

# 情253 「デジタルシステム設計」 (2) modem2

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

# 伝えたい情報を伝播に乗せる【P027】

無線通信の基本はサイン波に情報に乗せること

波を相手に送るだけではデータを伝送できない。  
(800MHzの無線の例)

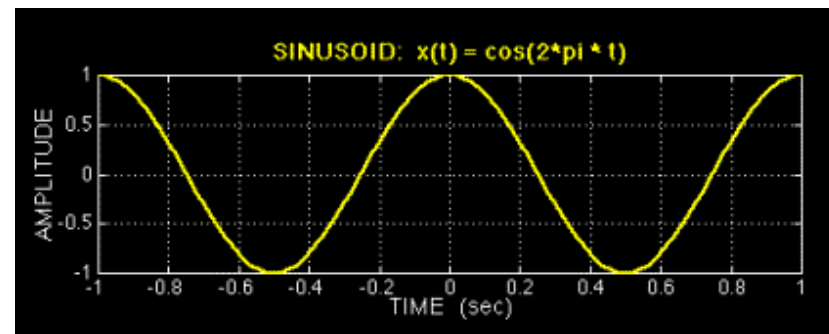
変調 : 波に変化を与えて、データを伝える

復調 : その波の変化を捉えて、データに戻す

変化させるもとの波: 搬送波、キャリア

- キャリア信号の数学表現
  - A : 振幅
  - $f_c$ : 周波数 (1秒間に何周期あるか?)
  - $\phi$  : 位相 (1周期ずれでは、位相は2 回転)

$$x(t) = A \cos(2\pi f_c t + \phi)$$



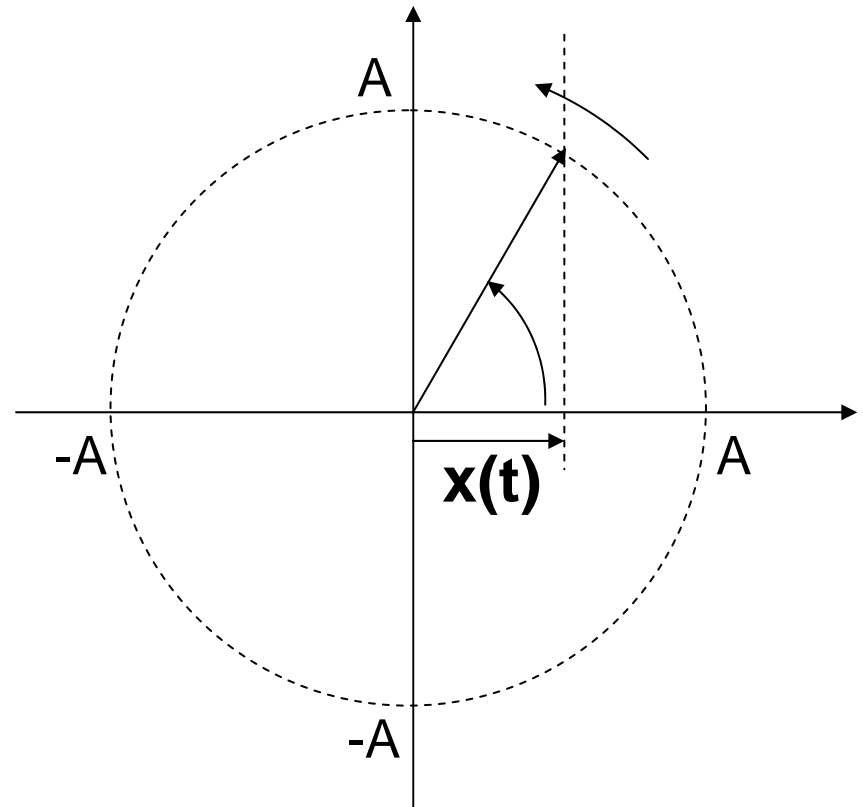
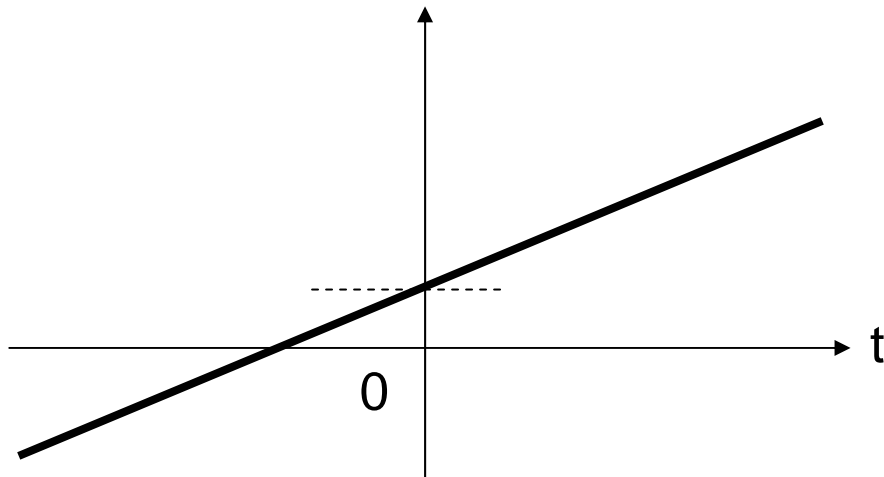
# 三角関数復習

