

-3- シンチレーションカメラにおける解像力の 実用的限界

日立メディコ

○石松健二、長沢康夫、田淵秀穂、
田中正敏

シンチレーションカメラの解像力と感度との関係を計算によって検討した。ここでは、シンチグラムの解像力には、装置自体の各種パラメータ以外にRI投与量と作像時間が関与することを述べる。RI投与量、作像時間には実用的な上限が考えられるので、解像力にも限界のあることが予想できる。

考慮する装置は平行孔コリメータを備えたものに限ることとする。コリメータの解像力 R_g と幾可学的効率との関係は Anger¹⁾の式から求めることができる。この式では両者の関係が一義的にきまらないので、与えられた解像力に対して得られる最大の効率を取ることとする。つまり、常に最適コリメータを考える。カメラの固有解像力 R_c と上記コリメータの解像力 R_g によって合成される全解像力 R_t は、次のように与えられる。

$$R_t = \sqrt{R_c^2 + R_g^2} \quad (1)$$

文献²⁾によれば、一様な明るさのバックグラウンド中の暗い小欠陥に対する検出限界は下式で示される。

$$\sqrt{B_{gk}} / \rho = 1 \quad (2)$$

B_{gk} はバックグラウンドの1画素当り計数値であり、 ρ は欠陥の最大深さである。いま、線ファントムの像を考え、(2)式が適用できるとする。 B_{gk} には線ファントム像のもっとも明るい所の画素当り計数値、 ρ には最明最暗両部分の画素当り計数値の差をとればよい。

$$B_{gk} = 2n_{av} S_B (0.5 + \Delta) \quad (3)$$

$$\rho = 2n_{av} S_B (2\Delta) \quad (4)$$

n_{av} はシンチレータ単位面積当り平均計数値、 S_B は画素の面積、 2Δ は ρ に相当する量で最大値を1に規格化したものである。 S_B については下式を仮定する。

$$S_B = k(2x)^N \quad (5)$$

k 、 N は実験的に求めるべき定数、 $2x$ は線ファントムの線条の幅である。式(2)～(5)から下式が得られる。

$$n_{av} = \frac{1}{2k} \cdot \frac{(0.5 + \Delta)}{(2\Delta)^2} \cdot \frac{1}{(2x)^N} \quad (6)$$

上式を満足する n_{av} は、線条幅 $2x$ のファントムを分解可能な限界計数密度を示す。 Δ は装置の全解像力 R_t と $2x$ とによって与えられる。RI投与量と作像時間は n_{av} と直接関連し、したがって画像の解像限界に影響する。

計算結果はスライドによって報告する。

1) G. J. Hine (edited), Instrumentation in Nuclear Medicine, vol. I, Academic Press (N.Y.) (1967)

2) 飯沼武、福久健二郎、日本医学放射線学会雑誌、31、1270 (1972)

-4- シンチレーションカメラの感度

日立メディコ

○田淵秀穂、石松健二、長沢康夫、
田中正敏

シンチレーションカメラの感度に寄与するパラメータには、検出器の効率、コリメータの効率、波高分析器のウィンドウ幅と検出器のエネルギー分解能を考慮することができる。この内、コリメータの効率ももっとも強く寄与するので、感度を考えるときには解像力を無視して議論することはできない。このような観点から、カメラの固有解像力も感度に影響すると言いうことができる。ここでは、上記の各パラメータの影響について報告する。

検出器の効率は、通常波高値弁別をやるのでホトビーク検出効率を取るのが妥当である。カメラでは多数回過程を無視できる程度にシンチレータを薄くしてあるので、容易に計算することができる。厚さ9mmと127mmのシンチレータを比較すると、ガンマ線エネルギー150 keVに対して前者の効率は後者より9.1%、500 keVに対して25%低い。

波高分析器のウィンドウ幅がホトビークを十分カバーできないときには、効率が低下する。ホトビークを正規分布で近似すれば容易に計算でき、また実験的に確認するのも簡単である。ウィンドウ幅をエネルギー分解能(半値幅)の1倍にすると、ホトビーク効率は24%、1.5倍では8%、2倍では2%低下する。

コリメータの効率は、前記のように解像力抜きに議論することはできない。両者の関係は、たとえば Anger の式¹⁾から求められる。一般論としては、任意の解像力に対して最大の効率を与えるコリメータを最適コリメータとし、それについて考えるのが妥当であろう。カメラ全体としての解像力は、コリメータの解像力とカメラの固有解像力の関数であり、全解像力を上げようとするほど、カメラの固有解像力の寄与が大きくなる。このような場合には、全解像力を一定に保つのに、固有解像力のよいカメラほど解像力の悪いコリメータを使うことができる。したがってコリメータの効率が良くなり、全体としての感度が良くなる。

いま、ウィンドウ幅をホトビークを100%カバーできるように(エネルギー分解能の約3倍)設定して、シンチレータ厚さ9mm、固有解像力4mm(半値幅)のカメラと127mm、6mmのカメラとを比較すると次のようになる。150 keVのガンマ線に対して、全解像力7mm(半値幅)にセットすると、前者の感度は後者の2.3倍、全解像力12mmのときには1.1倍になる。

1) G. J. Hine (edited), Instrumentation in Nuclear Medicine, vol. I, Academic Press (N.Y.) (1967)