

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	基礎科学コース 代数、幾何、解析、集合と位相、複素解析、確率論、力学、電磁気学、量子力学、 統計力学、物性物理学、高エネルギー物理・相対論の分野から出題。3問を選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

(問題 **1** ~ **6** に関する注意事項)

- 計算過程等の途中経過は省略し、最終的な結果のみを掲載する.
- ここに掲載するのは解答の一例であり、別解がある場合がある.
- 証明問題に関しては、要点または具体的な出題意図を記載する.

1

- (1) 部分群の基礎的事項を理解しているかを問う証明問題である.
- (2) (a) 部分環の基礎的事項を理解しているかを問う証明問題である.
(b) 可換環の基礎的事項を理解しているかを問う証明問題である.

2

- (1) $2x + 3y + 6z - 6 = 0$
- (2) ガウス曲率は $-\frac{36}{2401}$ であり、平均曲率は $\frac{6}{343}$ である.

3

- (1) (a) $\sum_{n=0}^{\infty} (-2)^n z^{3n}$ (b) $\sum_{n=0}^{\infty} (-2)^n z^{3n-100}$ (c) -2^{33}
- (2) (a) $16\pi i$ (b) $2\pi i$ (c) $\frac{\pi}{4\sqrt{2}}$

4

- (1) $\alpha > 1$
- (2) f が一様収束することを確認できればよい.
- (3) f が項別微分可能であることを確認できればよい.

5

- (1) 必ずしも成り立たない. 反例はいくらでもある.
- (2) 必ずしも成り立たない. 反例はいくらでもある.
- (3) 常に成り立つ. コンパクト集合と連続写像の基本性質に関する理解を問う問題である.

6

- (1) 分布関数は x^3 , 確率密度は $3x^2$ である. 平均は $\frac{3}{4}$ である.
- (2) 分布関数は $1 - (1 - x)^3$, 確率密度は $3(1 - x)^2$ である. 平均は $\frac{1}{4}$ である.

7

- 問 1. l 番目の粒子の運動方程式をたて与えられた解の形を代入すると、求める関係が得られる。
- 問 2. l 番目の粒子 A,B の運動方程式をたて、与えられた条件を用いると ω に関する方程式が得られる。これより求める個数、量がわかる。

8

- 問 1. (1) 平面を垂直に貫くような円柱型の閉曲面に積分型のガウスの法則を適用する (クーロンの法則を用いて求めてもよい)。
- (2) (1) で求めた電場を線積分することで求める。
- 問 2. (1) ソレノイド内部、外部、および内外を貫く長方形の閉回路に対してアンペールの法則を適用する。
- (2) (1) で求めた磁束密度と自己インダクタンスの定義式から求める。
- 問 3. (1) キルヒホッフの法則から導かれる 2 階微分方程式を解いて導出する。
- (2) (1) で求めた結果をコンデンサーとコイルのエネルギーの公式に代入する。

9

- 問 1. $[\hat{a}, \hat{a}^\dagger]$ に \hat{a}^\dagger 、 \hat{a} の定義式を代入して計算式を示す。
- 問 2. 設問 1 の答を利用した計算より求める。
- 問 3. 設問 2 の答を利用した計算より求める。
- 問 4. $\varphi(x)$ が規格化されていることとエルミート共役の性質を用いて求める。

- 問5. 設問3、4の答を用いて、(位相の自由度を除き) $\phi(x) = \sqrt{n}\varphi_{n-1}(x)$ であることを示す。
- 問6. 設問5より $n=0$ ならば $\hat{a}\varphi_0 = 0$ であることを用いる。 $\varphi_n(x)$ に \hat{a} を繰り返し演算することを考えると、 n が非負整数ではないと仮定すると \hat{H} の半正定値性に矛盾することを示す。
- 問7. 調和振動子をエネルギー量子 $E = \hbar\omega$ を持った粒子系とみなし、第2量子化について $\hat{a}^\dagger(\hat{a})$ はその粒子の生成(消滅)を、 \hat{N} はその粒子の数を表す演算子として説明を行う。

10

- 問1. $3N$ 次元運動量空間で半径 $(2mE)^{1/2}$ の球を考え、その中に含まれる状態の数を評価する。一粒子運動量空間の中で状態は $(2\pi\hbar/L)^3$ 毎に離散的に存在することと、粒子の不可別性より $1/N!$ の因子が必要であることを考慮する。
- 問2. $W(E) = \Omega(E + \Delta E) - \Omega(E)$ の関係式より求める。
- 問3. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問4. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問5. 上記の3次元の問題と同様の解析を行う。 $3N$ 次元運動量空間の代わりに、 $2N$ 次元運動量空間を考えることに注意する。

11

1. a. 答 A

ヴィーデマンフランツ則による導電率と熱伝導率の関係から熱伝導度の大小と純度についての説明を行えば良い。

b. ピークを持つ説明としては低温で電子の平均自由行程が極低温でフォノンの平均自由行程と同程度になるとフォノンの熱伝導の寄与が現れそれが極低温で温度の降下とともに小さくなること、ローレンツ数 L も小さくなることなどの記述があれば良い。

2. a. 答 $c = \gamma_c T + \alpha_c T^3$

b. 格子比熱が傾き α_c の大きさに影響することから原子番号の大小を議論すれば良い。

12

問 1. 一般的なローレンツ変換の式を記載する。

問 2. 問 1 のローレンツ変換の式から時間の遅れの関係式を導く。そして、その関係式が意味する事を答える。

問 3. 問 2 の時間の遅れの関係式をミュー粒子に適応し、高度 6 km で生成されたミュー粒子が問題なく地上に到達することを計算によって示す。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	化学コース 物理化学、無機・分析化学、有機化学の3系列から出題。試験当日にこれら3系列から2系列を選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

化学を大学院で学ぶ上で基盤的知識を問う問題であり、3系列に分けてあるが、これらのいずれにおいても学部3年までに習得すべき内容を出題しこれらの正答を期待するものである。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

物性物理学

1. a. 答 A

ヴィーデマンフランツ則による導電率と熱伝導率の関係から熱伝導度の大小と純度についての説明を行えば良い。

b. ピークを持つ説明としては低温で電子の平均自由行程が極低温でフォノンの平均自由行程と同程度になるとフォノンの熱伝導の寄与が現れそれが極低温で温度の降下とともに小さくなること、ローレンツ数 L も小さくなることなどの記述があれば良い。

2. a. 答 $c = \gamma_c T + \alpha_c T^3$

b. 格子比熱が傾き α_c の大きさに影響することから原子番号の大小を議論すれば良い。

3. a. グラファイトのハニカム格子上の π 電子が磁場の印加時にそれを打ち消す方向に加速されるため。

b. Inが+3価のイオンであるのに対しドーピングされたTiは+4価イオンになるためTiイオン1つに対して電子が1つ余る。ここから電子キャリアと導電性についての説明があれば良い。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、 固体化学 、電子物性学から必ず1問を選択。
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

固体化学（機能物質創成コース） 解答

X線回折、透過型電子顕微鏡、電子線回折による結晶構造解析や多結晶構造体の微細構造解析に関して以下の設問（1）～（3）のすべてに答えよ。

（1）X線による結晶構造解析に関して、運動学的回折理論における結晶によるX線の散乱強度を、結晶構造因子とラウエ関数を導くことで求めよ。

X線の結晶からの散乱強度はラウエ関数と結晶構造因子の2乗の積に比例すること、ラウエ関数は結晶の周期性によって決まること、結晶構造因子は単位胞内の原子の配置で決まること、などの式を示した上で説明する。

（2）結晶構造解析を行うにあたってX線回折と電子線回折を用いた場合の類似点と相違点に関して解説せよ。

結晶構造解析においてX線回折（XRD）と電子線回折（ED/TEM）はどちらも「波が結晶で回折する」という同じ物理原理に基づいているが、相互作用の強さ・波長・観察方法が大きく異なるため、得られる情報や適した用途が変わってくる。

- 電子線は波長が短く、ナノ粒子や原子レベルの構造を直接観察できる（HREM等）、デリケートなサンプルの場合、電子ビーム照射によるダメージへの配慮が必要。
- X線は平均構造の解析に向く、ラディエーションダメージは出にくい。

（3）透過型電子顕微鏡では、明視野像と暗視野像をえることで、複数の結晶構造を含む多結晶等の詳細を解析することができる。その原理を解説せよ。

※透過型電子顕微鏡における明視野像と暗視野像の原理を示したうえで、明視野像・暗視野像が「多結晶体の結晶構造や微細構造を解析できる理由」は、結晶ごとに異なる回折条件を利用して、特定の結晶粒だけを明るく（または暗く）写し分けることができることを説明する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

- (a) 例えば金属、半導体、絶縁体などがあげられる。これらの物質のエネルギーバンド構造をバンド理論の観点から説明し、バンド内エネルギー準位の電子の占有確率の違いなどから、エネルギーバンドギャップの電気抵抗への寄与の違いを記述する。
- (b) 一例として、半導体における電気伝導度の温度依存性を観察し、そのアレニウスプロットからバンドギャップを求める方法とその原理を記述する

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	<p>機能物質創成コース</p> <p>選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。</p> <p>選択問題（物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択</p>
解答区分（該当に○）	<p>解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解</p>

4

- 問 1. l 番目の粒子の運動方程式をたて与えられた解の形を代入すると、求める関係が得られる。
- 問 2. l 番目の粒子 A,B の運動方程式をたて、与えられた条件を用いると ω に関する方程式が得られる。これより求める個数、量がわかる。

5

- 問 1. (1) 平面を垂直に貫くような円柱型の閉曲面に積分型のガウスの法則を適用する (クーロンの法則を用いて求めてもよい)。
- (2) (1) で求めた電場を線積分することで求める。
- 問 2. (1) ソレノイド内部、外部、および内外を貫く長方形の閉回路に対してアンペールの法則を適用する。
- (2) (1) で求めた磁束密度と自己インダクタンスの定義式から求める。
- 問 3. (1) キルヒホッフの法則から導かれる 2 階微分方程式を解いて導出する。
- (2) (1) で求めた結果をコンデンサーとコイルのエネルギーの公式に代入する。

6

- 問 1. $[\hat{a}, \hat{a}^\dagger]$ に \hat{a}^\dagger 、 \hat{a} の定義式を代入して計算式を示す。
- 問 2. 設問 1 の答を利用した計算より求める。
- 問 3. 設問 2 の答を利用した計算より求める。
- 問 4. $\varphi(x)$ が規格化されていることとエルミート共役の性質を用いて求める。

- 問5. 設問3、4の答を用いて、(位相の自由度を除き) $\phi(x) = \sqrt{n}\varphi_{n-1}(x)$ であることを示す。
- 問6. 設問5より $n=0$ ならば $\hat{a}\varphi_0 = 0$ であることを用いる。 $\varphi_n(x)$ に \hat{a} を繰り返し演算することを考えると、 n が非負整数ではないと仮定すると \hat{H} の半正定値性に矛盾することを示す。
- 問7. 調和振動子をエネルギー量子 $E = \hbar\omega$ を持った粒子系とみなし、第2量子化について $\hat{a}^\dagger(\hat{a})$ はその粒子の生成(消滅)を、 \hat{N} はその粒子の数を表す演算子として説明を行う。

7

- 問1. $3N$ 次元運動量空間で半径 $(2mE)^{1/2}$ の球を考え、その中に含まれる状態の数を評価する。一粒子運動量空間の中で状態は $(2\pi\hbar/L)^3$ 毎に離散的に存在することと、粒子の不可別性より $1/N!$ の因子が必要であることを考慮する。
- 問2. $W(E) = \Omega(E + \Delta E) - \Omega(E)$ の関係式より求める。
- 問3. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問4. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問5. 上記の3次元の問題と同様の解析を行う。 $3N$ 次元運動量空間の代わりに、 $2N$ 次元運動量空間を考えることに注意する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、 化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学） 、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

化学を大学院で学ぶ上で基盤的知識を問う問題であり、3系列に分けてあるが、これらのいずれにおいても学部3年までに習得すべき内容を出題しこれらの正答を期待するものである。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

1. 電磁気学

（解答例）＊解答式の整理の形には他もあり得ます。

$$(1) V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 c}$$

$$(2) V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

$$(3) V_A = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 c}$$

以下は記載例です。

X. 電気・電子物性学

（解答のポイント）

電気伝導率へのフォノン散乱、及びキャリア移動度の寄与とそれらの温度依存性について議論する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

2. 電気回路

（解答例）

(1) 入射波の電圧と電流をそれぞれ V_1, I_1 とすると

$$I_1 = \frac{V_1}{20} = \frac{100}{20} = 50 \text{ [A]}$$

(2) 反射係数を K とすると

$$K = \frac{\frac{100 * Z_0}{100 + Z_0} - 20}{\frac{100 * Z_0}{100 + Z_0} + 20} = \frac{2Z_0 - 50}{3Z_0 + 50}$$

