

2025年8月

慶應義塾大学大学院 理工学研究科

前期博士課程 入学試験問題

**教育研究分野：C 物理情報工学**

----- 受験生への注意 -----

- ・ 問題は片面のみに印刷されており、問題冊子の総ページ数は4ページです。問題冊子の余白および裏面は計算・下書きなどに使用してもかまいません。
- ・ この問題冊子にはC1からC3の3つの大問があります。3問全てについて解答しなさい。
- ・ 大問それぞれに選択式の小問があります。問題文の指示をよく読んで小問を選択しなさい。
- ・ 大問1問につき必ず1枚の答案用紙（表面のみ）を使って解答しなさい。
- ・ 全ての答案用紙の所定欄に、問題番号と受験番号を記入しなさい（氏名は記入しない）。問題番号については、選択した小問の問題番号も合わせて記入しなさい（例：C1(a)）。複数問選択の場合には、小問番号を連記しなさい（例：C2(1)(3)(a)、C3(a)(c)）。
- ・ 答案用紙を切り離してはいけません。

## C1. (電気・電子回路)

次の小問(a)と(b)のうち、1つを選んで、解答用紙1枚に余すことなく答えなさい。ただし、物理量を表す記号は定義を明らかにして使用しなさい。

- (a) コンデンサを含む回路の過渡現象について考える。回路の例を具体的に示し、ある定常状態から別の定常状態に至る過渡現象について数式やグラフを用いて説明しなさい。必要に応じて回路に抵抗、コイル、電源、スイッチを加え、それらの変数や物理量を具体的に定義してもよい。次に、交流電源から直流電圧を生成する直流安定化電源において、コンデンサの役割とその過渡現象について知るところを説明しなさい。
- (b) 「演算増幅器」の名称は数学的な演算をアナログ計算機で行うことに由来する。演算増幅器を用いた演算の例を数式や回路図を用いて説明しなさい。必要に応じて回路に受動素子(抵抗、コンデンサ、コイル)や電源を設定し、それらの変数や物理量を具体的に定義してもよい。

## C2. (電磁気学・量子力学)

次の小問のうち、(1) から (3) のうち 2 つ、(a) と (b) のうち 1 つ、計 3 つを選んで、解答用紙 1 枚に余すことなく答えなさい。ただし、物理量を表す記号は定義を明らかにして使用しなさい。必要に応じて図や式を用いなさい。

### 電磁気学

- (1) 真空におけるマクスウェル方程式（微分形）を全て示し、それぞれの方程式の物理的意味や関連する物理法則などについて、知るところを説明しなさい。
- (2) 真電荷・伝導電流のない真空中において電磁波（電場と磁場）が満たす波動方程式を示し、真空中を電磁波がどのように伝搬するか、知るところを説明しなさい。
- (3) 半径  $a$  の厚さの無視できる球殻を考える。球殻の表面上に電荷が面電荷密度  $\sigma$  で一様に分布している。球殻の中心からの距離を  $r$  とし、無限遠の電位を 0 とするとき、(i)  $0 < r < a$ 、(ii)  $a < r$  の各領域の電位を求めなさい。導出過程も説明しなさい。

### 量子力学

- (a) 1922 年にドイツのシュテルンとゲルラッハによって銀原子ビームを用いて行われた実験により、電子にスピンがあることが示された。この実験の概要を説明するとともに、電子スピンについて、量子力学的な観点から知るところを説明しなさい。
- (b) 異なる 2 つの量子状態  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  を 1:1 で重ね合わせた状態を  $\Psi$  とする。この状態  $\Psi$  を  $\phi_1$  と  $\phi_2$  を用いて表すとともに、状態  $\phi_1$  が観測される確率を計算しなさい。また、測定を繰り返した場合、測定毎にどのような値が得られるか、量子測定の観点から知るところを説明しなさい。

### C3. (物理情報数学)

次の小問 (a) から (c) のうち、2つを選んで、解答用紙 1 枚に余すことなく答えなさい。必要に応じて図や式を用いなさい。

- (a) 複素関数の周回積分における留数定理について、例を示して説明しなさい。
- (b)  $m$  行  $n$  列 ( $m > n$ ) の行列  $A$  を用いて表される写像について、以下の問いに全て答えなさい。
- (1) 行列  $A$  の零空間 (核) と行列  $A$  の行空間の関係について説明しなさい。
  - (2) 実数の  $m$  次元の空間の点で、行列  $A$  の列空間 (像) に含まれない点  $\mathbf{b}$  について、 $\|A\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{b}\|$  を最小にする  $\hat{\mathbf{x}}$  の求め方を説明しなさい。
- (c) 関数の  $z$  変換について、以下の問いに全て答えなさい。
- (1) 定義を示しなさい。
  - (2) 単位ステップ関数  $u_s(k)$  の  $z$  変換を答えなさい。
  - (3)  $r^k \sin(\omega_0 k) \cdot u_s(k)$  の  $z$  変換を答えなさい ( $r$  は実数)。
  - (4)  $x(k)$  の  $z$  変換を  $X(z)$  とし、 $y(k)$  の  $z$  変換を  $Y(z)$  とするとき、 $X(z)Y(z)$  の逆  $z$  変換を答えなさい。
  - (5)  $x(k+2)$ 、 $x(k+1)$ 、 $x(k)$  の 3 つの項からなる差分方程式の例を示して  $z$  変換を用いて解きなさい。