

Praat 语音软件使用手册

(<http://www.praat.org>)

熊子瑜

xiongziyu@163.com

北京东城区建国门内大街 5 号

中国社会科学院语言研究所

办公室电话：010-85195406

100732

谨以此献给“2004 年现代语音学暑期讲习班”上的可亲可敬的学员们，祝愿大家都能够学有所得！



目 录

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 一 Cool Edit Pro 录音操作初步 | 1 |
| (一) 几个重要概念 | 1 |
| (二) Cool Edit Pro 录音操作 | 2 |
| 二 声学基础 | 9 |
| 三 频谱分析 | 27 |
| (一) 语图分析及参数设置 | 27 |
| (二) 观察语图 | 29 |
| (三) 画图及参数设定 | 30 |
| (四) 频谱分析及参量设置 | 34 |
| (五) 观察二维频谱 | 35 |
| (六) 二维频谱作图 | 36 |
| 四 基频分析 | 39 |
| (一) 基频分析及参数设置 | 39 |
| (二) 察看基频对象 | 41 |
| (三) 基频数据的核查和修改 | 42 |
| (四) 基频数据的保存 | 48 |
| (五) 基频数据的作图 | 49 |
| (六) 基频数据的获取 | 52 |
| 五 强度分析 | 55 |
| (一) 时域维度测量某个时段的强度 | 55 |
| (二) 察看强度对象 | 56 |
| (三) 获得强度对象的数据 | 57 |
| (四) 从强度曲线换算成振幅曲线 | 58 |
| (五) 强度数据作图 | 58 |
| (六) 频域维度测量某个时点的某个频率位置的强度 | 62 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| (七) 频域维度测量某个时点的某个带宽的能量 | 64 |
| (八) 频域维度测量某个频段的长时全部能量 | 64 |
| 六 共振峰分析 | 67 |
| (一) 共振峰分析与参数设置 | 67 |
| (二) 察看共振峰对象 | 69 |
| (三) 提取和修改共振峰数据 | 71 |
| (四) LPC 分析 | 75 |
| (五) 基于 LPC 对象测量某时间点的共振峰 | 77 |
| (六) 基于 LPC 对象分析共振峰数据 | 78 |
| (七) 基于 LPC 对象进行语图分析 | 79 |
| (八) 基于共振峰数据做声学元音图 | 80 |
| (九) 基于共振峰对象做共振峰图 | 80 |
| 七 语音标注 | 83 |
| (一) 新建语音标注对象 | 83 |
| (二) 菜单功能介绍 | 84 |
| (三) 提取标注对象中的某个层级数据 | 88 |
| (四) 提取标注对象中的某个片断的标注数据 | 90 |
| (五) 获取 TextGrid 对象的数据 | 91 |
| (六) 标注文件作图 | 91 |
| (七) 提取标注文件的数据 | 93 |
| (八) 在语音标注文件中输入国际音标 | 94 |
| 八 语音参数调整与合成 | 97 |
| (一) 调整强度 | 97 |
| (二) 声音的剪切、复制、粘贴和清零 | 98 |
| (三) 声音信号的重新采样 | 99 |
| (四) 声音信号的拉长和缩短，以调整语速 | 100 |
| (五) 调整语声的性别特性 | 101 |
| (六) 调整声音文件的超音段特征 | 103 |
| (七) 滤波 | 109 |
| (八) 共振峰数据的修改 | 111 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 九 编写 Praat 的脚本程序 | 113 |
| (一) 编程环境 | 113 |
| (二) 编程语言 | 114 |
| (三) 交互对话 | 119 |
| 十 提取语音数据 | 123 |
| (一) 提取标注数据 | 123 |
| (二) 提取音节或声韵母的音高数据 | 123 |
| (三) 提取音节或声韵母的强度数据 | 124 |
| (四) 提取音节或声韵母的共振峰数据 | 124 |
| (五) 语音数据作图 | 124 |
| 十一 语音数据的统计分析 | 127 |
| (一) 相关性分析 | 127 |
| (二) 均值比较及 T 检验 | 131 |
| (三) 方差分析 | 133 |
| (四) 回归分析 | 135 |
| 附录 脚本程序 | 139 |
| (一) 提取二维频谱中某个频率位置的能量值 | 139 |
| (二) 提取二维频谱中前 n 个谐波峰的能量值 | 140 |
| (三) 提取二维频谱中各频率成分的能量值 | 141 |
| (四) 将共振峰频率数据提取到 TextGrid 对象中 | 142 |
| (五) 将 TextGrid 对象中的共振峰数据转换成文本文件 | 143 |
| (六) 制作声学元音图 | 144 |
| (七) 提取标注对象中的数据 | 148 |
| (八) 修改一个音段的共振峰特性以得到一个新的声音 | 153 |
| (九) 提取音节或声韵母的音高数据 | 156 |
| (十) 提取音节的强度数据 | 160 |
| (十一) 提取音节或声韵母的共振峰数据 | 165 |
| (十二) 语音数据作图 | 171 |

一 Cool Edit Pro 录音操作初步

通过本节的学习，帮助您了解与录音过程有关的几个基本概念，并掌握如何使用 Cool Edit Pro 软件的录音功能。

（一）几个重要概念

1、采样

由于声音为模拟连续信号，而计算机只能处理数字离散信号，因此要使用计算机来分析和处理声音，就需要经历模数转换过程[Analog to Digital Converter, 即 ADC]，即将模拟的连续信号转换为数字离散信号。采样就是按照一定的时间间隔从模拟连续信号提取出一定数量的样本来，其样本值用二进制码 0 和 1 来表示，这些 0 和 1 便构成了数字音频文件，其过程实际上是将模拟音频信号转换成数字离散信号。

2、采样率

采样率表示了每秒对原始信号采样的次数。显然，在一秒中内采样的点越多，获取的信息越丰富，为了复原波形，一次振动中，至少得有 2 个点的采样，要想使采集到的信号不失真，采样频率规定至少为语音频率的 2 倍，因此要得到一个频率为 10000 赫兹的声音，则其采样率至少得大于 20000 赫兹。采样频率越高，数字信号的保真度越高，但同时占用的存储空间也越大。如果采样率低于高频成分频率的两倍，则会产生低频失真、信号混淆现象。

3、采样精度

采样精度就是指存放一个采样值所使用的比特数目。当用 8 个比特（采样精度为 8 位）存放一个采样值时，对声音振幅的分辨等级理论上为 256 个，即 0 至 255；当用 16 个比特（采样精度为 16 位）存放一个采样值时，对声音振幅的分辨等级理论上为 65536 个，即 0 至 65535。如果您将采样精度设置为 16 位，计算机纪录的采样值范围则为 -32768 至 32767 之间的整数。

采样率和采样精度的值越大，记录的波形更接近原始信号，但同时占用的存储空间也越大。

4、声道

声道指输入或输出信号的通道。通常用多声道来输入或输出不同的信号。如果只需录制一个位置的一种信号时，只要使用单声道就可以了。

5、信噪比

信噪比指信号与噪声之间的能量比。录音时，信噪比越高越好。16 位采样的信噪比大约是 96dB，8 位采样的信噪比大约是 48dB。在录音时，简单估计噪音大小的办法是：当没有语音信号输入的时候，如果麦克风输入信号的振幅值超过了 200（单位为采样值，相当于 46dB），则噪声就比较大，需要进行一定的控制，如在比较安静的环境下录音，关闭窗户、空调、电扇等噪声源，远离电脑等噪声源等等，选用比较好的带有屏蔽的麦克风，选用比较好的声卡等等。噪声的振幅值越低越好，录音室里的录音一般可以控制在 10 以下（单位为采样值，相当于 20dB）。

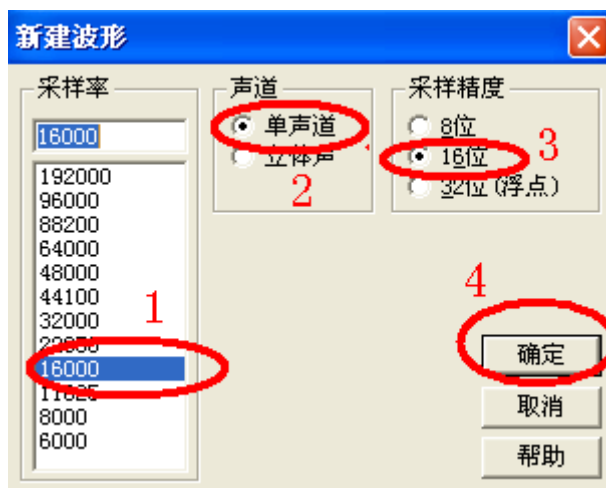
（二）Cool Edit Pro 录音操作

第一步，打开 Cool Edit pro 软件。初始窗口如下：

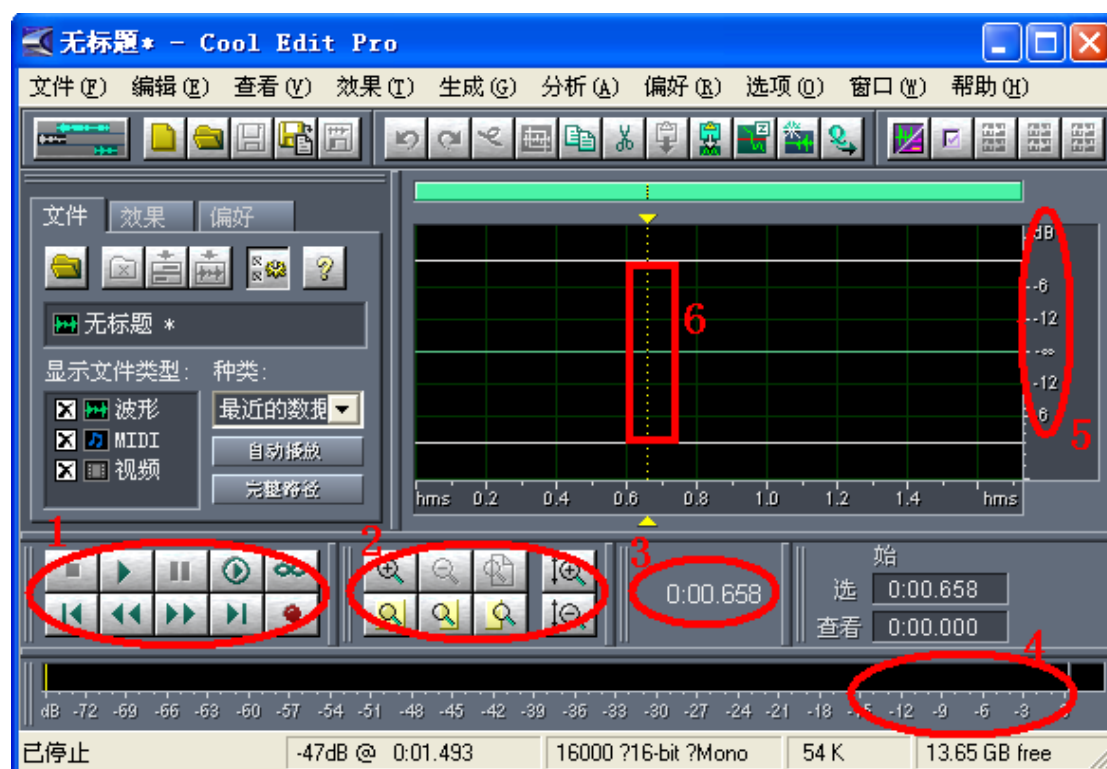


第二步：按“文件”菜单下的“新建...”按钮，会弹出下面对话框。在下图 1 的位置选择采样率 16000，在 2 的位置选择单声道，在 3 的位置选择 16 位。选择好之后请按 4 位置的按钮“确定”。

【说明：采样率和采样精度的设置以越高越好，采样率和采样精度越高则声音的质量越高，不过考虑到存储空间和语音信号的特点，一般可以设置为 16000 赫兹的采样率和 16 位的采样精度。如果需要录制两个不同的信号源，则使用立体声，否则都使用单声道。】



按了上图的“确定”按钮后，回到了下面的主窗口：



主窗口的功能区解释如下：

1 区：用于播放和录音。播放按钮是其上排左数第二个三角形形状的按钮；录音是其下排右数第一个圆形红色按钮。此时按红色录音按钮即开始录音，录音时再按一次即停止录音，也可以按上排第一个方块按钮停止录音或播放过程。

2 区：用于调整横轴显示比例，以观察波形。上排左一用于放大，上排左二用于缩小，上排左三用于显示全部波形。

3 区：显示游标所在的时间位置。

4 区：用于显示录音过程或放音过程的瞬时电平量，通常用于考察声音的强度，一般以不超过-3dB 为宜，最好大多处于-6~-3 之间。

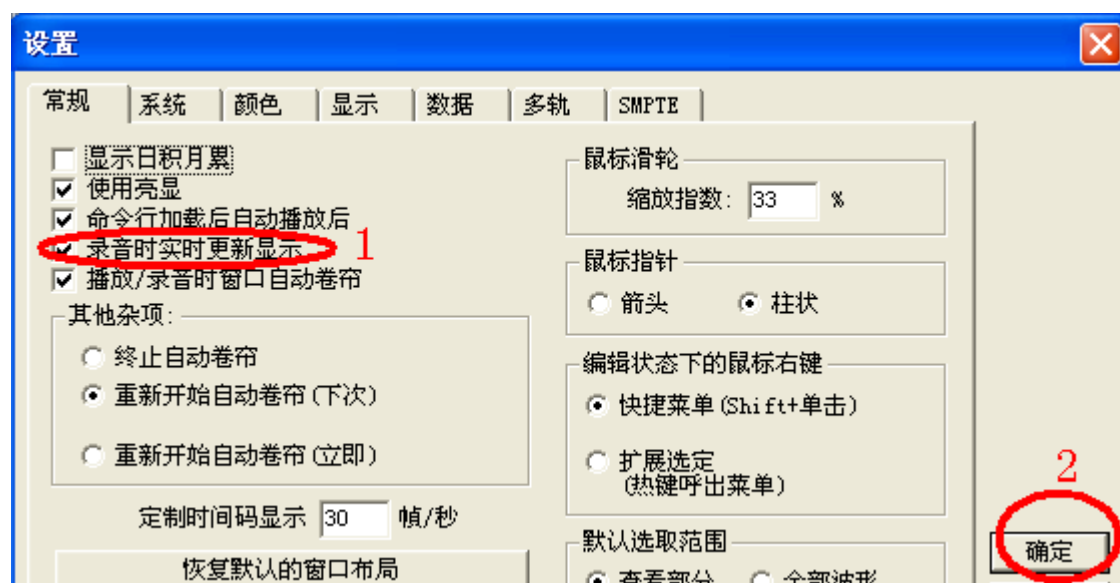
5 区：声压坐标，可以有四种不同的标度：采样值（-32768~+32767）、分贝值、归一值（-1~+1 之间）、百分比（-100%~+100%）。可以通过双击纵坐标轴来改变标度单位。

6 区：波形显示区，最大采样数据以不超过 6 区的上下横线为宜，即小于-3dB。

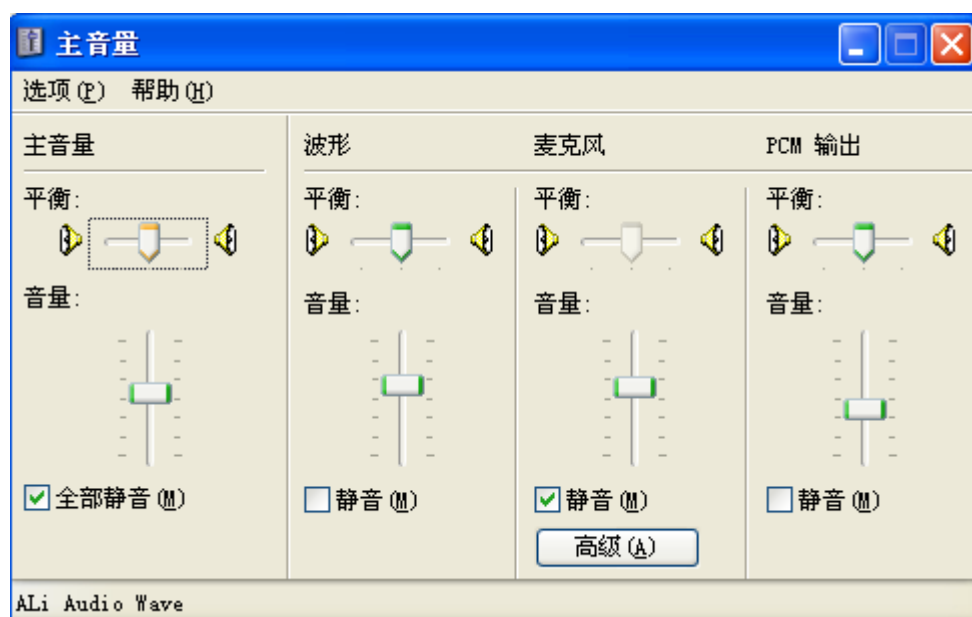
第三步：连接并设置好您的麦克风及录音音量等。

（1）选择“录音时实时更新显示”，操作如下：

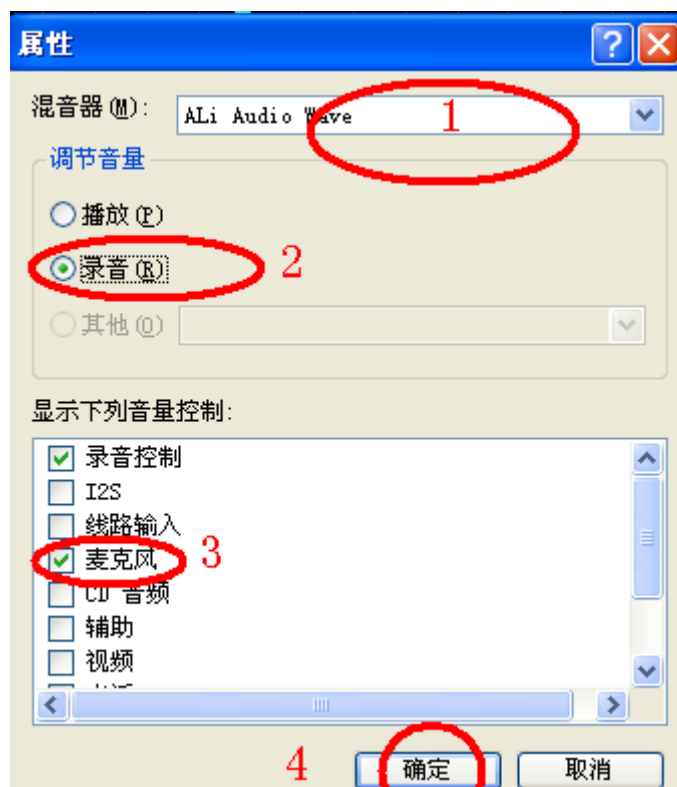
先按 Cool Edit Pro 主菜单“选项”下的“设置…”按钮，出现下一对话框，将下图 1 位置的复选框打上对钩，然后按“确定”按钮。



（2）调整合适的输入音量。首先双击电脑屏幕右下角的小喇叭图标，会弹出如下对话框，注意：不同电脑所显示的界面可能略有不同。



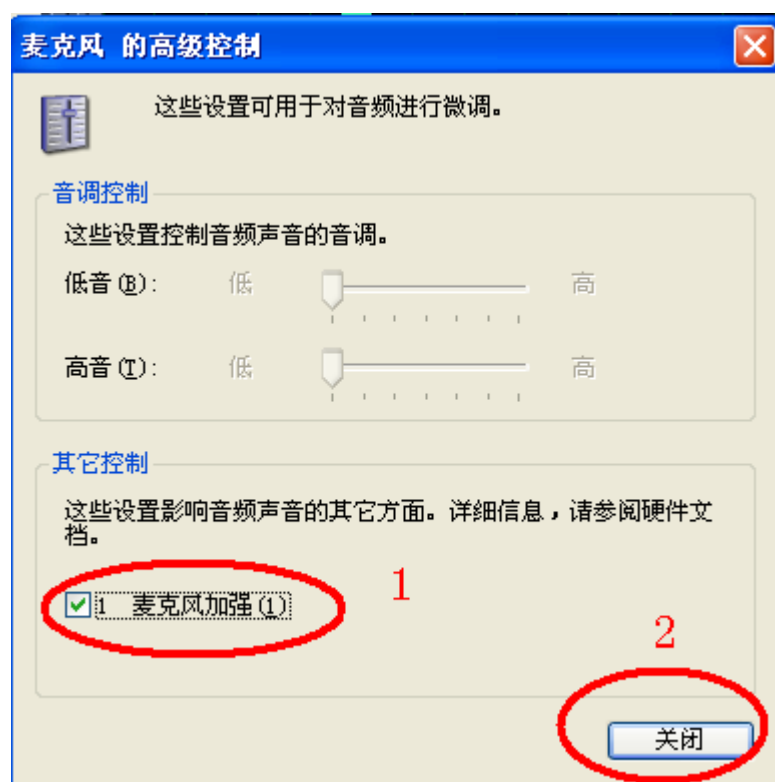
按上图主菜单中的“选项”之下的“属性”下拉菜单，会弹出下面对话框。其中，在 1 的位置选择您用来录音的声卡名称；在 2 的位置选择“录音”之前的圆圈，使其内部出现一个绿色小圆点；在 3 的位置选择“麦克风”之前的复选框，使其内部出现一个对钩，另外保持“录音控制”之前的对钩，并将其他的对钩都取消。如果您用的是“线路输入”的方法录音，则选择“线路输入”之前的复选框，使其内部出现一个对钩，另外保持“录音控制”之前的对钩，并将其他的对钩都取消。设置结束后按 4 “确定”按钮结束。



接着会自动弹出下一对话框，其中 1 的滑钮用来调节录音音量高低，越往上则输入的音量越高；请在 2 “选择”之前复选框里打上对钩；请在 4 “全部静音”之前的复选框里取消对钩。



上图 3 位置的“高级”按钮是一个开关，点击它会弹出一个对话框，在此主要用来确定是否需要增强麦克风的输入信号，如下图所示：



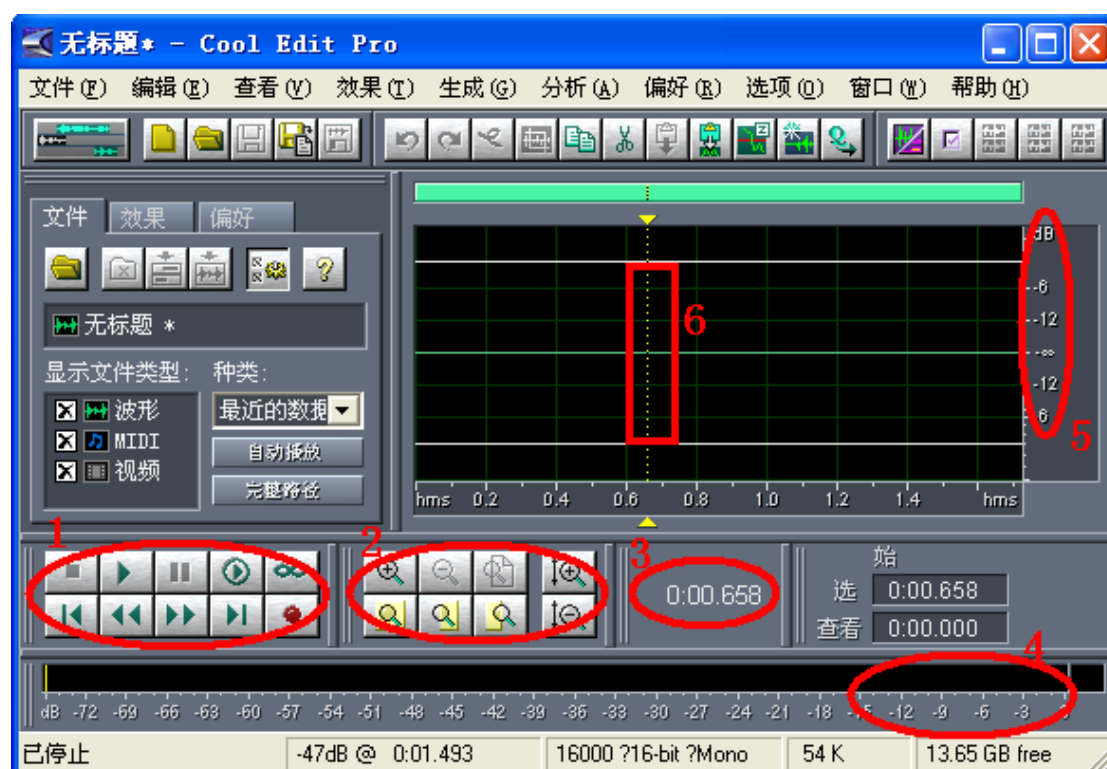
不同的声卡上图的显示可能有所不同。如果不选择上图 1 “麦克风加强”前的复选框时，麦克风输入的信号特别弱，那么请选择上图 1 “麦克风加强”前的复选框，即打上对钩；如果不选择上图 1 “麦克风加强”前的复选框时，麦克风输入的信号就已经够强，则不必选择上图 1 “麦克风加强”前的复选框，即取消对钩。确定好选择以后，请按上图 2 “关闭”按钮结束。返回到前一对话框，如下图所示：



说明，如果选择了“麦克风加强”前的复选框，则将上图 1 的滑钮调到较低的位置，如果没有选择“麦克风加强”前的复选框，则将上图 1 的滑钮调到较高的位置。这两个配合起来使用，可以边调节边录音，看调节后的录音音量效果，直到比较合适的音量输入位置。目标是声压不超过-3 分贝，以保证不出现过载削波现象，在-3 分贝以下要求是声压越大越好。调解好之后直接按上图右上角的“×”按钮结束录入音量设置过程。

如果调节之后的录入音量仍然过强或过弱，而又无法再调整录入音量时，请调节麦克风与嘴唇之间的距离[注意：一般要求发音时这个距离保持不变]，或者调整发音的力度[注意：一般要求发音时发音力度保持不变]。

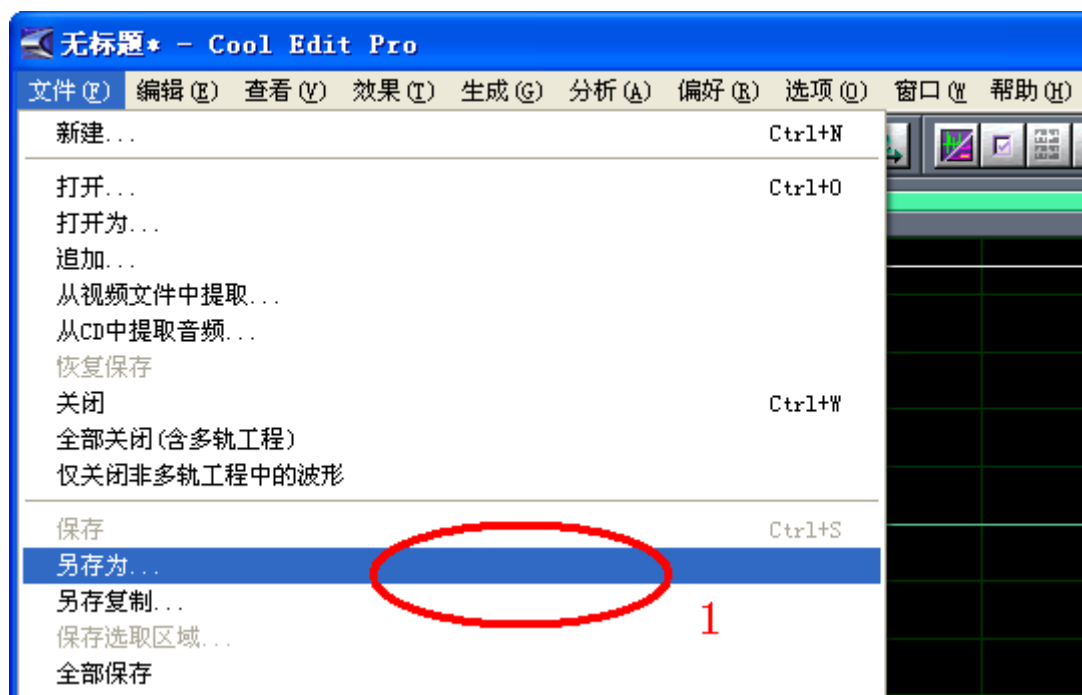
第四步，开始录音。以上设置结束以后，请按下图 1 的右下角红色录音键开始录音。录音过程中尽可能避免外界的一切噪声。



录音过程中，可以通过监控波形的变化来考察其能量的强弱，太强不行，太弱也不行，随时监控随时调整。

另外要注意的是麦克风不可离嘴唇太近，正常的呼吸气流最好不要被录入到语音中去。

第五步：保存录音。录制结束以后，记得保存录音数据，操作如下，点击主菜单“文件”下的“另存为…”按钮。



自动弹出下一对话框，在其 1 的位置选择合适的保存文件夹；其 2 的位置输入合适的文件名；其 3 的位置设定合适的保存格式，一般选用“Windows PCM (*.wav)”；然后按 4 “保存”即可。



录制结束后，按主窗口右上角的“×”按钮结束关闭程序。

二 声学基础

通过本节的学习，帮助您回顾一下声学语音学的一些基础知识和概念。

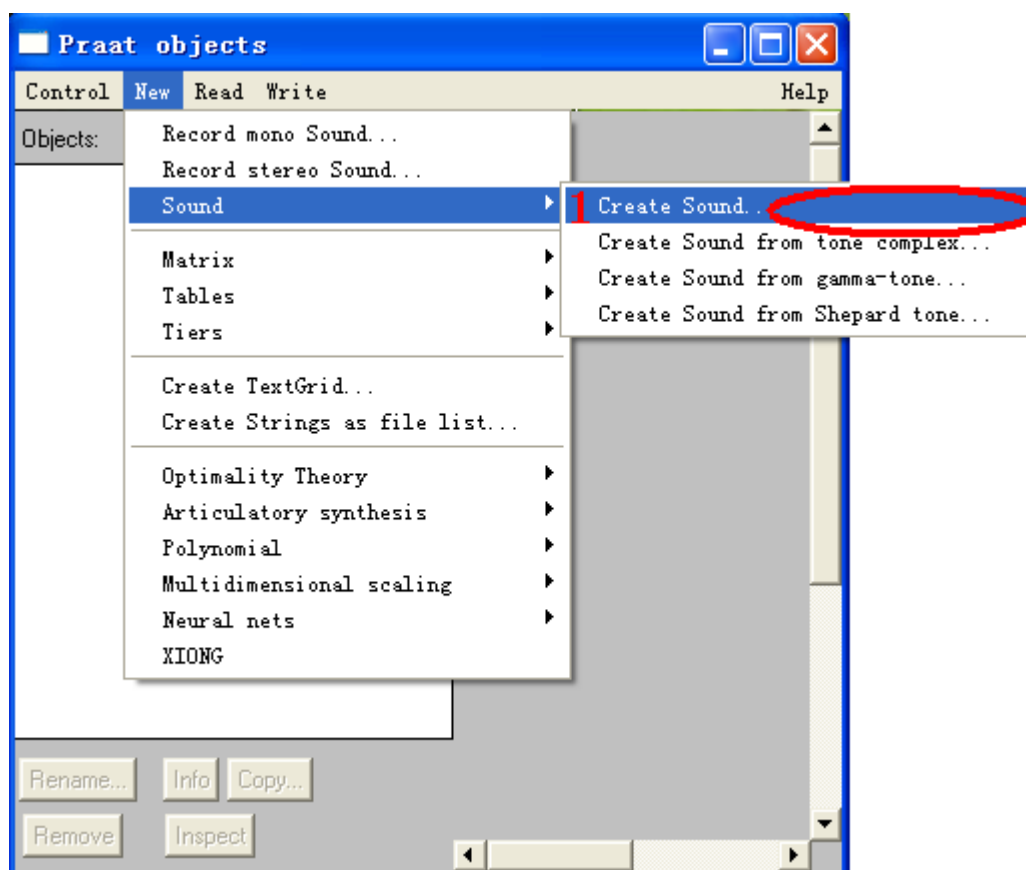
当物体振动时，会引起周围空气的波动，导致空气粒子间的距离发生疏密变化，从而引发空气压强的改变，再通过人的耳膜对空气压力的反映传入大脑，从而形成声音。物理上讲，声音具有四个基本特性：即音色、音强、音高和音长。

1、声波

声波是由物体振动产生的，物体振动使周围的介质(如空气)产生波动，这就是声波。声波的最简单形状是正弦波，由正弦波得到的声音叫纯音。在日常生活中，人们听到的大部分声音不是纯音，而是复合音，这是由多个不同频率和振幅的正弦波叠加而成的。

纯音

借助 Praat 软件的语音生成工具可以创建纯音和复合音，操作如下：点击下图 1 位置的按钮。

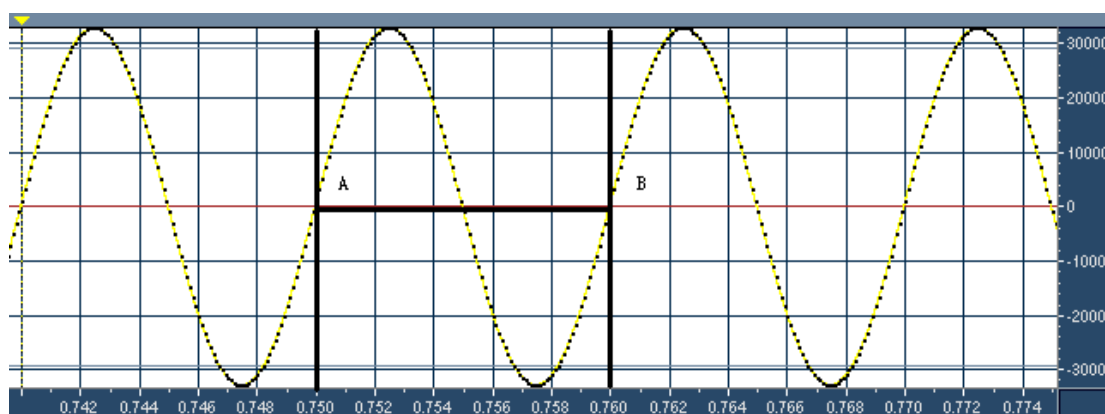


弹出下一对话框：

在上图 1 位置输入声音对象的名称；在上图 2 位置输入声音的起点时间；在上图 3 位置输入声音的末点时间；在上图 4 位置输入声音的采样率；在上图 5 位置输入每个正弦波的函数，如 $1/2 * \sin(2\pi * 377 * x)$ ，起首的 1/2 表示振幅，“sin ()”表示生成的是一个正弦波，“ 2π ”是个常量，“377”表示频率（可以改成不同的值）。下面是一个纯音的例子，生成公式为“ $1 * \sin(2\pi * 100 * x)$ ”，采样率为 10000 赫兹。

Sine-10000-16-1-100-1.0（相对振幅为 1）

（函数名-采样率-精度-通道数-频率-时长）



A 点至 B 点为一个完整的周期，从时间轴上可以看出这个周期的时长为 10 毫秒。根据采样率，可以知道这个周期包含了 100 个采样点。从右侧纵轴，我们可以看出其最大振幅位于 +32767 和 -32768。

复合音

下面是五个正弦波，其频率分别是 100, 200, 300, 400, 500 赫兹，相对振幅分别是 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125。其生成公式如下：

$$a: 1/2 * \sin(2 * \pi * 100 * x)$$

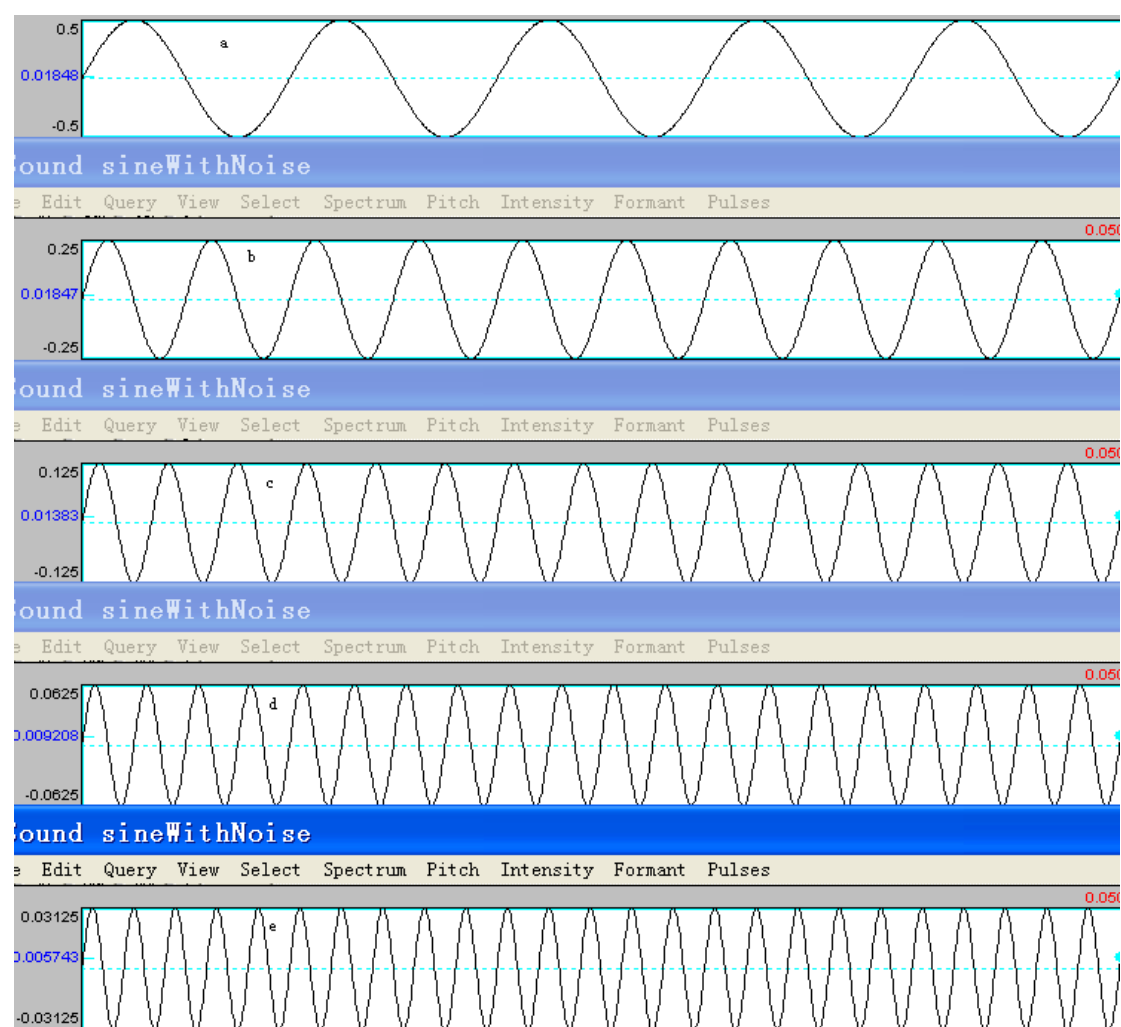
$$b: 1/4 * \sin(2 * \pi * 200 * x)$$

$$c: 1/8 * \sin(2 * \pi * 300 * x)$$

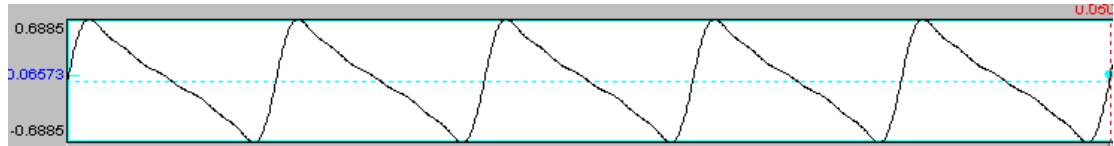
$$d: 1/16 * \sin(2 * \pi * 400 * x)$$

$$e: 1/32 * \sin(2 * \pi * 500 * x)$$

下面是这五个正弦波的波形图的片断，时长都是 50 毫秒，周期数分别是 5, 10, 15, 20, 25。



将这五个正弦波叠加起来，就生成了一个复合波，下面是这个复合波的波形图的片断，时长也是 50 毫秒。复合波的生成公式为：“ $1/2 * \sin(2 * \pi * 100 * x) + 1/4 * \sin(2 * \pi * 200 * x) + 1/8 * \sin(2 * \pi * 300 * x) + 1/16 * \sin(2 * \pi * 400 * x) + 1/32 * \sin(2 * \pi * 500 * x)$ ”。



从波形图可以看出，这个复合波的周期数与频率最低的纯音 a 的周期数相同，其振幅并不等于 5 个纯音的振幅直接相加，这是由于它们的频率不一致，存在强弱抵消的情况。要了解复合波的特性，需要对它进行频谱分析。

可听声波的频率范围为 20Hz-20KHz，频率高于 20KHz 的声波为超声波，频率低于 20Hz 的声波为次声波，超声波和次声波一般不能引起听觉，只有频率在两者之间的声波才能听到，通常把能够听到的声波称为可听声。

2、声速

声波每秒在介质中传播的距离，叫做“声速”，用 c 表示，单位为 m/s。声速与传播声音的介质和温度有关。在常温常压下的空气中，声速(c)和温度($t^{\circ}\text{C}$)的关系可简写为： $c \approx 331.4 + 0.607t$ (m/s)。常温常压下，声速约为 345m/s。

3、波长

沿着声波传播方向，声波振动一周所传播的距离，或在波形上相位相同的相邻两点间的距离，叫做“波长”，用 λ 表示，单位为 m。波长与发声物体的振动频率成反比：频率越高，波长越短。日常所说的长波指频率低的声音，短波指频率高的声音。波长和声速、频率三者之间的关系： $\lambda = c/f$ 。

4、振幅

振动物体离开平衡位置的最大距离，叫做振动的“振幅”，通常用符号 A 表示。简谐振动的振幅是不变的。强迫振动的稳定阶段振幅也是一个常数。阻尼振动的振幅逐渐减小，振幅是可变化的。振幅是用来表示振动强弱的物理量，振幅大，则振动强度强大；振幅小，则振动强度小。

5、分贝

分贝是增益或衰减单位，用于描述两个相同物理量之间的相对关系。声信号和电信号的相对强弱，例如声压和电压、声功率和电功率的放大（增益）和减小（衰减）的量都可用分贝数来表示。

计算公式如下：

$$LN = 10 * \lg(AI / Ar) \text{ 或 } LN = 20 * \lg(AI / Ar)$$

式中，其中 A_r 是基准量， A_I 是被测量，分贝符号为“dB”。被测量和基准量之比取以 10 为底的对数，这对数值称为被测量的“级”，它代表被测量比基准量高出多少“级”。根据公式可以得出，若被测量是基准量的 10 倍，则被测量比基准量高出 1 级，若被测量是基准量的 100 倍，则被测量比基准量高出 2 级，以此类推。每 1 级相差 10 或 20 个 dB。

分贝的计算很简单，对于振幅类物理量，如声压、电压、电流强度等，将被测量与基准值相比后求常用对数再乘以 20；对于它们的平方项的物理量如电功率、声功率和声强，取对数后乘以 10 就行了。如果需要表示的量小于与其相比的量时（即比值小于 1 时），则 dB 数前要加一个负号。

6、声强——声强级

声强是衡量声音强弱的一个物理量。声场中，在垂直于声波传播方向上，单位时间内通过单位面积的声能称做声强。声强常以 I 表示，单位为 (W / m^2) 。声强实质是声场中某点声波能量大小的度量。对平面波来说，声强 I 正比于声压有效值的平方。

声强级是相对于参考声强的分贝数，声强 I_1 的声强级 LI 为：

$$LI = 10 * \lg(I_1 / I_r)$$

式中， I_1 是声强， I_r 是参考声强，通常取 10^{-12} 瓦/平方米，该数值是人耳对 1kHz 声音刚能听到时的声强值。

7、声功率——声功率级

声源在单位时间内辐射的总声能量称为声功率。常用 W 表示，单位为瓦 (W) 或 mW（毫瓦）或 μW （微瓦）。声功率是表示声源特性的一个物理量。声功率越大，表示声源单位时间内发射的声能量越大。声功率的大小，只与声源本身有关。

声功率级是相对于参考声功率的分贝数，声功率 W_1 的声功率级 LW 为：

$$LW = 10 * \lg(W_1 / W_r)$$

式中， W_1 是声功率， W_r 是参考声功率，通常取 10^{-12} 瓦。

声强和声功率通常不易直接测量，要根据测出的声压通过换算来求得。

8、声压——声压级

目前，在声学测量中，常用声压来衡量声音的强弱。声波在大气中传播时，引起空气质点的振动，从而使空气密度发生变化。在声波所达到的各点上，气压时而比无声时的压强高，时而比无声时的压强低，某一瞬间介质中的压强相对于无声波时压强的改变量称为声压，记为 $p(t)$ ，单位是 Pa。

声音在振动过程中，声压是随时间迅速起伏变化的，人耳感受到的实际只是一个平均效应，因为瞬时声压有正负值之分，所以有效声压取瞬时声压的均方根值，故实际上总是正值。

$$P_T = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_1^T P_T^2}$$

式中 P_T 是 T 时间内的有效声压 Pa； $p(T)$ 为某一时刻的瞬时声压 Pa。

声压 (p) 以 Pa，即帕（斯卡）为单位，有时也有即微巴（ μPa ）作单位。

$$1\text{Pa} = 10^6 \mu\text{Pa};$$

人耳可听到的最弱声压为 2×10^{-5} Pa (0dB)，最强的声压为 2×10^1 Pa (120 dB)，最强声压和最弱声压之间相差大约 6 个级数。

为了计算上的方便，同时也符合人耳听觉分辨能力的灵敏度要求，从最弱的声压（ 2×10^{-5} Pa）到最强的声压（20 Pa），按对数方式分成等级，以此作为衡量声压大小的常用单位，这就是声压级。声压级的单位为 dB。

声压 p_1 的声压级 L_p 为：

$$L_p = 20 * \lg(P_1 / P_r)$$

式中， P_r 为基准声压 $= 2 \times 10^{-5}$ Pa，该值是人耳对 1kHz 声音刚能听到时的声压值，作为声压级的 0 dB。

声压级不能直接相加，如 $LP_1=LP_2$ ，即两个声源的声压级相等，则总声压级：

$$LP = LP_1 + 10 \lg 2$$

$$\approx LP_1 + 3 \text{ (dB)}$$

也就是说，作用于某一点的两个声源声压级相等，其合成的总声压级比一个声源的声压级增加 3dB。

下面以 16 位采样精度为例，加以说明每个采样点声压的计算。以 16 位采样精度采得的每个样本值都是用两个字节来保存的，我们把这两个字节的值分别记作 b_1 和 b_2 ，它们都是 0 至 255 之间的某个整数，可以用公式 b_1+b_2*256 算出其相应的十进制的值。如一个采样点的 b_1 和 b_2 分别等于 199 和 19，那么这个采样点的采样值就等于 $199+19*256$ ，即 5063。再比如说，某个采样点的 b_1 和 b_2 分别等于 41 和 236，那么这个采样点的采样值就等于 $41+236*256$ ，即 60473。如果采样值大于或等于 32768，则将其减去 65536，得出负值。因此采样值的范围在 -32768~+36767 之间。

然后将采样值换算为 -1~+1 之间的声压值，公式如下：

$$P = N_i / 32768 \text{ (Pascal)}$$

接下来可以根据声压值来计算声压级，公式如下：

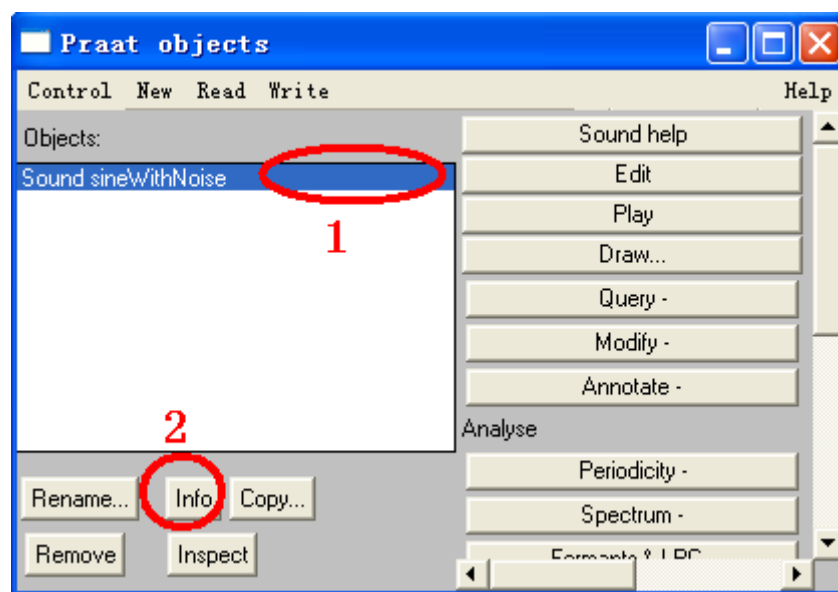
$$LP = 20 * \lg(|P|) \text{ (dB)}$$

如果 $|P|=1$ ，则 $LP=0\text{dB}$ ；如果 $|P|=0.5$ ，则 $LP=-6.02\text{dB}$ ；如果 $|P|=0.25$ ，则 $LP=-12.04\text{dB}$ 。这表明声压相差一倍时，声压级上相差大约 6 个分贝。如果以基准声压 $P_r(2 \times 10^{-5} \text{ Pa})$ 为参考点，则上面公式改写为：

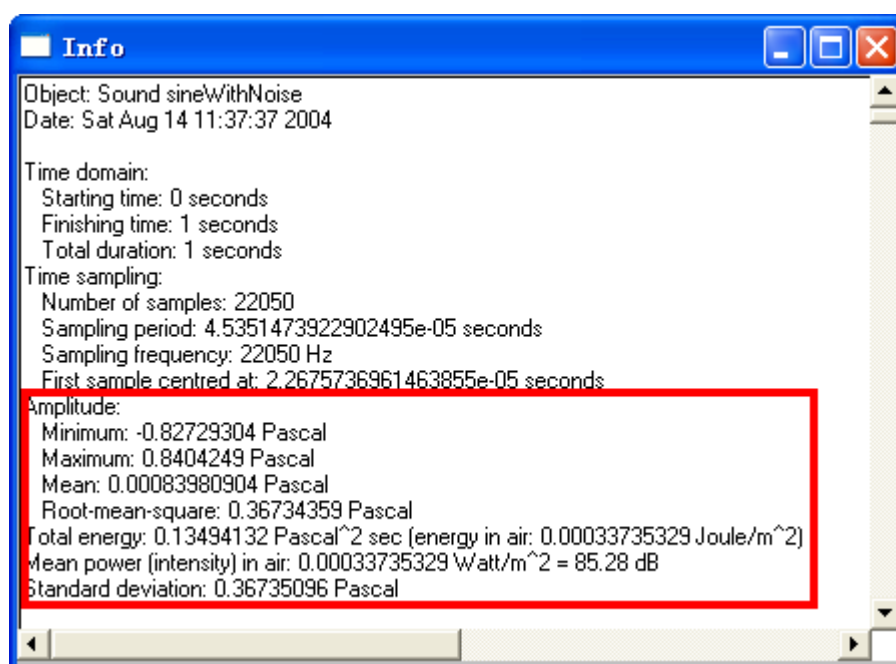
$$LP = 20 * \lg(|P| / (2 * 10^{-5})) \text{ (dB)}$$

此时结果为：如果 $P=1$ ，则 $LP=93.98\text{dB}$ ；如果 $P=0.5$ ，则 $LP=87.96\text{dB}$ ；如果 $P=0.25$ ，则 $LP=81.94\text{dB}$ 。

我们可以使用 Praat 软件察看语音文件的振幅特征，操作如下：先在对象列表窗口选择一个声音对象，如下图 1 所示；再点击下图 2 位置的 Info 按钮。



弹出一个信息对话框，如下图所示：



在上图红色框里标出了所选声音对象的振幅和能量特征值。

振幅，单位为 Pascal，是根据声压值来标示的。

Mean: 单位 Pascal。

$$A_{mean} = 1/n * (\sum_{i=1}^n A_i)$$

$$RMS = \sqrt{((\sum_{i=1}^n A_i^2) / n)}$$

Root-mean-square: 单位 Pascal。

Total energy: 单位 $\text{Pascal}^2 \text{ sec}$ 。 $T_e = RMS^2 * WaveLength$, 时长单位秒。

energy in air: 单位 Joule/m^2 。 $energyInAir = T_e / 400$

Mean power (intensity) in air: 单位 Watt/m^2 。

$$MeanPower = energyInAir / WaveLength$$

Mean power (intensity) in air: 单位 dB。

$$MeanPower = 10 * \log(MeanPower / (10^{-12})) = 20 * \log(RMS / (2 * 10^{-5}))$$

Standard deviation: 单位 Pascal。

$$Std = \sqrt{(\sum_{i=1}^n (A_i - A_{mean})^2 / (n-1))}$$

9、响度--响度级

响度是人耳对声音强弱的主观评价尺度，它主要决定于声压，而且与频率和频谱有一定的关系。声压愈大，引起人耳主观感觉到的响度也愈大。如敲锣打鼓时，用力大，锣面或鼓皮振幅就大，声音就响；轻轻敲打振幅就小，声音就轻。

响度和声强是不同的概念，使用中需要注意它们之间的区别和联系。声强是声波强弱的客观反映，可用声压级或声强级来计量，声压值的单位为帕（Pa），其对数值声压级的单位为分贝。而响度是人们对声音强弱的主观感觉，不能用任何仪器来直接测定。

响度用单位宋(sone)来度量，将 1000Hz、40dB 的纯音所具有的响度定义为 1 宋。如果另一个声音听起来比 1 宋的声音大 n 倍，即该声音的响度为 n 宋。响度还常用对数值来表示响度级，单位为方(phon)，响度级的定义是：将一个声音与 1000Hz 纯音作比较，当听起来两者一样响时，这时 1000Hz 纯音的声压级的数值就是这个声音的响度级。如果某声音听起来与声压级为 0dB 的 1000Hz 纯音一样响，则该声音的响度级为 0 方。如果某声音听起来与声压级为 80dB 的 1000Hz

纯音一样响，则该声音的响度级为 80 方。除 1000Hz 纯音外，声压级的值一般不等于响度级的值。

根据大量的实验得到，响度加倍或减半，响度级增加或降低 10 方。它们的关系可用下列数学式表示：

$$N = 2^{(LN-40)/10} \text{ 或 } LN = 40 + 33\log(N)。$$

其中 N 表示响度，单位为宋，LN 表示响度级，单位为方。注意，响度级之间不能直接相加，而响度可以相加。应先将各响度级换算成响度进行合成，然后再换算成响度级。

10、频率--基频--音高

单位时间内（每秒）物体振动的次数，称为“频率”，用 f 表示，单位为赫兹。物体振动越快，频率就越高；物体振动越慢，频率就越低。物体振动一周所经历的时间，称为“周期”，记作 T ，单位为秒。周期与频率之间具有以下关系： $T=1/f$ 。

在一个自然的复合音里，有一个振幅最大、频率最低的分音，也就是第一谐波，这个分音（或第一谐波）一般还被称为“基音”，它的振动频率被称为“基频”。但对于人工合成的声音或者通过滤波处理后的声音（如过滤掉一些低频成分），其基频并不等于第一谐波的频率。例如，一个 300 赫兹的纯音与一个 400 赫兹的纯音叠加时，会产生一个复合波，这个复合波就包括两个分音，其频率分别等于 300 赫兹和 400 赫兹，第一谐波的频率为 300 赫兹，这个复合波的基频并不等于 300 赫兹，而是等于 100 赫兹。

音高是人耳对物体振动频率的听觉感受，其高低主要决定于声波频率。一般来说，振动频率越高，感受到的音高也越高；振动频率越低，感受到的音高也越低。对复合波音高的感知，主要决定于基频。

一般来说，女同志的音高比男的高，童声的音高比成人高。

11、基音--陪音--谐波--分音--泛音

一个复合音是由多个频率不同的纯音组成的，通过一定的方法可以把复合音分解为一定数目的纯音，这些被分解出来的纯音在物理学上被称为“分音”，在电声学上被称为“谐波”。其中，那个振幅最大、频率最低的分音，被称为“基音”，也被称为“第一谐波”；其他分音的振幅一般都比基音的振幅小，而频率都是基音的整数倍，这些音被称为“陪音”，在音乐中也被称为“泛音”。

12、纯音—复合音

声波分简单和复杂两种形式。由单一频率的正弦波产生的声音是纯音,如音叉的声音,纯音是最简单、最单一的振动所产生的声波。物理学上用频率和振幅两个特征来说明纯音的性质。复杂的波形是由若干个不同质的纯音融合而成。不同频率和振幅的纯音相混合而成的声音称为复合音。

13、音色

人耳对声音频谱特征的感知效果,称为“音色”。音色是人耳能够区分发自不同声源的同一个音高的声音的主要依据,如管弦乐队合奏中胡琴、笛子和其他乐器发出的乐音,即使音调和响度都相同,还是可以把胡琴、笛子和其他乐器声音分辨出来,我们能够听出熟人说话的声音,这些都主要是由于音色的原故。音色决定于陪音的多少和它们的相对强度。

陪音对音色的特性有非常重要的影响,它的数量和振幅的不同构成音色的频谱特性曲线。这条曲线就体现了音色的表现力。例如,钢琴的最低音频率是 27.5 Hz,最高音频率是 4186Hz,而钢琴有十几个泛音,它的高频可达 10kHz 至 20kHz,一般可测到 16 个泛音或 24 个泛音。这些泛音可分为低频泛音、中频泛音和高频泛音。如果低频泛音的幅度较强,音色就表现得混厚;中频泛音的幅度比较强,音色就表现得圆润、自然、和谐;高频泛音的幅度比较强,音色就表现得明亮、清透、解析力强。

14、乐音—噪音

声音按照它们是否有周期性而分成两类,即乐音和噪音。乐音是周期性或准周期性的声音振动。如音叉声。噪音是非周期性的声音振动。如流水声。噪声的判断还与人们的主观感觉和心理因素有关,即一切不希望存在的干扰声都叫噪声,例如,在某些时候、某些情绪条件下音乐也可能是噪声。

15、听阈—痛域—等响曲线

强度是听觉的基础。声音必须达到一定强度才能引起听觉。正常人听觉的强度范围为 0 dB – 140 dB (也有人认为是-5dB—130dB)。引起听觉的最小强度称为听阈。也可以说,每个人对各种频率的纯音信号都有一个能感受到的最小强度,这个刚刚能听到的声音强度就是某个人对某种频率声音的听阈。人耳的听阈随着声音的频率不同而有变化。听阈的单位用分贝来表示。音强超过 140 分贝时,便在耳膜引起疼痛感觉。人耳对不同频率的声音听阈和痛阈不一样,灵敏度也不一样。人耳的痛阈受频率的影响不大,而听阈随频率变化相当剧烈。当低于 20 赫兹或高于 20000 赫兹时,不管其强度有多大,人耳几乎都听不见了。人耳对 3000Hz

-5000Hz 声音最敏感，幅度很低的声音信号都能被人耳听到，而在低频区（如小于 800Hz）和高频区（如大于 5000Hz）人耳对声音的灵敏度要低得多。

实验表明，听阈和痛阈是随声压、频率变化的。听阈和痛阈随频率变化的等响度曲线之间的区域就是人耳的听觉范围，通常认为，对于 1000Hz 纯音，0dB 至 20dB 为宁静声，30dB 至 40dB 为微弱声，50dB 至 70dB 为正常声，80dB 至 100dB 为响音声，110dB 至 130dB 为极响声。小于 0dB 听阈和大于 140 痛阈时为不可听声，即使是人耳最敏感频率范围的声音，人耳也觉察不到。

等响曲线是反映人耳对声压的主观感受的曲线。面对于 1000Hz 以外可听声，在同一级等响度曲线上有无数个等效的声压-频率值，例如 200Hz 的 30dB 的声音和 1000Hz 的 10dB 的声音在人耳听起来却具有相同的响度。等响曲线族表明了不同频率的声音产生同样响度时所需要的声压级数。它是用 1000Hz 的纯音作为参考频率，并选定参考频率的声压级，调节其它频率的声压级，直到它们被认为响度相等为止。这样，就可制作成等响曲线图，以横坐标表示频率，纵坐标表示声压级（dB），表中间的曲线代表相等的响度级（方）。根据等响曲线图，可以得出以下几点认识：

（1）两个声音的响度级（方）相同，但声压级不一定相同，它们与频率有关。例如 80Hz、70 dB 的声音是 50 方，而 1000Hz、60 dB 的声音却是 60 方；二者相比，前者声压级大 10 dB，而响度级却小 10 方。相反，50Hz 及 500Hz 的两个声音，如响度级都等于 20 方，而声压级则不相等，前者是 64 dB，后者是 25 dB。

（2）两个声音的响度级（方）及声压级（dB）只在 1000Hz 才相等，例如 800-1000Hz 这个范围内，方值的变化和 dB 值的变化，是完全相等的。因此，在这个范围内，可以用 dB 代表方。

（3）低声压级时，等响曲线上各频率声音的声压级相差很大；高声压级时，等响曲线较为平坦，说明在高压时，各频率的听感等响基本相同。在响度级大于 80 方的强大声音时，响度级主要决定于声压级（dB），而与频率几乎无关。在此情况下，可以近似地认为方值与 dB 值相等。

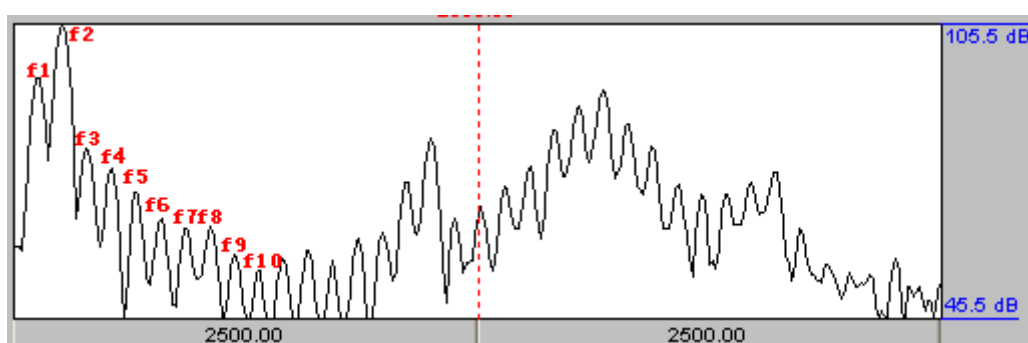
（4）高频段，高响度级与低响度级的曲线斜率及其间隔基本一致，说明高频段的响度变化与声压级增量基本一致；而在低频段，当声压级小于 90 dB，低响度级曲线斜率甚大，等响曲线的间隔却较小，说明低频段声压级的微小变化会导致响度的较大变化。

16、频谱图

任何一个声音都可以分解成为一个或多个纯音来，这个分解过程就称为频谱分析，频谱分析的结果是为了得到这个声音的频谱图，将分解出来的每个纯音分频率和振幅两个维度做在一张图上，纵轴表示振幅，横轴表示频率。频谱有离散谱和连续谱之分。

