

情報通信システム概論

第7回
～アナログ変調(位相変調)～

2020-10-31

情報システム工学科
福田 浩



ゴールイメージ

- ・位相変調を説明できる
- ・位相変調の復調方法を説明できる





目次

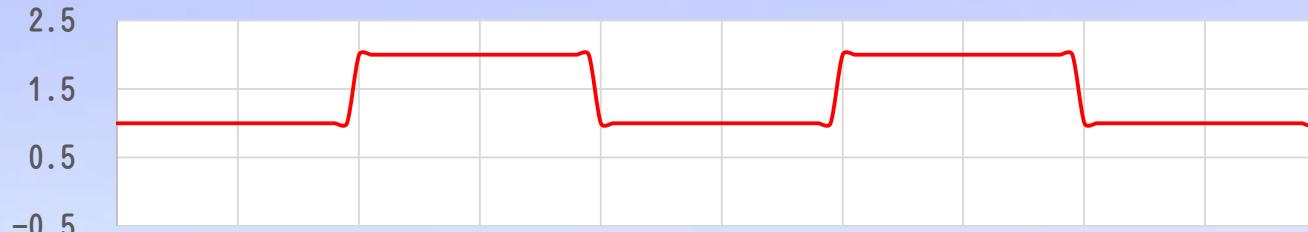
- ・ 前回の復習(変調とは)
- ・ 復調
- ・ 振幅変調とその復調
- ・ 位相変調とその復調
- ・ 偏移変調
 - 振幅偏移変調
 - 位相偏移変調
- ・ 複雑な変調方式
 - IQ変調
 - PAM
 - QAM



変調とは

搬送波の振幅・周波数・位相を信号波で変化させること

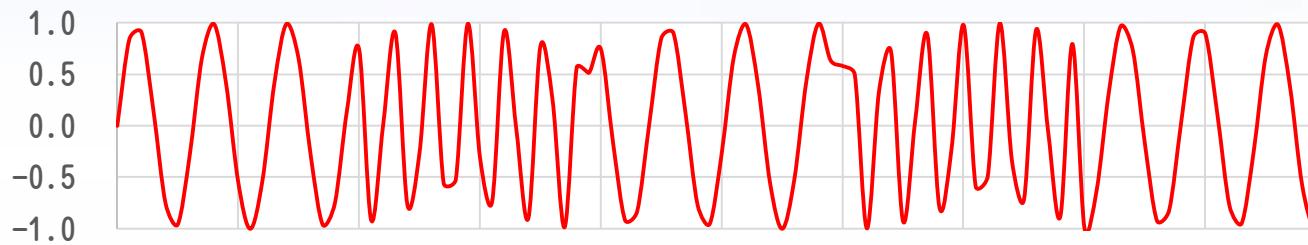
信号波



振幅変調
Amplitude
Modulation



周波数変調
Frequency
Modulation



位相変調
Phase
Modulation



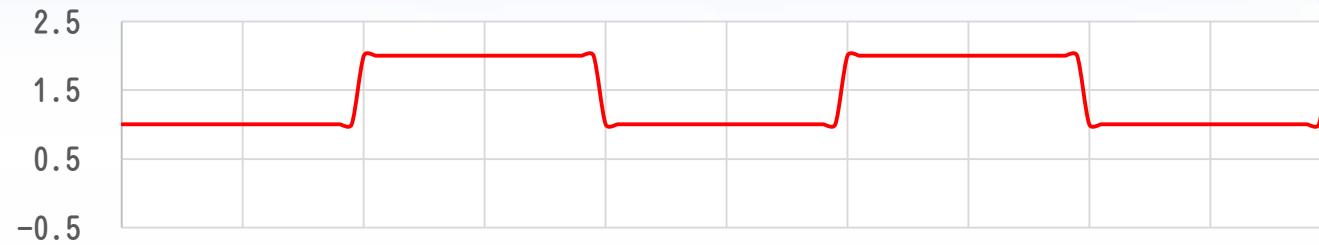
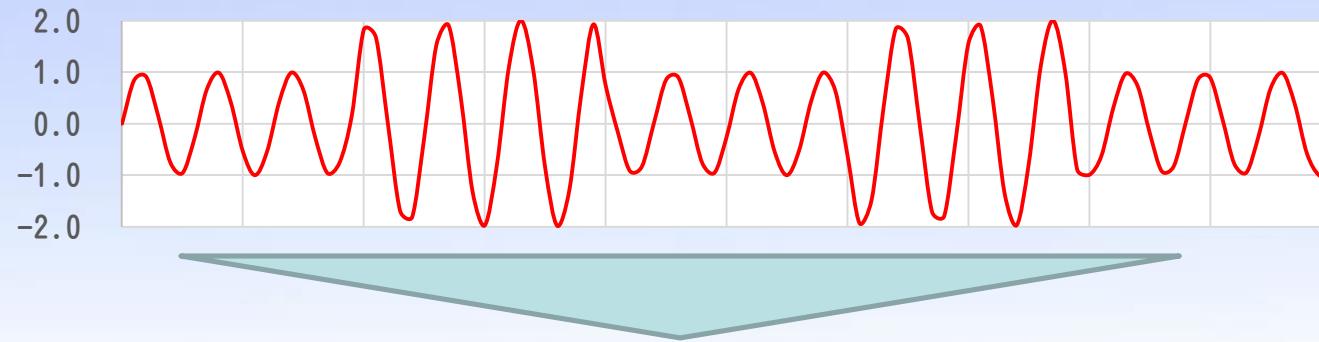
復調とは

