

**問題 2 1 離散数学** 設問すべてについて解答すること。

I  $X$ を、各成分が0,1,-1であるような $n$ 次元ベクトルすべてからなる集合とする ( $n \geq 2$ )。今、関数 $f: X \rightarrow X$ および $g: X \rightarrow X$ を以下のように定める。

$$f((v_1, v_2, \dots, v_n)) = (-v_n, v_1, \dots, v_{n-1})$$

$$g((v_1, v_2, \dots, v_n)) = (|v_n|, v_1, \dots, v_{n-1})$$

ここで $|v|$ は値 $v$ の絶対値を表す。また、任意の与えられた関数 $h$ に対して、それに対応する関数の系列 $h_1, h_2, \dots, h_i, \dots$ を以下のように定める。

$$h_i = \begin{cases} h & (i = 1) \\ h \circ h_{i-1} & (i > 1) \end{cases}$$

ここで $h \circ h_{i-1}$ は関数 $h$ と $h_{i-1}$ の合成を表す。このとき次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1)  $f$ が全射かどうか答えよ。
- (2)  $g$ が単射かどうか答えよ。
- (3)  $v \in X$ について、 $f_n(v)$ を、 $f_i$  ( $1 \leq i \leq n-1$ ) および $f$ を含まない式で書け。
- (4)  $g_n$ の値域を書け。

II 2枚のコインから等確率で1枚のコインを選択し、それを3回続けて投げる試行を考える。ただし、2枚のうち1枚(Aと呼ぶ)は表と裏が等確率で出るが、もう一枚(Bと呼ぶ)は表が確率2/3(すなわち、裏が確率1/3)で出るものとする。このとき、次の問い(1)～(3)に答えよ。

- (1) 投げたコインが3枚とも表となる確率を求めよ。
- (2) 表が2回出たとき、投げているコインがBである(条件付き)確率を求めよ。
- (3) 表が出る回数の期待値を求めよ。

III 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) 無向グラフ $T$ は $n$ 頂点の木であるとする。 $T$ の辺の数は何本か答えよ。また、 $T$ から任意に選んだ $x$ 本( $x > 0$ )の辺を取り除いてできるグラフの連結成分数を答えよ。
- (2) 木に含まれる次数1の頂点を何と呼ぶか答えよ。また、5頂点からなる木のうち、次数1の頂点数が最小のものを図示せよ。
- (3)  $T_1, T_2$ を、頂点集合が同一であり、辺集合が互いに素であるような2つの木とし、グラフ $G$ をこの2つの木を重ね合わせて得られるグラフとする。すなわち、 $T_i = (V_i, E_i)$  ( $i \in \{1, 2\}$ ) とすると、 $V_1 = V_2$ ,  $E_1 \cap E_2 = \emptyset$ ,  $G = (V_1, E_1 \cup E_2)$ が成立する(ここで $\emptyset$ は空集合を表す)。このとき、以下の問いに答えよ。
  - (a)  $G$ から任意の辺を1つ取り除いて得られるグラフは必ず連結であることを示せ。
  - (b)  $G$ から任意に選んだ $x$ 本の辺を取り除いて得られるグラフの連結成分数は、高々 $\lfloor x/2 \rfloor + 1$ であることを示せ。

**問題 2 2 情報科学** 設問すべてについて解答すること。

I  $n$  を 2 のべき乗とする。2 つの  $n$  ビット 2 進数  $A_n = a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_0, B_n = b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_0$  の乗算に必要な時間計算量を  $M(n)$  とし、加算に必要な時間計算量を  $S(n)$  とする。以下の問いについて答えよ。

(1)  $A_n, B_n$  がそれぞれ、大きさ  $n$  の配列  $A[0], \dots, A[n-1]$  と  $B[0], \dots, B[n-1]$  に格納されている ( $A[i], B[i] \in \{0, 1\} (0 \leq i \leq n-1)$ ) とする。 $A_n$  と  $B_n$  の和の計算結果を大きさ  $n+1$  の配列  $R[0], \dots, R[n]$  に格納するとする。また、各  $i (0 \leq i \leq n-1)$  に対して、 $i$  桁目の桁あげの結果を  $C[i+1] (0 \leq i \leq n-1)$  に格納するとする。このとき、 $C[i] (1 \leq i \leq n), R[i] (0 \leq i \leq n)$  を、それぞれ  $A, B, C$  の要素を用いて表せ。それを利用して、 $S(n) = O(n)$  を示せ。

(2)  $A_n$  と  $B_n$  の減算 ( $A_n - B_n$ ) に必要な時間計算量を  $D(n)$  とするとき、 $D(n) = O(n)$  を示せ。

(3)  $A_{n/2}^U = a_{n-1}, \dots, a_{n/2}, A_{n/2}^L = a_{(n/2)-1}, \dots, a_0, B_{n/2}^U = b_{n-1}, \dots, b_{n/2}, B_{n/2}^L = b_{(n/2)-1}, \dots, b_0$  とするとき、再帰的な乗算アルゴリズムを記述し、 $M(n) \leq 4M(n/2) + 3S(2n) + O(n)$  となることを示し、 $M(n) = O(n^2)$  を証明せよ。

(4) 次の等式

$$A_{n/2}^U \times B_{n/2}^L + B_{n/2}^U \times A_{n/2}^L = (A_{n/2}^U + A_{n/2}^L) \times (B_{n/2}^U + B_{n/2}^L) - A_{n/2}^U \times B_{n/2}^U - A_{n/2}^L \times B_{n/2}^L$$

を利用して、 $M(n) = o(n^2)$  を示せ。

II 以下の規則により定義される文法  $G = (\{S\}, \{[, ]\}, P, S)$  を考える。ここで  $P$  は以下の 3 つの規則により構成されているものとする。但し、 $\varepsilon$  は空系列を表す。

$$1: S \rightarrow SS \quad 2: S \rightarrow [S] \quad 3: S \rightarrow \varepsilon$$

次の問いについて答えよ。

(1) 語  $[[[]][[]]]$  が  $G$  から導出可能であることを示せ。

(2)  $G$  が生成する言語を  $L(G)$  とするとき、次の語のうち  $L(G)$  に属するものを選び。

(a)  $[[[]][[]]]$  (b)  $\varepsilon$  (c)  $[[[]][[]]]$  (d)  $[[[]][[]]]$

(3)  $\#_a(w)$  は、語  $w$  中の記号  $a$  の個数を表すとする。 $x \in L(G)$  ならば、次の (i), (ii) が成り立つことを  $x$  の長さ ( $|x|$  で表す) に関する帰納法で証明せよ。

(i)  $x$  の任意の接頭辞  $y$  に対し、 $\#_l(y) \geq \#_r(y)$

ここで、 $x = yz (|z| \geq 0)$  であるとき、 $y$  を  $x$  の接頭辞という。

(ii)  $\#_l(x) = \#_r(x)$

(4) 設問 (3) の条件 (i), (ii) は  $x \in L(G)$  に対する十分条件でもある。このことを利用して、 $x \in \{[, ]\}^*$  が与えられたとき、 $x \in L(G)$  かどうかを判定するアルゴリズムを示せ。但し、 $x = x_0 x_1 \dots x_{n-1}$  は配列  $P[0], \dots, P[n-1]$  に格納されている ( $P[i] = x_i (0 \leq i \leq n-1)$ ) とする。

