

1-1 画像および動画像の色数とデータ量について以下の問題に答えなさい。

- (1) 各画素の R, G, B 成分をそれぞれ 3 ビットで表した場合, 表現できる色数を答えなさい。
- (2) サイズが  $200 \times 200$  画素のカラーの静止画像のデータ量をビットで答えなさい。ただし, 各画素の R, G, B 成分はそれぞれ 4 ビットで表されるものとする。
- (3) 1 フレームが  $100 \times 100$  画素で, フレームレートが 30fps のカラーの動画像が与えられたとき, 10 秒間分のデータ量をビットで答えなさい。ただし, 各画素の R, G, B 成分はそれぞれ 8 ビットで表されるものとする。

1-2 サイズが  $X \times Y$  画素である画像  $f$  の実数の画素値を  $f(x, y)$  ( $x = 0, 1, \dots, X-1; y = 0, 1, \dots, Y-1$ ) とする。また, 画像  $f$  における画素値の平均  $\mu_f$ , 分散  $\sigma_f^2$  および自己相関関数  $R_f(\tau_x, \tau_y)$  をそれぞれ以下のように定義する。

$$\begin{aligned}\mu_f &= \frac{1}{XY} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x, y) \\ \sigma_f^2 &= \frac{1}{XY} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} (f(x, y) - \mu_f)^2 \\ R_f(\tau_x, \tau_y) &= \frac{1}{XY} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x, y) f(x + \tau_x, y + \tau_y)\end{aligned}$$

ただし,  $\tau_x$  および  $\tau_y$  は整数であり,  $0 \leq \tau_x \leq X-1$  および  $0 \leq \tau_y \leq Y-1$  とする。

また,  $x + \tau_x \geq X$  のとき,  $x + \tau_x$  は  $x + \tau_x - X$  と置き換えられる。同様に,  $y + \tau_y \geq Y$  のとき,  $y + \tau_y$  は  $y + \tau_y - Y$  と置き換えられる。このとき, 以下の問題に答えなさい。

- (1) 分散  $\sigma_f^2$  を  $R_f(0, 0)$  および  $\mu_f$  を用いて表しなさい。
- (2) 画像  $f$  の自己共分散  $C_f(\tau_x, \tau_y)$  を次式で定義する。

$$C_f(\tau_x, \tau_y) = \frac{1}{XY} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} (f(x, y) - \mu_f) (f(x + \tau_x, y + \tau_y) - \mu_f)$$

このとき,  $C_f(\tau_x, \tau_y)$  を  $R_f(\tau_x, \tau_y)$  および  $\mu_f$  を用いて表しなさい。

1-3  $m$  次の正規アダマール行列を以下のように定義する.

$$\mathbf{H}_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{m-1} & \mathbf{H}_{m-1} \\ \mathbf{H}_{m-1} & -\mathbf{H}_{m-1} \end{bmatrix}$$

ただし,  $m$  は  $m > 1$  を満たす整数である. また,

$$\mathbf{H}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

とする. このとき, 以下の問題に答えなさい.

- (1)  $\mathbf{H}_1 \mathbf{H}_1$  が単位行列となることを示しなさい.
- (2)  $l \geq 1$  を満たす任意の整数  $l$  について,  $\mathbf{H}_l \mathbf{H}_l$  が単位行列となることを示しなさい.

2-1 以下に示す自然言語処理の各用語を説明せよ.

- (1) 形態素解析における分割数最小法
- (2) 形態素解析における trigram モデル
- (3) かな漢字変換における文節数最小法
- (4) 帰納的学習によるかな漢字変換
- (5) 遺伝的アルゴリズムを用いた帰納的学習による音声対話処理手法

2-2 意味解析においてコンピュータ上に意味を表現するために用いられる (1) ~ (5) の方法を用いて次の例文の意味を変換した結果を示せ.

(例文) 太郎はおにぎりを食べた.

- (1) 一階述語論理式
- (2) 意味ネットワーク
- (3) 三つ組
- (4) フレーム形式
- (5) 格フレーム

2-3 意味解析に関する以下の設問に回答せよ.

