

—短 報—

C-D ダイアグラムを応用した視覚評価方法による 角度サンプリング数の評価

市川 肇 花田 悠一 山田さやか
永田 隆良 三浦 俊一 鈴木 資巳
牧野 哲三

豊橋市民病院 放射線技術室

Evaluating the Number of Samplings by Visual Evaluation Method Based on C-D Diagram

Hajime ICHIKAWA, Yuuichi HANADA, Sayaka YAMADA,
Takayoshi NAGATA, Syunichi MIURA, Motoki SUZUKI
and Tetsuzo MAKINO

Department of Radiology, Toyohashi Municipal Hospital

(article received : Sep 19, 2007)

Key Words: Single photon emission computed tomography (SPECT), Number of samplings, Detectability, C-D Diagram, Positive images

緒 言

Single photon emission computed tomography (SPECT) において、病変信号を効率よく検出できる収集および画像再構成パラメータを求めることは非常に有意義であり、視覚に訴えた評価方法であれば、臨床画像により近い画像評価結果が期待できる¹⁾。

検出能の評価方法には、receiver operating characteristic (ROC) 解析, contrast-detail (C-D) ダイアグラム, 強制選択 (alternative forced choice, AFC) 法などがある。ROC 解析は、定量的評価に優れた方法であるが、多くの試料が必要であり^{2,3)}、比較対象が多数になる場合は、現実的ではない。

一方、C-D ダイアグラムは、偽陽性の評価はできないが、簡単な実験で効率よく視覚評価ができる利便性がある。

今回、C-D ダイアグラムに基づいて陽性 SPECT 画像の検出能を評価するためのファントムと視覚評価方法を考案し、サンプリング定理を

基に角度サンプリング数を変化させて SPECT 収集し、フィルタ逆投影法 (FBP 法) と ordered subsets-expectation maximization 法 (OSEM 法) で再構成した画像の視覚評価を行い検討した。

1. 方 法

1-1 使用機器

ガンマカメラは、2 検出器型 SPECT 装置 e.cam (シーメンス旭メディテック社製)、画像処理装置は、e.soft (シーメンス旭メディテック社製)、コリメータは、低エネルギー高分解能型 (LEHR) を使用した。画像評価ファントムは、JS-10 型 SPECT 性能評価ファントム (京都科学社製) を使用し、ドライプリンタは、DRYPRO751 (コニカミノルタエムジー社製)、画像記録用フィルムは、DRYPRO SD-PC (コニカミノルタエムジー社製) を使用した。

1-2 ロッドファントム配置

^{99m}Tc 陽性ロッドファントムをファントム中心に 15 mmφ 1 個とファントム中心から 60 mm と

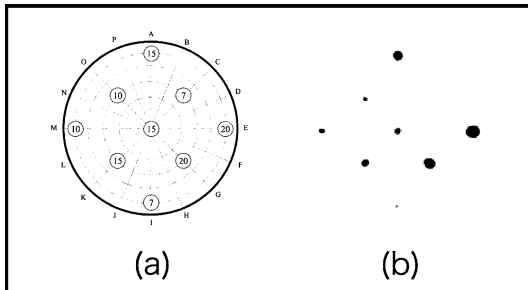


Fig. 1 ロッドファントム配置図および SPECT 像。(a) ロッドファントム配置図。数字はロッドサイズ (mm)。(b) ファントムの SPECT 像。

100 mm の位置に 90° 間隔で同心円上に 7/10/15/20 mm ϕ をそれぞれ各 1 個配置 (Fig. 1a) し、ファントム内を水で満たした。

1-3 SPECT 収集条件

ピクセルサイズは、3.3 mm (マトリクスサイズ 128×128 , 収集倍率 1.45 倍), 4.8 mm (マトリクスサイズ 128×128 , 収集倍率 1.00 倍), 6.6 mm (マトリクスサイズ 64×64 , 収集倍率 1.45 倍) を使用し、各ピクセルサイズの角度サンプリング数とステップ角度は、サンプリング定理より求めた角度サンプリング数を 100% として、200~5% までとした (Table 1)。

収集モードはステップ収集、回転軌道は 360° 円軌道、回転半径は 17 cm で、ステップあたりの収集時間は、各投影データで 1 ピクセルあたり

100 カウント以上収集できるよう事前実験にて求め設定した。

1-4 画像再構成とフィルム表示

FBP 法と OSEM 法で画像再構成を行った。

FBP 法の画像再構成パラメータは前処理フィルタに Butterworth フィルタを使用し、カットオフ周波数は、ピクセルサイズ 3.3/4.8/6.6 mm の順に 1.52/1.04/0.76 cycles/cm で、オーダはすべて 8⁴⁾、再構成フィルタは ramp を使用した。

OSEM 法の再構成パラメータは、1 subset に投影データが 10 前後になる subset 数を使用し、iteration 回数は subset 数と iteration 回数の積、いわゆる IS 数が 30~50 になるように適宜使用した^{5~7)}。