**問題 2 3 情報理論** 設問すべてについて解答すること。

I 2つの確率変数  $X, Y$  はどちらも  $\{0, 1\}$  の値を取る 2 値確率変数であり、その同時分布  $P_{XY}(x, y)$  は次の関係を満たすものとする。

$$P_{XY}(0, 0) = P_{XY}(0, 1)$$

$$P_{XY}(0, 0) = 2P_{XY}(1, 1)$$

さらに、 $X$  に関するエントロピー  $H(X)$  は 1 である。

次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。導出過程も簡潔に示すこと。ただし、解答においては  $\log_2()$  の演算はそのままの形で残し、最も簡約化した形で答えを示すこと。

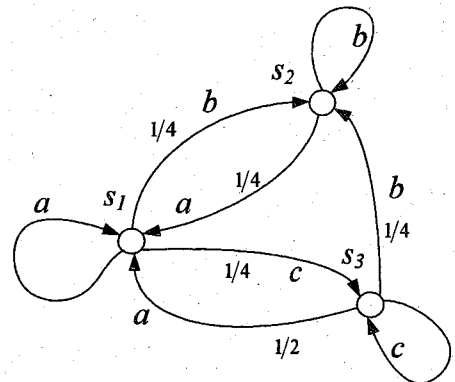
(1)  $P_X(0)$ ,  $P_X(1)$  を求めよ。

(2) 同時 (結合) エントロピー  $H(X, Y)$  ( $H(XY)$ ) を求めよ。

(3) 相互情報量 (平均相互情報量と呼ばれることもある)  $I(X; Y)$  を求めよ。

II 発生する記号が  $a, b, c$  であるマルコフ情報源  $S$  の状態遷移図が右図で与えられる。

図中  $s_1, s_2, s_3$  はマルコフ情報源の状態を表す。このとき次の (1) ~ (5) の問いについて答えよ。計算問題は導出過程も簡潔に記すこと。ただし  $\log_2()$  の演算はそのままの形で残し、また、数値は分数形で答えよ。



(1) 状態遷移確率  $P(s_1|s_1)$ ,  $P(s_2|s_2)$ ,  $P(s_3|s_3)$  を求めよ。

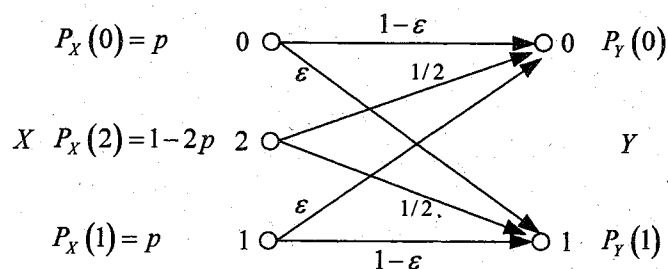
(2) (1) で求めた確率も用いて状態遷移確率行列  $\mathbf{P}$  を求めよ。

(3) 定常確率分布  $(P(a), P(b), P(c)) = (P(s_1), P(s_2), P(s_3))$  を計算せよ。

(4) (3) で求めた分布を用いてこのマルコフ情報源のエントロピー  $H(S|S)$  を求めよ。

(5) マルコフ情報源の定常確率分布を持つ無記憶情報源を随伴情報源という。このマルコフ情報源の随伴情報源  $\bar{S}$  のエントロピー  $H(\bar{S})$  を求めよ。

III 送信記号を  $X = \{0, 1, 2\}$ , 受信記号を  $Y = \{0, 1\}$  とし, 送信記号  $X$  から受信記号  $Y$  への遷移確率が下図で与えられる通信路がある。図中の  $P_X(x), P_Y(y)$  は記号の発生確率, 送信記号の生成確率パラメータ  $p$  は  $0 \leq p \leq 1/2$  であり, パラメータ  $\varepsilon$  は  $0 < \varepsilon < 1/2$  である。このとき次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。計算過程も簡潔に記すこと。ただし  $\log_2()$  の演算はそのままの形で残し, また, 数値は分数形で答えよ。



- (1) 受信記号のエントロピー  $H(Y)$  を求めよ。
- (2) 平均相互情報量  $I(X;Y)$  を  $p, \varepsilon$  を用いて求めよ。
- (3) この通信路の通信路容量  $C$  を求めよ。

## 問題 2 4 A [情報ネットワーク], B [知能科学], C [メディア情報処理]

A, B または C の設問のいずれかを選択して解答し, 解答用紙の選択記号欄に, 選択した A, B または C の記号を記入すること。

### A [情報ネットワーク] 設問すべてについて解答すること。

I パケット交換ネットワークにおいて, 6160 バイトのユーザデータを, 端末 A から端末 B へ, 6 個のルータ (順にルータ 1 からルータ 6 とする) を経由して伝送する場合を考える。1 パケットのヘッダは 20 バイトで, 最大ペイロード長は 880 バイトとする。このネットワークでは, 他のパケットフローは存在しなく, ルータでのパケット処理時間 (メモリへの読み書き時間を含む) は十分小さく無視できるものとする。また, 1 個のルータが持つパケット蓄積用メモリは 2700 バイトであるとし, メモリへの読み書きはパケット単位で行う。ルータでは, 1 個のパケットが送信終了するとそれは瞬時にメモリから消去され, 次のパケットが受信可能になるとする。パケット交換は, コネクションレス型であるとする。

このとき, 以下の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。計算に際しては, パケットの伝搬遅延は無視できるものとする。

- (1) 端末 A から 6 個のルータを経由して端末 B にいたる経路上の全ての回線の伝送速度が 4Mbps である場合に, 端末 A がユーザデータの最初のビットを含むパケットを送信し始めてから, 端末 B がユーザデータの最後のビットを含むパケットを受信し終えるまでの時間を計算せよ。
- (2) 端末 A からルータ 4 までの経路上の回線速度はそれぞれ 6Mbps であり, ルータ 4 から端末 B までの回線速度は各々 4Mbps である場合に, ルータ 4 におけるパケットの振舞いを説明し, 端末 A, ルータ 1 ~ ルータ 6 の送信タイミング, ならびに端末 B の受信タイミングを図示せよ。
- (3) 上記 (2) で, 端末 A がユーザデータの最初のビットを含むパケットを送信し始めてから, 端末 B がユーザデータの最後のビットを含むパケットを受信し終えるまでの時間を計算せよ。

II 二つの端末 A, B があり, 端末 A が端末 B へ TCP を用いて 3500 バイトのデータを送るものとする。通信中の誤りは発生しない。IP はバージョン 4 (v4) であるとする。ここで, 最大 IP データグラム長は 1140 バイトとし, IP データグラムの分割は発生しない。また, 端末 B には十分な処理能力があり, ウィンドウサイズは変化しない。TCP ヘッダと IP ヘッダにはオプション部はなく, 各 20 バイトである。

端末 A と端末 B は地理的に大きく離れており, 端末 A から端末 B へ IP データグラムを送るにはやや長い時間がかかるため, 端末 A がウィンドウ内の全てのデータを完全に送った後に, 端末 B にデータが到着する。ここで, TCP セグメントの流れを, 端末 A と端末 B の中間地点で観測する。TCP のウィンドウサイズが 2500 バイトであるとき, 以下の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。

