筆答専門試験科目(午前)　　2020 大修
経営工学　　時間 10 : 00〜12 : 00

注意事項

1. 筆答専門試験は，数理分野から 2 問 (A と B)，経済学分野から 4 問 (A, B, C, D)，管理技術分野から 3 問（A, B, C），経営管理分野から 2 問（A と B）の計 11 問の問題から構成されている．

2. この計 11 問の問題の中から 2 つを選択して解答せよ． **3 つ以上の問題に解答した場合は，すべての解答を無効とする**．

3. 各問題は，1 題から 3 題の設問([1]，[2], . . .)で構成されている．解答に当たっては，問題の**設問**ごとに必ず**別々の解答用紙**を用いよ． 1 枚の解答用紙に 2 題以上の設問を解答した場合，採点されないことがある．

4. 各設問の解答において，1 枚の解答用紙では足りなくなった際には，2 枚目を使ってよい．**裏面には記述しないこと**．

5. 各解答用紙には，**受験番号**，**問題名**(数理 A，数理 B, . . .)，および**設問番号**([1], [2], . . .)を必ず記入せよ．

数理 A (100 点)

次の設問 [1] から [3] に答えよ．

[1] 次の小問 (1) と (2) に答えよ．

(1) 以下の問い (a) から (c) に答えよ．

(a) 次の 2 つの行列 A, B の行列式 $\det A, \det B$ を計算せよ．計算の過程も書くこと．

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ -2 & -1 & 0 \\ 3 & 2 & -1 \end{bmatrix}, \qquad B = \begin{bmatrix} 2 & -4 & 0 & -2 \\ -1 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 4 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 5 \end{bmatrix}.$$

(b) $\det(C+D) = 0$ かつ $\det C + \det D \neq 0$ を満たす 2×2 実行列 C, D の例をひとつ挙げよ．また，その行列 C, D に対し，$\det(C+D) = 0$ かつ $\det C + \det D \neq 0$ が成り立つことを示せ．

(c) 固有値が 4 と 1 で，それぞれに対応する固有ベクトルが $(1,2)^\top$ と $(-2,1)^\top$ であるような**実対称行列** M の例をひとつ挙げよ．また，その行列 M に対し，固有値が 4 と 1 で，それぞれに対応する固有ベクトルが $(1,2)^\top$ と $(-2,1)^\top$ であることを示せ．

(2) A は $m\times n$ 実行列，$\boldsymbol{b}$ は m 次元実ベクトルとする．また，行列 A の n 個の列ベクトルと $\boldsymbol{b}$ を並べて得られる $m\times(n+1)$ 実行列を $\widetilde{A}$ とおく（つまり，$\widetilde{A} = [A \mid \boldsymbol{b}]$）．このとき，以下の 3 条件について考える．

(i) $A\boldsymbol{x} = \boldsymbol{b}$ を満たす n 次元実ベクトル $\boldsymbol{x}$ が存在する．

(ii) 任意の m 次元実ベクトル $\boldsymbol{y}$ に対し，$\boldsymbol{y}^\top A = (0, 0, \ldots, 0)$ ならば $\boldsymbol{y}^\top \boldsymbol{b} = 0$ である．

(iii) $\mathrm{rank} A = \mathrm{rank} \widetilde{A}$.

以下の問い (a) から (c) に答えよ．

(a) 条件 (i) が成り立つならば条件 (ii) が成り立つことを示せ．

(b) 条件 (iii) が成り立つならば条件 (i) が成り立つことを示せ．なお，証明において，「行列 B の階数 $\mathrm{rank} B$ は B の線形独立な列ベクトルの最大本数に等しい」という事実を用いてもよい．

(c) 条件 (ii) が成り立つならば条件 (iii) が成り立つことを示せ．なお，証明において，「行列 B の階数 $\mathrm{rank} B$ は B の線形独立な行ベクトルの最大本数に等しい」という事実を用いてもよい．

設問 [2]，[3] は次ページ

[2] 次の小問 (1) と (2) に答えよ．

(1) 以下の問い (a) と (b) に答えよ．

(a) 2 次元平面上の曲線 $y = x^2$ に対する接線の中で，$(x, y) = (2, -5)$ を通るものを全て求めよ．

(b) 3 次元空間上の曲面 $z = x^2 + 2y^2$ に対する接平面の中で，$(x, y, z) = (3, 1, -5)$ を通るものについて考え，その中で接点の x 座標が最も大きくなる接平面を求めよ．

(2) $\mathcal{D} = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x^2 + y^2 \leq 1,\ x + y \geq 1\}$ としたとき，次の重積分の値を計算せよ．

$$\iint_{\mathcal{D}} \left(x^2 y + x y^2\right)\ dx\, dy$$

[3] y を x の関数としたとき，常微分方程式

$$2xy' + 2y = -x^2 y^3$$

の一般解を以下の手順によって導く．なお，y' は y の x での 1 階微分 $\dfrac{dy}{dx}$ を意味する．次の小問 (1) から (3) に答えよ．

(1) $z = y^{-2}$ を用い式変形することにより，上記の常微分方程式を z, $z'(= \frac{dz}{dx})$, x からなる 1 階の微分方程式に書き換えよ．

(2) 小問 (1) で求めた 1 階の微分方程式を解け．

(3) 小問 (2) の結果を用いて，上記の常微分方程式の一般解を求めよ．

数理 B (100 点)

次の設問 [1], [2] に答えよ．

[1] 次の小問 (1) と (2) に答えよ．

(1) 整数の集合 $\mathbb{Z}$ 上の 2 つの要素 a, b の二項関係 aRb が同値関係となることの定義を述べよ．次に，整数の集合上の 2 つの要素 a, b の二項関係 $a \equiv b$ を $a - b$ が 5 で割り切れると定義するとき，この二項関係が同値関係となることを定義に従い証明せよ．

(2) 3 次元ユークリッド空間 $\mathbb{R}^3$ の部分集合 A が開集合であることの定義を述べよ．次に，3 次元ユークリッド空間の任意の二つの開集合 A, B の共通部分 $A \cap B$ が開集合となることを定義に従い証明せよ．

[2] 次の小問 (1) から (3) に答えよ．なお，以下で現れる確率変数に対し，その取り得る値は有限個と仮定する．

(1) X は確率変数とし，a は任意の正の実数とする．不等式

$$P(|X - E(X)| \geq a) \leq \frac{V(X)}{a^2}$$

が成り立つことを，以下の手順で証明する．ここで，$P(|X - E(X)| \geq a)$ は $|X - E(X)| \geq a$ が成り立つ確率を表し，$E(X)$ は X の期待値を表し，$V(X)$ は X の分散を表す．以下の問い (a) と (b) に答えよ．

