

# HW1 Neural Imaging and Recording

自 55 班 刘乐章 2015011471

2018 年 3 月 20 日

## 1 声明

本次作业第二题的部分思路为与项梁同学讨论共同得出，其余工作（包括其余思路、大部分代码（除作业要求使用部分，详见下 Readme 中说明）、图片与报告）均为个人独立完成。

本人保证不存在学术不端行为。如有抄袭，愿服从处理。

## 2 Readme

压缩包中包含三个文件夹，第一题代码位于 *1.mri*，第二题代码位于 *2.fmri*，第三题代码位于 *3.eeg*。

**1.mri** 中包含以下五个文件：

- *mri.m* 主文件
- *brain\_count.m* 脑区编号计数函数
- *prop\_analyze.m* 比例分析函数
- *sym\_analyze.m* 对称性分析函数
- *twobrains.mat* 测试数据

用 Matlab 运行 *mri.m* 文件，可以看到在命令行有相应输出，即表明程序运行正常。

**2.fmri** 中包含以下七个文件：

- *fmri.m* 主文件
- *hrf.m* 生成标准 HRF 信号函数，参考了 *Exercise1\_GLM\_solutions.pdf*<sup>1</sup>
- *trigger\_reference.m* 生成参考信号函数
- *rsquare.m* 计算相关系数  $r^2$  函数
- *mark\_brain\_roi.m* 标记大脑 ROI 函数

---

<sup>1</sup>[http://miplab.epfl.ch/teaching/micro-513/download/Exercise1\\_GLM\\_solutions.pdf](http://miplab.epfl.ch/teaching/micro-513/download/Exercise1_GLM_solutions.pdf)

- NIfTI\_20140122 作业要求使用的函数库
- perisample 测试数据

用 Matlab 运行 fmri.m 文件，可以看到图片 (Figure 1-Figure6)，并在命令行有相应输出，即表明程序运行正常。

**3.fmri** 中包含以下六个文件：

- egg.m 主文件
- calc\_mfr.m 计算 MFR 矩阵函数
- tuning\_curve.m 绘制 tuning curve 函数
- R15N111\_Raw.mat 测试数据
- R15N111\_Spikes.mat 作业要求使用的函数库
- R15N111\_Stimulus.mat 测试数据

用 Matlab 运行 fmri.m 文件，可以看到图片 (Figure 1-Figure5)，即表明程序运行正常。

### 3 MRI 大脑结构分析

#### 3.1 (a)

参考 FreeSurferColorLUT<sup>2</sup> 中对应的编号及 Cortical Parcellation<sup>3</sup> 中对应脑区的编号：

区域	编号
Frontal lobe	1028, 1003, 1027, 1018, 1020, 1019, 1012, 1014, 1024, 1017, 1032 (左脑，右脑 +1000)
Parietal lobe	1029, 1008, 1031, 1022, 1025 (左脑，右脑 +1000)
Temporal lobe	1030, 1015, 1009, 1001, 1007, 1034, 1006, 1033, 1016 (左脑，右脑 +1000)
Occipital lobe	1011, 1013, 1005, 1021 (左脑，右脑 +1000)
Cortex	1000-1035 (左脑，右脑 +1000)

采用逻辑索引对 brain1 和 brain2 进行统计，可以得到以下结果，如图 1、图 2 所示：

区域	brain1	brain2
Frontal lobe	34.67%	36.25%
Parietal lobe	24.37%	24.74%
Temporal lobe	22.51%	22.78%
Occipital lobe	10.13%	8.54%

<sup>2</sup><http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/fswiki/FsTutorial/AnatomicalROI/FreeSurferColorLUT>

<sup>3</sup><http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/fswiki/CorticalParcellation>

```
prop_frontal =  
    0.3467  
  
prop_parietal =  
    0.2437  
  
prop_temporal =  
    0.2251  
  
prop_occipital =  
    0.1013
```

图 1: brain1 各区域占比

```
prop_frontal =  
    0.3625  
  
prop_parietal =  
    0.2474  
  
prop_temporal =  
    0.2278  
  
prop_occipital =  
    0.0854
```

图 2: brain2 各区域占比

```
symmetry =  
    0.3387
```

图 3: brain1 左、右脑空间对称度

```
symmetry =  
    0.3783
```

图 4: brain2 左、右脑空间对称度

### 3.2 (b)

经观察，MRI 左右脑数据相应位置有如下对应关系。

左脑	右脑
1-13	40-52
17-20	53-56
25-39	57-71
1000-1035	2000-2035
3000-3035	4000-4035
5001	5002

为衡量左右脑对称性，我们用逻辑索引取出每个编号对应的左、右脑结构（三维矩阵），对右脑进行镜像后，将两个三维矩阵转化为一维序列，然后计算两个序列的相关。最后，再以每个编号对应脑区的体积为权重，对全部相关系数（在本题中共 105 个）进行加权平均，得到的数值定义为**空间对称度**。

