

# 情報ネットワーク工学 (後期)

## 期末試験予想問題

授業で行った演習問題も予想問題となります

# 問題1 p.80, p.89

BPSKに関して以下の問に答えよ.

1. 搬送波と変調波(BPSK)を以下に示す. これらに対するデータ信号を図示せよ. 但し, データ信号と変調波の時間関係(タイミング)を分かるように図示すること.
2. 搬送周波数 $f_c = 10\text{MHz}$ ,  $T_b = 1\mu\text{s}$ とするとき, BPSK変調波の占有帯域( $\text{〇Hz} \sim \text{〇Hz}$ )を求めよ. 但し, データ波形のスペクトルはメインローブのみ考慮する.

(b) 搬送波



(c) 変調波  
BPSK



## 問題2(1/2) pp.86-88

BPSK変調において、データ信号を $b(t)$ 、搬送波を $v(t) = A\cos(2\pi f_c t)$ とするとき、以下の問に答えよ.

1. 送信信号 $s(t)$  (BPSK変調波)を求めよ.
2.  $b(t) = +1, -1$ に対する $s(t)$ の位相が $\pi$ ずれていることを示せ.
3. 受信信号 $r(t)$ が次式で与えられるものとする.  
$$r(t) = Ab(t)\cos(2\pi f_c t + \theta)$$
同期検波で得られる信号 $\hat{r}(t)$ を求めよ.
4. 同期検波において、周波数が同期しないと $\hat{r}(t)$ はどのように変化するか説明せよ.
5. 同期検波において、位相が同期しないと $\hat{r}(t)$ はどのように変化するか説明せよ.

## 問題2 (2/2)

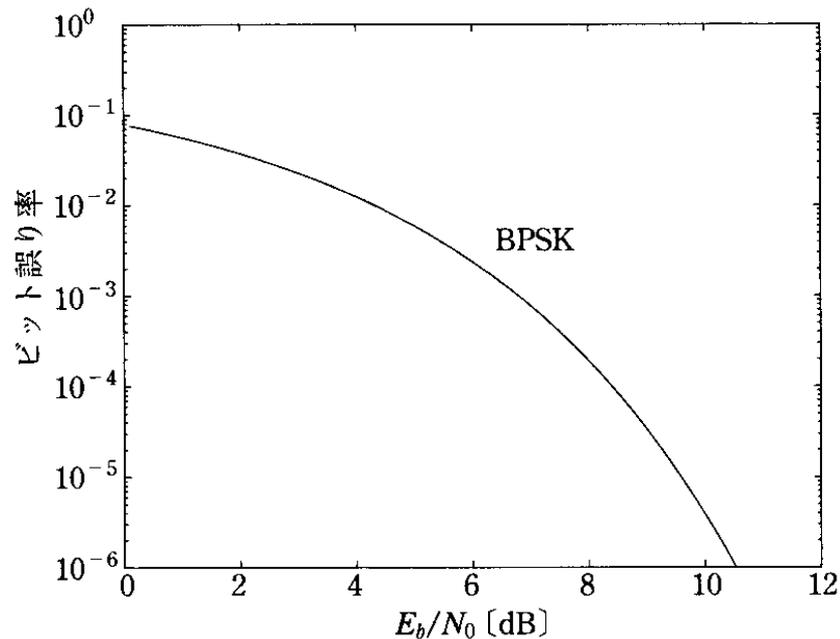
6.  $\hat{r}(t)$ を1ビット区間 $[(i-1)T_b, iT_b]$ で積分したものを $\hat{b}(iT_b)$ とする.  $\hat{b}(iT_b)$ を求めよ.
7.  $b(t)$ と $\hat{b}(t)$ の関係を説明せよ.
8.  $\hat{b}(t)$ から+1, -1のデータを得るための閾値(スレッショルド)を求めよ.

### 問題3 p.92

BPSKの誤り率特性が下図で与えられている。  $E_b$  はビットエネルギー(信号電力),  $N_0$  は雑音電力密度である。

$E_b/N_0$  [dB] は1ビット当たりの信号対雑音比を表している。以下の問に答えよ。

1.  $E_b/N_0 = 8$  [dB] に対するビット誤り率を求めよ。
2. ビット誤り率を10,000ビットに1ビット以下にしたい場合は,  $E_b/N_0$  を何dB以上にする必要があるか?



## 問題4 pp.116-118

周波数分割多重 (FDM) 方式と直交周波数分割多重 (OFDM) 方式におけるスペクトルの概略図を示し, それらの違いと特徴を述べよ.

## 問題5(1/2) pp.118-119

OFDMにおいて送信信号は次のように表される.

$$a(t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n h(t - T_s) e^{j2\pi f_n t}, 0 \leq t \leq T_s$$

$$h(t) = \begin{cases} 1, & 0 < t \leq T_s \\ 0, & t \leq 0, t > T_s \end{cases}$$

$A_n (= \pm 1)$  はデータ情報

受信信号を $r(t)$ とする. 伝送路が理想的であるとして,  
 $r(t) = a(t)$ とする.  $k$ 番目の復調信号は次式で表される.

$$R_k(T_s) = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} r(t) e^{-j2\pi f_k t} dt$$

## 問題5(2/2)

以下の問に答えよ.

