

平成30年 国家試験 正解 2, 3, 4

SPECT の性能評価で正しいのはどれか。3つ選べ。

1. 総合均一性は面線源を用いて評価する。
2. 総合空間分解能は FWHM で評価する。
3. 総合空間分解能は線線源を用いて評価する。
4. 回転中心のずれはサイノグラムを用いて評価する。
5. 総合空間分解能は OS-EM 法で再構成して評価する。

SPECTの総合均一性は、 ^{99m}Tc を入れた円柱ファントムを撮像して断層像(SPECT像)をフィルタ逆投影法(FBP)で作成して評価する。面線源は薄くて(厚さは1~2cm程度)断層像を撮りにくい。

1

【問題 4-42】(平成 13)

ガンマカメラのシンチレータで正しいのはどれか。

1. NaI (TI) が最も汎用される。
2. 厚みが増すと分解能は高くなる。
3. PET 専用機のシンチレータと同じ材質のものが多い。
4. 温度変化に強い。
5. コリメータを打ち当てた程度の外力では破損しない。

2

【注解】 1. 正しい。

2. 厚みが増すと感度は高くなるが、分解能は低下する。

3. PETの検出器には現在 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO) シンチレータが用いられている。

4. 温度変化に弱い夏冬など空調は一定に保つ必要がある。

5. NaI (TI) は無色立方晶系結晶であるため潮解性があり、特に外部からの衝撃に弱く破損しやすい。

1

3

表 3・6 おもな PET 検出器用シンチレータ

シンチレータ	NaI (NaI: TI)	BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$)	LSO ($\text{Lu}_2\text{SiO}_5: \text{Ce}$)	GSO ($\text{Gd}_2\text{SiO}_5: \text{Ce}$)	BaF ₂
実効原子番号	51	74	66	59	54
密度 (g/cm ³)	3.7	7.1	7.4	6.7	4.9
減弱係数 (cm ⁻¹)	0.34	0.92	0.87	0.66	0.48
発光量 (相対値)	100	10	75	18	8
光の減衰時間 (nsec)	230	300	40	30~60	0.8
エネルギー分解能 (%)	8	18	12	8	—

(注) 減弱係数は 511keV の消滅放射線に対する値。

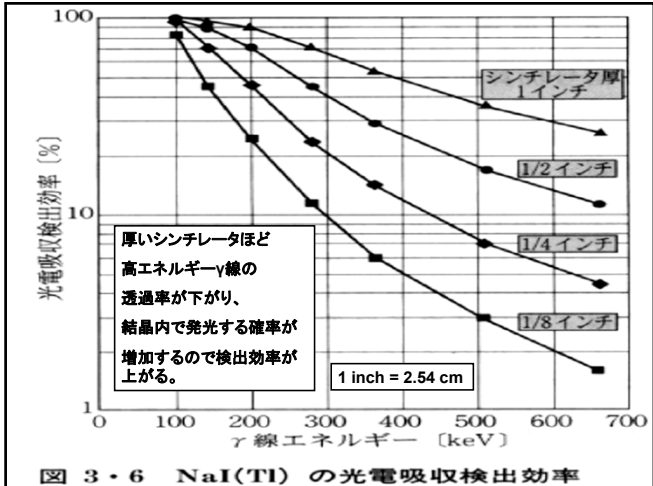
密度の高い(重い)結晶ほど、高エネルギーγ線と相互作用を起こしやすい(線減弱係数が大きく、光りやすい。感度が高い)。光の減衰時間が短い結晶ほど数え落しが少ない(計数率直線性がよい)。数年前のPETには、BGOが使用されていたが、最近のPETには、LSO、GSOが使用されている。

4

3・1・4 シンチレータ、ライトガイド

シンチレータとしては NaI (TI) が使われ、入射したγ線の相互作用によりそのエネルギーを吸収し、吸収エネルギーに比例した蛍光を発する。核医学に利用されているエネルギー領域のγ線との相互作用は光電効果が主となる。図 3・6 にシンチレータ面に垂直に入射したγ線の光電吸収検出効率^⑤(光電ピーク効率)とγ線エネルギーおよびシンチレータの厚さとの関係を示す。シンチカメラに使われている 1/2 インチ (1.27 cm) 程度の厚さのシンチレータの場合、 ^{99m}Tc のγ線 (140 keV) に対する光電吸収検出効率は約 90% であり、100 keV 以下ではほぼ 100%、200 keV では約 70% となる。

5



6

シンチカメラに使用されているシンチレータのサイズなどを表3・4に示す。最近では、角形シンチレータの大視野システムが主流となっている。NaI(Tl)シンチレータは潮解性[®]があるので、アルミニウムの容器と光電子増倍管側にはガラスの窓をつけて密封されている。また、NaI(Tl)シンチレータは温度変化や力学的衝撃に弱く、取扱いには注意を要する。温度変化については3°C/h以下に抑えるよう室温管理が必要である。