$$x(t) = A \cos(2\pi f_c t + \phi)$$

$$\theta = 2\pi f_c t + \phi$$

とすると、角度  $\theta$  が時間とともに上昇

は  $2\pi$  で一周するので、 $x(t)$  は周期関数となる。



# アナログ通信における3種の変調方式

## 1. 2 - 2 振幅変調 AM

- 図2 - 4、図2 - 5
- Aの値を情報とともに変化させる

## 2. 2 - 3 周波数変調 FM

- 図2 - 6
- $F_c$ の値を情報とともに変化させる

## 3. 2 - 4 位相変調 PM

- の値を情報とともに変化させる

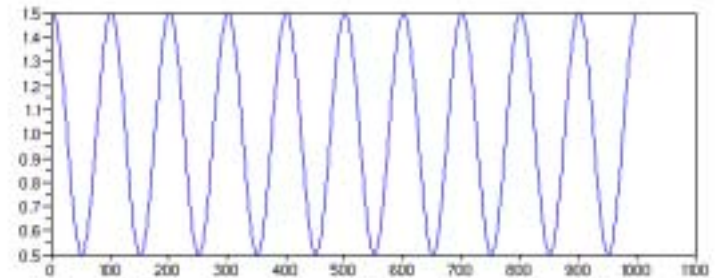
$$x(t) = A \cos(2\pi f_c t + \phi)$$

# AM変調をSCILABでモデル化

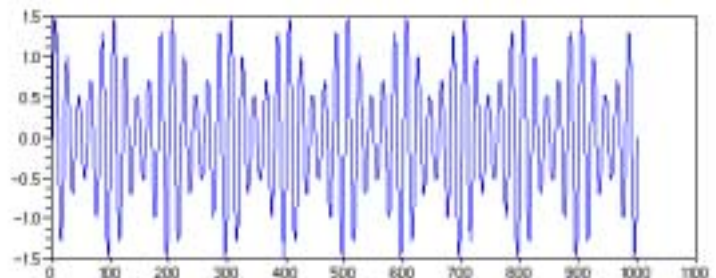
- SCILABでscipadを起動して以下を作成
- 振幅Aが今回情報信号(アナログ)
- xが変調された信号

```
SciPad - ammodulation1.sce
File Edit Search Execute Debug Scheme Options Windows Help
n=0:1000;
f=5;
fs=100; // sampling 1/10=0.1sec
t=n/fs;
A=(1+0.5*cos(2*pi*1*t));
x=A.*sin(2*pi*f*t);
subplot(2,1,1)
plot(A);
subplot(2,1,2)
plot(x);
Line: 10 Column: 9 Logical line: 10
```

