

# HOMEWORK 1

## 神经影像与神经记录方法

生 51 陈旭鹏  
学号: 2014012882

2018 年 3 月 20 日

### 1 MRI 大脑结构分析

#### 1.1 大脑占比

利用网站 <http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/fswiki/CorticalParcellation> 的相关注释, 找到数据中每个 voxel 的编号所对应的脑区, 可以观察到大脑皮层的脑区数据编号为 1000 2000, 且左脑为 1000 开头, 右脑为 2000 开头。在对应时也把 Cingulate 考虑了进去。将四个脑区的左右脑对应的 voxel 分别重新赋值为 1~8 方便计数, 可视化结果如下。

利用逐层统计的方法可以计算两个大脑四个脑区分别的面积占比:

|        | Frontal lobe | Temporal lobe | Parietal lobe | Occipital lobe |
|--------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Brain1 | 0.384        | 0.283         | 0.226         | 0.105          |
| Brain2 | 0.398        | 0.286         | 0.225         | 0.089          |

这里的统计面积占比的方法似乎不够科学, 如果要统计真正表面积的话, 应该做的是对大脑皮层重新建模, 然后获得各个脑区的表面积。我设想了一种计算的方法, 但是由于比较麻烦没有实现, 思路如下: 找到每层的同一脑区的曲线并连接 (但不连通), 可以利用膨胀腐蚀等算法, 并用图像处理算法找到曲线的坐标。然后逐层如此处理, 获得同一脑区的曲线的逐层坐标。然后利用最近邻算法找到相邻层的应该连接的点, 但是这里可能有一些对应上的问题需要处理。然后计算相邻层的小三角形的面积以逼近表面积。

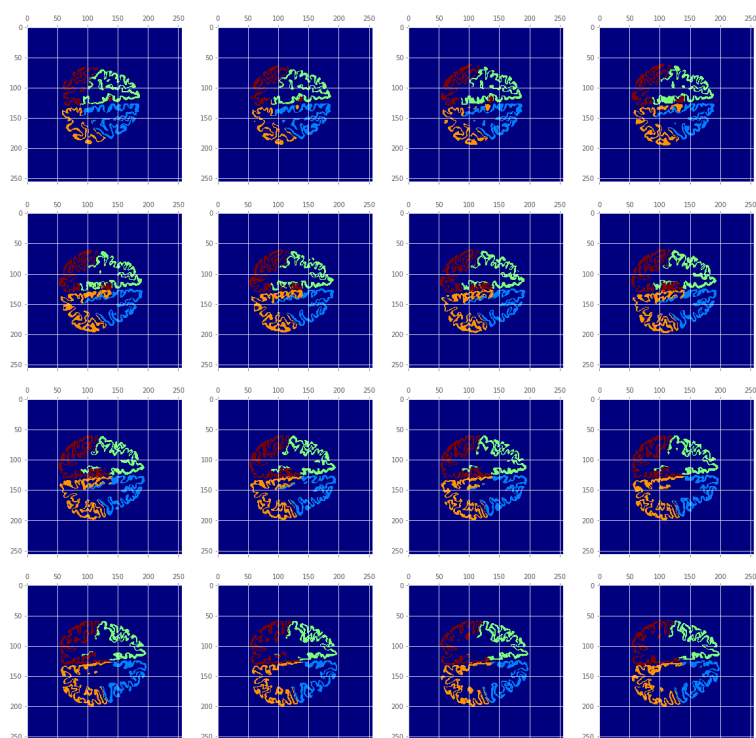


图 1: 可视化部分层重新编号的四个脑区

## 1.2 对称性

### 1.2.1 只考虑左右脑面积比的方法

总的大脑皮层的右脑与左脑关系：

|        | right brain region | left brain region | left vs right region ratio |
|--------|--------------------|-------------------|----------------------------|
| Brain1 | 244742             | 249244            | 1.0183                     |
| Brain2 | 210662             | 206534            | 0.9804                     |

分别考虑四个脑区左脑与右脑的面积差的比例：

|        | Frontal lobe | Temporal lobe | Parietal lobe | Occipital lobe |
|--------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Brain1 | -0.022       | -0.0133       | -0.037        | 0.027          |
| Brain2 | -0.006       | 0.038         | 0.017         | 0.0932         |

### 1.2.2 先使左右脑重合再考虑相关性的方法

这里我们想用更科学的方法考虑对称性，考虑到人脸识别领域，有方法可以先把两个人脸尽可能的重合，然后再去算对应位置的坐标的相关系数，来衡量相关性，本解法考虑了这种方法。具体做法如下：