- (1) 一つの TCP セグメントあたりの最大ペイロード長はいくらであるか答えよ。
- (2) 3500 バイトのデータは, どのような TCP セグメントとして送信されるか。その長さとお数を根拠とともに示せ。

(3) TCP セグメントの流れを、コネクションの確立および終了まで含めて図示せよ。TCP セグメントの記述では、SYN, FIN, ACK フラグの有無および（シーケンス番号(Seq), 送達確認番号(Ack)) を、以下の記述例に従って明記すること。

記述例) A->B [SYN, ACK (Seq100, Ack200)]

(端末 A から端末 B へ、SYN, ACK フラグがセットされた、データのシーケンス番号が 100, 送達確認番号は 200 の TCP セグメントが送られる場合)

(注意事項)

- ・ SYN および FIN のフラグ情報も各 1 バイトとみなし、一つずつシーケンス番号が割り当てられる。
- ・ ここでは、端末 A のシーケンス番号の初期値は 100, 端末 B のシーケンス番号の初期値は 200 とする。

Ⅲ 次の(1), (2)の問いについて答えよ。

- (1) 連続 ARQ (Automatic Retransmission reQuest) の方式を二つ挙げよ。
- (2) (1)で挙げた二つの方式の違いを説明せよ。

**B [知能科学]** 設問すべてについて解答すること。

**I** 次の(1), (2)の問いについて答えよ。

(1) 以下の文を1階述語論理式で表現せよ。ただし、述語には図1の述語表に含まれるもののみを用い、個体定数、個体変数、論理演算子、限量記号を適切に用いること。

- a) 猫好きでも犬好きでもない人はいない。
- b) Tomは犬好きではない。
- c) Tomが猫好きであればTaroは猫好きではない。
- d) 犬好きの人がいる。

$doglover(x)$	$x$ は犬好きである
$catlover(x)$	$x$ は猫好きである

図1：述語表

(2) 上記のa)～d)の1階述語論理式を節形式に変換したとき、ホーン節となるものをすべて記号で列挙せよ。

**II** 次の(1), (2)の問いについて答えよ。ただし、 $p, q, r, s$ は述語記号、 $f, g$ は関数記号、 $x, y, z$ は個体変数、 $a, b$ は個体定数とする。

(1) 以下の節集合のエルブラン領域を求めよ。

$$C_1 = \{p(f(x), x) \rightarrow q(x), r(y, g(y)) \rightarrow s(y)\}$$

$$C_2 = \{\neg p(x) \vee q(y), p(a), \neg q(b)\}$$

(2) 以下の論理式を最も簡単な節形式に変換せよ。また、変換後の節の数を答えよ。

$$\forall x.[p(x) \rightarrow \exists y.[(q(x, y) \rightarrow p(a)) \wedge \forall z.[q(y, z) \rightarrow p(x)]]]$$

**III** 図2に示す論理プログラム $P$ について、次の(1)～(3)の問いについて答えよ。解答において述語名 *parent*, *female*, *mother*, *offspring* に対してそれぞれ省略された述語名 *pa*, *fe*, *mo*, *off* を用いても良い。また、 $P \models Q$ とは $Q$ が論理式の集合 $P$ からの論理的帰結であることを示す。

- (1) 前向き推論システムを用いて以下が成立するか確かめた。このとき推論が終了するまでの推論ステップ毎の述語集合と推論結果の例をすべて示せ。

$$P \models \exists x. offspring(x, ann)$$

- (2) 後向き推論システムによって以下が成立するかどうか確かめた。このとき生成されるSLD

(R1)	$parent(caz, ann) \leftarrow .$	個体変数： $x, y, z$
(R2)	$parent(bob, tom) \leftarrow .$	個体定数： $caz, ann, bob,$
(R3)	$parent(ann, liz) \leftarrow .$	$tom, liz$
(R4)	$parent(ann, bob) \leftarrow .$	
(R5)	$female(liz) \leftarrow .$	
(R6)	$female(ann) \leftarrow .$	
(R7)	$mother(x, y) \leftarrow parent(x, y), female(x).$	
(R8)	$offspring(x, z) \leftarrow parent(z, x).$	
(R9)	$offspring(x, z) \leftarrow parent(y, x), offspring(y, z).$	

図2：論理プログラム $P$

(Selective Linear Definite resolution) 反駁木と推論結果の例をすべて示せ。反駁の各枝にはサブゴールの展開に用いたルール(ホーン節)の番号と代入を記すこと。

$$P \models \exists x. mother(x, bob)$$

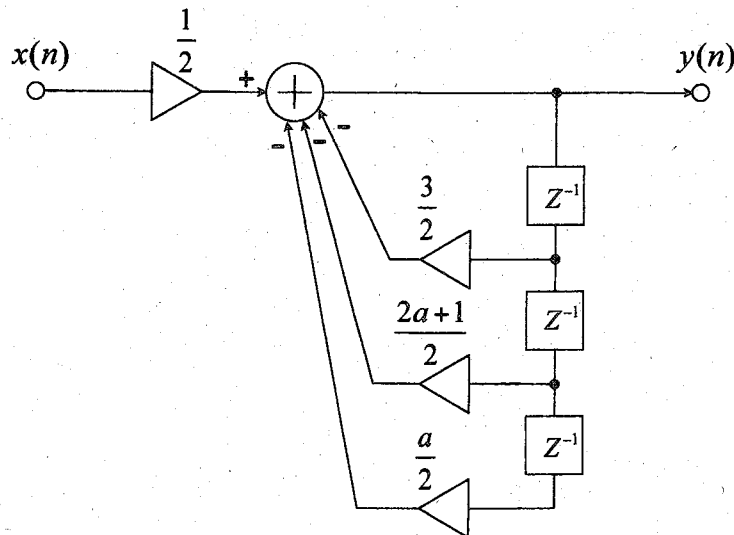
- (3) 前向き推論システムと後向き推論システムの長所と短所をそれぞれ述べよ。

**C[メディア情報処理]** 設問すべてについて解答すること。

I 離散時間信号  $x(n)$  を入力とし  $y(n)$  を出力とする離散時間システム  $L$  を  $y(n) = L[x(n)]$  と表す。以下の問いに答えよ。

- (1) 「 $L$  が線形である」「 $L$  が時不変である」とはどういう意味か、式を用いて説明せよ。
- (2) 単位インパルス  $\delta(n)$  を用いて  $x(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \delta(n-k)$  と表現できる。これを用いて、 $L$  が線形かつ時不変であるとき、 $y(n)$  がインパルス応答  $h(n)$  と  $x(n)$  で表せることを証明せよ。
- (3)  $x(n)$  の  $z$  変換を  $X(z)$  とするとき、 $x(n-k)$  の  $z$  変換を  $X(z)$  を用いて求めよ。

II 次の図で表される離散時間システムに関する以下の問いについて答えよ。ただし  $a$  は実数とする。



- (1) このシステムの入出力関係の差分方程式および伝達関数  $H(z)$  を求めよ。
- (2) このシステムの伝達関数の極をすべて求めよ。
- (3) このシステムが安定となるための  $a$  の必要十分条件を求めよ。

III 連続時間信号  $x(t)$  を間隔  $T$  (秒) でサンプリングして離散時間信号を出力するシステムがある。このシステムによって得られる標本信号を  $x_s(t)$  とするとき、次の問いに答えよ。

