筆答専門試験科目（午前）　　　　　　2023 大修
情報通信（必答科目）

時間　９：３０～１１：００

注　意　事　項

1. 次の２題すべてに解答せよ．
2. 解答は１題ごとに１枚の答案用紙に記入せよ．必要であれば，答案用紙の裏面にも記入してよいが，答案用紙の表面にその旨を明記すること．
3. １枚の答案用紙に２題以上の解答を記入した場合はそれらの解答を無効とすることがある．また，１題の解答を２枚以上の答案用紙に記入した場合はその解答を無効とすることがある．
4. すべての答案用紙の試験科目名欄に「情報通信」，および，解答する問題番号を記入せよ．
5. すべての答案用紙の受験番号欄に受験番号を記入せよ．
6. 電子式卓上計算機等の使用は認めない．
7. 導出過程も答案用紙に記入すること．

この空白ページは落丁および印刷ミスではありません

H1. n を 1 以上の整数とする．さらに ξ を正の実数とし，$\Gamma(\xi)$ を

$$\Gamma(\xi) \equiv \int_0^\infty t^{\xi-1} e^{-t} dt \tag{H1.1}$$

と定める．以下の問に答えよ．

1) $\Gamma(1)$ を計算せよ．

2) 次の式 (H1.2) を導出せよ．

$$\Gamma(\xi+1) = \xi\Gamma(\xi) \tag{H1.2}$$

3) $\Gamma(n+1)$ を求めよ．

4) $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$ について，次の式 (H1.3) が成り立つことを示せ．

$$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx \tag{H1.3}$$

5) $\Gamma^2\left(\frac{1}{2}\right)$ について，次の式 (H1.4) が成り立つ．

$$\Gamma^2\left(\frac{1}{2}\right) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(x^2+y^2)} dxdy = \int_0^{2\pi}\left[\int_0^\infty e^{-r^2}\left|\frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)}\right| dr\right] d\theta \tag{H1.4}$$

ただし，$x = r\cos\theta$，$y = r\sin\theta$ $(r \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi)$ と変数変換しており，$\left|\frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)}\right|$ は

$$\left|\frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)}\right| = \left|\det\begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \theta} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \theta} \end{pmatrix}\right| \tag{H1.5}$$

と定めるヤコビアンである．なお，det**A** は行列 **A** の行列式を表す．式 (H1.5) を計算せよ．

6) 式 (H1.4) の積分を計算して，$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$ を導出せよ．

7) $\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)$ を求めよ．

8) $\Gamma(\xi)$ について，次の式 (H1.6) が成り立つ．

$$\Gamma(\xi) = \lim_{n\to\infty}\int_0^n t^{\xi-1}e^{-t}dt = \lim_{n\to\infty} a_n \tag{H1.6}$$

$$a_n \equiv \int_0^n t^{\xi-1}\left(1-\frac{t}{n}\right)^n dt = n^\xi \int_0^1 u^{\xi-1}(1-u)^n du \tag{H1.7}$$

ただし，a_n は式 (H1.7) で定める数列であり，$c_n(\xi) \equiv \int_0^1 u^{\xi-1}(1-u)^n du$ と定める．この $c_n(\xi)$ を用いて，次の式 (H1.8) を導出せよ．

$$a_n = \frac{n^\xi n!}{\xi(\xi+1)\cdots(\xi+n)} \tag{H1.8}$$

9) 式 (H1.6) で $\xi = \frac{1}{2}$ とし，$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$ を用いて，次の式 (H1.9) を証明せよ．

$$\prod_{k=1}^{\infty} \frac{(2k)^2}{(2k-1)(2k+1)} = \frac{\pi}{2} \tag{H1.9}$$

H2.

