

問題 1, 2, 3, 4 の中から 2 問選んで解答せよ。選択した問題は( )と( )です。

※ 選択した問題の番号を、上記 下線部のカッコ内に記入 すること。

問題 1 次の微分方程式を満たす関数  $y$  のうち  $x = 1$  のとき  $y = 1$  となるものを求めよ。

$$x \frac{dy}{dx} = 2x + y$$

ヒント： $y = ux$  とおいて  $u$  に関する微分方程式にする。

$y = ux$  を問題文の微分方程式に代入すると

$$x \left( u + x \frac{du}{dx} \right) = 2x + ux$$

となるので、式を変形すると

$$\frac{du}{dx} = \frac{2}{x}$$

という変数分離形の微分方程式が得られる。

両辺を  $x$  で積分

$$\int \frac{du}{dx} dx = \int \frac{2}{x} dx$$

することで、次の式が得られる。

$$u = 2 \log|x| + C$$

ただし  $C$  は積分定数である。 $y = ux$  なので

$$y = 2x \log|x| + Cx$$

問題文より  $y(1) = 1$  なので、代入すると

$$1 = 2 \cdot 1 \log 1 + C$$

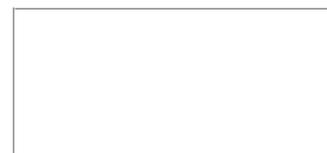
となり、 $C = 1$  が得られる。したがって求める解は次の通りである。

$$y = 2x \log|x| + x$$

受験科目名
-------

数学
----

{ 1 / 4 頁 }



問題2 次を示す微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} - 2y = 0$$

ヒント： $y = e^{\lambda x}$ とにおいて $\lambda$ に関する方程式（特性方程式）を求める。

$y = e^{\lambda x}$ を問題文の微分方程式に代入すると

$$\lambda^2 e^{\lambda x} + \lambda e^{\lambda x} - 2e^{\lambda x} = 0$$

という関係式が得られる。この両辺を $e^{\lambda x}$ で割ると

$$\lambda^2 + \lambda - 2 = 0$$

という特性方程式を求めることができる。したがって

$$(\lambda + 2)(\lambda - 1) = 0$$

$$\lambda = -2, 1$$

となる。よって、一般解は

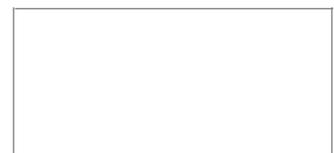
$$y = C_1 e^{-2x} + C_2 e^x$$

となる。ただし $C_1, C_2$ は積分定数である。

受験科目名
-------

数学
----

{ 2 / 4 頁 }



---

問題3 次の行列Aに対して、行列Aの転置行列 $A^T$ と、行列Aと $A^T$ との積 $AA^T$ を計算しなさい。

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

解：

転置行列 $A^T$ は以下、

$$A^T = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \\ 2 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

行列Aと転置行列 $A^T$ の積 $AA^T$ は以下、

$$AA^T = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \\ 2 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2*2+0*0+2*2+1*1 & 2*0+0*3+2*0+1*2 \\ 0*2+3*0+0*2+2*1 & 0*0+3*3+0*0+2*2 \end{pmatrix}$$

よって

$$AA^T = \begin{pmatrix} 9 & 2 \\ 2 & 13 \end{pmatrix}$$

受験科目名
数学



問題 4 京成大久保駅は、千葉県習志野市に位置する京成電鉄の駅です。この駅周辺には、大学や公園、商店街などがあり、学生や地元の人々に親しまれています。

ある日、あなたは友人と京成大久保駅からのびる商店街にあるラーメン店で待ち合わせをすることにしました。約束の時間は午後 12 時です。しかし、二人とも普段から少し遅れがちなので、実際には何分か遅れて到着するかもしれません。あなたがラーメン店に到着する時間は、午後 12 時から午後 12 時 10 分の間のどこかで一様分布に従います。友人が到着する時間も同じく午後 12 時から午後 12 時 10 分の間のどこかで一様分布に従います。

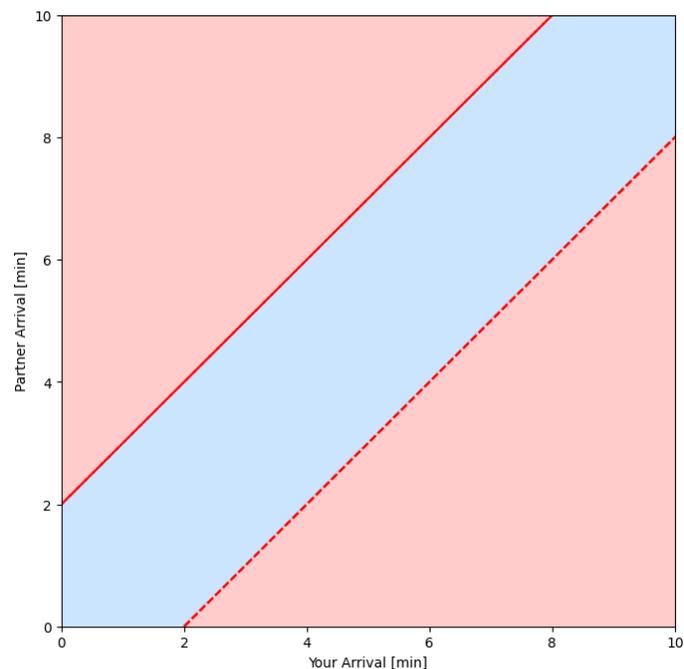
お互いの到着した時間差が 2 分以内であるとき、ラーメン店から味玉 1 つ無料のサービス券がそれぞれにもらえるというルールがあります。このサービス券をもらうため、二人はこのルールに従って早めに到着しようとしています。

