数学 $\boxed{1}$ 出題意図と解答例

線形代数の基本である連立一次方程式を行列演算で解く過程を通して，行列式の基本性質についての理解や，計算手法の選択や計算過程の工夫を含む実際の計算能力を問う．

(1) 係数行列 A，定数ベクトル $\mathbf{b}$ は

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 5 & 2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 2 \\ 8 \end{bmatrix}$$

行列式 $\det A$ を求める

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 5 & 2 \end{vmatrix} = 3 \cdot 2 - 5 \cdot 4 = 6 - 20 = -14$$

A の第 1 列を置き換えて x のための行列 A_x を求める

$$A_x = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 8 & 2 \end{bmatrix} \quad \Rightarrow \quad \det A_x = 2 \cdot 2 - 8 \cdot 4 = 4 - 32 = -28$$

同様に，第 2 列を置き換えて y のための行列 A_y を求める

$$A_y = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 8 \end{bmatrix} \quad \Rightarrow \quad \det A_y = 3 \cdot 8 - 5 \cdot 2 = 24 - 10 = 14$$

クラメルの公式より，

$$x = \frac{\det A_x}{\det A} = \frac{-28}{-14} = 2 \quad , \quad y = \frac{\det A_y}{\det A} = \frac{14}{-14} = -1$$

答： $x = 2, \quad y = -1$

(2) ガウスの消去法による解法の例：
拡大係数行列は

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 4 \\ 2 & -2 & 3 & 15 \\ 4 & 5 & -2 & -3 \end{array}\right]$$

まず前進消去を行う．
初めに，1 列目のピボットで下を消去する．
1 行目は変更無し：

$$R_1 : [1 \ \ 1 \ \ 1 \mid 4]$$

2 行目（$R_2 - 2R_1$）：

$$[2 \ \ -2 \ 3 \mid 15] - 2 \times [1 \ 1 \ 1 \mid 4] = [0 \ \ -4 \ 1 \mid 7]$$

3 行目（$R_3 - 4R_1$）：

$$[4\ 5\ -2 \mid -3] - 4 \times [1\ 1\ 1 \mid 4] = [0\ 1\ -6 \mid -19]$$

結果：

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 4 \\ 0 & -4 & 1 & 7 \\ 0 & 1 & -6 & -19 \end{array}\right]$$

次に 2 列目のピボットで下を消去する.
2 行目は変更無し：

$$R_2 : [0\ -4\ 1 \mid 7]$$

3 行目（$R_3 + \frac{1}{4}R_2$）：

$$R_3 \leftarrow R_3 + \frac{1}{4}R_2 = [0\ 1\ -6 \mid -19] + \left[0\ -1\ \frac{1}{4} \mid \frac{7}{4}\right] = \left[0\ 0\ -\frac{23}{4} \mid -\frac{69}{4}\right]$$

結果：

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 4 \\ 0 & -4 & 1 & 7 \\ 0 & 0 & -\frac{23}{4} & -\frac{69}{4} \end{array}\right]$$

以降，後退代入の過程として 3 行目から順に代入する.
3 行目：

$$-\frac{23}{4}z = -\frac{69}{4} \quad \Rightarrow \quad z = \frac{-69/4}{-23/4} = 3$$

2 行目：

$$-4y + z = 7 \quad \Rightarrow \quad -4y + 3 = 7 \quad \Rightarrow \quad -4y = 4 \quad \Rightarrow \quad y = -1$$

1 行目：

$$x + y + z = 4 \quad \Rightarrow \quad x + (-1) + 3 = 4 \quad \Rightarrow \quad x = 2$$

答： $x = 2, \quad y = -1, \quad z = 3$

(3) 解法は (2) と同様.
答： $x = -2, \quad y = 1, \quad z = 3, \quad w = 4$

数学$\boxed{2}$ 出題意図と解答例

問1では，ド・モアブルの定理の証明を通じて数学的思考の基礎力を問う．問2では，フーリエ変換を通じて解析学に関する基礎知識を問う．

問1　（ド・モアブルの定理）

(1) [1] $n=0$ のとき

左辺は $(\cos\theta+i\sin\theta)^n=1$ ，右辺は $\cos n\theta+i\sin n\theta=1$ となり等式が成り立つ．

