

令和5年10月入学/令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程

入学試験問題

工農総合科学専攻情報電気電子システム工学プログラム

「電気磁気学」「電気回路」

電気磁気学 1 ページ

電気回路 4 ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 情報電気電子システム工学プログラムでは、専門科目2科目を課します。
2. 出願時に届け出た専門科目を受験してください。
3. 答案は試験問題ごとに指定された解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入してください。
4. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
5. 試験終了後は、解答用紙のみ回収します。試験問題は持ち帰ってください。

令和5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 電気磁気学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
--------------	--

I. 静電界に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 電極の面積が S 、間隔が d の平行板コンデンサーの電極間を誘電率 ϵ の誘電体で満たす。電極間に電位差 V を与えたとき、コンデンサーが持つ静電エネルギー U を求めよ。
- (2) 図 1-1 に断面図を示すように、半径 a の球内に、体積電荷密度 ρ の電荷が一様に分布している。中心から距離 r の位置の電界の大きさ E を、球の内部 ($r < a$) と外部 ($r > a$) について求めよ。球の内外の誘電率は、いずれも真空の誘電率 ϵ_0 とする。
- (3) 図 1-2 に断面図を示すように、断面の半径が R で無限に長い円柱の内部に、体積電荷密度 ρ の電荷が一様に分布している。円柱の内部で中心軸から距離 r の位置 ($r < R$) における電界の大きさ E を求めよ。円柱の内外の誘電率は、いずれも真空の誘電率 ϵ_0 とする。

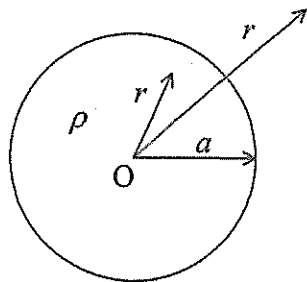


図 1-1

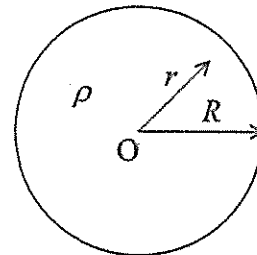


図 1-2

II. 磁界に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 電流が作る磁界に関するビオ・サバールの法則およびアンペールの法則について説明せよ。
- (2) 図 2 で示される無限長直線導体を流れる直流電流 I が、導体から距離 r の点 P に作る磁界 H の大きさおよび向きを、ビオ・サバールの法則を用いて求めよ。なお、導出過程も記すこと。
- (3) (2) で求めた磁界をアンペールの法則を用いて求め、(2) の答えと一致することを示せ。なお、導出過程も記すこと。
- (4) 電磁界が時間に依存して変化する場合、アンペールの法則にはある項を付け加える必要があることが知られている。その項の名称およびその項を付け加えた法則を式で表せ。

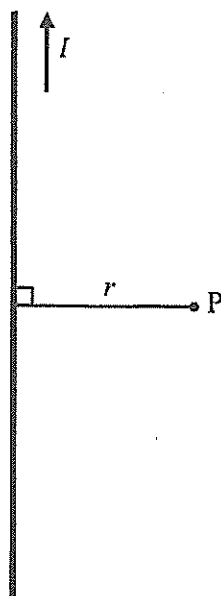


図 2

Ⅲ. 以下の文章は、マックスウェル方程式から真空中の電磁波がみたすべき波動方程式を導出する過程の説明文である。(a)～(i)の空欄に当てはまる式を答えよ。

マックスウェル方程式は電気磁気現象を支配する基本方程式である。今、電界を E 、磁界を H 、電束密度を D 、磁束密度を B としたとき、真空中では電荷も電流もないので、真空中のマックスウェル方程式は、

$$\nabla \times E = \boxed{\text{(a)}} \quad (1)$$

$$\nabla \times H = \boxed{\text{(b)}} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot D = \boxed{\text{(c)}} \quad (3)$$

$$\nabla \cdot B = \boxed{\text{(d)}} \quad (4)$$

と書け、 D と E 、 B と H の間には、

$$D = \epsilon_0 E, \quad B = \mu_0 H \quad (5)$$

の関係が成り立つ。ここで、 ϵ_0 と μ_0 は、それぞれ真空の誘電率と透磁率である。

式(1)の両辺に $\nabla \times$ を作用させ、式(5)を用いて B を消去すると、

$$\nabla \times (\nabla \times E) = \boxed{\text{(e)}} \quad (6)$$

を得る。さらに、式(6)に式(2)を代入すると

$$\nabla \times (\nabla \times E) = \boxed{\text{(f)}} \quad (7)$$

となる。ここで、ベクトル解析の公式 $\nabla \times (\nabla \times A) = \nabla(\nabla \cdot A) - (\nabla \cdot \nabla)A$ (A は任意のベクトル場) 及び式(3)と式(5)を用いると、式(7)の左辺は、

$$\nabla \times (\nabla \times E) = \nabla(\nabla \cdot E) - (\nabla \cdot \nabla)E = \boxed{\text{(g)}} \quad (8)$$

となるので、 E に関する波動方程式

$$\nabla^2 E = \boxed{\text{(h)}} \quad (9)$$

を得る。これより、真空中を伝搬する電磁波の速度は、

$$v = \boxed{\text{(i)}} \quad (10)$$

である。

令和5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 電気回路	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-------------	--

I. 以下の問いに答えよ。最終的な答えを指定解答欄に記述すること。

(1) 関数 $f(t)$ はラプラス変換を行い、関数 $F(s)$ は逆ラプラス変換を行え。

(a) $f(t) = 1 - e^{-3t}$ (b) $F(s) = \frac{s+2}{s^2+4s+13}$

(2) $L = 100$ [mH] のインダクタンスに交流電圧 $V = 200 \angle (-45^\circ)$ [V] を加えた。周波数 f を 50 Hz とするとき、誘導性リアクタンス X_L を求めよ。また、回路に流れる電流 I をフェーザ形式で求めよ。

(3) RLC 直列交流回路において、抵抗 $R = 5$ [Ω], インダクタンス $L = 20$ [mH], キャパシタンス $C = 2$ [μ F] とする。この回路に 100 [V] の電圧を印加したとき、回路の共振角周波数 ω_0 および尖鋭度 Q を求めよ。

(4) 図1の2端子対回路において、電圧 V_1, V_2 と電流 I_1, I_2 の関係を

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

と表すとき、 Z パラメータ $Z_{11}, Z_{12}, Z_{21}, Z_{22}$ を求めよ。ただし、 $Z_1 = 1 + j$ [Ω], $Z_2 = 1$ [Ω], $Z_3 = 1 - j2$ [Ω] である。