表 3・4 シンチカメラに使用されているシンチレータと光電子増倍管

有効視野 (cm)	シンチレータ		光電子増倍管数	
	サイズ (cm)	厚さ (mm)	3インチ	2インチ
直径 25	直径 32	12.7, 9.5	19本	37本
直径 35~40	直径 40~50	12.7, 9.5	37本	61本
長方形 55×40	角形 60×47	9.5	51~91本	

7

令和4年 国家試験 解答 4

ガンマカメラのシンチレータについて正しいのはどれか。

1. CsI(Tl)が主流である。
2. 厚さは7.5 cm 程度である。
3. 厚さが薄いほど感度が高い。
4. 黄変すると感度均一性が低下する。
5. 光電吸収検出効率は入射光子のエネルギーに依存しない。

ガンマカメラの主な素材は、NaI に TI を少し混ぜたものである(比重を重くするために TI を混ぜている)

標準的なNaI(Tl) シンチレータの厚さは 3/8 inch (0.95cm)

NaI は透明だが、経年劣化(膨潤性がある=空気中の水分を吸収して透明度が下がる、黄色くなる)がある。

8

2005年 国家試験

55 ガンマカメラの性能試験で誤っているのはどれか。

1. 固有分解能は総合分解能より良い。
2. 画像直線性には鉛スリットファントムを使用する。
3. 総合均一性には面線源を使用する。
4. エネルギー分解能は半価層から求める。
5. 計数率特性は線源減衰法で求める。

解答 4

9

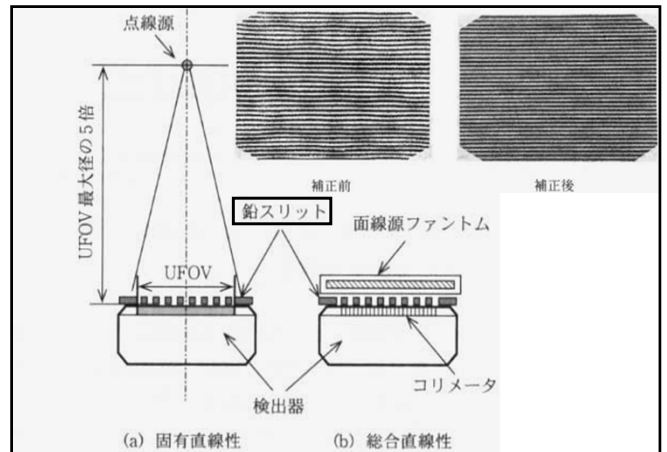


図 5・7 直線性測定 画像の直線性評価には鉛スリットを使用

10

2) 半価層および均等度

図 10-22 のように $(I_1/I_0)=1/2$ のフィルタ厚を第 1 半価層 (h_1)、さらに $(I_2/I_1)=1/2$ のフィルタ厚を第 2 半価層 (h_2) とよび、2 mmCu HVL などと表す。半価層が

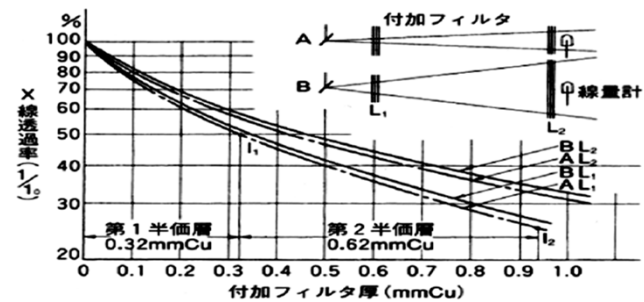


図 10-21 X線減弱曲線 (照射野とフィルタ位置との違い)

11

【問題 4-43】(平成 10)

誤っている組合せはどれか。

1. オートフルオロス _____ ライトガイド
コープ
2. アンガー形シンチカ _____ モザイク形
メラ _____ クリスタル
3. 液体シンチレーショ _____ 光電子増倍管
ンカウンタ
4. ガスフローカウンタ _____ 電離気体
5. ヒューマンカウンタ _____ 有機シンチ
レータ

12

〔注解〕 2. アンダー形シンチカメラの検出器は NaI (TI) クリスタルが用いられ、大きさは 30 cmφ から 50.8 cmφ の大視野型や 55 cm×43 cm 角形が一般的で、**1枚のクリスタル**からなり、モザイク型クリスタルは使用されていない。

