

日本‘能’中语音和嗓音的声学初探

A Pilot Study of Acoustic and EGG signals of Singing Voice of Japanese Noh

吉永郁代

Ikuyo Yoshinaga

提要 本文以日本歌舞‘能乐’中的‘能’为研究对象，采用提取语音信号中的时长和共振峰，分析文读的语音与‘能’的语音之间的关系。还采用提取 EGG 信号中的嗓音基频，开商参数和速度商参数，分析这 3 个参数之间的关系。得出的结论主要有：1) ‘能’中语音的每个时长的长短是描述各种风格的重要要素之一；2) 共振峰频率值带抖动的趋势，主要是 F2、文读与‘能’之间的元音/u/的共振峰频率值呈比较大的变化；3) ‘能’的歌声听觉上很低，但各基频平均值表明‘能’的基频高于文读的基频；4) 唱‘能’时的开商比文读时的低；5) 文读时基频与开商是正向相关，唱‘能’时其关系不一定是正向关系；6) 速度商与基频、开商之间有负相关的趋势。

Abstract: The purpose of this study is to analyze the singing voice of Noh by comparing with its speaking voice, and also to reveal the style of expression of traditional culture in Noh singing. The acoustic and the electroglottography(EGG) signals are used for this study. The results show that 3 typical parts of Noh singing are different each other. When F0 of Noh singing is higher than that of speech, OQ of Noh singing is lower than that of speech, and SQ of Noh singing is basically lower than that of speech. The statistical analysis displays that the tendency of positive correlations between F0 and OQ both in speech and singing, and the tendency of negative correlations between SQ and F0, and SQ and OQ both in speech and singing.

关键词: 能乐；声学分析；基频；开商；速度商

Key words: Noh, acoustical analysis, F0, OQ, SQ

0 引言

‘能乐¹’是在日本发展的历史悠久的传统艺能。2001 年登录到世界无形文化遗产的人类口传文艺的杰作。‘能乐’起源于中国的散乐。通过一些在日本国内的变化和外来的艺能的影响，变成了现在的‘能乐’。‘能’的歌声听起来很低，具有低沉的美^[1]。关于‘能乐’有大量的研究成果，但以往对于其声学方面的研究很少。

¹ ‘能乐’演出一般包括‘能’和‘狂言’，是两个不同的歌舞形式。

声学分析用的录音材料的不足是其理由之一。

对于歌声的研究，在国内外以往有不少研究，近年来歌声合成成为语音合成的热门话题。但大部分的研究集中在西乐唱法，对于其它唱法，其研究成果还不多。

本文主要讨论文读的语音和‘能’的语音之间的语音和嗓音问题。以往对于这方面的研究很少。在‘能’和‘狂言²’的元音对比研究中，采用共振峰，讨论各唱法和文读之间的元音音色^[2]。在西乐唱法和日本传统唱法之间的对比研究中，关于‘能’的结论主要有：1) 共振峰的变化很复杂，2) 在一个元音内部，声音音质及音强会变化，3) 辅音发得较长，往往有复杂而多样的变化^[3]。对于‘能’、‘狂言’和Bel Canto唱法之间的距离，即各个唱法与文读语音音色之间的距离，结论提出：1) 歌声与文读的语音之间的距离是Bel Canto>狂言>能，就是‘能’与文读的语音之间的关系比Bel Canto³、狂言与文读之间的关系还接近^[4]。在嗓音研究方面，采用 EGG 信号，讨论基频、开商和速度商的关系，相关的结论主要有：1) 速度商和音调高低成反比；2) 典型的声带开相和闭相的比值为 1.21，开相稍大于闭相；3) 开商与音调的高低成反比^[5]。

1 实验说明

1.1 录音及分析软件

本次实验的录音设备是 Powerlab 肌电脑电仪及配套软件 ADInstruments 公司的 Powerlab Chart5 for Windows。本次实验采集了三路信号：第一通道是声音信号，第二通道是电子声门仪（EGG）信号，第三通道是通过 MLT1132 呼吸带传感器采集的呼吸信号，如图 1 所示。用 Chart5 来采集的 3 个通道信号如图 1。

