

5. PADRE

—その再構成原理から見た臨床応用のポイントと問題点

米田 哲也^{*1}/北島 美香^{*2}/平井 俊範^{*3}/小味 昌憲^{*2}
掛田 伸吾^{*4}/興梠 征典^{*4}/佐藤 徹^{*5}/山下 康行^{*3}

*1 熊本大学大学院生命科学研究部医療技術科学講座

*2 熊本大学医学部附属病院中央放射線部・医療技術部

*3 熊本大学大学院生命科学研究部放射線診断学分野

*4 産業医科大学放射線科学教室

*5 産業医科大学病院放射線部

MRIの高磁場化に伴うメリット・デメリットは、信号強度の上昇による恩恵やT1延長による画像コントラスト作成の苦労などを通して感じていることだろう。なかでも、腹腔内や頭部の空気と組織の境界面付近で発生する磁化率アーチファクトの増大は、大きなデメリットである。この解消のために、3 point dixon法を用いたアーチファクトの低減など、さまざまな手法や試みが行われ、それぞれすばらしい成果を上げている。反面、磁化率が直接影響する位相画像情報と呼ばれる、古くも新しい画像情報には、磁場強度が強く影響するため大きなメリットとなり、新しい臨床応用の可能性を開くチャンスにもなっている。実際この10年間で、位相を用いて画像コントラストを作成する技術「位相画像技術」がさまざまな発展を遂げ、Haackeらが開発してきた磁化率強調画像化法(susceptibility weighted imaging: SWI)をはじめ、多くの技術が研究されてきた。また、臨床例も多く提案されており、今後ますます活発に研究・開発が続くと期待されている^{1)~5)}。

このような中、筆者らは位相画像情報

を従来から使用してきたmagnitude画像信号に位相を帯域選択的に付加して活用する、位相差強調画像化法“PADRE (PhAse DiffeRence Enhanced imaging)”を開発し、その臨床応用を模索してきた。その結果、中枢神経変性疾患をはじめ、さまざまな臨床応用が可能になるだけでなく、今も続々と新しい応用例が増えており、臨床応用に新たな展開も期待できる状態となってきている^{6)~8)}。そこで、本稿ではPADREを臨床応用するに当たり、その再構成原理から見た臨床応用のためのポイントや、問題点を解説していく。しかしながら、筆者らは、PADREはもとより、位相画像とはいったい何なのかという基本的な疑問をぶつけられることが多く、まだまだ位相画像信号の意味が臨床現場では広く理解されていないと考えている。そこで、読者のPADREをはじめとしたさまざまな位相画像技術の、今後の深い理解のため、まずは位相画像について概説し、その後、PADREの再構成原理の手法とコンセプトを紹介して、臨床応用に向けた考察を行う。

位相 (phase) 画像

位相画像の意味をよく理解している読者は、本節を飛ばして読み進めていただきたい。

まず、MR信号が2つの要素からなる事実から始める。われわれはこれを実数部と虚数部と呼ぶが、とにかく2つなのである。この2つのデータを、よく知られているようにフーリエ変換することでMR画像を得ることができるが、変換された後の各ピクセル信号も結局2つの部分に分けられる。つまり、各ピクセルに2つの画像信号があり、それらのうち信号の大きさを表すものをmagnitude信号、残りを位相(phase)信号と呼んでいる。これらを別々に表示したものがmagnitude画像(通常のMR画像)、位相画像である(図1 a)。つまりMR画像は、原理的に常にこの2つの画像が並行して存在するのである。

さて、位相信号は、横磁化の共鳴周波数からの進みや遅れといったズレを表すため、正・負のどちらも示し、時間に比例してそのズレの大きさは拡大していく性質がある。通常、spin echo法で撮像された場合では、このズレを戻すことでecho信号を得るため、位相信号値も0となり、位相画像信号上では組織を観察することはほとんどできない。しかしながら、gradient echo法で撮像された場合では、位相を戻すことがないため、位相画像上で組織特有の位相が観察で