m個のn次元の列ベクトル $\boldsymbol{p}_1, \dots, \boldsymbol{p}_m$ があるとき，$n \times n$行列$\boldsymbol{A}$と$m \times m$行列$\boldsymbol{B}$ を以下の式(H2.1)および式(H2.2)と定義する．m, nはともに 1 以上の整数であり，ベクトルの要素は実数とする．

$$\boldsymbol{A} = \sum_{\alpha=1}^{m} \boldsymbol{p}_\alpha \, {}^t\boldsymbol{p}_\alpha \qquad \text{(H2.1)}$$

$$\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} (\boldsymbol{p}_1, \boldsymbol{p}_1) & (\boldsymbol{p}_1, \boldsymbol{p}_2) & \cdots & (\boldsymbol{p}_1, \boldsymbol{p}_m) \\ (\boldsymbol{p}_2, \boldsymbol{p}_1) & (\boldsymbol{p}_2, \boldsymbol{p}_2) & \cdots & (\boldsymbol{p}_2, \boldsymbol{p}_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\boldsymbol{p}_m, \boldsymbol{p}_1) & (\boldsymbol{p}_m, \boldsymbol{p}_2) & \cdots & (\boldsymbol{p}_m, \boldsymbol{p}_m) \end{bmatrix} \qquad \text{(H2.2)}$$

ここで，${}^t\boldsymbol{p}_\alpha$はベクトル$\boldsymbol{p}_\alpha$を転置したものであり，$(\boldsymbol{p}_i, \boldsymbol{p}_j)$はベクトル$\boldsymbol{p}_i$と$\boldsymbol{p}_j$の標準内積（${}^t\boldsymbol{p}_i \boldsymbol{p}_j = {}^t\boldsymbol{p}_j \boldsymbol{p}_i$）である．また，ベクトルのノルム$\sqrt{(\boldsymbol{p}_i, \boldsymbol{p}_i)}$ は，$\|\boldsymbol{p}_i\|$と表記せよ．
列ベクトル $\boldsymbol{p}_1, \dots, \boldsymbol{p}_m$を列とする$n \times m$ 行列$\boldsymbol{P}$を

$$\boldsymbol{P} = [\boldsymbol{p}_1, \boldsymbol{p}_2, \dots, \boldsymbol{p}_m] \qquad \text{(H2.3)}$$

とするとき，以下の問に答えよ．

1) 式(H2.4)の 2 つの関係が成り立つことを$m = 2,\ n = 3$ の場合について示せ．ただし，必要があれば，列ベクトル$\boldsymbol{p}_k$ $(k = 1,2, \dots, m)$ の要素を $p_{lk}(l = 1,2, \dots, n)$ としてよい．ここで，${}^t\boldsymbol{P}$は行列$\boldsymbol{P}$を転置したものである．

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{P} \, {}^t\boldsymbol{P}, \ \ \boldsymbol{B} = {}^t\boldsymbol{P}\boldsymbol{P} \qquad \text{(H2.4)}$$

2) 行列$\boldsymbol{A}$と行列$\boldsymbol{B}$がともに対称行列であることを式(H2.4)を用いて示し，さらに半正定値対称行列であることを示せ．ただし，ある実対称行列$\boldsymbol{C}$が半正定値である必要十分条件は，$\boldsymbol{C}$と次元が等しい任意のベクトル$\boldsymbol{x}$（但し，要素は実数）に対して$(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{C}\boldsymbol{x}) \geq 0$となることである．

3) 行列$\boldsymbol{A}$の 0 でない固有値であるための必要十分条件は，行列$\boldsymbol{B}$の 0 でない固有値であることを示せ．これは，「行列$\boldsymbol{A}$の非零固有値 λ は，行列$\boldsymbol{B}$の非零固有値であることを示す」を意味する．

4) 行列$\boldsymbol{A}$が全て異なる正の固有値を持ち，問 3)より行列$\boldsymbol{A}$と行列$\boldsymbol{B}$の一致する固有値を λ とする．このとき，固有値λ，それに対する行列$\boldsymbol{A}$の単位固有ベクトル$\boldsymbol{u}$，および行列$\boldsymbol{B}$の単位固有ベクトル$\boldsymbol{v}$にそれぞれ式(H2.5)の関係が成り立つことを示せ．

$$\boldsymbol{u} = \pm \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \boldsymbol{P}\boldsymbol{v}, \ \ \boldsymbol{v} = \pm \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \, {}^t\boldsymbol{P}\boldsymbol{u} \qquad \text{(H2.5)}$$