² ‘能乐’中的另外一种歌舞形式。

³ 起源于 18 世纪意大利的一种唱法。

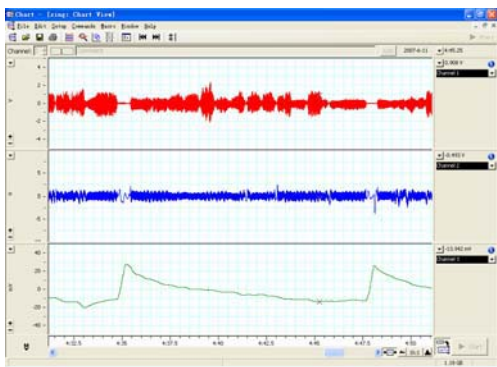


图1 Chart5采集的3个通道信号

信号主要使用美国 Kay 公司的 Real-Time EGG Analysis Model 5138、praat 和 SPSS 11.0 来进行分析。

1.2 发音人

发音人是 30 年代后期出身于日本北陆的一位男性。北陆是一个能乐很活跃的地方。他已经跟着宝生流¹的老师学习‘能乐’19 年，唱‘能’的经验很丰富。

1.3 实验语料

发音材料是一部歌舞‘鹤龟²’和日语 50 音。‘鹤龟’由‘序破急³’组成的典型的一部歌舞。歌舞的录音材料有唱的与文读的两种形式。

实验后将记录的信号切成每一句，在每个音节的边界，声母和韵母的边界打了标记。录音信号中取出音节来提取出时长、基频、开商和速度商等的参数。

2. ‘能’的语音信号分析

2.1 摩拉时长

‘能’是由三个部分组成的。‘序’是开头部分，低速度地开始，到了‘破’开始乐器的演奏，往往这个时候能乐戏里的主角登场，和配角进行问答。所以在‘破’部分往往包括唱得好像说话一样的小段。最后‘急’部分又加速又加节奏感的高潮。这‘序破急’的概念是相等于绝句的起承转合。

下面采用时长参数进行分析这三部幕的各唱法的关系。发音材料是‘能’的三个部分‘序

破急’部分的各 3 句，一共 9 句包含 185 个摩拉音。采用统计软件 spss11.0。由于日语是摩拉语言，时长分析用摩拉单位⁴来进行分析。

2.1.1 文读和‘能’的单摩拉时长对比

表1 文读和‘能’的单摩拉时长

	最小时长	最大时长	平均时长	标准差
文读	0.068	0.302	0.162	0.04
能	0.181	2.771	0.652	0.41

时长单位 秒

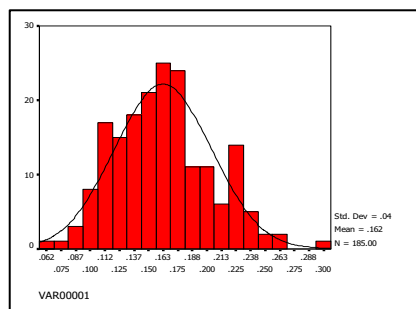


图2 文读的时长概率分布

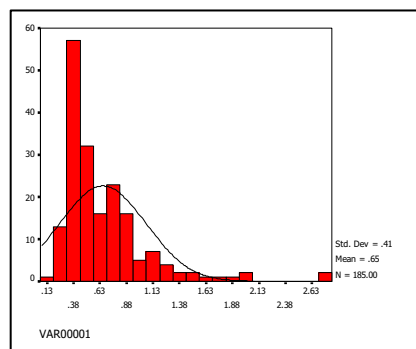


图3 ‘能’的时长概率分布

从表 1 看，文读的平均时长为 0.162 秒，‘能’的平均时长为 0.652 秒。‘能’和文读之间的时长差异实在很大。‘能’的最小时长和最大时长之间的范围很宽，因此，‘能’的标准差也比文读高得多。看图 2 和图 3，文读的时长分布集中在大概平均值的位置。虽然‘能’的分布范围很宽，大多数的数据集中在 0.38~0.88 秒的位置。拉长的音是很少的几个音。文读中的元音，特别在擦音和塞音后往往呈清音化的现象，变得很短或者元音本身会脱落，摩拉时长变得更短。