(a) 非負の値をとる確率変数 Y および任意の正の実数 b に対し，以下の不等式が成り立つことが知られている：

$$P(Y \geq b) \leq \frac{E(Y)}{b}.$$

ここで，$P(Y \geq b)$ は $Y \geq b$ が成り立つ確率を表す．この不等式を使って，以下の不等式が成り立つことを証明せよ：

$$P((Z - E(Z))^2 \geq c) \leq \frac{V(Z)}{c}.$$

ここで，Z は確率変数とし，c は任意の正の実数とする．また，$P((Z - E(Z))^2 \geq c)$ は $(Z - E(Z))^2 \geq c$ が成り立つ確率を表す．

(b) 問い (a) で示した不等式を使って，以下の不等式を証明せよ：

$$P(|X - E(X)| \geq a) \leq \frac{V(X)}{a^2}.$$

ここで，X は確率変数とし，a は任意の正の実数とする．

次ページにつづく

(2) 以下の問い (a) と (b) に答えよ．

(a) 確率変数 X, Y が独立であることの定義を書け．

(b) 確率変数 X, Y に対し，X と Y が独立ならば $V(X+Y) = V(X) + V(Y)$ が成り立つことを証明せよ．

(3) 表と裏が等確率で出るコインを考える．このコインを n 回投げたときに表が出る回数が $3n/4$ 回以上になる確率が $2/n$ 以下になることを，小問 (1) と (2) の結果を使って証明する．以下の問い (a) と (b) に答えよ．

(a) このコインを n 回投げたときに表が出る回数を X とおく．X の期待値 $E(X)$ と分散 $V(X)$ を計算せよ．

(b) $P(X \geq 3n/4) \leq 2/n$ が成り立つことを証明せよ．

経済学 A（100 点）

次の設問[１]に答えよ。

[１] 以下の小問（１）から（８）に答えよ。

（代表的）消費者の効用関数が

$$u(x_0, x_1, x_2) = x_0 + v(x_1, x_2)$$
$$= x_0 + \alpha x_1 + \alpha x_2 - (\beta x_1^2 + 2\gamma x_1 x_2 + \beta x_2^2)/2$$

で与えられるものとする。ここで、x_iは財iの消費量（$i = 0,1,2$）を表し、$\alpha > 0$、$\beta > 0$、$\beta^2 > \gamma^2$とする。また、財iの価格をp_i（$i = 0,1,2$）、所得をmで表す。以下では，$p_0 = 1$とし、内点解を仮定する。

（１） 財１と財２の逆需要関数、$p_i(x_1, x_2)$（$i = 1,2$）を求めよ。

（２） いま、 $a = \alpha/(\beta + \gamma)$、$b = \beta/(\beta^2 - \gamma^2)$、$c = \gamma/(\beta^2 - \gamma^2)$とする。これらの記号$a, b, c$を使って表した財１と財２の需要関数、$x_i(p_1, p_2)$（$i = 1,2$）を求めよ。また、財１と財２が粗代替財であるか、あるいは、粗補完財であるかは、γの値にどのように依存するかを示せ。

（３） 財１を生産する企業１と財２を生産する企業２から成る製品差別化の下での複占市場モデルを考える。簡単化のために、各企業の生産コストはゼロとする。まず、数量設定にもとづくクールノー競争を考えよう。小問（１）で求めた逆需要関数を用いて、各企業iの利潤関数$\pi_i(x_1, x_2)$（$i = 1,2$）を表せ。クールノー均衡（各企業iが数量x_iを戦略として同時に決定する場合のナッシュ均衡）(x_1^C, x_2^C)、クールノー均衡における価格(p_1^C, p_2^C)と各企業の利潤(π_1^C, π_2^C)を求めよ。また、消費者余剰を

$$CS(x_1, x_2) = v(x_1, x_2) - p_1 x_1 - p_2 x_2$$
$$= \alpha x_1 + \alpha x_2 - (\beta x_1^2 + 2\gamma x_1 x_2 + \beta x_2^2)/2 - p_1 x_1 - p_2 x_2$$

と定義する。クールノー均衡における消費者余剰CS^Cも求めよ。この小問では、記号α, β, γを用いて、均衡における生産量、価格、利潤、消費者余剰を表すこと。

次ページにつづく

（４）次に、 小問（３）と同じ複占市場モデルにおいて、価格設定にもとづくベルトラン競争を考えよう。小問（２）で求めた需要関数を用いて、各企業iの利潤関数$\pi_i(p_1, p_2)$（$i = 1,2$）を表せ。ベルトラン均衡（各企業iが価格水準p_iを戦略として同時に決定する場合のナッシュ均衡）(p_1^B, p_2^B)、ベルトラン均衡における生産量(x_1^B, x_2^B)、各企業の利潤(π_1^B, π_2^B)、および消費者余剰CS^Bを求めよ。この小問では、小問（２）で定義した記号a, b, cを用いて、均衡における生産量、価格、利潤、消費者余剰を表すこと。

（５） クールノー均衡における各企業の生産量とベルトラン均衡における各企業の生産量の差（$x_i^C - x_i^B$）を、記号α, β, γを用いて表し、二つの生産量を比較せよ（$i = 1,2$）。

（６） クールノー均衡における各企業の価格水準とベルトラン均衡における各企業の価格水準の差（$p_i^C - p_i^B$）を、記号α, β, γを用いて表し、二つの価格水準を比較せよ（$i = 1,2$）。

（７） クールノー均衡における各企業の利潤の値とベルトラン均衡における各企業の利潤の値の差（$\pi_i^C - \pi_i^B$）を、記号α, β, γを用いて表し、二つの利潤の値を比較せよ（$i = 1,2$）。

（８） クールノー均衡における消費者余剰の値とベルトラン均衡における消費者余剰の値の差（$CS^C - CS^B$）を、記号α, β, γを用いて表し、二つの消費者余剰の値を比較せよ。

経済学 B (100 点)

次の設問 [1] から [3] に答えよ．

[1] 企業 A，企業 B，企業 C だけが生産を行っている国がある．ある年に各企業は次のように生産活動を行った．

企業 A 海外から輸入した５億円分のアルミニウムを用いてアルミ缶を製造した．製造したアルミ缶はすべて企業 C へ販売した．この結果，企業 A が生産した付加価値は５億円だった．

