

立命館大学大学院
2018年度実施 入学試験

博士課程前期課程

理工学研究科
基礎理工学専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目			
			試験科目	ページ	備考	
一般入学試験	数理科学	8月	微分・積分学	P.1～		
			線形代数学		非公開	
			集合論・位相空間論			
		2月	微分・積分学	P.5～		
			線形代数学		非公開	
			集合論・位相空間論			
	物理科学	8月	電磁気学	P.9～		
			量子力学			
			力学			
			統計熱力学			
		2月	電磁気学	P.14～		
			量子力学			
			力学			
			統計熱力学			
	社会人入学試験	数理科学	8月			
		物理科学				
数理科学		2月				
物理科学						
外国人留学生入学試験	数理科学	8月				
	物理科学					
	数理科学	2月				
	物理科学					
学内進学入学試験	数理科学	6月				
	物理科学					
飛び級入学試験	数理科学	2月	微分・積分学	P.5～		
			線形代数学			
			集合論・位相空間論			
	物理科学		電磁気学	P.14～		
			量子力学			
			力学			
			統計熱力学			

立命館大学大学院
2018年度実施 入学試験

博士課程前期課程

理工学研究科
電子システム専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目		
			試験科目	ページ	備考
一般入学試験	—	8月	数学Ⅰ	P.19～	
			数学Ⅱ		
			電磁気学		
			物性／半導体		
			電気回路		
			アナログ電子回路		
			論理回路		
			計算機ソフトウェア		
		2月	数学Ⅰ	P.28～	
			数学Ⅱ		
			電磁気学		
			物性／半導体		
			電気回路		
			アナログ電子回路		
			論理回路		
			計算機ソフトウェア		
社会人入学試験	8月				
	2月				
外国人留学生入学試験	8月				
	2月				
学内進学入学試験	6月				
飛び級入学試験	2月	数学Ⅰ	P.28～		
		数学Ⅱ			
		電磁気学			
		物性／半導体			
		電気回路			
		アナログ電子回路			
		論理回路			
		計算機ソフトウェア			

立命館大学大学院
2018年度実施 入学試験

博士課程前期課程

理工学研究科
機械システム専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目		
			試験科目	ページ	備考
一般入学試験	—	8月	線形代数	P.37～	
			解析学		
			力学		
		2月	線形代数	P.41～	
			解析学		
			力学		
社会人入学試験		8月			
		2月			
外国人留学生入学試験		8月			
		2月			
学内進学入学試験		6月			
飛び級入学試験		2月	線形代数	P.41～	
	解析学				
	力学				

立命館大学大学院

2018年度実施 入学試験

博士課程前期課程

理工学研究科

環境都市専攻

入試方式	方式	専門科目			
		実施月	試験科目	ページ	備考
一般入学試験	A方式	8月	工業数学(環境都市分野)	P.45～	
			構造力学・材料学		
			水理学・土質力学		
			計画理論・計画数理		
			都市地域計画・交通計画		窓口公開のみ (WEB非公開)
		2月	工業数学(環境都市分野)	P.52～	
			構造力学・材料学		
			水理学・土質力学		
			計画理論・計画数理		
			都市地域計画・交通計画		
	B方式	8月	工業数学(環境都市分野)	P.59～	
			環境力学		
			環境科学		
			都市地域計画		非公開
			環境管理技術		
		2月	工業数学(環境都市分野)	P.66～	
			環境力学		
			環境科学		
			都市地域計画		
			環境管理技術		
	C方式	8月	工業数学(環境都市分野)	P.74～	
			建築史・意匠		
			建築計画・都市デザイン		
			建築構造・生産		
			建築環境設備		
		2月	工業数学(環境都市分野)	P.82～	
			建築史・意匠		
			建築計画・都市デザイン		
			建築構造・生産		
			建築環境設備		
社会人入学試験		8月			
		2月			
外国人留学生入学試験		8月			
		2月			
学内進学入学試験		6月			
飛び級入学試験	A方式	2月	工業数学(環境都市分野)	P.52～	
			構造力学・材料学		
			水理学・土質力学		
			計画理論・計画数理		
			都市地域計画・交通計画		
	B方式	2月	工業数学(環境都市分野)	P.66～	
			環境力学		
			環境科学		
			都市地域計画		
			環境管理技術		
	C方式	2月	工業数学(環境都市分野)	P.82～	
			建築史・意匠		
			建築計画・都市デザイン		
			建築構造・生産		
			建築環境設備		

立命館大学大学院

2018年度実施 入学試験

博士課程後期課程

理工学研究科

基礎理工学専攻、電子システム専攻、機械システム専攻、環境都市専攻

入試方式	実施月	専攻	
一般入学試験	6月 (2018年9月入学)	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	筆記試験なし
	9月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
	2月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
社会人入学試験	6月 (2018年9月入学)	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
	9月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
	2月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
外国人留学生入学試験	6月 (2018年9月入学)	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
	8月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
	2月	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	
学内進学入学試験	6月(基礎理工学専攻・物理 化学コースのみ)	基礎理工学 電子システム 機械システム 環境都市	

2018 年 8 月 30 日実施

2019 年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

基礎理工学専攻（数理科学コース）

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号 1, 2, …ごとに解答用紙 1 枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目
問題用紙が志望専攻・志望コースの問題であることを確認し、下記の問題を解答して下さい。

基礎理工学専攻（数理科学コース）：次の 1～3 のすべてに解答すること（3 問必答）。

- 1. 微分・積分学
- 2. 線形代数学
- 3. 集合論・位相空間論

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻数理科学コース・機械システム専攻

10:00～12:00（120 分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・数理科学コース

1. 微分・積分学

以下では x は $|x| < 1$ である実数とする。導出過程も詳しく書くこと。

(1) $(1-x)^{-1} = \sum_{k=0}^{\infty} a_k x^k$ であるとき, $a_k, k=0, 1, \dots$ の値を求めよ.

(2) $(1-x)^{-2} = \sum_{k=0}^{\infty} b_k x^k$ であるとき, $b_k, k=0, 1, \dots$ の値を求めよ.

(3) 整数 $n < -2$ に対して $(1-x)^n = \sum_{k=0}^{\infty} c_k(n) x^k$ であるとき, $c_k(n), k=0, 1, \dots$ の値を求めよ.

(4) $\exp\left(\sum_{k=1}^{\infty} k^{-1} x^k\right) = \sum_{k=0}^{\infty} d_k x^k$ であるとき, $d_k, k=0, 1, \dots$ の値を求めよ.

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・数理科学コース

2. 線形代数学

この問題については理工学部事務室にお問い合わせください。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・数理科学コース

3. 集合論・位相空間論

$\mathbb{R}$ を実数全体からなる集合, $\mathbb{N}$ を自然数全体からなる集合, 写像 $d : \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ を, $d(x, y) = |x - y|$ ($x, y \in \mathbb{N}$) と定義するとき, 次の問に答えよ.

- (i) 写像 d が距離になることを証明せよ.
- (ii) 距離空間 $(\mathbb{N}, d)$ において, 任意の有限集合 $F \subset \mathbb{N}$ が閉集合となることを証明せよ.
- (iii) 距離空間 $(\mathbb{N}, d)$ において, 1 点集合がコンパクトであることを証明せよ.
- (iv) 距離空間 $(\mathbb{N}, d)$ が局所コンパクトハウスドルフ空間であることを証明せよ.

2019年2月7日実施

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

基礎理工学専攻（数理科学コース）

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目
問題用紙が志望専攻・志望コースの問題であることを確認し、下記の問題を解答して下さい。

基礎理工学専攻（数理科学コース）：次の1～3のすべてに解答すること（3問必答）。

1. 微分・積分学
2. 線形代数学
3. 集合論・位相空間論

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻数理科学コース・機械システム専攻

10:00～12:00（120分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・数理科学コース

1. 微分・積分学

(1) f を $[a, b]$ 上で連続な実数値関数であるとする.

$$g(x) = \int_a^x f(t) dt, \quad (a \leq x \leq b)$$

で定まる関数 g は $[a, b]$ 上で有界であることを示せ.

(2) 実数値関数 φ は $[a, b]$ 上で連続かつ非負であるとする. λ を正の定数として, φ が不等式

$$\varphi(x) \leq \lambda \int_a^x \varphi(t) dt$$

をみたすとする. このとき, $\psi(x) = \int_a^x \varphi(t) dt$ とおく. 関数 $e^{-\lambda x} \psi(x)$ は $[a, b]$ 上で単調減少であることを示せ. また, このことを用いて $\varphi(x) = 0$ が任意の $x \in [a, b]$ に対して成り立つことを示せ.

(3) 実数値関数 h は $[a, b]$ 上で連続であるとする. このとき, 関係式

$$\phi(x) = \int_a^x h(t) \phi(t) dt$$

をみたす $[a, b]$ 上の実数値連続関数 ϕ は, 存在すればただ一つであることを示せ.

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・数理科学コース

2. 線形代数学

この問題については、理工学部事務室にお問い合わせください。

3. 集合論・位相空間論

$(X, \mathcal{O})$ を位相空間とし、 K は X の部分集合であるとする。

(1) $\mathcal{U} := \{K \cap O \mid O \in \mathcal{O}\}$ が K 上の位相を定めることを示せ。

(2) 位相空間 $(X, \mathcal{O})$ がコンパクトであり、 K が X の閉部分集合であるとする。このとき (1) で定めた位相空間 $(K, \mathcal{U})$ もまたコンパクトであることを示せ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

基礎理工学専攻（物理科学コース）

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目

問題用紙が志望専攻・志望コースの問題であるかを確認し、下記の問題を解答して下さい。

基礎理工学専攻（物理科学コース）：次の1～4のすべてに解答すること（4問必答）。

1. 電磁気学
2. 量子力学
3. 力学
4. 統計熱力学

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科 (博士課程前期課程)
[専門科目] 基礎理工学専攻・物理科学コース

1. 電磁気学

時間変化する電場に対する金属の応答を考える。

- (1) 金属中に角振動数 ω で時間変化する交流電場 $E(x, t) = E(x, \omega) \exp(-i\omega t)$ がある場合を考える。この電場によって運動する電子（電荷 $-e$ 、質量 m ）の運動量 $p(t)$ は、緩和時間 τ を用いた運動方程式 $\frac{dp(t)}{dt} = -\frac{p(t)}{\tau} - eE(x, t)$ を満たしているとする。定常状態で $p(t) = p(\omega) \exp(-i\omega t)$ と書ける場合、 $p(\omega)$ と $E(x, \omega)$ との関係を求めよ。

- (2) 金属中の電子密度を n とすると、交流電流密度 $j(x, t) = -\frac{nep(t)}{m}$ である。同様に $j(x, t) = j(x, \omega) \exp(-i\omega t)$ と書ける場合、オームの法則より、電気伝導率は、

$$\sigma(\omega) = \frac{\frac{ne^2\tau}{m}}{1 - i\omega\tau}$$

となることを示せ。

- (3) (交流) 電流密度が存在し、マクスウェル方程式 $\nabla \cdot E = 0, \nabla \cdot B = 0, \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}, \nabla \times B = \mu_0 j + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$ が成立している場合を考える。ここで、 ϵ_0 と μ_0 は真空の誘電率と透磁率である。電流も電荷もない真空中の電磁波に対して、 $\omega^2 \mu_0 \epsilon_0 E = -\nabla^2 E$ が成り立つことと比較して、交流電流密度が存在する時の電磁波に対して、複素誘電率が

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_0 + \frac{i\sigma(\omega)}{\omega}$$

となることを示せ。必要ならば、ベクトル公式 $\nabla \times (\nabla \times A) = \nabla(\nabla \cdot A) - \nabla^2 A$ を用いて良い。

- (4) $\omega\tau \gg 1$ の時、プラズマ振動数 $\omega_p^2 = \frac{ne^2}{\epsilon_0 m}$ を用いて、比誘電率の ω 依存性が

$$1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$$

と近似できることを示せ。

- (5) (4) より、金属中を電磁波が伝播する特徴を簡潔に述べよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 基礎理工学専攻・物理科学コース

2. 量子力学

ハミルトニアン $H_0 := \alpha(a_1^\dagger a_1 + a_2^\dagger a_2)$ ($\alpha > 0$) で定義される量子力学系を考える。ここで、 $a_i, a_i^\dagger$ ($i = 1, 2$) は、交換関係 $[a_i, a_j] = [a_i^\dagger, a_j^\dagger] = 0, [a_i, a_j^\dagger] = \delta_{i,j}$ を満たす演算子であるとする。 $(a_i^\dagger$ は a_i のエルミート共役であり、 $\delta_{i,j}$ はクロネッカーのデルタである。)

以下の問いに答えよ。

なお、もし必要であれば、1次元調和振動子の生成・消滅演算子に関する公式；

$$a = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}} \left(x + \frac{i}{m\omega} p \right), \quad a^\dagger = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}} \left(x - \frac{i}{m\omega} p \right), \quad [a, a^\dagger] = 1,$$

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{m\omega^2 x^2}{2} \equiv \hbar\omega \left(a^\dagger a + \frac{1}{2} \right),$$

$$a|0\rangle = 0, \quad |n\rangle = \frac{1}{\sqrt{n!}} (a^\dagger)^n |0\rangle, \quad a^\dagger a |n\rangle = n|n\rangle, \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

※ $\{|n\rangle : n = 0, 1, 2, \dots\}$ は、 $a^\dagger a$ の固有状態からなる正規直交基底である。

などを、詳しい説明なしに利用してよい。

(1) 基底状態を $a_1|0\rangle = a_2|0\rangle = 0$ を満たす状態 $|0\rangle$ と定義する。 H_0 のすべてのエネルギー固有値と固有状態、その縮退度を答えよ。(結果のみでよい。)

(2) H_0 とエルミート演算子 $V := a_1^\dagger a_2 + a_2^\dagger a_1$ の交換関係 $[H_0, V]$ を計算せよ。

(3) $\lambda(> 0)$ を微小なパラメータとし、 H_0 に摂動項 λV を付け加える。第1励起状態に対するエネルギー固有値の補正を1次の摂動論を用いて評価し、摂動によって縮退が解けた後のエネルギー固有状態を求めよ。

[ヒント]：縮退のある場合の1次の摂動論では、無摂動ハミルトニアンの縮退した固有空間において摂動項を行列表示し対角化すればよい。

(4) 一般に摂動論は近似法であるが、前問で1次の摂動論を用いて求めた「縮退が解けたエネルギー固有状態」は、全ハミルトニアン $H \equiv H_0 + \lambda V$ の厳密な固有状態となることがわかる。簡潔にこの事実を示せ。

3. 力学

電荷 q を持った質量 m の粒子が一様な磁場 $\vec{B}$ と電場 $\vec{E}$ が存在する 3 次元空間内で運動している。このとき、この粒子は非相対論的な領域では、運動方程式

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{v} \times \vec{B} + q\vec{E}$$

に従って運動する。ここで、時刻 t での粒子の速度、位置をそれぞれ $\vec{v}(t)$ 、 $\vec{r}(t)$ とする。磁場と電場、さらには、この粒子の速度と位置ベクトルの時刻 0 での初期条件が、次の 2 つの場合を考える。

(a) 磁場と電場が $\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B \end{pmatrix}$ 、 $\vec{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ E \end{pmatrix}$ により与えられ、この粒子の速度と位置

ベクトルは初期条件 $\vec{v}(0) = \begin{pmatrix} V \\ 0 \\ U \end{pmatrix}$ 、 $\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ を満たす。但し、 B 、 E 、 V 、 U は定数とする。

(b) 磁場と電場が $\vec{B} = \begin{pmatrix} B \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 、 $\vec{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ E \end{pmatrix}$ 、により与えられ、この粒子の速度と位置

ベクトルは初期条件 $\vec{v}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 、 $\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ を満たす。但し、 B 、 E は定数とする。

(a) と (b) のそれぞれの場合について、以下の手順に従って、この粒子の運動を議論せよ。以下では、 $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ 、 $\vec{r} = (x, y, z)$ とする。

- (1) v_x 、 v_y 、 v_z が満たすべき微分方程式を書き下し、それらを解くことにより、 $\vec{v}$ の一般解を求めよ。
- (2) 初期条件を満たすように、不定定数を決定し、本問の条件を満たす $\vec{v}$ を求めよ。
- (3) $\vec{v}$ を積分し、初期条件を考慮することにより、 $\vec{r}$ を求めよ。
- (4) x 、 y 、 z が満たす粒子の軌跡について議論せよ。

4. 統計熱力学

1モルの理想気体の圧力 P は, 気体定数を R , 気体の温度と体積をそれぞれ T, V とするとき

$$P = \frac{RT}{V}$$

である。理想気体は, 気体分子を自由運動する質点とみなしているが, 実際の気体分子同士の相互作用を考慮すると, 気相-液相の相転移を説明するモデル (van der Waals 気体) を作ることができる。すなわち, 実際の気体分子では, 自由に動ける空間の体積は, 理想気体である場合よりも小さく $V - b$ となる。ただし, b は短距離斥力による分子全体の体積に相当する量である。また分子間に働く引力のために, 気体の表面に近い分子は気体の内部に向けて引き寄せられ, 容器の壁に及ぼす圧力は, 理想気体に比べて小さくなる。この差は, 気体の密度の2乗に比例する (比例定数は $a > 0$) と考えると, 気体分子間の相互作用の結果, 1モルの気体の圧力は

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

となる。つまり, van der Waals 気体には物質に依存する定数 a, b が含まれている。これをもとに, 以下の問いに答えよ。

- (1) 実際の気体 1モルの状態方程式を

$$PV = RT\left(1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots\right)$$

と $\frac{1}{V}$ のべき乗で展開する表式をビリアル展開とよぶ。van der Waals 気体で, $V \gg b$ とするとき, 係数 B (第2ビリアル係数) と C (第3ビリアル係数) を a, b を用いて表せ。また得られた式をもとに, 理想気体との関係を説明せよ。

- (2) 十分高温での第2ビリアル係数 B を求めよ。また, 斥力と引力の効果が釣りあい, 第2ビリアル係数がゼロとなる温度 (ボイル温度 T_B) を求めよ。
- (3) 温度一定の条件で van der Waals 気体の体積を減少させた場合, 圧力と体積の関係はどのようなになるかグラフに描け。特に, 一定に保つ温度 T を, 高温から徐々に下げながら, 各温度ごとに圧力と体積の関係をグラフにした場合, グラフがどう変化するかについて, 詳しく説明せよ。ただし, グラフは縦軸を圧力 P とし, 横軸を体積 V とする。
- (4) (3) において, 一定に保つ温度 T を高温から徐々に下げた場合, ある温度 T_C をさかいにして, 体積を減少させても圧力が変化しない領域が現れる。このような点は臨界点とよばれ, そのときの気体の温度 T_C は

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T_C} = 0, \quad \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T_C} = 0$$

の関係を満たす。臨界温度 T_C と, そのときの van der Waals 気体の圧力 P_C と体積 V_C を a, b によって表し, $\frac{P_C V_C}{RT_C}$ が物質に依存しない定数であることを示せ。

- (5) 圧力 P と体積 V と温度 T を, (4) で求めた (T_C, P_C, V_C) でそれぞれ

$$\tilde{P} = \frac{P}{P_C}, \quad \tilde{V} = \frac{V}{V_C}, \quad \tilde{T} = \frac{T}{T_C},$$

のようにスケールしたときの状態方程式を導出し, 物質に依存する定数 a, b を含まないこと (対応状態の法則) を示せ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

基礎理工学専攻（物理科学コース）

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1、2、…ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目

問題用紙が志望専攻・志望コースの問題であるかを確認し、下記の問題を解答して下さい。

基礎理工学専攻（物理科学コース）：次の1～4のすべてに解答すること（4問必答）。

1. 電磁気学
2. 量子力学
3. 力学
4. 統計熱力学

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 基礎理工学専攻・物理科学コース

1. 電磁気学

マクスウェル方程式の一つであるファラデーの電磁誘導の法則（ここでは積分形で示す）

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi(S)}{dt} = \oint_C [E(x, t) + v \times B(x, t)] \cdot ds$$

を考えよう。ただし、 $\mathcal{E}$ はある閉回路 C の起電力、 $\Phi(S) = \int_S B \cdot n dS$ は閉回路を貫く磁束（ n は面積要素 dS の法線ベクトル）、 v は閉回路の移動速度、 E, B は電場と磁束密度、 ds は閉回路に沿った線要素ベクトルである。以下では透磁率は μ_0 とする。