[2] $n>0$ のとき

$n=k-1$ でこの定理が成り立つと仮定すると，

$$(\cos\theta+i\sin\theta)^{k-1}=\cos(k-1)\theta+i\sin(k-1)\theta$$

$n=k$ を考えると，

$$\begin{aligned}(\cos\theta+i\sin\theta)^k&=(\cos\theta+i\sin\theta)^{k-1}(\cos\theta+i\sin\theta)\\&=(\cos(k-1)\theta+i\sin(k-1)\theta)(\cos\theta+i\sin\theta)\\&=\cos(k-1)\theta\cdot\cos\theta+\cos(k-1)\theta\cdot i\sin\theta+i\sin(k-1)\theta\cdot\cos\theta+i\sin(k-1)\theta\cdot i\sin\theta\\&=(\cos(k-1)\theta\cdot\cos\theta-\sin(k-1)\theta\cdot\sin\theta)+i(\cos(k-1)\theta\cdot\sin\theta+\sin(k-1)\theta\cdot\cos\theta)\end{aligned}$$

三角関数の加法定理

$$\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cos\beta\mp\sin\alpha\sin\beta$$
$$\sin(\alpha\pm\beta)=\sin\alpha\cos\beta\pm\cos\alpha\sin\beta$$

を適用して，

$$(\cos\theta+i\sin\theta)^k=\cos k\theta+i\sin k\theta$$

となり，$n=k$ のときも等式が成り立つ．

[3] $n<0$ のとき

$m=-n$ とおくと m は自然数である．[1] と [2] より，m については等式が成り立つから，

$$\begin{aligned}(\cos\theta+i\sin\theta)^n=(\cos\theta+i\sin\theta)^{-m}=\frac{1}{(\cos\theta+i\sin\theta)^m}&=\frac{1}{\cos m\theta+i\sin m\theta}\\&=\frac{1}{\cos m\theta+i\sin m\theta}\cdot\frac{\cos m\theta-i\sin m\theta}{\cos m\theta-i\sin m\theta}\\&=\cos m\theta-i\sin m\theta\\&=\cos(-m)\theta+i\sin(-m)\theta\\&=\cos n\theta+i\sin n\theta\end{aligned}$$

ゆえに $n<0$ のときも等式が成り立つ．

以上，[1]，[2]，[3] から，任意の整数 n に対して等式が成り立つ．

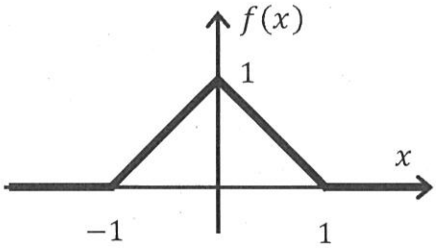
(2) n を任意の整数とすると

$$(\cos\theta+i\sin\theta)^n=\left(e^{i\theta}\right)^n=e^{in\theta}=\cos n\theta+i\sin n\theta$$

より，等式が成り立つ．

問 2

(1) $f(x)$ のグラフは以下.



[解法 1] フーリエ余弦変換を使う場合

$$
\begin{aligned}
F(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)(\cos\omega x - i\sin\omega x) dx \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\cos\omega x dx - i\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\sin\omega x dx
\end{aligned}
$$

$f(x)$ が偶関数なので第 2 項はゼロ．第 1 項は

$$
\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\cos\omega x dx = 2\int_0^1 (1-x)\cos\omega x dx
$$

ここで,

$$
\cos\omega x = \left(\frac{1}{\omega}\sin\omega x\right)'
$$

とみなして部分積分すると,

$$
2\int_0^1 (1-x)\cos\omega x dx = 2\left\{\left[(1-x)\left(\frac{1}{\omega}\sin\omega x\right)\right]_0^1 - \int_0^1 (-1)\left(\frac{1}{\omega}\sin\omega x\right) dx\right\}
$$

第 1 項はゼロ

第 2 項は

$$
2\int_0^1 \left(\frac{1}{\omega}\sin\omega x\right) dx = \frac{2}{\omega}\left[-\frac{1}{\omega}\cos\omega x\right]_0^1 = \frac{-2}{\omega^2}(\cos\omega - 1) = \frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}
$$