さて、二人の到着時間差が 2 分以内である確率 [%] を求めなさい。

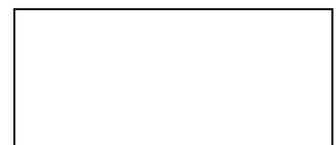
解：

あなたと友人の到着時間  $X$  と  $Y$  は、それぞれ 0 分から 10 分の間でランダムに分布している。

$|X - Y| \leq 2$  の条件を満たす領域は、平面上で対角線に挟まれた帯状の部分となる。正方形全体の面積は 100 で、条件を満たさない三角形の合計面積が 64、よって条件を満たす領域の面積は 36 となる。従って、条件を満たす確率は 36 (%) となる。



受験科目名
数学



問題 1, 2, 3, 4 の中から 2 問を選んで答えよ (右欄に選択した問題番号を記入)。【選択した問題: ( ) と ( )】

問題 1

(1) 次の集合  $A$  の冪集合を書きなさい。

$$A = \{a, b, c\}$$

$$\{\phi, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}\}$$

(2) 次の集合  $A$  と集合  $B$  の直積  $A \times B$  を書きなさい。

$$A = \{a, b, c, d\}, \quad B = \{0, 1\}$$

$$\{(a, 0), (a, 1), (b, 0), (b, 1), (c, 0), (c, 1), (d, 0), (d, 1)\}$$

(3) 次の関係  $R \subseteq A \times B$  は 集合  $A$  から集合  $B$  への関数ではないが、その理由を述べよ。

$$A = \{a, b, c, d\}, \quad B = \{0, 1\}$$

$$R = \{(a, 1), (b, 0), (b, 1), (c, 0), (c, 1), (d, 0)\}$$

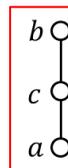
集合  $A$  である要素  $b$  について、対応する集合  $B$  の要素が 1 つに定まらないため関数ではない。

(  $c$  についても同様である。 )

(4) 次の半順序集合  $(A, R)$  のハッセ図を書きなさい。(集合  $A$  の要素とハッセ図の点の対応がわかるように記載せよ)

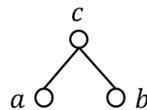
$$A = \{a, b, c\}$$

$$R = \{(a, a), (a, b), (a, c), (b, b), (c, b), (c, c)\}$$



(5) 次のハッセ図で表される半順序集合  $(A, R)$  について関係  $R$  を書きなさい。

$$A = \{a, b, c\}$$



$$R = \{(a, a), (a, c), (b, b), (b, c), (c, c)\}$$

受験科目名
情報数学



---

問題 2

- (1)  $Fx$  を「 $x$  は飛ぶ」、 $Gx$  を「 $x$  は鳥である」とするとき、「飛ばない鳥もいる」という文を述語論理の記号を用いて表せ。

$$\exists x(\neg Fx \wedge Gx)$$

- (2) 次の論理式が妥当式ではないことを示せ。

$$\forall x(Fx \vee Gx) \supset (\forall xFx \vee \forall xGx)$$

たとえば、議論領域を自然数、 $Fx$  を「 $x$ は偶数」、 $Gx$  を「 $x$ は奇数」という解釈の下で真偽を確認する。

$\forall x(Fx \vee Gx)$  は「全ての自然数は偶数または奇数である」となるので真である。

$\forall xFx \vee \forall xGx$  は「「全ての自然数は偶数である」または「全ての自然数は奇数である」」となるので偽である。

したがって、 $\supset$  の真理表より与えられた論理式は偽となる。

つまり偽となる解釈が存在するので、この論理式は妥当式ではない。

- (3) 公理系の健全性と完全性を説明せよ。

1. 健全性とは定理すなわち証明されうるものは全て論理的真理であることをいう。
  2. 完全性とは論理的真理のすべてが定理として証明されうることをいう。
- 「2」を狭い意味での完全性といい、「1」と「2」を合わせて広い意味での完全性という。

- (4) 集合論におけるラッセルのパラドックスを説明せよ。

集合  $M$  を  $M = \{x \mid x \notin x\}$  と定義する。

このとき、 $M \in M$  は成立するかを考える。

集合  $M$  の定義から、次のことが言える。

$$x \in M \equiv (x \notin x)$$

この  $x$  に  $M$  を代入すると、

$$(M \in M) \equiv (M \notin M)$$

ここから簡単に、矛盾式  $(M \in M) \wedge (M \notin M)$  が証明されてしまうというパラドックスである。

受験科目名
情報数学





#### 問題 4

表 4-1 は MIPS アセンブリ言語表現の命令の一部である。メモリ及びレジスタのデータ幅 32 ビット、アドレス幅 32 ビットとするとき、以下の問いに答えなさい。

表 4-1. MIPS アセンブリ言語表現の命令の一部 (rd, rs, rt : レジスタ, PC : プログラムカウンタ, 命令幅 : 32 ビット)

命令	意味	補足
add rd, rs, rt	$rd = rs + rt$	レジスタの値の加算
addi rt, rs, immd	$rt = rs + SE(immd)$	immd は即値, $SE(x)$ は $x$ を 32 ビットに符号拡張
slt rd, rs, rt	if( $rs < rt$ ) $rd = 1$ , else $rd = 0$	beq 及び bne 命令の直前で使用することが多い
slti rt, rs, immd	if( $rs < SE(immd)$ ) $rt = 1$ , else $rt = 0$	slti は即値との比較 (slt はレジスタ同士の比較)
beq rs, rt, Label	if( $rs == rt$ ) $PC = Label$ , else $PC = PC + 4$	$PC = Label$ で, $PC$ を Label のところにセット
bne rs, rt, Label	if( $rs != rt$ ) $PC = Label$ , else $PC = PC + 4$	$PC = PC + 4$ で, $PC$ は次の命令 (4 バイト先) に進む
lw rt, x(rs)	$rt = mem[(rs) + x]_{32}$	(rs の値 + x) のメモリ番地のデータを rt にロード
sw rt, x(rs)	$mem[(rs) + x]_{32} = rt$	(rs の値 + x) のメモリ番地に rt の値をストア
j Label	$PC = Label$	$PC$ を強制的に Label のところにセット