- (1) 図 1 のように x 方向に無限に伸びる導線に、電流 I が x 軸正方向に流れている。電流と同じ平面にある正方形の導線が電圧計 V に接続されており、導線から遠ざかるように速度 v で動く。
 - (a) 図の電圧計の端子 A、B どちらが相対的に電位が高いか。
 - (b) 電圧計の示す電圧を図 1 に示す距離 r_1, r_2, a を用いて表せ。
 - (c) 時刻 $t=0$ のときに $r_1 = a, r_2 = 2a$ であったとすると、電圧計の示す電圧の時間変化をプロットせよ（概略でよい）。
- (2) 半径 a 、単位長さ当たり n 巻きの長いソレノイドに電流 $I = I_0 \cos \omega t$ を流すとき（ ω は電流源の角振動数、 t は時刻、 I_0 は定数）、
 - (a) ソレノイド内部に生じる磁束密度の大きさを求めよ。
 - (b) ソレノイドの軸からの距離 r のソレノイド外部の点（ $r > a$ ）に生じる電場を求めよ。
 - (c) ソレノイドの軸からの距離 r のソレノイド内部の点（ $r < a$ ）に生じる電場を求めよ。
- (3) 図 2 のように、一様な磁束密度 B と平行な軸の周りを、半径 a の導体円板が一定の周期 T で回転しており、円板の中心軸と周縁との間に抵抗 R が導線で接続されている。導体や導線の抵抗は無視できるとする。
 - (a) 抵抗 R を流れる電流を求めよ。
 - (b) 回転周期を一定に保つには力のモーメントを加え続ける必要がある。この力の仕事率を求めよ。

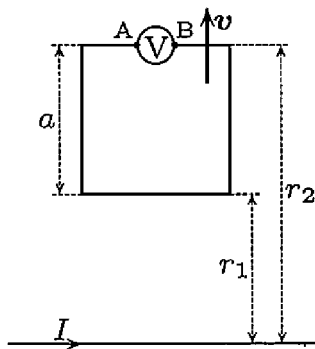


図 1:

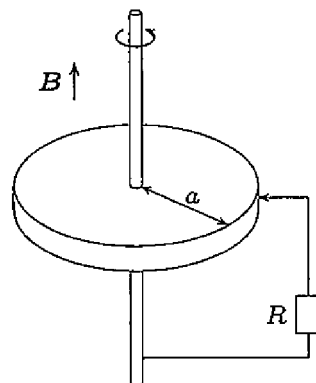


図 2:

2. 量子力学

大きさ B の一様な静磁場下で運動する電荷 $q (> 0)$ の荷電粒子について考えよう。磁場と垂直な面内での運動は、次のハミルトニアンによって記述される。

$$\mathcal{H} = \frac{1}{2m} (\Pi_x^2 + \Pi_y^2),$$

ここで、 $\Pi = p - \frac{q}{c}A$ であり、 p は正準運動量、 c は真空中の光速である。ベクトルポテンシャルが、 $A = \frac{B}{2}(-y, x, 0)$ で与えられるものとして、以下の間に答えよ。ただし、 $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ で、 h をプランク定数とする。

- (1) まず、古典的に考える。 xy 面内を回転する荷電粒子の角振動数 ω_c を求めよ。
- (2) 以下、量子力学的に考える。演算子 Π_x と Π_y の交換関係を計算せよ。
- (3) 新しい演算子 a と $a^\dagger$ を

$$a \equiv \sqrt{\frac{c}{2\hbar q B}} (\Pi_x + i\Pi_y), \quad a^\dagger \equiv \sqrt{\frac{c}{2\hbar q B}} (\Pi_x - i\Pi_y)$$

のように定義する。ハミルトニアン $\mathcal{H}$ が

$$\mathcal{H} = \hbar\omega_c \left(a^\dagger a + \frac{1}{2} \right)$$

のように表されることを示し、その固有値を求めよ。

- (4) 角運動量の z 成分

$$L_z = -i\hbar \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right)$$

が $\mathcal{H}$ と同時対角化可能であることを示せ。

- (5) 各固有状態は L_z の自由度の分だけエネルギー縮退している。基底状態において、 L_z の期待値が 0 となる基底波動関数 $\phi_0(x, y)$ を求めよ。ただし、規格化因子まで求める必要はない。
- (6) $\phi_\ell(x, y) = (x + iy)^\ell \phi_0(x, y)$ が上記の波動関数と同じ基底エネルギーを持ち、角運動量 L_z の期待値が $\ell\hbar$ となることを示せ。ただし、 ℓ は 0 以上の整数値である。
- (7) $\phi_\ell(x, y)$ の各 ℓ において、粒子密度が最大となる座標 (x, y) は、 xy 平面上でどのような軌道を描くか。また、この軌道で囲まれた面積を貫く磁束は、 $\Phi_0 = \frac{hc}{q}$ の何倍となるか。

3. 力学

質点がバネにつながれていて、しかも質点はバネから受ける力以外にも外力を受けているとする。バネが自然長のときの質点の位置を原点に取り、バネが伸びる向きに x 軸の正の向きを取る。質点は x 軸上のみを運動できるとし、時刻 t における質点の位置を $x(t)$ とする。外力の向きも x 軸と平行で、外力の符号は正負のどちらも取り得るとする。また、質点の質量を m とし、バネから質点が受ける力はバネ定数 k の復元力とせよ。

- (1) 外力が F である時の質点の運動方程式を書け。
- (2) 外力がないときについて、質点の運動を求めよ。なお、このときの振動数を ω_0 と置いて以下で用いる。
- (3) 外力が質点の速度に比例する抵抗 force である場合を考え、抵抗 force が $-\gamma \frac{dx}{dt}$ と表されたとする。質点を時刻 0 に位置 x_0 から初速 v_0 で出射したとき、その後の運動を次の 3 つの場合について求めよ。なお、この順に抵抗 force が弱くなっていくことに注意せよ。
 - (a) $\gamma > 2m\omega_0$
 - (b) $\gamma = 2m\omega_0$
 - (c) $\gamma < 2m\omega_0$
- (4) 外力が周期的に振動する力 $F_0 \sin \omega t$ (ただし F_0 は定数) と抵抗 force $-\gamma \frac{dx}{dt}$ の合力であるとする。

以下では、運動が始まってから十分時間が経ったとあとの運動の様子を考える。このとき、減衰振動の成分は無視することができるので、質点は外力と同じ周期で振幅一定の振動運動をすると仮定して次の問に答えよ。

- i 振動の位相と振幅を求めよ。
- ii $\omega < \omega_0$ のとき、振動の位相は外力よりも遅れるか、進むか。根拠も示せ。
- iii $\omega \gg \omega_0$ かつ $\omega \gg \frac{\gamma}{m}$ のとき、振動の位相はどうなるか。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 基礎理工学専攻・物理科学コース

4. 統計熱力学

体積 V , 温度 T で熱平衡状態にある 3 次元理想フェルミ気体（相互作用のないフェルミ粒子系）を考える。粒子の質量を m , 粒子数を N とする。

(1) 1 粒子状態は運動量空間に一樣な密度 $2V/(2\pi\hbar)^3$ で分布している。また、この運動量空間において、絶対零度 $T = 0$ では粒子の分布は半径 p_F の球である。以上のことから

$$p_F = \hbar \left(\frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{1/3}, \quad \epsilon_F = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{2/3} \quad (a)$$

を示せ。 ϵ_F は運動量 p_F をもつ粒子のエネルギー（フェルミエネルギー）である。

(2) i 番目のエネルギー準位を ϵ_i と書く。粒子数 N が固定されているとき、系の化学ポテンシャル μ は $N = \sum_i f(\epsilon_i)$ から決まる。ここで、 $f(\epsilon)$ はフェルミ分布関数

$$f(\epsilon) = \frac{1}{1 + e^{(\epsilon - \mu)/k_B T}} \quad (b)$$

である（ k_B はボルツマン定数）。 $T = 0$ では $\mu = \epsilon_F$ であることを説明せよ。

(3) ϵ から $\epsilon + d\epsilon$ にある状態の数を $D(\epsilon)d\epsilon$ とする。 $D(\epsilon)$ は 1 粒子状態の状態密度である。十分多数のエネルギー準位があるとき、(2) の条件 $N = \sum_i f(\epsilon_i)$ は

$$N = \int_0^\infty D(\epsilon) f(\epsilon) d\epsilon \quad (c)$$

と近似できる。同様の議論によって、この系の内部エネルギー E は

$$E = \int_0^\infty \epsilon D(\epsilon) f(\epsilon) d\epsilon \quad (d)$$

より計算できることを説明せよ。

(4) 理想フェルミ粒子の状態密度は

$$D(\epsilon) = V \frac{m^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \sqrt{2\epsilon} \quad (e)$$

である。これをもちいて $T = 0$ において

$$E = \frac{3}{5} N \epsilon_F \quad (f)$$

を示せ。

(5) 熱力学の第一法則から $p = -(\partial E / \partial V)_S$ を説明せよ。これと (4) の結果から $T = 0$ における圧力 p を求めよ。古典系では $T = 0$ における気体の圧力はいくらか。量子系におけるこの著しい違いはなににもとづくものか、簡潔に説明せよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

電子システム専攻

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法

問題用紙が志望専攻の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

電子システム専攻：次の1～3の中から2問、および4～8の中から2問選択し、合計4問解答すること。

1. 数学Ⅰ
2. 数学Ⅱ
3. 電磁気学
4. 物性／半導体
5. 電気回路
6. アナログ電子回路
7. 論理回路
8. 計算機ソフトウェア

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 電子システム専攻

1. 数学 I

次の設問に答えよ。ただし、計算過程または根拠を明示すること。

(1) 行列

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -2 \\ -1 & 3 & 1 \\ -2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

について、その固有値を $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_c$ とすると、以下の問いに答えよ。

- (a) $A^3 = \alpha A^2 + \beta A + \gamma E$ を満たす定数 α, β, γ を求めよ。ただし、 E は単位行列とする。
- (b) $(\lambda_a + \lambda_b + \lambda_c)^2$ を求めよ。
- (c) $(\lambda_a)^2 + (\lambda_b)^2 + (\lambda_c)^2$ を求めよ。

(2) xyz 座標系の位置ベクトル $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ について $|\mathbf{r}| \neq 0$ とする。スカラー場 $f = \log|\mathbf{r}|$ とするとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ は座標系の基本ベクトルとする。

- (a) 勾配 ∇f を求めよ。
- (b) ラプラシアン $\nabla^2 f$ を求めよ。
- (c) ベクトル $\mathbf{a} = \mathbf{i} + 2\mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ とおくとき、回転 $\nabla \times (\mathbf{a} \times \nabla f)$ を求めよ。

(3) 2階微分方程式

$$y'' - 5y' + 6y = e^x + e^{4x} \quad (*)$$

の初期値問題について以下の問いに答えよ。ただし、

$$y'' = \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad y' = \frac{dy}{dx}$$

とする。

(a) 同次形微分方程式

$$y'' - 5y' + 6y = 0$$

の一般解を求めよ。

(b) 非同次形微分方程式

$$y'' - 5y' + 6y = e^x$$

の特殊解を求めよ。

(c) 初期条件

$$y(0) = 2, \quad y'(0) = 6$$

を満たす(*)式の解を求めよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 電子システム専攻

2. 数学Ⅱ

(1) $f(x)$ を任意の有限区間で区分的に連続, $(-\infty, \infty)$ において絶対可積分であるとする. このとき, $f(x)$ の形式的表示

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{iu(x-t)} dt \right\} du \quad (1)$$

を $f(x)$ のフーリエ複素積分表示という.

(ア) 実関数 $f(x)$ のフーリエ積分表示

$$f(x) = \int_0^{\infty} \{A(u) \cos ux + B(u) \sin ux\} du \quad (2)$$

$$A(u) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) * \cos ut dt$$

$$B(u) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) * \sin ut dt$$

から, 式(1)のフーリエ複素積分表示を導け.

(イ) $f(x)$ を連続な関数としたとき, 式(1)のフーリエ複素積分表示の変数 u を形式的に変数 ω と代え, 式(3), 式(4)を導け.

$$\text{フーリエ変換} \quad F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (3)$$

$$\text{逆フーリエ変換} \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega x} d\omega \quad (4)$$

(ウ) 以下の関数 $f(t)$ のフーリエ変換を求めよ.

$$f(t) = \begin{cases} \cos 2t \cdot e^{-2t} & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases} \quad (5)$$

(2) $f(t)$ を $t \geq 0$ で定義された関数とするとき, 次式によりラプラス変換 $F(s)$ を定義する.

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad (6)$$

(ア) $\mathcal{L}[\cosh at] = \frac{s}{s^2 - a^2} \quad (s > a)$ を示せ. ただし, $a \geq 0$ とする.

(イ) $\mathcal{L}[f(t)] = F(s) \quad (s > a)$ のとき, 正の定数 λ について, 次式が成り立つことを示せ.

$$\mathcal{L}[U(t-\lambda)f(t-\lambda)] = e^{-\lambda s} F(s) \quad \text{ただし, } U(t) = \begin{cases} 1 & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases} \text{ とする.}$$

(ウ) $f(t) = U\left(t - \frac{\pi}{2}\right) \cos t$ のラプラス変換を求めよ.

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 電子システム専攻

3. 電磁気学

- (1) 図1に示すように、内円筒の半径が a [m]、外円筒の半径が b [m] ($a < b$) である無限に長い同軸円筒導体が真空中に置かれている。内円筒に単位長さあたり $+q$ [C/m]、外円筒に単位長さあたり $-q$ [C/m]の電荷が存在するとき、次の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]とし、内円筒、外円筒は接地されていないとする。

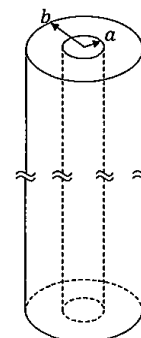


図1

- (a) 円筒の中心軸からの距離が r [m] ($a < r < b$) の点における電界を求めよ。
- (b) 両円筒間の電位差を求めよ。
- (c) 両円筒間の単位長さあたりの静電容量を求めよ。

- (2) 図2に示すように、一辺が a [m]の正方形 ($0 < x < a$, $0 < y < a$) の領域内に紙面に垂直で裏から表に向かう方向に一樣な磁束密度 B [T]があり、そのほかの領域での磁束密度はゼロである。下辺が x 軸に接し、右辺が $x < 0$ の領域にある1辺が b [m] ($b < a$) の正方形のコイルを速度 v [m/s]で x 軸の正方向に移動する。コイルが移動を始めてからコイルの右辺が y 軸に初めて接する状態を初期状態（時刻 $t=0$ [s]）として、以下の問いに答えよ。

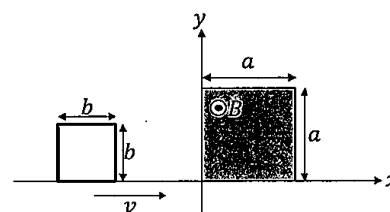


図2

- (a) 時刻 t [s]においてコイルを貫く磁束を求めよ。
- (b) 時刻 t [s]においてコイルに発生する誘導起電力を求めよ。ただし、誘導電流が図2において反時計回りに流れる場合に起電力が正であるとす

る。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 電子システム専攻

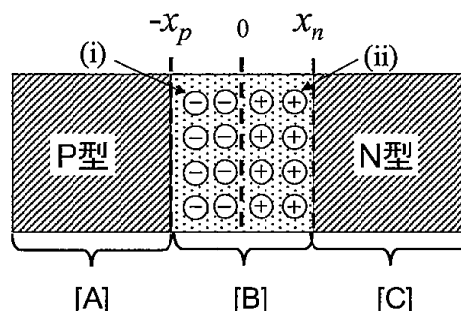
4. 物性／半導体

(1) シリコン (Si) 結晶に関して、以下の設問に答えなさい。

- (A) Si 結晶は Si 原子の 4 つの最外殻電子が共有結合してダイヤモンド構造をとる。1 つの Si 原子から隣接する 4 つの Si 原子に向かって、正四面体の頂点方向に向かう電子軌道の名称を答えなさい。
- (B) ダイヤモンド構造は、同じ原子からできた 2 組の面心立方格子を、単位格子の大きさ（格子定数）の長さの $1/4$ だけずらして配置した構造となっている。単位格子中に存在するシリコン原子の数を答えなさい。
- (C) シリコンの格子定数 a を $5.43\text{\AA}$ として、 1cm^3 あたりに存在するシリコン原子の数はいくつか答えなさい。ただし、 $5.43^2=29.5$, $5.43^3=160$ として計算しなさい。
- (D) 最隣接の Si 原子間隔 d を、格子定数 a を用いた式で表しなさい。

(2) シリコンを用いて作製した、階段型 PN 接合の模式図を下図に示す。左側が P 型、右側が N 型領域であり、図中の(i)(ii)は結晶中の負および正の固定電荷を表している。以下の設問に答えなさい。

- (A) 図中[A]の領域には、ドナー不純物、アクセプタ不純物のいずれがドーピングされているか答えなさい。また、その不純物として使用される元素の例を、元素記号を用いて 1 つ書きなさい。
- (B) 図中[B]の領域の名称を答えなさい。
- (C) [A]の領域の左端を接地電位(0V)として、[C]の領域の右端に正の電位を印加したときに、[B]の層の幅はどう変化するか、以下の 3 つの選択肢から選びなさい。
① 変化しない ② 長くなる ③ 短くなる
- (D) 図の PN 接合において紙面の左右の位置を横軸とし、縦軸に電子のエネルギーをとった時のエネルギーバンド図の概形を描きなさい。その際、横軸には $-x_p$ と x_n の位置を示し、伝導帯の底のエネルギー準位 E_C 、価電子帯の頂上のエネルギー準位 E_V 、フェルミ準位 E_F が空間位置に対してどのように変化するかを、わかりやすく記入しなさい。また、エネルギーバンドギャップ（禁制帯幅） E_G を図中に書き入れておくこと。
- (E) [A]の領域のキャリア密度が $1.5 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 、[C]の領域のキャリア密度が $1.5 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ であるとしたときに、本 PN 接合が形成する拡散電位 V_d を求めなさい。ただし、 k をボルツマン定数、 T を絶対温度、 q を素電荷として、 $kT/q = 0.026 \text{ V}$ 、真性キャリア密度 $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ として求めること。また、必要があれば $\ln(10)=2.3$ を使用しなさい。



5. 電気回路

(1) 抵抗 R_1 と R_2 からなるはしご状に接続した抵抗ラダー回路を考える。

- 1) 図 1 に示す 1 段の抵抗ラダー回路の全抵抗 Z_1 は $Z_1 = R_1 + R_2$ となる。図 2 に示す 2 段の抵抗ラダー回路の全抵抗 Z_2 を求めなさい。ただし、 Z_1 、 R_1 、 R_2 を用いること。

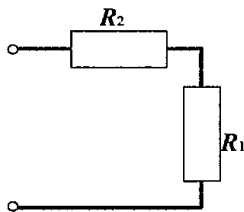


図 1

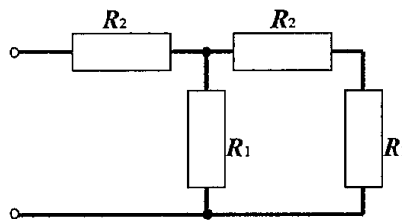


図 2

- 2) 図 3 に示す無限ラダー回路を考える。 n 段抵抗ラダー回路の全抵抗 Z_n はラダー段数が増えるに従い一定値に収束することを利用し、ラダー回路が無限に続く場合、AB 間の全抵抗 Z_∞ を求めなさい。

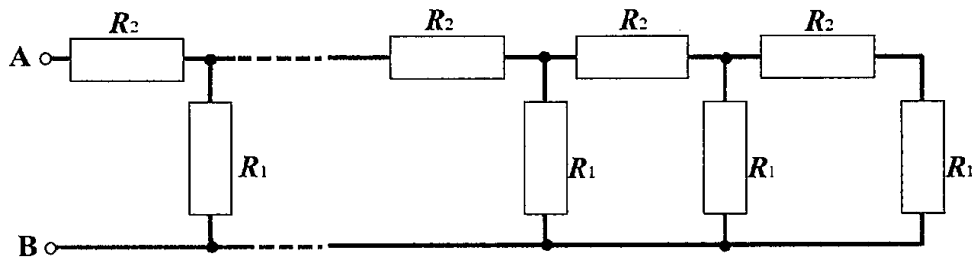
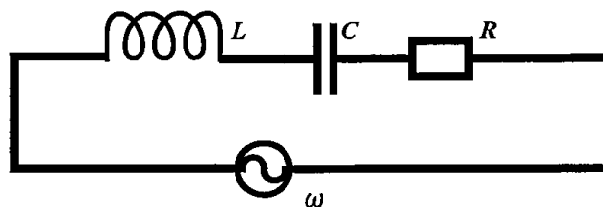


