2022 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 1～12 ページまでの 12 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		問題記号		受験番号		氏名	
	放射線診断物理学（○）		A（○）		22－		
	核医学物理学						
	放射線治療物理学						
	放射線計測学		B				
	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. 途中退出はできない。ただし、トイレや発病等の場合は、黙って手を挙げ、監督員の指示にしたがうこと。

10. 問題冊子の持ち出しはできない。

11. 受験番号と氏名を記載すること。

受験番号　２２－＿＿＿＿＿＿　　氏　名　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

以上

科目名　放射線診断物理学

問題Ａ　　超音波の画像形成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　）　～　（　f　）　に入る語句を記せ。

プローブから送波された超音波パルスは、音響的に異なる性質の物体境界から反射しプローブで再び受波される。反射波の（　a　）を時間軸上に明るさの強弱に変換する（　b　）変調を行い、送受信の（　c　）情報と時間‐（　b　）信号を２次元に描画するのが（　d　）モードである。このとき、走査方向の分解能は超音波ビームの（　e　）によって決まる。また、超音波パルスの（ f　）で与えられる時間までに戻ってくる反射波のみが、画像上に表示される。

設問２　超音波ビームを n 回走査して１画面を構成するとき、n と（　f　）を用いて画面の更新周波数フレームレート f_r [Hz]を式で表せ。

ただし、式中の（　f　）は t_d とする。

設問３　超音波の伝搬速度 v と t_d を用いて、最大診断距離 d_{max} を式で表せ。

設問４　（　d　）　モードで発生しうる５種類のアーチファクト名とその発生要因を記せ。

科目名　放射線診断物理学

問題B　　CT画像の画質評価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　）　～　（　d　）　に入る語句を記せ。

CTの空間分解能は（　a　）と（　b　）に区別して評価される。（　a　）の空間分解能の評価には、ワイヤファントムを用いてpoint spread functionを得ることで（　c　）を計測する方法が広く用いられている。（　b　）の空間分解能の評価には、ビーズやマイクロコインファントムを用いて（　d　）の半値幅を計測する方法が用いられている。また、（　d　）をフーリエ変換することで（　b　）の（　c　）を評価することができる。

設問２　　（　d　）の半値幅とピッチファクタの関係について説明しなさい。

設問３　　水の線減弱係数をμ_{water}、空気の線減弱係数をμ_{air}、水のCT値をCT_{water}、空気のCT値をCT_{air}、とするとき、コントラストスケールを式で表せ。

設問4　JIS Z 4752-2-6にて定められているCT装置の不変性試験6項目とその許容値を記せ。

科目名　核医学物理学

問題 A　FBP 法で再構成された SPECT 画像について以下の設問に答えよ。

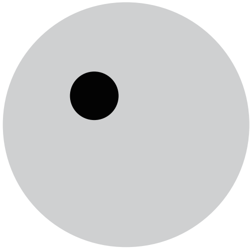
設問１　最大周波数 R_N のとき、サンプリング間隔 Δr を表す式を記せ。

設問２　サンプリング間隔 Δr の場合、SPECT 装置の回転半径 C を用いて、画像再構成に必要となるビュー数 N_v を表す式を記せ。

設問３　図にサンプリング間隔 $\Delta r = 1$、角度サンプリング数 $N_r = 180$ の時の画像を示す。

(1) サンプリング間隔 Δr が大きい場合に出現するアーチファクトを図示して、説明せよ。

(2) 角度サンプリング数 N_r が小さい場合に出現するアーチファクトを図示して、説明せよ。



設問４　以下について、計算過程を記して答えよ。

(1) 回転半径が 20 cm のシンチカメラにおいてサンプリング間隔 0.83 cm で画像を得るときの角度サンプリング数はいくつか。

(2) マトリクスサイズ 512×512 で、画素サイズ 0.1 cm のシンチカメラにおいて、頭部（20 cm）で、マトリクスサイズ 64×64、2 倍拡大収集としたときの角度サンプリング数はいくつか。