2.1.2 ‘能’序，破，急之间的时长对比

2.1.2.1 ‘序’

¹能有好几个流派，其中 5 个是大派，宝生流是其中一个。

²鹤龟’的内容是中国唐时代的一篇故事。

³‘序破急’是原来的能乐形式，现在也有不少不遵守这规则的。

⁴日语里的单音节具有由一个摩拉和两个摩拉组成的。把由两个摩拉组成的词的时长切成两个摩拉来进行分析。

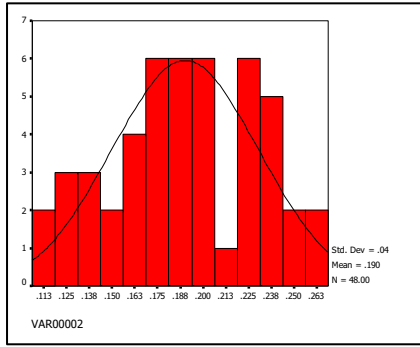


图4 文读的时长概率分布

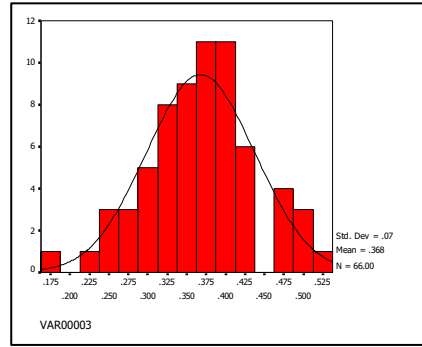


图7 ‘能’的时长概率分布

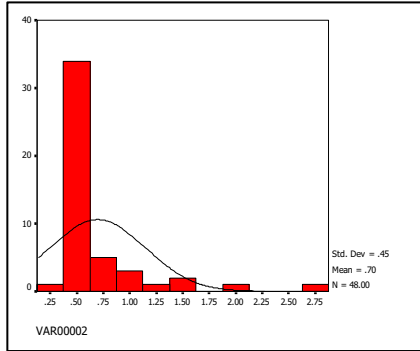


图5 ‘能’的时长概率分布

图6和图7可见,两个数据的平均在大概分布中间的位置,标准差低,就是数据的分布范围比较窄。‘能’的最大值为0.526秒,远远小于‘序’,‘急’的2.7秒。虽然文读的时长平均值为0.156秒,能的平均值为0.368秒,‘能’的比文读的长大约一倍,但两个的分布方式很有相似之处。因为‘破’是一种好像说话一样唱的一小段,结果‘破’的时长分布很像文读分布。

2.1.2.3 ‘急’

看图4和图5,‘能’的数据集中在偏左的0.5秒左右的位置,平均为0.69秒。66个样本当中的30多个,就是全数据的一半的音在这个位置。标准差为0.45,时长的分布比较宽,拉长的音也不少,不过一半的时长集中在某一个位置,说明这‘序’是基本节奏上比较稳定的。文读的数据集中在图的中间的位置,标准差为0.04,分布范围很窄。平均值为0.19秒。

2.1.2.2 ‘破’

