

## 2011年度 医学物理士認定試験

### 記述式 物理工学系試験問題

試験時間 10:00 ~ 11:30 90分間

#### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 問題冊子は1~9ページまでの9ページ、問題は4科目各2問の計8問である。
3. 解答用紙は提出用3枚、予備2枚、計5枚が配布される。
4. 印刷不鮮明、ページの落丁、乱丁及び解答用紙の枚数不足、汚れ等に気付いた場合は、静かに手を挙げて監督員に知らせること。
5. 4科目から3科目、1科目について1問を選択し、合計3問について解答すること。上記以外は無効となる。
6. 1問につき解答用紙1枚（表裏2ページ）以内で解答すること。
7. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入し、解答した科目名と問題記号に○印を例のように描くこと。（例は放射線診断物理学、問題Aについて解答した場合である。）

科目名	放射線診断物理学	問題記号	A	受験番号	11-	氏名
	核医学物理学		B			
	放射線治療物理学					
	放射線測定					

8. 回収時、提出用の3枚の解答用紙のみを机の上に置くこと。記入したが提出しない解答用紙の科目名欄に大きく×印を記入すること。提出しない解答用紙は持ち帰ること。
9. 試験開始30分後から退出可能である。退出する場合は提出用の3枚の解答用紙を伏せて机の上に置き、問題冊子、提出しない解答用紙、荷物を持ち出すこと。退出後試験時間中の再入場はできない。

以上

科目名 放射線診断物理学

問題 A presampled MTF について以下の設問に答えよ。

設問 1 デジタル X 線画像の物理的解像特性として MTF ではなく presampled MTF を算出する理由について説明せよ。

設問 2 エッジ法による presampled MTF の測定原理について説明せよ。

科目名 放射線診断物理学

問題 B CT装置のボウタイフィルタの使用目的について患者被ばくの低減と線質の平坦化の観点から説明せよ。

科目名 核医学物理学

問題 A PET で計測される同時計数率には真の同時計数率  $T$  以外に散乱同時計数率  $S$ 、偶発同時計数率  $R$  が含まれる。次の設問に答えよ。

設問 1  $S$  と  $R$  についてそれぞれ図示し説明せよ。

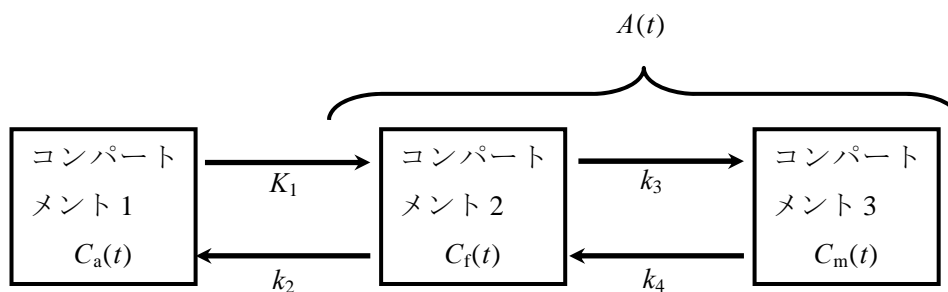
設問 2  $T$ 、 $S$ 、 $R$  を用いてノイズ等価計数率  $N$  の算出式を示せ。

設問 3 PET 計測においてノイズ等価計数率を用いる理由を説明せよ。

科目名 核医学物理学

問題 B 放射性トレーサの体内挙動を分析するために用いられるグラフ解析法の一つにパトトラック・プロット法がある。トレーサは、図のような3コンパートメント(2組織コンパートメント)モデルで  $k_4=0$  の挙動をすると仮定する。図において、 $C_a(t)$  は時刻  $t$  での動脈内血漿中のトレーサ濃度であり、 $A(t)$  は時刻  $t$  での組織中の放射能濃度である。 $A(t)$  は組織中の自由トレーサ濃度  $C_f(t)$  と代謝トレーサ濃度  $C_m(t)$  の和であり、 $K_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ 、 $k_4$  はそれぞれのコンパートメント間の移行定数である。

次の設問に答えよ。



設問 1 コンパートメントモデルを用いてパトトラック・プロット法の原理を述べよ。

設問 2 パトトラック・プロット法によるトレーサ動態解析のためのグラフについて説明せよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 A 放射線治療計画や照射線量決定に重要な因子である BED (biological effective dose、生物学的実効線量) について次の設問に答えよ。