メモリ上に  $n$  個の整数データ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  の値が連続して書き込まれているとする。  $x_1, x_2, \dots, x_n$  をメモリから順番に読み込んでいくとき、  $x_1, x_2, \dots, x_n$  のうち  $t$  以上の数値のみを合計したものを  $S_t$  とする。ただし、  $t$  はメモリに保存されている定数である。  $S_t$  を求め、メモリに保存する MIPS アセンブリコードを書きなさい。なお、  $\$s0 \sim \$s7$  及び  $\$t0 \sim \$t9$  はレジスタで整数値やアドレスなどを保存でき、  $\$zero$  は定数 0 が常に入っている特別なレジスタである。これらのレジスタを適宜使用してコード作成をするものとする (必要なレジスタのみの使用で問題ない)。

コードを書く際の前提として、データ数  $n$  の値が格納されているメモリアドレスはレジスタ  $\$s7$  に、  $x_1$  のメモリアドレスはレジスタ  $\$s6$  に、  $t$  の値のメモリアドレスは  $\$s5$  に入っており、End のラベルが付いた行の命令を実行後、正常終了するものとする。また、  $S_t$  は  $t$  の値が格納されている領域の隣 ( $\$s5$  に入っているアドレスに 4 加えた領域) に保存されるものとする。

(例)  $\$s5$  に格納されているアドレスが  $0x10010058$ 、  $t = 10$  で、  $[x_1, x_2, \dots, x_n] = [3, 7, 10, 0, -4, 15, 20, -1, 5]$  の場合、  $S_t = 45$  となり、  $0x1001005C$  の領域に  $S_t$  が保存される。

【解答欄 (最初の命令と最後の命令は記載されているため、その他のコードを追記する)】

```

lw $s0, 0($s7)      # n の値をロード

lw $s4, 0($s5)      # t の値をロード
add $s1, $zero, $zero # i = 0 に初期化
add $s2, $zero, $zero # St = 0 に初期化
Loop:  slt $t0, $s1, $s0 # if(i < n) $t0 = 1, else $t0 = 0
      beq $t0, $zero, End # if($t0 == 0) PC = End
      lw $s3, 0($s6)      # x_i の値をロード
      slt $t0, $s3, $s4   # if(x_i < t) $t0 = 1, else $t0 = 0
      bne $t0, $zero, L1  # if($t0 != 0) PC = L1
      add $s2, $s2, $s3   # St = St + x_i
L1:    addi $s1, $s1, 1    # i++
      addi $s6, $s6, 4    # アドレスを4バイト進める (次のデータ参照のため)
      j Loop              # Loopのラベルにジャンプ

End:   sw $s2, 4($s5)     # St の値を t の隣の領域に書き込む (この行の実行後に正常終了)

```

受験科目名
情報数学

--

問題 1, 2, 3, 4 の中から 2 問を選んで答えよ。選択した問題は ( ) と ( ) です。

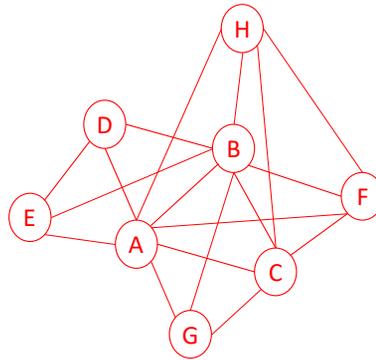
〔問題 1〕ある学校が修学旅行を企画している。生徒数は A~H までの 8 人である。表 1 は生徒間の友達関係を示した表であり、友達間には丸印がついている。例えば、行 A と列 F (行 F と列 A) が交差する箇所には丸印がついており、A と F は友達関係であることを示す。

表 1 友達関係表

生徒	A	B	C	D	E	F	G	H
A		○	○	○	○	○	○	○
B	○		○	○	○	○	○	○
C	○	○				○	○	○
D	○	○			○			
E	○	○		○				
F	○	○	○					○
G	○	○	○					
H	○	○	○			○		

(1) 表 1 の友達関係表から無向グラフを作成しなさい。ただし、頂点は生徒を表し、頂点間の辺は対応する生徒間で友達関係があることを表すものとする。

【解答】



(2) 無向グラフにおける部分的な完全グラフをクリークと呼ぶ。(1) の無向グラフから最大クリーク (クリーク中の頂点数が最大のもの) を書きなさい。クリークはそのクリークを構成する頂点 (生徒名) の集合で表す。例えば {A, B, C} のような形式で書きなさい。

【解答】

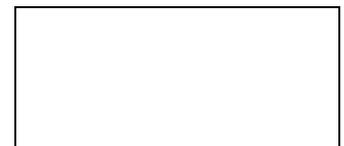
{A, B, C, F, H}

(3) 修学旅行のグループ分けをするために、友達同士のみグループを作成して、かつグループの数を最小にする。(1) の無向グラフを最小個のクリークに分割したとき、各クリークを書きなさい。分割パターンが複数ある場合は、そのうちの 1 つの分割パターンのみを書きなさい。ただし、分割したクリークの中にサイズ (頂点数) が 1 のものがあるてはいけないものとする。

