

# 情253「デジタルシステム設計」 (4) WirelessComm4

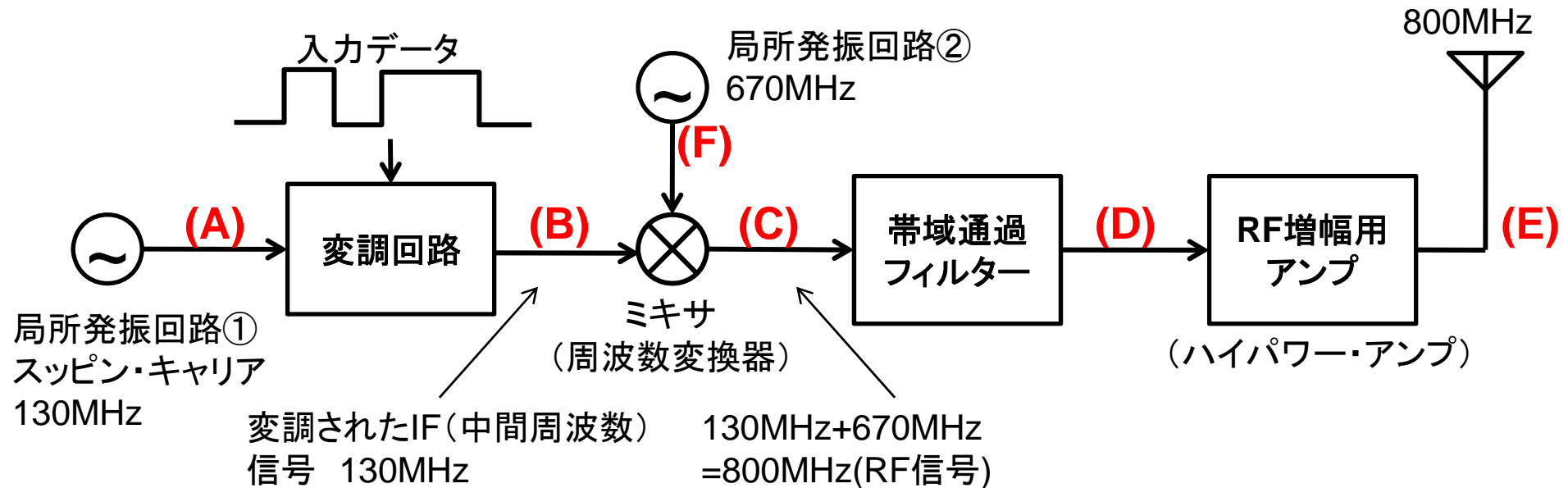
ファイヤー和田

[wada@ie.u-ryukyu.ac.jp](mailto:wada@ie.u-ryukyu.ac.jp)

琉球大学工学部情報工学科

# 簡単な無線データ伝送システム[P43]

## (a)送信側



- ミキサの入力は130MHz近辺にある(スペクトラム)
- ミキサ出力は800MHzと540MHzの混合した波となる。
- 帯域通過フィルターで、必要な800MHzあたりの波だけを通す。
- 増幅し、アンテナより電波RadioFrequency RF信号を放出。