線路#2における透過波の電圧と電流をそれぞれ V_2, I_2 とすると

$$\begin{aligned} V_2 &= 2 * Z_0 \\ V_2 &= (1 + K) * 100 \end{aligned}$$

両者が等しいので、

$$Z_0 = \frac{200}{3} \text{ [\Omega]}$$

(3)

$$K = \frac{2Z_0 - 50}{3Z_0 + 50} = \frac{7}{13}$$

(4) 反射波の電流を I'_1 とすると

$$I'_1 = K * I_1 = \frac{35}{13} \text{ [A]}$$

(5)

$$\frac{V_2}{100} = \frac{3}{4} \text{ [A]}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

3. 電波工学

アンテナの動作についての理解度を確認する。

（解答のポイント）アンテナの利得と構造の関係について議論する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、 <u>情報・通信工学</u> 、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ <u>具体的な出題意図</u> ・ 解答のポイント ・ 略解

具体的な出題意図

通信路容量の理解度を問う。

解答のポイント

通信路出力のエントロピーと、入力のもとでの出力の条件付きエントロピーを求め、これらの差から定まる伝達情報量を t に関して最大化し、通信路容量を求める。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	解答 ○ 解答例 ○ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

5. 電気電子計測

角周波数 $\omega = 2\pi f$ とすると交流ブリッジの平衡条件は、

$$R_1 R_3 = (R_x + j\omega L_x) \left(R_2 - \frac{j}{\omega C_1} \right)$$

右辺を実部と虚部に分けると、

$$R_1 R_3 = \left(R_x R_2 + \frac{L_x}{C_1} \right) + j \left(\omega L_x R_2 - \frac{R_x}{\omega C_1} \right)$$

実部と虚部の対応より、

$$\begin{cases} R_x R_2 + \frac{L_x}{C_1} = R_1 R_3 \\ \omega L_x R_2 - \frac{R_x}{\omega C_1} = 0 \end{cases}$$

これを R_x および L_x に関して解くと、

$$L_x = \frac{R_1 R_3 C_1}{(\omega R_2 C_1)^2 + 1}$$

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2} \cdot \frac{(\omega R_2 C_1)^2}{(\omega R_2 C_1)^2 + 1}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、 電子回路 、制御工学、パワーエレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

6. 電子回路

1.

（解答例）*解答式の整理の形には他もあり得ます。

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A(R_1 + R_2)}{R_1(A + 1) + R_2}$$

2.

（解答のポイント）

負帰還を用いることで、増幅器の利得Aにばらつきがあっても、高い精度で信号が増幅できることを説明する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、 <u>制御工学</u> 、 ^ハ ワ-エレクトロニクス）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	<u>解答</u> 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

解答

(i) $G_A = \frac{8(s+1)}{s^3+6s^2+s+6}$

(ii) $G_B = \frac{\frac{7}{2}}{\frac{1}{2}s+1}$, ゲイン $\frac{7}{2}$, 時定数 $\frac{1}{2}$

(iii) $y(t) = \frac{7}{2}(1 - e^{-2t})$

(iv) $\frac{7(s+3)}{s^3+5s^2+6s+8}$

(v) $y(t) = \frac{1}{2}e^{-4t} - e^{-\frac{1}{2}t}\cos(\frac{\sqrt{7}}{2}t) + \frac{\sqrt{7}}{2}e^{-\frac{1}{2}t}\sin(\frac{\sqrt{7}}{2}t)$

(vi) $\alpha > \frac{121}{21}$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機能物質創成コース 選択必須問題：物性物理学、固体化学、電子物性学から必ず1問を選択。 選択問題：物理分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）、化学分野（有機化学、物理化学、無機・分析化学）、電気電子分野（電磁気学、電気回路、電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、 <u>パワーエレクトロニクス</u> ）から合計2問選択
解答区分（該当に○）	<u>解答</u> ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ <u>具体的な出題意図</u> ・ 解答のポイント ・ 略解

問1

$$V_e = \frac{E}{\sqrt{3}}, V_1 = \frac{\sqrt{2}E}{\pi}, THD = \frac{\sqrt{\pi^2 - 6}}{\sqrt{6}}$$

問2

Zetaコンバータはパワーエレクトロニクスでは知られた回路であり、その昇降圧比も広く知られている。本問は、その昇降圧比の導出方法を問う問題である。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	生命科学コース 生命科学分野（ 生化学・分子生物学 、生体物質分析、バイオインフォマティクス）、及び基礎科学分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ ○解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

1

問1 ヌクレオソーム1単位（コア147 bp + リンカー 53 bp = 200 bp）の長さは、塩基対間の距離は0.34 nmであることから、 $0.34 \times 200 = 68.0$ nmとなる。リンカーの長さは $0.34 \times 3 = 18.02$ nmである。
よって凝縮率は、 $68.9 / (11 + 18.02) = 2.343\dots$
答えは2.3

- 問2 (1) (ア) 3'→5'エキソヌクレアーゼ (イ) DNAヘリカーゼ (ウ) DNAトポイソメラーゼ (エ) プライマーゼ (オ) RNA
- (2) DNAポリメラーゼ反応では、取り込まれるdNTPの三リン酸のうち2つのリン酸がピロリン酸 (PPi) として外れ、1つのリン酸だけがDNA骨格に残ることで重合が進む。もしDNA鎖が3'→5'方向に伸長すると仮定すると、伸長鎖末端が三リン酸を持つ必要があるが、誤ったヌクレオチドが除去されるとその三リン酸末端が失われ、DNA末端にはリン酸が1つしか残らない。そのため次のヌクレオチドを付加するためのエネルギーが供給できず、重合反応を続けることができない。
- (3) イ (DNAヘリカーゼ)
PCRでは反応開始時にDNAを高温 (95°C) に加熱して二本鎖DNAを熱変性させることで鎖を分離するため、ATPを使って二重らせんをほどくDNAヘリカーゼは必要ない。
- ウ (DNAトポイソメラーゼ)
細胞内のDNA複製では、複製フォークが二本鎖DNAを連続的にほどこきながら進むため、前方のDNAにねじれ (超らせん) が蓄積し、それを解消するためにDNAトポイソメラーゼが必要となる。一方、PCRではDNAは高温による熱変性によって完全に二本鎖が分離し、その後アニーリングと伸長が起こるため、複製フォークの進行によってねじれが蓄積することはない。このためDNAトポイソメラーゼは不要である。
- エ (プライマーゼ)
PCRでは、人工合成したDNAプライマーをあらかじめ反応液に加えるため、RNAプライマーを合成するプライマーゼは必要ない。

問2 真核生物における翻訳では、まずmRNAがリボソームに結合して翻訳が開始される。リボソームはrRNAとタンパク質からなる複合体であり、小サブユニットと大サブユニットから成る。翻訳開始の際には、開始因子 (eIF, eukaryotic initiation factor) と小サブユニットがmRNAに結合し、開始tRNAとともにmRNA上を移動して開始位置を探索する。小サブユニットがmRNA上の開始コドンAUGを認識すると、開始tRNAがそれに結合し、次いで、大サブユニットが結合して完全なリボソームが形成される。その後、リボソーム内でtRNAがmRNAのコドンに対応するアミノ酸を運び、rRNAが触媒として機能しアミノ酸同士のペプチド結合形成を促進し、ポリペプチド鎖が伸長する。リボソームはmRNA上を移動しながら翻訳を進め、mRNA上の終止コドンに到達すると翻訳は終了し、合成されたポリペプチド鎖が放出される。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	生命科学コース 生命科学分野（ <u>生化学・分子生物学</u> 、生体物質分析、バイオインフォマティクス）、及び基礎科学分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ <u>解答例</u> ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

2

問1

(1) α -アミノ酸とは、アミノ基とカルボキシル基が同一の α 炭素に結合しているアミノ酸のことである。

(2) 名称：プロリン 三文字表記：Pro

理由：プロリンでは、その側鎖がアミノ基の窒素と結合して環状構造（第二級アミン）を形成しており、一般的な α -アミノ酸のような第一級アミノ基を持たない。したがって、プロリンは正確にはイミノ酸に分類される。

(3) L-立体配置（L体）とD-立体配置（D体）は、グリセルアルデヒドを基準とした立体配置の違いによって説明される。フィッシャー投影式においてカルボキシル基を上、側鎖を下に配置したとき、アミノ基が左側にあるものをL体、右側にあるものをD体という。

(4) 表示法：S配置

理由： α 炭素に結合する置換基の優先順位は、 $\text{NH}_2 > \text{COOH} > \text{CH}_3 > \text{H}$ となる。水素を奥に配置して優先順位の高い順にたどると、反時計回りとなるためS配置となる。

問2

(1) 界面活性剤であるドデシル硫酸ナトリウム（SDS）は試料中のタンパク質に結合し、タンパク質を変性させるとともにタンパク質にほぼ一定の負電荷を与える。したがって、電場中ではタンパク質は移動し、分子ふるい効果により、分子量の大きさに主に依存してポリアクリルアミドゲル（PAGE）内を移動する。得られた電気泳動像を解析すれば、標的とするタンパク質の分子量やその純度を推定することができる。

(2) 多くのタンパク質に含まれる芳香族アミノ酸（トリプトファン、チロシン、フェニルアラニン）が紫外光を吸収する性質を持つことから、タンパク質は280 nm付近に吸収極大を示す。そのことから、280 nmにおけるタンパク質溶液の吸光度を測定すると、ランベルト・ベールの法則を用いることにより、タンパク質の濃度を簡易的に定量できる。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	生命科学コース 生命科学分野（ <u>生化学・分子生物学</u> 、生体物質分析、バイオインフォマティクス）、及び基礎科学分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ ○解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

3

- 問1 グルコースからATPが得られる過程は、主に解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の三段階からなる。まず細胞質基質で行われる解糖系において、1分子のグルコースは約10段階の酵素反応を経て2分子のピルビン酸に分解される。この過程では基質レベルのリン酸化によってATPが合成されるとともに、電子を受け取った補酵素としてNADHが生成され、最終的に正味2分子のATPが得られる。生成したピルビン酸はミトコンドリアに取り込まれ、ミトコンドリアマトリックスでピルビン酸脱水素酵素複合体による酸化的脱炭酸を受け、アセチルCoAへと変換される。この反応でもNADHが生成される。次に、ミトコンドリアマトリックスでクエン酸回路（TCA回路）が進行する。アセチルCoAはオキサロ酢酸と縮合してクエン酸を形成し、その後一連の酵素反応によって再びオキサロ酢酸へと再生される。この回路の過程で多量のNADHおよびFADH₂とGTPが生成される。NADHとFADH₂は、ミトコンドリア内膜に存在する電子伝達系に電子を供給する。電子はNADHから複数の電子キャリアを経て伝達され、その途中でシクロクムcなどの担体を介して最終的に酸素へ受け渡され、水が生成される。この電子の移動に伴い、電子伝達系の複合体によってミトコンドリアマトリックスから膜間腔へプロトン(H⁺)が汲み出され、内膜を挟んだ電気化学的勾配（プロトン駆動力）が形成される。このプロトン勾配を利用して、内膜に存在するFo-F1 ATPase（ATP合成酵素）が働き、膜間腔からマトリックスへ戻るプロトンの流れをエネルギー源としてADPと無機リン酸からATPを合成する。この仕組みは酸化的リン酸化と呼ばれる。以上の一連の過程により、グルコース1分子から合計約30分子のATPが産生される。
- 問2 植物の光合成の暗反応カルビン回路では、葉緑体ストロマで大気中の二酸化炭素が固定され、有機物合成に利用される。この反応の最初の段階で中心的な役割を果たす酵素がリブローズビスリン酸カルボキシラーゼ（RuBisCO）である。RuBisCOはリブローズ-1,5-ビスリン酸に二酸化炭素を付加するカルボキシラーゼ活性を持ち、この反応により不安定な中間体を経て3-ホスホグリセリン酸が2分子生成され、これがカルビン回路に取り込まれて糖合成へと進む。しかしRuBisCOは二酸化炭素だけでなく酸素とも反応する性質をもつ。リブローズ-1,5-ビスリン酸に酸素が付加されると、3-ホスホグリセリン酸1分子と2-ホスホグリコール酸1分子が生成される。2-ホスホグリコール酸はカルビン回路では直接利用できない化合物であり、そのままでは炭素固定に利用することができない。このため植物は、2-ホスホグリコール酸を再利用する代謝経路が働く。2-ホスホグリコール酸は葉緑体でグリコール酸に変換された後、ペルオキシソームやミトコンドリアを経由して一連の反応を受け、その過程で一部の炭素が二酸化炭素として放出されるとともに、最終的に3-ホスホグリセリン酸へと再生されて再びカルビン回路に戻される。このように、RuBisCOが酸素と反応して2-ホスホグリコール酸を生じ、それを再代謝する過程で二酸化炭素を放出し、ATPや還元力を消費するにもかかわらず糖の合成効率を低下させる反応を光呼吸という。光呼吸は特に高温条件や二酸化炭素濃度が低い条件で促進され、植物の光合成効率を低下させる要因となる。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	生命科学コース 生命科学分野（生化学、分子生物学、 生物物質分析 、バイオインフォマティクス）、及び基礎科学分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

