

北海道大学 大学院情報科学院  
 メディアネットワークコース入学試験  
 令和7年8月25日 13:00-15:00  
**専門科目 2**

受験上の注意

- 机の上に置いてよいものは、受験票、鉛筆(黒)、シャープペンシル(黒)、消しゴム、鉛筆削り、眼鏡、時計(計時機能のみのもの)、特に指示があったもののみである。
- 携帯電話等の電子機器類は電源を切りかばん等にしまうこと。試験時間中にこれらを身につけていた場合や手に持っていた場合は不正行為となることがあるので注意すること。
- 問題紙は回収しない。裏へ続く と記載がある場合は、裏面にも問題が記載されているので注意すること。
- 問題1～4 の計4問から2問を選択し解答すること。また、その選択した問題番号を、別紙の選択問題番号用紙に○で記入すること。問題番号選択用紙は、試験終了後に回収する。
- 問題ごとの専用の解答用紙を使用すること。解答用紙に受験番号の誤記、記入もれがないか、十分に確かめること。裏へ続く と記載がある場合は、裏面も使用するので注意すること。
- 草案紙は回収しない。

問題紙	4枚(表紙と白紙を除く) 1 画像処理, 2 言語メディア理解論, 3 通信システム, 4 光・電波理論
問題番号選択用紙	1枚
解答用紙	4枚
草案紙	2枚

1-1 サイズが  $X \times Y$  画素である画像  $f$  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  $f$  の平均  $\mu_f$ 、分散  $\sigma_f^2$ 、自己相関関数  $R_f(\tau_x)$  をそれぞれ以下のように定義する。

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

ただし、 $\tau_x$  は  $0 \leq \tau_x \leq X-1$  を満たす整数である。なお、 $x - \tau_x < 0$  のとき、 $x - \tau_x$  は  $X + x - \tau_x$  と置き換えられるものとする。このとき、以下の問いに答えなさい。

(1) 画像  $f$  の自己共分散  $C_f(\tau_x)$  を

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

と定義するとき、 $C_f(\tau_x)$  を  $R_f(\tau_x)$  および  $\mu_f$  を用いて表しなさい。

(2) 画像  $f$  の画素値  $f(x, y)$  の予測値  $\hat{f}(x, y)$  を

$$\hat{f}(x, y) = f(x - 1, y)$$

とする。また、その予測誤差を

$$\epsilon(x, y) = \hat{f}(x, y) - f(x, y)$$

と定義するとき、 $\epsilon$  の分散  $\sigma_\epsilon^2$  を、 $\sigma_f^2$  および  $C_f(1)$  を用いて表しなさい。

(3) 画像  $f$  の画素値  $f(x, y)$  の予測値  $\tilde{f}(x, y)$  を

$$\tilde{f}(x, y) = af(x - 1, y)$$

とする。ただし、 $a$  は実数値である。また、 $E$  を

$$E = \frac{1}{XY} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} \{\tilde{f}(x, y) - f(x, y)\}^2$$

と定義するとき、これを最小とする  $a$  を、 $R_f(0)$  および  $R_f(1)$  を用いて表しなさい。なお、 $R_f(0) \neq 0$  とする。

1 - 2.  $m$  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, 以下の問いに答えなさい.

- (1)  $\mathbf{H}_2$  を求めなさい.
- (2)  $\mathbf{H}_1$  が直交行列となることを示しなさい. すなわち,  $\mathbf{H}_1$  の逆行列が  $\mathbf{H}_1$  の転置行列と等しくなることを示しなさい.
- (3) 任意の自然数  $n$  について  $\mathbf{H}_n$  が直交行列であることを証明しなさい.

## 2 言語メディア理解論

2-1 自然言語処理の基礎に関して、以下の問いに解答しなさい。

- (1) 人間が用いる自然言語は階層的な制約により構造化され、制約に関する知識を共有できた場合、発話の理解や生成が可能となりコミュニケーションが成り立つ。その制約に関する知識理論について概念的に小さいものから順に記号で答えなさい。

選択肢群：

(A) 統語論, (B) 音韻論, (C) 意味論, (D) 語用論, (E) 形態論 (語彙論)

- (2) コンピュータを用いて自然言語を処理する場合の主要な自然言語処理技術を①～③に示す。それぞれの自然言語処理技術が最も重要視する知識理論を(1)の選択肢(A)～(E)の中から選び記号で答えなさい。

① 構文解析

② 形態素解析

③ 意味解析

- (3) 日本語の形態素解析における単語分割の手法として規則的手法と統計的手法を一つずつ挙げ、その処理の流れについてそれぞれ 100 文字以内で説明しなさい。

2-2 1960 年代の ELIZA 型対話システムに関して、以下の問いに解答しなさい。

- (1) ELIZA 型対話システムの対話処理手法について 200 文字以内で説明しなさい。

- (2) ELIZA 型対話システムの対話処理手法に関して利点と欠点をそれぞれ 100 文字以内で説明しなさい。

- (3) 1960 年代に構築されたテキスト入出力形式の ELIZA 型対話システムに、音声認識器と音声合成器を接続し、音声対話システムとして動作させたい。音声認識性能が低い音声認識器を接続した場合、対話処理においてどのような問題が発生する可能性があるか 200 文字以内で説明しなさい。

