

令和 2 年度

第 3 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：0141B01234Aの場合）

受 験 番 号											
数		字			記号	数		字			記号
0	1	4	1	B	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	
①	●	①	●	●	①	●	①	①	①	●	
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●	
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●	
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧	⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨	⑨				⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

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. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題番号	選択肢番号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問17と問18は選択問題です。どちらか1問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

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  $R$ [ $\Omega$ ] 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5点)

問1 次の文章は、直流他励電動機の制御に関する記述である。ただし、鉄心の磁気飽和と電機子反作用は無視でき、また、電機子抵抗による電圧降下は小さいものとする。

- a 他励電動機は、 と  を独立した電源で制御できる。磁束は  に比例する。
- b 磁束一定の条件で  を増減すれば、 に比例するトルクを制御できる。
- c 磁束一定の条件で  を増減すれば、 に比例する回転数を制御できる。
- d  一定の条件で磁束を増減すれば、ほぼ磁束に反比例する回転数を制御できる。回転数の  のために  を弱める制御がある。

このように広い速度範囲で速度とトルクを制御できるので、直流他励電動機は圧延機の駆動などに広く使われてきた。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(選択肢は右側に記載)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	界磁電流	電機子電流	電機子電圧	上昇
(2)	電機子電流	界磁電流	電機子電圧	上昇
(3)	電機子電圧	電機子電流	界磁電流	低下
(4)	界磁電流	電機子電圧	電機子電流	低下
(5)	電機子電圧	電機子電流	界磁電流	上昇

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流発電機がある。回転軸が回らないよう固定し、電機子に3Vの電圧を加えると、定格電流と同じ1Aの電機子電流が流れた。次に、電機子回路を開放した状態で、回転子を定格回転数で駆動すると、電機子に15Vの電圧が発生した。この小形直流発電機の定格運転時の効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線の銅損しか存在しないものとする。

- (1) 70            (2) 75            (3) 80            (4) 85            (5) 90

問3 三相かご形誘導電動機の等価回路定数の測定に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、等価回路としては一次換算した一相分の簡易等価回路(L形等価回路)を対象とする。

- (1) 一次巻線の抵抗測定は静止状態において直流で行う。巻線抵抗値を換算するための基準巻線温度は絶縁材料の耐熱クラスによって定められており、75℃や115℃などの値が用いられる。
- (2) 一次巻線の抵抗測定では、電動機の一次巻線の各端子間で測定した抵抗値の平均値から、基準巻線温度における一次巻線の抵抗値を決められた数式を用いて計算する。
- (3) 無負荷試験では、電動機の一次巻線に定格周波数の定格一次電圧を印加して無負荷運転し、一次側において電圧[V]、電流[A]及び電力[W]を測定する。
- (4) 拘束試験では、電動機の回転子を回転しないように拘束して、一次巻線に定格周波数の定格一次電圧を印加して通電し、一次側において電圧[V]、電流[A]及び電力[W]を測定する。
- (5) 励磁回路のサセプタンスは無負荷試験により、一次二次の合成漏れリアクタンスと二次抵抗は拘束試験により求められる。

問4 次の文章は、回転界磁形三相同期発電機の無負荷誘導起電力に関する記述である。

回転磁束を担う回転子磁極の周速を  $v$  [m/s]、磁束密度の瞬時値を  $b$  [T]、磁束と直交する導体の長さを  $l$  [m] とすると、1本の導体に生じる誘導起電力  $e$  [V] は次式で表される。

$$e = vbl$$

極数を  $p$ 、固定子内側の直径を  $D$  [m] とすると、極ピッチ  $\tau$  [m] は  $\tau = \frac{\pi D}{p}$  であるから、 $f$  [Hz] の起電力を生じる場合の周速  $v$  は  $v = 2\tau f$  である。したがって、角周波数  $\omega$  [rad/s] を  $\omega = 2\pi f$  とし、上述の磁束密度瞬時値  $b$  [T] を  $b(t) = B_m \sin \omega t$  と表した場合、導体1本あたりの誘導起電力の瞬時値  $e(t)$  は、

