

2019 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1~10 ページまでの 10 ページ、問題は 5 科目各 2 問の計 10 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. 5 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。）
受験番号および氏名の上に、点線に沿って保護シールを 3 枚の解答用紙にそれぞれ貼り付けること。

科 目 名	放射線診断物理学	問題 記号	A	受験 番号	19-	氏 名
	核医学物理学					
	放射線治療物理学					
	保健物理学/放射線防護学					

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。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。
10. 試験終了 5 分前からの途中退室はできない。

以上

科目名 放射線診断物理学

問題 A フラットパネルディテクタ (FPD) について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄 (a) ~ (e) に入る用語を記せ。

「FPD の X 線変換方式には (a) 方式と (b) 方式の 2 種類がある。

(a) 方式は、入射 X 線をいったん蛍光に変換し、その後、(c) で電荷に変換する方式である。X 線から蛍光への変換には、(d) や (e) などの蛍光体がいられる。また、得られた信号電荷は薄膜トランジスタアレイに蓄積され画像化されるが、これは (a) 方式でも (b) 方式でも同じである。」

設問 2 (b) 方式の X 線検出器で生じる内部光電効果について説明せよ。また、X 線情報を電気信号に変換するための原理について説明せよ。

設問 3 (b) 方式において画素サイズが $100\ \mu\text{m}$ の場合の、ナイキスト周波数、及びアパーチャ MTF が 0 になる空間周波数をそれぞれ求めよ。

設問 4 薄膜トランジスタアレイにおける、画像化のための信号電荷読み出しの手続きについて具体的に説明せよ。

科目名 放射線診断物理学

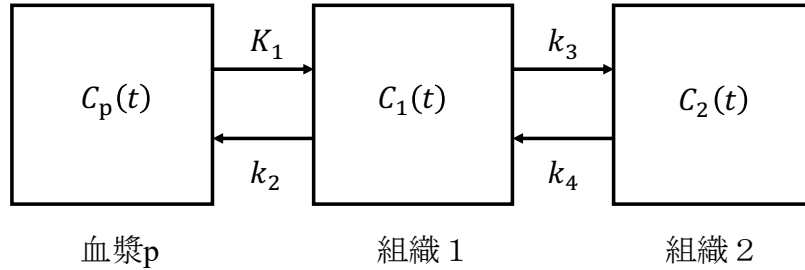
問題 B X線 CT で発生する次の (1) ~ (4) のアーチファクトについて、画像中での現れ方、発生原因、低減方法を説明せよ。特に (1) と (2) については、アーチファクトがなぜその形状を示すのかについても説明すること。

- (1) メタルアーチファクト
- (2) リングアーチファクト
- (3) シャワーアーチファクト
- (4) ヘリカルアーチファクト

科目名 核医学物理学

問題 A 下図のコンパートメントモデルについて設問に答えよ。

ただし、 $C_p(t)$ 、 $C_1(t)$ 、 $C_2(t)$ は時刻 t における各領域の放射能濃度で初期値はゼロ、 K_1 と $k_{2\sim 4}$ は移行速度定数とする。



設問 1 $C_1(t)$ と $C_2(t)$ の時間変化に関わる微分方程式をそれぞれ記せ。

設問 2 $C_2(t)=0$ とすると、次式が設問 1 で求めた微分方程式の解であることを確認せよ。

ただし、 \otimes は畳み込み積分を表す。

$$C_1(t) = K_1 e^{-k_2 t} \otimes C_p(t)$$

設問 3 k_3 と k_4 が無視できるとき、 $\frac{\int_0^t C_p(t) dt}{C_1(t)}$ を横軸、 $\frac{\int_0^t C_1(t) dt}{C_1(t)}$ を縦軸としたグラフの傾きを求めよ。

また、この傾きの名称と意味を記せ。

設問 4 k_4 が無視できるとき、十分な時間がたち $C_1(t)$ が一定となった後、 $\frac{\int_0^t C_p(t) dt}{C_p(t)}$ を横軸、

$\frac{C_1(t)+C_2(t)}{C_p(t)}$ を縦軸としたグラフの傾きが $\frac{K_1 k_3}{(k_2+k_3)}$ となることを示せ。また、このモデル