企業 B 海外から輸入した５億円分の肥料を用いてオレンジを生産した．生産したオレンジのうち１０億円相当は企業 C へ販売した．残りの５億円相当は最終財として販売した．

企業 C 企業 A から購入したアルミ缶と企業 B から購入したオレンジを中間材として用いて３０億円相当のオレンジジュースを生産し最終財として販売した．

GDP と付加価値に関する以下の小問 (1) から (3) に答えよ．

(1) 企業 A のアルミ缶の生産額を答えよ．

(2) 企業 B と企業 C の生産した付加価値を答えよ．

(3) この国のこの年の GDP を答えよ．

[2] ある国の経済には $N(\geq 2)$ 種類の最終財がある．t 年の第 i 財の価格と生産量をそれぞれ P_t^i および Q_t^i とする．ただし，$t = 0, 1, 2, ...$ および $i = 1, 2, ..., N$ とする．また生産量は消費量に等しい．以下の小問 (1) と (2) に答えよ．

(1) 基準年を $t = 0$ とする．基準年から $t(\geq 1)$ 年の物価変化を表すパーシェ指数とラスパイレス指数を答えよ．

(2) 天候不良のため $t(\geq 1)$ 年の第 i 財の生産量 Q_t^i が激減し，その価格 P_t^i が高騰した．これにより，パーシェ指数とラスパイレス指数のどちらがより大きく上昇すると考えられるか，理由も含めて説明せよ．

設問 [**3**] は次ページ

[3] ソローの経済成長モデルを考える．t 期の資本ストックを K_t，労働人口を L_t とする．ただし，$t = 0, 1, 2, ...$ とする．t 期の最終財の生産は $Y_t = K_t^a L_t^{1-a}$ である．ただし，$a \in (0, 1)$ である．貯蓄率を $s \in (0, 1)$，資本減耗率を $\delta \in (0, 1)$，労働人口の成長率を $n > -1$ とする．また $n + \delta > 0$ である．t 期の労働者一人当たりの資本ストックを $k_t = K_t / L_t$ とする．以下の小問 (1) から (5) に答えよ．

(1) I_t を t 期の資本投資とする．t 期に行った資本投資は $t + 1$ 期に資本へと変換される．K_t，K_{t+1}，I_t の関係を式で表せ．

(2) t 期の貯蓄はすべて t 期の資本投資にあてられる．このとき k_t と k_{t+1} の関係を表す差分方程式を答えよ．

(3) 小問 (2) で導出した差分方程式を解くことで，定常状態の労働者一人当たりの資本ストック，および労働者一人当たりの消費水準を表す式を答えよ．ただし，定常状態の労働者一人当たりの資本ストックは正とする．

(4) 小問 (3) で導出した式を用いて定常状態の労働者一人当たりの消費水準を最大にする貯蓄率を求めよ．

(5) ソローモデルを変更し，貯蓄率は以下のような k_t の関数とする．

$$s(k_t) = \begin{cases} 0.5\bar{s}, & k_t \leq \bar{k} \text{ のとき} \\ \bar{s}, & k_t > \bar{k} \text{ のとき} \end{cases}$$

ただし，$\bar{k}$ は正の定数，$\bar{s}$ は $\bar{s} \in (0, 1)$ を満たす定数である．労働者一人当たりの資本ストックが正となる定常状態が二つ存在する場合の位相図を描け．また，労働者一人当たりの資本ストックが正となる定常状態が二つ存在するための条件式を示せ．

経済学 C (100 点)

次の設問 [1], [2] に答えよ．

[1] 標本 $\{(h_i, \mathbf{z}_i) : i = 1, \ldots, n\}$ について，正規線形回帰モデル $h_i = \mathbf{z}_i'\boldsymbol{\delta} + e_i$ を考える．誤差項（e_i）は，独立で同一の平均 0，分散 σ^2 の正規分布に従うとする．ただし，h_i はスカラーの被説明変数，$\mathbf{z}_i$ は $k \times 1$ の非確率的ベクトル，$\boldsymbol{\delta}$ は $k \times 1$ の係数ベクトルである．また，$\mathbf{z}_i$ を与えた時の h_i の確率密度関数は，

$$f(h_i|\mathbf{z}_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\exp\left(-\frac{(h_i - \mathbf{z}_i'\boldsymbol{\delta})^2}{2\sigma^2}\right)$$

で与えられ，$\left(\sum_{i=1}^{n} \mathbf{z}_i\mathbf{z}_i'\right)$ は正定値行列とする．このとき，以下の小問 (1) から (4) に答えよ．

(1) 尤度関数 $(L(\boldsymbol{\delta}, \sigma^2))$ を求めよ．

(2) 対数尤度関数 $(\log L(\boldsymbol{\delta}, \sigma^2))$ を求めよ．

(3) 最尤推定量 $(\hat{\boldsymbol{\delta}}_{\mathrm{mle}}, \hat{\sigma}^2_{\mathrm{mle}})$ を求めよ．

(4) 最大対数尤度 $(\log L(\hat{\boldsymbol{\delta}}_{\mathrm{mle}}, \hat{\sigma}^2_{\mathrm{mle}}))$ を求めよ．

[2] 独立で同一の分布からの標本 $\{(y_i, \mathbf{x}_i, \mathbf{z}_i) : i = 1, \ldots, n\}$ について，$y_i = \mathbf{x}_i'\boldsymbol{\beta} + u_i$，$E[u_i|\mathbf{x}_i] \neq 0$ なるモデルを考える．ただし，y_i はスカラーの被説明変数，$\mathbf{x}_i$ および $\mathbf{z}_i$ は $k \times 1$ の確率的ベクトルであり，$\mathrm{rank}(E[\mathbf{x}_i\mathbf{x}_i']) = k$，$\mathrm{rank}(E[\mathbf{z}_i\mathbf{x}_i']) = k$，$E[\mathbf{z}_i\mathbf{z}_i']$ は正定値行列であるとする．このとき，以下の小問 (1) から (5) に答えよ．

(1) 条件として与えた $E[u_i|\mathbf{x}_i] \neq 0$ は，このモデルの説明変数と誤差項が相関することを示唆している．説明変数と誤差項が相関するような実例を一つ挙げよ．

(2) このモデルの最小二乗推定量 $(\hat{\boldsymbol{\beta}})$ を求めよ．また，$\hat{\boldsymbol{\beta}}$ が不偏推定量となるか，理由とともに述べよ．

(3) $\mathbf{z}_i$ が操作変数であるための条件を記せ．また，$\mathbf{z}_i$ がその条件を満たすとき，$\boldsymbol{\beta}$ の操作変数推定量 $(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathrm{IV}})$ を導出せよ．

(4) 小問 (3) で求めた操作変数推定量 $(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathrm{IV}})$ の分散共分散行列を求めよ．

(5) $\mathbf{x}_i$ が $E[u_i|\mathbf{z}_i, \mathbf{x}_i] = 0$ を満たすと仮定する．このとき，小問 (3) で求めた操作変数推定量 $(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathrm{IV}})$ は不偏推定量となるか．理由とともに述べよ．

経済学 D (100 点)

次の設問[1], [2]に答えよ.