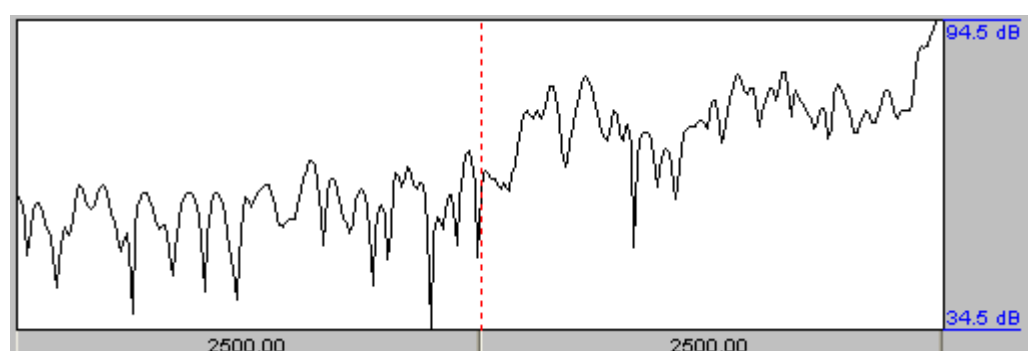
17、离散谱

周期性复合波包含数目一定的频率成分，它在频谱图上呈现为分立式的线条状谱线，在频率轴上只有基频整数倍的位置上可能有振幅值，其余位置均为空，这种频谱称为“离散谱”，又称“线状谱”，如元音的频谱就是离散谱。下图是元音/i/的某个时刻点的二维频谱图，根据下图可以分析每个谐波峰的中心频率和能量，测量该声音的这一时刻点的音高值，通常取其第 10 个谐波 f10 的中心频率值再除以 10。



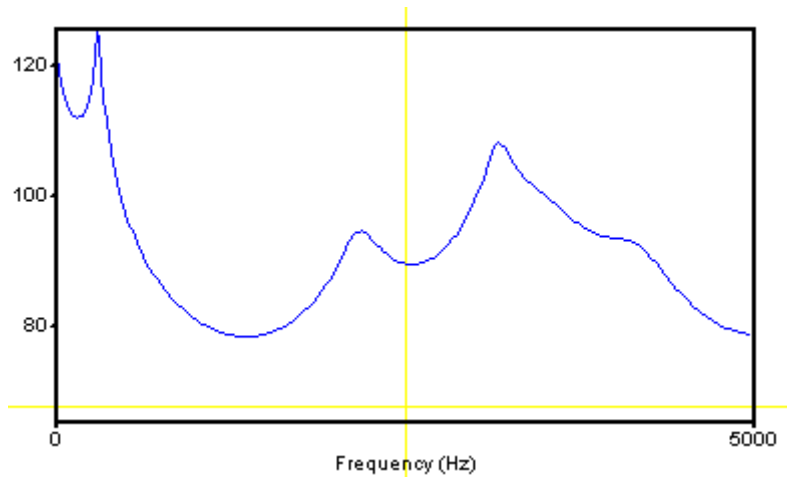
18、连续谱

非周期性复合波包含为数众多的频率成分，它在频谱图上呈现为密密麻麻、分析不开的谱线，这种频谱称为“连续谱”，如清辅音的频谱就是连续谱。下图是/ㄅ/的某个时刻点的二维频谱图，在此我们看不到类似如上图/i/那样比较规则的锯齿。



19、谱包络

在二维频谱图中,用来表示频谱大体趋势的曲线，称为“谱包络”。下图是对/i/的二维频谱图所做的谱包络。



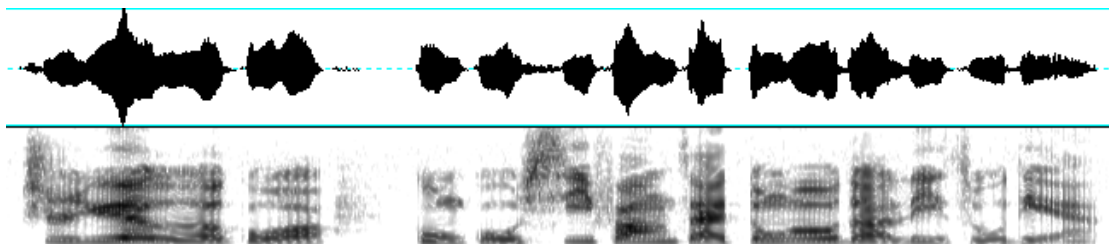
20、语图

用语图仪画出来的频谱图，称为“语图”。语图通常分为窄带语图和宽带语图。窄带语图指用窄带滤波器做出的声谱图，宽带语图指用宽带滤波器做出的声谱图。窄带语图和宽带语图都是三维的：横轴表示时间，纵轴表示频率，第三维用灰度（或彩色）表示某一时刻某一频率分量的振幅。

窄带语图因其带宽比较窄，频率范围可以分解出较多的区段，因此频率分辨率较高，但在时间维度上，窄带语图因其分析窗口比较长，因此时间分辨率较低；宽带语图因其带宽比较宽，频率范围只能分解出较少的区段，因此频率分辨率较低，但在时间维度上，宽带语图因其分析窗口比较短，因此时间分辨率较高。分析窗口的长度至少应该包含乐音的一个周期。

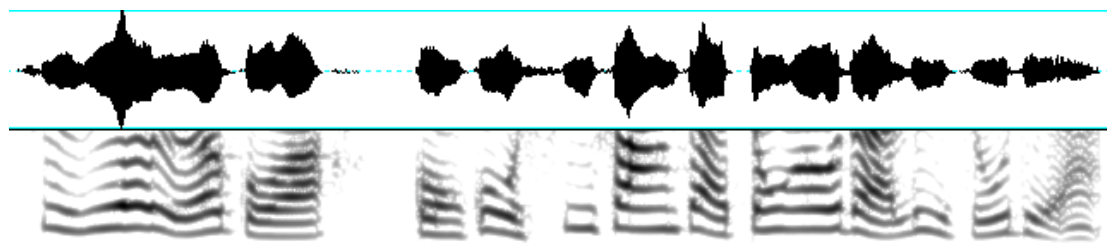
21、宽带语图

用语图仪或声谱仪中宽带（带宽通常是 300Hz）滤波器作成的语图，称为“宽带语图”，其水平方向为时间，竖直方向为频率，用颜色的深浅表示强弱。分析浊音时，这种语图显示出一条条纵向条纹，两条纵向条纹之间的时长就表示浊音周期。通过宽带语图可以看到几条较粗的横杠，显示出元音的几个共振峰，量出其高度，即可换算得共振峰的频率值，因此可以用来分析音色。如下图所示，上半部是声音的波形图，下半部就是宽带语图。



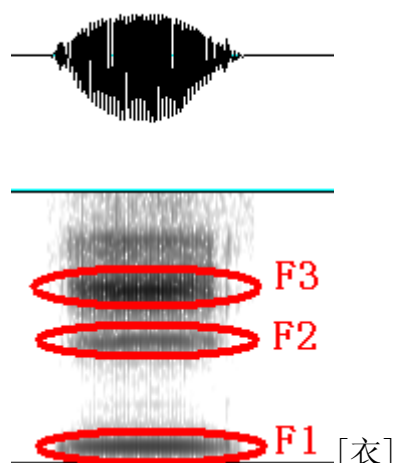
22、窄带语图

用声谱仪或语图仪中的窄带滤波器（带宽通常为 45Hz）做出的语图，称为“窄带语图”，其水平方向为时间，竖直方向为频率。这种语图显示出一条条水平条纹自下而上依次表示元音的各个谐波，最下面的一条通常为基音。量出第 n 条谐波的高度，换算出其频率数，再除以 n ，就可以求得基频值 f_0 。因此，窄带语图主要用于分析谐波特性和音调特点。如下图所示，上半部是声音的波形图，下半部就是窄带语图。



23、横杠

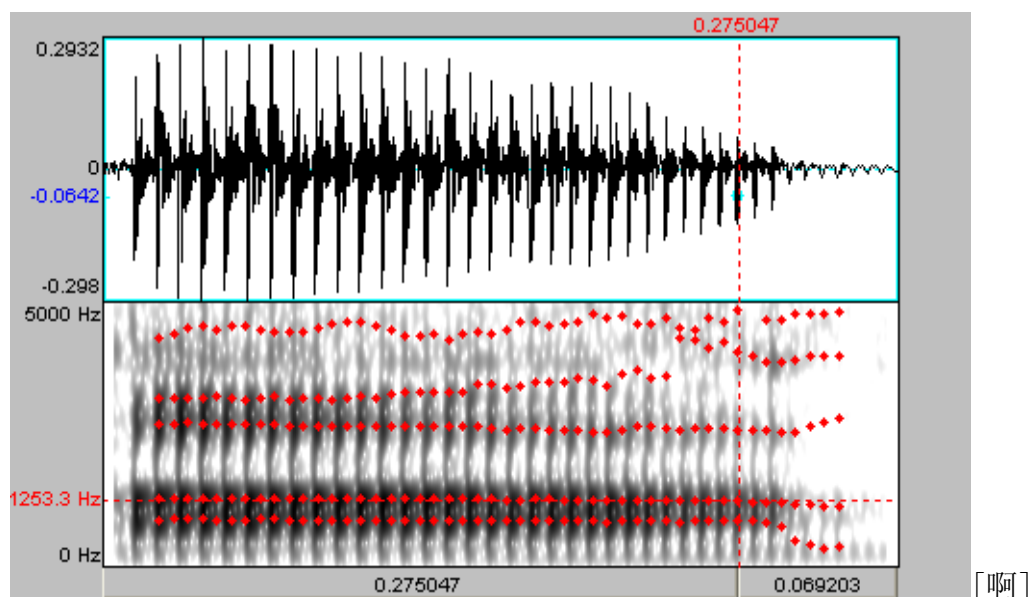
由于共鸣作用，语音在某些频率区上的能量较强，在三维语图上表现出浓度较深的横条，称为“横杠”，可以根据浊音横杠的中心频率位置来分析它的音色特性。如下图 F1、F2、F3 所示：



24、共振峰

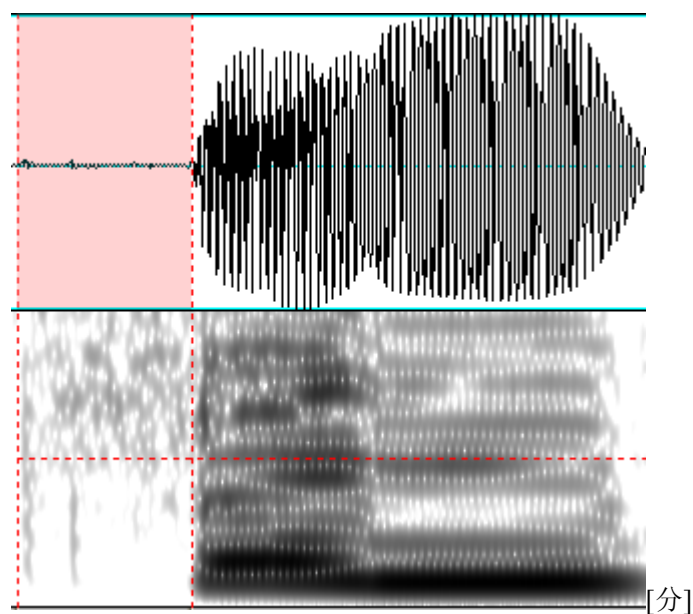
在特定的频率区域聚集大量声能的语音表现，称为“共振峰”。在言语产生中，任何声道结构都有共振，因此就会出现共振峰。元音共振峰在三维语图上明显地呈现为粗黑的横杠。最低的三个共振峰最有特点，称为第一共振峰（F1）、第二共振峰（F2）和第三共振峰（F3），在声学语音上就是根据这几个共振峰的

位置来区分不同元音的。[m]、[n]等浊辅音有类似于元音的共振峰，擦音和塞擦音等清辅音表现出类似于共振峰的强频区。下图中红点表示共振峰的中心频率。



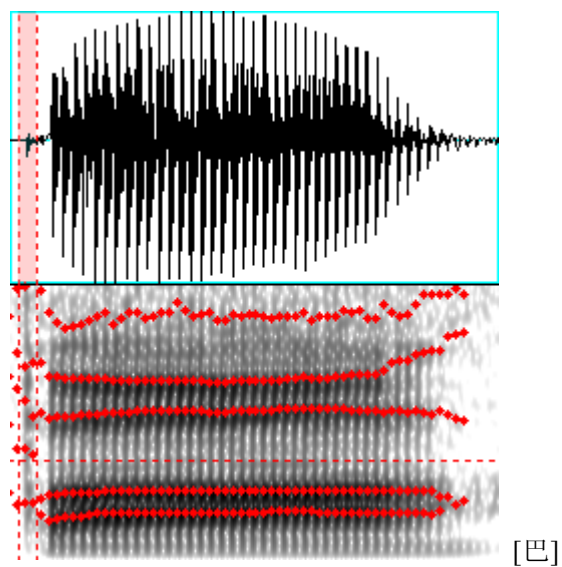
25、乱纹

非周期性延续音在三维语图上的一种形似“雨滴”表现，称为“乱纹”。乱纹虽然没有明显的共振峰，但有能量集中区痕迹，它是擦音在语图上的典型特征。



26、冲直条

塞音爆破时有一股较强的气流冲出，在语图和一般频谱中表现为一条较窄的竖条，称为“冲直条”。



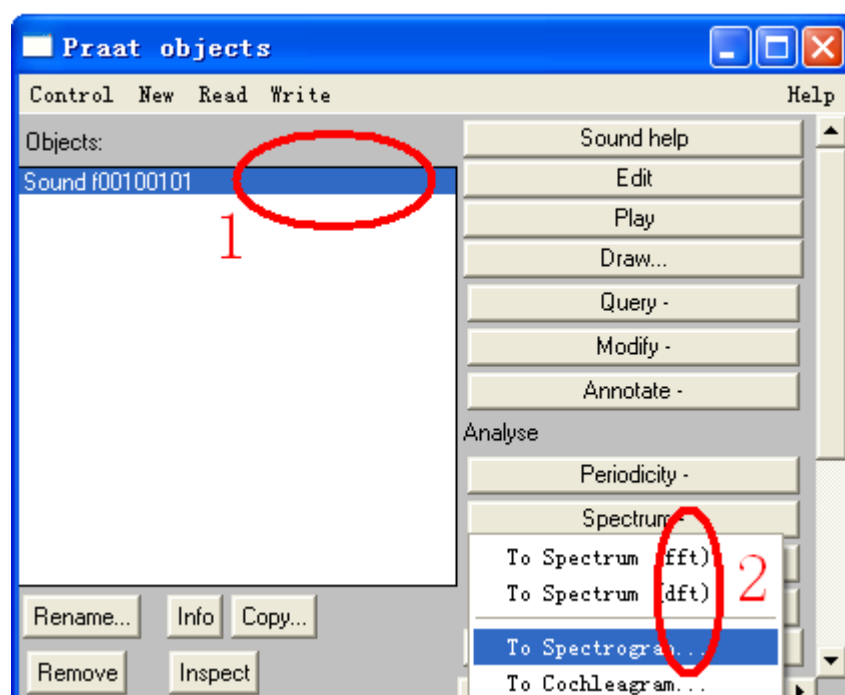
[巴]

三 频谱分析

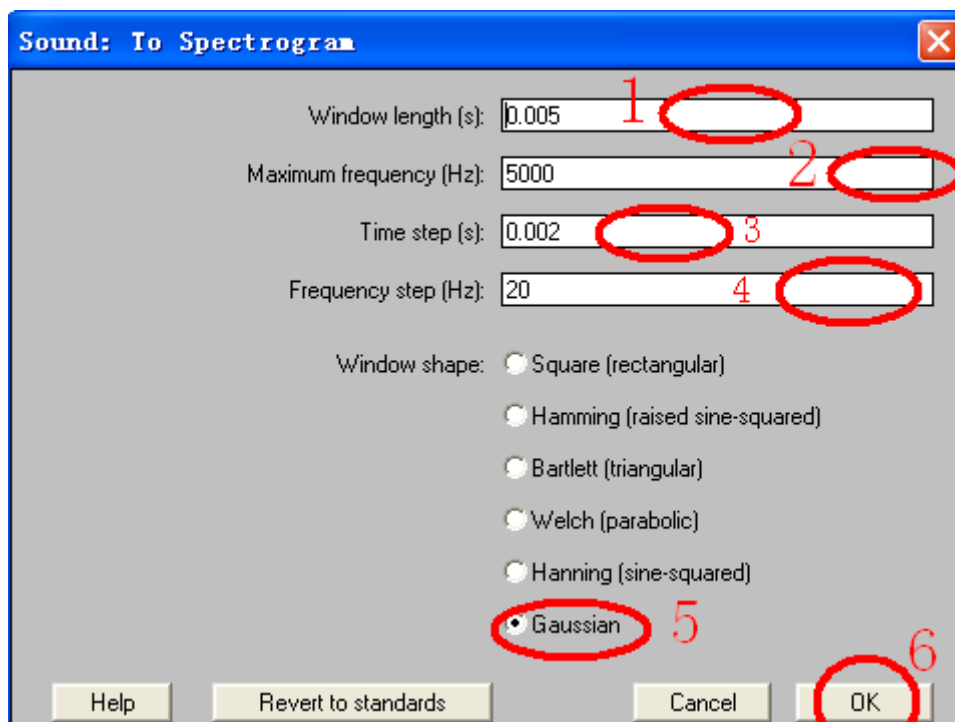
通过本节的学习，帮助您掌握宽带语图和窄带语图的分析以及二维频谱分析的方法和参数设置，学会制作语图和频谱图，掌握从窄带语图的片段分析对象中提取基频的方法；熟练操作 To Spectrogram..., [Spectrogram] To Spectrum (slice) ..., [Spectrogram] Paint..., [Spectrogram] Query...以及[Spectrum] Edit, [Spectrum] Draw..., [Spectrum] Query...等菜单的操作。

（一）语图分析及参数设置

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Spectrum-按钮下的 To Spectrogram ..., 如下图 2 所示：



会自动弹出下面对话框：



如果做宽带语图，一般在上图 1 的位置将 Windows Length 设置为 0.005 秒；如果做窄带语图，一般将 Windows Length 设置为 0.03 秒。

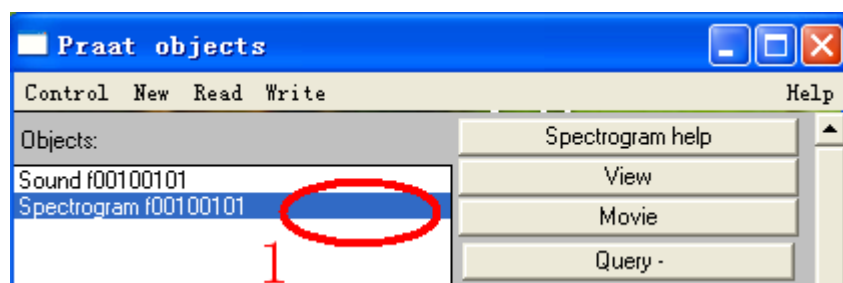
【说明 1：作宽带语图所用的滤波器带宽一般在 300 赫兹左右，作窄带语图所用的滤波器带宽一般在 45 赫兹左右，这也是它们各自得名的原因。为何分别选择 300 赫兹和 45 赫兹呢？主要是考虑到语声的基频上限一般在 300 赫兹以下，基频下限一般在 50 赫兹以上，也就是说两个谐波之间的频率间距一般高于 50 赫兹，低于 300 赫兹。因此取 45 赫兹的带宽，能够基本保证将相邻谐波一个个区分开来；取 300 赫兹的带宽，使得相邻谐波凝成一团而无法区分。也就是说，带宽越小，窗内时间点的数目越多，频率范围分解出较多区段，则频率分辨率越高，但是其时间分辨率越低；带宽越大，窗内时间点的数目就越少，则频率分辨率越低，但是其时间分辨率越高，若过少，会使低频成分丢失。通常，窗内时间点的数目至少应该包含乐音的一个周期。因此窗口长度至少大于 $1/300=0.0033$ 秒。】

【说明 2：在 Praat 程序中，采用的是一种类似与高斯窗的窗口，其窗口时长与带宽的换算公式如下： $\text{Bandwidth}=1.299/\text{Window length}$ ，因此若取窗口长度为 0.005 秒，则得到滤波器的带宽约为 260 赫兹，若取窗口长度为 0.03 秒，则得到滤波器的带宽约为 44 赫兹。因此窗口长度分别设置为 0.005 秒和 0.03 秒通常可以分别满足宽带分析和窄带分析的要求。当然这个值是可以根据要求来进行调整的。窄带分析的窗口长度一般可以不做调整，保持 0.03 秒基本可以满足所有分析的要求，宽带分析的窗口长度通常需要根据谐波之间的频率间距进行调整，取的带宽以略大于基频值为佳，公式如下： $\text{Window length}=1.299/\text{Bandwidth}$ ，其中 Bandwidth 略大于 f_0 ，也就是说，作宽带语图分析时，遵循基频越高，窗口长度越短的原则。】

通常情况下可以在 2 的位置将 Maximum frequency 设置为 5000 赫兹；通常

在 3 的位置将 Time step 设置为 0.002 秒；通常在 4 的位置将 Frequency step 设置为 20 赫兹；通常在 5 的位置将 Windows shape 设置为 Gaussian。

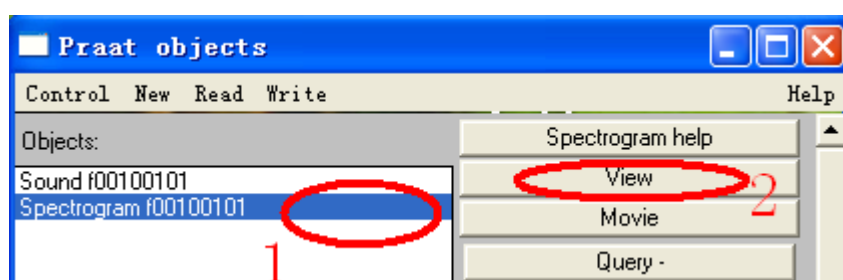
设置完成之后，按“OK”按钮提交程序执行。等到程序执行结束以后，在对象列表窗口您可以看到一个新的对象，它的名称等于声音文件的名称，而类型是“Spectrogram”，如下图 1 所示：



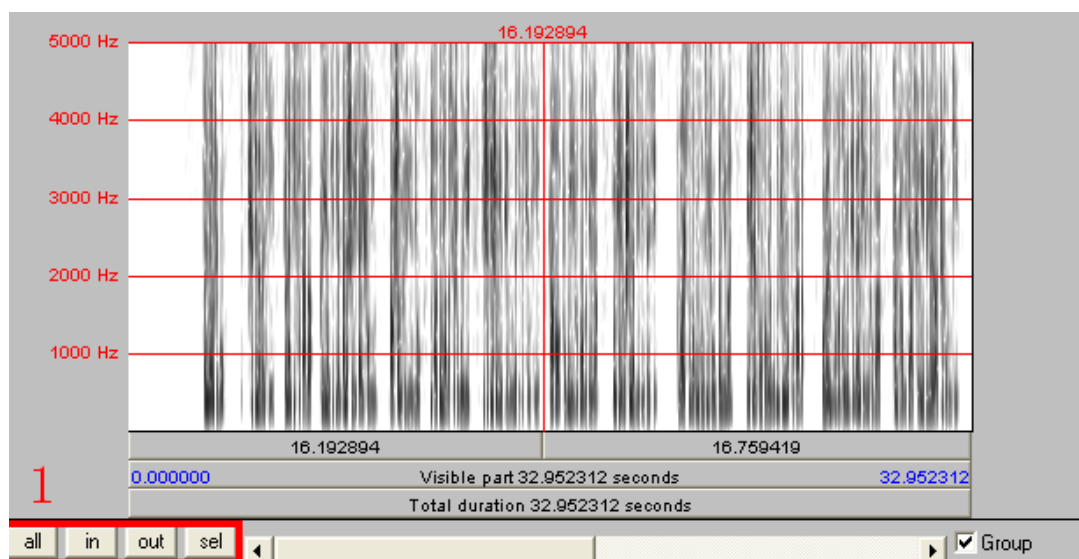
至此，程序的语图分析工作已经结束。接下来，我们观察一个语图。

（二）观察语图

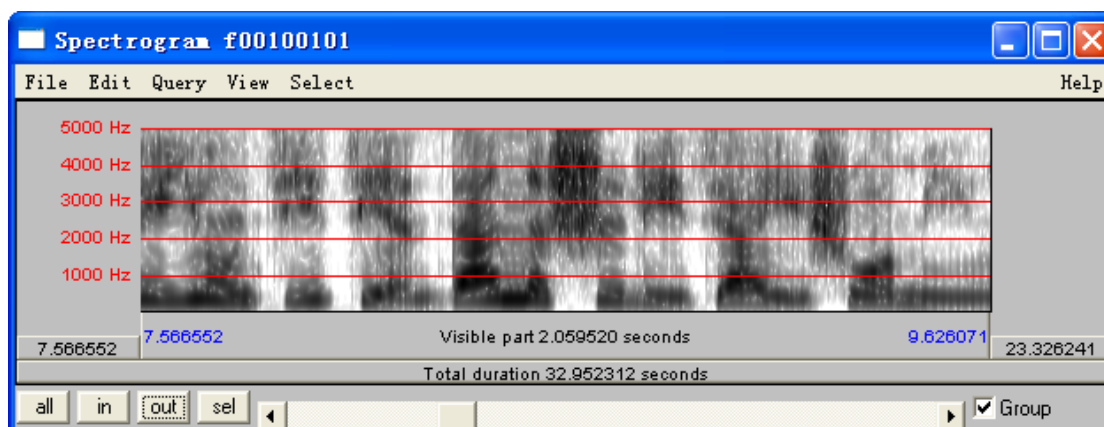
为了观察刚才分析出来的语图，您可以先选择刚才分析出来的 Spectrogram 对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 View 按钮，如下图 2 所示，来打开 Spectrogram 对象：



点击上图 2 的 View 按钮之后，会出现一个新的窗口，如下图所示：

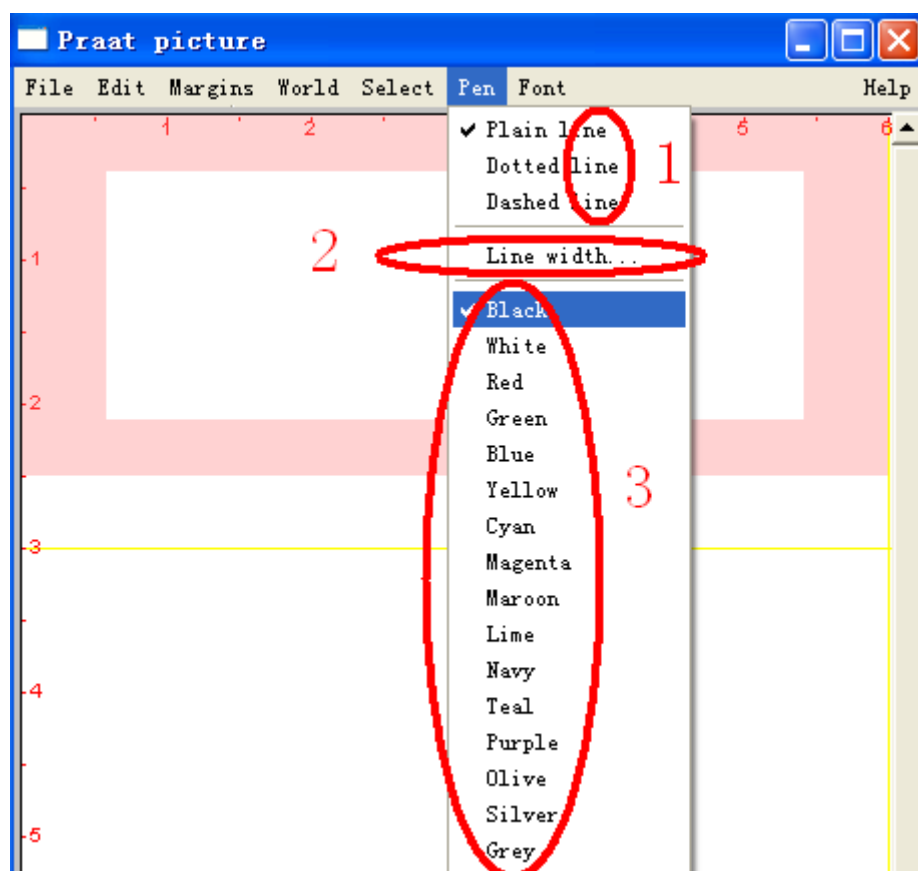


为了能够清晰地观察语图，您可以调整显示窗口的高度和宽度，还可以通过点击上图左下脚所示的几个按钮来调节横轴的显示比例，以达到最佳的观察效果。其中，“all”按钮在当前窗口中显示全部信号的语图；“in”按钮是2倍放大时间坐标轴；“out”按钮是2倍缩短时间坐标轴；“sel”按钮是在当前窗口中显示您所选择的那段信号。下图是放大后的一段语图：



请根据您所掌握的语音学知识来观察语图，通过语图来分析音色特征，了解不通音段的声学表现，如浊音横杠、乱纹、冲直条、辅音强频区等等。

（三）画图及参数设定

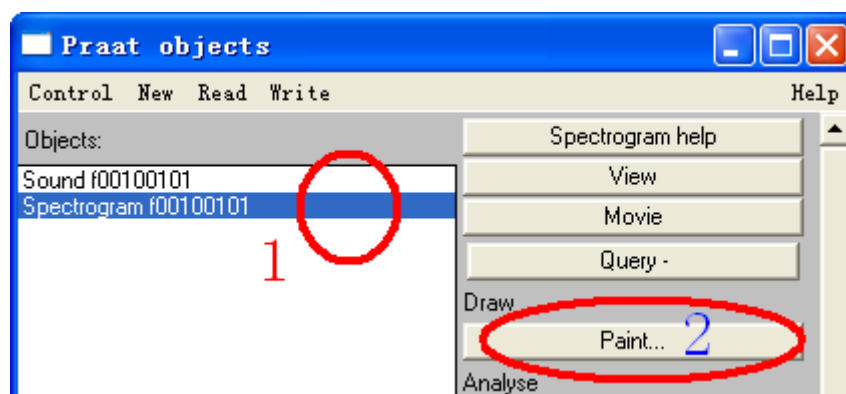


第一步：在上图 Praat picture 窗口里选定合适的区间，大小高度根据所作图

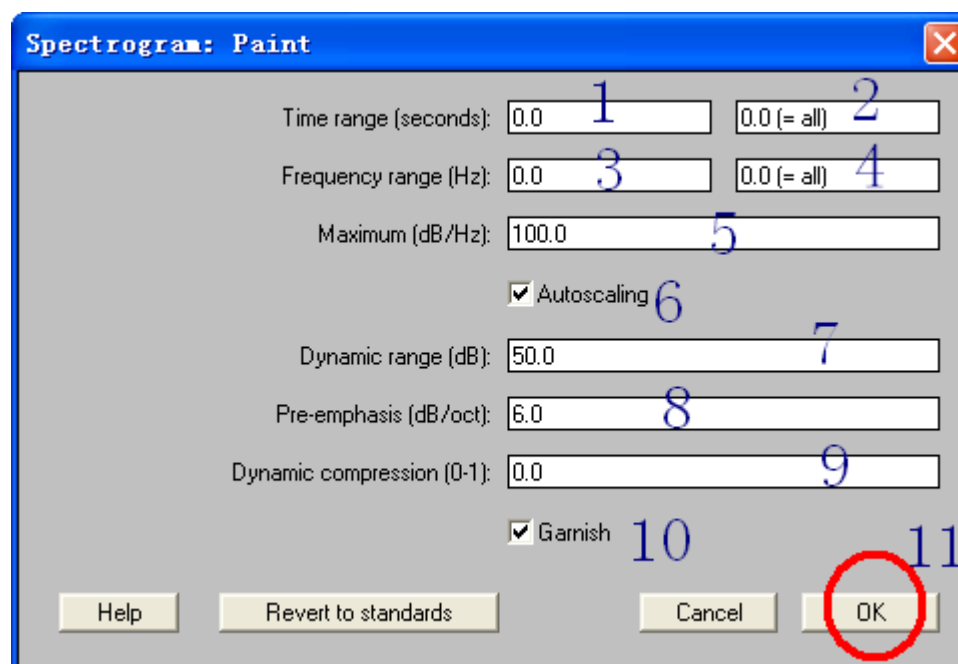
形的大小高低来确定，如上图用粉红色所框住的空间。

另外，您还可以在 Praat picture 的 Pen 菜单里选择合适的颜色来作图，如上图 3 所示；选择合适的线条形状来作图，如上图 1 所示；并可以设定线条的粗细，如上图 2 所示。这些设置的目的在于提高区分性以及观赏性。

第二步：选定您要画图的语图对象 Spectrogram，如下图 1 所示；再点击右侧 2 位置的按钮 Paint...，如下图 2 所示：



会自动弹出下一对话框：



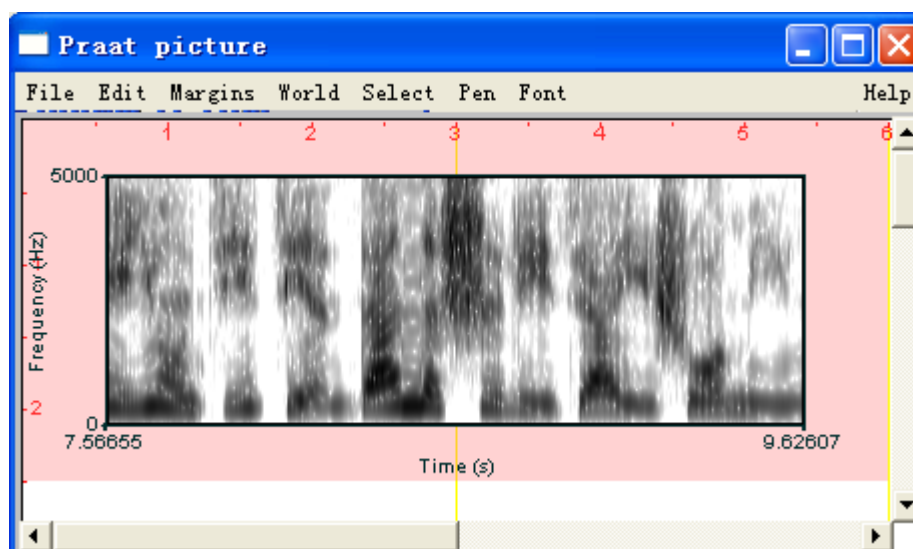
在上图 1 和 2 分别输入所画部分的起点和末点时间。如果您要画出所选定对象的全部语图，则不必修改 1 和 2 的数据，保持默认状态即可，即画出全部语图。如果您所分析的声音文件比较长，而您要画的只是其中的一部分语图时，则请您在画图之前确定好它的起点和末点时间，并在 1 中输入其起点时间，单位是秒；在 2 中其末点时间，单位是秒。

在上图 3 和 4 分别输入所画部分的起始和截至频率。如果您做的是宽带语图时，则不必修改 3 和 4 的数据，保持默认状态即可，即画出所有的频率，根据前面分析时设定的频率范围，通常为 0-5000 赫兹。如果您做的是窄带语图，通常情况下在 4 的位置将 Frequency range 设置为 1200 赫兹[一般适用于成年男性]、

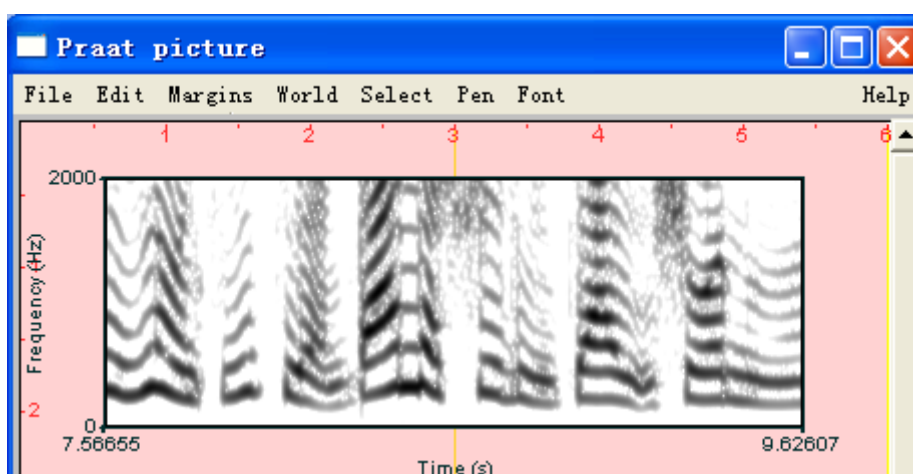
或 2000 赫兹[一般适用于成年女性]、或 2500 赫兹[一般适用于儿童]。【说明：画窄带语图时，4 号位置的值通常按以下原则进行设置：其值大约为 $10 \cdot f_{0\text{mean}}$ ，如，男性发音人的平均基频大约为 120 赫兹，则设置为 1200 赫兹是比较合适的。】

通常可以保持 5、6、7、8、9、10 的设置不变，默认状态即可。【说明：如果所画语图的整体颜色偏深，可以适当降低上图 7 位置 Dynamic range 的分贝值，如果所画语图的整体颜色偏浅，可以适当提高上图 7 位置 Dynamic range 的分贝值。】

设置结束后，按上图 11 “OK” 提交运行，程序会在 Praat picture 窗口的指定空间内作图，下面分别选择宽带语图和窄带语图的画图结果：



看上图，可以知道这是一个宽带语图，横坐标标示时间，纵坐标标示频率，能量的强弱用浓淡来标示。宽带语图的特点是时域的区分性较强，而频域的区分度较弱，常用于分析音色特征。

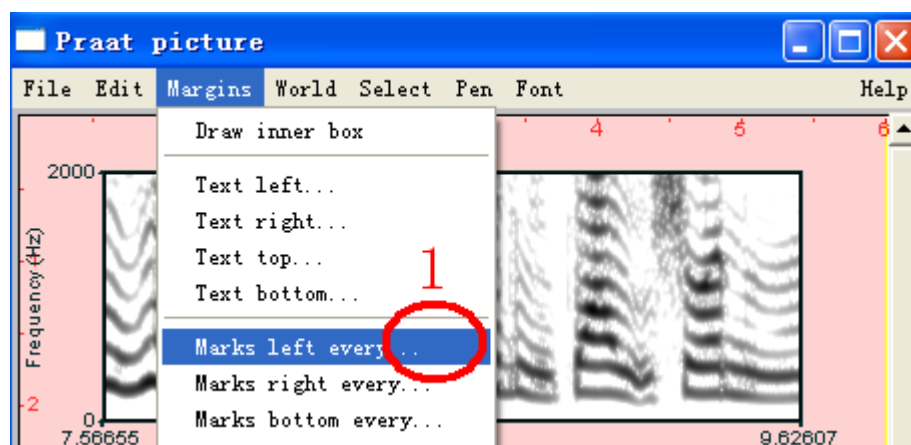


看上图，可以知道这是一个窄带语图，横坐标标示时间，纵坐标标示频率，能量的强弱用浓淡来标示。窄带语图的特点是频域的区分度较强，而时域的区分性较弱，常用于分析谐波和音高特性。

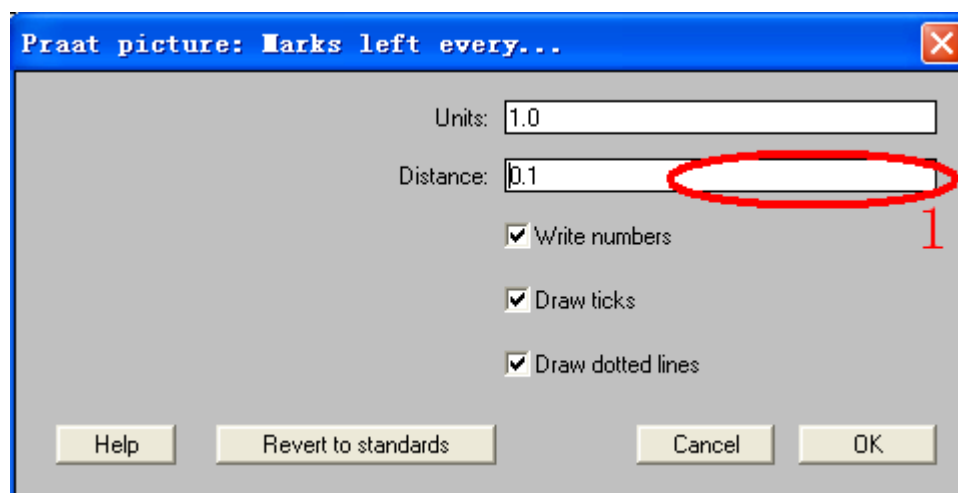
看上图横坐标的起点时间 7.56655 秒，末点时间是 9.62607 秒，这是作图参数设置时设定的起始时间和结束时间，表示这段语图在声音文件里的时间位置。

1、给图形加上更加明细的纵坐标

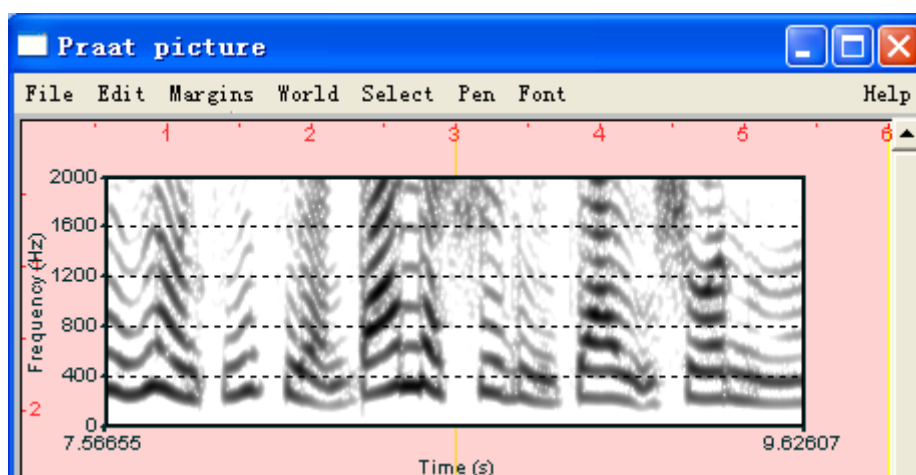
您可以在 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks left every ... 菜单，如下图 1 所示。



会自动弹出下面对话框，在下图 1 的位置设定 Distance 的值。这个值的设定主要是根据坐标轴的数据范围和等分的份数来确定，一般可以将其分做 5 等份。如坐标轴是 0-2000 赫兹，则将 Distance 设定为 400；如坐标轴是 0-5000 赫兹，则将 Distance 设定为 1000。具体分做几份比较合适，这要靠您自己来决定。其他几个选择参量不妨自己试一试，看看各自效果如何。Write numbers 被选择上的时候，会在坐标轴旁标明数字；Draw ticks 被选择上的时候，会在坐标轴旁以一短杠标示数字的位置；Draw dotted lines 被选择上的时候，会在图内画出等分线。

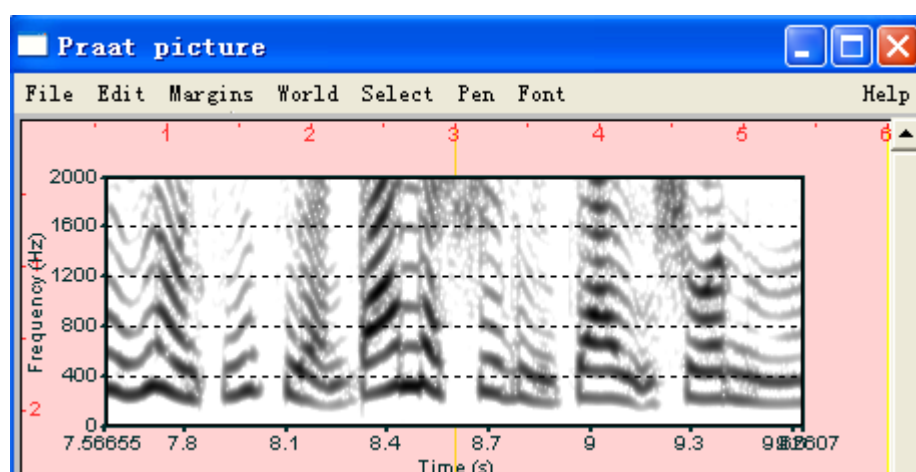


我们将 Distance 设定为 400，将上面窄带语图的纵坐标进行细化，结果如下图所示：



2、给图形加上更加明细的横坐标

您可以在 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks bottom every ... 菜单。其他的操作与上面的设置过程是一致的。如将其 Distance 设定为 0.3，并取消其 Draw dotted lines 复选框里的对钩，作图如下：



练习：请您尝试做一张宽带语图的图形，并细化其合适的坐标刻度。

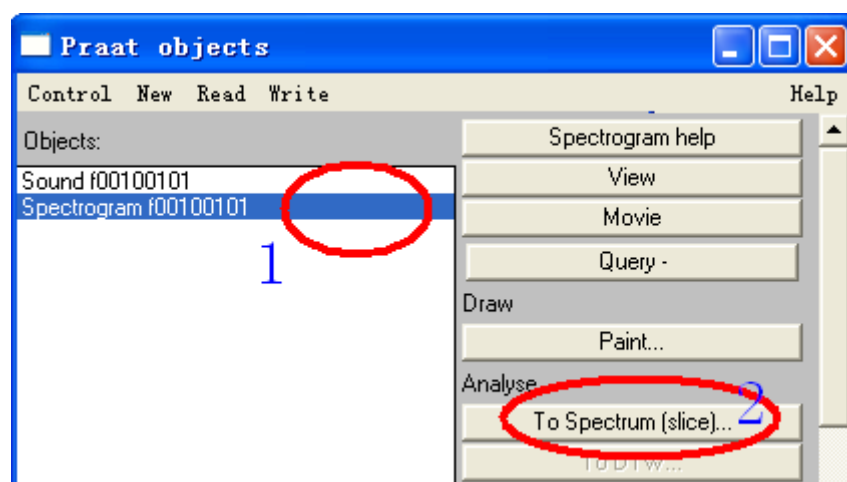
以上是三维语图的分析、观察和作图过程。接下来，我们一起分析二维频谱并作图。

（四）频谱分析及参量设置

二维频谱只有频率和能量两个标度，它是以每个时间点为中心对一定宽度的窗口数据进行分析，以得到各个频率的能量特性。

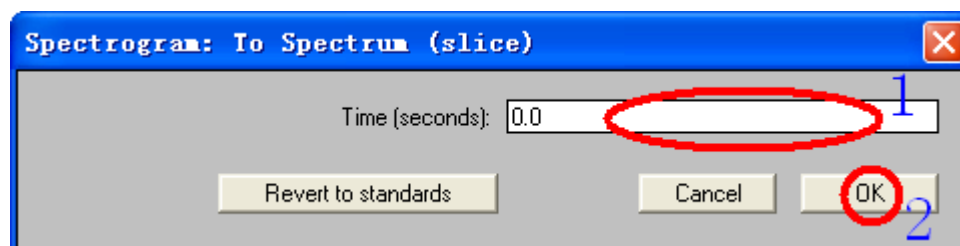
既可以根据宽带语图做片断分析，得到某时点的二维频谱图，可以用于分析共振峰；也可以根据窄带语图做片断分析，得到某时点的二维频谱图，可以用于分析谐波之间的关系和基频。

下面我们根据窄带语图来做其片断分析。首先在 Object 对象列表框里选择分析出来的窄带语图对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 To Spectrum (slice) ... 按钮，如下图 2 所示：



出现下一对话框：

设定下图 1 位置 Time 的时间，单位为秒。这个值要根据您分析的要求来设定，如您想了解声音文件中的 3200 毫秒位置的二维频谱，则在这里输入 3.2，然后按“OK”按钮提交执行。



运行结束以后，我们可以看到在 Object 对象列表窗口中生成了一个新的对象，其名称与窄带语图对象的名称一样，只是其类型不同，新生成对象的类型为“Spectrum”。

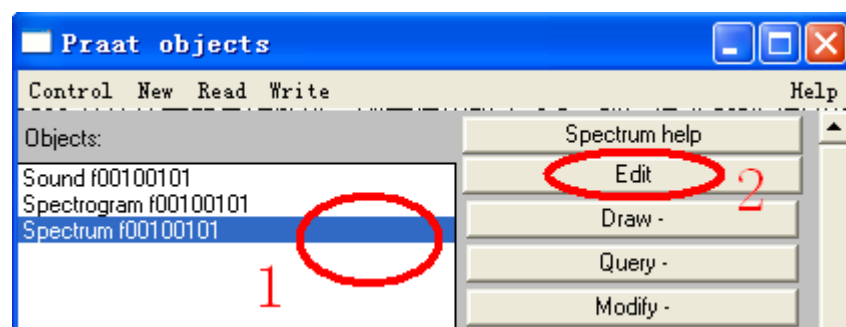
说明，我们这里作二维频谱分析实际上是基于语图分析的结果上所进行的片断分析，因此它的参数设定直接继承了语图分析中所设定的参数，它窗口长度的参数等同于语图分析时设定的窗口长度，因此要调整二维频谱分析时的窗口长度参数，需要在分析语图时进行调整。

至此，窄带语图上某个时刻点的二维频谱分析完全结束。

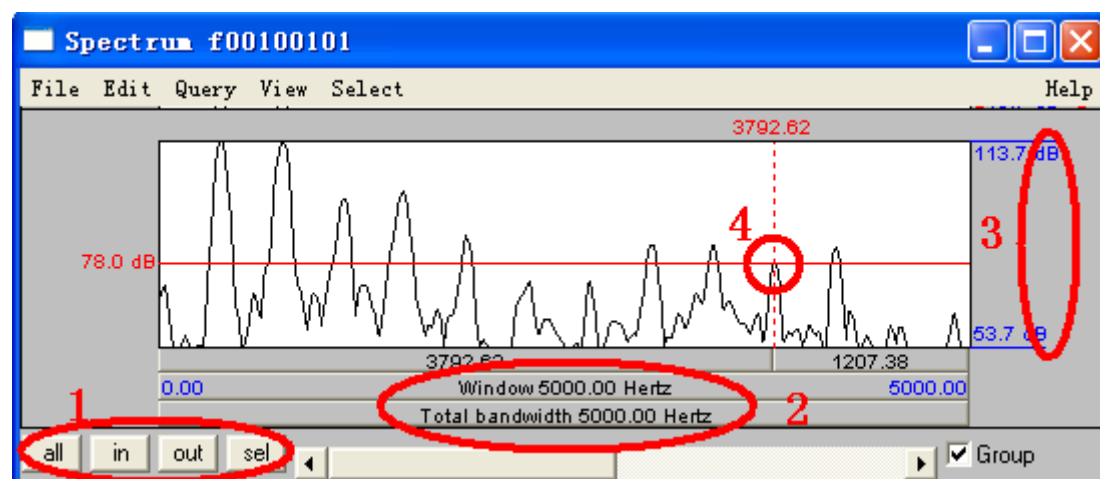
接下来我们可以针对分析的结果进行观察和作图，其方法与前面做语图的方法是基本一致的。

（五）观察二维频谱

在对象列表窗口选择刚才生成的 Spectrum 对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 Edit 按钮，如下图 2 所示。



出来下一编辑窗口：



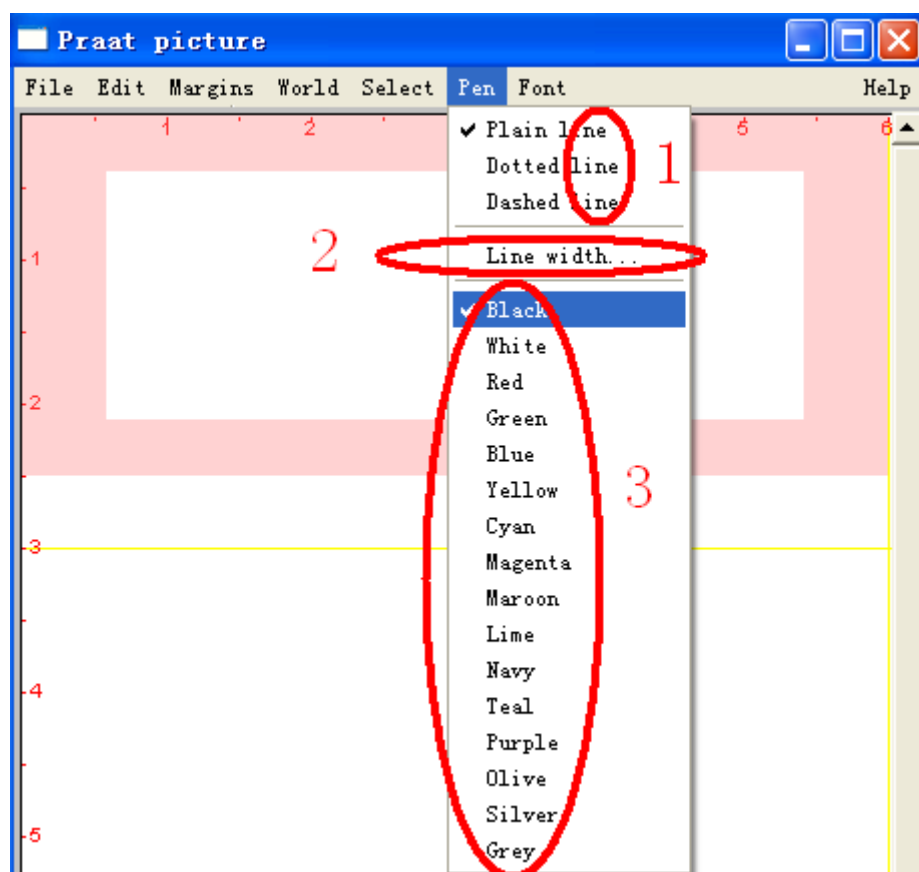
上图就是一个二维频谱图，是针对窄带语图上的某个时点所做的片断分析，其横坐标为频率值，如上图 2 所示；其纵坐标为能量值，单位为分贝，如上图 3 所示。如果显示不清楚，可以点击上图 1 位置的按钮来调节横轴的显示比例。我们可以通过测量上图第十个谐波峰位置的频率值除以 10 的方法来获得该时点的基频值，如上图 4 位置所示，该点频率为 3792 赫兹，因此得出这个时点的基频值约等于 379 赫兹。

我们可以通过移动鼠标来测定不同频率位置的能量值，从而认识其频谱特性。当然用鼠标测定的方式是不够精确的，我们可以通过查阅数据的方式来获得我们需要的信息。

（六）二维频谱作图

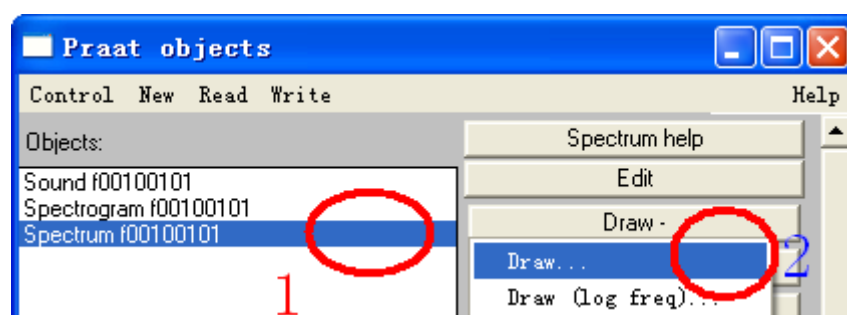
第一步：在下图 Praat picture 窗口里选定合适的区间，大小高度根据所作图形的大小高低来确定，如下图用粉红色所框住的空间。

另外，您还可以在 Praat picture 的 Pen 菜单里选择合适的颜色来作图，如下图 3 所示；选择合适的线条形状来作图，如下图 1 所示；并可以设定线条的粗细，如下图 2 所示。这些设置的目的在于提高区分性以及观赏性。

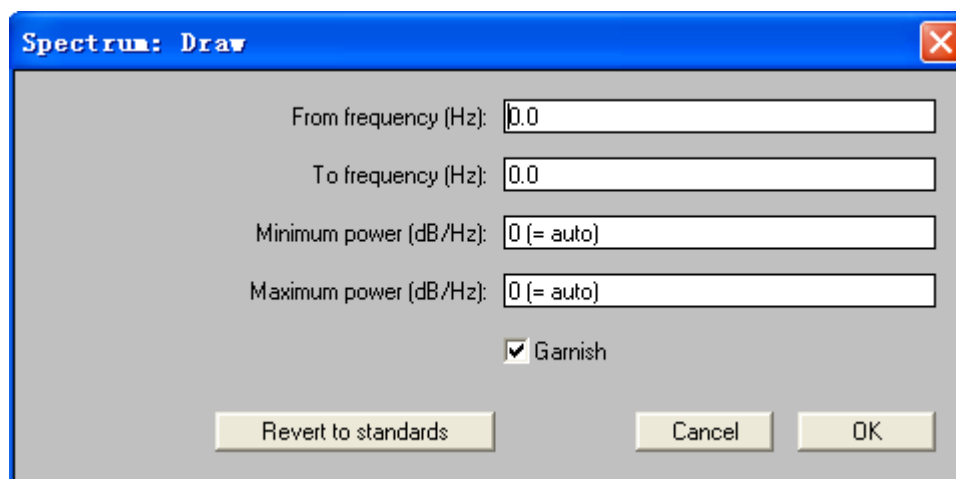


第二步:

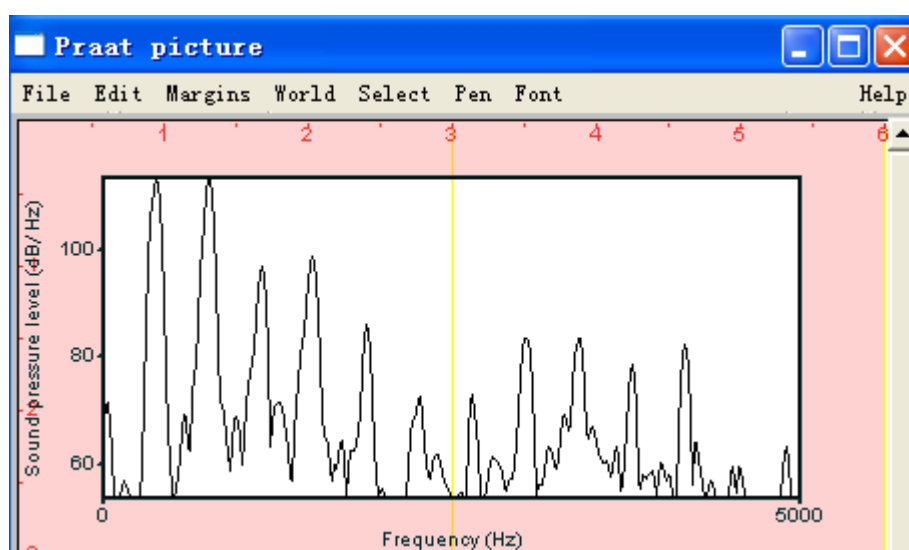
在对象列表窗口选择刚才生成的 Spectrum 对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 Draw-按钮下的 Draw ...，如下图 2 所示。



出来下一对话框。不必修改其中任何数值，直接按“OK”按钮即可。



作图结果如下：



有关坐标轴的刻度设置可以参看前面相关部分。

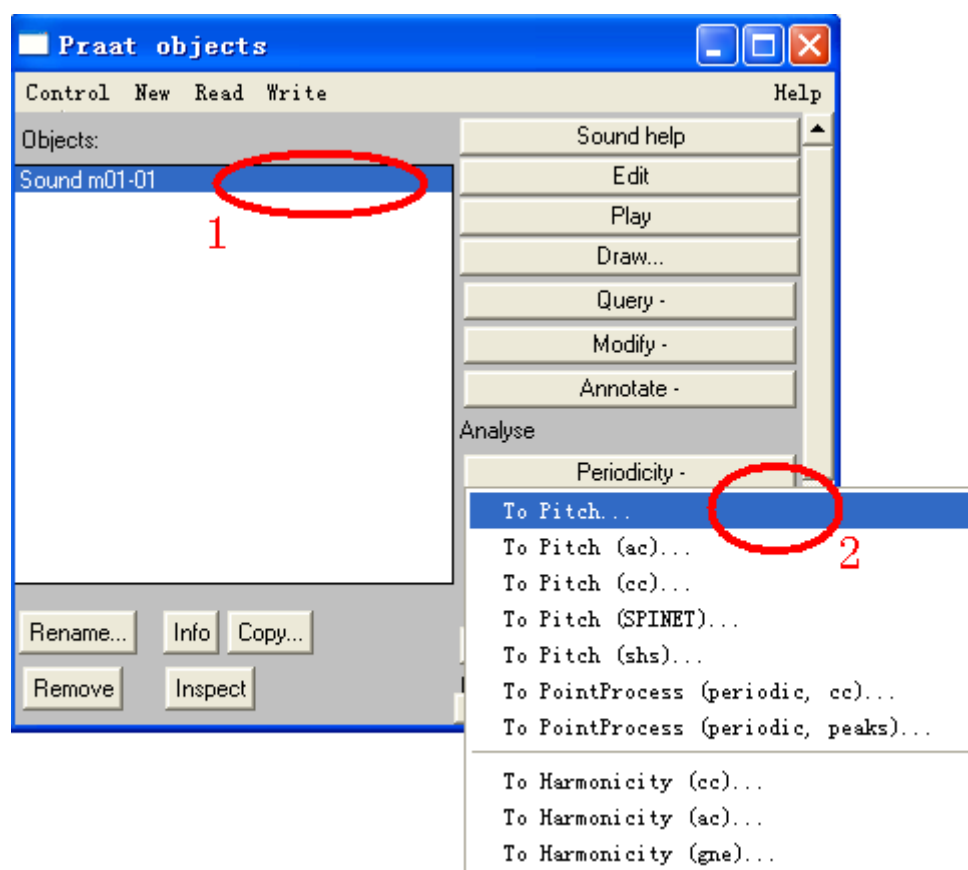
练习：请您仿照上面的过程作宽带语图的片断分析并作出其二维频谱图。

四 基频分析

通过本节的学习，帮助您掌握基频分析的方法和分析参数的设置，以及基频数据修改的技巧，并学会制作音高图和保存音高数据。熟练操作 To Pitch..., [Pitch] Draw-, [Pitch] Query-, [Pitch] Modify-, [Pitch] Down to PitchTier, [PitchTier] Draw-, [PitchTier] Query-, [PitchTier] Modify-等菜单的操作。

（一）基频分析及参数设置

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析其基频的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Periodicity-按钮下的 To Pitch ...，如下图 2 所示：



会自动弹出下面的对话框，需要在其中设置一定的分析参数。各参数的功能解释如下：

参数 1 设置分析的步长 (Time step)，默认值为 0.0 (=auto)，此时步长 $\text{Time step} = 0.75 / (\text{Pitch floor})$ ，单位为秒，如果 Pitch floor 设置为 75 赫兹时，Time step 就等于 0.01 秒，即步长为 10 毫秒。