# (a)送信側 ミキサでの演算

$$f_{IF} = 130\text{MHz}$$

$$f_L = 670\text{MHz}$$

$$x_{IF}(t) = A \cos(2\pi f_{IF} t)$$

$$x_{MIXER}(t) = A \cos(2\pi f_{IF} t) \cos(2\pi f_L t)$$

$$= \frac{A}{2} (\cos(2\pi(f_{IF} + f_L)t) + \cos(2\pi(f_{IF} - f_L)t))$$

$$f_{IF} + f_L = 800\text{MHz}$$

$$f_L - f_{IF} = 540\text{MHz}$$

∴

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

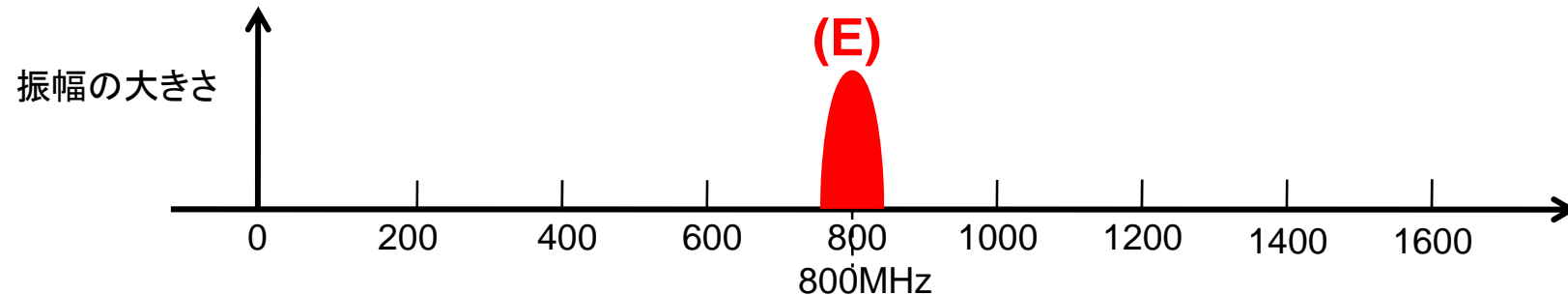
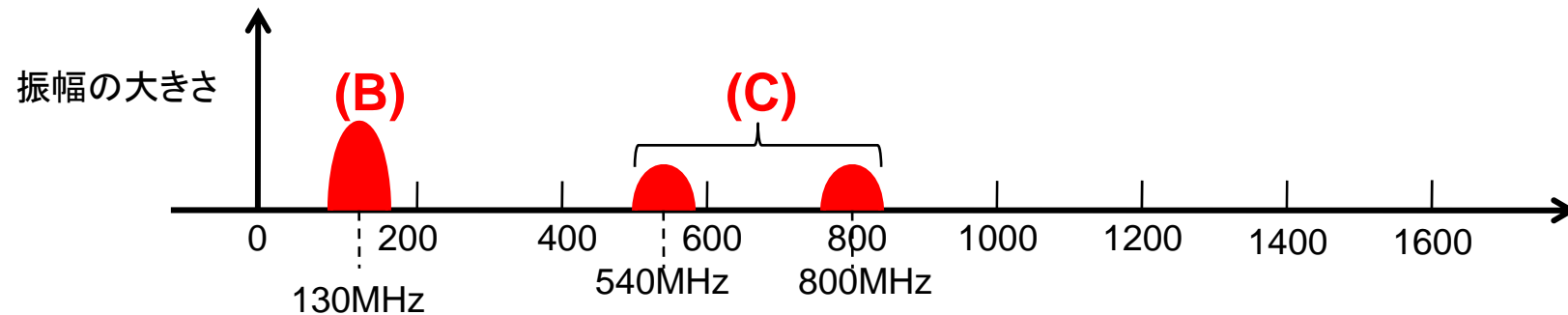
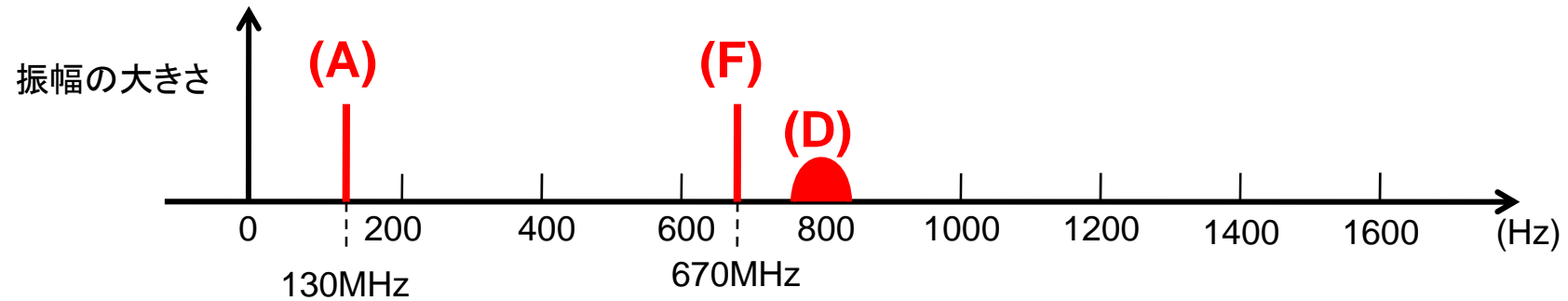
$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta))$$