经测试，brain1 左半脑和左半脑镜像的空间对称度为 1。brain1 和 brain2 的左、右脑空间对称度如图 3、图 4 所示。

事实上，由于左、右半脑并不完全镜像重合，0.3 已经是非常高的空间对称度（左半脑和未镜像的右半脑的空间对称度为-0.1）。可见，brain1 和 brain2 的左右脑均有较好的对称性，brain2 的对称性更好。

## 4 功能磁共振 fMRI 数据分析练习

由于测试数据中.voi 文件有误，故先进行第 (5) 问，得到 ROI 后再进行 (1)~(4) 问。

### 4.1 (5)

采用 [1] 中介绍的  $r^2$  分析的方法获得 ROI。首先，根据手指活动 TAP 信号，生成单位冲击序列。接下来用单位冲击序列与标准的 HRF 信号做卷积，得到 BOLD 信号参考信号，如图 5、图 6 所示。

将该参考信号采样，与 fMRI 每个 voxel 的时间序列信号计算相关系数，并设定一定的阈值，大于该阈值的进行标注。其中红色为与左手 L\_TAP 信号相关的区域，蓝色为与右手 R\_TAP 信号相关的区域。标注后 36 层 fMRI 数据如图 7 所示。

其中，第 28 层脑部 ROI 数据如图 8 所示。

找到相关系数最大的点的坐标，作为后续 (1) - (4) 问的 ROI，结果如图 9 所示。

### 4.2 (1)

由前问可知，左手 L\_TAP 信号 ROI 位于 (20,28,33)，右手 R\_TAP 信号 ROI 位于 (42,30,31)。在 MRIcron 软件中绘制该区域的 BOLD 信号，如图 10、图 11 所示。

可以看到，在 TAP 信号之后跟随着一个先上升再下降，最后回到初值的信号，即为 BOLD 信号。右脑与左手相关，左脑与右手相关。

### 4.3 (2)

绘制相应的 peristimulus 图，如图 12、图 13 所示。

可以看到，和 HRF 相近，大致反映了 BOLD 信号的走势，与左手相关（右脑）peristimulus 图效果更好。事实上，由于简单地选择了  $r^2$  最大的位置作为 ROI，误差较大，如综合考虑，选择较为显著的层，比如 28 层，如 (20,28,28) 和 (42,30,31) 位置，如图 14、图 15 所示。

考虑 regressor，参考 [1]，可采用  $t$  检验， $r^2$  分析，GLM(*General Linear Model*) 等多种方法。

### 4.4 (3)

在 Matlab 中读取和显示 fMRI 数据，结果如图 16 所示。

### 4.5 (4))

(助教大大：这次作业太多了，我会写，但是来不及了。。。)

