

2014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 9 : 45 ~ 11 : 15 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1~8ページまでの8ページ、問題は4科目各2問の計8問である。
3. 解答用紙は計3枚で上部がのり付けされている。指示されたら丁寧に切り離しなさい。
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、解答中に解答用紙を破損した場合は、解答用紙を交換するので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	14-	氏名
	核医学物理学		B			
	放射線治療物理学					
	放射線計測学					

8. すべての解答用紙を回収するので、3枚の解答用紙を机の上に置くこと。問題冊子は持ち帰ること。
9. 試験開始30分後から退出可能である。ただし、試験終了前5分以降の退出はできない。
10. 退出する場合はすべての解答用紙を伏せて机の上に置き、問題冊子、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 MR Angiography (MRA) について以下の設問に答えよ。

設問 1 TOF (time of flight) 法の基本原理を説明せよ。

設問 2 PC (phase contrast) 法の基本原理を説明せよ。

設問 3 PC 法に対する TOF 法の利点を説明せよ。

設問 4 TOF 法に対する PC 法の利点を説明せよ。

科目名 放射線診断物理学

問題 B CRシステムにおける次のノイズ因子について撮影線量との関係を含めて説明せよ。

設問 1 X線量子ノイズ

設問 2 光量子ノイズ

設問 3 固定ノイズ

科目名 核医学物理学

問題 A 臨床用 PET 装置の性能評価法に関わる NEMA 規格 (2001 年版以降) について以下の設問に答えよ。

設問 1 感度評価に使用する線源の核種と形状について記述し、その線源を用いた感度評価法の原理を説明せよ。

設問 2 感度評価において、ある測定条件で時間 $t = 0$ から t_{\max} までデータ収集を行った。半減期を T 、 $t = 0$ での線源放射能を A_0 として、データ収集時間中の平均線源放射能を表す式を導出せよ。また、 $A_0 = 10 \text{ MBq}$ 、 $t_{\max} = 2T$ のとき、平均線源放射能を有効数字 2 桁で計算せよ。ただし、 $\ln 2 = 0.693$ とする。

設問 3 感度以外の性能評価項目を 4 つ挙げよ。

科目名 核医学物理学

問題 B 画像再構成に用いられる ML - EM 法は次式で表される。

$$\lambda_j^{(k)} = \frac{\lambda_j^{(k-1)}}{\sum_{i=1}^N C_{ij}} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{y_i C_{ij}}{\sum_{j'=1}^M C_{ij'} \lambda_{j'}^{(k-1)}}$$

ここで、 k ($k \geq 0$) は計算の繰り返し回数、 $\lambda_j^{(k)}$ は画素 j ($j = 1 \sim M$ 、 M は画素数) の画素値 (放射能濃度) の初期値 ($k = 0$) あるいは計算値 ($k \geq 1$)、 y_i は i ($i = 1 \sim N$ 、 N はデータ数) 番目のデータ、 C_{ij} は画素 j に対応する放射能濃度が i 番目のデータに寄与する確率である。以下の設問に答えよ。

設問 1 画素値非負性のほかに、画像再構成における ML - EM 法の特徴とされる要点を 4 項目、①から④まで番号を付して記述せよ。

設問 2 ML - EM 法を高速化した手法の名称について記述せよ。

設問 3 画素値非負性、すなわち、データ y_i が正ならば何度繰り返し計算しても画素値の非負性が保たれることを証明せよ。

設問 4 具体例として $M = 3$ 、 $N = 3$ 、 C_{ij} が以下の行列で表される系を考える。 $y_1 = y_3 = 1/2$ 、 $y_2 = 0$ 、画素値の初期値を全て $1/3$ とするとき、繰り返し回数 2 回で計算される画素値を求めよ。

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 0 \end{pmatrix}$$

科目名 放射線治療物理学

問題 A ある放射線治療計画の線量分布の最適化計算において、標的に対しては等しい線量分布を与えられたが、リスク臓器に対しては図に示す積分型 DVH (dose - volume histogram) を与える 2 通りの治療計画が得られた。以下の設問に答えよ。

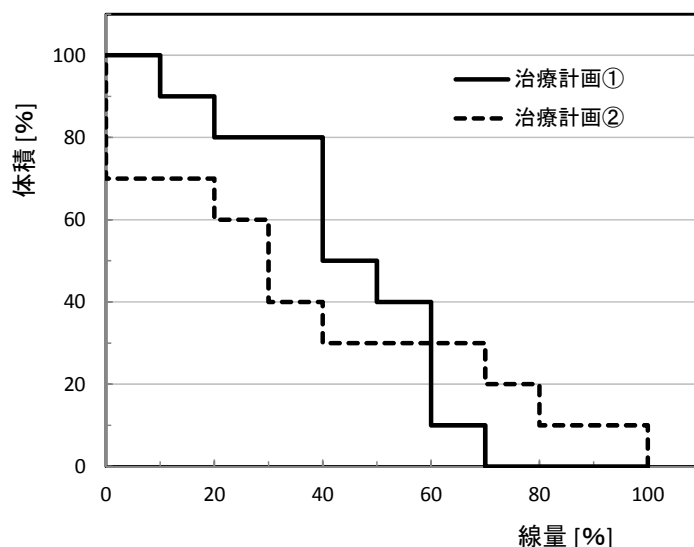


図 リスク臓器に対する積分型 DVH

設問 1 リスク臓器の線量が不均一であるため、次式で与えられる EUD (equivalent uniform dose) で評価することを考える。

$$EUD = \left(\sum_i v_i D_i^a \right)^{1/a}$$

ここで、 v_i はリスク臓器体積に対する i 番目の線量 voxel の体積比、 D_i はその線量であり、 a は 1 とする。

図に示された 2 つの DVH について、それぞれ EUD を求めよ。

設問 2 図に示す DVH のリスク臓器がパラレル型臓器とする。パラレル型臓器の具体例を挙げ、設問 1 で求めた EUD によって治療計画を比較する場合、どちらの治療計画がよいか理由を述べよ。