[1]　2 人ゼロ和ゲームについて，以下の小問(1)から(4)に答えよ.

表 1

1＼2	t_1	t_2	t_3
s_1	7	-4	8
s_2	3	6	4
s_3	-2	9	3
s_4	6	2	7

(1)　表 1 の 2 人ゼロ和ゲームについて，純粋戦略の範囲でマックスミニ値，ミニマックス値を求めよ.

(2)　表 1 の 2 人ゼロ和ゲームについて，混合戦略まで考えて，鞍点$(\hat{p}, \hat{q})$をすべて求めよ．また，そのときのマックスミニ値，ミニマックス値を答えよ.

(3)　一般的な 2 人ゼロ和ゲームを考える．プレイヤー1 の純粋戦略の集合をS，プレイヤー2 の純粋戦略の集合を T，プレイヤー1 の混合戦略の集合を $\Delta(S)$，プレイヤー2 の混合戦略の集合を $\Delta(T)$と記すとする．また，混合戦略の組 $(p, q) \in \Delta(S) \times \Delta(T)$ に対するプレイヤー1 の期待利得を$E_1(p, q)$と記すとする．このとき，次式が成り立つことを証明せよ.

$$\max_{p\in\Delta(S)} \min_{q\in\Delta(T)} E_1(p, q) \leq \min_{q\in\Delta(T)} \max_{p\in\Delta(S)} E_1(p, q)$$

(4)　一般的な 2 人ゼロ和ゲームにおいて，混合戦略の組 (p^*, q^*) がナッシュ均衡であるとき，p^*がプレイヤー1 のマックスミニ戦略であり，q^*がプレイヤー2 のマックスミニ戦略であることを証明せよ.

設問[2]は次ページ

[2]　プレイヤー1 とプレイヤー2 に関する交渉問題(U,d)を考える．ただし，Uは実現可能集合を表し，2 次元ユークリッド空間R^2のコンパクトかつ凸な部分集合である．また, $d=(d_1,d_2)\in U$は交渉の基準点であり, $u_1>d_1$かつ$u_2>d_2$を満たす$(u_1,u_2)\in U$が存在する. Bを交渉問題全体の集合とする. 関数$f\colon B\to R^2$が任意の交渉問題$(U,d)\in B$に対し，$f(U,d)\in U$を満たすとき，関数fを交渉解と呼ぶ．このとき，以下の小問(1)から(4)に答えよ．

(1) ナッシュ交渉解f^Nは，各交渉問題$(U,d)\in B$に対し，(u_1,u_2)に関するある制約上で$(u_1-d_1)(u_2-d_2)$を最大にする問題の解として定義される. その制約条件を述べよ．

(2) 実現可能集合Uを(0,0)，(0,4)，(3,3)，(6,0)を頂点とする四角形の辺上および内部とし，交渉の基準点が $d=(2,0)$ で与えられる交渉問題(U,d)を考える．この問題に対し，小問(1)の最大化問題を解いて$f^N(U,d)$を求めよ．

(3) 小問(2)の交渉問題(U,d)について考える．ナッシュ交渉解が満たす四つの公理（パレート最適性, 対称性, 正アフィン変換からの独立性, 無関係な結果からの独立性）のみを用いて$f^N(U,d)$を求めよ．公理を用いる際には，どの公理をどのように使ったかを明記すること．

(4) $U=\{(u_1,u_2)|u_1+u_2\leq 2,u_1\geq 0,u_2\geq 0\}$，$d=(0,0)$ となる交渉問題(U,d)を考える．対称性，正アフィン変換からの独立性，無関係な結果からの独立性を満たす交渉解gが，$g(U,d)=(1,1)$または$g(U,d)=(0,0)$を満たすことを証明せよ．

管理技術 A (100 点)

次の設問 [1], [2] に答えよ.

[1] ある工場における 4 種類の製品 A, B, C, D の生産について考える. 月次生産量として製品 A, B, C, D についてそれぞれ 800 個, 400 個, 200 個, 200 個の生産が予定されている. 製品 A, B, C, D の段取コストはそれぞれ 16,000 円, 15,000 円, 8,000 円, 4,000 円であり, 在庫コストはそれぞれ 1 日 1 個あたり 200 円, 240 円, 400 円, 800 円である. 各製品の加工時間はすべて等しいものとし, この工場の操業日数を月 20 日, 1 日あたりの操業時間を 10 時間とする. 以下の小問 (1) から (7) に答えよ.

(1) 1 時間単位の平準化生産における製品 A, B, C, D の生産量を求めよ.

(2) 平準化の考えの下, できる限り小さな単位で生産を行うとすると, 製品 A, B, C, D をどのような順序・数量で生産するサイクルを回せばよいと考えられるか答えよ.

(3) 製品の段取コストを S 円, 1 日 1 個あたりの在庫コストを H 円, 1 日あたりの生産量を Q 個とするとき, 1 日あたりの段取コストと在庫コストの合計を最小とするような生産ロットサイズ Q^* を S, H, Q を用いて表せ.

(4) 小問 (3) の Q^* を用いた場合の各製品の生産ロットサイズを求めよ.

(5) 小問 (1), (2) のような平準化生産をコストの面でも効率的に運用するためにはどのような方策が必要か. 小問 (3) で求めた Q^* の式を用いて簡潔に説明せよ.

(6) 小問 (5) の方策を実現するための取り組みの 1 つに「シングル段取化」がある.「シングル段取化」における「シングル」の意味を述べよ.

(7) 段取に関して「内段取」,「外段取」の 2 つの用語についてそれぞれ簡潔に説明せよ.

設問 [**2**] は次ページ

[2] 人間の作業記憶 (working memory) の性質について以下の小問 (1) から (3) に答えよ.

