普通话鼻化元音的研究

方强　李爱军

中国社会科学院语言研究所
fq0237@yahoo.com.cn　liaj@linguistics.cass.net.cn

摘要

在普通话包含鼻音的音节中，由于音节内协同发音，元音不可避免地受鼻音的影响。本文主要研究单音节中鼻声母和鼻尾对其相邻元音的影响。主要考察在受鼻音影响元音的鼻化以及对鼻化的量化。我们对元音部分进行 FFT 变换得到语谱，在语谱中量取 P0（250 Hz 左右的谱峰的能量）、A1（第一共振峰范围内最强谐波的能量）、P1（1000Hz 左右能量最强的谐波）、P2（2500—3000Hz 范围内共振峰的能量）。分别采用 A1-P0,A1-P1,A1-P2 作为量化元音鼻化程度的参数，考察了对于不同的元音/a/、/i/、/u/其被鼻化的表现方式的差异。元音鼻化后在 250Hz 附近出现弱的鼻音共振峰，1000Hz 与 2000Hz 之间出现几个能量较弱的谱峰。对于元音/a/,A1-P0 的值鼻化后与鼻化前相比均一致减小；对于元音/i/,A1-P1 的值鼻化后与鼻化前相比均一致减小；对于元音/u/,A1-P2 的值鼻化后与鼻化前相比均一致减小。

1 引言

普通话中有鼻声母/m/、/n/和鼻尾/n/、/ng/。他们与不同的元音组合形成鼻音音节。在实际发音时，由于小舌的动作比较缓慢，他通常在除阻后（成阻前）一段时间内没有完全关闭（Fujimura,1961）。这使得在除阻后（成阻前）的一段时间内，鼻通路和声道发生耦合,形成一个带有支管的声管。这样使得元音的声谱中出现一些额外谱峰和低谷，元音发生了鼻化。

前人主要是从 3 个角度研究鼻化元音：调音、声学和感知。从调音的角度研究鼻化元音，主要是通过成像的方法获取小舌的张合程度及声道的几何尺寸，根据获得的数据判断声道的耦合程度并且求出声道传递函数，建立鼻化元音的数学模型。从声学的角度研究鼻音，主要是利用声学和空气动力学信号获取小舌张合程度的数据，借以判断鼻化程度的强弱。这种方法要测量的数据包括鼻腔内气压、鼻腔内的振动、鼻流和声学信号的频域分析。这种频域分析是为了反映鼻腔的情况，主要包括更大的总的表面积和鼻侧的鼻窦和鼻腔的耦合情况。本文的研究主要是对声学信号进行频率分析，比较鼻化前后元音的声谱得出量化元音鼻化程度的声学相关物。

Delattre 认为第一共振峰能量的降低是元音鼻化的主要线索（Delattre，1954）。Fant 也得到的相似的结果，并且指出这是鼻音的最一致的特征。House 和 Stevens 观察到当小舌下垂很大时，第一共振峰的能量会降低并且在 1000Hz 左右出现一个谱峰，同时在 700Hz—1000Hz 的范围内会出现一个反共振峰(House and Stevens, 1956)。理论上来说，元音鼻化后在略高于第一共振峰的地方产生一对零极点（Fant，1960）。有研究表明，元音鼻化后会在 F1 的范围内引入一个极点，而零点的位置依赖于元音的音色（Hawkins and Stevens，1985）。Maeda 在对真实声道模型的声学模拟的基础上，对由于鼻腔耦合产生的声谱变化做了系统的研究。他认为鼻化程度越大，由鼻音共振峰引起的 F1~F2 之间的能量分布越均匀，所以频谱显得更平缓（Maeda，1982b）。Huffman 在他的研究中发现鼻音的极点出现在 600Hz~1000Hz 这个范围内，而零点的位置比极点高 200Hz~300Hz（Huffman，1990）。额外的零极点对对 F1、F2 的影响不同，这主要依赖于元音的共振峰的位置。Fujimura 发现元音鼻化后在 250Hz 左右产生一个能量较弱的共振峰，500Hz 附近产生一个零点，在两个共振峰之间出现一些能量较弱的谱峰（Fujimura，1958），并且发现在第一共振峰下也存在一对零极点（Fujimura and Lindqvist，1971）。