【解答】

{A, D, E}, {B, C, G}, {F, H}

受験科目名
アルゴリズムとプログラミング



[問題 2] 下記の問いの仕様を満たすプログラムを C 言語で記述しなさい。

- (1) 関数 `onebit` は `unsigned int` 型の引数 `num` と `unsigned char` 型の引数 `pos` を持ち、`num` の `pos` ビット目に 1 を設定し、その値をリターンするプログラムである。`num` の `pos` ビット目以外のビットは変化させないものとする。ただし、`unsigned int` は符号なしの 32 ビットの整数、`unsigned char` は符号なしの 8 ビットの整数とする。`unsigned int` の最下位ビットを 1 ビット目とし、最上位ビットを 32 ビット目とする。記述するプログラムは引数以外の変数を使用してはならない。

【解答】

```
unsigned int onebit(unsigned int num, unsigned char pos) {  
    pos--;  
    num = num | (1 << pos);  
    return num;  
}
```

- (2) `onebit(44, 14);` がコールされたときに、リターンされる整数値を答えなさい。

【解答】

8236

- (3) 関数 `zerobit` は `unsigned int` 型の引数 `num` と `unsigned char` 型の引数 `pos` を持ち、`num` の `pos` ビット目に 0 を設定し、その値をリターンするプログラムである。`num` の `pos` ビット目以外のビットは変化させないものとする。ただし、`unsigned int` は符号なしの 32 ビットの整数、`unsigned char` は符号なしの 8 ビットの整数とする。`unsigned int` の最下位ビットを 1 ビット目とし、最上位ビットを 32 ビット目とする。記述するプログラムは引数以外の変数を使用してはならない。

【解答】

```
unsigned int zerobit(unsigned int num, unsigned char pos) {  
    pos--;  
    num = num & ~(1 << pos);  
    return num;  
}
```

- (4) `zerobit(5378, 11);` がコールされたときに、リターンされる整数値を答えなさい。

【解答】

4354

受験科目名
アルゴリズムとプログラミング

[ 2 / 4 頁]



---

### 問題 3.

次のオブジェクト指向の用語について、まずそれぞれの定義を説明し、次に自分で考えた任意のクラスや、メソッド等を用いて具体例を挙げなさい。

- (1) カプセル化
- (2) 継承
- (3) ポリモーフィズム

解答例 (※Java を例に解答例を示しているが、他のオブジェクト指向型言語の用語を用いた説明でも可)

#### (1) カプセル化

カプセル化とは、オブジェクトの内部状態（データ）を外部から直接アクセスできないようにし、アクセス制御を提供する仕組みである。これにより、データの安全性や整合性が保たれる。通常、クラスの属性（フィールド）は `private` にし、`getter` や `setter` メソッドを通じてアクセスを制御する。

具体例:

口座クラス `Account` では、`balance` フィールドを `private` にし、入金メソッド `deposit(amount)` や引き出しメソッド `withdraw(amount)` を介してのみ操作できるようにする。

#### (2) 継承

継承は、既存のクラス（親クラス）の属性やメソッドを新しいクラス（子クラス）が引き継ぐ仕組みである。これにより、コードの再利用性が向上し、共通の機能を持つクラスを効率的に設計できる。

具体例:

`Vehicle` クラス（親クラス）を継承して、`Car` クラスや `Bike` クラス（子クラス）を作成できる。`Vehicle` クラスには `move()` メソッドがあり、`Car` クラスと `Bike` クラスはこのメソッドを継承して利用する。

#### (3) ポリモーフィズム

ポリモーフィズムは、同じインターフェースやメソッド名を持つ異なるオブジェクトが、それぞれ異なる動作をすることを可能にする概念である。主に「メソッドのオーバーライド」と「メソッドのオーバーロード」の2種類がある。

具体例:

`Animal` クラスに `makeSound()` メソッドがあり、`Dog` クラスでは "Bark" を返し、`Cat` クラスでは "Meow" を返すようにオーバーライドできる。

受験科目名
アルゴリズムと プログラミング



---

問題 4.

(1) 人工知能 (AI) を「記号主義 (Symbolic AI)」「機械学習 (Machine Learning)」「知識ベースシステム (Knowledge-based System)」の観点から分類し、それぞれの特徴と代表的な手法を説明せよ。

記号主義 (Symbolic AI) : 知識を明示的に記述し、ルールベースの推論を行う。

例: エキスパートシステム。

機械学習 (Machine Learning) : データからパターンを学習し、明示的なルールを必要としない。

例: 決定木、SVM、ニューラルネットワーク。

知識ベースシステム (Knowledge-based System) : 記号主義と機械学習のハイブリッドで、知識グラフや推論エンジンを活用。

例: IBM Watson。

(2) チューリングテスト (Turing Test) の目的とその限界について説明せよ。また、これを補完するための代替的な評価手法を述べよ。

目的: 機械が人間と同等の知能を持つかを判定する。

限界: 言語能力が優れていても「思考」しているとは限らない。

代替手法: 人間と機械の共創タスク、説明可能性テストなど。

受験科目名
アルゴリズムと プログラミング



問題 1～問題 4 の中から 2 つ選択して解答しなさい。

選択した問題：問題 ( ) と問題 ( ) ※選択した問題の番号をカッコ内に記入すること

問題 1

右の表に、あるイーサネットフレームを示す。なおプリアンブルおよび SFD は省略されている。

(a) 以下の値を答えなさい

12	34	56	78	9A	BC	FE	DC
BA	98	76	54	08	00	45	00
00	2D	00	00	00	00	7F	06
00	00	0A	01	01	0A	0A	0B
0C	0D	64	00	00	50	00	00
10	01	70	00	20	01	50	10
20	00	00	00	00	64	47	45
54	20	2F	00	FE	90	72	CA

始点物理アドレス (16 進数, コロンまたはハイフン区切り) :

FE:DC:BA:98:76:54 (小文字, ハイフンでも可)