- (1)  $x_s(t)$  を、信号  $x(t)$  および間隔  $T$  のインパルス列  $\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t-nT)$  を用いて表せ。
- (2)  $\delta_T(t)$  のフーリエ変換は周波数域での高さ  $2\pi/T$ 、間隔  $2\pi/T$  のインパルス列となる。これを用いて、 $x_s(t)$  の周波数スペクトル  $X_s(\omega)$  を  $x(t)$  の周波数スペクトル  $X(\omega)$  を用いて表せ。
- (3)  $s(t) = \sin 8\pi t + \sin 20\pi t$  に対して  $T = 1/16$  (秒) でサンプリングし、標本化定理に従って復元する。このとき、エイリアシングが起こるかどうかを答えよ。また、復元した連続信号  $s'(t)$  を求めよ。



問題 25 A [建築構造学], B [土木構造力学]

A または B の設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択した A または B の記号を記入すること。

A [建築構造学] 設問 I と II のすべてについて解答すること。

I 図 1 に示すように、たるませたワイアで曲げ剛性  $EI$  の弾性体の柱 2 本を連結した構造物を考える。ワイアは自然長が  $L+d$  の弾性体であり、引張剛性は  $k (=3EI/h^3)$  である。また、ワイアの質量は無視できるものとする。いま、右側の柱の柱頭 A に水平荷重  $P$  を作用させたときの A 点の水平変位を  $\delta_A$  とする。このとき、以下の各問に答えなさい。なお、必要であれば図 2 の関係を用いなさい。

- (1) ワイアのたるみがなくなったときの水平荷重を  $P_0$  とする。 $P_0$  の大きさを求めなさい。
- (2) A 点の水平変位  $\delta_A$  が  $2d$  になったときの水平荷重  $P_1$  の大きさを求めなさい。
- (3)  $\delta_A$  が  $3d$  のときワイアが切れ、その後右側の柱は弾性変形を続けた。 $P$  と  $\delta_A$  の関係を  $0 < \delta_A < 4d$  の範囲で図示しなさい。

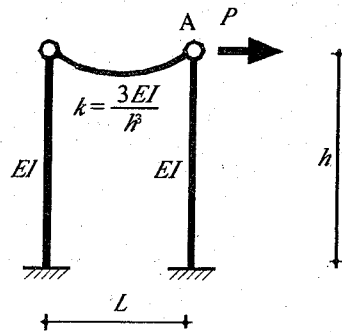


図 1

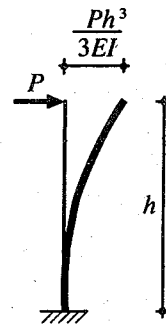


図 2

II 図 3 に示すような応力度  $\sigma$  とひずみ度  $\varepsilon$  の関係を持つ材料を使用した、断面  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 、高さ  $1\text{m}$  の独立柱がある。図 4 のように、柱頭の中心位置に鉛直力  $N$  と水平力  $Q$  が作用したとき、柱脚における圧縮縁と引張縁のひずみ度  $\varepsilon$  の大きさがそれぞれ  $3 \times 10^{-3}$ 、および  $2 \times 10^{-3}$  となった。このときの  $N$  と  $Q$  の大きさを求めなさい。

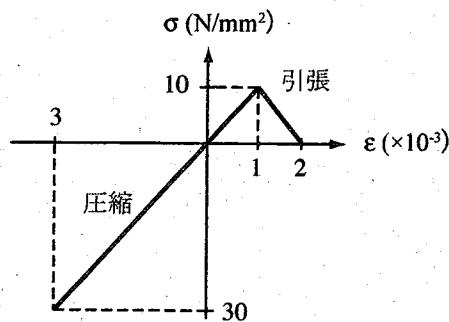


図 3

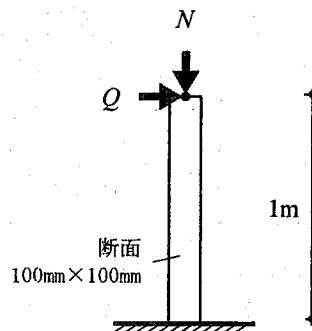


図 4

**B[土木構造力学]** 設問すべてについて解答すること。

I 図 1 のように単位長さあたり  $q$  の一様な死荷重が下向きに作用するはりについて答えなさい。ただし、曲げ剛性は  $EI$  とします。点 A は不動ヒンジ支承（固定ヒンジ支承）で点 B は可動ヒンジ支承で支持されているものとします。なお、各問題では点 A を原点にはりに沿って点 B に向かって  $x$  軸を、鉛直下向きに  $y$  軸をとって考えなさい。

- (1) 曲げモーメント分布を表す式  $M(x)$  を求めなさい。
- (2) はり中央部( $x=l/2$ ) におけるはりのたわみ  $v_0$  を求めなさい。

II 図 2(a)(b)のはりについて答えなさい。ただし、曲げ剛性は  $EI$  とします。点 A は不動ヒンジ支承（固定ヒンジ支承）で点 C は可動ヒンジ支承で支持されているものとします。なお座標は I と同様に設定します。死荷重は単位長さあたり  $q$  で一様に下向きに作用します。

- (1) 図 2(a)について曲げモーメント分布を表す式  $M(x)$  を求めなさい。
- (2) 以上の結果を用いて、図 2(b)について曲げモーメント分布を表す式  $M(x)$  を求めなさい。
- (3)  $l/2 < a < l$  のとき図 2(b)の曲げモーメント分布図はおおよそ図 3 のようになります。曲げモーメントの最大値を  $M_1$ 、最小値を  $M_2$  とするとき  $M_1 = -M_2$  となるような  $a/l$  の値を求めなさい。
- (4) このときこのはりに生じている曲げモーメントの最大値は図 1 のはりに生じている曲げモーメントの最大値の  $\alpha$  倍になっています。 $\alpha$  の値を求めなさい。

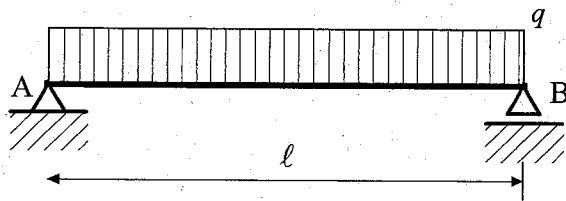


図 1

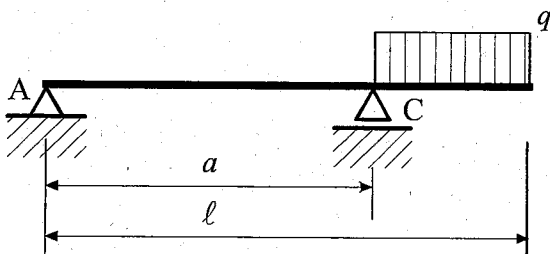


図 2(a)

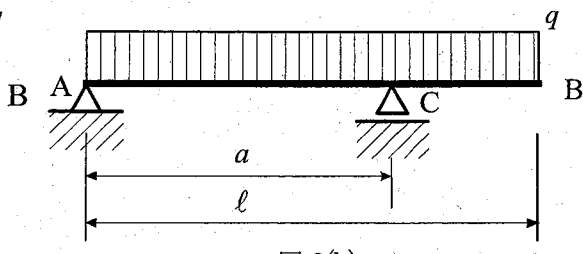


図 2(b)