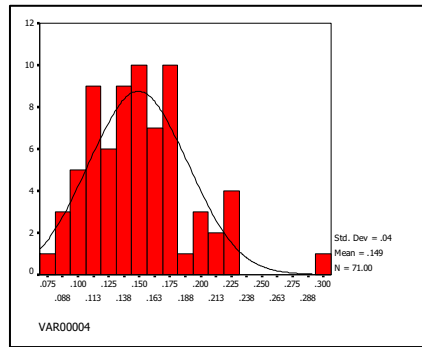


图8 文读的时长概率分布

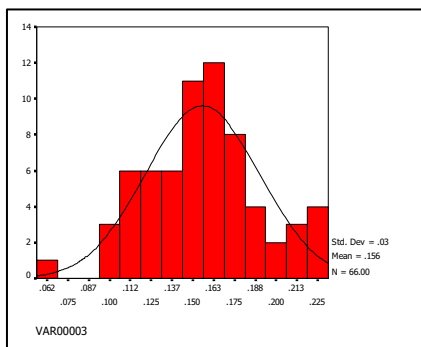


图6 文读的时长概率分布

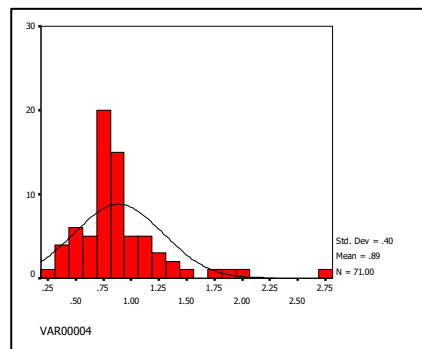


图9 ‘能’的时长概率分布

文读中的音的时长比较稳定,标准差值为0.04秒,平均值为大约0.15秒,‘能’的标准差值为0.40,分布范围比较宽。但很多音的时长都集中在0.8秒左右的位置。这数值‘序,破,急’当中最长。

2.1.2.4 小结

表2 序, 破, 急之间的时长对比表

	最小时长	最大时长	平均时长	标准差
文 读 (序)	0.110	0.261	0.190	0.04
能(序)	0.365	2.771	0.697	0.45
文 读 (破)	0.068	0.225	0.156	0.03
能(破)	0.181	0.526	0.368	0.07
文 读 (急)	0.076	0.302	0.149	0.04
能(急)	0.283	2.769	0.886	0.40

见图2和图3, 文读的‘序破急’所有的标准差很低, 每个摩拉的时长比较稳定。平均值大概在于分布中间的位置。‘能’的标准差很大, 但其中‘破’的数值比较低。‘序’, ‘破’, ‘急’之间的时长还是有各个的特点。‘序’的标准差最大, 其分布范围跟‘急’的分布范围没有差别, 但每个摩拉的时长平均值比‘急’短大约0.2秒。‘序’是低速开始的戏剧的开头部分, 3部幕中最后一部幕‘急’的平均时长还是最长。第2部幕的‘破’往往包括跟说话一样的风格来唱的部分, 标准差值为0.07, 在这三部幕当中时长最稳定的。平均值为0.368秒比‘序’, ‘急’的平均值远短。

这说明时间概念是描叙‘序, 破, 急’的风格的一个重要的要素。

2.2 共振峰

共振峰频率是元音声学特性的重要要素, 跟元音音色很有密切的关系。文读和‘能’的元音, 听觉上有音色的不同。分别取文读与‘能’中的5个元音, 采取共振峰数据, 进行平均。文读和能的发音材料都是持续元音/a/, /i/, /u/, /e/, /o/。文读的材料是稳定的平音元音段, 每一个音0.5秒左右, ‘能’的材料是稳定的元音段, 每一个音1.5秒左右。

表3 文读与‘能’的单元音共振峰对比(平均)

元音	文读			能		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
a	459.5	871.5	2796.7	556.9	749.4	2923.8
i	303.8	1785.6	2772.7	454.3	1891.2	2905.3

u	611.7	1933.9	3015.1	473.5	1520.9	2628.8
e	404.3	1836.3	2370.6	410.5	1875.4	2405.4
o	497.3	1824.6	2886.7	458.3	1826.3	2924.8

