

北海道大学大学院情報科学学院
情報科学専攻生体情報工学コース入学試験

2023年8月24日 10:00～12:00

専門科目 1

受験上の注意

- ・ 解答始めの合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
- ・ 受験中、机の上には、受験票、鉛筆(黒)、シャープペンシル(黒)、消しゴム、鉛筆削り、眼鏡、時計(計時機能のみのももの)以外の所持品は置くことができない。ただし、監督者が別に指示した場合は、この限りではない。
- ・ 携帯電話等の電子機器類は、必ずアラームの設定を解除し電源を切っておくこと。
- ・ 問題冊子1冊(この冊子)、小論文答案用紙1枚、選択問題答案用紙1枚、小論文草案紙1枚、選択問題草案紙1枚、選択問題チェック票1枚の配布を確認すること。問題冊子と草案紙は回収しない。
- ・ 小論文を必ず解答すること。また、問題Ⅱ～Ⅳのうち1問を選択し、答案用紙に問題番号と受験番号を記入の上、解答すること。選択問題チェック票にも、受験番号と問題番号を記入して提出すること。
- ・ 2ページにわたる問題もあるので、注意すること。
- ・ 答案用紙の裏面を使用する場合は、表面右下に「裏面に続く」と明記すること。
- ・ 導出過程も略さず記すこと。

小論文 (必ず解答すること)

ゲノム編集（注参照）が可能になった現代において、例えば、単一の遺伝子が原因で発症する疾患の治療が期待されている。一方、受精卵の段階でゲノム編集を行うと、後の子孫にもその影響が引き継がれ、世代を超えて問題が生じる可能性がある。ゲノム編集に関して規制を設けながら、社会の幸福のために必要な研究を進めていくために、研究者はどのような姿勢で研究活動に従事すべきか、合計 800 字程度であなたの考えを述べよ。ただし、社会的な合意形成の必要性、安全性、倫理性の問題、法規制、の 4 項目それぞれに関する論述を含めること。

注) ゲノム編集とは、酵素等を用いてゲノムを構成する DNA を特定の塩基配列の位置で切断することで、DNA を書き換える技術です。

1 線形代数

1. 次の行列 A (3 行 3 列) について、以下の設問に答えよ。ここで、 x はある実数であり、 A の階数は 3 である。

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

- (1) A の階数が 3 であるための x の条件を求めよ。
- (2) A の行列式を求めよ。
- (3) A の全ての要素 (成分) の余因子を求めよ。
- (4) A の逆行列を求めよ。
2. 次の 2 次形式 $Q(x_1, x_2, x_3)$ について、以下の設問に答えよ。

$$Q(x_1, x_2, x_3) = -x_1^2 + 2x_1x_2 - x_2^2 - x_3^2$$

- (1) 実対称行列の異なる固有値の固有ベクトルは直交することを証明せよ。実対称行列は、全ての要素 (成分) が実数の対称行列である。
- (2) 実対称行列を用いて、 $Q(x_1, x_2, x_3)$ を表記せよ。
- (3) $Q(x_1, x_2, x_3)$ を次の標準形 \tilde{Q} に変換した。

$$\tilde{Q}(y_1, y_2, y_3) = a_1y_1^2 + a_2y_2^2 + a_3y_3^2$$

ここで、 a_i ($i=1, 2, 3$) は実数とする。また、座標変換の行列 T は正則行列であり、下記のように記述されたとする。定数 a_i ($i=1, 2, 3$) を 1 組示し、対応する T を求めよ。

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

1. 図1のように、相互誘導素子（1次側の自己インダクタンス L_1 、2次側の自己インダクタンス L_2 、相互インダクタンス M ）、交流電圧源（実効値 E 、角周波数 ω ）、抵抗 R （抵抗値 R ）を含む回路を考える。抵抗 R を流れる電流を I_1 、相互誘導素子の2次側を流れる電流を I_2 とする。位相角は交流電圧源を基準とし、虚数単位は j とする。回路は定常状態にあるものとして、以下の設問に答えよ。