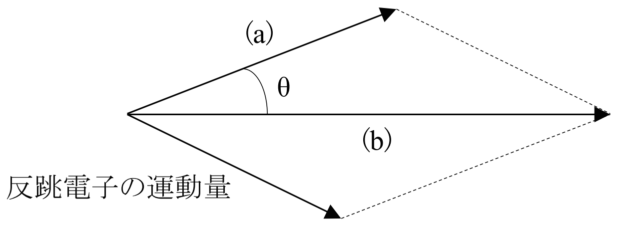
科目名　核医学物理学

問題 B　核医学イメージングにおけるコンプトン散乱について以下の設問に答えよ。ただし、計算や式の変形については途中経過がわかるように記載すること。

設問１　コンプトン散乱を光子と自由電子の弾性散乱であると近似し、下記の手順を参考に、散乱光子のエネルギーE および反跳電子の運動エネルギーK を表す式を求めよ。ここで、入射光子のエネルギーを E_0、光子の散乱角度を θ、電子の質量を m、真空中の光速を c とする。

(1)　エネルギー保存則を表す式を記せ。

(2)　図に運動量保存則を示す。運動量（a）と（b）それぞれの大きさを E_0、E、c で表せ。そして、余弦定理を用いて、E_0、E、c、θ、反跳電子の運動量の大きさ p の間に成り立つ関係式を求めよ。



(3) 反跳電子について、K と p の間に成り立つ式を記せ。

(4) 連立方程式を解き、E および K を E_0、θ、m、c を用いて表す式を求めよ。

設問２　^{18}F-FDG を用いた PET/CT 検査において、消滅放射線が検出器のシンチレータ内で１回だけコンプトン散乱を起こして検出器外に出るとする。このとき、シンチレータの発光に寄与するエネルギーがとりうる値の範囲を求めよ。

設問３　SPECT 検査において、^{99m}Tc から放出されたガンマ線が人体内で１回だけコンプトン散乱を起こした後に検出器のシンチレータ内にて光電効果を起こすとする。このとき、シンチレータの発光に寄与するエネルギーがとりうる値の範囲を求めよ。

設問４　植物中の ^{137}Cs 動態をコンプトンカメラでイメージングするとき、検出器のジオメトリーにより散乱体（検出器）による散乱角度が 45° 以下に制限されていたとする。このとき、吸収体（検出器）で検出する散乱光子のエネルギーがとりうる値の範囲を求めよ。

科目名　放射線治療物理学

問題 A　治療計画の評価に係る以下の設問に答えよ。

設問 1　ある症例に対して通常分割照射の 2 つの治療計画 A および B を作成した。図 1 に脊髄の DVH（dose volume histogram）を示す。脊髄の線量のみに着目した場合、一般的にどちらの治療計画が好ましいか、理由とともに説明せよ。

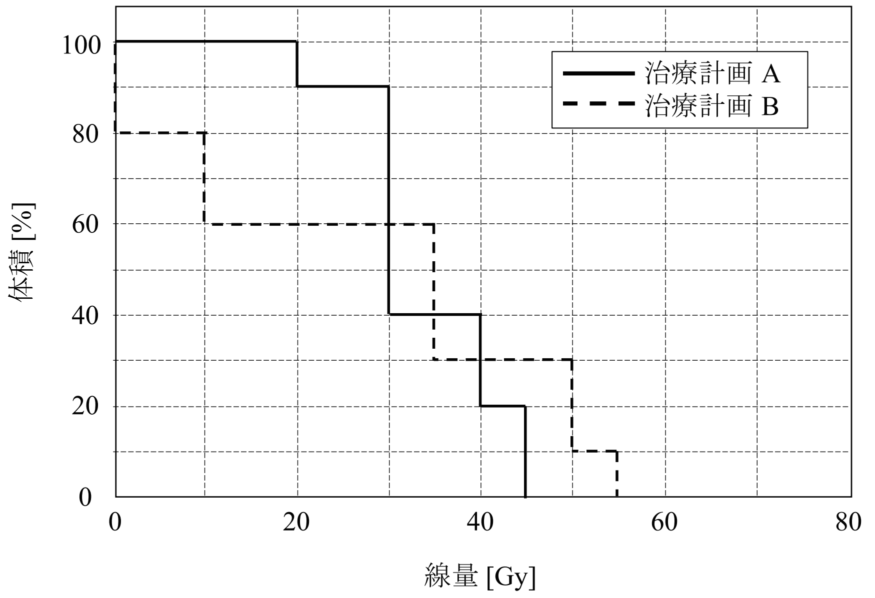


図 1　治療計画 A および B における脊髄の DVH

設問 2　図 2 にある治療計画における危険臓器 A および B の DVH を示す。正常組織障害発生確率（NTCP: normal tissue complication probability）をもとに障害発生リスクを比較せよ。なお、NTCP は以下のように表される。

