

平成 26 年度

第 1 種
機 械

(第 3 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141R01234Aの場合）

受 験 番 号										
数 字			記号	数 字			記号			
0	1	4	1	R	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	●
○	●	○	●		○	●	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	●	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	●	○	○
○	○	●	○		○	○	○	○	●	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○	●	○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○
○	○		○		○	○	○	○	○	○

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。

4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の (1) と表示のある間に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の(イ)をマークします。

なお、マークは各小間につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

A 問									
問 1					問				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問6と問7はどちらか1問を選択してください。選択した問題は、マークシートの「選択問題マーク欄」にマークしてください。2問とも選択した場合は採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題（配点は1問題当たり小問各2点，計10点）

問1 次の文章は，同期発電機の励磁装置に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

同期発電機の界磁巻線に直流電流を供給し，同期発電機の端子電圧を一定に保持又は調整する装置を励磁装置という。近年製作される励磁装置の多くがサイリスタ励磁方式又はブラシレス励磁方式となっている。サイリスタ励磁方式には，同期発電機の主回路端子に (1) を接続し，この出力を励磁電源に用いた自励方式が多く， (1) とサイリスタ変換器を使用して励磁装置が構成される方式であり，同期発電機の界磁電圧を直接制御するため一般に応答性が優れる特長をもっている。一方，ブラシレス励磁方式は，同期発電機と同一又は直結した回転軸上に回転 (2) 形同期発電機及び (3) を設置し，ブラシ及びスリップリングを使用しないで同期発電機に直流の界磁電流を供給する方式であり，機械しゅう動部がないため，保守点検の簡素化が図れる特長をもっている。

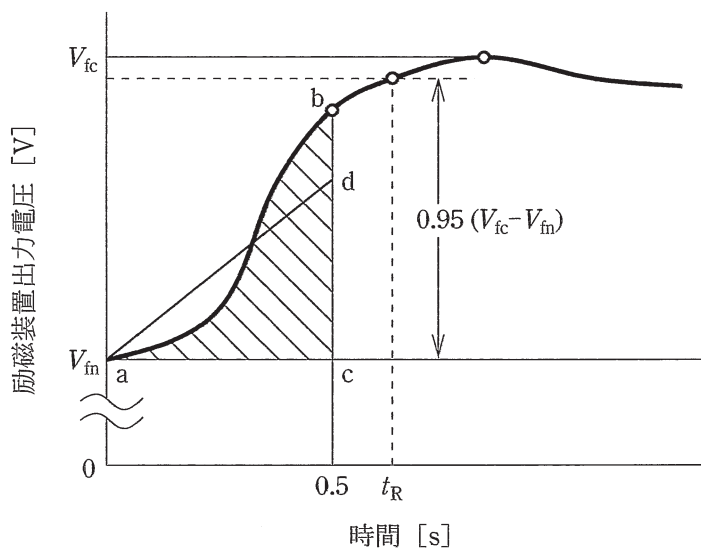
同期発電機が定格運転している状態で，同期発電機の端子電圧が突然大きく低下した場合の励磁装置の出力電圧応答特性の一例を図に示す。

- ・励磁系頂上電圧 V_{fc} [V]：励磁装置の出力電圧(直流平均電圧)の最大値。
- ・励磁系電圧応答時間 t_R [s]：出力電圧が同期発電機の定格負荷状態における界磁電圧 V_{fn} [V] から V_{fc} との差の 95% に増加するのに要する時間。
- ・励磁系 (4) [s⁻¹]：0 ～ 0.5 s に得られる励磁装置の等価電圧変化の割合を V_{fn} で割った値である。図で(斜線部 abc の面積) = (三角形 adc の面積) とするとき，

$$\text{励磁系 } \text{ (4) } = \frac{\overline{dc}}{0.5 \times V_{fn}} \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

