

管電圧可変に対応した画像再構成技術における CT値-電子密度曲線の安定性評価

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○山田 光太(Yamada Kota)
長澤 陽介 岡 善隆 宮岡 裕一

【はじめに】

放射線治療計画では、CT値と相対電子密度 (RED) の関係を示すCT値-電子密度曲線 (CT-ED曲線) を使用して線量計算が行われる。従来の標準的な画像再構成法であるFiltered Back Projection (FBP) では、管電圧に依存してCT-ED曲線の傾きが変動するため、単一管電圧で撮影されることが多い。しかし、単一管電圧に固定することは、患者の体型や被ばく線量、画像コントラストの観点から最適とは限らない。シーメンスヘルスケア社のCT装置に搭載されているDirectDensity (DD) アルゴリズムは、管電圧を変化させてもCT-ED曲線の傾きが変わらない特性を持ち、単一のCT-ED曲線での線量計算を可能とする¹⁾。

本研究の目的は、DDを使用した場合の管電圧変化に伴うCT-ED曲線の一致度を検証することである。

【方法】

CT装置SOMATOM go.Sim (シーメンスヘルスケア社) を使用し、水に対するREDが0.190~1.456の9種類のモジュール (Table 1) を挿入した電子密度ファントムCIRS 062M (Sun Nuclear社) を70~140 kVの管電圧 (10 kVステップ) で撮影した。モジュールの配置はFig.1の通りである。また、ヘリカルピッチは0.82、回転速度は1.0 s/回転とした。撮影にはAECを使用し、同一の画像SDとなるようmAs値を調整した。再構成関数にはDDアルゴリズムであるSd36およびSd40を使用し、再構成画像をImageJで各モジュールのCT値を解析した。複数の同一モジュールがある場合はそれらの平均のCT値を算出した。得られたCT-ED曲線から、①コント

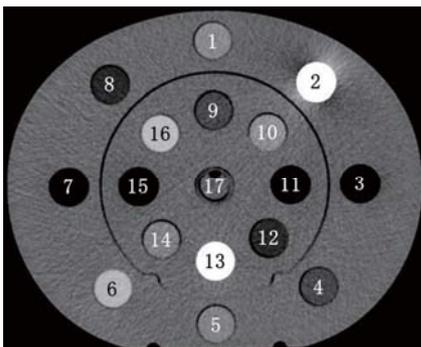


Fig.1 モジュールの配置

Table 1 モジュール名とRED

ROI No	モジュール名	RED
3	15 062A-04	0.190
7	11 062A-05	0.489
8	12 062A-11	0.949
4	9 062A-06	0.976
	17 062MA-39	1.000
5	14 062A-10	1.043
1	10 062A-09	1.052
6	16 062A-08	1.117
2	13 062A-15	1.456

ラストが異なる2つの再構成関数の違いによってCT-ED曲線が変化するか、②CT-ED曲線が管電圧に依存せず一致するかを評価した。

【結果】

①全管電圧および全モジュールにおいて、Sd40を基準としたSd36のCT値の差は、平均0.00 HU、標準偏差0.14 HU、最大で0.21 HUであり、再構成関数の違いは非常に小さかった。

②①の結果よりSd40の画像でのCT-ED曲線の変化を確認した。RED1.456を除くRED範囲で、管電圧に依らずCT-ED曲線の良好な一致が認められた (Fig.2)。管電圧120 kVを基準にした場合、RED0.19~1.117の範囲における最大の相違は、ROI4、9 (モジュール062A-05 BREAST 50/50 RED0.949) において13.84 HU (70 kV) であった。しかし、ROI2、13 (モジュール062A-15 BONE 800mg/cc RED1.456) では最大96.1 HU (70 kV) の相違がみられた (Table 2)。