5) 行列$\boldsymbol{P}$を式(H2.6)で与えたとき，行列$\boldsymbol{B}$の正の固有値とそれに対する単位固有ベクトル$\boldsymbol{v}$を求めよ．

$$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{(H2.6)}$$

筆答専門試験科目（午前）　　　　　2023 大修
情報通信（選択科目）

時間　１１：３０～１２：３０

注　意　事　項

1. 次の３題の中から１題を選択して解答せよ．２題以上解答した場合はすべて無効とする．
2. 解答は必要であれば答案用紙の裏面にも記入してよいが，答案用紙の表面にその旨を明記すること．
3. １枚の答案用紙に２題以上の解答を記入した場合はそれらの解答を無効とすることがある．また，１題の解答を２枚以上の答案用紙に記入した場合はその解答を無効とすることがある．
4. すべての答案用紙の試験科目名欄に「情報通信」，および，解答する問題番号を記入せよ．
5. すべての答案用紙の受験番号欄に受験番号を記入せよ．
6. 電子式卓上計算機等の使用は認めない．
7. 導出過程も答案用紙に記入すること．

この空白ページは落丁および印刷ミスではありません

S1.

動物を病気から回復させる薬があり，回復に必要な薬投与量をh_r=e^{m_r}と表す（eはネイピア数である）．m_rは個体ごとに異なり，各個体はh_r未満の投与量では病気は回復せず，h_r以上の投与量では必ず病気が回復する．なお，各個体の病気が回復したか否かは明白に判断でき，薬の効果は個体間で統計的に独立である．また，平均μ，分散σ^2の正規分布を$N(\mu,\sigma^2)$と表す．

1） 施設Aでは，有病個体に薬をhだけ投与した場合に回復個体の割合がpとなることが既知である．有病のn個体を無作為抽出し薬をhだけ投与した場合の回復個体数kについて以下の問に答えよ．

a） 回復個体数kの平均$E(k)$と分散$V(k)$を答えよ．
b） 回復個体数がkとなる確率$P(k)$を答えよ．
c） nが十分大きい場合，kが近似的に従う連続確率分布の名称を一つ答えよ．

施設Bでは薬投与量と回復個体数の関係が未知である．ここで，回復個体の割合が0.5になる薬投与量を$h_t = e^{m_t}$とする．m_tを求めるため，有病個体に薬を投与する実験を行う．

2） m_rの確率密度関数$f(m_r)$が式(S1.1)で表されることがわかっている．ただし，αとβは未知の定数である．m_tはαとβで表されるため，実験結果からαとβを推定することを考える．

$$f(m_r) = \frac{\beta e^{-\beta(m_r-\alpha)}}{(1+e^{-\beta(m_r-\alpha)})^2} \tag{S1.1}$$

a） 薬投与量h_m=e^mに対し式(S1.1)から予想される回復個体の割合$q(m)$は式(S1.2)で表される．

$$q(m) = \int_{-\infty}^{m} f(m_r)\,dm_r \tag{S1.2}$$

$q(m)$を，積分記号を使わずにm，α，βを用いて表せ．
b） m_tをαとβ，あるいはどちらか一方を用いて表せ．
c） 薬投与実験の結果と$q(m)$に基づき，m_tを求めるためにαとβの最尤推定量を求めたい．薬投与量mをm_1, m_2, m_3の3条件とし，各条件でn個体ずつ無作為抽出して実験すると，回復個体数はk_1, k_2, k_3となった．この結果の尤度Lを，$q(m_i), k_i, n$ $(i = 1,2,3)$を使って表せ．

