

使用SynDisCo对fMRI和DWI图像进行形变校正

Alex / 2025-08-10 / free_learner@163.com / AlexBrain.cn

本文介绍使用SynBOLD-DisCo和Synb0-Disco方法对fMRI和DWI图像进行形变校正的基本步骤。

一、背景

fMRI和DWI图像在组织与空气边界处由于磁场不均匀性会产生形变（比如眶额皮层、颞下皮层），为了校正图像的形变（distortion correction），一般有两种校正方法：第一种是额外采集一个场图（field map），通过场图可以计算出磁场的偏离程度，从而校正信号的位置；第二种是额外采集一对b0图像，这两个b0图像除了相位编码方向相反，其他参数一致，因此这两个b0图像具有相同的形变大小但是相反的形变方向。通过对两个图像进行配准，可以估计出信号偏离的位置。无论是采用哪种方法都需要额外采集图像，如果没有采集场图或者配对的b0图像，还可以使用其他算法进行校正，比如这里介绍的SynDisCo方法。SynDisCo方法具体分为SynBOLD-DisCo和Synb0-Disco，分别针对fMRI图像和DWI图像进行形变校正。SynDisCo的大致原理就是根据几乎不存在形变的T1图像和存在形变的fMRI/DWI图像生成一个没有形变的类似fMRI/DWI的合成图像，通过存在形变的fMRI/DWI图像和不存在形变的合成图像，估计出图像的偏离程度。更多细节请参考：

- Schilling, K. G., Blaber, J., Hansen, C., Cai, L., Rogers, B., Anderson, A. W., Smith, S., Kanakaraj, P., Rex, T., Resnick, S. M., Shafer, A. T., Cutting, L. E., Woodward, N., Zald, D., & Landman, B. A. (2020). Distortion correction of diffusion weighted MRI without reverse phase-encoding scans or field-maps. PloS one, 15(7), e0236418.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236418>
- Yu, T., Cai, L. Y., Torrisi, S., Vu, A. T., Morgan, V. L., Goodale, S. E., Ramadass, K., Meisler, S. L., Lv, J., Warren, A. E. L., Englot, D. J., Cutting, L., Chang, C., Gore, J. C., Landman, B. A., & Schilling, K. G. (2023). Distortion correction of functional MRI without reverse phase encoding scans or field maps. Magnetic resonance imaging, 103, 18–27.
<https://doi.org/10.1016/j.mri.2023.06.016>

二、使用SynBOLD-DisCo对fMRI图像进行形变校正

1. 下载和安装SynBOLD-DisCo

官方提供了docker镜像，比较省事，缺点是文件很大，约25G。

```
sudo docker pull ytzzero/synbold-disco:v1.4
```

2. 准备输入文件夹

准备一个名为 `INPUTS` 的文件夹，文件夹下存放着名为 `T1.nii.gz` 和 `BOLD_d.nii.gz` 的文件，分别表示原始的T1图像和fMRI图像。