はどのようなタイプのトレーサに適するか記せ。

科目名 核医学物理学

問題 B シンチレーションカメラについて、以下の設問に答えよ。

ただし、PMT は光電子増倍管の略語である。

設問 1 半導体カメラと比較して、シンチレーションカメラの特徴を 4 つ記せ。

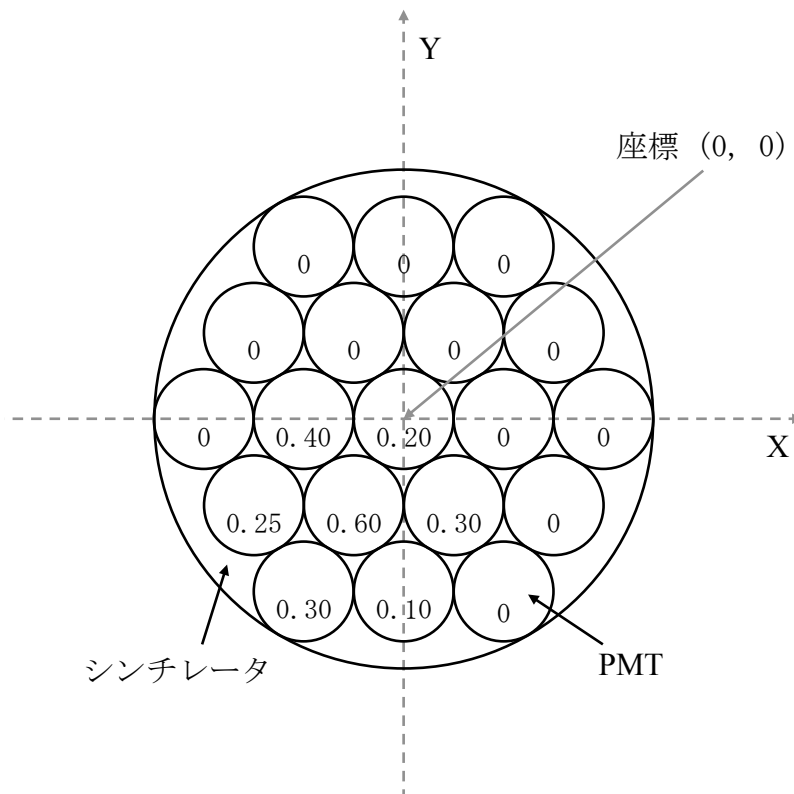
設問 2 結晶の最適な厚さを決定するための特性を 2 つ記せ。

設問 3 エネルギー弁別の目的とその手法についてキーワード用いて記せ。

(キーワード：光電効果、コンプトン散乱、エネルギースペクトル)

設問 4 円形シンチレータに配置された PMT とその相対出力を図に示す。以下の条件のもと、 γ 線を検出した位置(座標)を計算せよ。ただし、計算過程も記載すること。

- ・位置演算は PMT の出力・位置に応じた加重平均とする。
- ・PMT 内の数字は相対出力を示す。
- ・シンチレータの中心を XY 座標系の原点 (0, 0) とする。
- ・PMT は直径 5 cm の円形で、互いに接しているとする。



科目名 放射線治療物理学

問題 A 電子リニアックについて以下の設問に答えよ。

設問 1 進行波型と定在波型の加速原理を説明せよ。

設問 2 加速に必要なマイクロ波供給装置を 2 つ挙げ、装置の原理を説明せよ。

設問 3 10 MV 以上の装置にはビーム偏向部が必要である。その理由を述べよ。

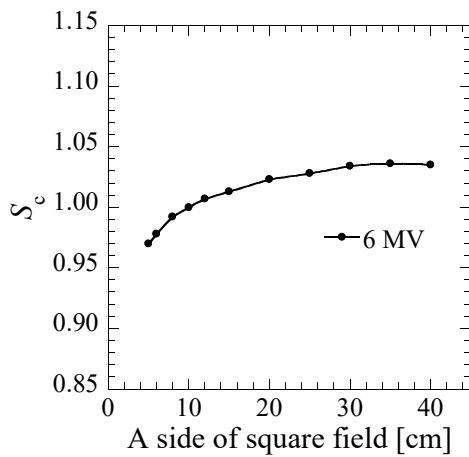
設問 4 代表的なビーム偏向形式を 2 つ挙げ、それらの構造を説明せよ。

科目名 放射線治療物理学

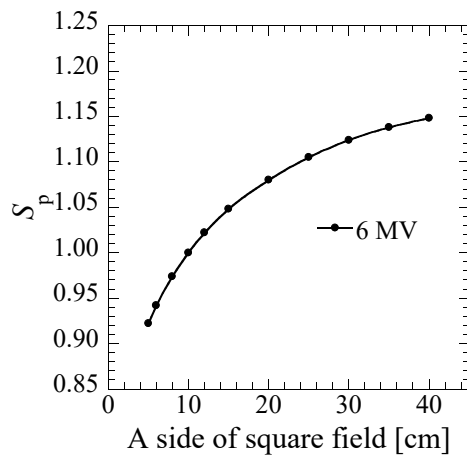
問題 B リニアック治療装置における X 線の全散乱係数 $S_{c,p}$ 、コリメータ散乱係数 S_c およびファントム散乱係数 S_p について以下の設問に答えよ。