## 5 听觉神经细胞的频率选择性

### 5.1 (a)

绘制原始放电信号记录，如图 17 所示。

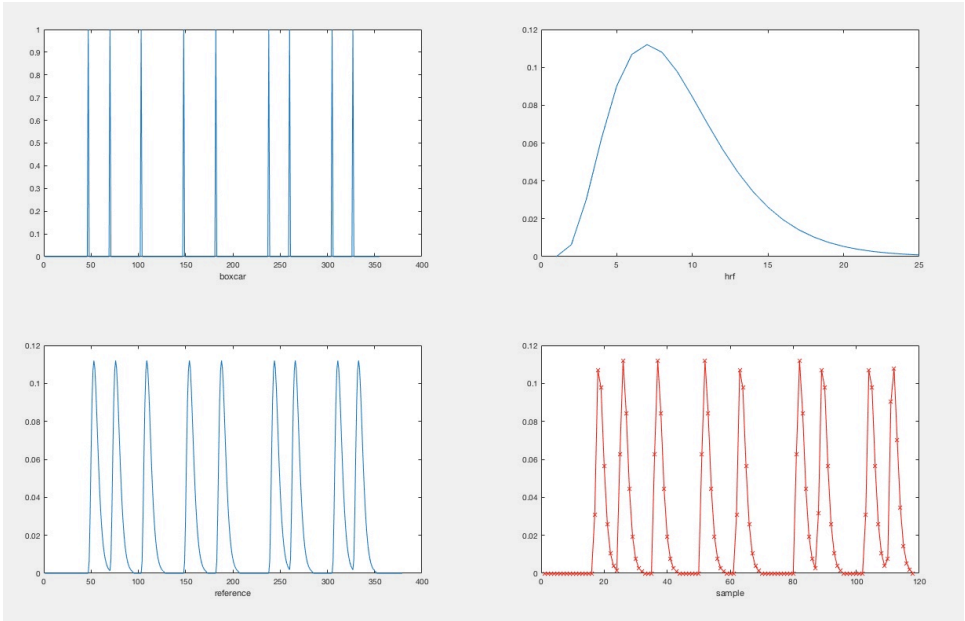


图 5: 左手 BOLD 信号参考信号

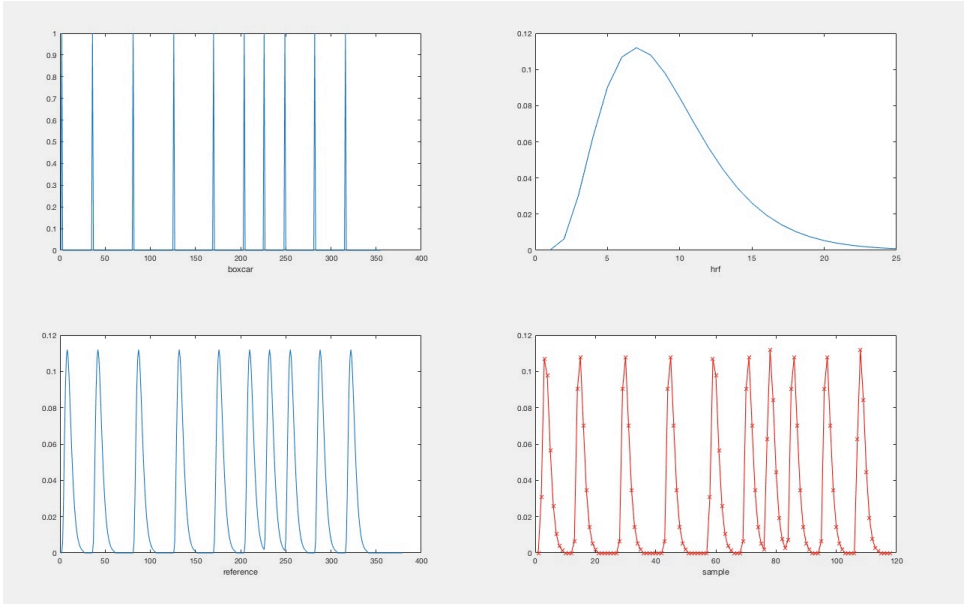


图 6: 右手 BOLD 信号参考信号

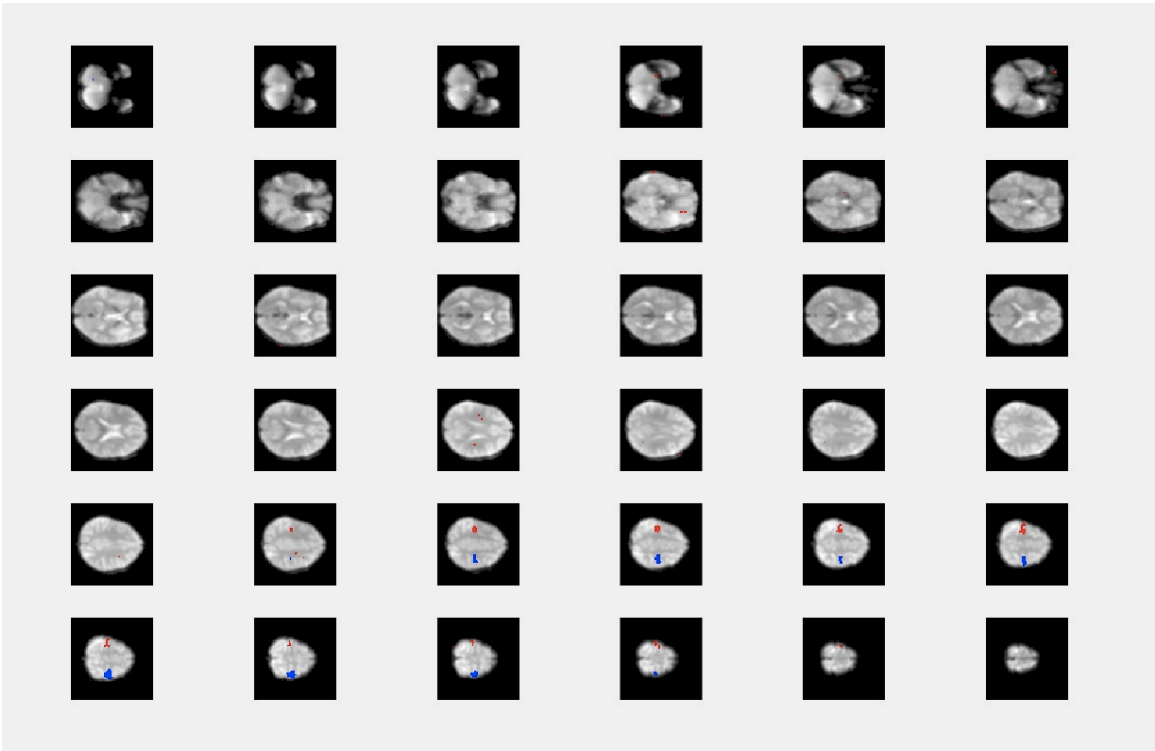


图 7: 高相关系数脑部 ROI

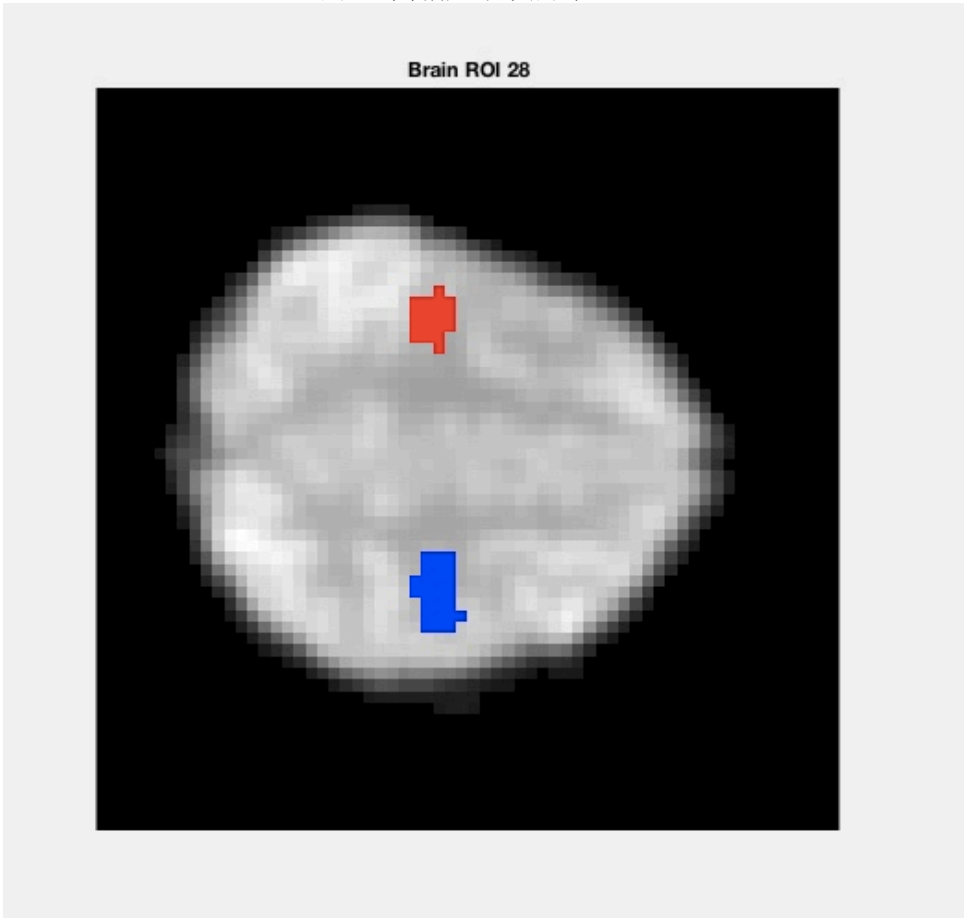


图 8: 第 28 层脑部 ROI

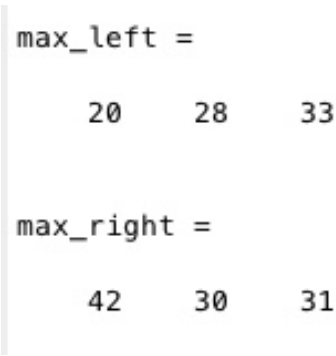


