

X線 CTにおいてスライス厚が低コントラスト検出能に与える影響

要旨

X線 CTにおいて、同一線量下の異なるスライス厚の画像が球体の低コントラスト検出能に与える影響について視覚的検出率試験と物理的検出率指標で評価した。5.0 mm のアクリル球を水中に固定した低コントラスト検出能ファントムを作成し、管電圧 110 kV で撮影を行い、5, 3, 2, 及び 1 mm のスライス厚で再構成した。画像から球の中心をランダムに変化させた画像をそれぞれ 100 枚ずつ切り出し、スライス厚ごとに視覚的検出率試験を行った。検出率試験には専用プログラムを用いて、観察者が球の位置を正しく指示した割合を検出率とした。また、MTF, NPS 及び SSP を用いて物理的検出率指標を求め、視覚的検出率試験の結果と比較した。視覚的検出率試験の傾向と物理的検出率指標の傾向はほぼ一致した。5.0 mm 球体に対しては、5.0 mm と 3.0 mm のスライス厚の検出率が高く、2.0 mm, 1.0 mm の順に低下した。

I. 緒言

マルチスライス CT の普及によって、一度のスキャン (同一の線量下) から、スライス厚の異なる画像を再構成して臨床利用する機会が増加した。このような場合、スライス厚の変化により、ノイズとともに、パーシャルボリューム効果により物体のコントラストが変化する¹⁾。本研究では、X線 CTにおいて同一線量下の異なるスライス厚の画像が球体の低コントラスト検出能に与える影響について、視覚的検出率試験と物理的検出率指標で評価した。

II. 使用機器

- 16 列マルチスライス CT : SOMATOM Emotion (SIEMENS)
- 低コントラスト検出能ファントム : 5 mm Φ のアクリル球を水ファントム内に設置 (Fig. 1)
- マイクロコインファントム :
1 mm 径 x 0.05 mm 厚タングステン微小円盤 (京都科学)
- 画像解析ソフト : Image J
- ワイヤファントム : 0.15 mm 径 銅ワイヤー
- 造影剤 : イオメロン 300 (エーザイ)



Fig.1 低コントラスト検出能ファントム

III. 方法

1) 5 mm 球体による低コントラスト検出能ファントムの作成 (Fig. 1)

アクリル製のコの字型フレームに木綿の糸を張り、その中間にアクリル球を固定した。アクリル球との CT 値差が 15 程度の低コントラスト状態になるように周囲を希釈造影剤とした。

2) 視覚的検出率試験

50 回の撮影画像から Display FOV (DFOV) 中の切り出し位置をランダム変えて 256 \times 256 マトリクス画像を 100 枚作成した。(Fig. 2)

専用ソフト Rod detect を用いて各スライス厚ごとに 100 枚の画像を観察し、正しい位置をクリックした正答率を検出率とした。ただし、画像の表示時間は 1 枚につき 5 秒。ウインドウ幅 200, ウインドウレベル 100 で観察を行った。観察者は本学放射線技術化学専攻の 7 名, 教員 1 名の計 8 名とし、8 人の正答率の平均値を検出率として得た。

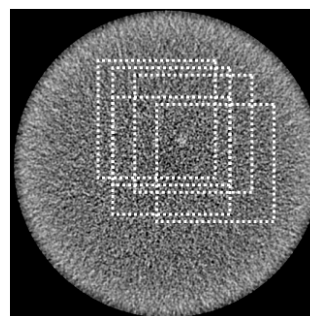


Fig.2 ランダム画像の取得位置

3) 物理的特性の測定

①ワイヤ法による Modulation transfer function (MTF) の測定

ワイヤファントムのスキャン画像から測定した。

②Noise Power Spectrum (NPS) の測定

ファントムの球体を含まないスライス画像から測定した。

③スライス感度分布 (SSP) の測定

微小円盤ファントムをスキャン画像から測定した。

いずれも、測定方法とデータ処理は、日本放射線技術学会監修、「標準 X 線 CT 画像計測」に準拠した。

4) 物理的検出率指標

パーシャルボリューム効果を含めた low contrast detectability index (LCDI)²⁾ を解像特性 (MTF) , ノイズ特性 (NPS) , 球体のスライス画像の空間周波数成分 $S(u)$ から次式より求めた。

$$LCDI^2 = 2\pi \int_0^\infty u \frac{S^2(u)MTF^2(u)}{NPS(u)} du \quad \dots (1)$$