为了从既得的语音信号中分析鼻化得程度，Maeda 提出了两个参数 N1（第一共振峰位置），N2（第一共振峰位置），用 N2-N1 作为量化元音鼻化的声学相关物，结果只是对元音/a/和/i/有效。Marilyn Y. Chen 在他的研究中测量了 A1、P0、P1（1000Hz 左右能量最强的谐波）三个参数，并且使用 A1-P0，A1-P1 作为量化元音鼻化的声学相关物，但 A1-P0，A1-P1 在后高元音/u/鼻化前后的差异并不明显。在本文中，我们引入了另外一个声学参数 P2（2500—3000Hz 范围内共振峰的能量），并使用 A1-P0，A1-P1，A1-P2 作为量化元音鼻化的声学相关物，取得了比较好的效果。

2 材料

本文从社科院语言所语音室录制的单音节库 SCSC 中选取 3 个男发音人的录音材料。录音材料的采样频率为 16KH，量化精度为 16 位。我们从这 3 个人的录音中选取了音节/a1/、/ma1/、/na1/、/an1/、/ang1/、/yi1/、/mi1/、/ni1/、/yin1/、/ying1/、/wu2/、/mu2/、/nu2/作为分析材料。

3 方法

我们选用不同的元音考察元音鼻化后声谱在不同频段的表现。考察低频段的表现时我们使用包含元音/a/的含鼻音音节；考察 1000Hz~2000Hz 范围内元音鼻化的表现时我们使用包含元音/i/的含鼻音音节；考察 2000Hz 以上元音鼻化的表现时我们选用包含元音/u/的含鼻音音节。

从鼻音与元音的交界点开始向元音部分，以基音周期为基本单位，使用矩形窗把语音信号切取出来做 FFT 变换。为了保证信号在频率域内的分辨率，我们在截取

信号时取图 6 个基音周期作为截取信号时的时间长度，每次窗口移动 3 个基音周期。在信号的谱中分别量取 P0、A1、P1、P2 的值。

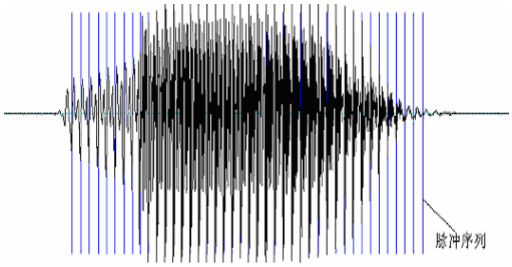

图 1：信号截取示意图。图中两条竖线之间的距离为该信号的基音周期

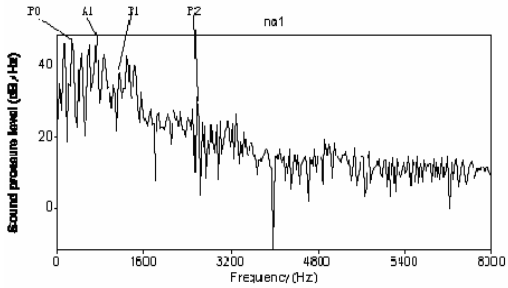

图 2：参数量取示意图

4 结果

为了体现鼻化在各个频段的表现我们把/a/、/i/、/u/鼻化后的部分与鼻化前部分的语谱作对比。我们可以看到元音/a/鼻化后在 250Hz 附近能量比鼻化之前加强了，在 1000Hz 以上与鼻化前基本上差别不大。元音/i/鼻化后

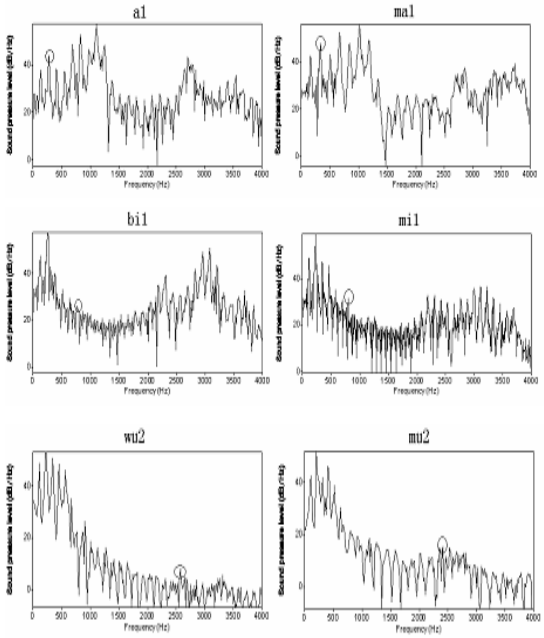

图 3：原因鼻化后的频谱表现

250Hz 附近谐波的能量与鼻化前基本上没有差别，只是在 1000Hz 与 2000Hz 之间出现几个能量较弱的谱峰。元音/u/后 2200Hz 以下与鼻化前没有显著差别，但第三共振峰能量与鼻化前相比有显著增强。