单位 Hz

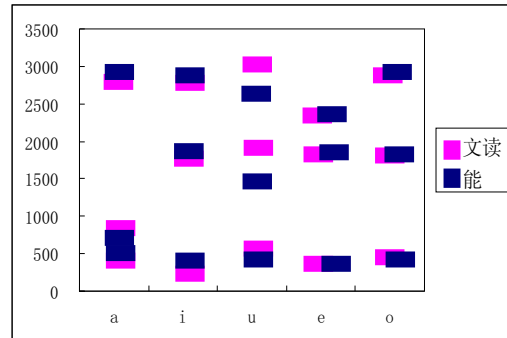


图10 文读和‘能’的5个单元音共振峰对比 单位 Hz

声腔、共振峰频率和元音音色之间有很密切的关系。F1和舌位高低很有密切的关系, 舌位高, F1就低。舌位低, F1就高。F2和舌位前后有关, 舌位靠前, F2就高。舌位靠后, F2就低。F2的上升和前共振腔的大小也有关, 舌位往后移, 前共振腔的空间变大, F2就下降。舌位往前移, 前共振腔的空间变小, F2就升高。F3和嘴唇的圆唇有关, 圆唇而往前突出时, F3就降低。

见图10, ‘能’和文读的五个元音/a/, /i/, /u/, /e/, /o/的F1, F2, F3平均值没有很大的差异, 其中/u/呈比较大的差异。‘能’/a/的F1上升, 这意味着开口度变大, F2下降意味着‘能’的/a/是比文读的/a/靠后的元音。

‘能’的元音/i/的整个F值都稍微升上。开口度变大了以后F1上升。

元音/u/的整个F值都下降。日语的元音/u/是国际音标[u]来描写的一个比较靠中间的, 不太圆唇的元音。‘能’的元音/u/是靠后的音, 舌位的后移后前共振腔的空间变大, 这引起F2的下降。又圆唇化引起F3的下降, 就是整个F值下降。

元音/e/和/o/在文读与‘能’之间没有大的差别。

‘能’的唱法是一种压下声带的发声类型。压下了声带以后声道就变长, 整个F值会下降。不过实验结果来看共振峰在文读与‘能’之间没有很大的差别。元音/u/的共振峰变化比较大。

‘能’的元音的共振峰，特别是 F2 有抖动的趋势。照看图 11。

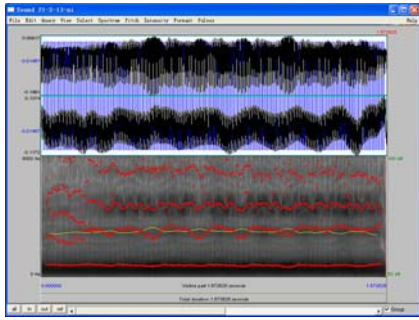


图 11 元音/u/的共振峰抖动

3. 嗓音分析

能的唱法是一种压下声带的状态下发声的很独特的唱法。在这主要讨论‘能’和文读的嗓音问题。在音调高低研究中，基频往往是音调特性的重点，利用基频参数来研究的成果有大量。以往的研究表明只利用基频参数不能解释所有的音调现象。本项研究中，采用声门阻抗信号提取嗓音信号，利用 EGG 软件来提取出嗓音信号，主要参数包括基频 (FO)，开商 (OQ)，速度商 (SQ)。利用这三个嗓音参数来讨论它们之间的内在联系。

发音材料都是持续元音/a/, /i/, /u/, /e/, /o/。文读的材料是稳定的平音元音段，每一个音 0.5 秒左右，能的材料是稳定的元音段，每一个音 1.5 秒左右。

开商定义为：

开商等于开相和周期之比

(开商=开相/周期)

速度商定为：

速度商等于开启相和关闭相之比

(速度商=开启相/关闭相)

3.1 文读与‘能’的嗓音特征

表 4 文读与‘能’的嗓音特征 (平均)