図 3

- (2) RLC 直列回路に角周波数 ω の電圧 $|E|$ を加えている。キャパシタンス C の値を C_a 、 C_b としたとき、どちらの場合も RLC 直列回路最大電流 I_m の α 倍の電流が流れた。このとき、抵抗 R の値を求めなさい。ただし、 $\alpha < 1$ 、 $C_b > C_a$ とする。



立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 電子システム専攻

6. アナログ電子回路

(1) 図1のエミッタ接地増幅回路について次の問いに答えよ。ただし、 C_i 、 C_o は小信号に対してリアクタンスが無視できるほど静電容量が大きく、 v_i 、 v_o は小信号電圧とする。

- (a) 図1(a)の回路全体の小信号等価回路を、図1(b)に示す簡略化したバイポーラトランジスタのh定数等価回路を用いて描け。
- (b) 図1(a)の入力インピーダンス R_i と、出力インピーダンス R_o を、 R_B 、 R_C 、 h_{ie} 、 h_{fe} の中から必要なパラメータを用いて答えよ。
- (c) 図1(a)の電流増幅度 A_i と、電圧増幅度 A_v を、 R_B 、 R_C 、 h_{ie} 、 h_{fe} の中から必要なパラメータを用いて答えよ。

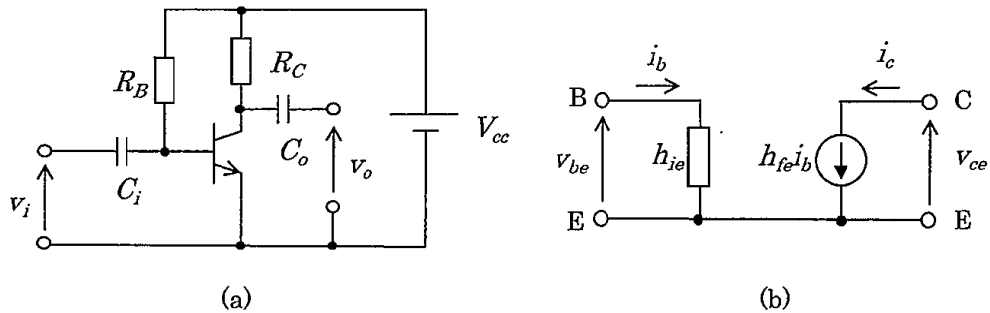


図1

(2) 下記のアンプを含む回路について次の問いに答えよ。ただし、アンプは理想的な特性を持つものとする。

- (a) 図2(a)のアンプの回路図記号を用いて、入力電圧 v_i と出力電圧 v_o の関係式が次式となる反転増幅回路を描け。

$$v_o = -(R_2/R_1) \times v_i$$

- (b) 図2(b)の回路について、入力電圧 v_i と出力電圧 v_o の関係式を、 C 、 R を用いて導出過程も含めて答えよ。

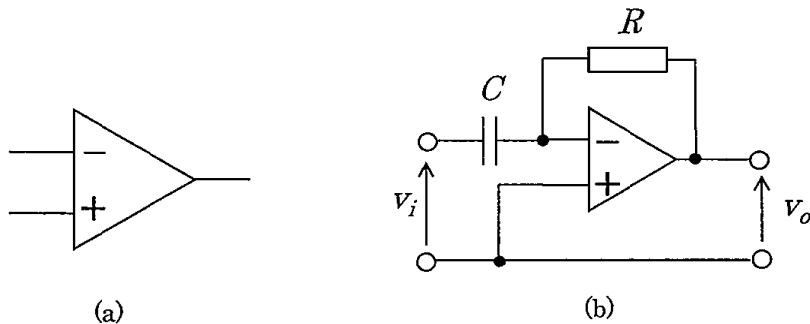


図2

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 電子システム専攻

7. 論理回路

次の設問に答えよ。

(1) 以下の論理式または回路図を求めよ。なお、回路図はゲート記号を用いて作図すること。

- ① 論理関数 $f_1 = (a \cdot b + b \cdot c) \cdot (b \cdot c + c \cdot d) + (c \cdot d + d \cdot a) \cdot (d \cdot a + a \cdot b)$ の最簡な(最も簡単な)積和型(AND-OR 型)論理式
- ② 論理関数 $f_2 = a \cdot b + b \cdot c + c \cdot d + d \cdot a$ の最簡な(最も簡単な)和積型(OR-AND 型)論理式
- ③ 論理関数 f_2 の最簡な(最も簡単な)NOR 2 段回路の回路図

(2) 入力集合 $X = \{0, 1\}$ 、状態集合 $Q = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$ 、出力集合 $Z = \{0, 1\}$ を有する順序回路の状態遷移表を表 1 に示す。ここで、 δ は状態遷移関数、 ω は出力関数である。この順序回路に関する以下の問いに答えよ。

- ① 1 次等価な状態を互いにまとめて状態集合を 1 次分割せよ。
- ② この順序回路を単純化し、その状態遷移表を作成せよ。なお、新しい状態を表す記号は $Q_1, Q_2, \dots$ とする。これらの記号を新しい状態に対応させるやり方は解答者が任意に決めてよい。
- ③ 上記②で単純化した順序回路の状態遷移図を作成せよ。

表 1 状態遷移表

		δ		ω	
		0	1	0	1
Q	A	B	E	0	1
	B	F	A	1	0
	C	D	G	0	1
	D	C	H	1	0
	E	F	A	0	1
	F	E	B	1	0
	G	H	C	0	1
	H	D	G	1	0

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 電子システム専攻

8. 計算機ソフトウェア

次の説明を読んで、設問に答えよ。なお、プログラムは C 言語で記述されており、あ～たには、C 言語のコードが入る。

1 次元セルオートマトン 1 次元直線状に配置される N 個 ($i = 0, 1, \dots, N-1$) のセルからなる集合を考える。時刻 t におけるセル $c_i(t)$ は、0 か 1 の状態を持つと定義する。セルの集合に適当な初期値を与えてから、以下に示す規則を繰り返し各セルの値を決定する。また、全てのセルは次状態の値に同時に変わるものとする。

- ① $c_0(t) = c_{N-1}(t)$ は常に 0 とする。
- ② $1 \leq i \leq N-2$ のセル $c_i(t)$ は、次状態 $c_i(t+1)$ の値を、隣接セル $c_{i-1}(t)$ と $c_{i+1}(t)$ の値から右の規則表に従って決定する。

規則表

現在の状態	$c_{i-1}(t)$	1	1	1	1	0	0	0	0
	$c_i(t)$	1	1	0	0	1	1	0	0
	$c_{i+1}(t)$	1	0	1	0	1	0	1	0
次の状態	$c_i(t+1)$	0	1	0	1	0	1	1	1

- (1) プログラム A は、先の規則表に従いセルの状態を変化させる 1 次元セルオートマトンのプログラムである。プログラム中の空欄 あ～えを埋めよ。ただし、いは NUM を用いて表せ。
- (2) 両端以外の任意のセルとその隣接セルを並べて 3 桁の 2 進数を組んで表す。プログラム中の空欄 お～けを埋めよ。
- (3) 先に示した規則表に従って注目セルの値は変化する。プログラム中の空欄 こ～すを埋めよ。
- (4) このプログラムは配列を 2 つ用意し、一方の配列に現在の状態を入れて、他方に次の状態を入れている。プログラム中の空欄 せ～たを埋めよ。

```

1  /***** プログラム A *****/
2  #include <stdio.h>
3  #define NUM 15
4
5  int main(void){
6      int cell[2][NUM] = あ;
7      //2つの配列準備, セルは0で初期化
8      int *crt = cell[0], *nxt = cell[1];
9      //crtが現在の状態, nxtが次の状態
10     int *tmp; //入替用の一時変数
11     crt[い] = 1; //中心のセルを1とする
12     for(int t = 0; t < 5; t++){ //時刻を進めるループ
13         う = え = 0;
14         //両端は常に0とする
15         printf("t%d:", t); //時間表示
16         for(int i = 0; i < NUM; i++) //セル状態表示
17             printf("%c", crt[i] ? 'X' : '-');
18         //iをX, 0を-で表す。
19         printf("\n");
20         for(int i = 1; i < NUM - 1; i++){
21             //両端以外のセルの処理
    
```

```

22     int crtstat, nxtstat;
23     crtstat = (お << か) | (
24         き << く) |
25         け;
26     //ビット演算処理でセルとその近傍を求める
27     switch(crtstat){ //規則に従いセルの次状態を決定
28         case こ: case さ: case
29             し: case す: nxtstat
30             = 0; break;
31         default: nxtstat = 1; break;
32     }
33     nxt[i] = nxtstat; //次状態のセル
34     tmp = せ; crt = そ; nxt =
35         た;
36     //配列の入れ替え
37 }
38 return 0;
39 }
    
```

- (5) プログラム A に従って出力されたセルの集合 ($N = 15$) を、時刻 4 ($t = 0, 1, \dots, 4$) まで処理したときの結果を書け。なお、注目セル $c_i(t)$ の値が 1 の時は X で、0 の時は、- で記し、右に示す形式を参考に解答せよ。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0															
1															
2															
3															
4															

$c_i(t)$ の処理結果

- (6) 本設問で述べた 1 次元セルオートマトンの規則表は、出力される次の状態を 2 進数とみなし、それを 10 進数で表すことで規則に番号を付加する。プログラム A の規則表は規則 87 と呼ばれる。規則表で取りうる規則は全部で何通りあるか答えよ。また、規則 147 の規則表を作成し、初期値はプログラム A と同一、 $N = 15$ 、及び時刻 $t = 0, 1, \dots, 4$ のときの処理結果を (5) と同様な形式で書け。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

電子システム専攻

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1, 2, …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

電子システム専攻：次の1～3の中から2問、および4～8の中から2問選択し、合計4問解答すること。

1. 数学Ⅰ
2. 数学Ⅱ
3. 電磁気学
4. 物性／半導体
5. 電気回路
6. アナログ電子回路
7. 論理回路
8. 計算機ソフトウェア

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 電子システム専攻

1. 数学 I

次の設問に答えよ。ただし、計算過程または根拠を明示すること。

- (1) デカルト座標系で定義されたベクトル場 $F = y^3 \mathbf{i} + xz \mathbf{j} + xy^2 z^3 \mathbf{k}$ について答えよ。ただし、 $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ は座標系の基本ベクトルとする。

- (a) $\operatorname{div} F$ を求めよ。
(b) $\operatorname{rot} F$ を求めよ。
(c) $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} F)$ を求めよ。

- (2) 2 階微分方程式

$$y'' + 2y' + y = x^2 + 5x + 6 \quad (*)$$

の初期値問題について以下の問いに答えよ。ただし、

$$y' = \frac{dy(x)}{dx}, \quad y'' = \frac{d^2 y(x)}{dx^2}$$

とする。

- (a) 不定積分

$$\int x^2 e^{ax} dx + \int x e^{\beta x} dx$$

を求めよ。

- (b) 同次形微分方程式

$$y'' + 2y' + y = 0$$

の一般解を求めよ。

- (c) 上記 (*) 式の非同次形微分方程式の特殊解 $Y_0(x)$ を求めよ。
(d) 初期条件

$$y(0) = 1, \quad y'(0) = 1$$

を満たす (*) 式の解 $y(x)$ を求めよ。

- (3) 正方行列

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 \\ 2 & 1 & 2 \\ 4 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

について以下の問いに答えよ。ただし、解答に単位行列が必要なときは E とせよ。

- (a) 行列 A の固有値をすべて求めよ。
(b) n を自然数とすると、 $A^{2n+1} - 2A^{2n}$ を求めよ。

2. 数学Ⅱ

- (1) $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ が $z_0 = x_0 + iy_0$ で微分可能であるならば, $u(x, y), v(x, y)$ は (x_0, y_0) でコーシー・リーマンの関係式

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x}(x_0, y_0) = \frac{\partial v}{\partial y}(x_0, y_0) \\ \frac{\partial u}{\partial y}(x_0, y_0) = -\frac{\partial v}{\partial x}(x_0, y_0) \end{cases} \quad (1)$$

を満たす. このとき,

$$f'(z_0) = \frac{\partial u}{\partial x}(x_0, y_0) + i \frac{\partial v}{\partial x}(x_0, y_0) \quad (2)$$

が成り立つ. ただし, i は虚数単位を表す.

(ア) $\Delta z = \Delta x + i\Delta y$ とおき, 式(1), 式(2)を導け.

(イ) $z = x + iy$ のとき, $z \neq 0$ において, $f(z) = z + \frac{1}{z}$ が微分可能であることを示せ.

(ウ) 複素平面のある領域 D で正則な関数 $f(z)$ がある. いま,

$$z = re^{i\theta}, f(z) = u(r, \theta) + iv(r, \theta) \quad (3)$$

と表したとき, その領域 D で次の関係式が成り立つことを示せ.

$$\frac{\partial r}{\partial x} = r \frac{\partial \theta}{\partial y}, \quad \frac{\partial r}{\partial y} = -r \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (4)$$

- (2) $f(t)$ を $t \geq 0$ で定義された関数とすると, 次式によりラプラス変換 $F(s)$ を定義する.

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^\infty e^{-st} f(t) dt \quad (5)$$

また, $F(s)$ に対し, $\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$ となる $f(t)$ が存在するとき,

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}[F(s)] \quad (6)$$

と書き, $F(s)$ のラプラス逆変換という.

(ア) $\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$ ($s > a$) のとき, 定数 λ について, 次式が成り立つことを示せ.

$$\mathcal{L}[e^{\lambda t} f(t)] = F(s - \lambda) \quad (s > a + \lambda) \quad (7)$$

(イ) $f(t) = e^{-3t} \sinh 4t$ のラプラス変換を求めよ.

(ウ) $F(s) = \frac{1}{(s+4)^2+9}$ のラプラス逆変換を求めよ.

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 電子システム専攻

3. 電磁気学

- (1) 図1 (ア) に示すように、空气中に置かれた2枚の平行平板電極からなるコンデンサーがある。電極の面積を S [m²]、極板間隔を d [m]とし、両電極に $\pm Q$ [C]の電荷を与えると、次の問いに答えよ。ただし、 $Q > 0$ 、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]とし、空気の比誘電率を1とする。
- (a) 電極間の電位差 V_1 [V] を求めよ。
- (b) 図1(イ)に示すように、電極間に電極の面積 S [m²]、厚さ $d/2$ [m]、比誘電率 ϵ_r の誘電体を挿入する。このときの静電容量 C [F] を求めよ。ただし、誘電体の底面は電極と合同であり、下側の電極の上面すべてを覆うように誘電体と電極が接しているとする。
- (c) (b)の誘電体を挿入したところ、電極間の電位差が挿入前の0.60倍になった。挿入した誘電体の比誘電率 ϵ_r の値を求めよ。

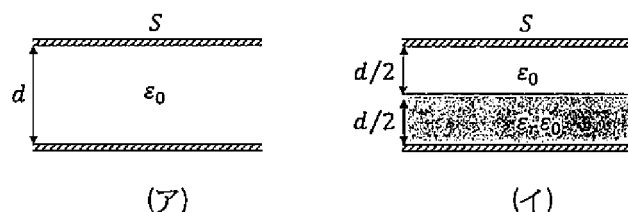


図1

- (2) 図2に示すように、 y 軸方向に延びた間隔 d [m] の無限長直線導体対 AB および CD が間隔 L [m] を隔てて平行に xy 平面上に配置されている。直線導体 A、B、C、D の x 座標をそれぞれ $-d$ 、 0 、 L 、 $L+d$ とし、各直線導体の太さは無視できるものとして、次の問いに答えよ。
- (a) y 軸上に置かれている直線導体 B に y 軸の負の方向に向かって電流 I [A] が流れており、直線導体 A、C、D には電流が流れていない場合、直線導体 B を流れる電流によって点 $(x, 0, 0)$ に生じる磁界 H [A/m] の方向と大きさを求めよ。
- (b) 直線導体対 AB および直線導体対 CD に図2に示す向きに電流 I [A] が流れている。直線導体対 CD 間の x 軸方向の長さ d [m]、 y 軸方向の長さ Δy [m] の長方形の領域において、直線導体対 AB を流れる電流によって生じる磁束 Φ [Wb] を求めよ。
- (c) 直線導体対 AB と直線導体対 CD の間の単位長さあたりの相互インダクタンス M [H/m] を求めよ。

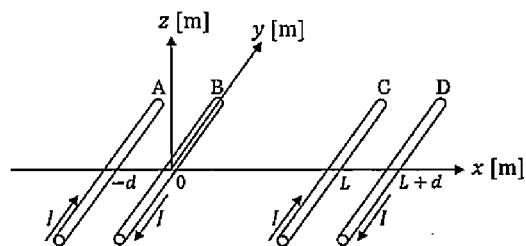


図2

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 電子システム専攻

4. 物性／半導体

(1) 銅 (Cu) 結晶に関して、以下の設問に答えなさい。

- (A) 銅の単結晶は図1の黒点の位置に原子を配置した立方体の単位格子が繰り返されて構成されている。本単位格子は14種類のブラベ格子型の分類では、立方晶系に属する3種類の格子の1つであるが、その名称を書きなさい。
- (B) 上記単位格子の一边の長さは、格子定数 a と呼ばれ、銅結晶の場合は $a = 3.61 \text{ \AA}$ である。銅結晶の 1 cm^3 あたりに存在する原子数、すなわち原子数密度 $n \text{ 個/cm}^3$ を求めなさい。ただし、 $3.61^2 = 13.0$ 、 $3.61^3 = 47.0$ として計算しなさい。
- (C) 銅の密度 $D \text{ g/cm}^3$ を求めなさい。ただし、銅の原子量は63.5、アボガドロ定数（物質質量1molを構成する粒子数） $N_{\text{avo}} = 6.00 \times 10^{23} \text{ 個/mol}$ として計算しなさい。
- (D) 銅の抵抗率 ρ は約 $1.7 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\text{m}$ と、金属の中でも小さいためLSIの配線材料によく用いられる。あるLSI中の銅配線が幅 $W = 0.1 \text{ } \mu\text{m}$ 、厚み $t = 0.2 \text{ } \mu\text{m}$ 、長さ $l = 1.0 \text{ mm}$ であった時の、この配線の長さ方向の抵抗値 $R \text{ } \Omega$ を計算しなさい。

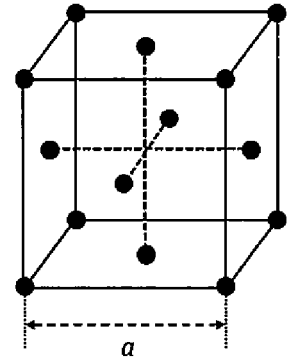


図1. 銅の単位格子の構造

(2) シリコン基板上に作成されたMOS型トランジスタに関して、以下の設問に答えなさい。

- (A) 不純物を含まないシリコン結晶の、室温での電子及び正孔のキャリア密度は $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ 個/m}^3$ であり、この値を真性キャリア密度と呼ぶ。この結晶にイオン注入を行ってドナー不純物を導入した。このとき使用される不純物原子の元素記号を一つ答え、この半導体はP型、N型のどちらになったかを答えなさい。
- (B) ドナー不純物の密度 $N_D = 1.5 \times 10^{22} \text{ 個/m}^3$ であった時、この半導体の室温での、電子のキャリア密度 $n \text{ 個/m}^3$ および正孔のキャリア密度 $p \text{ 個/m}^3$ を求めなさい。
- (C) P型シリコン基板上に作製されたMOS型トランジスタの模式図を図2に示す。このトランジスタはN型MOSトランジスタかP型MOSトランジスタのどちらであるかを答えなさい。
- (D) 直流電源に+3Vの電圧を印加した状態で、ゲート電極の電圧を+1Vに上昇させると、直流電源に電流が流れ始めた。この時ゲート電極直下の領域Aで電流を流しているキャリアの名称を書きなさい。
- (E) 電極Xは、ソース電極またはドレイン電極のどちらになるかを答えなさい。

