

ヨード密度と撮影線量の変化が測定精度に与える影響の基礎的検討

秋田大学医学部附属病院 中央放射線部 ○今野 拓哉(Konno Takuya)

戸嶋 桂介 加藤 大樹 照井 正信

【はじめに】

画像再構成法の発展により撮影線量を低下させても良好なCT画像を得ることができるようになった。しかし、raw dataベースの物質密度計算では、計算のもととなる画像に対しては画像再構成法が適用されず、ノイズの増加が定量精度に影響を及ぼす可能性がある。ヨード密度の定量精度に関する検討は様々行われているが、臨床よりも高い線量での検討も多く、ノイズの影響を考慮したものは少ない。ノイズの影響は低コントラスト領域に対して大きくなるとされることから、低ヨード密度領域では、ノイズの影響を強く受けると考えられ、評価を行う必要がある。

そこで本研究では、様々なヨード密度における撮影線量の変化に伴う密度値の計測精度についてファントムを用いて基礎的な検討を行った。

【方法】

直径20 cmの円形マルチエナジーCTファントム(Sun Nuclear社製)を用い、ファントム中心に濃度が0.2、0.5、1.0、2.0、5.0 mgI/mlのヨードロッドを配置し、Revolution CT (GE healthcare社製)を用いて高速kVスイッチング方式のDual-energy撮影を行った。管電流を変化させ、CTDIvolが5.12～13.17 mGyの範囲でデータを収集した。各線量3回ずつ撮影を行い計15枚ずつの画像を取得し、以下の2点に関して検討を行った。

・検討1: 各撮影線量におけるヨード密度の計測誤差を評価

以下の式を用いて各ヨード密度、各線量におけるヨード密度画像のヨードロッドを計測し、公称値と

の誤差率を求める。

$$\text{誤差率}(\%) = (\text{計測値} - \text{公称値}) / \text{公称値} \times 100$$

・検討2: 同等のSDにおける撮影線量低下に伴う計測値の変動

FBP相当のASiR-V0%とTFI-Mediumで再構成したCT画像の水ロッドのSDを計測し、同一SDになる画像再構成法の組み合わせにおけるヨード密度値を比較する。

【結果】

・結果1: 撮影線量が低下するほどヨード密度の計測値は過大評価され、ヨード密度値が低いほど測定誤差は大きくなる傾向があった (Table 1)。最大で公称値0.2 mgI/mlロッドにおいて撮影線量5.12 mGyの時、97%の誤差となった。

・結果2: 同程度のノイズ量となるFBP-CTDIvol13.17 mGyとTFI-Medium-CTDIvol5.12 mGyでは、低線量であるTFIの方がヨード密度値が有意に高くなり、公称値から乖離している (Fig.1)。

【考察】

深層学習再構成法を用いてノイズを低減させ、撮影線量を減らした場合、同程度のSDとなるFBP画像に比べて有意に計測値が上昇した。

今回の結果からは撮影線量を約60%下げるとFBPに比べてヨード密度の計測値が約7%～70%乖離した。

ヨード密度画像の作成にはrawデータが用いられており、再構成後のSDが低くてもrawデータにおけるSDを考慮する必要があることがわかった。

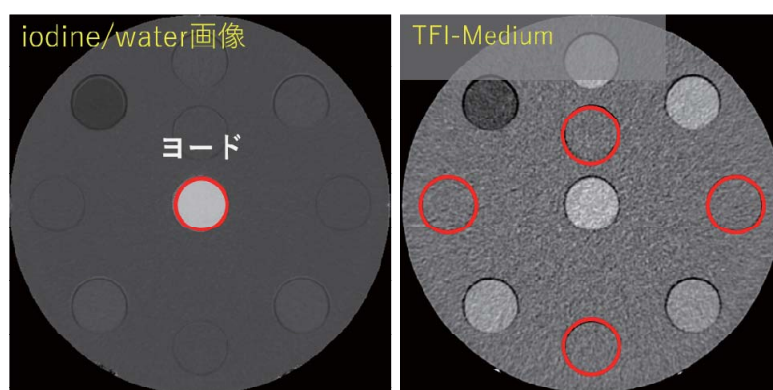


Fig.1 計測点

Table 1 ヨード密度の測定誤差率とFBPにおけるノイズSD

誤差率(%)		CTDIvol(mGy)				
		5.12	6.89	8.73	10.66	13.17
ヨード密度	0.2mgI/ml	97.4	87.4	54.9	42.9	12.6
	0.5mgI/ml	34.9	28.4	18.6	13.0	-0.3
	1.0mgI/ml	18.6	14.3	8.3	3.0	1.5
	2.0mgI/ml	3.9	4.1	3.7	0.2	-4.1
	5.0mgI/ml	8.8	8.3	7.3	4.5	2.4
FBP SD		CTDIvol(mGy)				
		5.12	6.89	8.73	10.7	13.17
ヨード密度	0.2mgI/ml	25.7	21.9	19.3	17.5	16.1
	0.5mgI/ml	25.8	22.0	19.3	17.5	15.9
	1.0mgI/ml	25.5	21.9	19.3	17.5	16.2
	2.0mgI/ml	25.7	22.0	19.2	17.7	16.1
	5.0mgI/ml	25.8	21.9	19.4	17.5	16.1

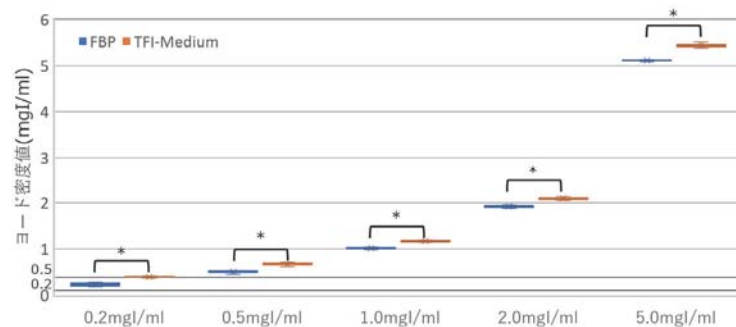


Fig.2 同一SDとなる画像再構成時におけるヨード密度値の比較 (* : $p < 0.05$)

被ばくを考慮して撮影線量を減らす場合、密度値の精度が担保されないことに注意する必要があるが示唆された。

Table 1より誤差率が10%と5%程度になるために求められるSDを考える。誤差率10%までに抑えた場合、2.0 mgI/mlや5.0 mgI/mlのような比較的高い密度では、0.625 mmFBPにおいてSD25以下が求められる。一方、1.0 mgI/ml以下の低密度では、SDを17程度以下にすることで誤差率10%程度に収まる。誤差率を5%以内にしようとすると2.0 mgI/mlを除いてSDを17程度以下にする必要がある。

誤差率を小さくするためには現状の臨床条件よりも線量を高くすることが示唆された。

【まとめ】

撮影線量が低下するほどヨード密度の計測値は

過大評価され、ヨード密度値が低いほど測定誤差は大きくなる傾向があった。

ヨード密度値を正確に計測するためにはSDが17程度になるようにする必要があることが示唆された。

【参考文献・図書】

- 1) Jacobsen, Megan C., et al. "Intermanufacturer comparison of dual-energy CT iodine quantification and monochromatic attenuation: a phantom study." *Radiology* 287.1 (2018): 224-234.
- 2) Chen, Yong, et al. "Multivendor comparison of quantification accuracy of iodine concentration and attenuation measurements by dual-energy CT: a phantom study." *American Journal of Roentgenology* 219.5 (2022): 827-839.