

メタルアーチファクト低減ソフト (WARP) を用いた生体内金属に対する効果の検討

橋本 翔太 北村 裕貴 畑中 信吾 岩佐 成彦 山下 光弘

高山赤十字病院 放射線科

抄 録：MRI検査では生体内金属によるメタルアーチファクトが顕著に出現するため、診断に有用な画像を取得することが困難な場合がある。当院ではこのような症例においてメタルアーチファクトの低減が可能となるsyngo WARPというソフトを導入した。メタルアーチファクトはシーケンスパラメーターを変更する事でも軽減が可能であるので、今回の実験ではTSE法を使用し、TE、受信バンド幅、空間分解能、スライス厚についてのアーチファクト低減効果と、VATによるアーチファクトの変化について検証した。実験では自作ファントム（3種類の金属）を用いて、上記のパラメーターを変化させたとき、周波数方向・位相方向それぞれにおいて短軸方向での歪み率を求めた。また実験の結果よりアーチファクト低減により効果のあったバンド幅、空間分解能の値を高値と低値で固定し、VATの値のみを変化させた。結果として、TEとスライス厚の変更ではあまり低減効果は認められなかったが、受信バンド幅、空間分解能の変更では効果が大きく認められた。VATの値が高値なほど歪み率、高信号アーチファクト共に減少するが、値を大きくするほど周波数方向へのボケが目立つことから、他のパラメーターも同時に変化させる必要があった。メタルアーチファクト低減効果のあるパラメーターを使用・変更することは画像劣化を伴うため、各パラメーターを組み合わせることで少しでも画像劣化を防ぐ必要がある。実臨床での最適パラメーターの設定が今後の課題となった。

索引用語：MRI WARP VAT メタルアーチファクト

I はじめに

MRI検査では生体内金属によるメタルアーチファクトが顕著に出現するため、診断に有用な画像を取得することが困難な場合がある。当院ではこのような症例においてメタルアーチファクトの低減が可能となるsyngo WARPというソフトを導入した。

syngo WARPでは、送信RFパルスのバンド幅を広げることでスライス方向の歪みを軽減するWARP法と、スライス方向の傾斜磁場を印加しながら周波数エンコードを行い、局所磁場の乱れによる位置ずれを補正するView Angle Tilting(VAT)法がある¹⁾。VAT法は傾斜磁場の印加時間を変更することで強度を変えることが可能である。またVATによる低減効果のほかに、適切なシーケンスを使用しシーケンスパラメーターを変更する事でもメタルアーチファクトの低減が可能である。今回TSE法を使用し、TE、受信バンド幅、空間分解能、スライス厚についてのアーチファクト低減効果と、VATによるアーチファクトの変化について検証した。

II 使用装置・機器

- 1.SIEMENS社製 1.5T臨床装置MAGNETOM Avant Dot
- 2.8ch head coil
- 3.自作ファントム（図1）
（寒天内にチタン、ステンレス、コバルトクロムを設置）
- 4.画像処理ソフト Image J



図1 寒天ファントム

Ⅲ 方法

1.方法1

自作ファントム（3種類の金属）を用いて、以下のパラメーターを変化させたとき、周波数方向・位相方向それぞれにおいて短軸方向での歪み率を求めた。撮像はT2WI-coronalで行った。

- ①VAT(%) : 0・30・60・100
- ②TE(ms) : 36・72・107
- ③Band Width(BW)(Hz/pixel) : 130・260・521
- ④Base Resolution(BR) : 128×128・256×256・448×448
- ⑤Slice Thickness(ST)(mm) : 3・5・7

2.方法2

方法1の結果よりアーチファクト低減により効果のあったBW・BRの値を高値と低値で固定し、VATの値のみを変化させた。撮像は周波数方向・位相方向それぞれにおいて短軸方向での歪み率を求めた。