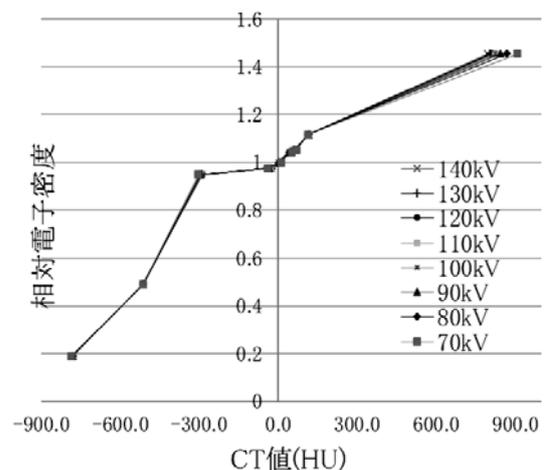


Fig.2 各管電圧のCT-ED曲線

Table 2 Sd40におけるそれぞれのモジュールの各管電圧のCT値 (HU)

RED	管電圧(kV)								FBP 120kV (参考値)
	70	80	90	100	110	120	130	140	
0.190	-785.5	-783.0	-781.9	-779.4	-780.4	-780.7	-778.5	-777.4	-779.0
0.489	-513.0	-512.8	-513.3	-513.3	-514.6	-514.1	-513.9	-514.1	-511.9
0.949	-304.1	-297.7	-296.2	-293.6	-291.9	-290.3	-289.7	-288.7	-288.4
0.976	-40.33	-37.72	-34.01	-31.78	-29.68	-27.38	-25.00	-25.78	-29.49
1.000	12.64	7.05	2.18	1.79	2.84	1.02	2.99	2.00	-1.99
1.043	50.24	46.83	44.04	42.73	42.94	42.08	43.28	41.89	41.20
1.052	69.37	62.23	61.97	59.42	59.60	58.15	58.62	57.54	56.87
1.117	113.4	114.1	114.7	115.1	116.1	115.6	115.9	115.9	221.0
1.456	907.3	866.3	841.9	825.7	821.8	811.2	802.4	792.4	1376.5

【考察】

DDアルゴリズムの2つの再構成関数Sd36とSd40でCT-ED曲線の差は最大0.21 HUであり、線量計算に及ぼす影響も小さいと考えられる。しかし、それぞれの再構成画像の描出能の違いについては評価していないため、今後視覚的評価をしていきたい。

日本放射線技術学会の指針によれば、高エネルギーX線はCT値が±30 HU以内であれば線量分布に与える影響は小さいとされ²⁾、本研究ではDDアルゴリズムの使用により、幅広い管電圧でこの要件を満たすことが確認された。しかし、特定のRED範囲、管電圧においては、管電圧変化に伴うCT-ED曲線の乖離が大きくなる傾向が示された。DDアルゴリズムを使用する際には、実臨床でのシチュエーションを考慮し、管電圧を検討する必要がある。

【まとめ】

今回は、シーメンスヘルスケア社のCT装置に搭載されている管電圧可変に対応した画像再構成

法であるDirectDensityのCT-ED曲線の一致度の検証を行った。

コントラストが異なる2つの再構成関数Sd36とSd40ではCT-ED曲線の差は小さく、最大の差は0.21 HUであった。再構成関数の違いが線量計算に及ぼす影響は小さいと考えられる。

各管電圧のCT-ED曲線の相違は、RED0.19～1.117の範囲で、CT値±30 HU以内であり、線量計算に及ぼす影響は小さいと考えられる。しかし、RED1.456では管電圧120 kVを基準とし、70 kVにおいて最大で96.1 HUの相違があった。DDアルゴリズムを使用する際にはこの結果を踏まえ、実臨床でのシチュエーションを考慮し使用する管電圧を検討する必要がある。

【参考文献・図書】

- 1) White Paper DirectDensity™ Dr. André Ritter, Dr. Nilesh Mistry, Siemens Healthineers
- 2) 放射線治療における誤照射事故防止指針 日本放射線技術学会