よって,

$$
F(\omega) = \frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}
$$

[解法 2] そのまま積分する場合

$$
F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx = \int_0^1 (1-x) e^{-i\omega x} dx + \int_{-1}^0 (1+x) e^{-i\omega x} dx \tag{1}
$$

○ 式 (1) の第 1 項

部分積分を適用

$$
\int_0^1 (1-x) e^{-i\omega x} dx = \left[(1-x)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right) e^{-i\omega x}\right\}\right]_0^1 - \int_0^1 (-1)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right) e^{-i\omega x}\right\} dx \tag{2}
$$

式 (2) の第 1 項

$$\left[(1-x)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}\right]_0^1 = -\left(\frac{1}{-i\omega}\right) = -\frac{i}{\omega}$$

式 (2) の第 2 項

$$-\int_0^1(-1)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}dx = \left(\frac{1}{-i\omega}\right)\left[\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right]_0^1 = \left(\frac{1}{-i\omega}\right)^2\left(e^{-i\omega}-1\right) = \frac{1-e^{-i\omega}}{\omega^2}$$

○ 式 (1) の第 2 項

部分積分を適用

$$\int_{-1}^0(1+x)e^{-i\omega x}dx = \left[(1+x)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}\right]_{-1}^0 - \int_{-1}^0(1)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}dx \quad (3)$$

式 (3) の第 1 項

$$\left[(1+x)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}\right]_{-1}^0 = \left(\frac{1}{-i\omega}\right) = \frac{i}{\omega}$$

式 (3) の第 2 項

$$-\int_{-1}^0(1)\left\{\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right\}dx = -\left(\frac{1}{-i\omega}\right)\left[\left(\frac{1}{-i\omega}\right)e^{-i\omega x}\right]_{-1}^0 = -\left(\frac{1}{-i\omega}\right)^2\left(1-e^{i\omega}\right) = \frac{1-e^{i\omega}}{\omega^2}$$

これら四つの項を合わせて,

$$\begin{aligned}F(\omega) &= -\frac{i}{\omega}+\frac{1-e^{-i\omega}}{\omega^2}+\frac{i}{\omega}+\frac{1-e^{i\omega}}{\omega^2} \\ &= \frac{2-(e^{i\omega}+e^{-i\omega})}{\omega^2} = \frac{2-2\cos\omega}{\omega^2} = \frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}\end{aligned}$$

よって,

$$F(\omega) = \frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}$$

(2)

$$F(\omega) = \frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}$$

をフーリエ逆変換すると,

$$f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}F(\omega)e^{i\omega x}d\omega = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}e^{i\omega x}d\omega$$

ここで,

$$f(0) = 1$$

より,

$$f(0) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}e^{i\omega 0}d\omega = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}d\omega = 1$$

$F(\omega)$ は偶関数なので

$$\frac{2}{2\pi}\int_0^{\infty}\frac{2(1-\cos\omega)}{\omega^2}d\omega = 1$$

積分変数を x にして，整理すると

$$\int_0^{\infty}\frac{1-\cos x}{x^2}dx = \frac{\pi}{2}$$

数学 $\boxed{3}$ 確率統計　出題意図と解答例

2次元の確率分布と確率密度関数の演算の意味を問うと共に基本的な統計量の理解度を確認する．

(1)

$$f_{x,y}(x,y) = \begin{cases} \dfrac{1}{4} & ;0 < x \leq 2, 0 < y \leq 2 \\ 0 & ;\text{それ以外} \end{cases}$$

(2)

$$\begin{aligned} f_x(x) &= \int_0^2 f_{x,y}(x,y)dy \\ &= \begin{cases} \dfrac{1}{2} & ;0 < x \leq 2 \\ 0 & ;\text{それ以外} \end{cases} \end{aligned}$$

(3)

$$\begin{aligned} \overline{x} &= \int_0^2 x f_x(x)dx = \left[\frac{x^2}{4}\right]_0^2 = 1 \\ \overline{x^2} &= \int_0^2 x^2 f_x(x)dx = \left[\frac{x^3}{6}\right]_0^2 = \frac{4}{3} \\ \sigma_x^2 &= \overline{x^2} - \overline{x}^2 = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3} \end{aligned}$$