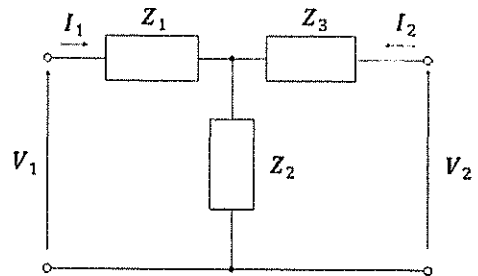


図1

(5) 単位長さあたりの直列インピーダンスが $Z = 1.5 + j3.0$ [Ω /m], 並列アドミタンスが $Y = 6.0 \times 10^{-4} + j1.2 \times 10^{-3}$ [S/m] の伝送線路がある。このとき特性インピーダンス Z_0 を求めよ。ただし、複素数は有理化すること。

II. 以下の問いに答えよ。ただし、 $E_1 = 100\angle 30^\circ$ [V], $E_2 = 200\angle 90^\circ$ [V], $R = 20$ [Ω],
 $L = 20$ [mH], $C = 100$ [μ F] とする。また、正弦波交流電源の角周波数を 1000 rad/s
とする。なお、導出過程を記すこと。

- (1) 図 2-1 について、端子 a-b 間のインピーダンス Z_0 を求めよ。
- (2) 図 2-2 について、端子 a-b 間の電圧 V_0 を求めよ。
- (3) 図 2-3 について、抵抗 R に流れる電流 I_R を求めよ。

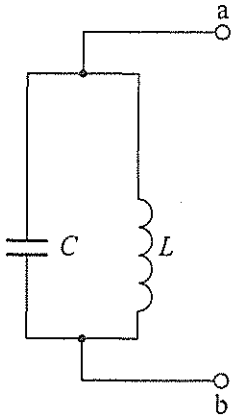


図 2-1

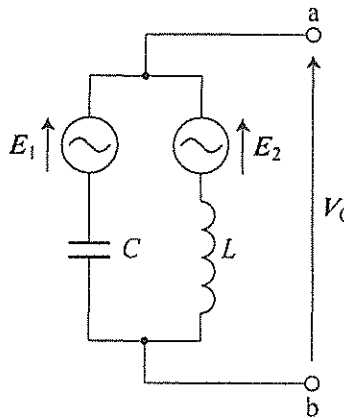


図 2-2

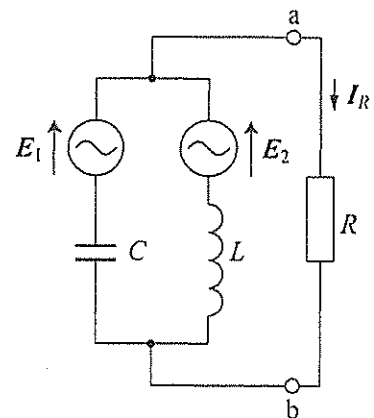


図 2-3

III. 図3に示す直流電圧源 E 、抵抗 R 、コンデンサ C 、スイッチ SW から構成される回路を考える。ただし、最初 SW は閉じて定常状態にあるものとする。以下の問いに答えよ。なお、導出過程を記すこと。

- (1) 定常状態において、コンデンサ C に蓄えられている電荷 q_0 を求めよ。
- (2) 時刻 $t = 0$ において SW を開いた。 $t > 0$ におけるコンデンサ C の電荷 $q(t)$ と図中の電流 $i(t)$ を求めよ。
- (3) (2)で求めた電流 $i(t)$ のグラフを描け。ただし、グラフは SW を開く直前も含めて描くこと。また、グラフ上に $i(-0) = \lim_{t \rightarrow -0} i(t)$ と $i(+0) = \lim_{t \rightarrow +0} i(t)$ の値を記すこと。

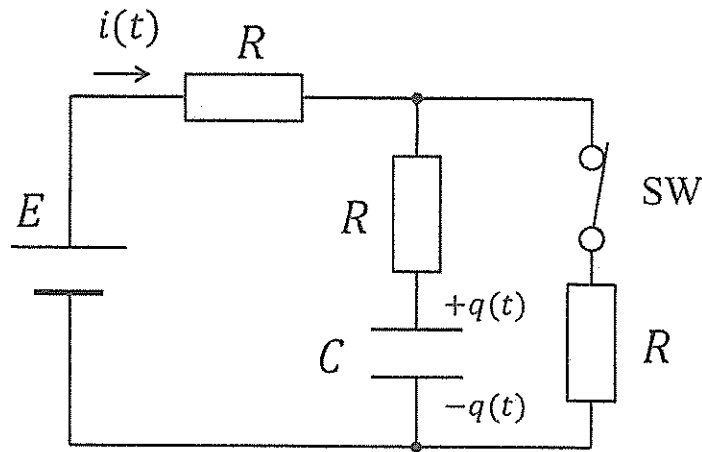


図3

令和5年10月入学/令和6年4月入学(第1期)

地域創生科学研究科博士前期課程

入学試験問題

工農総合科学専攻・情報電気電子システム工学プログラム

教育研究分野B 問題冊子

教育研究分野B	
人間情報学	メディア情報工学
感性工学	情報統計学
医用画像工学	情報システム工学
音響工学	計算機システム工学
音響心理学	理論物理学, 素粒子論
画像工学	数理科学, 物性基礎論

【専門科目】

線形代数	1 ページ
微積分学	2 ページ
計算機システム	3～6 ページ
データ構造とアルゴリズム	7～9 ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 情報電気電子システム工学プログラム教育研究分野Bでは、専門科目2科目を課します。
3. 出願時に届け出た専門科目を受験してください。
4. 答えは選択した専門科目ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入するとともに、選択した専門科目名に○をつけてください。
5. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書(電子辞書・翻訳機等は除く)を使用することができます。
6. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

科目名 線形代数	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-------------	--

次の設問(1),(2)に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

(1) 行列 A を、 $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{pmatrix}$ と定義する。行列 A の固有値を λ_j ($1 \leq j \leq N$, ただし、

N は A の異なる固有値の個数)、固有値 λ_j に属する固有ベクトルを p_j とする。以下の問いに答えよ。なお、4成分列ベクトル a, b の第 j 成分をそれぞれ a_j, b_j としたとき、 $a \cdot b = \sum_{j=1}^4 a_j b_j$ と定め、4次単位行列を E とする。

- (a) 固有値 λ_j ($1 \leq j \leq N$) を求めよ。
- (b) $i \neq j$ のとき、 $p_i \cdot p_j = 0$ であることを示せ。
- (c) $\text{rank}(A - \lambda_j E)$ が最小となる固有値の固有空間の正規直交基底を1組求めよ。
- (d) A の対角化行列で直交行列となる行列を1つ求めよ。ただし、対角化された行列で、固有値が(1,1)成分から(4,4)成分まで、大きい順に並ぶようにせよ。