設問 1 $S_{c,p}$ 、 S_c および S_p の定義とそれぞれの関係を説明せよ。

設問 2 6 MV X 線の照射野による S_c および S_p の変化を図に示す。それぞれが照射野によって変化する理由を説明せよ。

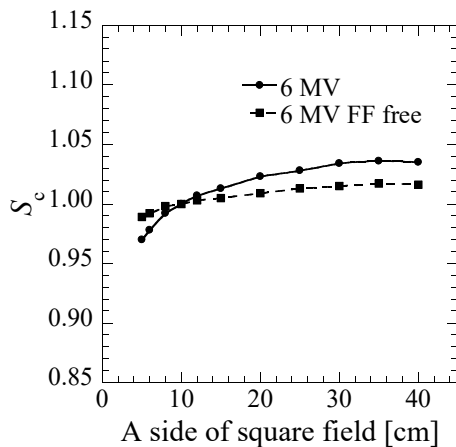


(a) S_c

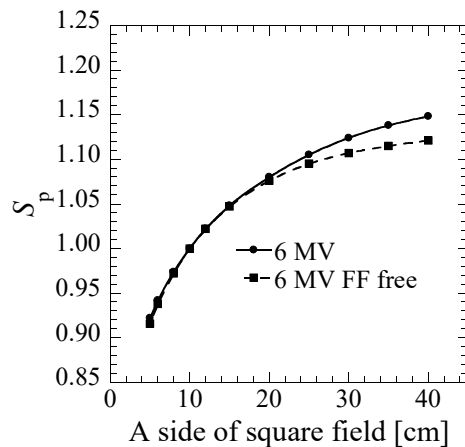


(b) S_p

設問 3 フラットニングフィルタの有無による S_c 、 S_p の変化を図に比較して示す。フラットニングフィルタの有無によって S_c 、 S_p が異なる理由を説明せよ。



(a) S_c



(b) S_p

科目名 放射線計測学

問題 A 電離箱線量計による吸収線量計測について以下の設問に答えよ。

設問 1 Bragg-Gray の空洞理論が成立するための条件を 4 つあげよ。

設問 2 媒質と空洞電離箱の壁材が同一であるとする。媒質の吸収線量 D_{med} を示せ。

ただし、媒質中の電子フルエンスを Φ_{med} 、媒質の質量衝突阻止能を $\left(\frac{S_{\text{col}}}{\rho}\right)_{\text{med}}$ とする。

設問 3 媒質中に電離箱の空洞部（ガス）を想定する。ガスの吸収線量 D_{gas} を示せ。

ただし、空洞中の電子フルエンスを Φ_{gas} 、質量衝突阻止能を $\left(\frac{S_{\text{col}}}{\rho}\right)_{\text{gas}}$ とする。

設問 4 媒質とガスの吸収線量比 $\frac{D_{\text{med}}}{D_{\text{gas}}}$ を質量衝突阻止能で示せ。

設問 5 光子の照射により空洞内に正か負いずれか一方の電荷 Q を収集した。 D_{gas} を示せ。

ただし、空洞中に単位電荷を生成するのに必要な平均エネルギーを $\left(\frac{\bar{W}}{e}\right)_{\text{gas}}$ 、空洞内のガスの質量を m とする。

設問 6 媒質中の吸収線量 D_{med} を空洞内の電荷量 Q から評価する方法を記せ。

設問 7 電離箱線量計の校正が必要な理由を記せ。

科目名 放射線計測学

問題 B 高純度ゲルマニウム (HPGe) 検出器を用いた γ 線源のエネルギー計測について以下の設問に答えよ。

設問 1 HPGe 検出器による γ 線エネルギースペクトルの測定原理についてキーワードを用いて述べよ。

(キーワード：バイアス、電子 - 正孔対)

設問 2 半導体の中で HPGe が γ 線検出に適する理由を 2 つ以上述べよ。

設問 3 エネルギー計測において無機シンチレーション検出器と比較した場合の特徴を述べよ。

設問 4 HPGe 検出器では冷却した方が良い理由を述べよ。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 A ファントムについて以下の設問に答えよ。

設問 1 MIRD ファントムとはどのようなものか説明せよ。また、その具体的な用途を述べよ。

設問 2 ボクセルファントムとはどのようなものか説明せよ。また、その具体的な用途を述べよ。

設問 3 BOMAB ファントムとはどのようなものか説明せよ。また、その具体的な用途を述べよ。

設問 4 人体形状を模擬した物理ファントムで臓器線量を測定することの利点と問題点をボクセルファントムと比較して述べよ。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 B IVR の従事者被ばくについて以下の設問に答えよ。

設問 1 被ばく線量が高くなる理由を説明せよ。

設問 2 放射線障害例（組織反応）を 2 つ述べよ。

設問 3 線量評価法について述べ実用量も含めて説明せよ。

設問 4 低減法について述べよ。