

# 磁化率強調画像の位相画像による位相シフトの基礎的検討

秋田大学医学部附属病院 中央放射線部 ○伊藤 美保(Ito Miho)  
成田 孔明 櫻田 渉 吉田 博一 佐々木 洋平

## 【目的】

磁化率強調画像は磁化率に鋭敏で空間分解能に優れる撮像法である。乳房の微小石灰化を観察するためには、磁化率強調画像の位相画像が有用と考える。微小石灰化が位相画像で検出出来る可能性を評価するために、各パラメータの違いによる位相変化を把握する事を目的とした。

## 【使用機器】

- ・MRI装置 GE社製:Discovery MR750 3.0T
- ・コイル GE社製:HD プレストアレイコイル

## 【方法】

撮像ファントムは水にアガーを溶いて作成したゼリーに石灰化の模擬試料として小さく砕いた卵の殻(径0.5 mm)程度を入れたものを用いた。

撮像はGE社のSWAN(Susceptibility Weighted Angiography)で行い(Table 1)、得られた位相画像で石灰化による位相シフトを測定した。位相シフトに影響を与える因子を観察する為に、TE、マトリクス、スライス厚を変化させた。TEは11.9から100.8 msec(11段階)で検討した。マトリクスは128×128、256×256、512×512、スライス厚は0.2から5.2 mm(9段階)で検討した。得られた位相画像において、石灰化の中心を通る位相プロフィールをとり、プロフィールの頂点と石灰化の影響がない平坦な部分までの位相差を石灰化の位相シフトとした(Fig.1)。Ax方向で撮像した位相画像からMPR Corを作成し、スライス厚の違いによる位相画像の変化を目視で観察した。スライス厚は0.2から1.2 mm(6段階)で変化させた。撮像方向による位相画像の変化は、ファントム内の石灰化をスライス厚1 mmで、Ax、Cor、Sag方向で撮像し、得られた位相画像とMPR画像を観察した。次に、模擬試料の同一断面をAx、Sag方向で撮像し、位相画像とそのMPR画像を観察した。撮像は、初めにAx方向で行い、次にファントムを90°回転してSag方向の撮像を行う事で同一断面の位相画像を得た。

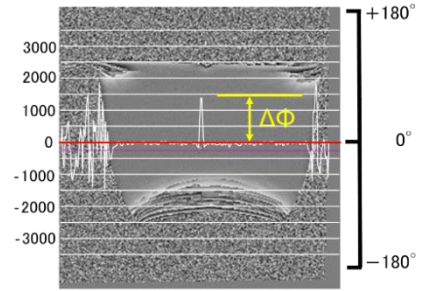


Fig.1 位相シフトの求め方

Table 1 撮像条件

	FOV(mm)	matrix	Slice Thickness(mm)	TE(ms)	TR(ms)	BW(kHz)
①	80	256×256	1.0	11.9~100.8	111	62.5
②	80	3段階で変化	1.0	39.5	74.8	62.5
③	80	256×256	0.2~5.2	36.1	46.7	62.5
④	80	256×256	0.2~1.2	36.1	46.7	62.5
⑤	80	256×256	1.0	35.3	44.7	62.5
⑥	80	256×256	0.4~1.0	37	50	62.5

- ※ ①TEと位相シフトの関係                      ②マトリクスと位相シフトの関係
- ③スライス厚と位相シフトの関係            ④スライス厚の違いによるMPR Cor画像の変化
- ⑤撮像方向による位相画像の変化        ⑥撮像方向による位相画像の変化(同一断面撮像)

## 【結果】

石灰化による位相シフトはほぼTEに比例して大きくなった(Fig.2)。マトリクスが大きくなるほど位相シフトは大きくなった(Fig.3)。スライス厚を大きくすると位相シフトは小さくなった(Fig.4)。なおスライス厚0.2、0.4 mmは石灰化の中心を通る断面で位相変化が黒く観察されたので、位相変化が白く、大きく観察された断面で位相変化を求めた。

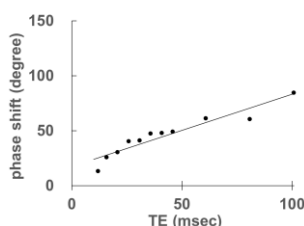


Fig.2 TEと位相シフトの関係

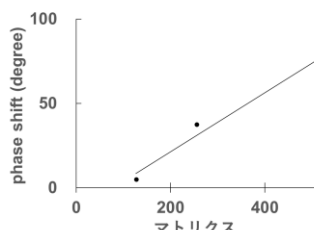


Fig.3 マトリクスと位相シフトの関係

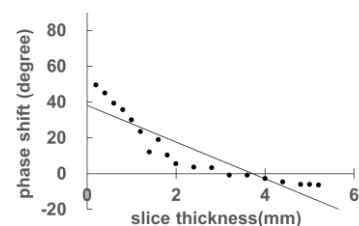


Fig.4 スライス厚と位相シフトの関係

スライス厚の違いによる位相画像のMPR Corの変化は、スライス厚が石灰化試料より小さい場合、静磁場(B0)方向では白く、静磁場と垂直な方向では黒く観察された(以後反磁性体特有の位相変化と記載:Fig.5)。スライス厚が石灰化と同程度、または大きい場合、位相変化は白く観察された。