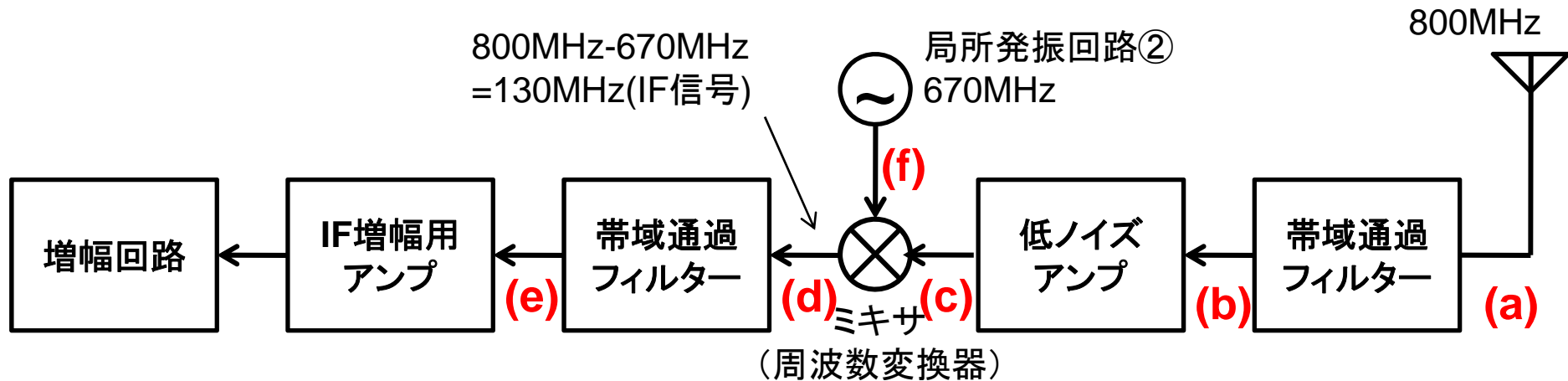
# 送信信号のスペクトラム

スペクトラム:

ある信号の、周波数とそれに対応する信号振幅(複素振幅)の大きさをとったもの



## (b)受信側



- ミキサー出力は $800 - 670 = 130\text{MHz}$ と $800 + 670 = 1470\text{MHz}$ の混合した波となる。
- フィルターで130MHz周辺の信号を通過させて、復調を行う。

