

Calibration Scanのスライス厚が冠状断・矢状断画像の画質に与える影響についての検討

○木原 翔、藤田 卓史、渡邊 孝幸、光岡 由企夫、新木 真由子、湯淺 正憲、呉山 幸利、松田 哲典、山本 一雄
財団法人 津山慈風会 津山中央病院

【背景】 Parallelimaging (ASSET) は各受信コイルの感度分布の差を利用した撮像技術で、位相エンコード数を間引くことで撮像時間の短縮を行なっている。しかし ASSET は、各受信コイルの感度 MAP (Calibration) を得る必要があるため、CalibrationScan と Image Scan の SizeofGap に誤差が生じ、Artifact が発生することがある。その Artifact を発生させないために CalibrationScan のスライス厚を大きくする方法を提案し、これまでに軸状断 (Ax) での画質の評価 (差分マップ法による SNR の比較・NMSE による比較) を行なってきた。

【目的】 CalibrationScan のスライス厚の違いが冠状断・矢状断画像の画質に与える影響について検討した。

【使用機器】

装置・GEHC-J SIGNA 1.5T (Version11.1)

Coil・TORSOPA

ファントム・メンテナンス用円球ファントム (NiCl₂)
直径 27 cm

【実験方法】 直径 27 cm 円球ファントムを使用し CalibrationScan (5/10/50/100 mm) に対しそれぞれ Null・ASSET・PURE で軸状断 (Ax) 矢状断 (Sg) 冠状断 (Co) の Image Scan を行い、差分マップ法による SNR の比較を円全体の中心 1 点で行った。

【結果 1】 (図 1) ASSET の場合は 3 方向ともほとんど変化はなし。

【結果 2】 (図 2) PURE の場合は全体的に値が ASSET の時よりも低下し、この現象はスライス厚が厚くなるほど低下傾向になった。



図 1 ASSET

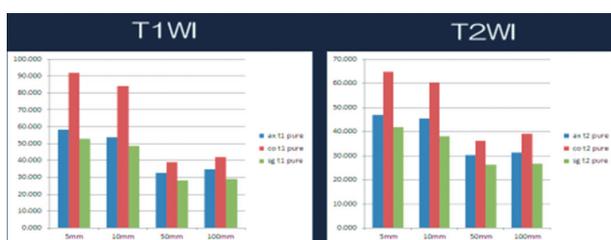


図 2 PURE

【考察】

$$[SNR_{sense} = SNR_{notsense} / g \sqrt{R}] \dots (1)$$

g : geometryfactor (幾何学的要因)

R : reductionfactor (間引き要因)

(1) 式は、SENSE を使用した場合の SNR の変化を示すものである。エンコードの (R) リダクション数を多くすると FOV が小さくなり SNR は低下する。R ≤ コイル数、g ファクターが上昇すると SNR は低下する。(※ g ファクターとは、コイル配列において決定され、コイル配置の不正確さを数値をもって示したもの。) (平行の展開精度・コイルによって変わる。形・ポジショニングにより変わる)

しかし、関係式の示す SNR は、Image に関するもので Cal との関係性はない。

また、Cal は、Gain の値を小さく設定しているため、コントラストのみを反映しているものと考えられる。

結果 1 で ASSET 使用時に Cal のスライス厚の違いによる変化が 3 方向ともほとんどみられなかったのは、(1) の関係式と Cal の関係がなかったからだと考えます。

結果 2 で PURE 使用時に全体的に ASSET よりも SNR が低下した原因としては、画像をみるかぎり PURE の特徴である中心部の信号が持ち上がっている感じがあったが PURE は、感度補正により面内信号の均一化をはかる一方でノイズ量も増加する特徴があると考えられている事から PURE の SNR が低下したのではないと思われる。

また、結果 2 でスライス厚が厚くなるほど SNR が低下傾向にある原因については、body coil と surface coil の感度の違いによる影響 (磁化率の影響) が関与していると思われる。