- (1) 図1の回路について、相互誘導を含まない等価回路を示せ。ただし、各素子の素子定数（抵抗値、インダクタンス等）を図中に明記すること。
- (2) 端子対 a-a'から右側をみた複素インピーダンス Z を求めよ。ただし、実部と虚部を整理して示すこと。
- (3) 抵抗 R を流れる電流 I_1 を求めよ。
- (4) 相互誘導素子の2次側を流れる電流 I_2 を求めよ。
- (5) 交流電圧源と設問(3)で求めた電流 I_1 が同位相となる条件を求めよ。

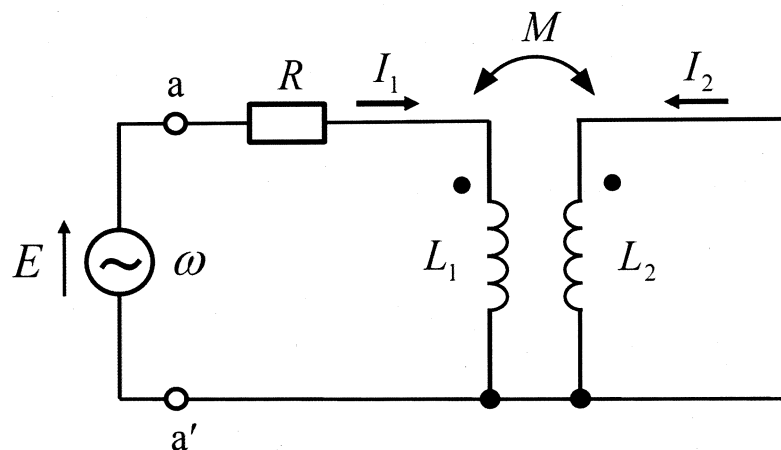


図1

(裏面に続く)

2. 図2のように、演算増幅器（反転入力端子電圧 v_- 、非反転入力端子電圧 v_+ ）及び抵抗（抵抗値 R_1, R_2, R_3 ）を含む回路を考え、入力電圧を v_1, v_2 、出力電圧を v_3 とする。また、図3のように、演算増幅器、抵抗（抵抗値 R_4, R_5 ）、キャパシタ（キャパシタンス C ）を含む回路に角周波数 ω の正弦波電圧 v_i を入力し、電圧 v_o を出力する状況を考え、電圧利得を $A(\omega) = v_o/v_i$ とする。演算増幅器は理想的な特性を持つものとし、虚数単位を j として、以下の設問に答えよ。

- (1) 図2の回路において、出力電圧 v_3 を入力電圧 v_1, v_2 及び R_1, R_2, R_3 で表せ。ただし、仮想接地の考え方をを用いて、導出過程を十分に説明して解答すること。
- (2) 図2の回路において $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ であるとき、 $v_3 = -2v_1 - 5v_2$ となるような抵抗値 R_1 及び R_2 を数値で答えよ。
- (3) 図3の回路において、電圧利得 $A(\omega)$ を ω, C, R_4, R_5, j を用いて表せ。
- (4) 図3の回路について、設問(3)の結果に基づき、 $|A(\omega)|$ の周波数特性の概形をグラフに描け。ただし、グラフの横軸を $\log_{10} \omega$ 、縦軸を $\log_{10} |A(\omega)|$ とすること。また、カットオフ角周波数を求め、グラフに書き入れること。ここで、カットオフ角周波数は、電圧利得がその最大値の $1/\sqrt{2}$ 倍となる角周波数のことである。さらに、 ω がカットオフ角周波数より十分小さいときの電圧利得を求め、同様にグラフに書き入れること。
- (5) 設問(4)で描いたグラフを踏まえて、その周波数特性の特徴を80字程度で説明せよ。個々の式や変数は1字と数えてよい。

