

# CTにおける逐次近似再構成画像の画質評価

## 要旨

SIEMENS 社の逐次近似法に属した画像再構成法である SAFIRE (Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction) はノイズ低減と被ばく低減を主な目的としている。本研究では SAFIRE の空間分解能, 2次元及び3次元ノイズ特性, 視覚的検出能を従来の再構成法である filter back projection (FBP) 法と比較検討を行った。CT装置として128列デュアルソース CT(SIEMENS, SOMATOM Definition flash)を用いた。空間分解能の評価では, ワイヤー法を用いた MTF 測定と, 作成した中コントラストラダーファントムによる評価を行った。ノイズの指標として標準偏差(SD 値)と NPS を求め, 比較した。任意に位置を変更できる低コントラスト物体を有したファントムを作成し, 150mAs について 100 枚ずつ画像を作成して, 低コントラスト物体の視覚的検出率試験を行った。エッジが鮮明な高コントラストの物体では SAFIRE の MTF は FBP と同一となり, 信号維持したノイズ低減が確認できたが, エッジが不鮮明な中コントラスト物体では空間分解能の低下が明らかであった。ノイズ低減効果に線量依存性があった。視覚的検出能試験では SAFIRE の適用により有意に検出能が上昇したが, SAFIRE の適用によるスライス厚の増加が理由の一つであると考えられた。

## I. 緒言

昨今, computed tomography (CT)において, 被ばく低減(ノイズ低減)目的とした逐次近似再構成処理(iterative reconstruction: IR)が普及しつつあり, その画質と, 線量低減率に関しての関心が高くなっている。今回, SIEMENS 社の IR 法に属した画像再構成法: SAFIRE (Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction) について, 空間分解能, 2次元及び3次元ノイズ特性, 視覚的検出能を従来の再構成法である filter back projection (FBP) 法と比較検討を行った。

## II. 使用機器

使用機器は以下に示す通りである。

- X線 CT 装置: 128列 Dual Source CT SIEMENS, SOMATOM Definition Flash
- 水ファントム(直径: 200mm)
- ワイヤーファントム(0.15mm $\Phi$ , 銅ワイヤー)
- 中コントラストのラダーファントム(2mm $\Phi$ アクリルロッドの等間隔配置)
- 低コントラスト検出能ファントム(5mm $\Phi$ アクリルロッドを水ファントム内に配置)
- ヨード系造影剤: エーザイ, イオメロン 350
- Image J

### Ⅲ. 方法

#### 1) 空間分解能測定

##### (a)ワイヤー法による MTF 測定

高コントラスト領域の空間分解能を評価するために MTF をワイヤー法により測定した.

##### (b)中コントラストラダーファントムの作成

2mm 径の亚克力棒を用いて, 間隔がそれぞれ 0mm, 1mm, 2mm のラダーファントムを作成し, 直径 200mm の水ファントム内に固定した. ヨード系造影剤を入れて, バックグラウンドの CT 値とラダーファントムとの CT 値差が 40 程度になるように調整した.

##### (c)中コントラストラダーファントムによる profile 測定

中コントラスト領域の空間分解能を評価するために, まずラダーファントム画像を同位置で 36 回撮影し, ノイズ因子を排除するためにこの 36 画像を平均した. 画像のラダー部分の profile から, コントラストを測定した.

#### 2) ノイズ測定

##### (a)標準偏差 (standard deviation: SD) 値

フリーソフトの ImageJ を用いて表示した水ファントム画像に ROI を設定し, 標準偏差(SD 値)を求めた. 5 箇所 ROI の平均値をその条件での SD とした.

##### (b)NPS (Noise Power Spectrum)

80mAs, 160mAs (effective mAs) について撮影した水ファントム画像のスライス面と体軸方向について NPS を測定した.

#### 3) 視覚的検出率試験

##### (a)低コントラストファントムの作成

低コントラストファントム内を水で満たし, ヨード系造影剤を入れて, バックグラウンドの CT 値と低コントラスト物体の亚克力ロッドとの CT 値差が 10 程度になるように調節した. アクリルロッドは磁石で固定し, ファントム外から対極の磁石で自由に位置を変えられるように取付けた.

##### (b)画像の取得

作成したファントムを亚克力ロッドの位置を変えながら 100 回撮影し, FBP の 1 種と IR の 2 種の再構成関数につき, 計 300 枚 (100×3) の画像を取得した.

##### (c)視覚的検出率試験

取得した画像を専用のソフトウェアにて表示し, 観察者が亚克力ロッドがあると思われる位置をクリックする方法を用い, その正答率を検出率とした. 1 つの条件あたり, アクリルロッドの位置の異なる 100 枚の画像を表示した画像 1 枚の表示時間は 5 秒間, ブランクは 1 秒間とした. また, 表示画像のウィンドウ幅(WW)=200, ウィンドウレベル(WL)=150 で統一した. なお, 観察者は, 本学放射線技術科学専攻の学部生 4 名, 教員 1 名の計 5 名で, この 5 名の正答率の平均の値を検出率として得た.