2-3 言語コミュニケーションに関して、以下の問いに解答しなさい。

- (1) 音声言語を用いたコミュニケーションと文字言語を用いたコミュニケーションを比較した場合、それぞれのコミュニケーション手法の利点と欠点を 50 文字以内で説明しなさい。

- (2) 音声言語と比較して文字言語を用いたコミュニケーションは話者間で誤解が生じやすいとの意見がある。その理由と改善案を 200 文字以内で説明しなさい。

3 通信システム

3-1 変調信号  $m(t) = 4 \cos 2\pi f_m t$  を考える。ここで、 $t$  は時刻、 $f_m > 0$  である。 $m(t)$  に周波数  $f_c$  の搬送波  $\cos 2\pi f_c t$  を乗積して、被変調信号

$$v(t) = m(t) \cos 2\pi f_c t = 4 \cos 2\pi f_m t \cos 2\pi f_c t$$

を生成した。なお、 $f$  を周波数としたとき、フーリエ変換対は以下で定義する。

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-j2\pi f t} dt, \quad g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) e^{j2\pi f t} df$$

なお、 $j = \sqrt{-1}$  である。このとき、以下の間に答えなさい。

- (1)  $g(t) = 1$  のときのフーリエ変換が  $\delta(f)$  (ディラックのデルタ関数) であることを利用して、 $v(t)$  のフーリエ変換  $V(f)$  を求めなさい。
- (2)  $f_c = 5f_m$  のとき、振幅スペクトル  $|V(f)|$  を図示しなさい。
- (3) 受信機での検波前の受信信号  $v_i(t) = v(t) + n(t)$  を同期検波した際の検波器出力  $v_o(t)$  を求めなさい。ここで、 $n(t)$  は狭帯域雑音で  $n(t) = x(t) \cos 2\pi f_c t - y(t) \sin 2\pi f_c t$  である。なお、 $x(t)$  と  $y(t)$  は低域雑音の同相成分と直交成分であり、いずれも周波数  $f_m$  に帯域制限されている。

3-2 シンボル長  $T$  の振幅シフトキーイング (Amplitude Shift Keying; ASK) 信号  $u(t) = b(t) \cos 2\pi f_c t$  を考える。ここで、 $t$  は時刻、 $f_c$  は搬送波周波数であり、 $f_c T \gg 1$  とする。 $b(t)$  は、あるシンボルに対応する時間内で、以下の2つの振幅値をとる。

$$b(t) = \begin{cases} C & \text{符号1のとき} \\ C - D & \text{符号0のとき} \end{cases}$$

ただし、 $C, D$  は正定数である。このとき、以下の間に答えなさい。

- (1) あるシンボル区間 (時刻 0 から  $T$ ) において、符号 1, 0 が送信されたときの電力  $S_1, S_0$  をそれぞれ求めなさい。なお、信号  $u(t)$  の電力  $S$  は  $S = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt$  で与えられる。
- (2) すべての信号区間において、符号 1 と符号 0 が等確率で送信されるとき、平均電力  $\bar{S} = \frac{S_1 + S_0}{2}$  を  $C$  と  $D$  を使って表しなさい。
- (3) 平均電力  $\bar{S}$  が最小となる条件を  $C$  と  $D$  の関係で示しなさい。

4 光・電波理論

4-1 図 4-1 に示すように、特性抵抗  $R_c$ 、位相定数  $\beta$  の無損失伝送線路に、内部抵抗が  $R_c$  の正弦波交流電圧源とインピーダンスが  $Z_L$  の負荷が接続されている。負荷から電源へ向かう方向に  $x$  軸を設定し、負荷の位置を  $x=0$  とすると、線路上の任意の位置  $x=l$  における電圧のフェーザ量  $V(l)$  と電流のフェーザ量  $I(l)$  はそれぞれ次式①と②のように与えられる。

$$V(l) = V_i e^{j\beta l} + V_r e^{-j\beta l} \tag{①}$$

$$I(l) = \frac{1}{R_c} (V_i e^{j\beta l} - V_r e^{-j\beta l}) \tag{②}$$

ここで、 $V_i$  と  $V_r$  はそれぞれ負荷の位置 ( $x=0$ ) における入射電圧および反射電圧のフェーザ量である。また、 $j = \sqrt{-1}$  であり、伝送線路上での波長を  $\lambda$  とすると、位相定数と波長との間に  $\beta = 2\pi/\lambda$  の関係が成り立つ。このとき、次の問いに答えなさい。