$$e(t) = E_m \sin \omega t$$

$$E_m = \boxed{(\gamma)} B_m l$$

となる。

また、回転磁束の空間分布が正弦波でその最大値が  $B_m$  のとき、1極の磁束密度の  $\boxed{(i)}$   $B$  [T] は  $B = \frac{2}{\pi} B_m$  であるから、1極の磁束  $\Phi$  [Wb] は  $\Phi = \frac{2}{\pi} B_m \tau l$  である。したがって、1本の導体に生じる起電力の実効値は次のように表すことができる。

$$\frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f \Phi = 2.22 f \Phi$$

よって、三相同期発電機の1相あたりの直列に接続された電機子巻線の巻数を  $N$  とすると、回転磁束の空間分布が正弦波の場合、1相あたりの誘導起電力(実効値)  $E$  [V] は、

$$E = \boxed{(\psi)} f \Phi N$$

となる。

さらに、電機子巻線には一般に短節巻と分布巻が採用されるので、これらを考慮した場合、1相あたりの誘導起電力  $E$  は次のように表される。

$$E = \boxed{(\psi)} k_w f \Phi N$$

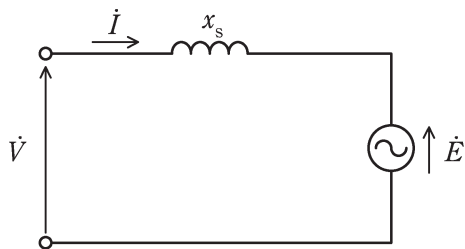
ここで  $k_w$  を  $\boxed{(z)}$  という。



上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$2\tau f$	平均値	2.22	巻線係数
(2)	$2\pi f$	最大値	4.44	分布係数
(3)	$2\tau f$	平均値	4.44	巻線係数
(4)	$2\pi f$	最大値	2.22	短節係数
(5)	$2\tau f$	実効値	2.22	巻線係数

問5 図はある三相同期電動機の1相分の等価回路である。ただし、電機子巻線抵抗は無視している。相電圧 $\dot{V}$ の大きさは $V = 200 \text{ V}$ 、同期リアクタンスは $x_s = 8 \ \Omega$ である。この電動機を運転して力率が1になるように界磁電流を調整したところ、電機子電流 $\dot{I}$ の大きさ $I$ が $10 \text{ A}$ になった。このときの誘導起電力 $E$ の値[V]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 120      (2) 140      (3) 183      (4) 215      (5) 280

問6 次の文章は、交流整流子モータの特徴に関する記述である。

交流整流子モータは、直流直巻電動機に類似した構造となっている。直流直巻電動機では、加える直流電圧の極性を逆にしても、磁束と電機子電流の向きが共に  ので、トルクの向きは変わらない。交流整流子モータは、この原理に基づき回転力を得ている。

交流整流子モータは、一般に始動トルクが  ，回転速度が  なので、電気ドリル、電気掃除機、小型ミキサなどのモータとして用いられている。なお、小容量のものでは、交流と直流の両方に使用できるものもあり、 と呼ばれる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	逆になる	大きく	低速	ユニバーサルモータ
(2)	変わらない	小さく	低速	ユニバーサルモータ
(3)	変わらない	大きく	高速	ブラシレス DC モータ
(4)	逆になる	小さく	低速	ブラシレス DC モータ
(5)	逆になる	大きく	高速	ユニバーサルモータ

