

“真の SPECT 像”とはどんなもの？

座長 岩手医科大学附属病院 中央放射線部

○小田島 智 (Odashima Stoshi)

昨年は、“真のSPECT画像”とは“放射線強度分布を正確に表した画像”、つまりパーシャルボリューム効果のない画像であり、これを達成するには分解能の高い画像でなければならない、という考えの下に、データ収集後のSPECT画像作成過程が分解能へ及ぼす影響について、白河厚生病院の小室先生にご報告いただきました。FBP、OSEMという再構成処理の違い、バターワースフィルターのカットオフ値、画像の回転などのリフォーマット、などソフト的処理を行うことで分解能が低下することを示していただきました。

今年は、いろいろなピクセルサイズで収集したデータをFBP、OSEMで処理しFWHM、FWTMIに違いがあるのか、あるとすればどのように違うのか、を岩手県立胆沢病院 石田 幸治先生に実験していただきました。そして、投影枚数は多ければ多いほど良い画像になるのかなど、投影枚数の違いが画像にどのように現れるか、仙台赤十字病院 三浦 一隆先生に実験していただきました。お二人には震災で大変忙しい中、精力的に取り組んでいただきました。

分解能を左右する因子として、今回取り上げた因子の他に、コリメータの違い、回転半径の違い、回転方法(step&shoot、continuous)の違いなどがあります。これらの特性も理解しなければならないと考えます。

真の SPECT の追求とは分解能の追求

- SPECT 収集による影響 -

岩手県立胆沢病院 診療放射線科

石田 幸治 (Ishita Koji)

【緒言】

SPECT画像の画質を左右する重要な要因である収集ピクセルサイズは、大きくなるにつれ画質劣化の原因である。臨床において収集カウントと統計ノイズの関係から、どうしても大きいピクセルサイズを使用せざるを得ない状況は多々あり、その結果、空間分解能の劣化を招き、画質が劣化してしまう状況に直面する。

近年、OSEM法の登場によりピクセルサイズが大きくなっても、さほど画質の劣化は感じられなくなった。今回、従来からのSPECT再構成法であるFBP法とOSEM法(コリメータ開口径補正なし)を用いて空間分解能についてどのような違いが見られるか検討を行なった。

【検討項目】

1. ピクセルサイズの変化に伴うFWTMI、FWHMの検討

ピクセルサイズが大きくなると、空間分解能の劣化を招き、それに伴い画質も劣化する。しかし、OSEM法を用いる事で従来ほど画質の劣化は見られなくなった。そこでピクセルサイズを大きくしていき、FBP法OSEM法でどの程度空間分解能に違いがあるのか検討を行った。

【収集・再構成条件】

- ・ ピクセルサイズ1.5mm～9.6mm
- ・ JIS SPCT PHANTOM 分解能評価ファントム
- ・ 使用コリメータ LEHR(^{99m}Tc FWHM 7.4mm at 10cm)
- ・ 使用核種 ^{99m}Tc
- ・ マトリクスサイズ 128×128 64×64
- ・ 収集拡大率 1～3.2倍
- ・ 収集時間 30秒/view
- ・ view数 72
- ・ 被写体—検出器間距離 15cm(分解能ファントム)
- ・ 回転軌道 円形軌道
- ・ 収集モード STEP&SHOOT
- ・ 減弱 散乱線補正 なし
- ・ 再構成法 OSEM法 (開口径補正なし) Subset 12 Iteration 6
FBP法
- ・ 前処理フィルター なし