$$NTCP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t} e^{-x^2}\, dx$$

$$t = \frac{gEUD - TD_{50}}{m \cdot TD_{50}}$$

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

ここで、TD_{50}は 50%の確率で障害が発生する線量、v_iは危険臓器内で吸収線量D_iを受

けた体積の比率であり、危険臓器 A および B のTD_{50}をそれぞれ 40 Gy および 60 Gy、mは 0.25、aは 1 とする。なお、標準正規分布の 1σ 区間の積分値が 0.68 になることを利用してよい。

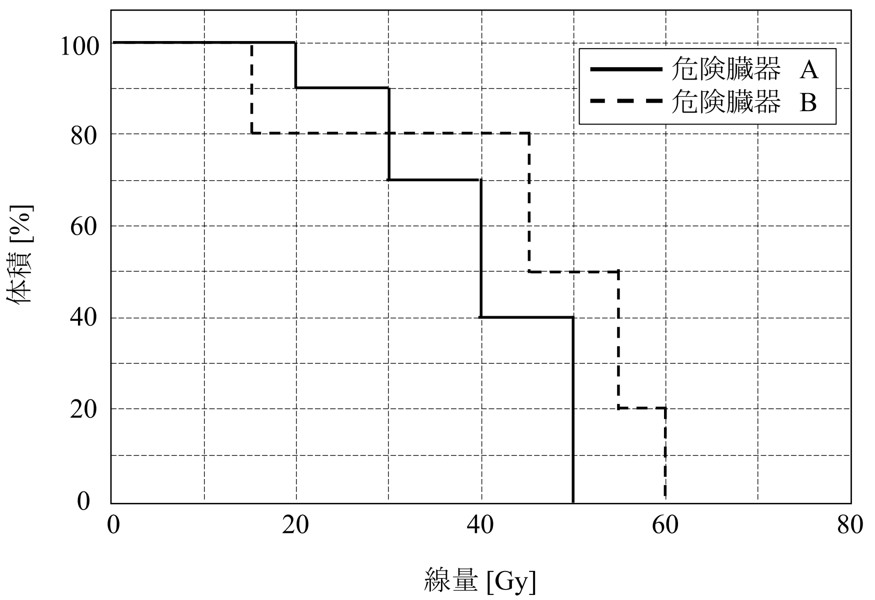


図 2　危険臓器 A および B の DVH

設問 3　　ターゲットに十分に線量が収束している治療計画を作成した後、一定期間経過してから撮像した CT 画像に対して元の治療計画のまま再計算したところ、図 3 のようなターゲットの DVH を得た。なお再計算の際は、元の CT 画像と骨構造が一致するように画像を合わせており、元の治療計画と同様の手順でターゲットの輪郭を定義した。このような DVH の違いが生じ得る要因を 2 つ挙げて説明せよ。