問7 電動機と負荷の特性を、回転速度を横軸、トルクを縦軸に描く、トルク対速度曲線で考える。電動機と負荷の二つの曲線が、どのように交わるかを見ると、その回転数における運転が、安定か不安定かを判定することができる。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 負荷トルクよりも電動機トルクが大きいと回転は加速し、反対に電動機トルクよりも負荷トルクが大きいと回転は減速する。回転速度一定の運転を続けるには、負荷と電動機のトルクが一致する安定な動作点が必要である。
- (2) 巻線形誘導電動機では、回転速度の上昇とともにトルクが減少するように、二次抵抗を大きくし、大きな始動トルクを発生させることができる。この電動機に回転速度の上昇とともにトルクが増える負荷を接続すると、両曲線の交点が安定な動作点となる。
- (3) 電源電圧を一定に保った直流分巻電動機は、回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、直流分巻電動機は、安定に送風機を駆動することができる。
- (4) かご形誘導電動機は、回転トルクが小さい時点から回転速度を上昇させるとともにトルクが増大、最大トルクを超えるとトルクが減少する。この電動機に回転速度でトルクが変化しない定トルク負荷を接続すると、電動機と負荷のトルク曲線が2点で交わる場合がある。この場合、加速時と減速時によって安定な動作点が変わる。
- (5) かご形誘導電動機は、最大トルクより高速な領域では回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、かご形誘導電動機は、安定に送風機を駆動することができる。

問 8 変圧器の構造に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 変圧器の巻線には軟銅線が用いられる。巻線の方法としては、鉄心に絶縁を施し、その上に巻線を直接巻きつける方法、円筒巻線や板状巻線としてこれを鉄心にはめ込む方法などがある。
- (2) 変圧器の鉄心には、飽和磁束密度と比透磁率が大きい電磁鋼板が用いられる。この鋼板は、渦電流損を低減するためケイ素が数%含有され、さらにヒステリシス損を低減するために表面が絶縁皮膜で覆われている。
- (3) 変圧器の冷却方式には用いる冷媒によって、絶縁油を使用する油入式と空気を使用する乾式、さらにガス冷却式などがある。
- (4) 変圧器油は、変圧器本体を浸し、巻線の絶縁耐力を高めるとともに、冷却によって本体の温度上昇を防ぐために用いられる。また、化学的に安定で、引火点が高く、流動性に富み比熱が大きくて冷却効果が大きいなどの性質を備えることが必要となる。
- (5) 大型の油入変圧器では、負荷変動に伴い油の温度が変動し、油が膨張・収縮を繰り返すため、外気が変圧器内部に出入りを繰り返す。これを変圧器の呼吸作用といい、油の劣化の原因となる。この劣化を防止するため、本体の外にコンサベータやブリーザを設ける。

問9 一次線間電圧が 66 kV，二次線間電圧が 6.6 kV，三次線間電圧が 3.3 kV の三相三巻線変圧器がある。一次巻線には線間電圧 66 kV の三相交流電源が接続されている。二次巻線に力率 0.8，8 000 kV・A の三相誘導性負荷を接続し，三次巻線に 4 800 kV・A の三相コンデンサを接続した。一次電流の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，変圧器の漏れインピーダンス，励磁電流及び損失は無視できるほど小さいものとする。

- (1) 42.0      (2) 56.0      (3) 70.0      (4) 700.0      (5) 840.0

問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年，主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。両者を比較した記述として，誤っているものを次の (1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) IGBT は電圧駆動形であり，ゲート・エミッタ間の電圧によってオン・オフを制御する。
- (2) パワーMOSFET は電流駆動形であり，キャリア蓄積効果があることからスイッチング損失が大きい。
- (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり，バイポーラ形のデバイスと比べてオン状態の抵抗が高い。
- (4) IGBT はバイポーラトランジスタにパワーMOSFET の特徴を組み合わせることにより，スイッチング特性を改善している。
- (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで，高耐圧化をしつつオン状態の抵抗を低くすることが可能になる。