となる。

電力系統の過渡安定度を向上させるため、励磁系の応答が速いサイリスタ励磁方式のほかに、IEEE 421.1に記載の、 t_R が0.1 s以下であるハイニシャルレスポンスの速応形ブラシレス励磁方式も使用されている。速応形の応答特性の一例として、励磁装置出力電圧が V_{fn} から直線的に増加し、時間 0.1 s にて $V_{fc} = 2 \times V_{fn}$ に到達後、0.5 s までその V_{fc} が保持された場合、励磁系 (4) は約 (5) s^{-1} となり、応答性が十分高いことが分かる。



励磁装置の出力電圧応答特性

[問1の解答群]

- | | | |
|-----------|--------------|--------------|
| (イ) 整流子 | (ロ) 励磁用交流発電機 | (ハ) 回転抵抗器 |
| (ニ) 電圧速度度 | (ホ) 励磁用変圧器 | (ヘ) 2.7 |
| (ヒ) 1.8 | (フ) 電圧上昇度 | (リ) 励磁用直流発電機 |
| (ヌ) 電圧変動度 | (ル) 回転変圧器 | (レ) 界磁 |
| (ヘ) 3.6 | (カ) 回転整流器 | (ロ) 電機子 |

問2 次の文章は、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) の誘導負荷スイッチング試験に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

図1は、IGBT に対して誘導負荷スイッチング試験を行うための試験主回路、及び試験時にリアクトル L に流れる電流 i_L の波形の一例である。

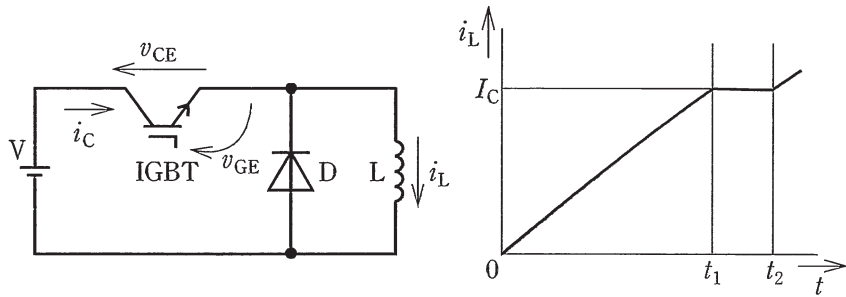


図1 誘導負荷スイッチング試験主回路及び通電波形

IGBT のゲート-エミッタ間電圧 v_{GE} を制御し、時刻 $t = 0$ で IGBT をターンオンさせると、L に流れる電流 i_L は 0 から徐々に増加する。時刻 t_1 で i_L が試験設定電流 I_C に達したとき、IGBT をターンオフさせ、短時間後の t_2 に再度ターンオンさせた。 t_1 から t_2 までの間、 i_L は、ダイオード D を環流し減衰するが、 $(t_2 - t_1)$ が短時間であるので、ここでは I_C に維持されるものとする。このときのターンオフ時のコレクタ-エミッタ間電圧 v_{CE} 及びコレクタ電流 i_C の概略波形は、図2の (1) となる。また、ターンオン時の同概略波形は、図2の (2) となる。

ターンオフ時、IGBT のコレクタ電流 i_C が $0.1I_C$ から $0.02I_C$ に降下するまでの時間を (3) という。

IGBT がオフ時のコレクタ-エミッタ間電圧を V_{CE} とする。また、オン時のコレクタ-エミッタ間飽和電圧 V_{CEsat} は十分に小さいものとして無視する。ターンオフ損失は、ターンオフ時、 v_{CE} が $0.1V_{CE}$ に上昇した時点から、 i_C が $0.02I_C$ に減少した時点までの (4) の積分値である。

