1　画像処理

1－1　サイズが $X \times Y$ 画素の画像 f および g の実数の画素値をそれぞれ $f(x,y)$ および $g(x,y)$ $(x = 0,1,\cdots,X-1; y = 0,1,\cdots,Y-1)$ とする．また，画像 f および g の自己相関関数をそれぞれ，以下のように定義する．

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

また，画像 f と g の相互相関関数を次式のように定義する．

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

なお，$R_{f,g}(\tau_x,\tau_y)$ は次式でも定義できるとする．

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

以上の式において，τ_x および τ_y は整数であり，$0 \le \tau_x \le X-1$ および $0 \le \tau_y \le Y-1$ とする．また，$x+\tau_x \ge X$ のとき，$x+\tau_x$ は $x+\tau_x-X$ と置き換えられる．同様に，$y+\tau_y \ge Y$ 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）　サイズが $X \times Y$ 画素の画像 h の画素値 $h(x,y)$ を次式で定義する．

$$
h(x,y) = f(x,y) + ag(x,y)
$$

ただし，a は定数である．このとき，画像 h の自己相関関数 $R_h(\tau_x,\tau_y)$ を，$R_f(\tau_x,\tau_y)$，$R_g(\tau_x,\tau_y)$ および $R_{f,g}(\tau_x,\tau_y)$ を用いて表しなさい．

（2）　定数 $\tilde{\tau}_x$ および $\tilde{\tau}_y$ が与えられたとき，$R_h(\tilde{\tau}_x,\tilde{\tau}_y)$ を最小とする a を求めなさい．
ただし，$\tilde{\tau}_x$ および $\tilde{\tau}_y$ はそれぞれ，$0 \le \tilde{\tau}_x \le X-1$ および $0 \le \tilde{\tau}_y \le Y-1$ を満たす整数である．
また，画像 g の画素値 $g(x,y)$ は非負の値とする．

裏へ続く

1－2　以下に示すサイズが 4×4 画素の2つの画像 $f_n(n=1,2)$ の画素値を，$f_n(x,y)$ $(x=0,1,2,3;y=0,1,2,3)$ とする．ただし，x および y はそれぞれ，水平および垂直軸上の座標を表す．また，画像の最も左上の画素を $(0,0)$，最も右下の画素を $(3,3)$ とする．このとき，以下の問題に答えなさい．

1	2	0	0
2	4	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

画像 f_1

0	0	0	0
0	1	2	0
0	2	4	0
0	0	0	0

画像 f_2

（1）　画像 f_1 の離散フーリエ変換 $F_1(u,v)$ を求めなさい．なお，サイズが $X\times Y$ 画素の画像 h の離散フーリエ変換 $H(u,v)$ は，以下のように定義される．

$$H(u,v)=\frac{1}{XY}\sum_{x=0}^{X-1}\sum_{y=0}^{Y-1}h(x,y)e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{X}+\frac{vy}{Y}\right)}$$

ただし，$h(x,y)$ $(x=0,1,\cdots,X-1;y=0,1,\cdots,Y-1)$ は，画像 h の画素値である．
また，$j=\sqrt{-1}$ である．

（2）　画像 f_2 の離散フーリエ変換 $F_2(u,v)$ を求めなさい．

（3）　画像 f_1 の振幅スペクトル $|F_1(u,v)|$ と画像 f_2 の振幅スペクトル $|F_2(u,v)|$ との間に成り立つ関係を求めなさい．なお，フーリエスペクトル $H(u,v)$ の実部と虚部をそれぞれ $R(u,v)$ および $I(u,v)$ で表すとき，その振幅スペクトルは $|H(u,v)|=\sqrt{\{R(u,v)\}^2+\{I(u,v)\}^2}$ で与えられるとする．

2　言語メディア理解論

2－1 以下に示す自然言語処理の各用語を簡単に説明せよ.

（1） かな漢字変換における文節数最小法

（2） 形態素解析における接続コスト最小法

（3） 構文解析におけるボトムアップ法

（4） 意味表現における格フレーム

（5） 機械翻訳における単語直接方式

2－2　コンピュータ上に意味を表現する方法の一つである一階述語論理式を用いて以下の例文を記述せよ.

（1） 象は動物である.

（2） 動物は死ぬものである.

（3） 花子はサッカーをする.

2－3　対話処理に関する以下の設問に解答せよ.