4

問 1 HCl $5.00 \times 10^{-1} \text{ mmol}$

H_2PO_4 $3.00 \times 10^0 \text{ mmol}$

問 2

$92 \pm 3 \text{ g}$

問 3

$$K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	生命科学コース 生命科学分野（生化学、分子生物学、生体物質分析、 <u>バイオインフォマティクス</u> ）、及び基礎科学分野（力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択
解答区分（該当に○）	<u>解答</u> ・ <u>解答例</u> ・ 評価基準 ・ <u>具体的な出題意図</u> ・ 解答のポイント ・ 略解

出題意図

問5の設問(1)では、配列解析から構造解析までの代表的な手法の使い方の理解度を問うている。設問(2),(3)では、代表的な手法の原理や特性を、膜タンパク質特有の特徴と関連させて、説明できるかを問うている。

解答・解答例

設問(1)（空欄①～⑩までの補充問題）

- ① PSI-BLAST ② 疎水性インデックス ③ C α 距離 ④ AlphaFold ⑤ 検証指標
⑥ 構造アラインメント ⑦ 分子動力学（MD） ⑧ ドッキング ⑨ KEGG ⑩ Pfam

設問(2)

（模範解答例）

膜貫通領域は脂質二重膜内の疎水性領域を横切るため、疎水性の高いアミノ酸（Leu、Ile、Valなど）が多く含まれる。これらの領域は一般に長さが20残基前後の疎水性の α ヘリックスを形成し、脂質膜内部の非極性環境と安定に相互作用する。一方、膜外側のループ領域は水溶性環境に存在するため、Lys、Argなどの親水性アミノ酸残基が多い。疎水性インデックススコアは、各アミノ酸の疎水性の強さを数値化したものであり、アミノ酸配列上で疎水性スコアの高い連続領域を検出することにより、以上のような領域特徴を表現するので、脂質膜内部に存在する膜貫通ヘリックス領域を有効に予測できる。

設問(3)

（模範解答例）（下線部は、使用を指示された用語）

近年の深層学習手法（AlphaFold）は配列情報を基に高精度な立体構造予測が可能だが、膜タンパク質では予測精度が低下する可能性がある。多くの膜タンパク質は複合体構造が多いため単体の膜タンパク質では安定な構造を取りにくい可能性があり、さらに構造は膜中環境と膜外環境という異なる物理化学条件の影響を強く受ける。深層学習の学習セットには結晶化が容易な水溶性タンパク質が多く含まれており、膜タンパク質のデータは相対的に少ない。このため、上記のような膜タンパク質特有の膜内外環境・脂質相互作用および複合体形成の影響を十分に学習できず、予測精度が低下すると考えられる。

（280文字）

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	<p>生命科学コース</p> <p>生命科学分野（生化学・分子生物学、生体物質分析、バイオインフォマティクス）、及び基礎科学分野 （力学、電磁気学、量子力学、統計力学）から3問選択</p>
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

6

- 問 1. l 番目の粒子の運動方程式をたて与えられた解の形を代入すると、求める関係が得られる。
- 問 2. l 番目の粒子 A,B の運動方程式をたて、与えられた条件を用いると ω に関する方程式が得られる。これより求める個数、量がわかる。

7

- 問 1. (1) 平面を垂直に貫くような円柱型の閉曲面に積分型のガウスの法則を適用する (クーロンの法則を用いて求めてもよい)。
- (2) (1) で求めた電場を線積分することで求める。
- 問 2. (1) ソレノイド内部、外部、および内外を貫く長方形の閉回路に対してアンペールの法則を適用する。
- (2) (1) で求めた磁束密度と自己インダクタンスの定義式から求める。
- 問 3. (1) キルヒホッフの法則から導かれる 2 階微分方程式を解いて導出する。
- (2) (1) で求めた結果をコンデンサーとコイルのエネルギーの公式に代入する。

8

- 問 1. $[\hat{a}, \hat{a}^\dagger]$ に \hat{a}^\dagger 、 \hat{a} の定義式を代入して計算式を示す。
- 問 2. 設問 1 の答を利用した計算より求める。
- 問 3. 設問 2 の答を利用した計算より求める。
- 問 4. $\varphi(x)$ が規格化されていることとエルミート共役の性質を用いて求める。

- 問5. 設問3、4の答を用いて、(位相の自由度を除き) $\phi(x) = \sqrt{n}\varphi_{n-1}(x)$ であることを示す。
- 問6. 設問5より $n=0$ ならば $\hat{a}\varphi_0 = 0$ であることを用いる。 $\varphi_n(x)$ に \hat{a} を繰り返し演算することを考えると、 n が非負整数ではないと仮定すると \hat{H} の半正定値性に矛盾することを示す。
- 問7. 調和振動子をエネルギー量子 $E = \hbar\omega$ を持った粒子系とみなし、第2量子化について $\hat{a}^\dagger(\hat{a})$ はその粒子の生成(消滅)を、 \hat{N} はその粒子の数を表す演算子として説明を行う。

9

- 問1. $3N$ 次元運動量空間で半径 $(2mE)^{1/2}$ の球を考え、その中に含まれる状態の数を評価する。一粒子運動量空間の中で状態は $(2\pi\hbar/L)^3$ 毎に離散的に存在することと、粒子の不可別性より $1/N!$ の因子が必要であることを考慮する。
- 問2. $W(E) = \Omega(E + \Delta E) - \Omega(E)$ の関係式より求める。
- 問3. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問4. ボルツマンの公式と熱力学の関係式より求める。
- 問5. 上記の3次元の問題と同様の解析を行う。 $3N$ 次元運動量空間の代わりに、 $2N$ 次元運動量空間を考えることに注意する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

1. 電磁気学

（解答例）*解答式の整理の形には他もあり得ます。

$$(1) V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 c}$$

$$(2) V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

$$(3) V_A = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 c}$$

以下は記載例です。

X. 電気・電子物性学

（解答のポイント）

電気伝導率へのフォノン散乱、及びキャリア移動度の寄与とそれらの温度依存性について議論する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

2. 電気回路
 (解答例)

(1) 入射波の電圧と電流をそれぞれ V_1, I_1 とすると

$$I_1 = \frac{V_1}{20} = \frac{100}{20} = 50 \text{ [A]}$$

(2) 反射係数を K とすると

$$K = \frac{\frac{100 * Z_0}{100 + Z_0} - 20}{\frac{100 * Z_0}{100 + Z_0} + 20} = \frac{2Z_0 - 50}{3Z_0 + 50}$$

線路#2における透過波の電圧と電流をそれぞれ V_2, I_2 とすると

$$\begin{aligned} V_2 &= 2 * Z_0 \\ V_2 &= (1 + K) * 100 \end{aligned}$$

両者が等しいので、

$$Z_0 = \frac{200}{3} \text{ [\Omega]}$$

(3)

$$K = \frac{2Z_0 - 50}{3Z_0 + 50} = \frac{7}{13}$$

(4) 反射波の電流を I'_1 とすると

$$I'_1 = K * I_1 = \frac{35}{13} \text{ [A]}$$

(5)

$$\frac{V_2}{100} = \frac{3}{4} \text{ [A]}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

3. 電波工学

アンテナの動作についての理解度を確認する。

（解答のポイント）アンテナの利得と構造の関係について議論する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

具体的な出題意図

通信路容量の理解度を問う。

解答のポイント

通信路出力のエントロピーと、入力のもとでの出力の条件付きエントロピーを求め、これらの差から定まる伝達情報量を t に関して最大化し、通信路容量を求める。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ○ 解答例 ○ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

5. 電気電子計測

角周波数 $\omega = 2\pi f$ とすると交流ブリッジの平衡条件は、

$$R_1 R_3 = (R_x + j\omega L_x) \left(R_2 - \frac{j}{\omega C_1} \right)$$

右辺を実部と虚部分けると、

$$R_1 R_3 = \left(R_x R_2 + \frac{L_x}{C_1} \right) + j \left(\omega L_x R_2 - \frac{R_x}{\omega C_1} \right)$$

実部と虚部の対応より、

$$\begin{cases} R_x R_2 + \frac{L_x}{C_1} = R_1 R_3 \\ \omega L_x R_2 - \frac{R_x}{\omega C_1} = 0 \end{cases}$$

これを R_x および L_x に関して解くと、

$$L_x = \frac{R_1 R_3 C_1}{(\omega R_2 C_1)^2 + 1}$$

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2} \cdot \frac{(\omega R_2 C_1)^2}{(\omega R_2 C_1)^2 + 1}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、 電子回路 、制御工学、パワーエレクトロニクス、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	各設問に記載 解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

6. 電子回路

1.

（解答例）*解答式の整理の形には他もあり得ます。

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A(R_1 + R_2)}{R_1(A + 1) + R_2}$$

2.

（解答のポイント）

負帰還を用いることで、増幅器の利得Aにばらつきがあっても、高い精度で信号が増幅できることを説明する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、 制御工学 、パワーエレクトロニクス、電気・電子物性学、高電圧工学より3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

解答

(i) $G_A = \frac{8(s+1)}{s^3+6s^2+s+6}$

(ii) $G_B = \frac{7}{\frac{1}{2}s+1}$, ゲイン $\frac{7}{2}$, 時定数 $\frac{1}{2}$

(iii) $y(t) = \frac{7}{2}(1 - e^{-2t})$

(iv) $\frac{7(s+3)}{s^3+5s^2+6s+8}$

(v) $y(t) = \frac{1}{2}e^{-4t} - e^{-\frac{1}{2}t}\cos\left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right) + \frac{\sqrt{7}}{2}e^{-\frac{1}{2}t}\sin\left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right)$

(vi) $\alpha > \frac{121}{21}$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、 <u>パワーエレクトロニクス</u> 、高電圧工学、電気・電子物性学より3問選択
解答区分（該当に○）	<u>解答</u> ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ <u>具体的な出題意図</u> ・ 解答のポイント ・ 略解

問1

$$V_e = \frac{E}{\sqrt{3}}, V_1 = \frac{\sqrt{2}E}{\pi}, THD = \frac{\sqrt{\pi^2-6}}{\sqrt{6}}$$

問2

Zetaコンバータはパワーエレクトロニクスでは知られた回路であり、その昇降圧比も広く知られている。本問は、その昇降圧比の導出方法を問う問題である。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、電気・電子物性学、高電圧工学より3問選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

(1)

電気伝導における電子の挙動、電気物性の基本となる電気抵抗の性質を論じる。

(2)

半導体材料の電子物性および光学物性の理解を整理する。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	電気電子工学コース 必須問題：電磁気学、電気回路の各1問。 選択問題：電波工学、情報・通信工学、電気電子計測、電子回路、制御工学、パワーエレクトロニクス、電気・電子物性学、高電圧工学より3問選択
解答区分（該当に○）	解答 解答例 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

GIS (Gas Insulated Switchgear) について以下の問いに答えよ。

A) GIS に絶縁媒体として使われる絶縁ガスの名称を答えよ。

SF6 六フッ化硫黄

B) 1気圧 25°Cの条件下で問A)のガスと空気の絶縁耐力はおよそいくらかを答えよ。

空気 30 kV/cm 3 MV/m

SF6 80 kV/cm 8 MV/m

C) 問A)のガスがGISのガスとしてよく使われる理由をプラズマの形成・消滅のメカニズムに即して述べよ。

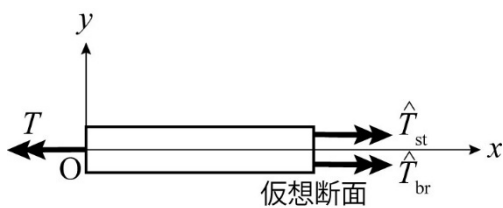
SF6 は高い電子付着係数を有しているため、生成した電子を効率よく消滅させることができるため、絶縁ガスとしてGISに用いられている。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	機械創造コース 系 ABC の中から一つの系の全ての問題を回答（括弧内は代表的科目名称） 系 A：材料力学系（材料、材料力学） 系 B：熱・流体系（熱力学、流体力学） 系 C：機械制御系（機械力学、制御工学） ※電卓（関数計算の機能を有するもので、式の記憶機能を持たないもの）を持参
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

系A-1

(1)



$$-T + \bar{T}_{st} + \bar{T}_{br} = 0$$

(2)

$$\bar{\theta}_{st} = \frac{2\bar{T}_{st}L}{G_{st}\pi(r_1^4 - r_2^4)}$$

$$\bar{\theta}_{br} = \frac{2\bar{T}_{br}L}{G_{br}\pi r_2^4}$$

(3)

$$\bar{\theta}_{st} = \bar{\theta}_{br}$$

(4)

$$\bar{T}_{st} = \frac{G_{st}(r_1^4 - r_2^4)}{G_{st}(r_1^4 - r_2^4) + G_{br}r_2^4} T$$

$$\bar{T}_{br} = \frac{G_{br}r_2^4}{G_{st}(r_1^4 - r_2^4) + G_{br}r_2^4} T$$

$$\tau_{st} = \frac{2G_{st}r_1}{\pi G_{st}(r_1^4 - r_2^4) + \pi G_{br}r_2^4} T$$

$$\tau_{br} = \frac{2G_{st}r_2}{\pi G_{st}(r_1^4 - r_2^4) + \pi G_{br}r_2^4} T$$

系A-2

(1)

$$y_c = \frac{2ab^2 + cd^2}{2(ab + cd)}$$

$$z_c = \frac{2abc + a^2b + c^2d}{2(ab + cd)}$$

(2)

$$I_z = \frac{1}{3}(ab^3 + cd^3)$$

(3)