2

13

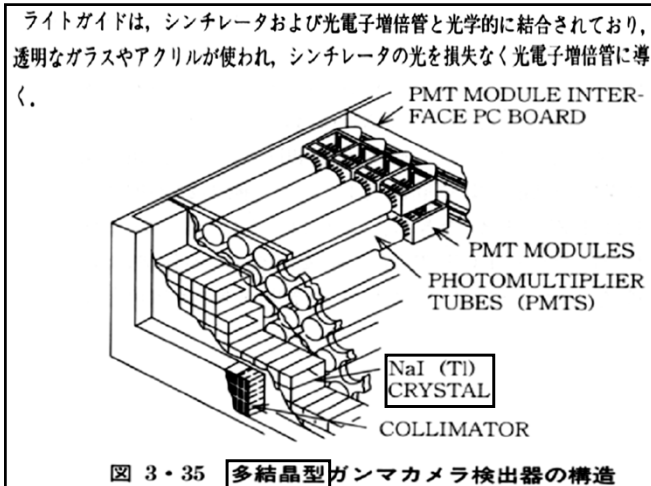
3・7・1 オートフロスコープ

オートフロスコープは、1962年、ベンダー (M. A. Bender) によって考案されたイメージング装置である。小さな NaI (TI) 検出器をマトリックス状に配列した**多結晶型ガンマカメラ**で、**ベンダー型カメラ**とも呼ばれる。この装置の特徴は分解時間が短く**高速の動態画像収集と高い計数率の点で優れ**、第1回循環法による**心機能検査**を目的とした装置である。

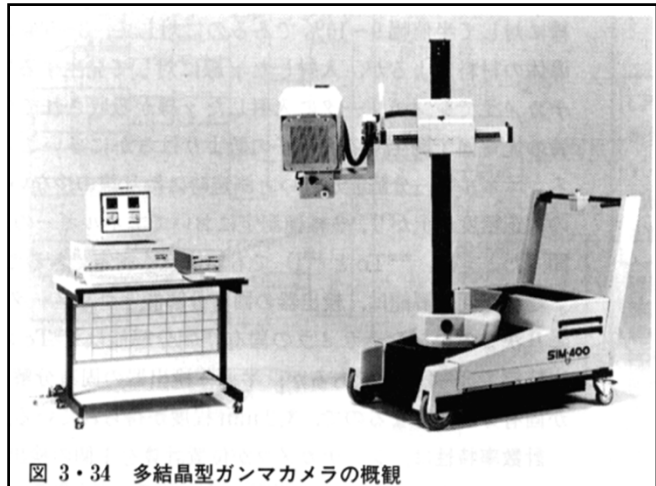
i) 装置の構成

装置の外観写真の一例を図3・34に示す。この装置は、コリメータ、シンチレータ、光電子増倍管および検出器シールドなどからなる検出部、およびデータ処理装置などから構成されている。シンチレータは、一体の**NaI (TI) 結晶ブロック**に部分的に切り込みがされて、1個が10×10 mm、高さ25 mmで20×20の400個の検出素子に分割されている (図3・35)。光電子増倍管は115本使用され、1本の光電子増倍管が4個の検出素子をカバーしている。

14



15



16

3・1・5 光電子増倍管

シンチカメラには多数の光電子増倍管が使用されている。多くの種類の光電子増倍管の中から NaI (TI) シンチレータの発光波長に対して最も量子効率の高い (25% 以上) **バイアルカリ光電面** (Sb-Rb-Cs, Sb-K-Cs) をもつものが使用されている。光電子増倍管は、光電面の直径または対辺径が2~3インチの円形、六角形または正方形の形状のものが使われ、配列は、円形と六角形のは図3・1に示すように六角状に、正方形のものは方形に隙間なく並べられている。使用されている光電子増倍管の数を表3・4に示した。

光電子増倍管の出力パルス波高値は、光電子増倍管に入射した光の強さに比例しており、シンチレータに入射したγ線の入射位置に最も近い光電子増倍管の出力が最も大きく、その位置から離れるほど光電子増倍管の出力は小さくなる。この出力差から後段の位置演算回路でγ線の入射位置を計算する。また、**光電子増倍管の出力をすべて加算した出力が、入射γ線のエネルギーに相当する。**

17

2. 液体シンチレーションカウンタ

低エネルギーのβ線測定 (³H, ¹⁴C, ³⁵S など) に用いる。トルエン、キシレンなどの溶媒に蛍光物質 (PPO など)、閃光を光電子増倍管に適した波長にずらすための**波長移動物質 (POPOP など)**を溶かし、**β線放射体を含んだ試料を混ぜて透明容器に入れて暗箱内で測定**する。高感度の光電子増倍管を対向で用い、雑音消去のための**同時計数回路**をもつ。試料は血液・尿・糞便・組織など、応用範囲は広いが、クエンチング補正、シンチレータ作製などの必要があり、ウェルカウンタによるγ線測定に比べて煩雑なのが欠点である (☞ p. 338)。

18

3. ガスフローカウンタ

密封容器中の電極間に電離気体（PR ガス、Q ガスなど）を流しながら計測を行う **β線測定装置** である。計数管が1個の2πカウンタと、2個の4πカウンタがあるGM計数管と違って出力パルス高は1次電離数に比例するため、**入射放射線のエネルギー分析**ができる。

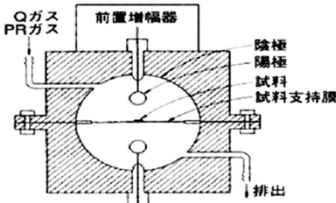


図 10-12 4π形ガスフロー計数管の構造

19

泊原発防災訓練における全身スクリーニング RIを吸入したかどうかを確認する作業。

ヒューマンカウンタ

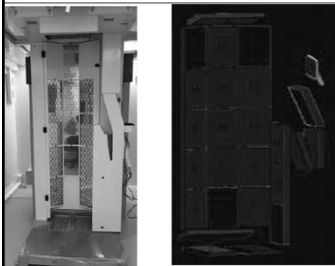
(Whole Body Counter)
(ホールボディ・カウンタ)

