

3D-CTAにおける 最適な再構成関数を知る

医療法人社団 高邦会
福岡山王病院
最所 誉

再構成関数とVolume Rendering

再構成関数の解像特性

再構成関数を活かすTIPS

再構成関数とVolume Rendering

再構成関数の解像特性

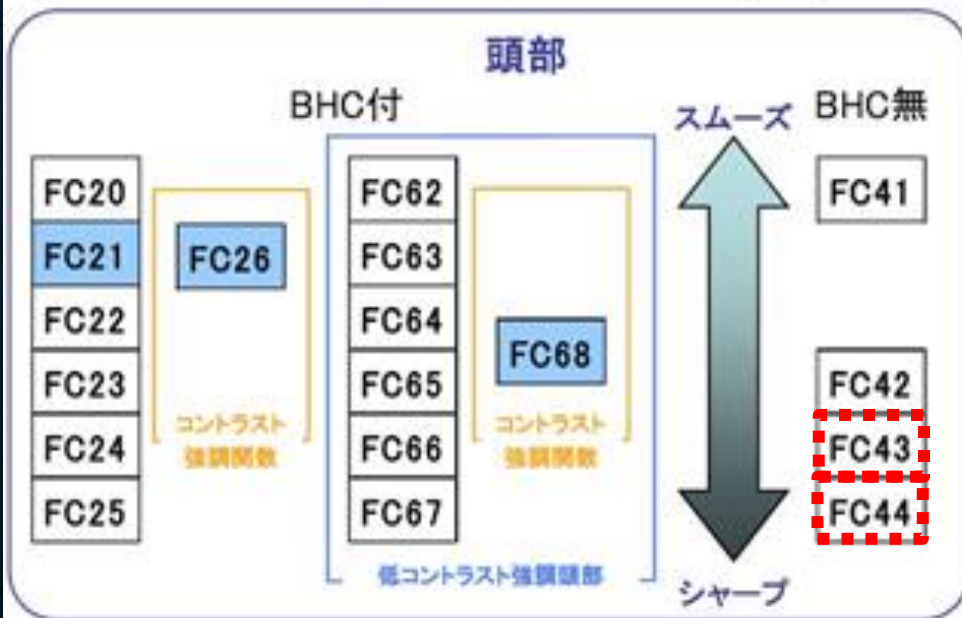
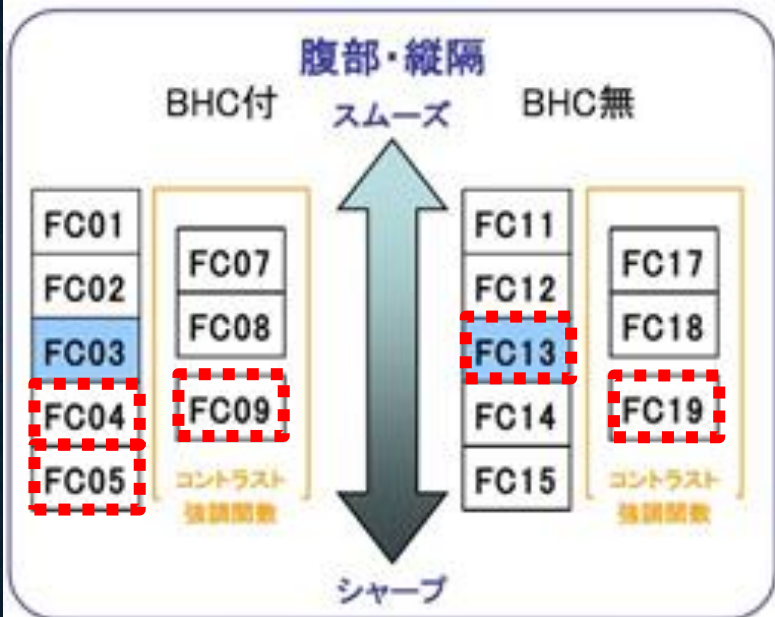
再構成関数を活かすTIPS

使用機器

- ・CT装置: Aquilion ONE ViSION FIRST Edition v8.9
キヤノンメディカルシステムズ株式会社
- ・ファントム: TOSファントム (CT装置付属)
Catphan CTP503
- ・解析ソフト: CT画像計測 CTmeasure Ver.0.98f
日本CT技術学会
- ・ワークステーション: AZE Virtual Place 風神
ZIO STATION2