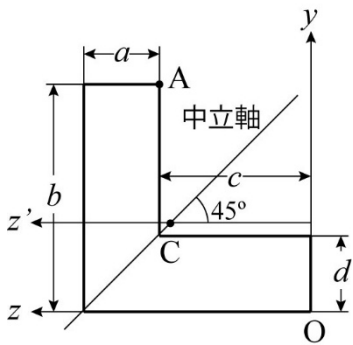
$$I_{z'} = \frac{1}{3}(ab^3 + cd^3) - \frac{(ab^2 + cd^2)^2}{4(ab + cd)}$$

(4)

$$\sigma_A = -187 \text{ MPa}$$

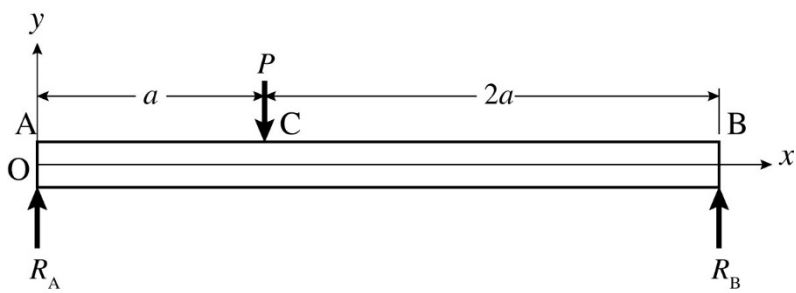
(5)

$$I_{\max} = 9.25 \times 10^4 \text{ mm}^4$$



系A-3

(1)

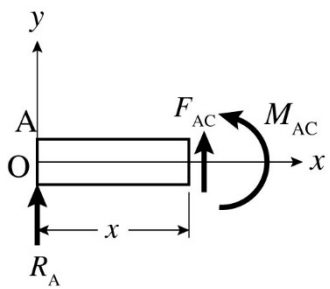


$$R_A = \frac{2}{3}P$$

$$R_B = \frac{1}{3}P$$

(2)

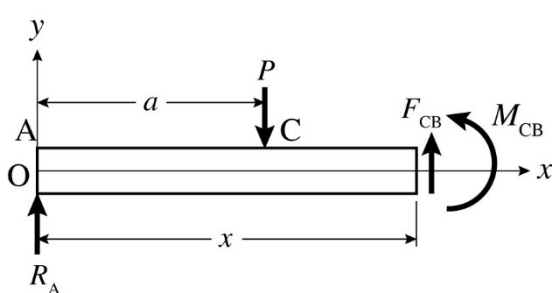
$$0 \leq x \leq a$$



$$F_{AC} = -\frac{2}{3}P$$

$$M_{AC} = \frac{2}{3}Px$$

$$a \leq x \leq 3a$$



$$F_{CB} = \frac{1}{3}P$$

$$M_{AC} = \frac{2}{3}Px - P(x-a)$$

(3)

$$v|_{x=a} = -\frac{4Pa^3}{9EI}$$

系A-4

出題の意図

熱力学的平衡状態図の読み方および熱処理に関する理解。また、材料の組織と力学的特性の関連の理解を求める。

解答のポイント

Fe-Fe₃C系の熱力学的平衡状態図に基づいて特定の炭素量での組織（オーステナイト、フェライト、セメンタイト、パーライト）の違いを説明する。また、炭素鋼における焼入れ、焼き戻しの目的、処理方法、生成された組織（マルテンサイトなど）の特徴を理解していること。さらに、焼入れした炭素鋼の力学的特性の特徴の説明する。

系B-1

意図：カルノーサイクルの理解を測る

(1)	$T_H \Delta S$
(2)	$T_C \Delta S$
(3)	$\frac{T_H - T_C}{T_H}$
(4)	$\Delta S(T_H - T_C)$
(5)	$\frac{T_C}{T_H - T_C}$
(6)	$\frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$
(7)	$\frac{T_C(Q_H - Q_C)}{T_H - T_C}$
(8)	小さく

系B-2

意図：理想気体の状態変化の理解を測る

(1)	
(1)	$\frac{R}{\kappa-1}(T_H - T_C)$
(2)	$\frac{\kappa R}{\kappa-1}(T_H - T_C)$
(3)	$R(T_H - T_C)$
(4)	$\frac{RT_H}{p_1}$
(5)	$\frac{RT_H}{p_1} \left(\frac{T_H}{T_C}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}$
(6)	$\frac{R}{\kappa-1}(T_H - T_C)$
(7)	$RT_C \ln \left(\frac{T_H}{T_C}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$
(8)	$-R \ln \left(\frac{T_H}{T_C}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$
(9)	$\frac{\kappa R}{\kappa-1}(T_H - T_C) - RT_C \ln \left(\frac{T_H}{T_C}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$
(10)	$1 - \frac{T_C}{(T_H - T_C)} \ln \left(\frac{T_H}{T_C}\right)$
(2)	

系B-3

意図：流体の偏微分方程式の適切な取り扱い

A	$\frac{\partial^2}{\partial x \partial t}$, 或は, $\frac{\partial^2}{\partial t \partial x}$
B	$\frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} + u \frac{\partial^2}{\partial x^2}$
C	$\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} + v \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}$
D	$\frac{\partial^2}{\partial y \partial t}$, 或は, $\frac{\partial^2}{\partial t \partial y}$
E	$\frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} + u \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}$
F	$\frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial}{\partial y} + v \frac{\partial^2}{\partial y^2}$
G	$\Delta \frac{\partial}{\partial x}$
H	$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$
I	$\rho \frac{D\omega}{Dt}$, 或は, $\rho \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} \right)$
J	$\mu \Delta \omega$, 或は, $\mu \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$

系B-4

意図：流体の質量保存，エネルギー保存の適切な取り扱い

A	D_1
B	$D_2 + (D_1 - D_2) \frac{h}{H}$, 或は, $D_1 \frac{h}{H} + D_2 \frac{H-h}{H}$
C	$\frac{1}{2} U^2 + \frac{p_a}{\rho} + gh$
D	$\frac{1}{2} V^2 + \frac{p_a}{\rho}$
E	$\frac{h^2}{H^2}$
F	$1 / \sqrt{1 - \frac{D_2^4 H^4}{D_1^4 h^4}}$
G	$-\frac{dh}{dt}$
H	$h^{-3/2}$
I	$[H, 0]$
J	$H^{1/2}$, 或は, \sqrt{H}

系C-1

(1) 細長い棒の慣性モーメント計算式と平行軸の定理を使用して，支持点回りの慣性モーメント J を計算する。

$$J = \frac{1}{12} M(2L)^2 + ML^2 = \frac{4}{3} ML^2$$

(2) ダランベールの原理に基づき，フリーボディダイアグラムを描く．物体に作用する力・モーメントの理解を測る．

(3) (2) で描いたフリーボディダイアグラムを基に，2自由度振動系の運動方程式を導出する。

$$\begin{bmatrix} J & 0 \\ 0 & J \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{\phi} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 4cL^2 & -4cL^2 \\ -4cL^2 & 4cL^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{\phi} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 6kL^2 & -2kL^2 \\ -2kL^2 & 6kL^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta \\ \phi \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2kL \\ 2kL \end{Bmatrix} X(t)$$

(4) 運動エネルギー T ，ポテンシャルエネルギー U を定式化し，ラグランジュ方程式を使用して運動方程式を導出する。

$$T = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} J \dot{\phi}^2, \quad U = \frac{1}{2} \cdot 2k \cdot (L\phi - L\theta)^2 + \frac{1}{2} k(2L\theta - X)^2 + \frac{1}{2} k(X - 2L\phi)^2$$

$$\begin{bmatrix} J & 0 \\ 0 & J \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{\phi} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 6kL^2 & -2kL^2 \\ -2kL^2 & 6kL^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta \\ \phi \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2kL \\ 2kL \end{Bmatrix} X(t)$$

(5) 調和振動解を仮定し，2自由度振動系の固有値問題を解く．数値を代入し，剛性項が正であることを示すことで，系が静安定であることを示す。

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4kL^2}{J}}, \quad f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{8kL^2}{J}}$$

(6) 固有モード行列 Φ の直交性を利用して，1次と2次モードの運動方程式を分離する。題意より，モード外力ベクトル $\tilde{\mathbf{F}}(t)$ を計算し，2次モード（逆位相モード）の成分が零となることを示す。

$$\tilde{\mathbf{F}}(t) = \Phi^T \mathbf{F}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 2kL \\ 2kL \end{Bmatrix} X(t) = \begin{Bmatrix} 4kL \\ 0 \end{Bmatrix} X(t)$$

系C-2

(1) システムの特性方程式の解を求め、その解の実部の符号から安定性を判定する。

極：0, -2, 安定性：入出力安定ではない

(2) $y = x$ から出力方程式を求め、出力方程式および $G(s)$ から得られる状態量 x と入力の関係から状態方程式を求める。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{C} = [1 \ 0], \mathbf{D} = 0$$

(3) 与えられた初期値応答を状態遷移行列による初期値応答の関係式と比較することで、閉ループ系の \mathbf{A} 行列である \mathbf{A}' を求める。さらに、 \mathbf{K} を用いて表した閉ループ系の \mathbf{A} 行列と \mathbf{A}' を比較することで \mathbf{K} を導出する。

$$\mathbf{K} = [-2 \ -1]$$

(4) フィードバック入力を施した閉ループ系の状態方程式を与えられた初期状態の下で解くことで状態量 x を得る。

$$x = \frac{1}{2} - e^{-t} + \frac{1}{2}e^{-2t}$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ネットワーク、ロボット工学、ヒューマンインタフェース、数値計算法、ソフトウェア設計、データ構造とアルゴリズム、マルチメディア工学、デジタルメディア設計から2分野選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

[1] データリンク層において、CRC (Cyclic Redundancy Check)コードを用いてフレームの誤り検出について考えてみよう。生成多項式 (Generator Polynomial) が

$$G(x) = X^3 + X + 1$$

であるとする。11110000 というビット列のメッセージを送信するときのCRCコードを求めよ。

(20点)

解答の考え方

メッセージは、2の剰余系の多項式では

$$X^7 + X^6 + X^5 + X^4$$

と表現される。これに X^3 を乗じて、生成多項式で除算を行ったときの剰余がCRCコードとなる。

[2] IEEE 802.11 におけるアクセス制御を説明せよ。

(20点)

解答の考え方:

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) の説明をすればよい。とくに、有線の場合と異なり、Collision Detection はできないので、Collision Avoidance としてバックオフにより衝突回避がされることが述べられればよい。

[3] DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) の仕組みを説明せよ。ブロードキャストという用語を含めること。

(20点)

解答例

DHCPは、ネットワークに接続された端末に対してIPアドレスやサブネットマスク、デフォルトゲートウェイなどの通信設定を自動的に割り当てるプロトコルである。端末は接続直後、自身のIPアドレスが割り当てられていないため、特定の相手へ通信できない。そのためDHCPクライアントは、DHCPサーバを探すためにDHCP Discover メッセージをネットワーク内へブロードキャスト送信する。これを受信したDHCPサーバは利用可能なIPアドレスを提示するDHCP Offer を返す。クライアントはその提案を受け入れるDHCP Request を送り、サーバがDHCP ACK を返すことでIPアドレスの割り当てが確定する。

[4] HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) がいかにHTTPと異なるか具体的なメッセージの交換を含めて説明せよ。

(20点)

解答の考え方

実際の通信を開始する際に、通信相手の公開鍵証明書を用いて、通信相手との間で共通鍵を生成する。そして、HTTPの通信はすべてこの共通鍵により暗号化されるということを述べればよい。

[5] LINE等のSNS (Social Networking Service) において、送信者から受信者までにメッセージが届く仕組みを説明せよ。

(20点)

解答の考え方

送信者から受信者へ直接メッセージを送っているわけではなく、メッセージは一度サーバに蓄積され、サーバから受信者へプッシュ通知が届くということが述べられればよい。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ネットワーク、 ロボット工学 、ヒューマンインタフェース、数値計算法、ソフトウェア設計、データ構造とアルゴリズム、マルチメディア工学、デジタルメディア設計から2分野選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

2 ロボット工学

【問題1】解答例

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{(o_z - a_y)^2 + (a_x - n_z)^2 + (n_y - o_x)^2}}{(n_x + o_y + a_z - 1)}$$