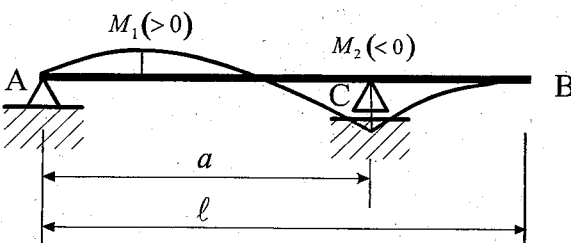


図 3

## 問題 2 6 A[建築環境・設備], B[環境水理学]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

**A[建築環境・設備]** 設問すべてについて解答すること。

I 空気環境に関する(1)～(2)の問いについて答えなさい。

(1)「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」に定められた空気調和設備を設けている特定建築物の空気環境に関する基準を示した下表の空欄(a)～(g)に適する数値を答えなさい。

温度	(a)℃～(b)℃ 居室における温度を外気温より低くする場合はその差を著しくしないこと。
相対湿度	(c)%～(d)%
気流	(e)m/sec以下
浮遊粉じんの量	0.15 mg/m <sup>3</sup> 以下
一酸化炭素の含有率	(f) ppm 以下
二酸化炭素の含有率	(g) ppm 以下
ホルムアルデヒドの量	0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下

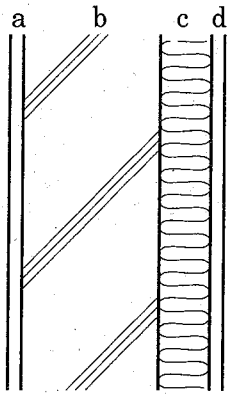
(2) 二酸化炭素の含有率を指標として、在室者一人あたりの必要換気量を求めなさい。

ただし、室内の許容濃度は上表の基準の上限値、外気の二酸化炭素濃度は 300ppm、一人あたりの二酸化炭素発生量は 0.021m<sup>3</sup>/h とし、計算過程を明示すること。

II 建物外壁の断熱性能に関する(1)～(2)の問いについて答えなさい。

(1) 一般に熱伝導率の小さい材料を厚さを大きくして用いると断熱性能は高くなる。空気も熱伝導率が非常に小さい材料であるが、中空層として用いた場合には、その厚さが一定以上になると熱抵抗は上昇しなくなる。その理由を簡潔に説明しなさい。

(2) 熱抵抗を大きくするには、(1)の理由と共に中空層の気密性を高くする必要がある。そのため、中空層に代えて空気を多く含む断熱材を用いることが多く、断熱性能により熱貫流率に影響を与える。断熱材を設置した外壁の熱貫流率を求めなさい。ただし、仕様は以下に示すものとし、室内側熱伝達率は 10[W/m<sup>2</sup> K]、外気側熱伝達率を 25[W/m<sup>2</sup> K]として計算過程を明示して答えなさい。



材料名	厚さ [mm]	熱伝導率 [W/m・K]
a. モルタル	12	1.2
b. コンクリート	140	1.4
c. グラスウール	40	0.04
d. 合板	10	0.2

Ⅲ 建築環境・設備に関する（１）～（１０）の測定量，特性値等の単位を記しなさい。

- |            |              |
|------------|--------------|
| （１）輝度      | （６）音の強さ      |
| （２）照度      | （７）音響エネルギー密度 |
| （３）発光効率    | （８）騒音レベル     |
| （４）比エンタルピー | （９）吸音力       |
| （５）換気回数    | （１０）デグリーデー   |

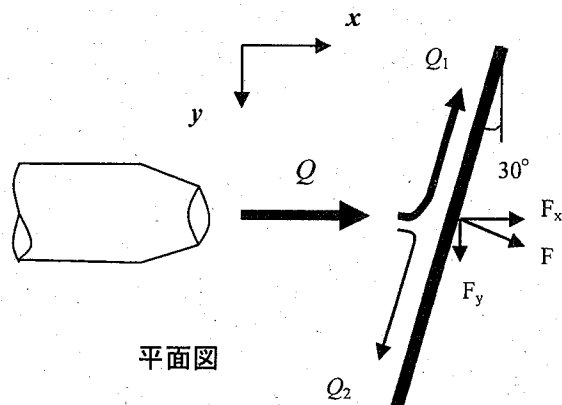
B [環境水理学] 設問すべてについて解答すること。

I 図のようにノズルから出る流量  $Q$ 、流速  $u$  の噴流に対して、 $30^\circ$ の角度を持たせて鉛直に置いた平板に働く力  $F$  を考える。流体は完全流体とし、水の密度を  $\rho$  とするとき、次の問いに答えよ。

(1)  $x$  方向および  $y$  方向の運動量方程式を立てよ。

(2)  $F_x$ 、 $F_y$  はそれぞれ  $\rho u Q$  の何倍になるかを求めよ。

(3) 合力  $F$  を求めよ。



II 下図のような無限に広い傾斜板上に一様で定常な2次元層流を  $x$  軸方向に流すとき、 $x$  方向流速  $u(z)$  の分布をナビエ・ストークス方程式 (NS 方程式) により求めたい。2次元 NS 方程式は下に示すとおりである。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} F_x + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad \dots\dots ①$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} F_z + \nu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad \dots\dots ②$$

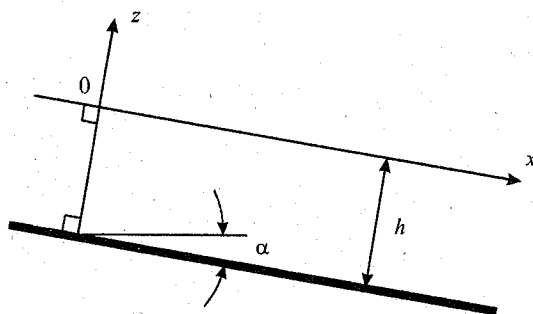
ここに、 $w$  は  $z$  方向の流速、 $\rho$  は流体密度、 $\nu$  は動粘性係数、 $F_x$ 、 $F_z$  はそれぞれ  $x$ 、 $z$  方向の物体力 (重力) を示す。

(1) 一様な定常流 ( $\partial/\partial t = 0$  に平行な流れ) であることから、式①、②で省略できる項を落とし、簡略化した式①、②を示せ。

(2)  $F_x = \rho g \sin \alpha$  で与えられる。 $F_z$  はどのように与えられるかを示せ。

(3) 水底 ( $z = -h$ ) と水面 ( $z = 0$ ) における境界条件を示せ。

(4) 上式(1)~(3)より  $u(z)$  を求めよ。



## 問題27 A[建築・都市計画], B[社会基盤計画]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

### A[建築・都市計画]

Iについては設問すべてについて解答せよ。IIについては(1), (2)のどちらか一つについて解答せよ。その際, Iには解答用紙の表面に(1)~(6)の間番号を記入し, IIには解答用紙の裏面に(1)または(2)の記号を記入せよ。なお, (2)では(a)~(h)のすべての問いについて解答せよ。