体内に取り込まれた放射性物質を定性・定量分析する機器



20

体表面モニタ (外部被ばく検査)

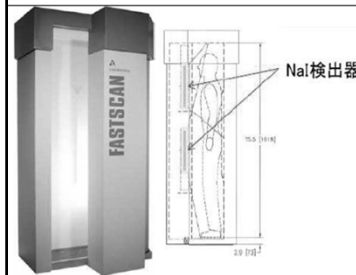


- ・ZnS シンチレータ (α) / 薄型プラスチックシンチレータ検出器 (β) (18個、579cm²個)
- ・正面、背面の2ステップで測定
- ・1ステップ10秒以下測定
- ・サイズ 91.5×225.7×99.1cm
- ・重量 約360kg
- ・ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ (株)

- ・体表面モニタは、衣服、体などに付着した放射性物質から放出される放射線を、検出器により検出する測定装置です。
- ・搭載された18個の検出器により体の前面、背面、側面、頭部、腕部、足裏部を測定し体表面の汚染の有無を確認出来ます。
- ・体表面測定装置は身長150cmから205cmを対象に自動測定が可能となっています。
- ※対象としている身長以外にも対応できるよう手動検出器を設置しています。

21

ホールボディカウンタ (内部被ばく検査)



- ・温度補償付き NaI 検出器 2個 (7.6×12.7×40.6cm/個)
- ・標準測定時間 2分
- ・10cm厚鉄板によるシャドーシールド
- ・床面積 1.24×0.9m、高さ 2.11m
- ・重量 約5t
- ・ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ (株)

- ・ホールボディカウンタは、体の内部に取り込まれた放射性物質から放出される放射線を、検出器により検出する測定装置です。
- ・測定の対象となる放射性核種はγ線を放出する数多くの放射性核種であり、代表的なものにカリウム40、コバルト60、ヨウ素131、セシウム134、セシウム137などがあります。
- ・体内に存在する微量の放射能の定性分析、定量分析が可能です。

22

令和4年 国家試験

解答 2

放射能測定装置と検出器の組合せで正しいのはどれか。

1. ガンマプローブ ————— Ar ガス
2. ホールボディカウンタ —プラスチックシンチレータ
3. ウェル型電離箱測定装置 ————— NaI(Tl)
4. 液体シンチレーションカウンタ ——— 半導体素子
5. ウェル型シンチレーションカウンタ — 輝尽性蛍光体

23

【問題 4-45】(平成9)

総合分解能試験で半値幅 4 mm のとき、正しい収集マトリックスサイズはどれか。

1. 1 mm×1 mm
2. 2 mm×2 mm
3. 3 mm×3 mm
4. 4 mm×4 mm
5. 5 mm×5 mm

〔注解〕 収集マトリックスサイズは半値幅の1/2とされている。したがって半値幅 4 mm の場合 2 mm×2 mm となる。

2

マトリックスサイズ(1画素の実長)の2倍以下の波長成分は画像情報には含まれない(ナイキストのサンプリング定理)。総合分解能(コリメータを付けたときのFWHM)の半分以下の画素長で測定しないと、カメラの性能が無駄になる。

24

ナイキスト周波数

デジタル画像で、どこまで細かい波が再現できるか考えてみる。最高周波数の波は1画素が山で、すぐ隣が谷となり、またその隣が山と繰り返す場合である。これ以上細かい波であっても、1画素内での変動は表すことはできない。このデジタル画像で表される最高周波数の波は、1周期分を2画素で構成される。つまり1画素には半分(0.5個)の波が入っていることになる。つまりこの波の空間周波数は0.5cycle/pixelということになる

25

4・3・7 画像マトリックス

マトリックスの概念は、デジタル化により導入されたものであるが、ここでは画像情報の量子化の細かさを表す。図4・25にマトリックスと画素サイズの関係を示す。シンチカメラの有効視野(例:510mm)を10ビット($2^{10}=1024$)でデジタル化した例であり、510mmを1024分割して1画素はおよそ0.5mmとなる。固有分解能 ϕ 3~4mm、総合空間分解能6~11mmに対しては十分なサンプリングである。たとえば、512マトリックスで収集すれば1画素は、1mmになる。SPECTで使われる128マトリックスでは、1画素4mmとなる。総合空間分解能が6~7mmに対しては、1画素4mmのサンプリングは不十分であるが、1画素当りの計数値をある程度補償するためには、SPECTにおけるマトリックスは、128が適当と考えられる。64マトリックスでは、1画素8mmとなり総合空間分解能を生かすことができないことになるが、1画素当りの計数値をある程度確保し、統計ノイズを抑えた画像を得るためには、64マトリックスで撮らざるをえないこともある。経験的に1画素100カウント以上が望まれる。これは統計ノイズを10%以下にするという一つの目安である。