関数表

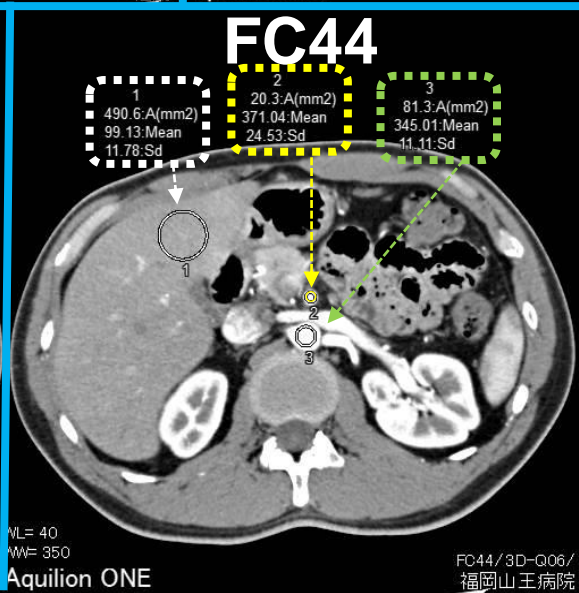
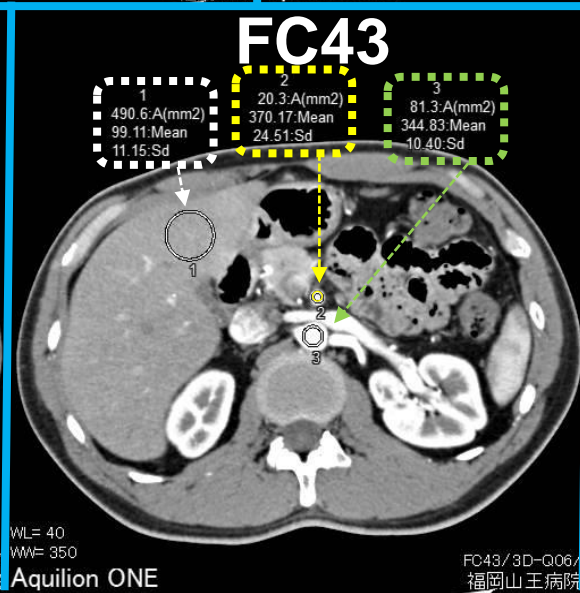
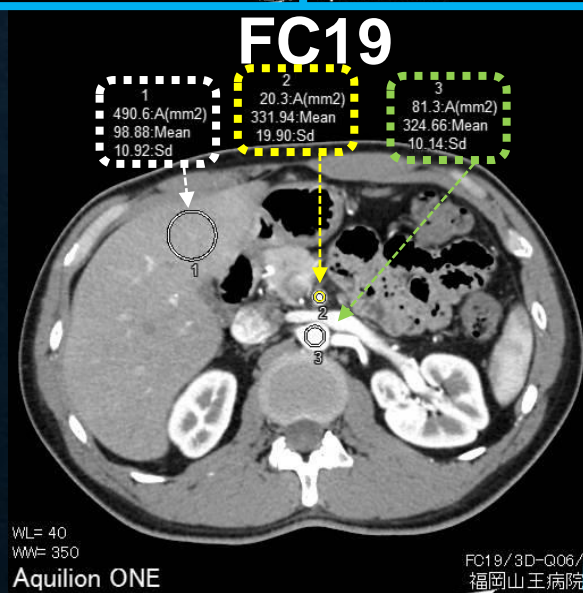
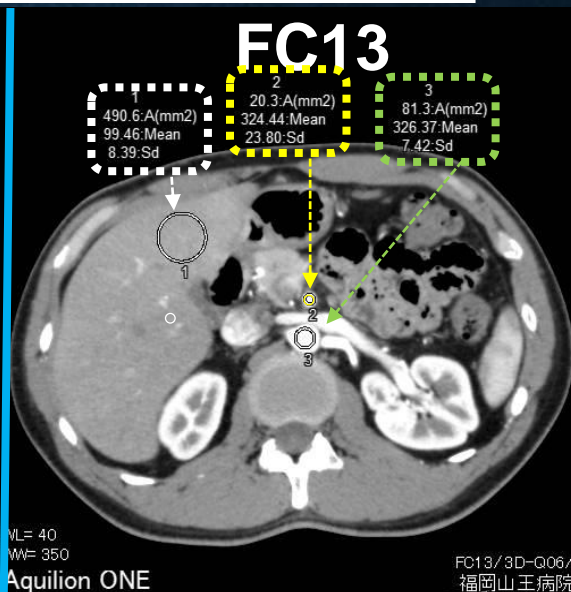
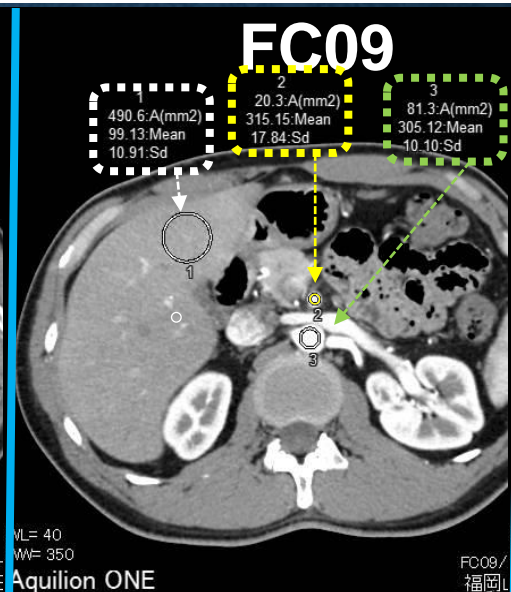
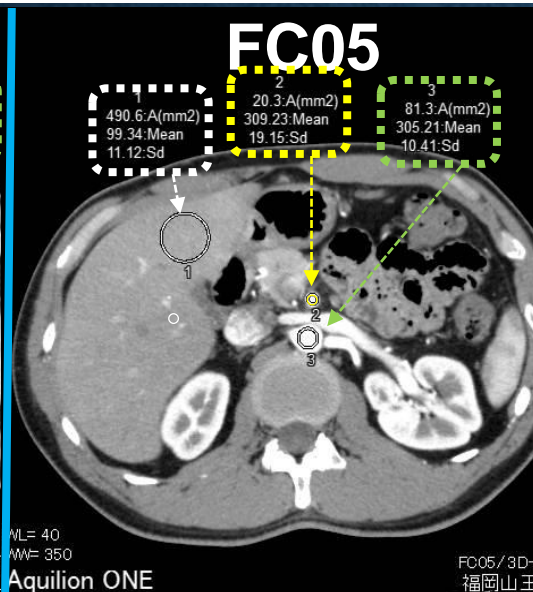
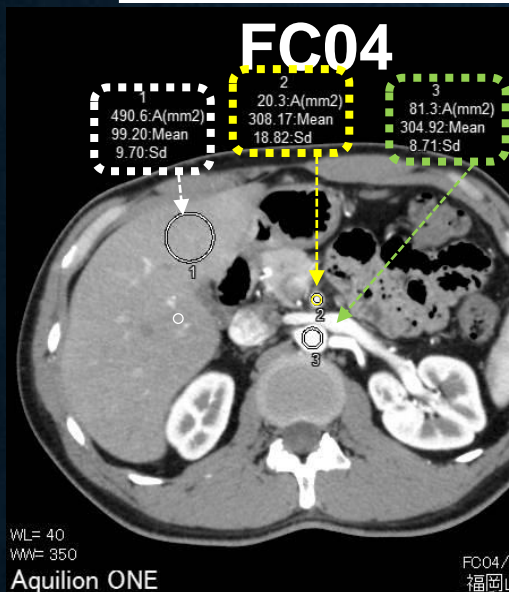
: 標準関数



撮影条件

	MTF	NPS
管電圧(kV)	120	
管電流(mA)	350	
回転時間(s/r)	1.0	
スライス厚(mm)	1.0 × 100枚	
再構成関数	FC04 , FC05 , FC09 , FC13 , FC19 , FC43 , FC44	
再構成処理	FBP	
FOV (CFOV) (mm)	320 (M)	
スキャン使用列数	0.5 × 80	
計測方法	Radial Edge	Radial Frequency
ファントム	TOSファントム	

関数の変化によるCT値の変動



関数の変化によるCT値(HU)の変動

*CNR : Contrast to Noise Ratio

関数	肝臓 (Liver)	上腸間膜 動脈(SMA)	CNR* (SMA:Liver)	腹部 大動脈
FC04	99.2	308.2	21.5	304.9
FC05	99.3	309.2	18.8	305.2
FC09	99.1	315.2	19.8	305.1
FC13	99.5	324.4	26.8	326.4
FC19	98.9	331.9	21.3	324.7
FC43	99.1	370.2	24.3	344.8
FC44	99.1	371.0	23.1	345.0