## (b)受信側でのミキサでの演算

$$f_{RF} = 800\text{MHz}$$

$$f_L = 670\text{MHz}$$

$$x_{RF}(t) = A\cos(2\pi f_{RF}t)$$

$$x_{MIXER}(t) = A\cos(2\pi f_{RF}t)\cos(2\pi f_L t)$$

$$= \frac{A}{2}(\cos(2\pi(f_{RF} + f_L)t) + \cos(2\pi(f_{RF} - f_L)t))$$

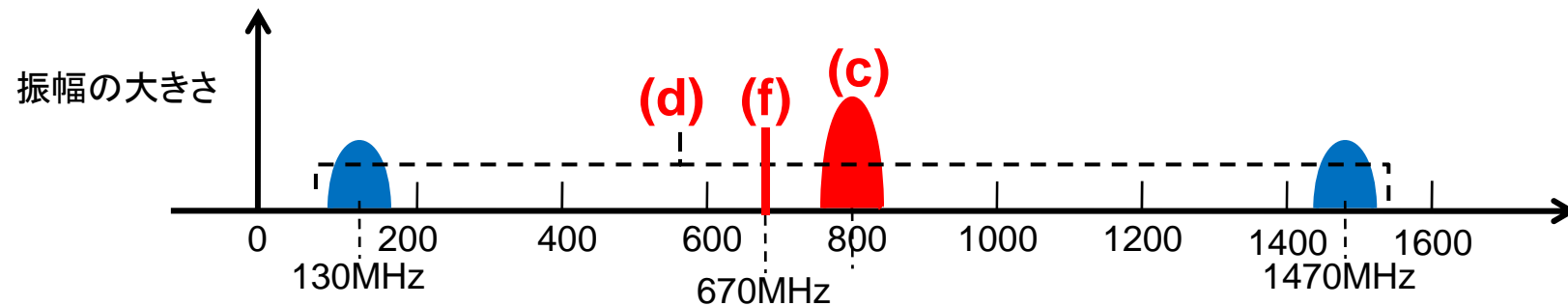
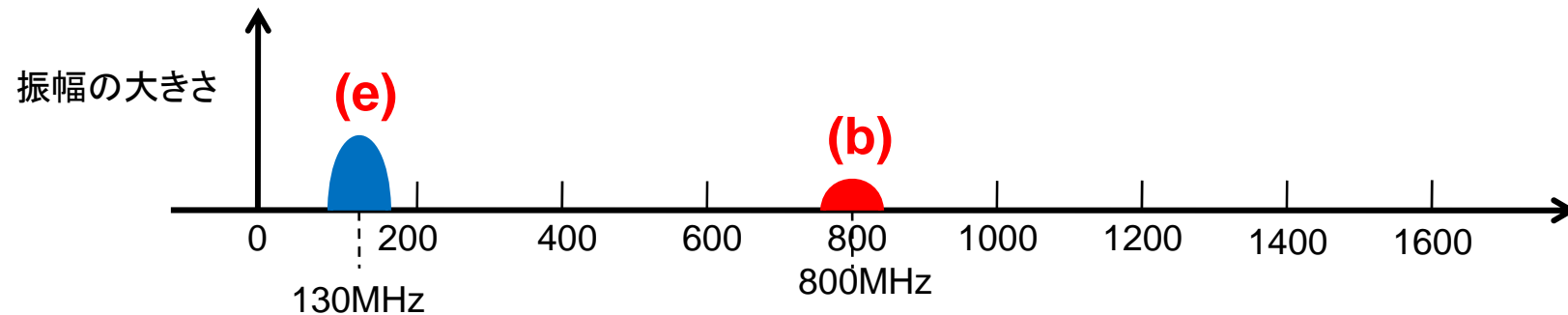
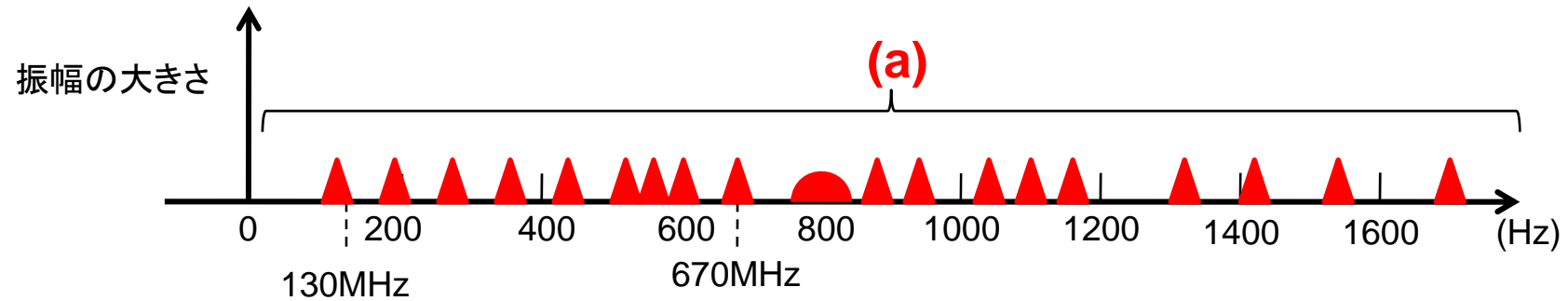
$$f_{RF} + f_L = 1470\text{MHz}$$

$$f_{RF} - f_L = 130\text{MHz}$$

# 受信信号のスペクトラム

スペクトラム:

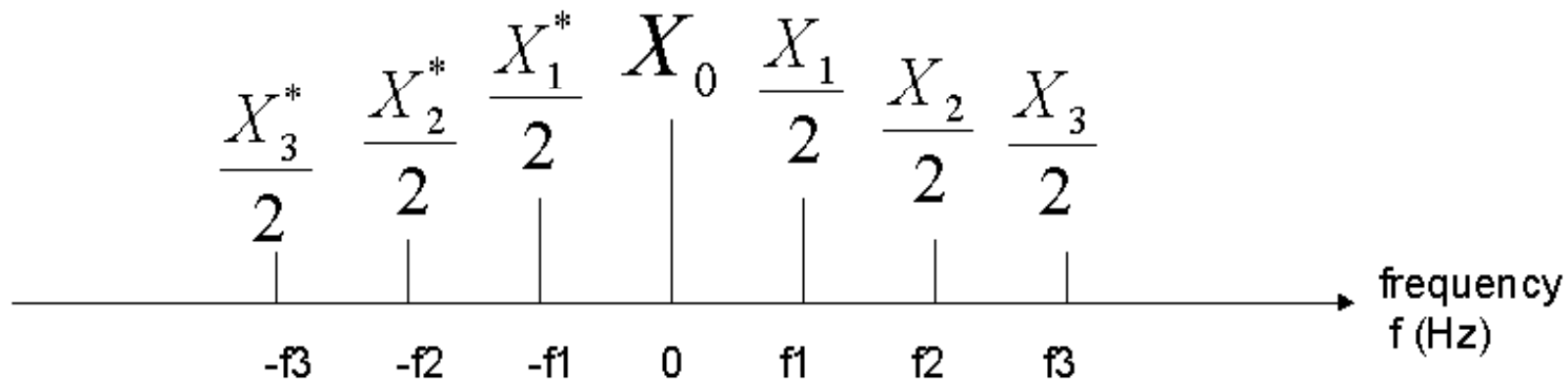
ある信号の、周波数とそれに対応する信号振幅(複素振幅)の大きさをとったもの



# スペクトラムとは何か

$$x(t) = X_0 + \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{X_k}{2} e^{j2\pi f_k t} + \frac{X_k^*}{2} e^{-j2\pi f_k t} \right\}$$

- 波の信号 $x(t)$ は上記のように多数の周波数成分からなる複素指数関数（回転関数）の和と考えることができる。
- その周波数とそれに対応する複素振幅の大きさを取ったものが、スペクトラムです。
- 以下のように正の周波数と負の周波数になりますが、実信号では大きさは左右対称となる。（したがって、正の部分だけの表示も一般的）





# スペクトラムの例

- 図3-11: ASKの時間領域信号
- 図3-13: ASKのスペクトラム
- 図3-17: FSKの時間領域信号
- 図3-19: FSKのスペクトラム

# SCILAB 実習

# S1) 1周期16点のCOS波形の生成

-->Fs=1/16

-->n=0:Fs:10

-->x=cos(2\*%pi\*n)