元音鼻化后在频率域的表现与元音的音色密切相关，随元音音色的不同而不同。图 4、图 5 和图 6 分别是元音/a/、/i/、/u/鼻化前和鼻化后 A1-P0、A1-P1、A1-P2 的比较。其中 A1、P0、P1、P2 均是从含有鼻音的音节中最靠近鼻音的那一段语音信号的谱中量取。而非鼻音音节的 A1、P0、P1、P2 则量取相应位置的谐波的能量。

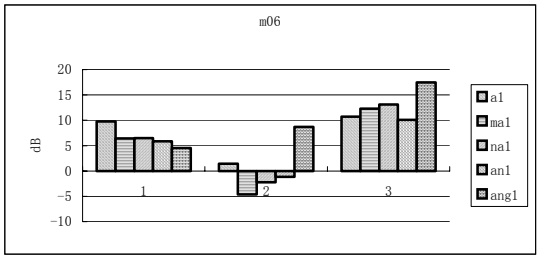

图 4： 1、2、3 分别表示 A1-P0、A1-P1、A1-P2

从图 4 可以看出，由于元音/a/鼻化后，A1-P0 一致减小，而 A1-P1、A1-P2 则没有一致的规律。A1-P0 鼻化前比鼻化后平均大 3.67dB。

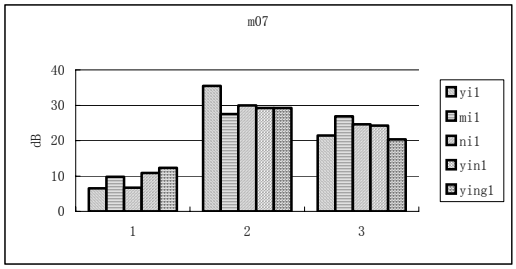

图 5： 1、2、3 分别表示 A1-P0、A1-P1、A1-P2

从图 5 中可以看出，元音/i/鼻化后，A1-P1 一致减小而 A1-P0、A1-P2 则没有一致的规律。A1-P1 鼻化前比鼻化后平均大 5.2dB。

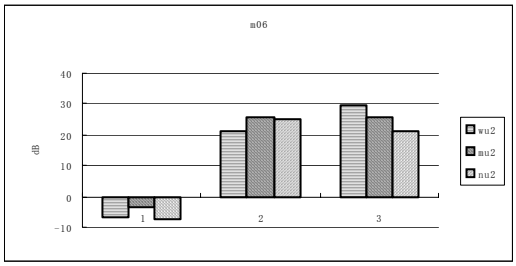

图 6：1、2、3 分别表示 A1-P0、A1-P1、A1-P2

从图 6 中可以看出，元音/u/鼻化后，A1-P2 一致减小而 A1-P0、A1-P1 则没有一致的规律。A1-P2 鼻化前比鼻化后平均大 3.3dB。

5 结论和讨论

元音鼻化后在 250Hz 左右产生一个能量较弱的共振峰，在两个共振峰之间出现一些能量较弱的谱峰。元音鼻化后在频率域的表现与元音的音色密切相关，随元音

音色的不同而不同。/a/、/i/、/u/鼻化后在声谱上的表现各不相同。

元音/a/鼻化后，声谱在 250Hz 附近与鼻化前相比差异比较明显。反映在参数上为 A1-P0 值与鼻化前相比平均小 3.67dB。这是因为/a/的 F1、F2、F3 分别为 800Hz、1200Hz、2800Hz，鼻音共振峰 N1、N2、N3 分别为 250Hz、1000Hz、2200Hz。/a/的 F1 与鼻音的 N1 相距较远，相互叠加的部分少，基本上对 250Hz 附近的谱没有影响，因而鼻化后语谱在这个频率范围类的表现比较明显。同时，鼻化会削弱元音第一共振峰的能量。鼻音的 N2 与/a/的 F1、F2 都比较靠近，而且/a/的 A1 和 A2 比较强，鼻音的第二峰很难在谱上表现出来。