参数 2 设置基频分析的下限频率 (Pitch floor)，基频分析过程会对各个时点

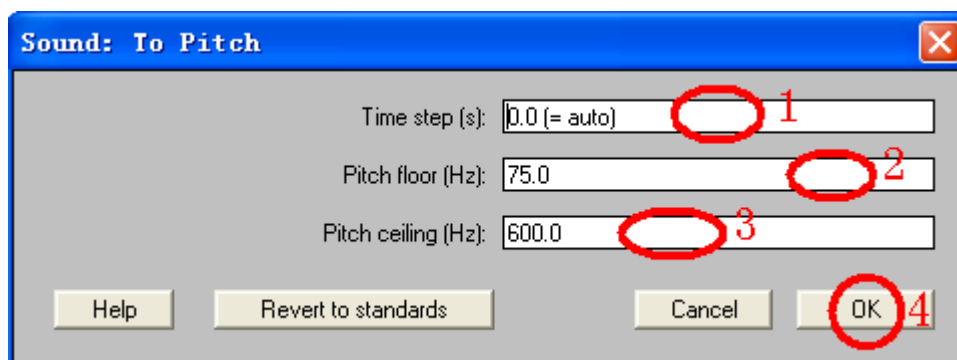
的基频预测出多个备选项来，在确定备选项的出线概率时，那些低于 Pitch floor 中设定的频率下限的备选项将不被考虑。另外这个参数还用来决定分析过程的窗口长度，窗口长度等于这个下限频率的周期的 3 倍，即 $\text{window length} = 3/(\text{Pitch floor})$ 。如果下限频率为 75 赫兹，则分析窗口的长度等于 $3/75=0.04$ 秒。

如果在参数 1 中设置为 0.0，则可以计算出窗口长度是步长的 4 倍，因此 Praat 程序会在一个分析窗口里分析出 4 个基频点的值，这说明相邻的两个分析窗口是叠接的，叠接时长等于 $3/4$ 个窗口长度。

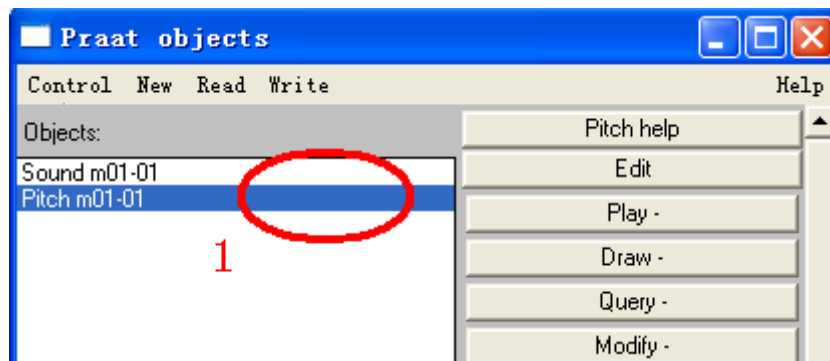
参数 3 设置基频分析的上限频率（Pitch ceiling），基频分析过程会对各个时点的基频预测出多个备选项来，在确定备选项的出线概率时，那些高于 Pitch ceiling 中设定的频率上限的备选项将不被考虑。

【说明：音高分析的过程一般可以分两次进行：第一次分析时按默认值进行分析，不修改任何参数，如果分析出来的基频数据比较工整，没有特别多的散点（过高或过低的奇异值），则不必进行第二次分析，否则进行下面的再分析过程；在进行第二次分析之前，可以根据第一次分析的结果大致了解所分析语音的音高特性，合理地确定它的音高上、下限位置，并将其上、下限频率输入下图的 3 和 2 的参数设置中，然后再按下图 4 处的“OK”按钮提交执行。】

参数设置结束后，请按下图 4 位置的“OK”按钮提交执行。



等到程序执行结束以后，在对象列表窗口您可以看到一个新的对象，它的名称等于声音文件的名称，而类型是“Pitch”，称为音高对象，如下图 1 所示：

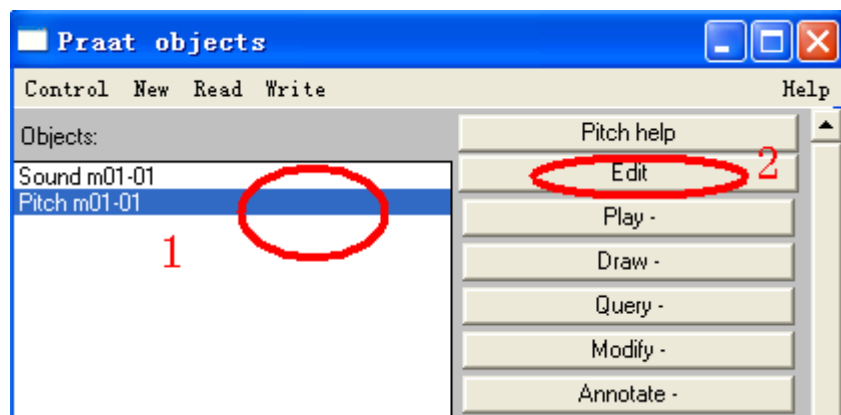


至此，程序的音高分析工作已经结束。

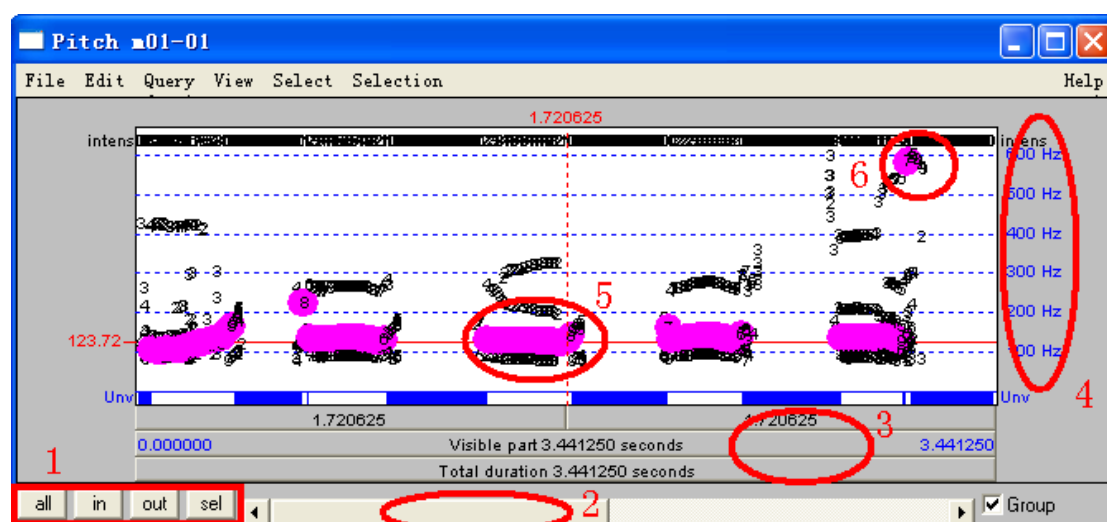
接下来，我们观察音高对象。

（二）察看基频对象

为了观察刚才分析出来的音高对象，您需要先选择刚才分析出来的 Pitch 对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 Edit 按钮，如下图 2 所示：



点击上图 2 的 Edit 按钮之后，会出现一个新的窗口，如下图所示：



为了能够清晰地观察基频表现，您可以调整显示窗口的高度和宽度，还可以通过点击上图左下角 1 所示的几个按钮来调节横轴的显示比例，以达到最佳的观察效果。其中，“all”按钮在当前窗口中显示全部信号的语图；“in”按钮是 2 倍放大时间坐标轴；“out”按钮是 2 倍缩短时间坐标轴；“sel”按钮是在当前窗口中显示您所选择的那段基频。另外，在 Pitch 编辑窗口的 Edit 菜单下的“Change ceiling ...”按钮可以用来调节窗口的频率显示的上限范围。

上图 2 位置是个横向滚动条，通过向左或向右移动，可以显示当前窗口之外的内容。

上图 3 位置是播放按钮，可以点击某个位置以播放声音。

上图 4 位置是窗口纵坐标，单位为赫兹，其上、下限的频率值分别等于分析时设定的上限频率 Pitch ceiling 和 0 赫兹。

上图 5 位置那些粉红色的点表示程序分析出来的该时点的基频值，这些基频值看起来很工整，没有突起突落的现象，因此基本上可以相信分析结果是正确的。

上图 6 位置的那个粉红色的基频点游离于整体之外，因此可能是有问题的，需要特别注意和修改。

（三）基频数据的核查和修改

1、重新设定分析参数，以消除奇异值

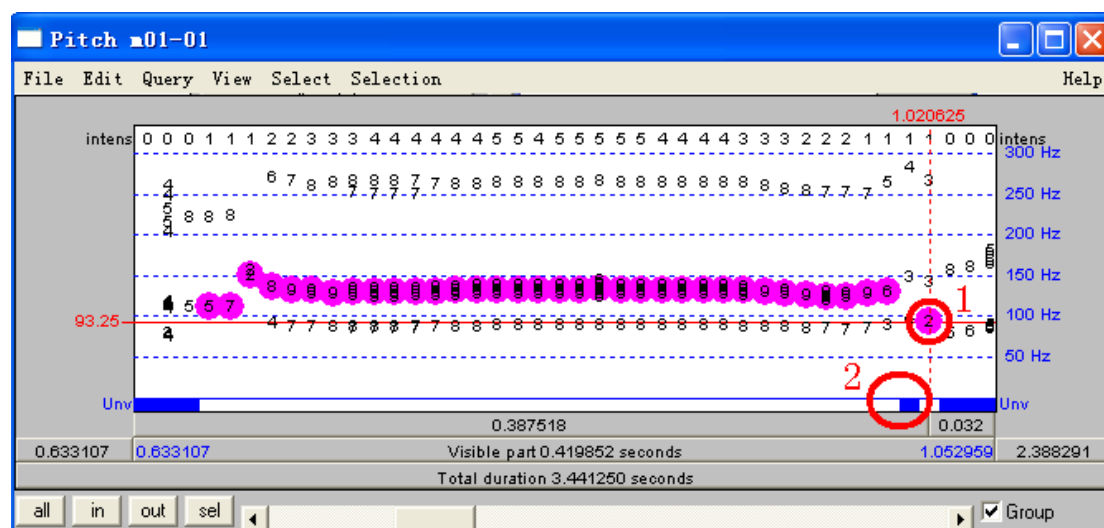
如果在第一次分析的结果中，出现了很多奇异值，我们建议进行第二次音高分析，在第二次音高分析的参数设置时，请重新设定其 Pitch ceiling 参数，将 Pitch ceiling 的值设置成低于那些奇异点的频率值，这不会影响其他点的分析结果。如我们对上面的数据进行第二次音高分析，这次将 Pitch ceiling 参数设置为 300 赫兹，第二次分析的结果如下：



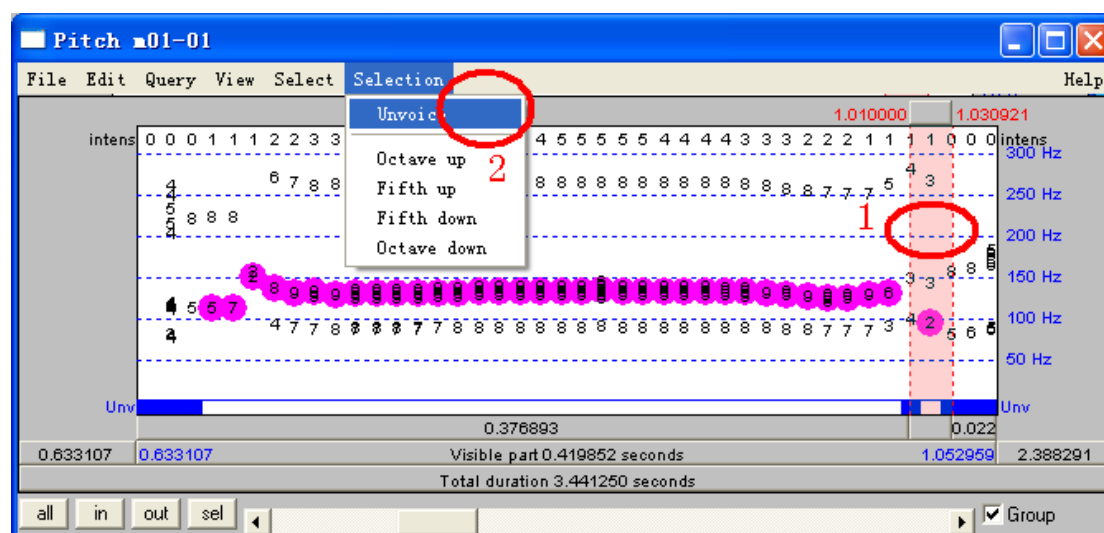
可以看出，前图 6 位置的散点被消除了，因此修改分析参数是一种校准基频分析结果的有效办法。

2、手工删除散点

在下图 1 的位置有一个散点，它与前点的距离大于步长，因此程序将它们之间的这段音处理为清音，如下图 2 所示。显然这不符合发声时声带运动的规律，语声通常不会如次快速的发生清浊交替变化。面对这种情况可以有两种处理办法，一是补点，另一是删点。



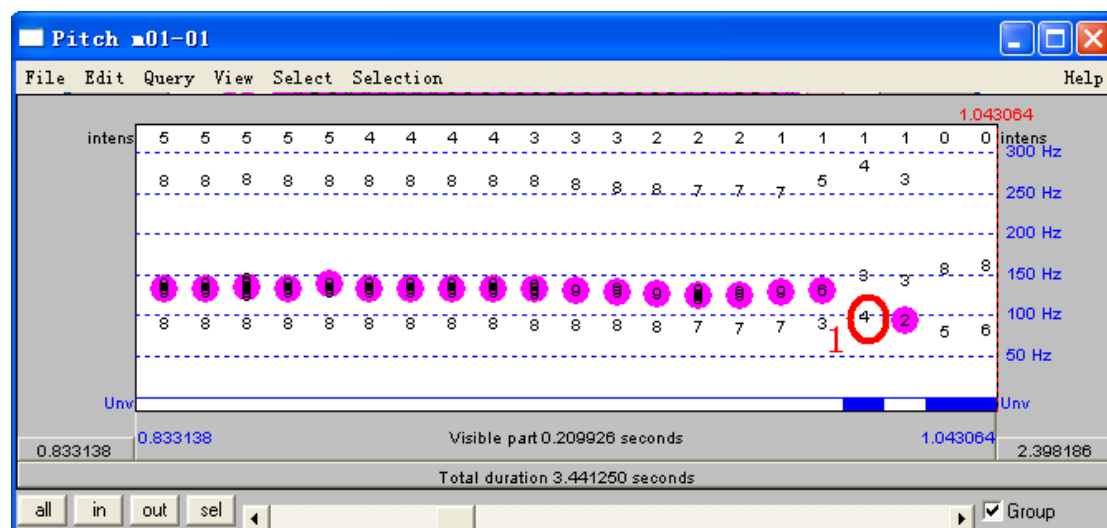
这里介绍删除散点的手工操作：先用鼠标在这个点与前点之间的空白处用鼠标左键点击一下，并按住鼠标左键不放，拖动鼠标至该点之后的空白处位置，放开鼠标左键，这样就将该点框住了。【注意，选择时请不要框住其他的点；另外，点击鼠标的时候请不要点击数字。】如下图 1 所示：



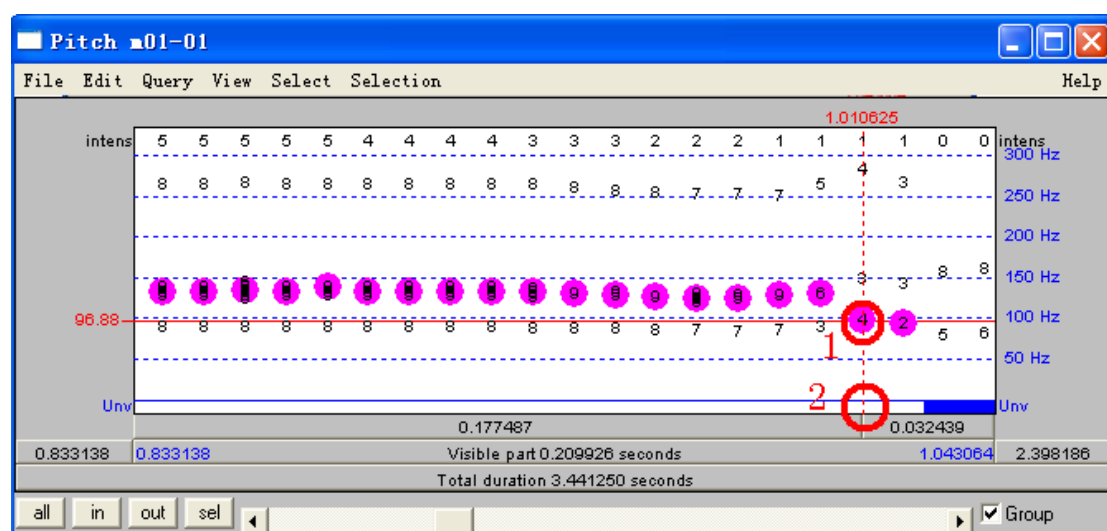
选择好了要删除的点之后，按 Selection 菜单下的 Unvoice 按钮，就可以清除选定的基频点。

3、手工增加基频点

补点的操作相对简单，在两个点之间的空点位置上，如下图 1 的位置，单击鼠标左键于数字 4 之上即可。

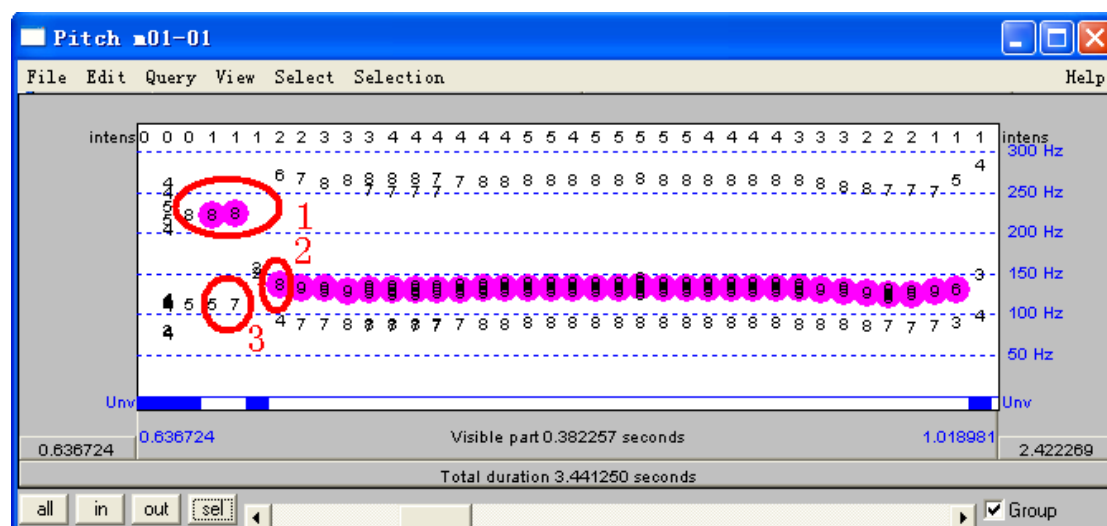


操作之后的结果如下，可以看出两点变化，一是在下图 1 的位置出现了一个粉红色的基频点，二是在下图 2 的位置上，原先的蓝色小块不见了，现在变成了空白段，说明此段现在属于浊音成分了。

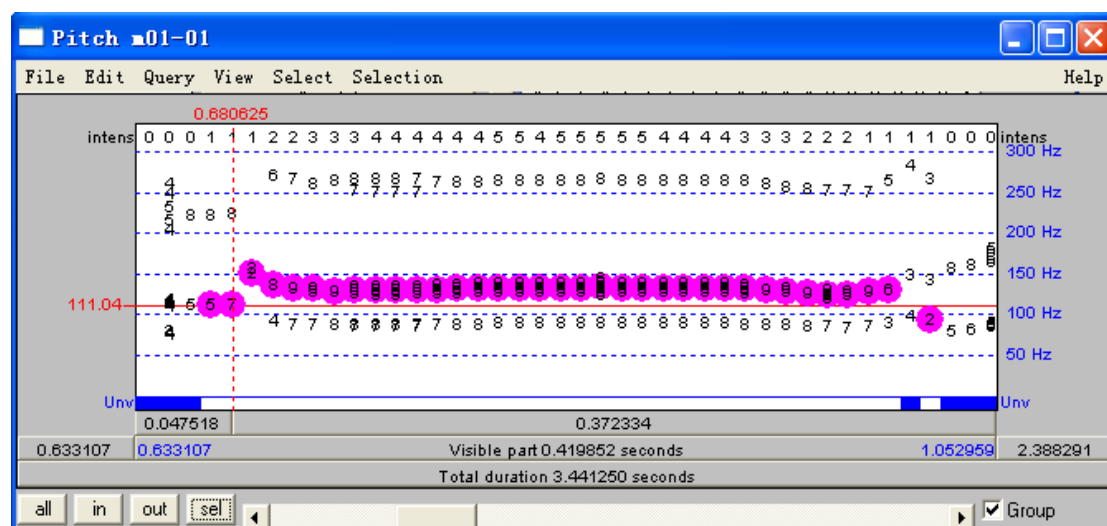


4、手工移动基频点

可以看出下图起始的两个基频点跳起了 80 赫兹左右，因此肯定是有问题的，需要对它们进行调整。我们先了解一下为何程序会判断出错，在下图 3 位置可以看到的数字分别是 5 和 7，下图 1 位置的数字分别是 8 和 8，这些数字是表示该点基频值被选择出线的概率，因为下图 1 位置的概率值较大，所以程序选择下图 1 位置的基频值，但根据我们的观察，程序的这种选择无疑是错误的，因为声带振动频率不可能在很短的时间内发生如此大的变化。



假如我们认为上图 3 位置的基频值更准确，我们就可以用鼠标单击 3 位置的 5 和 7，就可以完成修改动作。修改之后的结果如下：



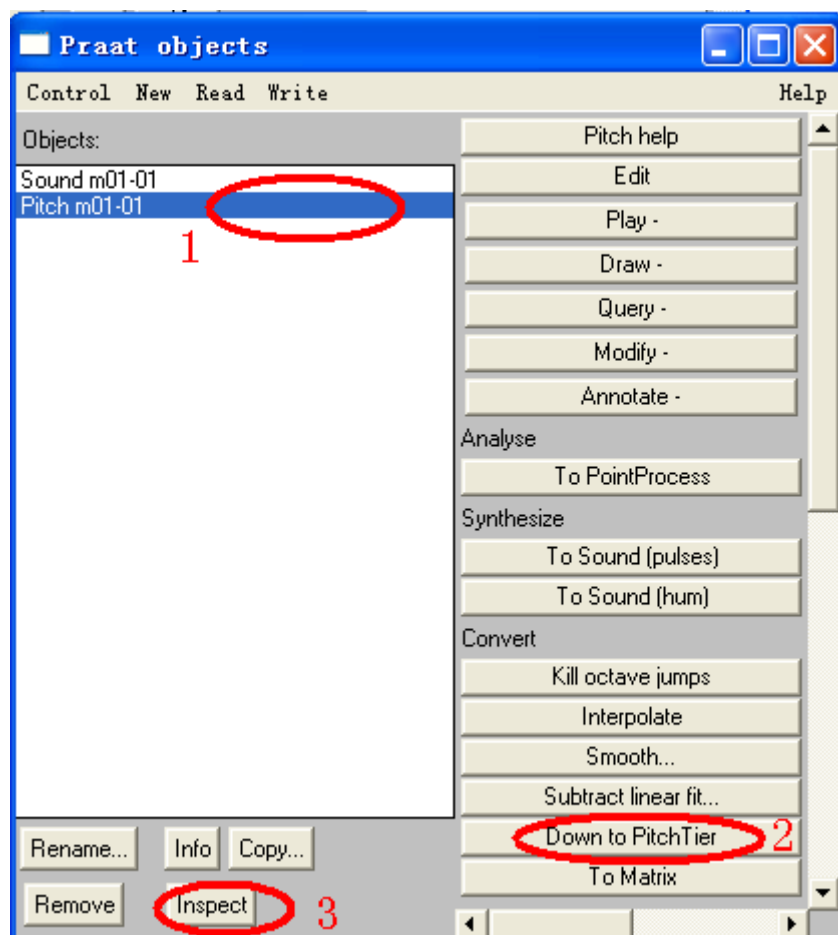
这是一种通过手工移位的办法来修改基频值。另外在上图的 Selection 菜单下还提供了 Octave up 按钮用来将所选定的基频点提高一个倍频程，Octave down 按钮用来将所选定的基频点降低一个倍频程，Fifth up 按钮用来将所选定的基频点提高 1.5 倍左右，Fifth down 按钮用来将所选定的基频点降低 1.5 倍左右。这几个按钮的作用也是移动基频点的位置，但要注意的是，并非所有的点都是可以移位的，只有当要移至的位置上也有数字的时候才能执行移位操作。

因此，可以看出，在 Pitch 对象里修改基频值的操作是受限的，不能随意修改，只能在有数字的位置上加，也只能将基频值从一个数字位置移动到另外一个数字位置，而不能移动到其他位置上。

为了能够更精确的修改基频数据，可以将 Pitch 对象转换为 PitchTier 对象，在 PitchTier 对象里，对应于每个时点就只有一个基频值，可以精确地对每个基频值进行定位移动和修改。

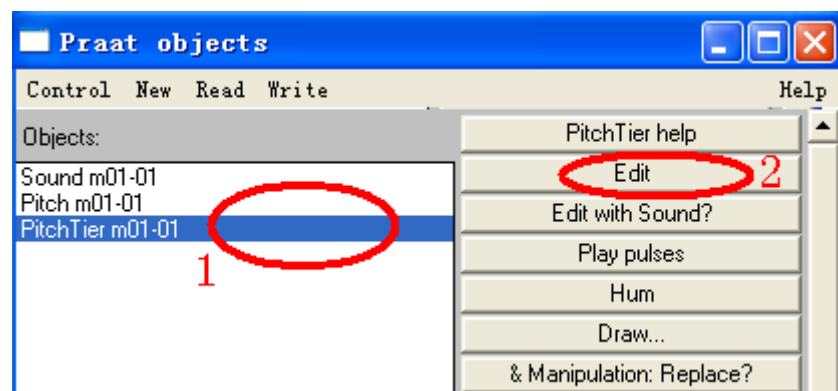
5、将 Pitch 对象转换为 PitchTier 对象，再进行精确修改

首先将 Pitch 对象转换为 PitchTier 对象，操作如下：在对象列表窗口选择一个 Pitch 对象，如下图 1 所示；再按下图 2 位置的“Down to PitchTier ...”按钮。

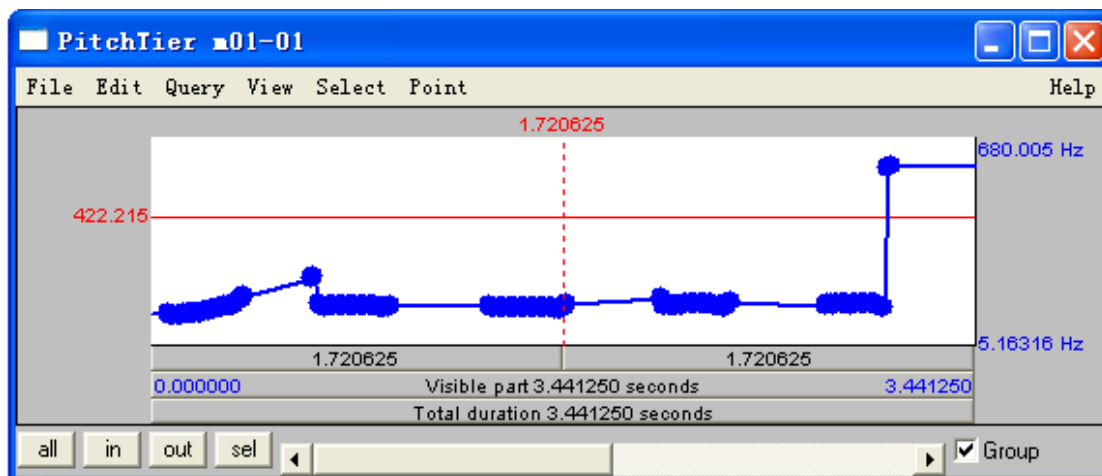


执行结束以后，可以在对象列表窗口发现一个新的对象，名字与 Pitch 对象的名字相同，新对象的类型是 PitchTier，如下图 1 所示。

然后编辑察看 PitchTier 对象，操作如下：在对象列表窗口里选择一个 PitchTier 对象，如下图 1 所示；再点击右侧的 Edit 按钮，如下图 2 所示。



执行后弹出一个新的编辑窗口，如下图所示：



在 PitchTier 编辑窗口里，可以用鼠标拖动基频点到合适的位置，这与 Pitch 对象编辑窗口里的操作不同，在 Pitch 编辑窗口里，只能拖到某些限定位置上，因此在 PitchTier 窗口里可以对基频值进行更加精细地调整。在 PitchTier 编辑窗口的 Point 菜单下也可以执行“删点 (Remove point(s))”、“补点 (Add point)”的操作。在 View 菜单下的“set frequency range ...”按钮可以用来调节窗口的频率显示范围。

基频值提取错误通常发生在基频段的起始和结束位置附近，还容易发生在基频比较低、周期性不太明确的位置上，因此对于这些地方需要特别注意。为了能够准确的确定基频值，我们需要对那些可疑点的基频值进行核查，以保证其误差小于 ± 3 赫兹，核查时要根据窄带语图来准确测量其基频值。

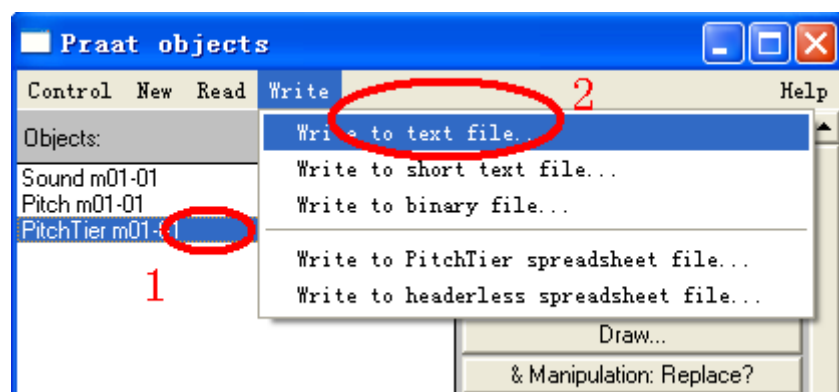
如果对 PitchTier 对象上的某个基频值的准确性不太肯定时，通常需要借助窄带语图的片断分析来获取该点的准确基频值以帮助判断和调整。根据窄带语图的片断分析来测定该点频率值的过程如下：

首先选定要分析的声音，然后点击对象列表窗口右侧的 Spectrum-按钮下的 To Spectrogram...菜单，并设定分析窗口的长度为 0.03 秒，再提交运行得到一个 Spectrogram 对象；选定这个 Spectrogram 对象，再按对象列表窗口右侧的 To Spectrum (slice)...按钮，然后在对话框中输入要测量的基频点的时间，产生一个新的 Spectrum 对象；然后选定这个 Spectrum 对象，并按右侧的 Edit 按钮，再测量这个对象的第 10 个谐波的中心频率值，并将其除以 10，即可得到这个时点的音高准确值 [具体步骤请参考第二章“频谱分析”部分内容]。可以拿测量出来的基频值与 PitchTier 里同时点的基频值进行比较，如果差别在 ± 3 之内，就不必修改，如果差异较大，请使用拖拉 PitchTier 里的基频点的方法对它进行调整。

基频修改的两个主要原则：首先声带运动速度的变化过程是近似平滑的，突然大幅度的起落、跳跃变化都可能是错误的基频值；其次语声的清浊交替一般不会在很短的时间完成，所以短暂的清音段和浊音段（小于 40 毫秒）都可能是错误的基频值。

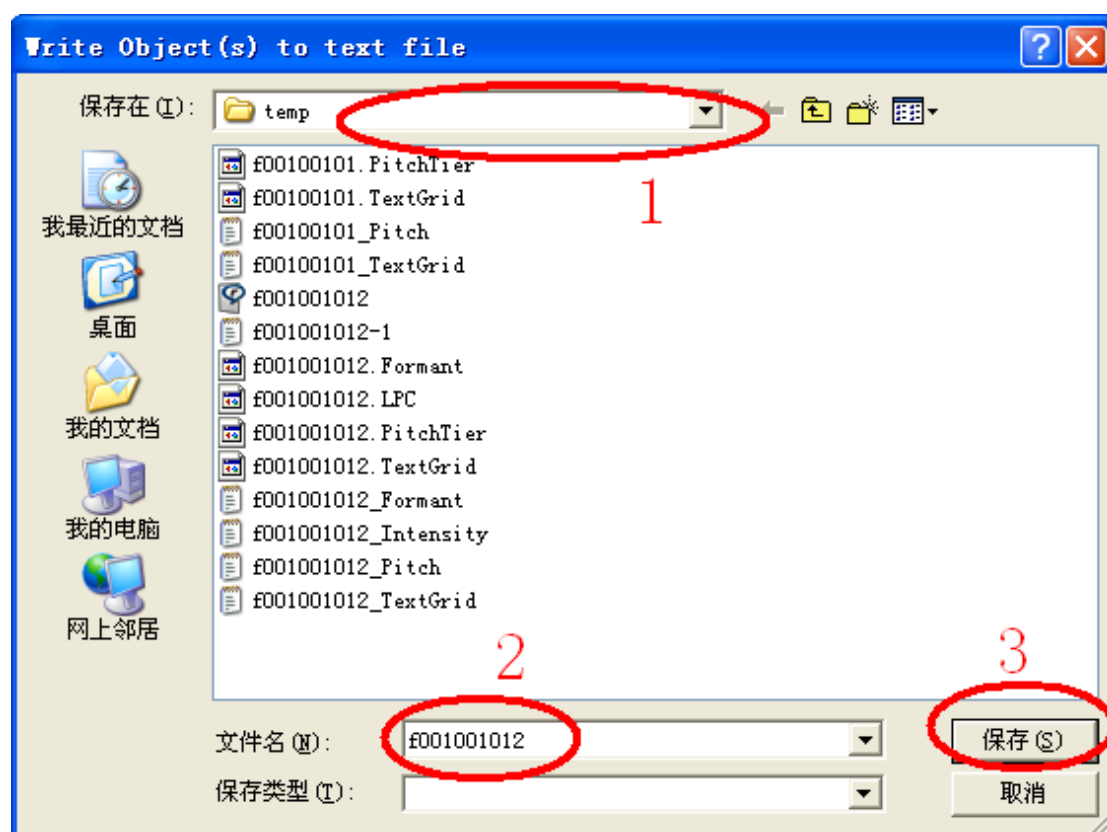
（四）基频数据的保存

修改后的 PitchTier 对象，请记住一定要亲自保存，Praat 软件不会自动存储任何数据。操作如下：选择对象窗口里要保存的一个 PitchTier 对象，如下图 1 所示；再点击 Write 菜单下的 Write to text file ...按钮，如下图 2 所示。



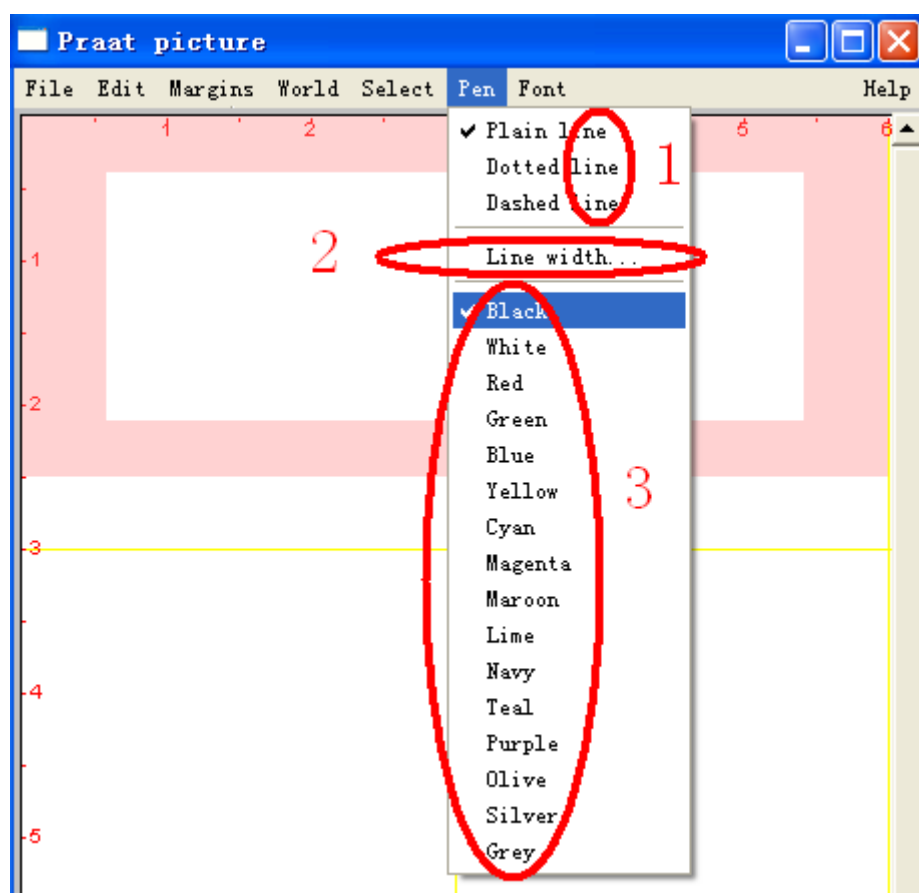
会自动弹出一个对话框，如下图所示，在弹出的下面窗口中选择您要保存的位置和文件名；

1. 在下图 1 的位置确定文件要保存到的文件夹位置；
2. 在下图 2 的位置输入合适的文件名；
3. 在下图 3 的位置点击“保存”按钮。



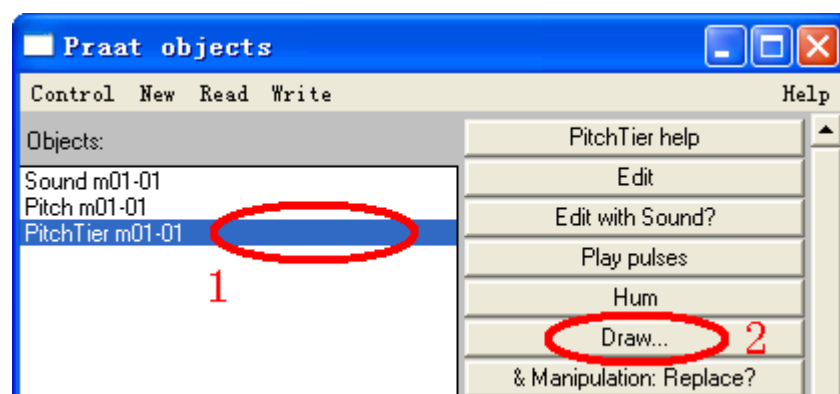
（五）基频数据的作图

第一步：在 Praat picture 窗口里选定合适的区间，大小高度根据所作图形的大小高低来确定，如下图用粉红色所框住的空间：

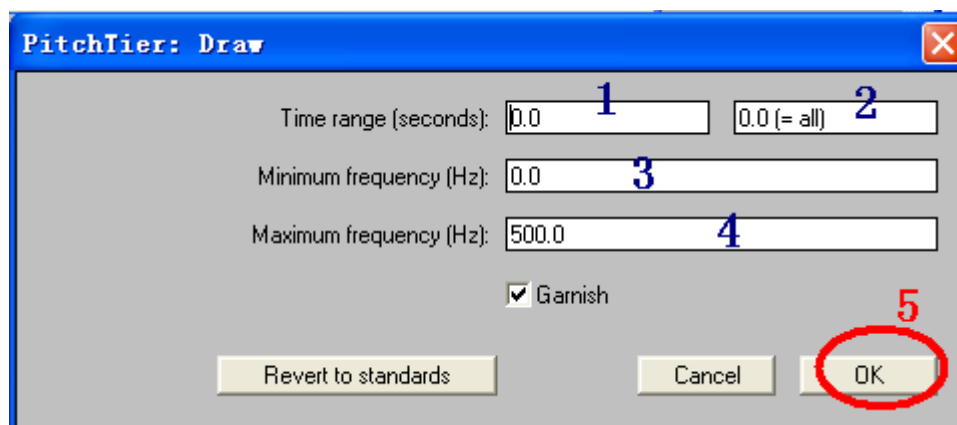


另外，您还可以在 Praat picture 的 Pen 菜单里选择合适的颜色来作图，如上图 3 所示；选择合适的线条形状来作图，如上图 1 所示；并可以设定线条的粗细，如上图 2 所示。这些设置的目的在于提高区分性以及观赏性。

第二步：选定您要画图的 PitchTier 对象，如下图 1 所示；再点击右侧 2 位置的按钮 Draw...，如下图 2 所示：



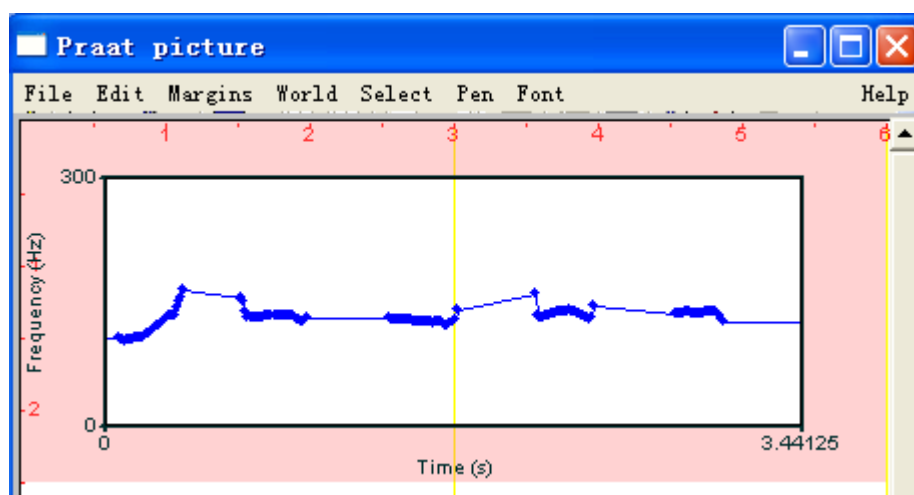
会自动弹出下一对话框：



在上图 1 和 2 分别输入所画部分的起点和末点时间。如果您要画出所选定对象的全部语图，则不必修改 1 和 2 的数据，保持默认状态即可，即画出全部语图。如果您所分析的声音文件比较长，而您要画的只是其中的一部分语图时，则请您在画图之前确定好它的起点和末点时间，并在 1 中输入其起点时间，单位是秒；在 2 中其末点时间，单位是秒。

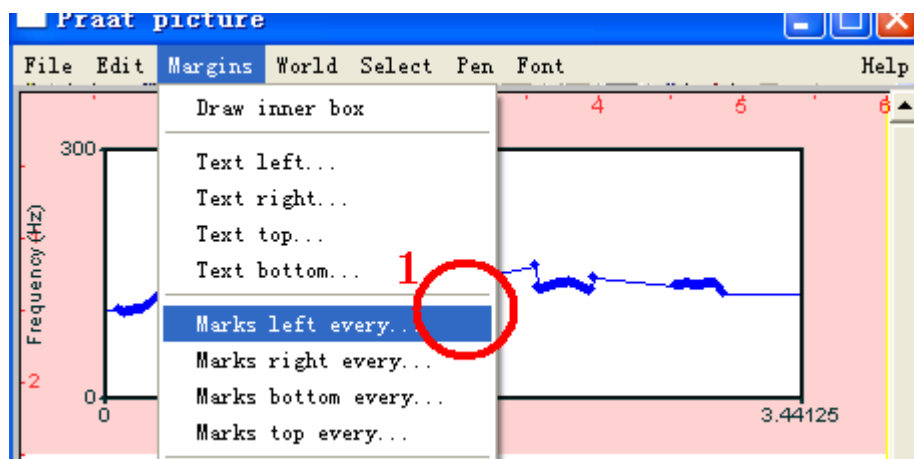
在上图 3 和 4 分别输入所画部分的最小(Minimum frequency)和最大频率(Maximum frequency)。下限取 0.0，一般可以不必修改，上限用所选段频率最大值加 30 赫兹即可，具体值可以自己设置。

设置结束后，按上图 5 “OK” 提交运行，程序会在 Praat picture 窗口的指定空间内作图，下面是画图结果：

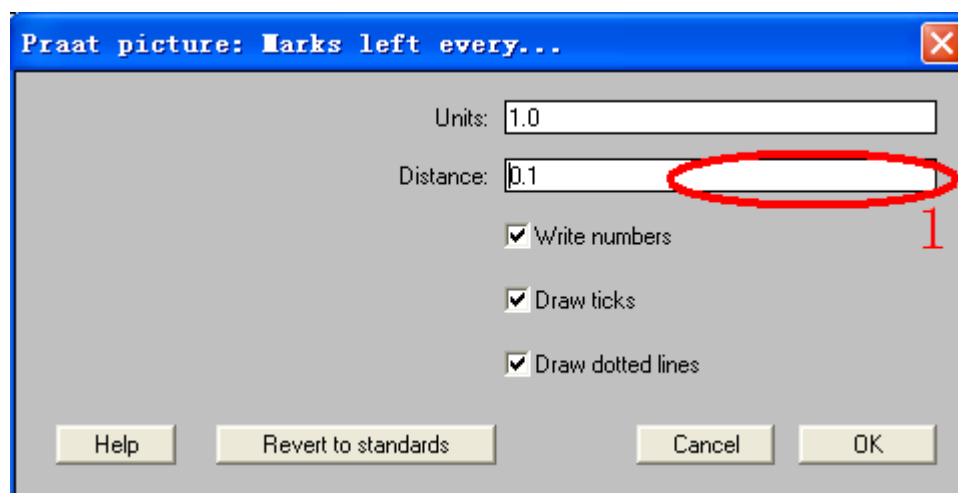


1、给图形加上更加明细的纵坐标

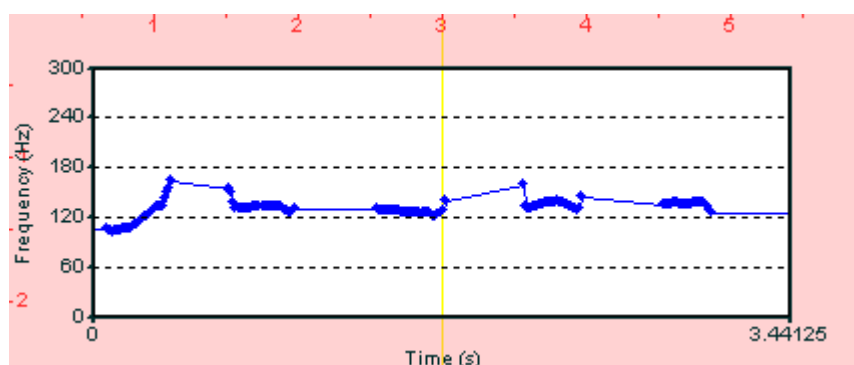
您可以在 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks left every ... 菜单，如下图 1 所示。



会自动弹出下面对话框，在下图 1 的位置设定 Distance 的值。这个值的设定主要是根据坐标轴的数据范围和等分的份数来确定，一般可以将其分做 5 等份。如坐标轴是 0-300 赫兹，则将 Distance 设定为 60。具体分做几份比较合适，这要靠您自己来决定。其他几个选择参量不妨自己试一试，看看各自效果如何。Write numbers 被选择上的时候，会在坐标轴旁标明数字；Draw ticks 被选择上的时候，会在坐标轴旁以一短杠标示数字的位置；Draw dotted lines 被选择上的时候，会在图内画出等分线。

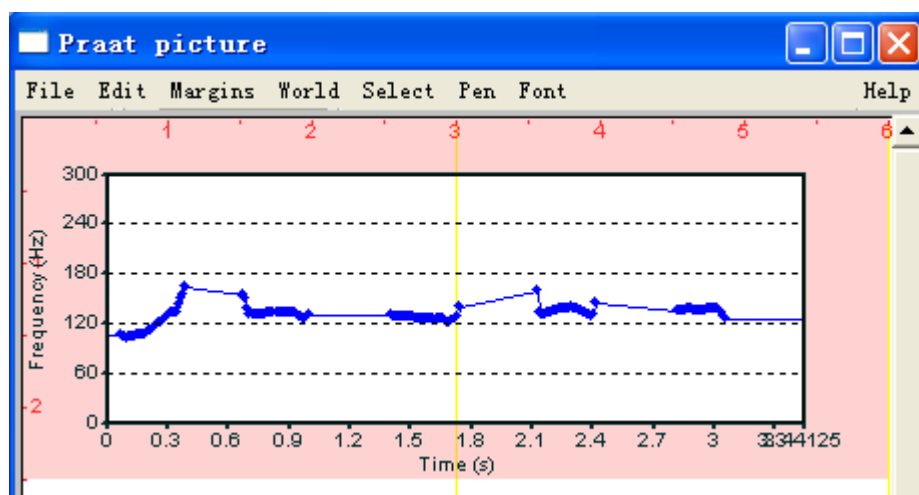


我们将 Distance 设定为 60，将上面窄带语图的纵坐标进行细化，结果如下图所示：



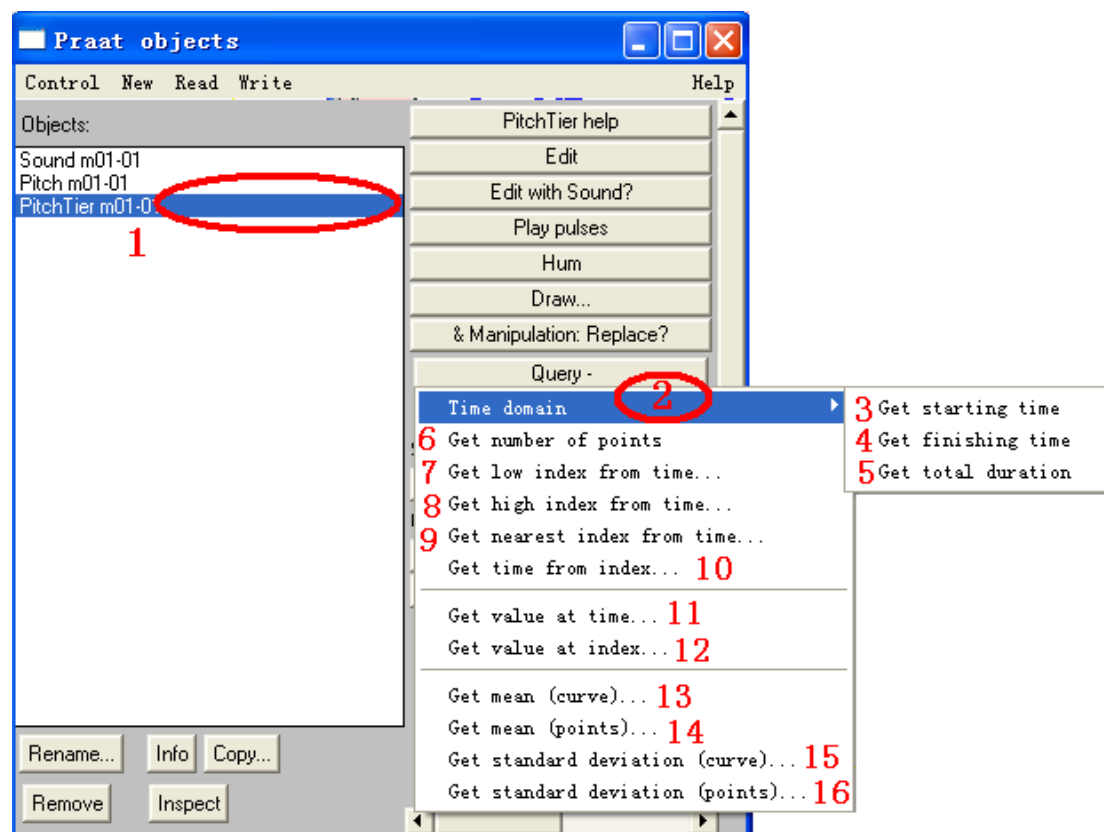
2、给图形加上更加明细的横坐标

您可以在 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks bottom every ... 菜单。其他的操作与上面的设置过程是一致的。如将其 Distance 设定为 0.3，并取消其 Draw dotted lines 复选框里的对钩，作图如下：



(六) 基频数据的获取

先在对象列表里选择一个 PitchTier 对象，如下图 1 所示；再点击右侧 2 位置的 Query-按钮，会出来一个下拉菜单，如下图所示，下面一一简要说明。



当把鼠标停在“Time domain”按钮上不动时，会再出来一个下来菜单，如上图的 3、4、5 所示，点 3 获得 PitchTier 对象的起点时间，点 4 获得 PitchTier 对象的末点时间，点 5 获得 PitchTier 对象的时长；点 6 获得 PitchTier 对象中基频点的个数；点 7-16，都会弹出一个对话框。下面仅对它们的功能加以说明，不演示操作过程：

点 7 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个时间值，这个值得介于 PitchTier 对象的起点和末点之间，程序将反馈一个数值，表示该时间点之前的基频点数目。

点 8 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个时间值，这个值得介于 PitchTier 对象的起点和末点之间，程序将反馈一个数值，表示该时间点之后的基频点数目。

点 9 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个时间值，这个值得介于 PitchTier 对象的起点和末点之间，程序将反馈一个数值，表示离该时间点最近的基频点的序号。

点 10 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个基频点的序号，这个值得小于 PitchTier 对象包含的基频点总数，程序将反馈一个数值，表示离该基频点所在的时间值。

点 11 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个时间值，这个值得介于 PitchTier 对象的起点和末点之间，程序将反馈一个数值，表示该时间点的基频值。

点 12 号按钮，然后在弹出的对话框里输入一个基频点的序号，这个值得小于 PitchTier 对象包含的基频点总数，程序将反馈一个数值，表示该基频点的基频值。

点 13 号按钮，然后在弹出的对话框里输入分析段的起点和末点时间，程序将反馈一个数值，表示这段时间内音高曲线的平均音高，音高曲线上空点的地方，程序会按线性插值的方法补足，然后进行平均。

点 14 号按钮，然后在弹出的对话框里输入分析段的起点和末点时间，程序将反馈一个数值，表示这段时间内所有基频点的平均基频，此时，程序只计算基频点的平均值，不会按线性插值的方法补足音高曲线上空点的地方。

点 15 号按钮，然后在弹出的对话框里输入分析段的起点和末点时间，程序将反馈一个数值，表示这段时间内音高曲线的音高标准差，音高曲线上空点的地方，程序会按线性插值的方法补足，然后进行计算。

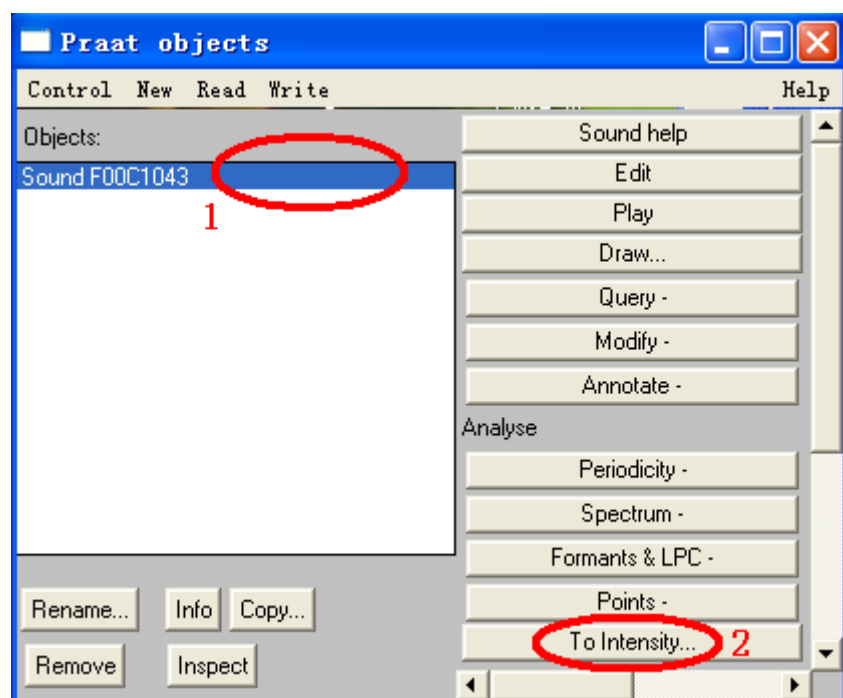
点 16 号按钮，然后在弹出的对话框里输入分析段的起点和末点时间，程序将反馈一个数值，表示这段时间内所有基频点的基频标准差，此时，程序只计算基频点的标准差，不会按线性插值的方法补足音高曲线上空点的地方。

五 强度分析

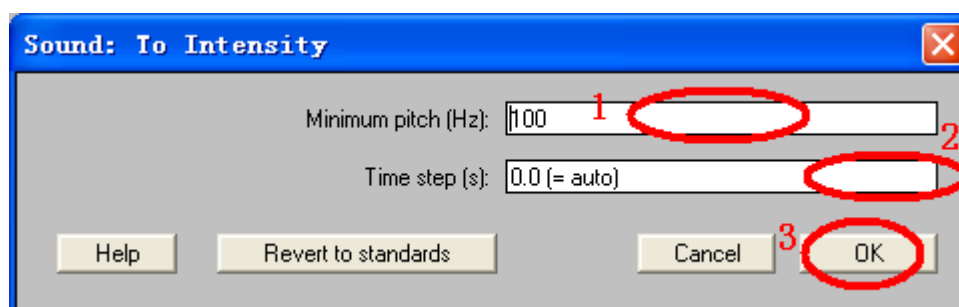
通过本节的学习，帮助您了解强度和能量的测量方法，掌握二维频谱能量值的测量，熟悉 To Intensity..., Down to IntensityTier, To Spectrum (fft)等菜单的功能和操作。

（一）时域维度测量某个时段的强度

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 To Intensity ...按钮，如下图 2 所示：



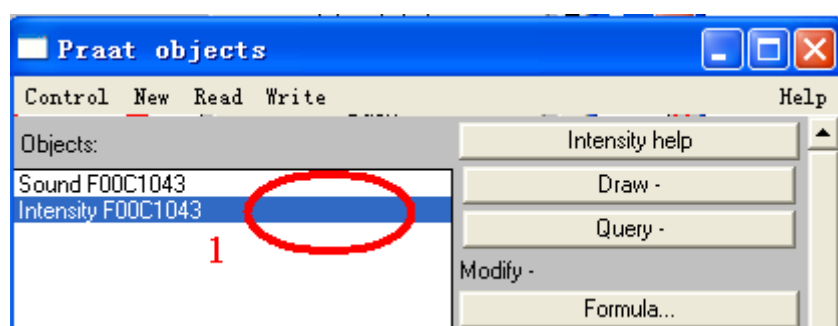
会自动弹出下面对话框：



参数 1 设置音高最小值（Minimum pitch），默认值为 100 赫兹。这个值决定着分析窗口的长度，分析窗口长度=3.2/（Minimum pitch），如果 Minimum

pitch=100, 则分析窗口长度为 0.032 秒; 如果这个值设置的过高, 如 300 赫兹, 则分析窗口长度约为 0.01 秒; 如果这个值设置的过低, 如 30 赫兹, 则分析窗口长度约为 0.11 秒。音高最小值设置越高, 则分析窗口时长越短, 就可能会出现与基频周期同步的强度分析结果。如果这个值设置的过低, 则会导致强度曲线变得比较平滑, 不能反映短时的强度变化。因此一般可以不改变上面的默认设置。另外, 参数 1 的设置还会影响到参数 2, 当参数 2 为默认状态时, 其步长= $0.8/\text{Minimum pitch}$ 。

等到程序执行结束以后, 在对象列表窗口您可以看到一个新的对象, 它的名称等于声音文件的名称, 而类型是 “Intensity”, 如下图 1 所示:

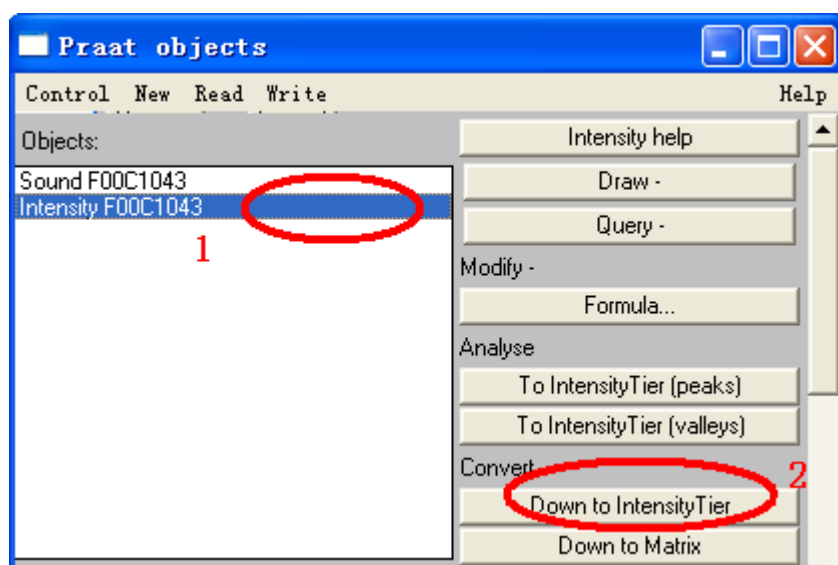


至此, 程序的强度分析工作已经结束。

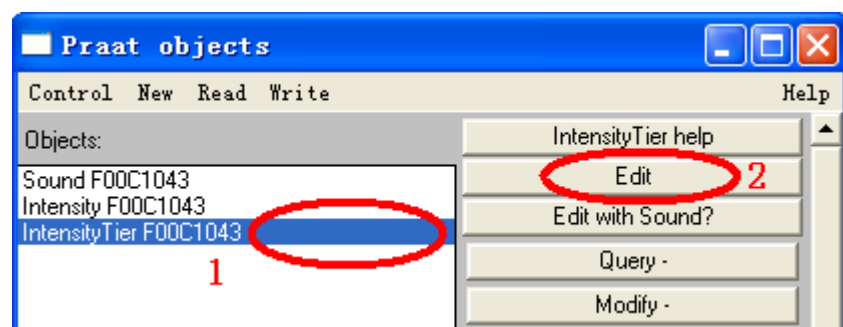
接下来, 我们观察强度对象。

(二) 察看强度对象

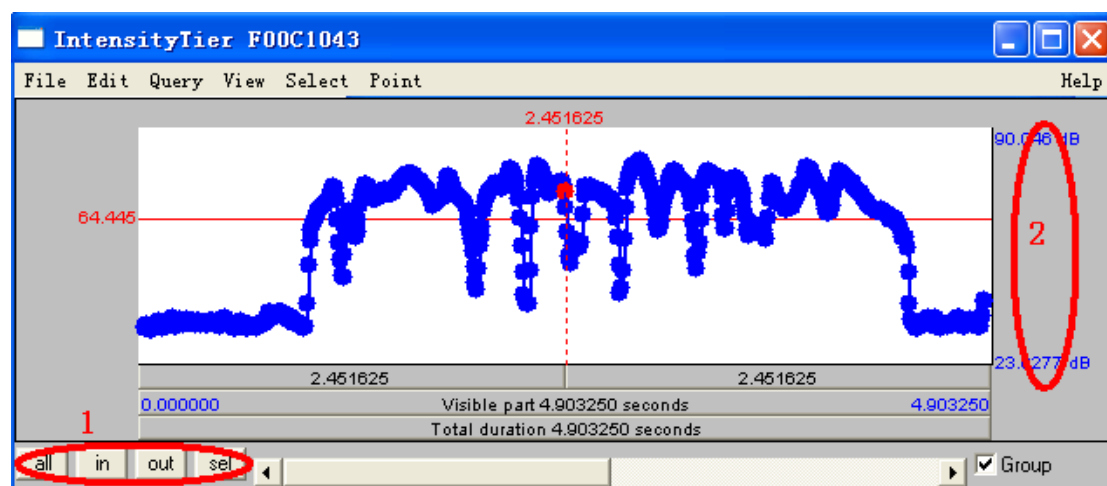
为了观察刚才分析出来的强度对象, 需要先选择刚才分析出来的 Intensity 对象, 如下图 1 所示; 再点击右侧的 Down to IntensityTier 按钮, 如下图 2 所示:



点击上图 2 的 Down to IntensityTier 按钮之后, 在对象列表窗口会出现一个新的对象, 如下图 1 所示:



为了察看强度的特性，可以点击右侧 2 处的 Edit 按钮，出现 IntensityTier 编辑窗口，如下图所示：



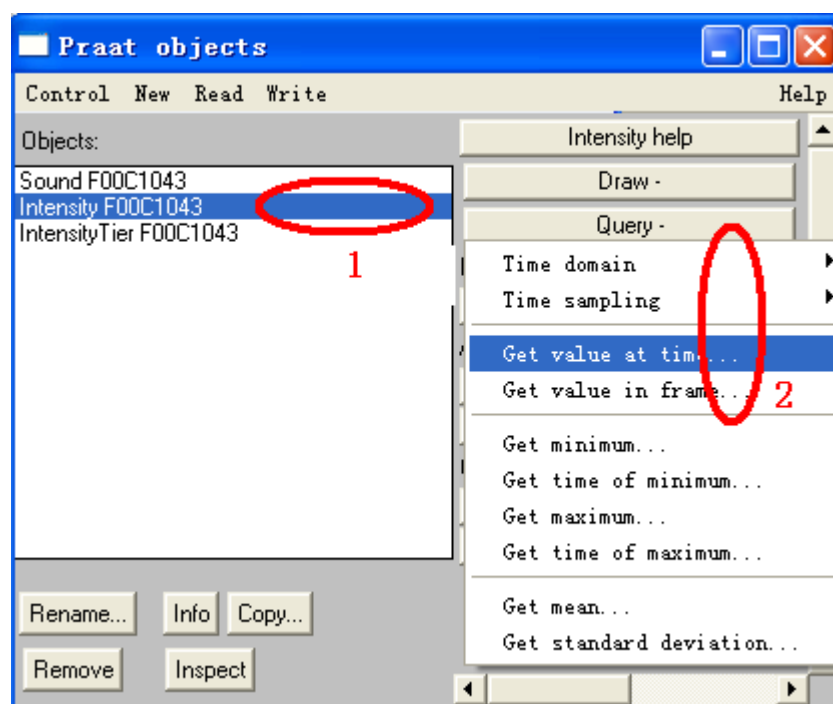
强度数据一般不必修改。

为了清楚地察看和测量强度数据，可以通过上图左下角 1 位置的四个小按钮进行调节横坐标的时间显示比例。上图 2 位置显示的是纵坐标，显示强度的高低，其单位是分贝，也就是声压级，其计算过程是先计算出分析窗口的有效声压，再将计算出来的有效声压换算为声压级（参考声压是 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ）。

如果纵坐标的标度太宽，请选择 View 菜单下的 Set intensity range... 按钮来输入合适的上下限范围。

（三）获得强度对象的数据

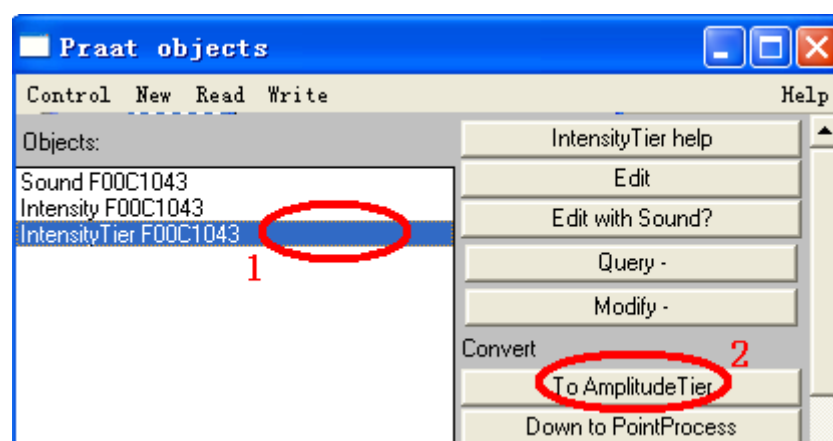
由于在 IntensityTier 对象里不能直接获得数值，所以我们从 Intensity 对象里获得某个时间点的强度值（不单单是这一个点的值，实际上，这个值是以该点为中心的一个分析窗口长度内的有效声压值换算出来的），方法如下：首先选择一个 Intensity 对象，再按右侧的“Query-”菜单下的“Get value at time...”按钮，然后会弹出一个对话框；请在弹出的对话框里输入某个时间点，再按其“OK”键即可看到一个信息提示窗口，里面会给出这个时间点的有效声压级的值。这个值是根据以该时间点为中心的一定时间范围内（即分析窗口时长）的有效声压值（RMS）换算出来的。



请您自己尝试使用其他几项获取强度分析数据的功能。

（四）从强度曲线换算成振幅曲线

可以根据强度级数据转换成振幅数据，振幅是以有效声压的形式表现的，单位是 Pa。方法如下：首先在对象列表窗口选择一个 IntensityTier 对象，如下图 1 所示；再按下图 2 所示的“To AmplitudeTier”按钮。

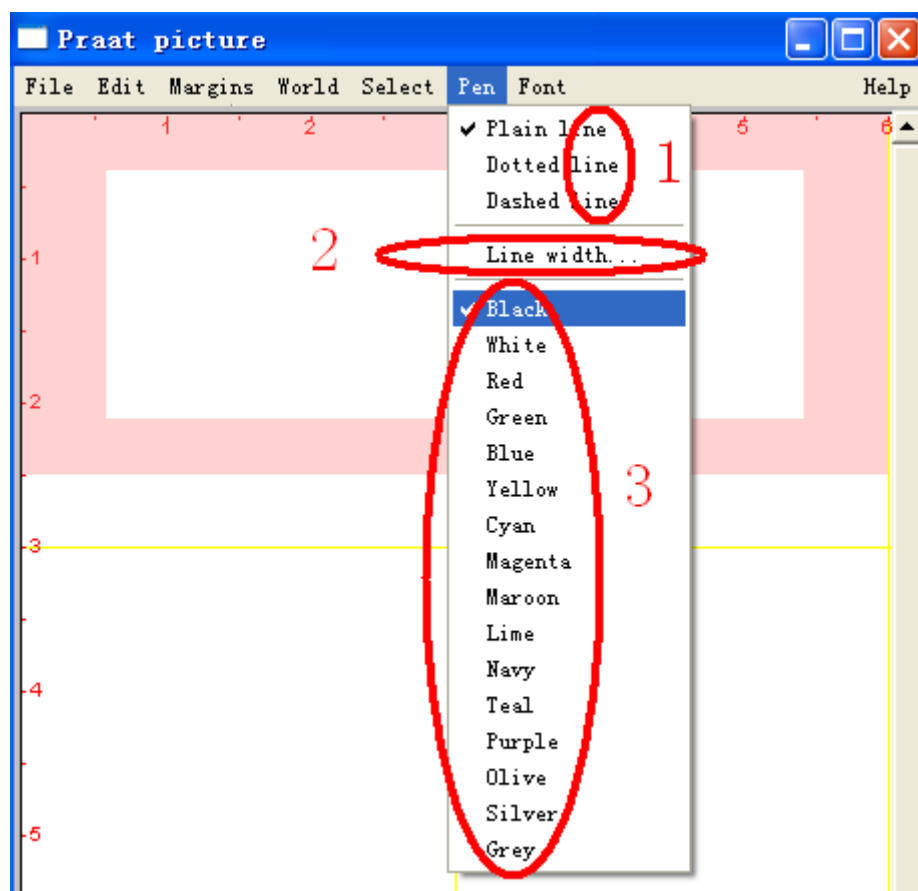


执行结束之后，会在对象列表窗口产生一新的对象，类型是 AmplitudeTier，我们可以通过“Edit”按钮来编辑它，以考察其数字特性。

（五）强度数据作图

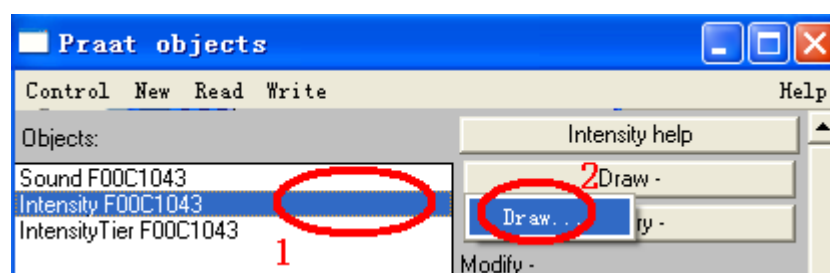
第一步：在 Praat picture 窗口里选定合适的区间，大小高度根据所作图形的

大小高低来确定，如下图用粉红色所框住的空间：

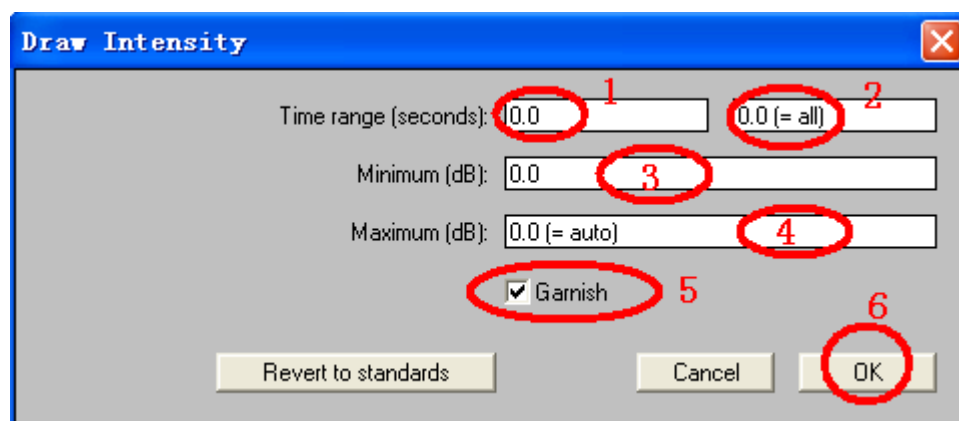


另外，您还可以在 Praat picture 的 Pen 菜单里选择合适的颜色来作图，如上图 3 所示；选择合适的线条形状来作图，如上图 1 所示；并可以设定线条的粗细，如上图 2 所示。这些设置的目的在于提高区分性以及观赏性。

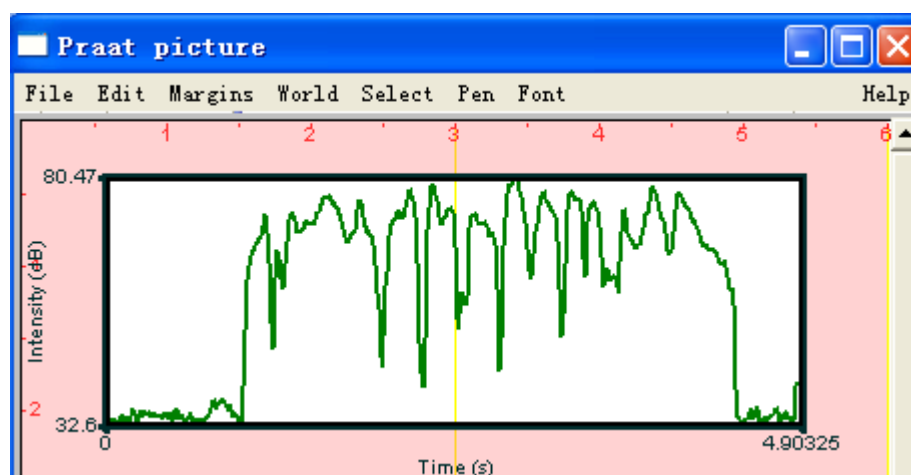
第二步：由于在 IntensityTier 对象里不能直接作图，所以我们根据 Intensity 对象来作强度曲线的图形，方法如下：首先选择一个 Intensity 对象，如下图 1 所示；再按右侧的“Draw-”菜单下的“Draw...”按钮，如下图 2 所示。



会自动弹出一个对话框，如下图所示：

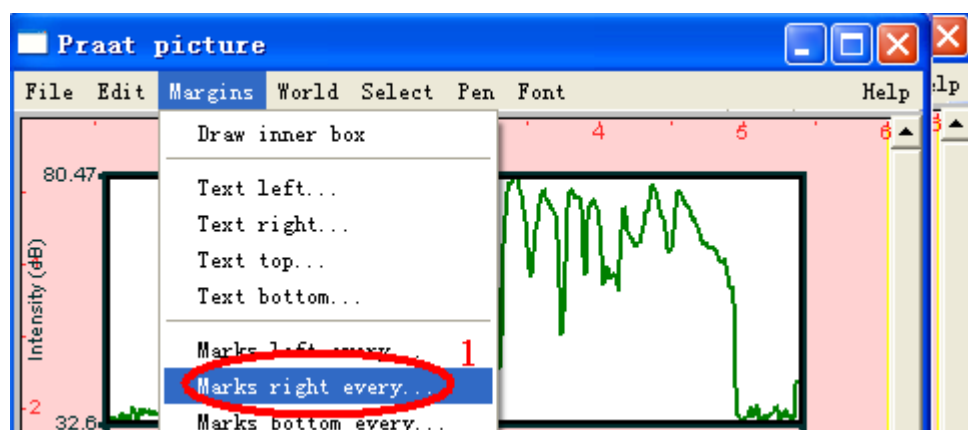


请在上图 1 位置输入作图的起点时间，请在上图 2 位置输入作图的末点时间。请在上图 3 位置输入作图的最低强度级的数值 (dB)，请在上图 4 位置输入作图的最高强度级的数值 (dB)。设置结束以后按上图 6 “OK” 按钮提交运行，程序会在 Praat picture 窗口的指定空间内作图，下面是画图结果：

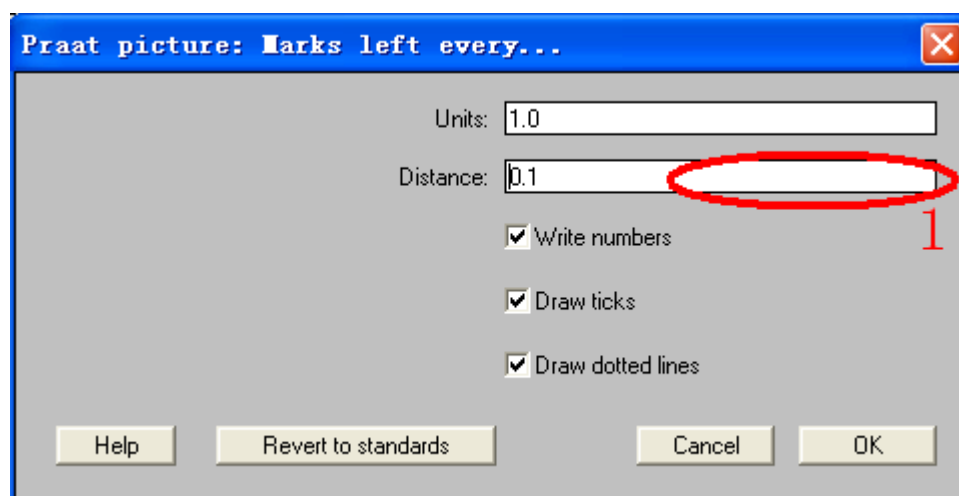


1、给图形加上更加明细的纵坐标

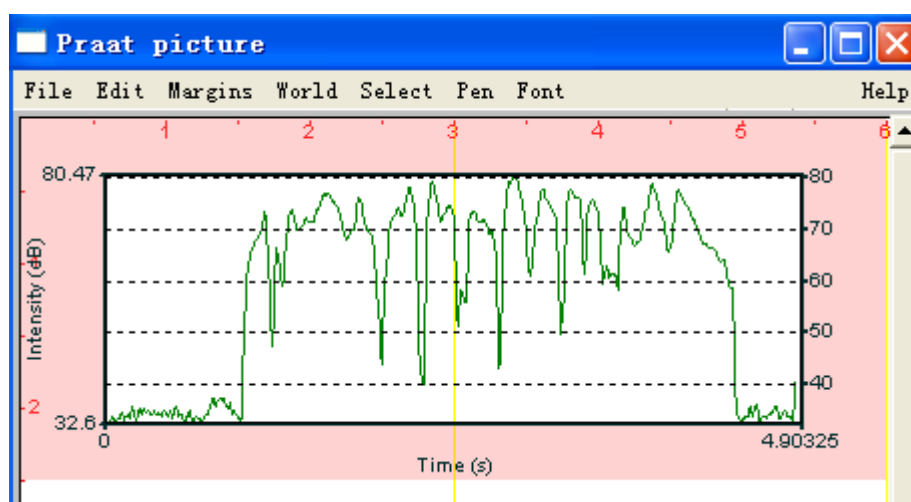
Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks right every ... 菜单，如下图 1 所示。



会自动弹出下面对话框，在下图 1 的位置设定 Distance 的值。这个值的设定主要是根据坐标轴的数据范围来确定，如果其范围能够被等分，那么取其等分间距作为 Distance 即可，可以等分的情况下使用 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks left every ... 按钮会更好；如果不能被等分，那么取一定的间距加以细化即可，细化的等级不可太多，太多就密密麻麻得看不清楚了，也不可太少，太少就起不到细化坐标轴的作用，因此其值可以自己掌握，不可以等分的情况下使用 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks right every ... 按钮会更好，以免坐标轴上的数字重叠。其他几个选择参量不妨自己试一试，看看各自效果如何。Write numbers 被选择上的时候，会在坐标轴旁标明数字；Draw ticks 被选择上的时候，会在坐标轴旁以一短杠标示数字的位置；Draw dotted lines 被选择上的时候，会在图内画出等分线。



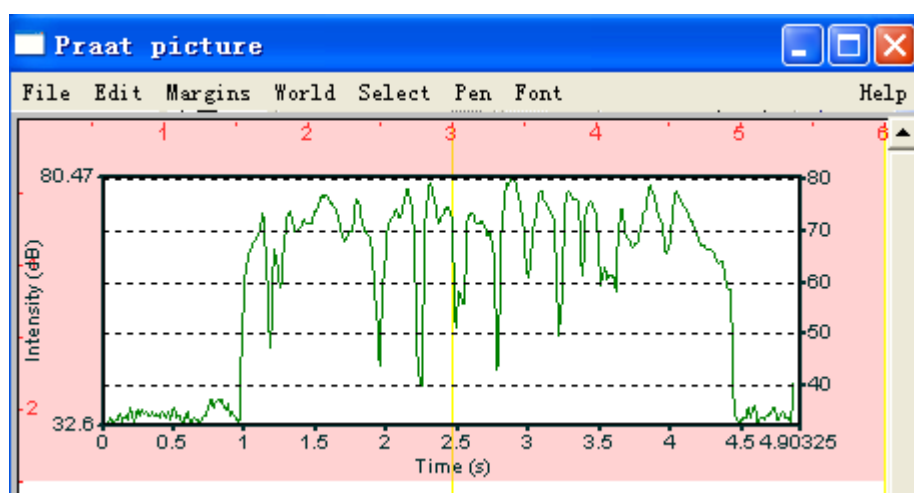
我们将 Distance 设定为 10，将上面强度曲线图的纵坐标进行细化，结果如下图所示：



2、给图形加上更加明细的横坐标

您可以在 Praat picture 的 Margins 菜单里选择 Marks bottom every ... 菜单。其他的操作与上面的设置过程是一致的。如将其 Distance 设定为 0.5，并取消其

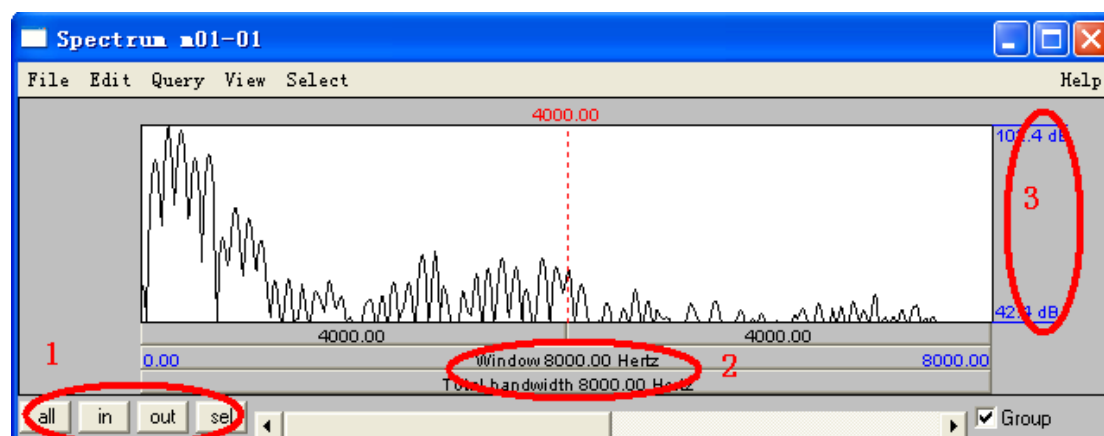
Draw dotted lines 复选框里的对钩，作图如下：



（六）频域维度测量某个时点的某个频率位置的强度

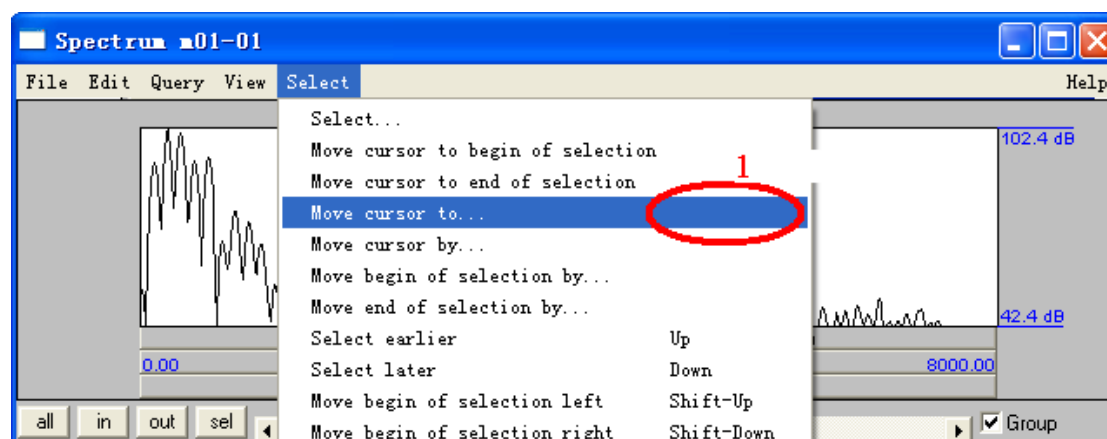
在频谱分析部分，我们介绍了如何分析宽带语图和窄带语图，以及如何根据宽带语图和窄带语图做出某个特定时间点的二维频谱图，以考察这个位置上的各频率成分的强度特性。

下面是一张基于窄带语图做出的某个时点二维频谱图，窄带分析的参数设置为：分析窗口长度为 0.03 秒，频率范围为 0-8000 赫兹（这个声音的采样率为 16000，8000 赫兹等于采样频率的一半，是有效频率的上限）。

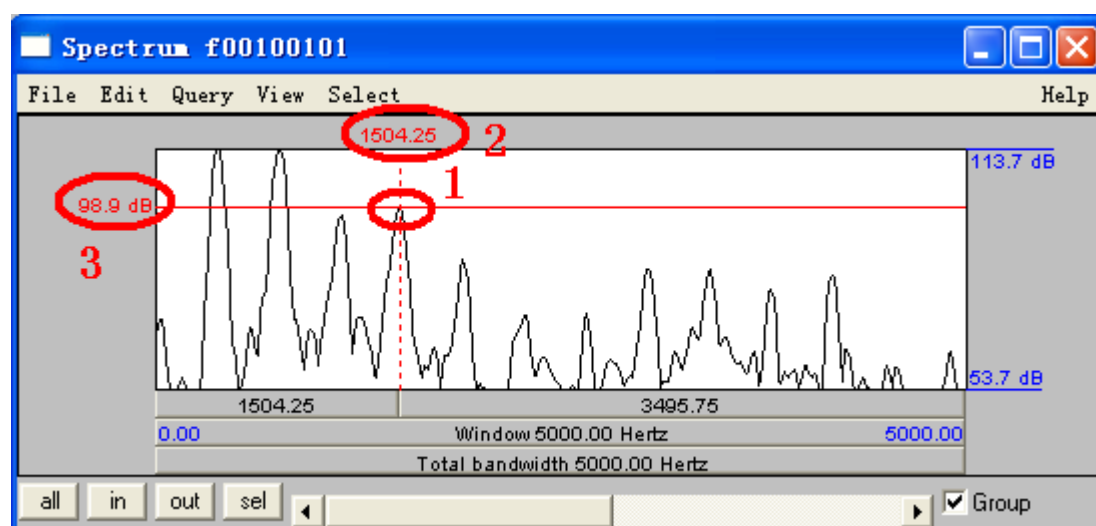


为了清楚地察看各个频率位置的强度，可以通过上图 1 位置的 4 个按钮来调节横轴的显示比例。横轴是频率，单位是赫兹，如上图 2 位置所示；纵轴标示能量，单位是分贝，如上图 3 位置所示。

可以通过游标定位的方式来测量各频率对应的强度值。Praat 程序提供了游标横向精确定位的方式，方式如下：



点击上图 1 位置的 Select 菜单下的“Move cursor to...”按钮，在弹出的对话框里输入横向定位的频率值，程序将把游标移至指定的频率位置。要测量这个频率位置的分贝值，还需要在纵向位置上定位，将下图中的水平线定位于游标和频谱的交叉点位置上，如下图所示 1 所示，然后观察左侧所显示的分贝值，如下图所示 3 所示，这表示频率为 1504 赫兹的成分在这个时刻点上的能量为 98.9dB。



但这种测量不是很精确，因为 Praat 程序没有提供纵向定位的功能，因此难免会出现误差。为了减少误差，可以采取附录中的脚本程序（一）“提取二维频谱中某个频率位置的能量值”来测量某个频率位置的能量值，执行时不需要定位纵轴，因此能够获得比较精确的值。

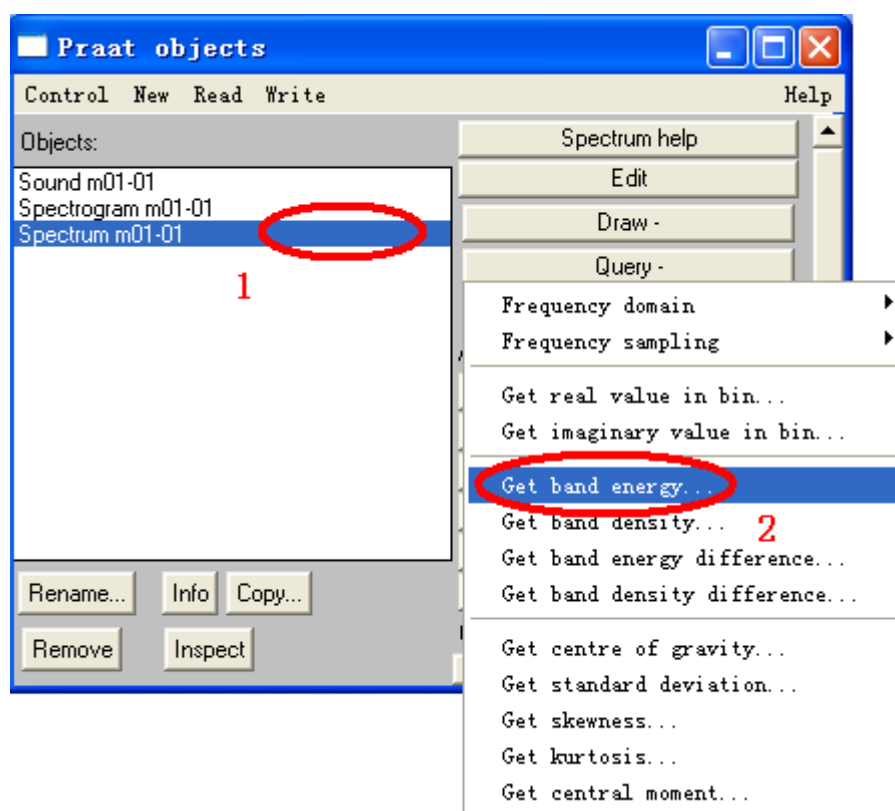
我们有时需要比较某些谐波峰位置的能量差异，或者需要考察频谱倾斜的情况，因此有必要掌握如何测量各个谐波峰的能量值。一种办法就是手工测量出各个谐波峰位置的能量值，正如上面所说，这种测量难免产生误差。为了精确地测量出各个谐波峰的能量值，我们可以采取附录中的脚本程序（二）“提取二维频谱中前 n 个谐波峰的能量值”来测量。

有时为了作图的需要，或者为了数据处理的需要，我们还希望能够得到二维频谱的各个频率位置的能量值，这时因为要测量的位置太多，不便于手工测量，而且手工测量也很难得到准确的值。如果我们希望将某个时刻点的二维频谱数据

全部测量出来，得到各个频率位置的能量值，我们可以采取附录中的脚本程序（三）“提取二维频谱中各频率成分的能量值”来测量。

（七）频域维度测量某个时点的某个带宽的能量

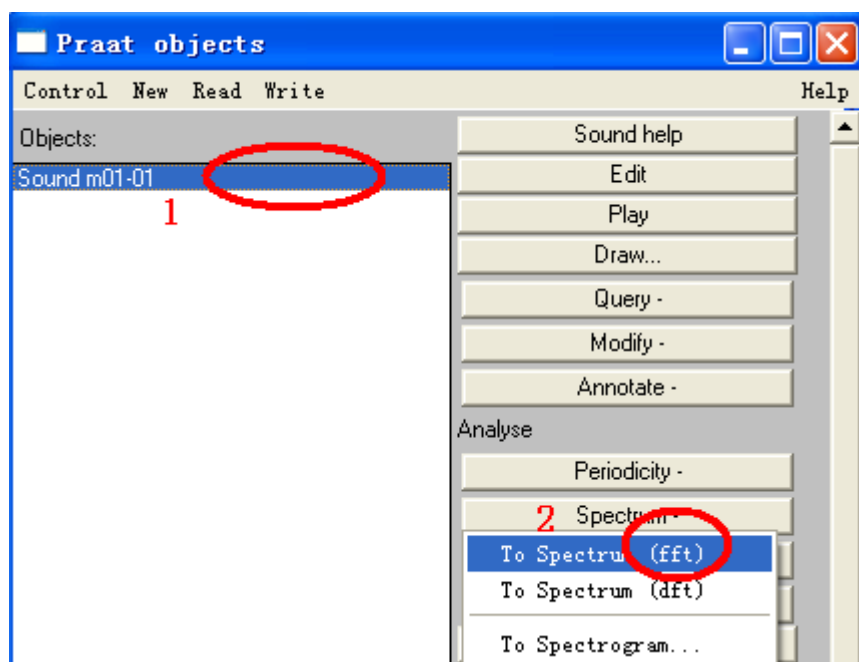
首先从对象窗口选定一个二维频谱对象，如下图 1 所示，再按右侧“Get band energy...”按钮，如下图 2 所示：



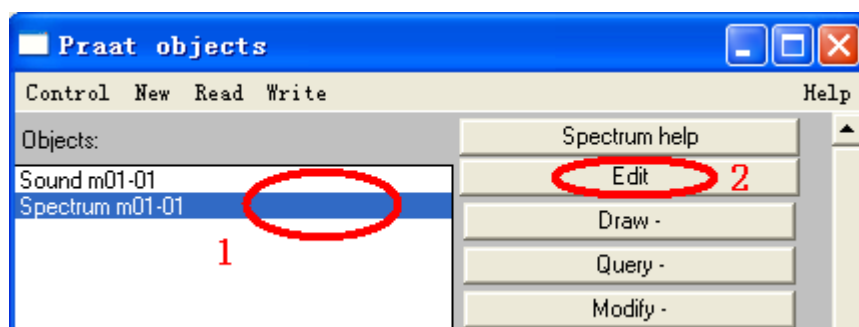
会自动弹出一个对话框，请在其中输入带宽的上下限，然后按“OK”提交运行即可，运行结束后会弹出一个信息窗口，里面显示着这个时刻点的特定带宽的能量。

（八）频域维度测量某个频段的长时全部能量

这需要进行长时二维频谱分析。首先从对象窗口选定一个声音对象，如下图 1 所示，再按右侧“Spectrum-”下的“To Spectrum (fft)”按钮，如下图 2 所示：

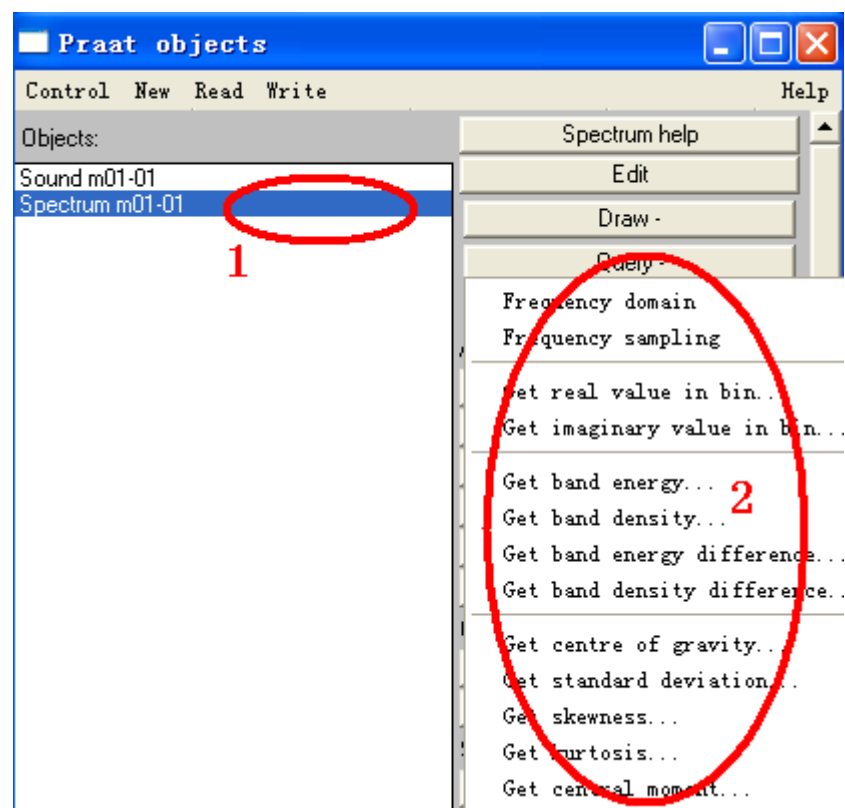


程序执行结束以后，在对象列表窗口可以看见一个新的对象，如下图 1 所示：

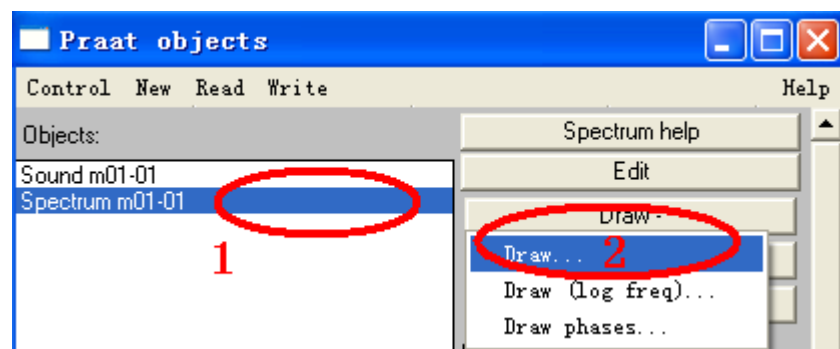


要察看和了解新对象的特性，请按上图右侧 2 位置按钮“Edit”进行编辑。

要获得其数据，请先从对象窗口选定一个 Spectrum 对象，如下图 1 所示；再按下图右侧 2 位置按钮“Query-”的下拉菜单进行各项查询操作。



如果要对 Spectrum 对象作图，请先从对象窗口选定一个 Spectrum 对象，如下图所示；再按下图右侧 2 位置按钮“Draw-”的下拉菜单进行各项作图操作。



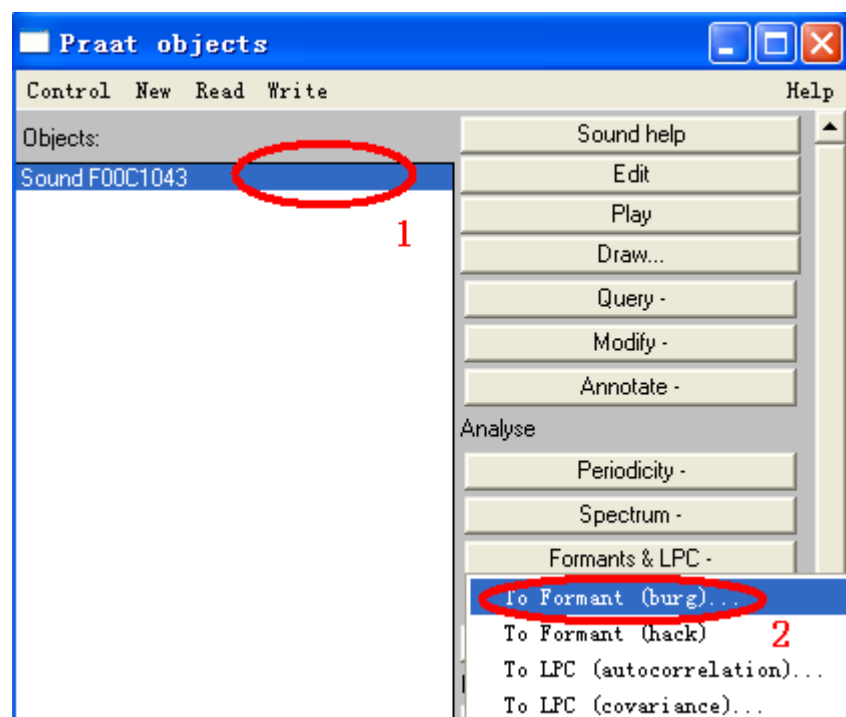
请您自己尝试其功能，并熟练其操作。

六 共振峰分析

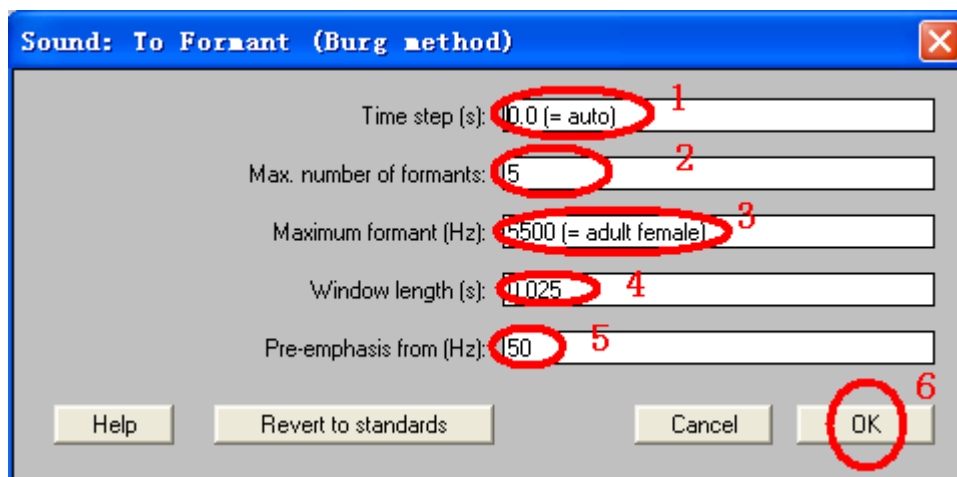
通过本节的学习，帮助您掌握共振峰分析和 LPC 分析的操作过程和参数设置，以及掌握如何利用 LPC 片断分析的二维频谱来校准共振峰数据，熟练地使用 To Formant (burg)···, Down to FormantTier, To LPC (autocorrelation)···, (LPC) To Spectrum (slice)···, (LPC) To Formant···, (LPC) To Spectrogram···等按钮的操作。

（一）共振峰分析与参数设置

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Formant & LPC-下的 To Formant (burg) ···按钮，如下图 2 所示：



会自动弹出下面对话框：



其参数解释如下：

在上图 1 位置设置分析的步长（Time step），单位是秒。默认时，步长=分析窗口长度/4，如果分析窗口长度为 0.025 秒，那么默认时步长等于 0.00625 秒。

在上图 2 位置设置要测定的共振峰的数目，分析正常语声时，一般将 Maximum number of formants 设置为 5 是比较合适的。

在上图 3 位置设置最大的共振峰频率值，通常情况下，分析成年男子的语声时将其设定为 5000 赫兹，分析成年女子的语声时将其设定为 5500 赫兹，分析婴幼儿的语声时将其设定为 8000 赫兹。这个值的设定与共振峰数目的设定有关，分析成年男子的语声时， $\text{Maximum formant (Hz)} = \text{Maximum number of formants} * 1000$ 赫兹；分析成年女子的语声时， $\text{Maximum formant (Hz)} = \text{Maximum number of formants} * 1100$ 赫兹；分析婴幼儿的语声时， $\text{Maximum formant (Hz)} = \text{Maximum number of formants} * 1600$ 赫兹。

在上图 4 位置设置分析窗口长度，单位是秒，默认条件下为 0.025 秒。分析窗口长度为 0.025 秒的时候，其频率分解的精度为 $1.298/0.025=51.9$ 赫兹，相当于窄带滤波器。

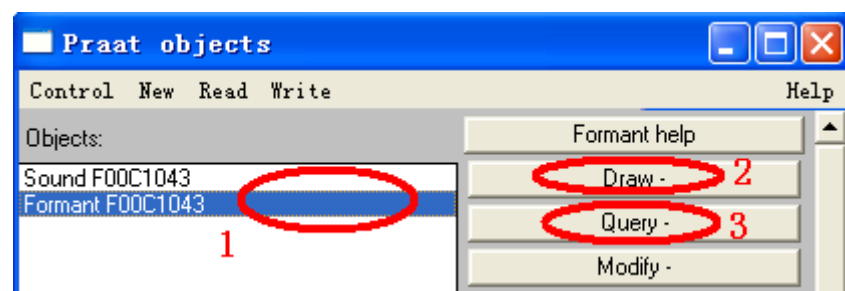
在上图 5 位置设定预增强的起始频率，如果设定为 50 赫兹，那么 50 赫兹以下的频率成分不被增强，100 赫兹附近的频率成分增强 6dB，200 赫兹附近的频率成分增强 12dB，400 赫兹附近的频率成分增强 18dB，即每增加一个倍频程，能量增加 6 个分贝。其目的在于保证分析出一个比较平缓的频谱图来，以便于共振峰的分析。因为共振峰的测定主要考虑局部范围的峰度，而不是整体上的频谱倾斜度。

参数设定结束后，按上图 6 位置的“OK”按钮提交运行即可。

【说明，通常情况下，我们只用修改最大共振峰的频率值，分析成年男子的语声时将其设定为 5000 赫兹，分析成年女子的语声时将其设定为 5500 赫兹，分析婴幼儿的语声时将其设定为 8000 赫兹。其他的参数一般都不必调整。】

运行结束以后，在对象列表窗口里，我们可以发现一个新的对象，其类型为 Formant，如下图 1 所示。要对它进行作图，或者查探其数据的话，请按下图 2

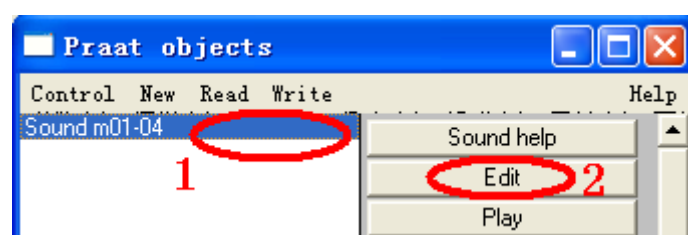
的 Draw-按钮进行作图，请按 Query-按钮之下的菜单进行查探数据，具体操作请您一一尝试。



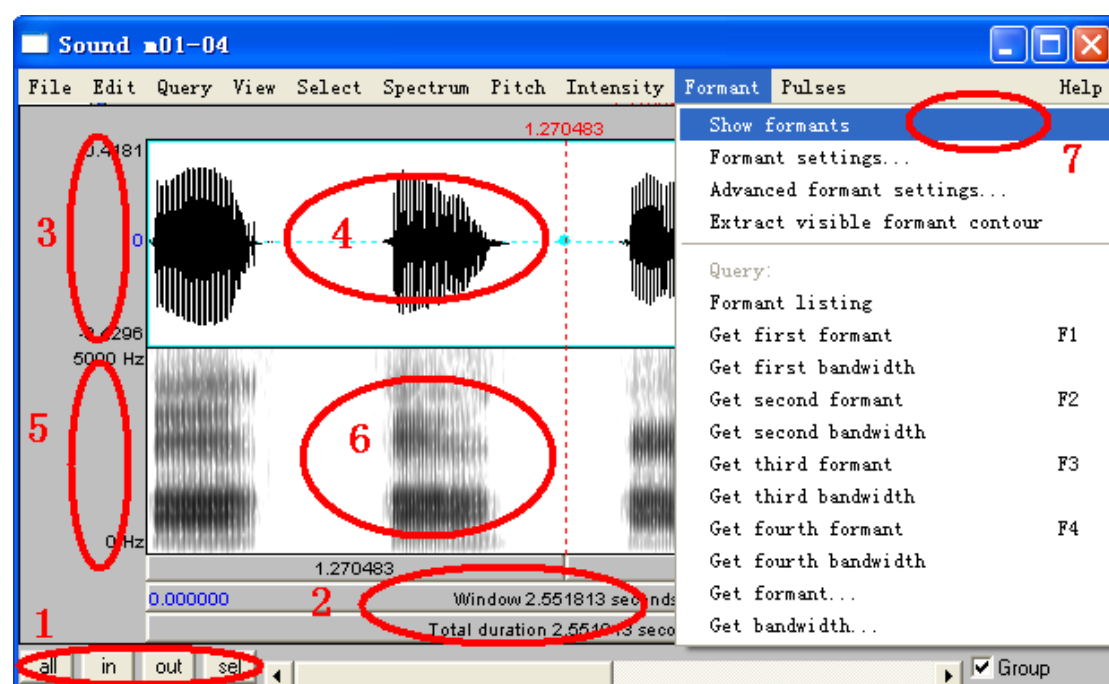
（二）察看共振峰对象

上面方式分析出来的共振峰对象不能进行可视化的编辑和察看，为了便于掌握一个声音的共振峰特性，我们可以从声音编辑窗口来分析共振峰数据，以便于察看和提取共振峰数据，方法如下：

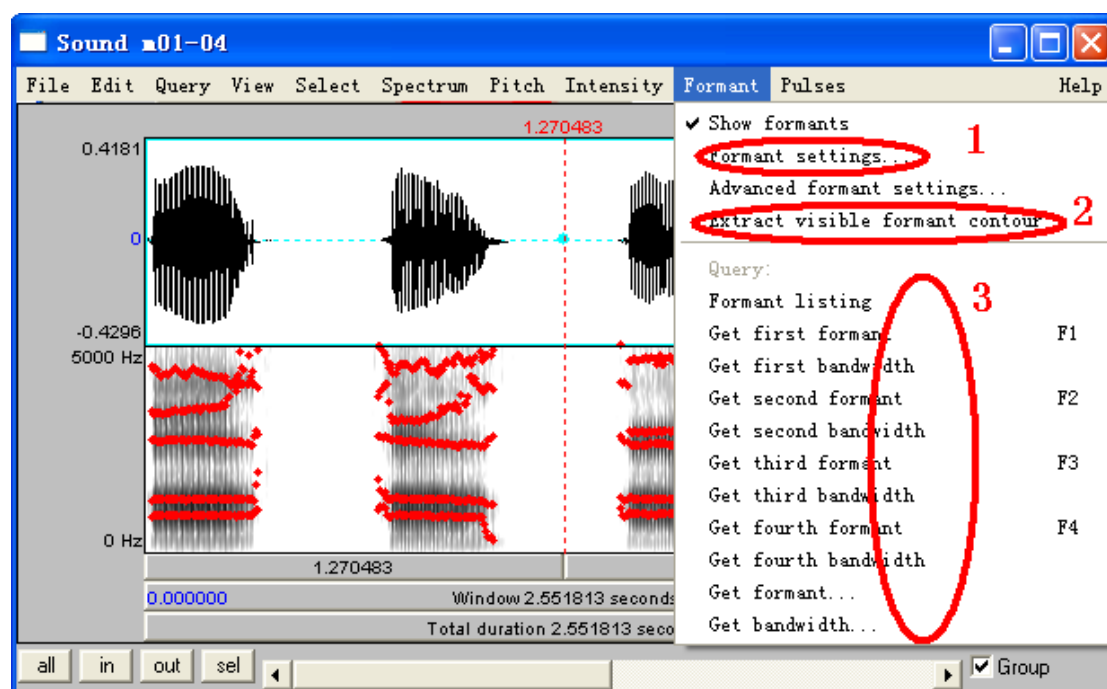
在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Edit 按钮，如下图 2 所示：



会自动弹出声音编辑器窗口, 如下图所示：



为了便于观察，可以点击上图 1 位置的四个小按钮，以调节横轴的时间显示比例；可以点击上图 2 位置的横杠来播放声音；上图 3 位置表示声波能量振幅；上图 4 位置显示的时声音信号的波形图；上图 5 位置表示语图分析的频率范围；上图 6 位置显示的是语图；上图 7 位置是“Show formants”菜单，其作用相当于一个开关，打上对钩的时候显示共振峰数据，取消对钩的时候不显示共振峰数据。可以看到，上图“Show formants”菜单前没有打上对钩，所以在语图上没有显示共振峰数据。为了观察共振峰数据，请在“Show formants”菜单前打上对钩。打了对钩之后，声音编辑器窗口如下图所示：



可以看到语图显示区出现了一些红色的点组成的线条。这些红色的点处于浊音横杠或辅音强频区的中心频率位置，称为共振峰。从低频往高频数，第一个共振峰称为 F1，第二个共振峰称为 F2，第三个共振峰称为 F3，以此类推。做语音分析，一般考察到 F3 即可，目前对 F4、F5 的功能还不是很明确，可能与发音人的发音特征有关。

为了能够分析出比较准确的共振峰数据，可以通过上图 1 位置 Formant settings...按钮来调节分析参数，按 Formant settings...按钮会弹出一个对话框，通常情况下只需修改其中的 Maximum formant (Hz)的设置，修改时请遵照以下原则进行：分析成年男子的语音时将其设定为 5000 赫兹，分析成年女子的语音时将其设定为 5500 赫兹，分析婴幼儿的语音时将其设定为 8000 赫兹。其他的参量可以不做调整，按“OK”键提交运行即可。

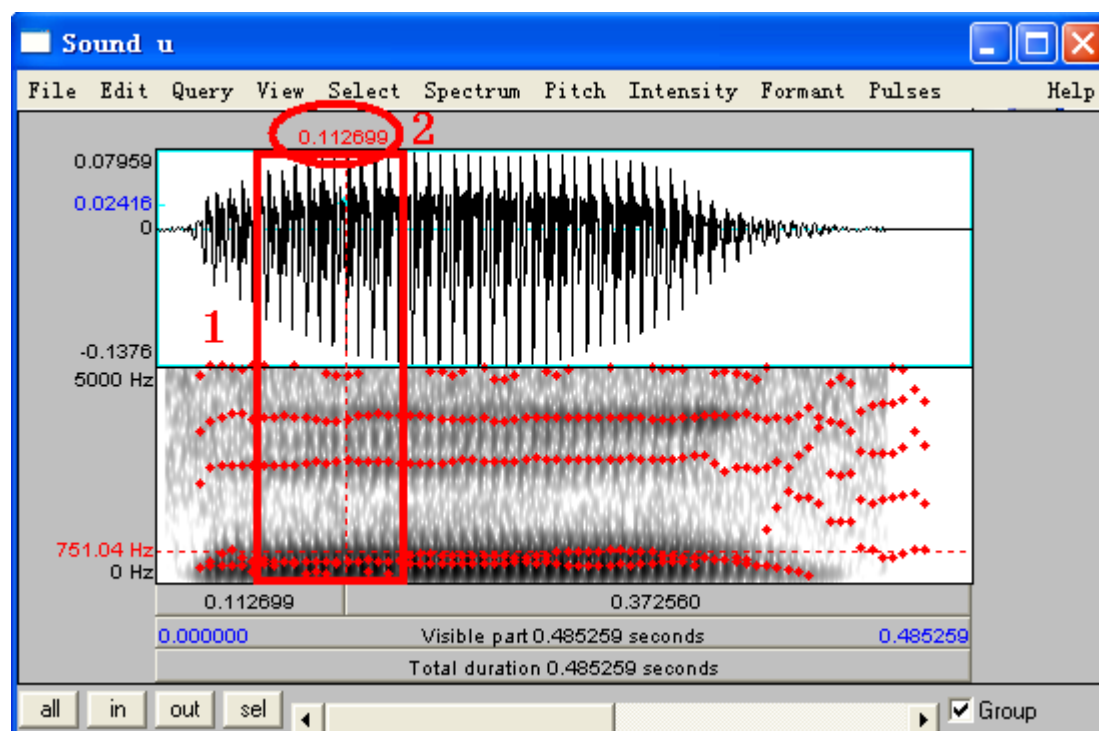
为了得到共振峰分析的数据，可以点击上图 2 位置的 Extract visible formant contour 按钮，将当前可视窗口内的共振峰数据提取出来，可以看到在对象列表窗口里产生了一个新的对象，其类型为“Formant”，这就是刚才提取出来的共振峰数据文件。

（三）提取和修改共振峰数据

为了察看某个时间点的共振峰频率和带宽数据，请使用上图 3 位置的那些按钮以提取各个共振峰的频率和带宽数据，其结果会在信息框中显示出来。

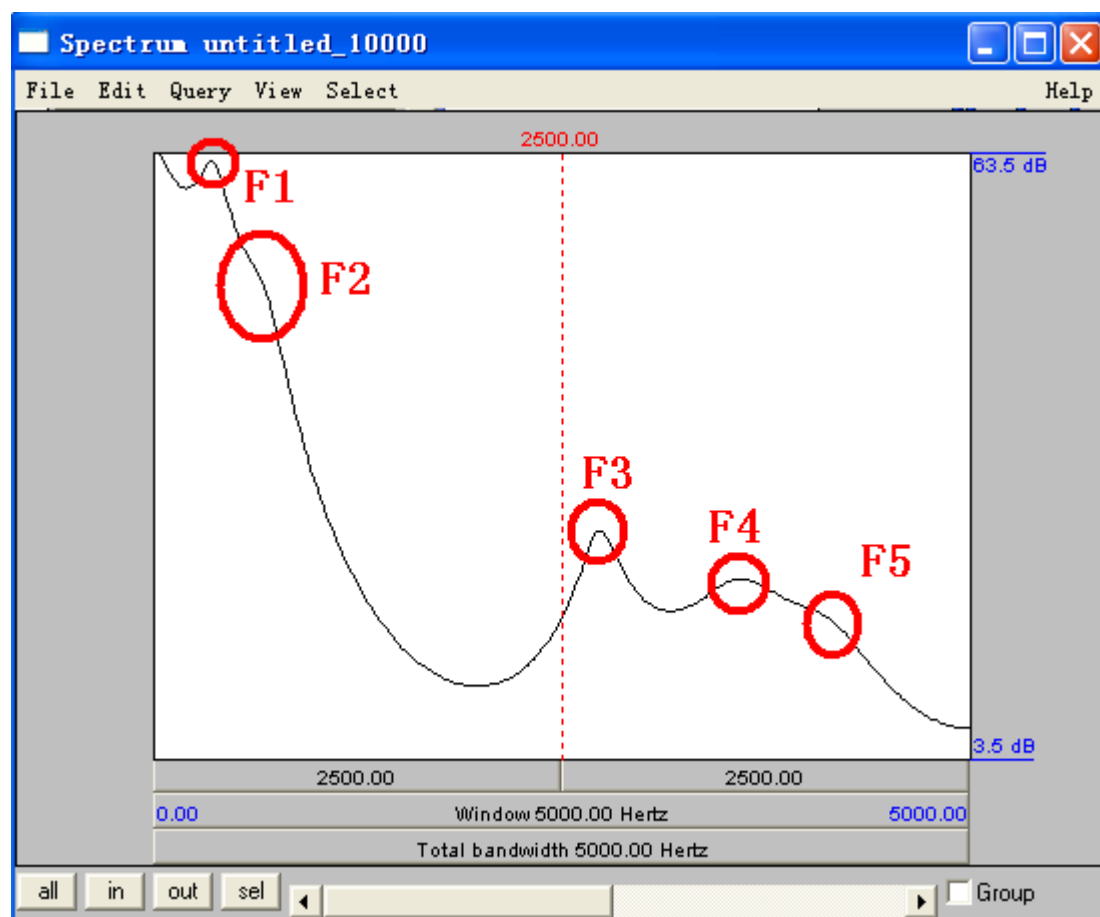
但需要特别注意的是，机器分析的共振峰数据往往可能出错，因此在使用共振峰数据之前，需要对分析出来的共振峰数据进行核查和修改。核查方法如下：

例如，下面是/u/的波形图和宽带语图以及在宽带语图上显示的共振峰数据：



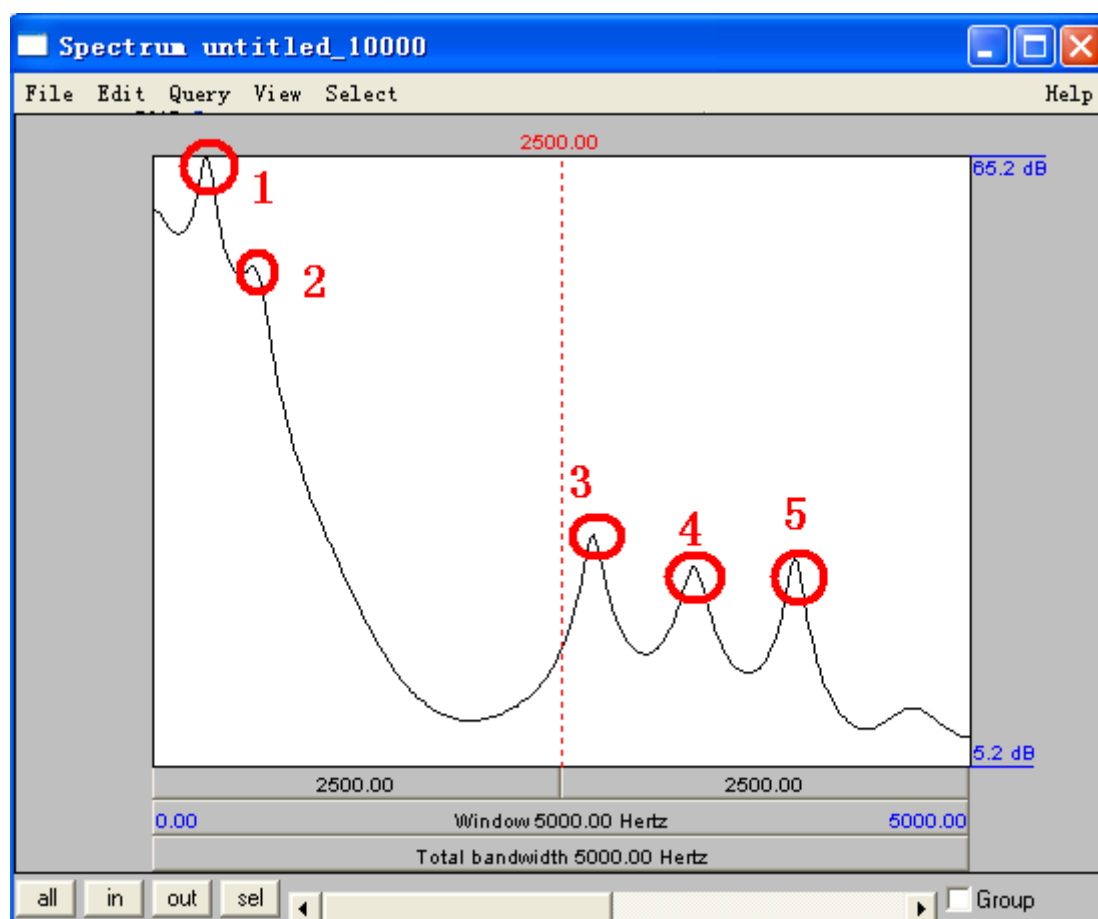
可以看出，在上图 1 位置的红框内的共振峰数据可能有错误（其他位置暂且不论）。现在我们来讨论如何确定红框范围内的共振峰数据：

首先选择这个声音对象作 LPC 分析，在分析之前将这个声音重新取样为 10000 赫兹（因为是男发音人的声音），然后对重新取样的声音进行 To LPC (autocorrelation) 分析，Prediction order 参数设定为 10，其他参数不变，之后得到一个 LPC 对象，我们对这个 LPC 对象进行片断分析 To Spectrum (slice)，将弹出来的对话框里的第一个参数（时间点）设置为上图 2 位置所示的时间，然后我们可以得到一个 Spectrum 对象[这些操作过程在下文有关 LPC 分析的部分会有较为详细的说明，请参考]，编辑结果如下：