$S(u)$ の算出には、0.2 mm ボクセルの 3 次元球体データから、SSP (スライス感度分布) に従って重み付け加算してスライス厚をシミュレートしたデータを用いた。(Fig. 3) これらの画像を 2 次元フーリエ変換し、x 方向成分の $S(u)$ を抽出した。

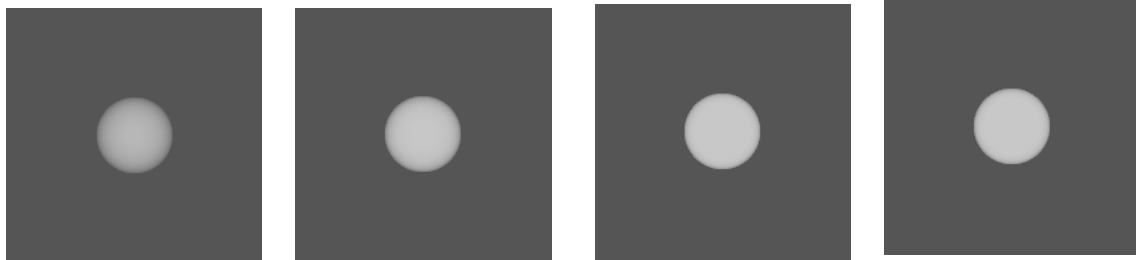


Fig. 3 球体のスライスシミュレーション画像

5) 撮影条件は、以下のように設定した。

- 管電圧 : 110 kV
- Effective mAs (mAs/ヘリカルピッチ) : 70 mAs
- CTDI : 5.63 mGy
- 収集ディテクタ列設定 : 0.6 mm×16
- 回転速度 : 0.6 sec
- ヘリカル (ビーム) ピッチ : 0.8
- DFOV : 200 mm
- 再構成フィルタ関数 : B35s

IV. 結果

1) 視覚的検出率

視覚的検出率の結果を Fig. 4 に示す。3.0 mm と 5.0 mm がほぼ等しく、2.0 mm, 1.0 mm の順に低下した。

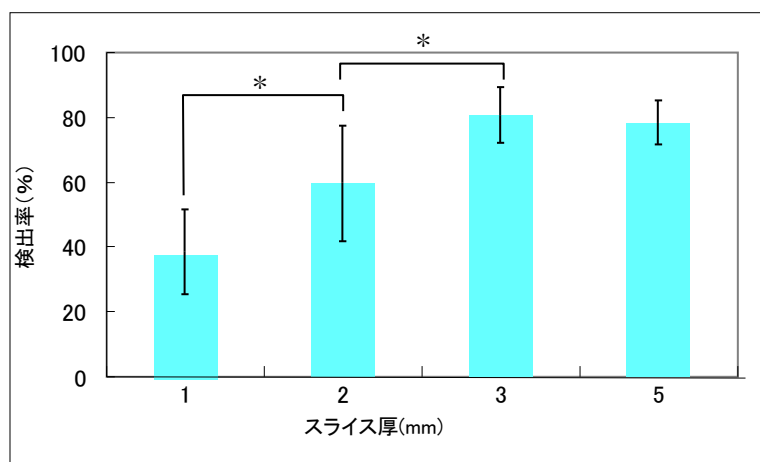


Fig. 4 視覚的検出率の結果

2) NPS

NPSの結果を Fig. 5 に示す. スライス厚が薄くなるとノイズが増加した.