【結果1】

ピクセルサイズを変化させた時のFWHM / FWTMの変化

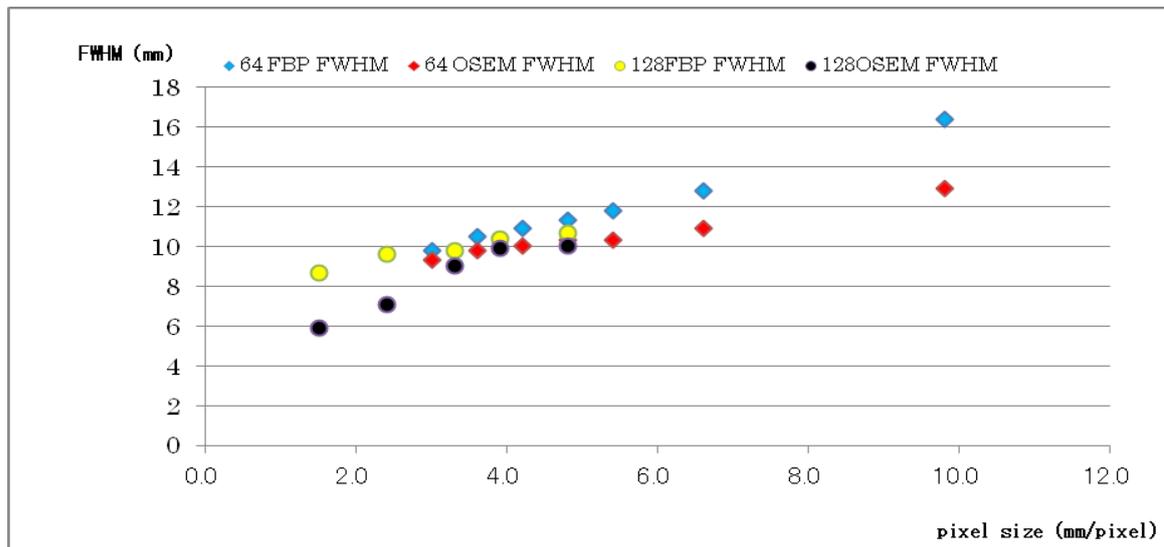


Fig.1 FWHMの変化

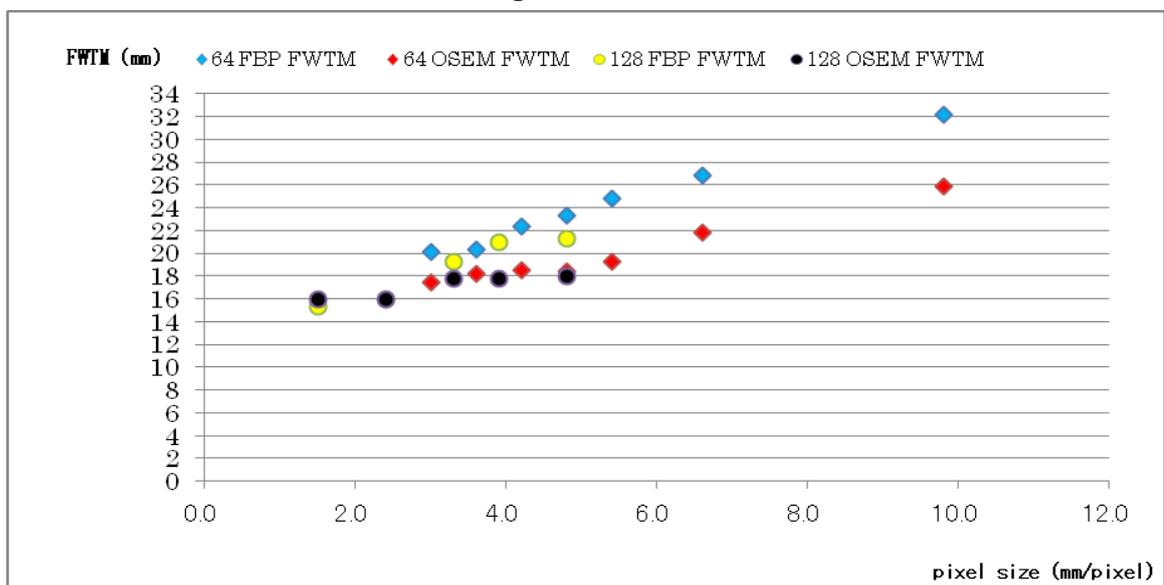


Fig.2 FWTMの変化

真の SPECT 像とは？収集条件による分解能への影響

- Sampling Step Angle について -

仙台赤十字病院 医療技術部 放射線技術課

三浦 一隆 (Miura Kazutaka)

【目的】

SPECT画像の分解能に影響を与える要因として、収集条件、再構成条件、出力条件に大きく分かれるが、収集条件においては、収集時間、ピクセルサイズ、収集モード、軌道、サンプリング角度が挙げられる。ここではファントムを用いてサンプリング角度(View数、投影枚数)をかえて収集したときの画質の変化を確認する。

【方法】

SPECT性能評価ファントムおよび脳ファントムを用いてサンプリング角度を変えて収集し、再構成法(FBP法とOSEM法)を変えて視覚評価および物理評価を行う。いずれも総カウントを同じにするため1Stepあたりの収集時間を調整する。