FBP 法および OSEM 法ともに散乱補正・減弱補正・分解能補正は行わなかった。

ファントム中心にピクセルサイズ 3.3/4.8/6.6 mm で標本化定理を満たす 15 mm ϕ のロッドファントムを配置し、リファレンスとした。このロッドファントムを上限値に正規化し、上限値 100%、下限値 10% としてフィルム画像に出力した。

1-5 画像評価者

核医学検査の経験年数 20 年以上 2 名、10 年以上 20 年未満 1 名、10 年未満 2 名の診療放射線技師 5 名で行った。

1-6 視覚評価

Table 1 各ピクセルサイズの角度サンプリング数とステップ角度

	3.3 mm/pixel		4.8 mm/pixel		6.6 mm/pixel	
	サンプリング数	Step 角度	サンプリング数	Step 角度	サンプリング数	Step 角度
200%	324	1.1°	224	1.6°	160	2.3°
100%	162	2.2°	112	3.2°	80	4.5°
90%	146	2.5°	100	3.6°	72	5.0°
80%	130	2.8°	90	4.0°	64	5.6°
70%	112	3.2°	78	4.6°	56	6.4°
60%	96	3.8°	68	5.3°	48	7.5°
50%	80	4.5°	56	6.4°	40	9.0°
40%	64	5.6°	44	8.2°	32	11.3°
35%	56	6.4°	40	9.0°	28	12.9°
30%	48	7.5°	34	10.6°	24	15.0°
25%	40	9.0°	28	12.9°	20	18.0°
20%	32	11.3°	22	16.4°	16	22.5°
15%	24	15.0°	16	22.5°	12	30.0°
10%	16	22.5°	12	30.0°	8	45.0°
5%	8	45.0°	6	60.0°	4	90.0°

C-D ダイアグラムの手法により、ピクセルサイズ・画像再構成法およびロッドごとに角度サンプリング数の多い順に観察し、「見える」と「見えない」の2つのカテゴリーの中間に位置するどちらともいえない場合を意味する“50%確信度”で検出できる範囲を、角度サンプリング数の比率で評価した。

2. 結 果

Fig. 2 に視覚評価の結果を示す。

すべての収集条件および画像再構成法でロッドサイズが大きいほど、角度サンプリング数は低値を示した。また、内側よりも外側のロッドで、角度サンプリング数は低値を示した。

角度サンプリング数は、7 mm ϕ のロッドを除き FBP 法に比べ OSEM 法で低値を示した。

OSEM 法 4.8 mm, OSEM 法 6.6 mm, FBP 法 6.6 mmでは、内側 7 mm ϕ のロッドを50%確信度での検出は、サンプリング定理以上の角度サンプリング数が必要であった。