20.4%

13.1%

FC04



FC05



FC09



FC13



FC19



FC43



FC44



再構成関数とVolume Rendering

再構成関数の解像特性

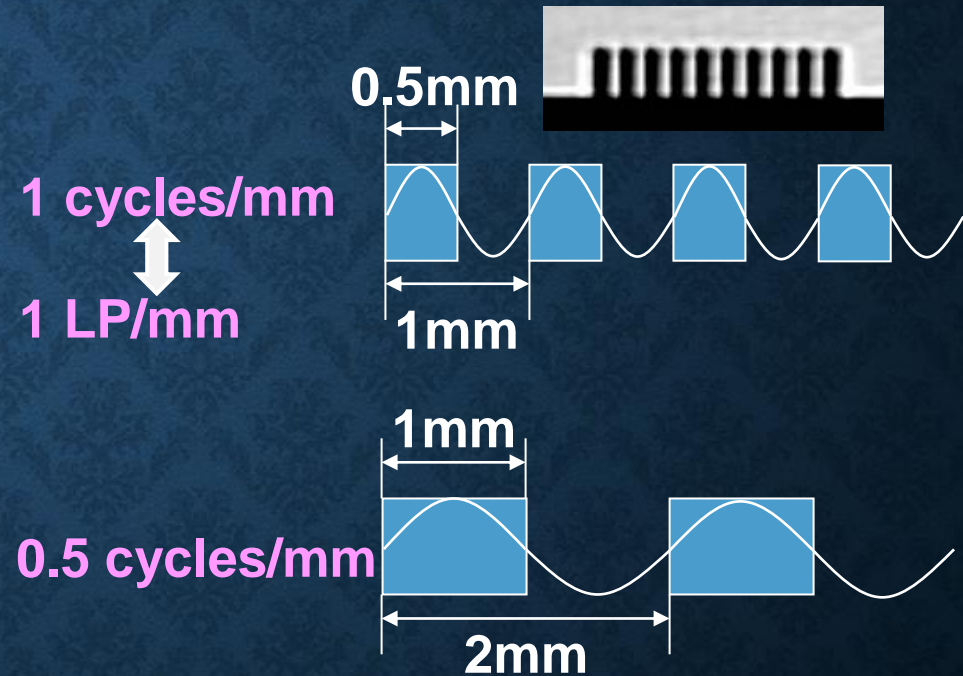
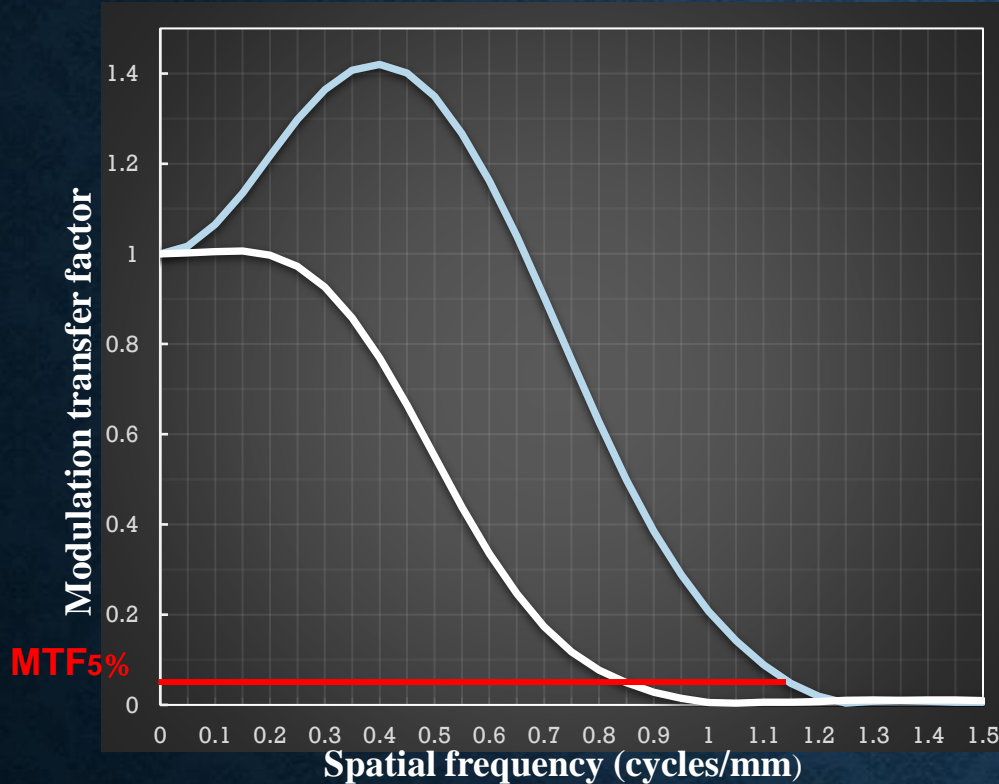
再構成関数を活かすTIPS

MTF (Modulation Transfer Function: 変調伝達関数)

空間分解能を定量的尺度で表すための指標。

横軸：空間周波数(cycles/mm)

縦軸：レスポンス



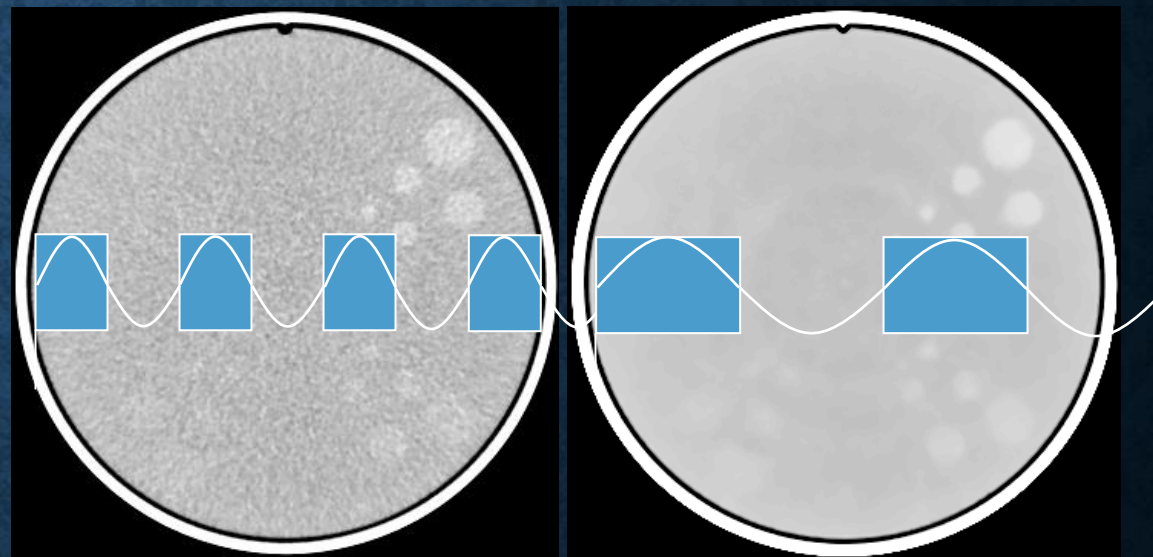
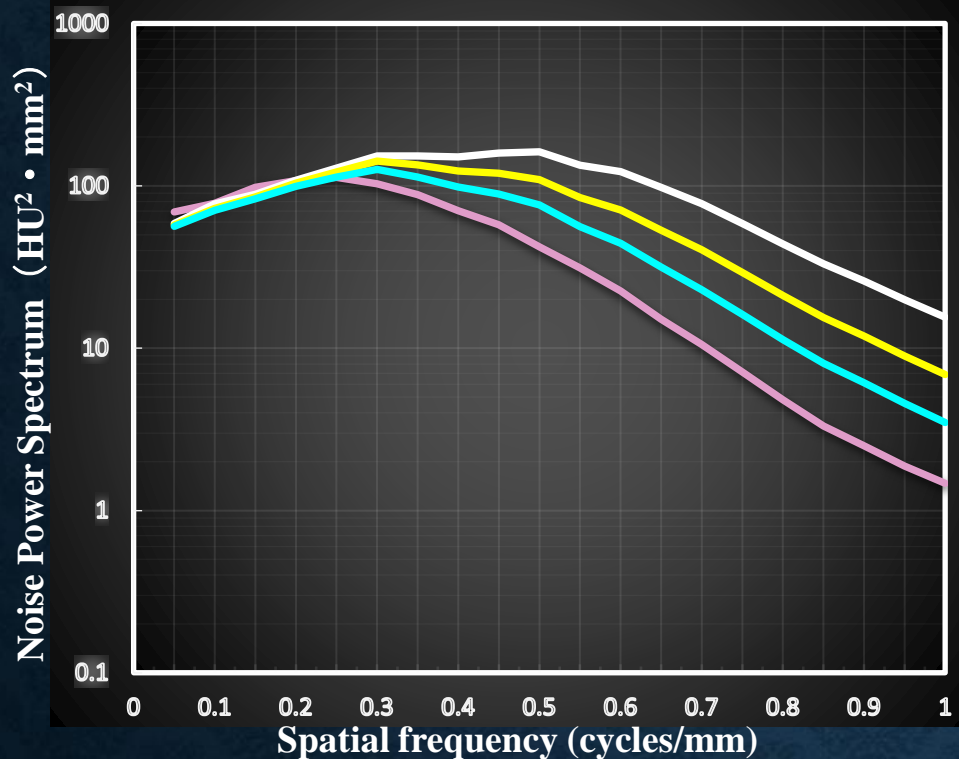
MTF値が5%となる空間周波数が、高コントラスト分解能ファントム画像で分解できる限界に対応する。つまり、サンプリング周波数 (U) のこと。 $U = 1/2\Delta X$ (サンプリング間隔)