(i) k_x が最大するとき

$$\begin{aligned}
 k_x &= \operatorname{sgn}(o_z - a_y) \sqrt{\frac{n_x - \cos \theta}{1 - \cos \theta}} \\
 k_y &= \frac{n_y + o_x}{2k_x \operatorname{vers} \theta} \\
 k_z &= \frac{a_x + n_z}{2k_x \operatorname{vers} \theta}
 \end{aligned}$$

(ii) k_y が最大するとき

$$\begin{aligned}
 k_y &= \operatorname{sgn}(a_x - n_z) \sqrt{\frac{o_y - \cos \theta}{1 - \cos \theta}} \\
 k_x &= \frac{n_y + o_x}{2k_y \operatorname{vers} \theta} \\
 k_z &= \frac{o_z + a_y}{2k_y \operatorname{vers} \theta}
 \end{aligned}$$

(iii) k_z が最大するとき

$$\begin{aligned}
 k_z &= \operatorname{sgn}(n_y - o_x) \sqrt{\frac{a_z - \cos \theta}{1 - \cos \theta}} \\
 k_x &= \frac{a_x + n_z}{2k_z \operatorname{vers} \theta} \\
 k_y &= \frac{o_z + a_y}{2k_z \operatorname{vers} \theta}
 \end{aligned}$$

【問題2】解答例

図1に示すように、link-(i-1)、link-iに、それぞれ、座標系 Σ_{i-1} 、 Σ_i を定義（固定）すると、link-(i-1)、link-iにおける相対位置、相対姿勢の関係は、行列 ${}^{i-1}T_i$ として表される。

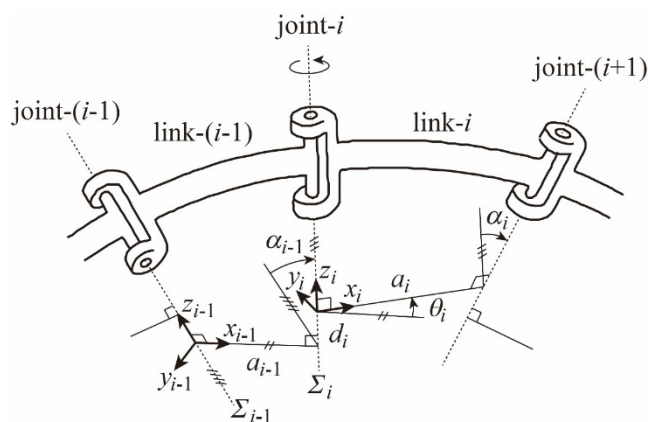


図1 リンク座標系 Σ_{i-1} 、 Σ_i

$${}^{i-1}T_i = T_T(x_{i-1}, a_{i-1})T_R(x_{i-1}, \alpha_{i-1})T_T(z_i, d_i)T_R(z_i, \theta_i)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_{i-1} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_{i-1} & -\sin \alpha_{i-1} & 0 \\ 0 & \sin \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

なお、 $T_T(x_{i-1}, a_{i-1})$ は x_{i-1} 軸方向の a_{i-1} の並進変換、 $T_R(x_{i-1}, \alpha_{i-1})$ は x_{i-1} 軸周りの α_{i-1} の回転変換、 $T_T(z_i, d_i)$ は z_i 軸方向の d_i の並進変換、 $T_R(z_i, \theta_i)$ は z_i 軸周りの θ_i の回転変換を意味している。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ヒューマンインタフェース
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

1. 以下の文章の空欄に該当する内容を解答用紙に記述せよ。

一般にOS (Operating System) を制御するために、CUI (Character User Interface) と呼ばれる文字の入出力を基準としたユーザインタフェースに対し、**①** では、コンピュータの画面を机上と見立てて表現する **②** メタファにより設計される。現在広く用いられる**①**上で動作するソフトウェアにおいて、MicrosoftのWordでは、画面上に表示されたそのものが印刷されるという考え方である **③** を基本としている。また**①**を構成する要素としては **④** , **⑤** , 選択用メニュー、マウスポインタが挙げられ、それぞれの頭文字を取って **⑥** インタフェースと呼ばれている。一方、マウスポインタをマウスによって動かしてターゲットをポイントするタスクにおいて、そのポイントする時間 T は

$$T = a + b \log_2 \left(\frac{D}{W} + 1 \right)$$

T	ターゲットまでポインタを動かすのにかかる時間
D	ターゲットまでの距離
W	ターゲットの短辺の長さ
a	スタート、ストップにかかる時間
b	ポインティングデバイスの移動速度に関する量

で表されることが知られており、これを「**⑦**の法則」と呼ぶ。

1. GUI, 2. デスクトップ, 3. WYSIWYG, 4. ウィンドウ, 5. アイコン, 6. WIMP, 7. フィッツ

2. (1)問1の**⑦**の法則について考える。マウスを用いて画面上のアイコンをポイントするタスクを想定する。96ピクセル離れた所にある半径16ピクセルの円形ボタンAをポイントするのに要する時間と、168ピクセル離れたところにある30ピクセル×24ピクセルの矩形ボタンBをポイントするまでに要する時間を問1の**⑦**の法則を用いて予測し、どちらの方が早くポイントできるか示せ。ただし、アイコンは画面の辺や隅にはないものと仮定し、 $a=60$ (ms), $b=90$ (ms/bit)とする。途中の計算過程も書くこと。

A: $T = 60 + 90 * \log_2(96/32 + 1) = 60 + 90 * \log_2 4 = 240$ ms

B: $T = 60 + 90 * \log_2(168/24 + 1) = 60 + 90 * \log_2 8 = 330$ ms Aの方が速い

(2) ボタンBを210px離れた位置に移動させる。元の移動時間を維持するために必要な短辺の幅を求めよ。

$$330 = 60 + 90 * \log_2(210/W + 1)$$

$$3 = \log_2(210/W + 1)$$

$$210/W + 1 = 8$$

$$W = 30\text{px}$$

3. コミュニケーションにおける視線の役割について知ることを述べよ。

1. 話す・聞くの交替時期の調整
2. 相手の反応のモニタ
3. 意思表示
4. 感情表現
5. 当該対人関係の性質の伝達
などのキーワードが入っているか

4. 日常生活の経験をコンピュータの使い方に適用しようとするNUI (Natural User Interface) が普及しつつある。このうち、音声を使ったユーザインタフェースについて、利点と欠点を述べよ。

利点：自然言語で操作を覚えることなく利用できるなど

欠点：マイクを空間におくことになり、プライバシーの問題がある。言葉遣いが人によって異なるので口語的表現が伝わらないことがある。人前では使いにくいなど

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース 数値計算法
解答区分（該当に○）	解答例

数値計算法

行列の固有値問題について、次の設問に答えなさい。

- 行列 \mathbf{A} の固有値を λ ，対応する固有ベクトルを \mathbf{x} とすると，正則行列 \mathbf{M} による \mathbf{A} の相似変換 $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1}$ および $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{M}$ の固有値は λ であり，対応する固有ベクトルはそれぞれ $\mathbf{M}\mathbf{x}$ ， $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{x}$ であることを証明せよ。ただし， \mathbf{M}^{-1} は \mathbf{M} の逆行列であり， $\mathbf{x} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{y}$ という変形を用いてよい。
- 設問(1)において， \mathbf{M} が直交行列であれば $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{M}^T$ および $\mathbf{M}^T\mathbf{A}\mathbf{M}$ の固有値は λ であり，対応する固有ベクトルはそれぞれ $\mathbf{M}\mathbf{x}$ ， $\mathbf{M}^T\mathbf{x}$ であることを証明せよ。ただし， \mathbf{M}^T は \mathbf{M} の転置行列である。
- 行列 $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 1 \\ 3 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ である場合の固有値 λ と固有ベクトル \mathbf{x} とを求めるための特性方程式を λ の方程式として示せ。
- 設問(3)で求めた特性方程式を解き λ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ の3個) を求めよ。ただし $|\lambda_1| \geq |\lambda_2| \geq |\lambda_3|$ となるよう並べること。次に固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ に対応する固有ベクトル $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3$ を求めよ。

以下、回答例を示す。ただし回答例以外にも正解は存在する。

- $\mathbf{A}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}$ の両辺に左から \mathbf{M} を掛けると $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{M}\mathbf{x}$ となる。ここで $\mathbf{x} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{y}$ とおくと， $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{y} = \lambda\mathbf{M}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{y} = \lambda\mathbf{y}$ となる。これは $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{M}^{-1}$ の固有値は λ で対応する固有ベクトルは $\mathbf{y} = \mathbf{M}\mathbf{x}$ であることを意味している。同様に，両辺に左から \mathbf{M}^{-1} を掛けると， $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{M}\mathbf{y} = \lambda\mathbf{M}^{-1}\mathbf{M}\mathbf{y} = \lambda\mathbf{y}$ となり， $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{M}$ の固有値は λ で，固有ベクトルは $\mathbf{y} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{x}$ である。
- 特に \mathbf{M} が直交行列の場合 $\mathbf{M}^{-1} = \mathbf{M}^t$ であるので， $\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{M}^t = \lambda\mathbf{y}$ ， $\mathbf{y} = \mathbf{M}\mathbf{x}$ ， $\mathbf{M}^t\mathbf{A}\mathbf{M}\mathbf{y} = \lambda\mathbf{y}$ ， $\mathbf{y} = \mathbf{M}^t\mathbf{x}$ となる。
- 特性方程式を立てると

$$|\lambda\mathbf{E} - \mathbf{A}| = \begin{vmatrix} \lambda+1 & 0 & 0 \\ -1 & \lambda-3 & -1 \\ -3 & 0 & \lambda-2 \end{vmatrix}$$

$$= (\lambda+1)(\lambda-3)(\lambda-2)$$

$$= 0$$

- 特性方程式を変形し，因数分解することで λ が求められる。

$$(\lambda-3)(\lambda-2)(\lambda+1) = 0 \rightarrow \lambda_1=3, \lambda_2=2, \lambda_3=-1$$

λ が絶対値の大きな順に $\mathbf{A}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}$ に代入し， c は任意の実数として \mathbf{x} について解く。

$$\lambda_1=3 \rightarrow \mathbf{x}_1 = c(0, 1, 0)^T$$

$$\lambda_2=2 \rightarrow \mathbf{x}_2 = c(0, 1, -1)^T$$

$$\lambda_3=-1 \rightarrow \mathbf{x}_3 = c(1, 0, -1)^T$$

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ネットワーク、ロボット工学、ヒューマンインタフェース、数値計算法、 <u>ソフトウェア設計</u> 、データ構造とアルゴリズム、マルチメディア工学、デジタルメディア設計から2分野選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ ○解答例 ・ ○評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

1. ソフトウェア開発工程に関する次の設問に答えなさい。

1.1 ソフトウェア開発工程における「ソフトウェア設計」について、ウォーターフォールモデルにおけるその位置付けとあわせて説明せよ。(10点)

解答例：ウォーターフォールモデルは、要求分析、要件定義、ソフトウェア設計、実装、テスト、運用の順にトップダウンで段階的に開発していく開発工程モデルである。ソフトウェア設計では、前段の要件定義に基づき、モジュールの構造定義、機能分割、各モジュールの内部処理に関する設計などを実施する。

評価基準：ウォーターフォールモデルにおける各工程名は同様の内容を表すものであれば解答例のとおりでなくても良い。

1.2 ソフトウェア開発工程における「要求分析」について、ウォーターフォールモデルにおけるその位置付けとあわせて説明せよ。(10点)

解答例：要求分析は、ウォーターフォールモデルにおける最初の工程である。この工程では、開発者がユーザにインタビュー等を行い、ユーザが抱えている課題を整理し、ソフトウェア（またはシステム）として実現すべき要求を明らかにする。

評価基準：ウォーターフォールモデルにおける各工程名は同様の内容を表すものであれば解答例のとおりでなくても良い。

1.3 ソフトウェア開発工程における「要件定義」について、ウォーターフォールモデルにおけるその位置付けとあわせて、「機能要件」と「非機能要件」を用いて説明せよ。(10点)

解答例：要件定義は、ウォーターフォールモデルにおける二番目の工程であり、要求分析の後に実施される。この工程では、ソフトウェアに必要な機能を定義する機能要件と、可用性、保守性、セキュリティなどソフトウェアにおける機能以外の特性（品質特性など）を定義する非機能要件を明確化する。

評価基準：ウォーターフォールモデルにおける各工程名は同様の内容を表すものであれば解答例のとおりでなくても良い。

2. 構造化分析に関する次の設問に答えなさい。

2.1 構造化分析について、「データフロー図」、「データ辞書」、「ミニ仕様書」を用いて説明せよ。(15点)

解答例：構造化分析とは、主に手続き型言語を用いたソフトウェア開発において、データの流れに着目し、要求仕様をデータと機能の階層構造として定義する分析手法である。構造化分析では、データフロー図を用いてソフトウェアにおけるデータの流れを視覚的に図として表現する。また、データ辞書を用いてデータフロー図におけるデータの構成を定義する。さらに、ミニ仕様書を用いて、各基本機能（分割できないプロセス）における入力から出力への変換を規定する論理方針を記述する。ミニ仕様書の記述には、構造化言語、決定表、決定木が用いられる。