(1) 作業記憶の特性を, 容量, 保持時間の観点から, それぞれ長期記憶 (long-term memory) との比較で説明せよ.

(2) ある人について作業記憶の容量および保持時間の性質を調べるために以下のような Brown-Peterson パラダイムに倣った実験をおこなった. このとき次の問い (a) から (c) に答えよ.

実験手順:

(i) PC の画面にランダムに選ばれた無意味なアルファベットの文字 n 文字を 30 秒間提示し, 被験者に記憶してもらう. 同時に提示されるアルファベットは大文字の 26 文字のみで, n 文字全て異なるものとする.

(ii) 30 秒後その文字を画面から消去し, 代わりにランダムに選ばれた 3 桁の数字を提示し, その数字から 3 を減算した整数, さらにその整数から 3 を減算した整数というように T 秒間連続して口頭で発話してもらう.

(iii) T 秒経過後に最初に覚えたアルファベット n 文字を思い出して PC に入力してもらう (順番は問わない). このとき正しく入力できた文字数を n で割った数を「正答率」として記録する.

(iv) (i) から (iii) の手続きを, n を 3, 4, ..., 10 の 8 水準で, T を 0 秒, 5 秒, 10 秒, 30 秒の 4 水準で, 全ての組み合わせについて 20 回ずつ測定する. 水準の組み合わせは試行ごとにランダムな順番になるように選び, また被験者が疲れないように複数のセッションに分けておこなう.

(v) 仮に被験者が全くランダムな回答をしたとしても, 正答率の期待値はゼロではない. このようなランダムな回答に対する正答率の期待値をここでは「チャンスレベル」と呼ぶことにする. n ごとにチャンスレベルを算出する.

(vi) n と T の全ての水準の組み合わせごとに 20 試行の正答率の平均を求めた上で, n ごとにチャンスレベルが縦軸の一番下に, 完全な回答 (100%正答) が縦軸の一番上になるように正答率を補正し, T を横軸にプロットすることで図 1 を得た.

(a) 作業記憶の容量の上限は一般にどのような名称で呼ばれるか.

(b) 仮に $n = 2$ で実験を行ったとしたときのチャンスレベルを有効数字 2 桁まで計算せよ.

(c) 図 1 の結果をもとにこの人 (被験者) の作業記憶の容量の限界がどの程度か推定することを考える. 図 1 のどのような情報からどのような考え方で推定が可能か, 説明せよ.

次ページにつづく

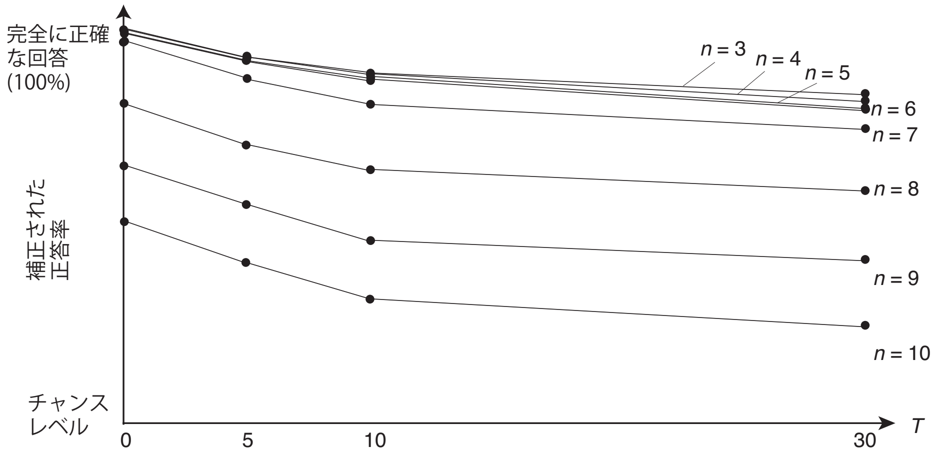

図 1: 作業記憶の性質を推定するための実験の結果の概略

(3) 2 つ以上の情報処理を同時におこなうような状況を考える．それぞれが主に処理する情報を, 言語的なコードを持つ情報 (言語的な情報) と, 空間的なコードを持つ情報 (空間的な情報) に分類するとき, 同時に作業記憶内に保持する情報のコードの組み合わせによっては, 情報が干渉することが知られている．以下の (ア) から (ウ) の状況について，人間が知覚するそれぞれの情報がどのコードを持っていると考えられるか述べたうえで，干渉を生じるかどうか答えよ．

(ア) 自動車の運転手に対して，カーナビゲーションシステム (カーナビ) が次に右折するべき場所を「500 m先の交差点を右折です」といった音声情報で提示する．

(イ) 会話をしながら，ワープロで文章の推敲を行う．

(ウ) 音声の含まれない弦楽曲を聞きながら，スピーチの書き起こし作業 (録音されている言葉を文字に書き直す作業) を行う．

管理技術B (100点)

次の設問 [1], [2] に答えよ.

[1] 次の品質改善に関する文の括弧内に適切な語句を入れよ.

ある家電メーカーでは, 冷蔵庫の外枠の塗装工程で, 新しく2つの色 (C1, C2) の塗装を開始したが, 従来の色に比べ塗装不良が多いという問題が生じている.

そこで, 過去2か月の不良について不良モード別の (1) を作成した. その結果, 流れ不良とウス不良が大きな割合を占めていることがわかった. そこで, 流れ不良とウス不良に対する (2) として中心膜厚 (単位 μm) を取り上げた. 次に, 中心膜厚がばらつく要因を探るために (3) を作成した.

要因系の中で, 中心膜厚に影響し, 日々変動するものとして, 塗料の色 (C1, C2), 機種 (国内向けと国外向け), シンナーの種類 (T1, T2) および吐出量 (単位 g) を取り上げた. このうち, 吐出量は, 色, 機種, シンナーに依らず, 90g ± 4g を (4) としている. ただし, 日常は重量でなく, 容器の目盛り (体積) で管理している. シンナーは T1, T2 のどちらを用いても社外的問題はない.

そこで, 1週間にわたり, 色, 機種, シンナーの 2 × 2 × 2 = 8 通りの組み合わせで, それぞれ大きさ 10 の (吐出量, 中心膜厚) の対データを採取した.

まず, 吐出量と中心膜厚に対して, その分布を知るために (5) を作成し, 次いで, これを色, 機種, シンナーで (6) した. その結果, 吐出量は8通りの条件間で差は見られなかったが, 中心膜厚は C1 の方が C2 よりも大きめに分布し, T2 の方が T1 よりも大きめに分布していた.