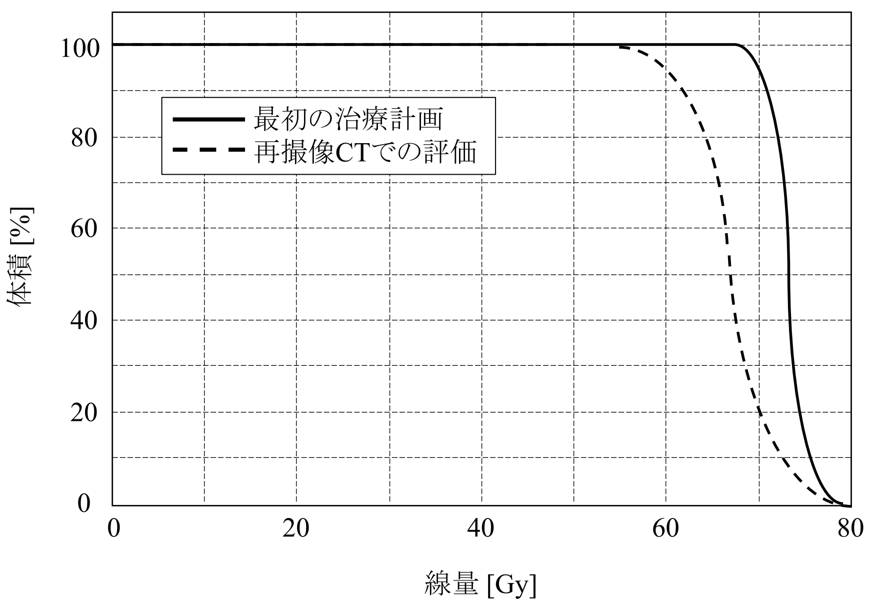
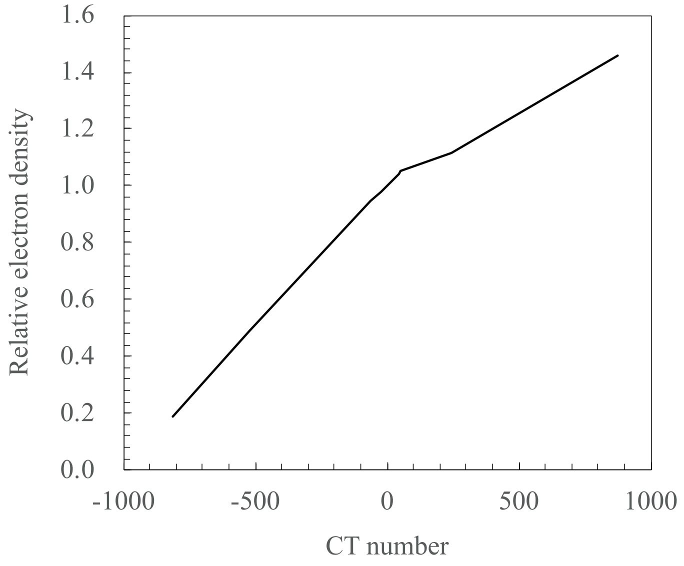


図 3　最初の治療計画および一定期間経過後の治療計画で得られたターゲットの DVH

科目名　放射線治療物理学

問題 B　　下図についての設問に答えよ。



設問１　　図の名称と光子線治療計画に必要な理由を説明せよ。

設問２　　Hounsfield Unit の式を記せ。

設問３　　Relative electron density を治療計画に用いる理由および CT 値との関係が非線形である理由を説明せよ。

設問４　　粒子輸送計算に基づく線量計算アルゴリズムによる治療計画での Relative electron density の代替パラメータを示し、それが用いられる理由を説明せよ。

設問５　　粒子線治療計画での Relative electron density の代替パラメータを示し、それが用いられる理由を説明せよ。

科目名　放射線計測学

問題 A　　円筒形電離箱に関する以下の設問に答えよ。

設問 1　　表 1 および表 2 のデータを用いて、印加電圧 400 V におけるイオン再結合補正係数を算出せよ。なお、計算の過程について詳細を説明すること。

表 1

V［V］	Q［nC］
50	14.480
100	14.972
200	15.213
300	15.317
400	15.367

表 2

V_1/V_2	a_0	a_1	a_2
2.0	2.337	−3.636	2.299
2.5	1.474	−1.587	1.114
3.0	1.198	−0.875	0.677
3.5	1.080	−0.542	0.463
4.0	1.022	−0.363	0.341
5.0	0.975	−0.188	0.214