評価基準：データフロー図、データ辞書、ミニ仕様書のいずれかについて説明ができている場合には、各5点を与える。

2.2 構造化分析における「データフロー図」と「データ辞書」の「階層性」について、具体例を挙げて説明せよ。(15点)

解答例：データフロー図は、ソフトウェアにおけるデータの流れを視覚的に表現した図である。データフロー図における階層性とは、入力データフローから出力データフローへの変換を表すプロセスを、より詳細なサブプロセスに分解して表現することで、データフローを段階的に詳細化できる性質を指す。例えば、「履修登録」というプロセスは、「学生情報入力」や「履修科目情報入力」などのサブプロセスに分解できる。データ辞書は、データフロー図におけるデータの構成を定義する辞書である。データ辞書における階層性とは、粗い粒度のデータ項目をより細かい粒度のデータ項目に分解することにより、データ構造を階層的に定義できる性質を指す。例えば、「学生」というデータ項目は「学生番号」と「氏名」に分解でき、「氏名」というデータ項目はさらに「苗字」と「名前」に分割できる。

評価基準：データフロー図またはデータ辞書いずれかの階層性について具体例を挙げて説明ができている場合には、記述内容に応じて部分点を与える。

3. オブジェクト指向分析設計に関する次の設問に答えなさい。

3.1 オブジェクト指向分析設計におけるクラスとオブジェクトについて、「書籍」クラスを例に挙げて説明せよ。(10点)

解答例：クラスとは、同一の性質をもつオブジェクトの集合に名前を付け、それらの構造（属性）および振る舞い（操作）を定義したものである。オブジェクトとは、クラスに基づいて生成される具体的な実体を表す。「書籍」クラスの属性としては、「書籍名」や「出版社」などが挙げられ、操作としては「書籍情報を更新する」などが考えられる。「書籍」クラスに基づいて生成されるオブジェクトとしては、「書籍名」属性の値が「こころ」、「出版社」属性の値が「新潮社」である「書籍」オブジェクトなどが挙げられる。

評価基準：クラスとオブジェクトの説明ができている場合には5点を与える。「書籍」クラスとそのオブジェクトの例を示すことができている場合には5点を与える。

3.2 「書籍」クラスと「著者」クラスを対象に、UML (Unified Modeling Language)のクラス図における関連と多重度について説明せよ。(10点)

解答例：UMLのクラス図における関連とは、あるクラスのオブジェクト（またはインスタンス）が、別のクラスのオブジェクトを参照している状態を表す。多重度とは、関連している一方のクラスのオブジェクト一つに対し、他方のクラスのオブジェクトに引けるリンクの本数を表す。「書籍」クラスのオブジェクトが必ず一人以上の「著者」をもつと定義する場合、「書籍」クラスから「著者」クラスへの多重度は「1以上 (1..*)」となる。同様に、「著者」クラスのオブジェクトは必ず一冊以上の「書籍」の著者であると定義する場合、「著者」クラスから「書籍」クラスへの多重度も「1以上 (1..*)」となる。

評価基準：関連と多重度の説明ができている場合には5点を与える。「書籍」クラスと「著者」クラスにおける多重度について説明ができている場合には5点を与える。

3.3. 設問 3.1 と設問 3.2 を元に、UML のクラス図とオブジェクト図を作成せよ。ただし、「書籍」クラスおよび「著者」クラスのオブジェクトは一つずつ作成し、各オブジェクトには属性名と属性値の組を二つ以上記述すること。(20 点)

解答例：

評価基準：「書籍クラス」、「著者クラス」、「書籍オブジェクト」、「著者オブジェクト」、「書籍クラスと著者クラスの関連および多重度、書籍オブジェクトと著者オブジェクトの関連」のいずれかが作成できている場合には、各4点を与える。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ネットワーク、ロボット工学、ヒューマンインタフェース、数値計算法、ソフトウェア設計、データ構造とアルゴリズム、マルチメディア工学、デジタルメディア設計から2分野選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ 解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

アルゴリズムの設計方針と具体的なアルゴリズムの理解・説明能力の確認、部分構造の最適性のアルゴリズムの設計における役割の理解度の確認。

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	知能情報コース ネットワーク、ロボット工学、ヒューマンインタフェース、数値計算法、ソフトウェア設計、データ構造とアルゴリズム、 <u>マルチメディア工学</u> 、デジタルメディア設計から2分野選択
解答区分（該当に○）	解答 ・ ○解答例 ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解

A. マルティメディアの概要と特性について

A-1. 時系列連続情報を2つ記入せよ。（4点）

◎Video ◎Audio ◎Animation

A-2. テキスト記録ファイル形式において、オープン形式とクローズ形式をそれぞれ2つ記入せよ。（4点）

オープン：xml, html, tex, css …

クローズ：doc, rtf…

A-3. データストリームの3つの伝達モードを定義せよ。（12点）

(1) Asynchronous: Packets can reach the receiver as fast as possible

(2) Synchronous: Defines maximum end-to-end delay. Packets can be received at an arbitrarily earlier time.

(送信側と受信側がクロックを共有し、クロックの周期に合わせたデータの順番が保証されるため、最大遅延のみが保証される)

(3) Isochronous: Defines maximum & minimum end-to-end delay

(送信側と受信側がデータ転送の間隔を共有し、データが一定時間ごとに定期的に送信受診され、遅延やジッターの最悪値が保証される)

A-4. 連続メディアストリームのデータ間隔特徴3つと、データサイズ特徴3つを記入せよ。（12点）

データ間隔: strongly periodic, weakly periodic, non-periodic (aperiodic)

データサイズ: strongly regular, periodically regular, irregular

A-5. Mediumを分類する観点4つ記入せよ。（8点）

(1) Perception 知覚、認識

(2) Representation 表現、表示

(3) Presentation 提示の仕方、体裁

(4) Storage 保管、記憶

(5) Information Transmission 情報伝達、情報伝送

(6) Information Exchange 情報交換、情報交流

B. 信号処理について

B-1. 最大周波数 $F_{MAX}=60\text{Hz}$ の信号を、 $F_s=100\text{Hz}$ でサンプリングした場合、シャノンのサンプリングの定理で定めている条件が守られているかどうかと、その理由を述べよ。（5点）

等価間隔で標本化されたDSPシステムにおいて、サンプリング周波数 (f_s : sampling frequency) は、アナログ信号の最も高い周波数成分 (F_{max}) の少なくとも2倍であれば、元のアナログ信号を完璧に再現することが可能 ($F_s \geq 2F_{max}$)。

今回、 $2F_{max}=120\text{Hz}$ で、 $F_s < 2F_{max}$ のため、サンプリングの定理の条件が守られていません。

B-2. サンプリング周波数 $F_s=25\text{KHz}$ の場合のサンプリング周期 T を求めよ。（5点）

$T=1/F_s=0.04\text{msec}$

B-3. 信号処理のフィルタリングにおいて、FIRおよびIIRは何の略かを英語で回答せよ。（4点）

FIR: Finite Impulse Response

IIR: Infinite Impulse Response

B-4. 1から4ボルトのアナログ入力信号を4ビットのA/D変換機を通す際、次の4項目を算出せよ: 量子化レベル数「 L 」、量子化器のステップサイズ「 Δ 」、2.08ボルトの入力に対する量子化レベル「 x_q 」と、A/D変換機が出力するバイナリーコード「 B 」。（16点）

「 L 」=16

「 Δ 」=0.2 Volts

「 x_q 」=2

「 B 」=1001

B-5. 信号xの正規化結果であるx'の算出式を、(a)平均が0と分散が1になると、(b)[0~1]の範囲に収まるよう記述せよ(2つ)。(10点)

(a) $x'_i = \frac{(x_i - \mu_x)}{\sigma_x}$ where μ_x the average of the signal, and σ_x its standard deviation

(b) $x'_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$ where $\min(x)$ and $\max(x)$ are respectively the minimum and maximum values of signal x

B-6. 全体のサンプル数が“L”の入力信号に対して、“N”のフレームサイズと“m”のシフトサイズで処理する際の出力信号のデータ数 L_E の算出式を定義せよ。(4点)

$$L_E = \frac{L - N}{m} + 1$$

B-7. 下記時系列データに対して、窓サイズ3、シフトサイズ1、矩形窓とした際の移動平均フィルタと、メディアンフィルタをかけた際のそれぞれの出力を求めよ。(16点)

入力 →	1	3	5	4	3	2	7	9	8	4	3	2	7
移動平均		3	4	4	3	4	6	8	7	5	3	4	
メディアン		3	4	4	3	3	7	8	8	4	3	3	

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	<p>知能情報コース</p> <p>ネットワーク、ロボット工学、ヒューマンインタフェース、数値計算法、ソフトウェア設計、データ構造とアルゴリズム、マルチメディア工学、<u>デジタルメディア設計</u>から2分野選択</p>
解答区分（該当に○）	<p>解答 ・ <u>解答例</u> ・ 評価基準 ・ 具体的な出題意図 ・ 解答のポイント ・ 略解</p>

問 1 (配点: 65 点)

(a) [5 点] $C_{\{P_0, P_1\}}^1(t) = (1-t)P_0 + tP_1$

(b) [5 点] $C_{\{P_0, P_1, P_2\}}^2(t) = (1-t)((1-t)P_0 + tP_1) + t((1-t)P_1 + tP_2) = (1-t)^2P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2P_2$

故に, $f(t) = (1-t)^2$, $g(t) = 2t(1-t)$, $h(t) = t^2$

(c) [30 点] $n = 1$ の時, 式(2) より, $C_{\{P_0, P_1\}}^1(t) = (1-t)P_0 + tP_1$ なので, 式(1) と式(2) は一致している (部分点 5 点). n で式(2)が成立すると仮定する. $n+1$ では, この仮定と(1)により,

$$C_{\{P_0, P_1, \dots, P_{n+1}\}}^{n+1}(t) = (1-t) \sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_k + t \sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_{k+1}$$

と表せる (部分点 5 点). $0 \leq m \leq n+1$ について, P_m の係数多項式を考える.

$m = 0$: $(1-t)B_0^n(t) = (1-t)^{n+1} = B_0^{n+1}(t)$, (部分点 5 点)

$m = n+1$: $tB_n^n(t) = t \cdot t^n = t^{n+1} = B_{n+1}^{n+1}(t)$, (部分点 5 点)

$1 \leq m \leq n$: $(1-t)B_m^n(t) + tB_{m-1}^n(t) = (1-t) {}_n C_m t^m (1-t)^{n-m} + t {}_n C_{m-1} t^{m-1} (1-t)^{n+1-m} = {}_n C_m t^m (1-t)^{n+1-m} + {}_n C_{m-1} t^m (1-t)^{n+1-m} = ({}_n C_m + {}_n C_{m-1}) t^m (1-t)^{n+1-m} = {}_{n+1} C_m t^m (1-t)^{n+1-m} = B_m^{n+1}(t)$ (部分点 10 点)

以上より, $C_{\{P_0, P_1, \dots, P_{n+1}\}}^{n+1}(t) = \sum_{k=0}^{n+1} B_k^{n+1}(t) P_k$ で式(2)が成立する. 数学的帰納法により題意が示せた.

(d) [25 点] 1 の分割を満たすとは, 各々の制御点の係数の和が 1 になることで,

$\sum_{k=0}^n B_k^n(t) = 1$ が t によらずに成立することである (部分点 5 点). 二項定理より,

$\sum_{k=0}^n B_k^n(t) = \sum_{k=0}^n {}_n C_k t^k (1-t)^{n-k} = (t + (1-t))^n = 1$ (部分点 5 点). ベジエ曲線のアフィン不変性とは, ベジエ曲線の各制御点にアフィン変換を施してから構成した曲線と, 元の曲線の各点に対してアフィン変換を施して得られる曲線が一致することである (部分点 5 点). ここで, アフィン変換を $\mathbb{R}^{2 \times 2}$ の行列 \mathbf{A} と平行移動成分 $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^2$ により表すと, 曲線そのものに対してアフィン変換を施したものは

$$\mathbf{A} C_{\{P_0, P_1, \dots, P_n\}}^n(t) + \mathbf{b} = \mathbf{A} \left(\sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_k \right) + \mathbf{b}$$

とかけるが, バーンスタイン多項式の 1 の分割の性質から, $\mathbf{b} = 1 \cdot \mathbf{b} = (\sum_{k=0}^n B_k^n(t)) \mathbf{b}$

とかけるため,

$$\begin{aligned} \mathbf{A} C_{\{P_0, P_1, \dots, P_n\}}^n(t) + \mathbf{b} &= \mathbf{A} \left(\sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_k \right) + \mathbf{b} = \mathbf{A} \left(\sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_k \right) + \left(\sum_{k=0}^n B_k^n(t) \right) \mathbf{b} \\ &= \sum_{k=0}^n B_k^n(t) (\mathbf{A} P_k + \mathbf{b}) \end{aligned}$$

となり, 右辺は制御点に対してアフィン変換を施してからベジエ曲線を構成したもので

あり、確かに両者が一致することがわかる (部分点 5 点). なお、この両者の差を計算すると、

$$\begin{aligned} (\mathbf{A} \mathbf{C}_{\{P_0, P_1, \dots, P_n\}}^n(t) + \mathbf{b}) - \sum_{k=0}^n B_k^n(t) (\mathbf{A} P_k + \mathbf{b}) \\ &= \left(\mathbf{A} \left(\sum_{k=0}^n B_k^n(t) P_k \right) + \mathbf{b} \right) - \sum_{k=0}^n B_k^n(t) (\mathbf{A} P_k + \mathbf{b}) = \mathbf{b} - \sum_{k=0}^n B_k^n(t) \mathbf{b} \\ &= \left(1 - \sum_{k=0}^n B_k^n(t) \right) \mathbf{b} \end{aligned}$$

であり、差が 0 になるのは、 $1 - \sum_{k=0}^n B_k^n(t) = 0$ である場合に限ることがわかる (部分点 5 点).