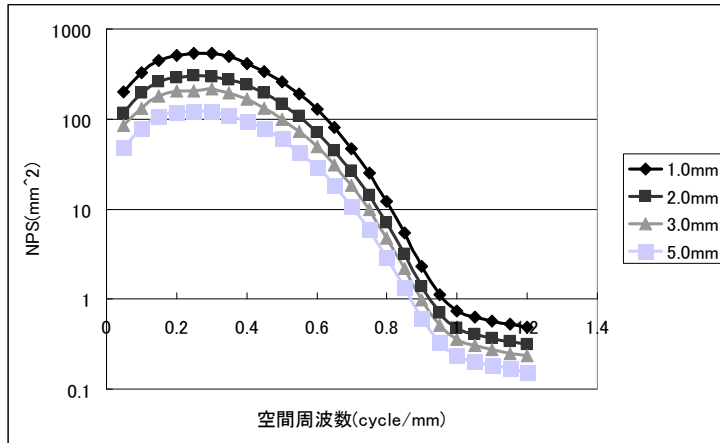


Fig. 5 NPS の測定結果

3) SSP

SSPの結果を Fig. 6 に示す. 半値幅による測定値は公称値とほぼ等しかった.

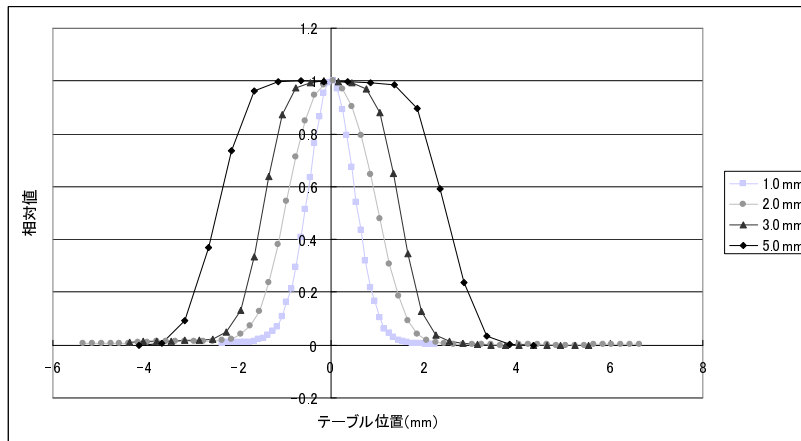


Fig. 6 SSP の測定結果

4) 球体スライス画像の空間周波数成分 S(u)

S(u)の算出結果を Fig. 7 に示す. スライス厚が厚くなるにつれて振幅値は低下した.