26

マトリックスの選択で注意することは、空間分解能と1画素当りのカウント数のバランスをとり、いずれかに偏った選択をしないことである。極論するとマトリックスが無限に大きい(画素サイズが無限に小さい)場合、データは0と1だけになり濃度分解能がなくなってしまう。少なくとも総合分解能を考慮したマトリックスを選び、そのとき1画素当りの計数値が十分(100カウント/画素)あるかを確認することが大切である。

画素の大きさは小さすぎてもいけない。

画素が細かすぎると逆に1画素内のカウントが減り統計雑音が増加して画像の情報量が減少する。

総合分解能(コリメータを付けたときのFWHM)の半分の画素長で、しかも1画素100カウント以上収集できるマトリックスサイズが理想的。

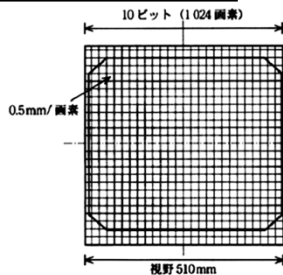


図4・25 画像マトリックス
有効視野510mmで1024×1024マトリックスで収集

27

【問題 4-46】(平成12)

視野32cmのガンマカメラで収集画素を64×64に設定したとき、画像に含まれる最高周波数(ナイキスト周波数)は何cycle/cmか。

- | | |
|-------|------|
| 1. 10 | 2. 5 |
| 3. 4 | 4. 3 |
| 5. 1 | |

【注解】 ナイキスト周波数を U_N 、標本化間隔を Δx とすると U_N は次式で表される。

$$U_N = \frac{1}{2 \Delta x}$$

5

1画素長(標本間隔)は $32 \text{ cm} / 64 = 0.5 \text{ cm}$

1/2波長が1画素長(1波長が2画素)の振動が、ナイキスト周波数。画像情報に含まれている最も細かい振動。

28

i) 標本化定理とナイキスト周波数

ある関数 $g(x)$ が f (cycles/cm)以上の周波数成分を含まないとき $g(x)$ は $1/(2f)$ (cm)のサンプリング間隔で標本化をおこなえば、この標本化のデータの集まりとして関数 $G(x)$ が完全に表現できる。これを標本化定理(sampling theorem)という。またこのとき、 f を最高周波数(Nyquist frequency, N_q)と呼ぶ。最高周波数以上の成分があると再生されたデータは折り返して再現される。この折り返し現象をエイリアシング(aliasing)という。

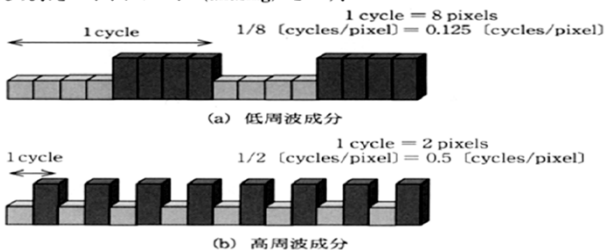


図4・2 空間周波数の考え方
低周波成分と高周波成分の違い

29

ナイキスト周波数の理解には、サンプリング定理の理解が便利。

50 Hz未満の周波数成分で構成される心電図信号をAD変換するとき、理論的に使うことができるサンプリング周波数の下限はどれか。

1. 10 Hz
2. 25 Hz
3. 50 Hz
4. 75 Hz
5. 100 Hz

【注解】 サンプリング定理によると、アナログ信号をデジタル化する場合にはアナログ信号がもつ最高周波数の2倍以上の周波数でサンプリングしなければならない。したがって、上限周波数が50Hzであれば、その2倍のサンプリング周波数、つまり100Hzがサンプリング周波数の下限となる。 5

30

A/D変換 左側の図のようなアナログ波形は、A/D変換によってデジタルデータの時系列としてコンピュータに取り込まれる。A/D変換では一定の時間間隔（サンプリング間隔）で波形を計測し、とびとびの整数値（量子化された電圧）として各時刻の電圧を取り込む（中央の図の黒丸）。

AD変換（アナログからデジタルに変換する）
データは、とびとびの値（ガタガタ、ギザギザの値）になる。（標本化）
標本化の粗さは、サンプリング間隔で決まる。

31

50Hz（ヘルツ：周波数の単位）の信号とは、
1秒間に50個の振動（1波長）がある信号。
1秒間に50回振動する波の信号は50Hz
（1波長は $1/50 = 0.02$ 秒）

32

AD変換のサンプリング定理
アナログ波形を崩さずにデジタル信号に標本化するためには
波形の半波長より短いサンプリング間隔にしなければいけない。

波長を8分割したサンプリング（信号の8倍の周波数でのサンプリング）
かなりアナログ波形の形状を保った標本化ができています。

波長を4分割したサンプリング（信号の4倍の周波数でのサンプリング）
アナログ波形の波長はわかるが、形状があまり保たれていない標本化がされている。

33

波長を2分割したサンプリング（信号の2倍の周波数でのサンプリング）
アナログ波形の波長はわかるが、形状が保たれていない標本化が行われている。

半波長をこえたサンプリングでは（信号の2倍より低い周波数でのサンプリング）
アナログ波形の波長も、形状もわからない標本化がされている。

最低でも、もとの信号の波長、周波数が判る標本化をしないと、デジタル変換の意味が無い。
AD変換のサンプリング間隔は、データ波長の半分以下の時間にする（データ周波数の2倍以上の周波数でサンプリングする）。