IP データグラム長 : 45 バイト TTL(10 進数で) : 127

始点 IP アドレス(ドット区切り 10 進形式):

10.1.1.10

始点ポート番号(10 進数で) : 25600 終点ポート番号(10 進数で) : 80

TCP セグメントのデータ長 : 5 バイト

TCP セグメントのデータ部分 (16 進数のまま抜き書き) : 47 45 54 20 2F (空白無しやコンマ区切り等も可)

(b) この IP データグラムの宛先はクライアントとサーバのいずれであるか答えなさい: サーバ

サーバが提供するサービス名を答えなさい: HTTP (http, web, www 等可)

参考資料

IP ヘッドフォーマット

版 (4b)	ヘッダ長 (4b)	サービスタイプ (8b)	データグラム長 (16b)	
フラグメント識別子 (16b)		フラグ (3b)	フラグメントオフセット (13b)	
TTL (8b)	プロトコル (8b)	ヘッダチェックサム (16b)		
始点 IP アドレス (32b)				
終点 IP アドレス (32b)				
オプション (あれば 32b)単位で追加				

TCP ヘッドフォーマット

始点ポート番号 (16b)		終点ポート番号 (16b)	
シーケンス番号(seq) (32b)			
受信確認番号(seq) (32b)			
データオフセット (4b)	予約 (6b)	制御フラグ (1b * 6)	ウィンドウ (16b)
チェックサム (16b)		緊急ポインタ (16b)	
オプション (あれば 32b)単位で追加			

イーサネットフレームフォーマット

プリアンブルおよび SFD (8B)	終点物理アドレス (6B)	始点物理アドレス (6B)	イーサネットタイプ (2B)	データ (46~1500B)	FCS (4 B)	次フレームとの間隔 (12B 以上)
--------------------	---------------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------

1 バイト 16 進数⇔10 進数変換表

		下位															
		-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-A	-B	-C	-D	-E	-F
上 位	0-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1-	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	2-	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	3-	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	4-	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
	5-	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
	6-	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
	7-	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
	8-	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
	9-	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
	A-	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
	B-	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
	C-	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
	D-	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
	E-	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
	F-	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

受験科目名
情報ネットワーク

--

問題 2

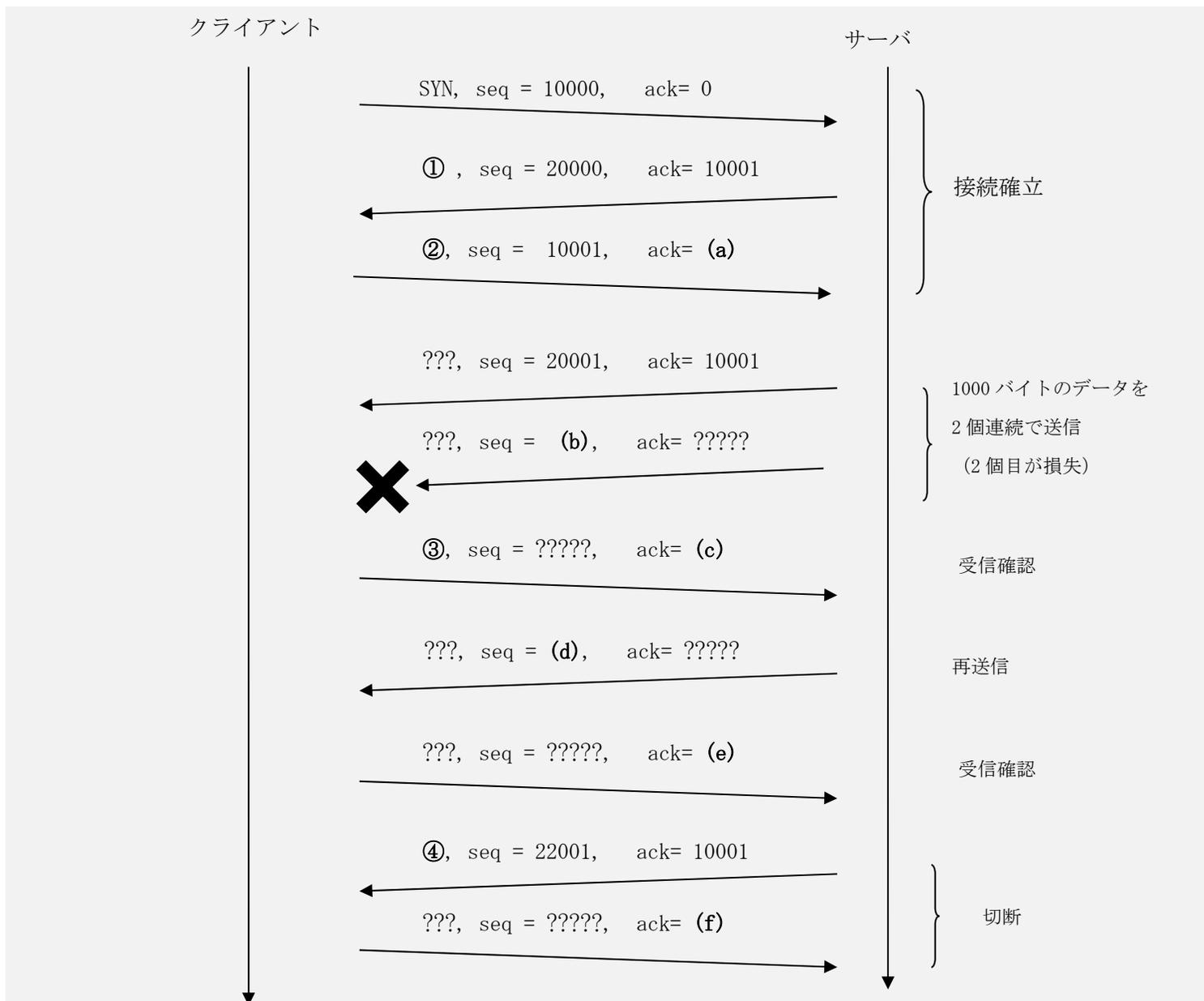
下図にある TCP 通信のフローを示す。接続確立後、サーバからクライアントに 1000 バイトのデータが 2 個連続して送信されたが 2 個目が損失した。クライアントからの受信確認応答により損失が検出され再送信が行われた後、サーバ側から切断が行われた（クライアント側からの切断は省略された）。