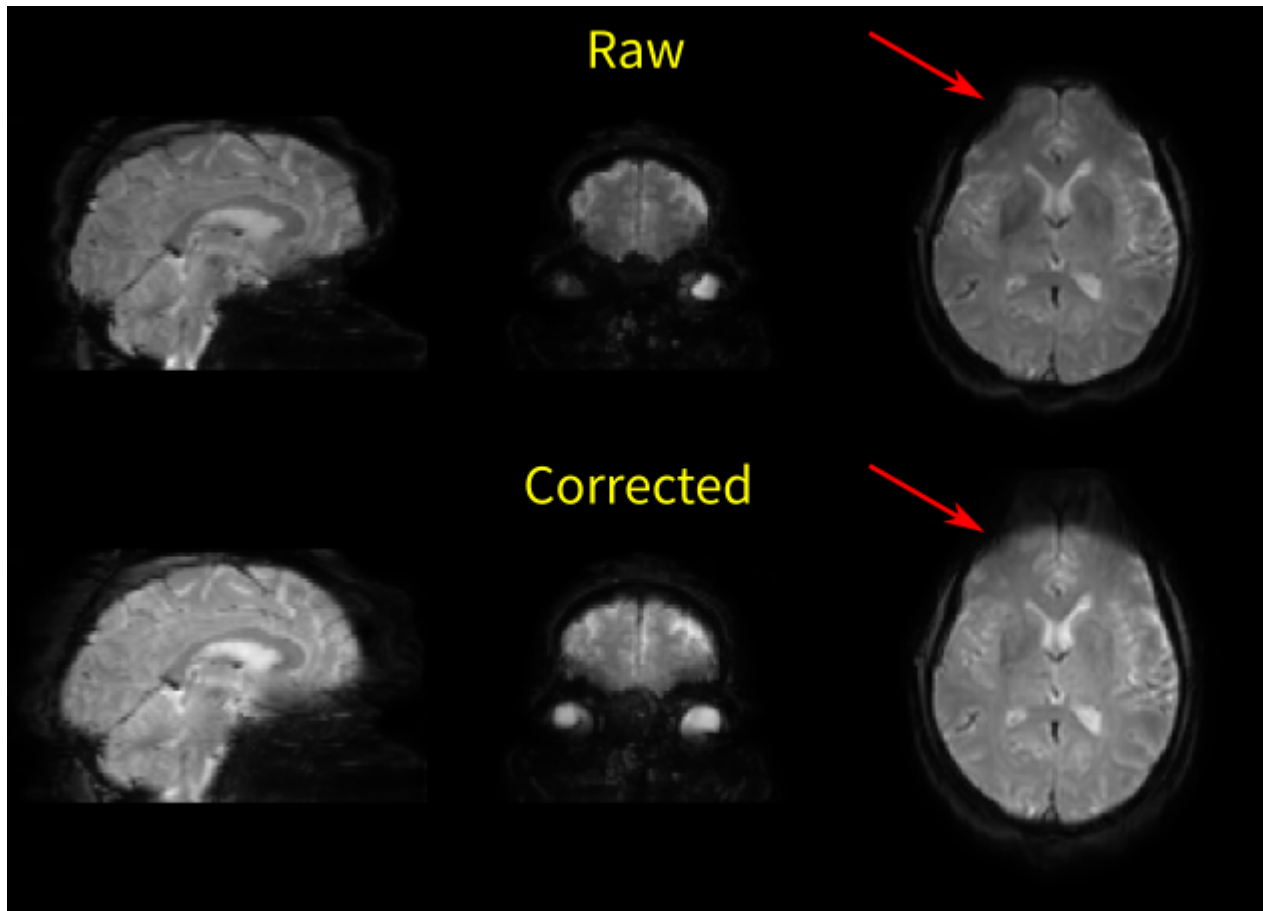
3. 运行SynBOLD-DisCo

```
sour_dir=/home/alex/data/INPUTS
targ_dir=/home/alex/data/OUTPUTS
LICENSE=${FREESURFER_HOME}/license.txt
sudo docker run --rm \
    -v ${sour_dir}:/INPUTS/ \
    -v ${targ_dir}:/OUTPUTS/ \
    -v ${LICENSE}:/opt/freesurfer/license.txt \
    -v /tmp:/tmp \
    --user $(id -u):$(id -g) \
    ytzero/synbold-disco:v1.4
```

其中，`${sour_dir}` 和 `${targ_dir}` 分别表示输入和输出目录，`${LICENSE}` 表示FreeSurfer的license文件。在输出目录下，`BOLD_all.nii.gz` 包含存在形变的平均fMRI图像和没有形变的合成图像，该文件用于估计形变程度（使用FSL的topup）；`BOLD_u.nii.gz` 表示经过头动校正和形变校正以后的fMRI图像，可用于后续处理。

4. 测试结果

下面是一个被试形变校正前后的平均fMRI图像，红色箭头部分的变化比较明显：



三、使用Synb0-DisCo对DWI图像进行校正

1. 下载和安装Synb0-DisCo

官方同样提供了docker镜像，大约30G。

```
sudo docker pull leonyichencai/synb0-disco:v3.1
```

2. 准备输入文件夹

准备一个名为 INPUTS 的文件夹，文件夹下存放着名为 T1.nii.gz ， b0.nii.gz 和 acqparams.txt 的文件，分别表示原始的T1图像、第一个原始b0图像、和topup使用的参数文件。参数文件的大致内容如下：

```
0 1 0 0.062  
0 1 0 0.000
```

其中，第一行表示原始b0图像的参数，第二行表示合成图像的参数。关于参数文件的细节，可以参考FSL的[topup文档](#)。在上一节中，使用SynBOLD-DisCo之所以不需要准备这个参数文件，是