() 内显示标准差

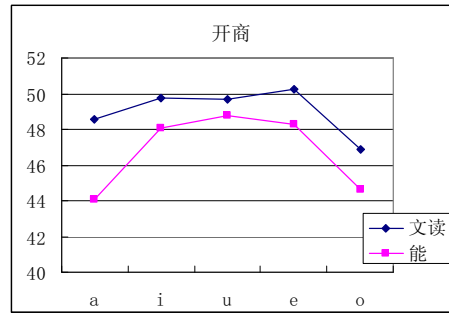


图 12 开商的文读与‘能’间对比

从数据表 4 看，文读和‘能’的开商都比较稳定，每个元音的标准差比较低，这说明文读和‘能’都在开商参数上比其它参数还稳定。文读的开商值在 46.852~50.243 之间，‘能’的开商数值在 44.070~48.784 之间。图 12 显示出了文读和‘能’的开商的关系，‘能’的所有的元音的开商比文读的。而文读的每个元音之间的开商高低的关系与能的有相似之处。

文读的元音材料是平调的音，所以基频很稳定。虽然‘能’的元音材料也是比较平调的稳定的一段，但‘能’的唱法就是，无论拉长音的很稳定的一段，都包含一些抖动的调。结果基频的标准差比文读的高。关于基频，虽然能的歌声听起来很低，但表 4 显示‘能’的基频比文读的远远高。

速度商的标准差，文读和‘能’两个都比较高，而且关于速度商，看不出来文读和‘能’之间的明显的关系。

3.2 基频、开商、速度商的相关分析

元音	文读			能		
	F0	OQ	SQ	F0	OQ	SQ
a	113.6 (2.8)	48.5 (0.9)	411.2 (85.2)	154.9 (26.0)	44.0 (4.1)	355.4 (141.4)
i	131.0 (3.6)	49.7 (1.9)	434.6 (68.4)	191.6 (6.5)	48.0 (0.5)	295.0 (44.6)
u	126.4 (4.1)	49.7 (2.7)	457.7 (100.6)	211.5 (19.5)	48.7 (1.1)	396.8 (99.9)
e	109.6 (3.6)	50.2 (1.4)	438.6 (87.0)	193.4 (11.1)	48.3 (1.2)	373.9 (57.0)
o	126.2 (8.5)	46.8 (1.7)	320.7 (60.9)	168.6 (21.6)	44.5 (1.7)	348.8 (107.5)

主要讨论的是基频，开商，速度商三个参数中的各两个参数之间的相关关系。

3.2.1 元音/a/

表 5 文读/a/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 文读/a/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.686*	.249
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.104
	N	44	44	44
OQ	Pearson Correlation	.686*	1	-.288
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.058
	N	44	44	44
SQ	Pearson Correlation	.249	-.288	1
	Sig. (2-tailed)	.104	.058	.
	N	44	44	44

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表6 能/a/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 能/a/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.772**	.141*
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.015
	N	293	293	293
OQ	Pearson Correlation	.772**	1	.186*
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.001
	N	293	293	293
SQ	Pearson Correlation	.141*	.186**	1
	Sig. (2-tailed)	.015	.001	.
	N	293	293	293

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

从表5和表6看，文读的基频与开商之间的相关系数为0.686，这说明基频与开商之间是比较高度的相关。‘能’的基频与开商之间相关系数为高度相关。文读的基频与速度商之间，还有开商与速度商之间相关性很低。‘能’的基频与速度商相关系数很低，只有0.141，但不相关的概率为0.015，小于0.05。速度商与开商也是相关系数很低，只有0.186，但不相关的概率为0.001，小于0.05。

3.2.2 元音/i/

表7 文读/i/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 文读/i/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.590**	-.332*
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.028
	N	44	44	44
OQ	Pearson Correlation	.590**	1	-.902**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
	N	44	44	44
SQ	Pearson Correlation	-.332*	-.902**	1
	Sig. (2-tailed)	.028	.000	.
	N	44	44	44

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表8 能/i/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 能/i/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	-.121*	-.129*
	Sig. (2-tailed)	.	.044	.032
	N	278	278	278
OQ	Pearson Correlation	-.121*	1	.231**
	Sig. (2-tailed)	.044	.	.000
	N	278	278	278
SQ	Pearson Correlation	-.129*	.231**	1
	Sig. (2-tailed)	.032	.000	.
	N	278	278	278