問 11 慣性モーメント  $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  のはずみ車が，回転数  $1500 \text{ min}^{-1}$  で回転している。  
このはずみ車に負荷が加わり，2 秒間で回転数が  $1000 \text{ min}^{-1}$  まで減速した。この間にはずみ車が放出した平均出力の値 [kW] として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし，軸受の摩擦や空気の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 34            (2) 137            (3) 171            (4) 308            (5) 343



問 12 教室の平均照度を 500 lx 以上にしたい。ただし、その時の光源一つの光束は 2400 lm, この教室の床面積は 15 m×10 m であり, 照明率は 60%, 保守率は 70% とする。必要最小限の光源数として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 30

(2) 40

(3) 75

(4) 115

(5) 150

問 13 熱の伝導は電気の伝導によく似ている。下記は、電気系の量と熱系の量の対応表である。

電気系と熱系の対応表

電気系の量	熱系の量
電圧 $V$ [V]	<input type="text" value="(ア)"/> [K]
電気量 $Q$ [C]	熱量 $Q$ [J]
電流 $I$ [A]	<input type="text" value="(イ)"/> [W]
導電率 $\sigma$ [S/m]	熱伝導率 $\lambda$ [W/(m·K)]
電気抵抗 $R$ [ $\Omega$ ]	熱抵抗 $R_T$ <input type="text" value="(ウ)"/>
静電容量 $C$ [F]	熱容量 $C$ <input type="text" value="(エ)"/>

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	熱流 $\Phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[K/W]
(2)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/W]	[J/K]
(3)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/J]	[J/K]
(4)	熱流 $\Phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[J/W]
(5)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/W]	[J/W]

問 14 入力信号  $A$ ,  $B$  及び  $C$ , 出力信号  $X$  の論理回路の真理値表が次のように示されたとき,  $X$  の論理式として, 正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

$A$	$B$	$C$	$X$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- (1)  $A \cdot B + A \cdot \bar{C} + B \cdot C$
- (2)  $A \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot \bar{C}$
- (3)  $A \cdot \bar{B} + C + \bar{A} \cdot B$
- (4)  $B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B + \bar{B} \cdot C$
- (5)  $A \cdot B + C$

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 定格出力 45 kW, 定格周波数 60 Hz, 極数 4, 定格運転時の滑りが 0.02 である三相誘導電動機について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この誘導電動機の定格運転時の二次入力(同期ワット)の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 43

(2) 44

(3) 45

(4) 46

(5) 47

(b) この誘導電動機を、電源周波数 50 Hz において、60 Hz 運転時の定格出力トルクと同じ出力トルクで連続して運転する。この 50 Hz での運転において、滑りが 50 Hz を基準として 0.05 であるときの誘導電動機の出力の値 [kW] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

(1) 36

(2) 38

(3) 45

(4) 54

(5) 56

問 16 図 1 は、直流電圧源から単相インバータで誘導性負荷に交流を給電する基本回路を示す。負荷電流  $i_o(t)$  と直流側電流  $i_d(t)$  は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 各パワートランジスタが出力交流電圧の 1 周期  $T$  に 1 回オンオフする運転を行っている際のある時刻  $t_0$  から 1 周期の波形を図 2 に示す。直流電圧が  $E$  [V] のとき、交流側の方形波出力電圧の実効値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1)  $0.5E$       (2)  $0.61E$       (3)  $0.86E$       (4)  $E$       (5)  $1.15E$

(b) 小問(a)のとき、負荷電流  $i_o(t)$  の波形が図 3 の(ア)～(ウ)、直流側電流  $i_d(t)$  の波形が図 3 の(エ)、(オ)のいずれかに示されている。それらの波形の適切な組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) (ア)と(エ)      (2) (イ)と(エ)      (3) (ウ)と(オ)  
 (4) (ア)と(オ)      (5) (イ)と(オ)