結果 2 で Co が Ax・Sg と比較して SNR が高くなった事に関しては今回の実験ではわかりませんでした。

【まとめ】 CalibrationScan のスライス厚を大きくする事で Cal と Image とのスライス誤差による Artifact は発生しない。

今回、CalibrationScan のスライス厚の違いが冠状断・矢状断画像の画質に与える影響について検討した。

差分マップ法による SNR の比較をおこない、ASSET では 3 方向ともほとんど変化はみられなかったが、PURE の場合に全体的に値が ASSET の時よりも低く、スライス厚が厚くなるとともに低下傾向であり、原因としては PURE の特徴が SNR に影響があったと考えられた。

○守屋 和典、吉田 耕治、阿部 俊憲、森分 良、田中 康隆、小野田 薫、石原 睦美、柳元 真一

川崎医科大学附属病院 中央放射線部

【背景】1.5T 装置に比べ高い SNR を有している 3.0T 装置では、その高い SNR を利用して撮像時間を短縮可能な parallel imaging を併用する頻度が高い。しかし parallel imaging では reduction factor を過度に増加させると 3.0T 装置でも SNR の低下により診断能を損なう事が懸念される。また、3.0T MRI 装置において FSE-T1 強調画像は cross talk や magnetization-transfer (MT) 効果の影響が 1.5T より大きくなり、CNR が低下することが問題となっている。

【目的】CNR に影響を及ぼす cross talk と MT 効果、および SNR に影響を及ぼす reduction factor の関係を求め、FSE-T1 強調画像の画質改善の方向性を明らかにすることを目的とした。

【方法】実験には静磁場強度が異なる 2 台の東芝社製 MRI 装置 EXCELART Vantage MRT-2003 1.5T および、Vantage Titan 3T を使用した。撮像条件は TE = 12 msec、TR = 650 msec、ETL = 2、ESP = 12 msec、Slice thickness = 6.0 mm、Slice gap = 1.0 mm とし、duty cycle を統一するため、静磁場強度の異なる装置においても同一撮像条件とした。受信コイルは Atlas SPEEDER Body coil および Atlas SPEEDER Spine coil を使用した。

(1) 静磁場強度の違いが MT ratio (MTR) に与える影響について検討するため、日興ファインズ社製 MRI ファントム 90-401 のコントラストセクションを撮像し、次式より MTR の差を検討した。

$$MTR = 100 \times (Ms - Mm) / Ms (\%)$$

Ms : single slice の信号強度

Mm : multi slice の信号強度

(2) スライス励起法の違いが MTR に与える影響を検討するため、3.0T MRI 装置でスライス励起方法を sequential、interleave、coverage interleave の 3 種類に変更し (Fig.1)、最も MT 効果を低減できるスライス励起法を検討した。

(3) 1.5T および 3.0T 装置における SPEEDER factor と SNR の関係を検討するために SPEEDER factor を 1.0-4.0 まで 1.0 ずつ変更し、MRI ファント

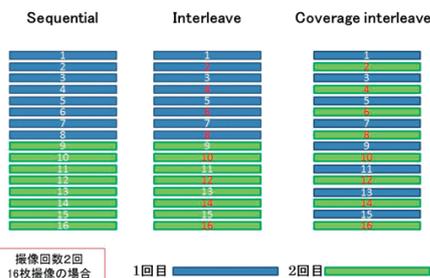


Fig.1 各種スライス励起法におけるスライス励起順序

ムの均一セクションを撮像した。解析は image-J および日本放射線技術学会学術研究班「MRI 画像の parallel imaging における SNR 測定法の標準化」による SNR 測定プログラムを使用した。

【結果】3.0T 装置では 1.5T 装置に比べ MTR 値が約 13% 高値を示した (table1)。また、3.0T 装置において各種スライス励起法で MTR 値を比較した結果、interleave が最も MT 効果を低減することが可能であった (Fig.2)。