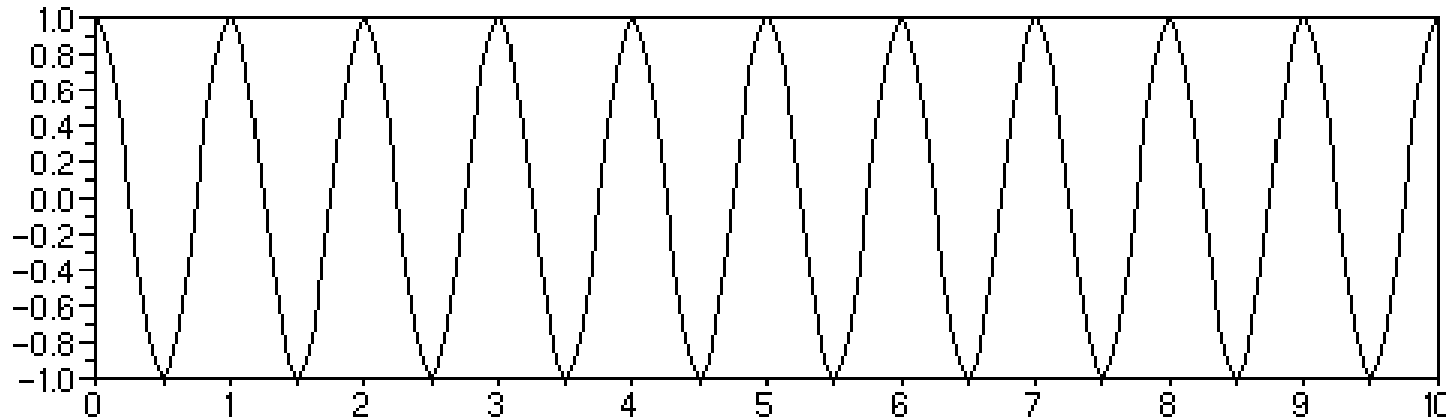
-->plot2d(n,x)

Fsは計算する点のSTEP

nに0から10STEP=Fsの値を設定(横ベクトル)

%pi は円周率 nと同一サイズのxベクトルが計算される

横軸をn、縦軸をxで2次元プロット

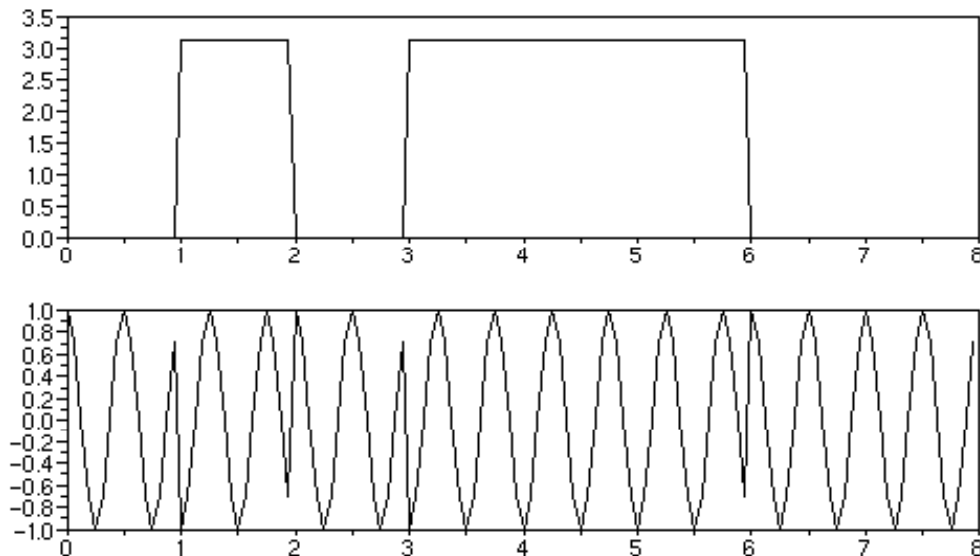


## S2) 位相を0、 $\pi$ の2種類で、位相変調PSK

```
-->Fs=1/16
-->n=0:Fs:8-Fs
-->zero=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
-->one=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1]
-->phi=%pi*[zero one zero one one one zero zero]
-->subplot(2,1,1)
-->plot2d(n,phi)
-->subplot(2,1,2)
-->x=cos(2*2*%pi*n+phi)
-->plot2d(n,x)
```