- 高値 : BW521(Hz/pixel)・BR448×448
 低値 : BW130(Hz/pixel)・BR128×128
 VAT (%) : 0・10・20・30・40・50・60・70・80・90・100

3.歪み率の計測方法

図2左上の写真は実際の金属を表す。実金属の短径をAとする。左下の写真は金属を撮像した画像である。アーチファクト部分の測定場所は一定とし、一番アーチファクトが目立つ短軸方向の歪みを画像処理ソフトimage Jを用いてプロファイルとして測定した。そのアーチファクトの大きさをBとする。今回の実験では歪み率を $(B-A)/A \times 100 (\%)$ として計算した。

4.今回実験で使用した基本パラメータを示す。

シーケンスはT2WI-TSEを用い、TR4000ms、TE83ms、BW115Hz/pixel、BR320×320、スライス厚5mmを使用し、coronalで撮像した。

【歪み率の計測方法】

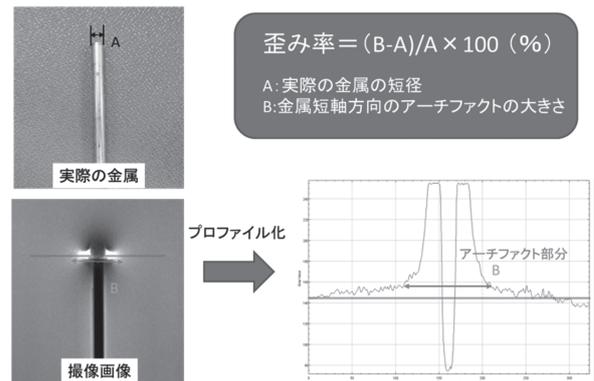


図2 歪み率の計測

Ⅳ 結果

1.方法1の結果

- 1) VAT : 高値なほど歪み率、高信号アーチファクト共に減少するが、周波数方向へのボケが目立つ。周波数方向の方がより顕著。(図3)
- 2) TE : TEによる変化はあまり見られなかった。(図4)
- 3) BW : 高バンドほど歪み率、高信号アーチファクト共に減少。(図5)
- 4) BR : 高分解能ほど歪み率が減少。高信号アーチファクトはやや残存。(図6)
- 5) ST : STによる変化はあまり見られなかった。(図7)

2.方法2の結果

- 1) 高BR・高BWの場合、VATによる歪み補正の効果は少なく、チタンに関しては視覚的にもほとんど差がない。(図8、図9)
- 2) 低BR・低BWの場合周波数方向へのボケは目立つが、VATによる歪み補正の効果は位相方向の場合では大きい。周波数方向の場合では高信号アーチファクトは顕著に減少するが、VATによるボケの影響のため効果がほぼない。また、周波数方向の場合では金属がやや曲がっているように見える。(図8、図9)

【VAT】

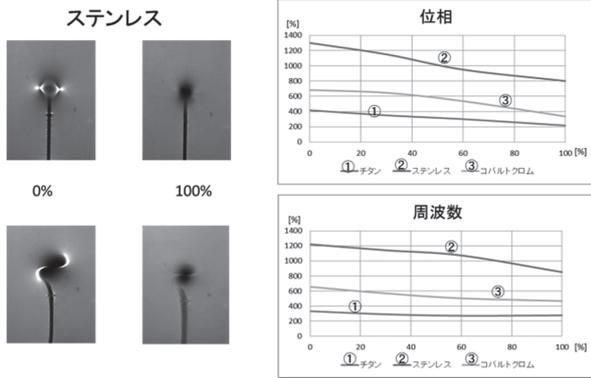


図3 VATによる変化 (横軸: VATの値、縦軸: 歪み率)

