

# MRIにおけるMTF計測精度向上の検討

## - 日本放射線技術学会 東北支部 研究助成最終報告 -

栗原市立栗原中央病院 放射線科 ○吉田 礼(Yoshida Rei)

引地 健生

東北大学大学院医学系研究科

町田 好男

東北大学病院 診療技術部

永坂 竜男

一関 雄輝

仙台厚生病院 放射線部

曾根 理

### 【はじめに】

MRIにおいて、近年における高速撮像法の進歩に伴い、その解像特性の評価の重要性が高まっている。しかし、MRIの解像特性計測において定量的な標準計測法は確立されておらず、現状ではピンやスリットファントムによる視覚的評価が一般的となっている<sup>1)</sup>。一般的に画像の解像特性の定量評価にはMTFが用いられるものの、MRIにおけるMTF計測については、絶対値演算による線形性の消失、不均一性の影響、リングング、ゴーストなどのアーチファクトが問題となることが報告されており<sup>2, 3)</sup>、MTFを計測するのは困難となっている。それに対し我々は、周辺構造を省略したシンプルな構造の単板ファントムを用いることにより、複雑な処理を用いることなくMRIのMTF計測が可能であることを報告した<sup>4)</sup>。我々の先行研究で使用した装置には、磁場強度1.5Tでフィルタが実装されていたが、先行研究においてSNR不足によるMTF形状の劣化を経験した。磁場強度による計測への影響については、低磁場装置では得られるSNRが低いことが想定され、高磁場装置では得られるSNRが高いものの、磁化率による計測への影響も想定される。また、フィルタの有無によって得られるMTF形状や必要とされる計測条件が異なることが考えられる。さらにSNRについては、磁場強度やフィルタの有無、ファントムの充填物質の依存性を検討する必要があると思われる。

本検討では、MTFの計測精度の向上を目的として、MTF計測に必要な条件、計測上の問題点の把握を

行い、最終的にはMRIにおけるMTF計測の標準化を上位の目的として検討を行った。

### 【方法】

#### 《使用機器》

##### 単板ファントム

- 長さ180 mm, 幅180 mm, 厚さ21 mmの亚克力で構成された板状のもので(Fig.1)。
- ファントム内の長さ160 mm, 幅160 mm, 厚さ1 mmの隙間部分に計測対象となる試料を充填(Fig.2)。

##### MR装置

- 高磁場装置(以下、3 T装置)  
東芝メディカルシステムズ社製Vantage Titan 3 T  
- フィルタなし
- 中磁場装置(以下、1.5 T装置)  
フィリップス社製Achieva 1.5 T  
- フィルタあり
- 低磁場装置(以下、0.3 T装置)  
日立メディコ社製AIRIS Vento 0.3 T  
- フィルタなし

##### ファントム充填試料

- 2つの異なる濃度の塩化マンガン水溶液
  - Short T2(基本条件)
    - T1: 485 ms, T2: 77 ms
  - Long T2
    - T1: 775 ms, T2: 142 ms