- 对右脑或左脑做镜像对称
- 统计两侧脑区的 voxel 数量，将多的一边随机删除一些值保持两边坐标点一致
- 使用 ICP 算法 (iterative closest points) 对齐左右脑，获得变换需要的矩阵
- 注意左右脑的坐标并不是一一对应的，必须用最近邻算法先将对应点对应起来，再用变换矩阵将左右脑对齐
- 计算对齐后的  $r^2$

最终利用 ICP 和 Nearest Neighbor 算法对齐，计算左右脑的  $r^2$  为 0.99893 和 0.9987，可以认为两个大脑的对称性都相当好。

## 2 功能磁共振 fMRI 数据分析练习

### 2.1 主要规律

可以发现异侧大脑的 BOLD 信号在某侧手的刺激几秒后信号出现峰值。

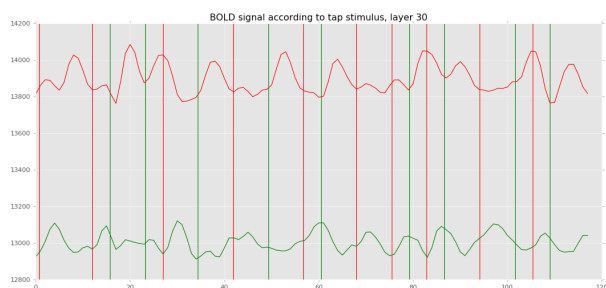


图 2: 绘制 BOLD 信号与左右手刺激的关系 layer30

### 2.2 用软件绘制 peristimulus plot

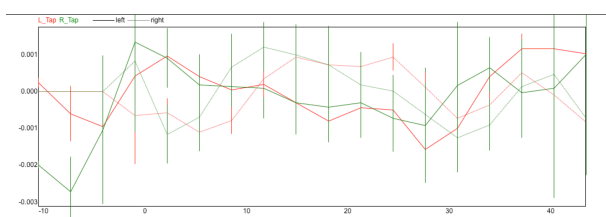


图 3: mricron 绘制 peristimulus plot

我认为就是 modeled rather than observed data 这句话包含的意思，同时回归多个自变量，比如  $y \sim \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2$  回归，回归之后，把  $\beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2$  两部分提取出来，就没有噪声了。

## 2.3 自己编程绘制 peristimulus plot

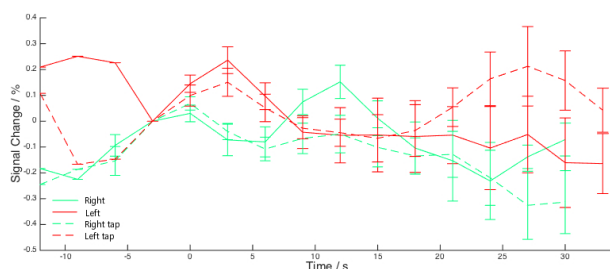


图 4: 编程绘制 peristimulus plot

## 2.4 自己寻找显著激活区域

这里使用 GLM 模型对刺激信号  $X$  和响应值  $y$  进行回归，并对每个 voxel 的线性模型的结果检验并计算  $p$  值，通过筛选修改后的  $p$  值挑选显著激活区域。步骤如下：

- 先对左右手的刺激信号进行卷积，使刺激信号的离散化程度降低，作为自变量。
- 对每层有信号值的 voxel，获得其信号随时间的变化。
- 建立 GLM 模型，用最小二乘法获得  $\beta_0, \beta_1$ ，并做  $t$  检验，分别获得  $p$  value
- 与修正后的  $p$  值比较，获得显著激活区域，修正后的  $p$  值计算方法为 0.05 处以全脑的有信号的 voxel 数目