3） 問2)c)の方針では，αとβの最尤推定量が解析的に求まらない．そこで，問2)c)の実験において，m_tを求める方針を変更する．その準備として，$q(m)$を式(S1.3)で$l(m)$に変換する．

$$l(m) = \log\frac{q(m)}{1-q(m)} \tag{S1.3}$$

なお，実験結果において，$0 < k_i < n$（$i = 1,2,3$）とする．以下の問に答えよ．

a） $N(\mu,\sigma^2)$に従う確率変数Xを連続微分可能な関数gで変換した$Y = g(X)$は，$X = \mu$の近傍で近似的に$N\left(g(\mu), V_{gX}\right)$に従うことが知られている．ただし，$V_{gX}$は式(S1.4)のとおりである．また，式(S1.4)の$g'(\mu)$は$g(X)$の$X = \mu$における微分を表し，$g'(\mu) \neq 0$とする．

$$V_{gX} = \{g'(\mu)\}^2\sigma^2 \tag{S1.4}$$

$g(X)$に関するテイラー展開の1次近似を利用し，式(S1.4)が成り立つことを示せ．

（次ページに続く）

（前ページのつづき）

b） m_1について考えると, $\widehat{q(m_1)} = k_1/n$は$q(m_1)$の点推定値であり, $\widehat{l(m_1)} = \log\frac{\widehat{q(m_1)}}{1-\widehat{q(m_1)}}$は$l(m_1)$の点推定値である．ここで，$l(m_1)$の区間推定を行いたい． $l(m_1)$の 95%両側信頼区間を，問 3)a)の性質に基づきk_1, nを使って表せ．なお，標準正規分布の 97.5%点を 1.96 とする．

4） 問 3)の準備に基づきm_tを求めることを考える．m_rの確率密度関数が式(S1.1)で表される場合，mと$l(m)$が式(S1.5)に示す関係になることが知られている．

$$l(m) = \gamma m + \lambda \tag{S1.5}$$

ただし，γとλは未知の定数であり，$m_t = -\lambda/\gamma$という関係がある．そこで，問 2)c)の実験結果に基づき，最小二乗法によりγとλを推定したい．S_{ml}を$S_{ml} = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3} m_i \widehat{l(m_i)} - \bar{l}\bar{m}$（$m_i$と$\widehat{l(m_i)}$の標本共分散），$S_m^2$を$S_m^2 = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3} m_i^2 - \bar{m}^2$（$m_i$の標本分散），$\bar{m}$を$m_i$の標本平均，$\bar{l}$を$\widehat{l(m_i)}$の標本平均（いずれも$i = 1,2,3$）とすると，実験結果から$\gamma$と$\lambda$の最小二乗推定値$\hat{\gamma}$と$\hat{\lambda}$はそれぞれ以下の式(S1.6)と式(S1.7)のように求められる．式(S1.6)と式(S1.7)が成り立つことを示せ．

$$\hat{\gamma} = \frac{S_{ml}}{S_m^2} \tag{S1.6}$$

$$\hat{\lambda} = \bar{l} - \frac{S_{ml}\bar{m}}{S_m^2} \tag{S1.7}$$

S2. 虚数単位はjとして，以下の問に答えよ．

1) 図 S2.1 に示す抵抗値R_1とR_2の抵抗，インダクタンスLのインダクタ，キャパシタンスCのキャパシタからなる回路について答えよ．ただし$R_1 > 0, R_2 > 0, L > 0, C > 0$とする．

a) 端子1-1′間に角周波数ωの正弦波電圧源を接続する場合，端子1-1′間のインピーダンスは

$$\frac{X\,(\mathrm{j}\omega)^2 + Y\,(\mathrm{j}\omega) + Z}{R_2LC\,(\mathrm{j}\omega)^2 + (L + R_1R_2C)\,(\mathrm{j}\omega) + R_1}$$