Fig.1 ファントム外観

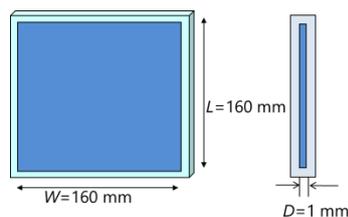


Fig.2 ファントム構造

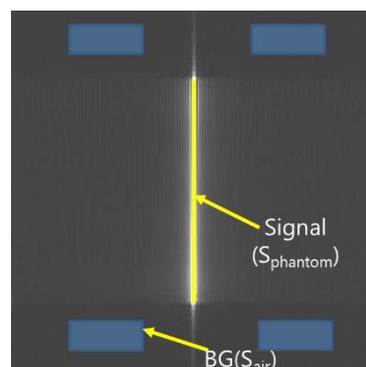


Fig.3 SNR 計測方法

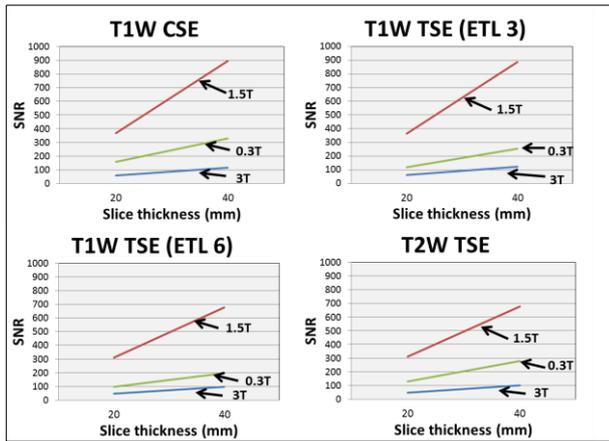


Fig.4 磁場強度の異なる各装置で得られた SNR (シーケンス比較)

《計測方法》

単板ファントムから得られるline spread function (LSF)のピーク信号値と計測画像の背景信号の平均値から以下の式でSNRを算出した (Fig.3)。

$$SNR = (\pi / 2)^{1/2} \times S_{phantom} / S_{air}$$

$S_{phantom}$ : 単板ファントムから得られるLSFのピーク信号値

$S_{air}$ : 計測画像の背景信号の平均値

《撮像条件》

- T1W CSE, TSE (ETL: 3, 6)
  - TR: 400 ms, TE: 10 ms
  - Slice thickness: 10, 20, 30, 40, 50 mm
- T2W TSE (ETL: 15)
  - TR: 4000 ms, TE: 100 ms
  - Slice thickness: 10, 20, 30, 40, 50 mm
- GRE (T2\*W)
  - TR: 500 ms, TE: 16 ms, FA: 20°
  - Slice thickness: 100 mm

《検討項目》

- 異なる3つの磁場強度の装置で撮像された計測画像のSNRの比較 (シーケンス毎にスライス厚を変化させて計測)

MTF形状の評価

- 異なる3つの磁場強度の装置
- 異なるシーケンスの比較
- 異なる試料の比較
- フィルタ

【結果】

異なる3つの磁場強度の装置で撮像された計測画像のSNRをシーケンス毎に計測した結果は、中磁場装置である1.5 T装置がすべての計測でSNRが高くな

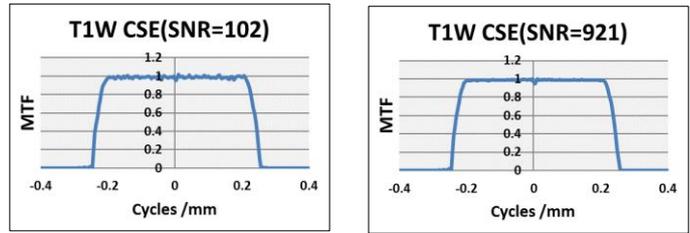


Fig.5 1.5 T 装置で計測された MTF (SNR 比較)

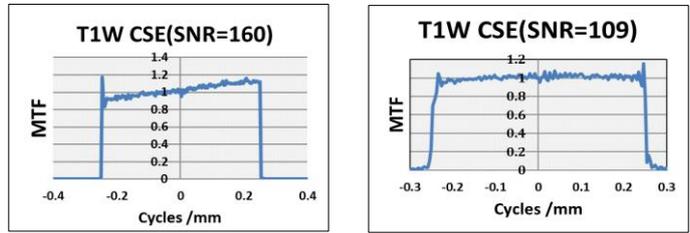


Fig.6 0.3 T 装置で計測された T1W CSE の MTF Fig.7 3 T 装置で計測された T1W CSE の MTF

り、0.3 T装置、3 T装置の順に低くなった (Fig.4)。

各装置におけるT1W CSEのMTF形状の比較は、1.5 T装置では低いSNRではMTFが1付近の計測値が不安定になるものの、高いSNRではMTF形状が向上し矩形の形状を示した (Fig.5)。0.3 T装置でも1.5 T装置と同様の傾向は認められたものの、一部の計測では矩形にならず、負の周波数領域のMTF上昇と負から正の周波数へのMTFの上昇が認められた (Fig.6)。一方、3 T装置では、計測されたMTFはすべて形状不良で (Fig.7)、一部の計測で0.3 T装置と同様に負から正の周波数へのMTFの上昇が認められた。