34

音楽CDのサンプリング周波数は44100 Hz、16bit。
人に聞こえる周波数は高音は約20000Hzまでなので、サンプリング定理によってCD音源のサンプリング周波数は、44100Hzに設定されている。

サンプリング定理によって
CDには22050Hz以上の音は入っていない。

CDの音楽をMP3ファイルに変換するプログラムを使うときサンプリング周波数を設定する必要がある。

MP3に変換する際に、サンプリング周波数を40000Hzより低く設定すると、高音域がつぶれた音で変換される。

35

平成24年 国家試験 正解 4
有効視野51 cmのガンマカメラで1.5倍拡大の撮影を行う場合、収集マトリクスを64×64とすると、ナイキスト周波数[cycles/cm]はどれか。

1. 0.42 2. 0.53 3. 0.84 4. 0.94 5. 1.88

撮像された画像の1辺の実長は $51 \text{ cm} \times 2/3 = 34 \text{ cm}$
1画素の実長（標本間隔）は $34/64 \text{ cm}$
 $1/2$ 波長が1画素長（1波長が2画素）の振動が、ナイキスト周波数。
1波長は $68/64 \text{ cm}$
ナイキスト周波数は、1波長の逆数 $64/68 \text{ (cycle/cm)}$
 $= 0.94$
画像情報に含まれている最も細かい振動。

36

【問題 4-44】 (平成 10)

半値幅について正しいのはどれか。

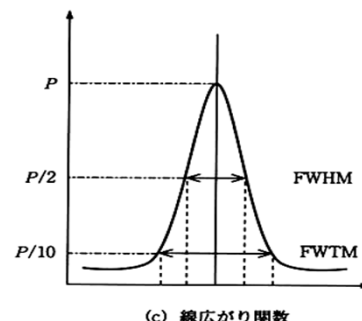
1. 半値幅は $\frac{1}{10}$ 幅より大きくなる。
2. 散乱体を付加すると小さくなる。
3. 線広がり関数は半値幅の $\frac{1}{10}$ 以下の **間隔** で求める。
= サンプル間隔
4. 総合分解能より固有分解能の方が大きい。
5. 半値幅を求めるとき線広がり関数の計数値は関係しない。

37

線広がり関数 (LSF Line Spread Function) の測定

半値幅 (FWHM) の 10分の1 以下のサンプリング間隔でデータを収集しないと、滑らかな LSF 曲線、正しいカウントピーク P が得られない。

カウントピーク P の値が不正確だと、FWHM や FWTM の値も不正確になる。



38

【問題 4-47】 (平成 13)

骨シンチグラフィにおけるプレーナ撮像の収集カウントで正しいのはどれか。

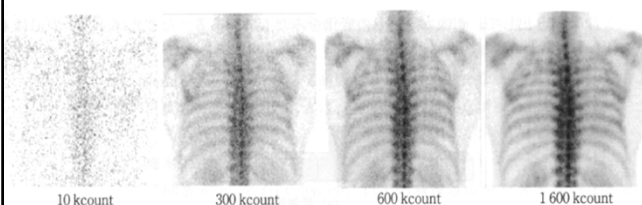
1. $1/\text{cm}^2$
2. $10/\text{cm}^2$
3. $100/\text{cm}^2$
4. $1,000/\text{cm}^2$
5. $10,000/\text{cm}^2$

【注解】 4. 骨シンチグラフィにおけるプレーナ像を撮像するには $1000/\text{cm}^2$ 程度の収集カウントで行う。

4

39

計数密度 1 cm² あたりの収集カウント数



UFOV 32x32cm (約1000 cm²) の骨シンチグラフィ。計数密度 (counts/cm²) は左図から 10, 300, 600, 1600。

1000 counts / cm² 以下のシンチグラフィは、量子ノイズが目立つ。

40

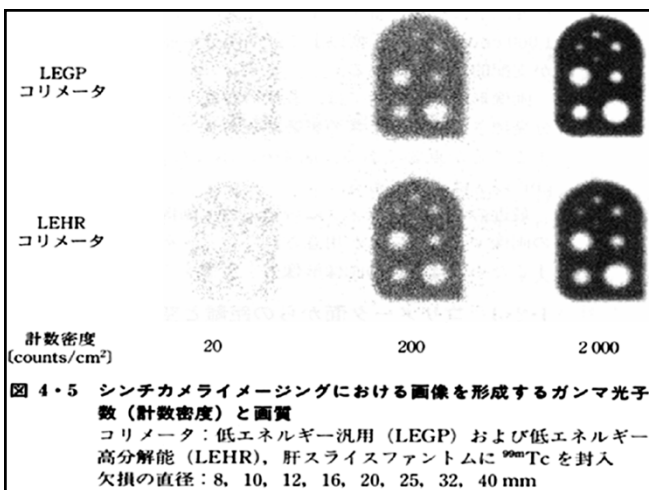


図 4-5 シンチカメライメージングにおける画像を形成するガンマ光子数 (計数密度) と画質
コリメータ: 低エネルギー汎用 (LEGP) および低エネルギー高分解能 (LEHR), 肝スライスファントムに ^{99m}Tc を封入
欠損の直径: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 mm