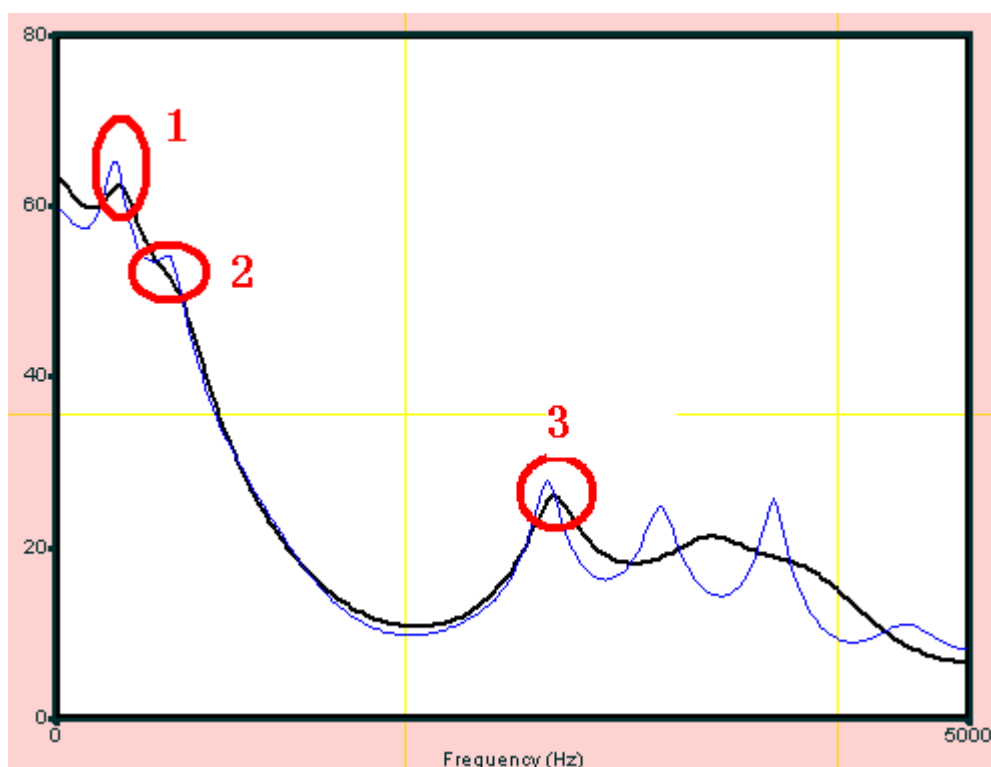


根据上图，我们大致可以看到 5 个共振峰位置，其中 F1 和 F3 以及 F4 比较明确，而 F2 和 F5 并不明确，很难确定其中心频率，这也是在前一图中这个时间点位置只出现 4 个共振峰红点的原因，其中 F1 和 F2 位置只识别出来一个共振峰，所以只有一个红点。但从上图看，F2 位置还是应该有一个共振峰，因为在 F2 位置略微凸出了一些。现在的问题是如何测量出 F2 的中心频率？我们提供以下方法供参考：

选择前面重新取样后的声音再进行一次 To LPC (autocorrelation) 分析，这次请将 Prediction order 参数设定为 16，然后对得到的 LPC 对象进行片断分析，在弹出的对话框里输入与前面分析相同的时间点，其他参数不变，然后我们又可以得到一个 Spectrum 对象，编辑结果如下：



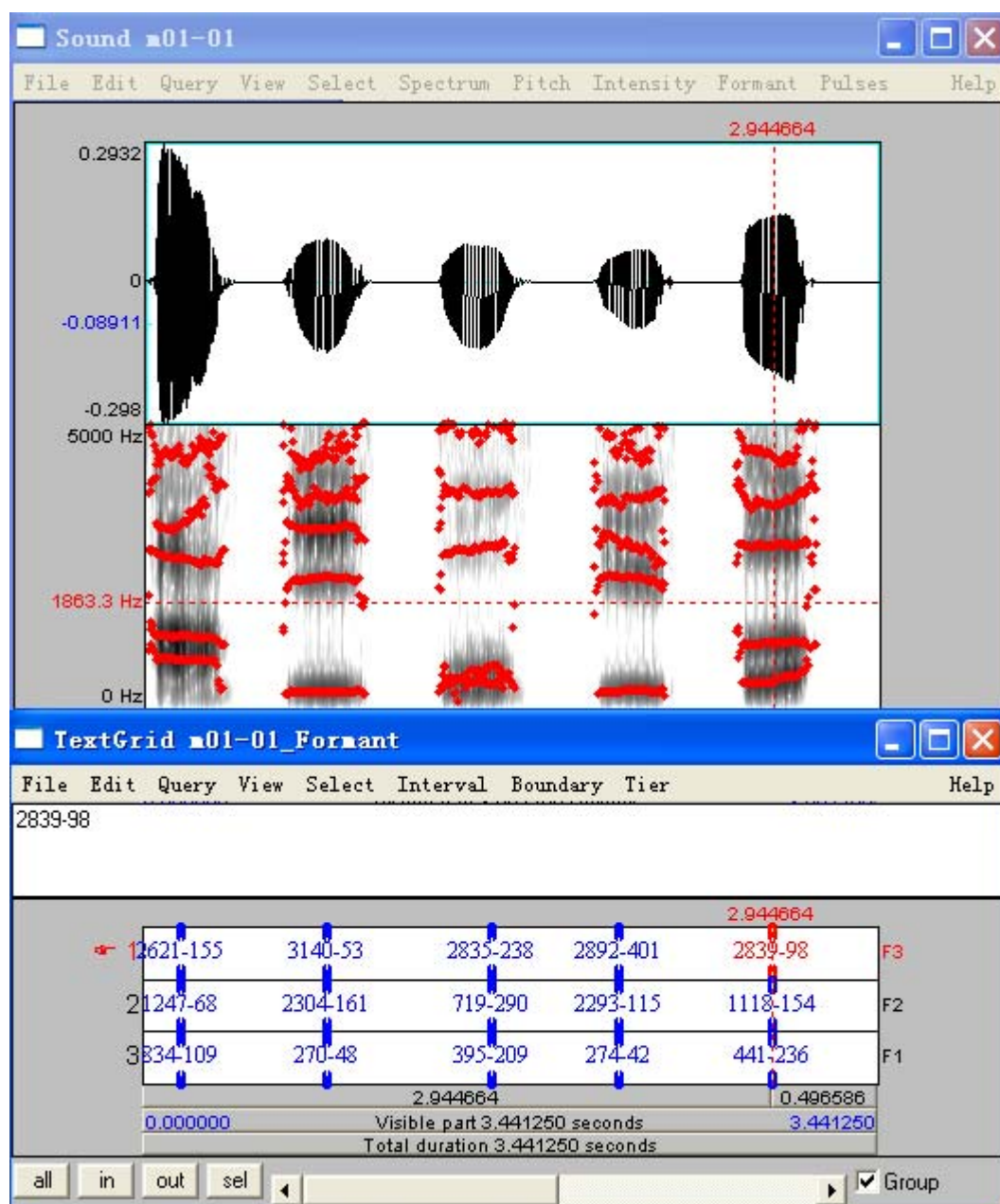
根据上图，我们大致可以看到 5 个比较突出的峰，但是由于我们在进行 LPC 分析时将 Prediction order 参数设定为 16，也就是要在 5000 赫兹的范围内分析出 8 个共振峰来，这种条件下分析出来的共振峰是没有什么意义的，因此我们不能根据上图来分析各个共振峰的中心频率。虽然不能直接用来分析共振峰的中心频率，但它可以为我們提供一些参考，帮助我们来准确判断共振峰的中心频率。我们下面将两次分析的图放到一起，如下图所示：



上图的黑线是第一次分析的结果（Prediction order=10），上图的蓝线是第二次分析的结果（Prediction order=16）。根据上图，我们可以看到，第一次分析得到的曲线和第二次分析得到的曲线在上图 1 的位置上都有一个尖峰，但第二次分析得到的尖峰频率略小于第一次分析得到的结果；同样的现象我们在上图 3 的位置上也可以看到。这说明两条曲线之间有着一定的对应关系，因此我们可以根据第二次分析得到的上图 2 位置上的尖峰频率值来帮助判断第一次分析中的 F2 值。

共振峰数据的核查过程简单地介绍这些，下面谈共振峰数据的修改问题。因为在 Praat 程序中仅提供了共振峰频率的整体上台或下降之类的修改，而没有提供针对某个时刻点的共振峰数据的修改工具。如果您需要修改和保存某些点的共振峰频率和带宽数据，请使用附录中的脚本程序（四）“将共振峰频率数据提取到 TextGrid 对象中”进行操作。

执行完附录中的脚本程序（四）之后，程序会在对象列表窗口中创建一个 TextGrid 对象，名称等于所选定的声音对象的名称加上 “_Formant”，我们可以打开 TextGrid 对象进行察看和编辑。如下图所示：



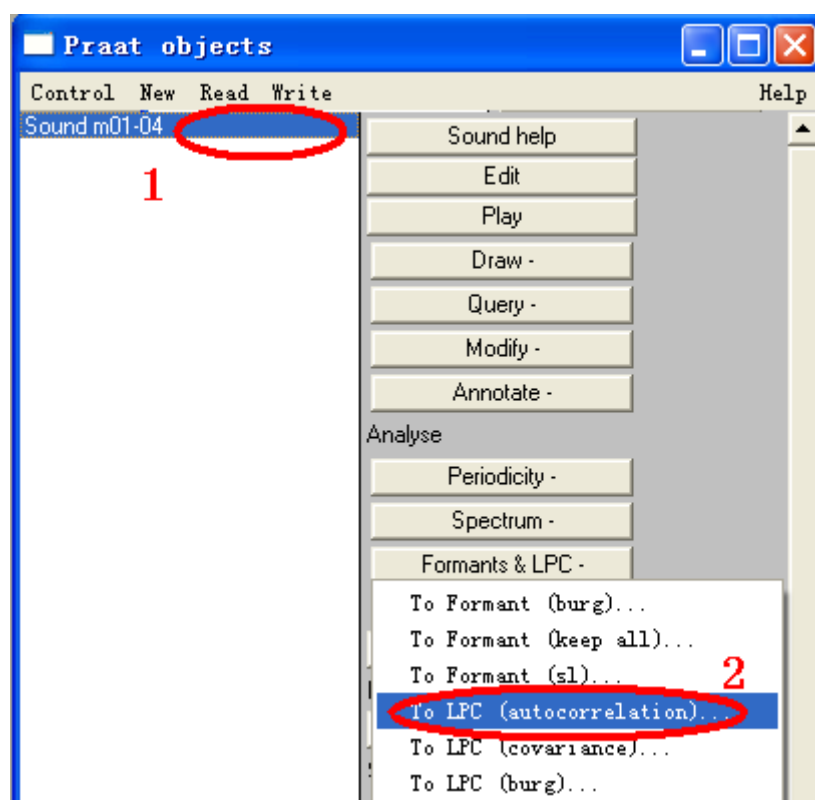
可以看到，在 TextGrid 对象的相应时间位置上标示了所提取的各个共振峰的频率和带宽数据，“-”之前表示共振峰的中心频率值，“-”表示带宽，其数据都可以修改，修改共振峰数据主要依据前面所说的核查结果。

当共振峰的数据修改完成后，可以用附录中的脚本程序（五）“将 TextGrid 对象中的共振峰数据转换成文本文件”进行操作，然后可以用 Excel 程序来查看新生成的文本文件数据。

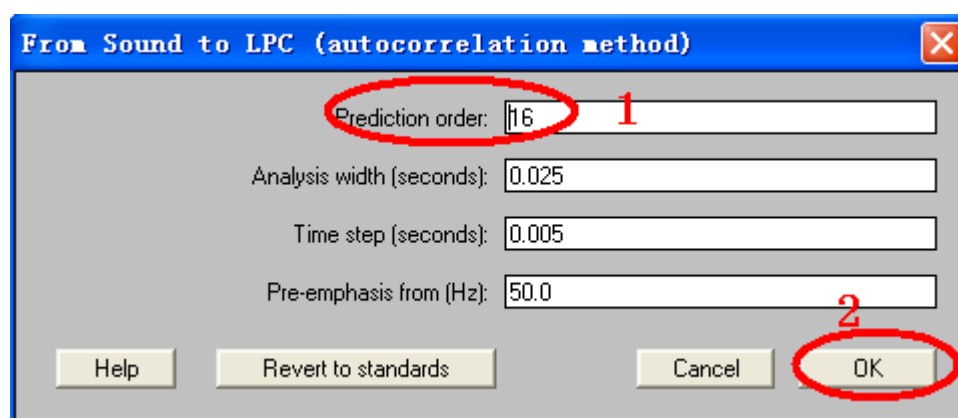
（四）LPC 分析

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Formant & LPC-下的 To

LPC (autocorrelation) ...按钮，如下图 2 所示：



会自动弹出下面的对话框：



在上图 1 的位置设定预测系数的个数 Prediction order，通常至少取共振峰数目的两倍，如果分析的共振峰数目为 5，则 Prediction order 通常设置为 10（等于：共振峰数目*2）。这个值的设置与采样率密切相关，举例说明如下：（1）如果要分析一个成年男性发音人的声音，其采样率为 16000 赫兹，那么有效分析的最大频率为 8000 赫兹（等于：采样率/2），成年男性发音人的最大共振峰频率等于“共振峰数目*1000”赫兹，这表明 8000 赫兹的有效频率范围可以分析出 8 个共振峰，因此可以将 Prediction order 设置为 16。（2）如果要分析一个成年男性发音人的声音，其采样率为 10000 赫兹，那么有效分析的最大频率为 5000 赫兹（等于：采样率/2），成年男性发音人的最大共振峰频率等于“共振峰数目*1000”赫兹，这表明 5000 赫兹的有效频率范围可以分析出 5 个共振峰，因此可以将 Prediction

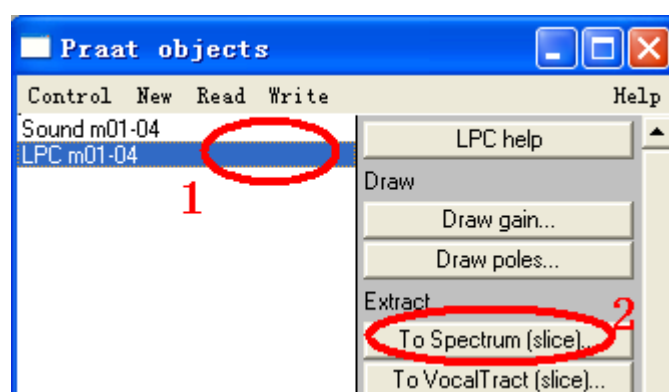
order 设置为 10。

设置好上图 1 位置的参数之后，再按上图 2 位置的“OK”按钮运行。

【说明 1：对上面参数 1 的设置请遵循以下策略，当分析成年男性语声时，Prediction order = 采样率/1000，如果 Prediction order 的值为单数，请加 1 成偶数；当分析成年女性语声时，Prediction order = 采样率/1100，如果 Prediction order 的值为单数，请加 1 成偶数；当分析婴幼儿语声时，Prediction order = 采样率/1600，如果 Prediction order 的值为单数，请加 1 成偶数。请您尝试更改 Prediction order 的设置值，以考察分析效果的差异，并请多加练习，以掌握其功用。】

【说明 2：为了简便我们对参数 1 的设置，我们可以对原始声音进行重新采样，成年男声的重新采样率设置为 10000 赫兹，成年女声的重新采样率设置为 11000 赫兹，婴幼儿声音的重新采样率设置为 16000 赫兹，然后对重新采样之后的声音进行 LPC 分析，此时，参数 Prediction order 的值都设置为 10 即可。】

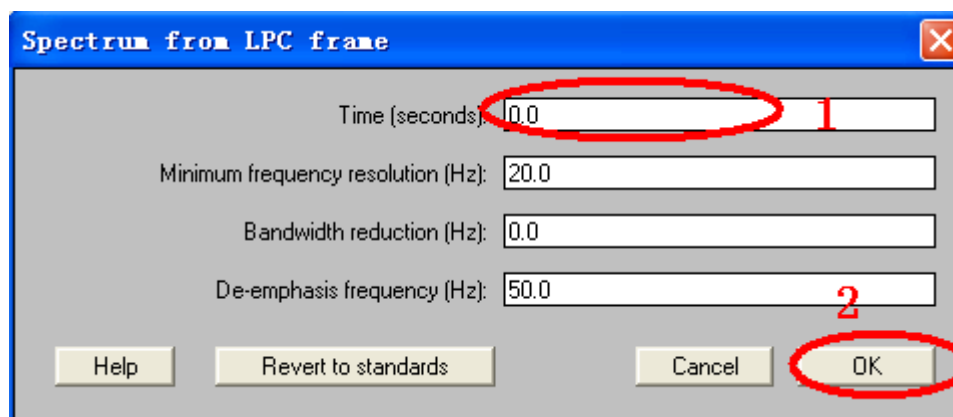
分析结束后，在对象列表窗口可以看到一个新的对象，与所分析的声音同名，类型是 LPC，如下图 1 所示：



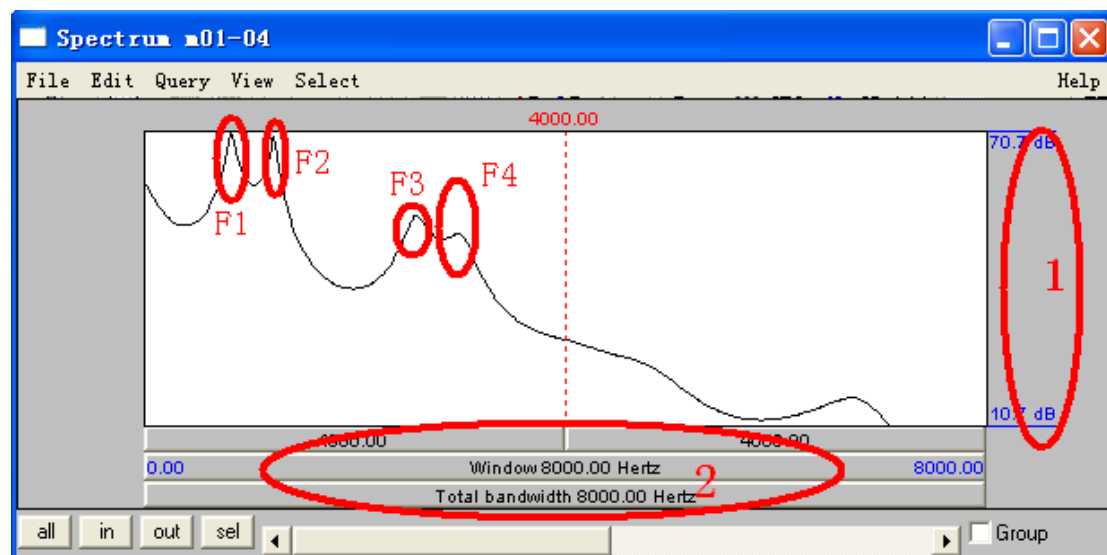
LPC 分析的主要目的在于获得声道传输函数，可以根据 LPC 系数来分析出共振峰频率和带宽以及宽带语图等。

（五）基于 LPC 对象测量某时间点的共振峰

下面基于 LPC 分析结果来提取二维频谱的片断，先选择一个 LPC 对象，再按右侧 2 的 To Spectrum (slice)…按钮，弹出一对话框，如下图：



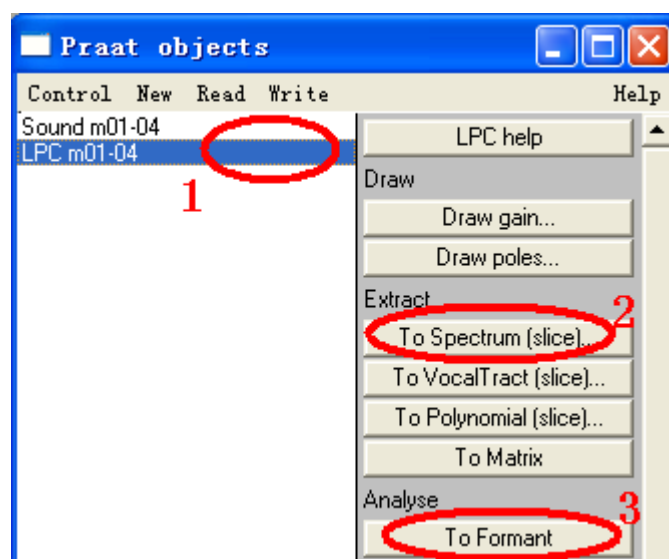
请在上图 1 的位置输入您希望进行二维频谱分析的时间点，然后按上图 2 进行运行即可。运行结束后，在对象列表中会生成一个 Spectrum 对象，打开后如下图所示：



上图中的 F1、F2、F3、F4 位置可以看到明显的尖峰，处于各共振峰的中心频率位置，这些尖峰就是这个时刻点位置上的共振峰。F1 为第一共振峰，F2 为第二共振峰，F3 为第三共振峰，F4 为第四共振峰，越往上越难以确定。可以通过鼠标来测定各共振峰的中心频率和它的能量值。上图是二维频谱图，横轴是频率，如上图 2 所示；纵轴是能量，如上图 1 所示。如果共振峰分析的数据不太准确时，可以采取这种办法来进行分析，可能会得到比较好的效果。

（六）基于 LPC 对象分析共振峰数据

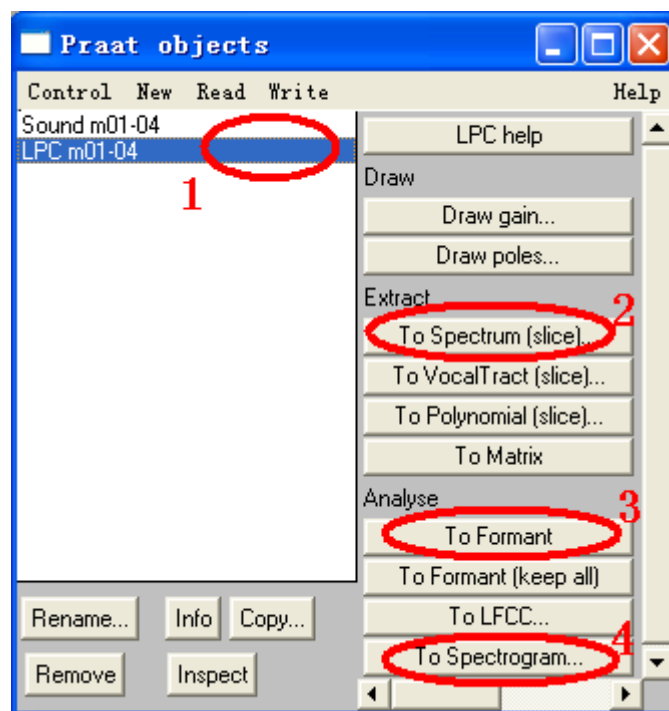
下面基于 LPC 分析结果来分析共振峰，先选择一个 LPC 对象，如下图 1 所示，再按其右侧的 To Formant ... 按钮，如下图 3 所示：



运行结束后，在对象列表中会生成一个 Formant 对象。这时，新生成的 Formant 对象的共振峰数目等于在 LPC 分析时设定的 Prediction order 除以 2，如果当时设定为 16，那么此时共振峰数目为 8。新生成的 Formant 对象的共振峰上限频率等于这个声音文件的采样率除以 2，如果采样率为 16000 赫兹，那么共振峰上限频率就等于 8000 赫兹。

（七）基于 LPC 对象进行语图分析

下面基于 LPC 分析结果来分析宽带语图，先选择一个 LPC 对象，如下图 1 所示，再按其右侧的 To Spectrogram ...按钮，如下图 4 所示：



运行结束后，在对象列表中会生成一个 Spectrogram 对象，选定它之后，

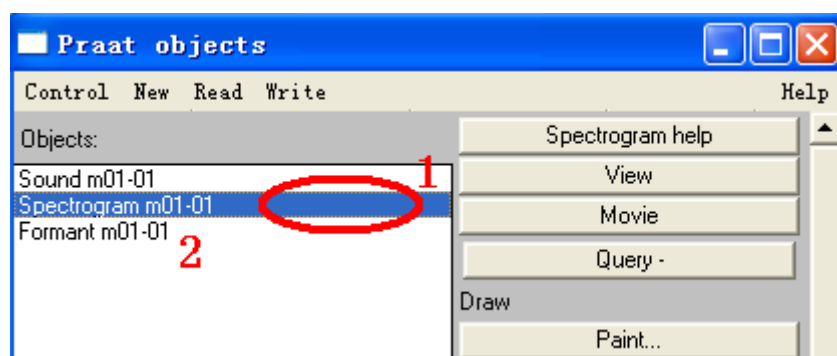
可以通过点击右侧的 View 按钮来查看其特性。

（八）基于共振峰数据做声学元音图

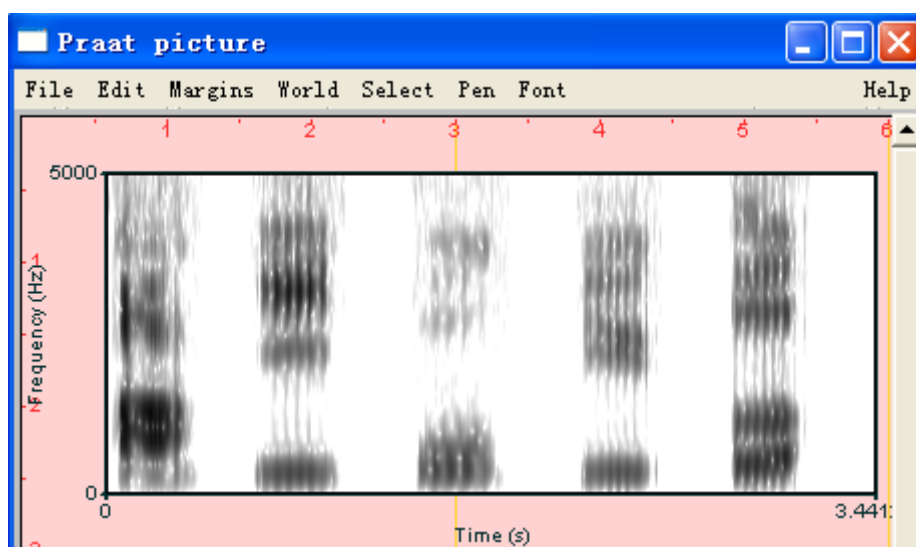
我们可以根据分析和提取出来的 F1 和 F2 数据来制作声学元音图，通常把 F1 做纵坐标，把 F2 做横坐标，原点放在右上角，根据各元音的 F1 和 F2 的频率值来确定它们在声学元音图上的位置。附录中的脚本程序（六）“制作声学元音图”可以帮助大家画出带有国际音标符号的声学元音图来。

（九）基于共振峰对象做共振峰图

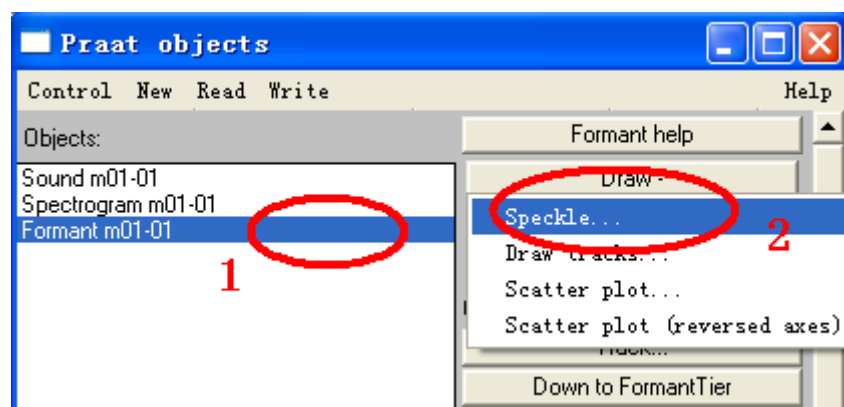
一般将共振峰与宽带语图做在一起，将共振峰叠加到宽带语图上。作图过程如下：首先分析出声音对象的宽带语图对象和共振峰对象，如下图 1 和 2 所示。



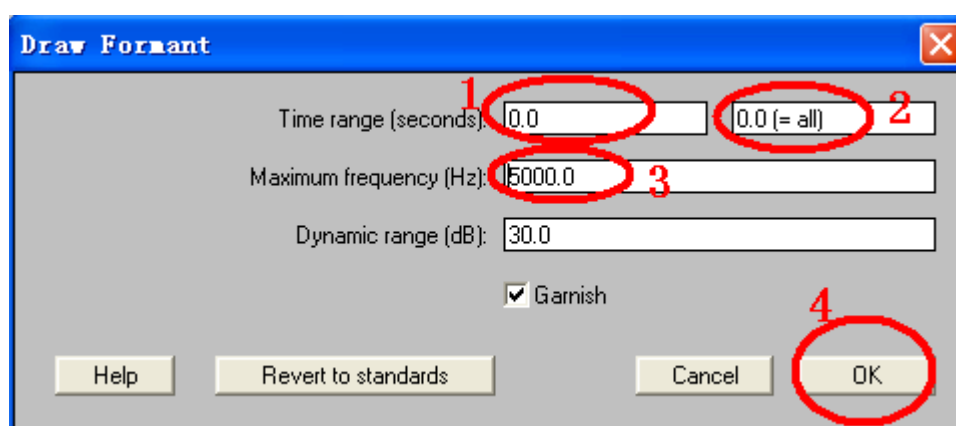
然后分开作图，先选择 Spectrogram 对象作图（具体步骤参见“频谱分析”章节），结果如下：



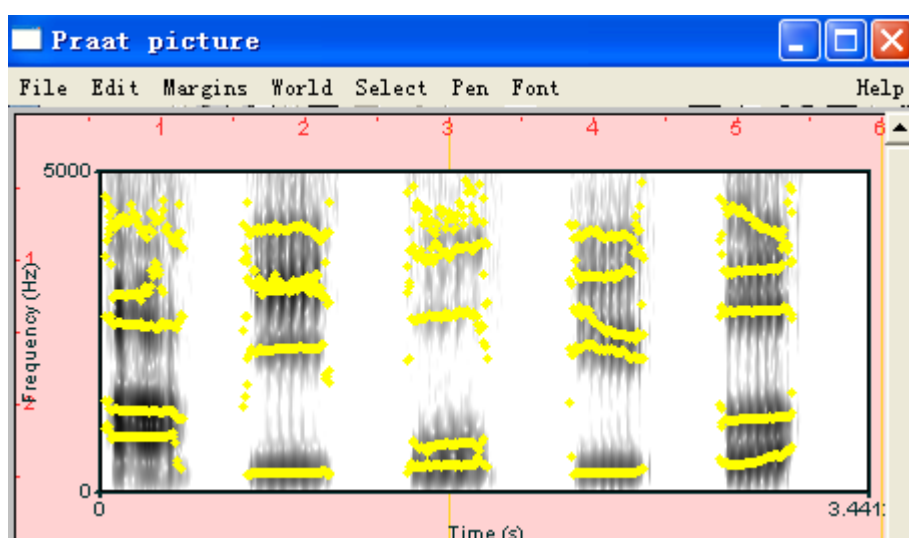
接下来，请在 Praat picture 窗口的 Pen 菜单下选择 Yellow 按钮，使用黄色作共振峰的图形，以醒目。保持上面的粉红色窗口大小和位置都不变。然后在对象列表窗口里选择 Formant 对象，如下图 1 所示，再选择右侧的 Draw-菜单下的 Speckle 按钮，如下图 2 所示：



会弹出下一对话框：



在上图 1 和 2 的位置输入共振峰作图数据的起点和末点，保持与 Spectrogram 对象作图的时间刻度一致。在上图 3 位置输入最大频率范围，这也要保持与 Spectrogram 对象的最大频率值一致。并请取消对话框中“Garnish”之前的复选框。设置结束后按上图 4 即可。结果如下：



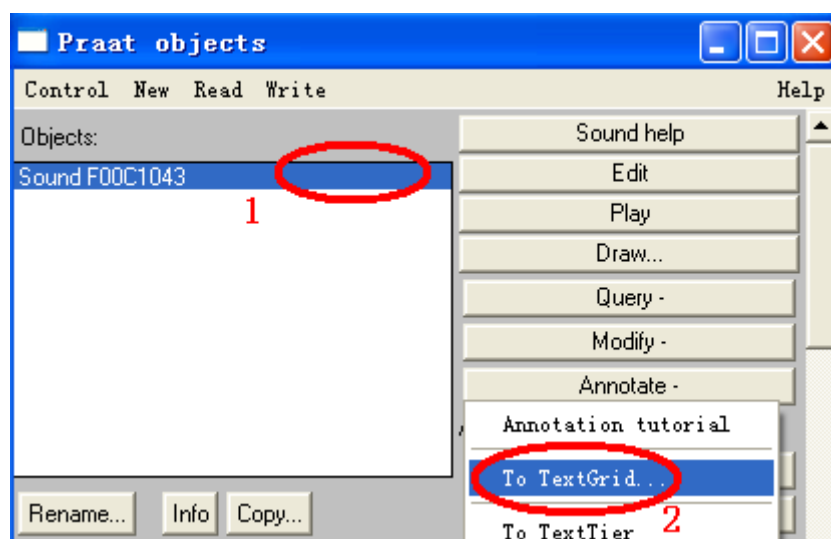
请您尝试给上图加上合适的纵横坐标明细刻度，以便于观察。

七 语音标注

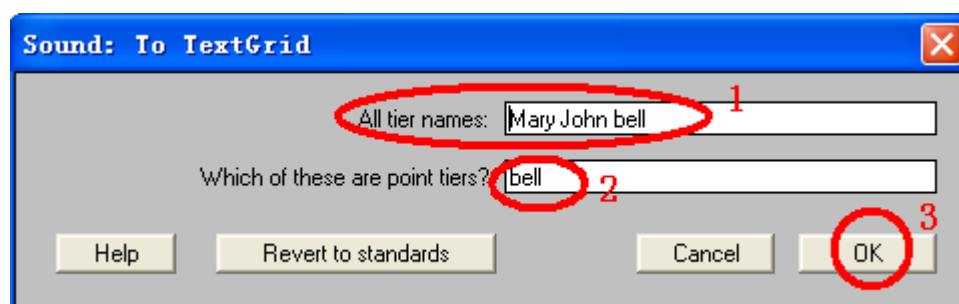
通过本节学习，帮助您了解 Praat 软件的语音标注功能，熟练使用 Praat 软件进行语音标注，掌握 To TextGrid, Extract Tier..., Extract Part..., [TextGrid] Draw..., [TextGrid] Query-, [TextGrid] Modify- 等按钮的操作，理解 TextTier 类型和 IntervalTier 类型的区别。

（一）新建语音标注对象

在对象列表窗口中选择一个或多个您要分析的声音文件，如下图 1 所示，被选择的对象名称表面呈蓝色；再点击右侧菜单中的 Annotate-下的 To TextGrid... 按钮，如下图 2 所示：



会自动弹出下面对话框：

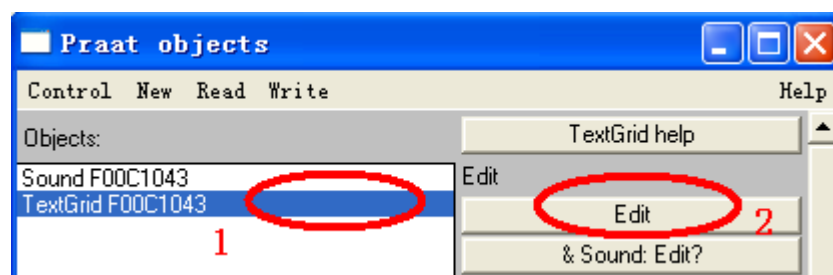


在上图 1 的位置输入待标注层的名称，如“PY” (标示拼音层)、“SY” (标示声韵层)、“BI” (标示语流中断指数层)、“ST” (标示音节重音级别层)等名称。如果其中某个或某些层级的类型属于“TextTier”，请在上图 2 的位置输入该层的名称。设置结束后，按上图 3 位置的“OK”按钮即可。

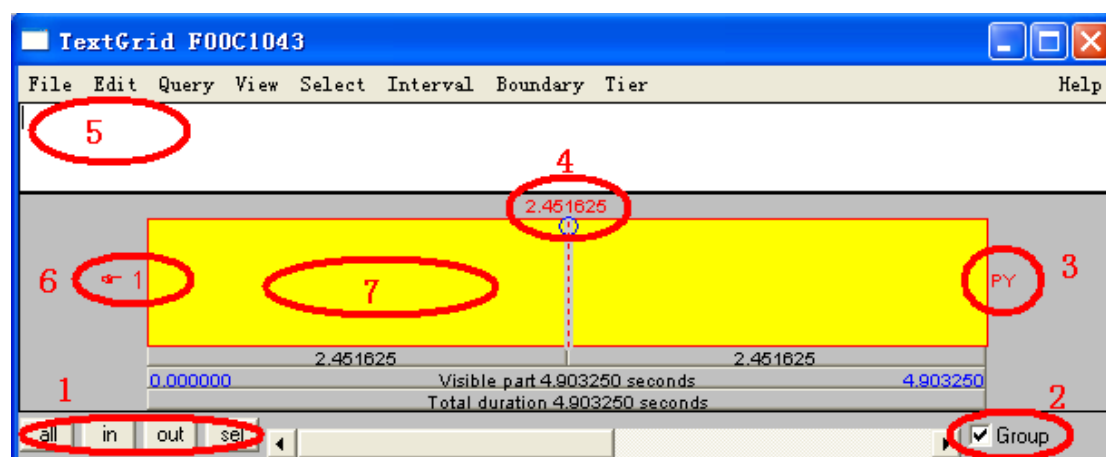
【说明，如果我们要标注拼音信息，请在上图 1 的位置输入“PY”，并将上

图的位置清空，然后按上图 3 位置的“OK”按钮即可。】

我们会在对象列表窗口发现一个新生成的对象，名称等同于声音文件，类型是“TextGrid”，如下图 1 所示：



为了进行标注，我们需要打开刚才生成的 TextGrid 对象，先在对象列表窗口中选择它，如上图 1 所示；再按右侧 2 位置的“Edit”按钮。出现下一编辑窗口：



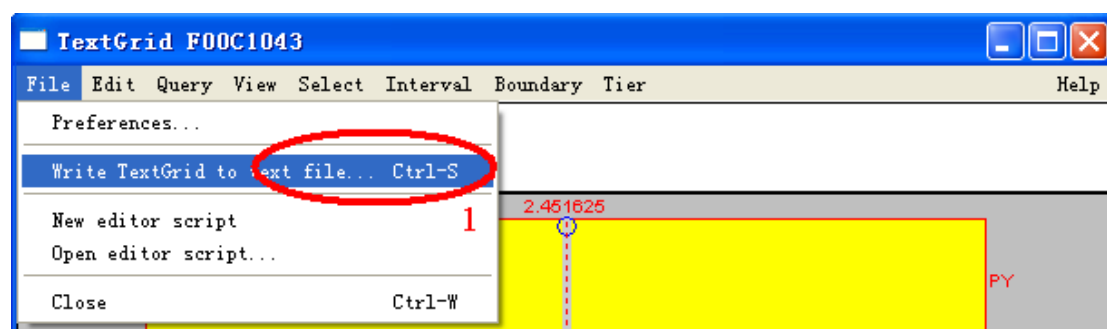
在上图 1 的位置按其中四个按钮以调节横向时间标度的显示比例，以便于观察和标注；在上图 2 的位置选定“Group”复选框，使这个标注窗口和声音窗口在时间上建立联系，发生同步变化；上图 3 的位置显示了这个标注层级的名称；上图 4 的位置显示的时间表示这个位置被选定，可以点击时间点下的小蓝圈的中间，以在此位置插入一个边界（Boundary）；上图 5 位置是标注内容的输入窗口，请在此输入您要标注的内容；上图 6 的位置是一个小手和这个层级的序号，表示这个层级是当前活动区域；上图 7 的位置标示当前选定区域，用黄色来突现，没有选定的区域都是白色的，这个黄色区域就是当前标注的空间。在上图 5 位置输入的内容就是当前选定区域 7 的内容。

（二）菜单功能介绍

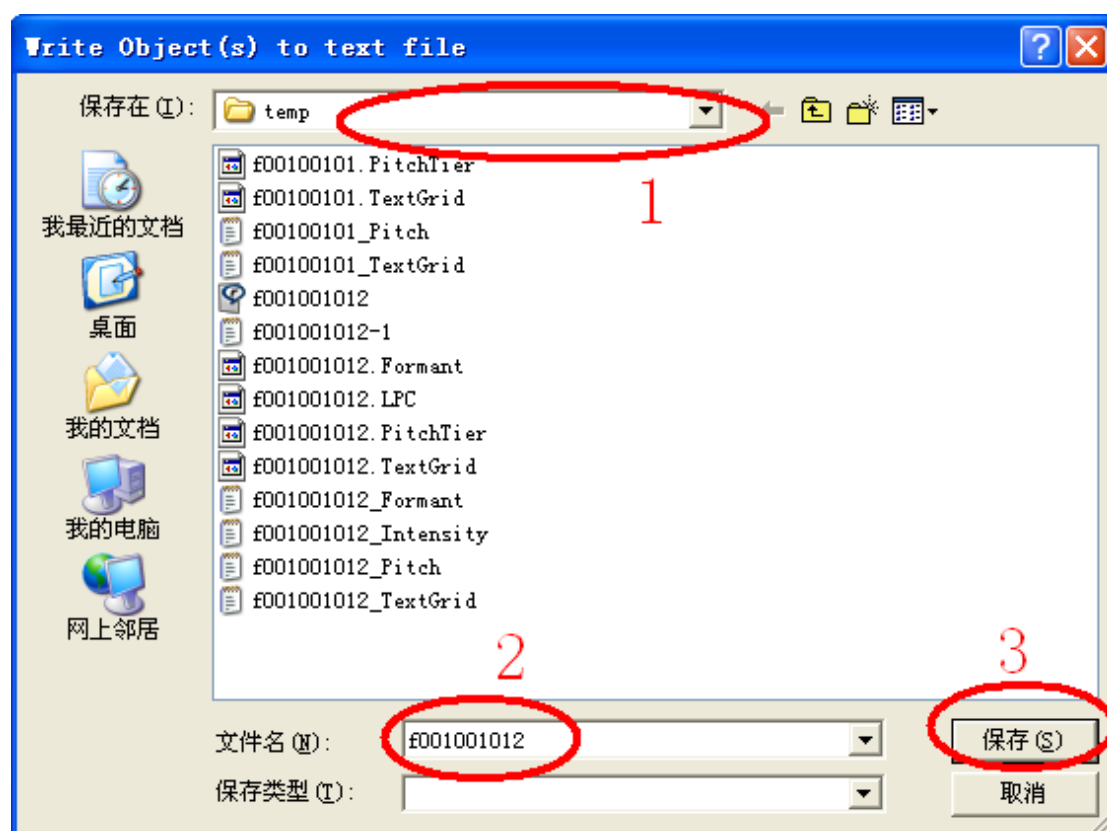
标注编辑窗口的几个常用菜单功能的介绍：

1、标注文件的保存

Praat 软件自身不会自动进行数据保存，为了避免您标注的内容丢失，请注意要经常保存您的标注对象，具体操作如下图所示：



上图 1 的菜单功能用于保存当前标注的文件内容。要保存标注文件时，请点击它，会弹出下面的对话框，在弹出的窗口中选择您要保存的位置和文件名；

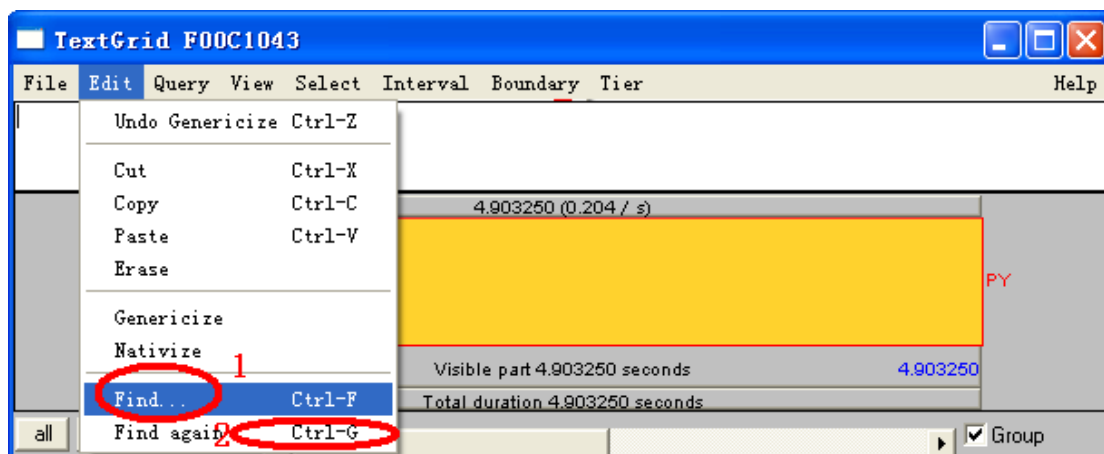


在上图 1 位置确定文件要保存到的文件夹位置；在上图 2 位置输入合适的文件名；设置好保存路径和文件名之后请点击上图 3 的“保存”按钮即可。

【说明，为了和声音文件之间建立关联，请将您标注的文件和所标注的声音文件取相同的名称，它们的文件名后缀不同可以区分，标注文件的后缀是“TextGrid”，声音文件的后缀是“wav”；同样的道理，基于声音文件分析出来的那些数据文件也都取同于声音文件的名称，PitchTier 对象保存的文件后缀是“PitchTier”，Pitch 对象保存的文件后缀是“Pitch”；IntensityTier 对象保存的文件后缀是“IntensityTier”，Intensity 对象保存的文件后缀是“Intensity”；FormantTier 对象保存的文件后缀是“FormantTier”，Formant 对象保存的文件后缀是“Formant”；等等。简言之，基于同一个声音对象分析出来的各种内容在保存时都应取等同于声音对象的名称，以便于查找和检索。】

2、在标注内容中检索或查找某个内容

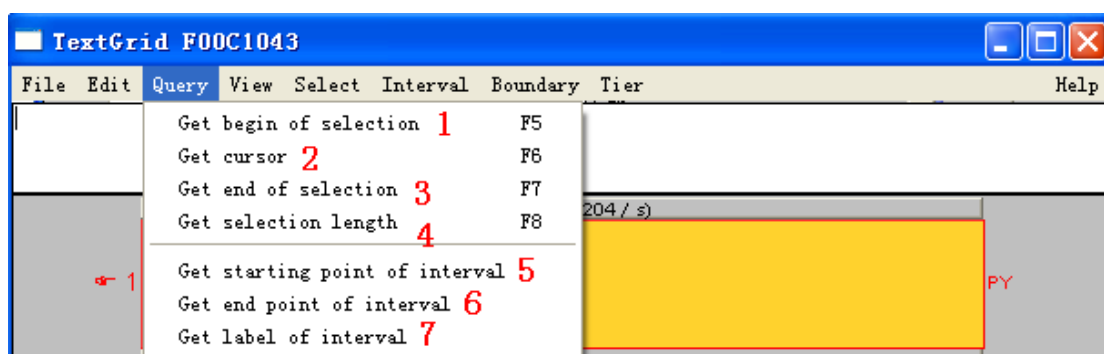
请按 Edit 菜单下的 Find...按钮，会弹出一对话框，请在其中输入您要查找的内容，然后按“OK”按钮提交运行即可。程序会在您选定的这个标注层级里查找您索要的内容，如果发现，它会定位到这个内容第一次出现的所在位置。



如果您希望再次查找您需要的内容，请按上图 2 位置的“Find again”按钮，程序会在上次定位的位置之后进行检索，如果再次发现要查找的内容，程序将定位到新发现的位置上。

3、获得数据

在 Query 菜单之下有 7 个子菜单，其功能都是在于帮助我们获取数据的。



上图 1 位置的菜单用来获得我们选定范围的起点时间（选定范围可以不等于一个 Interval）；

上图 3 位置的菜单用来获得我们选定范围的末点时间（选定范围可以不等于一个 Interval）；

上图 4 位置的菜单用来获得我们选定范围的起点长度（选定范围可以不等于一个 Interval）；

上图 2 位置的菜单用来获得游标的时间位置；

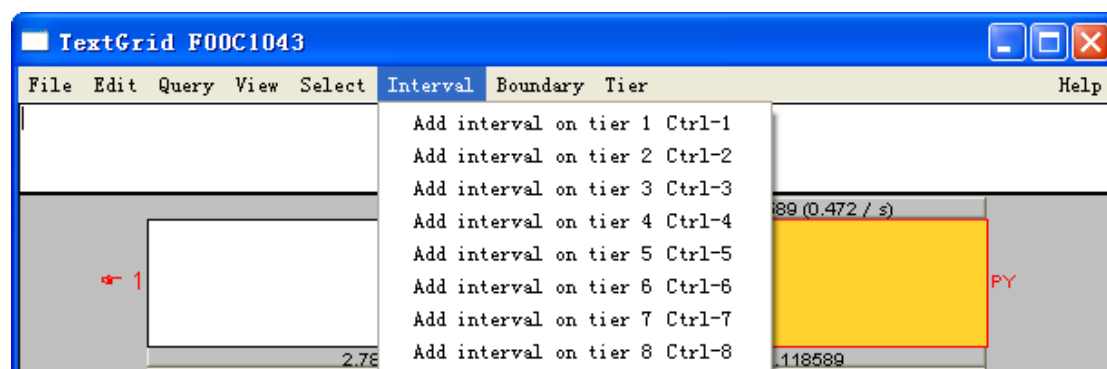
上图 5 位置的菜单用来获得所选定的标注区域（只用于 IntervalTier 类型）的起点时间（选定范围只能是一个 Interval）；

上图 6 位置的菜单用来获得所选定的标注区域（只用于 IntervalTier 类型）的末点时间（选定范围只能是一个 Interval）；

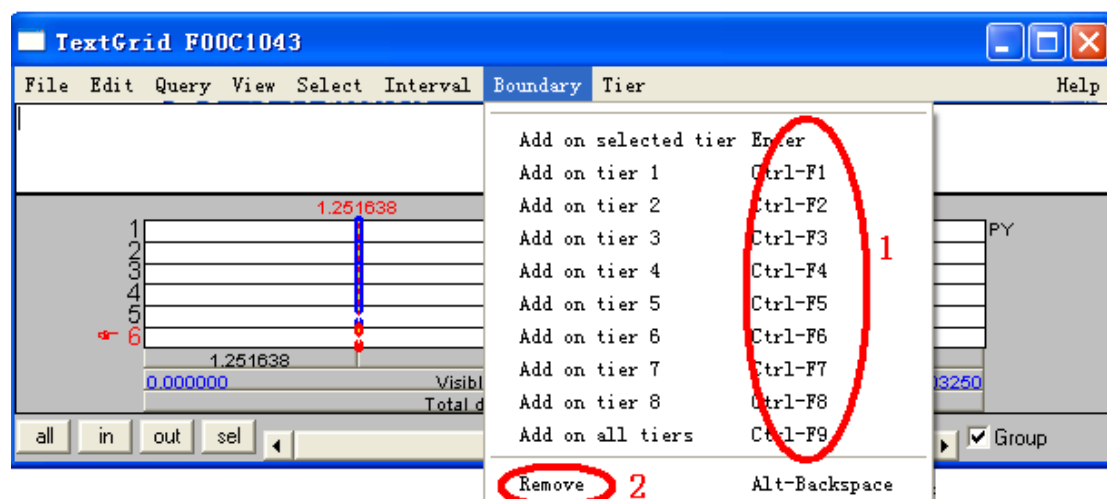
上图 7 位置的菜单用来获得所选定的标注区域（只用于 IntervalTier 类型）的标注文本（选定范围只能是一个 Interval）；

4、标注过程中可以使用的几个常用的快捷键

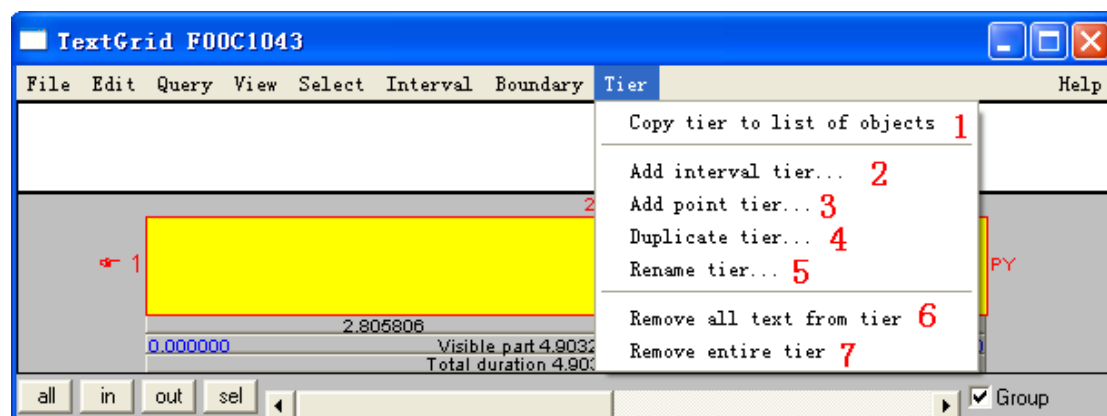
在 Interval 菜单之下有 8 个子菜单，提供了 8 个快速添加间隔的方式。使用的是组合键的方式，按住键盘上的“Ctrl”键不放，再按数字键上的“1”或“2”…或“8”，以分别在 1、2、……、8 等层级的某个选定的位置上添加一个间隔。上面的数字分别对应于标注层级的序号。这种办法能够保证各层级的相同时间位置上的间隔边界是对齐的。



在 Boundary 菜单之下有 11 个子菜单，前 10 个子菜单的功能也是用来快速添加边界的，如下图所示。这种办法也能够保证各层级的相同时间位置上的间隔边界是对齐的。第 11 个按钮“Remove”用来删除选定标注区域的左边界，如下图所示。这些按钮的功能，请您一一尝试，了解它们的用法，以便于在标注过程中灵活使用，提高标注效率。



5、增加、删除、复制一个标注层级



上图 1 位置按钮用来拷贝一个选定的标注层级，其结果是在对象列表窗口中生成一个新的对象，其类型是被拷贝层级的类型，如 IntervalTier 或 TextTier，名称等于被拷贝层级的名称；

上图 2 位置按钮用来增加一个新的、空白的标注层级，其类型是 IntervalTier，在弹出的对话框里输入新增层级的所处位置和名称，再按“OK”键即可；

上图 3 位置按钮用来增加一个新的、空白的标注层级，其类型是 TextTier，在弹出的对话框里输入新增层级的所处位置和名称，再按“OK”键即可；

上图 4 位置按钮用来复制一个已有的标注层级，首先选定要整体复制的标注层级（办法是：在欲选定的层级上点击某个区域即可），然后按上图 4 位置的按钮，会弹出一个对话框，请在其中输入新层级的所处位置和名称，再按“OK”键即可；

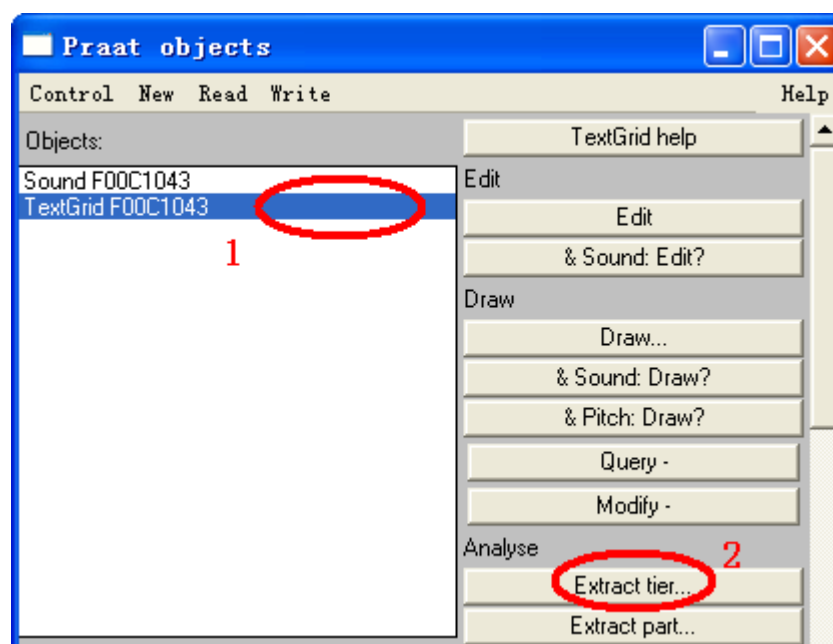
上图 5 位置的按钮是用来重新命名所选定的标注层级的，点击之后在弹出的窗口里输入新的名称，再按“OK”键即可；

上图 6 位置的按钮是用来删除所选定的标注层级内的全部标注内容；

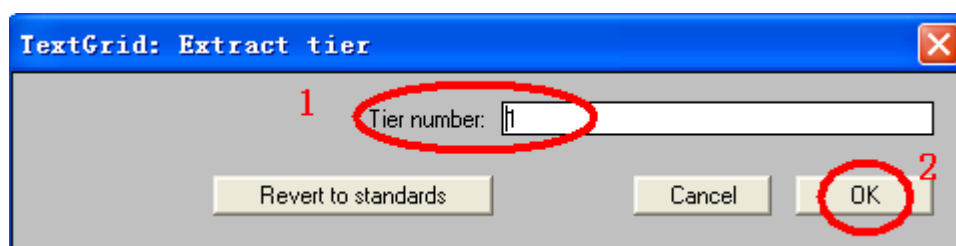
上图 7 位置的按钮是用来删除所选定的标注层级。

（三）提取标注对象中的某个层级数据

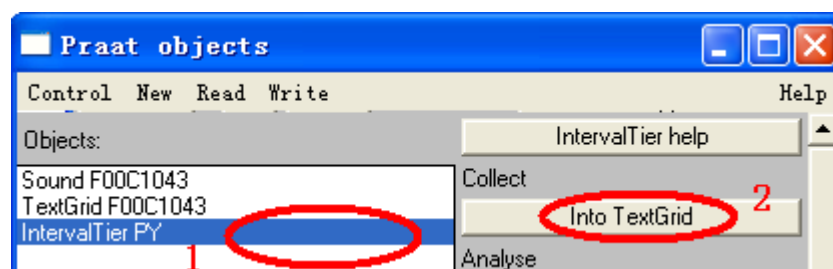
首先在对象列表窗口选定一个 TextGrid 对象，如下图 1 所示；再按右侧“Extract tier ...”按钮，如下图 2 所示。



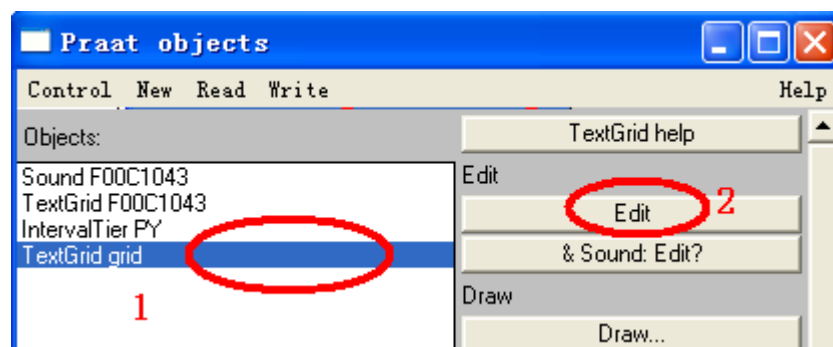
会弹出一个对话框，如下图所示：



在上图 1 的位置输入要提取层级的序号，然后按下图 2 位置的“OK”按钮即可，执行结束以后，在对象列表窗口出现一个新的对象，如下图 1 所示：

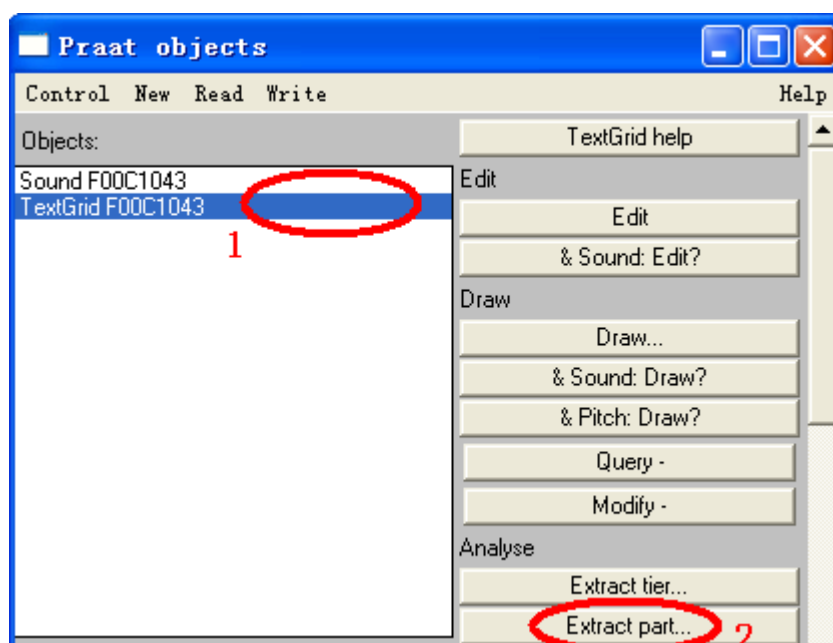


可以看出，新对象的类型等同于被提取层级的类型，其名称等同于被提取层级的名称，如上图 1 所示。为了察看新对象的内容，我们选定新对象，如上图 1 所示，再按右侧 2 位置的“Into TextGrid”按钮。操作结束后，在对象窗口可以看见一个新的对象，如下图 1 所示，其名称为“grid”，类型为“TextGrid”，要察看这个新对象的内容，请按下图右侧的 Edit 按钮进行编辑。

