

II MRIの最新技術と未来展望—基礎編

4. QPMの原理と未来展望

谷口 陽 (株) 日立製作所研究開発グループ

quantitative parameter mapping (以下, QPM) は, MRIにて複数の定量値マップを3Dで短時間に取得するマルチパラメータマッピングの一手法である。取得できる定量値は, 緩和時間 (T_1 , T_2^*) とプロトン密度 (以下, PD) である。撮像シーケンスに一般的なマルチエコータイプの gradient echo (以下, GRE) 法を用いているため, quantitative susceptibility mapping (QSM) を適用することにより, 磁化率マップも同時に得ることができる。また, RF照射強度 (B_1) マップも定量値と同時に推定しているため, B_1 不均一は補正される。QPMのマルチパラメータマップからは, さまざまな強調画像をマルチコントラスト画像として合成でき, ミエリンや造影剤濃度の算出が可能である。QPMの撮像時間は, 全脳にて1.1mmの等方ボクセルとした場合, 12分程度である。MRIにおける定量値測定はこれまで, その長い撮像時間のため適用範囲が限定されていた。QPMは, MRIの定量評価に再び道を開く技術として期待できる。

QPMの原理

QPMにおける定量値算出の流れを図1に示す。QPMでは, 3DマルチエコータイプのRF-spoiled GREによって撮像された画像から, T_1 , T_2^* , PD, 磁化率の4種類の定量値マップを算出する¹⁾。 T_1 , T_2^* , PDは撮像パラメータの異なる複数の画像を基に, 関数

推定の手法によって算出される。ただし, 撮像パラメータの数と推定する定量値が多いため, 推定方法に工夫を加えている。磁化率は, 元画像のマルチエコー画像からQSMの手法によって算出される。

QPMの緩和時間推定方法を説明するため, まず, 一般的な推定手法の一例として, T_2 マップだけを単体で算出する場合の手順を図2に示す。 T_2 推定の場合, T_2 コントラストに影響するエコー時間 (TE) を変えて2つ以上 (図2では3つ) の spin-echo (SE) 画像を撮像する。そして, 画像の輝度と撮像パラメータ TE, 推定するパラメータ T_2 との関係を表す T_2 緩和の式 (輝度関数) を用意し, 撮像した画像の輝度にこの輝度関数をフィッティングする。フィッティングにおいては, 3つの輝度値 (図2の

A, B, C) に対して輝度関数との二乗誤差が最小となる T_2 値と PD 値を求め。これを画素ごとに繰り返せば T_2 マップ (と PD マップ) が得られる。

QPMでは, T_2 マップだけの場合と比較して, より多くの未知数 (T_1 , T_2^* , PDのほかに B_1 も含む) を推定する必要がある。そのため, 画像ごとに変化させる撮像パラメータの種類も多く必要になり, TEに加えてフリップ角 (以下, FA) と繰り返し時間 (以下, TR), RF位相増分値 θ を変化させる。FAとTRの変化は T_1 , B_1 , PDの推定に有効であり²⁾, θ の変化は T_2^* の推定に有効である³⁾。

推定パラメータと撮像パラメータに関して, T_2 マップ算出とQPMを比較すると表1のようになる。QPMでは, 未知数と撮像パラメータ数が多いため, 以下の2点が問題となる。

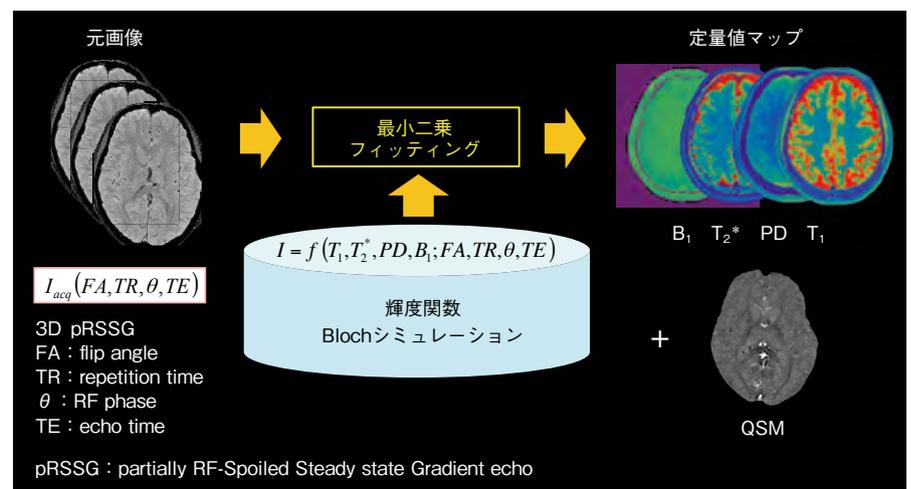


図1 QPMの定量値マップ算出方法