41

【問題 4-48】 (平成 10)

画像の平滑化処理について正しいのはどれか。

- a. 画素間のデータの補正を行う。
 - b. 低周波画像ノイズの除去を行う。
 - c. 処理により画像の統計変動が大きくなる。
 - d. 処理を行うごとに画像の分解能が向上する。
 - e. 経時的に連続収集した画像間の補正を行う。
1. a, b 2. a, e 3. b, c
4. c, d 5. d, e

42

〔注解〕 b. 画像の平滑化処理は高周波画像ノイズの除去を目的に行う。

c. 平滑化処理により、画像の統計変動は小さくなる。

d. 平滑化処理を繰り返すと画像の分解能は低下する。

a, eの記述はいずれも正しい。

2

43

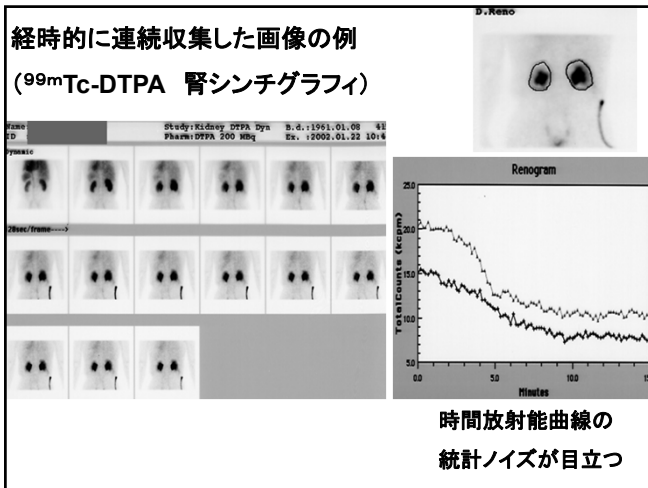
i) 雑音除去フィルタ

収集された投影データの中には放射性同位元素の崩壊にともなう統計雑音が多く混入し減弱や散乱などによる統計雑音も多くなり、この統計雑音は特に高周波領域(高周波雑音)が目立ってくる。このような雑音を取り除いてから画像再構成をしなければならない。この雑音を取り除く方法に平滑化フィルタ[®]処理がある。この平滑化フィルタ処理は実空間で用いる3×3や5×5のスムージングフィルタや周波数空間で用いるバターワースフィルタなどがある。一般的によく使用されるバターワースフィルタは、遮断周波数を変化することで高周波成分の除去をおこなっている。

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	0	$\frac{1}{13}$	0	0	3×3、5×5 実空間スムージング フィルタ
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	0	
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	0	
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	0	$\frac{1}{13}$	0	0	

44

経時的に連続収集した画像の例
(^{99m}Tc-DTPA 腎シンチグラフィ)



45

【問題 4-49】(平成 9)

誤っている組合せはどれか。

1. 散乱線除去——コリメータ
2. 核種のエネルギー——減弱係数
3. 画像のスムージング——波高分析器
4. 拡大画像——ピンホールコリメータ
5. 統計誤差——収集カウント

〔注解〕 3. 画像のスムージングは空間フィルタなどアルゴリズムによる処理なので波高分析器とは関係ない。

1, 2, 4, 5 はいずれも関係がある。

3

46

いま光子の狭い平行線束がそれに垂直な吸収層に入射するものとし(図22)、入射光子フルエンス率を I_0 とする。それが深さ x のところでは I となり、そこから更にごく薄い層 dx を通る間に dI だけ相互作用を受けるものとするれば、 dI は I および dx に比例することは明らかであるから

$$dI = -\mu I dx \quad (8.1.1)$$

とおくことができる。 μ を線減弱係数といい、単位長さで光子の数が減少する割合を意味する。 μ の単位は m^{-1} 、 cm^{-1} 等である。 μ は物質とその密度および光子エネルギーによってきまる。

式(8.1.1)を積分して

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8.1.2)$$

μ は γ 線のエネルギーと物質との関数であるが、一般には γ 線のエネルギーが高いほど小さい。このことから波長の短い γ 線を硬い γ 線、波長の長い γ 線を軟かい γ 線と呼ぶ。 μ は物質が決まってもその密度によって変わる。 μ を物質の密度 ρ で除した

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (8.1.3)$$

は、決まった物質については一定となり、したがって、 γ 線のエネルギーにのみ関係する。 μ_m を質量減弱係数と呼び、その単位は m^2/kg 、 cm^2/g 等である。質量減