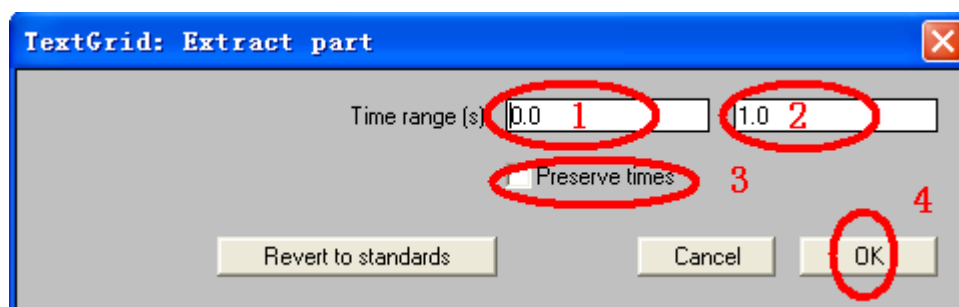


（四）提取标注对象中的某个片断的标注数据

首先在对象列表窗口选定一个 TextGrid 对象，如下图 1 所示；再按右侧“Extract part...”按钮，如下图 2 所示。

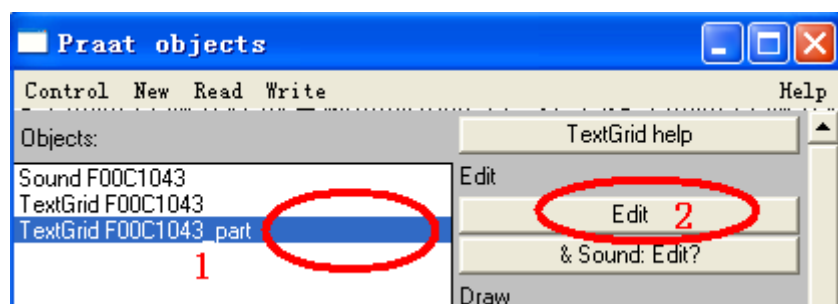


会弹出一个对话框，如下图所示：



在上图 1 的位置输入提取片断的时间起点，在上图 2 的位置输入提取片断的时间终点；如果选取了上图 3 前的复选框，则提取出来的片断起点时间就不等于

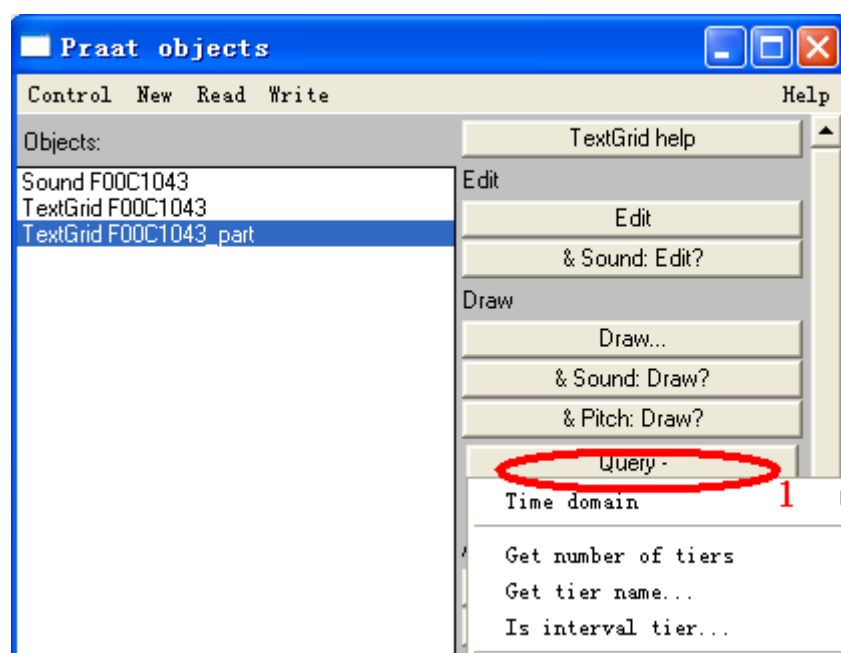
0，而等于它在原始文件中的起点位置，否则提取出来的片断起点时间就会被默认设置为 0 秒；设置参数之后，按上图 4 的“OK”按钮提交运行。执行结束以后，在对象列表窗口出现一个新的对象，如下图 1 所示：



可以看出，新对象的类型是“TextGrid”的，如上图 1 所示。为了察看新对象的内容，我们选定新对象，如上图 1 所示，再按右侧 2 位置的“Edit”按钮即可进行察看和编辑。

（五）获取 TextGrid 对象的数据

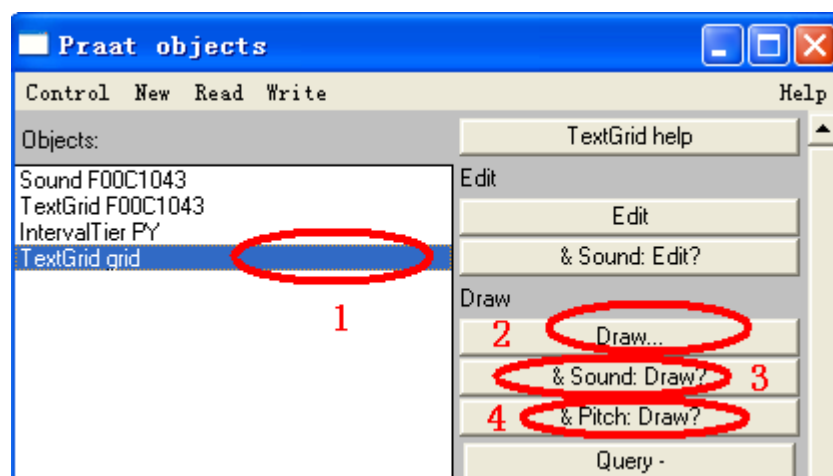
要查询一个 TextGrid 对象的数据，请您尝试用下图 1 位置的 Query-菜单之下的那些按钮进行操作，以考察各个按钮的功能。



（六）标注文件作图

作图之前，请选择用以作图的标注层级，用“Extract Tier ...”按钮将这个作图层级从原始的标注文件中提取出来（如果原始标注文件就只有一层，则不需要执行“Extract Tier ...”操作）；再用“Into TextGrid”按钮将刚才提取出来的

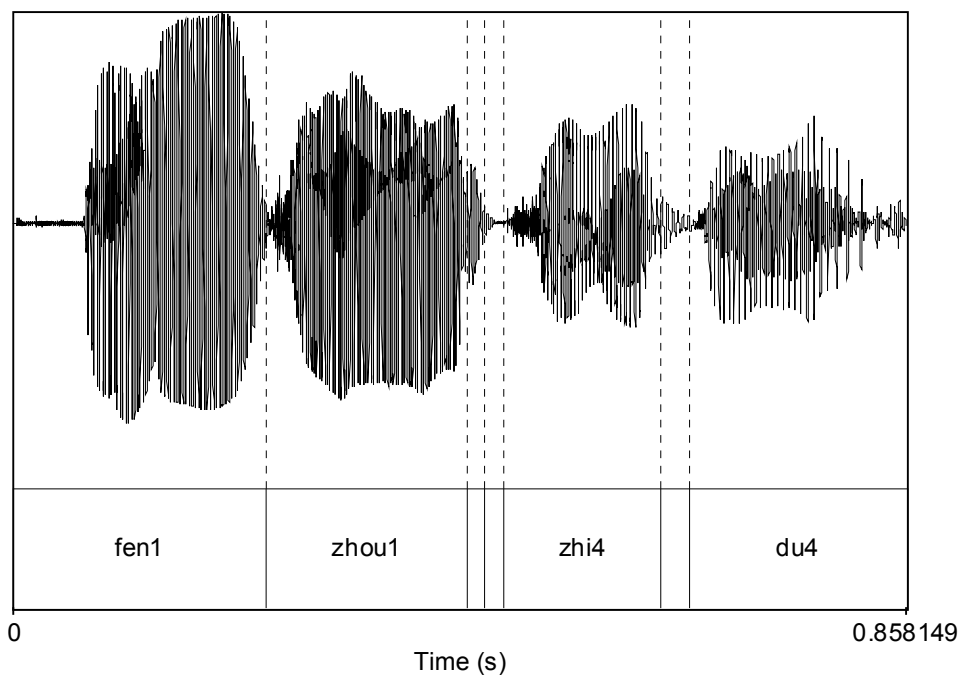
层级还原成一个 TextGrid; 然后选定这个新生成的 TextGrid 对象, 如下图 1 所示; 再点击右侧 2 位置的“Draw...”按钮, 如下图 2 所示。然后程序会自动弹出一个对话框, 请在对话框中输入起讫时间范围, 然后按“OK”即可。

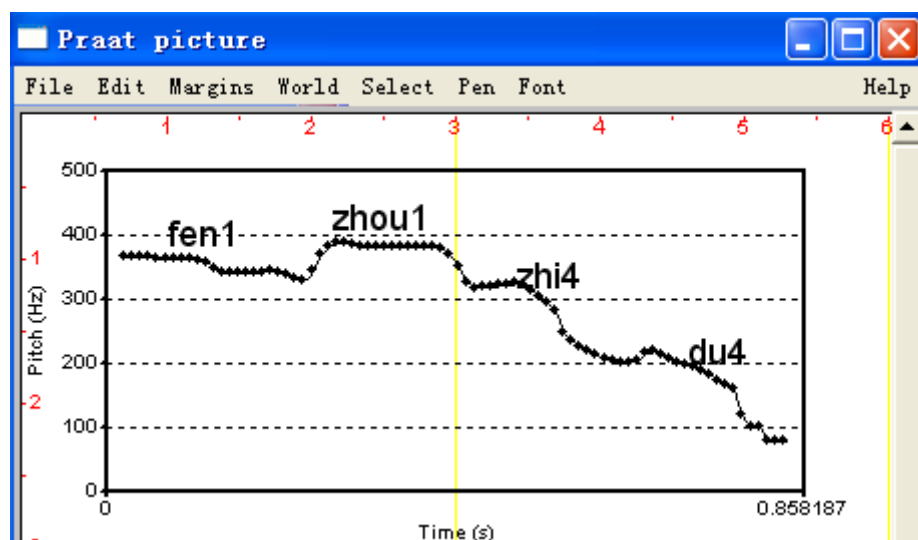


您还可以同时选择一个声音对象(Sound)和 TextGrid 对象进行作图, 操作时请使用上图 3 位置的按钮。

您还可以同时选择一个音高对象(Pitch)和 TextGrid 对象进行作图, 操作时请使用上图 4 位置的按钮。

请您自己尝试一下这几个按钮的作图功能, 以做出漂亮的图形出来, 如下面两图所示:





（七）提取标注文件的数据

标注文件可能包括多种层级，各层级数据之间在时间维度上存在着一定的关联。比如说，做自然话语的语音标注时通常要标注出音节、声韵母、重音层级和间断指数等信息，如果以音节为核心，可以提取出音节的声韵母、重音层级和首尾间断指数等信息，这为考察声学特征的语音学功能提供了数据。

如果您需要提取音节的名称、时长及其声韵母的名称和时长信息，您可以使用附录中的脚本程序（七）“提取标注对象中的数据”，将音节和声韵母的数据提取出来。执行这个脚本之前，您需要标注出音节和声韵母的数据，并将标注好的 TextGrid 对象存放在 C 盘 Temp 文件夹之下，运行时，程序会到这个文件夹下搜索出所有的 TextGrid 文件，然后对它们都进行提取，提出出来的数据保存在文本文件中，可以将这些数据导入到 Excel 表格中进行观察和分析。

(八) 在语音标注文件中输入国际音标

Phonetic symbols: consonants

To draw phonetic symbols for consonants in the **Picture window** or in the **TextGridEditor**, make sure that you have installed the SIL Doulos IPA 1989 font, e.g. from www.praat.org. You can then use the backslash sequences in the following table.

| | bilabial | labiodental | dental | alveolar | alv. lateral | postalveolar | retroflex | alveolo-palatal | palatal | velar | uvular | pharyngeal | glottal |
|---------------------|----------|-------------|--------|----------|--------------|--------------|-----------|-----------------|---------|--------|--------|------------|---------|
| voiceless plosive | p p | | | t t | tʰ tʰ | | ʈ ʈ | c c | | k k | q q | ʕ ʕ | ʔ ʔ |
| voiced plosive | b b | | | d d | dʰ dʰ | | ɖ ɖ | ɟ ɟ | | g ɡ | ʁ ʁ | | |
| nasal | m m | ɱ ɱ | | n n | | | ɳ ɳ | ɲ ɲ | | ŋ ŋ | ɴ ɴ | | |
| voiceless fricative | ɸ ɸ | f f | θ θ | s s | ʃ ʃ | ʂ ʂ | ʃ̣ ʃ̣ | ç ç | | x x | χ χ | ħ ħ | h h |
| voiced fricative | β β | v v | ð ð | z z | ʒ ʒ | ʐ ʐ | ʐ̣ ʐ̣ | ʝ ʝ | | ɣ ɣ | ʁ ʁ | ʕ ʕ | ʔ ʔ |
| approximant | | ʋ ʋ | | ɹ ɹ | l l | | ɻ ɻ | j j | ɰ ɰ | w w | ʍ ʍ | | |
| trill | ʙ ʙ | | | r r | | | | | | | | ʀ ʀ | |
| tap or flap | | | | ɾ ɾ | ɽ ɽ | | ɽ̣ ɽ̣ | | | | | | |
| lateral approx. | | | | ɭ ɭ | ɮ ɮ | | ɮ̣ ɮ̣ | ʎ ʎ | | | | ʟ ʟ | |
| implosive | ɓ ɓ | | | ɗ ɗ | | | ɗ̣ ɗ̣ | ɟ̣ ɟ̣ | | ɠ ɠ | ʄ ʄ | | |
| click | ǀ ǀ | | | ǃ ǃ | ǂ ǂ | ǁ ǁ | ǁ̣ ǁ̣ | | | | | | |

Other consonant symbols:

ʔ ʔ- (*l* with *tilde*): velarized *l*

ɰ ɰj (*heng* with *hooktop*): the Swedish rounded post-alveolar & velar fricative

How to remember the codes

For most of the codes, the first letter tells you the most similar letter of the English alphabet. The second letter can be *t* (*turned*), *c* (*capital or curled*), *s* (*script*), *-* (*barred*), *l* (*with leg*), *i* (*inverted*), or *j* (*left tail*). Some phonetic symbols are similar to Greek letters but have special phonetic (*f*) versions with serifs (ɸ, β, γ) or are otherwise slightly different (θ). The codes for ɱ (*engma*), ʃ̣ (*eth*), ʃ̣̣ (*esh*), and ʒ̣ (*yogh*) are traditional alternative spellings. The retroflexes have a period in the second place, because an alternative traditional spelling is to write a dot under them. The code for *r* is an abbreviation for *fishhook*.

Phonetic symbols: vowels

To draw phonetic symbols for vowels in the [Picture window](#) or in the [TextGridEditor](#), make sure that you have installed the SIL Doulos IPA 1989 font, e.g. from www.praat.org. You can then use the backslash sequences in the following table.

| | <i>Front</i> | | <i>Central</i> | | <i>Back</i> | |
|--------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>close</i> | i i | y y | ɨ ɨ | ɯ ɯ | ɯ ɯ | u u |
| <i>close centralized</i> | ɪ ɪ | ʏ ʏ | | | | ʊ ʊ |
| <i>close-mid</i> | e e | ø ø | | ə ə | ɤ ɤ | o o |
| | | | ɘ ɘ | | | |
| <i>open-mid</i> | ɛ ɛ | œ œ | ɜ ɜ | | ʌ ʌ | ɔ ɔ |
| | æ æ | | ɐ ɐ | | | |
| <i>open</i> | a a | ɶ ɶ | | | ɑ ɑ | ɒ ɒ |

Other vowel symbols are:

- ɾ \sr (*schwa with right hook*): rhotacized schwa
- ɛ \ef (*phonetic epsilon*, not recommended)

How to remember the codes

For most of the codes, the first letter tells you the most similar letter of the English alphabet. The second letter can be *t* (*turned*), *c* (*capital*), *s* (*script*), *r* (*reversed*), - (*barred*), or / (*slashed*). One symbol (ɛ) is a Greek letter. The codes for ə, ɾ, and ɒ are abbreviations for *schwa*, *ram's horn*, and *horseshoe*.

Phonetic symbols: diacritics

To draw phonetic diacritical symbols in the **Picture window** or in the **TextGridEditor**, make sure that you have installed the SIL Doulos IPA 1989 font, e.g. from www.praat.org. You can then use the backslash sequences in the following list.

In line:

: \f the phonetic length sign
 | \f the phonetic stroke
 t' t'cn (*corner*): unreleased plosive

Understrikes:

ɳ n\|v (*strokeunder*): syllabic consonant
 ɸ b\0v (*ringunder*): voiceless (e.g. lenis voiceless plosive, voiceless nasal or approximant)
 ɔ o\Tv (*lowering*): lowered vowel; or turns a fricative into an approximant
 ɔ o\T^ (*raising*): raised vowel; or turns an approximant into a fricative
 ɛ e\~v (*minusunder*): backed
 ɔ o\+v (*plusunder*): fronted
 ɔ o\˘v (*diacresisunder*): breathy voice
 ɔ o\˙v (*tildeunder*): creaky voice
 ɟ t\Nv (*bridgeunder*): dental (as opposed to alveolar)
 ɛ e\3v (*halftringright*): slightly rounded
 ɥ u\cv (*halftringleft*): slightly unrounded

Overstrikes:

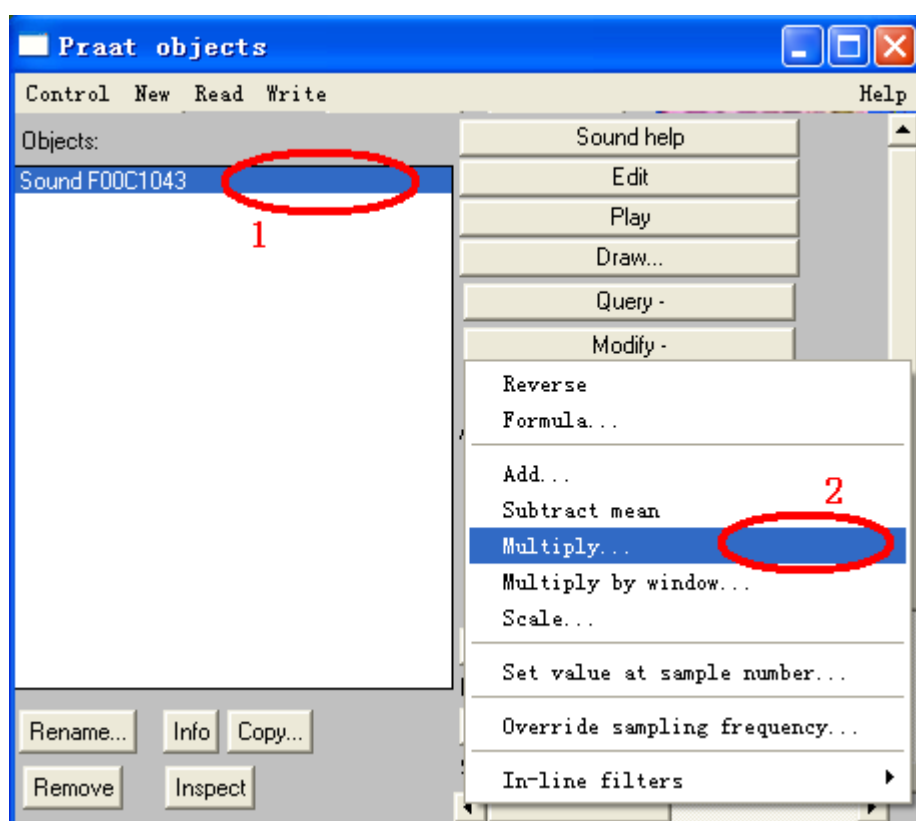
ɸ \gf0^ (*ringover*): voiceless
 ɛ \ep\^ (*acuteover*): high tone
 ɛ \ep\^ (*graveover*): low tone
 ɛ \ep\~^ (*tildeover*): nasalized
 ɛ \eptw^ (*caronover*, *háček*, *wedge*): rising tone
 ɛ \ep\^^ (*circumover*): falling tone
 ɔ o\.^ (*diacresisover*): centralized
 kp ts k\lip (*ligature*): simultaneous articulation, or single segment

八 语音参数调整与合成

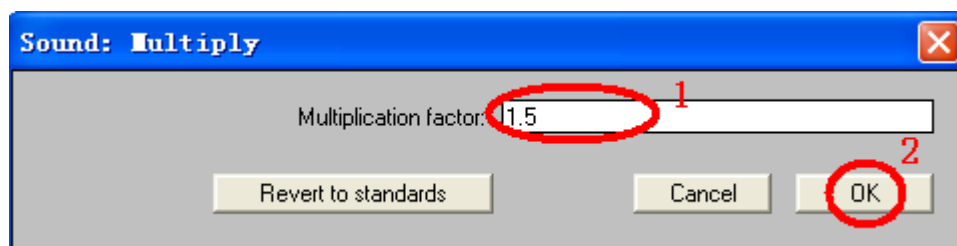
通过本节的学习，帮助您了解 Praat 程序的语音参数调整功能，并掌握进行各项调节操作，合成出不同的声音来，如改变声音的音强、音高和音长等特征，并帮助您了解声源-滤波器模型的合成功能，知道如何去改变音段的共振峰特性，以合成出不同的音段来，从而认识语音声学特征的感知效果及其语言学功能。熟练操作 Modify-, To Manipulate-以及声源-滤波器模型的合成功能。

（一）调整强度

成倍数放大或缩小声压。首先在对象列表窗口选定一个声音对象，如下图 1 所示；然后按右侧 Modify-按钮下的 Multiply…菜单，如下图 2 所示。



会自动弹出一个对话框，如下图所示：

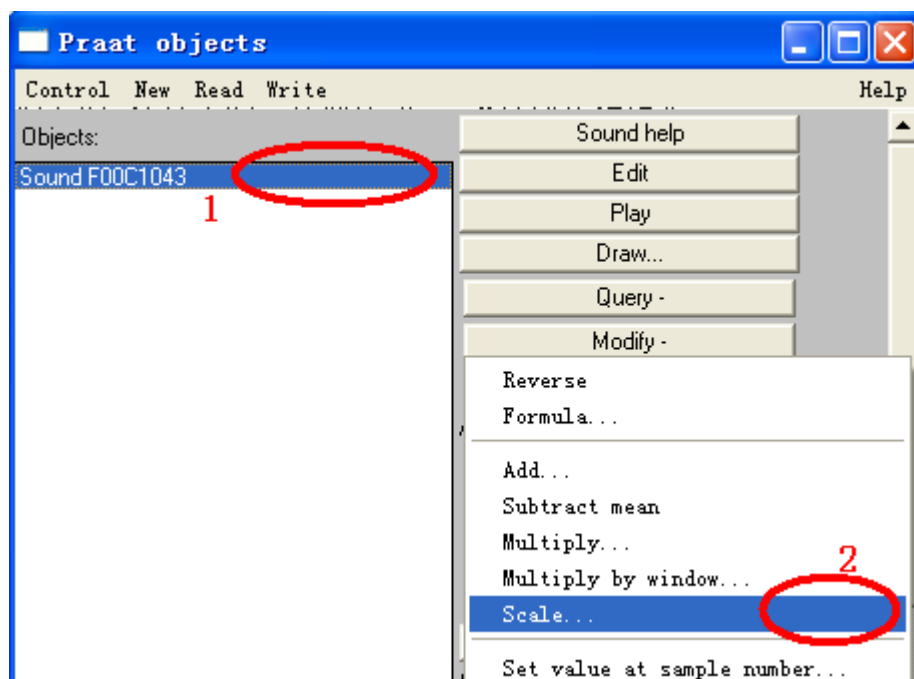


在上图 1 位置输入放大的倍数，如果其值大于 1 则放大，如果其值小于 1 则

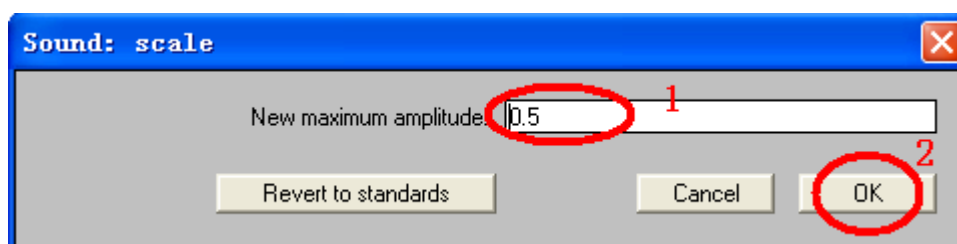
缩小。设置好之后请按上图 2 位置的“OK”按钮执行操作。

请注意，如果放大之后的声压值大于 1，则声音文件的部分数据不能被正确保存，这是由于产生了过载削波现象。

因此为了避免因放大过量而产生过载削波现象，可以使用下图右侧 2 位置的按钮对原始波形文件的声压数据进行规整：



会自动弹出下一对话框：



您可以在上图 1 的位置设定振幅的最大值，一般可以最大放至 ± 1 的范围(理论上当然可以是任意值)，起到最大限度的增大音强而又不产生过载现象的作用。

(二) 声音的剪切、复制、粘贴和清零

编辑一个声音对象，取消任何分析操作，然后选定一段声音，点击声音编辑器的 Edit 菜单，出现如下图所示的下拉菜单：

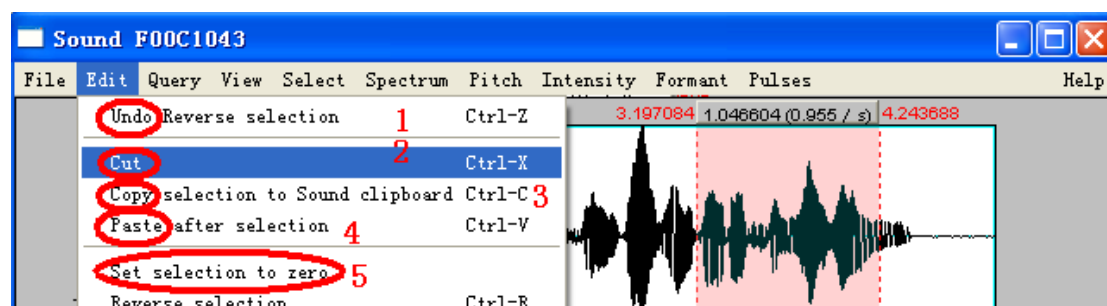
下图 1 位置 Undo 菜单功能在于撤销前一步的操作；

下图 2 位置 Cut 菜单功能在于剪切掉您所选择的的声音片断，而且整个声音的时长将变短；

下图 3 位置 Copy 菜单功能在于复制您所选定的声音片断至剪贴板之中；

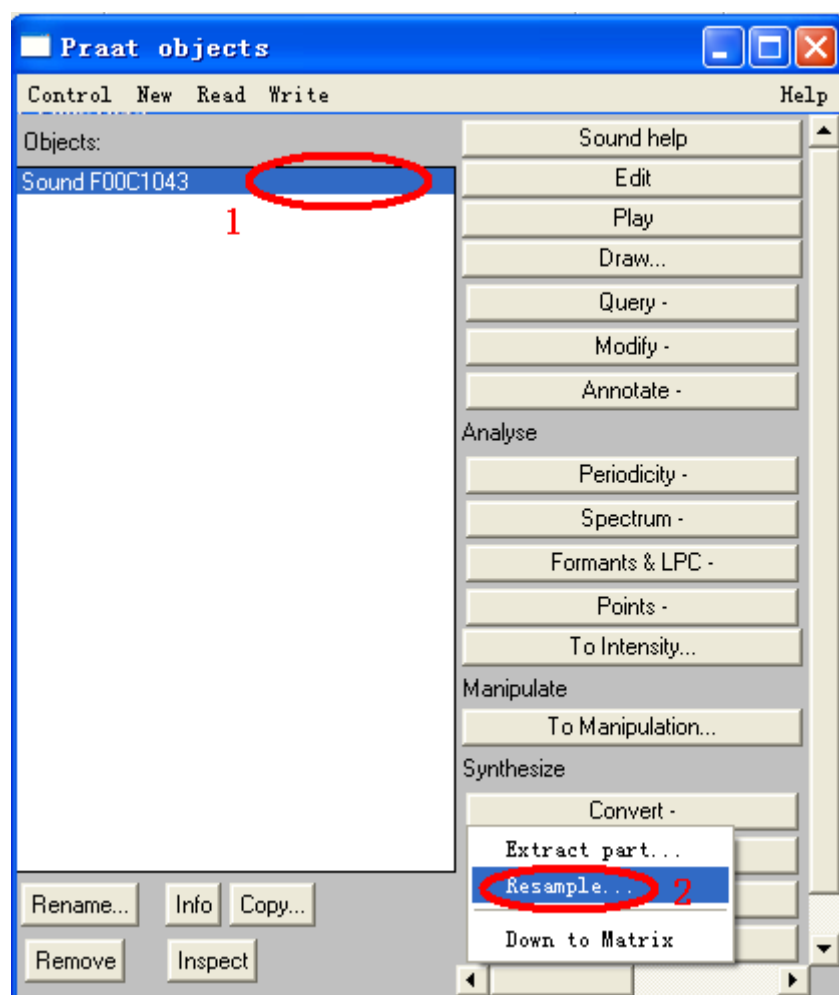
下图 4 位置 Paste 菜单功能在于将剪贴板里的声音数据粘贴到游标位置之后；

下图 5 位置 Set selection to zero 菜单功能在于将您所选定的声音信号片断都清空成零，变成静音段，这个操作不影响原始声音的长度。

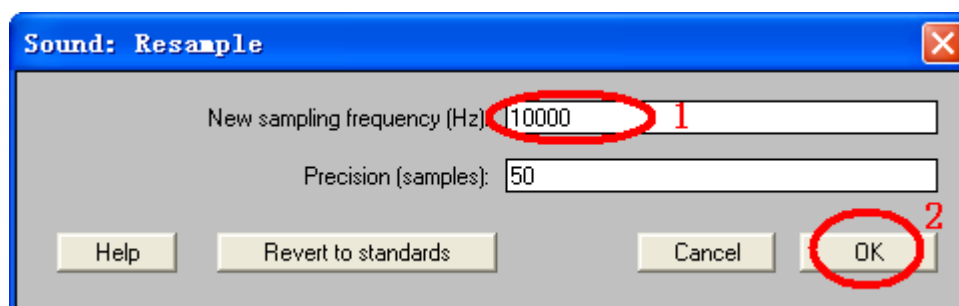


（三）声音信号的重新采样

先在对象列表窗口选择一个声音对象，如下图 1 所示；然后点击右侧 Convert-按钮之下的 Resample...菜单，如下图 2 所示：



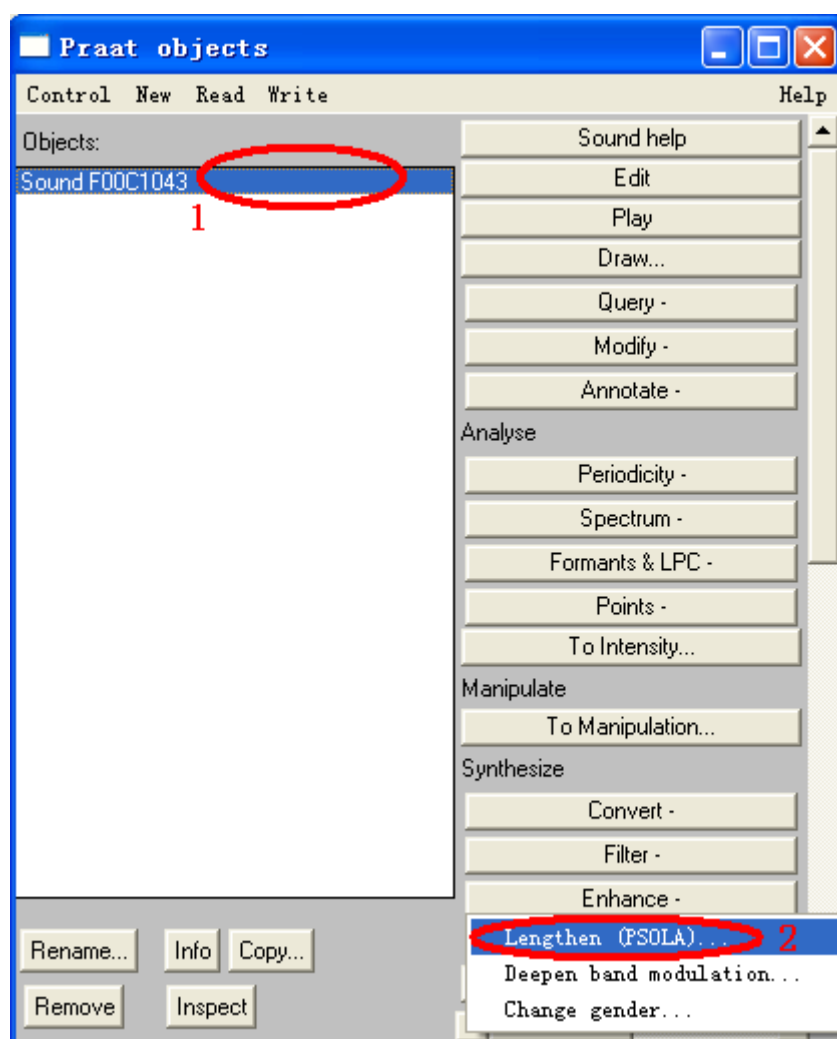
会自动弹出一个对话框，如下图所示：



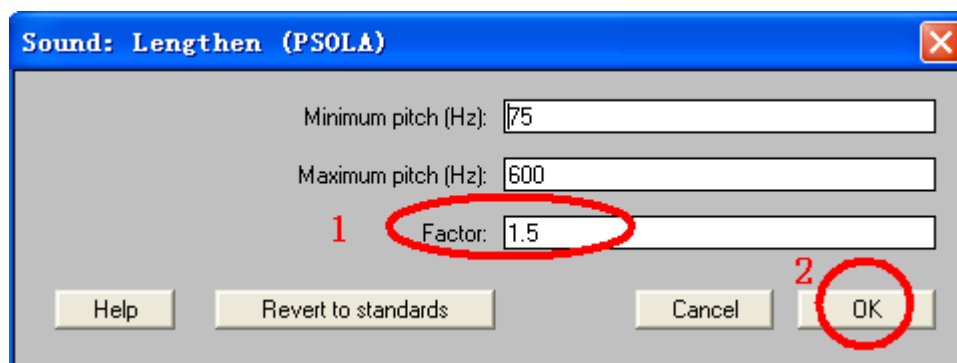
在上图 1 的位置输入重新采样的采样率，然后按上图 2 “OK”。重新采样之后，会生成一个新的声音对象，其名称等于原始声音对象的名称加上“_”，再加上重新采样的采样率。重新采样之后的声音对象会与原始声音对象有所不同。

（四）声音信号的拉长和缩短，以调整语速

先选择一个声音对象，如下图 1 所示；然后点击右侧 Enhance-按钮之下的 Lengthen (PSOLA)…菜单，如下图 2 所示：



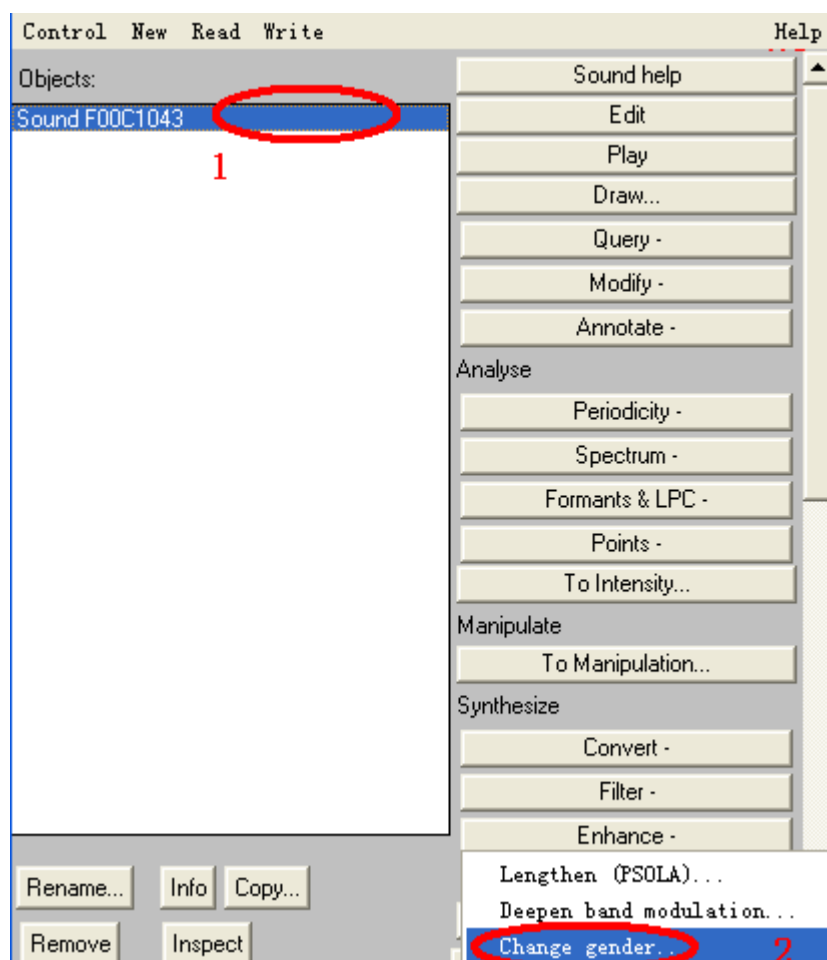
会自动弹出一个对话框，如下图所示：



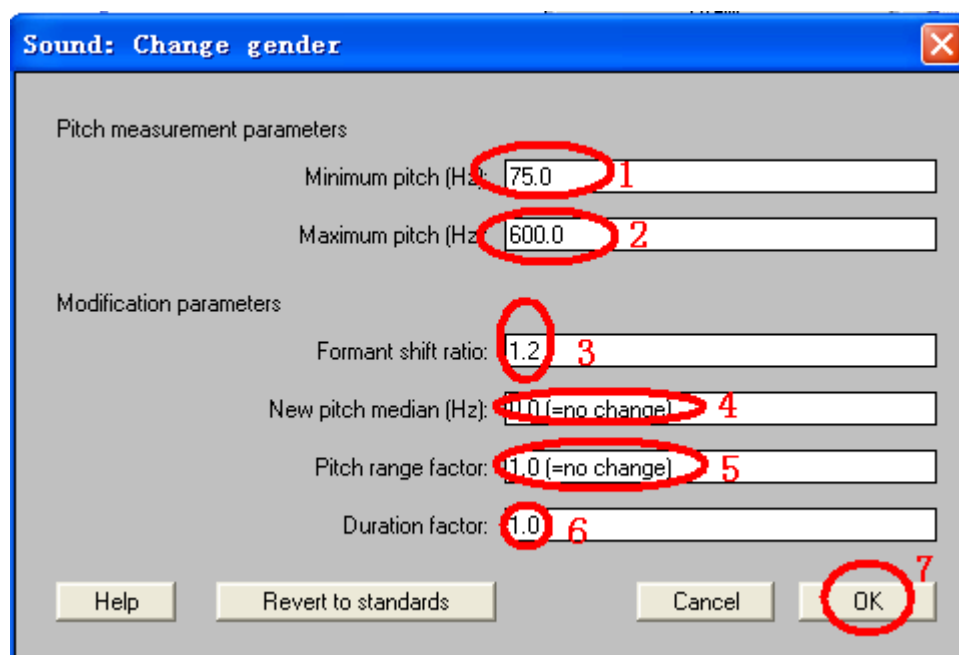
通常不必修改上表中的最大音高值和最小音高值，只用修改上图 1 位置的缩放比例即可，如上图的 1.5 表明时长延长到 1.5 倍，时长增长，则语速放慢。设置好延长倍数之后，按上图 2 “OK” 即可。新生成的声音对象会出现在对象列表窗口之中。注意，这种改变时长的方法不分声韵母，都是按同样倍数进行缩放。

（五）调整语声的性别特性

可以通过修改一定的参数，将声音的性别特征进行调整。首先选择一个声音对象，如下图 1 所示；再按右侧的 Enhance-按钮之下的 Change gender ... 菜单，如下图 2 所示：



会弹出一个对话框，如下图所示：



各参数的作用解释如下：

参数 1 和 2 用来决定音高数据的提取，其设置可以参考基频数据提取章节的

内容来设定，一般可以保持不变，或将音高上限调整到合适的位置；

参数 3 是个重要的决定因素，将一个男声改变为一个女声时，一般将参数 3 设置为 1.2 或略微更大的值；将一个女声改变为一个男声时，一般将参数 3 设置为 1/1.2 或略微更小的值；

参数 4 用来设定新的声音对象的平均音高位置，这是与原始声音对象的平均音高位置相比较而言的，默认值通常为 0.0，即保持新的声音对象和原始的声音对象具有相同的平均音高位置。

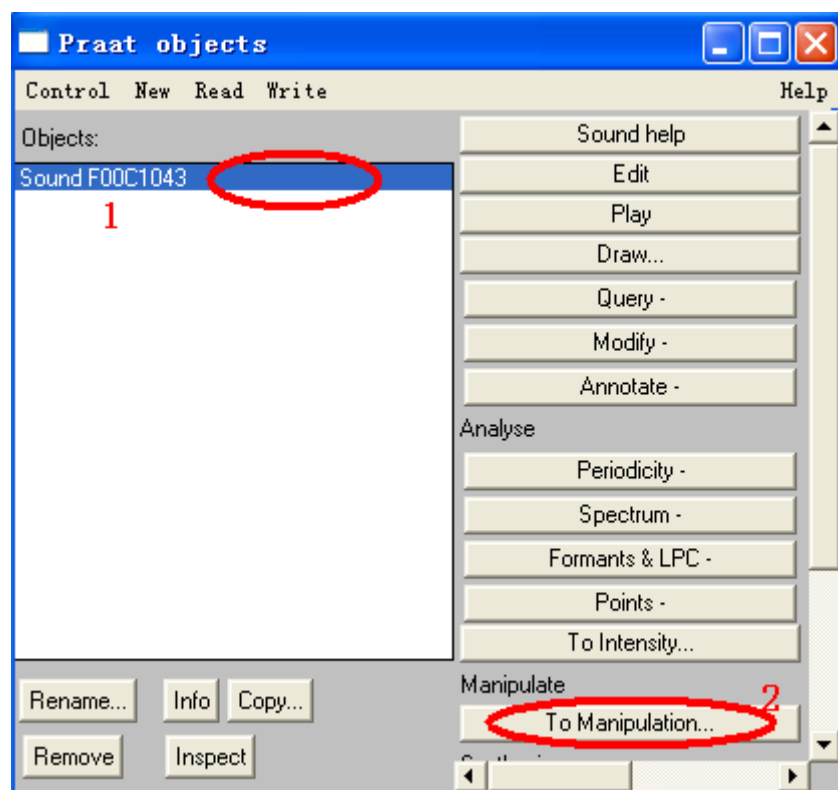
参数 5 用来设定新的声音对象的音域范围，这是与原始声音对象的音域范围相比较而言的，默认值通常为 1.0，即保持新的声音对象和原始的声音对象具有相同的音域范围。

参数 6 用来设定新的声音对象的语速快慢，这是与原始声音对象的语速相比较而言的，默认值通常为 1.0，即保持新的声音对象和原始的声音对象具有相同的语速。

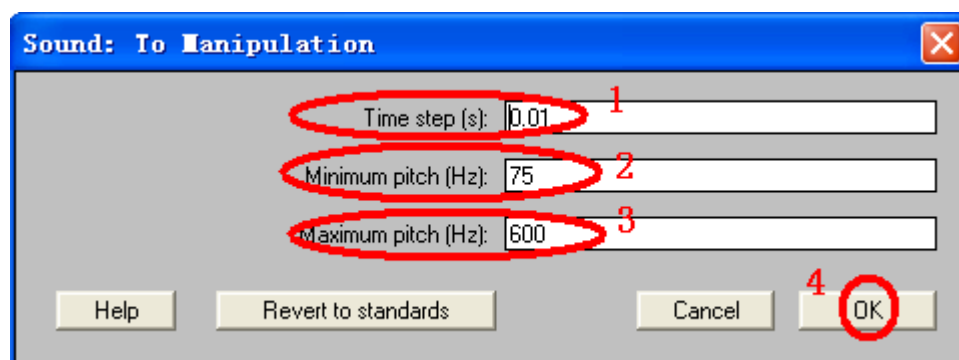
设置好这些参数之后，按上图 7 位置的“OK”按钮提交运行即可。生成的新的声音文件出现在对象列表窗口里，请察看并播放以考察修改效果。如果修改效果还不够理想，我们还可以修改该声音对象的超音段特性以达到更好的效果。

（六）调整声音文件的超音段特征

可以通过修改一定的参数，将声音的超音段特征进行调整。首先选择一个声音对象，如下图 1 所示；再按右侧的 To Manipulation…菜单，如下图 2 所示：

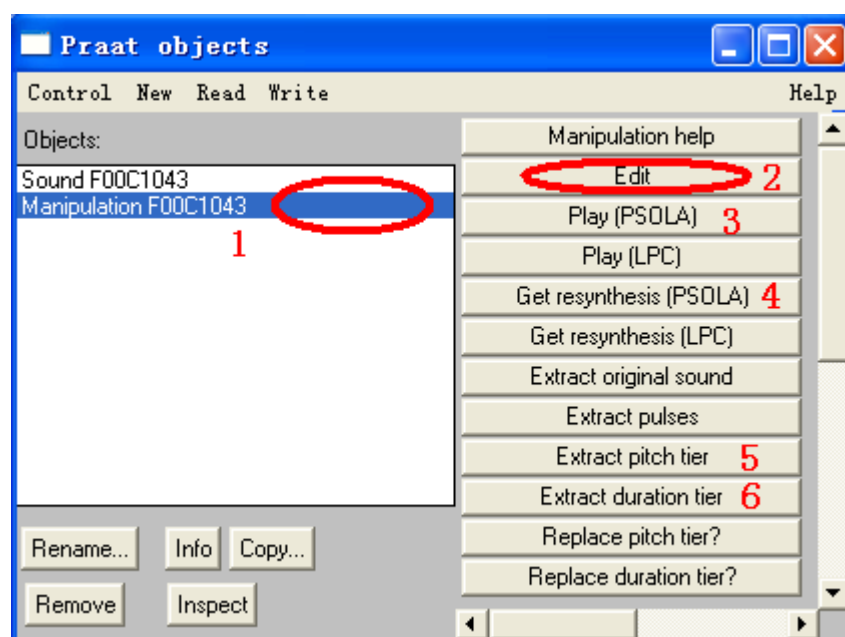


会自动弹出一个对话框，如下图所示：



参数 1 用来设定音高分析的步长，一般可以保持不改；参数 2 和 3 用来决定音高数据的提取，其设置可以参考基频数据提取章节的内容来设定，一般可以保持不变，或将音高上限调整到合适的位置；

参数设置好之后，请按上图 4 “OK” 按钮提交执行。执行结束以后，在对象列表窗口，我们可以发现一个新的对象，其名称等同于所选定的声音对象，类型是 “Manipulation”，如下图 1 所示：



选定上图 1 的 Manipulation 对象，可以看到右侧的一系列按钮，下面简要介绍其功能：

点击上图 2 位置 Edit 按钮，用来编辑 Manipulation 对象；

点击上图 3 位置 Play (PSOLA)按钮，可以播放 PSOLA 合成器合成的声音；PSOLA 的全称是 Pitch-synchronous Overlap and Add，它是一种用来调节声音信号的音高和时长特征的语音合成技术；

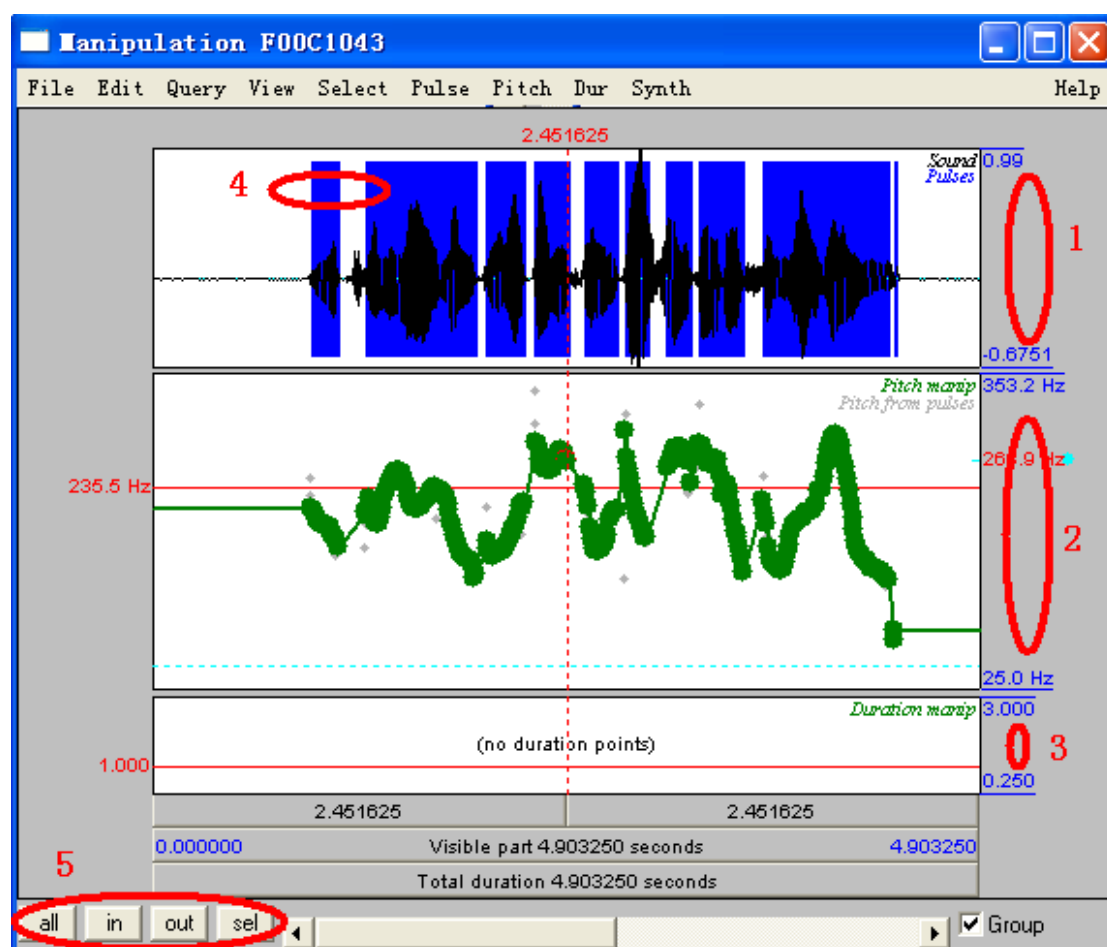
点击上图 4 位置 Get resynthesis (PSOLA)按钮，可以得到由 PSOLA 合成器合

成出来的声音；

点击上图 5 位置 Extract pitch tier 按钮，可以得到 Manipulation 对象中的音高层数据；

点击上图 6 位置 Extract duration tier 按钮，可以得到 Manipulation 对象中的时长层数据。

下面我们来编辑并调整一个 Manipulation 对象内的数据，以达到调整声音特征的目的，请点击上图 2 位置的 Edit 按钮，出现下一编辑窗口：



可以点击上图左下角 5 位置的四个小按钮，调整横轴显示比例，以便于观察和修改数据。上图 1 位置是波形图的纵坐标，一般在 ± 1 之间；上图 2 位置是音高图的纵坐标，一般在 0-600 赫兹之间；上图 3 位置是时长图的纵坐标，一般在 0.25-3 之间；上图 4 位置显示的蓝色竖线，表示声门脉冲周期。

我们对超音段特征的修改主要是针对音高进行的，有时也会修改其时长特性，因此这里主要讲解音高和时长的调整方法问题。

1、音高数据调整

如下图所示，在音高调整的 Pitch 菜单之下有 13 个下拉菜单，下面简要介绍

各自的功能：

用下图 1 位置的菜单可以在横向游标和竖向游标的交叉位置上（用鼠标单击音高部分的某个位置即可确定一个交叉位置）添加一个音高点；

用下图 2 位置的菜单可以在竖向游标所表明的时间点上（用鼠标单击音高部分的某个位置即可确定一个时间点）添加一个音高点，其音高值是根据线性插值的办法计算出来的，不是由鼠标的纵向位置来确定；

用下图 2 位置的菜单可以在竖向游标所表明的时间点上（用鼠标单击音高部分的某个位置即可确定一个时间点）添加一个音高点，其音高值是根据线性插值的办法计算出来的，不是由鼠标的纵向位置来确定；

点击下图 3 位置的菜单，会出现一个对话框，在其中输入时间点和音高值，再点击对话框上的“OK”按钮即可根据输入的数据增加一个音高点；

点击下图 4 位置的菜单，会消除所选定的音高点，被选定的音高点表面呈红色，非选定的音高点表面呈绿色；

点击下图 5 位置的菜单，用来设定音高可视范围；

点击下图 6 位置的菜单，用来设定音高单位，赫兹或半音；

点击下图 7 位置的菜单，用来设定拖动音高点的方式；

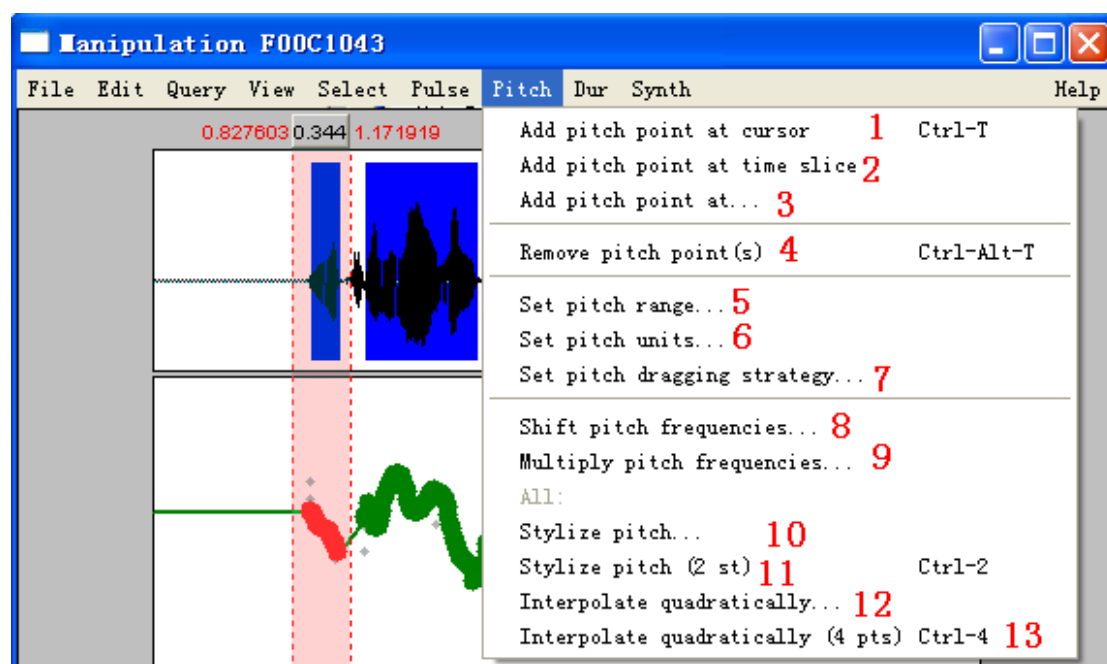
点击下图 8 位置的菜单，用来在一定程度上提高或降低所选定的音高值（采用的是加减运算）；

点击下图 9 位置的菜单，用来在一定程度上放大或缩小所选定的音高值（采用的是乘除运算）；

自 10 至 13，都是针对于整个音高曲线执行的操作。点击下图 10 位置的菜单，会弹出一个对话框，在其中可以设定音高曲线模式化的音高变化精度，输入的值越低，则精度越高，细小的变化都能够反映出来。这项设置是为下面 11 位置的菜单操作服务的；

点击下图 11 位置的菜单，将根据 10 中设定的音高精度来对原有的音高曲线进行模式化：用尽可能少的点来描写一个曲线的变化。

下图 12 和 13 是用来处理插值的，在此不必管它。

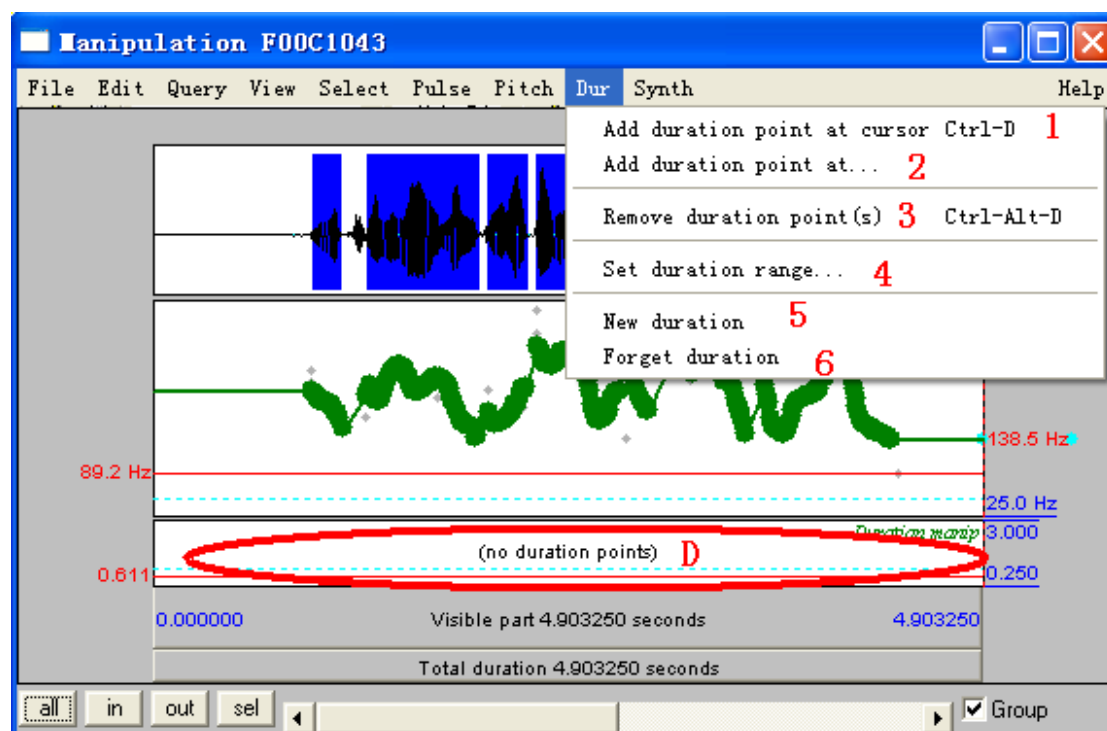


常用的一些操作包括：加点、删点、整体上移或整体下降、整体放大或整体缩小，为了便于局部音高调整，常使用上图 11 位置的 Stylize pitch (2 st)按钮将原始音高曲线上的音高点的数目降低到尽可能少的地步，这样就可以只修改很少一部分的音高点，中间位置的音高点使用插值的办法自动补出来就可以了。

前面在说到语声的性别特征调整时，我们没有修改其音高特征，而毫无疑问的是，男女之间在音高特征上的差异是明显的。我们现在可以在 Manipulation 对象中调整新生成声音的音高特征。首先将性别转换过程中生成的声音对象进行 Manipulation 分析，然后编辑其 Manipulation 对象，再在 Manipulation 编辑窗口中（如上图所示）修改对象的音高特征，修改遵循以下策略：从男声转换成女声时，可以首先整体抬高其音高值，如抬高 50 赫兹左右，即往高里走；再整体放大其音域范围，可以将其设置成 1.2 左右，即往宽里走。如果是从女声转变为男声，可以首先整体降低其音高值，如降低 50 赫兹左右，即往低里走；再整体缩小其音域范围，可以将其设置成 0.8 左右，即往窄里走。

2、时长数据调整

如下图所示，在时长调整的 duration 菜单之下有 6 个下拉菜单，下面简要介绍各自的功能：



首先在时长区域内（上图所示的 D 位置）的某个位置点击一下鼠标，可以在您所点击的位置上看到一个由纵向游标和横向游标交叉结合起来的点；然后点击上图 1 位置的菜单，就可以在刚才鼠标点击的位置添加一个时长点，其纵坐标和横坐标都是由您刚才点击鼠标的位置决定的；

如果您使用上图 2 位置的菜单，会出现一个对话框，在其中您可以输入时间位置（决定时间点的横坐标）和时长变化系数（决定时间点的纵坐标，范围应在 0.25-3 之间）。程序会根据您输入的数据在上图 D 区间添加一个时间点；

使用上图 3 位置的菜单，可以删除您在上图 D 区间所选定的时间点；

使用上图 4 位置的菜单，您可以更改时长变化系数的范围，默认的最小值是 0.25，默认的最大值是 3；

使用上图 5 位置的菜单，您可以新建一个时长调节窗口，即上图 D 区间；

使用上图 6 位置的菜单，您将放弃掉当前的时长调节窗口。

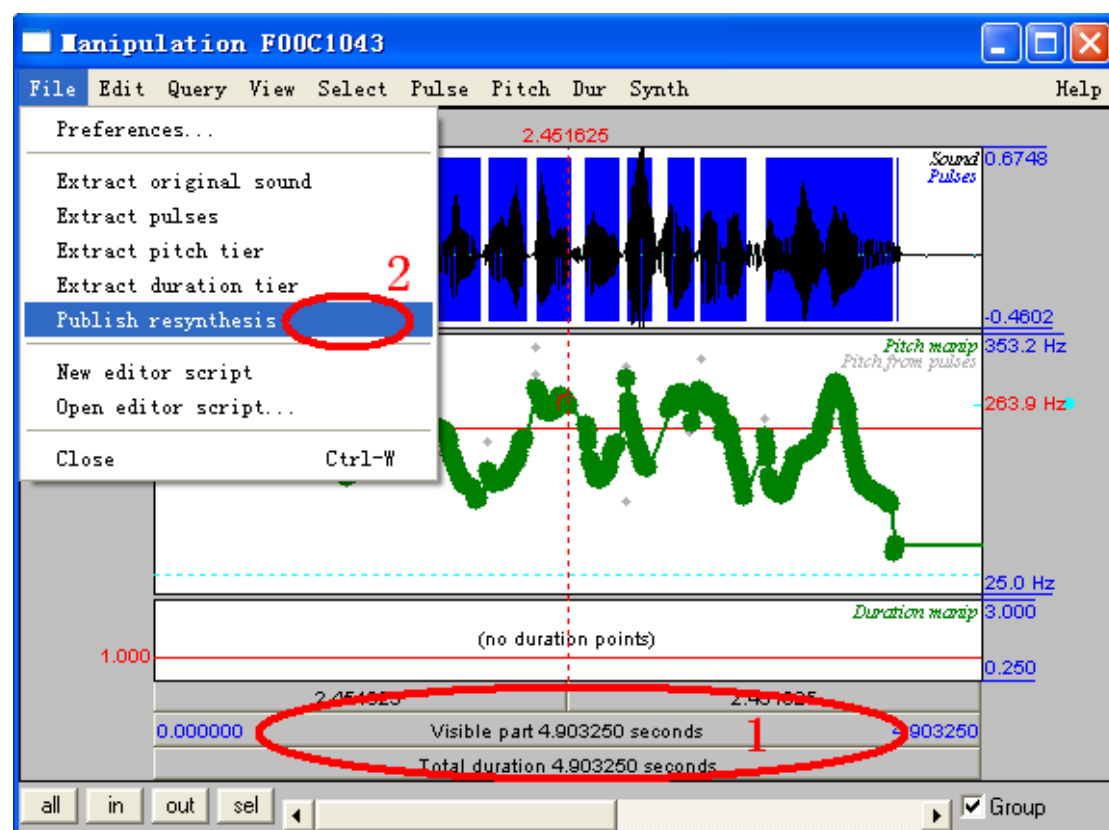
原始语音的时长改变是根据这段语音的起始时长变化系数与末尾时长变化系数来决定的，内部根据线性插值的办法以确定每 10 毫秒信号的时长变化速率。