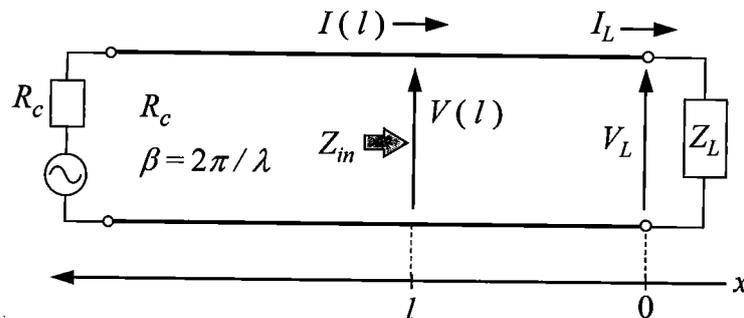


図 4-1

- (1) 図 4-1 に示すように、負荷  $Z_L$  に生じる電圧のフェーザ量を  $V_L$ 、 $Z_L$  に流入する電流のフェーザ量を  $I_L$  とすると、 $V(l)$  と  $I(l)$  をそれぞれ次式③と④のように変形できることを示しなさい。

$$V(l) = V_L \cos \beta l + j R_c I_L \sin \beta l \tag{③}$$

$$I(l) = I_L \cos \beta l + j \frac{V_L}{R_c} \sin \beta l \tag{④}$$

- (2)  $x=l$  で負荷側を見込んだ入力インピーダンス  $Z_m$  が次式⑤で与えられることを示しなさい。

$$Z_m = R_c \frac{Z_L + j R_c \tan \beta l}{R_c + j Z_L \tan \beta l} \tag{⑤}$$

- (3) 図 4-1 に示す負荷付き無損失伝送線路において、 $R_c = 200 \Omega$ 、 $Z_L = 120 + j160 \Omega$ 、 $\lambda = 48 \text{ cm}$  であるものとする。このとき、入力インピーダンス  $Z_m$  が純抵抗となる観測点のうち、**負荷に最も近いもの**を  $x=l_0$  とする。 $l_0$  の値を求めなさい。
- (4) 上記 (3) で求めた観測点  $x=l_0$  における入力インピーダンス (純抵抗)  $Z_m$  の値を求めなさい。
- (5) 上記 (3) の負荷付き無損失伝送線路上に生じる電圧定在波について、電圧定在波比の値を求めなさい。

4-2 図 4-2 に示すように、 $yz$ 面を入射面とし、入射面に垂直な電界成分 ( $x$ 成分) をもつ角周波数  $\omega$  の平面波が、屈折率  $n_1$  の無損失誘電体 1 と屈折率  $n_2$  の無損失誘電体 2 の境界面に誘電体 1 側から入射角  $\theta_i$  で入射するとき以下の問いに答えなさい。ただし、真空の誘電率、および透磁率はそれぞれ  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$  であり、虚数単位を  $j = \sqrt{-1}$  とする。また、入射平面波の波数ベクトルは  $k_i$  であり、自由空間波数は  $k_0 = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$  で与えられる。

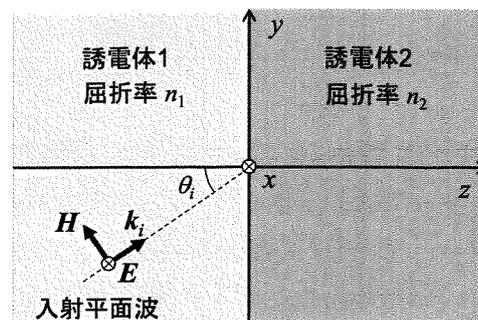


図 4-2

- (1) 入射面 ( $yz$ 面) に垂直な電界成分 ( $x$ 成分) をもつ平面波のことを何と呼ぶかを答えなさい。
- (2) 屈折率  $n_1$ ,  $n_2$  のそれぞれの誘電体における  $y$  方向の波数  $k_y$  を答えなさい。
- (3) この斜入射平面波の伝搬を、電磁波が  $z$  方向に伝搬する等価伝送線路と考えたとき、入射面 ( $yz$ 面) に垂直な電界成分 ( $x$ 成分) をもつ平面波の電界  $E_x$  に対するヘルムホルツ方程式を導出しなさい。ただし、フェーザ電界ベクトル  $\mathbf{E}$ 、フェーザ磁界ベクトル  $\mathbf{H}$  に対するマクスウェルの方程式より、次式が成り立つことに留意せよ。

$$\begin{cases} \nabla \times \mathbf{E} = -j\omega\mu_0\mathbf{H} \\ \nabla \times \mathbf{H} = j\omega\epsilon_0 n_l^2 \mathbf{E} \quad (l = 1, 2) \end{cases}$$

- (4) この斜入射平面波の伝搬を、電磁波が  $z$  方向に伝搬する等価伝送線路と考えたとき、2つの誘電体の境界面における電界反射係数  $R_e$  を答えなさい。
- (5) この斜入射平面波の伝搬を、電磁波が  $z$  方向に伝搬する等価伝送線路と考えたとき、2つの誘電体の境界面における電力反射係数  $R_p$  が 1 になる入射角  $\theta_i$  の条件を答えなさい。ただし、 $n_1 > n_2$  であるものとする。

このページは白紙です