筆答専門試験科目（午前）
情報通信（必答科目）

３０ 大修

時間 ９：３０～１１：００

注 意 事 項

1. すべての解答用紙に受験番号を記入せよ．
2. 次の２題すべてに解答せよ．
3. 解答は１題ごとに別々の解答用紙に，問題番号を明記した上で記入せよ．必要であれば，解答用紙の裏面に記入してよいが，解答用紙の表面にその旨を明記すること．
4. １枚の解答用紙に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．
5. １題の解答を２枚以上の解答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．
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

$f(t) = e^{-t}t^{a-1}$ $(a > 0)$ を用いて定義される関数 $g(a) = \int_0^\infty f(t)dt$ と，
関数 $B(p, q) = \int_0^1 t^{p-1}(1-t)^{q-1}dt$ $(p > 0, q > 0)$ について，以下の問に答えよ．

1) $g(1)$ の値を求めよ．

2) 部分積分を用いて $g(a+1)$ を式展開し，$g(a+1)$ の値を $g(a)$ を用いて表せ．

3) n を正の整数 $(n = 1, 2, \ldots)$ とするとき，$g(n)$ を n を用いて表せ．

4) $B(p, q)$ に $t = \cos^2\theta$ を導入して，$B(p, q)$ を θ に関する積分で表せ．

5) $p = \frac{1}{2}, q = \frac{1}{2}$ のとき，$B(p, q)$ の値を求めよ．

6) $B(p, q)$ $(p > 0, q > 0)$ の値を関数 $g(a)$ を用いて表現したい．以下の空欄 (ア)~(エ) を適切な式で埋めよ．

$t = w^2$ を導入すると，$g(a) = 2\int_0^\infty e^{-w^2}w^{2a-1}dw$ と表現できる．
この関係式を用いると，まず，以下の式が得られる．

$$g(p)g(q) = 4\int_0^\infty\int_0^\infty \boxed{\quad (ア) \quad} \, dxdy$$

更に，極座標変換 $x = r\cos\theta, y = r\sin\theta$ $(0 \leq r < \infty, 0 \leq \theta \leq \pi/2)$ を用いると，以下の関係が得られる．

$$g(p)g(q) = \left(2\int_0^\infty \boxed{\quad (イ) \quad} \, dr\right)\left(2\int_0^{\pi/2} \boxed{\quad (ウ) \quad} \, d\theta\right)$$

以上より，$B(p, q)$ は関数 $g(a)$ を用いて以下のように表現できる．

$$B(p, q) = \boxed{\quad (エ) \quad}$$

H2.

L 行 M 列の行列 A と M 行 N 列の行列 B の積を AB，行列 A の転置を A^t と記す．
ベクトル $\boldsymbol{v} = (v_1, v_2, v_3, \ldots, v_N)^t$ を N 行 1 列の行列と同等に扱い，成分 (要素) が実数値を取るベクトル $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, x_3, \ldots, x_N)^t$ とベクトル $\boldsymbol{y} = (y_1, y_2, y_3, \ldots, y_N)^t$ の内積を行列の積を用いて $\boldsymbol{x}^t\boldsymbol{y} = x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3 + \cdots + x_Ny_N$ で定義する．このとき以下の問に答えよ．

1) 次の 3 つのベクトル $\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z}$ が線形独立（一次独立）であるか否かを示せ．線形従属 (一次従属) である場合には従属の関係を式で示せ．

   $\boldsymbol{x} = (1, -1, 0, 1)^t, \quad \boldsymbol{y} = (2, 0, 1, 1)^t, \quad \boldsymbol{z} = (1, 1, 1, 0)^t$

2) 1) の 3 つのベクトル $\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z}$ のすべての対についてそれぞれ直交しているかどうかを示せ．

3) 線形結合 (一次結合) の係数を実数として，1) の 3 つのベクトル $\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z}$ の線形結合でできるベクトルの集合 ($\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z}$ が張る部分空間) の直交補空間の基底を求めたい．次の 2 つのベクトルがこの基底となるように u_3, u_4, v_3, v_4 を定めよ．

