

●イントロダクション

超高速撮像時代の動向と 今後の展望

本杉宇太郎

山梨大学医学部放射線医学講座

MR撮像の高速化は 止まらない

どこまで速くなるのだろうか。MRIの撮像高速化は止まらない。言うまでもなく、MRIの画像再構成に必要なデータ数は解像度とFOVによって決まっている。例えば、30cm四方の正方形のFOVを1mm×1mmのピクセルサイズ(分解能)で再構成するには、k空間上に9万ポイントのデータが必要である。周波数エンコード方向は一瞬で埋まることを考えても、二次元の画像1枚を取得するのに300発のショット(励起パルス)が必要である。それが三次元データとなれば……なんとも気の遠くなるような作業だ。しかし、MR技術者たちは、これまで高速スピンエコー、シングルショットスピンエコー、高速グラディエントエコー、エコープラナー法と、データ収集の効率化に成功してきた。そして今、腹部ダイナミックMRIに革新的な高速化の波が押し寄せている。

近年では、腹部の造影ダイナミックMRIは三次元グラディエントエコー法で撮像されることが一般的である。きわめて短いTRと、必ずしも必要ではないk空間辺縁部のデータ取得を省略することで、呼吸停止下の撮像が可能なレベルにまで撮像は高速化された。一昔前と比べると、腹部MRIの空間分解能はかなり改善された。そして、ユーザーとしては今後も空間分解能を妥協することはできない。それでも、ダイナミック

MRIは空間分解能を落とすことなく、さらに高速化されていく。技術革新を読み解くキーワードは、view sharingと画像再構成技術の進歩である。

View sharing

k空間中心部分のデータを頻回に取得し、辺縁部のデータを共有するview sharing技術では、わずかな撮像時間の延長により多時相の画像を再構成可能である^{1),2)}。多時相を撮ることが前提ではあるが、1相あたりの撮像は高速化することになる。現在では、view sharingを用いてダイナミックMRIの動脈相を多時相撮像する技術は、多くの機種で実装されている。最近、われわれは、多血性腫瘍の代表である肝細胞がんの診断において、多時相動脈相撮像が診断確信度を高めるのに寄与するとの報告を行った³⁾。今後は、得られた多時相情報をどのように診療に用いるのか、それぞれの病態においてさまざまな角度から個別に検証してみる必要がある。技術的側面からは、時間分解能(foot print)の適正化も課題となる。時間分解能を高く設定すれば、どうしても時間的に離れたポイントからデータを引っ張ってくる必要がある。すなわち、view sharingに特有の時間方向のブラーリングが発生する。この現象が実際に臨床で問題になるかどうか、まだ系統的には検証されていない。MRユーザーによる今後の検討が期待される領域である。

画像再構成技術の進歩

MR画像再構成の技術革新と言えば、1990年代に開発されたパラレルイメージングであろう。そして今、圧縮センシングにより画像再構成に再び革新が起きている。2007年に圧縮センシングがMR画像再構成に応用可能であることが示されてから約10年、コンピュータ演算速度の向上も相まって、多くの撮像シーケンスに圧縮センシングが応用されている⁴⁾。圧縮センシングは、データのスパース性を前提にデータの復元を行うため、高次元のデータセットほどその効果は大きい。ダイナミックMRIは、時間軸も入れれば四次元のデータセットになり、圧縮センシングとの相性が良い。つまり、われわれは今、サンプリングを省略した粗なデータから、画像再構成に必要なデータを復元する2種類の方法を手に入れたと言える。これらを使ってどこまで高速化が進むのか、今後の展開が楽しみだ。

さて、これらの画像再構成技術の特性を最大限に引き出すには、どのようにk空間にデータを充填するのがよいのだろうか。大きく分けて、手堅くデカルト座標にデータを充填するCartesian samplingの方向と、k空間中心を偏重するnon-Cartesian sampling(radial sampling, spiral sampling)がある。それぞれに利点と欠点があり、一概にどちらが良いかを論じることはできないが、今後はいろいろな組み合わせにより、さ