#### I

(1) カッコ内のヒントにしたがって①~⑤の空欄を埋め, 以下の文章を完成させなさい。

1898年にハワードが提唱した都市は, 原語で(①英文2語)と呼ばれるもので, 計画人口を(②数値)人, 対象面積を2,400haとしたが, 市街地開発を(③数値)分の1にとどめ, 残りを農耕地として保全する内容であった。この都市は, 住居のみならず(④名詞)も含む点で後のニュータウンとは異なっていた。この都市は, のちにロンドン郊外におけるレッチワースや(⑤地名)で実現することになった。

(2) 建築設計における, 「エスキス」とは何か。2から3行で説明しなさい。

(3) 「SI住宅(スケルトン・インフィル住宅)」とは何か。2から3行で説明しなさい。

(4) U・ナイサーが示した「知覚循環」とは何か。2から3行で説明しなさい。

(5) 「S.D.法(Semantic Differential法)」とはいかなる手法か。2から3行で説明しなさい。

(6) ①群の各建築に対応する②群の設計者を一つ選び, その記号対を記しなさい。②群に正しい設計者がなければ, 正しい設計者の名前を記しなさい。

#### ①群

1. シアトルのシアトル中央図書館(アメリカ)
2. ダッカのバングラデシュ国会議事堂(バングラデシュ)
3. パリのラ・ヴィレット公園(フランス)
4. 高雄の高雄ワールドゲームス2009メインスタジアム(台湾)
5. カリフォルニアのシーランチ・コンドミニアム(アメリカ)

#### ②群

- |              |              |
|--------------|--------------|
| a. チャールズ・ムーア | d. ベルナール・チュミ |
| b. 伊東豊雄      | e. レム・コールハース |
| c. ルイス・カーン   |              |

## II

(1) 次の条件による、別荘の略設計を行い、解答用紙の裏面に、1階平面図兼配置図、2階平面図(それぞれ縮尺約100分の1)を描け。

敷地：東西が18m、南北が12m、東辺に幅員6mの隣接道路をもつ平坦な敷地。周辺は風光明媚な別荘地で、東側の隣接道路越しに湖が広がる。駐車スペース2台分は敷地外に借りるので計画する必要はなし。

家族構成：40代前半の夫婦、長女11才、二女9才、三女7才。

延床面積：100㎡前後(建蔽率60%、容積率100%)。

構造：木造、または鉄筋コンクリート壁構造、2階建て。

図面：作図はフリーハンドとし、スケールは使わない。原則として鉛筆仕上げ、部分的な色鉛筆、インキングも認めるが大きな採点対象ではない。木造の場合、柱の位置がわかるようにする。コンクリート壁は塗りつぶさない(薄塗りは可)。基本寸法、室名、家具、樹木等の描き込みをできるだけする。  
採点の基本方針：基礎的な計画力、技術力、表現力を見るのが基本であるが、独創性を付加的なものとして評価する。

(2) 次の文章の内容が正しければ○、誤りがあれば×を記すとともに、下線部を変更して正しい内容の文にしろ。

- (a) ニューアーバニズムは、自動車のみならず歩行者、公共交通を考慮したデザインを提唱している。
- (b) 年間減少率10%の場合、10万人のコーホートは2年後に94,090人になる。
- (c) 建築協定には、地権者全員の同意を必要とするが、近年になって「隣接地」制度が創設された。
- (d) 景観法の制定により、都市計画法の美観地区が廃止され景観地区が設けられた。
- (e) 5,000㎡の敷地に20%の街路を設け100戸の集合住宅群を建てると、戸数密度(ネット)は200戸/haである。
- (f) 市町村の都市計画マスタープランは、「全体構想」と「テーマ別構想」の階層構成を持つ。
- (g) エンパワーメントとは、無秩序な市街化を意味する。
- (h) 土地利用計画を策定するために、CIAと略称される地理情報システムが開発されている。

**B[社会基盤計画]** 設問すべてについて解答すること。

**I** 都市計画に関する以下の文章について (ア) から (コ) の空欄に当てはまる語句を入れよ。

土地利用計画を具体化する手法として (ア) 制がある。(ア) 制の一つとして (イ) 制では地区ごとに建築物の用途、容積率、建ぺい率を定めている。このうち (ウ) 率は、建築物の床面積を  $A(\text{m}^2)$ 、(エ) を  $B(\text{m}^2)$  として  $A/B \times 100(\%)$  で表される。建築に伴って公開空地を設ける場合に容積率を緩和する (オ) 制度は都市再開発を促進させる。都市再開発等により高度に集積した地区では交通、上下水、電気、ガス等のニーズが高まる。これらのニーズを充足する社会基盤は、私たちの生活や生産活動に不可欠であるという意味合いから (カ) と呼ばれる。特に交通について計画を策定するには、まず各地区の発生・集中交通量を把握し、(キ) 表を作成することから始める。その後の手順も含めた交通需要予測の方法を (ク) と言う。近年はゲリラ豪雨などに対する防災の重要性も高まっている。(ケ) は、地震時に発生する恐れがある (コ) や、大雨時に危惧される浸水被害の予測値の分布を示すものである。

**II** 社会基盤の整備計画に関する以下の問題について (1) から (3) の問いに答えよ。

$a$  町、 $b$  町、 $c$  町が合併して出来た  $Z$  市では、旧町域ごとに一つずつ防災拠点を整備することとした。条件として、各拠点の備蓄規模  $x_i(i=a,b,c)$  [トン] は、各旧町域の人口  $p_i$  [人] に  $2 \times 10^3$  を掛けた値を超えないものとする。各拠点の整備費は、備蓄規模  $x_i$  [トン] に比例するが、備蓄規模当たり整備費  $m_i$  [億円/トン] は拠点ごとに異なる。総費用を 80 [億円] 以内として、3 拠点合わせて備蓄規模をできるかぎり大きくしたい。 $p_i$ 、 $m_i$  の値は下表に示す通りである。

表 各旧町域の人口  $p_i$ 、備蓄規模当たり整備費  $m_i$

	$a$ 町	$b$ 町	$c$ 町
$p_i$ [人]	6,000	5,000	7,500
$m_i$ [億円/トン]	5	6	4

- (1) 上記の条件の下で総備蓄規模の最大値を求める線形最適化問題を定式化せよ。
- (2) 総備蓄規模が最大となるような  $x_i(i=a,b,c)$  を、シンプレックス法を用いて求めよ。
- (3)  $m_b=6$  が  $m_b=4$  に変化した場合、 $Z$  市は各拠点の備蓄規模についてどのように判断すればよいか (図は使わずに) 式と文章を用いて説明せよ。



問題 2 8 土質力学・地盤工学 設問すべてについて解答すること。

I 図-1のような透水係数が異なる2つの層からなる土の1次元の流れがある(Aは断面積、kは透水係数)。この透水に関する以下の問いに答えなさい。なお、 $A=40\text{ cm}^2$ 、土①の透水係数  $k_1=1\times 10^{-4}\text{ cm/sec}$ 、土②の透水係数  $k_2=3\times 10^{-4}\text{ cm/sec}$  とする。