   $\boldsymbol{u} = (1, 0, u_3, u_4)^t, \quad \boldsymbol{v} = (0, 1, v_3, v_4)^t$

4) 次の行列 C について以下の問に答えよ．

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

   a) $\boldsymbol{b} = C\boldsymbol{a}$ によって得られるベクトル $\boldsymbol{b}$ の成分とベクトル $\boldsymbol{a}$ の成分の間の関係を 50 字以内で説明せよ．

   b) 5 行 5 列の単位行列を I とするとき $C^N = I$ を満たす 1 以上で最小の整数 N を a) の結果を利用して求めよ．

   c) 行列 C の固有値と固有ベクトルをすべて求めよ．なおいずれの固有ベクトルについても第 1 成分の値 (ベクトルが $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)^t$ の場合であれば x_1 の値) を 1 として残りの成分の値を求めよ．解は複素数を $re^{i\theta}$(ここで $0 \le r$, $0 \le \theta < 2\pi$) の形式で表して示せ．

筆答専門試験科目（午前）　　　　　　３０ 大修
情報通信（選択科目）

時間 １１：３０～１３：００

注 意 事 項

1. すべての解答用紙に受験番号を記入せよ.
2. 次の６題の中から２題を選択して解答せよ．３題以上解答した場合はすべて無効とする.
3. 解答は１題ごとに別々の解答用紙に，問題番号を明記した上で記入せよ．必要であれば，解答用紙の裏面に記入してよいが，解答用紙の表面にその旨を明記すること.
4. １枚の解答用紙に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.
5. １題の解答を２枚以上の解答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.
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. 以下の問に答えよ．ただし，t の関数 $f(t)$ のラプラス変換 $F(s)$ は

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$

と定義され，s は複素変数である．また，以下のすべての t の関数は $t < 0$ においては零であるとする．なお，ラプラス変換に関する諸性質は導出過程を示さずに用いてよい．

1) 次の 3 種類の関数のラプラス変換を求めよ．ただし，a は正の定数である．

a) $f_1(t) = e^{-at}$

b) $f_2(t) = \cos t$

c) $f_3(t) = e^{-at} \sin t$

2) $x(t) = \sin t$ のとき，以下の式を満足する関数 $y(t)$ をラプラス変換を用いて求めよ．ただし，$y(0) = 0$ とする．

$$\frac{dy(t)}{dt} + 2y(t) = x(t)$$

3) 2) の関数 $y(t)$ は関数 $x(t)$ $(= \sin t)$ と関数 $h(t)$ によって以下のように表すことができる．関数 $h(t)$ を求めよ．

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t-\tau) x(\tau) d\tau$$

4) $x(t) = \sin t$ のとき，以下の式を満足する関数 $z(t)$ は t を十分大きくすると，$z(0)$ や $\left.\dfrac{dz(t)}{dt}\right|_{t=0}$ に無関係にある関数に近づく．t を十分大きくしたときの $z(t)$ を求めよ．

$$\frac{d^2 z(t)}{dt^2} + \sqrt{2}\frac{dz(t)}{dt} + z(t) = x(t)$$

S2. X と Y をそれぞれ M 個の実数値 $\{x_1, x_2, \ldots, x_M\}$ と N 個の実数値 $\{y_1, y_2, \ldots, y_N\}$ のいずれかの値を取る確率変数とし，その同時確率分布を P_{XY} によって，またその周辺分布を P_X と P_Y によって表す．ただし，$M \geq 2$, $N \geq 2$ とし，$P_{XY}(x_i, y_j) > 0$ $(i = 1, 2, \ldots, M,\ j = 1, 2, \ldots, N)$ とする．

1) エントロピー $H(X)$，条件付きエントロピー $H(Y|X)$，同時エントロピー $H(X,Y)$，相互情報量 $I(X;Y)$ を確率分布 P_{XY}, P_X ならびに P_Y を用いて書け．ただし，エントロピーの単位はビットとする．

2) 2つの恒等式

$$\begin{aligned} H(X,Y) &= H(X) + H(Y|X) \\ I(X;Y) &= H(Y) - H(Y|X) \end{aligned}$$

が成り立つことを示せ．

3) 実数値関数 f は，任意の $\lambda \in [0,1]$ と任意の正の実数 x, y について

$$\lambda f(x) + (1-\lambda) f(y) \leq f(\lambda x + (1-\lambda) y)$$

が成り立つとき，上に凸の関数であるという．関数 f が上に凸の関数であるとき，任意の M に対して

$$\sum_{i=1}^{M} P_X(x_i) f(z_i) \leq f\left(\sum_{i=1}^{M} P_X(x_i) z_i \right)$$