(2) 2成分列ベクトル a を、 $a = k \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ (k は正の実数) と定める。 $A = aa^T$ (a^T は a の転置) とし、 A は1を固有値に持つとする。2次単位行列を E と書くことにして、以下の問いに答えよ。

- (a) k の値を求めよ。
- (b) b を2成分列ベクトルとする。 $B = bb^T$ とし、 $A + B = E$ となるときの b をすべて求めよ。
- (c) (b) の B に対し、 $P = xA + yB$ (x, y は実数で、 $x \neq y$) とする。 P のすべての固有値と、それぞれの固有値に属する固有ベクトルを求めよ。

科目名 微積分学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-------------	--

次の設問(1), (2)に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

(1) 関数 $f(x, y) = (x^2 + 2y^2)e^{-2x^2 - y^2}$ について次の問いに答えよ。

- (a) 偏導関数 $f_x(x, y)$ と $f_y(x, y)$ を計算せよ。
- (b) $f(x, y)$ の停留点をすべて求めよ。
- (c) 第2次偏導関数 $f_{xx}(x, y)$, $f_{xy}(x, y)$, および $f_{yy}(x, y)$ を計算せよ。
- (d) $f(x, y)$ のそれぞれの停留点において、 $f(x, y)$ が極大となるのか、極小となるのか、極値をとらないのかを判定せよ。極大または極小となる場合は、そのときの $f(x, y)$ の値も求めよ。

(2) 集合 $D = \{(x, y) \mid 0 \leq x \leq 2, \sqrt{4-x^2} \leq 2y \leq \sqrt{3}x\}$ 上の重積分

$$I = \iint_D \frac{16}{(x^2 + 4y^2 + 8)^2} dx dy$$

について次の問いに答えよ。

- (a) xy 平面上に集合 D を図示せよ。
- (b) 変数変換 $x = 2r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$ ($r > 0, 0 \leq \theta < 2\pi$) に対するヤコビ行列式 $\frac{\partial(x, y)}{\partial(r, \theta)}$ を求めよ。
- (c) I の値を求めよ。

令和5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 計算機システム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
----------------	--

次の設問（1），（2）に解答せよ。

（1）計算機システムに関する以下の（a）～（c）の問いに答えよ。

（a）数の表現に関する以下の問いに答えよ。なお，1）～6）は計算過程も示すこと。

- 1) 4進数 $(231.12)_4$ を10進数に変換せよ。
- 2) 2進数 $(11101.0111011)_2$ を8進数に変換せよ。
- 3) 8進数 $(-65)_8$ を2の補数表現を用いた8ビット2進数に変換せよ。
- 4) 2の補数表現の2進数 $(11101100)_2$ を10進数に変換せよ。
- 5) 10進数 $(12.375)_{10}$ を浮動小数点形式の2進数に変換せよ。ただし，この2進数は左から，符号部1ビット（非負：0，負：1），指数部4ビット，仮数部8ビットとし，指数部は，バイアス8のげた履き表現（8増しコード）とする。なお，仮数部の表現は絶対値表示とし，ケチ表現（hidden bit）を使用しないこと。
- 6) 浮動小数点形式の2進数 $(1101110111000)_2$ を10進数に変換せよ。ただし，この2進数は左から，符号部1ビット（非負：0，負：1），指数部4ビット，仮数部8ビットとし，指数部は，バイアス8のげた履き表現とする。なお，仮数部の表現は，絶対値表示でありケチ表現を使用している。
- 7) 2進数の表現で2の補数表現を用いることの利点を答えよ。

（次ページへ続く）

- (b) 図1は、オペレーティングシステムにおけるプロセスの状態遷移図を表している。①から⑤に当てはまるプロセスの各状態および状態遷移の条件を記入し、プロセスの状態遷移図を完成させよ。

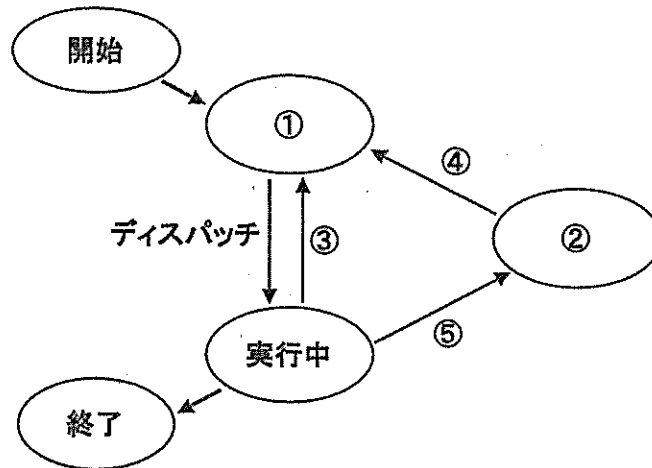


図1 プロセスの状態遷移図

- (c) 計算機システムの性能・評価に関し、以下の問いに答えよ。
- 1) システムの稼働率を平均故障間隔(MTBF)および平均修理時間(MTTR)を用いて式で表せ。
 - 2) あるシステムの全運転時間が1000時間するとき、稼働率を99%以上にするためには、故障時間を最大何時間以内にする必要があるか。
 - 3) 地点Aと地点Bを結ぶ回線がある。この回線の信頼性を向上させるために図2の破線のように地点Cを経由する迂回回線を追加した。迂回回線追加後における地点Aと地点Bを結ぶネットワークの稼働率を答えよ。ただし、各地点間(AとB, AとC, BとC)の稼働率はすべて0.9とする。

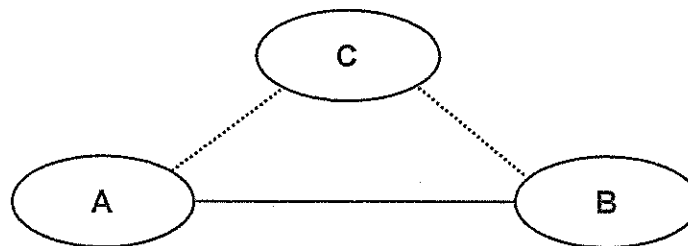


図2 回線の接続図

(次ページへ続く)