A



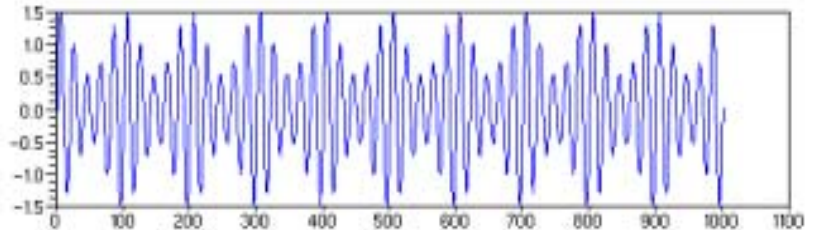
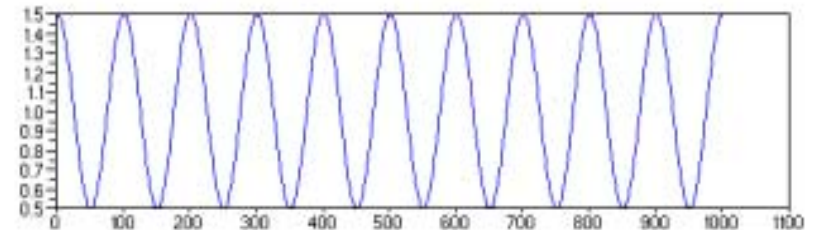
x



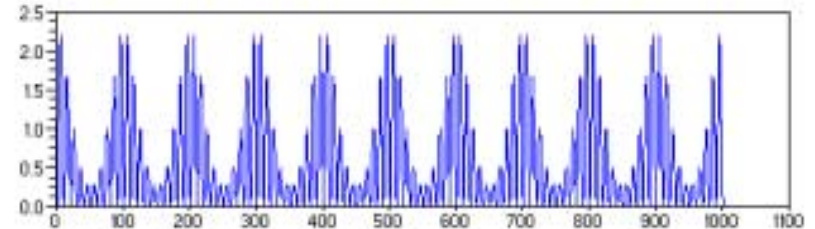
# AMの復調

- $x$ が実際に電波として伝送される信号
- $y$ のそれぞれの値を2乗して、包絡線(ピークを結んだ線)を作成すれば、もとのアナログ情報信号 $A$ に戻ることができる。

```
SciPad - ammodulation1.sce
File Edit Search Execute Debug Scheme Options Windows
Help
n=0:1000;
f=5;
fs=100; // sampling 1/10=0.1sec
t=n/fs;
A=(1+0.5*cos(2*pi*1*t));
x=A.*sin(2*pi*f*t);
subplot(3,1,1)
plot(A);
subplot(3,1,2)
plot(x);
y=x.*x;
subplot(3,1,3)
plot(y);|
line: 13 Column: Logical line: 13
```

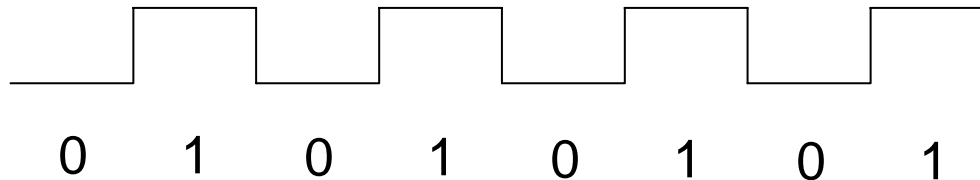


$y$



# デジタル情報

- デジタル情報をそのままパルスで伝送すると、高い周波数成分を含む！



- SCILABにてフーリエ変換 (FFT) にて解析すると、

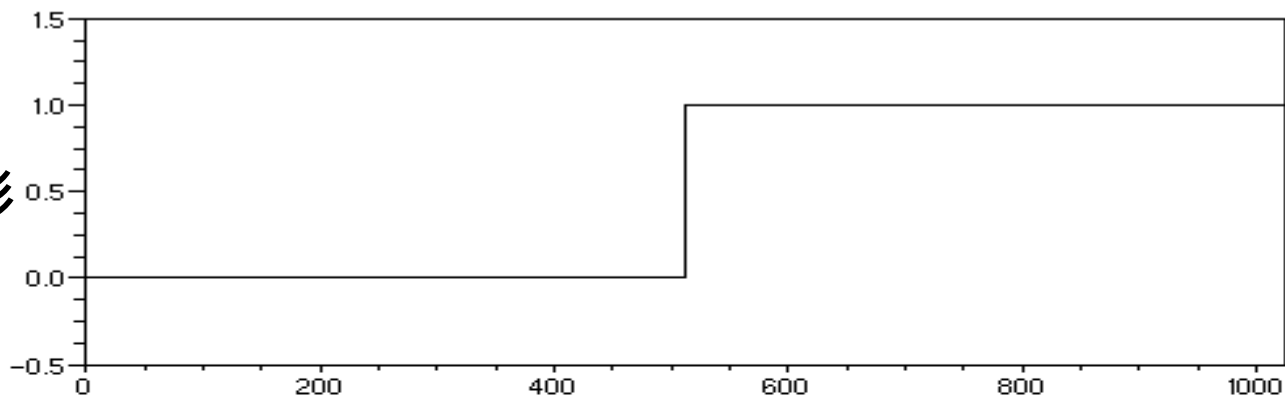
```
SciPad - pulsespectrum.sce
File Edit Search Execute Debug Scheme Options Windows Help
n=1:1024;
x=[zeros(1,512),ones(1,512)];
subplot(2,1,1)
plot2d(n,x,rect=[0 -0.5,1024 1.5]);

y=fft(x);
subplot(2,1,2)
plot2d(n,abs(y),rect=[0 0,50 600],style=[-1])
Line: 8 Column: 33 Logical line: 8
```