（1） SHRDLU というシステムについて説明せよ.

（2） SHRDLU が実用的に広く利用されていない理由を述べよ.

（3） ELIZA というシステムについて説明せよ.

（4） ELIZA の問題点について述べよ.

3　通信システム

3－1　有限のエネルギーを持つ実数信号 $v(t)$ と，その周波数スペクトル密度 $V(f)$ を考える．これらはフーリエ変換対であり

$$V(f) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)e^{-j2\pi ft}dt$$
$$v(t) = \int_{-\infty}^{\infty} V(f)e^{j2\pi ft}df$$

という関係が成立する．ただし，$j = \sqrt{-1}$ であり，t は時刻，f は周波数を表す．このとき，以下の問いに答えよ．

（1）$v(t)$ の自己相関関数

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)v(t+\tau)dt$$

のフーリエ変換 $W(f)$ は $|V(f)|^2$ と等しい．この $W(f)$ を逆フーリエ変換すると $R(\tau)$ が得られることを用いて，$R(0)$ を $V(f)$ を用いた積分式で表せ．

（2）$V(f)$ が

$$V(f) = \begin{cases} 1, & |f| \le \dfrac{f_0}{2} \\ 0, & |f| > \dfrac{f_0}{2} \end{cases}$$

で与えられているとき，$V(f)$ の逆フーリエ変換は $v(t) = \dfrac{\sin(\pi f_0 t)}{\pi t}$ となる．（1）を利用して，$v(t)$ の全エネルギー

$$\int_{-\infty}^{\infty} v^2(t)dt$$

を求めよ．

裏へ続く

3－2　4値QAM信号

$$v_{\mathrm{QAM}}(t) = I(t)\cos 2\pi f_c t - Q(t)\sin 2\pi f_c t$$

を考える．ただし，シンボル長 T 内 $(-T/2 \le t \le T/2)$ の $I(t)$ および $Q(t)$ は，それぞれに対応する入力ビット b_i, b_q に応じて

$$I(t) = \begin{cases} \dfrac{1}{\sqrt{2}}, & b_i = 1 \text{ のとき} \\ -\dfrac{1}{\sqrt{2}}, & b_i = 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

$$Q(t) = \begin{cases} \dfrac{1}{\sqrt{2}}, & b_q = 1 \text{ のとき} \\ -\dfrac{1}{\sqrt{2}}, & b_q = 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

の値をとる．なお，f_c は搬送波周波数を表し，シンボル長の逆数 $1/T$ よりも極めて大きい．このとき，以下の問いに答えよ．

（1）　$v_{\mathrm{QAM}}(t) = R(t)\cos(2\pi f_c t + \phi(t))$ の形に変形し，$(b_i, b_q) \in \{(1, 1), (0, 1), (0, 0), (1, 0)\}$ の4通りに対する $R(t)$ $(R(t) \ge 0)$, $\phi(t)$ $(0 \le \phi(t) < 2\pi)$ の値をそれぞれ求めよ．

（2）　（1）の結果をもとに，次の文章の括弧内に最も適切と思われる用語を候補 (a)～(f) の中から一つ選んで記号を答えよ．

「この4値QAM信号 $v_{\mathrm{QAM}}(t)$ は，4値 $\boxed{}$ 信号であるともいえる．」

候補：(a) AM, (b) FM, (c) PM, (d) ASK, (e) FSK, (f) PSK

（3）　受信機において，$v_{\mathrm{QAM}}(t)$ に $\cos 2\pi f_c t$ を乗積した後，周波数 $2f_c$ 近傍の成分を完全に除去できる低域通過フィルタを通過させた．そのフィルタ出力 $\alpha(t)$ を求め，$I(t)$, $Q(t)$ で表せ．

（4）　受信機において，$v_{\mathrm{QAM}}(t)$ に $-\sin 2\pi f_c t$ を乗積した後，周波数 $2f_c$ 近傍の成分を完全に除去できる低域通過フィルタを通過させた．そのフィルタ出力 $\beta(t)$ を求め，$I(t)$, $Q(t)$ で表せ．

（5）　（3）（4）の結果をもとに，$v_{\mathrm{QAM}}(t)$ から b_i, b_q を判定する方法について簡単に述べよ．

4　光・電波理論

4－1　図 4-1 のように，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 β 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で与えられる．

