

7. 深層学習を用いたMR画像処理 — 画像再構成の新たなブレイクスルー —

玉田 大輝 山梨大学医学部先端医用画像学講座

川村 元秀 山梨大学医学部医学科

本杉宇太郎 山梨大学医学部放射線医学講座

近年、深層学習（ディープラーニング）と呼ばれる機械学習技術がMRIに応用され始め、MR関連の学会や2017年のRSNAで大きな注目を浴びた。機械学習とは、与えられたデータを基に学習し、そのデータの法則性や特徴を自律的に見つけ出す手法である。深層学習の背景にあるニューラルネットワークと呼ばれるアイデア自体は古く、1943年に提案されている¹⁾。その後、Hintonらによって深層学習が提案され、飛躍的にその性能が向上した^{2), 3)}。これに加えて、汎用演算が可能なGPU (graphics processing unit) の性能向上やデータストレージの大容量化、通信ネットワークの大容量化・高速化などのさまざまな条件が整った結果、幅広い分野で爆発的に応用が広がっている。医用画像に限定すると、機械学習の論文数は2015年から急速に増え、その後も増加傾向にある。

また、モダリティ別の内訳を見ると、MRIを取り扱った内容が最も多く、機械学習の技術別に見ると畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network: CNN)⁴⁾ と呼ばれる深層学習をベースとした手法が突出して多いことが報告されている⁵⁾。

2018年のISMRMにおいては、特にCNNをMRIの再構成に応用する研究が活発に提案された。また、“Deep Learning for Image Reconstruction” という再構成に特化したセッションも新たに用意され、大きな盛り上がりを見せた。基礎的な発表のみならず、MRIベンダーの製品化に向けた動きも見られ、今後はさまざまな方面で開発が本格化すると考えられる。そこで、本稿においては、深層学習を用いた画像処理・画像再構成に対する最新技術の紹介を行う。

MR画像処理で 用いられる深層学習

1. 畳み込みニューラル ネットワーク (CNN)

深層学習の中でも、CNNはMR画像を扱う際のベースとなるアイデアである。ここでは、まずCNNを説明する上で重要なニューラルネットワーク (neural network: NN) について紹介する。図1 aにNNの例を示す。NNでは、図1 aのとおり、入力層と隠れ層および出力層と呼ばれる“層”から構成される。ここで、“層”とは、互いに独立したノードの集合のことを指す。入力層では、訓練に使用するデータの入力、例えば、MR画像の画素値などが含まれる層である。なお、それぞれのノードの値は、前の層のノードの値に重み係数を乗じた値とバイアスと呼ばれる定数の和に対して、活性化関数と呼ばれる非線形操作を行う関数を適用することで決定される。最終的に出力層に接続されており、この層の値がネットワークの推定結果となる。NNの学習は、ペアになった学習データ（入力とそれに対応する出力）を大量に用意し、これらの2つの関係性をNNで表現できるように、各重み係数・バイアスを最適化することで完了する。

次に、CNNのアイデアを簡単に説明する。CNNとは、畳み込み層やプーリング層と呼ばれる構造を含むNNの総称