同じ I_C 及び V_{CE} のとき、誘導負荷スイッチング時における IGBT のスイッチング損失は、抵抗負荷スイッチング時に比較して (5) 。

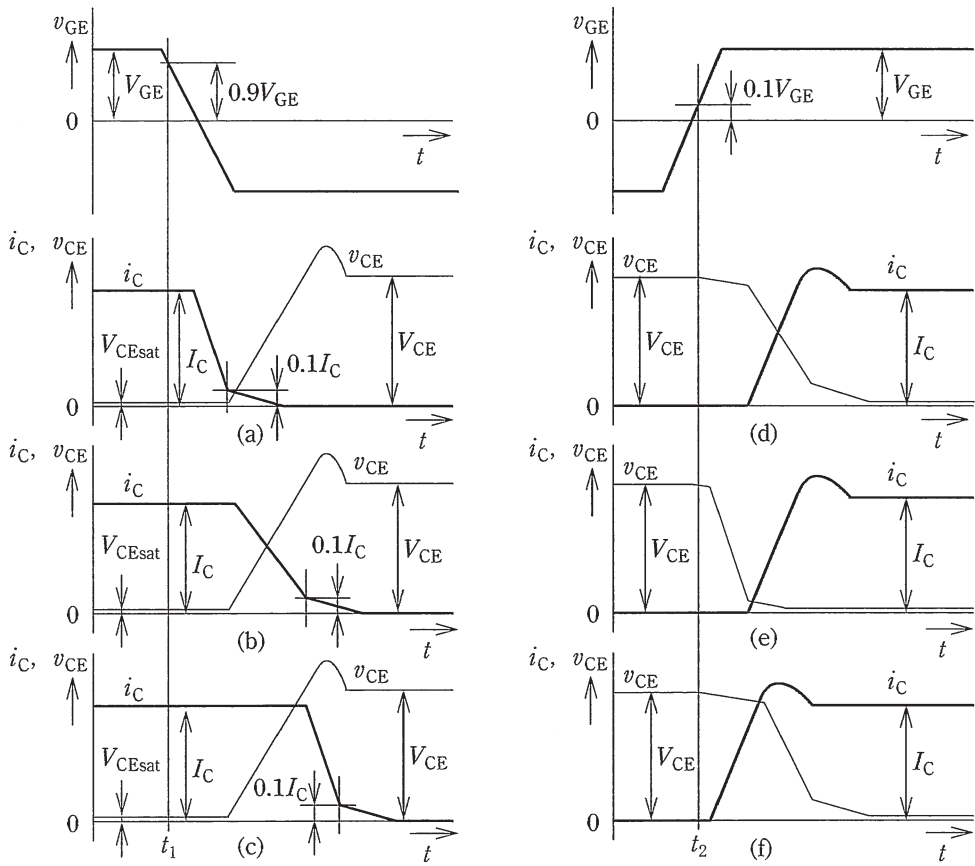


図2 ターンオフ及びターンオン時の波形

[問2の解答群]

- | | | | |
|----------|------------|-----------------|------------|
| (イ) (e) | (ロ) (b) | (ハ) 大きい | (ニ) エミッタ損失 |
| (ホ) (a) | (ヘ) 同等である | (ト) テイル時間 | (チ) (c) |
| (リ) 降下時間 | (ス) 小さい | (ル) (f) | (ヲ) (d) |
| (リ) 遮断時間 | (カ) コレクタ損失 | (ヱ) コレクタ-エミッタ損失 | |

問3 次の文章は、永久磁石式同期電動機の駆動法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

同期電動機の基本的な構成を図に示す。同期電動機を高効率に、かつ、高速応答に可変速駆動するには、 (1) に応じて固定子電流を制御する方法が用いられる。これは誘導電動機のベクトル制御と原理的に同じである。このような駆動システムにおいて、同期電動機に永久磁石式同期電動機を用いた場合を (2) と呼ぶことがある。

永久磁石式同期電動機でも直軸リアクタンス X_d 及び横軸リアクタンス X_q を定義することができる。永久磁石式同期電動機の構造にはいくつかの種類があり、永久磁石を回転子の表面に貼り付けた SPM (Surface Permanent Magnet) 構造の永久磁石式同期電動機は、永久磁石を回転子内部においた IPM (Interior Permanent Magnet) 構造と比べると、固定子電流による界磁磁束への影響を (3) の特徴があり、従来からサーボモータを中心に最も多く使用されている。