となる．係数X, Y, ZをそれぞれR_1, R_2, L, Cから必要なものを用いて表せ．

b) 端子1-1′間に接続する正弦波電圧源の角周波数によらず，端子1-1′間のインピーダンスが一定の抵抗値R_0となるための条件を示せ．

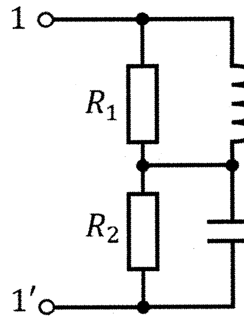

図 S2.1

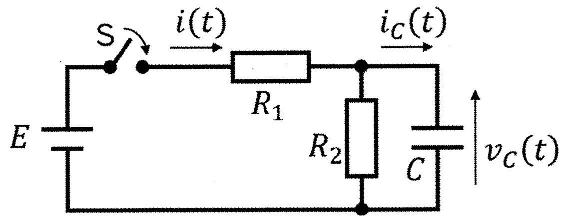

図 S2.2

2) 図 S2.2 に示す電圧値Eの定電圧源，抵抗値R_1とR_2の抵抗，キャパシタンスCのキャパシタ，およびスイッチSからなる回路について答えよ．時刻$t = 0$において，スイッチSを閉じた．時刻tにおけるスイッチを流れる電流を$i(t)$，キャパシタを流れる電流を$i_C(t)$，キャパシタの電圧を$v_C(t)$とする．ただし$v_C(0) = 0, E > 0, R_1 > 0, R_2 > 0, C > 0$とする．

a) スイッチを閉じたあと，時刻$t = 0$において，スイッチを流れる電流$i(0)$を，E, R_1, R_2, Cから必要なものを用いて表せ．

b) $v_C(t)\,(t \geq 0)$を，$i(t)$を用いて表せ．ただし，E, R_1, R_2から必要なものを用いてよい．

c) 十分時間が経過したあとのキャパシタの電圧を，E, R_1, R_2, Cから必要なものを用いて表せ．

d) $v_C(t)\ (t \geq 0)$ を，E, R_1, R_2, Cから必要なものを用いて表せ．

e) キャパシタを流れる電流$i_C(t)\ (t \geq 0)$ の時間経過の概形を図示せよ．

f) $R_1 = 2.0\ \mathrm{k\Omega}, R_2 = 5.0\ \mathrm{k\Omega}, E = 3.0\ \mathrm{V}$であるとき，回路の応答の時定数が 1 μs以下となるための，Cが満たすべき条件を示せ．

g) 製造ばらつきなどの影響で，抵抗値R_1とR_2はそれぞれ設計値の 50%から 200%の範囲で，キャパシタンスCは設計値の 80%から 120%の範囲で，独立に変化するとする．このとき，回路の応答の時定数の取りうる範囲を，素子値がすべて設計値である場合の回路の応答の時定数からの比率で示せ．

S3. 以下の 1)~3) の問に答えなさい．

1) 100 円玉が合計 3 枚投入されると切符が発行されるシステム S があり，以下の通り動作する．
入力集合：$X = \{X_0, X_{100}\}$，出力集合：$Z = \{Z_0, Z_T\}$，状態集合：$Q = \{Q_0, Q_1, Q_2\}$ とし，x を入力変数，z を出力変数，q を状態変数とする．

- 100 円玉だけが投入でき，ある一定時間ごとに 100 円玉が高々1 枚投入できる．100 円玉が投入された場合はシステム S の入力を $x = X_{100}$，投入されない場合は入力を $x = X_0$ とする．
- 初期状態は 100 円玉が 1 枚も投入されていない状態 $q = Q_0$ とし，初期状態から 1 枚投入された状態を $q = Q_1$，2 枚投入された状態を $q = Q_2$ とする．
- 100 円玉が計 3 枚投入されると，切符が発行され出力 $z = Z_T$ とし，システム S は切符を発行して初期状態に戻る．それ以外の状態では出力 $z = Z_0$ とし，切符は発行されない．

a) 図 S3.1 に示すグラフ 1 の隣接行列 A を示せ．ただし，行列の要素 a_{ij} はグラフ 1 に示す点 Q_{i-1} から点 Q_{j-1} への有向辺がある場合を 1，ない場合を 0 とする．

b) グラフ 1 において点 Q_0 から点 Q_2 へ到達可能であることを隣接行列 A を用いて示せ．

c) グラフ 1 に有向辺を追加して，システム S の状態遷移図を完成せよ．また，各辺のラベル (入力/出力) を示せ．完成した全体図を解答せよ．

d) システム S の状態遷移関数 δ と出力関数 ω を表 S3.1 で表す．このうち，表 S3.1 の (ア)~(ウ) を解答せよ．

e) 状態，入力，出力を表 S3.2(a) に示す 2 値変数で表現する．表 S3.2(b) の空欄を埋めて，次の状態 ${q_2}^{(1)}$, ${q_1}^{(1)}$, 出力 z を表すカルノー図を完成せよ．このうち，表 S3.2(b) の (エ)~(サ) を解答せよ．なお，空欄にドントケアが該当する場合は必ずドントケアで埋め，$*$ で表せ．

f) 表 S3.2(b) を参考に，次の状態 ${q_2}^{(1)}$, ${q_1}^{(1)}$, 出力 z を q_1, q_2, x を用いてできるだけ簡約化した論理式で示せ．ここでは，変数 a と b の AND を ab，変数 a と b の OR を $a \vee b$，変数 a の NOT を $\overline{a}$ と表記する．

