

II MRIの最新技術と未来展望—基礎編

9. 7T用高インピーダンスコイルの原理と製作法

藤本 晃司 京都大学大学院医学研究科附属脳機能総合研究センター

MRIにおいて、受信感度の高い小径の受信用ループコイルを複数用いて撮像対象を覆うアレイコイルは、Roemerらによって1990年に報告され¹⁾、各コイルごとに異なる感度分布の違いを利用してk空間の収集をスキップするパラレルイメージングの手法^{2)~4)}と組み合わせることでMRIの高速化・高感度化に大きく寄与してきた。

アレイコイルの設計・製作においては、隣接するコイル間のカップリング(電磁気的結合)を最小限にするために、コイルの一部を重ね合わせたデザインが多く用いられてきた。ところが、2016年の北米放射線学会(RSNA)において、GE社から“AIR Technology”と呼ばれる、この制約をほぼ受けないコイルが発表され、大きな注目を浴びた。原理の詳細は公開されていないが、この技術を用いることで、毛布のように軽く柔らかい受信コイルが実現できている⁵⁾。

高インピーダンスコイル(high imped-

ance coil: HIC)は、Sodickson率いるニューヨーク大学Center for Advanced Imaging Innovation and Research (CAI2R)のチームが2017年にarXivに発表したもので⁶⁾、AIR Technologyと同様の機能を実現できるものとして注目を集めた。HICにおいては、同軸ケーブルを用いて受信コイルのループエレメントを構成することで、コイルに流れる電流を極小に抑える。結果として、コイル間のカップリングが無視できるほど小さくなり、手袋のように自由な形状の受信コイルを製作し、撮像した結果を報告している⁷⁾。なお、このあたりの経緯はNature誌のWebサイトに詳しく記されている⁸⁾ので、ご興味のある方はご一読されたい。

今回われわれは、HICの開発者であるZhangおよびCloosの協力を得て、7T MRI用のHICを製作する貴重な機会を得られた⁹⁾ため、その製作手法をなるべく具体的に以下に記す。

7T MRIにおけるコイル開発

われわれが使用している7T MRI装置(シーメンス社製「MAGNETOM 7T」)を含め、ヒト用7T MRI装置にはいわゆる「ガントリコイル」は含まれていない。Nova Medical社の32ch頭部コイルは、受信用のエレメントの外側に送信用バードケージコイルが一体となった形状をしており、分離することができない。MRI用のコイルを開発するに当たっては、シーメンス社と秘密保持契約を結ぶ必要があるが、開発したコイルに不具合があった場合、それに起因するスキャナ本体および付属品の損傷は保証されないため、細心の注意を払う必要がある。われわれは、7T用の受信コイルを開発するに当たって、送信用のバードケージコイルも製作することにした。

バードケージ(送信)コイルの製作

バードケージコイルは、1985年にHayesらにより発表され¹⁰⁾、均一な送信磁場を実現可能な技術であるため現在でも広く使われている。われわれが製作したコイルでは、透明なアクリルパイプに銅箔テープを貼り、非磁性の固定/可変キャパシタを必要な場所にはんだ付けを行った(図1)。一見簡単そうに見える作業ではあるが、マッチング・チュー-