3.0T 装置の SNR は、parallel imaging を使用しない場合、1.5T 装置の約 1.8 倍の SNR を有していることが確認できた。また、reduction factor を 2.5 まで上昇させても 1.5T 装置で parallel imaging を使用しない場合と同等以上の SNR を有していることが確認できた (Fig.3)。

これらのことから、3.0T 装置における FSE-T1 強調画像の画質を改善するためには MT 効果の影響を考慮して撮像条件を決定する必要があり、2.5 までの reduction factor を選択し、スライス励起法に interleave を選択することが画質改善には有効である。

	1.5T MTR値(sequential)	3.0T MTR値(sequential)
含水率75%PVA	9.90	10.31
含水率77%PVA	8.46	9.44
含水率79%PVA	8.39	9.77

Table1 静磁場強度の違いが MTR に与える影響

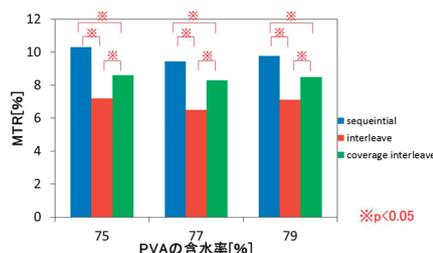


Fig.2 スライス励起法の違いが MTR に与える影響

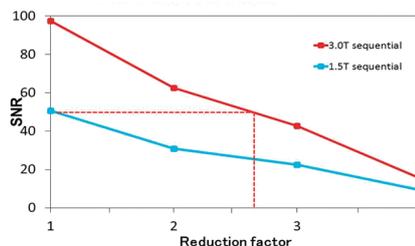


Fig.3 1.5T 及び 3.0T 装置における reduction factor と SNR の関係

【参考文献】

Fushimi Y, Miki Y, Urayama S, et al. Gray matter-white matter contrast on spin-echo T1-weighted images at 3T and 1.5T: a quantitative comparison study. Eur Radiol 2007; 17 (11):2921-2925

T2強調画像(高速SE法)におけるFlip角とFlop角の変化がMR画像に与える影響

○田中 康隆、吉田 耕治、阿部 俊憲、守屋 和典、竹本 理人、石原 睦美、柳元 真一
川崎医科大学附属病院 中央放射線部

【背景および目的】3.0T-MRI装置では1.5T-MRI装置と比較し撮像パラメータの設定によっては、撮像が実行できない場合がある。これはSARが第一次水準管理モードの値を超過して設定された場合に、撮像を実行しないようにJISで定められた安全措置のためである。

そこで3.0T-MRI装置における高速SE法を用いたT2強調撮像パラメータについて、SARの低減を目的とした適切なFlip角(90°RF pulse)とFlop角(180°Refocusing RF Pulse)の検討を行い、MR画像に与える影響を解明することを目的とした。

【方法】MRI装置は東芝社製Vantage Titan 3.0T、Whole Bodycoilを用い、ファントムは日興ファインズ社製90-401型コントラストセクションを使用して、高速SE法のT2強調画像で撮像を行った。SARに影響を与える撮像パラメータのうち撮像時間や空間分解能を一定にするためにTR(4000ms)やスライス枚数(23枚)、マトリックス(256×256)、ETL(23)は変化させず、Flip角90°固定でFlop角を180°から30°まで変化させた場合と、Flop角180°固定でFlip角を90°から1°まで変化させた場合のSAR低減率とsignal to noise ratio (SNR)および75%PVAを基準としたcontrast ratio (CR)を求め、Flip角とFlop角との関係を求めた。SAR低減率は次式とした。

$$\text{SAR低減率}(\%) = (100 - Sa/Sb) \times 100$$

Sa: Flip角90°とFlop角180°のSAR

Sb: 任意のFlip角とFlop角のSAR

【結果】Flip角とSARの関係はほぼ変化がなく、Flip角を90°から1°に減少させてもSAR低減率は1.2%程度であった(Fig.1-a)。Flop角とSARの関係は、Flop角を180°から30°まで減少させるとSAR低減率は最大90.4%であった(Fig.1-b)。