(2) コンピュータに関する以下の(a)~(j)の問いに答えよ。

- (a) プログラム内蔵方式コンピュータ (ノイマン型コンピュータ) とはどのようなコンピュータであるかを説明せよ。
- (b) プログラムカウンタ(PC)と命令レジスタ(IR)とは何であることをそれぞれ説明せよ。
- (c) コンピュータの機械命令の内部は大きく二つの部分に分かれる。それぞれどのような意味を持つかを説明せよ。
- (d) 機械命令の読み出しから実行までの一連の処理の繰り返しを何と呼ぶか。その名称を答えよ。
- (e) (d)は前半のフェーズと後半のフェーズに分かれる。各フェーズで行われる処理内容を説明せよ。
- (f) あるコンピュータでの命令処理の流れを図3に示す。この図において、状態 S0, S1, S2 の処理内容に当てはまるものを以下から選択して示せ。
- A. 分岐命令の実行 B. 命令のデコード C. データの書き込み
D. PC の値を主記憶に送出 E. 分岐の条件判定 F. 主記憶からの命令の読み出し
G. 主記憶へのオペランド値の書き込み H. 主記憶への命令の書き込み
- (g) (f)の命令処理を行うコンピュータを実現するために有限状態機械を設計する。この有限状態機械の実現に最低限必要となるフリップフロップの数はいくつになるかを答えよ。また、その理由を述べよ。
- (h) (f)の命令処理を行うコンピュータの平均 CPI を求めよ。ただし、状態遷移は毎サイクル起こるものとする。
- (i) コンピュータの性能指標の一つである MIPS 値はコンピュータの動作周波数と平均 CPI から求めることができる。MIPS 値の算出式を動作周波数 CR [Hz] と平均 CPI CPI_{ave} を用いて示せ。
- (j) 命令セットが異なる 2 台のコンピュータ A と B を考える。コンピュータ A の MIPS 値はコンピュータ B の MIPS 値より大きいものとする。このとき、処理内容が同じプログラムを実行した場合にプログラムの実行時間はどのような関係になるか。以下から選択せよ。また、その理由を述べよ。
- A. コンピュータ A の実行時間の方が短い
B. コンピュータ B の実行時間の方が短い
C. どちらの実行時間が短いとも言えない

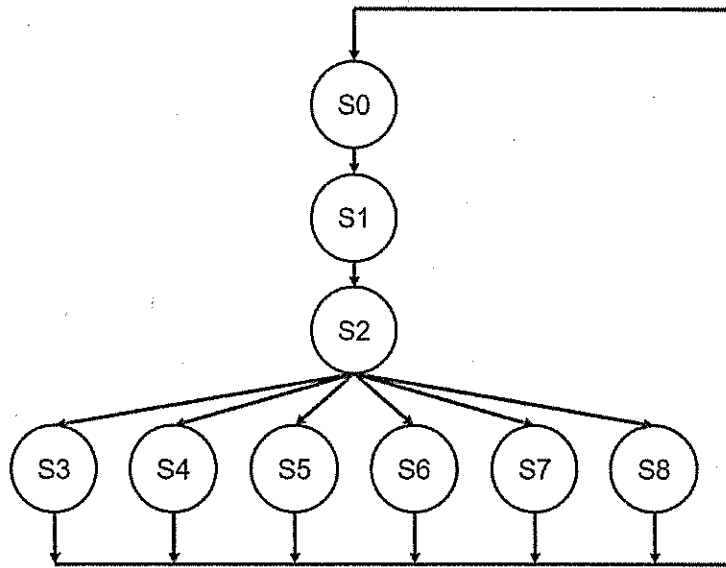


図 3 命令処理の流れ図

令和5年10月入学／令和6年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 データ構造とアルゴリズム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
---------------------	--

次の設問（1）～（3）に解答せよ。

- (1) ある算術式を二分木で表現し、葉には被演算子、他の節点には演算子が一つずつ割り当てられていることを想定する。この二分木を通りがけ順に走査したところ、 $a \times (b + c) + d$ が得られた。以下の問いに答えよ。
- (a) この木を行きがけ順に走査して得られる前置記法を答えよ。
- (b) この木を帰りがけ順に走査して得られる後置記法を答えよ。
- (c) (b)で得られた後置記法の a, b, c, d に具体的な数値が代入され、リスト1の擬似コードに入力されることを想定する。数式の答えが `answer` に代入されるように、擬似コード中の空欄 `/* A */` および `/* B */` に当てはまる適切な処理をそれぞれ答えよ。記述する言語は、自然言語、擬似言語、C言語のいずれでもかまわない。

リスト1 後置記法の演算結果を求める擬似コード

```
1: array ← 後置記法による数式の配列（各要素は被演算子または演算子）
2: stack ← push 操作と pop 操作が可能なスタック領域とし、空で初期化
3: for(i = 0; i < arrayの長さ; ++i) {
4:     if (array[i]が被演算子) {
5:         /* A */
6:     }
7:     else {
8:         /* B */
9:     }
10: }
11: answer ← pop(stack)
```

(次ページに続く)

(2) リスト2は、ある整列アルゴリズムを実装した例である。以下の問いに答えよ。

- (a) リスト2で実装されている整列アルゴリズムの名称を答えよ。
- (b) リスト2におけるピボットの決定方法を答えよ。
- (c) main関数の終了直前における配列aの要素を先頭から順に答えよ。
- (d) リスト2を実行すると、partition関数は4回呼び出されることになる。このときのpartition関数の戻り値を、partition関数が呼ばれた順に4つ答えよ。

リスト2 整列アルゴリズムの実装例

```
1: void swap(int* a, int* b)
2: {
3:     int temp;
4:     temp = *a;
5:     *a = *b;
6:     *b = temp;
7: }
8:
9: int partition(int a[], int L, int R)
10: {
11:     int i = L + 1, j = R;
12:     int p = a[L];
13:     while (i <= j) {
14:         while (i <= R && a[i] > p)
15:             i++;
16:         while (a[j] < p)
17:             j--;
18:         if (i <= j) {
19:             swap(&a[i], &a[j]); /*a[i]とa[j]を交換*/
20:             i++;
21:             j--;
22:         }
23:     }
24:     swap(&a[L], &a[j]); /*a[L]とa[j]を交換*/
25:     return j;
26: }
27:
28: void sort(int a[], int L, int R)
29: {
30:     int j;
31:     if(L < R){
32:         j = partition(a, L, R);
33:         sort(a, L, j-1);
34:         sort(a, j+1, R);
35:     }
36: }
37:
38: int main(void)
39: {
40:     int a[6] = {4, 2, 1, 5, 3, 6};
41:     sort(a, 0, 5);
42:     return 0;
43: }
```

(次ページに続く)

- (3) 半径 r [km] の円の円周に沿って通信基地局をいくつか設置することを考える。以下の問いに答えよ。
- (a) 円周に沿って等間隔に 5 か所の基地局を設置する。基地局を節点、基地局同士を結ぶ直線を辺として、完全グラフを答えよ。ただし、節点番号や辺の重みを記入する必要はなく、辺の直線性や長さの正確性も問わない。
 - (b) 円周に沿って等間隔に n か所 ($n > 1$) の基地局を設置する。基地局を節点、基地局同士を結ぶ直線を辺、基地局同士の距離を辺の重みとして完全グラフを構築した場合、最小全域木の長さを、単位を含めて答えよ。
 - (c) (b)に続き、円の中心に新たに一つ基地局を設置する。中心の基地局を出発し、他の全ての基地局を経由して中心の基地局に戻る最短経路長を、単位を含めて答えよ。