1.  $R_k(T_s)$ を $\Delta f$ を用いて表せ. ただし,  $f_n = f_0 + n\Delta f$ であるとする.
2.  $R_k(T_s) = A_k$ となる一般的な条件(サブキャリア間の直交条件)を求めよ. その中で $\Delta f T_s$ が最小となる条件(OFDM信号に対応)を求めよ.

## 問題6 pp.120-121

DFDMの変調過程は次式で与えられる.

$$a(t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{j2\pi f_n t}, \quad 0 \leq t \leq T_s$$

連続的な時間 $t$ を $\Delta t$ 間隔の $N$ ポイントの離散時間として表現する.

$$t \rightarrow k\Delta t, \quad \Delta t = \frac{T_s}{N}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

以下の問に答えよ.

1.  $\Delta t$ と $\Delta f$ の関係を $N$ で表せ. (参考) $\Delta f T_s = 1$
2.  $a_k = a(k\Delta t)$ を求めよ. 但し,  $f_n = n\Delta f$ とする.
3.  $a_k$ から $A_n$ を計算する式を求めよ. (参考)IDFTとDFT

## 問題7 pp.120-121

OFDMでは変調過程, 復調過程で $N$ 個のサブチャネルを一括処理することで計算量を大幅に低減することが出来る. その理由を述べよ.

(参考) DFT, IDFT  $\rightarrow$  FFT, IFFT

## 問題8 p.116, pp.118-122

次のようなOFDMについて、以下の問に答えよ。

周波数帯域幅： $B = 5.12\text{MHz}$ ，サブキャリア数： $N = 64$ ，  
変調方式：4値PSK，GI長 =  $2\mu\text{s}$ 。

1. OFDM信号の周波数間隔 $\Delta f [\text{kHz}]$ を求めよ。 [図10.1](#)  
 $\Delta f = B/N$
2. OFDMのシンボル時間間隔 $T_s [\mu\text{s}]$ を求めよ。 [OFDMの直交化条件： \$\Delta f \cdot T\_s = 1\$](#)
3. OFDMの1シンボルで送信できる情報ビット数を求めよ。
4. OFDM方式の1チャンネル(サブキャリア)当たりの情報伝送速度[Kbps]を求めよ。
5. OFDM方式(全体として)の情報伝送速度[Mbps]を求めよ。

## 問題9 pp.128-129

スペクトル拡散方式に関して、以下の問に答えよ。

1. データ信号を $b(t)$ 、拡散信号を $a(t)$ 、搬送波を $A\cos(2\pi f_c t)$ とするととき、送信信号 $s(t)$ を求めよ。
2. 伝送路が理想的であり、受信信号として $r(t) = s(t)$ を得たとする。同期検波(送信側に同期している拡散信号と搬送波を用いて復調)により復調された信号 $\hat{r}(t)$ を求めよ。また、 $\hat{r}(t)$ に含まれる周波数成分を求めよ。
3.  $\hat{r}(t)$ をLPFを通して得られる信号 $\hat{b}(t)$ を求めよ。また、 $\hat{b}(t)$ と $b(t)$ の関係を求めよ。