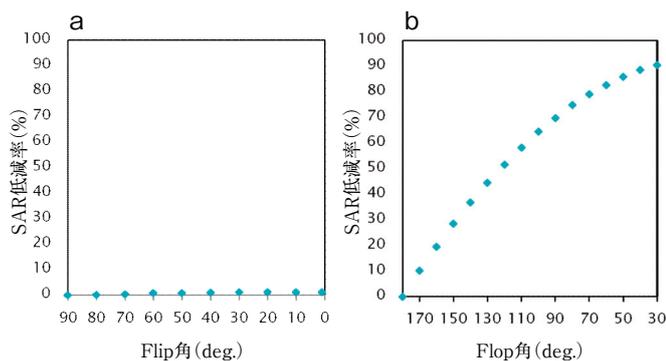


Fig.1 Flip角とFlop角がSAR低減率に与える影響

Flip角とFlop角を減少させるとSNRは低下した(Fig.2)。

Flip角とCRの関係は、Flip角が90°から40°ではほぼ変化がなく、30°からCRが低下した(Fig.3-a)。Flop角とCRの関係は、Flop角を減少させるとCRは低下した(Fig.3-b)。

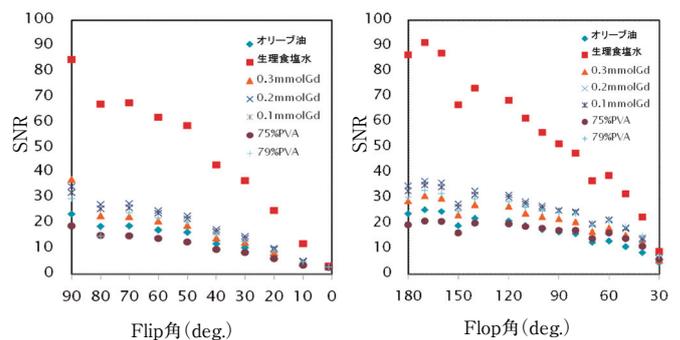


Fig.2 Flip角とFlop角がSNRに与える影響

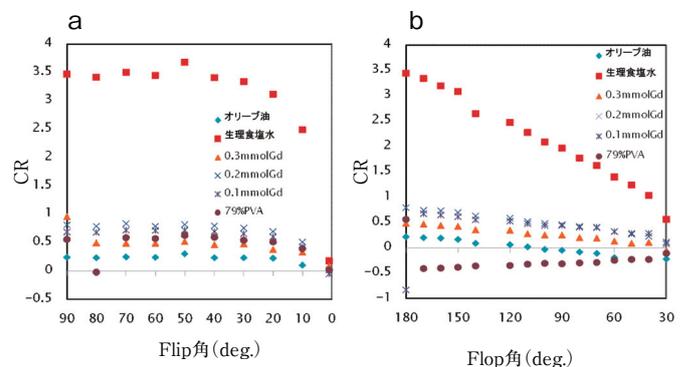


Fig.3 Flip角とFlop角がCRに与える影響

【考察】Flip角がSARに与える影響が少なかった要因は、SARがRFパルスの角度の二乗に比例するため、90°Flip Angleは180°Flop Angleに対して、1/4しかSARに影響を及ぼさないことが考えられた。

今回検討したT2強調高速SE法では、180°refocusing RF pulseであるETLを多く用いるため、Flop角がSARに与える影響が顕著になったと考えられた。