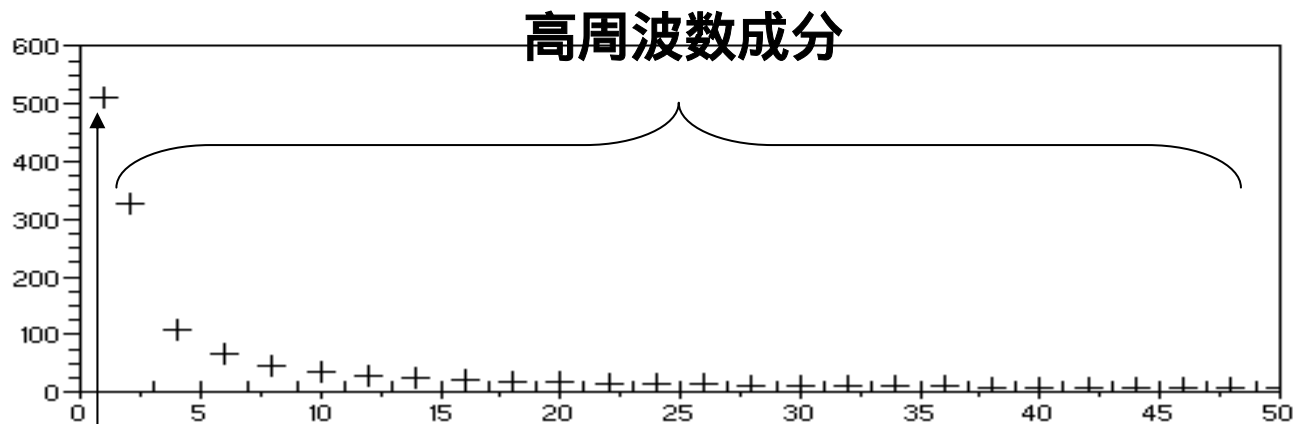
# パルスのSCILABによる周波数解析

- 教科書図3 - 1に示すように、高周波成分を含むことがわかる。

パルス波形



FFT結果



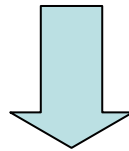
パルスと同じ  
周波数成分



# 1/0矩形波

- 図3 - 1に矩形波 と その周波数スペクトルが示されている。
- 実は(重ね合わせの原理)により、任意の波形はsin/cos波形の重ね合わせと考えることができる。
- なる周期波形は、以下のように多数の波形の和に分解できる(フーリエ級数)
- 【参考】
- <http://www12.plala.or.jp/ksp/mathInPhys/fourier1/>

$$f(x) = \begin{cases} -1 & (-\pi < x < 0) \\ 1 & (0 < x < \pi) \end{cases}, \quad f(x + 2\pi) = f(x)$$