宇都宮大学地域創生科学研究科博士前期課程入試（第2期）

（令和6年4月入学）

令和5年12月9日実施

問題訂正

専攻・プログラム名：情報電気電子システム工学プログラム

試験科目名：電気磁気学

<問題訂正>

III 3 ページ 式 (8) と式 (9) の間の文章

【誤】 式 (7) を代入すると,

【正】 式 (6) を代入すると,

令和6年4月入学（第2期）
地域創生科学研究科博士前期課程
入学試験問題

工農総合科学専攻情報電気電子システム工学プログラム
「電気磁気学」「電気回路」

電気磁気学	1 ページ
電気回路	4 ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 情報電気電子システム工学プログラムでは、専門科目2科目を課します。
2. 出願時に届け出た専門科目を受験してください。
3. 答案は試験問題ごとに指定された解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入してください。
4. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
5. 試験終了後は、解答用紙のみ回収します。試験問題は持ち帰ってください。

令和6年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 電気磁気学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
--------------	--

I. 真空中に置かれた電荷による電界について以下の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。なお、導出過程も示すこと。

- (1) 原点 O に置かれた点電荷（電荷 $q > 0$ ）によって点 A (O からの距離 r) に生じる電界の向きと大きさを、ガウスの法則を用いて求めよ。
- (2) (1)で無限遠点を 0 としたときの点 A の電位を求めよ。
- (3) 図1のように、距離 d だけ離れた z 軸上の点（原点および座標 $z = d$ ）に2つの点電荷 $-q, q$ ($q > 0$) が置かれている。この2つの点電荷によって z 軸上の点 B （座標 $z = a > d$ ）に生じる電界の向きと大きさを求めよ。
- (4) 図1において $d \rightarrow 0$ の極限を考える。このとき、電気双極子モーメント $p = qd$ を一定値としながら極限を取ることとする。(3)で得られた電界の値に $q = p/d$ を代入した後に $d \rightarrow 0$ の操作を行い、原点に置かれた電気双極子によって点 B に生じる電界の大きさを求めよ。ただし、 $0 < y \ll x$ のときに、

$$\frac{1}{(x-y)^2} \approx \frac{1}{x^2} + \frac{2y}{x^3}$$

が成り立つことを用いてもよい。

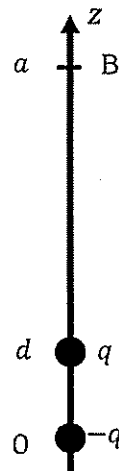


図1

II. 以下の問いに答えよ。ただし、真空の透磁率を μ_0 とし、導出過程も示すこと。

- (1) 図 2-1 に示すように、半径 a の円形線状導体に電流 I が流れているとき、円の中心における磁束密度 B の大きさをビオ - サヴァールの法則を用いて求めよ。
- (2) 図 2-2 は単位長さあたりの巻数が n の無限長ソレノイドの断面を示している。このソレノイドに電流 I が流れているとき、ソレノイド内部の閉路 C 、ソレノイド外部の閉路 C' 、ソレノイドと鎖交する閉路 C'' に対してアンペアの法則を適用することにより、ソレノイド内部およびソレノイド外部における磁束密度 B の大きさを求めよ。ただし、各閉路のソレノイド軸方向の長さを l とする。

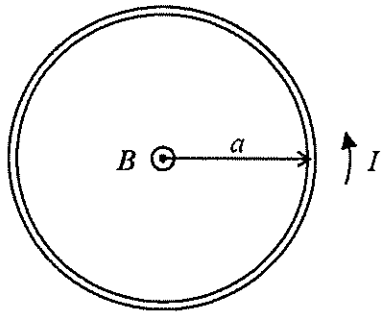


図 2-1

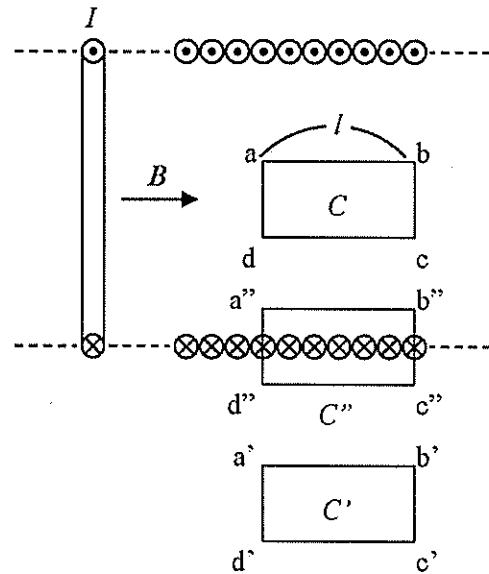


図 2-2

Ⅲ. 以下の文章は、真空中を伝搬する平面波について記述している。(a)～(h)の空欄に当てはまる式を答えよ。ただし、真空の誘電率、透磁率をそれぞれ ϵ_0 、 μ_0 とする。

導電電流や電荷が存在しない真空中において、角周波数 ω で振動する電界 E と磁界 H の関係を表すマクスウェル方程式は、時間因子を $e^{j\omega t}$ とすれば、

$$\nabla \times E = -j\omega\mu_0 H \quad (1)$$

$$\nabla \times H = \boxed{(a)} E \quad (2)$$

となる。基底単位ベクトルが (i_x, i_y, i_z) である直交直線座標系において、 x 方向に偏波する平面波について考えると、電界は x 成分 E_x のみを持ち、

$$E = i_x E_x \quad (3)$$

と表せる。また、伝搬方向が z 方向だとすると、 xy 面内で電磁界は一様になるので、式(3)を式(1)の左辺に代入して、

$$\nabla \times (i_x E_x) = i_y \boxed{(b)} \quad (4)$$

の関係を得る。式(1)と式(4)から、磁界は

$$H = i_y H_y \quad (5)$$

のように y 成分 H_y のみを持ち、結果として以下の関係式を得る。

$$\boxed{(c)} \quad (6)$$

式(5)を式(2)に代入すると、式(6)を得たのと同様に次式を得る。

$$\boxed{(d)} = -j\omega\epsilon_0 E_x \quad (7)$$

式(6)の両辺を z で微分し、式(7)を代入すると、次の微分方程式を得る。

$$\boxed{(e)} = -\omega^2 \epsilon_0 \mu_0 E_x \quad (8)$$

同様に、式(7)の両辺を z で微分し、式(7)を代入すると、

$$\boxed{(f)} = -\omega^2 \epsilon_0 \mu_0 H_y \quad (9)$$

式(8)および式(9)の解のうち、 $+z$ 方向に伝搬するものを考えると次式を得る。

$$E_x = E_i e^{-j\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}z}, \quad H_y = H_i e^{-j\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}z} \quad (10)$$