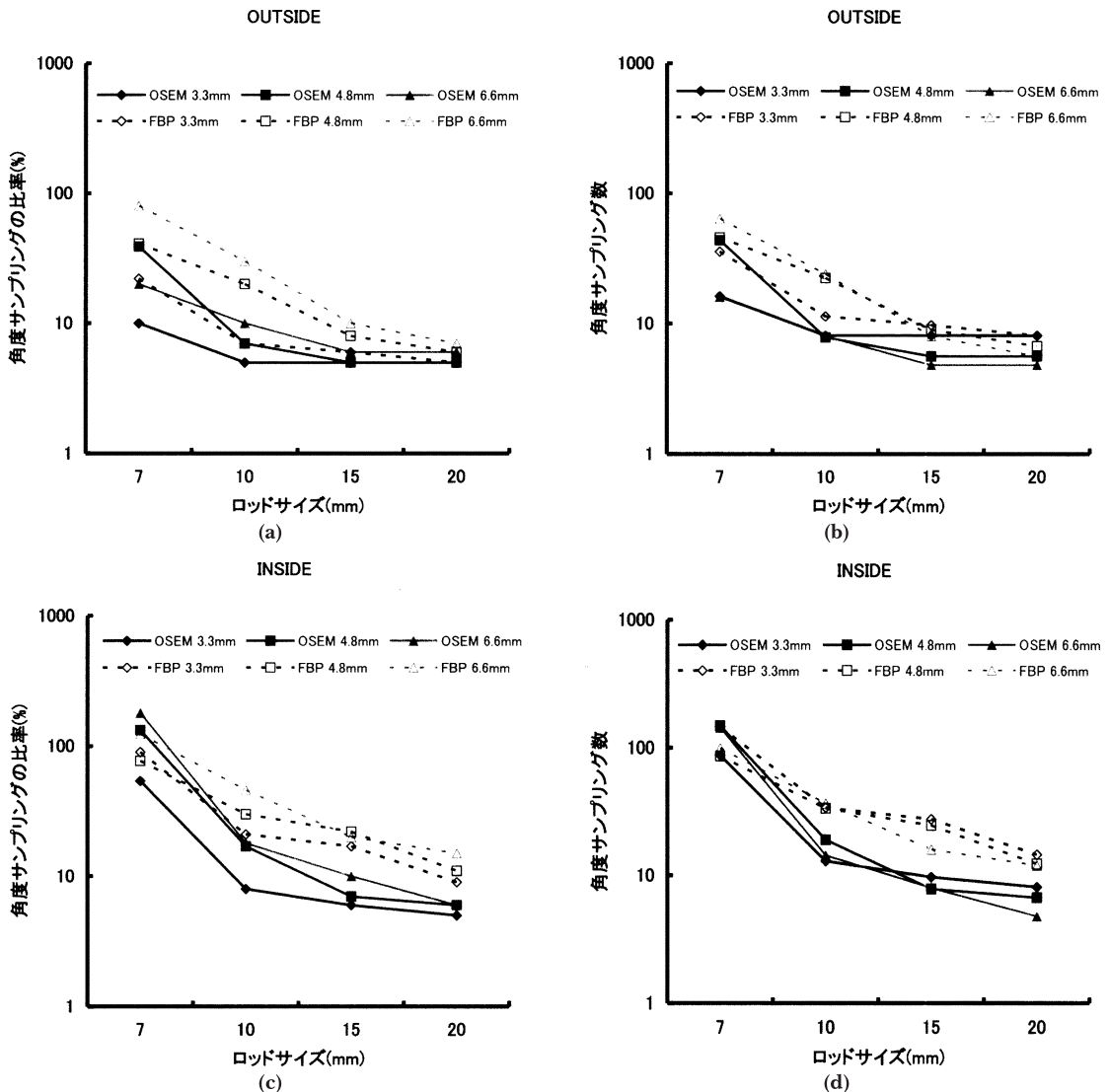


Fig. 2 各ピクセルサイズと画像再構成法のダイアグラムの比較。(a) 外側ロッドファントムを角度サンプリング数の比率で評価。(b) 外側ロッドファントムを角度サンプリング数で評価。(c) 内側ロッドファントムを角度サンプリング数の比率で評価。(d) 内側ロッドファントムを角度サンプリング数で評価。

FBP 法では，すべてのピクセルサイズで角度サンプリング数が40を下回るとストリークアーチファクトが視覚的に強く認められ，内側 10 mmφ のロッドの検出能に大きく影響したが，OSEM 法では角度サンプリング数が 8 以上あればアーチファクトは認めなかった。

3. 考 察

今回の検討では，減弱補正・散乱補正・分解能補正を行っていないため，内側のロッドの検出で角度サンプリング数が多く必要となった。

7 mmφ のロッドの検出に内側と外側で大差を示したが，これは γ 線の減弱の影響が他のロッドに比べ，強く出たためと考える。

FBP 法で角度サンプリング数が OSEM 法に比べ高値を示す傾向にあったのは，角度サンプリング数が40を下回るとストリークアーチファクトが視覚的に強く出現したことが原因と考える。

一方，OSEM 法はアーチファクトの出現がほとんど無く，放射性医薬品の集積の検出を目的とした検査であれば特に有用であると再認識できた。

今回検討したすべての収集条件および画像再構成法で，角度サンプリング数が40以上あれば 10 mmφ 以上の陽性像を検出できる可能性は高く，FBP 法に比べ OSEM 法で良好な結果が期待できると考える。

また，これらの結果には評価者の熟練度や資質⁸⁾・フィルム濃度の決定・収集カウント・画像再構成パラメータも影響したと思われる。

4. 結 語

今回，サンプリング定理を基に角度サンプリング数と画像再構成法が陽性 SPECT 画像の検出能に及ぼす影響について視覚評価方法を試み検討した。

この視覚評価方法は，陽性像の形・大きさ・濃度等の性状を評価できないが，特に評価対象が多数のとき，結果の整理が比較的容易であり，効率的な視覚評価を可能にした。

文 献

- 1) 大塚昭義，砂屋敷忠，小寺吉衛：実験画像評価 初学者のための実験入門．第 1 版第 1 刷発行，pp. 65-80，メディカルトリビューン，1994
- 2) 桂川茂彦：ROC 解析による画像の正しい主観的评价．日放技学誌，**60**：3，309-316，2004
- 3) 川村慎二，下新原茂，稲津 博：SPECT 画像の ROC 解析—ローパスフィルタの遮断周波数による信号検出能への影響—．日放技学誌，**52**：12，1633-1637，1996
- 4) 増田一孝，市原 孝，大西英雄，他：SPECT 画像の定量化への挑戦．日放技学誌，**53**：11，1733-1758，1997
- 5) 大西英雄，木田哲生，篠原広行，他：SPECT の再構成法に関する研究班報告．日放技学誌，**59**：10，1229-1247，2003
- 6) 丸繁勘，柳沢正道：ホットスポットファントムを用いた OSEM 再構成画像の基礎的検討—iteration 回数および subset 数の評価—．日放技学誌，**57**：10，1233-1239，2001
- 7) 柳沢正道，丸繁 勘，酒井良介，他：逐次近似再構成ソフトウェアの装置間誤差の検討．日本放射線技術学会核医学分科会雑誌，**48**：39-40，2004
- 8) 新美孝永，今井國治，亀谷健一，他：クラスタ解析を用いた観察者集団の分類とその判定基準．日放技学誌，**59**：10，1268-1276，2003