图 9: 相关系数最大点坐标

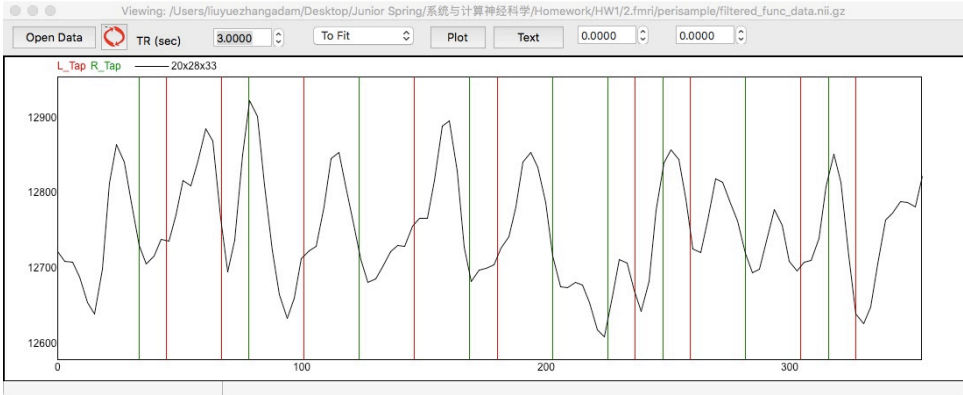


图 10: (20,28,33) 位置（右脑）BOLD 信号

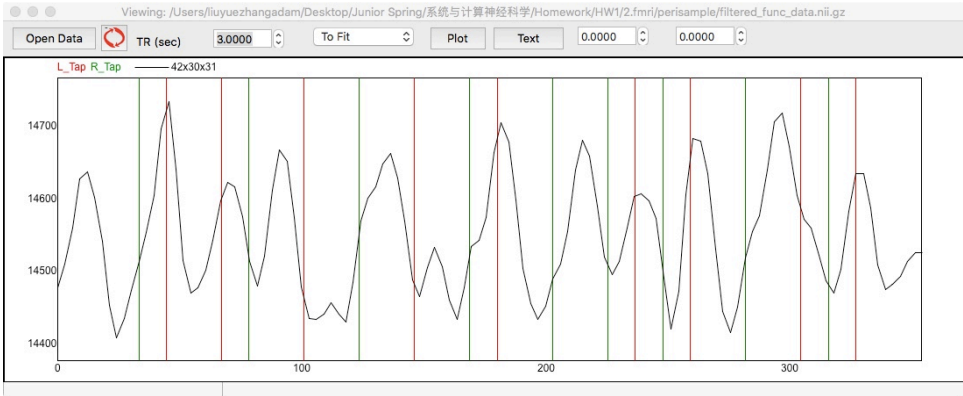


图 11: (42,30,31) 位置（左脑）BOLD 信号

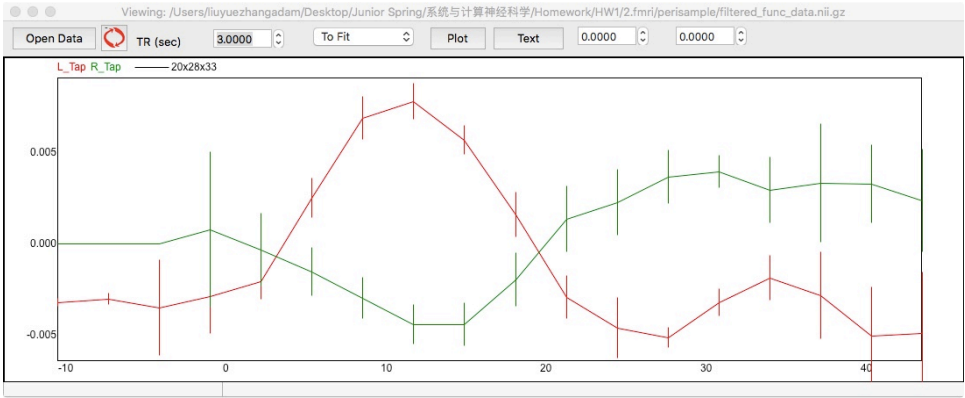


图 12: (20, 28, 33) 位置 (右脑) peristimulus 图

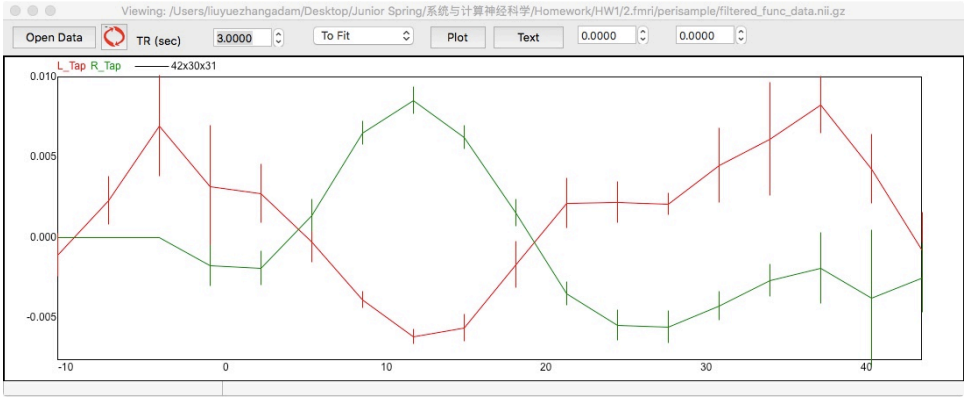