- (1) 「コンピュータがある一文の意味を理解する」ということはどのようなことか具体的に述べよ.
- (2) (1) で述べた「コンピュータがある一文の意味を理解する」ことを実現するためにはコンピュータ内に意味を表現する必要がある. そのために最適と考える方法を示した上で, その方法について簡単に説明せよ. なお, 最適と考える方法は2-2の(1) ~ (5) のような既存の方法でも良いし, 自分で考えた方法でも良い.

3-1 振幅  $A$ 、搬送波周波数  $f_c$  の角度変調波は、以下のように表され、 $\theta(t)$  が変化することで情報が伝送される。

$$v(t) = A \cos\{2\pi f_c t + \theta(t)\}$$

- (1)  $v(t)$  が位相変調波 (PM 波) であるとき、変調信号  $m_p(t)$  と  $\theta(t)$  はどのような関係になるかを答えなさい。
- (2)  $v(t)$  が周波数変調波 (FM 波) であるとき、変調信号  $m_F(t)$  と  $\theta(t)$  はどのような関係になるかを答えなさい。
- (3) 角度変調の変調指数は最大位相偏移に等しい。このことから、 $\theta(t) = B \sin 2\pi f_b t$  のとき、 $v(t)$  の変調指数  $\beta$  を答えなさい。ただし、 $B$  と  $f_b$  は正の実定数である。

3-2 以下の問いに答えなさい。

- (1) ある信号を低域フィルタにより帯域制限し、連続時間信号  $S(t)$  が得られた。この信号の最大周波数が  $f_m$  であるとき、周期  $T$  でサンプリングした離散時間信号から、この帯域制限された信号  $S(t)$  を完全に復元できるための  $f_m$  の条件を  $T$  を用いた式で表しなさい。
- (2) (1) のように、もとの信号  $S(t)$  を完全に復元することができるための最小のサンプリング周波数のことを  周波数という。  
 にあてはまる言葉を答えなさい。
- (3) サンプリング後の離散時間信号の量子化について考える。サンプリング後の信号値 (サンプル値) が  $[0, A]$  の範囲に収まることがわかっている ( $A$  は正の実定数) とし、量子化レベルの最小値と最大値をそれぞれ  $0$  と  $A$  に対応させ、各サンプル値を  $n$  ビットで等間隔に量子化する。このとき、量子化によって生じる誤差の最大値 (最大量子化誤差)  $e$  を求めなさい。

3-3 2進符号の伝送において、以下の変調を行う。ただし、 $A$ は正の定数、 $f_c$ は搬送波周波数、 $t$ は時間である。

$$s(t) = A \cos\{2\pi f_c t + \phi(t)\}$$

ただし、 $\phi(t) = \begin{cases} 0 & \text{送信信号が符号1(マーク) のとき} \\ \pi & \text{送信信号が符号0(スペース) のとき} \end{cases}$  とし、 $s(t)$ の帯域幅は搬送波周波数  $f_c$

より十分に小さいとする。

(1) このデジタル変調方式は何と呼ばれるか、次の   の中から適当なものをすべて選んで書きなさい。

PCM, OOK, ASK, FSK, PSK, QAM

(2) 受信機で、 $s(t)$  に雑音  $n(t) = x(t)\cos 2\pi f_c t - y(t)\sin 2\pi f_c t$  が加わった信号が受信されたとする。ここで、 $x(t)$ と  $y(t)$ はそれぞれ低域ガウス過程の同相成分と直交成分である。この受信信号を図3-1に示した同期検波器に入力する。