設問 1 LQ モデルにおける  $\alpha$  と  $\beta$  およびそれらの比  $\alpha/\beta$  がもつ生物学的な内容を説明せよ。

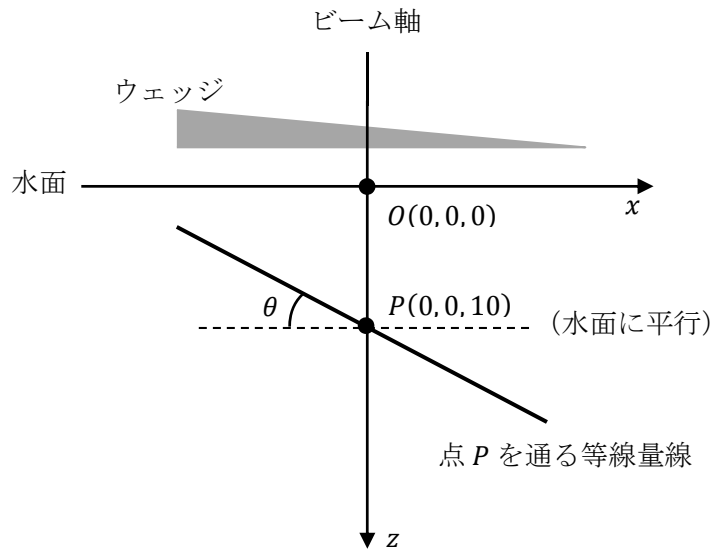
設問 2  $\alpha$ 、 $\beta$  と 1 回線量  $d$  を用いて、BED と総線量  $D$  の関係式を示せ。

設問 3 BED、 $D$ 、 $d$  および  $\alpha/\beta$  に具体的数値を当てはめ、臨床上どのように用いられているか説明せよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 B 同じ正方形のオープン照射野、ウェッジ角  $\theta$  のウェッジ照射野に対する点  $(x, y, z)$  における線量がそれぞれ  $D_0(x, y, z)$ 、 $D_\theta(x, y, z)$  とする。図に示すように、 $(x, y, 0)$  平面を水面とする水槽に垂直に入射するビーム軸と水面との交点は  $O(0, 0, 0)$  であり、水深が大きくなる方向を  $z$  の正の向きとし、ウェッジは  $x$  軸の正の方向にその厚さが減少するように置かれている。

次の設問に答えよ。



設問 1 点  $P(0, 0, 10)$  における等線量線の傾きをウェッジ角  $\theta$  とする (図参照)。ウェッジ角  $\theta$  を線量分布  $D_\theta$  の  $x$  と  $z$  についてのそれぞれの偏微分  $\partial D_\theta / \partial x$ 、 $\partial D_\theta / \partial z$  を用いて表せることを説明せよ。また、 $\tan \theta$  と  $\partial D_\theta / \partial x$ 、 $\partial D_\theta / \partial z$  との関係式を示せ。

設問 2 オープン照射野とウェッジ照射野を  $A : B$  (ただし、 $A + B = 1$ ) の割合で照射した場合の線量分布を式で表せ。

設問 3 設問 2 のウェッジ角を有効ウェッジ角  $\alpha$  とするとき、 $\tan \alpha$  を偏微分で表せ。

## 科目名 放射線測定

問題 A 放射線計測に関する次の設問に答えよ。

設問 1 1 回の測定で計数値  $m$  を得た。このときの標準偏差  $\sigma$  を答えよ。

設問 2 独立した計数を  $N$  回繰り返した場合の計数値の平均が  $\bar{m}$  であった。このときの標準偏差  $\sigma$  を答えよ。

設問 3 測定時間  $t$  で計数値  $n$  を得た。計数率  $n/t$  の標準偏差  $\sigma$  を答えよ。

設問 4 試料 A および B の計数値および測定時間がそれぞれ  $n_A$ 、 $t_A$ 、 $n_B$ 、 $t_B$  であった。A と B の計数率の差について標準偏差  $\sigma$  を答えよ。

設問 5 試料およびバックグラウンド(自然計数)の計数値および測定時間をそれぞれ  $n_S$ 、 $t_S$ 、 $n_B$ 、 $t_B$  とする。測定時間  $t_S + t_B$  を一定として試料の正味計数率の標準偏差を最小にしたい。 $n_S$ 、 $t_S$ 、 $n_B$ 、 $t_B$  が満たすべき関係を計算の途中過程を示して答えよ。