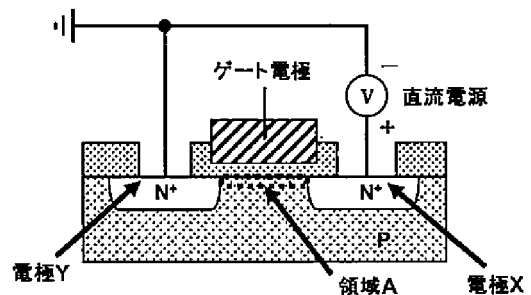


図2. MOS型トランジスタの模式図

5. 電気回路

(1) 図1に示す RLC 直列回路を考える。

- 1) 回路の合成インピーダンス Z を求めなさい。
- 2) 回路のアドミタンス Y を求めなさい。
- 3) コンダクタンス G とサセプタンス B を求めなさい。
- 4) $\omega=0$ から ∞ に対するアドミタンス軌跡を描きなさい。

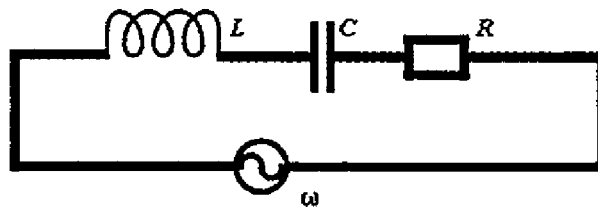


図1

(2) 図2に示す回路を考える。

- 1) $Y-\Delta$ 変換を用いて図2に示す回路を等価回路に変換しなさい。
- 2) ある周波数 ω で $V_b / V_a = 0$ を満足するという。その周波数 ω と R を求めなさい。ただし、端子 $1-1'$ は開放とする。

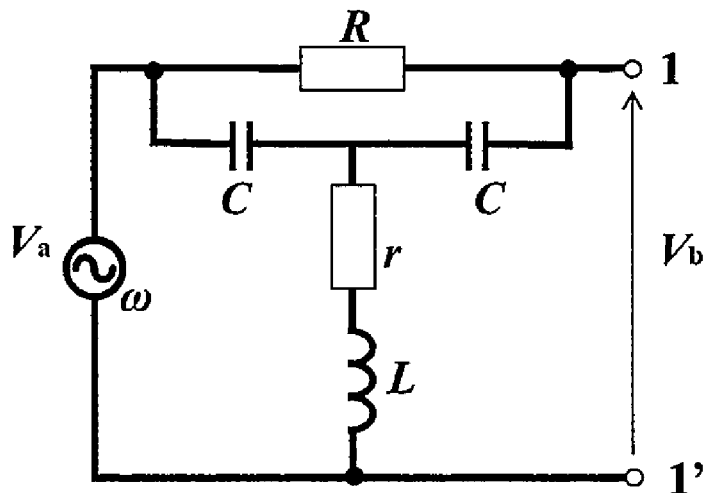


図2

6. アナログ電子回路

(1) 図1のMOSFETを用いた増幅回路について次の問いに答えよ。ただし、 C_i 、 C_o は小信号に対してリアクタンスが無視できるほど静電容量が大きく、 v_i 、 v_o は小信号電圧とする。

(a) 図1の回路全体の小信号等価回路を、図2に示すMOSFETの等価回路を用いて描け。

(b) 電圧増幅度 $A_v (= v_o / v_i)$ が次式で表されることを、(a)の等価回路を用いて導出せよ。

$$A_v \approx (-g_m R_D) / (1 + g_m R_S)$$

ただし、 $r_d \gg R_D + R_S$ とし、 $r_d + R_D + R_S = r_d(1 + (R_D + R_S)/r_d) \approx r_d$ とする。

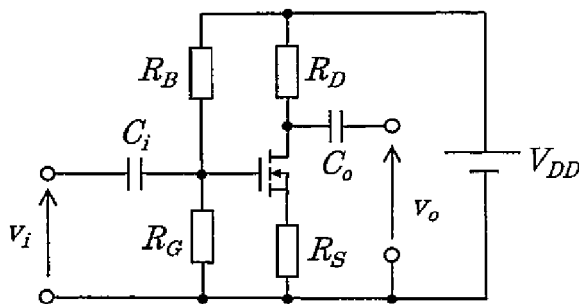


図1

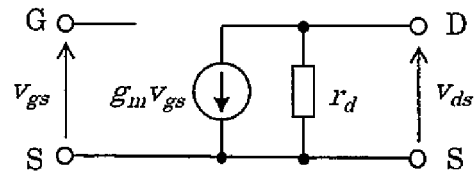


図2

(2) 図3の負帰還増幅回路について次の問いに答えよ。

(a) 入力電流 i_i に対する出力電圧 v_o の増幅度 $A_i (= v_o / i_i)$ を、増幅器の増幅度 $A_r (= v_o / i_r)$ と帰還率 β を用いて、導出過程を含めて答えよ。ただし、 $i_r = \beta v_o$ である。

(b) 負帰還増幅回路の入力インピーダンス Z_i を、増幅器の入力インピーダンス Z_{ir} と増幅度 A_r および帰還率 β を用いて、導出過程を含めて答えよ。

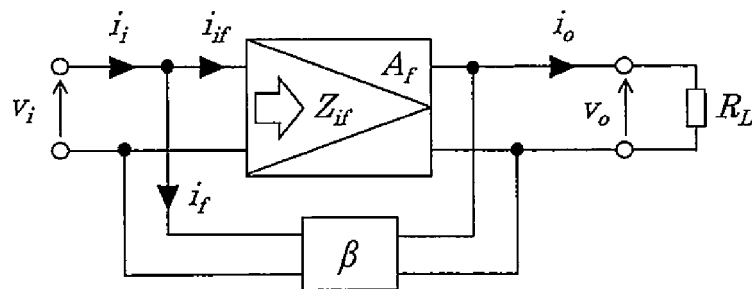


図3

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 電子システム専攻

7. 論理回路

次の設問に答えよ。

（1）以下の論理式または回路図を求めよ。なお、回路図はゲート記号を用いて作図すること。

- ① 論理関数 $f_1 = a \cdot \bar{b} + b \cdot \bar{c} + c \cdot \bar{a}$ の最簡な(最も簡単な)和積型(OR-AND 型) 論理式
- ② 論理関数 $f_2 = a \cdot (\bar{a} + b) \cdot (\bar{b} + c) + (b + \bar{c}) \cdot (c + \bar{d}) \cdot d$ の最簡な(最も簡単な)積和型(AND-OR 型) 論理式
- ③ 論理関数 f_2 の最簡な(最も簡単な)NAND 2段回路の回路図

（2）入力集合 $X = \{1, 2, 3\}$ 、状態集合 $Q = \{A, B, C\}$ 、出力集合 $Z = \{1, 2\}$ を有する順序回路の状態遷移図を表 1 に示す。ここで δ は状態遷移関数、 ω は出力関数である。以下の問いに答えよ。

- ① 初期の状態を C とする。入力系列 123123 を与えたときに得られる出力系列を求めよ。また、この入力系列を与えた後の状態を求めよ。
- ② この順序回路を単純化し、その状態遷移表を作成せよ。なお、新しい状態を表す記号は解答者が任意に決めてよい。
- ③ 上記②で単純化した順序回路の状態遷移図を作成せよ。

表 1 状態遷移表

$Q \backslash X$	δ			ω		
	1	2	3	1	2	3
A	C	B	A	1	1	2
B	C	A	B	1	1	2
C	A	B	C	2	2	1

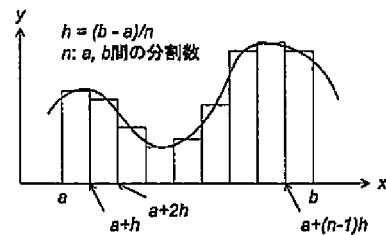
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 電子システム専攻

8. 計算機ソフトウェア

次の説明を読んで、設問に答えよ。なお、プログラムはC言語で記述されており、あ～き、こ～さには、C言語のコードが入る。

数値積分 関数 $f(x)$ の定積分を微小区間に分割して近似値として求める方法を数値積分という。以下、 $\int_a^b f(x)dx$ を求める方法を示す。

矩形則 積分区間 $[a, b]$ は n 個の等区間に分割されているものとする。得られた n 個の矩形の幅を h とすると、 $h = (b - a)/n$ である。 i 番目 ($1 \leq i \leq n$) の矩形を考えると、その高さとして $f(a + (i - 1)h)$ か $f(a + ih)$ を用いることができるが、右図にあるように区間中央の点の値 $f((a + (i - 1)h) + (a + ih)/2)$ を用いることでより正確な値が得られるものと考えられる。そして各矩形の面積を合計すると、積分区間の近似値が求まる。



(1) プログラム A は、矩形則に従い関数 $f(x)$ の近似値を求めるプログラムである。プログラム中の空欄 あ～き を埋めよ。ただし、う は define で定義した文字列を用いて表せ。

```

1  /*****プログラムA*****/
2  #include<stdio.h>
3  #include<math.h>
4  #define f(x) (sqrt(9 - (x)*(x))) //被積分関数
5
6  int main(void){
7      int k;
8      double a, b, n, h, x, s, t, sum;
9
10     a = 0, b = 2; //積分区間
11     n = 50; //a～b間の分割数
12     h = あ; //区間幅
13     x = い; //xの初期値
14     t = a, s = 0; //作業用変数
15     sum = 0; //近似値

```

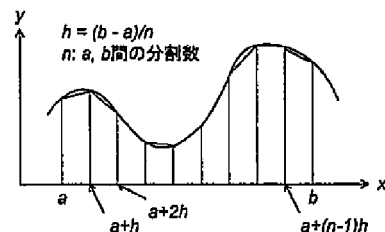
```

16
17 //矩形則による定積分
18 for(k = 1; k <= n - 1; k++){
19     x = x + h;
20     s = う; //区間中央値を計算
21     t = え;
22 }
23 sum = h * s; //定積分値
24
25 printf("関数f(x)における区間 お
26        か の定積分値は き となる。
27        \n", a, b, sum);
28 }

```

(2) 次に、より近似値の精度を向上させるため、台形則に従いプログラム A の 17～23 行目を書き換える。空欄 く～さ を埋めよ。ただし、こ はプログラム A で define で定義した文字列を用いて表せ。

台形則 積分区間 $[a, b]$ は n 個の等区間に分割されているものとする。右図の通り得られた n 個の台形の幅を h とすると、 $h = (b - a)/n$ である。ここで n 個の台形の合計面積を求めると、 $\int_a^b f(x)dx = h\{\frac{1}{2}(\text{く}) + f(a + h) + f(a + 2h) + \dots + \text{け}\}$ と表すことができる。



```

17 //台形則による定積分
18 for(k = 1; k <= n - 1; k++){
19     x = x + h;
20     s = こ;
21 }
22 sum = h * さ;

```

(3) より広い積分区間の近似値を求めるため、プログラム A に初期値として $a = 0$, $b = 4$ を代入して計算を行ったところ、近似値 sum の出力に nan と表示された。この言葉の意味と、これが出力された理由を答えよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

機 械 シ ス テ ム 専 攻

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法

問題用紙が志望専攻の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

機械システム専攻：次の1～3のすべてに解答すること（3問必答）。

1. 線形代数
2. 解析学
3. 力学

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻数理科学コース・機械システム専攻

10:00～12:00（120分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 機械システム専攻

1. 線形代数

(1) 行列 A

$$A = \begin{bmatrix} 2 & & & \\ -3 & 1 & & \\ 1 & 2 & 1 & \\ -1 & -1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & -3 & 1 & -1 \\ & 1 & 2 & -1 \\ & & 1 & -2 \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

に対して，以下の問いに答えよ．

- (1-1) 行列 A の行列式を求めよ．
(1-2) $d = [4, -5, 7, -10]^T$ とする．連立一次方程式 $Ax = d$ を解き，
ベクトル x の値を求めよ．
(1-3) 行列 A が正定であることを示せ．

(2) ベクトル a, b, c を， $a = [2, -1, 3]^T$ ， $b = [-1, 1, 1]^T$ ， $c = [-4, -5, 1]^T$
とする．以下の問いに答えよ．

- (2-1) ベクトル a, b, c が互いに直交することを示せ．
(2-2) 任意の実数 u, v に対して

$$a = P(a + ub + vc)$$

を満たす 3×3 行列 P を求めよ，

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 機械システム専攻

2. 解析学

次の設問に答えよ。

- (1) 次の微分方程式の一般解を求めよ.

(a) $\frac{d^2x}{dt^2} - 2\frac{dx}{dt} - 3x = 0$ (b) $\left(\frac{dy}{dx}\right)^3 = 216y^2$

- (2) 次の値を計算し, $x + yi$ の形で表せ. ($i = \sqrt{-1}$ とする.)

(a) $e^{4 - \frac{\pi i}{2}}$ (b) $\left(\cos \frac{\pi}{6} + i \sin \frac{\pi}{6}\right)^3$

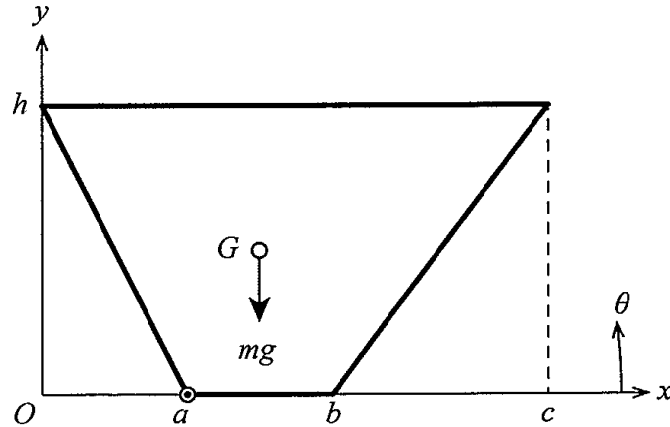
- (3) 双曲的放物面 $z = 2xy$ と柱面 $(x - 5)^2 + (y - 2)^2 = 1$ および平面 $z = 0$ で囲まれた部分の体積 V を求めよ.
($x - 5 = r \cos \theta$, $y - 2 = r \sin \theta$ とおき 2 重積分を利用する.)

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 機械システム専攻

3. 力学

次の設問に答えよ。

(1) 図のような、直角座標系 $O-xy$ に置かれた均質な台形板の重心座標を求めよ。ただし $c > b > a > 0$ 、 $h > 0$ とする。また y 軸の負の方向に重力加速度 g が働き、台形板が a 点で摩擦なしで回転できるように x 軸上に置かれた状態で、 O を中心に θ 方向に x 軸を回転させたとき、台形板が転倒する角度を求めよ。ただし台形板は、 $\theta = 0$ の時に転倒しないような形状であるとする。



(2) 静止座標系 $O-xyz$ と、 $O-xyz$ 座標系の z 軸を回転軸として角速度 ω の一定角速度で回転する等速回転座標系 $O-x'y'z$ の二つの座標系を考える。 x 軸と x' 軸が一致する時刻を $t = 0$ とし、 z 軸の負の方向に重力加速度 g が働くものとする。そして、 $t = 0$ で $x' = a$ 、 $y' = 0$ 、 $z = h$ の位置から質量 m の質点を静かに離す。このとき、以下の問に答えなさい。

- 質点の z 座標が0となったときの質点の $O-xyz$ 座標系からみた xy 座標、および $O-x'y'z$ 座標系からみた $x'y'$ 座標を求めなさい。
- 等速回転座標系 $O-x'y'z$ における x' と y' について、この質点の運動方程式と初期値を求めなさい。
- (b)の運動方程式を解き、質点の $x'y'$ 座標を時間の関数で表しなさい。区間 $(0, \infty)$ で区分的に連続な関数 $f(t)$ と三角関数に対する以下のラプラス変換を用いても良い。

$$\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$$

$$\mathcal{L}[\dot{f}(t)] = F(s) - f(0)$$

$$\mathcal{L}[\ddot{f}(t)] = F(s) - sf(0) - \dot{f}(0)$$

$$\mathcal{L}[\sin \omega t] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$$

$$\mathcal{L}[\cos \omega t] = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$$

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

機 械 シ ス テ ム 専 攻

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻の問題であることを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

機械システム専攻：次の1～3のすべてに解答すること（3問必答）。

1. 線形代数
2. 解析学
3. 力学

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻数理科学コース・機械システム専攻

10:00～12:00（120分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 機械システム専攻

1. 線形代数

- (1) 次に示す行列 A の逆行列 A^{-1} を求めよ.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -4 \\ 3 & 1 & 0 \\ 5 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

- (2) 2つのベクトル $\vec{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $\vec{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ に垂直な単位ベクトルをすべて求めよ。

- (3) 点 $A(2, 2, 0)$, 点 $B(2, -3, \sqrt{5})$, 点 $C(1, -1, 0)$ がある.

(a) 角度 $\angle ACB$ の値を求めよ.

(b) $\triangle ABC$ の面積を求めよ.

- (4) 次の行列 B で表される 1 次変換によって直線 $y = kx$ 上の点が常に直線 $y = x$ 上に移るとき、 k の値を求めよ.

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}$$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 機械システム専攻

2. 解析学

(1) 次の微分方程式の一般解を手順に従って求めよ。

$$(A) \quad \frac{dy}{dx} = 1 + 0.01y^2 \quad (1)$$

a) $y = 10t$ において、 dt/dx を t によって表せ。

b) これを用いて、式 (1) の一般解を求めよ。ヒント: $\int \frac{dz}{1+z^2} = \text{Arctan } z$

$$(B) \quad \frac{dy}{dx} - y = 4 \quad (2)$$

a) 変数分離を用いて、式 (2) の一般解を求めよ。

(2) 次の積分を手順に従って計算せよ。

$$\int_0^\pi \frac{d\theta}{k + \cos\theta} \quad (k > 1) \quad (3)$$

$e^{i\theta} = z$ とおくとき、

a) $\cos\theta$ を z を使って表せ。

b) $d\theta$ を z を使って表せ。

c) 式 (3) を z を使って $\int_C [\dots] dz$ の形で表せ。ただし、曲線 C は図 1 に示す経路をもつ。

d) 問 (c) で求めた被積分関数の極を求めよ（このとき積分範囲に注意すること）。

e) この被積分関数の留数を計算せよ。

f) 以上の結果を用いて式 (3) の積分を求めよ。

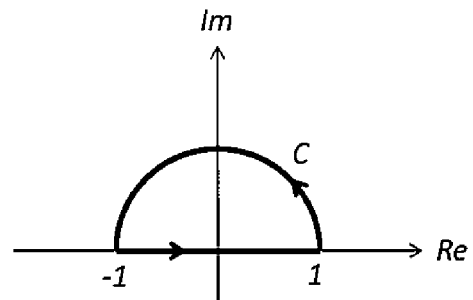


図 1 積分経路 C

(3) xy 平面上の二次元の速度ベクトルを $\vec{v}(x, y) = (-\omega y, \omega x)$ とする。このとき、中心 $(0, 0)$ 、半径 R の円 C のまわりを反時計まわりに下記の線積分をしたとき、これを手順に従って計算せよ。

$$\int_C (v_x dx + v_y dy) \quad (4)$$

a) 極座標 (r, θ) を使って x, y 座標を表せ。

b) 極座標 (r, θ) を使って式 (4) を表せ。

c) 式 (4) の積分を求めよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 機械システム専攻

3. 力学

(1) 図1のように、質量が M の一様な直方体を水平面上に置く。以下では、紙面に垂直な方向の運動は考えないものとする。直方体の側面の幅を a 、高さを b とする。重力加速度の大きさは g とする。長さ l の軽い棒の A 端を直方体の前面に固定し、B 端に軽くて伸びないひもを取り付け、ひもの端に質量 m_1 の小球をつるした。棒と直方体の前面がなす角は θ とする。