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

ここで，$j = \sqrt{-1}$ である．また，円周率をπ，伝送線路上の波長をλとすると，位相定数 β と波長 λ との間に $\beta = 2\pi / \lambda$ の関係が成り立つ．

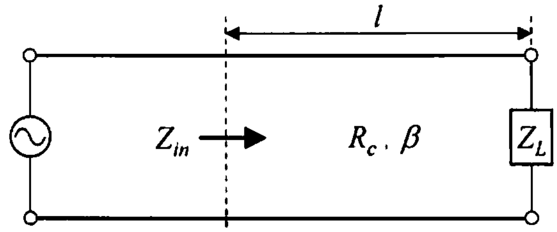

図 4-1

図 4-2 に示すように，$R_c = 100\,\Omega$ の無損失伝送線路に $Z_L = 200 - j100\,\Omega$ の負荷が接続されている．負荷と伝送線路との整合をとるために，負荷から電源側へ l_1 だけ離れた位置に，長さが l_2 で $R_c = 100\Omega$ の無損失伝送線路（スタブ）を並列接続する．各線路上の波長 λ は 16 cm であり，スタブは終端開放である．スタブの接続点から負荷側とスタブ側を見込んだアドミタンスをそれぞれ Y_1 及び Y_2 とする．このとき，次の問いに答えなさい．

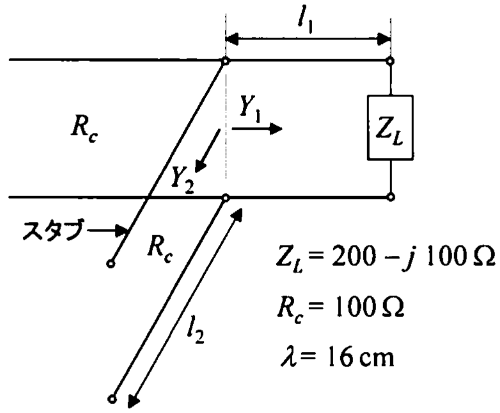

図 4-2

（1） 整合が得られる（スタブの接続点から左側の伝送線路上に反射波が発生しない）ようにするためには，スタブの接続点から負荷側を見込んだアドミタンス Y_1 の実部が特性抵抗 R_c の逆数に等しくなければならない．この条件と式①を用いて，整合が得られるような l_1 のうち，**最も長さが短い場合**の値を求めなさい．

（2） 上記（1）で求めた l_1 において，負荷側を見込んだアドミタンス Y_1 の虚部（サセプタンス分）の値を求めなさい．

（3） 上記（2）で求めた結果と式①を用いて，整合が得られるようなスタブの長さ l_2 のうち，**最も長さが短い場合**の値を求めなさい．

裏へ続く

4－2　誘電率 ε, 透磁率 μ の均質・非導電性媒質中を z 方向に伝搬している電磁波（電界 $\boldsymbol{E}$, 磁界 $\boldsymbol{H}$）について以下の設問に答えなさい．ただし，波源は無いものとする．

（1）互いに独立な 2 種類の横波が存在することを示しなさい．ただし，マクスウェルの方程式は次のように記述され，t は時刻である．

$$\nabla \times \boldsymbol{E} = -\mu \frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \varepsilon \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{E} = 0$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{H} = 0$$

（2）電界 $\boldsymbol{E}$, 磁界 $\boldsymbol{H}$ が角周波数 ω で正弦波振動しているとき，

$$\boldsymbol{E} = \mathrm{Re}\left[\tilde{\boldsymbol{E}} \exp(j\omega t)\right]$$

$$\boldsymbol{H} = \mathrm{Re}\left[\tilde{\boldsymbol{H}} \exp(j\omega t)\right]$$

のように与えられるフェーザ表示した電磁界 $\tilde{\boldsymbol{E}}$, $\tilde{\boldsymbol{H}}$ の横方向成分（x 方向成分，および y 方向成分）に対するヘルムホルツ方程式は，互いに独立な 2 種類の横波に対して，それぞれどのように与えられるか答えなさい． ここで，Re は複素数の実部をとることを意味し，$j = \sqrt{-1}$ である．

（3）（2）において，互いに独立な 2 種類の横波に対して，電磁界 $\tilde{\boldsymbol{E}}$, $\tilde{\boldsymbol{H}}$ を求めなさい．また，このときの横波の伝搬定数を答えなさい．