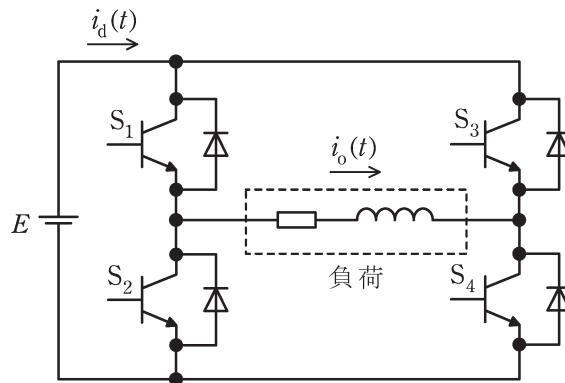


図 1

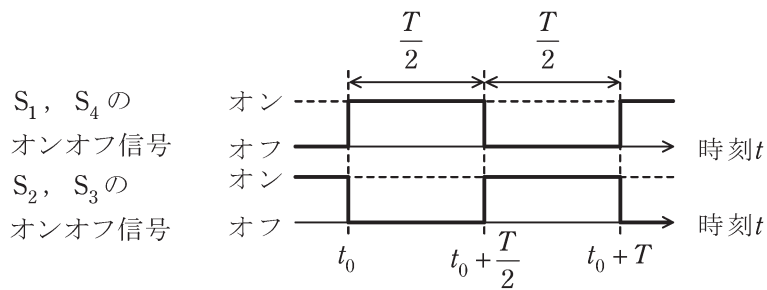


図 2

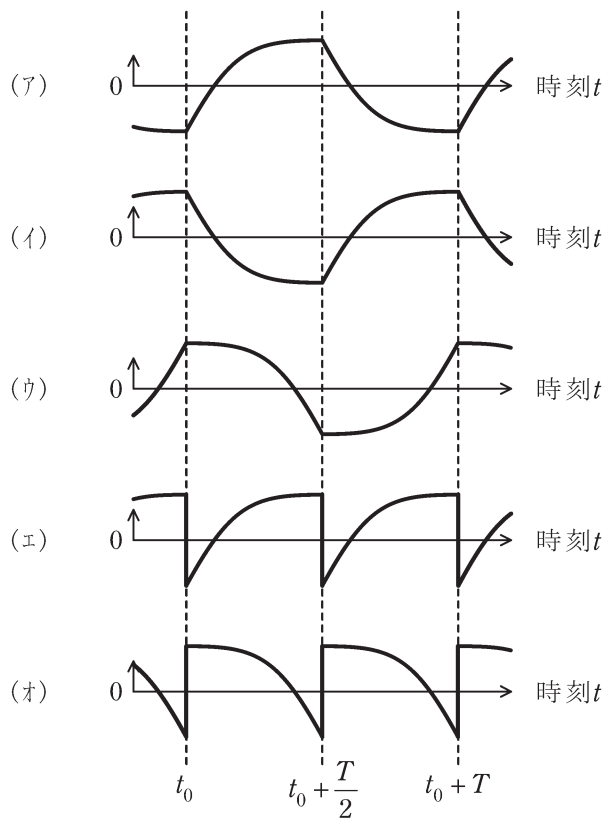
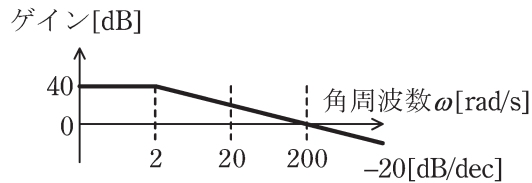


図 3

問 17 及び問 18 は選択問題であり、問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答すること。  
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問 17 図は、ある周波数伝達関数  $W(j\omega)$  のボード線図の一部であり、折れ線近似でゲイン特性を示している。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

