

一般撮影システムの品質管理におけるシステムコントラスト伝達関数の適用

小国町立病院 放射線科 ○今野 祐治(Konno Yuji)
伊藤 真理 鈴木 隆二

【背景・目的】

長年、矩形波チャートを用いた解像特性の測定にはコルトマンの補正が用いられている(以下従来法)。Droegelは矩形波チャートの各空間周波数内のROIの標準偏差から解像特性を算出する新しい方法(以下SD法)を提唱した¹⁾。IEC規格は、乳房X線撮影装置の受入試験にSD法を採用し、MTFと区別するためにシステムコントラスト伝達関数(system contrast transfer function: SCTF)を用いている²⁾。

本発表では、一般撮影システム(DRシステム)の空間分解能の品質管理におけるSCTFの適用を検討した。

【使用機器】

- ・FPDシステム : Console Advance, CALNEO C 24×30cm Wireless SQ(富士フィルムメディカル)
- ・X線発生装置 : KXO-50G (東芝メディカルシステムズ)
- ・矩形波チャート: R-1W100 (Huettner Roentgenteste)
- ・解析ソフト : Image J, Excel

【撮影条件】

- ・管電圧 : 80 kV
- ・管電流 : 200 mA
- ・撮影時間 : 4 msec
- ・距離 : 120 cm

【試験項目】

- 1.従来法とSD法でSCTFを測定し、比較する。
- 2.SD法で、日常的な品質管理試験を行う。

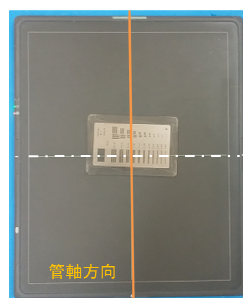


Fig.1 チャートの配置

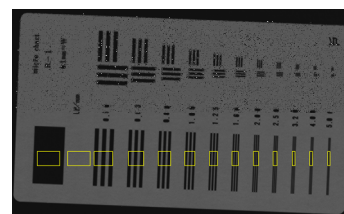


Fig.2 ROIの配置

【方法】

- 1.X線束の中心に、ヒール効果を受けないように矩形波チャートを管軸方向に垂直に、また、エアシングの影響を避けるため1.5～3度傾けて配置し、画像を収集した(Fig.1)。Image Jを使用し、空間周波数ごとにSD法と従来法に同じ大きさのROIを同じ位置に設定した(Fig.2)。

従来法では、はじめに、ROIの画素値から合成プロファイル曲線を作成する。次に、最大値と最小値を任意で決定し、次式により矩形波レスポンス関数(square wave response function: SWRF)を算出する。

$$SWRF(f) = \frac{\frac{\max(f) - \min(f)}{\max(f) + \min(f)}}{\frac{\max(0) - \min(0)}{\max(0) + \min(0)}} \dots\dots\dots(1)$$

最後に、コルトマンの補正式を用いてSCTFを測定した。

$$SCTF(f) = \frac{\pi}{4} \times \left\{ SWRF(f) + \frac{SWRF(3f)}{3} - \frac{SWRF(5f)}{5} + \frac{SWRF(7f)}{7} - \dots \right\} \dots\dots\dots(2)$$

コルトマンの補正式は第4項までを使用⁴⁾し、チャートに存在しない空間周波数の伝達関数はexcelで近似した。

SD法では、ROIの画素値の平均値と標準偏差を測定し、次式によりSCTFを算出した。

$$SCTF(f) = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{\sigma_f^2 - \frac{\sigma_t^2 + \sigma_a^2}{2}}}{|m_t - m_a|} \dots\dots\dots(3)$$

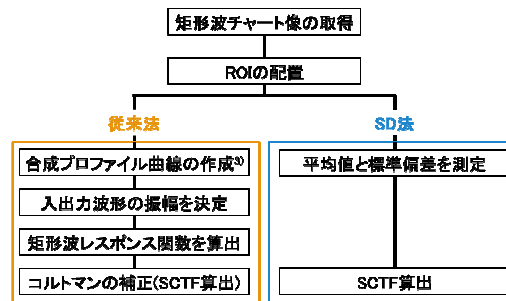


Fig.3 SCTF 測定フローチャート

空間周波数ごとにSCTFとその平均値、変動係数、相対誤差を算出し、それぞれを比較した。SCTFの統計学的有意差検定はt検定($\alpha=0.05$)で行った。

2.方法1と同様の測定方法で、SD法による日常的品質管理試験を行った。10月4日から10月25日までの期間に16回の測定を行い、ナイキスト周波数以下の空間周波数において、以下の検討を行った。

- ①初回5回の平均を基準値とした測定値の偏差[%]
- ②変動係数(CV)を3倍した値(以下3CV) $\leq 20\%^{5)}$

【結果】

- 1.SD法のSCTFは従来法よりも有意に高かったが、相対誤差は、ナイキスト周波数以下では3.20 LP/mmを除き4%以下であった。従来法とSD法の変動係数はナイキスト周波数以下では3%以下であった(Table 1, Fig.4)。
- 2.偏差は $\pm 10\%$ 以内となり、3CVは最大で10.9%となった(Fig.5)。