(1) 図中の①～④における TCP セグメントのフラグを示せ (SYN, FIN, ACK フラグ単独あるいは組合せとせよ)

① SYN, ACK    ② ACK    ③ ACK    ④ FIN, ACK    (①, ④は順番は問わない)

(2) 図中の各セグメントにおけるシーケンス番号(seq)または受信確認番号(ack)のうち(a)～(f)を示せ

(a) 20001    (b) 21001    (c) 21001    (d) 21001    (e) 22001    (f) 22002



受験科目名
情報ネットワーク

--

問題 3

(1)  $\mathcal{X}$  から値をとる 2 つの離散確率関数  $p(x)$  と  $q(x)$  の相対エントロピーを

$$D(p||q) = \sum_{x \in \mathcal{X}} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)}$$

と定義する。ただし、 $0 \log \frac{0}{0} = 0, 0 \log \frac{0}{q} = 0, p \log \frac{p}{0} = \infty$  とする。このとき、

$$D(p||q) \geq 0$$

が成り立つことを示せ。

$A = \{x : p(x) > 0\}$  とすると、

$$\begin{aligned} -D(p||q) &= - \sum_{x \in A} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} \\ &= \sum_{x \in A} p(x) \log \frac{q(x)}{p(x)} \\ &\leq \log \sum_{x \in A} p(x) \frac{q(x)}{p(x)} \\ &= \log \sum_{x \in A} q(x) \\ &\leq \log \sum_{x \in \mathcal{X}} q(x) \\ &= \log 1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

(2) 確率変数  $X$  に対する任意の  $D$  元瞬時符号の平均符号語長  $L$  はエントロピー  $H_D(X)$  以下であること、すなわち、

$$L \geq H_D(X)$$

が成り立つことを示せ。

$c = \sum D^{-l_i}, r_i = D^{-l_i}/c$  とすると、

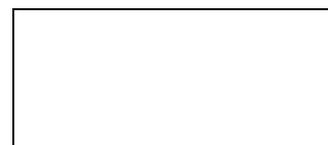
$$L - H_D(X) = \sum p_i l_i - \left( \sum p_i \log_D p_i \right) = - \sum p_i \log_D D^{-l_i} + \sum p_i \log_D p_i$$

であり、

$$L - H_D(X) = \sum p_i \log_D \frac{p_i}{r_i} - \log_D c = D(p||r) + \log_D \frac{1}{c} \geq 0$$

受験科目名
情報ネットワーク

{ 3 / 4 頁 }



問題 4

Yao の金持ちの財産比べプロトコルに関する次の問に答えなさい。

金持ちの財産比べプロトコル

$A$  が財産  $x$  億円持っており、 $B$  が財産  $y$  億円持っているとする。ただし、 $x$  と  $y$  は、 $1 \leq x, y \leq 10$  を満たす整数とする。また、 $A$  の公開鍵を  $P_A$ 、対応する秘密鍵を  $S_A$  とし、暗号化関数を  $E_{P_A}$ 、復号関数を  $D_{S_A}$  と定め、 $h$  を一方向性ハッシュ関数とする。

1.  $A$  は  $P_A$  を  $B$  に送る。
2.  $B$  は、ランダムな値  $r$  を選び  $z = E_{P_A}(r) - y$  を計算し、 $z$  を  $A$  に送る。
3.  $A$  は、 $v_i = \boxed{\text{a}}(z + i)$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) を計算し、次に、 $w_i = \boxed{\text{b}}(v_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) を計算し、 $B$  に

$$w_1, w_2, \dots, w_x, w_{x+1} + 1, w_{x+2} + 1, \dots, w_{10} + 1$$

を送る。

4.  $B$  は、 $w_y = \boxed{\text{c}}(r)$  が成り立つかどうかを検証し、成り立てば  $y \leq x$  とし、そうでなければ  $y > x$  とする。

- (1)  $\boxed{\text{a}}$  に当てはまる関数を示しなさい。

$D_{S_A}$

- (2)  $\boxed{\text{b}}$  に当てはまる関数を示しなさい。

$h$

- (3)  $\boxed{\text{c}}$  に当てはまる関数を示しなさい。

$h$

受験科目名

情報ネットワーク

[ 4 / 4 頁 ]

問題 1~4 から 2 問選択して答えなさい：選択した問題番号【      】【      】

【問題 1】

A) 3 次元コンピュータグラフィックスの統合ソフトウェアを用い、ポリゴン分割・頂点移動などによって、一つの立方体からテーブルを作成する手順を説明しなさい。

【解答例】

まず、立方体をスケーリングし、薄い直方体にすることで、テーブルの天板を作成する。つぎに、天板の下側のポリゴンをナイフ、ループカット、四分割などのツールを用いて分割し、小さい正方形ポリゴンを作成する。ループカットを使用する場合、天板を縦横 2 カ所ずつ輪切りにすることで、天板の下側のポリゴンを 9 分割できる。そして、作成した正方形ポリゴンを押し出しツールにより押し出し、テーブルの脚を作成する。押し出しツールは、ポリゴンの分割と頂点の移動を効率的に行うツールの一つである。この操作を脚の本数だけ繰り返すか、ミラーツール（モディファイア）を使用して左右・前後対称な形状として四脚テーブルの基本形状を作成する。テーブルの脚の側面のポリゴンを分割し、頂点を移動すれば、脚の形状を変えることができる。また、ポリゴンの分割とサブディビジョンサーフェスを組合わせて、テーブルの表面の一部を曲面にすることも可能である。