設問 3 図に示す DVH のリスク臓器がシリアル型臓器とする。シリアル型臓器の具体例を挙げ、耐容線量に言及しどちらの治療計画がよいか見解を述べよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 B 線量分布解析手法のガンマ評価法では、ガンマ値 (Γ および γ) を次のように定義している。

大ガンマ値 $\Gamma(\vec{r}_e, \vec{r}_r)$ は、基準点 \vec{r}_r を中心とし、次式に示す相対的線量不一致量と相対的位置不一致量を 2 変数とする楕円関数である。

$$\Gamma(\vec{r}_e, \vec{r}_r) = \sqrt{\frac{r^2(\vec{r}_e, \vec{r}_r)}{\Delta d^2} + \frac{\delta^2(\vec{r}_e, \vec{r}_r)}{\Delta D^2}} \quad (1)$$

ここで、 $\delta(\vec{r}_e, \vec{r}_r)$ は基準点 \vec{r}_r における線量 $D_r(\vec{r}_r)$ と評価点 \vec{r}_e における線量 $D_e(\vec{r}_e)$ の差 (dose - difference)、 $r(\vec{r}_e, \vec{r}_r)$ は基準点 \vec{r}_r から点 \vec{r}_e までの距離 (distance - to - agreement) である。

小ガンマ値 $\gamma(\vec{r}_r)$ は、次式に示す基準点 \vec{r}_r の全ての評価点について計算された $\Gamma(\vec{r}_e, \vec{r}_r)$ の最小値である。

$$\gamma(\vec{r}_r) = \min\{\Gamma(\vec{r}_e, \vec{r}_r)\} \forall \{\vec{r}_e\} \quad (2)$$

ガンマ値について以下の設問に答えよ。

設問 1 式(1)に使用されている Δd 、 ΔD について、それぞれ具体例を挙げ説明せよ。

設問 2 ガンマ評価法の長所、短所を説明せよ。

設問 3 判定上、小ガンマ値はどのように扱われるか説明せよ。

科目名 放射線計測学

問題 A 半導体検出器について以下の設問に答えよ。

設問 1 放射線検出原理を述べよ。

設問 2 高純度 Ge 検出器と NaI シンチレーション検出器の特徴を対比して述べよ。

設問 3 図に半導体検出器とプリアンプの回路を示す。コンデンサ C_f の容量が 1.0 pF のとき、 90 keV ガンマ線のエネルギー付与に対する出力電圧 V [V] を求めよ。ただし、素電荷は $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、半導体の 1 イオン対生成に要する平均エネルギーは 3.0 eV とする。

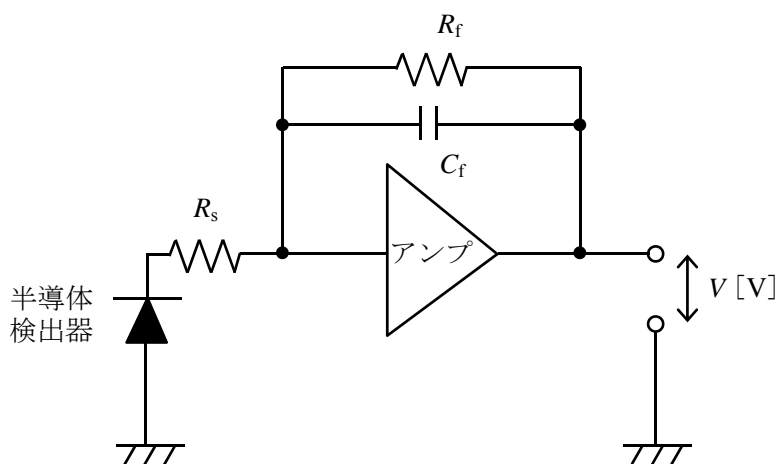


図 半導体検出器とプリアンプの回路図

設問 4 コンデンサ C_f が 1.0 pF 、抵抗 R_f が $1.0 \text{ G}\Omega$ のとき、時定数 T [s] を求めよ。

科目名 放射線計測学

問題 B ICRU Report 85 による電離放射線に関する量について以下の設問に答えよ。

設問 1 dN および da が表す量を説明し、フルエンス Φ の定義を答えよ。

設問 2 次式は質量エネルギー転移係数 μ_{tr}/ρ の定義式である。

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{1}{\rho} \frac{dR_{tr}}{dl R}$$

μ_{tr}/ρ が定義されている放射線の種類を答えよ。また、 R および dR_{tr} が表す量を説明せよ。

設問 3 質量エネルギー転移係数 μ_{tr}/ρ と質量エネルギー吸収係数 μ_{en}/ρ の関係を示せ。

設問 4 前問までの量を用いて入射粒子エネルギーが E であるときのカーマ K を答えよ。

設問 5 dq および dm が表す量を説明し、照射線量 X の定義を答えよ。

設問 6 カーマ K と照射線量 X の関係を示せ。ただし、 W 値を W 、素電荷を e とする。