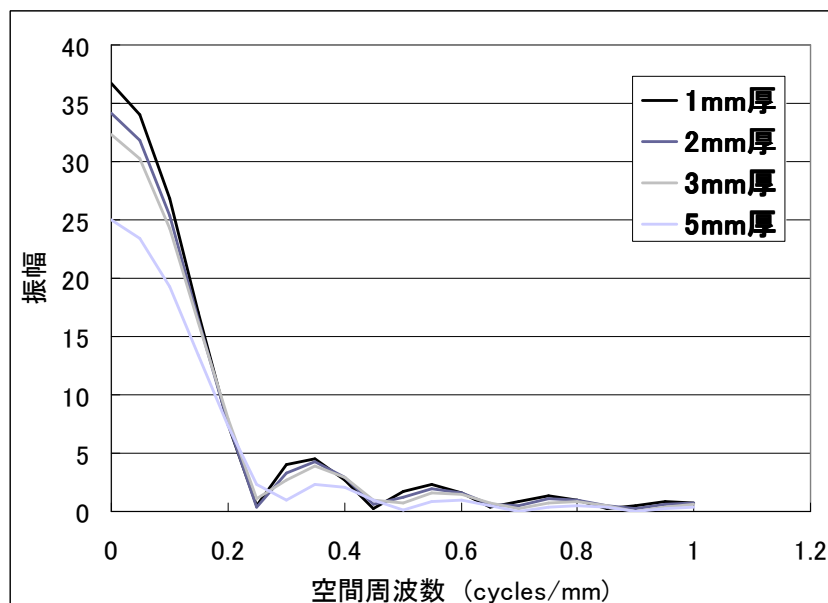


Fig. 7 球体スライス画像の空間周波数成分 S(u) の算出結果

5) 物理的検出率指標

LCDIの結果をFig.8に示す. 5.0 mmと3.0 mmがほぼ等しく, 2.0 mm, 1.0 mmの順に低下した. Fig4とFig7の比較により, 視覚的検出率と物理的検出率指標の傾向はほぼ一致した.

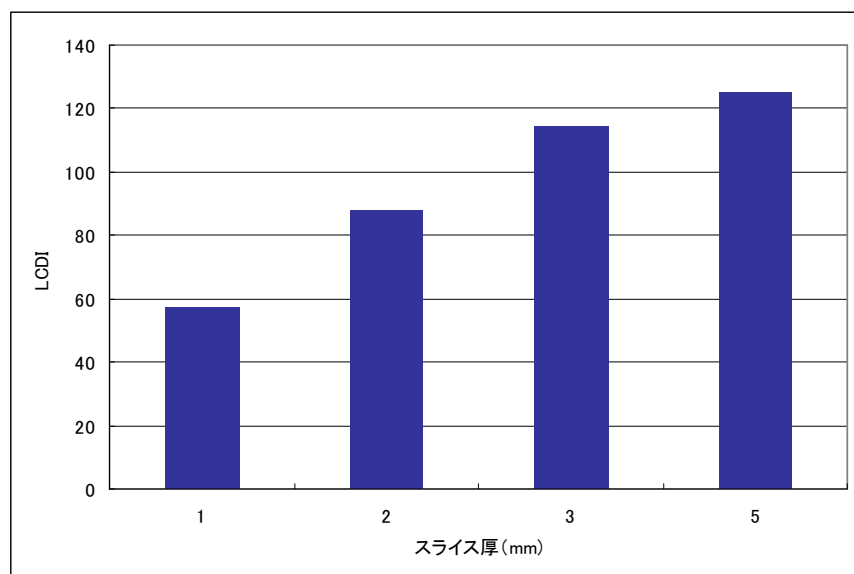


Fig.8 物理的検出率指標の結果

V. 考察

視覚的検出率試験ではスライス厚 3 mm が最も良く, 5.0 mm との差は僅かであった. これは, 5.0 mm, 3.0 mm のような極端に薄くないスライス厚によってノイズは減少したとパーシャルボリューム効果によるコントラスト低下がわずかだったからと考えられる.

1.0(mm)と2.0(mm)厚で, 検出率が顕著に低下したことから, 低コントラスト検出能を優先する被写体でこれらのスライス厚利用は注意を要する. これは, 薄いスライス厚によりノイズが増加し, また5.0 mm 球に対して薄層によるコントラスト増強は僅かであったことによると考えられる.

最も良い結果を示した3.0 mm厚では, スライス位置によって球体を中心に捉えることができないうちにコントラスト低下が懸念される. よって, 2.0 mm または 1.5 mm 間隔のオーバーラップ再構成が必要であると考えられる.

VI. 結語

同一線量下において異なるスライス厚で再構成した画像では, 5.0 mm 球体の低コントラスト検出能は, 3.0 mm 厚が優れており, 2.0 mm 厚, 1.0 mm 厚では顕著に検出率が低下した. パーシャルボリューム効果を考慮した物理的低コントラスト検出能指標 (LCDI) と視覚的検出率の傾向が一致した.

VII. 参考文献

- 1) 市川 勝弘, 村松 禎久編:標準 X線 CT 画像計測, オーム社, 2009
- 2) 市川勝弘, 原 孝則, 丹羽 伸次, 山口 功, 大橋 一也, “CTにおける信号雑音比による低コントラスト分解能の評価”, 医用画像情報学会雑誌, 24 (3), 106-111, 2007