設問 6 計数値の平均が  $\bar{m}$ 、標準偏差が  $\sigma$  であるときの相対標準偏差(変動係数)を答えよ。

設問 7  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線の照射線量率が  $0.50 \text{ C kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  で一定である場合、ビルドアップキャップを装着した電離体積  $0.60 \text{ cm}^3$  のファーマ形電離箱の 1 分間測定の相対標準偏差を計算の途中過程を示して答えよ。

ただし、空気の密度は  $0.0012 \text{ g cm}^{-3}$ 、一つの  $\gamma$  線あたり  $1.0 \times 10^{16} \text{ C}$  の電離電荷が生じることとする。



科目名 放射線測定

問題 B GM サーベイメータおよび NaI シンチレーションサーベイメータを使用して図 1 に示す非密封  $^{137}\text{Cs}$  線源の計測を行った。

次の設問に答えよ。

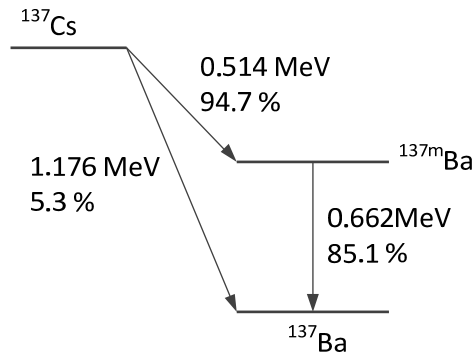


図 1  $^{137}\text{Cs}$  の壊変図

設問 1 GM サーベイメータおよび NaI シンチレーションサーベイメータの  $\gamma$  線および  $\beta$  線に対する検出効率、エネルギー特性を比較して述べよ。

設問 2 円筒形の端窓形 GM サーベイメータで  $^{137}\text{Cs}$  線源を測定したところ、図 2 に示す方向一計数率特性を得た。

この現象を説明せよ。ただし、 $0^\circ$  は GM 管長軸入射窓方向である。

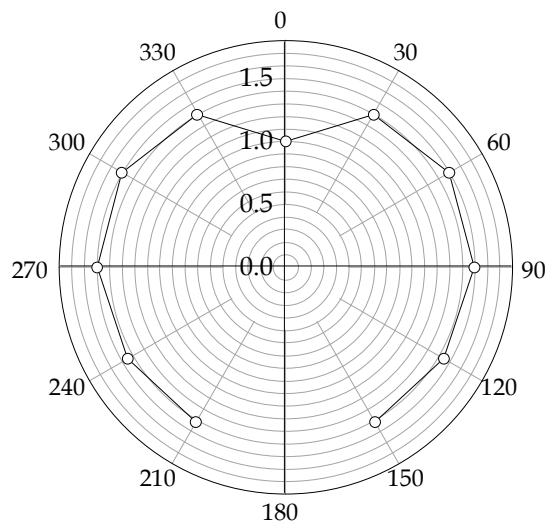


図 2 GM サーベイメータの方向一計数率特性

設問 3 一様に分布した  $^{137}\text{Cs}$  平面線源に GM サーベイメータを密着させて計測したところ 1 分間あたり  $1.38 \times 10^4$  カウントの正味の平均計数率を得た。

この線源の表面密度を計算の途中過程を示して答えよ。

ただし、GM サーベイメータの入射窓面積は  $19.6 \text{ cm}^2$ 、 $^{137}\text{Cs}$   $\beta$  線に対する検出効率 は 40.0%、分解時間は  $100 \text{ }\mu\text{s}$  であり、線源の自己吸収は無視できるものとする。

設問 4 点とみなせる  $^{137}\text{Cs}$  線源  $1.0 \text{ MBq}$  から  $1.0 \text{ m}$  の位置で NaI シンチレーションサーベイメータを用いて空気カーマ率を測定したところ  $0.10 \text{ Gy h}^{-1}$  を示した。

この NaI シンチレーションサーベイメータの  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  線に対する感度補正係数を計算の途中過程を示して答えよ。

ただし、 $1.6 \times 10^{-13} \text{ J MeV}^{-1}$ 、空気の  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  線に対する質量エネルギー転移係数は  $2.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  とする。