【結語】T2強調画像(高速SE法)において、SARの低減を目的としてFlip角とFlop角を減少させると、画像コントラストが低下(特にT2値の長い物質)するため、このことを考慮し、SARに大きな影響を及ぼさないFlip角は変更せず、必要最小限のFlop角の減少により、SARを低減させることが望ましい。

○吉武 篤史¹⁾、品川 卓範¹⁾、伊藤 綾花¹⁾、大平 知之¹⁾、齊藤 右司¹⁾、中村 洋²⁾

1) 済生会山口総合病院 放射線部、2) 同 放射線科

【背景・目的】2011年12月、Philips 社製 Ingenia 3.0T 導入に伴い冠状断での DWIBS 撮像が行えるようになった。しかし、歪みの低減のため数回に分けて撮像する必要がある。そこで FOV と歪みについて基礎的検討を行った。

【使用機器】

装置：Philips 社製 Ingenia 3.0T

Coil：Anterior + Posterior Coil

ファントム：ボディ 400 mm ファントム (100% 鉬物)

ワークステーション：Virtual Place 雷神 Plus i (ASE)

【撮像条件】

位相方向の FOV：約 550 mm (最大)

TE：75 ms TR：8000～8500 ms

SE 型 single-shot EPI b 値：1000s/mm²

Fat Suppression：STIR

NSA：2 Slice thickness：5 mm

SENSE factor：5

【実験方法】

実験1 FOV と歪み

マトリックスの形状を正方形とし、FOV を 280 mm、360 mm、440 mm と変化させ撮像し T2 強調画像とのズレを計測した。その後、列ごとに計測値を平均し歪みの比較をおこなった。

実験2 マトリックスの形状と歪み

周波数方向の FOV を 440 mm とし、マトリックスの形状を正方形、縦なが長方形、横なが長方形と変化させ撮像し T2 強調画像とのズレを計測した。その後、列ごとに計測値を平均し歪みの比較をおこなった。(ここでのマトリックスの形状の変化は縦横比のみの変化で面積はほぼ一定で行っている。)

実験3 既存パラメータと比較

既存パラメータの正方形マトリックス (280 mm × 4stack) と実験2で行った縦なが長方形マトリックス (440 mm × 3stack) の DWIBS を撮像し歪みの比較をおこなった。

【結果】

実験1 FOV の変化で明らかな歪みの差はみられなかった。(Fig.1)

実験2 マトリックスの形状の変化では縦なが長方形マトリックスの画像が歪みが一番小さくなった。(Fig.2)

実験3 既存パラメータの画像と縦なが長方形マトリックスの画像共につなぎ目と端で大きく歪み脊髄が離れた状態になった。(Fig.3)

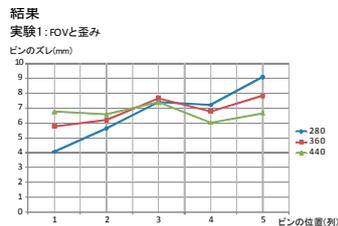


Fig.1 FOV と歪み

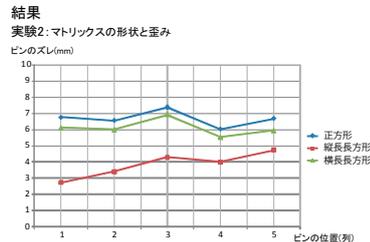


Fig.2 マトリックスの形状と歪み

結果

実験3: 既存パラメータと比較

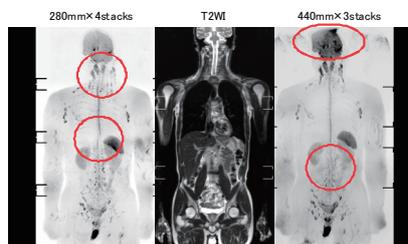


Fig.3 既存パラメータと比較

【考察】

実験1 同一条件にするため、FOV の中心で撮像しファントムの中心で計測したためと考えられる。

実験2 縦なが長方形マトリックスは他の2形状のものに比べ周波数方向のマトリックス数が少なく、それにより下記の式の周波数エンコード傾斜磁場の印加時間の延長が短く歪み係数が小さくなると考えられる。

$$Dc = T/V$$

Dc：歪み係数

T：周波数エンコード傾斜磁場の印加時間

V：位相エンコード傾斜磁場の面積 (blip 面積)