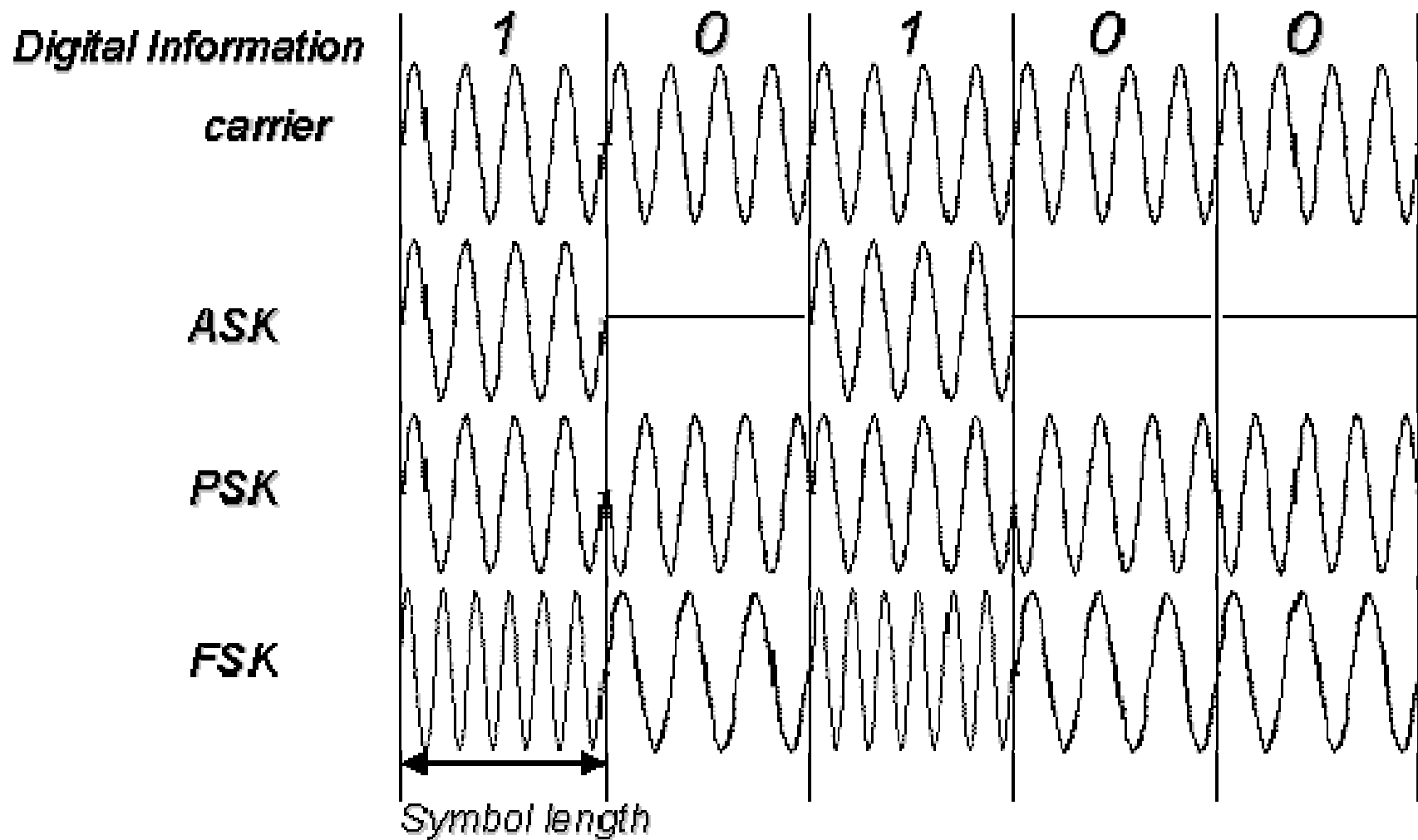
フーリエ級数展開

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{4}{\pi} \left( \sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \frac{1}{7} \sin 7x + \dots \right) \\ &= \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin\{(2n-1)x\}}{2n-1} \end{aligned}$$

# デジタル変調

- 電波は空間に広がっている
- 通常、自分の使える電波の周波数が規定される
- すなわち、自分の使える周波数範囲は小さいので、パルスでの伝送は通常用いられない
  
- そこで、三角関数波形を基本に変化させながら、デジタル情報を伝送する。
  - ASK(振幅にデジタル情報を乗せる)
  - FSK(周波数にデジタル情報を乗せる)
  - PSK(位相にデジタル情報を乗せる)

# デジタル変調



# HW2

(1) webclass 情報工学科 デジタルシステム設計  
に用意したHW2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/>