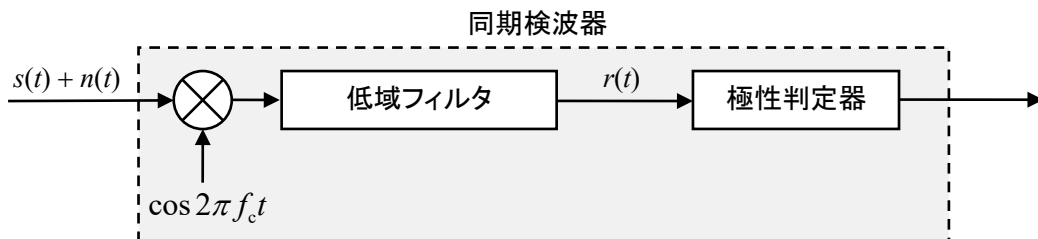


図3-1

このとき、低域フィルタ通過後の信号  $r(t)$  を求めなさい。ただし、低域フィルタは搬送波周波数  $f_c$  より高い周波数成分は通過させないものとする。

(3) 図3-1の極性判定器で判定が誤るのはどのような場合か、「マークをスペースに誤るとき」と「スペースをマークに誤るとき」のそれぞれの場合についてその条件を式で表しなさい。

4-1 図 4-1 に示すように、インピーダンスが  $Z_L$  の負荷で終端された特性抵抗  $R_c$ 、位相定数  $\beta$  の無損失伝送線路において、負荷から電源側に  $l$  だけ離れた場所での入力インピーダンス  $Z_{in}$  は次式①のように表される。

$$Z_{in} = R_c \frac{Z_L + jR_c \tan \beta l}{R_c + jZ_L \tan \beta l} \quad \text{①}$$

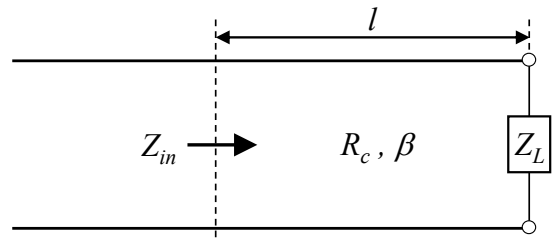


図 4-1

上記の式①を用いて以下の問いに答えなさい。ただし、以下の設問において、伝送線路上の波長は  $\lambda$  であるものとする。

- (1) 図 4-2 に示すように、特性抵抗が  $R_{c1}=100\ \Omega$  の無損失伝送線路 I に、特性抵抗が  $R_{c2}$  で長さが  $\lambda/4$  の無損失伝送線路 II と、特性抵抗が  $R_{c3}=75\ \Omega$  で長さが  $l$  の無損失伝送線路 III が縦続接続されており、伝送線路 III はインピーダンスが  $Z_L=45-j60\ \Omega$  の負荷で終端されている。伝送線路 II と伝送線路 III との接続点 B-B' から伝送線路 III を見込んだインピーダンスを  $Z_3$  とする。  $Z_3$  が純抵抗（リアクタンス分が 0）となるような線路長  $l$  のうち 最も短いもの を求めなさい。