例) MTF_{5%}が1.0 cycles/mmの場合 $1/(2 \times 1.0) = 0.5$ mm間隔までは識別可能
逆に
1.0 mm間隔まで見たいとすると $1/(2 \times \text{MTF}_{5\%}) = 1.0$ MTF_{5%} = 0.5
ないと識別不可能

NPS(Noise Power Spectrum)

単位面積(mm²)当たりにおけるCT値(HU)変動成分のパワースペクトル密度関数
ノイズ成分がどのような周波数帯にどの程度分布しているかを表す指標。

横軸：空間周波数(cycles/mm)
縦軸：NPS値(HU²mm²)



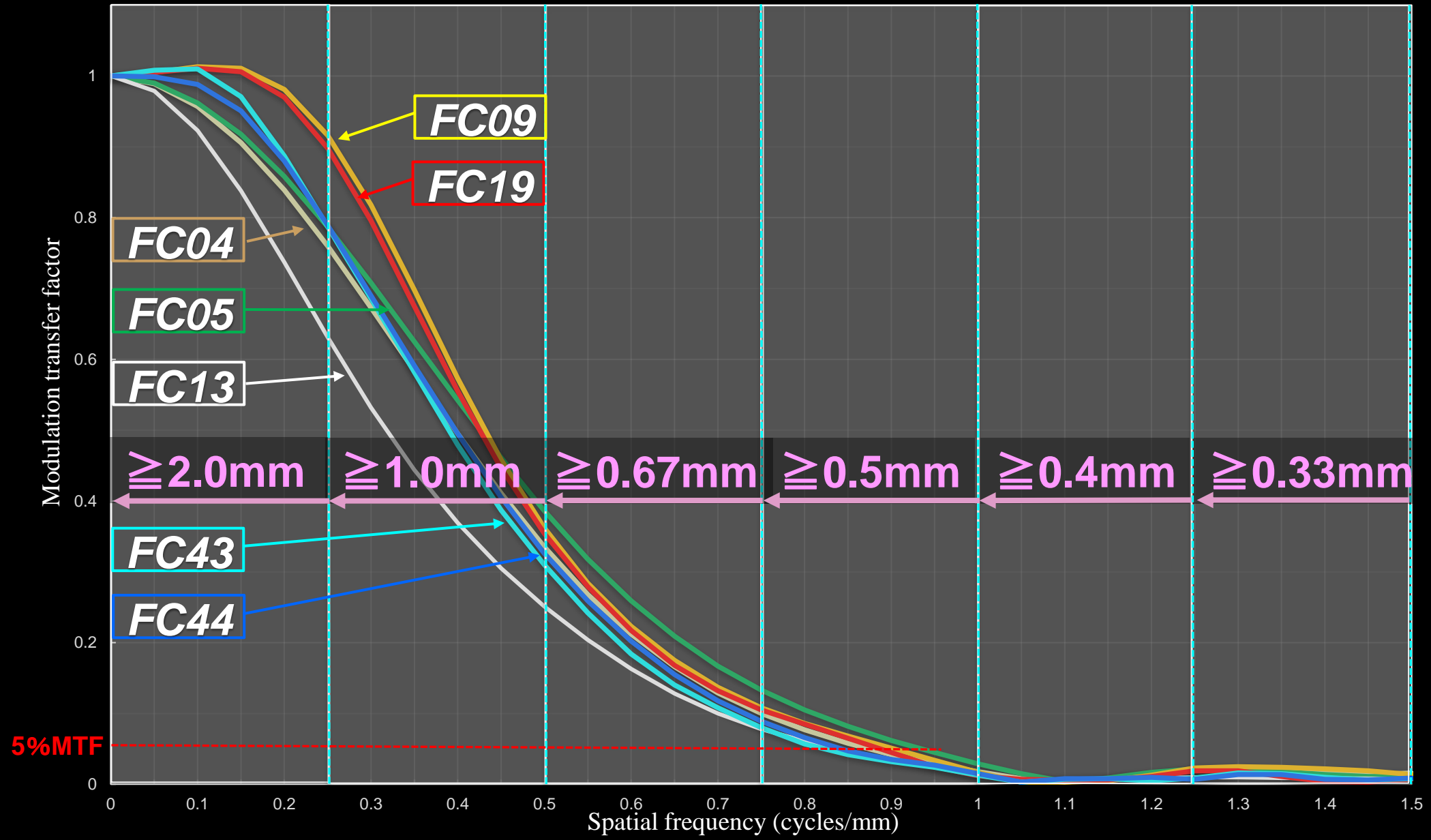
S D (Standard Deviation) との違い
X線量子の統計的ゆらぎ成分を表し、
CT値のノイズ変動を表しているに
すぎない。
このノイズの波を周波数として扱う。

