

3 最尤推定法を用いたガンマ・カメラ位置計算と,その逐次近似

放医研

○富谷武浩

ガンマ・カメラの位置計算は六方格子状に配置された各光電子増倍管 (PMT) の出力信号の差違を利用して行なわれる。PMTに生ずる光電子数を総数で規格化すると,各PMT信号の統計的分布は多項分布に従う。i番目のPMTの規格化された光電子数を N_i ,光電子総数に対する割合の平均値を P_i とすると,発光点 (x,y) の最尤推定 (X,Y) は以下の方程式の解で与えられる。

$$\sum_i N_i(x,y) \frac{\partial \log P_i(X,Y)}{\partial X} = 0 \quad 1$$

$$\sum_i N_i(x,y) \frac{\partial \log P_i(X,Y)}{\partial Y} = 0 \quad 2$$

この方程式は光電子数 N_i に関して線形であり, $\log P_i$ の偏微分は重み関数とみなせる。最尤推定値は偏りの無い事が示せ,直線性は保証される。

最尤推定位置の分散はFisherの情報行列 I を用いて表わせる。

$$\text{VAR } X = I_{yy} / \det(I), \text{VAR } Y = I_{xx} / \det(I) \quad 3$$

但し, $I_{xx} = N \sum_i P_i (\partial \log P_i / \partial X)^2$, $I_{yy} = N \sum_i P_i (\partial \log P_i / \partial Y)^2$, $I_{xy} = N \sum_i P_i (\partial \log P_i / \partial X) (\partial \log P_i / \partial Y)$ である。

1,2の方程式は直接には解けないが,逐次近似法により,近似解から出発し,最尤推定値に漸近させる方法により解ける。 $n-1$ 次近似解 \hat{X}_{n-1} から n 次近似解 \hat{X}_n は次式で求まる。

$$\hat{X}_n = \hat{X}_{n-1} + \frac{\sum_i \frac{P_i}{P_i} n_i}{(\sum_i \frac{P_i^2}{P_i})} \hat{X}_{n-1}, Y = \hat{Y}_{n-1} \quad 4$$

逐次近似法の収束性をモデル計算で調べたところ,0次近似解として光電子数の最大のPMT座標を用いると,1次近似で,近似解と真値との差はPMTの間隔の3%程度で,収束性はよく,1次近似で充分であった。

この方式によると,PMTから得られる位置情報を最大限利用できる。原理的にはデジタル回路技術を用いてこの方式を具現できるが,2次元的に求めるには重み関数の定数が多いので,メモリー容量に問題があるが,従来の方式のように,PMT出力を行,列にまとめて独立に位置計算する方式には定数が少ないので適用できる。この方式の特長は重み関数として理論的な最適値に設定でき,しかも安定な動作を期待できる点にある。

4 Gamma Camera Imaging に於ける最適 Collimator の選択

熊本大学 放射線科

○松本政典,金子輝夫,片山健志

RIシンチグラフィに於て,臨床的に得られる画像には,装置の性能が十分発揮されているとは必ずしもいえない。なぜなら,装置の物理的諸特性のテストは理想的な条件下で行なわれるが,実際の臨床検査に於ては,その様な理想的な条件下でイメージングを行なうことは困難な場合が多く,イメージング方法によって画質に差が生じる。

ガンマカメラの解像力には色々な因子が関係しているが,コリメータの特性すなわちコリメータの空間分解能および感度もその重要な因子であり,この両者は互に反比例の関係にある。最近のガンマカメラには, ^{99m}Tc 用コリメータとして高感度,低分解能型から低感度,高分解能型まで各種コリメータが製作されており,臨床検査に於てはこれらの中から,その検査に最適なコリメータを選択する必要がある。

ガンマカメラのイメージは,装置の総合空間分解能に像を形成する点の統計的変動が加わり,画質が低下し,その程度は計数密度 (counts/cm²) の高低によって左右される。そこで,コリメータを装着した場合の装置の line spread function をガウス分布で近似し,これに統計的変動が加わった場合の解像力と計数密度の関係について求めた。高計数密度では解像力は装置のFWHMに近い値となるが,低計数密度では大きくはずれてくる。また同一計数密度で比較すると高分解能型コリメータを装着した方が解像力は優れている。

しかし,高分解能型になるほど計数効率も低下するので,高感度型コリメータに比し高分解能型コリメータの場合は同一計数密度を達成するために長時間又は高放射能を必要とする。したがって,感度も含めた各コリメータの特性を比較するために,コリメータの計数効率を用いて計数密度を「(放射能平面密度) × (撮像時間)」(mCi·min·cm⁻²)に変換し,これと「解像力」の関係を求めた。

高いmCi·min·cm⁻²では高分解能型コリメータが最も解像力は優れており,中程度のmCi·min·cm⁻²では中分解能,中感度型コリメータが最も優れており,低いmCi·min·cm⁻²では低分解能,高感度型コリメータが最も優れていた。