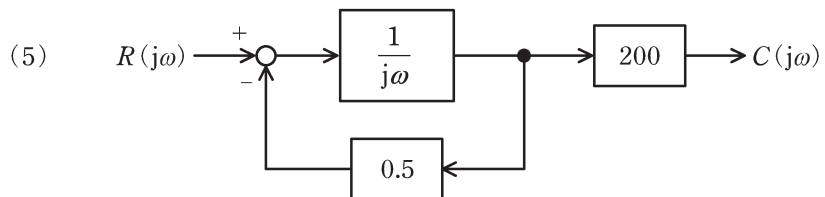
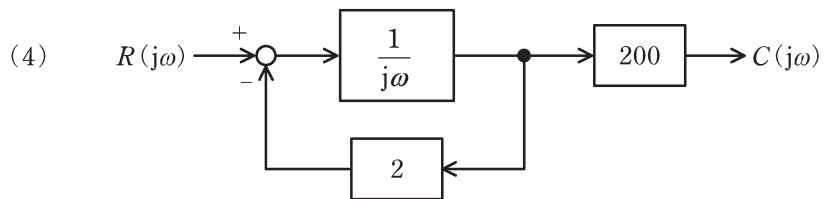
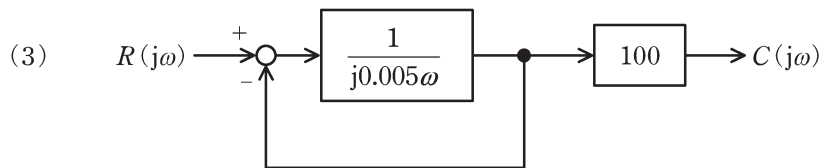
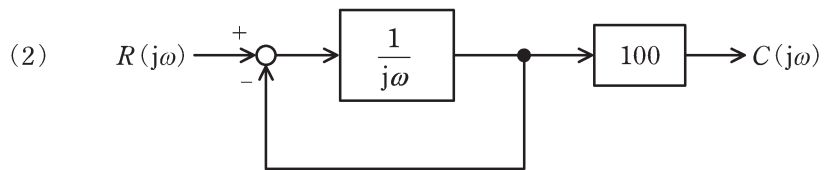
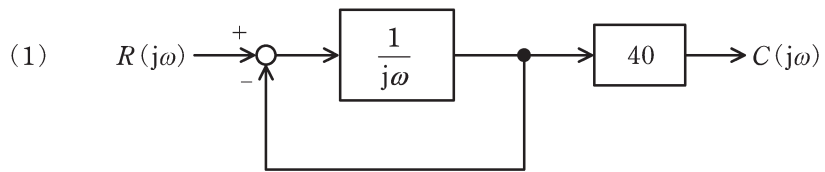


(a) 図のゲイン特性を示す周波数伝達関数として、最も適切なものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1)  $\frac{40}{1+j\omega}$                       (2)  $\frac{40}{1+j0.005\omega}$                       (3)  $\frac{100}{1+j\omega}$
- (4)  $\frac{100}{1+j0.005\omega}$                       (5)  $\frac{100}{1+j0.5\omega}$

(b) 図のゲイン特性を示すブロック線図として、最も適切なものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、入力を  $R(j\omega)$ 、出力を  $C(j\omega)$  として、図のゲイン特性を示しているものとする。





問 17 及び問 18 は選択問題であり、問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答すること。  
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