次に, 吐出量と中心膜厚の関係を調べるために (7) を作成したが, 顕著な相関関係は見られなかった. そこで, 色とシンナーの4通りの組み合わせで (8) したところ, 吐出量と中心膜厚に強い相関関係がそれぞれの組み合わせで観察された. また, シンナーの種類により, 吐出量と中心膜厚との間の勾配が異なるという興味ある事実が観察された. このような現象は, 中心膜厚という特性に対して, シンナーと吐出量の間に (9) があるという.

これらの特徴を定量的にとらえるために, (10) という統計的方法を用いることにした. 質的変数である色とシンナーは (11) として, 吐出量とともに説明変数に取り込んだ. また, シンナーと吐出量の (12) を表す変数として (13) を説明変数に加えた.

この解析結果から, シンナーは勾配の小さい T1 の採用し, 中心膜厚の小さい C2 では, 吐出量の (14) を 90g から 95g に変更するという改善案にいたった.

設問 [2] は次ページ

[2] 実験計画法に関する以下の小問 (1) から (3) に答えよ．

(1) 表 1 は因子 A の水準 i, 因子 B の水準 j における測定値の平均 μ_{ij} を 4 通りの組み合わせ条件について示したものである.

表 1: 組み合わせ条件での平均値

	B_1	B_2
A_1	μ_{11}	μ_{12}
A_2	μ_{21}	μ_{22}

因子 A, B に関連した要因効果のうち, 以下の (i), (ii) の 2 式で表される効果をそれぞれ何というか答えよ.

(i) $\dfrac{(\mu_{21}-\mu_{11})+(\mu_{22}-\mu_{12})}{2}$

(ii) $(\mu_{21}-\mu_{11})-(\mu_{22}-\mu_{12})$

(2) それぞれ 2 水準の因子 A と B を表 2 のように $L_8(2^7)$ 直交表の第 3 列と第 5 列に割り付けた．ここで, y_k は実験 No. k における測定値とする．小問 (1) での (i), (ii) の 2 式で与えられる 2 つの要因効果はそれぞれどの列に現れるか答えよ．また, それら要因効果に関する平方和をそれぞれ y_1 から y_8 を用いて表せ.

表 2: $L_8(2^7)$ 直交表

列 / No.	1	2	3 (A)	4	5 (B)	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	y_1
2	1	1	1	2	2	2	2	y_2
3	1	2	2	1	1	2	2	y_3
4	1	2	2	2	2	1	1	y_4
5	2	1	2	1	2	1	2	y_5
6	2	1	2	2	1	2	1	y_6
7	2	2	1	1	2	2	1	y_7
8	2	2	1	2	1	1	2	y_8
成分	a	b	a b	c	a c	b c	a b c	

次ページにつづく

(3) 表 3 に示す $L_{16}(2^{15})$ 直交表に 5 つの 4 水準因子 (A, B, C, D, E) を割り付けたい. 各因子の要因効果のうち, 小問 (1) での (ii) 式に相当する効果はないものと仮定したときの割り付け方について, その根拠を示しながら簡潔に説明せよ.

表 3: $L_{16}(2^{15})$ 直交表

No. \ 列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1
成分	a	b	a b	c	a c	b c	a b c	d	a d	b d	a b d	c d	a c d	b c d	a b c d

管理技術 C (100 点)

次の設問 [1], [2] に答えよ.

[1] $\boldsymbol{x}_i \in \mathbb{R}^n,\ y_i \in \{-1, 1\}\ (i = 1, 2, \ldots, m)$ を定数，$\boldsymbol{w} \in \mathbb{R}^n,\ w_0 \in \mathbb{R},\ \alpha_i \in \mathbb{R}\ (i = 1, 2, \ldots, m)$ を変数とする次のような最適化問題（主問題と双対問題）を考える.

主問題

$$\begin{array}{ll} \min & \dfrac{1}{2}\boldsymbol{w}^T\boldsymbol{w} \\ \text{subject to} & y_i(\boldsymbol{w}^T\boldsymbol{x}_i + w_0) \geq 1 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m). \end{array}$$

双対問題

$$\begin{array}{ll} \max & \displaystyle\sum_{i=1}^{m}\alpha_i - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} y_i y_j \alpha_i \alpha_j \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_j \\ \text{subject to} & \displaystyle\sum_{i=1}^{m} y_i\alpha_i = 0, \\ & 0 \leq \alpha_i \quad (i = 1, 2, \ldots, m). \end{array}$$

このとき，以下の小問 (1) から (3) に答えよ.

(1) 主問題と双対問題の特性について考える．次の文が「正しい」か「間違い」か答えよ．答えだけでよい.

(a) 主問題の目的関数は線形である.

(b) 主問題の制約条件は，線形不等式だけで表されている.

(c) 双対問題の目的関数は線形である.

(d) 双対問題の制約条件は，線形等式と線形不等式だけで表されている.

(2) 上記の主問題と双対問題に対し弱双対定理が成り立つ．すなわち，主問題の実行可能解 $\boldsymbol{w} \in \mathbb{R}^n, w_0 \in \mathbb{R}$ と，双対問題の実行可能解 $\alpha_i \in \mathbb{R}\ (i = 1, 2, \ldots, m)$ に対して，次の不等式が成り立つ.

$$\frac{1}{2}\boldsymbol{w}^T\boldsymbol{w} \ \geq\ \sum_{i=1}^{m}\alpha_i - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} y_i y_j \alpha_i \alpha_j \boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_j.$$

この関係を次の手順に従って示せ.

(a) 任意の $\boldsymbol{u}, \boldsymbol{v} \in \mathbb{R}^n$ に対し，次の不等式が成り立つことを示せ.

$$\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{u} - 2\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{v} + \boldsymbol{v}^T\boldsymbol{v} \geq 0.$$

また，等号が成立する条件を述べよ.