(4)

$$p(z) = \begin{cases} 0 & ;z \leq 0 \\ \dfrac{z^2}{8} & ;0 < z \leq 2 \\ 1 - \dfrac{(4-z)^2}{8} & ;2 < z \leq 4 \\ 1 & ;z > 4 \end{cases}$$

(5) (4) の解答 $p(z)$ は z の分布関数 $F_z(z)$ に相当するから

$$\begin{aligned} f_z(z) &= \frac{dp(z)}{dz} \\ &= \begin{cases} 0 & ;z \leq 0 \\ \dfrac{z}{4} & ;0 < z \leq 2 \\ \dfrac{4-z}{4} & ;2 < z \leq 4 \\ 0 & ;z > 4 \end{cases} \end{aligned}$$

(6) $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{z} - \boldsymbol{x}$であることから

$$f_{x,z}(x,z) = f_{x,y}(x, z-x) \begin{cases} \frac{1}{4} & ; 0 < x \leq 2, x < z \leq x+2 \\ 0 & ; \text{それ以外} \end{cases}$$

(7)

$$\begin{aligned}
\overline{xz} &= \int_0^2 \int_x^{x+2} xz f_{x,z}(x,z) dz dx \\
&= \frac{1}{4} \int_0^2 x \int_x^{x+2} z dz dx \\
&= \frac{1}{4} \int_0^2 x \left[\frac{z^2}{2} \right]_x^{x+2} dx \\
&= \frac{1}{8} \int_0^2 x \left\{ (x+2)^2 - x^2 \right\} dx \\
&= \frac{1}{8} \int_0^2 x(4x+4) dx \\
&= \frac{1}{2} \int_0^2 x^2 + x dx \\
&= \frac{1}{2} \left[\frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} \right]_0^2 \\
&= \frac{1}{2} \left(\frac{8}{3} + 2 \right) \\
&= \frac{1}{2} \times \frac{14}{3} = \frac{7}{3} \\
\overline{z} &= \int_0^4 z f_z(z) dz \\
&= \int_0^2 z \frac{z}{4} dz + \int_2^4 z \frac{4-z}{4} dz \\
&= \left[\frac{z^3}{12} \right]_0^2 + \left[\frac{z^2}{2} - \frac{z^3}{12} \right]_2^4 \\
&= 2
\end{aligned}$$

あるいは

$$\overline{xz} = \overline{x(x+y)} = \overline{x^2 + xy} = \overline{x^2} + \overline{x} \cdot \overline{y} = \frac{4}{3} + 1 \cdot 1 = \frac{7}{3}$$

（xとyが独立であることを利用）

$$\overline{z} = \overline{x+y} = \overline{x} + \overline{y} = 1 + 1 = 2$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{xz} &= \overline{xz} - \overline{x} \cdot \overline{z} \\
&= \frac{7}{3} - 1 \cdot 2 = \frac{1}{3}
\end{aligned}$$

(8)

$$
\begin{aligned}
\overline{z^2} &= \int_0^4 z^2 f_z(z)dz \\
&= \int_0^2 z^2 \frac{z}{4}dz + \int_2^4 z^2 \frac{4-z}{4}dz \\
&= \left[\frac{z^4}{16}\right]_0^2 + \left[\frac{z^3}{3} - \frac{z^4}{16}\right]_2^4 \\
&= \frac{14}{3}
\end{aligned}
$$

$$\sigma_z^2 = \overline{z^2} - \overline{z}^2 = \frac{14}{3} - 2^2 = \frac{2}{3}$$

あるいは

$$\sigma_z^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

（x と y が独立であることを利用）

$$r = \frac{\sigma_{xz}}{\sigma_x \sigma_z} = \frac{\frac{1}{3}}{\sqrt{\frac{1}{3}}\sqrt{\frac{2}{3}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

情報工学 $\boxed{1}$ 出題意図と解答例

(1),(3) では，列を扱う基本的なアルゴリズムを読み解く力を問う．(2) では，全順序関係の定義を具体例に即して説明する力を問う．(4),(6) では，リスト処理の時間計算量についての理解力を問う．(5) では，並べ替えアルゴリズムを擬似コードで説明する力を問う．

(1) (a) **true**，(b) **false**，(c) **true**.