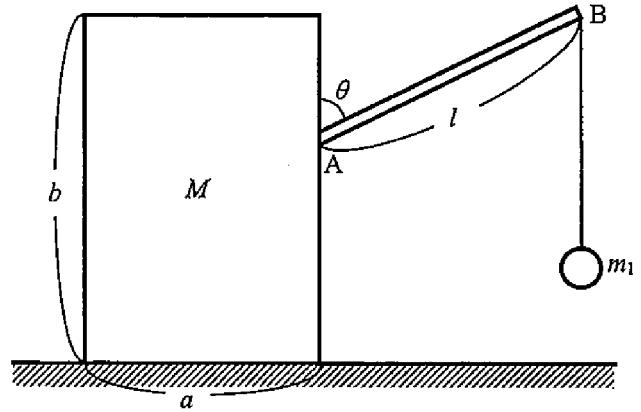


図 1

- (a) A 端に働く力のモーメントの大きさを求めよ。
- (b) 小球の質量を大きくしていくと、あるところから直方体が前方に傾き始めた。このことが起こる小球の質量の最小値を求めよ。

(2) 次に、図2のように、棒の B 端に軽くて大きさの無視できるなめらかな滑車を取り付けた。直方体の上面はなめらかで、この面上に質量 m_2 の小物体を置いた。ひもを滑車に通し、一方の端を小物体に取り付け、他方の端に質量 m_1 の小球をつるした。直方体は水平面上に固定した。小物体を大きさ F の力ですべらせて小球を持上げた。小物体の加速度の大きさを求めよ。

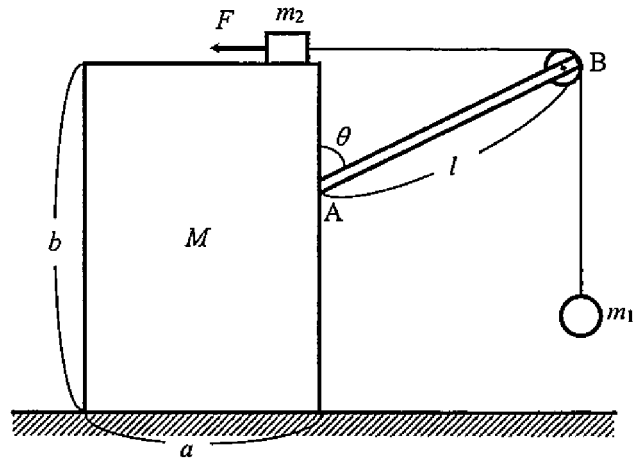


図 2

(3) 次に、図3のように、直方体の上面に半径 R 、慣性モーメント I のドラムを取り付けた。ひもを滑車に通し、一方の端をドラムに取り付け、他方の端に質量 m_1 の小球をつるした。ドラムを大きさ T のトルクで回転させて小球を持上げた。ドラムの角加速度の大きさを求めよ。

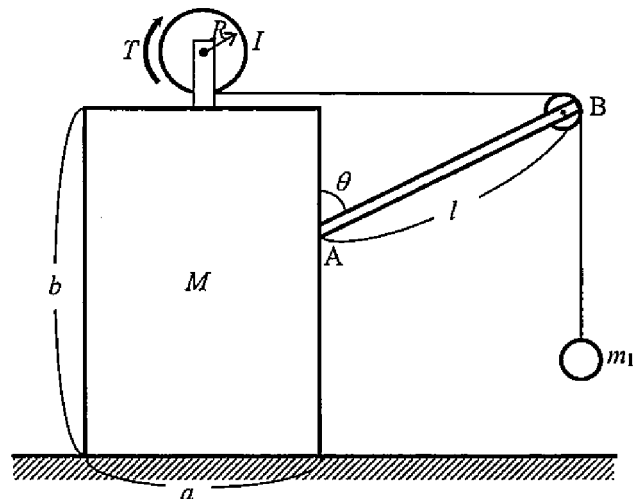


図 3

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【A方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法

問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【A方式】：次の1の必答、および2～5の中から2問選択し、合計3問解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 構造力学・材料学
3. 水理学・土質力学
4. 計画理論・計画数理
5. 都市地域計画・交通計画

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

次の3つの設問（（1）微分方程式，（2）線形代数，（3）確率・統計）のうち，2問を選択して答えること。
なお，計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

1) 物理的または社会的な事象の表現に用いる「変数分離系」の常微分方程式の例を書き，一般解を導け。またその物理的または社会的な事象を数行程度で説明せよ。さらに，代表的な「解」の概略をグラフで示した上，安定する「平衡点」があるかどうか説明せよ。

2) 次の微分方程式の一般解を求め， y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - 16y = 0$$

また， $t=0$ において $y(0)=1$ と $\left.\frac{dy}{dt}\right|_{t=0}=0$ が与えられたときの解を求めよ。

（2）線形代数

1) 3点 $(1, -1, 1)$ ， $(-1, 0, 1)$ ， $(2, 1, -4)$ を通る平面の方程式を求めよ。

2) ベクトル $a = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix}$ ， $b = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$ について，以下の問いに答えよ。

- ① a と b の両方に垂直な単位ベクトル e を求めよ。
- ② a と b の内積を求めよ。
- ③ a と b のノルムをそれぞれ求めよ。
- ④ a と b のなす角度を求めよ。

3) 行列 $A = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}$ について，以下の問いに答えよ。

- ① 行列 A の固有値 λ ，固有ベクトル x を全て求めよ。
- ② 行列 A を対角化するための変換行列 P およびその逆行列 P^{-1} を求めよ。
- ③ 行列 A を対角化せよ。

（3）確率・統計

1) 母分散が未知である集団から大きさ12の標本を抽出した結果，その標本平均 $\bar{X}$ は10.0，標本分散（不偏分散） s^2 は6.0であった。この母集団の平均 μ の95%信頼区間を求めよ。ただし，必要があれば $\sqrt{2}=1.41$ ， $\sqrt{3}=1.73$ の値を用い，棄却域の境界値は右の t 分布表を用いて求めよ。

2) 2変数を持つ n 個のデータ (x_i, y_i) ($i=1, 2, 3, \dots, n$)について，以下の問いに答えよ。

① $C_{xy} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}$ で算出される数値のことを何と呼ぶか。ここで $\bar{x}$ ， $\bar{y}$ はそれぞれ x_i ， y_i の平均値である。

② 最小二乗法による y の x への回帰直線は， C_{xy} および x の標本分散である s_x^2 を用いて

$$y - \bar{y} = \frac{C_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x}) \quad (\text{以下(1)式と呼ぶ})$$

で表される。一方，2変数 x, y を標準化した（平均0，分散1となるよう変換した）変数をそれぞれ v, w とすると，(1)式は $w = r \times v$ の形になる。(1)式を実際に変形することにより， r を C_{xy} ， s_x ， s_y を用いて表現せよ。

③ この時の r は一般に何と呼ばれる数値か。また，どのような範囲を取り得る数値で，どのような値がどのような意味を持つか。

④ 3個のデータ $\{(x, y) : (1, 7), (3, 3), (5, 2)\}$ に対して，最小二乗法による y の x への回帰直線と r の値を求めよ。必要があれば $\sqrt{2}=1.41$ ， $\sqrt{3}=1.73$ ， $\sqrt{7}=2.65$ の値を用いよ。

t 分布表（抜粋）

$\phi \sim \alpha$	0.025	0.05	0.1
6	2.447	1.943	1.440
10	2.228	1.812	1.372
11	2.201	1.796	1.363
12	2.179	1.782	1.356
13	2.160	1.771	1.350

ϕ : 自由度

α : 上側確率

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 A方式

2. 構造力学・材料学

（この設問は2ページあります。1ページ目。）

- (1) 図-1に示す静定ラーメン構造について、以下の問いに答えなさい。柱とはりの断面は一樣で、一辺が b の正方形である。ヤング係数は E とする。必ず導出過程も記述すること。

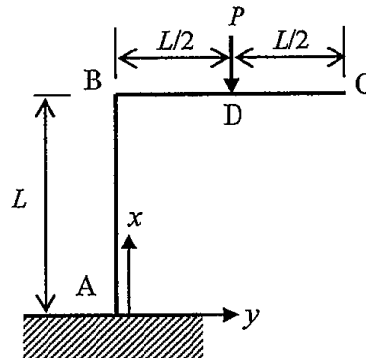


図-1

- a) 支点反力を全て求めなさい。
- b) 曲げモーメント図、せん断力図、および軸力図を描き、極値をとる点など主な点に数値を記入しなさい。
- c) ラーメン構造部材に生じる断面に垂直な応力において、絶対値での最大応力を絶対値で答えなさい。答は P 、 L 、 b を用いて表わすこと。
- d) B 点の回転角を求めなさい。軸力の影響は無視して良い。時計回りを正とし、答は P 、 L 、 b 、 E を用いて表わすこと。
- e) C 点の鉛直方向変位を求めなさい。軸力の影響は無視して良い。下向きを正とし、答は P 、 L 、 b 、 E を用いて表わすこと。

(2) 次の ア ～ カ にあてはまる適切な単語や数値を答えなさい。

- a) 骨材の粒子は様々な形や大きさをしており、どの大きさの粒子がどのくらいの割合で含まれているかを示す指標のことを ア と呼ぶ。ア は、簡易的に管理するために粗粒率 (F.M.) と呼ばれる数値で表現する。ふるい分け試験を実施して下表のような結果が得られた場合、粗粒率を計算すると粗骨材は イ、細骨材は ウ となる。

(なお、粗粒率の計算に使用しないデータも2個含まれている。イ と ウ は有効数字3桁の数値を答えること。)

ふるいの呼び寸法 (mm)	50	40	20	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	受け皿
ふるいにとどまるものの 質量百分率 (%) : 粗骨材	0	5	57	82	97	100	100	100	100	100	100
ふるいにとどまるものの 質量百分率 (%) : 細骨材	0	0	0	0	3	11	30	52	79	95	100

2. 構造力学・材料学

(この設問は 2 ページあります。つづき 2 ページ目。)

- b) コンクリートの中で最も密度が小さい水が他の材料と分離、コンクリートの上面に向かって移動する現象を と呼ぶ。 には微粒分が含まれているため、表面の水が乾燥すると微粒分が層となって残る。これをレイタンスと呼ぶ。レイタンス上にさらにコンクリートを打込む場合、この微粒分の層を挟んでしまい接着が悪くコンクリートの一体化が図れなくなり、 と呼ばれる施工欠陥が生じる。
- c) 硬化コンクリートは構造物自体を支える役割があるため、構造物を支えるために強度が必要である。コンクリートの強度に影響する因子として があり、これが小さいとセメントが多いペーストになるため、強度が高くなる。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式

3. 水理学・土質力学

以下の4問の中から2問を選び、解答せよ。

【水理学1問目】

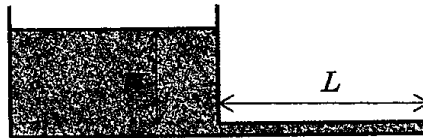
次の用語の中から3つを選び、定義等について簡潔に説明せよ。

- ① 常流と射流
- ② 比エネルギーと比力
- ③ 摩擦損失係数
- ④ 完全流体
- ⑤ ベルヌーイの定理

【水理学2問目】

下図のように深さ H の水が入った水槽の底面に管径 d 、長さ L の円管が設置されている。摩擦損失係数を f とし、重力加速度を g として、管から流出する流量 Q を求めよ。ただし、局所損失は考えないものとし、水槽の断面は十分に大きいものとする。

また、摩擦損失係数は変えられないものとして、流出流量を増加させる方法を考えよ（解答は一つとは限らない）。



【土質力学1問目】

間隙率 37%、土粒子密度 2.66 g/cm^3 の砂がある。このとき次の値を求めよ。ただし、 $\rho_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$ とする。

- ① 間隙比
- ② 乾燥密度
- ③ 飽和度 30% のときの湿潤密度
- ④ 飽和度 100% のときの湿潤密度

【土質力学2問目】

次の用語の中から3つを選び、定義、意義等について簡潔に説明せよ。

- ① 粒度
- ② ダイレイタンシー
- ③ モール・クーロンの破壊基準
- ④ ランキン土圧
- ⑤ ケーソン基礎

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 環境都市専攻 A方式

4. 計画理論・計画数理

- (1) 工場で2つの製品A, Bを生産する問題について考える。製品A, Bを1kg生産するために必要な材料P, Qの量と、製品A, Bを1kg生産することによる利益、使用できる材料P, Qの上限は、下表の通りである。これをもとに、工場の利益を最大にするための製品A, Bの生産量 x_1, x_2 を求めたい。

	製品A	製品B	材料の上限
材料P (kg)	2	5	260
材料Q (kg)	4	3	240
利益 (万円)	40	60	

- a) この問題を線形計画問題として定式化したときの、目的関数と制約条件を示せ。
- b) この問題の実行可能領域の形状を、 x_1 - x_2 平面上に  で示せ。
- c) この問題の最適解をb)の x_1 - x_2 平面上に図示せよ。また、このときの製品A, Bの生産量 x_1, x_2 と、工場の利益はいくらになるか。
- d) いま、製品Aの価格が下落し、製品Aを1kg生産することによる利益が20万円となった。このとき、工場の利益を最大にするための製品A, Bの生産量 x_1, x_2 を求めたい。
- この問題の実行可能領域の形状を x_1 - x_2 平面上に  で示し、最適解をこの x_1 - x_2 平面上に図示せよ。また、このときの製品A, Bの生産量 x_1, x_2 と、工場の利益はいくらになるか。
- (2) ある建設会社では、資材を3箇所の生産工場から2箇所の工事現場へ輸送している。各生産工場の生産量、各工事現場の需要量、および各生産工場から各工事現場まで資材を輸送するときの単位輸送費用は、それぞれ表-1、表-2、表-3の通りである。これらにもとづき、総輸送費用が最小となる資材の輸送計画を作成したい。

表-1 各生産工場の生産量 (ton)

生産工場	1	2	3
生産量	100	100	200

表-2 各工事現場の需要量 (ton)

工事現場	1	2
需要量	160	240

表-3 各生産工場から各工事現場までの単位輸送費用 (万円/ton)

		工事現場	
		1	2
生産工場	1	30	20
	2	40	30
	3	20	20

- a) 北西隅ルールにもとづく、この問題の実行可能解を作成せよ。また、このときの総輸送費用を求めよ。
- b) この問題を解き、総輸送費用が最小となる各生産工場から各工事現場までの資材の輸送量を求めよ。また、このときの総輸送費用を求めよ。

5. 都市地域計画・交通計画

この問題は、問題作成の都合上、公開していません

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【A方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であることを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【A方式】：次の1の必答、および2～5の中から2問選択し、合計3問解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 構造力学・材料学
3. 水理学・土質力学
4. 計画理論・計画数理
5. 都市地域計画・交通計画

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。1ページ目。）

次の3つの設問（（1）微分方程式、（2）線形代数、（3）確率・統計）のうち、2問を選択して答えること。
選んだ設問の番号を必ず書いて解くこと。なお、計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

1) 微分方程式の分類を示す例として、

- ① 同次微分方程式の簡単な例と非同次微分方程式の簡単な例を書け。
- ② 一階線形常微分方程式の簡単な例と二階線形常微分方程式の簡単な例を書け。
- ③ 非線形である変数分離系の微分方程式の例を書け。また、その式の一般解を導け。

2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + y = t$$

また、 $t=0$ において $y(0)=0$ と $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 1$ が与えられたときの解を求めよ。

(Hint; 特殊解は非常に単純.)

3) n 階同次線形微分方程式に対して、一次独立する解の数について説明せよ。

（2）線形代数

1) 点 $P = (5, -1, 3)$ を通り、ベクトル $a = (2, 3, -4)$ に垂直な平面の方程式を求めよ。

2) 行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$ 、行列 $P = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -2 & -1 \end{pmatrix}$ について、次の問に答えよ。

- ① $P^{-1}AP$ を求めよ。
- ② A^n を求めよ。 ($n=1, 2, 3, \dots$)

3) 行列 $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① 行列 A の固有値、固有ベクトルを求めよ。
- ② 行列 A を対角化せよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。つづき2ページ目。）

（3）確率・統計

- 1) X は正の値をとる確率変数で、その確率密度関数が $f(x) = a \sin x \cos x$ ($0 < x < \frac{\pi}{2}$) である場合、 a の値を計算せよ。

- 2) ある正規母集団から取り出した $n = 12$ の標本分散 s^2 は196であった。この母集団の分散 σ^2 は $\sigma_0^2 = 100$ より大きいと言えるか。以下の手順にしたがって検定せよ。

- ① 帰無仮説 H_0 および対立仮説 H_1 を示せ。
- ② 検定統計量 $\chi^2 = (n-1)s^2 / \sigma_0^2$ を計算せよ。
- ③ H_0 のもとで χ^2 は自由度 $n-1$ のカイ二乗分布に従うことがわかっている。右表を参照に、有意水準5%で検定する際の棄却域の境界値を示せ。
- ④ 検定結果を説明せよ。

χ^2 分布表(抜粋)

$\phi \backslash \alpha$	0.975	0.95	0.05	0.025
10	3.25	3.94	18.3	20.5
11	3.82	4.57	19.7	21.9
12	4.40	5.23	21.0	23.3
22	11.0	12.3	33.9	36.8

ϕ : 自由度

α : 上側確率

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 A方式

2. 構造力学・材料学

(1) 以下の問いに答えよ。図-1 から図-3 においては ab の断面は一樣で、曲げ剛性 EI は一定とする。必ず導出過程も示すこと。

- a) 図-1 の片持ちばり ab について、曲げモーメント図を描き、主な点に値を記入せよ。
- b) 図-1 の片持ちばり ab について、 b 点のたわみを求めよ（下向きが正）。
- c) 図-2 の片持ちばり ab について、 b 点のたわみを求めよ（下向きが正）。
- d) 図-2 の片持ちばりの b 点をバネ定数 k のバネで支え、図-3 のような不静定はりとした。 $q = \frac{8P}{L}$ および $k = \frac{3EI}{L^3}$ とするとき、 b 点のたわみを P, L, E, I を用いて求めよ（下向きが正）。なお、設問 a)～c) の解答を用いても良い。

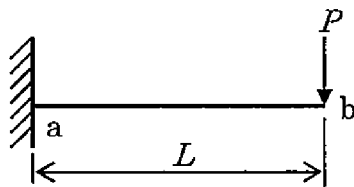


図-1

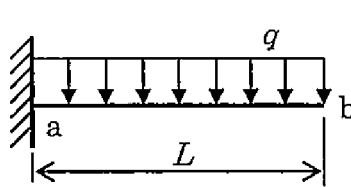


図-2

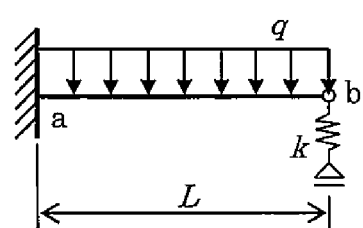


図-3

(2) 次の文章で①～⑩にあてはまる適切な語句を選べ。

- a) 鋼材の熱膨張率は、コンクリートと比較して①（同等・2 倍・0.5 倍）である。SD490 の SD は②（丸鋼・異形鋼棒・PC 鋼棒）の記号であり、490 は③（降伏点・引張強さ・破断時の強さ）を示している。
- b) フレッシュコンクリートのスランブ試験において、スランブ値に影響を与える空気泡は④（エントレインドエア・エントラップトエア・マイクロエア）である。スランブ試験は、コンクリートの⑤（ワーカビリティ・コンシステンシー・プラスティシティ）を測定する試験である。
- c) 硬化コンクリートの圧縮強度、引張強度、曲げ強度はそれぞれ異なり、圧縮強度を 1 とすると、引張強度は圧縮強度の約⑥（ $1/2$ ・ $1/10$ ・ $1/15$ ）、曲げ強度は圧縮強度の約⑦（ $1/2$ ・ $1/5$ ・ $1/10$ ）である。コンクリートの圧縮強度は、⑧（水セメント比・細骨材率・セメント水比）にほぼ比例して大きくなる。
- d) コンクリート構造設計では、安全を確保するために、⑨（せん断・曲げ・圧縮）破壊よりも⑩（せん断・曲げ・圧縮）破壊が先行するように設計する。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕環境都市専攻 A方式

3. 水理学・土質力学

以下の4問の中から2問を選び、解答せよ。選んだ設問番号を必ず書いて解くこと。

【水理学1 問目】

次の用語の中から3つを選び、簡潔に説明せよ。

- ① 常流と射流
- ② 等流
- ③ 局所損失
- ④ 流線
- ⑤ ベルヌーイの定理

【水理学2 問目】

- (1) 長方形断面水路において、単位幅流量を q 、水深を h 、重力加速度を g として比エネルギー H_0 を示せ。
- (2) 単位幅流量一定のもとで比エネルギーが最小となる水深を求めるとともに、この時のフルード数を示せ。