次ページにつづく

(b) 以下の不等式が成り立つことを示せ．

$$\boldsymbol{w}^T\boldsymbol{w} - 2\sum_{i=1}^{m} y_i\alpha_i\boldsymbol{w}^T\boldsymbol{x}_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} y_iy_j\alpha_i\alpha_j\boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_j \geq 0.$$

(c) 弱双対定理を示せ．

(3) 主問題のある実行可能解 $\boldsymbol{w}^* \in \mathbb{R}^n$, $w_0^* \in \mathbb{R}$ と双対問題のある実行可能解 $\alpha_i^* \in \mathbb{R}$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ に対し，次の等式が成り立っているとする．

$$\frac{1}{2}(\boldsymbol{w}^*)^T\boldsymbol{w}^* = \sum_{i=1}^{m}\alpha_i^* - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} y_iy_j\alpha_i^*\alpha_j^*\boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{x}_j.$$

なお，弱双対定理よりそれらは最適解であることが示せる．このとき任意の $\boldsymbol{z} \in \mathbb{R}^n$ に対する $(\boldsymbol{w}^*)^T\boldsymbol{z}$ の値を，双対問題の最適解 α_i^* と $\boldsymbol{x}_i^T\boldsymbol{z}$, y_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ を用いて表せ．

[2] 2 台の機械 M_0, M_1 で, n 個の仕事 $T_1, T_2, \ldots, T_n$ を, この順番で処理するスケジュールについて議論する.

各仕事は, 2 台の機械のうちどちらか 1 つのみで処理しなければならない. 機械と仕事の任意の対 (M_i, T_j) に対し, 機械 M_i で仕事 T_j を処理した際の処理費用 $c(i, j)$ が与えられている. 連続する仕事対 (T_j, T_{j+1}) に対し, 仕事 T_j を処理する機械と, 仕事 T_{j+1} を処理する機械が異なる場合は, 機械変更費用 d がかかる. 以下では, 処理費用と機械変更費用の総和を最小とするスケジュールを求める問題について議論する.

スケジュールを表現するため, n 個の 0-1 変数 $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ を導入し

$$x_j = \begin{cases} 0 & (\text{機械 } M_0 \text{で仕事 } T_j \text{を処理する}), \\ 1 & (\text{機械 } M_1 \text{で仕事 } T_j \text{を処理する}), \end{cases}$$

と定義する. 関数 $g : \{0, 1\}^2 \to \{0, d\}$ を

$$g(x, x') = \begin{cases} 0 & (x = x' \text{のとき}), \\ d & (x \neq x' \text{のとき}), \end{cases}$$

と定義する. このとき, 0-1 ベクトル $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n) \in \{0, 1\}^n$ で表されるスケジュールの費用 $h(\boldsymbol{x})$ は,

$$h(\boldsymbol{x}) = \sum_{j=1}^{n} c(x_j, j) + \sum_{j=1}^{n-1} g(x_j, x_{j+1})$$

と表すことができる. 費用最小となるスケジュールを求める問題

$$\text{P:} \quad \min\{h(\boldsymbol{x}) \mid \boldsymbol{x} \in \{0, 1\}^n\}$$

について, 次の小問 (1) から (3) に答えよ．

次ページにつづく

(1) 問題 P の数値例として, 以下のようなものを考える. 仕事の個数 $n = 5$，機械変更費用 $d = 2$ とし, 処理費用を

$$\begin{pmatrix} c(0,1) & c(0,2) & c(0,3) & c(0,4) & c(0,5) \\ c(1,1) & c(1,2) & c(1,3) & c(1,4) & c(1,5) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 4 & 5 \\ 4 & 1 & 4 & 7 & 2 \end{pmatrix}$$

とする. この数値例において, $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (1, 0, 0, 1, 1)$ で表されるスケジュールの費用を答えよ.

(2) 任意の $s \in \{0, 1\}$ と, 任意の $k \in \{1, 2, \ldots, n-1\}$ に対し，変数 $(x_k, \ldots, x_n)$ を持つ問題 $\mathrm{P}(s, k)$ を

$$\mathrm{P}(s,k):\quad \min \left\{ \sum_{j=k}^{n} c(x_j, j) + \sum_{j=k}^{n-1} g(x_j, x_{j+1}) \;\middle|\; \begin{array}{l} x_k = s, \\ x_{k+1}, \ldots, x_n \in \{0, 1\} \end{array} \right\}$$

と定義し, その最適値を $z(s, k)$ と書く.

(a) 小問 (1) で与えられた数値例について, 問題 $\mathrm{P}(0, 4)$ と $\mathrm{P}(1, 4)$ の最適解と最適値を答えよ. ただし最適解は変数ベクトル (x_4, x_5) で表せ．最適解が複数存在する場合は, その内一つを答えればよい.

(b) 小問 (1) で与えられた数値例について, 問題 $\mathrm{P}(0, 3)$ と $\mathrm{P}(1, 3)$ の最適解と最適値を答えよ. ただし最適解は変数ベクトル (x_3, x_4, x_5) で表せ．最適解が複数存在する場合は, その内一つを答えればよい.

(c) 問題 $\mathrm{P}(1, j)$ の最適値 $z(1, j)$ を, 処理費用 $c(1, j)$, 機械変更費用 d と, $z(0, j+1), z(1, j+1)$ を用いて表せ. ただし $j \in \{1, 2, \ldots, n-1\}$ とし, $z(0, n), z(1, n)$ の値は適切に定め, どのように定めたかも答えよ.

(3) 小問 (1) で与えられた数値例について, 問題 P の最適解と最適値を答えよ. ただし最適解は変数ベクトル $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ で表せ．最適解が複数存在する場合は, その内一つを答えればよい.

経営管理 A（100 点）

次の設問[1]から[3]に答えよ.

[1] 大岡山ランチボックスは, 近隣の大学生をターゲット顧客として弁当の製造・販売を営む企業である. 大岡山駅近くに調理場製造所を構え，併設店舗での店頭販売および宅配を実施している. この企業に対して収益性改善の方法を提案したい. 以下の小問(1)から(3)に, それぞれ 150 字程度で答えよ.

(1) 「規模の経済」を追求する方法を提案せよ.

(2) 「経験の経済(経験曲線, 学習効果)」を追求する方法を提案せよ.

(3) 「範囲の経済」を追求する方法を提案せよ.

[2] 複数のグループ間の価値交換を円滑化する「multi-sided platform（以降 MSP と略す)」というビジネスモデルが注目されている. たとえば，メルカリは売り手と買い手を，Uber は運転者と乗客を，Airbnb は旅行者と住宅所有者を結びつけるビジネスモデルを構築している. この MSP について，以下の小問(1)から(3)に答えよ.

(1) 2 つのグループを顧客とする MSP 採用企業が利益を生み出す仕組みを, 事例を用いて図と文章で説明せよ. 事例は架空の企業でも実在の企業でもかまわない.

(2) 3 つ以上のグループを顧客とする MSP 採用企業が利益を生み出す仕組みを, 事例を用いて図と文章で説明せよ. 事例は架空の企業でも実在の企業でもかまわない.