物理評価項目①ラインソースファントム(FWHM):SPECT性能評価ファントムラインソース部に99mTc水溶液(111MBq/ml)、散乱体(水)を封入する。Horizontal方向のFWHMを求める。再構成法(FBP、2DOSEM、3DOSEM)で比較する。②コールドファントム(Counts):直径20cmのファントムBIODEX043-750に99mTc水溶液(55kBq/ml)を封入する。画像のトータルカウントを測定し比較する。③ホットファントム(Profile Curve):直径20cmのSPECT性能評価ファントムに99mTc水溶液(188kBq/ml)を封入する。15mm径の三点のProfile Curveを求める。④歪確認用ファントム(NMSE):99mTc水溶液(188kBq/ml)を封入する。Step&ShootとContinuous 収集Modeの違いをNMSE法で比較する。⑤脳ファントム(Contrast):IB-20ファントムに白質、灰白質を3:1になるよう99mTc水溶液を調整し封入する。(831:273KBq) 視床部にROI1、灰白質にROI2をとり、コントラスト(ROI1/ROI2)を求め比較する。

【使用機器等】

収集装置 : SymbiaT2 (Siemens)

解析装置 : MI Workplace . Turbo V (Siemens)

測定ソフト : Prominence Processor Ver.3.0 (日本メジフィジックス)

ファントム : SPECT性能評価用、IB20(京都科学)、BIODEX043-750(バイオテックス)

【収集条件】

Collimator : LEHR(低エネルギー高分解能型)、180度対向360度Circle収集、Step&ShootおよびContinuous Mode、Window:140keV 15%photopeak、Sampling Step Angle:12°、6°、4°、3°、2°、1°

【再構成条件】

FBP: Butter Worth Filter、なし(Line Source)、Cut Off-Order:0.5-5(Cold)、0.7-8(Hot、歪、IB20)

2D-OSEM・3D-OSEM:Subset5、Iteration8、Gaussian Filterなし

いずれも減弱補正はChang法: μ 値0.11 (cm⁻¹)、散乱補正なし、OSEMは開口径補正あり

【サンプリング定理】

$$S \geq \pi D/2a$$

S:SPECT画像の角度サンプリング数(投影データ数)、 πD :回転軌道の円弧の長さ、a:ピクセルサイズ

S>:現在のピクセルサイズにおいてこれ以上微細な角度サンプリングの効果が認めにくい。

S<:サンプリング数不足となりやすく放射状アーチファクトが目立っている場合がある。

【結果・考察】

- Fig.1にLine Sourceファントム像、Fig.2に測定したFWHMを示す。すべての再構成でStep Angle12°、FBPで2°以下でFWHMが大きくなった。
- Fig.3にColdファントム像、Fig.4にカウント変化を示す。FBP、3DOSEMともにStep Angle12°および1°ファントム像において中心部にアーチファクトが見られた。ともにStep Angle3°で最適な画像が得られた。

カウントはFBP Step Angle12°で高くなった。画像中心部へのアーチファクトの混入によるものと思われる。

- Fig.5にHotファントム像、Fig.6、Fig.7にProfile Curveを示す。FBP Step Angle12°でアーチファクトがひどく、3DOSEMではFBPほど画像劣化がなかった。ともにStep Angle3°~4°で最適な画像が得られた。FBP Profile CurveではStep Angle12°で中心部Hotrodピークが外側へ移行していた。これは画像中心部の劣化を示している。3DOSEMでは中心部に近いほどカウント低下がみられた。
- Fig.8に歪確認用ファントム画像、Fig.9、Fig.10 にNMSE値を示す。Step&ShootとContinuous Mode ともにFBP Step Angle12°でアーチファクトがひどく、3DOSEMではFBPほど画像劣化がなかった。ContinuousではともにStep Angle1°が最適画像であった。Step Angleが大きいほどNMSE値は大きくなった。ただし3DOSEMにおけるStep & ShootではStep Angle2°で高くなっている。この結果については今後の再検討課題としたい。
- Fig.11 に脳ファントム画像、Fig.12にContrastを求めたグラフを示す。FBP Step Angle12°でアーチファクトがひどく、3DOSEMではFBPほど画像劣化がなかった。ともにStep Angle3°~4°で最適な画像が得られた。FBPではStep Angleが大きいほどContrastが大きかった。画像中心部へのアーチファクトの混入により中心部のカウントが大きくなったためと思われる。