が成り立つことを数学的帰納法を用いて証明せよ．ただし，$z_1, z_2, \ldots, z_M$ は任意の正の実数とする．

4) 3つの不等式

$$\begin{aligned} 0 &\leq H(X) \\ H(X) &\leq \log_2 M \\ H(Y|X) &\leq H(Y) \end{aligned}$$

が成り立つことを証明せよ．$\log_2 x$ が上に凸の関数であることに注意せよ．

S3 角周波数 $\omega\ (\omega > 0)$ の正弦波信号に対する二端子対回路の定常応答を考える．電圧，電流は全てフェーザ表示である．以下の問に答えよ．
ただし，以下の解答で虚数単位は j とせよ．

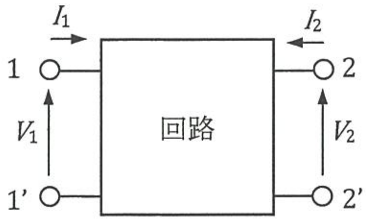


図 S3.1

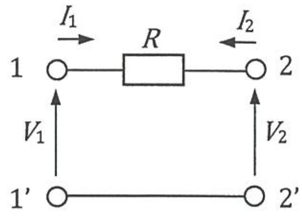


図 S3.2

1) 図 S3.1 のアドミタンス行列 Y は，

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \mathrm{Y}\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

で定義される．$I_2 = 0$のとき，$\dfrac{V_2}{V_1}$ を Y の要素で表わせ．

2) 図 S3.2 で Rは抵抗値である．
この回路のアドミタンス行列を求めよ．

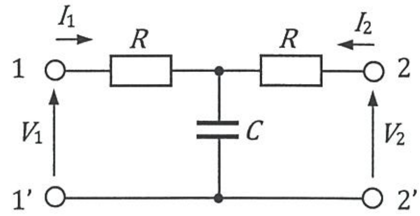


図 S3.3

3) 図 S3.3 で Rは抵抗値，Cは容量値である．
この回路のアドミタンス行列 Y_1 を求めよ．

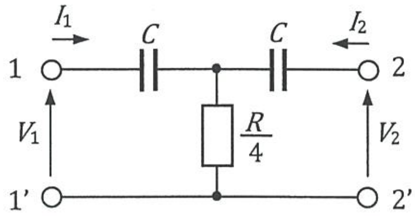


図 S3.4

4) 図 S3.4 で $\dfrac{R}{4}$ は抵抗値，Cは容量値である．
この回路のアドミタンス行列を Y_2 とする．
このとき，図 S3.3 と図 S3.4 を組み合わせた図 S3.5 の回路のアドミタンス行列 Y を Y_1 と Y_2 だけで表わせ．各要素を答える必要はない．

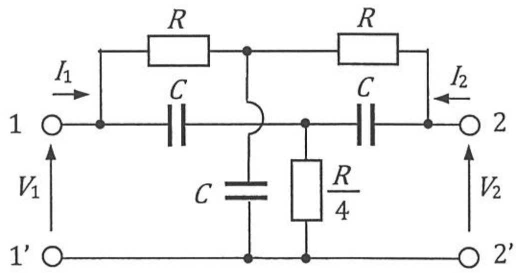


図 S3.5

5) 図 S3.5 で，$I_2 = 0$のとき，$\dfrac{V_2}{V_1}$ を ω および R, C を用いて表わせ．

6) 5)で求めた $\dfrac{V_2}{V_1}$ は，角周波数 ω がある値 ω_0 のときに 0 となる．この角周波数 ω_0 を求めよ．

7) 5)で求めた $\dfrac{V_2}{V_1}$ について，角周波数 ω に対する $\left|\dfrac{V_2}{V_1}\right|$ の値の概形を描け．解答では，角周波数 ω を横軸，$\left|\dfrac{V_2}{V_1}\right|$ を縦軸にとり，$\left|\dfrac{V_2}{V_1}\right|$ の上限値と下限値 および ω_0 を該当する軸に記すこと．