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

看表7和表8，文读的基频与开商之间的相关系数为0.590，是比较高度的相关。基频与速度商之间的相关系数为-0.332，不相关的概率为0.028，小于0.05，是低度负相关。速度商与开商之间是相当高度的负相关关系。‘能’的基频与开商之间的相关系数为-0.121，但不相关的概率为0.044，小于0.05。开商与速度商之间也是相关系数比较低，但不相关的概率小于0.05，是有关的负相关关系。

3.2.3 元音/u/

表9 文读/u/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 文读/u/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.773**	-.729**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
	N	44	44	44
OQ	Pearson Correlation	.773**	1	-.924**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
	N	44	44	44
SQ	Pearson Correlation	-.729**	-.924**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	44	44	44

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表10 能/u/的基频及开商与速度商间相关分析结果

Correlations 能/u/

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.620**	-.848**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
	N	230	230	230
OQ	Pearson Correlation	.620**	1	-.602**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
	N	230	230	230
SQ	Pearson Correlation	-.848**	-.602**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	230	230	230

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

从表9和表10看，文读的基频与开商之间的相关系数很高为0.773，是高度相关。‘能’的基频与开商之间也是比较高度的相关关系。文读的基频与速度商之间的相关系数为-0.729，是高度负相关。‘能’也基频与速度商之间是相当高的负相关。开商与速度商之间，文读和‘能’两个都是有意的负相关关系。

3.2.4 元音/e/

表11 文读/e/的基频及开商与速度商间相关分析结果

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.797*	-.007
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.967
	N	44	44	44
OQ	Pearson Correlation	.797*	1	-.373*
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.013
	N	44	44	44
SQ	Pearson Correlation	-.007	-.373*	1
	Sig. (2-tailed)	.967	.013	.
	N	44	44	44

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
 * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表12 能/e/的基频及开商与速度商间相关分析结果

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.740*	-.721*
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
	N	298	298	298
OQ	Pearson Correlation	.740*	1	-.511*
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
	N	298	298	298
SQ	Pearson Correlation	-.721*	-.511*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	298	298	298

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

见表11和表12, 文读和‘能’都基频与开商之间是有意的相关关系, 文读的相关系数为0.797, 能的为0.740, 是高度相关。开商与速度商之间也是有意的负相关关系, 文读的相关系数为-0.373, ‘能’的为-0.511, 两个都是负相关。文读在基频与速度商之间毫无有相关性, 但‘能’在基频与速度商之间是相当高的负相关性。

3.2.5 元音/o/

表13 文读/o/的基频及开商与速度商间相关分析结果

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	.785**	.209
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.174
	N	44	44	44
OQ	Pearson Correlation	.785**	1	.086
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.581
	N	44	44	44
SQ	Pearson Correlation	.209	.086	1
	Sig. (2-tailed)	.174	.581	.
	N	44	44	44

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表14 能/o/的基频及开商与速度商间相关分析结果

		F0	OQ	SQ
F0	Pearson Correlation	1	-.009	.252*
	Sig. (2-tailed)	.	.869	.000
	N	366	366	366
OQ	Pearson Correlation	-.009	1	-.335*
	Sig. (2-tailed)	.869	.	.000
	N	366	366	366
SQ	Pearson Correlation	.252*	-.335*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	366	366	366

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

看表13和表14, 文读基频与开商之间的相关系数为0.785, 是高度相关, 但能相关性很低。基频与速度商之间, 文读的相关性很低。虽然能的基频与速度商之间的相关系数比较低。开商与速度商之间, 文读的相关性比较低, ‘能’的性关系数也比较, 但不相关的概率为0, 小于0.01, 是负相关。