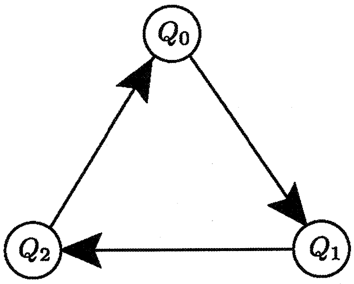

図 S3.1: グラフ 1

表 S3.1: 状態遷移関数 δ と出力関数 ω

	δ		ω	
$Q \setminus X$	X_0	X_{100}	X_0	X_{100}
Q_0		(ア)		
Q_1		(イ)		
Q_2		(ウ)		

表 S3.2(a): 状態割り当て

	q_2	q_1
Q_0	0	0
Q_1	0	1
Q_2	1	0

	x
X_0	0
X_{100}	1

	z
Z_0	0
Z_T	1

表 S3.2(b): カルノー図

${q_2}^{(1)}$

$q_2q_1 \setminus x$	0	1
00		(エ)
01		(オ)
11		(カ)
10		(キ)

${q_1}^{(1)}$

$q_2q_1 \setminus x$	0	1
00		
01		
11		
10		

z

$q_2q_1 \setminus x$	0	1
00	(ク)	
01	(ケ)	
11	(コ)	
10	(サ)	

(次ページにつづく)

(前ページのつづき)

2) 図 S3.2 のグラフ 2 について考える.

点 v_i から v_j への有向辺の長さは下記の行列 W の要素 w_{ij} で与えられる. 例えば, 行列 W の 1 行目は v_1 から $v_1,\ldots,v_6$ までの辺の長さを示す.

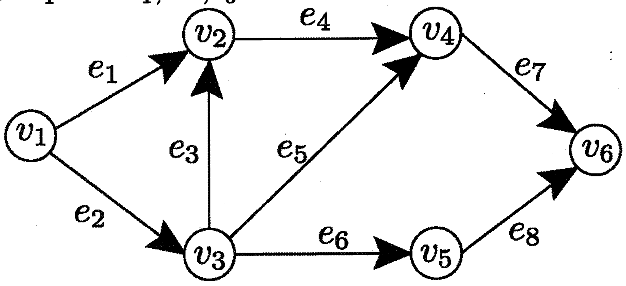

図 S3.2: グラフ 2

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 2 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 0 & \infty & 3 & \infty & \infty \\ \infty & 1 & 0 & 5 & 5 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 2 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & 3 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 \end{pmatrix}$$

a) グラフ 2 の接続行列 B を示せ. なお, 行列 B の要素 b_{ij} は点 v_i が有向辺 e_j の始点の場合 1, 終点の場合 -1, 端点でない場合 0 とする.

b) 有向辺に沿って移動した点間の経路の長さを, 経路に含まれる有向辺の長さの総和とする. グラフ 2 における点 v_1 から v_6 までの最短経路の長さを求めよ. さらに最短経路に含まれる有向辺を全て示せ.

