平成２６年度　第３学年入学者選抜学力試験問題

専　門　科　目

「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題用紙を開いてはいけません。

2　問題用紙は６ページで，解答用紙は７ページあります。試験開始の合図があってから確かめなさい。

3　監督者の指示に従い，解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。

4　<u>受験生は問題１～６の６題の中から３題のみを選択し解答しなさい</u>。なお，<u>選択した問題を明らかにするため，解答用紙の当該問題番号を必ず○で囲みなさい</u>。

5　文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

6　解答はすべて解答用紙に記入しなさい。

7　問題用紙の余白及び解答用紙の裏面は下書きとして利用してよい。

8　試験終了後，配付された問題用紙，下書用紙は持ち帰りなさい。

長岡技術科学大学

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題１　太陽電池モジュールが，ある照度において図１－１のように直線で表されるような特性を示した。下の問い（問１～４）に答えなさい。

問１　このモジュールに負荷抵抗 R を接続したときの等価回路を描きなさい。

問２　負荷抵抗 R が４Ωのとき，計算式を示して出力電圧 V と出力電力 P を求めなさい。

問３　一般に太陽電池は，異なる照度では起電力 V_0 や内部抵抗 r が変化する。それぞれの起電力と内部抵抗に応じて，出力電力が最大になる負荷抵抗 R が存在することを示しなさい。（負荷率 $K=R/(r+R)$ を使ってもよい）

問４　出力を最大にする負荷抵抗 R を接続したときの出力電流 I_{max} と出力電力 P_{max} を起電力 V_0 と内部抵抗 r を用いて表しなさい。

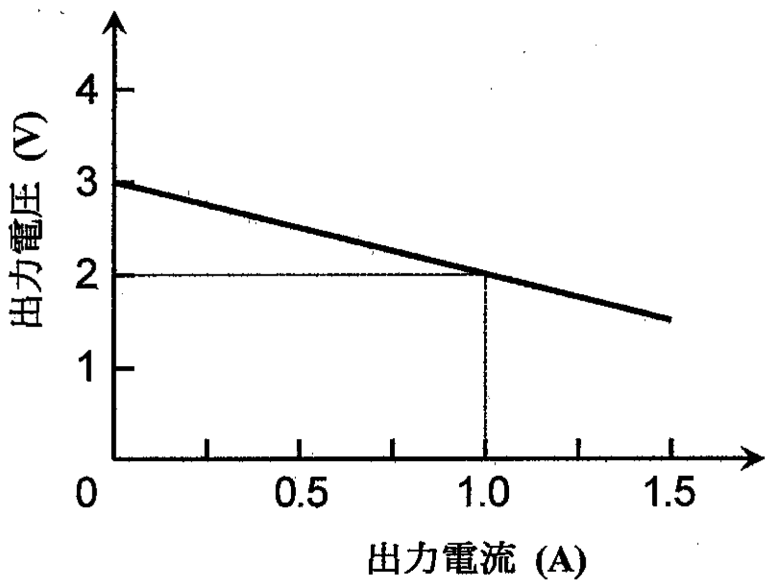

図１－１　太陽電池モジュールの出力特性

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題２　図２－１に示したフィードバック制御系について下の問い（問１～５）に答えなさい。ここで，sはラプラス演算子とする。

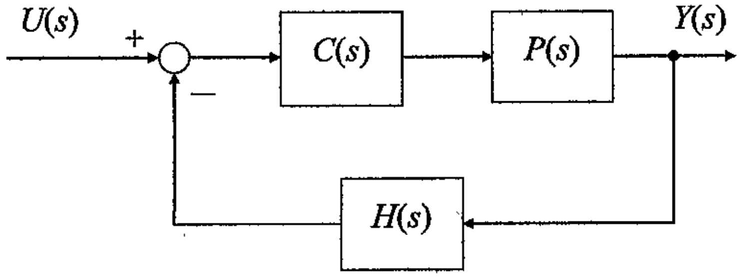

図２－１

問１　$U(s)$から$Y(s)$までの閉ループ伝達関数$G(s)$を求めなさい。

問２　$P(s)=\dfrac{s+10}{s^2}$，$C(s)=\dfrac{s+12}{s+10}$ のとき，問１で求めた伝達関数が，$G(s)=\dfrac{1}{s+12}$となるような$H(s)$を求めなさい。

問３　$P(s)=\dfrac{1}{s+6}$，$H(s)=\dfrac{s+5}{s+3}$のとき，問１で求めた伝達関数が，$G(s)=\dfrac{6(s+3)}{(s+6)(s+5)}$となるような$C(s)$を求めなさい。

問４　$G(s)=\dfrac{Y(s)}{U(s)}=\dfrac{10}{s+1}$の伝達関数について，$U(s)$を単位ステップ関数としたときの，出力$y(t)$のステップ応答の概形を示しなさい。このとき，立ち上がり時間と定常値を概形に記入しなさい。