【土質力学1 問目】

土のせん断試験に関する以下の問いに答えよ。

- 1) 土の一軸圧縮試験の①目的、②実験より得られる土質定数、③破壊時のモールの応力円について説明せよ。
- 2) CU 試験と $\overline{CU}$ 試験の関係について破壊時のモールの応力円に基づいて説明せよ。
- 3) 飽和した粘土試料に対して UU 試験を実施することの意義について説明せよ。
- 4) 砂試料については通常 CD 試験が実施される。その理由を述べよ。一方、粘土試料については、CD 試験はほとんど実施されない。その理由を述べよ。

【土質力学2 問目】

次の用語の中から3つを選び、定義、意義等について簡潔に説明せよ。

- ① コンシステンシー
- ② 過圧密粘土
- ③ クーロン土圧
- ④ テルツァーギの支持力理論
- ⑤ 斜面安定性評価のための安全率

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式

4. 計画理論・計画数理

- (1) プロジェクトライフが 3 年間のプロジェクトについて、費用便益分析によって 2 つの代替案を比較し、優劣を判断したい。それぞれの代替案の 1 年後、2 年後、3 年後の便益と費用は、下表の通りである。社会的割引率を 10%として、以下の問いに答えよ。

	代替案 1		代替案 2	
	便益	費用	便益	費用
1 年後	10	20	30	60
2 年後	30	10	60	15
3 年後	30	10	60	15

(単位：百万円)

- a) 各代替案の総便益と総費用の現在価値を求めよ。
- b) 各代替案の経済的純現在価値 (ENPV) を求めよ。また、経済的純現在価値 (ENPV) にもとづくと、2 つの代替案のうち、いずれが良いと判断されるか。
- c) 各代替案の費用便益比 (CBR) を求めよ。また、費用便益比 (CBR) にもとづくと、2 つの代替案のうち、いずれが良いと判断されるか。
- (2) 社会基盤（インフラストラクチャー）のうち、都市間高速道路の整備における便益にはどのようなものがあると考えられるか。想定される便益の項目と、その便益を定量的に計測、評価するための方法論について説明せよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式

5. 都市地域計画・交通計画

（1）以下の問いに答えよ。

- a) 都市における洪水災害に関する用語に「内水氾濫」と「外水氾濫」があるが、その違いについて、それぞれの発生メカニズムをふまえて説明しなさい。
- b) サンフランシスコ市をはじめとする米国の歴史都市では、限られた面積で質の高いオフィス開発を推進するために、開発許可を出す際に申請案を相対比較する審査制度があるが、そのプロセスについて簡単に説明しなさい。

（2）以下の用語について、（ ）内の語句のうち適切な語句を5つ以上用いて簡潔に説明せよ。

- a) 土地区画整理事業（換地、公共施設、保留地、権利変換、権利床、減歩、保留地、道路・公園）
- b) 都市計画マスタープラン（都道府県、市町村、都市計画区域、区域区分、市町村界域、都市計画決定、議会決定、住民参加、建築基準法、都市計画法）

（3）交通需要予測に関する以下の問いに答えよ。

- a) 発生・集中交通量の予測において、通勤トリップの集中交通量を回帰モデルを用いて予測したい。回帰モデルの説明変数としてどのようなものが考えられるか。
- b) 配分交通量の予測における「リンクパフォーマンス関数」とはどのようなものか、簡潔に説明せよ。
- c) 交通手段別交通量の予測において、通勤トリップの交通手段分担をロジットモデルを用いて予測したい。各交通手段のサービス水準、トリップの特性、個人や地域の特性を表す説明変数として、どのようなものが考えられるか。
- d) 分布交通量の予測における「現在パターン法」と「重力モデル法」の違いについて、簡潔に説明せよ。
- e) 一般的な四段階推定法において「発生・集中交通量」「配分交通量」「交通手段別交通量」「分布交通量」の予測の順序はどのようなになるか。適切な順序に並び替えよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【B方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法

問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【B方式】：次の1の必答、および2～5の中から2問選択し、合計3問解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 環境力学
3. 環境科学
4. 都市地域計画
5. 環境管理技術

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式／B方式／C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

次の3つの設問（（1）微分方程式、（2）線形代数、（3）確率・統計）のうち、2問を選択して答えること。
なお、計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

- 1) 物理的または社会的な事象の表現に用いる「変数分離系」の常微分方程式の例を書き、一般解を導け。またその物理的または社会的な事象を数行程度で説明せよ。さらに、代表的な「解」の概略をグラフで示した上、安定する「平衡点」があるかどうか説明せよ。
- 2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - 16y = 0$$

また、 $t=0$ において $y(0)=1$ と $\left.\frac{dy}{dt}\right|_{t=0} = 0$ が与えられたときの解を求めよ。

（2）線形代数

- 1) 3点 $(1, -1, 1)$, $(-1, 0, 1)$, $(2, 1, -4)$ を通る平面の方程式を求めよ。

- 2) ベクトル $a = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix}$, $b = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① a と b の両方に垂直な単位ベクトル e を求めよ。
- ② a と b の内積を求めよ。
- ③ a と b のノルムをそれぞれ求めよ。
- ④ a と b のなす角度を求めよ。

- 3) 行列 $A = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① 行列 A の固有値 λ , 固有ベクトル x を全て求めよ。
- ② 行列 A を対角化するための変換行列 P およびその逆行列 P^{-1} を求めよ。
- ③ 行列 A を対角化せよ。

（3）確率・統計

- 1) 母分散が未知である集団から大きさ12の標本を抽出した結果、その標本平均 $\bar{x}$ は10.0、標本分散(不偏分散) s^2 は6.0であった。この母集団の平均 μ の95%信頼区間を求めよ。ただし、必要があれば $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$ の値を用い、棄却域の境界値は右の t 分布表を用いて求めよ。

- 2) 2変数を持つ n 個のデータ (x_i, y_i) ($i=1, 2, 3, \dots, n$)について、以下の問いに答えよ。

- ① $C_{xy} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}$ で算出される数値のことを何と呼ぶか。ここで $\bar{x}$, $\bar{y}$ はそれぞれ x_i , y_i の平均値である。

- ② 最小二乗法による y の x への回帰直線は、 C_{xy} および x の標本分散である s_x^2 を用いて

$$y - \bar{y} = \frac{C_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x}) \quad (\text{以下(1)式と呼ぶ})$$

で表される。一方、2変数 x, y を標準化した(平均0, 分散1となるよう変換した)変数をそれぞれ v, w とすると、(1)式は $w = r \times v$ の形になる。(1)式を実際に変形することにより、 r を C_{xy} , s_x , s_y を用いて表現せよ。

- ③ この時の r は一般に何と呼ばれる数値か。また、どのような範囲を取り得る数値で、どのような値がどのような意味を持つか。

- ④ 3個のデータ $\{(x_i, y_i) : (1, 7), (3, 3), (5, 2)\}$ に対して、最小二乗法による y の x への回帰直線と r の値を求めよ。必要があれば $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{7}=2.65$ の値を用いよ。

t 分布表(抜粋)

$\phi \sim \alpha$	0.025	0.05	0.1
6	2.447	1.943	1.440
10	2.228	1.812	1.372
11	2.201	1.796	1.363
12	2.179	1.782	1.356
13	2.160	1.771	1.350

ϕ : 自由度 α : 上側確率

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 B 方式

2. 環境力学（この設問は2ページあります。1ページ目）

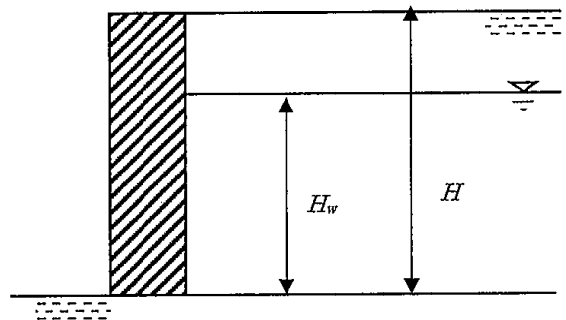
「次の設問Ⅰ～Ⅱから1問を選んで解答せよ」

Ⅰ. 以下の設問に答えよ。

土粒子の密度 $\rho_s = 2.8 \text{ t/m}^3$ の土を用い、水分を含まない乾燥土、含水比 20%、含水比 40% の土を作成した。それぞれの土を 1t ずつ混合し、突き固めて体積を 1.5 t/m^3 にした。

- (1). 乾燥土の土粒子の質量 $m_{s0} [\text{t}]$ と水の質量 $m_{w0} [\text{t}]$ 、含水比 20% の土の土粒子の質量 $m_{s20} [\text{t}]$ と水の質量 $m_{w20} [\text{t}]$ 、含水比 40% の土の土粒子の質量 $m_{s40} [\text{t}]$ と水の質量 $m_{w40} [\text{t}]$ を求めよ。
- (2). 混合土の含水比 $w [\%]$ を求めよ。
- (3). 混合土の間隙比 e を求めよ。
- (4). 混合土の飽和度 $S_r [\%]$ を求めよ。

図のように水平な砂質地盤を支える高さ $H=15\text{m}$ の擁壁がある。砂質地盤は、粘着力を持たない均質な砂質土よりなっている。地下水位が擁壁下端から $H_w=10\text{m}$ まで上昇した場合について、以下の問いに答えよ。ただし、地下水の排水は行われておらず、土と壁面の摩擦は無いものとする。また地下水位より上の土の単位体積重量を $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$ 、地下水位以下の土の単位体積重量を $\gamma_{sat}=20\text{kN/m}^3$ 、水の単位体積重量を $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$ 、主動土圧係数を $K_A=0.333$ とする。



- (5). 地下水位（壁体下端から H_w ）における壁体に作用する主動土圧応力 $\sigma_{A1} [\text{kN/m}^2]$ 、壁体下端地点における壁体に作用する主動土圧応力 $\sigma_A [\text{kN/m}^2]$ および水圧 $u_w [\text{kN/m}^2]$ を求めよ。また、圧力の分布図について土圧分布と水圧分布を描け。
- (6). 擁壁に作用する主動土圧 $P_A [\text{kN/m}]$ および壁面下端からの作用線の位置 $h_A [\text{m}]$ を求めよ。
- (7). 擁壁に作用する側圧合力 $P [\text{kN/m}]$ を求めよ。

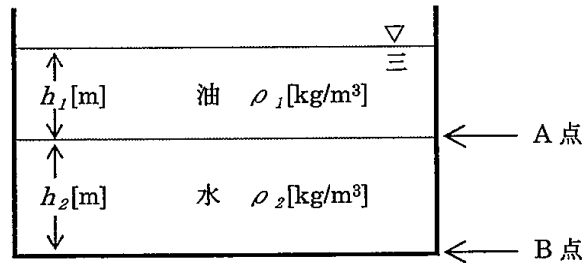
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B 方式

2. 環境力学（この設問は2ページあります。つづき2ページ目。）

「設問Ⅰ．～Ⅱ．から1問を選んで解答せよ。」

Ⅱ. 図のように上層に油、下層に水が入っている容器を考える。油の密度は $\rho_1[\text{kg/m}^3]$ 、水の密度は $\rho_2[\text{kg/m}^3]$ （ただし、 $\rho_1 < \rho_2$ ）、重力加速度は $g[\text{m/s}^2]$ として、以下の設問に答えよ。



- (1) 容器の側壁に作用する静水圧 $p[\text{N/m}^2]$ の鉛直分布を求めて図示せよ。
- (2) 容器の側壁の単位幅あたりに作用する全静水圧 $P[\text{N}]$ を求めよ。
- (3) 容器の側壁のA点（水面から深さ $h_1[\text{m}]$ の位置）に直径が無視できる程度の小さな穴をあけたとき、この穴から流出する流体の流速 $v_1[\text{m/s}]$ を求めよ。
- (4) 容器の側壁のB点（水面から深さ $h_1 + h_2[\text{m}]$ の位置）に直径が無視できる程度の小さな穴をあけたとき、この穴から流出する流体の流速 $v_2[\text{m/s}]$ を求めよ。
- (5) 今、上層の油が風により風下側へ吹き寄せられ、風下側の油面が風上側の油面に比べて a だけ上昇すると、風下側の密度界面（油と水の境界面）は風上側の密度界面に比べて b だけ下に変位する。このときの密度界面の変位 b を表す式を導出せよ。ただし、水層は静止しており、風上側における油層の厚さを $h_1[\text{m}]$ とする。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕環境都市専攻 B 方式

3. 環境科学

次の（1）から（3）の設問に答えよ。

- （1）COD（化学的酸素要求量）は、有機物質濃度を示す指標の 1 つであり、酸化剤を用いて試験試料を処理し、その際に消費される酸化剤の量を酸素当量で表したものである。我が国では、酸性の条件下で過マンガン酸カリウム（ KMnO_4 ）を酸化剤とする COD_{Mn} 法が一般的となっている。

原子量は、C は 12, H は 1, O は 16, Mn は 55, K は 39 として、以下の①～③の問いに答えよ。

- ① COD_{Mn} を測定する際には、7 価のマンガン (MnO_4^-) が 2 価のマンガンへと還元される。この酸化還元の半反応式を示せ。必要に応じて、 H^+ , e^- , H_2O を用いよ。

- ② 酸素の 1 当量は何 g か答えよ。また、0.025 N の KMnO_4 溶液 1 mL は酸素何 mg に相当するか答えよ。

ただし、 KMnO_4 の分子量は 158 とし、その 1 当量は 31.6 g とする。なお、N は規定度を意味する。

- ③ グルコース 50 mg/L およびベンゼン 50 mg/L の理論的な COD_{Mn} , COD_{Cr} , および TOC（全有機炭素）を求めよ。なお、有効数字 3 桁目を四捨五入し有効数字 2 桁で示すこと。

ただし、 COD_{Mn} の酸化率は、グルコースは 60 %, ベンゼンは 0 % とする。 COD_{Cr} は酸化剤として重クロム酸カリウムを用いた COD であり、 COD_{Cr} の酸化率は、グルコースは 100 %, ベンゼンは 20 % とする。グルコースおよびベンゼンの化学式はそれぞれ、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, C_6H_6 である。

- （2）河川における DO の変化が以下の式 1 および式 2 で表されるとき、 K_1 と K_2 の数値にはそれぞれどのような因子が影響するか説明せよ。ただし、 L は BOD (mg/L), K_1 と K_2 は係数(1/日), t は時間(日), D は溶存酸素不足量(mg/L), C_s は飽和溶存酸素量(mg/L), C_t は時間 t での溶存酸素量(mg/L)とする。

$$\frac{dD}{dt} = K_1 L - K_2 D \quad \text{式 1}$$

$$D = C_s - C_t \quad \text{式 2}$$

- （3）下記の用語のうち 3 つを選択して、それぞれの「意味あるいは事象」と「環境システム工学における活用方法または役割」を説明せよ。

- ① エコロジカル・フットプリント
- ② アルカリ度
- ③ 合流式下水道
- ④ LCC（ライフサイクルコスト）
- ⑤ 光化学スモッグ
- ⑥ SS（浮遊懸濁物質）
- ⑦ 水温躍層（水温成層）
- ⑧ 放射強制力

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B 方式

4. 都市地域計画

この問題については理工学部事務室にお問い合わせください。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 B 方式

5. 環境管理技術

問1 浄水処理技術に関する以下の問いに答えよ。

- 1.上水道で用いられる浄水処理技術は主にどのような汚濁を低減・除去する技術であるか説明せよ。
- 2.急速ろ過法のフローを示し、個々のプロセスを簡潔に説明せよ。
- 3.上水道に適用可能な消毒技術を複数挙げ、それぞれの長所と短所を簡潔に説明せよ。

問2 様々な環境管理技術が開発されているが、例えば公共用水域の環境基準達成率が100%にならない等の問題は依然として存在している。水、大気、土壌、廃棄物等の環境質から一つを選び、①その環境質において指摘される問題点、②その環境質の管理に適用される技術の例、③その環境質の保全が十分かどうか、もし十分でないのであればその理由を、それぞれ簡潔に説明せよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【B方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であることを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【B方式】：次の1の必答、および2～5の中から2問選択し、合計3問解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 環境力学
3. 環境科学
4. 都市地域計画
5. 環境管理技術

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。1ページ目。）

次の3つの設問（（1）微分方程式，（2）線形代数，（3）確率・統計）のうち、2問を選択して答えること。
選んだ設問の番号を必ず書いて解くこと。なお、計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

1) 微分方程式の分類を示す例として、

- ① 同次微分方程式の簡単な例と非同次微分方程式の簡単な例を書け。
- ② 一階線形常微分方程式の簡単な例と二階線形常微分方程式の簡単な例を書け。
- ③ 非線形である変数分離系の微分方程式の例を書け。また、その式の一般解を導け。

2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + y = t$$

また、 $t=0$ において $y(0)=0$ と $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 1$ が与えられたときの解を求めよ。

(Hint; 特殊解は非常に単純。)

3) n 階同次線形微分方程式に対して、一次独立する解の数について説明せよ。

（2）線形代数

1) 点 $P = (5, -1, 3)$ を通り、ベクトル $\mathbf{a} = (2, 3, -4)$ に垂直な平面の方程式を求めよ。

2) 行列 $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$ ，行列 $\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -2 & -1 \end{pmatrix}$ について、次の問に答えよ。

- ① $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P}$ を求めよ。
- ② $\mathbf{A}^n$ を求めよ。 ($n=1, 2, 3, \dots$)

3) 行列 $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① 行列 $\mathbf{A}$ の固有値、固有ベクトルを求めよ。
- ② 行列 $\mathbf{A}$ を対角化せよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。つづき2ページ目。）

（3）確率・統計

- 1) X は正の値をとる確率変数で、その確率密度関数が $f(x) = a \sin x \cos x$ ($0 < x < \frac{\pi}{2}$) である場合、 a の値を計算せよ。

- 2) ある正規母集団から取り出した $n = 12$ の標本分散 s^2 は196であった。この母集団の分散 σ^2 は $\sigma_0^2 = 100$ より大きいと言えるか。以下の手順にしたがって検定せよ。

- ① 帰無仮説 H_0 および対立仮説 H_1 を示せ。
- ② 検定統計量 $\chi^2 = (n-1)s^2 / \sigma_0^2$ を計算せよ。
- ③ H_0 のもとで χ^2 は自由度 $n-1$ のカイ二乗分布に従うことがわかっている。右表を参照に、有意水準5%で検定する際の棄却域の境界値を示せ。
- ④ 検定結果を説明せよ。

χ^2 分布表(抜粋)

$\phi \backslash \alpha$	0.975	0.95	0.05	0.025
10	3.25	3.94	18.3	20.5
11	3.82	4.57	19.7	21.9
12	4.40	5.23	21.0	23.3
22	11.0	12.3	33.9	36.8

ϕ : 自由度

α : 上側確率

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 環境都市専攻 B 方式

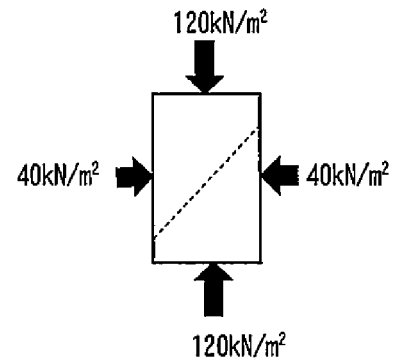
2. 環境力学（この設問は2ページあります。1ページ目。）

「設問Ⅰ. ～Ⅱ. から1問を選んで解答せよ。選んだ設問番号を答案用紙に書くこと。」

I. 以下の設問に答えよ。

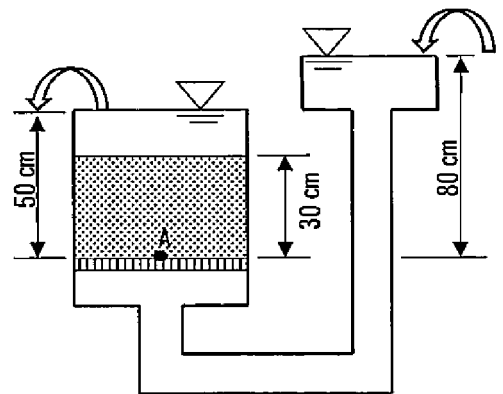
粘着力 $c=0$ $[\text{kN/m}^2]$ の土要素が破壊したとき、その応力状態は右図に示すようであった。このとき以下の問いに答えよ。