- (1) 流量  $Q$  および流速の  $v_1$  と  $v_2$  を求めなさい。
- (2) 位置  $x$ (縦軸)～位置水頭  $h_e$ 、圧力水頭  $h_p$ 、全水頭  $h_t$  (横軸)関係のグラフ (図-2を参考に) を描きなさい。
- (3) 土①の飽和単位体積重量が  $\gamma_{\text{sat}1}=1.6\text{ gf/cm}^3$ 、土②の飽和単位体積重量が  $\gamma_{\text{sat}2}=1.8\text{ gf/cm}^3$  である場合、土試料内の全鉛直応力  $\sigma$ 、間隙水圧  $u_w$ 、有効鉛直応力  $\sigma'$  のそれぞれの  $x$  方向の分布図 (図-3を参考に) を描きなさい。ただし、水の単位体積重量が  $\gamma_w=1.0\text{ gf/cm}^3$  とする。
- (4) この土はパイピングするかしないか答えなさい。

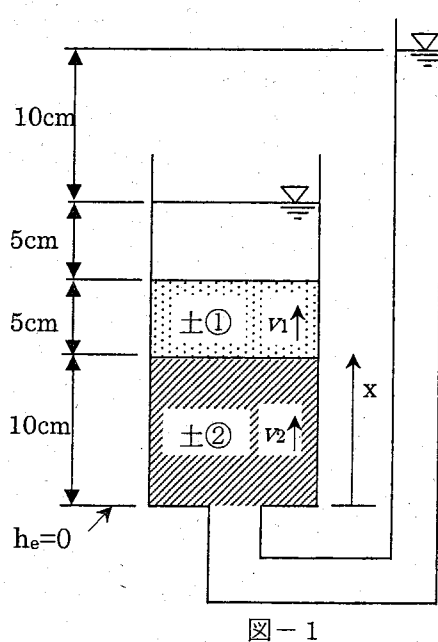


図-1

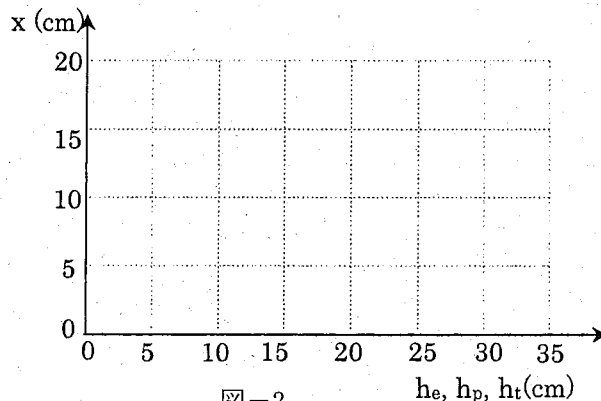


図-2

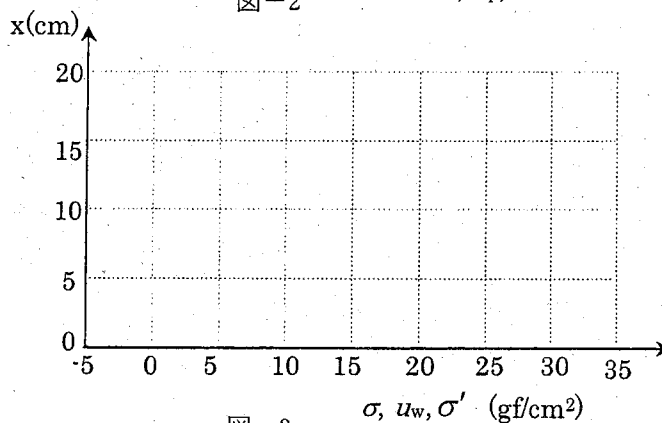


図-3

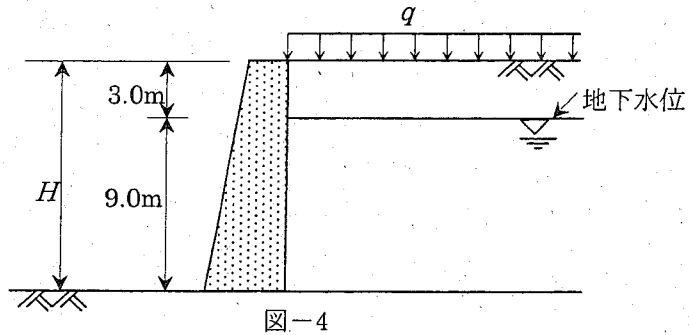
II 図-4の水平地盤において、深さ方向に比重 ( $G_s=2.6$ ) と間隙比 ( $e=0.6$ ) が均一で地下水位が地表より 3m の深さにあるとする。また、地下水位より浅い地盤の飽和度  $S_r$  は 0.20、地下水位より深い地盤の飽和度  $S_r$  は 1.0 とする。ただし、水の単位体積重量  $1.0\text{ tf/m}^3$  とする。この状態に対して以下の問いに答えなさい。

- (1) 地下水位より浅い部分の土の単位体積重量  $\gamma_t$  及び地下水位より深い部分の土の単位体積重量

$\gamma_{\text{sat}}$  を求めなさい。

(2) 裏込め土に等分布何重  $q=0$  の場合有効鉛直応力  $\sigma'$  分布図を描きなさい。

(3) 図-4 の擁壁に働く主動土圧と水圧の合力を求めなさい。ただし、裏込め土に等分布何重  $q=4.0 \text{ tf/m}^2$  が働いているとし、擁壁と土の間の摩擦は考えない。土の内部摩擦角  $\phi=30^\circ$ ，粘着力  $c=0$ ，擁壁の高さ  $H=12.0\text{m}$  とする。



**問題 29 建築歴史・意匠** 設問すべてについて解答すること。

次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) 下の建築の中から3つを選び、それぞれの建築について、建築年代(時代)・様式的あるいは歴史的特質について論述せよ。なお様式的特質については図示説明を併用してもよい。

- a : 唐招提寺金堂
- b : 円覚寺舍利殿
- c : 教王護国寺五重塔
- d : 日本銀行本店
- e : フィレンツェ大聖堂
- f : アミアン大聖堂

- (2) 次の建築用語について、図示説明せよ。

- 1 : 神明造
- 2 : ドリス式柱頭

- (3) 次の建築用語にフリガナをつけよ。

- 1. 冠木
- 2. 東司
- 3. 大斗
- 4. 筋違
- 5. 挿肘木

### 問題30 A[建築材料], B[コンクリート工学]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

**A[建築材料]** 設問すべてについて解答すること。

I 次の①～④の( )内に最も適当な用語を、下記の選択肢のア)からシ)の中から記号で選びなさい。

(1) 山留めの有無にかかわらず、地表面より下方へ掘削部が露出した状態での根切りを( ① )工法という。

(2) 石材の表面仕上げのひとつで、細かな平行線のきざみ目をつけたものを( ② )仕上げという。

(3) 遮熱性や断熱性の向上のためにガラス面に金属膜をコーティングしたガラスを( ③ )ガラスという。

(4) 工場などであらかじめ製造されたコンクリートの建築部材を( ④ )コンクリートという。

選択肢	ア) オープンカット	イ) 逆打ち	ウ) ケーソン
	エ) ジェットバーナー	オ) びしゃん	カ) 小叩き
	キ) フロート	ク) みがき	ケ) Low-E
	コ) プレパックド	サ) プレストレスト	シ) プレキャスト