T1W TSE、T2W TSEの比較では、CSEと同様に3T装置では計測されたMTFはすべて形状不良であり、0.3 T装置では一部の計測で負から正の周波数へのMTFの上昇が認められた。0.3 T装置の一部の計測と1.5 T装置では、SNRが高くなるに従いk空間へのエコー信号の充填を反映したMTFが明瞭に確認できた (Fig.8)。

異なる試料の比較では、SNRが高くなるに従い、異なる試料のそれぞれのT2値に依存したMTF形状が得られた (Fig.8)。

フィルタの有無によるMTF形状比較は、CSEでフィルタなしの場合には矩形の形状となり、フィルタありの場合には高周波領域のMTFが低下した。

【考察】

異なる3つの磁場強度の装置で撮像された計測画像のSNRの比較については、3 T装置が最も高くなると思われたが、3機種の中で一番低い結果になった。その要因については、撮像条件や他の3 T装置による検討が必要と思われた。

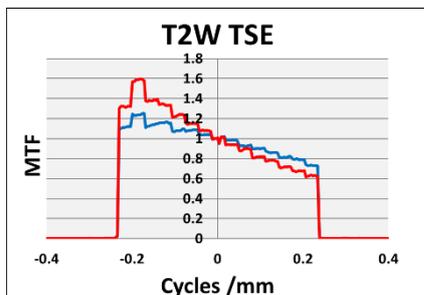


Fig.8 0.3 T 装置で計測された  
T2W TSE の MTF  
(2 つの異なる充填物質比較)

各装置におけるMTFの形状比較では、3 T装置の計測結果すべてが不良であったが、この理由として、計測で得られたSNRが低かったためと考えられた。

一方、1.5 T装置や0.3 T装置ではSNRが高くなるほどMTF形状が向上した。このことからMTFの計測精度向上には高いSNRが重要であることがわかった。

また、0.3 T装置の一部の計測で負の周波数領域のMTF上昇、0.3 T・3 T装置の一部の撮像で負から正の周波数へのMTFの上昇が認められたが、元画像における詳細な分析、計測方法から処理まで確認

#### 【参考文献】

- 1) Price RR, Axel L, Morgan T, et al. Quality assurance methods and phantoms for magnetic resonance imaging: Report of AAPM nuclear magnetic resonance Task Group No. 1. Med. Phys. 1990; 17: 287-295.
- 2) Steckner MC, Drost DJ, Prato FS. Computing the modulation transfer function of a magnetic resonance imager. Med Phys. 1994; 21: 483-489.
- 3) Miyati T, Fujita H, Kasuga T, et al. Measurements of MTF and SNR ( $f$ ) using a

を行ったものの、明らかな要因はわからなかった。しかし、過去の検討においてファントムの振動が計測に影響することが報告されている<sup>5)</sup>ことから、ファントムの固定が不十分だったことも要因の一つと考えられ、今後のさらなる検討が必要と思われた。

以上のことから、MTFの計測精度には高いSNRが必要であり、十分なSNRが得られればシーケンスの解像特性やファントムの充填物質による違い、フィルタの有無の詳細な評価が可能になると考えられた。

#### 【結語】

本検討により、MTFの計測精度向上には高いSNRが必要であることが示唆された

一方、形状不良なMTFの計測を経験したことから、その原因の詳細な検証が必要である

#### 【謝辞】

本研究にあたり、日本放射線技術学会東北支部事務局並びに東北支部会員の皆様に感謝申し上げます。

subtraction method in MRI. Phys. Med. Biol. 2002; 47: 2961-2972.

- 4) Yoshida R, Machida Y, Hikichi T. Improvement of the MTF measurement Accuracy using single-plate vertical method in MRI, The 71th Scientific Assembly of the JSRT, p.171, 2015/4/16-19, Yokohama
- 5) 吉田 礼, 町田 好男, 小倉 隆英, 他. 傾斜板法を用いた3D撮像のスライスプロファイル計測に対する一考察. 日本放射線技術学会雑誌. Vol. 68 No. 11:1456-66.