- (1). この土の破壊時の応力状態をモールの円で描き、最大主応力、最小主応力、破壊包絡線を書き入れよ。
- (2). この土の内部摩擦角 ϕ を求めよ。
- (3). この土の破壊面に作用する、垂直応力とせん断応力、及び最大主応力面からの角度を求めよ。



右図のような定常な透水状態がある。左側の水槽には透水係数が無限大のフィルターに支えられた飽和体積重量 $\gamma_{\text{sat}}=20$ $[\text{kN/m}^3]$ の土が 30 $[\text{cm}]$ の厚さで入れられている。水の単位体積重量は 10 $[\text{kN/m}^3]$ として以下の問いに答えよ。

- (4). 図中の A 点における全応力 σ $[\text{kN/m}^2]$ を求めよ。
- (5). 図中の A 点における間隙水圧 u $[\text{kN/m}^2]$ を求めよ。
- (6). 図中の A 点における有効応力 σ' $[\text{kN/m}^2]$ を求めよ。
- (7). 右側の水槽を高くしていくと、A 点でボーリングが生じ始める。このときの右側の水槽の高さを求めよ。
- (8). また、このときの左側の水槽の土層の動水勾配（限界動水勾配） i を求めよ。



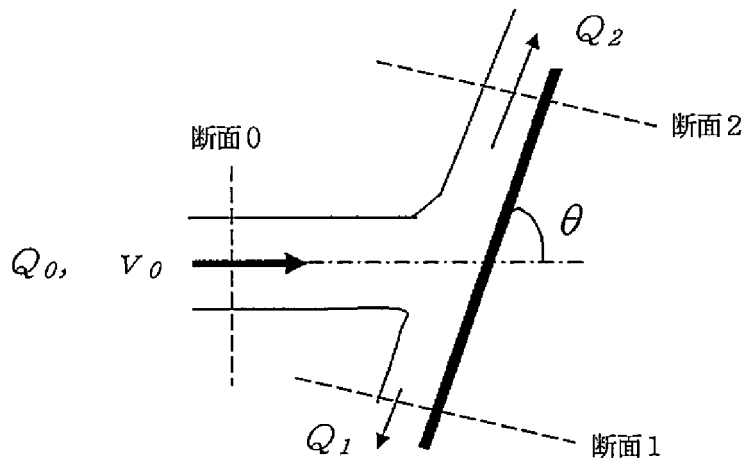
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B 方式

2. 環境力学（この設問は2ページあります。つづき2ページ目。）

「設問Ⅰ. ～Ⅱ. から1問を選んで解答せよ。選んだ設問番号を答案用紙に書くこと。」

Ⅱ. 水平面上において、図のように傾斜角 θ の板に高速ジェット水流が流量 Q_0 、流速 v_0 で衝突し、板に沿って流量 Q_1 と Q_2 に分岐している。以下の問いに答えよ。ただし、流体の密度は ρ とし、完全流体流れとして考えよ。



- (1) 衝突後の断面1、断面2における流速をそれぞれ v_1 、 v_2 として、これらを求めよ。（ v_0 を用いて表せ。）
- (2) 板に沿った方向に x 軸、それと直角に y 軸をとり、板に作用する力の x 成分 y 成分をそれぞれ F_x 、 F_y とおくと、 x 方向、 y 方向における運動方程式をそれぞれ示せ。
- (3) 板に作用する力の大きさとその作用方向を求めよ。
- (4) 断面1、断面2における流量をそれぞれ Q_1 、 Q_2 として、断面0、断面1および断面2で囲まれた領域における連続の式を示せ。
- (5) 流量 Q_1 、 Q_2 をそれぞれ求めよ。（ Q_0 を用いて表せ。）

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 B方式

3. 環境科学

次の（1）から（4）の設問に答えよ。

- （1）代表的な消毒副生成物としてトリハロメタンが挙げられる。トリハロメタンのうち、1つの物質名とその構造式を答えよ。また、水道水中のトリハロメタンについて、その生成過程も含め説明せよ。
- （2）水質汚濁に係る環境基準について、河川には適用されず、湖沼と海域には適用される環境指標（項目）を1つ挙げよ。また、その環境指標が河川には適用されない理由を述べよ。
- （3）環境中における窒素動態には、酸素やpHなどの化学的条件と様々な生物活動（微生物や細菌類を含む）が密接に関係しており、これらの現象は土壌中の物質変化や大気・水処理プラントの運用にも利活用されている。窒素の形態変化に関わる具体的な現象を1つ挙げ、どのような生物あるいは化学物質がどのような機能を果たし、動態にどのように関係しているか説明せよ。
- （4）下記のうち2つを選択して、その用語あるいは文章の意味を説明せよ。
- ① 嫌気性菌
 - ② ラングミュア（Langmuir）型の吸着現象
 - ③ PM2.5
 - ④ 水温躍層（水温成層）
 - ⑤ LCC（ライフサイクルコスト）
 - ⑥ バーチャルウォーター

4. 都市地域計画

- (1) 2020年の東京オリンピックでは開催期間中の渋滞対策が喫緊の課題となっている。これに関して以下の問いに答えよ。
- ① 交通需要を抑制するためには、混雑に対して課金をするロードプライシングが有効であると考えられる。ロードプライシングの効果について、需要曲線、私的費用曲線、社会的限界費用曲線を図示して説明せよ。
 - ② ロードプライシングの方法には、エリアプライシングとコードンプライシングがある。それぞれの課金方法について説明せよ。
 - ③ ロードプライシング以外に渋滞対策として考えられうる対策を列挙し、それぞれのメリット、デメリットを述べよ。
- (2) 以下の語句について、それぞれ簡潔に説明せよ。
- ① ボンエルフ
 - ② パーソントリップ調査
 - ③ 仮想市場法
 - ④ 社会的ジレンマ
- (3) A市では、ごみの有料化について検討している。ごみの排出は市民の日常生活に直接関係することから、ごみの有料化について世帯を対象にアンケート調査を行うこととなった。対象となるのは12,345世帯で、500世帯に対して調査を行う。
- ① 調査方法に関する以下の記述について、正しい場合は○、間違っている場合は間違っている箇所を訂正せよ。
 - a) 面接調査は、調査者が調査対象者に直接会うため質の高い回答が得られるが、調査に時間がかかり費用も高い。
 - b) 郵送調査は、広い地域で実施でき費用も安い。回収率がきわめて低いことから、回答の締切前後に必ず督促状を送る必要がある。
 - c) 電話調査は、口頭で話をしながら質問をしていくため、複雑な質問をすることができ、携帯電話しか保有しない単身者が調査対象者から除かれる。
 - d) インターネット調査は、データ入力が必要がなく、調査対象者の属性（男女、年齢等）の母集団比率を反映できるが、インターネット利用者が対象となるため高齢者の回答が得られにくい。
 - ② 系統抽出法で500世帯を抽出する手順を述べよ。
 - ③ アンケート調査では、ごみ有料化の是非について聞いた。有効回答数が400世帯のとき、有料化を是とする世帯の比率 p は、その母比率を P とすると、近似的に正規分布 $N(P, P(1-P)/400)$ に従う。したがって、 p を標準化した以下の z は標準正規分布 $N(0, 1)$ に従う。今回の調査における p が0.5だったとき、信頼係数95%で母比率を区間推定せよ。なお、 z が信頼係数95%でとりうる値は、 $-2 < z < 2$ とする。

$$z = \frac{p - P}{\sqrt{P(1-P)/400}}$$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 B方式

5. 環境管理技術

下水処理技術に関する以下の問いに答えよ。

- （1） 標準活性汚泥法の曝気槽の役割を説明せよ。
- （2） 標準活性汚泥法の最終沈殿池の役割を説明せよ。
- （3） 窒素除去のための活性汚泥変法の例を一つ挙げ、その処理プロセスのフロー図を示した上で、その原理を説明せよ。
- （4） 低炭素社会の実現に向けた下水道分野における技術的対策について述べよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【C方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法

問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【C方式】：次の1～5の中から3問選択し、解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 建築史・意匠
3. 建築計画・都市デザイン
4. 建築構造・生産
5. 建築環境設備

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式／B方式／C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

次の3つの設問（（1）微分方程式、（2）線形代数、（3）確率・統計）のうち、2問を選択して答えること。
なお、計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

1) 物理的または社会的な事象の表現に用いる「変数分離系」の常微分方程式の例を書き、一般解を導け。またその物理的または社会的な事象を数行程度で説明せよ。さらに、代表的な「解」の概略をグラフで示した上、安定する「平衡点」があるかどうか説明せよ。

2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - 16y = 0$$

また、 $t=0$ において $y(0)=1$ と $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 0$ が与えられたときの解を求めよ。

（2）線形代数

1) 3点 $(1, -1, 1)$, $(-1, 0, 1)$, $(2, 1, -4)$ を通る平面の方程式を求めよ。

2) ベクトル $a = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix}$, $b = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① a と b の両方に垂直な単位ベクトル e を求めよ。
- ② a と b の内積を求めよ。
- ③ a と b のノルムをそれぞれ求めよ。
- ④ a と b のなす角度を求めよ。

3) 行列 $A = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① 行列 A の固有値 λ , 固有ベクトル x を全て求めよ。
- ② 行列 A を対角化するための変換行列 P およびその逆行列 P^{-1} を求めよ。
- ③ 行列 A を対角化せよ。

（3）確率・統計

1) 母分散が未知である集団から大きさ 12 の標本を抽出した結果、その標本平均 $\bar{x}$ は 10.0、標本分散（不偏分散） s^2 は 6.0 であった。この母集団の平均 μ の 95%信頼区間を求めよ。ただし、必要があれば $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$ の値を用い、棄却域の境界値は右の t 分布表を用いて求めよ。

2) 2変数を持つ n 個のデータ (x_i, y_i) ($i=1, 2, 3, \dots, n$) について、以下の問いに答えよ。

① $C_{xy} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}$ で算出される数値のことを何と呼ぶか。ここで $\bar{x}$, $\bar{y}$ はそれぞれ x_i , y_i の平均値である。

② 最小二乗法による y の x への回帰直線は、 C_{xy} および x の標本分散である s_x^2 を用いて

$$y - \bar{y} = \frac{C_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x}) \quad (\text{以下(1)式と呼ぶ})$$

で表される。一方、2変数 x, y を標準化した（平均 0、分散 1 となるよう変換した）変数をそれぞれ v, w とすると、(1)式は $w = r \times v$ の形になる。(1)式を実際に変形することにより、 r を C_{xy} , s_x , s_y を用いて表現せよ。

③ この時の r は一般に何と呼ばれる数値か。また、どのような範囲を取り得る数値で、どのような値がどのような意味を持つか。

④ 3 個のデータ $\{(x_i, y_i) : (1, 7), (3, 3), (5, 2)\}$ に対して、最小二乗法による y の x への回帰直線と r の値を求めよ。必要があれば $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{7}=2.65$ の値を用いよ。

t 分布表 (抜粋)

$\phi \sim \alpha$	0.025	0.05	0.1
6	2.447	1.943	1.440
10	2.228	1.812	1.372
11	2.201	1.796	1.363
12	2.179	1.782	1.356
13	2.160	1.771	1.350

ϕ : 自由度 α : 上側確率

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕環境都市専攻 C方式

2. 建築史・意匠

（1）次の建築史に関わる各問の（ ）に入る用語を書きなさい。選択問題では適切な記号を答えなさい。

- 奈良時代に建立された東大寺の伽藍配置は、金堂を囲む（① ）の前方東西に2基の（②ア：五重塔 イ：七重塔 ウ：三重塔 エ：多宝塔）が配置されている点で特徴的である。
- 平安時代の密教建築では屋根の素材に（③ア：檜皮 イ：板 ウ：茅）が使用されたために、屋根の勾配は瓦葺きよりも（④ア：急な イ：同じ ウ：緩い）ものになった。
- 出雲大社に代表される建築様式である（⑤ ）造りの屋根形式は、（⑥ア：寄棟 イ：入母屋 ウ：切妻 エ：宝形）造り・（⑦ ）入りで、原始的な住居の名残りを留めていると考えられている。
- 平安時代～鎌倉時代にかけて活躍した僧（⑧ ）が生み出した建築様式である大仏様は、長押のかわりに（⑨ ）を多用する点に構造的な特徴があり、建具に（⑩ア：蔀戸 イ：遣戸 ウ：障子 エ：棧唐戸）を用いて資材を節約している。
- ローマ時代の都市住宅に見られる天窓のある主要広間を（⑪ ）といい、列柱廊のある私的な中庭を（⑫ ）という。
- パルテノン神殿などの古代ギリシア神殿には（⑬ ）と呼ばれる柱の膨らみがあり、日本の（⑭ア：法隆寺金堂 イ：清水寺本堂 ウ：桂離宮 エ：如庵）にも同様の柱の膨らみがあることから、明治時代に建築史家・（⑮ア：伊東忠太 イ：関野貞 ウ：天沼俊一 エ：太田博太郎）は古代において西洋と日本の文化的交流があったことを初めて主張した。
- 古代ギリシア神殿に見られる軒廻りの細部の形式は、アルカイック期に（⑯ア：組積造 イ：木造 ウ：煉瓦造 エ：コンクリート造）であった神殿が、（⑰ ）期において石造に変化して出来たものであることを示していると考えられている。
- 20世紀の近代合理主義の建築を総称して（⑱ ）建築という。その代表的な建築家として（⑲ア：コルビュジエ イ：ブラマンテ ウ：ミケランジェロ エ：ガウディ）があげられる。
- アメリカの建築家（⑳ ）は、19世紀後半のアメリカ大都市の近代化を背景に多数建設された高層建築のプロトタイプを生み出した。

（2）次の建築意匠に関わる各問に答えなさい。（ ）のついたものはそこに入る用語を書きなさい。

- 1) W・モリスらによる（ ）は、機械による大量生産を否定し、手工芸の重要性を主張した。
- 2) R・ヴェンチュリは著書「ラスベガス」で、これまでキッチュなものであったラスベガスの建築群を「装飾された小屋」の意である（ ）として、積極的に評価した。
- 3) 器用仕事の意の文化人類学の用語「（ ）」は、ありあわせの道具や材料で身の回りの環境を作りだしていくもので、これは、西洋の近代社会における目標達成のための計画に対する批判ともなる。
- 4) 1960年に結成されたメタボリズムと呼ばれる建築運動の意味を、日本語に直して簡潔に表現しなさい。
- 5) 建築史家ジークフリート・ギーディオンは著作『空間・時間・建築』の中で、内部空間の形成が（ ）期の建築で行われたと定義した。またサヴォア邸に代表される20C以降の空間テーマを「内外の相互貫入と関係性の規定」とした。
- 6) 太田博太郎は著書『日本の建築』の中で、床の起源となったイス・寝台の機能として、「地面の湿気から逃れる機能」と「貴族がその（ ）を奴隷に対して示す」2つの働きをもつとした。
- 7) 中心をなし、さらに神をシンボライズするという柱の役割は（ ）に顕著に現れている。また（ ）としての柱を保護する囲いが常設・建築化されたものに「心御柱」を囲む伊勢神宮や「岩根御柱（いわねのみはしら）」の出雲大社がある。
- 8) 黄金矩形の分割を連続することで出来上がる曲線の名称を答えなさい。
- 9) ル・コルビュジエの提唱したモデュールは、黄金比と人体寸法を統合したものだが、両者は（ ）数列によって関連づけられている。
- 10) ローマ時代のウィトルウィウスは、人体のアナロジーから建物における比例の重要性を説いた。では彼の思想において「比例」を表す言葉をカタカナで何というか答えなさい。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
[専門科目] 環境都市専攻 C方式

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。1ページ目。(1) ～ (3) の中から2問選択し解答してください。）

（1）建築計画

< 1 > 建築計画一般に関する以下の用語について数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いても良い。

- ① 天空率
- ② マンセル表色系

< 2 > 各種建築の計画に関する以下の用語について数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いても良い。

- ① 看護単位
- ② オープンスクール

< 3 > 設計寸法を構成する3つの寸法を挙げ、計画手順について簡潔に説明しなさい。必要に応じて図や事例などを用いても良い。

< 4 > 防災の2大原則である、フェイルセーフの原則について説明せよ。さらにこれらの原則が、建築計画において、どのように具体化されているか、実例を挙げて簡潔に説明しなさい。

< 5 > 急速に進む日本の高齢化社会における住宅や施設のあり方、サービスの質の上げ方について、建築計画の視点からキーワードを3つ以上あげ、キーワードに沿って自分の考えを述べなさい。

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。つづき2ページ目。(1) ～ (3) の中から2問選択し解答してください。）

(2) 都市デザイン

<1> 都市デザイン・都市計画に関する以下の問いに答えなさい。

- ① ルネサンス期には都市をある視点から望む求心的な景観構成が支配的になり、壮麗な建築・造園技法が都市デザインに適用されたが、これは何の開発によるところが大きいのか、ひとつあげなさい。
- ② 明治期における東京の都市計画において、業務商業地区の形成を促進した計画名称または実施事業をひとつあげなさい。
- ③ 建築家・都市計画家カミロ・ジッテが、邦訳「広場の造形」（原題：City Planning According to Artistic Principles）において称揚した広場が本来有すべき空間の性質をひとつあげなさい。
- ④ ビスタとは、通景・眺望・見通しなどの意味をもつが、ビスタの焦点となる場所などに配置される造形要素を何というのか、答えなさい。
- ⑤ コンパクトシティの形成手法として、高密度な都市空間のほかに何があるか、ひとつあげなさい。

<2> 以下の都市構想について、都市デザインの観点から特筆すべき点を、数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

- ① ロンドンの大火(1666)後に提出されたクリストファー・レンによるロンドン再建計画
- ② 旧ソビエトのN.A.ミリューティンによる「帯状都市」
- ③ 建築家F.L.ライトによる「ブロードエーカー・シティ」
- ④ 建築家ル・コルビュジェによる「チャンディガール」
- ⑤ アーキグラムのメンバーであるピータークックによる「プラグイン・シティ」

<3> 建築・都市のデザイン思潮に関する以下の2つの著書に関して、その主張・内容等について、数行程度で簡潔に説明しなさい。

- ① The Death and Life of Great American Cities 邦訳「アメリカ大都市の死と生」
- ② Townscape 邦訳「都市の景観」

<4> 都市デザインの用語に関する以下の問いに答えなさい。

- ① パサージュ(passage)とは何か、数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。
- ② 都市美運動(City Beautiful Movement)について、数行程度で簡潔に説明しなさい。
- ③ エキスティックス(EKISTICS)について、数行程度で簡潔に説明しなさい。

<5> 日本の伝統的建築・都市空間の特徴を表すキーワードを2つあげ、簡単に説明しなさい（10行以内）。必要に応じて図を用いてもよい。

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。つづき3ページ目。(1) ～ (3)の中から2問選択し解答してください。）

(3) ランドスケープデザイン

<1>ランドスケープや庭園に関する以下の用語について、数行で簡潔に説明しなさい。模式図などを用いて説明してもよい。

- ① 生産緑地
- ② 築山庭造伝（前編）
- ③ 借地公園
- ④ 山水河原者

<2>ランドスケープや庭園に関する以下の人名や作品名について、数行で簡潔に説明しなさい。模式図などを用いて説明してもよい。

- ① ウィリアム・ケント
- ② ホーレス・クリーブランド
- ③ ランテ荘庭園
- ④ ビュット・ショーモン公園

<3>以下の問いに対して、ランドスケープデザインの専門的な観点による簡潔な論述によって答えなさい。模式図などを用いてもよい。

- ① 近年、公園などの公共空間の建設や管理運営を企業に委託したり、公園用地内の土地の商業利用を行ったりする事例が増えている。こうした変化の背景や意義、課題について事例をあげて自分の考えを述べなさい。
- ② 緑地には「存在効果」と「利用効果」があるとされている。それぞれを簡潔に説明し、各々が十分に発揮されていないと思う身近な緑地の事例をそれぞれ一つ挙げ、各々の事例の改善方法について自分の意見を述べなさい。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 C方式

4. 建築構造・生産

以下の（１）と（２）の両方の問いに答えよ。

（１）建築生産に関し、以下の問いに答えよ。

- 1) 建築物の基礎形式について、直接基礎と杭基礎を比較してそれぞれの特徴について述べよ。
- 2) 標準的な鉄筋コンクリート造建物について、使用される建築材料の特徴及び施工手順について述べよ。