【Base Resolution(BR)】

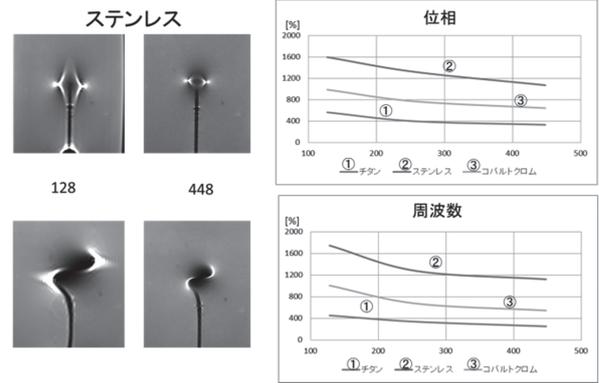


図6 BRによる変化 (横軸: BRの値、縦軸: 歪み率)

【TE】

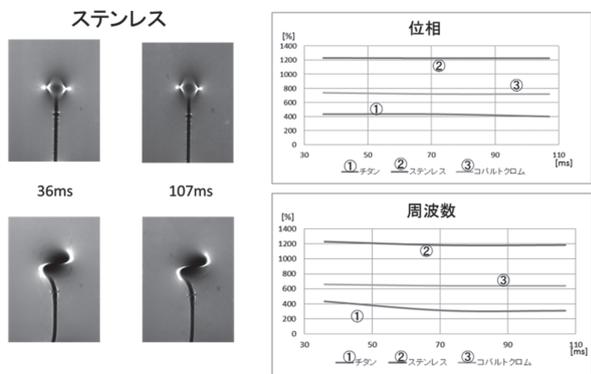


図4 TEによる変化 (横軸: TEの値、縦軸: 歪み率)

【slice thickness(ST)】

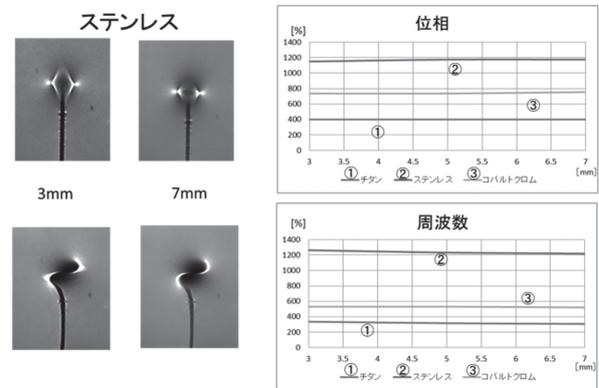


図7 STによる変化 (横軸: STの値、縦軸: 歪み率)

【Band Width(BW)】

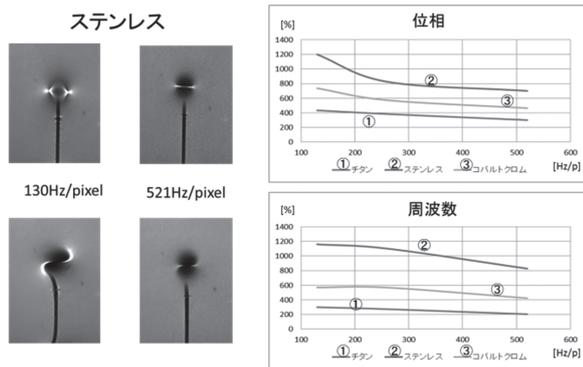


図5 BWによる変化 (横軸: BWの値、縦軸: 歪み率)

【VATによる変化(位相方向)】

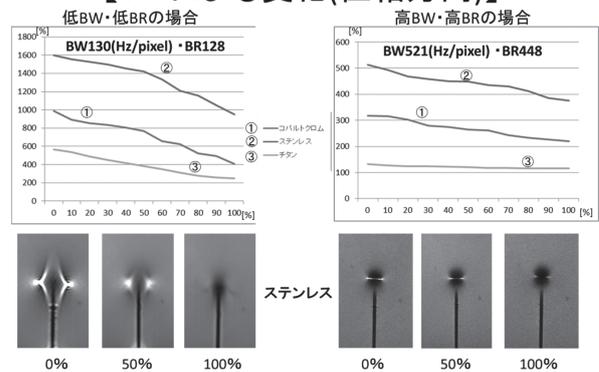


図8 VATによる変化一位相方向 (横軸: VATの値、縦軸: 歪み率)