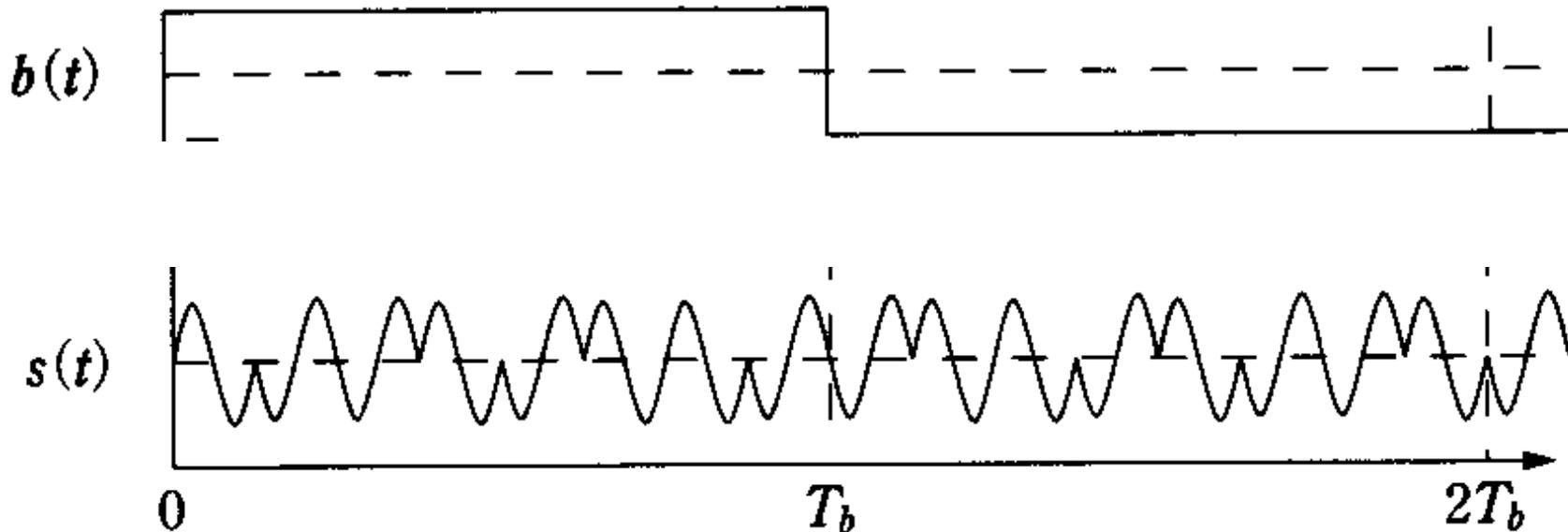
## 問題10 pp.128-129

スペクトル拡散方式に関して、以下の問に答えよ。

1. 1ビットの時間間隔が $T_b = 128\mu s$ 、拡散符号が1周期当たり256ビットであるとき、チップ時間 $T_c [\mu s]$ 、拡散後の情報信号の帯域幅 $B$ 、搬送周波数 $f_c [MHz]$ を求めよ。但し、搬送波の1周期を $T_c$ とする。
2. 1ビットの時間間隔が $T_b = 128[\mu s]$ 、拡散後の情報信号の帯域幅が $B = 4 [MHz]$ であるとき、拡散符号の1周期当たりのビット数、チップ時間 $T_c [\mu s]$ 、搬送周波数 $f_c [MHz]$ を求めよ。

# 問題11

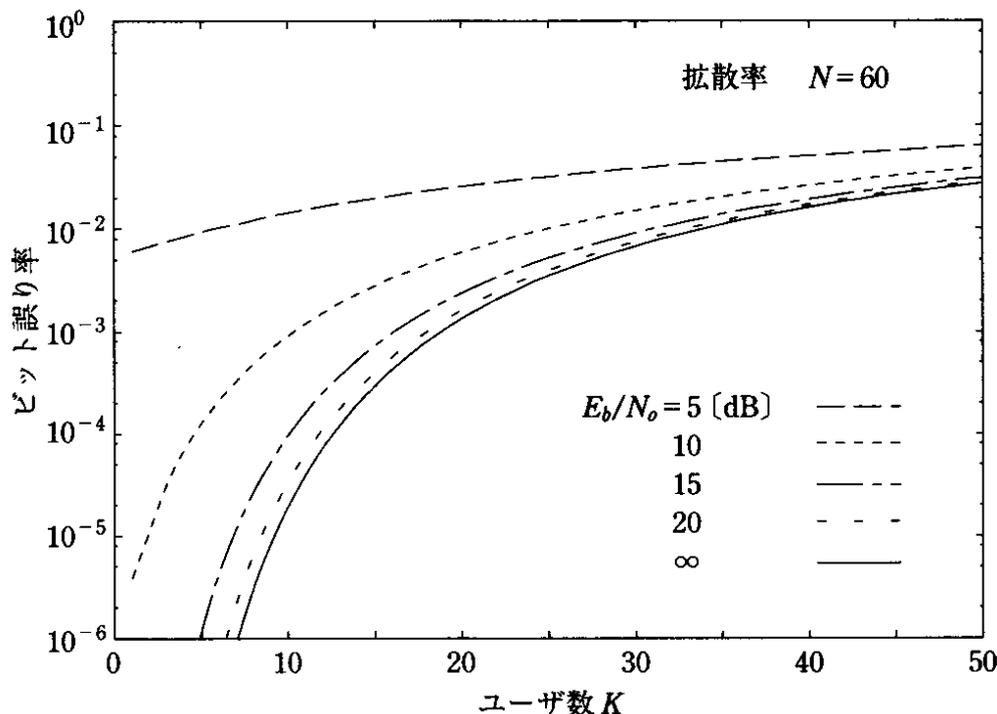
スペクトル拡散方式における情報信号 $b(t)$ と送信信号 $s(t)$ を以下に示す. これらに対する拡散信号 $a(t)$ を図示せよ. 但し,  $b(t), a(t), s(t)$ の時間関係(タイミング)が分かるように図示すること.



## 問題12

下図は直接拡散方式のビット誤り率特性である。  
以下の問に答えよ。

1.  $E_b/N_0 = 10[\text{dB}]$ において誤り率を $10^{-3}$ 以下に抑えたい。ユーザ数をおよそ何人以下にする必要があるか。
2. ユーザ数20人において誤り率を $10^{-3}$ 以下に抑えたい。 $E_b/N_0$ をおよそ何dB以上にすればよいか。



### 問題13 p.138-139

FDMA, TDMA, CDMAの方式と特徴を簡単に述べよ.

### 問題14 pp.138-139

CDMA方式ではユーザをどのように識別しているか説明せよ. 文章による説明でよい.