問５　図２－１で示したフィードバック制御系の安定判別法として有効な，ナイキストの安定判別法について説明しなさい。

問 題 用 紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問題３

図３－１のように真空中で，$\pm q$ の電荷が距離 l だけ離れた電気双極子が xy 平面上の原点Ｏにあるとして，下の問い（問１・問２）に答えなさい。ただし，真空の誘電率をε_0とする。

問１　電気双極子モーメントの大きさ p を求めなさい。

問２　xy 平面上の点 P(x, y)における電位 $V(x, y)$を求めなさい。ただし，原点 O と点 P の間の距離 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ は l に比べて十分大きいとして，l/r の２次の項以降は無視すること。

図３－１の状態から図３－２のように，点$(x, 0)$（x>0）に同じ大きさの電気双極子モーメントをもつ電気双極子を追加したとして，下の問い（問３・問４）に答えなさい。

問３　後から追加した電気双極子のポテンシャルエネルギー$U(x)$を求めなさい。ただし，電気双極子間の距離 x は l に比べて十分大きいとして，l/x の２次の項以降は無視すること。

問４　二つの電気双極子間に働く力は引力と斥力のどちらであるか，理由とともに答えなさい。

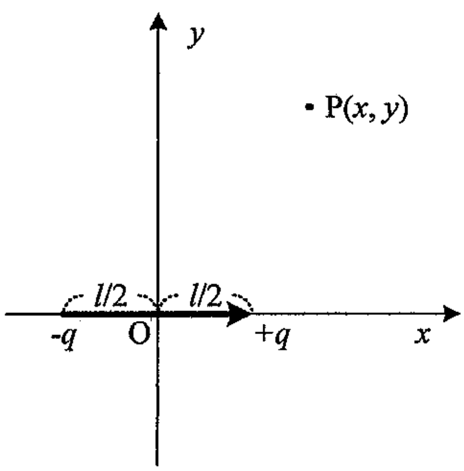

図３－１

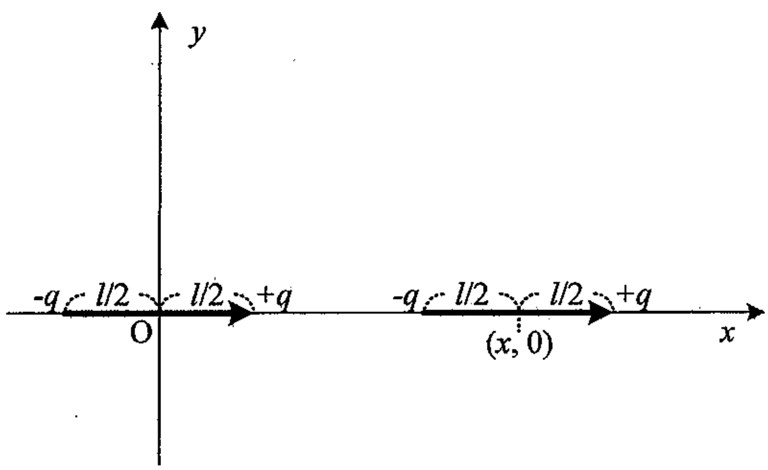

図３－２

問　題　用　紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問題４　下の問い（問１～４）の四角中に適切な式，用語を入れなさい。

問１　１次元井戸型ポテンシャル中の電子状態を考える。ポテンシャルエネルギーは井戸内（$0 \le x \le L$）では $V=0$，井戸の両側（$x<0$, $L<x$）では $V=\infty$ である。$\varphi(x)$ を電子の波動関数，m を電子の質量，h をプランク定数，π を円周率，E を固有エネルギーとすると，井戸内でのシュレーディンガー方程式は，$\boxed{①}$ となる。この式の一般解は積分定数を c_1, c_2 とし，三角関数を用いると $\varphi(x)=\boxed{②}$ となる。井戸の両側には電子は入り込めないので，境界（$x=0$, $x=L$）では $\varphi(x)=\boxed{③}$ となる。$\varphi(0)=\boxed{③}$ の条件から $\boxed{④}$ となり，さらに，$\varphi(L)=\boxed{③}$ の条件から $n=0, 1, 2, 3, \cdots$ として $E=\boxed{⑤}$ となる。規格化条件 $\int_0^L |\varphi(x)|^2 dx = 1$ より積分定数が求まり，電子の波動関数と固有エネルギーは m, h, π, L, n, x の内から必要なものを用いて $\varphi(x)=\boxed{⑥}$, $E=\boxed{⑤}$ （$n=0, 1, 2, 3, \cdots$）となる。$\boxed{⑤}$ より電子のエネルギーは任意の値を取るのではなく，許される値は $\boxed{⑦}$ 的になることが分かる。