前面在说到语音的性别特征调整时，我们没有修改其语速特征，而男女之间在语速特征上也可能是有差异的。我们现在可以在 Manipulation 对象中调整新生成声音的语速特征。

3、播放和提取出合成后的声音

要播放调整后的声音，请点击下图 1 位置的横杠按钮。要播放改变前的声音，

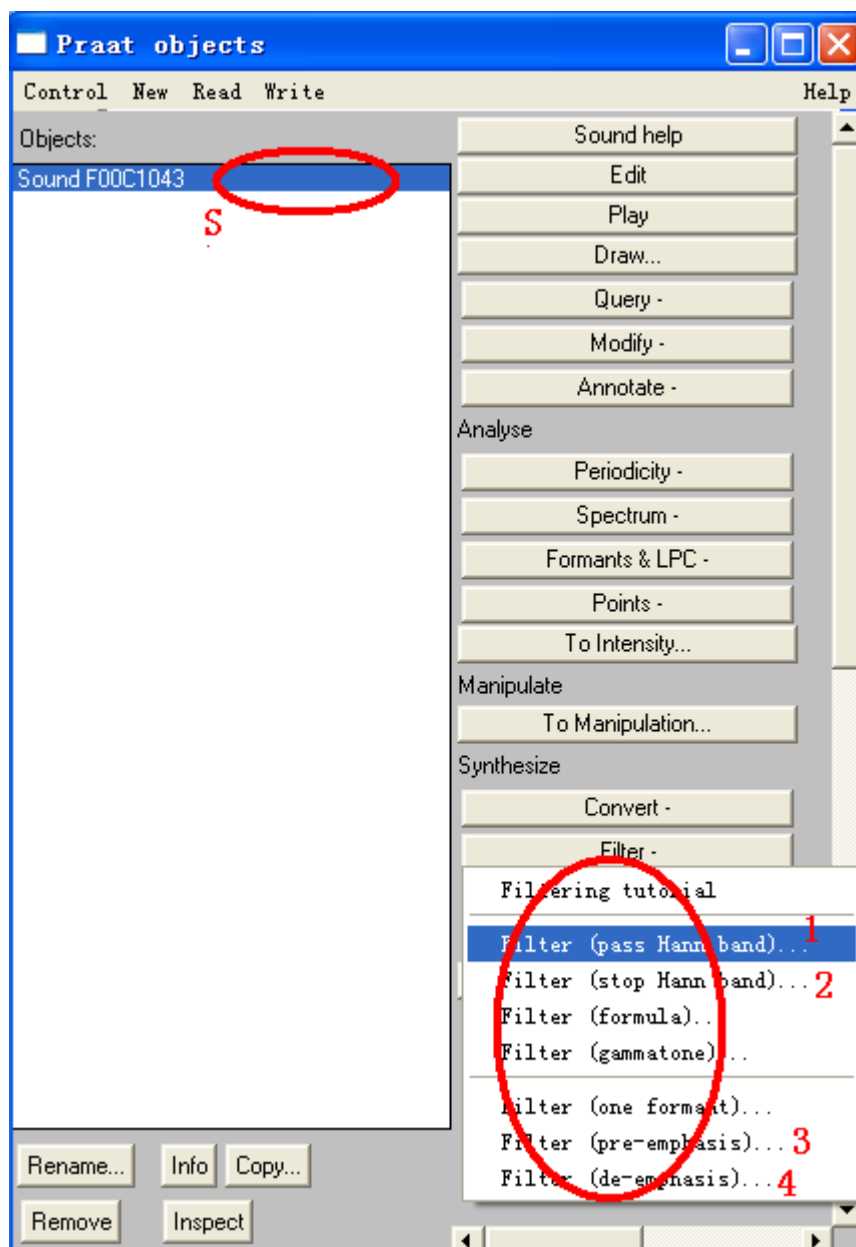
请在点击播放按钮之前按住“Shift”键。



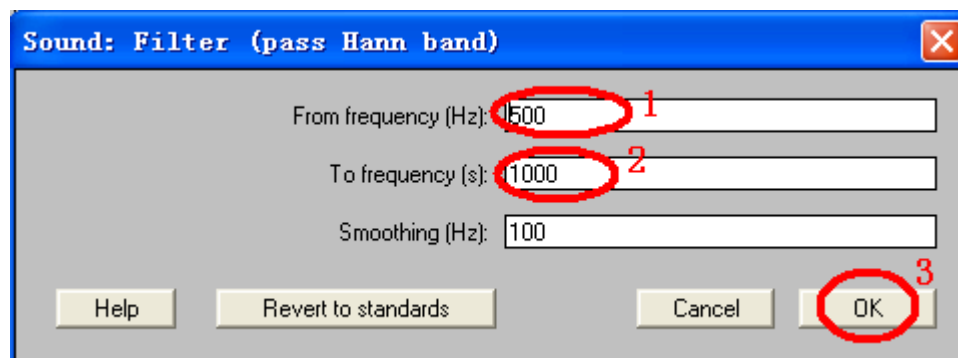
要提取和保存出您调整后的声音，请按上图 2 位置的 Publish resynthesis 按钮。新的声音对象会出现在对象列表窗口之中，您可以在对象列表窗口对它进行改名和保存等操作。

（七）滤波

滤波的作用在于改变某个频段的能量。操作如下：先选定一个声音对象，如下图 S 位置所示；再按右侧 Filter 按钮的一些下拉菜单。



点击上图 1 位置的菜单，会弹出一个对话框：



在上图 1 位置输入滤波器允许通过的起始频率，如 500 赫兹，在上图 2 位置输入滤波器允许通过的截止频率，如 1000 赫兹，然后按上图 3 “OK” 按钮提交

运行即可。执行结束后，会产生一个新的声音对象，察看其频谱特性，可以看到新的声音对象除了 500-1000 赫兹之间有能量之外，其他频率成分都被过滤掉了。这种允许中间频率成分通过的滤波器，称为“带通”滤波器。如果输入的起始频率为 0 赫兹，截至频率低于最大有效频率，即允许低端频率成分通过，这种滤波器称为“低通”滤波器；如果输入的起始频率高于 0 赫兹，截至频率等于最大有效频率，即允许高端频率成分通过，这种滤波器称为“高通”滤波器。

其他的几种滤波器的功能，请您自己尝试一下。

（八）共振峰数据的修改

1、声源-滤波模型

在声源-滤波模型中，认为一个声音受三个方面的综合影响：声源（噪音声源和浊音声源）+声道共鸣+唇外辐射，而在技术处理时分做两块：声源信号+滤波器。

您可以从一个已有的声音信号中提取出它的声源信号和它的滤波器，也可以通过一定的算法去生成声源信号和滤波器，然后使用 Praat 程序提供的声源-滤波合成系统将它们合并起来，生成新的声音。

（1）从已有的声音里提取出滤波器

首先通过 LPC 技术来分析声道的共鸣特性，在进行 LPC 分析之前，您最好先对您的声音进行重新采样（方法如下：先选择一个声音，然后点击对象列表窗口右侧的 Convert-按钮下的 Resample...菜单，在弹出的对话框里输入重新采样的频率，成年男性的声音使用 10000 赫兹，成年女子的声音使用 11000 赫兹，婴幼儿的声音使用 20000 赫兹）；然后对重新采样后得到的声音进行 LPC 分析（方法如下：先选择一个声音，然后点击对象列表窗口右侧的 Formant & LPC-按钮下的 To LPC (autocorrelation)...菜单，在 Prediction order 参数中输入 10，其他参数不变。），执行结束后，您将在对象列表窗口里得到一个新的对象，类型是 LPC。

（2）从已有的声音里提取声源信号

在对象列表窗口中同时选择刚才分析得到的 LPC 对象和重新采样得到的声音，然后点击右侧的 Filter (inverse)按钮，执行结束后，您可以在对象列表窗口里发现一个新产生的声音对象，它就是原始声音的声源信号。

（3）将声源信号和滤波器合并

首先基于重新取样的声音进行共振峰分析，得到 Formant 对象，然后将 Formant 对象转换成 FormantTier 对象，以便于数据修改；然后在对象列表窗口

中同时选择滤波器（即刚才分析得到的并修改以后的 FormantTier 对象）和声源信号，然后点击右侧的 **Filter (no scale)**按钮，执行结束后，您可以在对象列表窗口里发现一个新产生的声音对象，它就是合成出来的声音。如果我们使用的是取自同一个声音的滤波器和声源，那么合成之后的声音将等于原始的声音；如果我们改变滤波器的特性，那么我们就可以得到不同音色的声音，如将/i/换成/a/等。

2、修改共振峰，改变音色

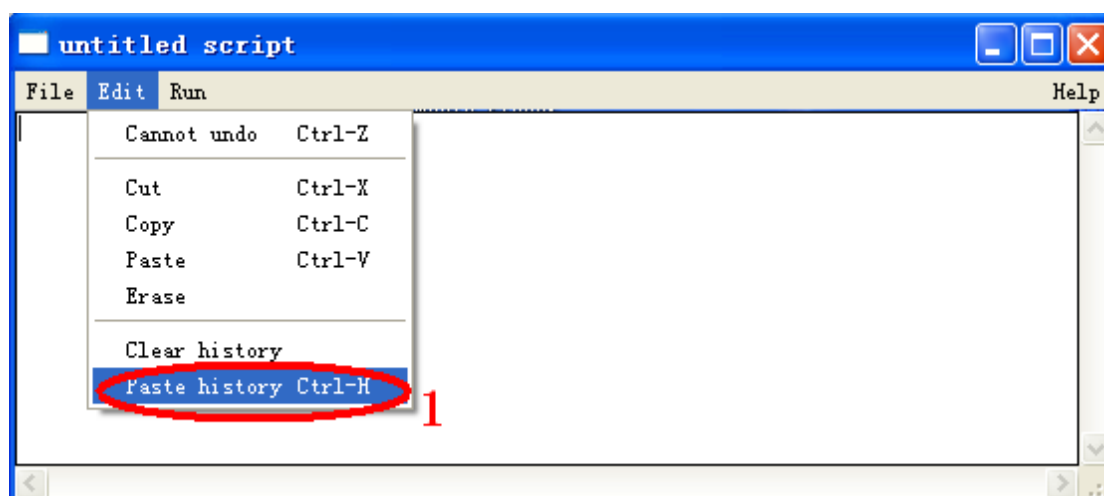
为了便于您了解声源-滤波器模型的语音合成功能，附录里的脚本程序（八）“修改一个音段的共振峰特性以得到一个新的声音”可以用来修改原始声音的共振峰数据以合成出一个新的声音来。它提供了两种修改办法：一是根据经验进行修改；二是根据目标声音的共振峰数据作为参考依据进行修改。

九 编写 Praat 的脚本程序

通过本节学习，帮助您初步掌握 Praat 程序的脚本语言的要素和编写规范，了解如何编写简单的脚本程序。

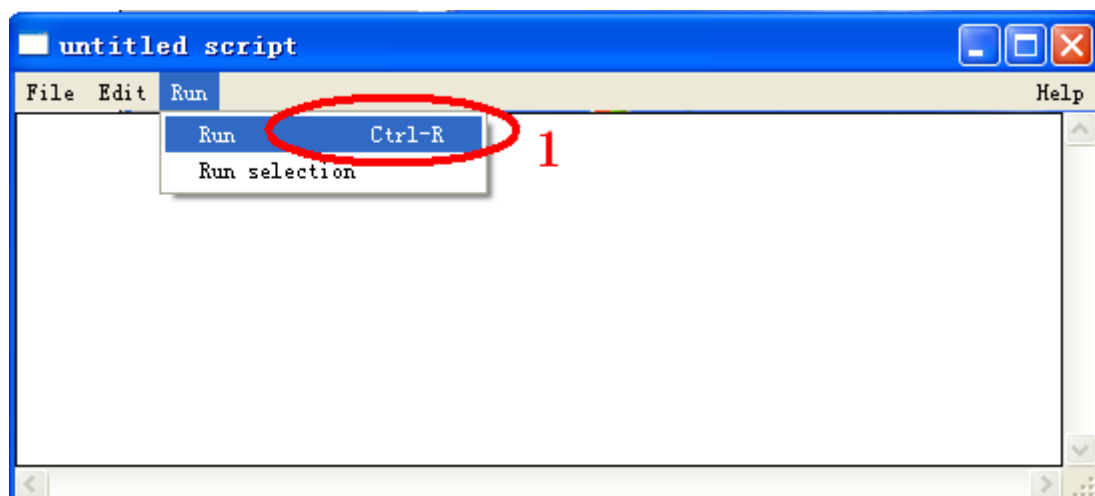
（一）编程环境

在 Praat 主窗口的 Control 菜单下有两个按钮 New praat script 和 Open praat script，点击这两个按钮可以进入脚本编辑窗口。脚本编辑窗口如下图所示：



点击上图 1 位置的按钮，可以将剪贴板中存储的历史操作步骤粘贴到编辑窗口之中，从而实现批处理。

要执行脚本程序，请点击下图 1 位置的按钮 Run 即可，如果只运行部分脚本程序，就先选择好准备运行的部分脚本语句，然后点击下图 1 位置之下的 Run selection 按钮。



（二）编程语言

1、变量

在 Praat 脚本编辑器中，常用的变量类型有数字类和字符类。变量名的第一个字母必须小写，否则不认。变量名请使用 26 个字母来定义，尽可能不使用其他符号，如果是字符类的变量，请在其名称的末尾加上 “\$” 符号。如下面的例子所示：

数字变量 `a = 6; a = b+c`

字符串变量 `a$ = "xiongziyu"; a$ = b$+c$`

在非运算式里引用一个变量时，为了区别，必须在被引用的变量上加单引号，如下例所示：

`b=2`

`c=3`

`a=b+c`

`echo The result is 'a'.`

运行结束后，在弹出的 info 窗口显示下面内容：The result is 5.

如果一个值的小数位太多，不便于显示，我们可以使用下面操作截取合适的小数位：

例子：

`a=0.123456789`

`b='a:3'`

`➔b=0.123`

例子：

`a=1.123456789`

`b='a:0'`

`➔b=1`

2、公式和运算

（1）数学运算

`abs (x)` # 求 x 的绝对值

`round(x)` # 求与 x 最接近的整数，四舍五入
`floor(x)` # 求小于或等于 x 的最大整数
`ceiling(x)` # 求大于或等于 x 的最小整数
`sqrt(x)` # 求 x 的平方根，要求 $x \geq 0$
`min(x, ...)` # 求括号内的一组数中的最小值，各个数值用逗号隔开
`max(x, ...)` # 求括号内的一组数中的最大值，各个数值用逗号隔开
`imin(x, ...)` # 求括号内的一组数中的最小值的序号，各个数值用逗号隔开
`imax(x, ...)` # 求括号内的一组数中的最大值的序号，各个数值用逗号隔开
`sin(x)` # 求 x 的正弦值
`cos(x)` # 求 x 的余弦值
`tan(x)` # 求 x 的正切值
`arcsin(x)` # 求 x 的反正弦值 $-1 \leq x \leq 1$
`arccos(x)` # 求 x 的反余弦值 $-1 \leq x \leq 1$
`arctan(x)` # 求 x 的反正切值
`exp(x)` # 求 e 的 x 次方，等于 e^x
`ln(x)` # 求 x 的以 e 为底的对数
`log10(x)` # 求 x 的以 10 为底的对数
`log2(x)` # 求 x 的以 2 为底的对数
`hertzToBark(x)` # 求音高为 x 赫兹的声音的巴克值，转换公式如下：

$$nB = 7 * \ln(x / 650 + \sqrt{1 + (x / 650)^2})$$

`hertzToMel(x)` # 求音高为 x 赫兹的声音的美值，转换公式如下：

$$nM = 550 * \ln(1 + x / 550)$$

`hertzToSemitones(x)` # 求音高为 x 赫兹的声音的半音值，转换公式如下：

$$nST = 12 * \ln(x / 100) / \ln(2)$$

(2) 字符串运算

`length(a$)` # 求字符串 a\$ 的长度
`left$(a$, n)` # 截取出字符串 a\$ 的左侧 n 个字符

`right$ (a$, n)` # 截取出字符串 `a$` 的右侧 `n` 个字符

`mid$ (a$, s, n)` # 从第 `s` 个字符开始截取出字符串 `a$` 中的 `n` 个字符

`index (a$, b$)` # 求出第二个字符串 `b$` 在第一个字符串 `a$` 中的第一次出现的起点位置，如果在 `a$` 中没有包含 `b$`，则返回 0。

`rindex (a$, b$)` # 求出第二个字符串 `b$` 在第一个字符串 `a$` 中的最后一次出现的起点位置，如果在 `a$` 中没有包含 `b$`，则返回 0。

`fixed$ (number, precision)` # 第一个参数是一个数字，第二个参数表示要保留的小数位数，这个函数可以将数字变为字符串。例如，`fixed$ (72.65687, 3)` 得到字符串 “72.657”；`fixed$ (0.0000157, 3)` 得到字符串 “0.00002”。

`extractNumber (a$, b$)` # 如果在字符串 `a$` 里包含有数字，`b$` 表示该数字之前的一些字符，使用这个函数就可以把该数字从 `a$` 中提取出来。例如：
`b=extractNumber ("44007", "")`，可以得到 `b=44007`。
`b=extractNumber ("I am 32.", "am")`，可以得到 `b=32`。

`date$ ()` # 得到计算机的当前日期和时间，格式如下：Mon Jun 24 17:11:21 2002

(3) 运算符号

算术运算符：+（加）、-（减）、*（乘）、\（除）、^（指数）；`div`（整数商）；`mod`（整除后的余数）；

比较运算符：=（等于）；<>（不等于）；>（大于）；<（小于）；>=（不小于）；<=（不大于）。

逻辑运算符：`not`（非）；`and`（和）；`or`（或）；

字符串可以进行比较运算和加减运算。

3、条件语句

`if expression`

.....

`elseif expression`

.....

`endif`

例子：

`a=8`

`b=4`

```
if a>b
    t=b
    b=a
    a=t
else
    b=b+1
endif
➔a=4,b=8
```

4 、 循环

```
for variable from expression1 to expression2
.....
endfor
```

例子:

```
a=0
for j from 1 to 100
a=a+j
endfor
➔a=5050
```

```
repeat
.....
until expression
```

例子:

```
a=0
repeat
a=a+1
until a>80
➔a=81
while expression
```

.....

endwhile

例子:

a=0

while a<80

a=a+1

endwhile

➔a=79

5、程序调用

call *procedureName* [*argument1* [*argument2* [...]]]

procedure *procedureName* [*parameter1* [*parameter2* [...]]]

.....

endporc

例子:

call getMax 150 50

procedure getMax dataV1 dataV2

if dataV1>dataV2

 getMax=dataV1

else

 getMax=dataV2

endif

endproc

➔getMax=150

6、数组

(1) 一维数组 **a'j'**; **a'j'\$**

for j from 1 to 16

a'j'=j*j

```
endfor
```

→a1=1, a2=4, a3=9, a4=16, ……., a16=256

(2) 二维数组 a'j''k'; a'j''k'\$

```
for j from 1 to 8
```

```
  for k from 1 to 5
```

```
    a'j''k'=j*k
```

```
  endfor
```

```
endfor
```

二维数组 a'j''k'的值如下表:

| j \ k | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|---|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 6 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 |
| 7 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 |
| 8 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 |

7、结束程序

```
exit
```

```
exit error-message
```

(三) 交互对话

1、参数对话框，获取信息或参数

```
form formtitle
```

```
.....
```

```
endform
```

例子:

```
form 对话框
```

```
positive Window_length_(ms) 0.005
```

```
positive Time_step_(0.002...0.005) 0.003 (= not too long)
```

```
real Minimum_Frequency_(Hz) 0
```

```
integer Formant_Number_(2...5) 5
```

```
boolean Create_a_new_TextGrid_(only_for_the_first_time)
```

```
comment Choose one of the following:
```

```
choice colour: 3
```

```
button Dark red
```

```
button Sea green
```

```
button Black
```

```
comment Choose one of the following:
```

```
optionmenu colour: 1
```

```
option Dark red
```

```
option Sea green
```

```
option Black
```

```
endform
```

2、信息对话框，将运行结果反馈给用户

```
echo text
```

```
clearinfo
```

```
print text
```

```
printtab
```

```
printline [text]
```

3、文件输出，将大量的数据写到文本文件

```
filedelete filename$ # 删除一个可能存在的文件;
```

```

txet$>filename$ # 写文本到一个新的文件中；
txet$>>filename$ # 追加文本到一个已有的文件中；
fileappend filename$ text$ # 将文本追加到一个已有的文件中，如果文件不存在，会自动新建；
fappendinfo filename$ # 将信息窗口的内容追加到一个已有的文件中，如果文件不存在，会自动新建；

```

4、文件读取，打开文件至对象列表窗口

下面操作创建文件列表

```

dirPath$ = "C:\temp\" # 制定文件夹的路径
Create Strings as file list... list 'dirPath$' '*.wav # 创建制定文件夹中所有波形文件的列表
fileNum= Get number of strings # 获得这个列表中包含的文件个数
select Strings list # 选定这个列表对象
fileName$ = Get string... ifile # 从列表对象中获得某个序号的文件名称和路径
Read from file... 'fileName$' # 从文件夹中读取文件至对象列表窗口

```

5、暂停程序运行，以便用户控制

`pause [text]` # 暂停程序运行，供用户在此期间进行其他操作，如修改部分数据之后再继续运行。并可以用一定的文本来说明原因。

6、调控其他编辑器

在主窗口中建立的脚本程序不能直接对各类编辑器进行操作，需要在脚本文件中进行引用，指向特定的编辑器，才能对之进行操作。在程序运行中，如果有引用编辑器里的操作，在执行这种操作之前需要打开编辑器，方可引用。

引用语句如下：

```

editor Objectclass Objectname$ # 两个参量，前者是所引用对象的类型，后者是其名称
.....
endeditor

```


十 提取语音数据

通过本节学习，帮助您从 Praat 分析出来的语音数据文件中提取出各语音单元所对应的声学特征数据，以便于您开展大规模的语音实验研究。

（一）提取标注数据

标注文件可能包括多种层级，各层级数据之间在时间维度上存在着一定的关联。比如说，做自然话语的语音标注时通常要标注出音节、声韵母、重音层级和间断指数等信息，如果以音节为核心，可以提取出音节的声韵母、重音层级和首尾间断指数等信息，这为考察声学特征的语音学功能提供了数据。

如果您需要提取音节的名称、时长及其声韵母的名称和时长信息，您可以使用附录中的脚本程序（七）“提取标注对象中的数据”，将音节和声韵母的数据提取出来。执行这个脚本之前，您需要标注出音节和声韵母的数据，并将标注好的 TextGrid 对象存放在 C 盘 Temp 文件夹之下，运行时，程序会到这个文件夹下搜索出所有的 TextGrid 文件，然后对它们都进行提取，提出出来的数据保存在文本文件中，可以将这些数据导入到 Excel 表格中进行观察和分析。

运行脚本程序（七）“提取标注对象中的数据”，您需要事先标注好语料并将标注好的一个或多个标注文件保存在 C 盘 Temp 文件夹之下，运行结束后您将得到这个或这些标注文件的数据，如音节长度、声母长度和韵母长度等数据。标瓜得瓜，标豆得豆，您标注了什么内容，将会得到什么样的数据。

需要注意的是，存放在 C 盘 Temp 文件夹之下的这些标注文件应该具有相同的标注内容，如都有音节层和声韵母层，同时还要求这些标注层的排列序号一致，如音节层都是第一层，声韵母层都是第二层，等等。

（二）提取音节或声韵母的音高数据

研究声调和语调，需要考察音节和语句的音高特性，因此需要提取出每个音节的音高数据来加以分析。

由于每个音节的基频段时长都可能不同，因此要将不同音节的音高数据放到一起进行分析时，我们需要将它们在时长上的差异排除掉。方法是：将每个音节（或声韵母）按其基频段的长度等分 9 份（或 n 份），这样取 10 个点（或 $n+1$ 个点）的音高数据，包含了基频段的首尾音高点，用这 10 个点（或 $n+1$ 个点）的音高数据来描写这个音节（或声韵母）的音高特征。不管其基频段的长短如何，都取 10 个点（或 $n+1$ 个点）的音高数据，这样就消除了基频段时长的差异，因此相同位置上的音高数据就可以进行比较了。

要提取音节或声韵母的基频数据，请运行附录里的脚本程序（九）“提取音节或声韵母的音高数据”，执行这个程序之前，你需要在 C 盘 temp 文件夹下存

放成对的[同名]TextGrid 和 PitchTier 文件；运行结束以后，您将在 C 盘 temp 文件夹下找到提取出来的数据文件，其名称是 TextGrid 文件的名称加上 “_Pitch”，类型是文本文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

（三）提取音节或声韵母的强度数据

与音高数据相同，强度数据也是按比例对每个音节等距离提取 10 个点（或 n 个点）的强度值。

要提取音节或声韵母的强度数据，请运行附录里的脚本程序（十）“提取音节或声韵母的强度数据”，执行这个程序之前，你需要在 C 盘 temp 文件夹下存放成对的[同名]TextGrid 和 Sound 声音文件；运行结束以后，您将在 C 盘 temp 文件夹下找到提取出来的强度数据文件，其名称是 TextGrid 文件的名称加上 “_Intensity”，类型是文本文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

（四）提取音节或声韵母的共振峰数据

提取共振峰数据比较复杂，因为机器自动分析出来的共振峰数据难免会出错，因此我们需要用附录中的脚本程序（四）“将共振峰频率数据提取到 TextGrid 对象中”来提取和修改声音文件的共振峰数据，并将其保存到 TextGrid 类型的文件中。

要准确地描写一个音节或浊音段的共振峰变化情况，我们至少需要提取出这一音节或浊音段的首尾点的共振峰数据及其内部共振峰变化位置的数据。通常我们只需要提取前三个共振峰进行分析，来解释或说明一个音段的音色特征。

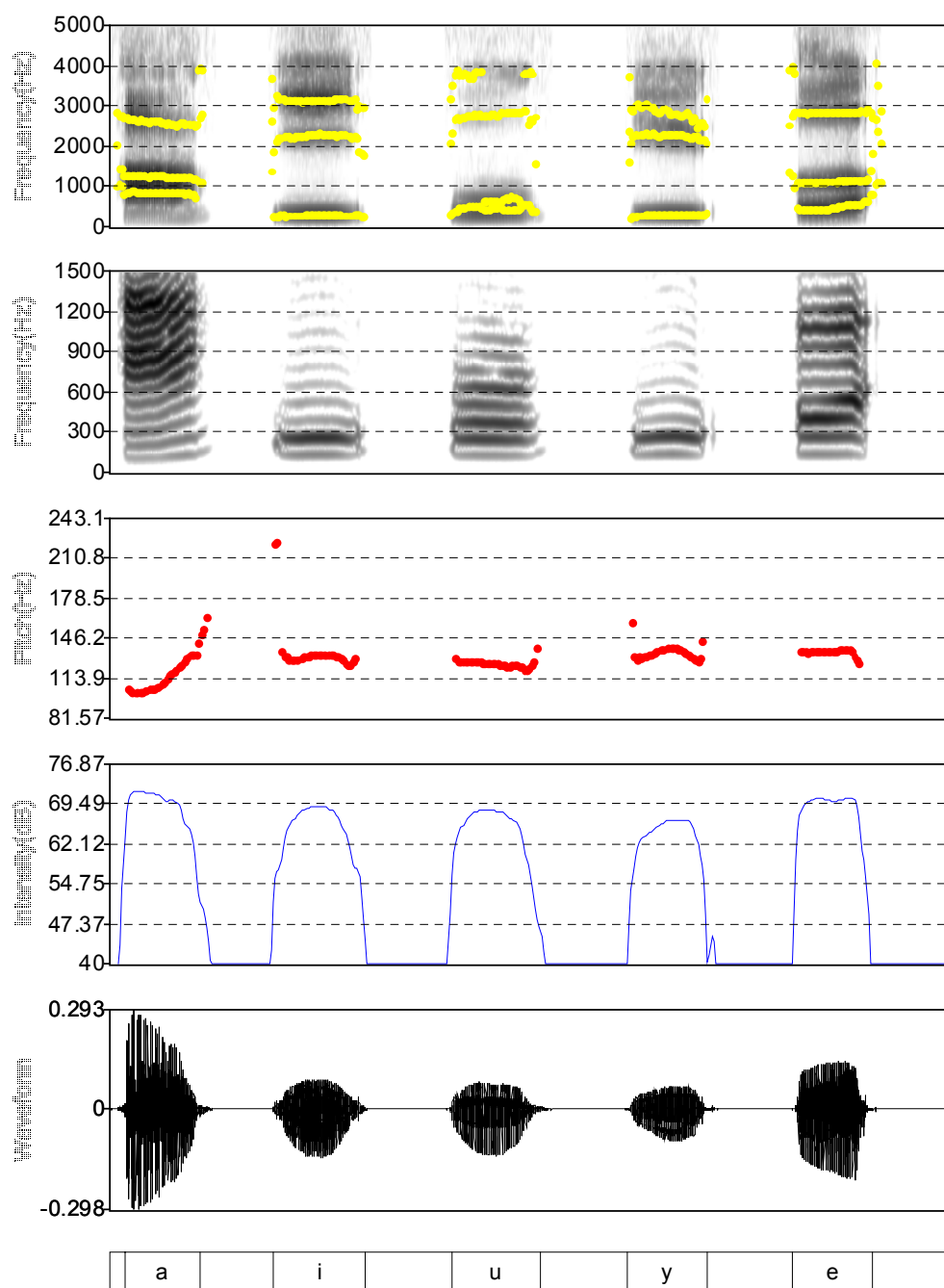
我们把提取出来并经过审核修改后的共振峰数据存放在一个 TextGrid 文件中保存起来，然后根据标注文件的边界信息数据，就可以得到每个音节或浊音段的共振峰特性。

要提取音节或声韵母的共振峰数据，请运行附录里的脚本程序（十一）“提取音节或声韵母的共振峰数据”，执行这个程序之前，你需要在对象列表窗口打开两个 TextGrid 类型的文件，一个是用来存放标注数据的，一个用来存放提取并修改后的共振峰数据的；并选定其中那个保存有共振峰数据的 TextGrid 对象；然后按照程序的提示进行操作；运行结束后，您将在 “C:/temp.txt” 文件中找到提取出来的共振峰数据文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

（五）语音数据作图

您可以使用附录里的脚本程序（十二）“语音数据作图”，做出宽带语图、共振峰、窄带语图、强度、波形以及标注内容等图形来，以便于观察语音现象。如

下图所示：



十一 语音数据的统计分析

(一) 相关性分析

任何事物的存在都不是孤立的，而是相互联系相互制约的。但是怎样判断不同因素(或称之为变量)间是否存在较为密切的关系，这个关系到底密切到什么程度？数学上用相关分析定量来说明这个问题，利用 SPSS 软件来作不同变量间的相关分析非常方便。

相关分析是研究不同变量间密切程度的一种十分常用的统计方法。大家对相关系数一定不陌生，它是描述两个变量间的线性关系程度和方向的统计量。相关系数通常用 r 表示，它没有单位，其值在 $-1 \sim +1$ 之间。 r 的绝对值越接近 1，则变量 X 、 Y 间线性相关的程度就越大，若变量 Y 随着变量 X 的增减而增减，即两变量变化的方向一致，则这种相关称为正向相关， r 大于零。若变量 Y 随着变量 X 的增加而减少，变化方向相反则称为负相关， r 小于零。若 r 等于零，则可认为变量 X 、 Y 不是线性相关。

相关分析的结果必须通过检验。检验的假设是：总体中两个变量间的相关系数为 0。SPSS 的相关分析过程给出该假设成立的概率。一般的，我们给出假设成立概率 p 的域值为 5%，当概率 p 小于 5% 时，则认为原假设不成立；否则，接受原假设，认为总体两变量相关系数为 0。另外，在 SPSS 的相关分析过程的输出中，还给出相关系数的值。

偏相关分析是相关分析中的重要部分，它主要用在当控制了一个或几个变量的影响下，两变量间的相关性。例如，可以控制体重影响作用，对人的身高与肺活量进行偏相关分析。

1、相关分析

在 Analyze 下拉菜单的 Correlate 命令项具有三个相关分析功能子命令，它们分别是 Bivariate、Partial 和 Distance。对应于相关分析，偏相关分析和距离分析。

(1) Bivariate 计算指定的两个变量间的相关系数，可以选择 Pearson 相关(积差相关)，Spearman 等级相关和 Kendall 相关。同时，对相关系数进行假设检验，可选择进行单尾或双尾检验，给出相关系数为 0 的概率。当资料不服从双变量正态分布，或总体分布型未知，或原始数据是用等级表示时，宜用 Spearman 或 Kendall 相关。

(2) Partial 计算两个变量间在控制了其他变量影响下的相关系数，即偏相关系数。可以进行单尾或双尾检验，检验的假设是偏相关系数为 0，然后给出偏相关系数为 0 的概率。

(3) Distance 对变量或观测值进行相似性或不相似性测度，因此分析的变量可以是连续变量、表频数分布的变量，某些测度还可以适用于二值变量，可以对原始数据和计算出的距离数据进行标准化。

2、两个变量的相关分析

调用 Bivariate 过程命令时允许同时输入两个变量或两个以上变量，但系统输出的是变量间两两相关的相关系数。

对于一个二元变量相关分析的 SPSS 过程，主要包括以下三个步骤：

- (1) 建立或调用数据文件。
- (2) 选择分析变量选择项提交运行。

从主对话框可以看出，对相关系数 Correlation Coefficients 系统默认为 Pearson，即皮尔逊相关，只有等间距测度的变量才使用这种相关分析，对于显著性检验 Test of Significance，系统默认为双尾 T 检验 Two Tailed，该检验要求显示实际的显著性水平。

分析方法选择项，主对话框中有三种相关系数对应于三种分析方法：

Pearson 相关复选项，积差相关，计算连续变量或是等间距测度的变量间的相关分析。

Kendall 复选项，等级相关，计算分类变量间的秩相关。

Spearman 复选项，等级相关，计算斯皮尔曼相关。

对于非等间距测度的连续变量，因为分布不明，可以使用等级相关分析，也可以使用 Pearson 相关分析。对于完全等级的离散变量，必须使用等级相关分析相关性。当资料不服从双变量正态分布、或总体分布型未知、或原始数据是用等级表示时，宜用 Spearman 或 Kendall 相关。

选择显著性检验类型

Two tailed 双尾检验选项，当事先不知道相关方向(正相关还是负相关)时选择此项；

One tailed 单尾检验选项，如果事先知道相关方向，可以选择此项。

Flag significant Correlations 复选项，如果选中此项，输出结果中在相关系数数值右上方使用* 表示显著水平为 5%，用** 表示其显著水平为千分之一。

(3) 输出结果和解释结果。

输出结果中显示的数值，其意义如下：

第一行中的数值是行变量与列变量的相关系数，矩阵行列变量相同的相关系数自然为 1。

第二行中的数值是相关系数为零的假设成立的概率。

第三行中的数值是参与该相关系数计算的观测量数目，即数据文件上数据的样本数。

对计算结果的解释主要是考察 0 假设检验是否成立，当 P 小于千分之一或百分之五时，则应拒绝相关系数为 0 的假设，可以认为两个变量之间是相关的。

3、偏相关分析

有时影响一个问题的因素过多，我们常假设其中某些因素不变化，即固定该因素去考察其他一些因素对该问题的影响，从而达到简化研究的目的，偏相关分析正是源于这一思想的，但又与此思路不尽相同。

例如，身高体重与肺活量之间的关系如果使用 Pearson 相关计算其相关系数，可以得出肺活量、身高和体重均存在较强的线性相关性质。但实际上呢？对体重相同的人而言，是否身高值越大其肺活量也越大呢？答案是否定的。正是因为身高与体重有着线性关系，肺活量与体重有着线性关系，因此得出了身高与肺活量之间存在较强的线性关系的错误结论。偏相关分析就是在研究两个变量之间的线性相关关系时，控制可能对其产生影响的变量。

偏相关分析的 SPSS 过程与二元变量相关分析的过程相似，主要也包括以下三个步骤：

(1) 建立或调用数据文件

(2) 选择分析变量选择项提交运行

选择 Analyze Correlate Partial 命令项，展开偏相关分析主对话框 (Partial Correlations)，除了选定进行相关分析的变量之外，再选择控制因素至 Control for 对话框之中。设置好之后提交运行。

(3) 输出结果和解释结果

输出结果中显示的数值，其意义如下：

第一行中的数值是偏相关系数，行列变量相同的偏相关系数为 1。

第二行中的数值是用括号括起来的，表示计算时的自由度，自由度的计算公式为：D.F. = 观测量数 - 变量数 - 1。

第三行中的数值是使零的假设成立的概率，也称为实际显著性概率。

4、距离分析

距离分析是对观测量之间或变量之间相似或不相似的程度的一种测度，是计算一对变量之间或一对观测量之间的广义的距离。

与距离分析有关的一些统计量

(1) 不相似性测度

对等间距数据的不相似性(距离)测度可以使用的统计量有欧几米德(欧氏)距离，欧氏距离平方，切贝谢夫，曲组，米考斯基，或自定义统计量。

对计数数据，使用卡方或斐方。

对二值(只有两种取值)数据，使用欧氏距离，欧氏距离平方，尺寸差异，模式差异，方差，形，或兰斯和威廉斯。

(2) 相似性测度

等间距数据使用统计量皮尔逊相关或余弦测度，二元数据的相似性使用的统计量有 20 余种。

在 SPSS for Windows 中，距离分析属于专业统计分析过程(Professional Statistics options)。如果没有安装，则在菜单中不会有调用该过程的菜单项。总而言之距离分析为观测量之间距离的分析和变量间距离的分析。

调用距离分析过程可对变量内部各观察单位间的数值进行距离相关分析，以考察相互间的接近程度，也可对变量间进行距离相关分析，常用于考察预测值对实际值的拟合程度，也可用于考察变量的相似程度。

在 Compute Distances 栏中有两个选项：Between cases 表示作变量内部观察值之间的距离相关分析，Between variables 表示作变量之间的距离相关分析。Measure 栏中有两种测距方式：Dissimilarities 为不相似性测距，Similarities 为相似性测距，若选 Dissimilarities 并点击 Measure 钮，弹出 Distance:Dissimilarity Measure 对话框，用户可根据数据特征选用测距方法。

(1) 第一步还是建立或调用数据文件。

与二元变量相关分析，偏相关分析的相似。

(2) 选择分析变量选择项

从菜单选择 Analyze Correlate Distance 命令项，展开偏相关分析主对话框 (Distance Correlations)，将要分析的变量选入 variable 窗口里，设置好分析的方法后，按 ok 键。

(二) 均值比较及 T 检验

T 检验是检验差异显著性的十分重要的统计工具，这种差异显著性的检验是样本均值间的比较，因此 T 检验也可以称为一种均值比较分析。它包括单样本 T 检验，独立样本 T 检验，配对样本 T 检验本。

对来自正态总体的两个样本进行均值比较，常使用 T 检验的方法。T 检验要求两个被比较的样本来自正态总体。两个样本方差相等与不等时，使用的计算 t 值的公式不同。

进行方差齐次性检验使用 F 检验，对应的零假设是两组样本方差相等。P 值小于 0.05 说明在该水平上否定原假设方差不齐，否则两组方差无显著性差异。

为了正确地进行检验，需要正确回答以下三个问题：

(1) 数据的样本是一个还是两个，如果是两个样本，那么各项数据是否都取自同一来源？如果是，那么这两个样本就不是独立样本，这样的样本称为配对样本或成对样本。

(2) 样本差是否已知或者必须由估计求得？

(3) 样本是否是大容量的？一般以样本观测值数 $n \geq 30$ 作为大样本。

进行均值比较及检验的过程

SPSS for Windows 提供了以下计算变量的描述统计量的过程和对均值进行检验的过程，它们是 Means 过程，One-Sample T test (单样本 T 检验过程)，Independent-Samples T test (独立样本 T 检验过程)，Paired-Samples T test (配对样本 T 检验过程) 和 One-Way Anova (一元方差分析过程)。

1、样本 T 检验

单样本 T 检验单个变量的均值是否与给定的常数之间存在差异。如一个谷类工厂要求产品重量为 1.3 磅，从某生产线上取出几盒样品，检查样品的平均

重量在 95%水平上与 1.3 磅是否存在显著差异，其中 1.3 磅是生产要求的重量，可以看作是总体均数，检验这条生产线的产品是否合格的问题，就是进行样本均数与总体均数之间的差异显著性检验，即进行单一样本 T 检验的问题。

执行 One-Sample T Test 过程，SPSS 将显示：每个检验变量的统计量的均值、标准差和均值的标准误，检验样本是否来自总体均数为 μ_0 指定总体的结果，显示样本值与常数之差以其 95% 的可信区间。

单样本 T 检验的 SPSS 过程一般分为四步：

- (1) 建立无效假设 H_0 ，假设 $\mu = \mu_0$
- (2) 建立数据集(数据文件) 仅有一个变量
- (3) 对话框选项的选择
- (4) 结果分析

2、Independent-Sample T Test 独立样本 T 检验

独立样本 T 检验是进行两样本均数的比较。进行独立样本 T 检验要求被比较的两个样本彼此独立，即没有配对关系，要求样本均来自正态总体，而且均值对于检验是有意义的描述统计量。

执行独立样本 T 检验过程，SPSS 将显示：每个检验变量的统计量的均值、标准差、标准误和样本含量，检验两样本是否来自相等的 Levene 检验结果。假定方差齐性时，检验两样本均数是否来自同一总体均数的 t 检验结果；假定方差不齐时，检验两样本均数是否来自同一总体均数的 t 检验结果；差值的均数、标准差、标准误和可信区间。

独立样本 T 检验过程与单样本 T 检验过程一样，基本上可分为四步：

- (1) 建立无效假设 H_0 ： $\mu_1 = \mu_2$ ；
- (2) 建立数据文件
- (3) 对话框选项的选择
- (4) 结果分析

作 T 检验时应首先检验方差是否相等。如果经检验两样本方差不相等，故应看 Equal Variances not assumed 一行。如果经检验两样本方差相等，故应看 Equal Variances assumed 一行。

3、配对样本 T 检验

在实际中，有些数据是天然相关成对的，为了需要，有时也要设计试验使数据间成为相关成对，无论是天然相关的，还是人为设计的，两样本间的方差并不相等，这时两总体平均值有无显著性差异的检验要用配对样本 T 检验过程。

进行配对样本的 T 检验要求被比较的两个样本有配对关系，要求两个样本均来自正态总体而且均值是对于检验有意义的描述统计量，均值的配对比较是比较常见的。

配对样本 T 检验实际上是先求出每对测量值之差值，对差值求均值检验配对变量均值之间的差异是否显著，其实质检验的假设实际上是差值的均值与零均值之间差异的显著性。如果差值均值与 0 均值无显著性差异，说明配对变量均值之间无显著性差异。

配对样本 T 检验过程是进行配对样本均数的比较。执行该过程，SPSS 将显示：每个变量的均数、标准差、标准误和样本含量；每对变量的相关系数、每对变量差值的均数、标准差、标准误和可信区间；检验每对变量差值的均数是否来自总体均数为 0 的 t 检验结果。

配对样本 T 检验过程有以下四个步骤：

- (1) 建立无效假设这一步基本上可省略。
- (2) 建立数据文件。
- (3) 选择好对话框的选择项。
- (4) 结果分析。

（三）方差分析

方差分析和回归分析是使用最多的两种统计方法。方差分析是一种定性的统计方法，而回归分析是一种定量的方法。方差分析主要分析各效应的显著性，即方差齐次性，主要有以下几个内容：单因素方差分析，双因素方差分析，多因素方差分析，协方差分析，多元方差分析，重复设计方差分析，等等。

通常一个复杂的事物其中往往有许多因素互相制约又互相依存。我们希望分析哪些因素对该事物有显著影响，有显著影响的因素何时效果最好，因素间有没有交互作用，从这些分析中找出事物的主要矛盾，方差分析就提供解决这类问题的一个有效的统计方法。

严格讲，方差分析所分析的并非“方差”，而是研究数据间的“变异”，是在可比较的群组中把总的变异按各指定的变异来源进行分解的一种技巧。可以

说，对变异的度量唯一有效的方法是离差平方和。方差分析方法就是从总离差平方和中分解出可追溯到指定来源的部分离差平方，这是一个很重要的基本思想。

方差分析原理

(1) 随机误差。例如，测量误差造成的差异，称为组内差异。记作 $L_{\text{组内}}$ 。

(2) 实验条件，即不同的处理造成的差异，称为组间差异。用变量在各组的均值与总均值之偏差平方和表示，记作 $L_{\text{组间}}$ 。

$L_{\text{组间}}$ 、 $L_{\text{组内}}$ 除以各自的自由度，得到其均方值，即组间均方 $MS_{\text{组间}}$ 和组内均方 $MS_{\text{组内}}$ 。组间均方一般会远远大于组内均方即 $MS_{\text{组间}} \gg MS_{\text{组内}}$ 。[$MS_{\text{组间}}/MS_{\text{组内}}$] 比值构成 F 分布，用 F 值与其临界值比较推断各样本是否来自相同的总体。

假设有 m 个样本，如果原假设 H_0 ：样本均数都相同即 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \cdots = \mu_m = \mu$ ，则 m 个样本有相同的 δ^2 ，则 m 个样本来自具有共同的方差 δ^2 和相同的均数的总体。

如果经过计算，组间均方远远大于组内均方的 $F > F_{0.05}(f_{\text{组间}}, f_{\text{组内}})$ ，(括号中的两个 f 是自由度) 则 $p < 0.05$ ，推翻原假设，说明样本来自不同的正态总体，说明分类造成均值的差异有统计意义，否则 $F < F_{0.05}(f_{\text{组间}}, f_{\text{组内}})$ ， $p > 0.05$ ，承认原假设，样本来自相同总体，分类无作用。

1、One-Way ANOVA 过程

One-Way ANOVA 过程是单因素简单方差分析过程，它在菜单 Analyze 中的 Compare Means 过程组中，可以进行单因素方差分析，均值多重比较和相对比较。

单因素方差分析也称作“一维方差分析”，它检验由单一因素影响的一个(或几个相互独立的)因变量的各因素水平分组的均值之间的差异是否具有统计意义。它检验由单一因素影响的几个(两个以上)彼此独立的组是否来自均值相同的总体，还可以对该因素的若干水平分组中哪一组与其他各组均值间具有显著性差异进行分析，即进行均值的多重比较。One-Way ANOVA 过程要求因变量属于正态分布总体，如果因变量的分布明显的是非正态，不能使用该过程，而应该使用非参分析过程；如果几个因变量之间彼此不独立，应该用 Repeated Measures 命令调用 GLM 过程。

One-Way ANOVA 单因素方差分析主对话框的右下端有三个功能按钮：

Contrasts，可以指定一种要用 t 检验来检验的 priori 对比。均值的多项式比较是用来进行均值的多项式比较，可以比较两个或更多的均值。单因素方差分析的 One-Way ANOVA 过程允许进行高达 5 次的均值多项式比较。

Post Hoc，可以指定一种多重比较检验。

进行多重比较是对每两个组的均值进行比较，可以根据一定的要求选择进行均值多重比较的方法。根据方差是否具有齐次性进行选择不同的比较方式，再进行方差齐次性检验，以确定合适的分析结果。

Options，可以指定要输出的统计量，指定处理缺失值的方法。

2、General Linear Model 简称 GLM 过程

GLM 过程由 Analyze 菜单直接调用，这些过程可以完成简单的多因素方差分析和协方差分析，不但可以分析各因素的主效应，还可以分析各因素间的交互效应。该过程允许指定最高阶次的交互效应，建立包括所有效应的模型，如果想在模型中包括某些特定的交互效应的模型，就要用到该过程。General Linear Model 过程可调用四个命令分别完成不同的分析任务，这四个命令均在主菜单 Analyze 的子菜单 General Linear Models 中，它们的主要功能分别是：

(a) Univariate 命令

Univariate 命令调用 GLM 过程完成一般的单因变量多因素方差分析，可以指定协变量，即进行协方差分析，在指定模型方面有较大的灵活性，并可以提供大量的统计输出。

(b) Multivariate 命令

Multivariate 命令调用 GLM 过程进行多因变量的多因素分析，当研究的问题具有两个或两个以上相关的因变量时，要研究一个或几个因素变量与因变量集之间的关系时才可以选用 Multivariate 菜单项调用 GLM 过程。如果只有几个不相关的因变量，或只有一个因变量，应该使用 Univariate 菜单项调用 GLM 过程。

(c) Repeated Measures 命令

Repeated Measures 命令调用 GLM 过程进行重复测量方差分析，当一个因变量在同一课题中在不只一种条件下进行测度，要检验有关因变量均值的假设，应该使用该过程。

(d) Variance Components 命令

Variance Components 调用 GLM 过程进行方差估计分析，通过计算方差估计值可以帮助我们分析如何减小方差。

(四) 回归分析

回归分析在数据分析上的定量功能使之成为统计分析中的常用方法之一。由于在分析时回归分析能生成数学表达式，故它有着独到的优越性。特别的，回

归分析能对数据进行预测。回归分析与方差分析同样是数理统计中常用的方法，它是用来研究变量与变量之间相关关系的。

回归分析不仅可以提供变量之间相关关系的数学表达式(通常称为经验公式)，利用概率统计的基础知识对此关系进行分析，来判明所建立的经验公式的有效性；而且还可以利用所得的经验公式，根据一个或几个变量的值预测或控制另一个变量的值，并且可以知道这种预测和控制可达到什么样的精确程度；另外，还可以进行因素分析，对于共同影响一个变量的许多因素，找出哪些因素影响是显著的，哪些是不显著的。

线性回归分析是描述一个因变量(或称为响应变量 dependent variable)Y 与一个或多个自变量(independent variable)X 间的线性依存关系，根据自变量数目的不同可分为一元线性回归(只有一个自变量)和多元线性回归(有两个或两个以上的自变量)。

一元线性回归

直线回归分析的任务就是根据若干个观测量找出描述两个变量 x 、 y 之间关系的直线回归方程 $y^*=a+bx$ ，其中 y^* 是变量 y 的估计值。求直线回归方程 $y^*=a+bx$ 实际上是用回归直线拟合散点图中的各观测点，常用的方法是最小二乘法，也就是使该直线与各点的纵向垂直距离最小，即使实测值 y 与回归直线之差的平方和达到最小，也称为剩余(残差)平方和，因此求回归方程的问题归根到底就是求对取得最小值时 a 和 b 的问题。 a 称为截距， b 为回归直线的斜率，也称回归系数。

根据原始数据求出回归方程后，就需要对回归方程进行检验。检验的假设是：总体回归系数为 0。另外要检验回归方程对因变量的预测效果如何。

(1) 回归系数的显著性检验

对斜率的检验假设是：总体回归系数为 0。

对截距的检验假设是：总体回归方程截距 $a=0$ 。

(2) R^2 判定系数

在判定一个线性回归直线的拟合程度的好坏时， R^2 系数是一个重要的判定指标。从公式可以得到，判定系数等于回归平方和在总平方和中所占的比率，即 R^2 体现了回归模型所能解释的因变量变异性的百分比。如果 $R^2=0.775$ 则说明变量 y 的变异中有 77.5% 是由变量 x 引起的。当 $R^2=1$ 时，表示所有的观测点全部落在回归直线上。当 $R^2=0$ 时，表示自变量与因变量无线性关系。

(3) 方差分析

体现因变量观测值与均值之间的差异的偏差平方和 SS_t 是由两个部分组成的，即回归平方和 SS_r [它们反应了自变量 X 的重要程度] 与残差平方和 SS_e [它

反应了实验误差以及其他意外因素对实验结果的影响], 表示为 $SSt=SSr+Sse$ 。这两部分除以各自的自由度, 得到它们的均方, 统计量 $F=\text{回归均方}/\text{残差均方}$ 。当 F 值太大时, 拒绝接受 $b=0$ 的假设。

(4) Durbin-Watson 检验

在对回归模型的诊断中, 有一个非常重要的回归模型假设需要诊断, 那就是回归模型中的误差项的独立性。如果误差项不独立, 那么对回归模型的任何估计与假设所作出的结论都是不可靠的。

其参数称为 D_w 或 D 。 D 的取值范围是 $0 < D < 4$ 。它的统计学意义如下:

当残差与自变量互为独立时 $D \approx 2$ 。

当相邻两点的残差为正相关时 $D < 2$ 。

当相邻两点的残差为负相关时 $D > 2$ 。

附录 脚本程序

(一) 提取二维频谱中某个频率位置的能量值

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

然后在对象列表窗口选定并编辑(Edit)一个二维频谱对象(Spectrum)，再在二维频谱对象上将游标定位到您需要测量其能量的频率位置；

然后按脚本编辑器的 Run 菜单下的 Run 按钮；

执行结束后，您将在弹出的信息窗口中看见该频率位置的能量值。

```
clearinfo
spectrumN$=selected$("Spectrum")
editor Spectrum 'spectrumN$'
pitchV=Get cursor
endeditor
binNum=Get number of bins
binW=Get bin width
binN=Get bin number from frequency... 'pitchV'
binNQ=floor(binN)
binNH=ceiling(binN)
pitchQ=Get frequency from bin number... 'binNQ'
pitchH=Get frequency from bin number... 'binNH'
if pitchH-pitchQ>0
rV=Get real value in bin... 'binNQ'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binNQ'
iV=iV
shengYaQ=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dBQ=20*log10(shengYaQ/2*10^5)+15
rV=Get real value in bin... 'binNH'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binNH'
iV=iV
shengYaH=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dBH=20*log10(shengYaH/2*10^5)+15
juli=(pitchV-pitchQ)/(pitchH-pitchQ)
dB=dBQ+(dBH-dBQ)*juli
endif
if pitchH-pitchQ=0
rV=Get real value in bin... 'binN'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binN'
```

```

iV=iV
shengYa=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dB=20*log10(shengYa/2*10^5)+15
endif
print 'dB'

```

(二) 提取二维频谱中前 n 个谐波峰的能量值

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

然后在对象列表窗口选定并编辑(Edit)一个二维频谱对象(Spectrum)，并测量其第 10 个谐波的中心频率，再除以 10 以得到这个时点的基频值；

然后按脚本编辑器的 Run 菜单下的 Run 按钮，接下来在弹出的对话框窗口里输入您刚才测定的基频值和需要测量的谐波峰数目 n；

执行结束后，您将在弹出的信息窗口中看见 n 个谐波峰位置的能量值。

```

form 对话框
positive Frequency_Zero_(Hz) 100
positive The_Number_of_harmonics 10
endform
fZero=frequency_Zero
fNum=the_Number_of_harmonics
print 'fNum'
clearinfo
for j from 1 to fNum
pitchV=fZero*j
binNum=Get number of bins
binW=Get bin width
binN=Get bin number from frequency... 'pitchV'
binNQ=floor(binN)
binNH=ceiling(binN)
pitchQ=Get frequency from bin number... 'binNQ'
pitchH=Get frequency from bin number... 'binNH'
if pitchH-pitchQ>0
rV=Get real value in bin... 'binNQ'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binNQ'
iV=iV
shengYaQ=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dBQ=20*log10(shengYaQ/2*10^5)+15
rV=Get real value in bin... 'binNH'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binNH'
iV=iV
shengYaH=(rV*rV+iV*iV)^0.5

```

```

dBH=20*log10(shengYaH/2*10^5)+15
juli=(pitchV-pitchQ)/(pitchH-pitchQ)
dB=dBQ+(dBH-dBQ)*juli
endif
if pitchH-pitchQ=0
rV=Get real value in bin... 'binN'
rV=rV
iV=Get imaginary value in bin... 'binN'
iV=iV
shengYa=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dB=20*log10(shengYa/2*10^5)+15
endif
print 'dB' 'newline$'
endfor

```

（三）提取二维频谱中各频率成分的能量值

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

然后在对象列表窗口中选定一个二维频谱对象(Spectrum)；

然后按脚本编辑器的 Run 菜单下的 Run 按钮；

执行结束后，您将在"C:/temp.txt"文件中得到各频率成分的能量值。

```

saveFileName$= "c:/temp.txt"
filedelete 'saveFileName$'
binNum=Get number of bins
binW=Get bin width
fileappend 'saveFileName$' Hz
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' dB
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
for i from 1 to binNum
rV=Get real value in bin... 'i'
iV=Get imaginary value in bin... 'i'
shengYa=(rV*rV+iV*iV)^0.5
dB=20*log10(shengYa/2*10^5)+15
pitchV=(i-1)*binW
fileappend 'saveFileName$' 'pitchV'
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 'dB'
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
endfor

```

（四）将共振峰频率数据提取到 TextGrid 对象中

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

打开一个声音，并按对象列表右侧的 Edit 按钮来编辑这个声音，选择 Show Spectrogram 和 Show Formant 按钮前的对钩。并将显示窗口调整到合适的横轴显示比例，将游标定位到需要测量共振峰的位置上（一般定位在共振峰数据比较稳定的地方或发生变化的地方，而不能放在那些红点散乱的位置）；

然后按脚本编辑器的菜单"Run"下的"Run"按钮即可执行；

运行这段程序后，会出现一个对话框，询问您要提取多少个共振峰数据，默认为3个，另外还要询问您是否需要新建一个TextGrid对象来保存共振峰数据，如果在对象列表窗口中没有对应于声音对象的 TextGrid 对象，请选择"Create TextGrid (for First Time)"按钮前的复选框，然后按"OK"按钮运行即可；如果已经有了TextGrid对象，则不必选择"Create TextGrid (for First Time)"按钮前的复选框，直接按"OK"按钮运行即可。另外请保持 Formant Number 与第一次设定的个数一致，后面的操作过程不必修改它；

这个程序将提取出游标位置的共振峰频率数据和带宽数据，并把它写到一个 TextGrid 类型的文件之中，在 TextGrid 对象中它们之间用“-”分开，“-”之前表示共振峰的中心频率值，“-”之后表示共振峰的带宽；如果所提取出来的数据不够准确，请在 TextGrid 对象中进行修改，最后请记作保存 TextGrid 对象。

form 对话框

positive Formant_Number_(no_more_than_5) 3

boolean Create_TextGrid_(for_First_Time) 0

endform

nf=formant_Number

createTextgrid=create_TextGrid

soundN\$=selected\$("Sound")

textGridN\$=soundN\$+"_Formant"

editor Sound 'soundN\$'

Show analyses... yes no no yes no 10

time=Get cursor

for i from 1 to nf

f'i'=Get formant... 'i'

b'i'=Get bandwidth... 'i'

endfor

endeditor

if createTextgrid=1

if nf=5

To TextGrid... "F5 F4 F3 F2 F1" F5 F4 F3 F2 F1

endif

if nf=4

To TextGrid... "F4 F3 F2 F1" F4 F3 F2 F1

endif

```

if nf=3
To TextGrid... "F3 F2 F1" F3 F2 F1
endif
Rename... 'textGridN$'
endif
select TextGrid 'textGridN$'
for i from 1 to nf
fV=floor(f'i')
bV=floor(b'i')
txt$=fixed$(fV,0)+"-"+fixed$(bV,0)
Insert point... nf+1-i time 'txt$'
endfor
endif
select Sound 'soundN$'

```

（五）将 TextGrid 对象中的共振峰数据转换成文本文件

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

再在对象列表窗口中选定一个用来登记共振峰数据的 TextGrid 对象；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；

执行结束后，您将在"C:/temp.txt"文件中得到这个 TextGrid 对象内的数据，您可以使用 Excell 表格读取该文件。

```

saveFileName$= "c:/temp.txt"
filedelete 'saveFileName$'
tN=Get number of tiers
for i from 1 to tN
nF=Get tier name... 'i'
pN=Get number of points... 'i'
for j from 1 to pN
lP$=Get label of point... 'i' 'j'
if index(lP$,"-")>0
a=index(lP$,"-")-1
b=length(lP$)
b=b-a-1
fP'i"j'=extractNumber(left$(lP$,a),"")
bP'i"j'=extractNumber(right$(lP$,b),"")
else
fP'i"j'=extractNumber(lP$,"")
bP'i"j'=100
endif
tP'j' =Get time of point... 'i' 'j'
endfor
endfor

```

```
fileappend 'saveFileName$' 时点 (ms)
fileappend 'saveFileName$',
for i from 1 to tN
a=tN+1-i
fileappend 'saveFileName$' F
fileappend 'saveFileName$' 'a'
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for i from 1 to tN
a=tN+1-i
fileappend 'saveFileName$' Bandwidth
fileappend 'saveFileName$' 'a'
fileappend 'saveFileName$',
endfor
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
for j from 1 to pN
tt=floor(tP'j'*1000)
fileappend 'saveFileName$' 'tt'
fileappend 'saveFileName$',
for i from 1 to tN
ll=fP'i"j'
fileappend 'saveFileName$' 'll'
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for i from 1 to tN
ll=bP'i"j'
fileappend 'saveFileName$' 'll'
fileappend 'saveFileName$',
endfor
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
```

（六）制作声学元音图

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：

输入框

If you think the values taken from the editor are wrong,
please input the correct values in the following textbox:

Vowel Symbol: original 1

Frequency of First Formant (Hz): 0 (=auto input) 2

Frequency of Second Formant (Hz): 0 (=auto input) 3

Maximum Frequency of First Formant (Hz): 1000 4

Maximum Frequency of Second Formant (Hz): 3000 5

Width of the picture: 5 6

Height of the picture: 5 7

☐ Draw the vowel on a new picture 8

Revert to standards Cancel OK 9

如果您要自己输入元音的音标及其 F1 和 F2 的值，则分别在对话框的前三个输入窗口中输入；如果您不准备自己手工输入（即由程序自动从声音编辑窗口和标注窗口中提取您所指定位置的数据），则保持对话框的前三个输入窗口的数据不变。对话框的第四个窗口用来输入 F1 的范围，对话框的第五个窗口用来输入 F2 的范围，这两个值一般根据您所画元音里的 F1 和 F2 的最大值来决定，通常可以保持不变。对话框的第六个窗口用来输入声学元音图的宽度，对话框的第七个窗口用来输入声学元音图的高度，一般也可以保持不变。对话框最底下的那个复选框用来确定是否重新作图，只在第一个元音图时打钩，接下来做其他元音时就不能再打钩了，否则前面所做好的图就被取消了。设置好之后，按对话框上的“OK”按钮提交运行即可。