例) 高周波数帯域=細かなノイズによる波
骨、肺野領域など

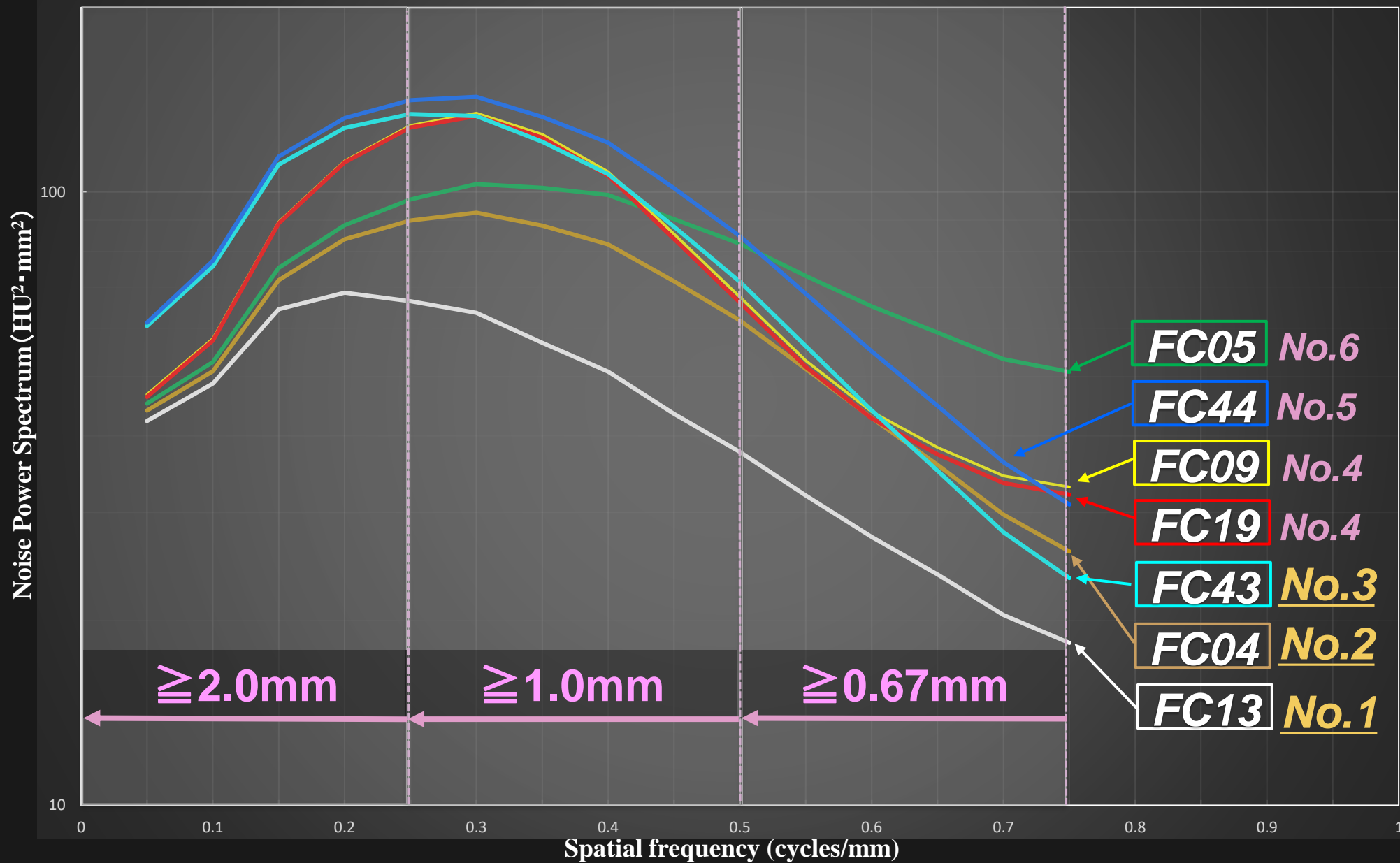
低周波数帯域=大きなノイズによる波
軟部組織など

MTFから見る識別可能間隔

デルリン(CT値330 HU)を100枚撮影し加算/Mサイズ
CTmeasure Ver.0.98e 日本CT技術学会



再構成関数とNPSの関係



形態から見る再構成関数

※十分な造影効果を得られている条件下における、あくまで個人の感想です。効果を保証するものではありません。

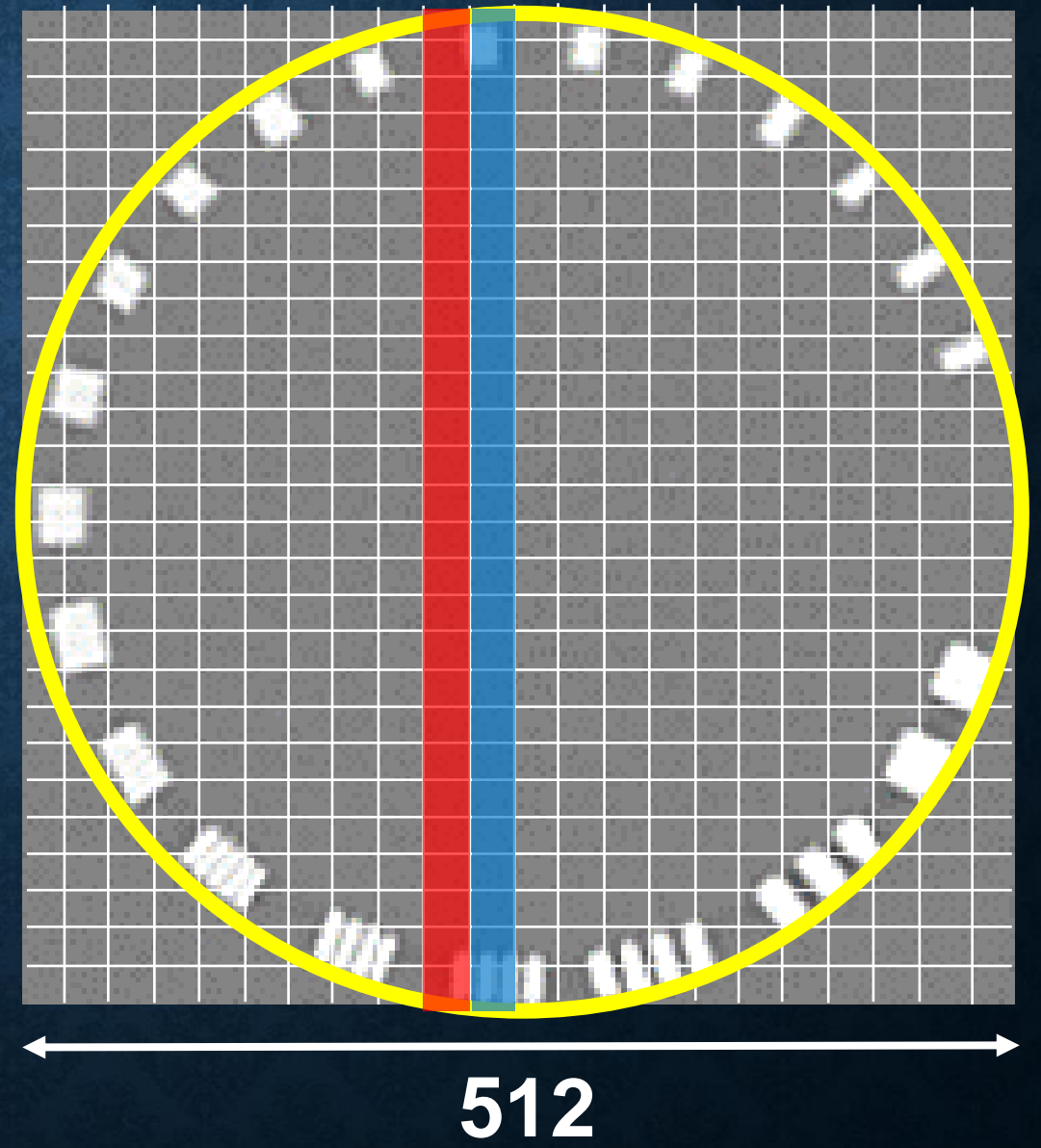