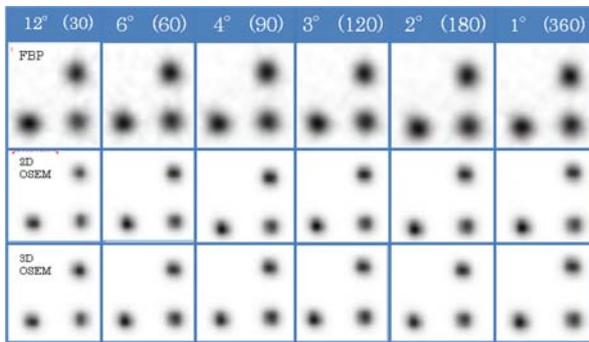


Fig.1 Line Source ファントム像

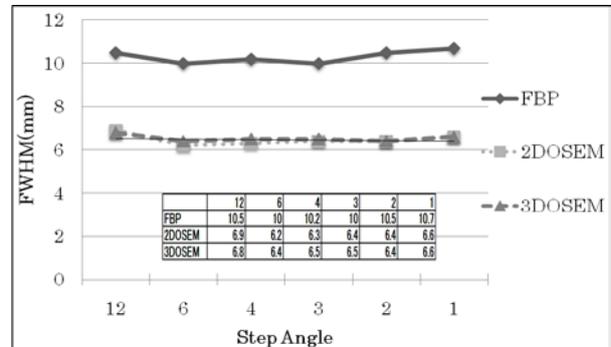


Fig.2 FWHM

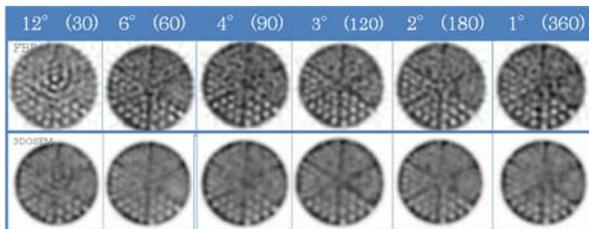


Fig.3 Cold ファントム像

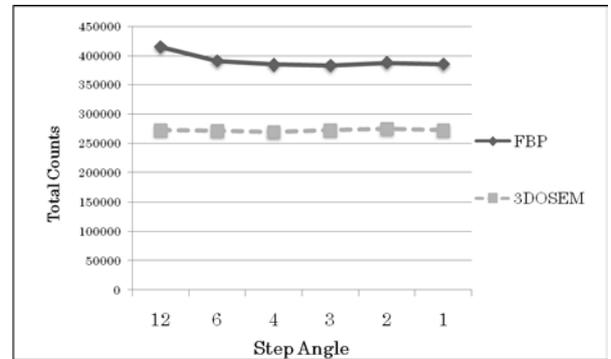


Fig.4 Cold ファントムカウント

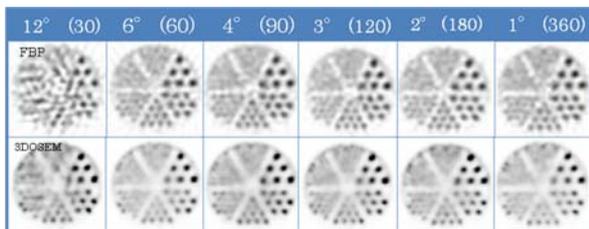


Fig.5 Hot ファントム像

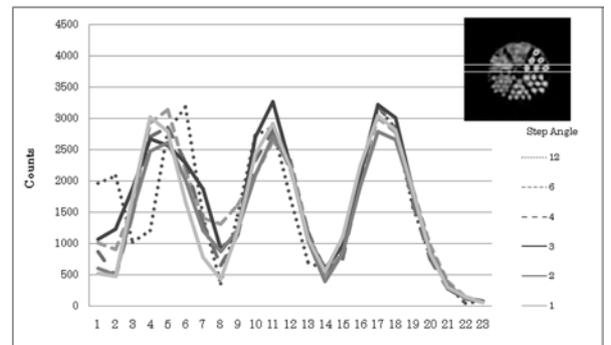


Fig.6 Profile Curve (FBP)

【まとめ】

サンプリング角度が大きいほど画像に対する影響が大きい、角度が小さすぎても良い結果が得られなかった。FBP再構成法でストリークアーチファクトの発生はサンプリング数の減少が原因であり、アーチファクトが被写体画像への混入(特に中心部)することにより視覚評価に影響した。また同様にSPECT値(カウント)が増加することにより物理評価への影響もみられた。

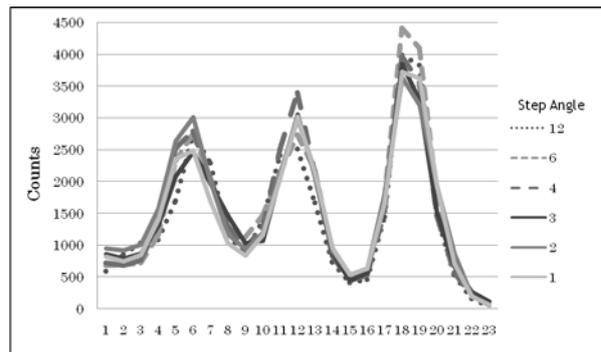


Fig.7 Profile Curve(3DOSEM)