式(10)に表れる $\boxed{(g)}$ を位相定数と呼ぶ。また、式(10)を式(6)あるいは式(7)に代入すると、電界振幅と磁界振幅の比、すなわち電波インピーダンスが次のように求まる。

$$\frac{E_i}{H_i} = \boxed{(h)} \quad (11)$$

令和6年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 電気回路	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-------------	--

I. 以下の問いに答えよ。最終的な答えを指定解答欄に記述すること。

- (1) $C = 50 [\mu\text{F}]$ のキャパシタンスに交流電圧 $v = 120\sqrt{2}\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3}) [\text{V}]$ を加えた。容量性リアクタンス X_C を求めよ。また、回路に流れる電流 I をフェーザ形式で求めよ。
- (2) 抵抗 $R = 5 [\Omega]$, インダクタンス $L = 30 [\text{mH}]$, キャパシタンス $C = 200 [\mu\text{F}]$ の RLC 直列回路に交流電流 $i = 10\sqrt{2}\sin 500t [\text{A}]$ が流れている。この回路のインピーダンス Z を直交座標形式で求めよ。また、この回路の力率, 皮相電力, 有効電力および無効電力を求めよ。
- (3) 関数 $f(t)$ をラプラス変換せよ。また、関数 $F(s)$ を逆ラプラス変換せよ。
- (a) $f(t) = 2\sin 2t$ (b) $F(s) = \frac{1}{(s+1)(s+5)}$
- (4) Y 形対称三相交流の電源電圧が $E_a = 100 \angle 0^\circ [\text{V}]$, $E_b = 100 \angle (-120^\circ) [\text{V}]$, $E_c = 100 \angle (-240^\circ) [\text{V}]$ であるとき, 線間電圧 V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} をフェーザ形式で求めよ。

II. 抵抗 R_1 , R_2 , およびインダクタンス L からなる図 2-1 の交流回路の端子 a-a' 間に正弦波交流電圧 V_i を印加した。以下の問いに答えよ。ただし、正弦波交流電源の角周波数を ω とする。なお、導出過程も示すこと。

- (1) 図 2-1 の抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 を求めよ。
- (2) 図 2-1 の端子 b-b' 間の電圧 V_o の位相が V_i に比べ 45° だけ遅れるように正弦波交流電源の角周波数 ω を調整した。 ω を求めよ。

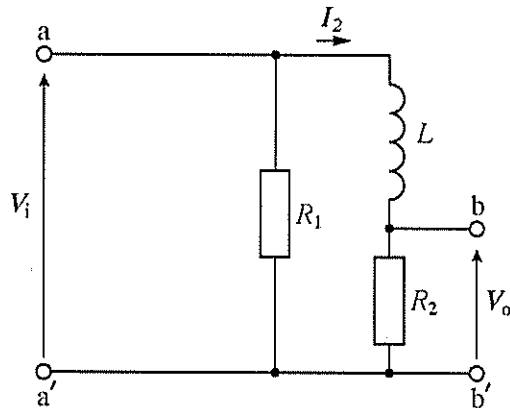


図 2-1

- (3) 図 2-1 の回路に抵抗 R_0 を追加し、図 2-2 の回路を構成した。そして、端子 b-b' 間の電圧 V_o の位相が V_i に比べ 45° だけ遅れるように正弦波交流電源の角周波数 ω をあらためて調整した。 ω を求めよ。

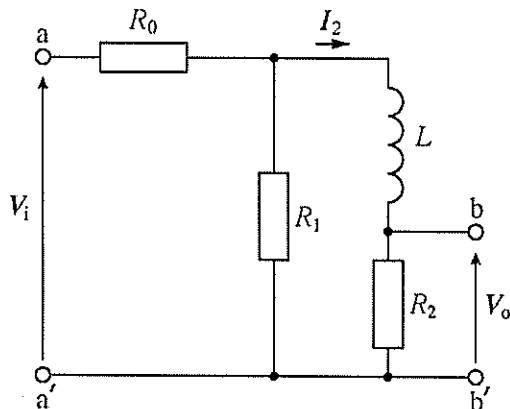


図 2-2

III. 図3に示す直流電圧源 E 、抵抗 R および r 、インダクタンス L 、スイッチSW1およびSW2から構成される回路を考える。ただし、最初SW1は開き、SW2は閉じた状態で定常状態にあるものとする。以下の問いに答えよ。なお、導出過程も示すこと。

- (1) 時刻 $t = 0$ において、SW2を閉じたままSW1を閉じた。インダクタンス L を流れる電流 $i(t)$ を求めよ。
- (2) (1)において、時間がじゅうぶん経過して定常状態になってから、SW1を閉じたままSW2を開いた。SW2を開いた時刻をあらためて $t = 0$ とおき、 $t \geq 0$ における抵抗 R の電圧 $v_R(t)$ を求めよ。
- (3) (2)で求めた電圧 $v_R(t)$ のグラフを描け。その際、グラフ上に $v_R(+0) = \lim_{t \rightarrow +0} v_R(t)$ と $v_R(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} v_R(t)$ の値を記すこと。

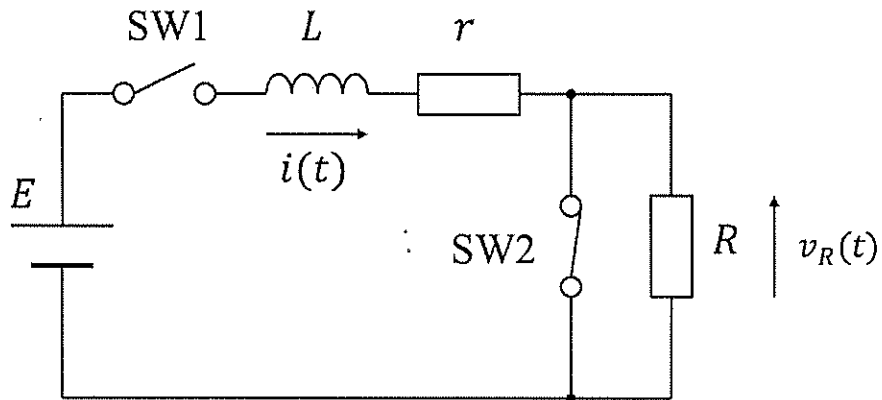


図3

令和6年4月入学（第2期）
地域創生科学研究科博士前期課程
入学試験問題

工農総合科学専攻・情報電気電子システム工学プログラム
教育研究分野B 問題冊子

教育研究分野B	
人間情報学	メディア情報工学
感性工学	情報統計学
医用画像工学	情報システム工学
音響工学	計算機システム工学
音響心理学	理論物理学, 素粒子論
画像工学	数理科学, 物性基礎論