c) 点 v_1 から到達可能な点への最短経路の長さを以下の C 言語で書かれたプログラムで算出する. (ア)~(オ) の空白に入る適切な変数または式を解答せよ. なお, 点の数を M とし, 2 次元配列 w[M+1][M+1] が宣言され, 2 つの点 v_i から v_j への辺の長さは w[i][j] に格納されている. また, ∞ は十分大きな定数 INT_MAX で近似し, 真偽値を表す TRUE と FALSE は定義されている. その他の変数については, 型宣言がされ, 一部の入出力手続きは下記の記述では省略されている.

```
for(i=1;i<=M;i++){
    fixed[i]=FALSE; /* 点 i は未確定 */
    dist[i]=INT_MAX; /* 点 1 から点 i までの長さ */
}
nt=1; /* 初めに調査する辺の始点 */
dist[nt]=0;   /* 点 nt までの辺の長さを 0 とする */
do{
    st= [  (ア)  ]; /* 調査する辺の始点の指定 */
    fixed[st]=TRUE;
    min_d=INT_MAX; /* 最小長さ変数の初期値 */
    for(ta=1;ta<=M;ta++){ /* 終点の選択 */
        if(fixed[ta]== [  (イ)  ]){ /* 未確定の点で長さの更新 */
            if(w[st][ta] < INT_MAX && dist[st]+w[st][ta] < dist[ta]){
                dist[ta]= [  (ウ)  ];   /* 長さの更新 */
            }
            if(dist[ta] < min_d){
                min_d= [  (エ)  ]; /* 最小長さ変数を更新 */
                nt= [  (オ)  ]; /* 次に調査する辺の始点 */
            }
        }
    }
} while(min_d < INT_MAX); /* 最小長さ変数の更新があれば継続 */
for(i=1;i<=M;i++){
    if(fixed[i]) printf("from 1 to %d:  dist=%d \n",i,dist[i]);
}
```

(次ページにつづく)

(前ページのつづき)

3) 以下の文章を完成させるために (ア)~(シ) に下の用語リストから最も適切な言葉を選択し，その番号を示しなさい．

a) 無向グラフについて考える．全ての点を含む閉路が存在するグラフを (ア) とよぶ．全く閉路がない連結グラフは (イ) である．ある点に接続している辺の数を点の (ウ) とよぶ．全ての点の (ウ) が 2 以上であるグラフには (エ) が存在する．

b) 2 分木の高さが k のとき，高々2^k 個の (オ) が存在する．

c) (カ) は，和積形で表現された論理関数 f が真 ($f=1$) になる論理変数値を割り当てられるか判定する問題である．この割り当てができることを (キ) とよぶ．

d) 論理関数において，0 か 1 をとる入力変数のうち一定数以上の入力変数の値が 1 をとるとき，かつそのときに限り関数値が 1 となる関数を (ク) とよぶ．

e) 順序回路における状態集合 Q にある 2 つの分割 Q_A,Q_B が存在して，Q_A と Q_B からそれぞれ 1 つずつ取り出した任意の状態対が互いに到達可能でないとき，この順序回路は (ケ) であるとよぶ．任意の状態対で互いに到達可能である場合には，順序回路は (コ) であるとよぶ．

f) 状態の区別ができないことを，完全定義順序回路では状態の (サ) とよび，不完全定義順序回路では状態の (シ) とよぶ．

(1) ハミルトングラフ	(2) オイラーグラフ	(3) 閉路	(4) 連結
(5) オイラートレイル	(6) ハミルトン閉路	(7) 二分木構造	(8) 森
(9) 3 彩色判定問題	(10) 完全グラフ	(11) 全域木	(12) 葉
(13) 最大巡回セールスマン問題	(14) 木	(15) 辺数	(16) 平面構造
(17) 充足可能性判定問題 (SAT)	(18) NP 問題	(19) NP 完全	(20) P 問題
(21) 巡回セールスマン問題	(22) 最適化	(23) NP 困難	(24) 双対関数
(25) 非決定性判定アルゴリズム	(26) 線形関数	(27) 状態遷移関数	(28) 二次関数
(29) 近似アルゴリズム	(30) 自己双対関数	(31) 二項関数	(32) 閾値関数
(33) 多項式時間アルゴリズム	(34) 強連結	(35) 弱連結	(36) 非連結
(37) 発見的アルゴリズム	(38) 縮退	(39) 枝刈り	(40) 幅優先
(41) 次数	(42) 相補律	(43) 推移律	(44) 反射律
(45) 対称律	(46) 両立性	(47) 双対性	(48) 等価性
(49) 充足可能	(50) 非両立的	(51) 子	(52) 点数