47

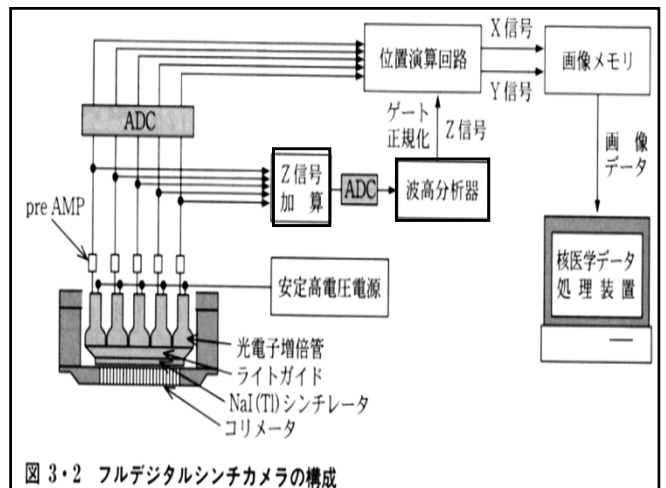


図 3・2 フルデジタルシンチカメラの構成

48

3・1・6 エネルギー選別機構

Z信号加算回路と波高分析器からなる。γ線の入射によるシンチレータの発光に対する光電子増倍管の出力をすべて加算した信号を、位置信号のX、Y信号に対してZ信号という。Z信号は、Z信号加算回路により得られ、エネルギー信号ともいわれ、入射γ線との相互作用によりシンチレータに吸収されたエネルギーに比例した波高値をもっている。

このZ信号は波高分析器に送られ、エネルギー選別をおこない、光電ピークに設定されたウィンドウ内のγ線信号のみが選択される。その出力は位置演算回路へ入力され、位置信号に対するゲート信号および正規化信号^①となる。また、その出力はアナログカメラではCRT面上に輝点を生じさせるアンブランク信号ともなり、デジタルカメラでは位置信号XおよびY信号のA-D変換に対するゲート信号となる。

4. 波高分析器

パルスハイトアナライザ(pulse height analyzer) : PHAと呼び、高さの異なるパルスを選別して、同一パルス高のみを計数回路に送る働きをする。2台の波高選別器(discriminator)と逆同時計数回路を組み合わせたものが最初の基本形で、図10-16のように下限ディスクリレベルV(V)と上限ディスクリレベルV+ΔVの間に入ったパルスのみが次段の計数回路に送られる。ΔVをウィンド幅(window width)またはチャンネル幅(channel width)とよび、またVをレベル電圧とよぶ。これをシングルチャンネル波高分析器という。

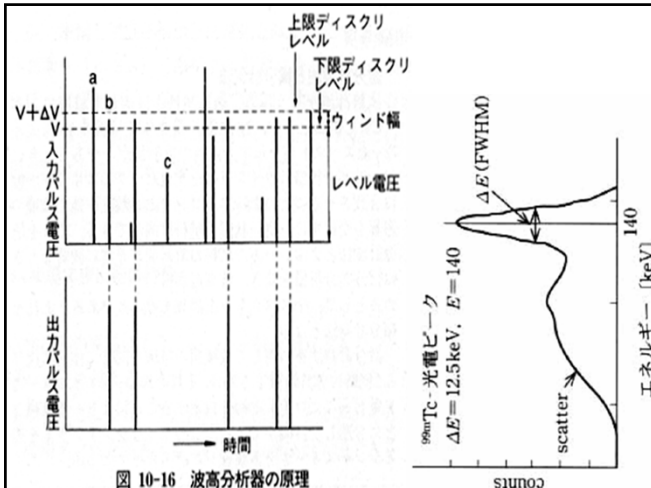


図 10-16 波高分析器の原理

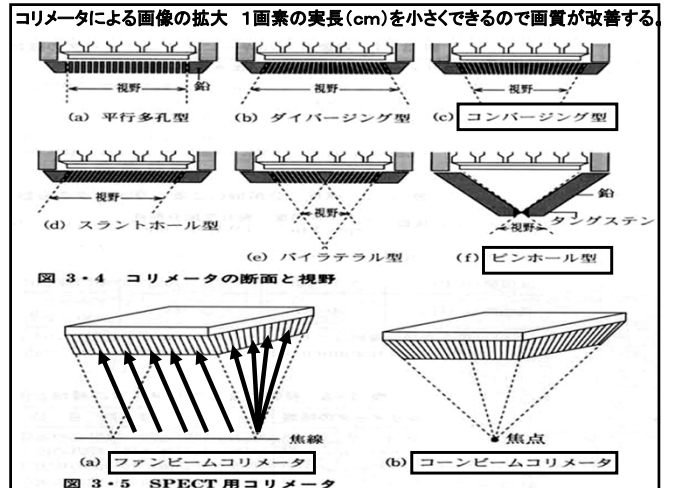


図 3-5 SPECT用コリメータ