 的舌位明显地低于 [α]; 不过, 共同之处就是在二位发音人中, [α] 的顎位都低于 [ɔ]。在前元音中, 半低元音 [E] 最容易与其它元音区分, 不管就舌位、还是顎位而言。但其它前元音, 也即是前高和半高元音, 情况就非常复杂。比如在发音人二中, 圆唇元音总是比相应的非圆唇元音具有略低的顎位, 而且, 圆唇元音同时也具有相对略低的舌位。但这种关联关系在发音人一种并不存在。相反, 在发音人一中, 半高不圆唇元音 [ɛ] 的顎位明显地要低于相应的圆唇元音 [O], 这样一来, [ɛ] 与高元音 [i] 之间的差距就拉大了。正如我们前文所指出的, 同时也可以从图 4 中看到, 在发音人一中, 元音 [ɪ ɛ] 拥有相对接近的舌位高度。因此, 材料显示, 发音人一是有意的运用顎位的高度来区分 [ɪ ɛ]。换句话说, 在发音人一中, 元音高低没有在舌位高低中反映出来, 却用顎位高低进行了区分。总体上讲, 对于前高和半高元音之间的区分, 发音人二的舌、顎协同材料比较清晰。除了圆唇、非圆唇元音之间的区别之外, 两个不圆唇元音 [ɪ ɛ] 之间的顎位、舌位区分也相对地较为明显; 同样的区分也见于高圆唇元音 [ʊ ʊ] 与半高圆唇元音 [O] 之间。而纵然 [ʊ ʊ] 拥有相似的舌位高度, 它们也可以用不同的顎位来进行区分。而发音人一舌、顎协同的使用则显得十分节俭。除了 [ɪ ɛ] 仅用顎位区分, [ʊ ʊ] 的舌位也类似, 而仅用顎位进行区分。有意思的是两个圆唇元音 [ʊ O] 又拥有相似的顎位, 而仅用舌位进行区分。

5 结论

总之, 材料显示, 二位发音人倾向于使用不同的发音策略, 顎、或舌、或两者, 来达到一致的结果, 即: 在声学输出上, 在不同的元音之间形成足够感知距离的

区分。大致上说，发音人一更多地倾向于使用顎位的区分来对不同高度元音之间相似的舌位进行策略性的“补救”，反之亦然；而发音人二则相对较齐整地运用舌、顎协同，高顎位往往与高舌位相伴随。结论支持 Johnson 等（1993）在他们文中结束时所作的假设：言语自动系统（speech motor system）的指令决定于声学、或者听觉之输出目标的控制，而非直接控制具体的发音动作（articulatory gestures）。一如我们在文中所指出的，发音人一的[ɪ ε]拥有相似的舌位，因此两者的顎位不同就要得到执行，才能够确保元音在声学输出上能够有足够的不同。而发音人二所展示的相对齐整的元音之间的顎位区分信息则可以理解为其相对齐整的舌位区分信息的伴随物。最后需要指出的是，在图 3 中可以发现，二位发音人中的所有元音中，只有低元音和半低元音的顎位数据具有较大的样本间变异（token-to-token variations），这是因为低元音与半低元音之间，以及半低元音与其它元音之间的顎位距离比较大，这同时也说明，发音上的顎位目标并不需要被准确实现，至少对这几个元音来说。

附注：

- ① 我们的研究结果显示，[ʏ]是前高圆唇元音，而不是次高元音，虽然我们还是沿用原来的音标。它与另一前高圆唇元音[ʊ]的不同在于圆唇方式：[ʏ]为垂直圆唇，[ʊ]为水平圆唇。具体参见拙文：2003c。
- ② 用舌中采样点作为所有元音的舌位高低指标是合理的，因为在元音舌位的平行因子分析中证明，元音的高低可以用舌体向硬腭的上举度来进行量化、模拟。具体参见拙文：2003b、c。

参考文献

- Chao, Yuen-Ren. 1928. *Studies in the modern Wu-dialects*. Peking: Tsing Hua College Research Institute.
- Hoole, Philip. 1996. Issues in the acquisition, processing,

reduction and parameterization of articulographic data. *Forschungsberichte des Instituts für Phonetik und Sprachliche Kommunikation München (FIPKM)* 34, 158-173.

- Hu, Fang. (胡方) 2003c. An acoustic and articulatory analysis of vowels in Ningbo Chinese. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*. pp. 3017-3020. Barcelona.
- Johnson, Keith, Ladefoged, Peter, and Lindau, Mona. 1993. Individual differences in vowel production. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94, 701-714.
- Kent, R. D. and Moll, K. L. 1972. Tongue body articulation during vowel and diphthong gestures. *Folia Phoniatrica*, 24, 278-300.
- Lindblom, B. F. and Sundberg, J. 1971. Acoustical consequences of lip, tongue, jaw and larynx movements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 1166-1179.
- Perkell, J., Cohen, M., Svirsky, M., Matthies, M., Garabieta, I. and Jackson, M. 1992. Electro-magnetic midsagittal articulometer (EMMA) systems for transducing speech articulatory movements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 3078-3096.
- Wood, Sidney. 1975. Tense and lax vowels – degree of constriction or pharyngeal volume? *Working Papers*, 11, 109-134, Department of Linguistics, Lund University.
- 胡方, 2003a, 宁波方言元音的声学语音学研究。第三届国际吴方言学术研讨会，复旦大学，3月28-30日。
- 胡方, 2003b, 电磁发音仪与宁波方言的元音研究。将见于《当代语言学》语音学专辑。

ON THE TONGUE-JAW COORDINATION IN VOWEL PRODUCTION

Fang Hu

Institute of Linguistics, CASS

ABSTRACT

This paper explores the tongue-jaw coordination in Ningbo vowel production. Acquired EMA data show that the jaw height is, by and large, positively correlated with vowel height. However, different speakers may use different articulatory strategies. In general, Speaker 1 tends to use

the jaw height difference to compensate for the little tongue height difference in certain dimensions of vowel production, and vice versa; whereas Speaker 2 exhibit a comparatively neat pattern of tongue-jaw coordination, namely the higher the tongue, the higher the jaw.