图 13: (42, 30, 31) 位置 (左脑) peristimulus 图



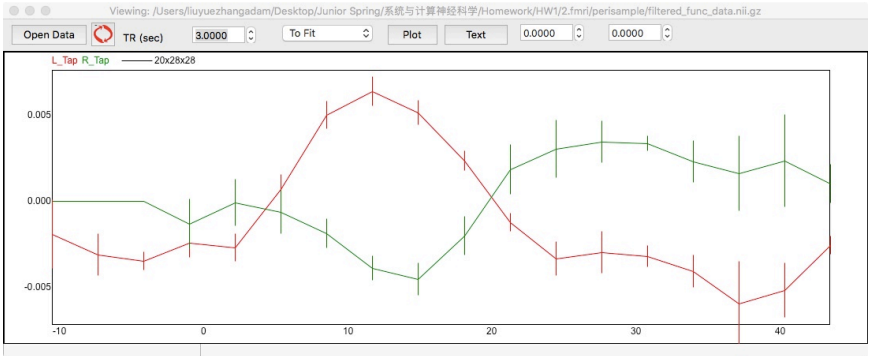


图 14: (20,28,28) 位置 (右脑) peristimulus 图

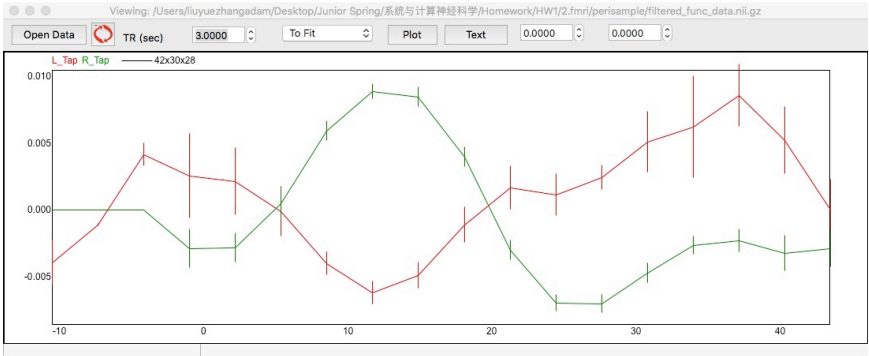


图 15: (42,30,28) 位置 (左脑) peristimulus 图

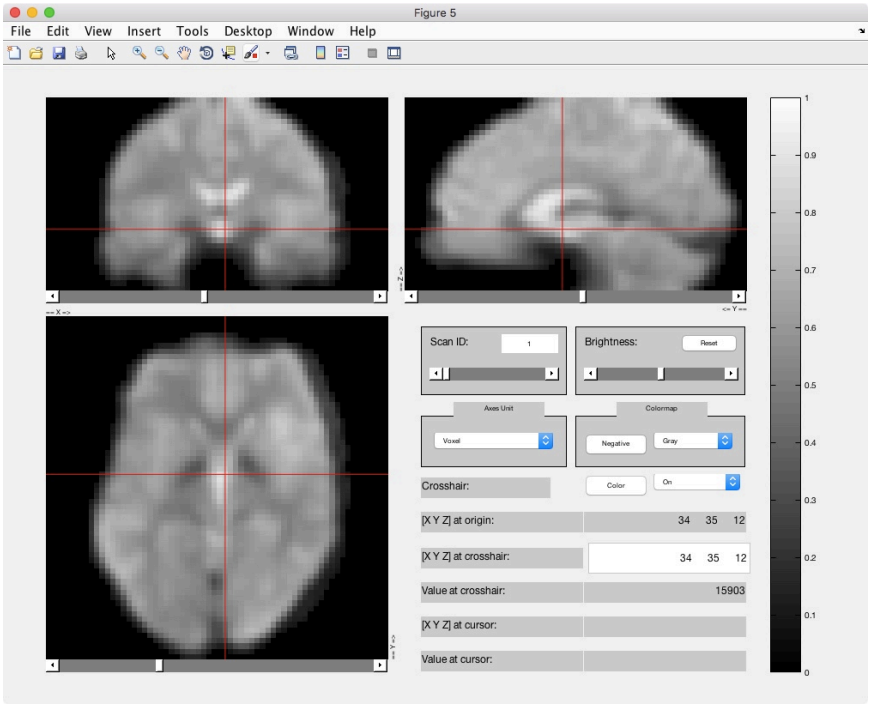


图 16: Matlab 中读取和显示 fMRI 数据

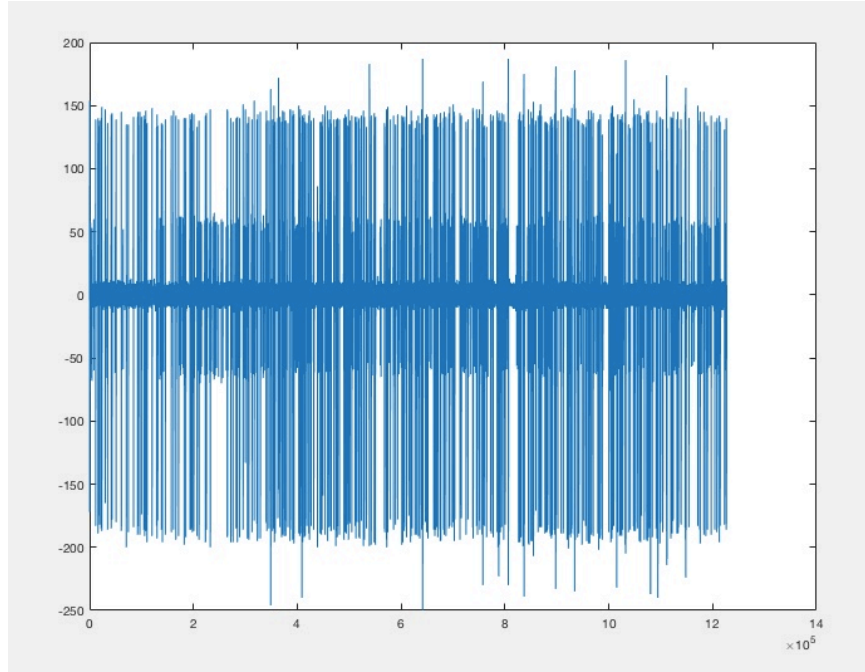


图 17: 原始放电信号记录

## 5.2 (b)

读入刺激信号，发现：每间隔 0.25s 施加一个刺激；刺激强度由 0 至 40dB 递增，间隔 5dB；刺激频率由 20kHz 至 60kHz，无序。

为表征细胞的反应强度，计算其平均发放率 (Mean Firing Rate)

$$\bar{Rate}_{firing} = \frac{n_{spikes}}{t_{sti-sti}}$$

绘制 tuning curve，如图 18，图 19 所示。

## 5.3 (c)

计算 MFR 矩阵，绘制出细胞反应强度与刺激强度和刺激频的关系，如图 20，图 21 所示：

可以看到，Unit1 细胞和 Unit2 细胞特征频率分别为 44kHz 和 48kHz.

