

はじめに

MRI 装置は、しばしば楽器に例えられる。そして、楽譜に対応するのが、本書で取り扱うパルスシーケンスである。MRI 装置の臨床応用が開始された 1980 年代半ば頃から、既に 30 年以上経過しても、未だに MRI の研究が盛んに行われているのは、主に、新しいパルスシーケンスの開発により、新しいイメージング方式の開発が行われているためである。これは、楽器の進歩とは別に、日々、新しい楽曲が生み出されていることに対応している。そして、パルスシーケンスはそのイメージング方式を表す実体であり、また画像再構成手法とも緊密に結びついている。

以上の事情から、毎年開催される磁気共鳴医学の最大の国際会議 (International Society for Magnetic Resonance in Medicine : ISMRM) でも、Acquisition and Reconstruction という分野には多数の発表があり、この名前を持つ教育講演のセッションや、シンポジウムもしばしば開催されている。このように、パルスシーケンス (acquisition) と画像再構成 (reconstruction) は、MRI の一つの中心的研究分野となっているが、パルスシーケンスに関する教育や研究には、大きなハードルが存在している。

まず、MRI 装置 (実機) で動作するパルスシーケンスは、各機器メーカーの秘中の秘の技術であり、特別な契約がない限り詳細を知ることは不可能である。これは、各メーカーがパルスシーケンスの開発に多額の投資を行っていることによる。このため、論文などではパルスシーケンスの概要には触れられているものの、その詳細が公表されることはない。そして、これは業界でも暗黙の了解になっている。一方、多くの実機では、パルスシーケンスのパラメータが、ある程度の範囲では自由に選べるようになっており、撮像パラメータを変化させながら、ファントムなどを撮像することにより、パルスシーケンスの動作を実感することができる。そして、このような体験を通してパルスシーケンスを理解することが行われている。ところが、このようなことが可能なのは、実機を比較的自由に操作できる恵まれた施設だけであり、多人数の学生の教育には全く適していない。

本書は、これらの問題を解決するために、与えられたパルスシーケンスに対し、MRI の核磁化 (isochromat) の動作を、コンピュータで正確に計算する MRI シミュレータを用いて、パルスシーケンスの独習を行うことを目的として書かれたものである。このため、パルスシーケンスを自由に作成・編集することが可能であり、計算された MR 信号を用いて、画像再構成することが可能である。

ただし、計算機を用いて実機と同様の MR 信号を取得するには、いくつかのハードルが存在する。一つが、MRI シミュレータのプログラミング手法であり、もう一つが計算速度である。前者に関しては、 128×128 画素の二次元画像に対する C プログラミングのソースコードを掲載しており、これを実行することにより、自分で MRI シミュレータを開発するときの参考にすることができる。後者に関しては、筆者らが開発した高速の実行プログラムがダウンロードできるようにしてあり、これを無償で利用することができる。これによって、基本的なパルスシーケンスの実行が可能である。また、本格的な MRI シミュレーションを希望する場合には、高速な GPU (graphics processing unit) を利用したソフトウェアプログラムを購入することも可能である。そして、これらのプログラムのためのパルスシーケンスのソースコードと、これらを用いたシミュレーション結果は、本書に掲載されている。

以上のように、パルスシーケンスに関する関心度と必要度の度合いに応じて、複数の選択肢を提供しているのが本書の特徴である。本書をきっかけとして、MRI のパルスシーケンスに関する基礎を固め、次のステップに進んでいただければ幸いである。

2020 年 2 月

巨瀬 勝美, 巨瀬 亮一