設問 2　　図 1 に表 1 のデータから印加電圧（V）の逆数と収集電荷量（Q）の逆数をプロットしたグラフを示す。

このグラフの名称と、このグラフから読み取れる情報について説明せよ。

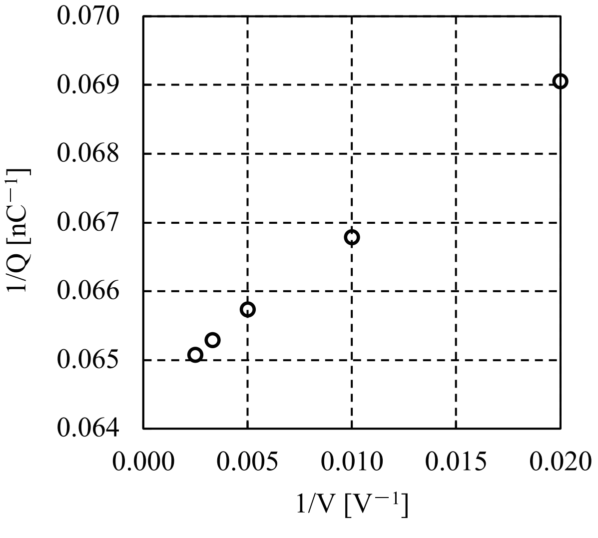


図 1

設問３　図 2 に電離体積 0.01 cc の円筒形電離箱において中心電極への印加電圧が陽極である場合と陰極である場合の 1/V と 1/Q との関係を示す。図中の黒丸と白丸に対する印加電圧の極性を述べ、その理由について説明せよ。

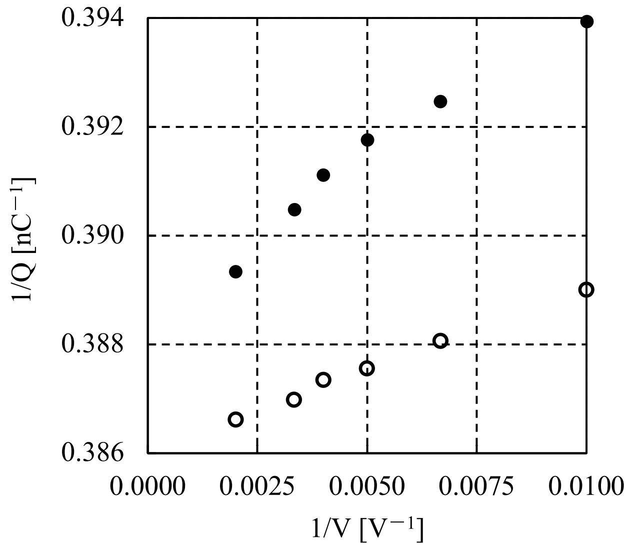


図 2

科目名　放射線計測学

問題 B　2 MeV の γ 線を用いた Ge 半導体検出器によるエネルギースペクトル計測について以下の設問に答えよ。

設問１　エネルギースペクトル（縦軸を計数率、横軸をエネルギーとする。）をピークや分布の名称を 4 つ以上記載して図示せよ。また、図示したピークや分布が形成される理由について、エネルギーを付して説明せよ。

設問２　n 型および p 型 Ge 半導体検出器におけるエネルギーと全エネルギーピーク検出効率の関係をグラフに図示せよ。また、n 型と p 型で検出効率が異なる要因を説明せよ。

科目名　保健物理学/放射線防護学

問題 A　　診断参考レベル（DRL）について以下の設問に答えよ。

設問 1　医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）の「日本の診断参考レベル（2020 年版）」（Japan DRLs 2020）の診断参考レベル設定の目的に関する文を示す。空白（　a　）～（　e　）に該当する語句を記せ。なお、該当する語句がすべて異なる語句とは限らない。

> 「DRL は（　a　）のプロセスを推進するためのツールであり、DRL を活用すると、他施設より高い線量を用いている施設はそれに気付くことができる。この DRL の意義として最も強調すべき点は、（　b　）ではないということ、そして診療行為の是非を分ける境界ではないということである。
> 施設で用いている典型的な線量を調査し、その（　c　）が DRL 値 を超えている場合、臨床的に（　d　）な理由がない限り、線量が（　e　）されているかどうかを判定するための見直しを行う必要がある。」

設問 2　Japan DRLs 2020 に示される、CT、一般 X 線撮影、マンモグラフィ、口内法 X 線撮影、パノラマ X 線撮影の線量指標と単位を記せ。

設問 3　DRL と同様に得られた線量分布を用いた考え方として、DRR および AD がある。DRR および AD について説明せよ。

科目名　保健物理学/放射線防護学

問題 B　個人線量計について以下の設問に答えよ。

設問１　代表的な線量計の種類を 4 つ挙げ、それぞれの特徴を述べよ。

設問２　測定値から評価される実用量の種類と線量限度について述べよ。

設問３　放射線の照射ジオメトリの違いによる測定値への影響について述べよ。

設問４　日本における不均等被ばくの場合の装着方法および被ばく線量の計算方法について述べよ。