S4. 以下の問に答えよ．

1) 以下の論理式と等価な論理式を，論理和 (OR) を用いず，論理積 (AND) と否定 (NOT) のみを用いて，できるかぎり簡単に表せ．ただし，$x \vee y$ は x と y の論理和 (OR)，xy は x と y の論理積 (AND)，$\neg x$ は x の否定 (NOT) を表す．

a) $a \vee b$

b) $\neg(a \vee \neg b) \vee (b \vee \neg c)$

2) 表 S4.1 に示す真理値表で表される入力論理変数 a, b, c，出力論理変数 x の論理関数を，図 S4.1 に示す論理回路 1 で実現する．ただし，内部信号 f_1 は恒偽 (0) ではないとする．

a) 内部信号 f_1 の論理式を，a, b, c を用いて，できるかぎり簡単に表せ．

b) 内部信号 f_2 の論理式を，a, b, c を用いて，できるかぎり簡単に表せ．

表 S4.1　真理値表

a	b	c	x
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

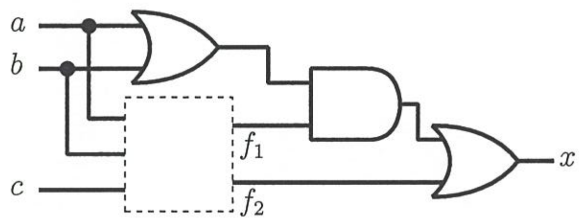


図 S4.1　論理回路 1

3) 図 S4.2 に示す入力が a, b, c，出力が y である論理回路 2 の入力ベクトルを (a, b, c) で表す．信号線の論理値が 1 に固定され，その影響が出力側に伝搬する故障を 1 縮退故障という．例えば，論理回路 2 において，信号線 ℓ_9 の 1 縮退故障は，出力 y の値が故障の有無で異なる入力ベクトル $(0, 0, 0)$ により，他に故障が存在しない前提で，検出できる．論理回路 2 について答えよ．

a) 出力 y の論理式を，a, b, c を用いて，できるかぎり簡単に表せ．

b) 信号線 ℓ_5 が 1 縮退故障したときの出力 y の論理式を，a, b, c を用いて，できるかぎり簡単に表せ．

c) 他に故障が存在しない前提で，信号線 ℓ_5 の 1 縮退故障を検出できる入力ベクトルをすべて示せ．

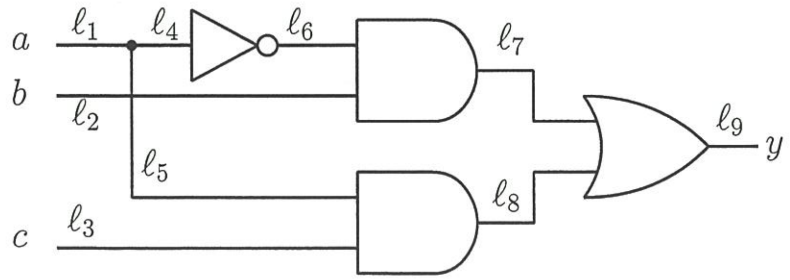


図 S4.2　論理回路 2

(次ページにつづく)

4) 表 S4.2 に示す状態遷移表について，以下の問に答えよ．

a) 初期状態が Q_0，入力系列が (00101) であるときの出力系列を示せ．

b) 同じ入力系列を与えたとき，出力系列が異なれば 2 つの状態は区別できる．例えば，入力系列 (0) で状態 Q_0 と状態 Q_1 は区別できる．状態 Q_0 と状態 Q_4 を区別できる入力系列を 1 つ示せ．ただし，入力系列はできるかぎり短くすること．

c) 出力系列により状態を区別できる入力系列が存在しないとき，2 つの状態は等価であるという．状態 Q_0 と等価な状態をすべて示せ．

表 S4.2　状態遷移表

現状態 (q) ＼ 入力 (x)	次状態 (q_n) 0	次状態 (q_n) 1	出力 (y) 0	出力 (y) 1
Q_0	Q_2	Q_1	0	0
Q_1	Q_3	Q_0	1	0
Q_2	Q_0	Q_1	0	0
Q_3	Q_1	Q_4	1	0
Q_4	Q_2	Q_0	0	0