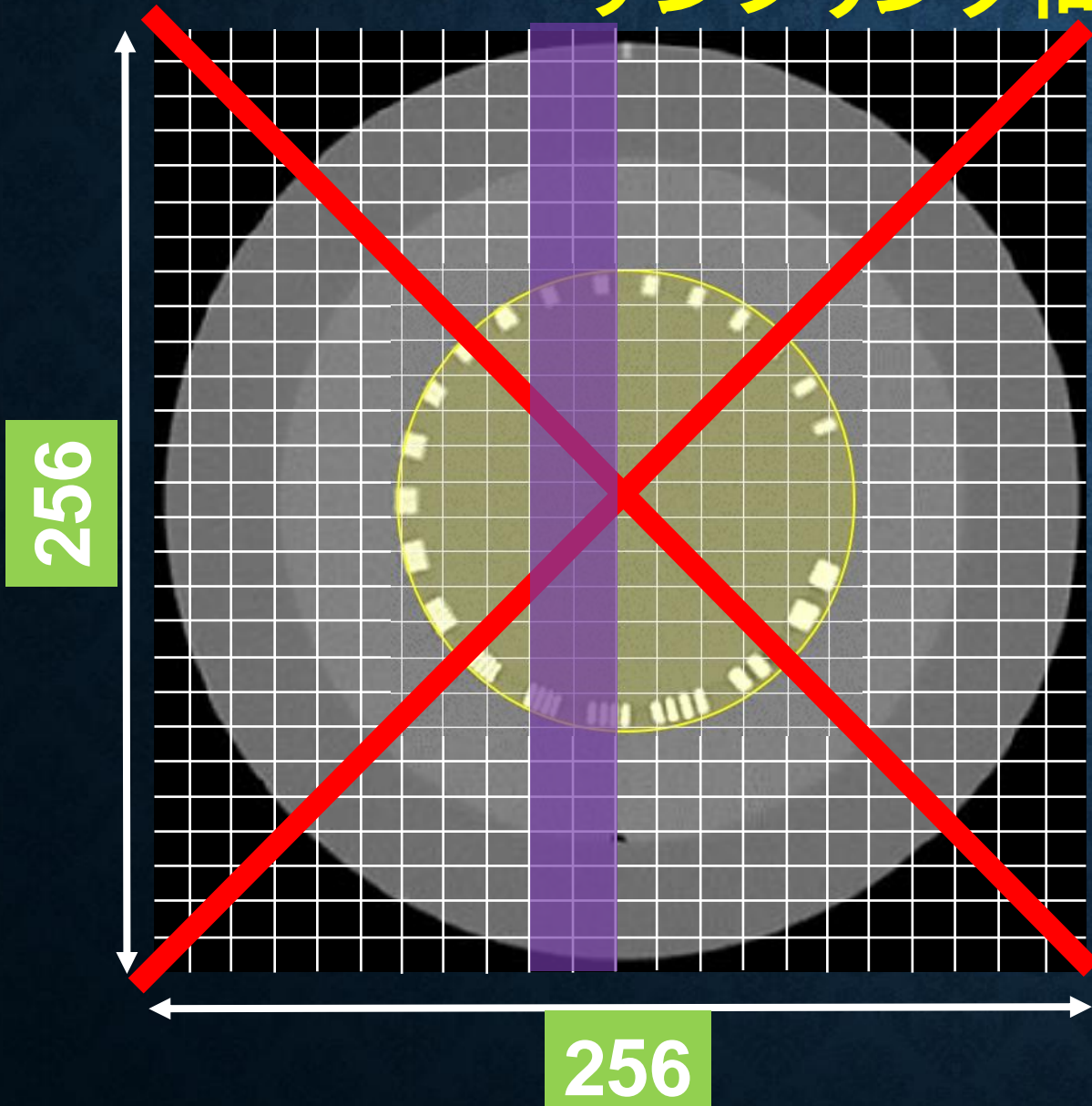
血管	サイズ	CT値から選ぶ関数	MTFから選ぶ関数	NPSから選ぶ関数
大動脈	約20~30 mm	FC43 FC44	A11	A11
腹腔動脈 腎動脈	約5~8mm	FC43 FC44	A11	A11
上腸間膜動脈	約4~7mm	FC43 FC44	FC09 FC19	A11
下腸間膜動脈 膝窩動脈以降	約2~3mm	FC43 FC44	FC09 FC19	FC43
頭蓋内動脈 (穿通枝)	約1mm 以下	FC43 FC44	FC09 FC19 (FC05)	FC43
冠動脈	約1~4mm	FC43 FC44	FC09 FC19	FC43