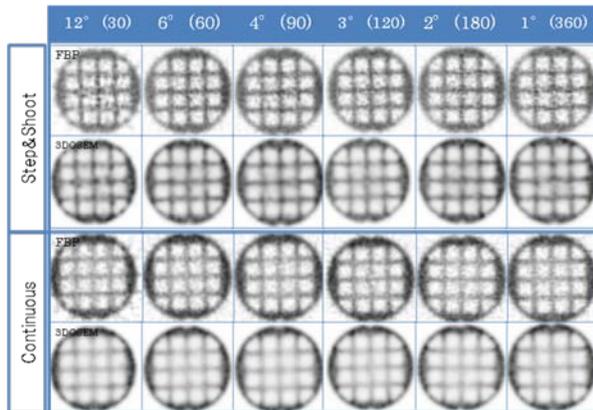


Fig.8 歪測定用ファントム像

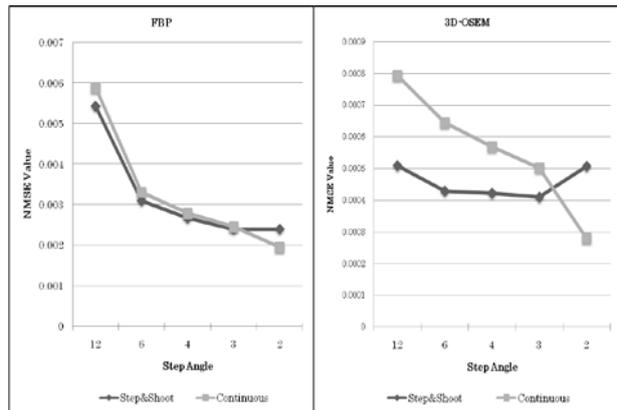


Fig.9 NMSE (FBP)

Fig.10 NMSE (OSEM)

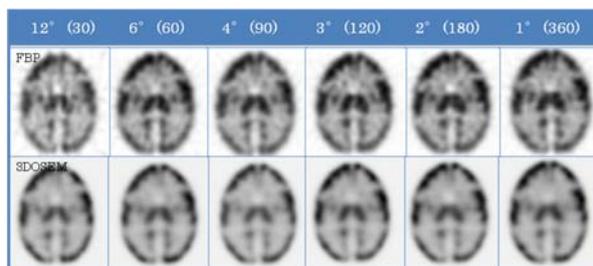


Fig.11 脳ファントム像

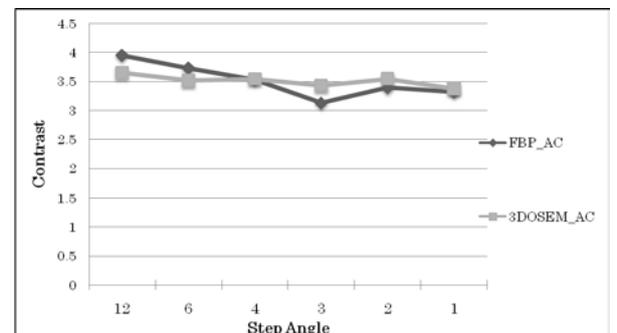


Fig.12 脳ファントムコントラスト

【さいごに】

物理的要因(減弱、散乱、カウント数)、幾何学的要因(コリメータ開口によるボケ)および測定対象物の形状(Hot,Cold,etc.)により 真のSPECT像からかけ離れることになる。そして収集条件の評価は再構成条件に大きく影響を受ける。目的に合わせたデータ収集、再構成条件の決定、評価方法が必要と感じた。

また今回評価したサンプリングステップ数は、実際の検査において減多に変える事のないパラメータである。その投影データ数は、SPECT画像において画質に影響する重要な因子のひとつであり、その決定理論に理解を深めて、収集条件の変更の際に役に立てていただければと思う。

【参考文献・図書】

- 1) SPECT画像技術の基礎 放射線医療技術学叢書(19) 社団法人日本放射線技術学会
- 2) SPECT画像における収集ステップ角度による影響について—FBP法とOSEM法の比較— 日本放射線技術学会誌,1009-1017,2004
- 3) SPECTの投影枚数が再構成画像に及ぼす影響—シミュレーションデータを用いたFBP法とML-EM法の比較— 日本放射線技術学会誌,1587-1597,2010