5) 次の空欄 $\boxed{\text{Ⓐ}}$ から $\boxed{\text{Ⓞ}}$ のそれぞれに最も適切な語句を下の選択肢群から選んで，その番号を解答せよ．同じ選択肢を何度選んでもよい．

a) コンピュータで実行される論理関数で表現できる様々な処理は，出力が入力のみによって定まる $\boxed{\text{Ⓐ}}$ で実現できるが，多くの場合，$\boxed{\text{Ⓑ}}$ で実現されている．$\boxed{\text{Ⓑ}}$ の出力は，その入力と状態によって定まる．

b) 整数を 2 進数表現したとき，最上位ビットを $\boxed{\text{Ⓒ}}$，最下位ビットを $\boxed{\text{Ⓓ}}$ と呼ぶ．負の整数を考える場合，1 の補数表現や 2 の補数表現では，整数が負であるかは $\boxed{\text{Ⓔ}}$ で判断できる．同じビット数の場合，1 の補数表現で表現できる数は 2 の補数表現と比べ $\boxed{\text{Ⓕ}}$．コンピュータ内部では多くの場合，1 の補数表現を $\boxed{\text{Ⓖ}}$．実数は $\boxed{\text{Ⓗ}}$ 方式もしくは $\boxed{\text{Ⓘ}}$ 方式で表現されるが，$\boxed{\text{Ⓙ}}$ 誤差が生じる．

c) コンピュータは一般に，$\boxed{\text{Ⓚ}}$，$\boxed{\text{Ⓛ}}$，$\boxed{\text{Ⓜ}}$，入力装置，出力装置で構成される．$\boxed{\text{Ⓚ}}$ は，レジスタや ALU などで構成され，$\boxed{\text{Ⓚ}}$ と $\boxed{\text{Ⓛ}}$ を合わせてプロセッサもしくは CPU と呼ぶ．一般的なコンピュータでは，$\boxed{\text{Ⓜ}}$ は階層化され，その際プロセッサの近くに $\boxed{\text{Ⓝ}}$ であるメモリが，遠くに $\boxed{\text{Ⓞ}}$ であるメモリが配置される．

(1) 加算器，(2) 乗算器，(3) 算術演算，(4) アナログ回路，(5) 組合せ回路，(6) 順序回路，
(7) BUS，(8) FPGA，(9) IoT，(10) LSB，(11) MSB，(12) USB，
(13) 多い，(14) 少ない，(15) 等しい，(16) 用いる，(17) 用いない，
(18) 固定小数点，(19) 浮動小数点，(20) 最小二乗，(21) 標準，(22) 丸め，
(23) 演算装置，(24) 安全装置，(25) 制御装置，(26) 記憶装置，(27) 検査装置，
(28) 高速，(29) 高温，(30) 大容量

S5. プレーヤが行動を選択することで場面が変化するゲームを考える．ゲームは有向グラフにより表現でき，ゲームモデルと呼ぶことにする．図 S5.1 はその例である．節点は場面を表し，有向枝はプレーヤの行動により引き起こされる場面の遷移を表す．各節点には，行動の選択肢が節点毎の行動番号として一つ以上割り当てられている．任意の 2 つの節点 A, B について，A から B への有向枝は高々1 本であるとする．節点 A から出発して有向枝に沿って遷移し節点 C に到達するとき，節点 A，通過する各節点，および節点 C を順に並べた列を A から C への有向路と呼び，配列で表す．例えば図 S5.1 のゲームモデルにおいて，節点 0 から節点 2 を経由して節点 4 へ到達する有向路は<0,2,4>である．節点から 2 本以上の有向枝が外向きに出ている場合，行動を選択しても遷移先は一意には決まらず，どの有向枝を辿りやすいかが行動の選択に依存した遷移スコアにより決まるとする．遷移スコアは 0 以上の値をとり，スコアが大きい程遷移しやすいことを表す．

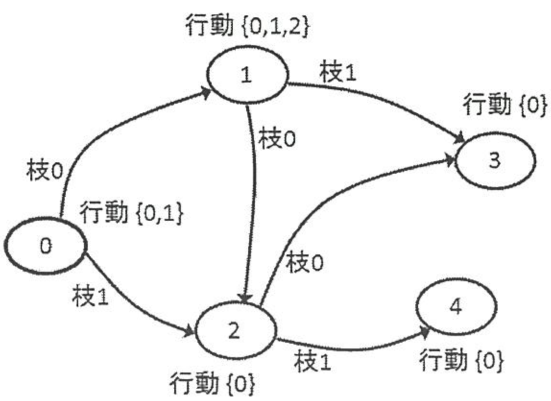
1) 図 S5.1 のゲームモデルにおいて，節点 0 から節点 3 への有向路を全て列挙せよ．例えば，節点 0 から節点 4 への有向路は<0,2,4>と<0,1,2,4>の 2 本が存在する．