(2) 全順序である．問題の辞書式順序を $\geq_{\mathsf{lex}}$ で表すと，集合 A^k 上の任意の文字列 w と x について，$w \geq_{\text{lex}} x$ または $x \geq_{\text{lex}} w$ が成り立つため．

(3) 辞書式比較で l 中の最小文字列が現れる最大 (最右) の位置．

(4) elem は $\mathrm{O}(i)$，create は $\mathrm{O}(1)$，delete は $\mathrm{O}(i)$，append は $\mathrm{O}(1)$．定数時間の append を実現するには，末尾へ定数時間でアクセスできるポインタを記憶する．

(5) 擬似コードを以下に示す．

$$
\begin{array}{l}
\mathsf{sort}(l, n)\{ \\
\quad l' \leftarrow \mathsf{create}() \\
\quad \mathbf{for}\ i \leftarrow 0\ \mathbf{to}\ n-1\ \{ \\
\quad\quad m \leftarrow \mathsf{find}(l, n-i) \\
\quad\quad \mathsf{append}(l', \mathsf{elem}(l, m)) \\
\quad\quad \mathsf{delete}(l, m) \\
\quad \} \\
\quad \mathbf{return}\ l' \\
\}
\end{array}
$$

(6) 時間計算量は $\mathrm{O}(n^2)$.

情報工学 $\boxed{2}$ 出題意図と解答例

1. では計算機の性能に関する基礎的な知識を問う．2. では論理回路の設計手順の理解を問う．3. ではプロセッサアーキテクチャに関する基本的事項を説明する能力を問う．

問 1

(1) スループット: 単位時間あたりの処理能力 (命令数/データ量)
レイテンシ: タスク (命令実行/データ処理) の開始から完了までの時間

(2) 「実行時間 = 実行命令数 × 平均 CPI ÷ クロック周波数」
となる．CPI は命令あたりのクロックサイクル数なので，実行命令数 × 平均 CPI は実行クロックサイクル数となる．これにクロック周期，即ちクロック周波数の逆数を乗じれば実行時間となる．

(3) 要因として、電源電圧、容量性負荷、スイッチング周波数の 3 点を挙げる。CMOS 回路の動的消費電力はスイッチングによる充放電によるものである．充放電のエネルギーは容量性負荷に比例し，また，電圧の 2 乗に比例する．電力は単位時間あたりのエネルギーであるので，エネルギーにスイッチングの頻度を乗じて，
「動的消費電力 $\propto$ 容量性負荷 × 電源電圧^2 × スイッチング周波数」
のように比例関係が表される．

問 2

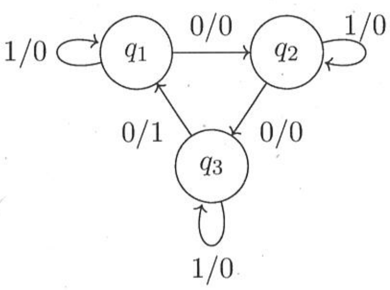
(1)

現状態	次状態 q'		出力 z	
	入力 $x =$		入力 $x =$	
q	0	1	0	1
q_1	q_2	q_3	0	0
q_2	q_5	q_2	0	0
q_3	q_2	q_1	0	0
q_4	q_1	q_4	1	0
q_5	q_3	q_4	1	0

(2) q_1 と q_3 が等価，q_4 と q_5 が等価

$\{q_1, q_3\}$, q_2, $\{q_4, q_5\}$ を改めて q_1, q_2, q_3 として:

現状態	次状態 q'		出力 z	
	入力 $x =$		入力 $x =$	
q	0	1	0	1
q_1	q_2	q_1	0	0
q_2	q_3	q_2	0	0
q_3	q_1	q_3	1	0