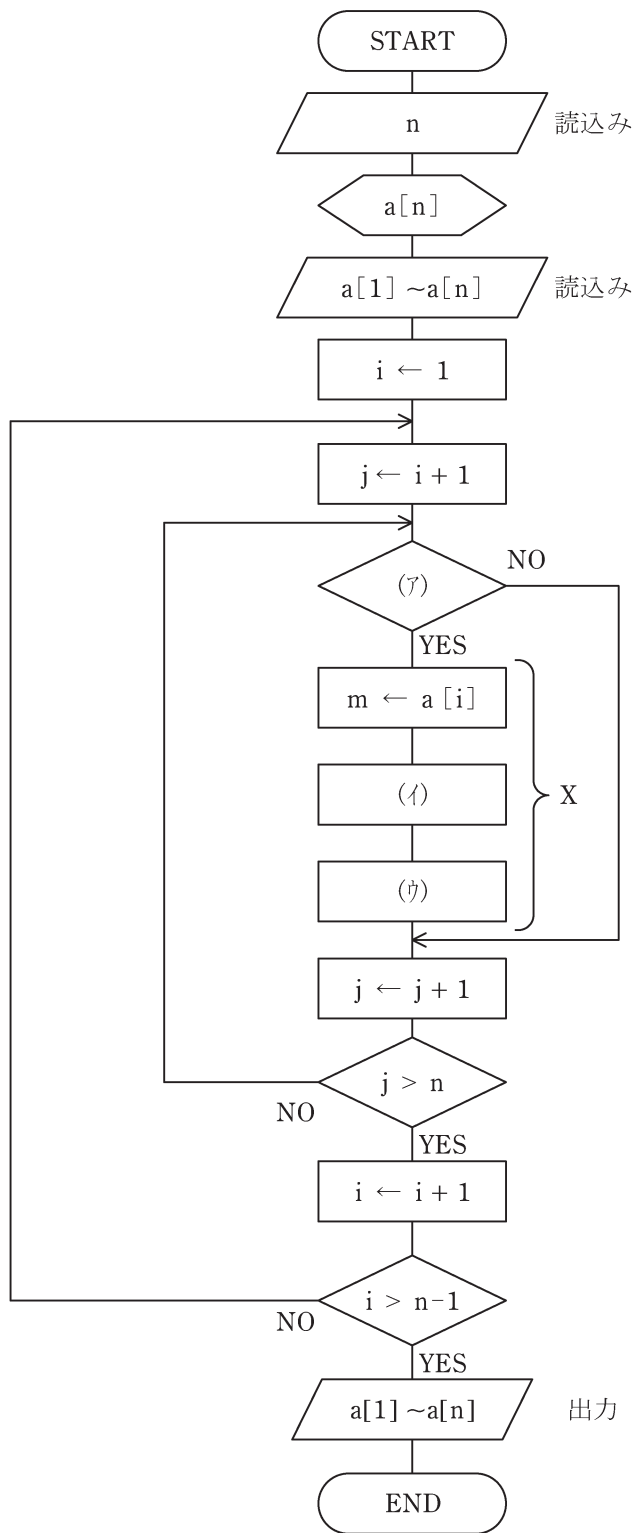
問 18 図は、 $n$  個の配列の数値を大きい順(降順)に並べ替えるプログラムのフローチャートである。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 図中の (ア) ~ (ウ) に当てはまる処理の組合せとして、正しいもの次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$a[i] > a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[i] \leftarrow m$
(2)	$a[i] > a[j]$	$a[i] \leftarrow a[j]$	$a[j] \leftarrow m$
(3)	$a[i] < a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[i] \leftarrow m$
(4)	$a[i] < a[j]$	$a[j] \leftarrow a[i]$	$a[j] \leftarrow m$
(5)	$a[i] < a[j]$	$a[i] \leftarrow a[j]$	$a[j] \leftarrow m$

(b) このプログラム実行時の読み込み処理において、 $n=5$  とし、 $a[1]=3$ 、 $a[2]=1$ 、 $a[3]=2$ 、 $a[4]=5$ 、 $a[5]=4$  とする。フローチャート中の X で示される部分の処理は何回行われるか、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 3                      (2) 5                      (3) 7                      (4) 8                      (5) 10



<機 械>

問1	1
問2	3
問3	4
問4	3
問5	4
問6	5
問7	4
問8	2
問9	2
問10	2
問11	3
問12	3
問13	2
問14	5
問15(a)	4
(b)	1
問16(a)	4
(b)	1
問17(a)	5
(b)	4
問18(a)	5
(b)	3