再構成関数とVolume Rendering

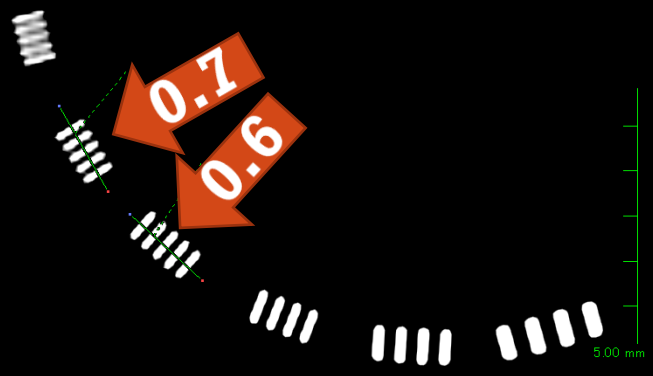
再構成関数の解像特性

再構成関数を活かすTIPS

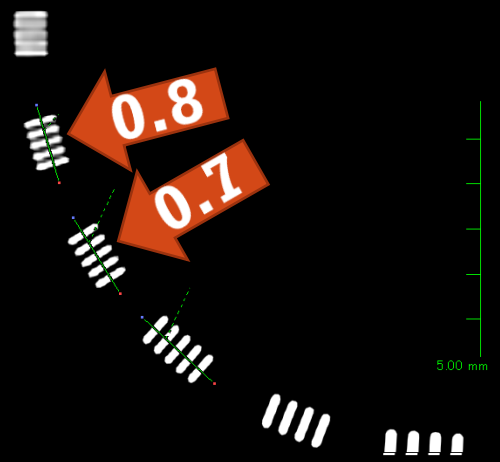
拡大再構成してピクセルサイズを細かく サンプリング間隔を細かくする



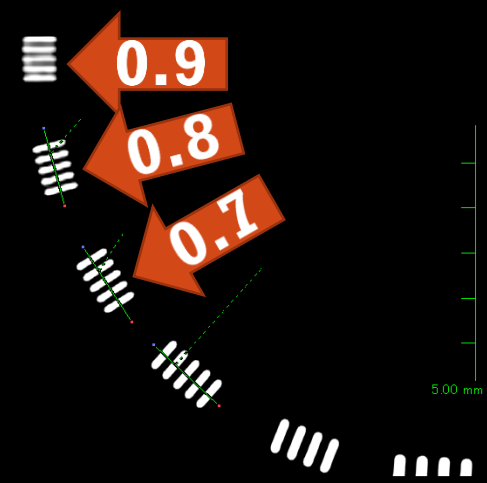
240mm



200mm

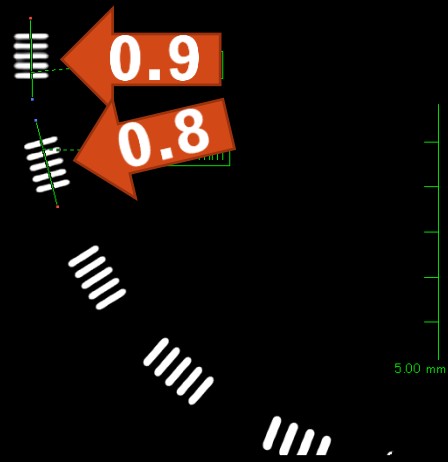


160mm

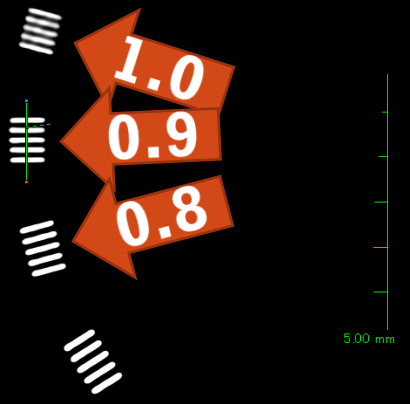


FIRST
Brain
CTA
STD

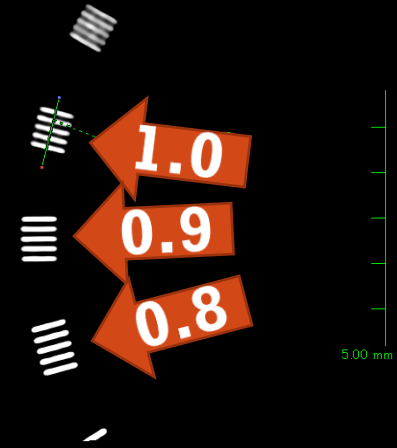
120mm



80mm



50mm



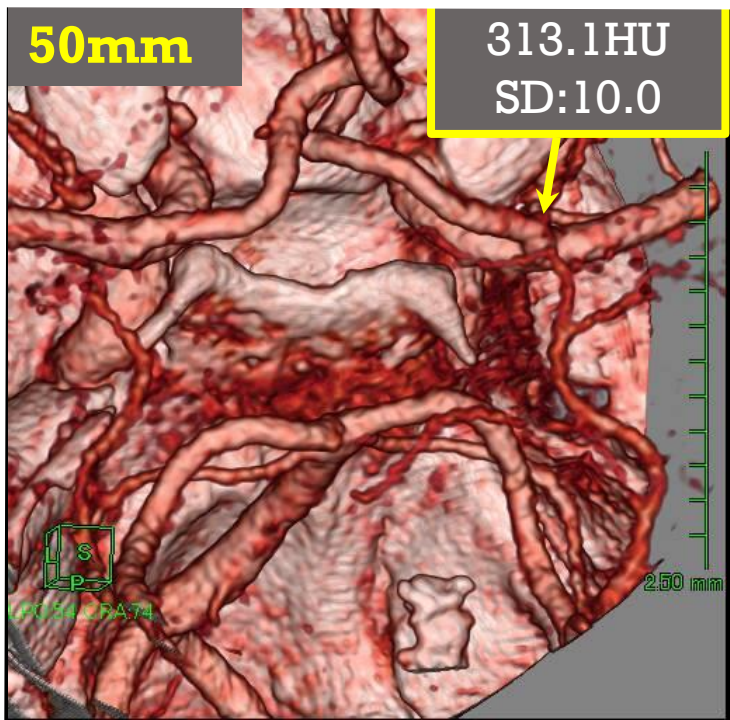
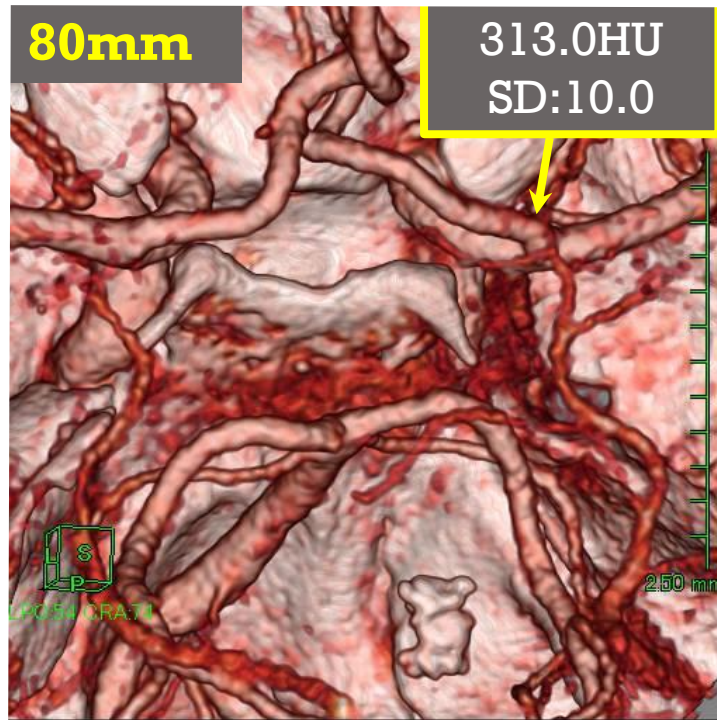
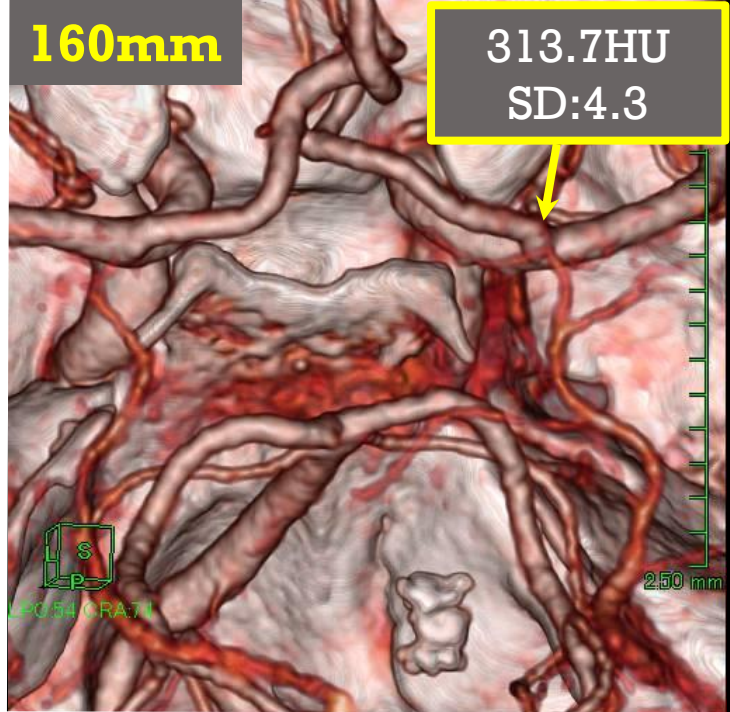
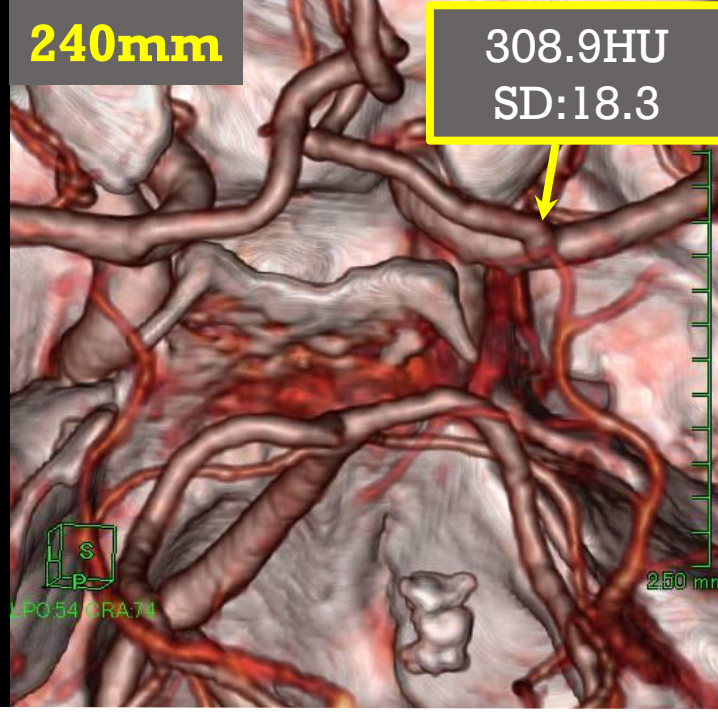
実際の空間分解能

	FIRST	
FOV (mm)	TTF_{5%} (cycles/m m)	実測MTF (cycles/mm)
320	1.30	0.6