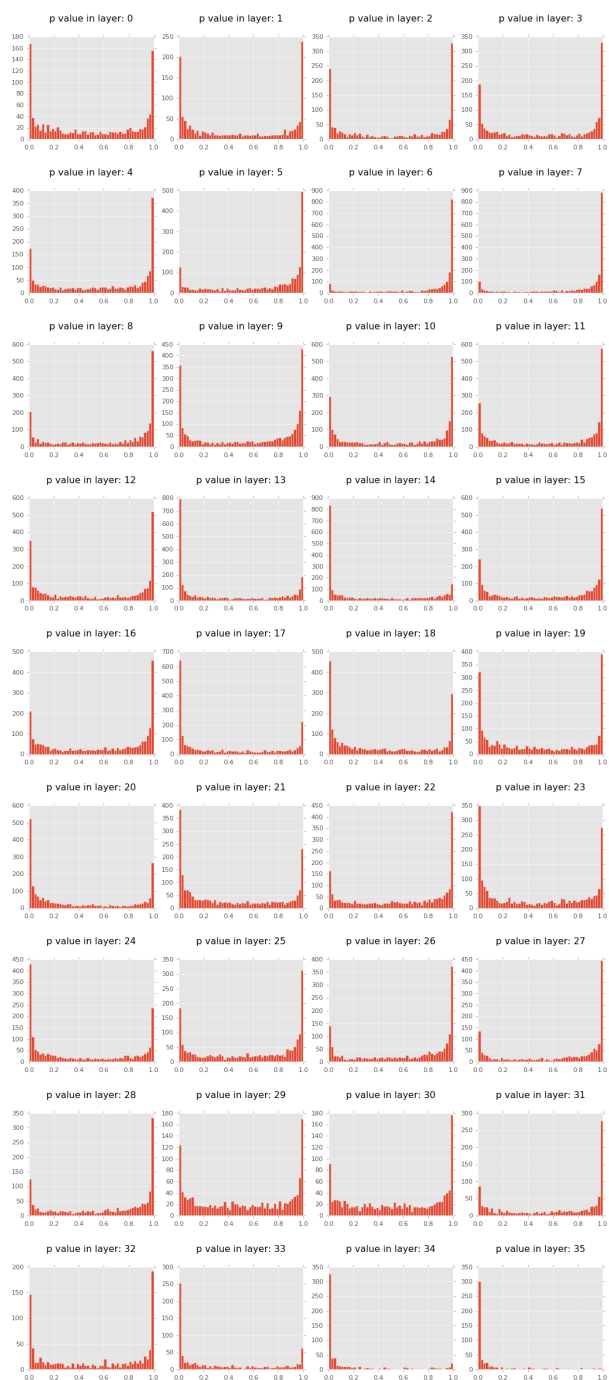
# 3 听觉神经细胞的频率选择性

## 3.1 绘制 tuning curve

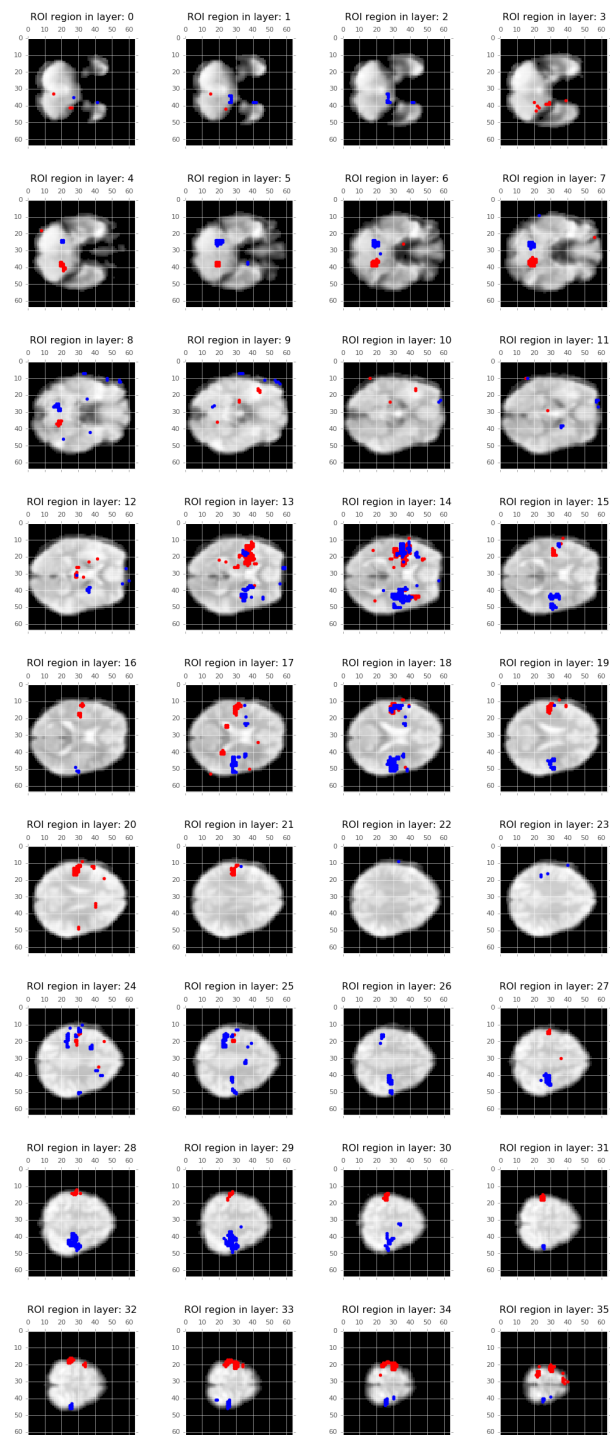
绘制方法：分别统计两个数据在刺激后 0.05 秒内的 spike 数目，获得 firing rate，绘制不同强度下的 tuning curve。两个细胞的响应最强的频率和强度分别是：neuron1: 35 dB, 30 kHz, neuron2: 25dB, 27 kHz.