【専門科目】

線形代数	1ページ
微積分学	2ページ
計算機システム	3～5ページ
データ構造とアルゴリズム	6～9ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。
2. 情報電気電子システム工学プログラム教育研究分野Bでは、専門科目2科目を課します。
3. 出願時に届け出た専門科目を受験してください。
4. 答案は選択した専門科目ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号を記入するとともに、選択した専門科目名に○をつけてください。
5. 外国人留学生特別選抜の受験者は、日本語・母語辞書（電子辞書・翻訳機等は除く）を使用することができます。
6. 試験終了後、解答用紙は全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

科目名 線形代数	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-----------------	--

次の設問(1),(2)に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

(1) 行列 A を、 $A = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 & -1 \\ -3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & -1 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & -2 & 1 \end{pmatrix}$ と定義する。行列 A の固有値を λ_j ($1 \leq j \leq N$, た

だし、 N は A の異なる固有値の個数) とする。また、それぞれの固有値に属する固有空間のうち、最も次元が大きい固有空間を V とする。以下の問いに答えよ。なお、4成分列ベクトル a, b の第 j 成分をそれぞれ a_j, b_j としたとき、 $a \cdot b = \sum_{j=1}^4 a_j b_j$ および $|a| = \sqrt{a \cdot a}$ と定める。

- (a) 固有値 λ_j ($1 \leq j \leq N$) および N の値を求めよ。
- (b) 固有空間 V を与える固有値を求めよ。
- (c) V の正規直交基底を1組求めよ。
- (d) V の次元 $\dim V$ を求めよ。
- (e) 4成分列ベクトル p から次の条件をみたすベクトル q への変換 f を考える。

- $q \in V$
- $p - q$ は、任意の $x \in V$ に対して $(p - q) \cdot x = 0$ をみたす

このとき、変換 f が線形変換であることを示し、その表現行列 F を求めよ。

(2) 行列 P を、 $P = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 7 & -4 & 4 \\ -4 & 1 & 8 \\ 4 & 8 & 1 \end{pmatrix}$ と定義する。列ベクトル a の転置を a^T と表すことにし

て、以下の問いに答えよ。

- (a) P の固有値、およびそれぞれの固有値に属する固有ベクトルをすべて求めよ。
- (b) P の対角化行列で、直交行列となる行列 Q を1つ求めよ。
- (c) $1 \leq i \leq 3$ とする。(b)の行列 Q の第 i 列を q_i とし、 q_i が属する固有値を λ_i と表す。 $\lambda_i q_i q_i^T$ ($i = 1, 2, 3$) を求めよ。

科目名 微積分学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
-----------------	--

次の設問(1),(2)に解答せよ。なお、解答は答えだけでなく、導出過程も明記せよ。

(1) 関数 $f(x,y) = \log \sqrt{(x-2)^2 + 2(y+1)^2}$ について次の問いに答えよ。ただし、 \log は自然対数である。

- (a) $f(x,y)$ の全微分を求めよ。
- (b) $f(x,y)$ を2次の項までマクローリン展開せよ。

(2) 集合 $D = \left\{ (x,y) \mid 0 \leq \frac{1}{\sqrt{3}}x \leq y \leq \sqrt{3}x, (x^2 + y^2)^2 \geq 2xy \right\}$ 上の重積分

$$I = \iint_D \frac{2}{(x+y)^2(x^2+y^2)} dx dy$$

について次の問いに答えよ。

- (a) 変数変換 $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta$ により積分変数を r, θ に変換する。この変換による D の像を D' として $I = \iint_{D'} g(r, \theta) dr d\theta$ と表す。このときの $g(r, \theta)$ を求めよ。
- (b) I を r と θ の累次積分で表せ。
- (c) I の値を求めよ。

令和6年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 計算機システム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
----------------	--

次の設問（1）、（2）に解答せよ。

（1）計算機システムに関する以下の（a）～（c）の問いに答えよ。

（a）数の表現に関する以下の問いに答えよ。なお、1）～6）は計算過程も示すこと。

- 1) 10進数 $(39.46875)_{10}$ を符号なし2進数に変換せよ。
- 2) 符号なし2進数 $(1010111101.010010101)_2$ を16進数に変換せよ。
- 3) 16進数 $(-C8)_{16}$ を2の補数表現を用いた10ビット2進数に変換せよ。
- 4) 2の補数表現の2進数 $(11001111)_2$ を10進数に変換せよ。
- 5) 10進数 $(-0.6875)_{10}$ を浮動小数点形式の2進数に変換せよ。ただし、この2進数は左から、符号部1ビット（非負：0、負：1）、指数部4ビット、仮数部8ビットとし、指数部は、バイアス8のげた履き表現（8増しコード）とする。なお、仮数部の表現は絶対値表示とし、ケチ表現（hidden bit）を使用すること。
- 6) 浮動小数点形式の2進数 $(0101011001000)_2$ を10進数に変換せよ。ただし、この2進数は左から、符号部1ビット（非負：0、負：1）、指数部4ビット、仮数部8ビットとし、指数部は、バイアス8のげた履き表現とする。なお、仮数部の表現は、絶対値表示でありケチ表現を使用していない。
- 7) 1の補数表現と比べて2の補数表現を用いることの利点を答えよ。

（次ページへ続く）

- (b) クロック周波数が 1.5 GHz の CPU を搭載した計算機システムがある。この CPU の命令の種類、各命令の CPI (Cycle Per Instruction)、各命令の出現頻度は表 1 の通りであった。この場合の 1 命令の実行に必要な平均 CPI , 平均命令実行時間, 平均命令処理能力[MIPS]を求めよ。また, 50,000,000 命令実行する際に必要な平均実行時間を求めよ。

表 1 各命令の CPI と出現頻度

命令の種類	CPI	出現頻度 (%)
命令 A	4	40
命令 B	6	30
命令 C	8	20
命令 D	10	10

- (c) 入出力制御の方式を 2 つ挙げ, それぞれについて説明せよ。

(次ページへ続く)