（２）下図 1 の不静定構造に関し、以下の問いに答えよ。ただし、部材のヤング係数は E 、断面 2 次モーメントは I とする。

- 1) B 点の鉛直方向の支点反力 R_B を求めよ。
- 2) C 点の鉛直変位 v_C を求めよ。
- 3) 曲げモーメント図を描け。
- 4) 変形の概要図を描け。

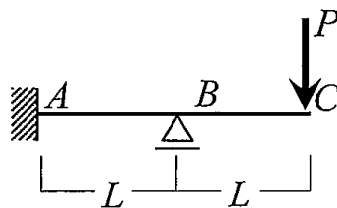


図 1

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 C方式

5. 建築環境設備

(1) 以下の文章の(a)～(e)の説明に合致する用語を答えよ。

(a) オフィスなどの節電や省エネを図り、機器の運転を最適化するために、ビル内の電力設備、空調設備、照明設備、換気設備等の運転状況を監視・記録し、室内環境や電力使用量等のモニターを行うことのできるシステム。

(b) 光が受ける面（受照面）への入射光束の面積密度。

(c) 音圧 p [Pa]に対して、下記 L_p で示されるもの。

$L_p = 10 \times \log_{10} (p^2 / p_0^2)$ [dB]。ここで、 p_0 は健康な人間の最小可聴音圧で、 2×10^{-5} [Pa]。

(d) 2枚の板ガラスの間に乾燥空気を封入し、板ガラスの中空層側表面に酸化スズや銀などの薄膜をコーティングし断熱性と遮熱性を高めたガラス。

(e) 空調している場所からの排出空気と、換気用に取り入れる外気との温度差（顕熱）と水分差（潜熱）を熱交換して、熱を回収する省エネルギー装置。

(2) 以下の(a)～(e)の用語の意味を答えよ。

(a) SDGs

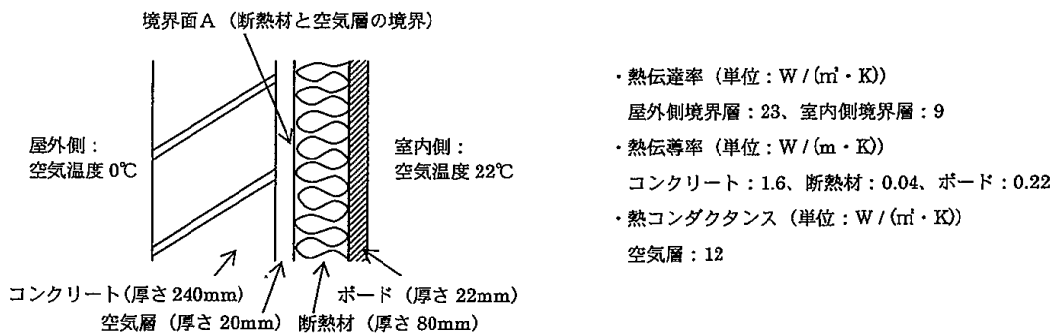
(b) エンタルピー

(c) PFI

(d) 京都メカニズム

(e) PAL / CEC

(3) 図に示す壁体に関して以下の設問に答えよ（導出する式、単位も採点対象とする）。



(a) 壁体の熱貫流率を求めよ。

(b) 壁体の屋外側壁面表面温度、室内側壁面表面温度をそれぞれ求めよ。

(c) 境界面Aの温度を求めよ。

(d) もし空気層の厚みを 10 倍にした場合、熱貫流率はどのように変化するか生じる物理現象を交えて考察せよ。

2019年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【C方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号 1. 2. …ごとに解答用紙 1 枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【C方式】：次の 1～5 の中から 3 問選択し、解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 建築史・意匠
3. 建築計画・都市デザイン
4. 建築構造・生産
5. 建築環境設備

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

10:00～13:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。1ページ目。）

次の3つの設問（（1）微分方程式，（2）線形代数，（3）確率・統計）のうち，2問を選択して答えること。
選んだ設問の番号を必ず書いて解くこと。なお，計算や式の導出など途中経過も示すこと。

（1）微分方程式

1) 微分方程式の分類を示す例として、

- ① 同次微分方程式の簡単な例と非同次微分方程式の簡単な例を書け。
- ② 一階線形常微分方程式の簡単な例と二階線形常微分方程式の簡単な例を書け。
- ③ 非線形である変数分離系の微分方程式の例を書け。また、その式の一般解を導け。

2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + y = t$$

また、 $t=0$ において $y(0)=0$ と $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 1$ が与えられたときの解を求めよ。

(Hint; 特殊解は非常に単純.)

3) n 階同次線形微分方程式に対して、一次独立する解の数について説明せよ。

（2）線形代数

1) 点 $P = (5, -1, 3)$ を通り、ベクトル $a = (2, 3, -4)$ に垂直な平面の方程式を求めよ。

2) 行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$ ，行列 $P = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -2 & -1 \end{pmatrix}$ について、次の問に答えよ。

- ① $P^{-1}AP$ を求めよ。
- ② A^n を求めよ。 ($n = 1, 2, 3, \dots$)

3) 行列 $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

- ① 行列 A の固有値、固有ベクトルを求めよ。
- ② 行列 A を対角化せよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

（この設問は2ページあります。つづき2ページ目。）

(3) 確率・統計

- 1) X は正の値をとる確率変数で、その確率密度関数が $f(x) = a \sin x \cos x$ ($0 < x < \frac{\pi}{2}$) である場合、 a の値を計算せよ。

- 2) ある正規母集団から取り出した $n = 12$ の標本分散 s^2 は196であった。この母集団の分散 σ^2 は $\sigma_0^2 = 100$ より大きいと言えるか、以下の手順にしたがって検定せよ。

- ① 帰無仮説 H_0 および対立仮説 H_1 を示せ。
- ② 検定統計量 $\chi^2 = (n-1)s^2 / \sigma_0^2$ を計算せよ。
- ③ H_0 のもとで χ^2 は自由度 $n-1$ のカイ二乗分布に従うことがわかっている。右表を参照に、有意水準5%で検定する際の棄却域の境界値を示せ。
- ④ 検定結果を説明せよ。

χ^2 分布表(抜粋)

$\phi \backslash \alpha$	0.975	0.95	0.05	0.025
10	3.25	3.94	18.3	20.5
11	3.82	4.57	19.7	21.9
12	4.40	5.23	21.0	23.3
22	11.0	12.3	33.9	36.8

ϕ : 自由度

α : 上側確率

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕環境都市専攻 C方式

2. 建築史・意匠

（1）次の建築史に関わる各問の（ ）に入る用語を書きなさい。選択問題では適切な記号を答えなさい。

- 伊勢岡田登呂遺跡は（① ）時代の遺跡であるが、当時の先進技術であった高床形式は（②ア：倉庫 イ：神殿 ウ：便所 エ：台所）に用いられ、住居では、前時代の縄文時代に一般的であった（③ ）の形式が踏襲されている。
- 鎌倉時代の東大寺再興のさいに大勧進職に任ぜられた（④ ）は、大仏様（あるいは天竺様）と呼ばれる新しい建築を生み出した。この様式の特徴は、組物に（⑤ア：三手先斗拱 イ：挿肘木 ウ：出組）を用い、縦横に組んだ棧や鏡板等で構成される（⑥ ）と呼ばれる建具を用いることなどにある。
- 伊勢神宮内宮正殿の建築様式は（⑦ ）造りと呼ばれ、切妻造り・平入りである。また、20年に一度を原則として社殿の新築・更新をする（⑧ ）と呼ばれる儀式が残されている点でも特徴的である。
- 千利休が設計した現存唯一の茶室（⑨ ）は、わずか（⑩ア：2 イ：2.5 ウ：4.5 エ：6）畳の広さで、床（とこ）は隅を塗り廻す（⑪ ）と呼ばれる形式が用いられている。
- 昭和初期に流行した「（⑫ ）様式」は、西洋の歴史主義的な建物の上に、日本の伝統的な瓦葺きの勾配屋根を載せる建築で、屋根の形態は日本建築史の中でも特に（⑬ア：茶室 イ：城郭 ウ：神社 エ：住宅）がしばしば参照された。
- ルネサンス様式は（⑭ア：静的 イ：動的）であるのに対し、バロック様式は（⑮ア：静的 イ：動的）であるとされる。この2つの様式の間の時代には（⑯ア：ヒューマニズム イ：マニエリスム ウ：古典主義）があり、その代表的建築家としては（⑰ア：ミケランジェロ イ：ル・コルビュジエ ウ：ヴィトルヴィウス）があげられる。
- 古代ローマ時代には、新技術である（⑱ア：コンクリート イ：石 ウ：煉瓦）造のアーチ（ヴォールト）構造を用いて巨大な建造物が数多く建設された。しかし、アーチ構造にオーダーを取り付けた（⑲ア：メゾン・カレ イ：パンサの家 ウ：コロッセオ）によく示されるように、ローマ人は古代ギリシア建築の造形理念を継承した。
- 16世紀にブラマンテが設計した（⑳ ）は、古代ローマの円堂に範を取ったものである。上下層の比例は完璧であるとされ、古典主義建築の傑作として後世において数多くの建築家によって参照された。

（2）次の建築意匠に関わる各問に答えなさい。（ ）のついたものはそこに入る用語を書きなさい。

- 1) O. ヴァーグナーが『近代建築』で示した「必要様式」の3つの要点は、①目的を正確に把握する、②素材を適切に選択する、③簡潔で経済的な（ ）である。
- 2) ル・コルビュジエは、1920年代から30年代にかけて白い立体という表現を用いたが、戦後には、コンクリートの彫塑性や素材感を強調したロンシャンの教会や（ ）の修道院をつくりだした。
- 3) エリエル・サーリネンに代表される、自国の文化的背景をテーマにする北欧のデザインの特徴は（ ）と呼ばれる。（ ）に入るカタカナを答えなさい。
- 4) 構造主義の建築家ヘルツベルハーの作品「セントラル・ベヘア」や建築家（ ）の作品「子供の家」には、一人、数人、そして全体といったグループのヒエラルキーに応じた空間がユニットとして設計され、それらが組み合わされて全体が作り上げられている。
- 5) 伝統論争の中で、日本の造形文化は縄文と弥生の葛藤であるという独自の立場を取った建築家は（ ）である。
- 6) 原広司は、均質空間論の中で近代的な空間と近代建築のあり方を、（ ）という表現で示した。
- 7) マンハッタン・トランスクリプツと題された一連のドローイングにおいて、都市における出来事と、それに関連する人の動きや時間経過などを表記してみせた建築家は誰であるか答えなさい。
- 8) 建築史家の伊藤いじは、縁側を含む軒下空間を「（ ）の空間、あるいはつなぎの空間」と呼称し、このスペースが庭と建築の両方に属していることを説明した。同様に、領域をつなぎかつ切り分ける伝統的境界として結界を挙げている。
- 9) 「建築は凝固せる音楽である」で有名な190ドイツ・ロマン派の哲学者（ ）は、「建築はただ、それが理念の表現、すなわち宇宙と絶対的なものとの像となる限りにおいてのみ、自由かつ美なる芸術として現れることができる。」と述べた。
- 10) 建築の意匠を「影で考える」習慣をつけないければならない、と説いた190英国ロマン主義の美術批評家は誰か。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕環境都市専攻 C方式

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。1ページ目。 (1) ～ (3) の中から2問選択し、
選択した設問の番号を書いて解答してください。）

（1）建築計画

＜1＞建築計画一般に関する以下の用語について数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いても良い。

- ① レトロフィット免震構造
- ② プレファブリケーション

＜2＞各種建築の計画に関する以下の用語について数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いても良い。

- ① シューボックス形式
- ② ゾーニング

＜3＞コアシステムの種類と特徴について簡潔に説明しなさい。必要に応じて図や事例などを用いても良い。

＜4＞環境設計による犯罪防止（CPTED :Crime Prevention Though Environmental Design）という概念について説明せよ。さらにこれらが、建築計画において、どのように具体化されているか、事例を挙げて簡潔に説明しなさい。

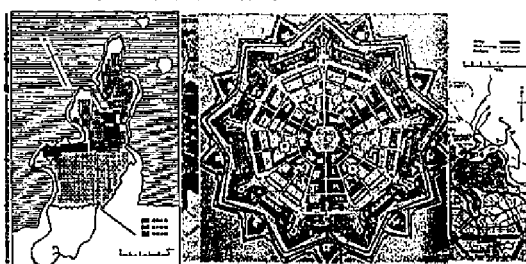
＜5＞建築の長寿命化について、関係するキーワードを3つ以上あげ、キーワードに沿って自分の考えを述べなさい。また建築計画においてどのような手法があるか、簡潔に説明しなさい。

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。つづき2ページ目。 （1）～（3）の中から2問選択し、選択した設問の番号を書いて解答してください。）

（2）都市デザイン

<1> 以下の図①～⑤の都市図について、下段の参考欄の都市名や人名を引用しながら、数行程度で簡潔に説明しなさい。



図①
図③
図⑤

図②
図④



参考欄<都市名>

ブラジリア ベルリン ミレト
ス ミラノ シエナ キャン

ベラ チャンディガール

トゥールーズ・ミレーユ パルマノヴァ カールスルーエ ヴェネチア ワシントン 東京

参考欄<人名>

ヴィトルヴィウス 丹下健三 スカモッツィ スミッソン ルドゥー
シャルル・ランファン ヒッポダモス グリフィン ルシオ・コスタ オスカー・ニーマイヤー

<2> 以下①、②の都市改造について、都市デザインの観点から特筆すべき点を、数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

- ① シクトゥスV世によるローマの都市計画
- ② セーヌ県知事のオースマンによるパリの大改造

<3> 建築・都市のデザイン思潮に関する以下の2つの著書に関して、その主張・内容等について、数行程度で簡潔に説明しなさい。

- ① Learning from Las Vegas 邦訳「ラスベガス」
- ② City Planning According to Artistic Principles 邦訳「広場の造形」

<4> 都市デザインに関する以下の3つの用語について数行程度で簡潔に説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

- ① 条坊制
- ② ユニバーサルデザイン
- ③ ペDESTリアンデッキ

<5> これからの建築・都市デザインの計画目標あるいはデザイン手法はどうあるべきか、あなたなりの主張を展開しなさい。その際、キーワードを2つ以上あげ、それぞれのキーワードに沿って簡単に記述しなさい（10行以内）。必要に応じて図を用いてもよい。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
〔専門科目〕環境都市専攻 C方式

3. 建築計画・都市デザイン

（この設問は3ページあります。つづき3ページ目。 （1）～（3）の中から2問選択し、
選択した設問の番号を書いて解答してください。）

（3）ランドスケープデザイン

＜1＞ランドスケープや庭園に関する以下の用語について数行で簡潔に説明しなさい。模式図などを用いて説明してもよい。

- | | |
|----------|------------------|
| ① 露地 | ④ 景観統合 |
| ② 先駆植物 | ⑤ トピアリ |
| ③ 緑化重点地区 | ⑥ グリーンインフラストラクチャ |

＜2＞ランドスケープや庭園に関する以下の人名や作品名について数行で簡潔に説明しなさい。模式図などを用いて説明してもよい。

- | | |
|--------------------|---------------|
| ① シュタット・パルク（ハンブルグ） | ④ J・C・A・アルファン |
| ② タージマハール | ⑤ 折下吉延 |
| ③ ヒデオ・ササキ | ⑥ マウント・アーバン墓地 |

＜3＞以下の問いに対して、ランドスケープデザインの専門的な観点による簡潔な論述によって答えなさい。模式図などを用いてもよい。

- ① 平成29年の都市公園法の改正により、都市公園には公園の活性化に関する協議会を設置することができるようになった。こうした制度が必要と考えられた背景と、この設置によって期待される効果について、参加や連携といった視点を含めて自分の考えを書きなさい。制度自体の説明を含めて書くこと。
- ② 日本庭園を中心に培われた日本の伝統的な造園技術やその様式は、たとえばイギリスの風景式庭園のように、広く公園のデザインのモデルには展開しなかったといえる。こうした伝統的な日本の庭園技術が、現代の日本のランドスケープデザインにおいてどのような役割を果たすことが期待されると考えるか、自分の考えをその理由や具体例を含めて書きなさい。

4. 建築構造・生産

以下の（１）と（２）の両方の問いに答えよ。

（１）建築生産に関し、以下の問いに答えよ。

- 1) 埋込み杭（プレボーリング根固め）工法の特徴、施工方法と用いられる施工機械、その施工上の問題点について述べよ。
- 2) 一般的な建築におけるプレキャストコンクリート工法の特徴を、①経済性、②工期、③労働生産性、④品質の観点から在来工法と比較して述べよ。

（２）図１の不静定構造に関し、以下の問いに答えよ。ただし、 E はヤング係数、 I は断面２次モーメントとする。

- 1) C 点の水平変位 h_c を求め、変形の概略図を示せ。
- 2) 曲げモーメント図を描け。
- 3) 支点反力を求めよ。
- 4) AB 部材の断面が一辺の長さ a の正方形断面で、長さ $L=10a$ のとき、AB 部材に生じる最大組合せ応力度 $\sigma_{\max}$ を a を用いて表せ。

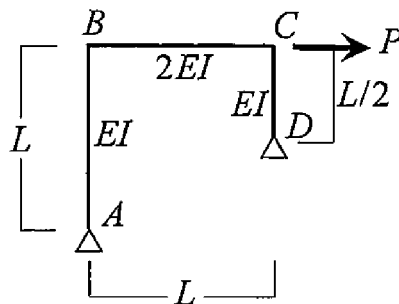


図 1

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）
 [専門科目] 環境都市専攻 C方式

5. 建築環境設備

(1) 以下の文章の (a) ～ (e) の説明に合致する用語を答えよ。

- (a) 下向きの大気放射と上向きの地表面放射との差
- (b) 水蒸気圧を一定に保ちながら空気を冷却したときに、相対湿度が 100%になる温度
- (c) 0℃の乾き空気を基準とした湿り空気の保有する熱量
- (d) ある面に流れる放射束をそれぞれの波長毎の標準比視感度に基づいて変換した光の基礎量
- (e) ある音について、正常な聴力を持つ人がその音と同じ大きさに聞こえると判断した、1,000Hz の純音の音圧レベルの数値

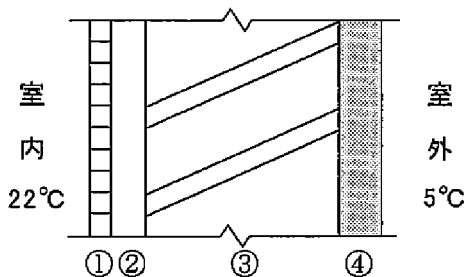
(2) 以下の用語を説明せよ。

- (a) バリ協定
- (b) BEMS
- (c) 全熱交換器

(3) 成人の休息時の CO_2 発生量を $15[\ell/(\text{h} \cdot \text{人})]$ 、外気の CO_2 濃度を $400[\text{ppm}]$ として、以下の設問に答えよ。(単位、導出式も記すこと)

- (a) 室内の CO_2 濃度を $1,000\text{ppm}$ 以下に保つための一人当たりの必要換気量を求めなさい。
- (b) 換気回数 0.7 回/h、室容積 $600[\text{m}^3]$ 、室内許容濃度 700ppm 以下としたとき、この室に滞在できる人数を求めなさい。

(4) 図に示す壁体に関して以下の設問に答えよ。(単位、導出式も記すこと)



材料名	熱伝導率 [W/(m·K)]	厚さ [mm]
① ボード	0.06	12
② 中空層	熱抵抗: $0.083 [\text{m}^2 \text{K/W}]$	20
③ コンクリート	1.2	120
④ モルタル	1.3	13

・境界層の熱伝導率 [W/(m²·K)]

室内側: 9、室外側: 23

- (a) 壁体の熱貫流抵抗 (熱の伝わりにくさ) を求めなさい。
- (b) 壁体の室内側表面温度、室外側表面温度を求めなさい。
- (c) コンクリートとモルタルの境界面 (③・④間) の温度を求めなさい。
- (d) コンクリートとモルタルの境界 (③・④間) に断熱材 ($\lambda = 0.04[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$) を施工し、熱貫流率 K を $0.7[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 以下とするために必要な断熱材厚みは何 mm 以上になるか。有効数字 2 桁で答えなさい。