## 3.2 绘制 FRA

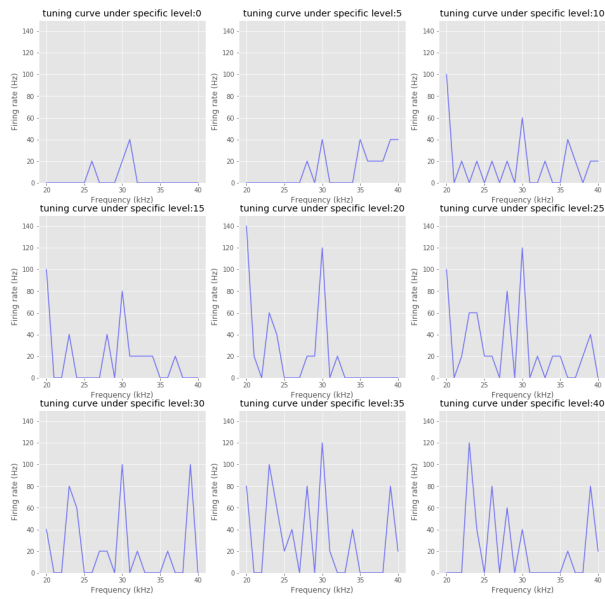
特征频率分别为 42kHz 和 46kHz。



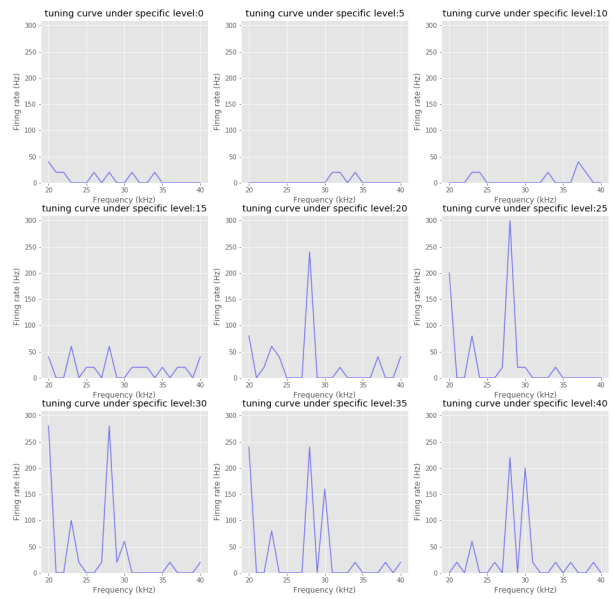
(a) 逐层的有信号的 voxel 的 p 值分布



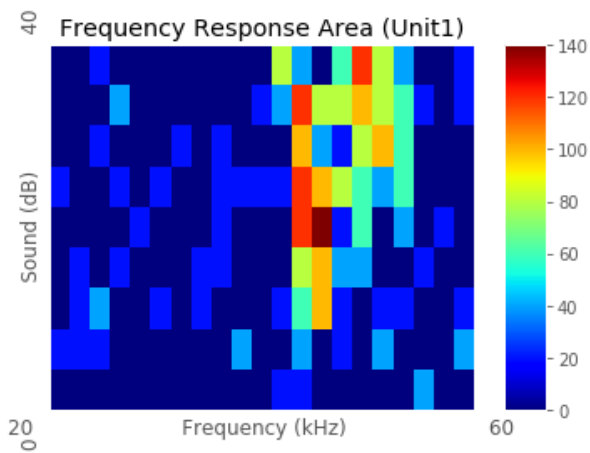
(b) 逐层的经过检验显著激活的区域



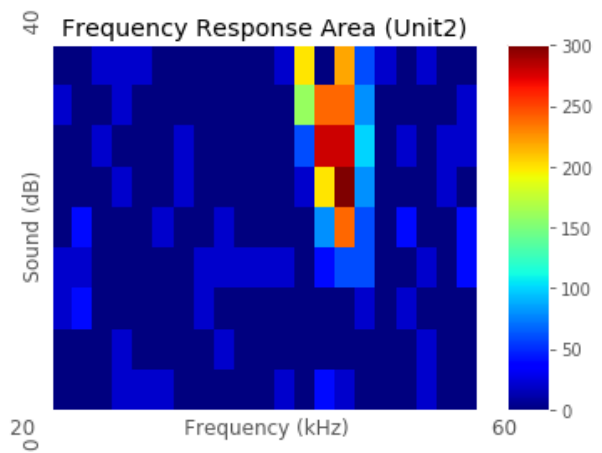
(a) neuron1 tuning curve under different sound level



(b) neuron2 tuning curve under different sound level



(a) neuron1 Frequency Response Area



(b) neuron2 Frequency Response Area