3.2.6 小结

5个元音的基频、开商、速度商的相关分析总结如下。

表15 3个参数之间的有意相关系数

	文读 a	文读 i	文读 u	文读 e	文读 o
F0 与 OQ 间	.686	.59	.773	.797	.785
F0 与 SQ 间		-.332	-.729		
OQ 与 SQ 间		-.902	-.924	-.007	

	能 a	能 i	能 u	能 e	能 o
F0 与 OQ 间	.772	-.121	.62	.74	
F0 与 SQ 间	.141	-.129	-.848	-.721	.252
OQ 与 SQ 间	.186	.231	-.602	-.511	-.335

■ =正向相关 ■ =负

相关

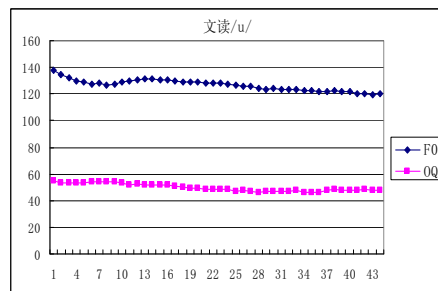


图13 文读/u/的基频与开商间对比

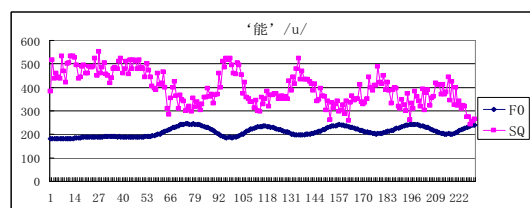


图14 能/u/的基频与速度商间对比

从表15看, 统计结果说明文读的基频与开商

之间，5个元音当中，都有比较高度的正向相关（照看图13）。基频与速度商之间，只有元音/i/与/u/是负相关。开商与速度商之间，/i/，/u/，/e/三个元音是负相关。其中/i/和/u/的相关系数为-0.9以上的高度负相关。基频和开商是正向高度相关关系，元音/i/，/u/是跟开商有高度负相关关系，但速度商和基频之间的负相关没有和开商之间的密切联系性。‘能’的基频与开商之间的关系，一半以上是相关关系，但没有文读的稳定。基频与速度商之间，开商与速度商之间，负相关的趋势比较强（照看图14），但也有表示相关关系的，不过其关系系数比较低。

总之，基本上基频与开商之间成立正向相关关系。速度商与基频或者开商之间呈负相关的趋势。‘能’的唱法是一种压下声带的状态下唱的、包含强度抖动信号的唱法。这唱法引起基频，开商和速度商之间又低规则性又和文读不同的结果。

4 结论与问题

通过这次实验结果，得出以下几条结论：1) ‘能’中语音的每个时长的长短是描叙各种风格的重要要素之一；2) 共振峰频率值带抖动的趋势，主要是 F2、文读与‘能’之间的元音/u/的共振峰频率值呈比较大的变化；3) ‘能’的歌声听觉上很低，但各基频平均值表明‘能’的基频高于文读的基频；4) 唱‘能’时的开商比文读时的低；5) 文读的基频与开商是正向相关，唱‘能’时其关系不一定是正向关系；6) 速度商与基频、开商之间有负相关的趋势。

‘能’的唱法是一种独特的唱法与文读时的语音有所不同的。这种唱法产生的基频、开商和速度商的参数之间的内在规律还需要做进一步的研究。

参考文献

- [1]小林保治. 能楽ハンドブック. 東京：三省堂，1993.
- [2]長幡大介, 柳田益造, 中山一郎. 能と狂言における母音の違い. 音声文法研究会，2000.
- [3]中山一郎. 邦楽と洋楽の歌唱はどう違うか？. 日本音響学会誌，2000，56(5): 343-348.

[4]YOSHIOKA Noriko, NAGAHATA Daisuke, YANAGIDA Masuzo, et al. Differences among Vowels used in Noh, Kyogen and European Classical Singing. Technical report of IEICE, 2001, 1: 1-8.

[5]孔江平. 论语言发声. 北京：中央民族大学出版社，2001.