2) 与えられたゲームモデルに対し，第 i 要素が第 i 節点での行動の選択を表した配列を行動選択配列と呼ぶ（配列の添え字は 0 からとする）．例えば図 S5.1 のゲームモデルにおいて，行動選択配列[0,2,0,0,0]は節点 0 では行動 0，節点 1 では行動 2，節点 2 では行動 0，および節点 3 と 4 では行動 0 を選択することを表す．行動選択配列 $\boldsymbol{p}$ に従った有向路 $\boldsymbol{r}$ の遷移スコアとは，$\boldsymbol{r}$ に含まれる全ての枝の $\boldsymbol{p}$ に応じた遷移スコアの積とする．また，行動選択配列 $\boldsymbol{p}$ に従った節点 A から節点 B への遷移スコアとは，A から B への全ての有向路の遷移スコアの和とする．以下の問 a)～d)に答えよ．問 a)～c)については図 S5.1 のゲームモデルを対象とし，問 d)については任意のゲームモデルを対象とする．

   a) 行動選択配列を[0,2,0,0,0]とするとき，有向路<1,2,3>の遷移スコアを求めよ．例えば，有向路<0,2,4>の遷移スコアは，0.2 と 0.3 の積で 0.06 である．

   b) 行動選択配列を[0,0,0,0,0]とするときと[1,1,0,0,0]とするときについて，節点 1 から節点 3 への遷移スコアをそれぞれ求めよ．また，大きくなるのはどちらか答えよ．

   c) 行動選択配列を[0,0,0,0,0]とする．節点 1 から節点 3 への遷移スコアをx_1，節点 2 から節点 3 への遷移スコアをx_2とするとき，x_1とx_2を用いて節点 0 から節点 3 への遷移スコアyを表せ．



節点	節点毎の行動番号	行先節点番号	遷移スコア
0	0	1	0.8
		2	0.2
	1	1	0.3
		2	0.7
1	0	2	0.6
		3	0.4
	1	2	0.1
		3	0.9
	2	2	0.8
		3	0.2
2	0	3	0.7
		4	0.3

（行先節点番号がない節点については省略）

図 S5.1　ゲームモデル

（次ページにつづく）

(前ページのつづき)

d) ゲームモデル上の任意の２つの節点ＣとＧに対し，ＣからＧへの遷移スコアを最大にする行動選択配列をＣからＧへの最適行動選択配列と呼ぶ．今，p^*をＣからＧへの最適行動選択配列（複数ある場合はそのうちの一つ）とする．このとき節点ＭをＣからＧへの有向路上の任意の節点とすると，p^*はＭからＧへの最適行動選択配列でもある．このことをもとに，p^*を求めるプログラムを作成したい．図 S5.2 に示す擬似コードの空欄を埋め，optPolicy(C, G)により配列 policy にp^*が求まるようにせよ．簡単のため，任意の節点Ａを出発して有向枝をその向きに沿って辿ったとき再びＡに戻ることは無いこととする．関数 numArcs, nextNode, numActions, arcScore の実装は別途与えられており，利用可能とする．またＮは，グラフのノード数を表す整数値とする．ＣからＧへの経路が存在しない場合は，便宜的に全ての節点で行動０を選択することとする．

```
int numArcs(int s);          // 節点 s から外に向かう有向枝の数を返す関数
int nextNode(int s, int i);  // 節点 s から外に向かう i 番目の有向枝の行き先の節点番号
                             // を返す関数（枝番号 i の振り方の例は図 S5.1 を参照）
int numActions(int s);       // 節点 s において選択可能な行動の数を返す関数
float arcScore(int s, int a, int i);  // 節点 s で行動 a を選択した場合の i 番目の有向枝
                                      // の遷移スコアを返す関数
int policy[N] = {0};   // 全配列要素を 0 に初期化
int visited[N] = {0};  // 全配列要素を 0 に初期化
float maxScore[N];

// 現在節点 curPos から目的節点 goal までについて行動選択配列を最適化
float optPolicy(int curPos, int goal) {
  int i, a, opt;
  float acc, max;
  if (visited[curPos]==1) { return maxScore[curPos];}
  if (curPos== [  ア  ] ) {  // 現在節点と目的節点が同じ場合
    policy[curPos] = 0; maxScore[curPos] = 1.0; visited[curPos]=1; return 1.0;
  }
  for (i=0; i<numArcs(curPos); i++) { // 遷移先について調べる
    if (visited[curPos]==0) { [          イ          ] ;}
  }
  opt=0; max=0.0;
  for (a=0; a<numActions(curPos); a++) {  // 最大値を与える行動を探す
    acc=0.0;
    for (i=0; i<numArcs(curPos); i++) {
      acc = acc + [    ウ    ] * maxScore[    エ    ];
    }
    if (max<acc) { [   オ   ] ; opt = a; }
  }
  policy[curPos] = opt; maxScore[curPos] = max; visited[curPos]=1; return max;
}
```