実験3 縦なが長方形マトリックス (440 mm × 3stack) の DWIBS 画像は FOV が大きいため撮像回数が少なく頸髄部分のズレはなかった。

【結語】今回の実験結果より、同一 FOV では周波数方向のマトリックスサイズを大きくし、分解能を保つため位相方向のマトリックスサイズを小さくすることにより歪みの小さい冠状断 DWIBS が撮像できると思われた。

また、臨床の場で短時間撮像が必要な場合にも応用できるように思われた。しかし、その際にはつなぎ目が大きく歪むため分割する位置に注意し、画像ごとのオーバーラップを適切に設定することが必要になる。

【参考文献】

- 1) 室伊三男、神谷 陽、本田真俊、他、『EPIにおける画像の歪みに影響する撮像パラメータの検討』日放技学誌 2007;63(1):91-96

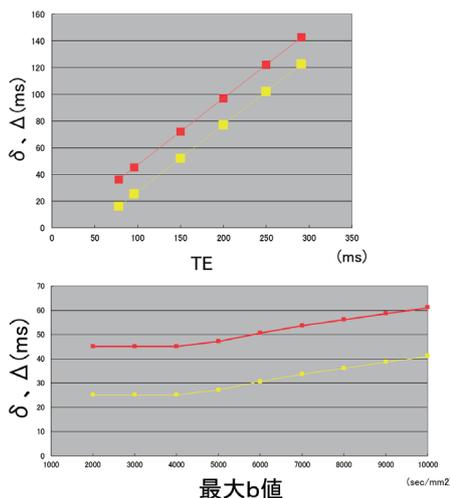
○大村 佑一¹⁾²⁾、黒田 昌宏⁴⁾、大野 誠一郎¹⁾、稲村 圭司¹⁾

1)岡山大学病院、2)岡山大学大学院保健学科研究科

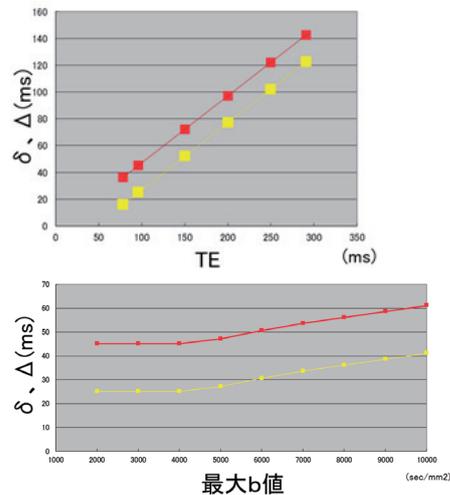
【背景および目的】拡散強調画像より取得出来る ADC の算出において MPG パルスの印加間隔 Δ 及び印加時間 δ が重要である。当院において6月より SIEMENS 社製 3TMRI 装置 MAGNETOM Skyra が導入された。新装置になり拡散強調画像撮像時に δ Δ の値が表示されるようになった。日常検査における ADCmap 取得時の Δ δ の値を調べ、各種パラメータの設定による影響を調べた。

【使用機器】MAGNETOM Skyra (SIEMENS 社製 3TMRI), 20ch Head Matrix Coil, 16ch Body Matrix Coil, Bottle Phantom Small (頭部用) Bottle Phantom Large (体幹部用)