#### 4) 撮影条件

Table1 に示す条件にて 1) ~ 3) の各実験の撮影を行った。

Table1 撮影条件

	空間分解能測定	ノイズ測定	視覚的検出率試験
管電圧	120kV		
effective mAs	100mAs	20~400mAs	150mAs
管球回転速度	0.5sec		
スライス厚	1mm	3mm	
FOV	200mm	220mm	
再構成フィルタ関数	FBP:B40	SAFIRE:I40 level3&5	

#### IV. 結果

##### 1) MTF(ワイヤー法)

ワイヤー法による MTF 測定では, FBP と IR で MTF に差は出なかった。

##### 2) profile 測定(中コントラストラダーファントム)

Fig.1 に中コントラストラダーファントムによる profile 測定の結果を示す. 2mm 間隔配列と, 1mm 間隔配列で, それぞれ, IR は FBP の約 67%と約 54%のコントラストとなった。

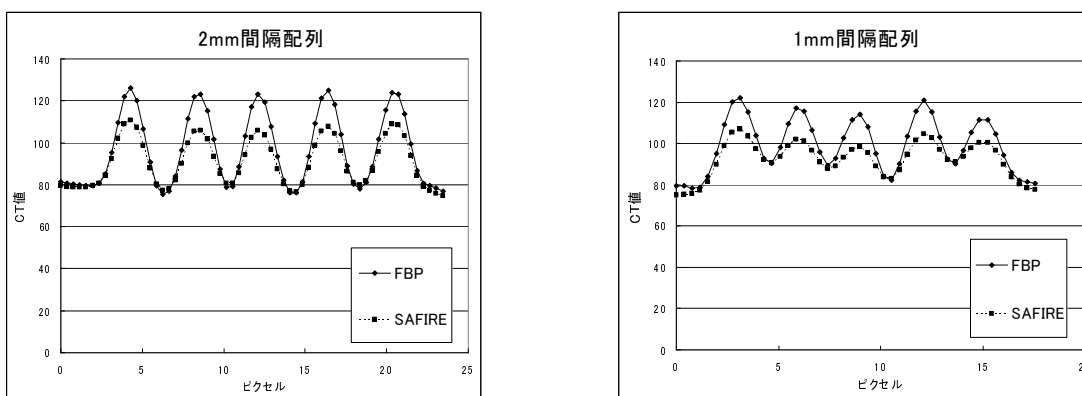


Fig.1 中コントラストラダーファントムによる profile 測定の結果

##### 3) SD

Fig.2 に SD 値の測定結果を示す. 各 mAs 値において, IR Lv3 では約 70%, IR Lv5 では約 50% に SD 値が低減した. また, 同一 SD 値における, FBP との線量を比較すると, FBP よりも, IR Lv3 では約 45%, IR Lv5 では約 25%に線量低減できると考えられた。

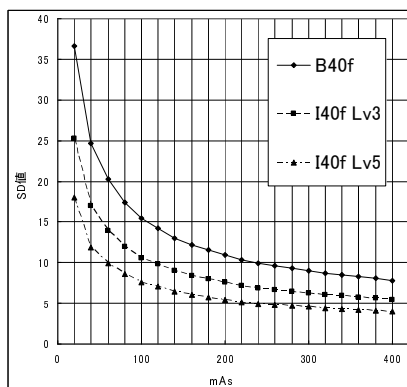


Fig.2 SD 測定結果

#### 4) NPS

スライス方向の NPS は中～高空間周波数領域では IR により NPS が低下した。低空間周波数領域では、線量により NPS の低下具合に差が生じた(高線量では IR による NPS の変化は小さくなった)。体軸方向の NPS は IR では低空間周波数領域で急激に NPS が低下した。これより、IR により低コントラスト領域では、スライス厚が実質厚くなっている可能性があると考えられる。

#### 5) 視覚的検出率試験

Fig.3 に視覚的検出率試験の結果を示す。IR を適用することで視覚検出率は向上した。FBP 画像と IR 画像では検出率の差に有意差があったが、IR の level の違いによる検出率間には有意差は無かった。(有意水準 5%)

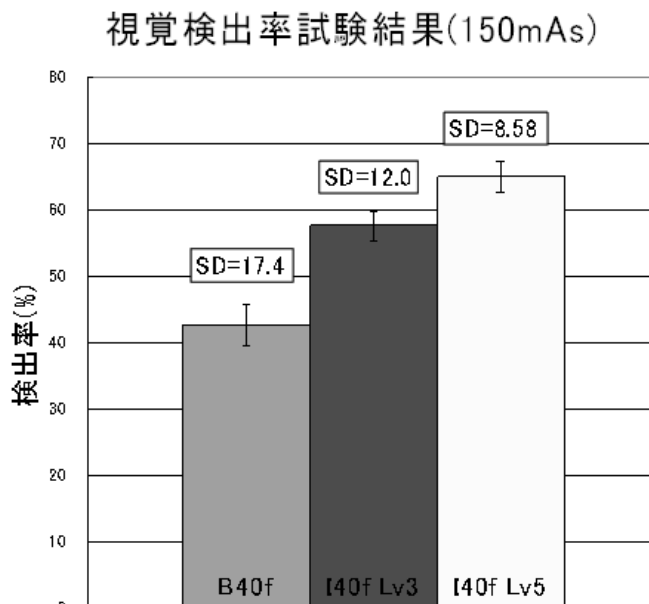


Fig.3 視覚的検出率試験結果

#### V. 考察

エッジが鮮明な高コントラストの物体では IR の MTF は FBP と同一となり、信号維持したノイズ低減が確認できた。しかしエッジが不鮮明な中コントラスト物体では空間分解能の低下が明らかであった。これより、ノイズ低減は、ローパスフィルタリングやスライス厚増加によるものと推測される。ノイズ低減効果に線量依存性があった。視覚的検出能試験では IR の適用により有意に検出能が上昇したが、スライス厚の増加が理由の一つであると考えられる。これはスライス厚の増加は線量増加と等価であるためであると考えられた。

#### VI. 結語

IR の適用による、空間分解能特性、ノイズ特性、視覚的検出率について FBP 画像と比較検証した。ノイズ低減効果は、ローパスフィルタやスライス厚増加によるものであることが示唆され、信号維持 (エッジ保存性) にはコントラスト依存性があることがわかった。IR により視覚的検出率が増加したが、これはスライス厚増加によるものと考えられる。