1シンボル16点なので、16回コピー

8シンボル分の位相情報を生成  
たて2個のプロットの上側1番に  
phiを2次元プロットする。  
たて2個のプロットの2番目を指定  
1シンボル=1秒として、2Hzの波に対して位相変調している  
結果をプロット



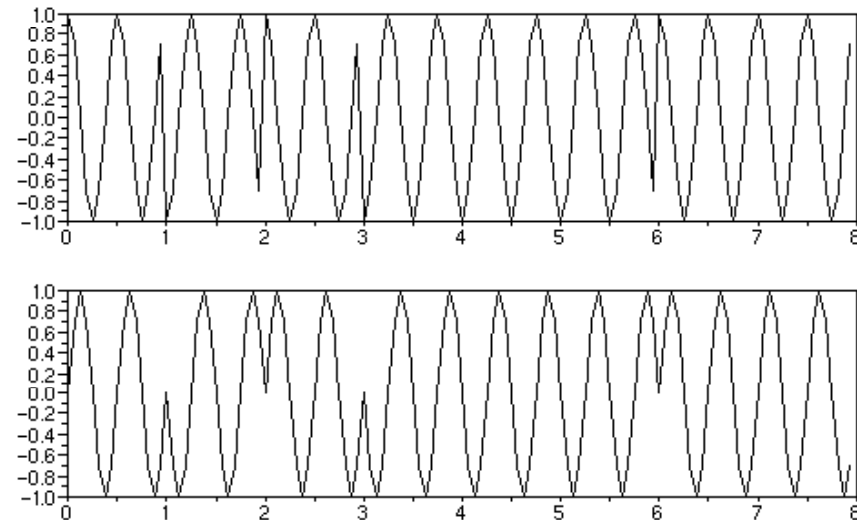
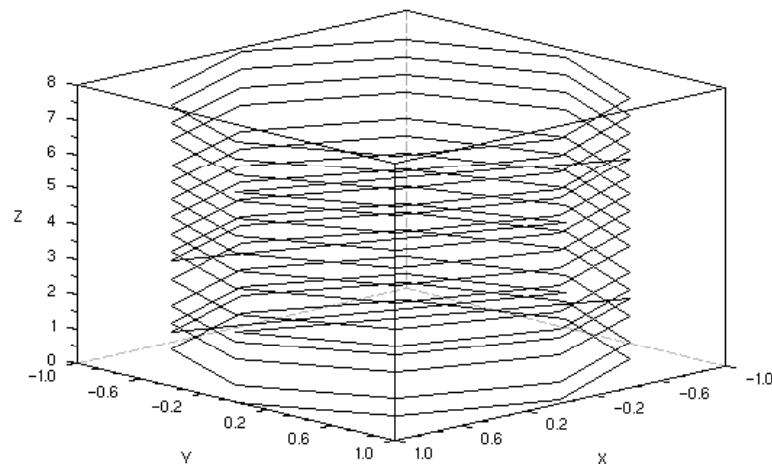
# S3) S2)と同様の変調を複素振幅Xで実現する場合

```
S3) S2)と同様の変調を複素振幅Xで実現する場合
-->Fs=1/16
-->n=0:Fs:8-Fs
-->zero=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
-->one=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1]
-->phi=%pi*[zero one zero one one one zero zero]
-->X=exp(%i*phi)
-->x=X .* exp(%i*2*2*%pi*n)
-->param3d(real(x), imag(x), n)
```

```
-->scf();
-->subplot(2,1,1)
-->plot2d(n,real(x))
-->subplot(2,1,2)
-->plot2d(n,imag(x))
```

ここまでは S2)と同じ  
複素振幅Xの計算、値としては'1'か'-1'である。  
exp(%i\*2\*2\*%pi\*n)の各要素とXの各要素を乗算し  
ている。(ドット\*演算)  
3次元曲線の描画

新グラフィックスウインドウ生成  
上段  
xのREAL成分の描画(実信号)  
下段  
xのIMAG成分の描画(参考に!)