インバータを組み合わせた SPM 構造の永久磁石式同期電動機駆動システムは、回転子の位置を検出して電流を流し、トルクを発生する。ここで、インバータ及び固定子巻線は三相で、図のような2極機モデルにおいて、U-U' の巻線による起磁力の方向に対して回転子の位置を θ_r とすると、固定子トルクの反力である回転子発生トルク T は次式となる。

$$T = -K \left[i_U \Phi_a \sin \theta_r + i_V \Phi_a \sin \left(\theta_r - \frac{2\pi}{3} \right) + i_W \Phi_a \sin \left(\theta_r - \frac{4\pi}{3} \right) \right]$$

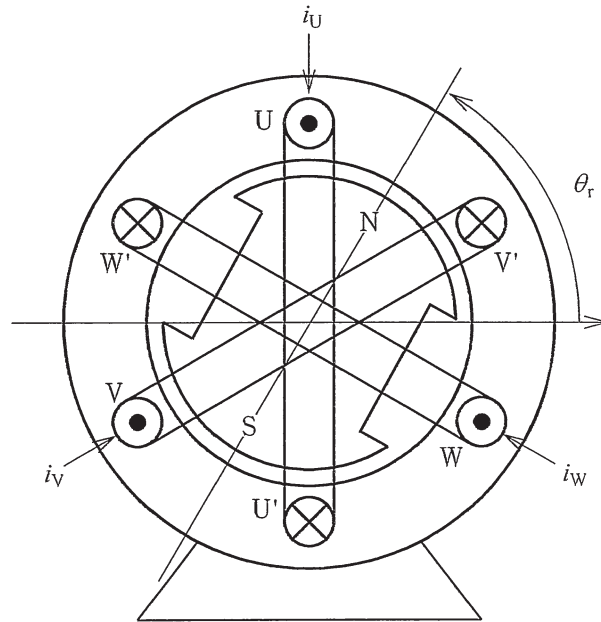
ただし、 K は比例定数、 Φ_a は電機子に鎖交する磁束である。各相に正弦波電流

$$i_U = -I_a \sin \theta_r, \quad i_V = -I_a \sin \left(\theta_r - \frac{2\pi}{3} \right), \quad i_W = -I_a \sin \left(\theta_r - \frac{4\pi}{3} \right)$$

を流すと回転子発生トルクは次式となる。

$$T = \text{ (4) }$$

同期電動機において、三相固定子電流による起磁力を合成した回転磁界と、回転する界磁極との間の角は、負荷状態によって変化する。この SPM 構造の永久磁石式同期電動機駆動システムでは、上記のように絶えず磁極に向かい合う固定子巻線に電流 I_a を流すように制御しているので、この合成した回転磁界と回転する界磁極との間の角が常に (5) され、同じトルクを発生するのにほぼ最小電流で運転できる。



[問3の解答群]

- | | |
|--------------------------------|---|
| (イ) 180° に維持 | (ロ) 強く受ける $X_d < X_q$ の突極機 |
| (ハ) 回転子の速度 | (ニ) $\frac{3}{2} K I_a \Phi_a$ |
| (ホ) ブラシレス DC モータ | (ヘ) スイッチトリラクタンスモータ |
| (ト) $\frac{1}{2} K I_a \Phi_a$ | (セ) 強く受ける $X_d > X_q$ の突極機 |
| (リ) DC モータ | (ス) 界磁の大きさ |
| (ル) 0° に維持 | (ワ) ほぼ無視できる非突極機 |
| (レ) 直角に維持 | (カ) $\frac{1}{2} K I_a \Phi_a \cos 2\theta_r$ |
| (ロ) 界磁極の位置 | |

問4 次の文章は、銅の電解精製に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

電線で用いられる高純度の銅は、熱化学的に得られた粗銅を電解精製による一段のプロセスで、不純物濃度を (1) %以下に小さくして作られる。この高純度化によって銅は柔軟性が増すと共に (2) が小さくなる効果があり、電解精製は実用的には欠かすことができない。銅の電解精製では硫酸が電解液として用いられ、粗銅は (3) としての機能をもつ。この電解液中で銅は (4) イオンとして存在し、これが還元されて高純度の銅が得られる。銅の電解精製プロセスでは銅のもつ溶解電位、又は析出電位を利用するが、簡単には元素のもつイオン化傾向の差を用いると考えるとよい。この際、生成する銅の質量はファラデーの電気分解の法則に従い、用いた電気量に比例する。ここでファラデー定数が用いられる。ファラデー定数は電子素量と (5) の積である。具体的には有効数字3桁で表して 96 500 C/mol が使われることが多い。