## 参考文献

- [1] Jingyuan E.Chen. Gary. H.Gover. Functional Magnetic Resonance Review. Neuropsychology Review, 2015.

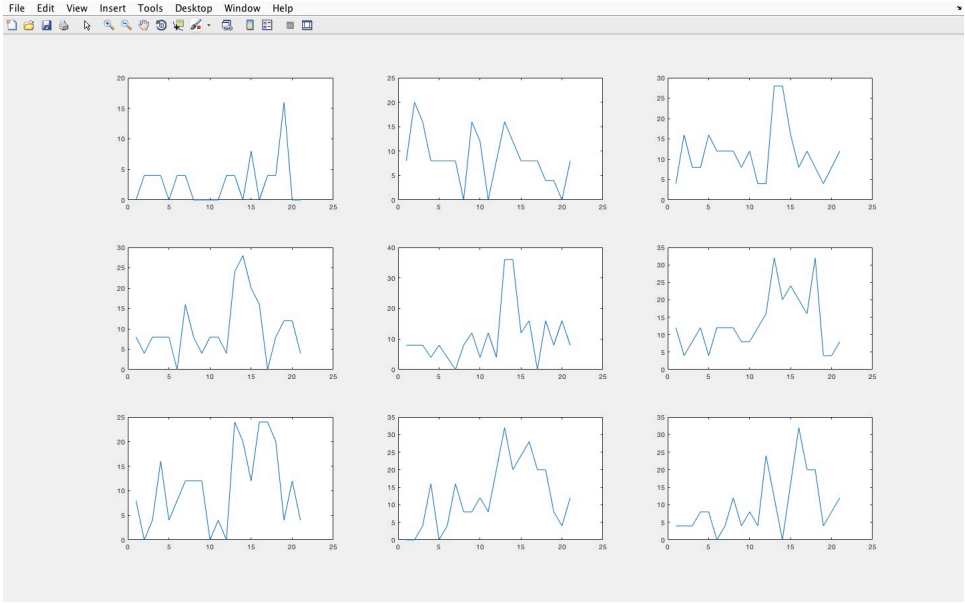


图 18: Unit1 tuning curve