如果您不是手工输入元音的音标及其 F1 和 F2 的值，那么您需要在对象列表窗口中选定声音文件对象和相应的标注文件，并将它们合并在一起打开来编辑，在编辑窗口分析显示出声音的共振峰数据，还需要在相应的标注文件里标注出该元音的音标，然后把游标定位到合适的共振峰位置上，设置好这些之后再运行这个脚本程序。运行时，还可以在上图 1、2、3 位置修改元音的音标及其 F1 和 F2 的值。

form 输入框

```
comment If you think the values taken from the editor are wrong,
comment please input the correct values in the following textbox:
sentence Vowel_Symbol original
real Frequency_of_First_Formant_(Hz) 0 (=auto input)
real Frequency_of_Second_Formant_(Hz) 0 (=auto input)
positive Maximum_Frequency_of_First_Formant_(Hz) 1000
positive Maximum_Frequency_of_Second_Formant_(Hz) 3000
positive Width_of_the_picture 5
```

```
positive Height_of_the_picture 5
boolean Draw_the_vowel_on_a_new_picture 0
endform
vowelN$=vowel_Symbol$
fff=frequency_of_First_Formant
fsf=frequency_of_Second_Formant
newPic=draw_the_vowel_on_a_new_picture
hyu=maximum_Frequency_of_Second_Formant
zyu=maximum_Frequency_of_First_Formant
wP=width_of_the_picture
hP=height_of_the_picture
wP=wP+0.5
hP=hP+0.5
hjiange=hyu/10000
zjiange=zyu/10000
if vowelN$="original"
textName$=selected$("TextGrid")
editor TextGrid 'textName$'
txt$= Get label of interval
endeditor
else
txt$=vowelN$
endif
if fff=0
textName$=selected$("TextGrid")
editor TextGrid 'textName$'
ff= Get first formant
endeditor
else
ff=fff
endif
if fsf=0
textName$=selected$("TextGrid")
editor TextGrid 'textName$'
fs= Get second formant
endeditor
else
fs=fsf
endif
ff=1-ff/zyu
fs=1-fs/hyu
if newPic=1
Erase all
Viewport... 0.5 'wP' 0.5 'hP'
```



```
Black
Plain line
Draw line... 0 0 1 0
Draw line... 0 1 1 1
Draw line... 1 1 1 0
Draw line... 0 1 0 0
for i from 0 to 10
a=i/10
b=(10-i)*hjiange
b='b:2'
Black
Plain line
Text special... 'a' Centre 1 Bottom Times 10 0 'b'
Grey
Dotted line
if a<>0 and a<>1
Draw line... 'a' 1 'a' 0
endif
endfor
for i from 0 to 9
a=i/10
b=(10-i)*zjiange
b='b:2'
Plain line
Black
Text special... 1 Left 'a' Bottom Times 10 0 'b'
Grey
Dotted line
if a<>0 and a<>1
Draw line... 1 'a' 0 'a'
endif
endfor
Plain line
Black
Text special... 1 Left 1 Bottom Times 10 0 K
endif
Plain line
Black
Draw circle... 'fs' 'ff' 0.006
a=ff/zjiange
b=floor(a)
c=ceiling(a)
d=(b+c)/2
if a>d
```

```

tf=ff-0.02
else
tf=ff+0.02
endif
a=fs/hjiange
b=floor(a)
c=ceiling(a)
d=(b+c)/2
if a>d
ts=fs-0.02
else
ts=fs+0.02
endif
Blue
Text special... 'ts' Centre 'tf' Half Times 14 0 'txt$'

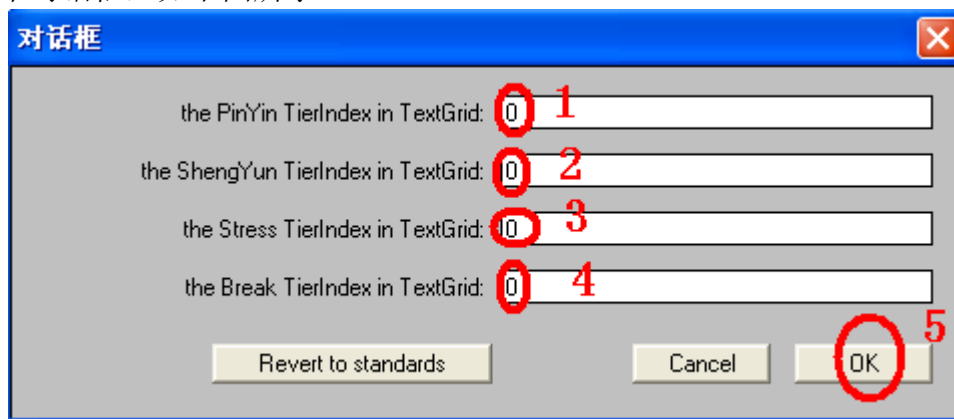
```

（七）提取标注对象中的数据

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

执行这个程序，你需要在 C 盘 temp 文件夹下存放 TextGrid 文件，TextGrid 对象需要标注音节和声韵母等数据；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：



请在上图 1 位置输入音节层的标注层级；请在上图 2 位置输入声韵母层的标注层级；请在上图 3 位置输入重音层的标注层级；请在上图 4 位置输入间断层的标注层级；如果在您的标注文件中没有标注上面的内容，请保留“0”不变。设置好之后请按上图 5 的“OK”按钮继续运行。

运行结束后，您将在 C 盘 temp 文件夹下找到提取出来的数据文件，其名称是 TextGrid 文件的名称加上“_TextGrid”，类型是文本文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

```

dirPath$ = "C:\temp\"
Create Strings as file list... list 'dirPath$\'*.TextGrid
fileNum= Get number of strings

```

```

if fileNum>0
form 对话框
real the_PinYin_TierIndex_in_TextGrid 0
real the_ShengYun_TierIndex_in_TextGrid 0
real the_Stress_TierIndex_in_TextGrid 0
real the_Break_TierIndex_in_TextGrid 0
endform
pinYintierNum= the_PinYin_TierIndex_in_TextGrid
shengYuntierNum= the_ShengYun_TierIndex_in_TextGrid
stresstierNum= the_Stress_TierIndex_in_TextGrid
breaktierNum= the_Break_TierIndex_in_TextGrid
for ifile to fileNum
select Strings list
fileName$ = Get string... ifile
newFileName$ = fileName$ - ".TextGrid"
textGridFileName$= newFileName$ + ".TextGrid"
textGridFileName$ = dirPath$ + textGridFileName$
saveFileName$= newFileName$ + "_TextGrid.txt"
saveFileName$ = dirPath$ + saveFileName$
filedelete 'saveFileName$'
fileappend 'saveFileName$' 文件名
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节名称
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节末点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节时长
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 声母名称
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 声母起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 声母末点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 声母时长
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 韵母名称
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 韵母起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 韵母末点
fileappend 'saveFileName$',

```

```

fileappend 'saveFileName$' 韵母时长
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节底层调类
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节表层调类
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节重音层级
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节左边界层级
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 音节右边界层级
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
Read from file... 'textGridFileName$'
select TextGrid 'newFileName$'
pinYinDataNumber=0
breakDataNumber=0
if 'pinYintierNum'>0
dd=Is interval tier... 'pinYintierNum'
if dd=1
intervalNum= Get number of intervals... 'pinYintierNum'
for interNum from 1 to intervalNum
pinYinDataLabel'interNum'$=Get label of interval... 'pinYintierNum' 'interNum'
pinYinDataLabelBeg'interNum'=Get starting point... 'pinYintierNum' 'interNum'
pinYinDataLabelEnd'interNum'=Get end point... 'pinYintierNum' 'interNum'
endfor
endif
pinYinDataNumber=intervalNum
endif
if 'breaktierNum'>0
dd=Is interval tier... 'breaktierNum'
if dd=0
intervalNum= Get number of points... 'breaktierNum'
for interNum from 1 to intervalNum
breakDataLabel'interNum'$= Get label of point... 'breaktierNum' 'interNum'
breakDataTime'interNum'=Get time of point... 'breaktierNum' 'interNum'
endfor
endif
breakDataNumber=intervalNum
endif
if pinYinDataNumber>0
for interNum from 1 to pinYinDataNumber
fileappend 'saveFileName$' 'textGridFileName$'
fileappend 'saveFileName$',
IN$=pinYinDataLabel'interNum'$

```

```

fileappend 'saveFileName$' 'IN$'
fileappend 'saveFileName$' ,
bT=pinYinData1Beg'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'bT'
fileappend 'saveFileName$' ,
eT=pinYinDataEnd'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'eT'
fileappend 'saveFileName$' ,
sL=pinYinDataEnd'interNum'-pinYinData1Beg'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$' ,
if 'shengYuntierNum' >0
shengBig=bT+0.005
shengInterNum= Get interval at time... 'shengYuntierNum' 'shengBig'
shengMulabel$= Get label of interval... 'shengYuntierNum' 'shengInterNum'
shengMuBeg=Get starting point... 'shengYuntierNum' 'shengInterNum'
shengMuEnd=Get end point... 'shengYuntierNum' 'shengInterNum'
sL='shengMuEnd'-'shengMuBeg'
fileappend 'saveFileName$' 'shengMulabel$'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'shengMuBeg'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'shengMuEnd'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$' ,
yunEnd=eT-0.005
yunInterNum= Get interval at time... 'shengYuntierNum' 'yunEnd'
yunMulabel$= Get label of interval... 'shengYuntierNum' 'yunInterNum'
yunMuBeg=Get starting point... 'shengYuntierNum' 'yunInterNum'
yunMuEnd=Get end point... 'shengYuntierNum' 'yunInterNum'
sL='yunMuEnd'-'yunMuBeg'
fileappend 'saveFileName$' 'yunMulabel$'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'yunMuBeg'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'yunMuEnd'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$' ,
diaoD$=right$(IN$,1)
diaoZi$=""
if diaoD$="0" or diaoD$="1" or diaoD$="2" or diaoD$="3" or diaoD$="4" or
diaoD$="5"

```

```
diaoZi$=diaoD$
fileappend 'saveFileName$' 'diaoD$'
fileappend 'saveFileName$' ,
else
diaoD$=""
fileappend 'saveFileName$' 'diaoD$'
fileappend 'saveFileName$' ,
endif
diaoD$=right$(yunMulabel$,1)
if diaoD$="0" or diaoD$="1" or diaoD$="2" or diaoD$="3" or diaoD$="4" or
diaoD$="5"
fileappend 'saveFileName$' 'diaoD$'
fileappend 'saveFileName$' ,
else
fileappend 'saveFileName$' 'diaoZi$'
fileappend 'saveFileName$' ,
endif
endif
if 'stresstierNum' >0
stresslabel$="0"
midPoint=(eT-bT)/2+bT
stressInterNum= Get interval at time... 'stresstierNum' 'midPoint'
stresslabel$= Get label of interval... 'stresstierNum' 'stressInterNum'
fileappend 'saveFileName$' 'stresslabel$'
fileappend 'saveFileName$' ,
endif
if breakDataNumber>0
begBreak$="0"
endBreak$="0"
for j from 1 to breakDataNumber
if breakDataTime'j'=bT
begBreak$=breakDataLabel'j'$
endif
endfor
for j from 1 to breakDataNumber
if breakDataTime'j'=eT
endBreak$=breakDataLabel'j'$
endif
endfor
if interNum =1
begBreak$="4"
endif
if interNum =pinYinDataNumber
endBreak$="4"
```

```
endif
fileappend 'saveFileName$' 'begBreak$'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'endBreak$'
fileappend 'saveFileName$' ,
endif
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
endif
select TextGrid 'newFileName$'
Remove
endfor
select Strings list
Remove
endif
exit
```

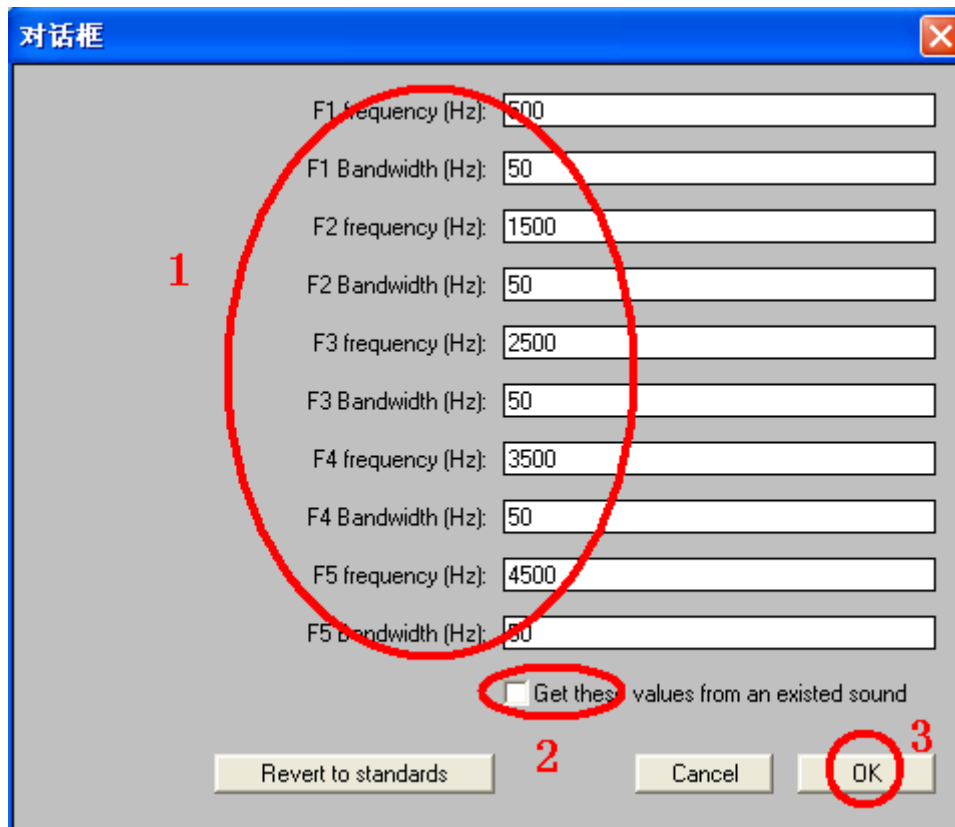
（八）修改一个音段的共振峰特性以得到一个新的声音

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

然后在对象列表窗口选定一个准备修改其共振峰特性的声音文件（请使用单元音的声音）；

然后点击脚本编辑器上的 Run 菜单下的 Run 按钮，以执行本程序；

执行中会弹出一个对话框：



在弹出的对话框里输入合适的共振峰频率和带宽数据，如上图 1 区所示的位置，这要根据目标声音对象的共振峰模式来确定；

如果您不知道如何输入对话框里的数据，请您在弹出的对话框的最下一行 Get these values from an existed sound 之前的复选框里打上对钩，如上图 2 区所示；

设置好之后，请按上图 3 区所示的“OK”按钮提交运行；

如果您在复选框里打上对钩，那么程序接下来会暂停，显示一个对话框，要求您在对象列表窗口里选定一个目标声音对象，并使用声音编辑器来显示目标声音的共振峰数据，并将游标定位到拟参考的位置上；

然后您再按弹出对话框的"Continue"按钮，继续执行；

程序运行结束以后，会在对象列表窗口中生成一个新的声音对象；这个新的声音对象是在修改了原始声音对象的共振峰数据的基础上，使用声源-滤波器合成的，即根据原始声音的声源特性，加上目标声音的共鸣特性而生产的新声音，如采取这个程序可以将/i/转变为/a/，或者将/a/转变为/i/等等。

form 对话框

```
positive F1_frequency_(Hz) 500
positive F1_Bandwidth_(Hz) 50
positive F2_frequency_(Hz) 1500
positive F2_Bandwidth_(Hz) 50
positive F3_frequency_(Hz) 2500
positive F3_Bandwidth_(Hz) 50
positive F4_frequency_(Hz) 3500
positive F4_Bandwidth_(Hz) 50
positive F5_frequency_(Hz) 4500
positive F5_Bandwidth_(Hz) 50
```



```
boolean Get_these_values_from_an_existed_sound 0
endform
soundYN$=selected$("Sound")
Resample... 10000 50
To Formant (burg)... 0 5 5000 0.025 50
Down to FormantTier
soundYReN$=soundYN$+"_10000"
select Sound 'soundYReN$'
To LPC (burg)... 10 0.025 0.005 50
select Sound 'soundYReN$'
plus LPC 'soundYReN$'
Filter (inverse)
soundSN$=soundYReN$+"_s"
Rename... 'soundSN$'
select LPC 'soundYReN$'
Remove
select Formant 'soundYReN$'
Remove
select FormantTier 'soundYReN$'
formantTierN$=selected$("FormantTier")
getData=get_these_values_from_an_existed_sound
if getData=0
ffa=f1_frequency
fba=f1_Bandwidth
ffb=f2_frequency
fbb=f2_Bandwidth
ffc=f3_frequency
fbc=f3_Bandwidth
ffd=f4_frequency
fbd=f4_Bandwidth
ffe=f5_frequency
fbe=f5_Bandwidth
endif
if getData=1
pause 打开一声音对象,并用游标定位共振峰!
soundN$=selected$("Sound")
editor Sound 'soundN$'
ffa=Get first formant
fba=Get first bandwidth
ffb=Get second formant
fbb=Get second bandwidth
ffc=Get third formant
fbc=Get third bandwidth
ffd=Get fourth formant
```

```

fbd=Get fourth bandwidth
ffe=Get formant... 5
fbe=Get bandwidth... 5
endeditor
endif
select FormantTier 'formantTierN$'
pN=Get number of points
tS=Get time from index... 1
tE=Get time from index... 'pN'
tA=tE-tS
tF=tA/(pN-1)
Remove points between... 'tS' 'tE'
for i from 1 to pN
tt=tS+(i-1)*tF
Add point... 'tt' 'ffa' 'fba' 'ffb' 'fbb' 'ffc' 'fbc' 'ffd' 'fbd' 'ffe' 'fbe'
endfor
select FormantTier 'soundYReN$'
plus Sound 'soundSN$'
Filter (no scale)
Scale... 0.4
soundNN$=soundYReN$+"_New"
Rename... 'soundNN$'
select Sound 'soundYReN$'
Remove
select Sound 'soundSN$'
Remove
select FormantTier 'soundYReN$'
Remove
select Sound 'soundNN$'

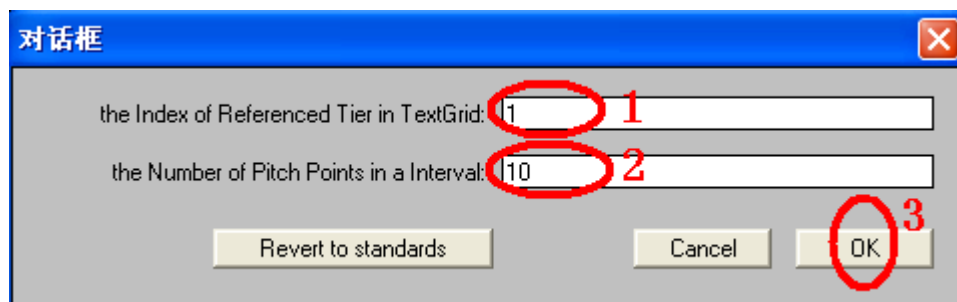
```

（九）提取音节或声韵母的音高数据

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

执行这个程序，你需要在 C 盘 temp 文件夹下存放成对的[同名]TextGrid 和 PitchTier 文件；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：



请在上图 1 位置输入参考标注内容的层级序号，程序将根据参考标注内容提供的边界信息来提取音高数据；请在上图 2 位置输入提取基频点的个数，程序将根据这个参量来决定一个单元内（如音节或声韵母）的基频点数目。设置好之后请按上图 3 的“OK”按钮继续运行。

运行结束后，您将在 C 盘 temp 文件夹下找到提取出来的数据文件，其名称是 TextGrid 文件的名称加上“_Pitch”，类型是文本文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

form 对话框

```

positive the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid 1
positive the_Number_of_Pitch_Points_in_a_Interval 10
endform
dirPath$ = "C:\temp\"
Create Strings as file list... list 'dirPath$\*.TextGrid'
fileNum= Get number of strings
tierNum=the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid
pointNum =the_Number_of_Pitch_Points_in_a_Interval
for ifile to fileNum
select Strings list
fileName$ = Get string... ifile
newFileName$ = fileName$ - ".TextGrid"
textGridFileName$= newFileName$ + ".TextGrid"
textGridFileName$ = dirPath$ + textGridFileName$
pitchTierFileName$= newFileName$ + ".PitchTier"
pitchTierFileName$= dirPath$ + pitchTierFileName$
saveFileName$= newFileName$ + "_Pitch.txt"
saveFileName$ = dirPath$ + saveFileName$
filedelete 'saveFileName$'
fileappend 'saveFileName$' 文件名
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 标注内容
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 起点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 末点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 时长

```

```

fileappend 'saveFileName$',
Read from file... 'pitchTierFileName$'
select PitchTier 'newFileName$'
pitchPointNum=Get number of points
for pitchNum from 1 to pitchPointNum
pitchTime'pitchNum'=Get time from index... 'pitchNum'
endfor
pitchNum=pitchPointNum+1
pitchTime'pitchNum'=Get finishing time
Read from file... 'textGridFileName$'
select TextGrid 'newFileName$'
dd=Is interval tier... 'tierNum'
if dd=1
intervalNum= Get number of intervals... 'tierNum'
endif
if dd=0
intervalNum= Get number of points... 'tierNum'
endif
beginTime0=0
endTime0=0
for interNum from 1 to intervalNum
if dd=1
labeName'interNum'$= Get label of interval... 'tierNum' 'interNum'
beginTime'interNum'=Get starting point... 'tierNum' 'interNum'
endTime'interNum'=Get end point... 'tierNum' 'interNum'
selLength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
if dd=0
labeName'interNum'$= Get label of point... 'tierNum' 'interNum'
xuhao='interNum'-1
beginTime'interNum'=endTime'xuhao'
endTime'interNum'=Get time of point... 'tierNum' 'interNum'
selLength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
startPoint=1
pitchStartTime=0
pitchEndTime=0
startSel=0
sT=beginTime'interNum'
eT=endTime'interNum'
pitchStartTime'interNum'=0
pitchEndTime'interNum'=0
for pitchNum from startPoint to pitchPointNum
if pitchTime'pitchNum'>=sT and pitchTime'pitchNum'<=eT

```

```

startSel=startSel+1
if startSel=1
pitchStartTime'interNum'=pitchTime'pitchNum'
endif
pitchNextNum=pitchNum+1
pitchNextTime=pitchTime'pitchNextNum'
if pitchNextTime>eT
pitchEndTime'interNum'=pitchTime'pitchNum'
endif
startPoint=pitchNum-1
endif
endfor
endfor
select PitchTier 'newFileName$'
dianNum= pointNum
for interNum from 1 to intervalNum
if interNum =1
fileappend 'saveFileName$' 基频起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 基频末点
fileappend 'saveFileName$',
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -基频值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endif
fileappend 'saveFileName$' 'textGridFileName$'
fileappend 'saveFileName$',
IN$=labeName'interNum'$
fileappend 'saveFileName$' 'IN$'
fileappend 'saveFileName$',
bT=beginTime'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'bT'
fileappend 'saveFileName$',
eT=endTime'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'eT'
fileappend 'saveFileName$',
sL=selLength'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$',
pST=pitchStartTime'interNum'

```

```

pET=pitchEndTime'interNum'
if pST>0 and pET>0
fileappend 'saveFileName$' 'pST'
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 'pET'
fileappend 'saveFileName$',
a=pST
b=pET
c=('b'-'a')/('dianNum'-1)
select PitchTier 'newFileName$'
tempposition= 'a'
for pitchdata from 1 to 'dianNum'
pitchTemp= Get value at time... 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'pitchTemp'
fileappend 'saveFileName$',
tempposition='tempposition'+'c'
endfor
endif
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
endif
select TextGrid 'newFileName$'
Remove
select PitchTier 'newFileName$'
Remove
endfor
select Strings list
Remove
exit

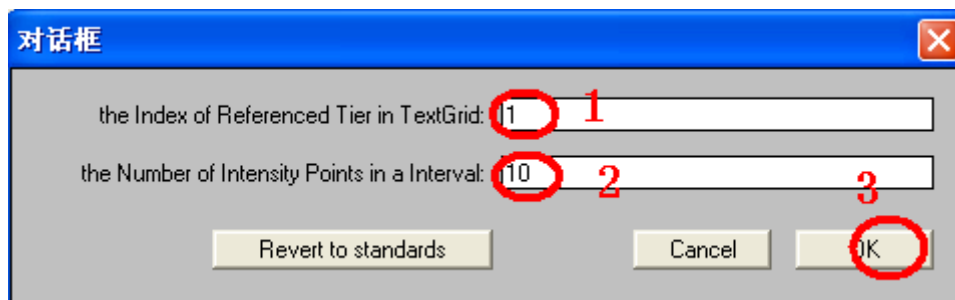
```

（十）提取音节的强度数据

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

执行这个程序，你需要在 C 盘 temp 文件夹下存放成对的[同名]TextGrid 和 Sound 文件；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：



请在上图 1 位置输入参考标注内容的层级序号，程序将根据参考标注内容提供的边界信息来提取强度数据；请在上图 2 位置输入提取强度点的个数，程序将根据这个参量来决定一个单元内（如音节或声韵母）的强度点数目。设置好之后请按上图 3 的“OK”按钮继续运行。

运行结束后，您将在 C 盘 temp 文件夹下找到提取出来的数据文件，其名称是 TextGrid 文件的名称加上“_Intensity”，类型是文本文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

form 对话框

```

positive the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid 1
positive the_Number_of_Intensity_Points_in_a_Interval 10
endform
dirPath$ = "C:\temp\"
Create Strings as file list... list 'dirPath$\*.wav'
fileNum= Get number of strings
tierNum=the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid
pointNum =the_Number_of_Intensity_Points_in_a_Interval
for ifile to fileNum
select Strings list
fileName$ = Get string... ifile
newFileName$ = fileName$ - ".wav"
textGridFileName$= newFileName$ + ".TextGrid"
textGridFileName$ = dirPath$ + textGridFileName$
wavFileName$= newFileName$ + ".wav"
wavFileName$= dirPath$ + wavFileName$
saveFileName$= newFileName$ + "_Intensity.txt"
saveFileName$ = dirPath$ + saveFileName$
filedelete 'saveFileName$'
fileappend 'saveFileName$' 文件名
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 标注内容
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 起点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 末点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 时长

```

```
fileappend 'saveFileName$',
Read from file... 'wavFileName$'
To Intensity... 100 0
select Intensity 'newFileName$'
intensityPointNum=Get number of frames
for intensityNum from 1 to intensityPointNum
intensityTime'intensityNum'=Get time from frame number... 'intensityNum'
endfor
intensityNum=intensityPointNum+1
intensityTime'intensityNum'=Get finishing time
Read from file... 'textGridFileName$'
select TextGrid 'newFileName$'
dd=Is interval tier... 'tierNum'
if dd=1
intervalNum= Get number of intervals... 'tierNum'
endif
if dd=0
intervalNum= Get number of points... 'tierNum'
endif
beginTime0=0
endTime0=0
for interNum from 1 to intervalNum
if dd=1
labeName'interNum'$= Get label of interval... 'tierNum' 'interNum'
beginTime'interNum'=Get starting point... 'tierNum' 'interNum'
endTime'interNum'=Get end point... 'tierNum' 'interNum'
selLength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
if dd=0
labeName'interNum'$= Get label of point... 'tierNum' 'interNum'
xuhao='interNum'-1
beginTime'interNum'=endTime'xuhao'
endTime'interNum'=Get time of point... 'tierNum' 'interNum'
selLength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
startPoint=1
intensityStartTime=0
intensityEndTime=0
startSel=0
sT=beginTime'interNum'
eT=endTime'interNum'
intensityStartTime'interNum'=0
intensityEndTime'interNum'=0
for intensityNum from startPoint to intensityPointNum
```



```

if intensityTime'intensityNum'>=sT and intensityTime'intensityNum'<=eT
startSel=startSel+1
if startSel=1
intensityStartTime'interNum'=intensityTime'intensityNum'
endif
intensityNextNum=intensityNum+1
intensityNextTime=intensityTime'intensityNextNum'
if intensityNextTime>eT
intensityEndTime'interNum'=intensityTime'intensityNum'
endif
startPoint=intensityNum-1
endif
endfor
endfor
select Intensity 'newFileName$'
dianNum= pointNum
dN=dianNum-1
for interNum from 1 to intervalNum
if interNum =1
fileappend 'saveFileName$' 能量起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 能量末点
fileappend 'saveFileName$',
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -能量值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dN
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -点
ddN=dian+1
fileappend 'saveFileName$' 'ddN'
fileappend 'saveFileName$' -之间的能量平均值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endif
fileappend 'saveFileName$' 'textGridFileName$'
fileappend 'saveFileName$',
IN$=labeName'interNum'$
fileappend 'saveFileName$' 'IN$'

```

```
fileappend 'saveFileName$' ,
bT=beginTime'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'bT'
fileappend 'saveFileName$' ,
eT=endTime'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'eT'
fileappend 'saveFileName$' ,
sL=selLength'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$' ,
pST=intensityStartTime'interNum'
pET=intensityEndTime'interNum'
if pST>0 and pET>0
fileappend 'saveFileName$' 'pST'
fileappend 'saveFileName$' ,
fileappend 'saveFileName$' 'pET'
fileappend 'saveFileName$' ,
a=pST
b=pET
c=('b'-'a')/('dianNum'-1)
!select Intensity 'newFileName$'
tempposition= 'a'
for intensitydata from 1 to 'dianNum'
intensityTemp= Get value at time... 'tempposition' Cubic
fileappend 'saveFileName$' 'intensityTemp'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+'c'
endfor
tempposition= 'a'+'c'
for intensitydata from 1 to 'dN'
st='tempposition'-'c'
intensityMean=Get mean... 'st' 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'intensityMean'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+'c'
endfor
endif
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
endif
select TextGrid 'newFileName$'
Remove
select Intensity 'newFileName$'
Remove
```

```

select Sound 'newFileName$'
Remove
endfor
select Strings list
Remove
exit

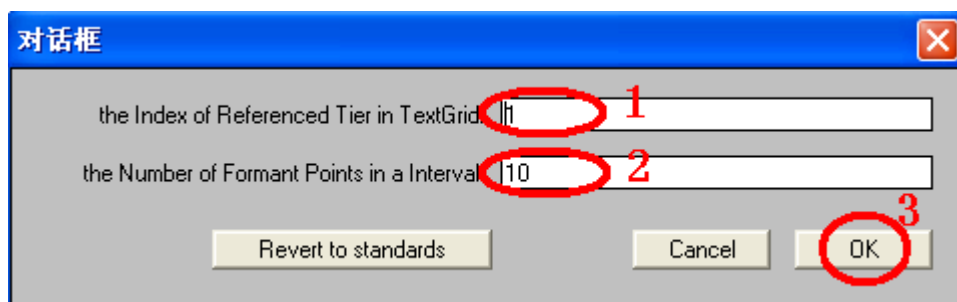
```

(十一) 提取音节或声韵母的共振峰数据

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

执行这个程序，你需要在对象列表窗口打开两个 TextGrid 类型的文件，一个是用来存放标注数据的，一个用来存放提取并修改后的共振峰数据的；并选定其中那个保存有共振峰数据的 TextGrid 对象；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：



请在上图 1 位置输入参考标注内容的层级序号，程序将根据参考标注内容提供的边界信息来提取共振峰数据；请在上图 2 位置输入提取共振峰数据的个数，程序将根据这个参量来决定一个单元内（如音节或声韵母）的共振峰数据的数目。设置好之后请按上图 3 的“OK”按钮继续运行。

运行结束后，您将在“C:/temp.txt”文件中找到提取出来的数据文件。您可以使用 Excel 表格打开刚才得到的数据文件，以观察和分析数据。

form 对话框

```

positive the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid 1
positive the_Number_of_Formant_Points_in_a_Interval 10
endform

tierNum=the_Index_of_Referenced_Tier_in_TextGrid
pointNum=the_Number_of_Formant_Points_in_a_Interval
saveFileName$="c:/temp.txt"
formantTextGridN$=selected$("TextGrid")
textGridN$=formantTextGridN$-"_Formant"
formantTierN$=formantTextGridN$-"_Formant"
sT=Get starting time
fT=Get finishing time
tN=Get number of tiers
for i from 1 to tN

```

```

k=tN-i+1
pN=Get number of points... 'i'
for j from 1 to pN
  tP'j'=Get time of point... 'i' 'j'
  lP$=Get label of point... 'i' 'j'
  if index(lP$,"-")>0
    a=index(lP$,"-")-1
    b=length(lP$)
    b=b-a-1
    fP'k"j'=extractNumber(left$(lP$,a),"")
    bP'k"j'=extractNumber(right$(lP$,b),"")
  endif
endfor
endfor
a=0
b=1
tP'a=sT
for j from 1 to tN
  fP'j"a'=fP'j"b'
  bP'j"a'=bP'j"b'
endfor
pN=pN+1
tP'pN'=fT
b=pN-1
for j from 1 to tN
  fP'j"pN'=fP'j"b'
  bP'j"pN'=bP'j"b'
endfor
Create FormantTier... 'formantTierN$' 'sT' 'fT'
for i from 1 to pN
  tt=tP'i'
  b=i-1
  tD=tP'i'-tP'b'
  apN=floor(tD/0.01)
  for k from 1 to apN
    b=i-1
    tt=tP'b'+k*0.01
    for j from 1 to 5
      f'j'=0
      b'j'=0
    endfor
    for j from 1 to tN
      b=i-1
      pD=fP'j"i'-fP'j"b'

```

```

bD=bP'j"i'-bP'j"b'
fj'=fP'j"b'+pD*k/apN
b'j'=bP'j"b'+bD*k/apN
endfor
if tN=5
Add point... 'tt' 'f1' 'b1' 'f2' 'b2' 'f3' 'b3' 'f4' 'b4' 'f5' 'b5'
endif
if tN=4
Add point... 'tt' 'f1' 'b1' 'f2' 'b2' 'f3' 'b3' 'f4' 'b4'
endif
if tN=3
Add point... 'tt' 'f1' 'b1' 'f2' 'b2' 'f3' 'b3'
endif
if tN=2
Add point... 'tt' 'f1' 'b1' 'f2' 'b2'
endif
endfor
endfor
formantPointNum=Get number of points
for formantNum from 1 to formantPointNum
formantTime'formantNum'=Get time from index... 'formantNum'
endfor
formantNum=formantPointNum+1
formantTime'formantNum'=Get finishing time
select TextGrid 'textGridN$'
dd=Is interval tier... 'tierNum'
if dd=1
intervalNum= Get number of intervals... 'tierNum'
endif
if dd=0
intervalNum= Get number of points... 'tierNum'
endif
beginTime0=0
endTime0=0
for interNum from 1 to intervalNum
if dd=1
labeName'interNum'$= Get label of interval... 'tierNum' 'interNum'
beginTime'interNum'=Get starting point... 'tierNum' 'interNum'
endTime'interNum'=Get end point... 'tierNum' 'interNum'
sellength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
if dd=0
labeName'interNum'$= Get label of point... 'tierNum' 'interNum'
xuhao='interNum'-1

```

```
beginTime'interNum'=endTime'xuhao'
endTime'interNum'=Get time of point... 'tierNum' 'interNum'
sellength'interNum'=endTime'interNum'-beginTime'interNum'
endif
formantStartTime=0
formantEndTime=0
startSel=0
startPoint=1
sT=beginTime'interNum'
eT=endTime'interNum'
formantStartTime'interNum'=0
formantEndTime'interNum'=0
for formantNum from startPoint to formantPointNum
if formantTime'formantNum'>=sT and formantTime'formantNum'<=eT
startSel=startSel+1
if startSel=1
formantStartTime'interNum'=formantTime'formantNum'
endif
formantNextNum=formantNum+1
formantNextTime=formantTime'formantNextNum'
if formantNextTime>eT
formantEndTime'interNum'=formantTime'formantNum'
endif
startPoint=formantNum-1
endif
endfor
endfor
filedelete 'saveFileName$'
fileappend 'saveFileName$' 文件名
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 标注内容
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 起点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 末点时间
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 时长
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 共振峰起点
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 共振峰末点
fileappend 'saveFileName$',
dianNum= pointNum
if dianNum>1
```

```
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F1 频率值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F2 频率值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F3 频率值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F1 带宽值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F2 带宽值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
for dian from 1 to dianNum
fileappend 'saveFileName$' 点
fileappend 'saveFileName$' 'dian'
fileappend 'saveFileName$' -F3 带宽值
fileappend 'saveFileName$',
endfor
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
for interNum from 1 to intervalNum
fileappend 'saveFileName$' 'textGridN$'
fileappend 'saveFileName$',
IN$=labeName'interNum'$
fileappend 'saveFileName$' 'IN$'
fileappend 'saveFileName$',
bT=beginTime'interNum'
```

```
fileappend 'saveFileName$' 'bT'
fileappend 'saveFileName$',
eT=endTime'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'eT'
fileappend 'saveFileName$',
sL=selLength'interNum'
fileappend 'saveFileName$' 'sL'
fileappend 'saveFileName$',
c=0
for j from 1 to pN
a=tP'j'
if a>=bT and a<=eT
c=c+1
ttt'c'=tP'j'
endif
endfor
if c>0
!pST=formantStartTime'interNum'
!pET=formantEndTime'interNum'
pST=ttt1
pET=ttt'c'
if pST>0 and pET>0
fileappend 'saveFileName$' 'pST'
fileappend 'saveFileName$',
fileappend 'saveFileName$' 'pET'
fileappend 'saveFileName$',
a=pST
b=pET
select FormantTier 'formantTierN$'
c=('b'-'a')/('dianNum'-1)
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get value at time... 1 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$',
tempposition='tempposition'+'c'
endfor
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get value at time... 2 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$',
tempposition='tempposition'+'c'
endfor
```



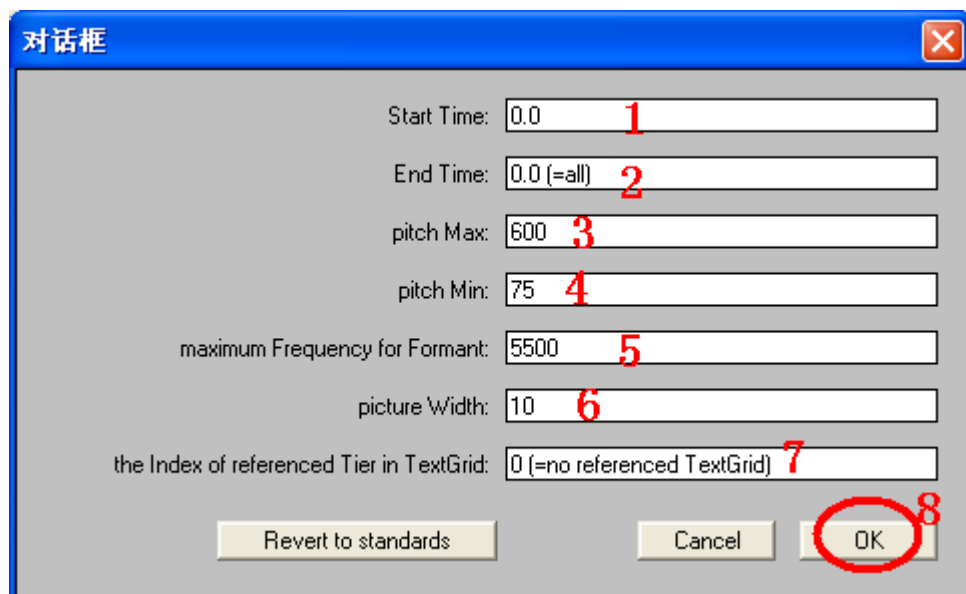
```
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get value at time... 3 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+ 'c'
endfor
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get bandwidth at time... 1 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+ 'c'
endfor
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get bandwidth at time... 2 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+ 'c'
endfor
tempposition= 'a'
for formantdata from 1 to 'dianNum'
formantTemp= Get bandwidth at time... 3 'tempposition'
fileappend 'saveFileName$' 'formantTemp'
fileappend 'saveFileName$' ,
tempposition='tempposition'+ 'c'
endfor
endif
endif
fileappend 'saveFileName$' 'newline$'
endfor
endif
select FormantTier 'formantTierN$'
Remove
```

（十二）语音数据作图

点击主窗口的 Control 菜单下的 New praat script 按钮，以建立一个新的脚本语言编辑窗口，然后将脚本语言拷贝到脚本语言编辑窗口中；

执行这个程序，你需要在对象列表窗口选定一个声音对象；

然后按脚本编辑窗口的 Run 菜单下的 Run 按钮执行程序；运行时，会弹出一个对话框，如下图所示：



在上图 1 位置输入起点时间；在上图 2 位置输入终点时间；在上图 3 位置输入音高分析的基频最大值；在上图 4 位置输入音高分析的基频最小值；在上图 5 位置输入共振峰分析的频率最大值；在上图 6 位置输入作图窗口的宽度；在上图 7 位置输入标注参考的层级，如果不用标注数据，则保持 0 不变。设置好了之后，请按上图 8 位置的“OK”按钮；

如果在上图 7 的位置输入了大于 0 的数据，程序运行过程中会自动新建一个标注文件，您可以在其中标注所要的内容；也可以打开一个已经标注好了的标注文件以替换新建的标注文件，但要求原有标注文件具有相同于新建标注文件的名称，打开原有标注文件以后，请删除掉新建的空的标注文件，然后选定原有的标注文件；标注好或者打开了原有的标注文件以后，按“Continue”继续运行；

接下来程序还会问你是否需要修改基频数据，如果不必修改，请按“Continue”继续运行；您也可以打开一个已经修改好了的 PitchTier 对象替换分析出来的可能有错误的 PitchTier 对象，然后按“Continue”继续运行；

执行结束以后，您在 Praat picture 窗口将得到一系列的语音数据图。

form 对话框

```
real Start_Time 0.0
real End_Time 0.0 (=all)
positive pitch_Max 600
positive pitch_Min 75
positive maximum_Frequency_for_Formant 5500
positive picture_Width 10
real the_Index_of_referenced_Tier_in_TextGrid 0 (=no referenced TextGrid)
endform
sT=start_Time
eT=end_Time
f0Max=pitch_Max
f0Min=pitch_Min
freFormant=maximum_Frequency_for_Formant
freBMax=5000
```

```

freNMax=5000
rTn=the_Index_of_referenced_Tier_in_TextGrid
picWidth=picture_Width
name$= selected$ ("Sound")
if eT=0
eT=Get finishing time
endif
if rTn>0
To TextGrid... PY
#注释： 以下暂停以等待使用者进行音节标注，如果不愿意标注，直接按
continue 即可，如果标注则等到标注好之后按 continue 即可
pause 是否进行音节切分与标注？
select TextGrid 'name$'
tN$=Get tier name... 'rTn'
aI=Is interval tier... 'rTn'
Extract tier... 'rTn'
Into TextGrid
if aI=1
select IntervalTier 'tN$'
Remove
else
select TextTier 'tN$'
Remove
endif
select TextGrid 'name$'
Remove
endif
#注释： 以下进行共振峰分析
select Sound 'name$'
To Formant (burg)... 0.01 5 'freFormant' 0.025 50
select Sound 'name$'
To Pitch... 0.01 'f0Min' 'f0Max'
pM=Get mean... 0 0 Hertz
#注释： 以下暂停以等待使用者进行基频修改，如果不需要修改，直接按
continue 即可，如果修改则等到修改好之后按 continue 即可
pause 是否需要调整基频数据？
#注释： 以下进行频谱分析（宽带）
select Sound 'name$'
To Spectrogram... 0.005 'freBMax' 0.002 20 Gaussian
#注释： 以下进行强度分析
select Sound 'name$'
To Intensity... 100 0
#注释： 以下作图
Erase all

```

```

#注释： 以下得到语音时长
waveTime= Get duration
#注释： 以下根据语音时长以确定作图宽度，设计最大宽度为 6.5，刚好与
Word 默认页面等宽
waveTime= waveTime * 'picWidth'+0.1
if waveTime>6.5
waveTime=6.5
endif
#注释： 以下得到宽带语图
Viewport... 0.2 waveTime 0 2
select Spectrogram 'name$'
Paint... 'sT' 'eT' 0 0 100 yes 50 6 0 no
Draw inner box
select Spectrogram 'name$'
Remove
#注释： 以下在宽带语图上作共振峰图
Yellow
select Formant 'name$'
Speckle... 0 0 'freBMax' 30 no
Marks left... 6 yes yes yes
Black
Viewport... 0 0.5 0 2
Viewport text... Centre Half 90 Frequency(Hz)
#注释： 以下进行窄带分析并作图
select Sound 'name$'
To Spectrogram... 0.03 'freBMax' 0.002 20 Gaussian
Viewport... 0.2 waveTime 1.5 3.5
select Spectrogram 'name$'
freNMax=pM*10
freNMax=freNMax div 100
freNMax=(freNMax+1)*100
Paint... 'sT' 'eT' 0 'freNMax' 100 yes 50 6 0 no
Draw inner box
Marks left... 6 yes yes yes
Black
Viewport... 0 0.5 1.5 3.5
Viewport text... Centre Half 90 Frequency(Hz)
select Pitch 'name$'
pMin=Get minimum... 0 0 Hertz Parabolic
pMax=Get maximum... 0 0 Hertz Parabolic
pMin=pMin-20
pMax=pMax+20
#注释： 以下作音高图
Red

```

```

Viewport... 0.2 waveTime 3 5
select Pitch 'name$'
Speckle... 'sT' 'eT' 'pMin' 'pMax' no
Marks left... 6 yes yes yes
Draw inner box
Black
Viewport... 0 0.5 3 5
Viewport text... Centre Half 90 Pitch(Hz)
select Intensity 'name$'
iMin=Get minimum... 0 0 Parabolic
iMax=Get maximum... 0 0 Parabolic
iMin=iMin-5
if iMin<40
iMin=40
endif
iMax=iMax+5
#注释： 以下作强度图
select Intensity 'name$'
Viewport... 0.2 waveTime 4.5 6.5
Blue
Draw... 'sT' 'eT' 'iMin' 'iMax' no
Marks left... 6 yes yes yes
Draw inner box
Black
Viewport... 0 0.5 4.5 6.5
Viewport text... Centre Half 90 Intensity(dB)
#注释： 以下作波形图， 如果标注了音节数据， 同时会画出音节边界
Black
Viewport... 0.2 waveTime 6 8
select Sound 'name$'
wavMin=Get minimum... 0 0 None
wavMin='wavMin:3'
wavMax=Get maximum... 0 0 None
wavMax='wavMax:3'
Draw... 'sT' 'eT' 0 0 no curve
Draw inner box
One mark left... 0 yes yes no 0
One mark left... 'wavMin' yes yes no 'wavMin'
One mark left... 'wavMax' yes yes no 'wavMax'
Viewport... 0 0.5 6 8
Viewport text... Centre Half 90 Waveform
if rTn>0
select TextGrid grid
Viewport... 0.2 waveTime 6.5 8.5

```

```
Draw... 'sT' 'eT' no yes no
Viewport... 0 waveTime 0 8.5
select TextGrid grid
Remove
else
Viewport... 0 waveTime 0 8
endif
```

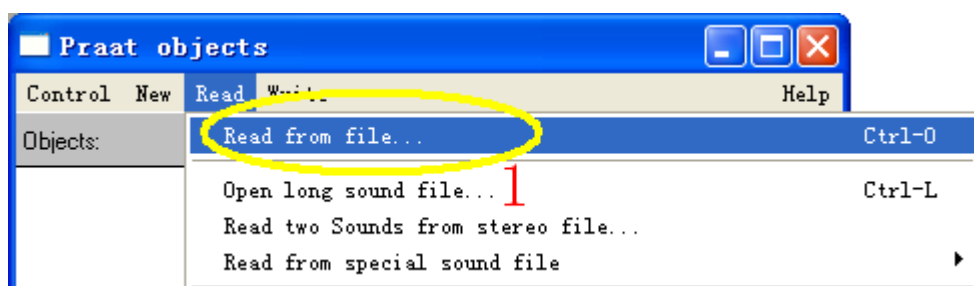
#注释：以下将作出的图拷贝到剪贴板，以便能够拷贝到 Word 之类的应用程序之中

```
Copy to clipboard
#注释：以下清除掉临时产生的文件
select Pitch 'name$'
plus Spectrogram 'name$'
plus Formant 'name$'
plus Formant 'name$'
plus Intensity 'name$'
Remove
select Sound 'name$'
```

附录 文件操作

(一) 读取文件：

第一步：点击 Read 菜单里的 Read from file ... 下拉菜单；

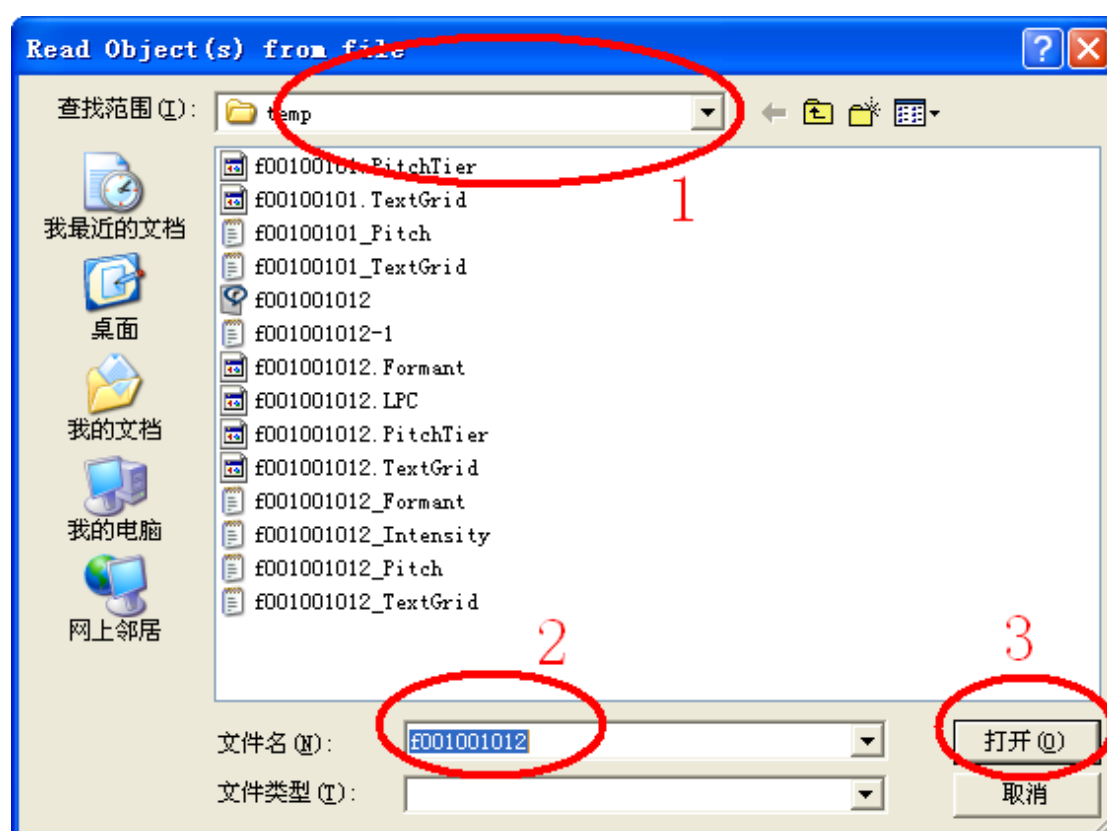


第二步：在弹出的下面窗口中选择您要打开的文件；

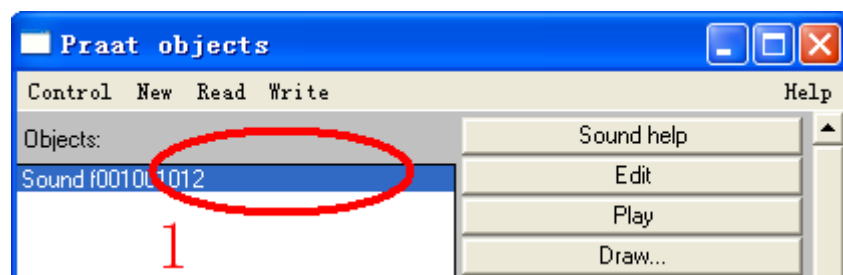
在下图 1 位置确定文件所在的文件夹位置；

在下图 2 位置选择您需要的文件；

在下图 3 位置点击“打开”按钮。

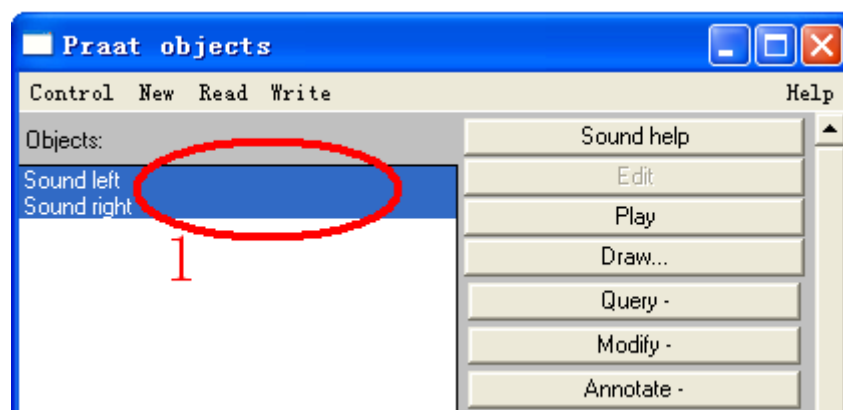


至此，在 Praat 软件的对象列表窗口(Obejct)中，可以看见您刚才打开的文件。如下图 1 所示：



说明：

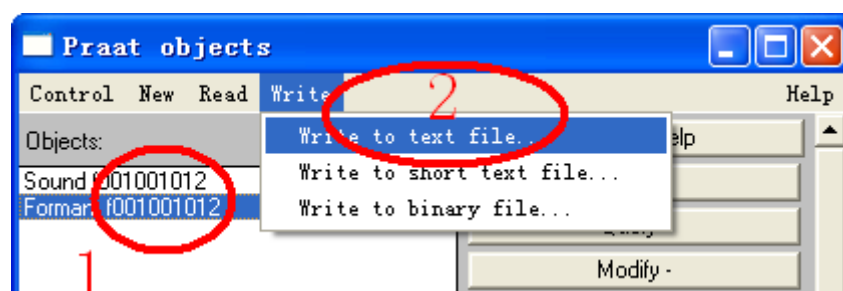
如果您打开的是立体声（双声道）的声音文件，请在第一步操作中使用 Read 菜单里的 Read two Sounds from stereo file ... 下拉菜单；第二步的操作同上。至此，在 Praat 软件的对象列表窗口(Object)中，可以看见您刚才打开的文件，分左右两个声道单独显示，如下图所示：



另外，如果您的声音文件特别长的话，为了尽量减少占用内存，请在第一步操作中使用 Read 菜单里的 Read long Sounds file ... 下拉菜单。

（二）保存文件

第一步，在 Praat 软件的对象列表窗口(Object)中单击您要保存的文件，单击后其颜色变蓝，如下图 1 所示；然后点 Write 菜单里的 Write to text file ... 下拉菜单。

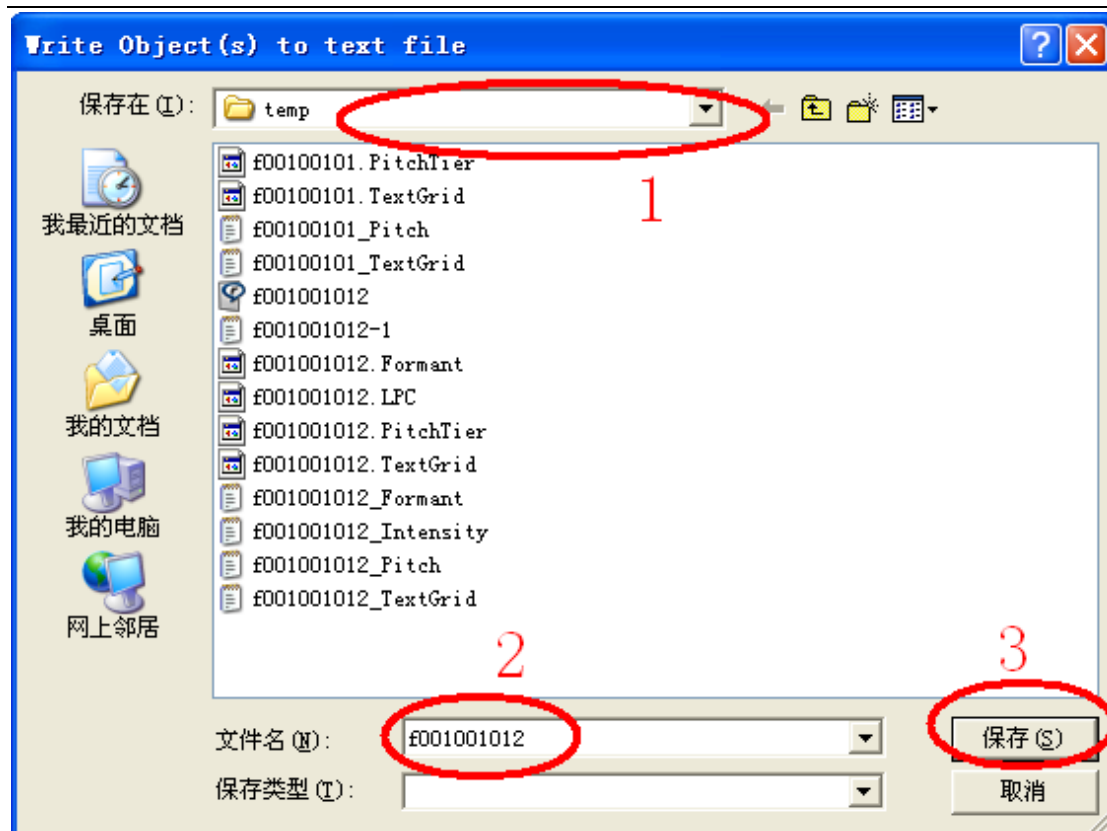


第二步：在弹出的下面窗口中选择您要保存的位置和文件名；

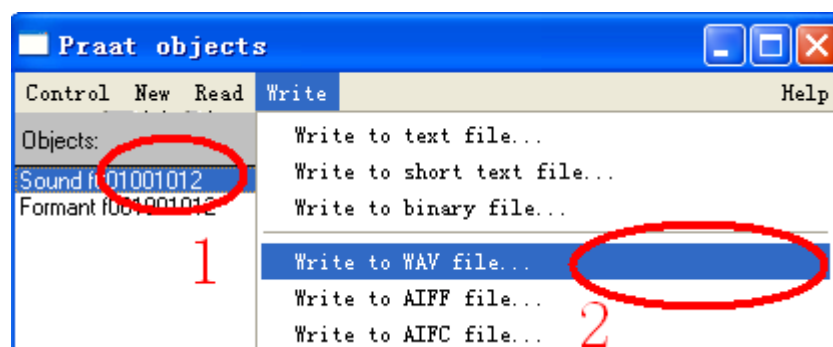
在下图 1 位置确定文件要保存到的文件夹位置；

在下图 2 位置输入合适的文件名；

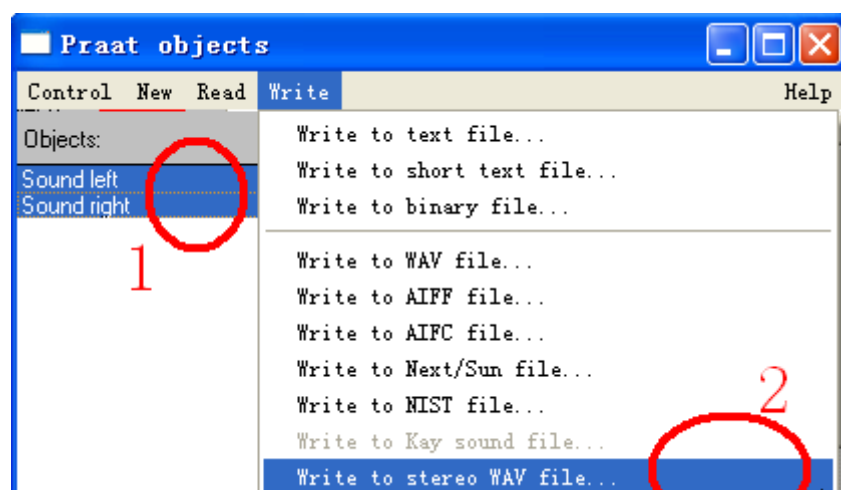
在下图 3 位置点击“保存”按钮。



说明：如果您保存的是单声道的声音文件，请使用 Write 菜单里的 Write to WAV file ... 下拉菜单。如下图 2 所示：



如果您想将两个声音文件保存成一个双声道的声音文件，请使用 Write 菜单里的 Write to stereo WAV file ... 下拉菜单。如下图 2 所示：

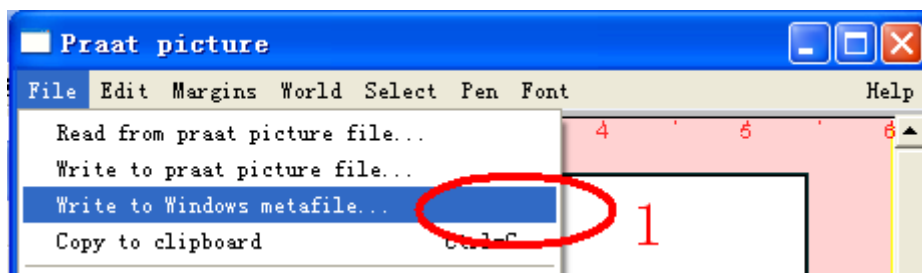


请注意由于对象窗口中所选择对象类型的不同，菜单的下拉菜单内容不同。除了声音文件[* .wav]以外，其他类型的文件都可以用 Write to text file ... 下拉菜单。

图形文件保存与复制

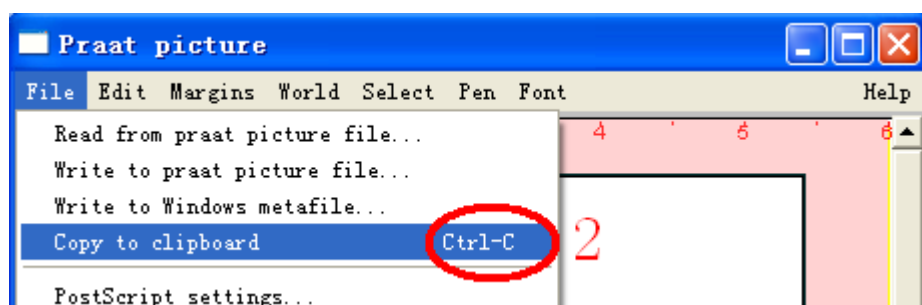
1 保存

点击 Praat picture 窗口的 File 菜单下的 Write to Windows metafile ... 按钮，如下图所示。然后再弹出的对话框里选择合适的保存位置以及文件名，按“存按”即可。



2 复制

首先请选择您需要复制的区间，然后按下图 2 所示位置的 Copy to clipboard 按钮，然后打开一个 word 文件，再粘贴进去即可。



特别提醒：

在 Praat 软件的使用过程中，软件自身不会自动保存任何数据。如果您要重要的数据，一定注意随时保存自己的数据文件，以免丢失。