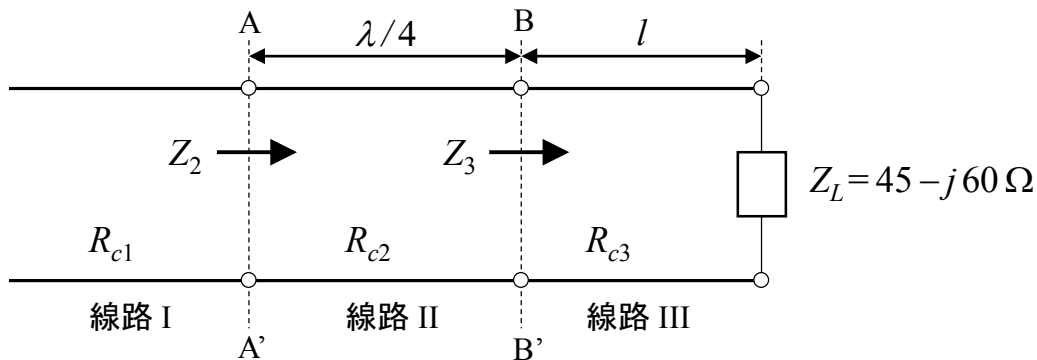


図 4-2

- (2) 伝送線路 I と伝送線路 II との接続点 A-A' から伝送線路 II を見込んだインピーダンスを  $Z_2$  とする。また、伝送線路 II と伝送線路 III との接続点 B-B' から伝送線路 III を見込んだインピーダンスを  $Z_3$  としたとき、 $Z_2$  と  $Z_3$  との間に成り立つ関係式を求めなさい。
- (3) 伝送線路 III の長さ  $l$  を (1) で求めた長さに等しく設定した場合の  $Z_3$  の値を求めなさい。
- (4) 伝送線路 III の長さ  $l$  を (1) で求めた長さに等しく設定した場合について、伝送線路 I がインピーダンス  $Z_2$  に整合するような伝送線路 II の特性抵抗  $R_{c2}$  の値を求めなさい。

- 4-2 図 4-3 に示すように、コアの屈折率が  $n_1$ 、基板とクラッドの屈折率が  $n_2$ 、コアの厚さが  $2a$  の対称三層誘電体導波路（基板に垂直な方向が  $y$ 、伝搬方向が  $z$ ）において、コアと基板、およびコアとクラッドの境界に入射角  $\theta_i$  で平面波が入射するとき以下の設問に答えなさい。ただし、自由空間波数を  $k_0$  とし、 $z$  方向の伝搬定数を  $\beta$  とする。

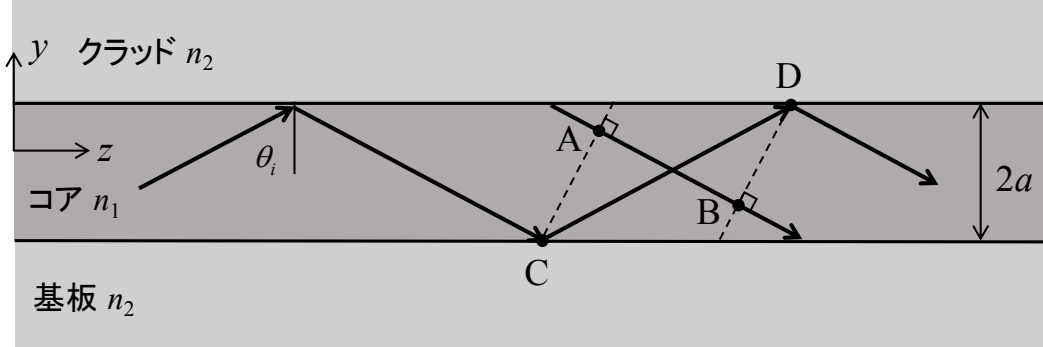


図 4-3

- (1) 図 4-3 の波線上の点 A と点 C、および点 B と点 D が等位相面上にあるとき、点 AB の長さ  $l_1$  と、点 CD の長さ  $l_2$  を求めなさい。
- (2) 平面波が全反射を繰り返して伝搬していくとき、AB 間、CD 間を伝搬する平面波の位相変化量をそれぞれ求めなさい。ただし、点 C、D では、全反射によって位相がそれぞれ  $\phi$  だけ進むものとする。
- (3) 平面波が全反射を繰り返して伝搬していくための条件から、 $z$  方向の伝搬定数  $\beta$  を求めるための分散方程式を、TE 波、TM 波それぞれに対して導出しなさい。ただし、全反射による平面波の位相変化量  $\phi$  は、TE 波に対しては

$$\phi = 2 \tan^{-1} \frac{\sqrt{\beta^2 - k_0^2 n_2^2}}{\sqrt{k_0^2 n_1^2 - \beta^2}}$$

で与えられ、TM 波に対しては

$$\phi = 2 \tan^{-1} \frac{n_1^2 \sqrt{\beta^2 - k_0^2 n_2^2}}{n_2^2 \sqrt{k_0^2 n_1^2 - \beta^2}}$$

で与えられる。

- (4) この対称三層誘電体導波路が単一モード導波路となるためのコアの厚さ  $2a$  の条件を求めなさい。