（具体的な統合ソフトウェアの使用例を用いた説明も可）

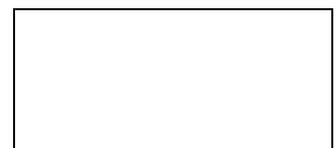
B) 3 次元コンピュータグラフィックスで用いられる「方向性ライト」と「面光源」を説明しなさい。

【解答例】

3 次元コンピュータグラフィックスで用いられる基本的な光源には、「点光源」、「スポットライト」、「方向性ライト」、「面光源」などが挙げられる。「方向性ライト」は、平行ライトとも呼ばれ、太陽からの光のようにシーン全体を特定の方向から照らす光源である。この種類の光源の位置を変更してもその効果は変わらない。方向性ライトは、屋外のシーンに適しており、演出したい季節や時刻を考慮して、回転、強さ、色などの設定を行う。「面光源」は、四角形や楕円形の平面からの光の放射をシミュレートした光源である。光源に広がりがあることで、光源からの光の一部が届き、光と影が足し合わされた「半影」というやわらかい影ができるという特徴がある。面光源は、位置、回転、色、強さだけでなく、大きさと形状の設定も行え、室内の照明や窓から差し込む光の演出に用いられる。しかし、他の種類の光源に比べると、シェーディングにおける計算量が大きい点には注意が必要である。

受験科目名
コンピュータ グラフィックス

{ 1/4 頁}



【問題 2】

A) ゲームエンジンを用いて 3D ゲームを制作したところ、カメラから遠いオブジェクトがゲーム画面に映らないことがあった。その理由を考察しなさい。

【解答例】

3次元コンピュータグラフィックス (3DCG) のレンダリングにおいては、通常、計算量を削減するためにビューボリュームと呼ばれる領域の外にある描画対象を除外する、クリッピングと呼ばれる処理が行われる。ビューボリュームは、二枚のクリッピングプレーンに挟まれた領域であり、カメラから奥にあるクリッピングプレーンよりも遠いオブジェクトは画面に描画されない。クリッピングプレーンの設定は、3DCG の統合ソフトウェアやゲームエンジンにおいて、カメラごとに設定可能である。例えば、初期設定時にカメラから 100m 以上離れたオブジェクトが描画されない場合、遠くにある建造物や樹木などはゲーム中描画されない。したがって、プレイヤーの移動経路、仮想世界のデザイン、カメラのビューボリュームの設定、リアルタイムレンダリングの計算量などを考慮してゲームを制作すべきである。このケースでは、ビューボリュームの設定を考慮せずに 3D ゲームを制作したものと推察される。

B) 3次元空間内の点の位置を異なる二つの 3次元直交座標系で表す場合、一方での座標値がわかれば、もう一方での座標値は計算できる。どのような情報を用い、どのように計算するのか説明しなさい。

【解答例】

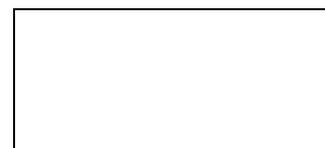
ある 3次元直交座標系 A から見た別の 3次元直交座標系 B の情報として必要になるのは、位置・回転・スケールの 3つである。位置は、座標系 B の原点の座標系 A における座標値であり、3次元ベクトルで表現できる。回転は、座標系 B の 3つの座標軸の方向であり、それぞれを 3次元単位ベクトルとして、または、それらを列にもつ  $3 \times 3$  直交行列として表現できる。また、スケールは、3つの軸方向の拡大率であり、これも 3次元ベクトルで表現できる。今、3次元空間内の点 P の座標系 B での座標値がわかっているとき、座標系 A からみた座標系 B の位置・回転・スケールの情報を用い、P の座標系 A での座標値を計算することができる。以下に示す式において、一番左の  $4 \times 4$  行列は位置、二番目は回転、三番目はスケール、4次元列ベクトルが点 P の位置の情報を含む。この積の計算結果から、座標系 A における P の座標値が得られる。なお、3つの  $4 \times 4$  行列の積を計算すれば、全ての情報を含む一つの行列によって座標値が計算できる。(剛体変換の場合は、スケールの情報は使用しない。)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X \\ 0 & 1 & 0 & Y \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x^x & n_x^y & n_x^z & 0 \\ n_y^x & n_y^y & n_y^z & 0 \\ n_z^x & n_z^y & n_z^z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x^B \\ p_y^B \\ p_z^B \\ 1 \end{bmatrix}$$

座標系 A における点 P の座標値がわかっている場合は、同じ情報を用いて、座標系 B における P の座標値が計算できる。以下に示す式は、上に示した式における行列の逆行列と座標系 A における P の座標値を含む 4次元列ベクトルの積であり、この計算結果から座標系 B における P の座標値が得られる。この場合も、3つの  $4 \times 4$  行列の積を計算すれば、全ての情報を含む一つの行列によって座標値が計算できる。

$$\begin{bmatrix} 1/a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x^x & n_x^y & n_x^z & 0 \\ n_y^x & n_y^y & n_y^z & 0 \\ n_z^x & n_z^y & n_z^z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 & -Y \\ 0 & 0 & 1 & -Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x^A \\ p_y^A \\ p_z^A \\ 1 \end{bmatrix}$$

