はじめに

『MRIシミュレータを用いた独習パルスシーケンス〔標準編〕』（以下，標準編）が上梓されてから約2年が経過した．標準編は，MRIシミュレータを使用するための最低限の知識と，MRIの日常臨床撮像で使われているパルスシーケンスを理解するための十分な知識を，それぞれ提供できたものと自負している．ところが，MRIシミュレータを研究に活用する場合にはいくつかのハードルがある．本書は，そのハードルを乗り越えることを目的として書かれたものである．

以下，少し内容に立ち入るが，各章の書かれた意図などを紹介したい．

まず，第1章Digital Brain Phantomの作成法では，MRIシミュレータを実際のMR画像のシミュレーションに使用する場合に不可欠となる，生体を模擬した数値ファントムの作成法について解説した．ここでは，実際に3テスラのMRI装置で撮像された頭部の画像データを用いて，数値ファントムを作成した例と，これを用いたシミュレーション結果を紹介する．

第2章では，標準編では触れることができなかったが，実際の臨床撮像に使用されているRFパルスの代表例であるSLR（Shinnar-Re Leox）パルスを紹介する．この技術が開発されたのは，1980年代後半から1990年代初頭にかけてであるが，この技術は現在の臨床や研究で使用されているパルスシーケンスを理解し，活用するためには不可欠な技術である．

第3章では，1990年代から2000年代にかけて大流行し，現在もその実用化に関しては研究が進められているNon Cartesian sampling（非デカルト座標系サンプリング：以下NC samplingと略）の代表例である，Spiral samplingのトラジェクトリ（軌道）の設計法を紹介する．Spiral samplingは，後に述べるMR Fingerprintingを始め，現代の進んだパルスシーケンスを実施するためには不可欠な技術であり，その最低限の内容に関しては，紹介できたものと考えている．

第4章では，第3章で紹介したspiralなどのNC samplingのトラジェクトリにより取得されたMR信号を用いて画像再構成を行うための，Regriddingの手法について紹介する．Regriddingによる画像再構成に関しては，国内外でまとまった成書はみられないので，本章は大変貴重なものではないかと自負している．

第5章では，以前までの章とは趣を変え，デカルト座標系におけるサンプリングではあるが，複数のRFパルスとその周波数ジャンプが交錯して，標準編では十分な解説ができなかった高速スピンエコー法の実装法について紹介する．特に，マルチスライス高速スピンエコー法における位相シフトの問題，グラジエントスポイリングの問題，stimulated echoの問題などについて議論している．また，これまでほとんど解説されることのなかった三次元高速スピンエコー法についても紹介する．

第6章では，現在も大流行中の定量的MRI（Quantitative MRI：QMR）の有力な手法で，実用的なレベルで使用されているQRAPMASTER法について紹介する．第2章で紹介したSLRパルスや第5章の高速スピンエコー法の実装法が活用される．

第7章では，QMRの画期的な手法のひとつであるMR Fingerprintingを紹介する．この手法の理解とシミュレーションには，spiralトラジェクトリの作成とそれによるMR信号を用いた画像再構成が不可欠であり，第3章と第4章は，本章の導入にもなっている．この章では，2013年にNature誌に華々しく登場したMRFの原論文とその後継論文のシミュレーションを詳しく説明している．

第8章では，生体組織にMRIシミュレーションを適用するにあたり，大きな問題となる水と脂肪のプロトンのケミカルシフト差や，局所的生体物質の不均一性などに起因するT_2^*を，MRIシミュレータでどのように取り扱うかについて紹介する．この問題に関して，数値ファントムの次元を周波数軸方向に拡大することによる解決法を提案している．

第 9 章では，生体の MRI においては重要な現象であるものの，現在の BlochSolver では取り扱えない磁化移動効果について紹介する．これは，BlochSolver の今後の拡張の方向性のひとつを示すものと理解していただければ幸いである．

本書は以上のような構成となっているが，個々の章は，ほぼ独立して読めるように執筆した．よって，興味のある章のみをピックアップして読み進めることもできる．なお，分子拡散現象の MRI シミュレーションに関しては，内容が膨大であること，また流れやモーションを含む MR 撮像に関してはシミュレータの開発が発展途上であることなどを理由に，本書には含めなかった．ただし，本書の内容だけでも，現在の MRI の研究テーマのかなりの部分をカバーできていると思われるので，本書を活用して，さまざまな研究にチャレンジしていただきたい．

2022 年 10 月

巨瀬 勝美，巨瀬 亮一