

7. 深層学習を利用したMRIデータの利活用

根本 清貴 筑波大学医学医療系精神医学

脳画像解析は一定の質を持った画像が要求される。脳構造MRIの解析には、三次元T1強調画像が要求される。本邦では、VSRAD (voxel-based specific regional analysis system for Alzheimer's disease)¹⁾の普及により、臨床で三次元T1強調画像が撮像されることは多くはなったものの、三次元T1強調画像がないため解析できなかったという経験をした方は多いだろう。拡散MRIに関しては、最近のトレンドは、解析の第1段階として、異なる位相エンコード方向(A→P方向とP→A方向)の画像を撮像し、それを用いて磁化率アーチファクトに起因する歪みを補正することである。しかし、異なる位相エンコード方向で撮像されているデータは限られている。

近年、深層学習が脚光を浴びているが、脳画像解析の世界においても、従来の二次元T1強調画像や二次元T2強調画像などから三次元T1強調画像を生成したり、三次元T1強調画像を使うことで1方向の位相エンコード方向しかない拡散MR画像の歪み補正をしたりする技術が公開され、利用可能となっている。そこで、本稿ではそれらを紹介する。

SynthSR：臨床で撮像する脳MRIデータから高解像度の三次元T1強調画像を生成

三次元T1強調画像は、voxel-based morphometryやsurface-based morphometryを行うために必須の画像である。SynthSR²⁾は、任意のMRコントラスト(T1, T2, FLAIRなど)および任意の方向、解像度のMR画像から、ボクセルサイズ1mm³の三次元T1強調画像に変換するプログラムである。synthは「生成」を、SRは「高解像度(super-resolution)」を意味する。このプログラムは、深層学習に利用される畳み込みニューラルネットワーク(convolutional neural network: CNN)と敵対的生成ネットワーク(generative adversarial network: GAN)を利用し、入力されたデータから脳を判別しつつ、高解像度の三次元T1強調画像に類似した画像を生成する。データの判別器および生成器を作成する際にはさまざまなチューニングを必要とするが、脳画像解析ソフトウェアの「FreeSurfer」のチームは、FreeSurfer 7.3以降にすでに適切なパラメータでチューニングしたSynthSRを搭載し、誰でも利用できるように公開している(SynthSRバージョン2はFreeSurferの開発版で公開されている)。SynthSRは、深層学習のフレームワークとしてTensorFlowを採用している。SynthSRが使うTensorFlowは、すでにFreeSurferのパッケージに含まれているため、ユー

ザーは改めてTensorFlowを設定する必要はない。また、CPU版とGPU版が準備されている。開発者によると、GPU版は5秒程度で画像の生成が可能とのことであるが、そのためのセットアップが複雑である(FreeSurferに搭載されているTensorFlowのバージョンに合わせたドライバなどを入れないといけないため、ドライバなどに詳しくないようであれば試みない方がよい)ため、筆者はCPU版を使用している。CPU版は性能にもよるが、SynthSRの論文では、デスクトップPCでは画像の生成に15秒程度と記載がある。筆者のノートPC(Core i7 3GHz, メモリ16GB)でも1分半程度で生成されるため、GPUを使うほどでもない。コマンドもシンプルである。例えば、あるT2強調画像(入力形式はNIfTI形式かFreeSurferのmgz形式である)をsub1_t2w.niiとし、出力をsynthSR_outputとし、CPUで4スレッドを使いたいとなると、以下ようになる。

```
mri_synthsr \
--i sub1_t2w.nii \
--o synthSR_output \
--threads 4 --cpu
```

このプログラムを実行することで、synthSR_outputフォルダ内にsub1_t2w_synthsr.niiという画像が出力される。実際に生成された画像を図1に示す。図1aは、もともと撮像していた三次元T1強調画像であり、bは、水平断で撮像した二次元T2強調画像である。スライスギャップがあるため、矢状断、冠状