[問4の解答群]

- | | | | |
|------------|-----------|-----------|----------|
| (イ) カソード | (ロ) 反応電子数 | (ハ) 電気抵抗 | (ニ) 1 |
| (ホ) 10 | (ヘ) 反応モル数 | (ト) 0.1 | (チ) -2 価 |
| (リ) アボガドロ数 | (ヌ) アノード | (ル) 電気伝導性 | (フ) 隔膜 |
| (ワ) 1 価 | (カ) 展 性 | (ヨ) 2 価 | |

B問題（配点は1問題当たり20点）

問5 次の文章は、リアクトルに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

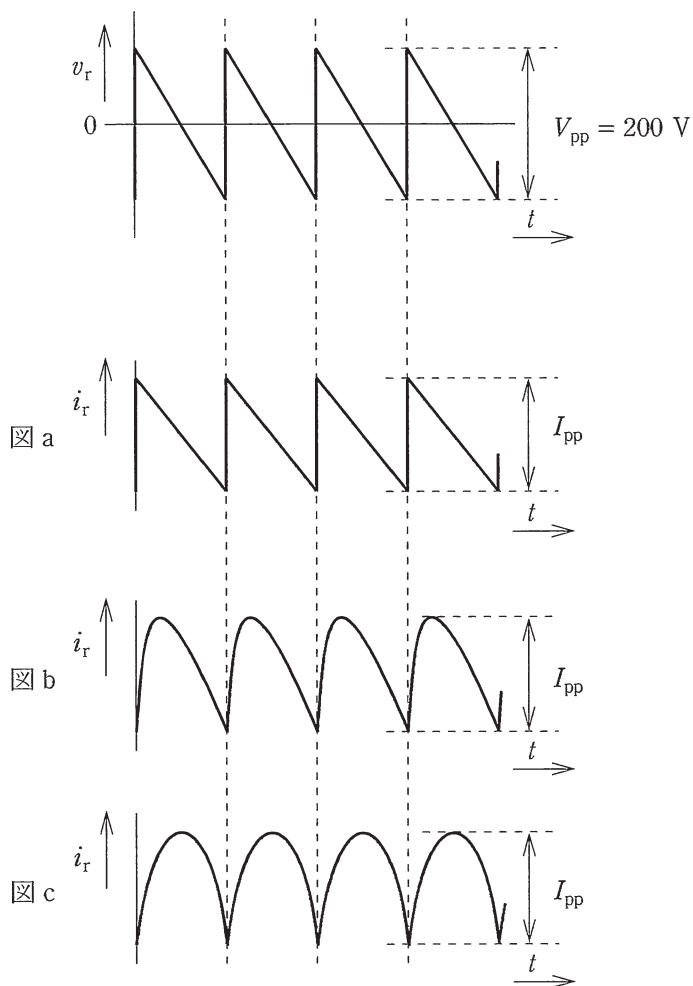
インダクタンス L が 20 mH の空隙付き鉄心リアクトルがある。このリアクトルの磁路の断面積 S は 100 cm^2 であり、巻線の巻数 N は 256 である。 S は全磁路にわたって一定で、漏れ磁束、鉄心の飽和、残留磁束などは無視できるものとする。また、巻線の抵抗は無視できるものとする。

このリアクトルに実効値 $V = 400 \text{ V}$ 、 $f = 50 \text{ Hz}$ の正弦波交流電圧を印加したとき、定常状態における鉄心の最大磁束密度は $B_m = \text{ (1) T}$ となる。