撮像方向の違い(1 mm厚で撮像)による位相の変化は、Ax方向で撮像した位相画像とそのMPR画像は、石灰化による位相変化が白く観察された。Cor、Sag方向で撮像した画像とそのMPR Sag、MPR Cor画像は反磁性体特有の位相変化が観察され、MPR Ax画像は位相変化が白く観察された。

次に模擬試料の同一断面を方向を変えて撮像した場合、Ax方向で撮像した画像はスライス厚が石灰化試料より小さい場合、MPR Cor、MPR Sag画像で、反磁性体特有の位相変化が見られた。スライス厚が石灰化と同程度、または大きい場合、MPR Cor、MPR Sag画像で位相変化が白く観察された。Sag方向で撮像した画像とそのMPR Cor画像は、スライス厚が変わっても反磁性体特有の位相変化が見られた。MPR Ax画像はスライス厚が石灰化より小さい場合は、石灰化の中心を通る断面で位相変化が黒く観察され、スライス厚が石灰化より大きい場合は白く観察された。

**【考察】**

位相差がTEにほぼ比例して大きくなったのは、SWANはGradient Echo系のシーケンスでTEを長くすれば磁性体の影響による位相の変化が大きくなる為と考えられる。マトリクスが大きくなるほど位相シフトが大きくなったのはマトリクスが大きくなるほどピクセルサイズが小さくなりパーシャルボリュームエフェクトが小さくなるためと考えられる。スライス厚を大きくすると、位相シフトが小さくなったのは、要因の1つとしてスライス厚を大きくするとパーシャルボリュームエフェクトが大きくなる事が考えられる。

Ax方向で撮像した位相画像のMPR Corで反磁性体特有の位相変化を観察する為には、スライス厚が対象物より薄い必要があると言える。

Ax、Cor、Sag方向(スライス厚1 mm)で撮像した位相画像、またそのMPR画像で位相変化の違いが見られたのはファントムの模擬試料の形状が球形でないのが原因ではないかと考えられた。そこで、Ax画像と同一断面をSag方向で撮像する為、ファントムを90°回転させて撮像を行った。Ax画像、Sag画像と、これらのMPR画像は、スライス厚が同一であっても撮像方向により位相画像に相違が見られた。この相違は、今研究で撮像を直方体ボクセルで行ったことが要因と考えられる。Ax画像は、静磁場方向の分解能がスライス厚になり、Sag画像は、FOV80 mm、マトリクスが256×256で撮像をしたことにより静磁場方向の分解能が常に0.3 mmとなっていた(Fig.6)。Cor画像、Sag画像、MPR Cor画像、MPR Sag画像で反磁性体特有の位相変化が観察されるのは、静磁場方向において、試料の大きさ以下の分解能で撮像を行った時であると考えられる(Fig.7)。

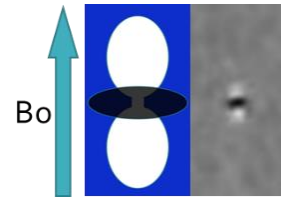


Fig.5 反磁性体特有の位相変化

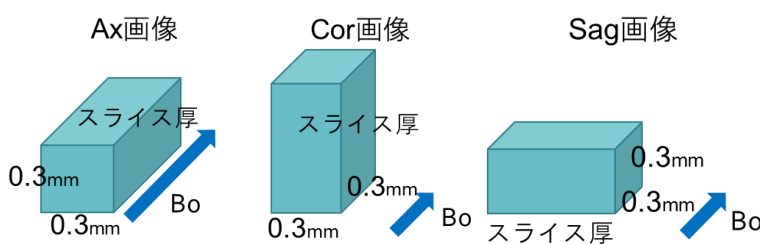


Fig.6 静磁場方向と分解能

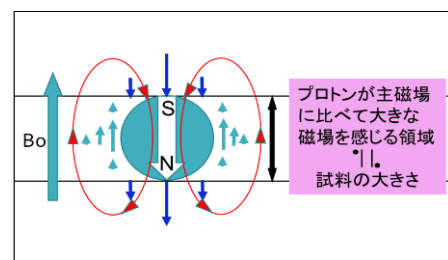


Fig.7 反磁性体周辺の磁場変化の様子

**【結語】**

Fig. 5 反磁性体特有の位相変化

反磁性体での微小石灰化をSWANで撮像した時に得られる位相変化、撮像方向の違いによる変化を把握する事ができた。但し、長すぎるTEは背景信号の低減にもなり、薄いスライス厚の撮像は、撮像範囲が同一の場合、撮像時間が延長する事を考慮しなければならない。SWANの撮像条件は撮像対象物にあった条件を設定する事が重要である。

**【参考文献】**

- 1) 佐久間利治、西村圭弘、山田幸典 他:FLASH型グラジエントエコーの位相画像によるSusceptibility Effectの実験的検討 日本放射線技術学会誌, vol46No9,1990
- 2) 佐久間利治、山田直明、山田幸典 他:石灰化の磁化率効果—MRIのグラジエントエコーによる位相シフトの基礎的検討— 日本放射線技術学会誌, vol51No2,1995