Table 1 測定結果

従来法				SD法				相対誤差 [%]	t検定 p値 (n=10)
SCTF 平均	標準偏差	変動係数 [%]	空間周波数 [LP/mm]	SCTF 平均	標準偏差	変動係数 [%]	空間周波数 [LP/mm]		
1.00	—	—	0.00	1.00	—	—	—	—	—
0.95	0.007	0.7	0.50	0.97	0.002	0.2	2.6	***	
0.93	0.005	0.5	0.63	0.95	0.001	0.1	2.7	***	
0.88	0.004	0.4	0.80	0.91	0.001	0.2	3.2	***	
0.83	0.008	1.0	1.00	0.84	0.002	0.3	0.8	*	
0.74	0.015	2.0	1.25	0.77	0.002	0.2	2.8	**	
0.66	0.005	0.7	1.60	0.67	0.003	0.5	1.9	***	
0.51	0.005	0.9	2.00	0.53	0.002	0.4	3.4	***	
0.35	0.003	0.9	2.50	0.38	0.001	0.3	3.7	***	
0.21	0.002	1.2	3.20	0.23	0.001	0.5	12.2	***	
0.11	0.003	2.3	4.00	0.12	0.001	1.2	6.7	***	
0.02	0.003	11.3	5.00	0.04	0.005	14.2	49.4	***	

* $p<0.05$
 ** $p<0.01$
 *** $p<0.001$

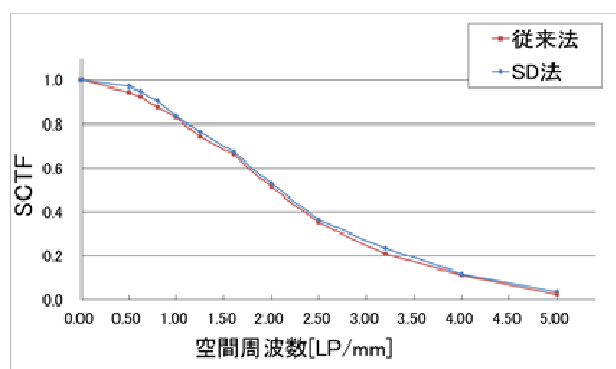


Fig.4 測定法による SCTF の比較

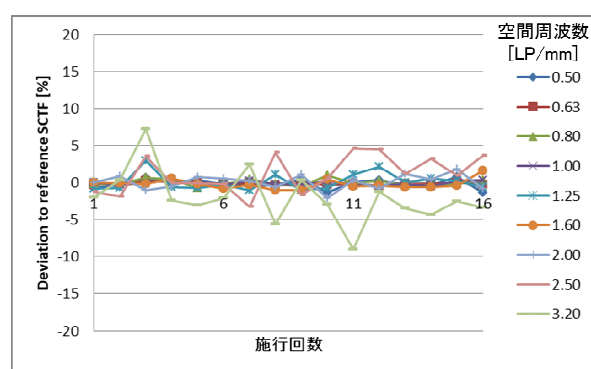


Fig.5 SD 法での測定値の偏差

【考察】

- ・ナイキスト周波数以下では3.20 LP/mmを除き、相対誤差は4%以下であり、SD法は従来法と同等の値となったと考える。
- ・SD法の3CVは管理幅20%以下であり、従来法と同様に高い再現性でSCTFを測定できていると考える。
- ・偏差は $\pm 10\%$ 以内となったが、視覚評価も考慮しながら管理幅を設定する必要があると考える。

【まとめ】

SD法は測定が簡便であり、再現性が良く、一般撮影システムの空間分解能の品質管理に適用できることが示唆された。

今後は継続的に品質管理を行い、視覚評価も含めて管理幅を決定していく必要がある。

【参考文献・図書】

- 1) Ronald T. Droege, Richard L. Morin. A practical Method to measure the MTF of CT scanners. Med. Phys.1982 9(5)
- 2) IEC 61223-3-2. Ed. 2. Evaluation and routine testing in medical imaging departments-Part 3-2: Acceptance test-Imaging performance of mammographic X-ray equipments, International Electrotechnical Commission, 2007
- 3) 望月安雄, 阿部慎司, 山口弘次郎: 矩形波チャートを用いたコントラスト法でのプリサンプリングMTFの簡易測定, 1355-1357, 日本放射線技術学会雑誌, 61(9), 2005
- 4) 小島克之, 蔡 篤儀, 田中嘉津夫, 他: シミュレーションによるコルトマン補正に関する考察, 35-42, 医用画像情報学会雑誌, 8, 1991
- 5) 須永眞一, 長島宏幸, 鈴木浩司, 他: FPDシステムにおける品質管理プログラムの検討, 84-90, 医用画像情報学会雑誌, Vol.22 No.1, 2005