

II MRI研究の最新動向

4. Ultra-high field MRI研究の最新動向

上野 賢一 / 岡田 知久 理化学研究所脳神経科学研究センター機能的磁気共鳴画像測定支援ユニット

ヒト用MRIにおいて超高磁場とされる領域は7Tから11.7Tに及び、全世界で100台以上の装置が稼働している。2024年4月にはフランスの国立研究所ニューロスピンにおいて、5mの幅、5mの軸長、132tの重量を持つ11.7T超伝導マグネットを利用して撮像された初のヒト被験者の脳画像が公開され、人々の大きな興味をひいた¹⁾(図1)。ヒトが入る空間に均一な高磁場を作ることは技術的困難をきわめるが、さらに高い14Tという超高磁場MRIをめざす挑戦的計画も進められている。一方、7T MRI装置については稼働数が増え、多くの知見が集まりつつあり、臨床的に応用しようとする動きが加速している。現在、国内では6台の7Tヒト用MRI装置が稼働している。近年の超高磁場MRI装置は、高い傾斜磁場強度と高速なスリューレートを併せ持つ高性能傾斜磁場コイルを組み合わせる利用されることが多く、8~16チャンネル程度の並列RF送信機能を備えるシステムが標準的となっている。3T以下の装置に比べて信号強度など有利な点は多いものの、さまざまな困難さを伴うことから依然として発展途上にあると言える。

高磁場ゆえの課題と対策

高磁場の課題は、第1に、利用電磁波周波数が高まることでRF照射エネルギーが大きくなるため、高フリップ角パルスの連射に大きな制約を受けることである。低磁場装置では問題にならなかった撮像法が、安全制約のため利用でき

ない場合も多い。安全制約にかかり利用できない場合、エネルギーを低く維持しつつ目的の成果が得られるようなパルスシーケンスの開発、撮像パラメータの選択など、個別の工夫が必要となる。

第2に、高磁場環境では送信電磁波の生体内での空間不均一性が目立つようになるため、電磁波による意図した励起を正確に行うことが困難となり、画像強度、コントラストの不均一として結果に顕著に現れる。これを克服するために有効とされるのは送信チャンネルの並列化である。複数のRF照射を独立に行い、これらが組み合わさることで空間励起パターンを制御することが可能になる。空間的に一様に平坦な励起を行うよう制

御するのはB1シムと呼ばれ、前述の空間不均一性の問題回避に役立つ。ただし、並列送信技術を安全に利用するためには、照射エネルギーが局所に集まって生体を過剰に加温することがないように注意深く安全対策を講じることが要求される。そのため、理論的に可能な空間励起であっても、安全上実用的ではない場合が多い。

第3として、特にecho planar imaging (EPI) などの撮像法では磁化率の異なる生体と空気の境界近傍で大きな画像歪みや信号欠損を引き起こすことに加えて、心拍や呼吸に依存した信号変化が増大する。有効な対策の一つとして、フィールドカメラ法が挙げられる。フィー

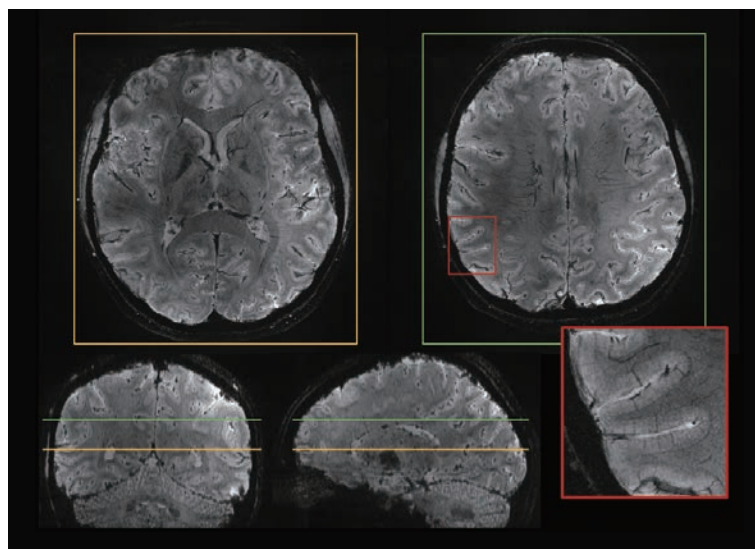


図1 ニューロスピンにおいて11.7T MRIを用いて撮像された最初のヒト脳画像の例

3D T2*強調画像(ボクセルサイズは $0.22 \times 0.22 \times 1.2\text{mm}^3$, 撮像時間11分31秒)。静脈構造を含む微細な脳内構造を鮮明に描出している。(参考文献1)より引用転載)