図 S5. 2 最適行動選択配列を求める擬似コード

S6. 静電界に関する以下の問に答えよ．以下では，平板は薄くその厚さは無視してよく，真空の誘電率を ε_0 とする．

1) 図 S6.1 に示すように，面電荷密度 σ（>0）で一様に帯電した無限に広がる平板がある．この平板が作る電界の大きさと方向を示せ．その導出の過程も説明すること．

図 S6.2 に示すように，1辺の長さが a, b で，それぞれ $+Q$, $-Q$ に帯電した2枚の導体平板を間隔 d で平行に置いた．同図に示すように，長さ a の辺に沿った方向を x 軸，b の辺に沿った方向を y 軸，平板と直交する方向を z 軸とする．そして，平板の左端を $x=0$ とし，$-Q$ に帯電した面の位置を $z=0$，$+Q$ に帯電した面の位置を $z=d$ とする．ただし，$Q>0$ とする．

2) z 軸方向に沿って2枚の導体平板で分けられる3つの領域における電界ベクトルを z 座標の負側から順に $\boldsymbol{E}_1$, $\boldsymbol{E}_2$, $\boldsymbol{E}_3$ とし，それらの大きさと方向を示せ．導体平板の端での電界の乱れは無視できるものとする．
3) 図 S6.2 の平行板コンデンサの静電容量 C_1 および静電エネルギー U_1 を求めよ．
4) 図 S6.2 の平行板コンデンサに誘電率 ε の誘電体を隙間なく挿入する．このとき，コンデンサの静電容量 C_2 を求めよ．
5) 4)の状態から誘電体を x の正方向に引き抜くとする（図 S6.3）．このとき必要な力を，誘電体の左端の位置(x_L)を変数として求めよ．導出の過程も示すこと． ただし，$0<x_L<a$ とする．
6) 2枚の導体平板のうち$+Q$ に帯電された1枚の平板について，図 S6.4 に示すように，その右端を微小量 δ だけ持ち上げた．このとき，平板間の電位差を V とし，x を変数として平板間の電界 $E(x)$ を示せ．導体平板の端での電界の乱れは無視できるものとする．また平板を傾けたことによる電界の方向の変化は無視できるものとする．
7) 6)のコンデンサの静電容量 C_3 を求めよ．導出の過程も示すこと．

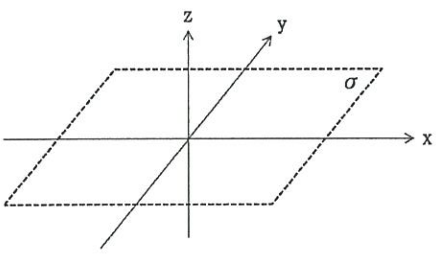


図 S6.1

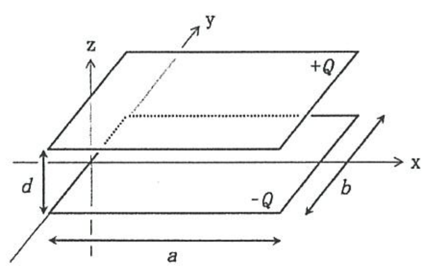


図 S6.2

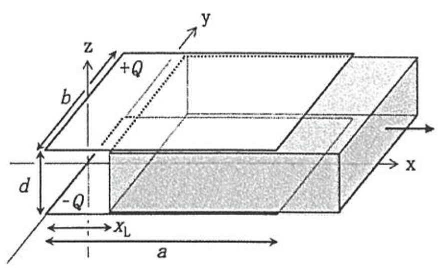


図 S6.3

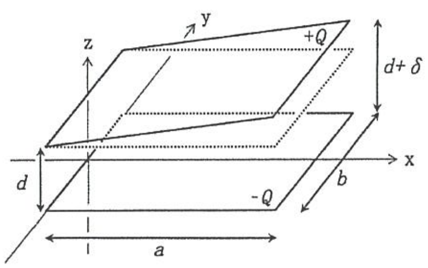


図 S6.4