(3) MSP 採用企業が, 他のビジネスモデルでは想定できないほどの急速な売上成長を遂げることがある. それを可能にする MSP の性質について, 顧客獲得の観点から説明せよ.

設問[3]は次ページ

[3]　マーケティングがたどるプロセスを，最近のフィリップ・コトラーらの議論では，5 つのステップに分けている．このとき，ステップ 1 は「顧客ニーズの理解」，ステップ 2 は「顧客主導型マーケティング戦略の設計」，ステップ 3 は「マーケティング計画の設計」，ステップ 4 は「顧客リレーションシップの構築」，ステップ 5 は「顧客からの価値の獲得」である．この 5 つのステップに関して，以下の小問(1)と(2)に答えよ．

(1)　マーケティングのステップ 1「顧客ニーズの理解」で求められるのは，顧客のニーズやウォンツ，需要について理解することである．このとき，ニーズ，ウォンツ，需要とは何かをそれぞれ述べよ．さらに，具体例を挙げて 3 つの違いが明確になるように説明せよ．

(2)　マーケティングのステップ 4「顧客リレーションシップの構築」において，リレーションシップ・マネジメントが重要である．このとき，顧客リレーションシップ・マネジメントとは何かを述べよ．その際，次の 2 つの用語（顧客価値，顧客満足）を定義して解答に含めよ．

経営管理 B（100 点）

次の設問[1]，[2]に答えよ．

[1] 次の小問(1), (2)に答えよ．

(1) 同じ業界で競合している 2 つの企業 X 社と Y 社について以下の財務情報が与えられているとき，次の問い(a)から(d)に答えよ．

	X 社	Y 社
売上高	3,000 百万円	3,200 百万円
売上総利益	1,200 百万円	800 百万円
営業利益	360 百万円	200 百万円
当期純利益	280 百万円	180 百万円
総資産回転率	0.80	1.60
株主資本合計	1,850 百万円	1,200 百万円

(a) X 社と Y 社の売上高営業利益率(ROS)を求めよ(単位%, 小数点以下を四捨五入).
(b) X 社と Y 社の総資産営業利益率(ROA)を求めよ(単位%, 小数点以下を四捨五入).
(c) X 社と Y 社の利益獲得モデルの違いを簡潔に説明せよ．
(d) X 社が，新たな戦略によって売上高に対する費用の比率を変化させることなく売上高を増大させることに成功し，総資産回転率が Y 社と同じ 1.60 になったとしよう．このとき，X 社の ROA を求めよ（単位%，小数点以下を四捨五入）．

(2) Z 社の現在の流動資産は 18 億円，流動負債は 10 億円であり，1 ヶ月後に予定されている信用格付けの審査までに，流動比率を目標値の 200%に近づけるための方策を検討している．次の 3 つの選択肢 (ア)から(ウ)が Z 社の流動比率に与える影響をそれぞれ説明し，流動比率を目標値に近づける目的にもっとも合致する選択肢を示せ．なお，これら(ア)から(ウ)の選択肢はいずれも Z 社の経営戦略に支障なく実現可能であるものとする．
(ア) 現金で仕入れる予定であった 2 億円の商品を掛けで購入する．
(イ) 設備投資に用いる予定であった現金 2 億円で短期借入金を返済する．
(ウ) 2 ヶ月後に回収予定であった売掛金 2 億円について，1 ヶ月以内に支払いに応じることを条件に 5%の割引を提供し，回収期間を短縮する．

設問[2]は次ページ

[２] 次の小問(1)から(3)に答えよ．

(1) 以下の式は株式銘柄 i の期待収益率を求める資本資産評価モデル（CAPM）である．ただし，式中のr_i，r_f，r_Mはそれぞれ CAPM で定義されるとおりであり，E[·]は期待値を意味する．

$$\mathrm{E}[r_i] = r_f + \beta_i \cdot \left(\mathrm{E}[r_M] - r_f\right)$$

上式のβ_iはどのように求めることができ，またそのことが何を意味するかを，r_i，r_M，分散，共分散という 4 つの用語を使用して簡潔に説明せよ．

(2) 株式市場で完全資本市場の仮定が成立しているとする（税は存在しない）．この株式市場に上場している企業 i は無借金企業で，その株式資本コスト（株式期待収益率）は 7%とする．この企業が金利 3%で借入による資金調達を行い，その借入全額を原資に自己株式の 3 分の 1 を買い入れ消却したとする．企業 i の株式買い入れ消却後の株式資本コストを答えよ．

(3) 以下に示す大岡山テック株式会社の財務情報および資本市場のデータに基づいて，問い(a)から(d)に答えよ．

<u>大岡山テックの将来の財務予想</u>
（金額単位：億円）

	1年後	2年後	3年後
EBIT	100	110	
設備投資額	30	30	
減価償却額	25	25	
純運転資本金額	15	15	
フリーキャッシュフロー	(　　)	(　　)	(　　)

毎年1%成長

ただし，EBIT は利払い前・税前利益を意味する．
前年度の純運転資本金額は 15 億円とする．

次ページにつづく

大岡山テックの 3 年後以降のフリーキャッシュフローは毎年 1%成長する（2 年後から 3 年後も 1%成長する）.

大岡山テックの財務に関する情報

大岡山テックの借入金額は，自社の株式時価総額に対して 50%の金額であり，この比率を将来も維持する方針.

上記の資本政策の下で大岡山テックの信用格付けはシングル A 格である.

大岡山テックの実効税率は 20%.

大岡山テックには，事業に使用されていない余剰資産は存在しない.

資本市場の情報

株式市場の過去 50 年間の平均収益率	年リターン 12%
長期国債の過去 50 年間の平均発行利回り	年利 5%
現在の長期国債の発行利回り	年利 3%
シングル A 格の社債の発行利回り	年利 5%
大岡山テックの株式の β 値	1.0

(a) 大岡山テックの加重平均資本コスト（WACC）を求めよ．解答には計算式も含めること．

(b) 大岡山テックの今後 3 年間の各年のフリーキャッシュフローを求めよ．

(c) 大岡山テックの 2 年後における将来フリーキャッシュフローの残存価値を求めよ．解答には計算式を含めること．ただし，解答は四捨五入により百万円単位まで求めること．

(d) 大岡山テックの企業価値（株式価値＋借入価値）を求めよ．解答は途中計算を含めて，四捨五入により百万円単位まで求めること．