(3) q_1, q_2, q_3 を $(Q_1Q_2) = (0,0), (0,1), (1,0)$ に割り当てた場合:

x	Q_1	Q_2	D_1	D_2	z
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	-	-	-
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	-	-	-

$$\begin{aligned} D_1 &= \overline{x}Q_2 + xQ_1 \\ D_2 &= \overline{x}\,\overline{Q_1}\,\overline{Q_2} + xQ_2 \\ z &= \overline{x}Q_1 \end{aligned}$$

(別解) q_1, q_2, q_3 を $(Q_1Q_0) = (0,0), (0,1), (1,1)$ に割り当てた場合:

x	Q_1	Q_2	D_1	D_2	z
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	-	-	-
0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	-	-	-
1	1	1	1	1	0

$$\begin{aligned} D_1 &= \overline{x}\,\overline{Q_1}Q_2 + xQ_1 \\ D_2 &= \overline{x}\,\overline{Q_1} + xQ_2 \\ z &= \overline{x}Q_1 \end{aligned}$$

(更に別の状態割当も多数あり)

問 3

(1) 命令フェッチ:

- (各命令共通) プログラムカウンタから命令メモリへ命令アドレスを送信，命令メモリから命令語を読み出し

(2) 命令デコードとレジスタ読み出し:

- (各命令共通) 命令語から制御信号を生成
- (①算術論理演算命令，③メモリストア命令) 命令語の一部をレジスタ番号とし，2 つのレジスタ値をレジスタファイルから読み出し
- (②メモリロード命令) 命令語の一部をレジスタ番号とし，1 つのレジスタ値をレジスタファイルから読み出し

(3) 命令実行またはアドレス生成:

- (①算術論理演算命令) 2 つのレジスタ値に対し命令語で指定された演算を算術論理演算ユニットで実行
- (②メモリロード命令，③メモリストア命令) レジスタ値とオフセット値を加算しデータメモリアドレスを生成

(4) データメモリアクセス:

- (②メモリロード命令) 生成されたアドレスをデータメモリに送信，指定アドレスに記憶されている値を読み出し
- (③メモリストア命令) 生成されたアドレスをデータメモリに送信，指定アドレスに値を書き込み

(5) レジスタ書き込み:

- (①算術論理演算命令) 命令実行ステージで計算された値をレジスタに書き込み
- (②メモリロード命令) メモリから読み出された値をレジスタに書き込み

情報工学 $\boxed{3}$ 出題意図と解答例

問 1 は基礎的なプログラミング能力を確認するため，簡単なプログラムや変数のスコープに関する理解を問う．問 2 はコンパイラとプログラミング言語理論に関する理解度を確認するため，文脈自由文法に関する基礎知識を問う．

問 1　※フィボナッチ数列を生成するプログラムのスパゲッティバージョン

(1)　(a) 静的記憶域期間を持つ変数
　　大域変数 `n`, 関数 `g` 内の `static` 変数 `m`, `n`

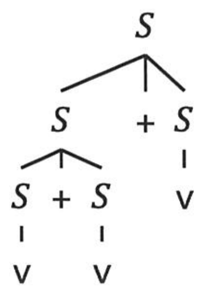
　(b) 関数 `g` 内でアクセス可能な変数
　　仮引数 `a`, 局所変数 `m`, `n` (大域変数 `n` は隠される)

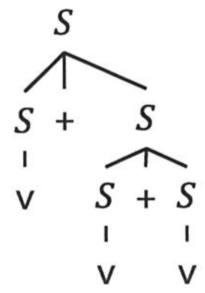
(2) 実行結果は以下の通り

```
1 + 1 = 2
1 + 2 = 3
2 + 3 = 5
3 + 5 = 8
5 + 8 = 13
8 + 13 = 21
```

問 2

(1) たとえば文 `v + v + v` に対し，次の 2 通りの構文解析木を作ることができる(他に `!v + v` など，複数の構文解析木が可能な例を挙げてあればよい).





(2) $G' = (N', T, P', S)$, $N' = \{S, F\}$, $P' = \{S \to S\texttt{+}F \mid S\texttt{-}F \mid F,\ \ F \to \texttt{(}S\texttt{)} \mid \texttt{!}F \mid \texttt{v}\}$

(3) (a) `v + !v - v`

(b) `v + !(v - !v)`