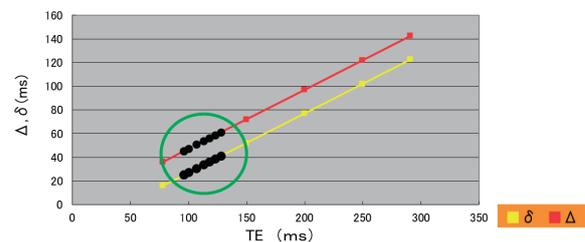
【方法】現在当院における日常臨床検査で使用している頭部・腹部・前立腺の拡散強調画像撮像時の撮影パラメータのうち、FOV, TE, TR, 加算回数、スライス厚、スライス選択角度、スライス枚数、最大 b 値、b 値の数一つのみを変更して、Diffusion scheme を monopolar に設定し、ファントムを撮影して δ Δ の値を記録した。また、経時の変化を調べるため、頭部の日常臨床の撮像パラメータを用いて、6週間の Δ と δ 値の変動を検討した。日常臨床検査の拡散強調画像の撮像シーケンスと変更時の条件を以下に示す。b 値の数は最低値 0、最大値 2000 として間の数だけを増やした。



【結果】頭部・腹部・前立腺のいずれでも、TR、加算回数、スライス厚、スライス選択角度、スライス枚数、b 値の数を変更したとき δ Δ の値に影響はなかった。また経時の変化は見られなかった。FOV の変化による Δ と δ 値の変化はわずかだった。頭部の FOV190, 200 では、Gradient による神経刺激制限により、 Δ と δ 値が変化した。TE の増加及び最大 b 値の増加は、 Δ と δ 値を下図のように増加させた。



【考察】最大 b 値を増加させると Δ と δ 値が増加したが、このとき最小 TE が同様の形で増加した。最大 b 値に対応する最小 TE での Δ と δ 値は、TE の変化の直線上にあった。つまり最大 b 値による変化は、TE による変化である。



近年、ADCmap 作製時の Δ δ 値の重要性が指摘されている。生物学的な研究では、長い Δ 値と短い Δ 値では観察可能範囲が異なり、観察できる対象物も異なる可能性が示唆されている。今回の検討により、ADCmap 作製時の b 値の設定に伴い、 Δ 値が変化することが明らかになった。頭部の日常臨床で用いる撮像シーケンスでの $\Delta = 45.1$ ms、 $\delta = 25.1$ ms である。有効拡散時間は $\Delta - 1/3 \delta = 36.7$ ms であり、37°C での水の ADC は 3×10^{-3} (mm²/s) なので、36.7ms の時間で観察できる水の拡散範囲は直径 11.8 μ m の球の範囲。ヒトの細胞の大きさは 6~25 μ m なので日常臨床での Δ δ 値では、細胞前後の大きさの拡散範囲を観察している。

【結語】日常臨床で用いる撮像シーケンスにおける Δ δ 値を検討し、影響を及ぼすパラメータを明らかにした。臨床の現場においても、ADCmap 作製時の b 値の設定による Δ δ 値を知っておくことにより、どの範囲の拡散を観察しているか、我々診療放射線技師も関心を持つことが重要である。

○川崎 幸治

高知赤十字病院

【目的】当院では、体動補正技術である RADAR (RADial Acquisition Regime) が使用可能となった。RADAR には Cartesian scan と空間分解能が同等の Res モードと撮像時間が同等の Time モードが設定可能である。今回、この撮像方法の特性を把握するため、検討したので報告する。

【使用機器】

MRI 装置：ECHERON Vega (日立社製)

画像解析ソフト：Image J

自作ファントム：水で満たした容器に、なたね油・中性洗剤・生理食塩水をそれぞれ円柱容器に封入したものを留置した。

CT 用 QA ファントム (GE 社製)