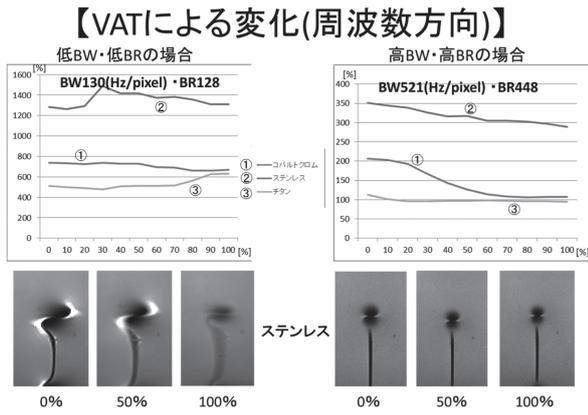


図9 VATによる変化—周波数方向（横軸：VATの値、縦軸：歪み率）

V 考察

メタルアーチファクトの軽減方法は、TSE法を使用し、TEを短縮する、受信バンド幅を広げる、空間分解能をあげる、スライス厚を薄くすると言われている。しかしアーチファクト低減によるシーケンスパラメーターの設定はS/N劣化、撮像時間の延長を伴う要因である。すべてのパラメーターをアーチファクト低減に使用することは画像劣化を伴うため適切なパラメーターを選択する必要がある。今回の実験からTEの短縮やスライス厚の低減では有効なメタルアーチファクトの軽減は期待できなかった。TEの変更であまり効果が得られなかった原因として、WARPではTSEを用いることが必要であり、実効TEであったためと考えられる。それら以外のVATの増加、バンド幅の拡大、空間分解能の向上がメタルアーチファクトの軽減に有効であることが確認できたため、VATの変化に対する2つのパラメーターの設定を行った。

実験結果より、VATの値が高値なほど歪み率、高信号アーチファクト共に減少した。しかし値を大きくするほど周波数方向へのボケが目立つことから、他のパラメーターも同時に変化させる必要があった。VATを用いることによるボケは、VATの値を大きくするほどスライス方向へのエンコードの角度が大きくなるため、読み取りにボケが生じると考えられた。今回の実験においては体内金属の長軸と周波数方向を平行に設定し、バンド幅500 Hz/pixel、空間分解能448×448の場合、

チタンにおいてのVATの値は60%程度で十分だと考えられた。コバルトクロム、ステンレスに関しては100%に設定する必要があると思われた。

一般的にメタルアーチファクトは周波数方向に出やすいと言われており、実験においても周波数方向にアーチファクトが際立って出現した。よってアーチファクトの軽減を考える場合最適なパラメーターを選択するよりも、まずは観察部位にアーチファクトがかからないように適切なエンコード方向を考える必要がある。

VI 結語

今回の実験により、受信バンド幅、空間分解能の変更に関しては大きくメタルアーチファクト低減に効果があり、TE、スライス厚変更に関してはほとんど効果が無いことが分かった。

syngo WARP (VAT) の使用はメタルアーチファクト低減に効果があり、特に高信号アーチファクト低減に効果を発揮したが、VATを高値にするほど周波数方向へのボケが目立った。

メタルアーチファクト低減効果のあるパラメーターを使用・変更することは画像劣化を伴うため、各パラメーターを組み合わせることで少しでも画像劣化を防ぐ必要がある。

実臨床での最適パラメーターの設定が今後の課題となった。

VII 文献

- 1) 宇根田宏徳：メタルアーチファクト低減技術、高橋光幸、中村理宣、他編、MRI応用自在、第3版、MEDICAL VIEW、東京、2013、172-173