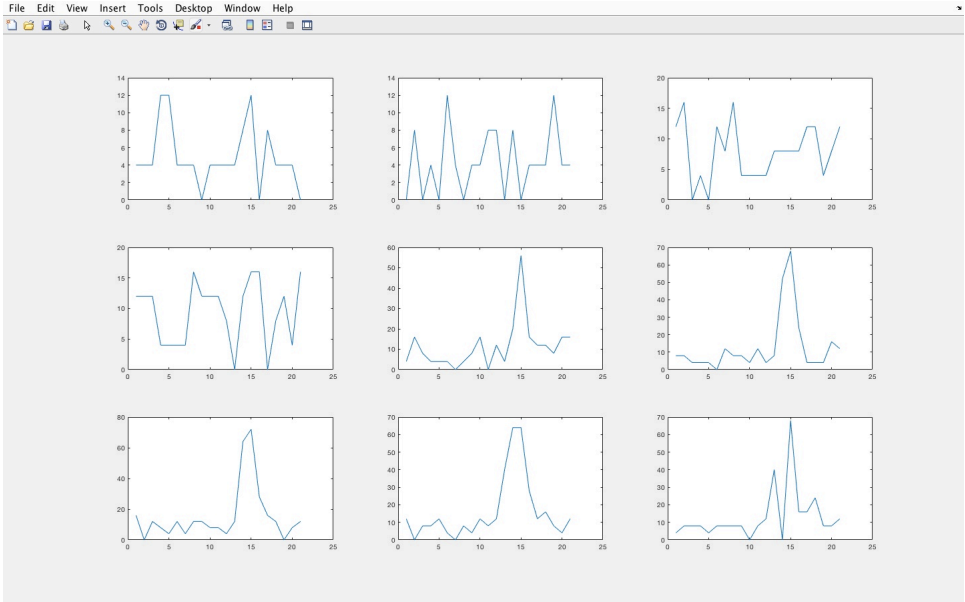


图 19: Unit2 tuning curve

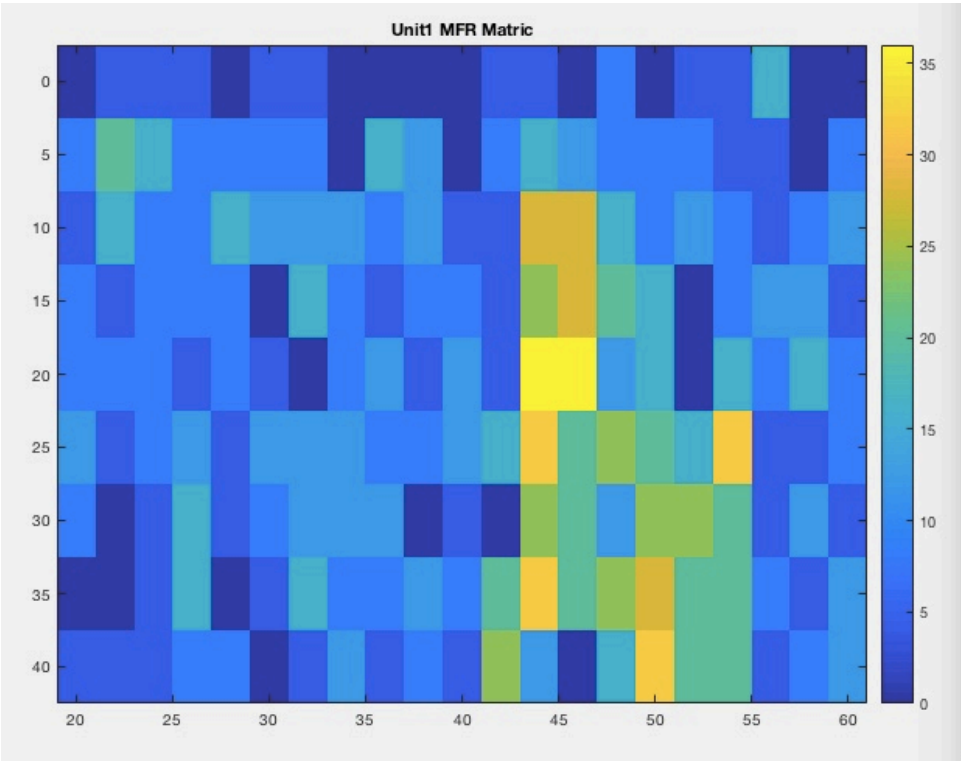


图 20: Unit1 细胞反应强度与刺激强度和刺激频的关系

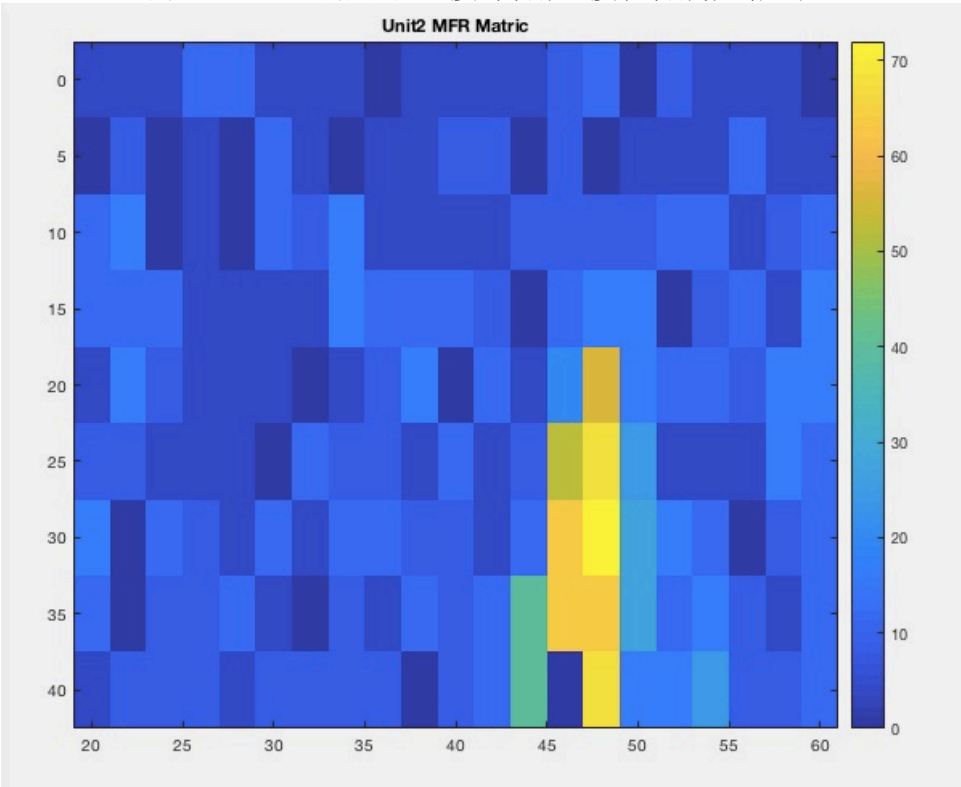


图 21: Unit2 细胞反应强度与刺激强度和刺激频的关系