このリアクトルに直流電流 $I_d = 100 \text{ A}$ を通電したとき、鉄心の磁束密度は $B_d = \text{ (2) T}$ となる。

図の最上段に示すような、ピークピーク値 V_{pp} が 200 V で周波数が 300 Hz ののこぎり波電圧 v_r をこのリアクトルに加えた。このときの電流 i_r の波形に最も近い波形は (3) であり、 i_r のピークピーク値 I_{pp} は (4) A である。

のこぎり波電圧の 300 Hz 成分の実効値は、 45.0 V であった。このときの電流の 300 Hz 成分の実効値は (5) A である。



[問5の解答群]

- | | | | |
|---|---|---|-------------|
| (イ) 3.38 | (ロ) 0.703 | (ハ) 4.16 | (ニ) 5.89 |
| (ホ) 2.00 | (ヘ) 0.497 | (ト) <input checked="" type="checkbox"/> b | (チ) 7.16 |
| (リ) 200 | (ス) <input checked="" type="checkbox"/> a | (ル) 8.33 | (フ) 0.00703 |
| (リ) <input checked="" type="checkbox"/> c | (カ) 0.781 | (コ) 1.19 | |

問6及び問7は選択問題であり、問6又は問7のどちらかを選んで解答すること。
なお、両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問6 次の文章は、乳白ガラス球を用いた照明器具の照明計算に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。なお、 π は3.1416とする。

直径250 mmの乳白ガラスの照明器具が、奥行き2.7 m×間口2.7 m、天井高さ2.3 mの室内の天井中央から、照明器具中心まで0.55 mの長さでつるされている。照明器具内部には全光束 $\phi = 810$ lmのランプがあり、乳白ガラスで光が均等に拡散し 1067 cd/m²で輝いている。このような設定において、以下の三つの問題を考える。なお、乳白ガラス内面の反射率 $\rho = 20\%$ 、透過率 $\tau = 65\%$ 、残りはガラスで吸収され、ガラスの厚みは無視できるものとする。また、室内各面等での相互反射は無視できるものとする。

a. 照明器具直下から水平に0.75 m離れた机上面A点(床上0.75 m)の水平面照度を求める。

照明器具が 1067 cd/m²で均等に輝いているので、A点方向の光度は約 (1) cdである。照明器具とA点との距離は、照明器具の直径より十分大きいので、照明器具を点とみなして机上面A点の水平面照度を計算すると (2) lxとなる。

b. 次に、机など障害物がない場合の室全体の平均照度を求める。

光束は、光度と (3) の積である。また、 (3) は、光中心から半径1の単位球上にある面を仮定したときのその表面積でもある。この関係から照明器具の全光束が求まるので、室空間全体の平均照度は (4) lxとなる。

c. 照明器具内の相互反射による光束が，照明器具の全光束に占める割合を
求める。

照明器具の全光束は，ランプ全光束の直接透過成分に照明器具内部での相互
反射成分が加わった値である。相互反射による内面の間接照度 E_i は，球内の
表面積を S としたときに次式で求めることができる。

$$E_i = \frac{\phi}{S} \times \frac{\rho}{(1-\rho)}$$

照明器具内の相互反射による光束は，照明器具の全光束の %を
占める。

[問6の解答群]

- | | | | |
|----------|-----------|------------------|----------|
| (イ) 41.9 | (ロ) 立体角 | (ハ) 20.0 | (ニ) 10.0 |
| (ホ) 15.0 | (ヘ) 84.9 | (ト) 52.4 | (チ) 43.5 |
| (リ) 26.8 | (ヌ) 正射影面積 | (ル) 21.5 | (フ) 66.8 |
| (ワ) 13.4 | (カ) 16.7 | (エ) 照明器具の見かけの大きさ | |

(選択問題)