- (2) 記憶装置について以下の問いに答えよ。ただし、計算問題については計算過程を示せ。
- (a) 参照の局所性は二つの性質に分けることができる。それぞれの名称と意味を述べよ。
 - (b) 参照の局所性を利用して主記憶へのアクセスを高速化する手段として、キャッシュメモリがある。キャッシュメモリでのヒット率を h 、キャッシュメモリのアクセス時間を t_c 、主記憶のアクセス時間を t_m としたとき、平均アクセス時間を示せ。
 - (c) (b)の結果より、平均アクセス時間を短くするためにはどうすればよいかを3つ挙げよ。
 - (d) クロック周波数 100MHz で動作するシステム上で、あるプログラムを実行したところ、200回の参照のうち1回の割合で主記憶へのアクセスが行われた。キャッシュへのアクセス時間が1クロックサイクル、主記憶へのアクセス時間が50クロックサイクルであるとき、平均アクセス時間を計算せよ。ただし、単位をナノ秒として示すこと。
 - (e) キャッシュメモリではブロック置換処理が必要になる。その理由を述べよ。
 - (f) ブロック置換処理のアルゴリズムにはLRUアルゴリズムとFIFOアルゴリズムがある。それぞれについて、どのようなブロックが置換対象として選択されるかを答えよ。
 - (g) (f)の2つのアルゴリズムのうち、一般的にヒット率が高いとされているものを答え、その理由を述べよ。
 - (h) キャッシュメモリを考慮に入れた場合のプログラムの実行時間(CPU時間)は、以下の式で算出できる。

$$(CPI_{ex} \times I + MA \times \alpha \times T_{mp}) \times C_k$$

ここで、 CPI_{ex} はキャッシュがすべてヒットすると仮定した場合の平均CPI、 I は全実行命令数、 α は全メモリアクセス数 MA のうちキャッシュミスを起こす割合を表し、 T_{mp} はキャッシュミスしたときに余分にかかる時間をクロックサイクル数で表したものである。また、 C_k はクロックサイクル時間を表す。キャッシュを考慮に入れた場合の平均CPIを示せ。

- (i) 同一命令セットで動作クロック周波数も同じ場合、CPIが小さいコンピュータと、CPIが大きいコンピュータとではいずれの処理性能が高いかをその理由とともに答えよ。

令和6年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 データ構造とアルゴリズム	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 情報電気電子システム工学プログラム
---------------------	--

次の設問（1）～（3）に解答せよ。

（1）リスト1は、選択ソートによる整列処理をC言語で実装したものである。以下の問いに答えよ。

リスト1 選択ソートによる整列プログラム

```
1: #define N 6
2:
3:
4: void swap(int* a, int* b)
5: {
6:     int temp;
7:
8:     temp = *a;
9:     *a = *b;
10:    *b = temp;
11: }
12:
13:
14: void sort(int a[], int n)
15: {
16:     int i, j, k;
17:
18:     for (i = 0; i < n - 1; i++){
19:         k = i;
20:         for (j = i + 1; j < n; j++){
21:             if (a[j] < a[k]){
22:                 k = j;
23:             }
24:         }
25:         /* A */
26:         swap(&a[i], &a[k]);
27:     }
28: }
29:
30:
31: int main(int argc, char *argv[])
32: {
33:     int a[N] = {2, 2, 3, 6, 1, 5};
34:
35:     sort(a, N);
36:
37:     return 0;
38: }
```

（次ページに続く）

- (a) リスト 1 の 25 行目の /* A */ において、 i が 0 の時点で処理を止めた場合、 $a[k]$ の値を答えよ。
- (b) リスト 1 のプログラムを実行し、`sort` 関数の処理が終わった直後の、`main` 関数における配列 a の要素をカンマ区切りですべて答えよ。ただし、配列 a の初期値のうち重複している 2 は {2, 2, 3, 6, 1, 5} のように後者を下線で区別するものとし、答えの 2 のどちらかにも適切に下線を引き、両者を区別して答えよ。
- (c) 33 行目の配列 a の要素として仮に整列済みのデータが与えられることを想定した場合、`sort` 関数の最悪計算量を n に関するオーダー表記で答えよ。
- (d) 配列 a のデータを逆順に整列するには、プログラムをどのように修正すればよいか、行番号と修正後のコードを答えよ。ただし、修正する行数に制限はないものとする。
- (2) リスト 2 は、整数データ age を要素とするキュー構造を線形リストにより簡易的に実現したものである。線形リストの先頭はダミーとして扱い、キューの要素に含まないものとする。以下の問いに答えよ。
- (a) 線形リストの末尾へ新たなセルを追加することを想定し、`enqueue` 関数の 18 行目の /* (a) */ に当てはまる適切な処理を C 言語で記述せよ。ただし、記述する処理の行数に制限はないものとする。
- (b) 線形リストの先頭 (ダミーの直後) のセルが持つ整数データを age に取り出してセルを削除することを想定し、`dequeue` 関数の 30 行目の /* (b) */ に当てはまる適切な処理を C 言語で記述せよ。ただし、記述する処理の行数に制限はないものとする。
- (c) キューに残っているセルを先頭から順に `dequeue` (削除) することを想定し、`main` 関数の 53 行目の /* (c) */ に当てはまる適切な処理を C 言語で記述せよ。ただし、ダミーは `dequeue` (削除) しないものとする。
- (d) `main` 関数の 55 行目の `printf` 関数で出力される数値を先頭から順に答えよ。

(次ページに続く)

リスト2 キューを模擬するC言語プログラム

```

1: #include <stdio.h>
2: #include <stdlib.h>
3:
4: struct human {
5:     int age;
6:     struct human* next;
7: };
8:
9: struct human* h;
10: struct human* t;
11:
12: void enqueue(int age)
13: {
14:     struct human* p;
15:     p = (struct human*)malloc(sizeof(struct human));
16:     p->age = age;
17:
18:     /* (a) */
19:
20: }
21:
22: int dequeue(void)
23: {
24:     struct human* p;
25:     int age;
26:     p = h->next;
27:     if (p == NULL)
28:         return -1;
29:
30:     /* (b) */
31:
32:     free(p);
33:     return age;
34: }
35:
36: int main(void) {
37:     int age;
38:
39:     struct human head;
40:     head.age = -1;
41:     head.next = NULL;
42:     h = &head;
43:     t = &head;
44:
45:     enqueue(22);
46:     enqueue(35);
47:     age = dequeue();
48:     printf("%d\n", age);
49:     enqueue(68);
50:     enqueue(42);
51:     enqueue(11);
52:
53:     while (/* (c) */) {
54:         age = dequeue();
55:         printf("%d\n", age);
56:     }
57:
58:     return 0;
59: }

```

(次ページに続く)

- (3) 合計の重さが 100g 以下になる条件のもとで、合計金額を最大化するように表 1 の品物をいくつか購入することを想定する。ただし、同じ品物を重複して購入することはできないものとする。以下の問いに答えよ。

表 1 各品物の重さおよび値段

品物	重さ (g)	値段 (円)
A	10	100
B	20	20
C	30	27
D	50	250
E	100	99

- (a) 1 g あたりの単価が高い品物から順に貪欲法で購入した場合の合計金額を答えよ。
- (b) (a)の合計金額と最適値の差を答えよ。
- (c) 表 1 の各品物の数値が任意の値に変更された場合であっても(b)の解がなるべく 0 に近づくようにするためには、(a)のアルゴリズムをどう改良すればよいか、その改良方法を答えよ。