問２　$\boxed{⑧}$ 結合による代表的な結晶はⅠ族原子とⅦ族原子が結合したアルカリハライドである。$\boxed{⑨}$ 結合による代表的な結晶はシリコンである。$\boxed{⑩}$ 結合は自由電子が結晶全体を動き回っている $\boxed{⑩}$ 結晶に見られる。希ガス原子や分子性結晶では $\boxed{⑪}$ 力で結合している。

問３　結晶内の面間隔 d の面と角 θ をなす方向から入射した波長 λ の X 線が，原子により回折され，面と角 θ をなす方向に強め合って出射する場合を考える。このとき，d, θ, λ の間には $\boxed{⑫}$ （$n=0, 1, 2, 3, \cdots$）という条件が成り立つ。これを $\boxed{⑬}$ の回折条件あるいは $\boxed{⑬}$ の式という。

問４　Si に５価の原子である P をドーピングした場合を考える。P 原子の最外殻には $\boxed{⑭}$ 個の電子が存在する。Si の価電子は $\boxed{⑮}$ 個なので，P 原子が Si 原子と置換すると最外殻の電子が $\boxed{⑯}$ 個余分になる。温度が十分低いときはこの余分な電子は $\boxed{⑰}$ 原子の周りを回っているが，室温付近では $\boxed{⑰}$ 原子を離れ，Si 結晶中を自由に運動する。このように半導体にドーピングしたとき自由電子を生じる不純物を $\boxed{⑱}$ といい，この半導体を $\boxed{⑲}$ 型半導体という。また，３価の原子をドーピングした半導体を $\boxed{⑳}$ 型半導体という。

問 題 用 紙
（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題５　論理回路，論理関数に関する下の問い（Ａ・Ｂ）に答えなさい。なお，記法として，Aの否定を$\overline{A}$，AとBの論理積をAB，論理和を$A+B$，排他的論理和を$A \oplus B$と表しなさい。

Ａ　入力A，B，Cと出力Fを示す論理関数が，次の主乗法標準形で与えられている。

$$F=(A+B+\overline{C})(\overline{A}+B+C)$$

問１ ブール代数の定理を用いて，論理関数を展開して簡単化しなさい。このとき，A，B，Cを，それぞれ１回だけ使用した論理式で表しなさい。

問２ 論理関数の真理値表の出力Fを答えなさい。

問３ 論理関数を主加法標準形で表しなさい。

Ｂ　入力A，B，Cと出力Fを示す論理関数が，次の主乗法標準形で与えられている。

$$F=(A+B+\overline{C})(A+\overline{B}+C)(\overline{A}+B+C)(A+B+C)$$

問４ カルノー図を作成しなさい。

問５ 論理関数を簡単化しなさい。

問６ ド・モルガンの定理を用いて，主乗法標準形で与えられている論理関数が，次の式となることを証明しなさい。

$$F=(A+B)(A+C)(B+C)$$

問 題 用 紙
（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題６　天気の変化を確率過程としてモデル化してみる。ここでは，簡単のために，１日単位の天気を事象として，その集合をAとする。よって，

$$A=\{A_1, A_2, A_3\} \qquad (A_1=\text{晴れ}, A_2=\text{曇り}, A_3=\text{雨})$$

である。さらに，k日目の天気A_iから，$k+1$日目の天気A_jへの推移確率をP_{ij}とする。また，この推移確率P_{ij}をi行j列の要素とする行列は推移行列であり，kに依存せず，具体的に，

$$P=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1/2 & 1/4 & 1/4 \\ 1/4 & 1/2 & 1/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/2 \end{bmatrix} \qquad \sum_{j=1}^{3} P_{ij}=1 \quad (i=1,2,3)$$

で与えられると仮定する。また，k日目における事象A_iの確率を$p^k(A_i)$とすれば，上記の推移行列を用いて，

$$\begin{bmatrix} p^k(A_1) & p^k(A_2) & p^k(A_3) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} p^{k+1}(A_1) & p^{k+1}(A_2) & p^{k+1}(A_3) \end{bmatrix}$$

の関係式が成立する。ただし，$k=0$を初日であるとして，下の問い（問１～３）に答えなさい。

問１　各事象の確率の和について，

$$\sum_{i=1}^{3} p^0(A_i)=1$$

であれば，

$$\sum_{i=1}^{3} p^k(A_i)=1 \qquad (k=1, 2, 3, \cdots)$$

が成立することを示しなさい。

問２　初日（$k=0$）は晴れであった。このとき，２日目（$k=1$）および３日目（$k=2$）の各事象の確率を求めなさい。

問３　$k\to\infty$のとき，各事象の確率$p^k(A_i)$を成分とする確率ベクトル$\begin{bmatrix} p^\infty(A_1) & p^\infty(A_2) & p^\infty(A_3) \end{bmatrix}$を求めなさい。