問 2 [配点: 35 点]

(a) [20 点] $E[I_N] = E \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{f(X_i)}{p(X_i)} \right] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E \left[\frac{f}{p} \right] = E \left[\frac{f}{p} \right]$ (部分点 5 点)

$V[I_N] = V \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{f(X_i)}{p(X_i)} \right] = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N V \left[\frac{f}{p} \right] = \frac{1}{N} V \left[\frac{f}{p} \right] = \frac{1}{N} V_{f/p}$ (部分点 5 点)

モンテカルロ推定の分散は、 $\frac{1}{N}$ と $V_{f/p}$ のみに依存する. 計算効率を上げるには、 $V_{f/p}$ を小さくする. すなわち、 p ができるべく f に比例するようにとればよい. (部分点 5 点)

$\int_{\Omega} f(x) dx = \int_{\Omega} \frac{f(x)}{p(x)} p(x) dx$ とすると、 $E \left[\frac{f}{p} \right]$ である. モンテカルロ推定はこの期待値を実験的に求めることに相当する. (部分点 5 点)

(b) [15 点] $p(x) = \frac{1}{Z} g(x)$ とおき、 $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ で $p(x)$ を積分すると 1 になるように定数 Z を決定する.

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{Z} \sin(x) \cos^k(x) dx = \frac{1}{Z} \left[-\frac{1}{k+1} \cos^{k+1}(x) \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{Z} \left(0 + \frac{1}{k+1} \right) = \frac{1}{Z(k+1)}$$

より、 $Z = \frac{1}{k+1}$ であり、 $p(x) = (k+1) \sin(x) \cos^k(x)$ である. (部分点 5 点)

累積分布関数を求めると、 $F(x) = \int_0^x (k+1) \sin(x') \cos^k(x') dx' = [-\cos^{k+1}(x)]_0^x = 1 - \cos^{k+1}(x)$ を得る (部分点 5 点). したがって、 $\xi = F(x)$ とおくと、 $1 - \cos^{k+1}(x) = \xi$ より $x = \arccos(\sqrt[k+1]{1-\xi})$. (部分点 5 点; $\arccos(\sqrt[k+1]{1-\xi})$ と書いた解答や、 \arcsin を用いた解答も減点せずに認める)

青山学院大学大学院

年度	2026
研究科	理工学
専攻	理工学
課程	博士前期
入試種別	一般入試（9月入試）
試験科目	専門科目
科目詳細	マネジメントテクノロジーコース 3 専門分野（データ分析技術、モデル化技術、最適化技術）の中から研究を希望する専門分野を含む2 分野の問題を選択
解答区分（該当に○）	○解答 ○解答例 ○評価基準 ○具体的な出題意図 ○解答のポイント ○略解

専門分野	データ分析技術
------	---------

分析技術を選択した場合は、問題1，問題2，問題3のうち2問に解答せよ。

【問題1】

以下の問（I）～（III）すべてに解答せよ。

（I）以下の小問それぞれに解答せよ。

（I-1）離散型確率変数 X について、次の等式が成り立つことを証明せよ。

$$V[X] = E[X^2] - (E[X])^2$$

ただし、 X の平均を μ とすること。

[略解]

$$\mu = E[X] \text{ とすると分散の定義より, } V[X] = E[(X - \mu)^2] = E[X^2 - 2\mu X + \mu^2]$$

$$\text{期待値の線形性より, } V[X] = E[X^2] - 2(E[X])^2 + (E[X])^2 = E[X^2] - (E[X])^2$$

（I-2）ポアソン分布に従う確率変数 $X \sim Po(4)$ がある。このときにおける $E[X^2]$ の値を求めよ。

[略解]

ポアソン分布の性質より、 $E[X] = 4, V[X] = 4$

$$\text{(I-1) の公式より, } E[X^2] = 20$$

（I-3）二項分布に従う確率変数 $Y \sim B(10, 0.4)$ がある。このときにおける $E[Y(Y-1)]$ の値を求めよ。

[略解]

二項分布の性質より $E[Y] = 4, V[Y] = 2.4$

$$\text{(I-1) の公式より, } E[Y^2] = 18.4, \text{ よって, } E[Y(Y-1)] = E[Y^2] - E[Y] = 14.4$$

（II）大きさ n の標本における標本分散を S^2 、不偏分散を U^2 とする。このとき、 $S^2 \geq 0.95U^2$ となるようにするために必要な標本サイズ n はどのように設定すればよいかを答えよ。

[略解]

$$\text{問題の条件より } \frac{n-1}{n} \geq 0.95 \text{ したがって, } n \geq 20$$

（III）以下の小問それぞれに解答せよ。必要に応じて数式や図表を用いてもかまわない。

（III-1）統計的仮説検定における p 値の意味を説明せよ。

（III-2）統計的仮説検定における第1種の誤りと第2種の誤りを説明せよ。

[評価基準, 略解]

以下の略解は解答作成において最低限必要な用語の定義を表している。ここでは定義の記載だけでは解答として不十分であり、ここでは統計学に関する基礎学力や理解を確認するために実用上重要となる概念の説明能力も評価している。

(Ⅲ-1) 帰無仮説が正しいという仮定の下で、実際に観察された結果と少なくとも同じくらい極端な検定結果を得る確率を意味する。

(Ⅲ-2) 第1種の誤りとは、帰無仮説が真であるにもかかわらず、それを棄却してしまう誤りであり、第2種の誤りとは、帰無仮説が偽であるにもかかわらず、それを棄却できない誤りである。

専門分野	データ分析技術
------	---------

分析技術を選択した場合は、問題1、問題2、問題3のうち2問に解答せよ。

【問題2】

- (1) ある母集団から5名の学生の数学と理科のテストの点数を観測した。そのテストの点数を表1に示す。このテストの点数に基づき、数学のテストの点数から理科のテストの点数を予測したい。数学のテストの点数 x から理科のテスト y を求める回帰直線を $y = ax + b$ を生成するため、回帰係数 a, b を求めよ(割り切れない場合は、小数点以下第3位まで求めよ)。ただし、回帰係数 a, b を求めるための公式も記載すること。

表1

数学	理科
26	5
58	59
57	45
6	9

[解答例]

$$a = 0.954, b = -5.563, a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, b = \bar{y} - a\bar{x}$$

ここで、 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, n$ はデータ数

- (2) 2変数間の相関関係を調べるピアソンの相関係数の求め方を記載せよ。ピアソンの相関係数には以下の三つの特徴がある。各特徴を証明せよ。
- ピアソンの相関係数はスケール変換に対して不変である。

[解答例]

今、変数 x を k 倍する場合を考える。そのとき x の平均 \bar{x} も k 倍される。そのとき相関係数は以下の式で計算される

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (kx_i - k\bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (kx_i - k\bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

上式でから分母も分子も k 倍されることになることがわかる。故に、Pearsonの相関係数はスケール変換に対して不変である。

- ピアソンの相関係数は-1から+1の値をとる。

[解答例]

Cauchy-Schwarzの不等式 $(\sum_{i=1}^n a_i^2)(\sum_{i=1}^n b_i^2) \geq (\sum_{i=1}^n a_i b_i)^2$ から $a_i = x_i - \mu_x, b_i = y_i - \mu_y$ を代入すると $\sigma_x^2 \sigma_y^2 \geq \text{Cov}(X, Y)^2$ 相関係数の定義から、 $r_{xy}^2 \leq 1$ 故に、Pearson相関係数の値の範囲は-1から1ということになる。

- ピアソンの相関係数の値が+1または-1の場合、全てのデータは一つの線上にある。

[解答例]

Cauchy-Schwarzの不等式における等号の状態を考える。 $x_i - \mu_x$ と $y_i - \mu_y$ 間の比率は定数である。そこで、その比率を $1:k$ とする。そのとき、 $y_i = k(x_i - \mu_x) + \mu_y$ となり、全てのデータ点 (x_i, y_i) は同じ線上に位置する。

表2

- (3) ある母集団から男性女性の身長と体重に関するデータ点を観測した。そのデータ点を表2に示す。二変数におけるマハラノビスの距離の二乗を求める式を記載せよ。身長172cm、65kgの人は男性女性のどちらに分類されるかを表の観測データからマハラノビス距離の二乗を計算して推定せよ(割り切れない場合は、小数点以下第三位まで求めよ)。

性別	身長(cm)	体重(kg)
男性	173	75
男性	173	79
男性	167	75
男性	157	77
男性	160	74
女性	162	57
女性	160	61
女性	166	49
女性	168	45
女性	159	58

[解答例]

$D_k^2 = (x - \mu_{(k)})^T \Sigma_{(k)}^{-1} (x - \mu_{(k)})$, $k = 1$ (男性) or 2 (女性), $\Sigma_{(k)}$ は共分散行列
身長172cm、65kgの人のマハラノビス距離の二乗は、 $D_1^2 = 36.03, D_2^2 = 208.2$ となり、身長172cm、65kgの人は男性に分類される。

分析技術を選択した場合は、問題1、問題2、問題3のうち2問に解答せよ。

【問題3】

(1) 変数X, Y, Zの観測値からなるデータが、以下の行列Aによって表されている。行列Aの第1列は変数X, 第2列はY, 第3列はZの観測値である。このデータの相関行列を求めよ。解答が小数となる場合は、小数点第4位を四捨五入し、小数第3位まで記すこと。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -0.1 \\ 3 & 4 & -0.3 \\ 5 & 3 & -0.5 \\ 9 & 5 & -0.9 \\ 12 & 7 & -1.2 \end{pmatrix}$$

[解答]

$$\begin{pmatrix} 1.000 & 0.925 & -1.000 \\ 0.925 & 1.000 & -0.925 \\ -1.000 & -0.925 & 1.000 \end{pmatrix}$$

(2) 主成分負荷量とは何かを説明し、それが主成分分析の結果の解釈にどう役立つかを述べよ。

[具体的な出題意図]

本問は、主成分分析において、主成分負荷量が各変数と主成分との関連の強さと方向を示す指標であること、および主成分負荷量の絶対値の大きさや正負の符号を確認することにより、各主成分と強く関連している変数およびそれらの変数と主成分との関連の方向を把握し、これらの情報を踏まえて各主成分の特徴や意味を解釈できることについて、適切に説明できるかを確認することを目的とする。

(3) 階層的クラスター分析を行う際に、変数の標準化が推奨される理由を述べよ。

[具体的な出題意図]

本問は、階層的クラスター分析において、単位や分散が異なる変数が存在する場合には、それらの違いにより距離計算が特定の変数の影響を相対的に強く受け、その結果として形成されるクラスターが特定の変数に大きく左右される可能性があること、および変数を標準化することにより特定の変数の過度な影響を防ぐことができることについて、適切に説明できるかを確認することを目的とする。

専門分野	モデル化技術
------	--------

モデル化技術を選択した場合は、問題4、問題5、問題6のうち2問に解答せよ。

【問題4】

(1) 減価償却法の定額法と定率法について、以下の記号を用いて、 t 期の減価償却費の計算方法を定式化しなさい。

またそれぞれの方法の特徴と違いを説明しなさい。

D_t : t 期の減価償却費, C : 取得コスト, B_t : t 期末簿価, S : 残存価額, U : 耐用年数,

r : 償却率

*他の記号が必要であれば定義して用いること

[解答]

定額法 $D_t = \frac{C-S}{U}$

定率法 $D_t = B_{t-1} \times r \quad (t=1,2,\dots,U)$

$B_t = B_{t-1} - D_t = (1-r) \times B_{t-1}$

$B_t = C(1-r)^t$

(2) X社は、運営中のWebサイトの売却計画として、排反的なA案とB案を検討している。各案は、追加投資額によって、1年度の売却金額が変化する。

	現時点のキャッシュフロー	1年後のキャッシュフロー
A案	-\$200,000 (追加投資額)	\$330,000 (売却金額)
B案	-\$250,000 (追加投資額)	\$400,000 (売却金額)