【基本撮像条件】

Coil：TR Body, Scan.plane：COR

TR/TE：500/14, F A：90°, FOV：200 mm

NSA：2, Matrix：256x256, Slice：3枚

Slice 厚：5 mm, B W：30.2kHz, E.Factor 1

【方法】

■ SNR・CNR

自作ファントムを Cartesian、RADAR ともに SE 法で撮像し、Image J で計測した。そして下記の式より、SNR ではなたね油・中性洗剤・生理食塩水を、CNR ではなたね油と生理食塩水、中性洗剤と生理食塩水をそれぞれ算出し、次の項目について比較した。

① Projection を増加させた場合の Cartesian と RADAR の SNR (Fig.1)・CNR (Fig.2) の変化

② Phase を 256 と一定とした場合の Res と Time の SNR (Fig.3)・CNR (Fig.4) の変化

$$SNR = SI / SD$$

SI：関心領域の平均信号値

SD：関心領域の標準偏差

$$CNR = \frac{SI_{\text{なたね油 or 中性洗剤}} - SI_{\text{生理食塩水}}}{(SD_{\text{なたね油 or 中性洗剤}}^2 + SD_{\text{生理食塩水}}^2)^{1/2}}$$

■ 解像度

CT 用 QA ファントムを撮像し、取得した画像の視覚評価 (Fig.5) と、Image J で計測したプロファイルカーブ (Fig.6) を Cartesian・Res・Time で比較した。

【結果・考察】

■ SNR

① なたね油、中性洗剤、生理食塩水すべてにおいて Cartesian では低下し、RADAR では上昇していた。Cartesian ではピクセルが細かくなり、信号強度が低下し SNR も低下した。一方、RADAR では取得するエコー数が増加するため SNR が上昇した。

② Time が Res よりも高くなった。Time では撮像時間を優先するため Res に比べ収集するデータが $\pi/2$ 少なくなっている。そのためピクセルを拡大して撮像することになり SNR が高くなった。

■ CNR

検討した2項目とも SNR と同様の傾向を示した。これは計測した各信号値に依存したと考える。

■ 解像度

ファントムのスリット幅は左から 1.6, 1.3, 1.0, 0.8 mm となっており、Cartesian では全て分離描出できていた。Res と Time では 0.8 mm で描出が不良であった。プロファイルカーブにおいても Res と Time で低下していた。RADAR では高周波領域のデータが不足していると考えられる。

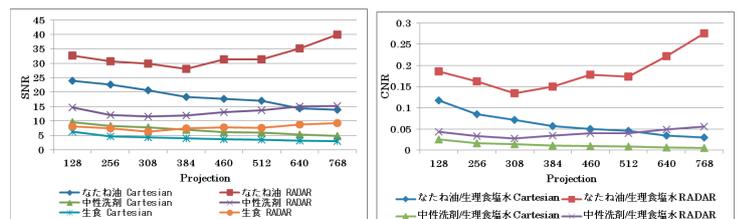


Fig.1

Fig.2

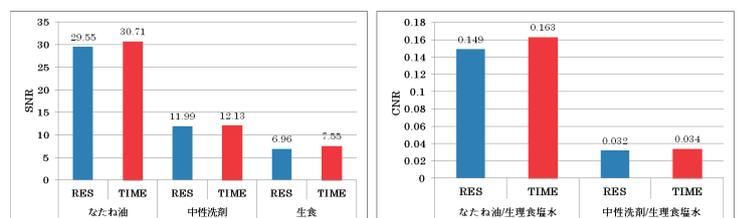


Fig.3

Fig.4

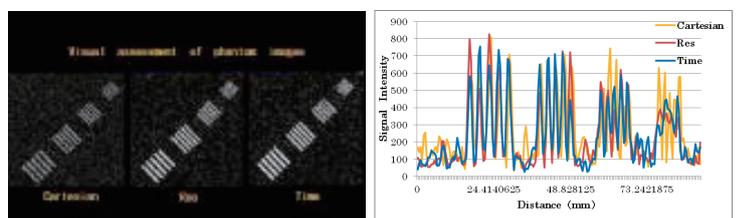


Fig.5

Fig.6