元音/i/鼻化后，声谱在 1000Hz 附近与鼻化前相比差异比较明显。反映在参数上为 A1-P1 值与鼻化前相比平均小 5.32dB。这是因为/i/的 F1、F2、F3 分别为 400Hz、2200Hz、2800Hz， /i/的 F1 与鼻音的 N1 相距很近，几乎完全重合，在语谱上基本观察不到 N1，因而鼻化后语谱在这个频率范围类的表现不明显。/i/的 F1、F2 相距较远，而且/i/鼻化前 F1、F2 之间有谱峰。因此，/i/鼻化后在 F1、F2 之间可以观察到弱的鼻音共振峰 N2。

对于元音/u/,他的第一共振峰在 300Hz 左右和/m/的 N1 接近，第二共振峰在 700Hz 左右和/m/的 N2 接近，而且能量主要集中在低频部分。因而在声谱上 1000Hz 一下的部分表现不是很明显。第三共振峰受鼻音的影响，强度发生了显著变化。对于这个现象我们现在还没有满意的解释。

综上所述，我们可以的到元音鼻化的如下特征表（表中↓表示减小，—表示没有确定规律）：

元音\声学参数	A1-P0	A1-P1	A1-P2
a	↓	—	—
i	—	↓	—
u	—	—	↓

表 1：鼻化后的测量值比鼻化前的测量值比较

本文的结果是在少量语料上考察得到的，今后还应该在更大规模上的语料考察。另外，本文只考察了单音节中一个声调下/a/、/i/、/u/鼻化的声学表现，今后还应该对单音节其它声调及连续语流情况下/a/、/i/、/u/的表现进行考察。

参考文献

Chen, Y. M., 1997, Acoustic correlates of English and French nasalized vowels. JASA 102, 2360-2370.

Delattre, P., 1954, Les attributes acoustiques de la nasalite vocalique et conaonantique. Studia Linguist. 8,103-109.

Fant, G ., 1960, The Acoustic Theory of Speech Production. The Hague，Mouton.

Fujimura, O. and J. Lindqvist, 1971, Sweep-tone measurements of vocal-tract characteristics. JASA 49, 541-558.

Hattori, S., Yamamoto, K.., and O. Fujimura, 1958, Nasalization of vowels in relation to nasals. JASA 30 , 267-274.

Hawkins, S. and Stevens, K. N., 1985, Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal-nasal distinction for vowels. JASA 77, 1560-1575.

House, A. S. and Stevens, K. N., 1956, Analog studies of the nasalization of vowels. J. Sp. Hear. Dis. 21, 218-232.

Huffman, M., 1990, The role of F1 amplitude in producing nasal percepts. JASA, Suppl. l 88, S54.

Maeda, S., 1982a, The role of sinus cavities in the production of nasal vowels. Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Paris. 911-914.

Maeda, S., 1982b, Acoustic cues of vowel nasalization: a simulation study. JASA, Suppl. l 72, S102.

吴宗济,林茂灿,1987, 《实验语音学概要》.北京:高等教育出版社。

THE STUDY ON NASALIZATIONS OF STANDARD CHINESE

Qiang Fang　Aijun Li

Institute of Linguistics, CASS

fq0237@yahoo.com.cn　liaj@linguistics.cass.net.cn

ABSTRACT

The vowels which are in a syllable which has nasals will be inevitably influenced by adjacent nasals because of coarticulation. In this paper, we mainly study the influence of the nasal initials and nasal tails on the adjacent vowels. We focus on nasalization and how to quantify the nasalization. We take the FFT of the speech signals and measure the value of three parameters:P0(the energy of the harmonic adjacent to 250Hz) 、A1(the energy of the harmonic adjacent to the fist formant)、P1(the energy of the harmonic adjacent to 1000Hz)、P2(the energy of the harmonic adjacent to 2500Hz). We regard A1-P0, A1-P1, A1-P2 as the parameters which indicate the level of nasalization, and use these parameters to exam the difference of the nasalization of vowels /a/、/i/and/u/.We know that there will be a weak nasal formant adjacent to 250Hz and seval weak peaks between 1000Hz and 2000Hz. A1-P0 will decreased when /a/ is nasalized; A1-P1 will decreased when /i/ is nasalized; A1-P2 will decreased when /u/ is nasalized.