1) 各案の内部収益率 (IRR) を求めよ。ハードルレートが20%のときの採用案を意思決定せよ。IRRは、小数点以下を四捨五入して、整数値をもとめよ。

[解答]

A案のIRR 65 (%)

B案のIRR 60 (%)

(A案 B案) を採用する

投資判断を行うときに、「内部収益率 (IRR) 法」と「正味現在価値 (NPV) 法」のどちらを使うかによって、結論が異なる場合がある。この2つの方法が、どのような点で異なる結果や意思決定を導く可能性があるのか、具体的に説明しなさい。

[解答のポイント]

以下の3観点から、意思決定に及ぼす影響の違いを説明せよ。

- 1) NPV法は投資による企業価値の増加額を絶対額で測定する。割引率に資本コストを用いれば、理論的整合性と再投資の妥当性に優れる。
- 2) IRR法は投資効率を利回りで評価するため、投資規模の異なる案件比較ではNPV法と結論が矛盾しやすく、高収益案の再投資率を過大評価する懸念がある。
- 3) 実務上、NPV法は将来の割引率の推定・仮定が必須となるが、IRR法はプロジェクト固有の収益率を直感的に示せる利点がある。

専門分野	モデル化技術
------	--------

モデル化技術を選択した場合は、問題4、問題5、問題6のうち2問に解答せよ。

【問題5】

t を連続時間、システムへの入力を $x(t)$ 、出力を $y(t)$ としたとき、あるシステムの入出力の関係は以下の微分方程式で与えられるとする。

$$\frac{dy(t)}{dt} + 10y(t) = 5 \frac{dx(t)}{dt}$$

与システムについて、以下の(1)、(2)、(3)に解答せよ。必要な変数は適宜定義して用いること。

- (1) 与システムの伝達関数 $G(s)$ を求めよ。ただし、 $x(t)$ の初期値 $x(0)$ および $y(t)$ の初期値 $y(0)$ は、それぞれ $x(0)=0$ 、 $y(0)=0$ とする。

[解答例]

$x(t), y(t)$ のラプラス変換を $X(s), Y(s)$ とすると、与式のラプラス変換は、

$$sY(s) - y(0) + 10Y(s) = 5\{sX(s) - x(0)\} \quad (1)$$

となる。(1)式に、初期値 $x(0)=0$ 、 $y(0)=0$ を代入すると、

$$sY(s) + 10Y(s) = 5sX(s) \quad \leftrightarrow \quad (s + 10)Y(s) = 5sX(s) \quad (2)$$

となる。したがって、伝達関数 $G(s)$ は、

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{5s}{s+10} \quad (3)$$

となる。

- (2) 与システムに $x(t) = e^{-5t}$ を入力したとき、システムからの出力 $y(t)$ を求めよ。

[解答例]

入力 $x(t) = e^{-5t}$ のラプラス変換は、

$$X(s) = \frac{1}{s+5} \quad (4)$$

となる。(3)式の伝達関数の $X(s)$ に、(4)式を代入し、 $Y(s)$ について解くと

$$Y(s) = G(s)X(s) = \frac{5s}{(s+10)(s+5)} \quad (5)$$

となる。(5)式を部分分数分解すると、

$$Y(s) = \frac{10}{s+10} - \frac{5}{s+5} \quad (6)$$

となる。(6)式を逆ラプラス変換すると、求める $y(t)$ は、

$$y(t) = 10e^{-10t} - 5e^{-5t} \quad (7)$$

となる。

- (3) 与システムの安定性について、極配置の観点から説明せよ。

[解答例]

与システムの特異方程式は、(3)式の伝達関数における分母の多項式=0より、

$$s+10=0 \quad (8)$$

となる。したがって、与システムの極は $s=-10$ となる。

連続時間LTIシステムでは、すべての極が複素平面の左半平面に存在すれば安定となり、

与システムの極 -10 は左半平面に存在するため、このシステムは安定となる。

以上

専門分野	モデル化技術
------	--------

モデル化技術を選択した場合は、問題4、問題5、問題6のうち2問に解答せよ。

【問題6】

次の2つの設問に答えなさい。

- (1) 工程設計におけるラインバランシングのバランスロス率の定義を示し、ラインバランシングの方法について述べよ。

[解答例]

ラインバランシングのバランスロス率の定義は下記の通りである。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{各工程での合計要素時間} : \sum WT_i \\ \text{最大工程時間 (ピッチ・タイム)} : WT_{\max} \\ \text{工程(ステーション)数} : N \end{array} \right.$	$= \frac{\sum WT_i}{WT_{\max} \cdot N}$	バランス効率
$\left\{ \begin{array}{l} \text{投入時間} : WT_{\max} \cdot N \\ \text{有効利用時間} : \sum WT_i \\ \text{無効時間} : WT_{\max} \cdot N - \sum WT_i \end{array} \right.$	$= \frac{WT_{\max} \cdot N - \sum WT_i}{WT_{\max} \cdot N}$	バランス・ロス率

ラインバランシングとは、ひとかたまりの仕事を、N工程に分けて、流れ作業をする際に、各工程(ステーション)での作業負荷をできるだけ均一にするよう配分することである。

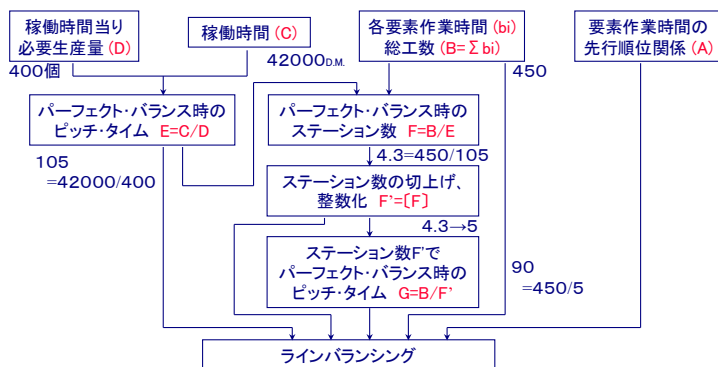
その代表的手法として、総当たり法、グラフによる方法、ヘルゲソン・バーニーの方法、キルブリッジ・ウェスターの方法、乱数法がある。

- (2) 1個を組立てるための総工数450 D.M.の製品を1日7時間稼働で400個生産する場合のラインバランシングを考える。この場合のパーフェクト・バランシング時における最小となる工程数とピッチタイムを右下の手順を参考にし求めなさい。

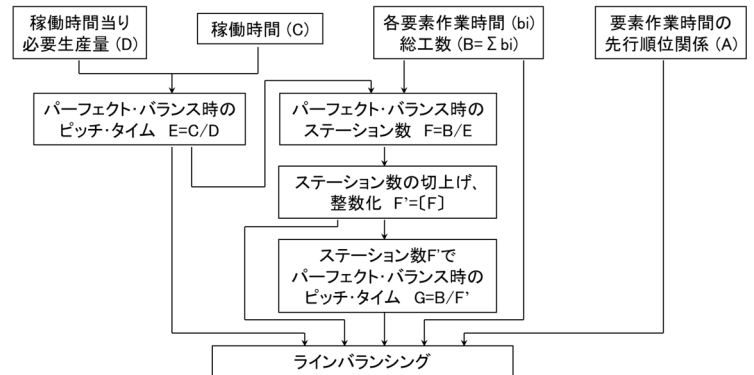
[解答]

ライン・バランシングの演習

1個を組立てるための総工数450 D.M.の製品を1日7時間稼働で400個生産する場合のライン・バランシングを考える。
この場合のパーフェクト・バランシング時にける最小となる工程数とピッチタイムを求めなさい。この場合、先行関係は考慮しないものとする。



答え: 工程数 5 : ピッチタイム 90 D.M.



専門分野	最適化技術
------	-------

最適化技術を選択した場合は、問題7、問題8、問題9のうち2問に解答せよ。

【問題7】

次の線形計画問題Pについて、単体法を用いて最適解を求めよ。ただし、最小添字規則を用いよ。また、得られた最適解のみでなく、単体法の実行過程も詳細に記述すること。さらに、問題Pの双対問題Dを定めるとともにその最適解を求め、Pの最適解とDの最適解が相補スラック条件を満たすことを確かめよ。ただし、Dの最適解を求める過程も詳細に記述すること。

$$\begin{aligned} \text{最大化} \quad & 30x_1 + 42x_2 \\ & 2x_1 + 7x_2 \leq 40 \quad (1) \\ & 4x_1 + 4x_2 \leq 60 \quad (2) \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad (3) \end{aligned}$$

[略解]

Pの最適解: $x_1 = 13, x_2 = 2$

双対問題D

$$\begin{aligned} \text{最小化} \quad & 40y_1 + 60y_2 \\ & 2y_1 + 4y_2 \geq 30 \\ & 7y_1 + 4y_2 \geq 42 \\ & y_1 \geq 0, y_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Dの最適解: $y_1 = 2.4, y_2 = 6.3$

$$\begin{aligned} 40 - (2 \times 13 + 7 \times 2) &= 0, \\ 60 - (4 \times 13 + 4 \times 2) &= 0, \\ 30 - (2 \times 2.4 + 4 \times 6.3) &= 0, \\ 42 - (7 \times 2.4 + 4 \times 6.3) &= 0, \end{aligned}$$

であるので、相補スラック条件が成り立つ。

専門分野	最適化技術
------	-------

最適化技術を選択した場合は、問題7、問題8、問題9のうち2問に解答せよ。

【問題8】

(ナップサック問題)

泥棒がお店に盗みに入り、持っているナップサック（袋）に物品を入れて持ち出したい。ただし、ナップサックに入れる物品の総重量には上限がある。そこで、ナップサックに入れる物品を選択して、持ち出す物品の合計価値が最大になるようにしたい。

問1. お店には物品が5つあり、それぞれの価値と重さは以下の通りである。

	物品1	物品2	物品3	物品4	物品5
価値（万円）	7	4	10	9	2
重さ（kg）	4	3	5	3	5

また、ナップサックに入れる物品の総重量の上限は 10 kg である。この場合、持ち出す物品の合計価値の最大値を答えること。

合計価値の最大値 = _____

[解答のポイント]

動的計画法による解法の適用

問2. 上記の 5 つの物品に加え、お店に新たに物品2つが追加され、それぞれの価値と重さは以下の通りである。

	物品6	物品7
価値（万円）	8	2
重さ（kg）	4	1

また、ナップサックに入れる物品の総重量の上限は 15 kg である。この場合、持ち出す物品の合計価値の最大値を答えること。

合計価値の最大値 = _____

[解答のポイント]

問1の計算履歴を問2に活用

専門分野	最適化技術
------	-------

最適化技術を選択した場合は、問題7、問題8、問題9のうち2問に解答せよ。

【問題9】

下表に示す4ジョブを1台の機械で加工する、単一機械スケジューリング問題を考える。

ジョブ番号 j	1	2	3	4
処理時間 p_j	100	90	60	150
重み w_j	2	1	3	5

- (1) ジョブを $\sigma = (1, 2, 3, 4)$ の順に処理するスケジュールを考える。このスケジュールの重み付き完了時刻和 (Total weighted completion times) を計算せよ。

[略解]

$$2 \times 100 + 1 \times (100 + 90) + 3 \times (100 + 90 + 60) + 5 \times (100 + 90 + 60 + 150) = 3140$$

- (2) 重み付き完了時刻和を最小にするスケジュールは、WSPTルールによって得られることが知られている。WSPTルールの手順を簡潔に説明せよ。

[略解]

各ジョブ j の重み w_j を処理時間 p_j で割った値 (w_j/p_j) を計算し、ジョブの処理順をその値の降順によって定める。

- (3) WSPTルールが重み付き完了時刻和を最小にすることを示せ。

最適性の根拠が論理的に示されていればよい。例えば、隣接するジョブの順序を入れ替えることによる目的関数値の変化に着目すると、ジョブの処理順が w_j/p_j の降順はでない場合、順序を入れ替えることで目的関数値を改善できる、したがって、その処理順によるスケジュールは最適解ではない、ことが示される。

このルールを上の問題に適用し、重み付き完了時刻和を最小にするスケジュールを求めよ。得られたスケジュールをガントチャートで表し、目的関数の値を明記すること。

[解答のポイント]

WSPTルールによると、

$$\frac{w_1}{p_1} = \frac{2}{100} = 0.02, \quad \frac{w_2}{p_2} = \frac{1}{90} \approx 0.01, \quad \frac{w_3}{p_3} = \frac{3}{60} = 0.05, \quad \frac{w_4}{p_4} = \frac{5}{150} \approx 0.03$$

より、ジョブの処理順は $\sigma = (3, 4, 1, 2)$ となる。したがって目的関数値は、

$$3 \times 60 + 5 \times (60 + 150) + 2 \times (60 + 150 + 100) + 1 \times (60 + 150 + 100 + 90) = 2250$$

となる。また、この処理順でジョブを実行するスケジュールのガントチャートは下図のようになる。