240	1.30	0.6~0.7
200	1.32	0.7
160	1.54	0.7
120	1.50	0.8
80	1.76	0.8
50	1.82	0.8

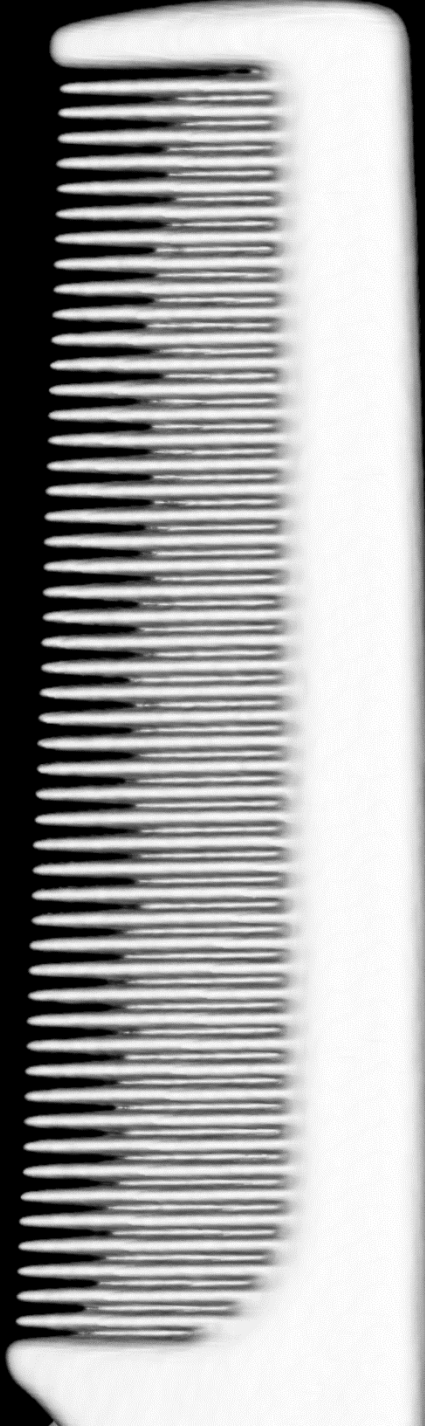
限界値

VR

FIRST Brain CTA STD



ST/int
0.5/0.1



R

F

ZIO STATION2



まとめ(関数の選別)

- 関数は分解能を大きく変動し、画像の印象を変化する.
- CT値を担保したい場合はFC40番台を選択.
- MTFを重視したい場合はFC05 , FC09 , FC19等を選択.
- NPSを重視したい場合はFC13を選択.
- ダークバンドやストリークアーチファクトが見られる場合は
BHC付きの関数を選択.
- 優先順位 (CT値, MTF, NPS)を決めたうえでの関数選択が重要.

まとめ(TIPS)

- ・FOVは評価したい対象物サイズの分解能に合わせて再構成.
- ・**FOV80mm以下**の拡大再構成は空間分解能には関与しない.
拡大再構成によるノイズ増加を考慮すると
FOV120~160mm程度が推奨と考えられる.
- ※ $TTF_{5\%}$ と実測のMTFは完全には合致しないため,
実測のMTFに合わせた拡大再構成を推奨.
- ・体軸方向分解能を向上するためには,
スライス厚の60%以下のスライス間隔で再構成することが望ましい.