因为软件在处理过程中自动生成了。

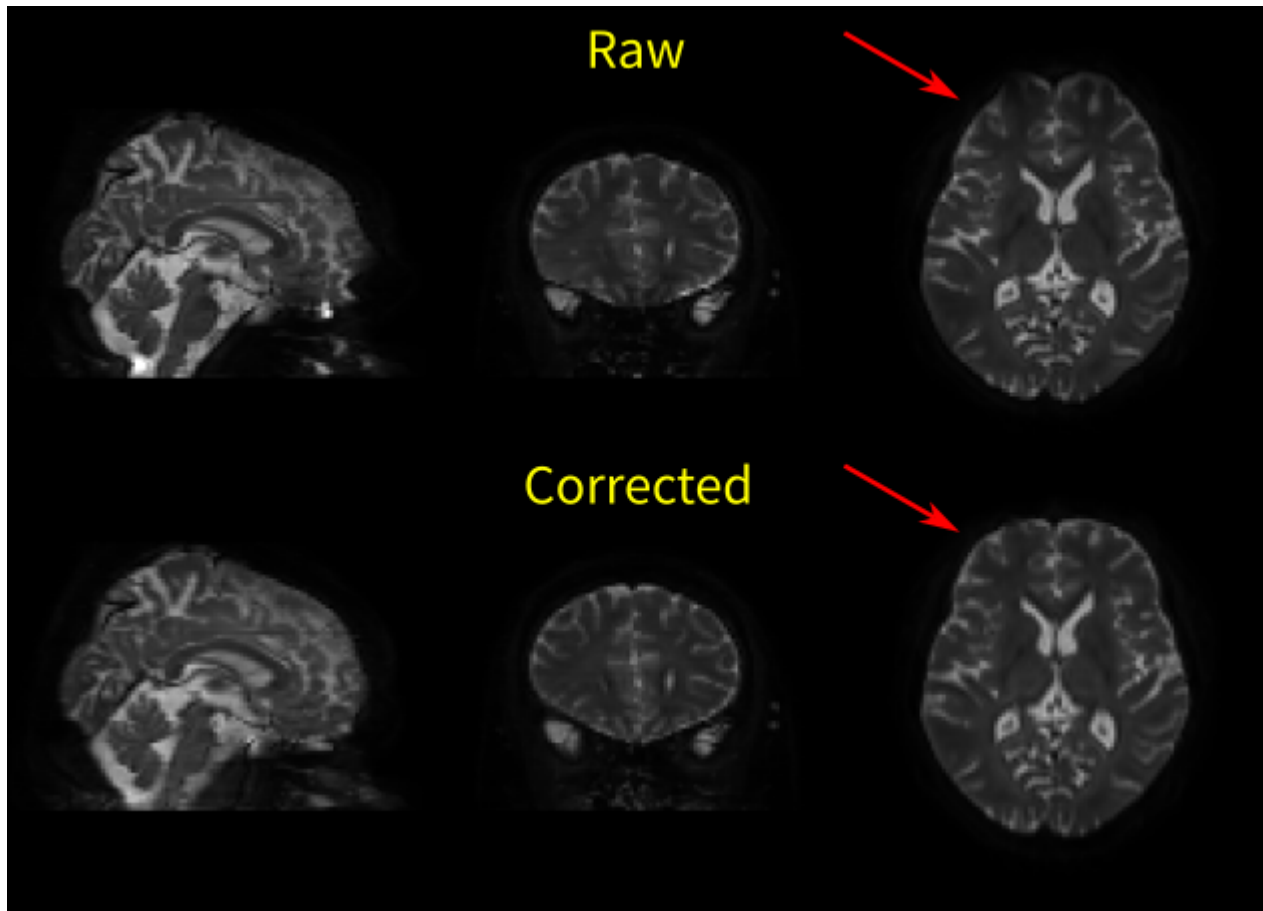
3. 运行Synb0-DisCo

```
sour_dir=/home/alex/data/INPUTS
targ_dir=/home/alex/data/OUTPUTS
LICENSE=${FREESURFER_HOME}/license.txt
sudo docker run --rm \
    -v ${sour_dir}:/INPUTS/ \
    -v ${targ_dir}:/OUTPUTS/ \
    -v ${LICENSE}:/extra/freesurfer/license.txt \
    --user $(id -u):$(id -g) \
    leonyichencai/synb0-disco:v3.1
```

其中，`${sour_dir}` 和 `${targ_dir}` 分别表示输入和输出目录，`${LICENSE}` 表示FreeSurfer的license文件。在输出目录下，`b0_all.nii.gz` 包含存在形变的b0图像和没有形变的合成图像，该文件用于估计形变程度；`b0_all_topup.nii.gz` 表示形变校正以后的b0图像，可用于检查校正的质量；`topup_movpar.txt` 和 `topup_fieldcoef.nii.gz` 是topup估计得到的头动参数和变形场，可用于后续eddy校正。

4. 测试结果

下面是一个被试形变校正前后的b0图像，红色箭头部分的变化比较明显：



四、其他选项

SynBOLD-DisCo和Synb0-DisCo还包含其他选项，比如 `--no_topup`，表示只生成合成图像，并不进行topup，我们可以根据生成的合成图像自己使用topup去估计形变场，这样做的好处是我们可以根据实际情况使用不同的topup选项。