II 次の(1)～(3)の単語を英語に訳せ。

(1) モルタル                      (2) セメント                      (3) ゼネコン

III フライアッシュをコンクリートの混和材に使用するメリットを3つ述べよ。

IV コンクリートのエントレインドエアについて50字程度で説明せよ。なお、文章の最後に文字数を括弧書きせよ。

V 「雪見障子」を、図を用いて説明せよ。

VI 長さ500cm、直径2cmの鋼の丸棒がある。この一端を固定して他端に25kNの引張荷重を加えたとき2mmの伸びを生じた。この時、次の(1)と(2)の値を有効数字3桁で答えよ。ただし、単位はそれぞれの( )内とする。

(1) 引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)                      (2) ヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

**B[コンクリート工学]** 設問すべてについて解答すること。

注意：日本語が正しく使われていない場合や、解答が丁寧に記述されていない場合は、解読不能と判断され、採点で不利益が生じることがあります。

**I** 以下の設問に対して答えなさい。

コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係に関する以下の文章中の①～⑩の（ ）内に最も適当な用語または数値を、下記の選択肢の中から選び答えなさい。

コンクリートの応力-ひずみ関係（圧縮側）は、応力が小さい範囲ではほぼ直線である。そこで、その間は弾性領域と仮定し、静的最大応力度の（ ① ）の点とひずみが（ ② ） $\times 10^{-6}$ の点を結ぶ線分の勾配で表される（ ③ ）弾性係数を用いて、応力とひずみの関係を表している。

応力が大きくなるにしたがい勾配が緩やかとなり、上に凸な曲線を描いて最大応力点に至る。最大応力点でのひずみ $\epsilon'_c$ は約（ ④ ）である。その後、曲線は下方へ向かい、コンクリート供試体は瞬間的に壊れて耐力を失う。なお、示方書で仮定された応力-ひずみ関係におけるコンクリートの圧縮終局ひずみ $\epsilon'_{cu}$ は、普通強度のコンクリートで一般に、（ ⑤ ）である。

鉄筋の応力-ひずみ関係（引張側）は、引張応力が大きくなるにしたがい、（ ⑥ ）限界、（ ⑦ ）限界、（ ⑧ ）、（ ⑨ ）を経て、応力の増加無しにひずみの増加が進む状態となる。その後、塑性変形とともに応力が再び増加し、引張強さに達し、応力降下途中で破断に至る。鉄筋の弾性係数は約（ ⑩ ） $\times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>である。

[選択肢]

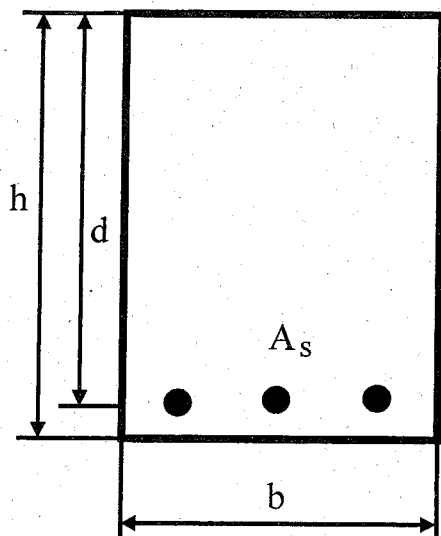
0.0020, 0.0025, 0.0030, 0.0035, 1/5, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 10, 50, 100,  
原点, 割線, 接線, 比例, 弾性, 脆性, 上降伏点, 中降伏点, 下降伏点

**II** 以下の文章中の①～⑩の（ ）内に適当な用語または数値を記入しなさい。

- ・（ ① ）反応とは、それ自体は水硬性をほとんど持たないが、水の存在のもとで $\text{Ca(OH)}_2$ と常温で反応して不溶性の化合物を生成する反応を言う。この反応を有する混和材には、（ ② ）がある。
- ・（ ③ ）は、化学混和剤を用いてコンクリート中に連行させた独立した微細な空気泡である。
- ・アルカリ骨材反応は、骨材に含まれる反応性珪物、コンクリート中のアルカリ、および（ ④ ）が揃うことにより生じる。
- ・土木学会コンクリート標準示方書では、プレストレストコンクリート構造を構造体の種類として、（ ⑤ ）構造と（ ⑥ ）構造に分類している。
- ・安全を確保するために、コンクリート構造物の（ ⑦ ）は設計基準強度を（ ⑧ ）で除して小さく、コンクリートの（ ⑨ ）は設計基準強度に（ ⑩ ）を乗じて大きく設定する。

【次ページに続く】

Ⅲ 下図に示す単鉄筋長方形断面の鉄筋コンクリートはりに関する次の設問に答えなさい。



ただし、コンクリートの強度は通常強度であり、コンクリートの圧縮強度は  $f'_c$ 、鉄筋の降伏強度は  $f_y$ 、コンクリートのヤング係数は  $E_c$ 、鉄筋のヤング係数は  $E_s$ 、コンクリートの圧縮ひずみは  $\epsilon'_c$ 、鉄筋のひずみは  $\epsilon_s$  で表す。

コンクリートの終局ひずみは  $\epsilon'_{cu}$  で表す。

限界状態設計法を用いる。

図中の記号  $h$ ,  $d$ ,  $b$  は既知である。

圧縮側には「'」をつけて引張側と区別する。

(1) 設計曲げモーメント  $M$  が作用する場合の鉄筋量  $A_s$  を求める。以下の文章中の①～⑩の( )内に適当な用語、数式、または数値を記入しなさい。

・「鉄筋は降伏している」と仮定する。鉄筋が降伏していることから鉄筋の応力  $\sigma_s$  は、( ① ) であり、鉄筋の引張力  $T$  は  $A_s$  を用いて、 $T = ( ② )$  と表すことができる。なお、鉄筋降伏時のひずみ  $\epsilon_y$  は、上述した記号を用いて ( ③ ) と表すことができる。

・コンクリートの圧縮縁から中立軸までの距離を  $x$  で表すと、コンクリートの圧縮合力  $C'$  は等価応力ブロックを用いて、 $C' = ( ④ )$  と表すことができる。

・モーメントの釣合いより、鉄筋位置での設計曲げモーメント  $M$  は、 $M = ( ⑤ )$  と表すことができる。 $x$  について整理すると下記の式が得られる。

( ⑥ )  $x^2 - ( ⑦ ) x + ( ⑧ ) = 0$  これより、 $x$  が得られる。

・力の釣合いより、求める鉄筋量  $A_s$  は  $x$  を用いて、 $A_s = ( ⑨ )$  となる。

この式に  $x$  の値を代入することで、鉄筋量  $A_s$  が求まる。

・ところで、平面保持の仮定から、終局時の鉄筋のひずみは  $x$  を用いると  $\epsilon_s = ( ⑩ )$  と表される。仮定の成立を、( ⑩ )  $>$  ( ③ ) となることで確認する。仮定が不成立の場合は、新たな仮定の下で試算することとなるが、その場合は破壊形態が脆性的となることから、設計変更となる。

(2) 鉄筋が降伏していると仮定して鉄筋量を算出したが、破壊形態以外に、降伏と仮定することが望ましい要因を簡単に述べなさい。

(3) 曲げモーメントの影響が支配的な鉄筋コンクリート部材の引張鉄筋比は、長方形断面の場合 0.2% 以上、釣合鉄筋比の 75% 以下の範囲であり、得られた鉄筋量はその範囲に納まることを確認する必要がある。釣合鉄筋比を与えられた記号を用いて示しなさい。