受験科目名
コンピュータ グラフィックス



【問題3】

A) J. J. ギブソンの提唱した「アフォーダンス」について説明せよ。

「アフォーダンス」は、アメリカの心理学者 J. J. ギブソンが提唱した概念であり、かつ、環境が生物に対して行動を誘発するギブソンの造語である。ギブソンは自身の知覚心理学の研究の中で、人間が物理的な対象を単なる視覚情報としてだけではなく、「行動を誘発する特性」として認識することを示した。例えば、椅子は「座ることができる」というアフォーダンスを持ち、ドアノブは「回すことができる」というアフォーダンスを持つ。アフォーダンスは、単に物理的な特性だけでなく、知覚する主体である人間の能力や状況によって変化する。例えば、車いす利用者にとっては階段の段差は「登れないもの」だが、健常者にとっては「登ることができるもの」となる。アフォーダンスは、物と人間との相互作用を通じて成立する重要な概念であるといえる。

B) 「アフォーダンス」の提唱が、ヒューマンインタフェース分野にどのような影響を及ぼしたかを論ぜよ。

アフォーダンスの概念は、後に続くヒューマンインタフェースや工業デザイン分野の研究に大きな影響を与えた。特に、D. ノーマンによる著書「The Design of Everyday Things」の中で、アフォーダンスの考え方をデザインに応用し、「ものの使いやすさ」、つまり、ユーザビリティの向上に寄与したことが広く知られている。

1. 直感的なデザインの重要性

アフォーダンスの概念を取り入れることで、ユーザーが操作方法を知らずとも、直感的に操作できるデザインが重視されるようになった。例えば、パソコンのデスクトップにあるゴミ箱のアイコンは「ドラッグして捨てる」というアフォーダンスを提供する。また、凹んで見えるアイコンのボタンボタンが有ると、「押せる」と認識されるように、視覚的なデザインがユーザーの行動を誘導することとなる。

2. シグニファイア

ノーマンは、アフォーダンスに関連して「シグニファイア」の概念を導入した。これは、ユーザーに対して「どのように操作すればよいか」を明示する視覚的・物理的な手がかりである。例えば、ドアに「押す」と書かれていると、ユーザーはすぐに適切な動作を判断できる。アフォーダンスとシグニファイアを組み合わせることにより、ユーザーが間違った操作をする可能性が減少し、操作性が向上する。

結論

ギブソンが提唱したアフォーダンスの概念は、知覚心理学の枠を超えてヒューマンインタフェースやデザインの分野に大きな影響を与えた。さらに、ノーマンによるアフォーダンスの応用によって、ユーザーが直感的に理解しやすいデザインの重要性が認識され、現代の UI/UX 設計においても不可欠な理論となっている。アフォーダンスを適切に活用することで、より使いやすいインタフェースが実現される。

受験科目名
コンピュータ グラフィックス



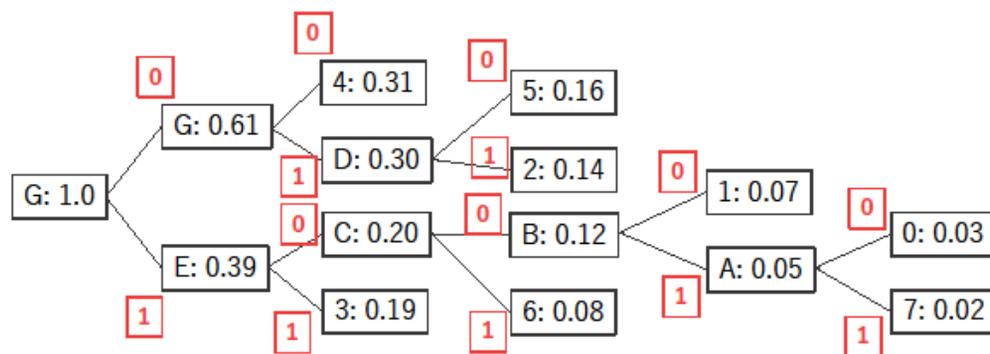
【問題 4】

A) 出現頻度の異なる 0～7 の 8 数字で構成される通信データを、ハフマン符号化を使って圧縮するために、下記の符号表を完成させたい。ハフマン符号で求めた符号を下記の表に埋めよ。また、この符号表に従って符号化した通信データの平均符号長も求めよ。

数字	出現頻度	ハフマン符号 (2進数)
0	0.03	1 0 0 1 0
1	0.07	1 0 0 0
2	0.14	0 1 1
3	0.19	1 1
4	0.31	0 0
5	0.16	0 1 0
6	0.08	1 0 1
7	0.02	1 0 0 1 1

平均符号長 2.67

$$0.03 * 5 + 0.07 * 4 + 0.14 * 3 + 0.19 * 2 + 0.31 * 2 + 0.16 * 3 + 0.08 * 3 + 0.02 * 5 = 2.67$$



B) 音声データや画像データの符号化を考えたとき、ハフマン符号化に代表されるエントロピー符号化の効果が大きい。  
①エントロピー符号化とは何か、②なぜ音声データや画像データに対してエントロピー符号化のデータ圧縮効果が高いのか、の2点について論ぜよ。

- ① エントロピー符号化とは、情報理論に基づく可逆データ圧縮手法の一種であり、データ内の出現頻度に応じた可変長符号を割り当てることで平均符号長を最小化するものである。これにより、情報の冗長性を除去し、効率的な圧縮実現される。
- ② 音声データや画像データは、その信号の統計的特性により時間的、空間的冗長性が高く、特定のパターンや分布が偏在している。そのため、エントロピー符号化の効果が大きい。例えば、画像では隣接する画素値が類似する傾向があり、音声では時間的に連続した波形に高い相関を持つ。このため、頻出するシンボルを短い符号で表現し、まれに生じるシンボルを長い符号で表すエントロピー符号化が有効に機能する。

受験科目名
コンピュータ グラフィックス