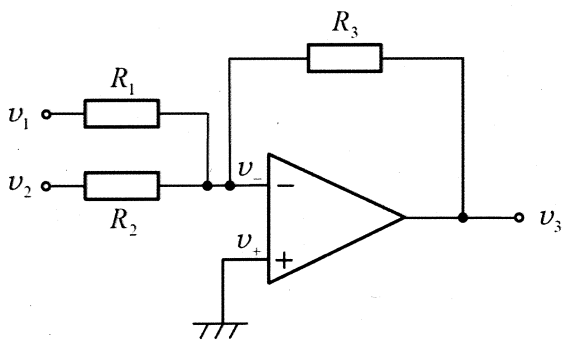


図2

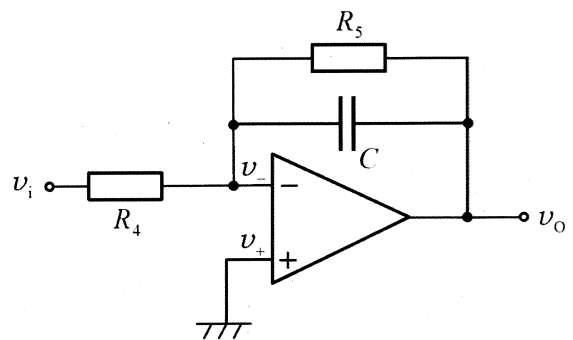


図3

1. G タンパク質共役型受容体(GPCR)に関する以下の文章を読み、設問に答えよ。

GPCR は細胞表面受容体のうち最大のファミリーを形成し、(①) などの遺伝子を含む。ヒトでは、およそ (②) 個の GPCR 遺伝子が存在している。GPCR は多様なリガンド分子と結合するが、基本的には同じような構造をとっており、1本のポリペプチドが細胞膜を縫うように (ア) 回貫通している。

GPCR は細胞外シグナル分子が結合すると構造が変化し、細胞内にある G タンパク質を活性化する。GPCR によって活性化される G タンパク質は (イ) 個のサブユニットから構成され、そのうちの1つに GDP が結合している。シグナルが GPCR に伝わると、G タンパク質のサブユニットの1つに結合した GDP は (③)、その後同じ位置に GTP が結合することによってすべてのサブユニットが活性化となる。

活性化型 G タンパク質のサブユニットは、細胞膜内の酵素(a)やイオンチャネルを標的とする。ヒトの心臓の働きを調節する神経細胞では、GPCR であるムスカリン性受容体に (④) が結合すると、通常的环境下では、活性化型 G タンパク質のサブユニットが細胞膜に存在する K^+ チャネルに結合し、チャネルが開く。その結果、 K^+ が細胞の (⑤) 移動することによって (⑥) が起こり、神経の活動が抑制される。

(1) 文中 (①) ~ (⑥) に当てはまる最も適切な語句または数を、それぞれの群から1つずつ選択せよ。

- ① オブシン、受容体型チロシンキナーゼ、プロテインキナーゼ C、グルコーストランスポーター
- ② 70, 700, 7000
- ③ 分解し、解離し
- ④ コレステロール、アセチルコリン、ステロイドホルモン、 γ -アミノ酸 (GABA)
- ⑤ 外側から内側へ、内側から外側へ
- ⑥ 脱分極、過分極

(2) 文中 (ア)、(イ) に当てはまる最も適切な数字をそれぞれ答えよ。

(3) 下線(a)に関して、活性化型 G タンパク質が標的遺伝子の転写を活性化する過程について、以下の語群の語をすべて用いて説明せよ。なお、括弧の中の語は答案に記載する必要はない。

<語群>

細胞質、プロテインキナーゼ A、転写調節因子、ATP、cAMP (環状 AMP)、アデニル酸シクラーゼ (アデニル酸環化酵素)、DNA、核膜孔、核内

(裏面に続く)

2. ①～⑤に示すタンパク質またはタンパク質複合体の主要な役割をそれぞれ簡潔に示せ.

- ① コヒーシン
- ② コンデンシン
- ③ キネトコア
- ④ サイクリン
- ⑤ サイクリン依存性キナーゼ

3. 真核生物の細胞小器官に関する以下の設問に答えよ.

(1) ①～④に示す細胞小器官の主要な役割をそれぞれ簡潔に示せ.

- ① ミトコンドリア
- ② リソソーム
- ③ ペルオキシソーム
- ④ ゴルジ体

(2) ミトコンドリアや葉緑体の起源が細胞内共生した他の生物であると考えられる理由を2つ挙げよ.