問7 次の文章は、メカトロニクスへのデジタル制御に関する記述である。文中の

□ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

メカトロニクス装置は、コンピュータやエレクトロニクスを駆使した高度化された機械である。メカトロニクスシステムの基本構成は、制御対象である連続時間システムとデジタル制御である離散時間システムとが含まれる図1に示すような構成が一般的である。このようなシステムは、デジタル制御演算器からみたモデルとして、□ (1) を用いてパルス伝達関数で表現することによって、制御対象とデジタル制御演算器とが統一的に解析できる。すなわち、図2のサンプリング周期 T をもつ D/A 変換器で、零次ホールド要素 $G_0(s)$ と伝達関数 $G(s)$ とをカスケード結合している連続時間システムに対するパルス伝達関数 $G^*(z)$ は、

$$G_0(s) = \square (2)$$

であるので、

$$G^*(z) = Z[G_0(s)G(s)] = (1-z^{-1})Z\left[\frac{G(s)}{s}\right]$$

と表現できる。同様に、デジタル制御演算器に合わせて図1の A/D 変換器もパルス伝達関数で表現することによって統一的な解析が可能である。

このような解析において、A/D 変換器の前段では、サンプリング周波数の $\frac{1}{2}$ の周波数である □ (3) 周波数と呼ばれる周波数以上の成分を、急峻きゅうしゅんに減衰させるフィルタを設けることで □ (4) 現象を防止することを前提としている。さらに、対象となる A/D 変換器では、アナログ量をサンプリングして有限のビット数からなるデジタル値に変換することによる □ (5) 誤差が無視できることを前提に扱われている。

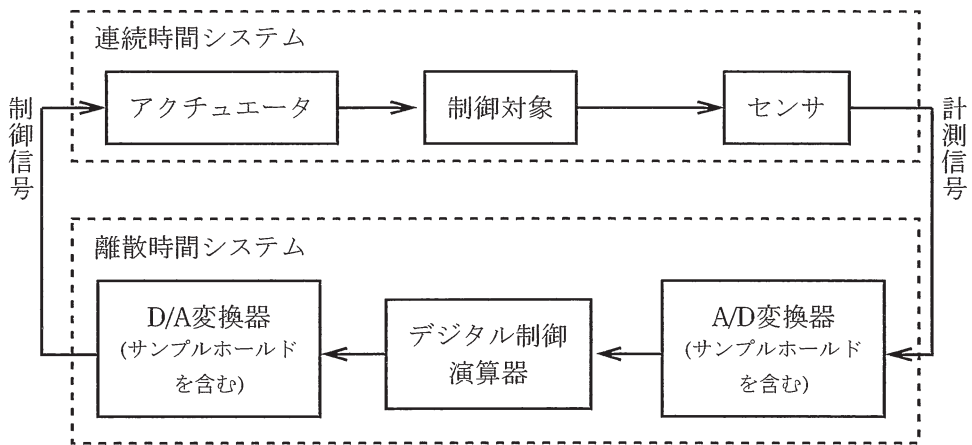


図 1

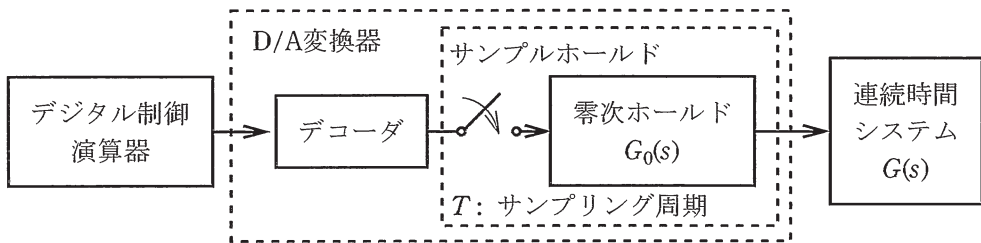


図 2

[問 7 の解答群]

- | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|---------------------------|
| (イ) フェランチ | (ロ) 拡大 | (ハ) z 変換 | (ニ) $\frac{1+e^{-sT}}{s}$ |
| (ホ) $\frac{1-e^{-sT}}{s}$ | (ヘ) ステップ | (ト) サンプリング | (フ) ナイキスト |
| (リ) カットオフ | (ヌ) 等価変換 | (ル) エイリアシング | (七) $\frac{1-e^{sT}}{s}$ |
| (ロ) 時間変換 | (カ) ビット化 | (ヨ) 量子化 | |