# S4) 複素振幅でQPSKを実現する場合

```
-->zero=(1/sqrt(2))*(1 + %i)*ones(1,16)
-->one=(1/sqrt(2))*(-1 + %i)*ones(1,16)
-->two=(1/sqrt(2))*(-1 - %i)*ones(1,16)
-->three=(1/sqrt(2))*(1 - %i)*ones(1,16)
-->X=[zero one two three]
-->plot2d(real(X), imag(X), style=-1)
-->square(-1,-1,1,1)
```

コンスタレーションの4点の複素数を生成。1シンボル16点としている。  
4シンボルを連結  
コンスタレーションをプロット  
style = 0, -1, -2, -3, ...で点の形が変わる。

```
-->scf();
-->n=0:1/16:4-1/16;
-->x=X .* exp(%i*2*%pi*n)
-->param3d(real(x), imag(x),n)
```

複素振幅 X と回転を乗算する。乗算することで、変調できる。  
回転を3次元で表示

```
--> scf();
-->subplot(3,1,1)
-->plot2d(n, real(X))
-->subplot(3,1,2)
-->plot2d(n, imag(X))
-->subplot(3,1,3)
-->plot2d(n, real(x))
```

新グラフィックスウインドウ生成

1段目

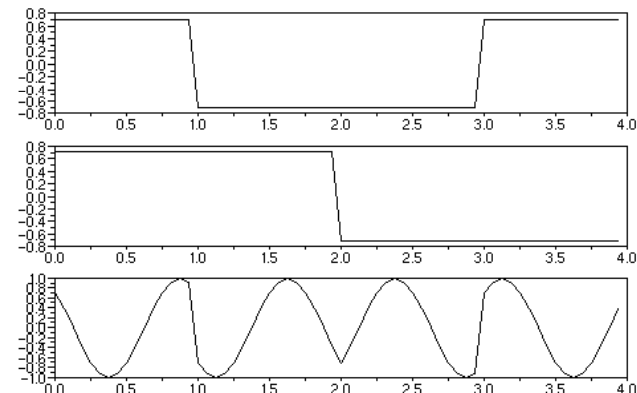
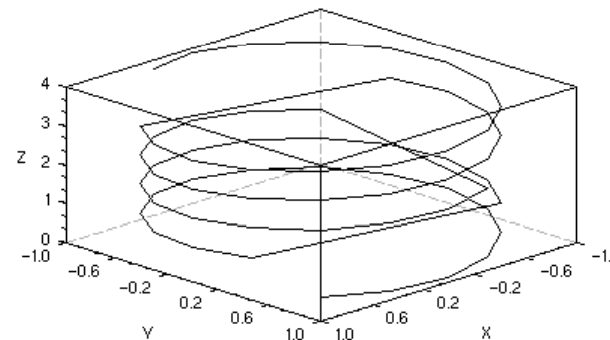
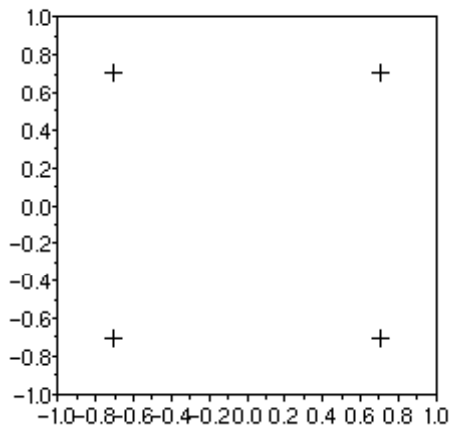
複素振幅XのREAL成分

2段目

複素振幅XのIMAG成分

3段目

複素変調信号のREAL部=実際の送信波形



# HW4

(1) webclass 情報工学科 デジタルシステム設計  
に用意したHWを完了させよ。  
講義から2週間後同一曜日の夜23:00を期限とする。

- <http://webclass.cc.u-ryukyu.ac.jp/>