変調信号から信号波を取り出すこと（変調の逆）

振幅変調

Amplitude

Modulation

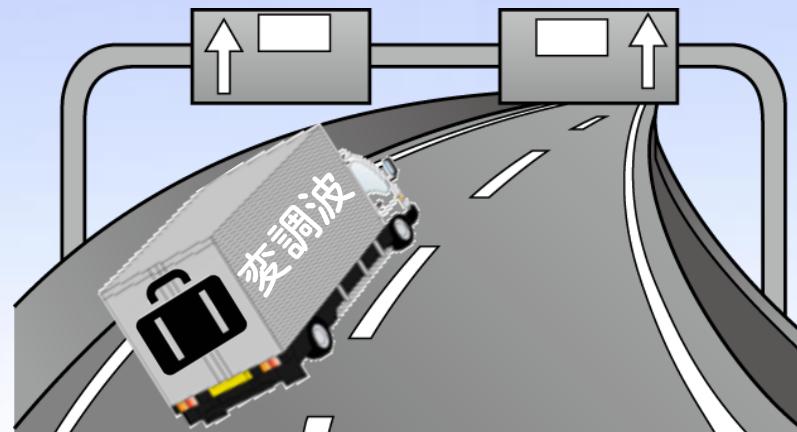


変調と搬送波のイメージ

信号波搬送波に乗せられて変調波となり伝送される



変調



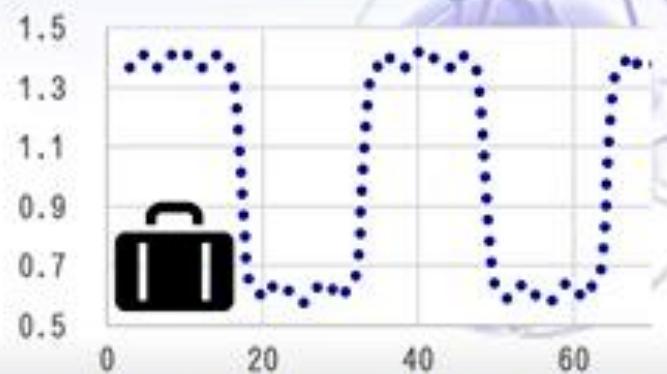
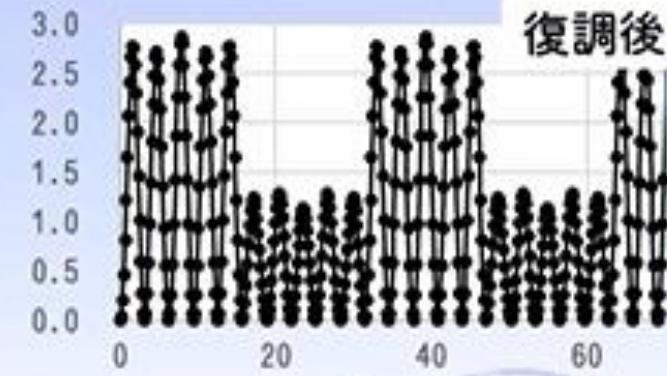
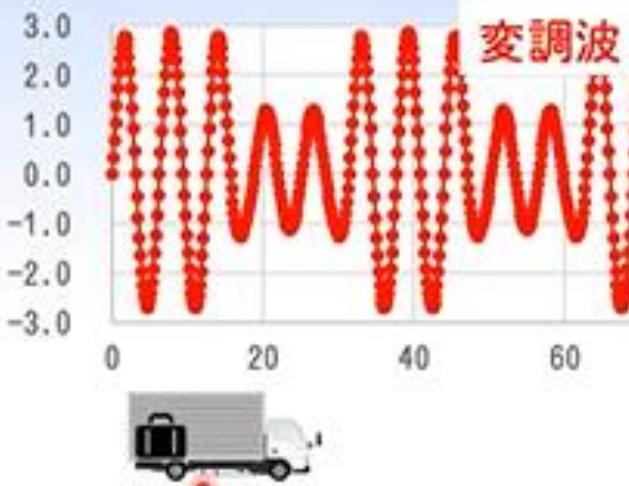
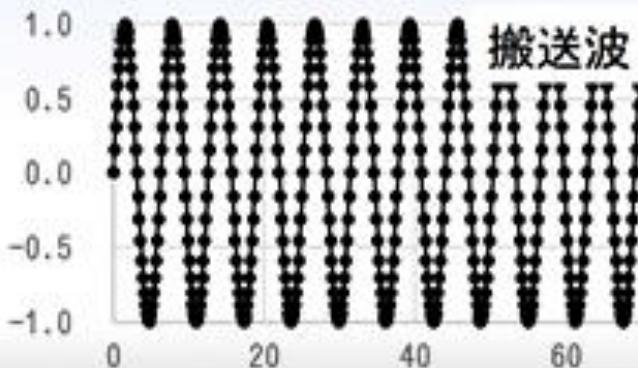
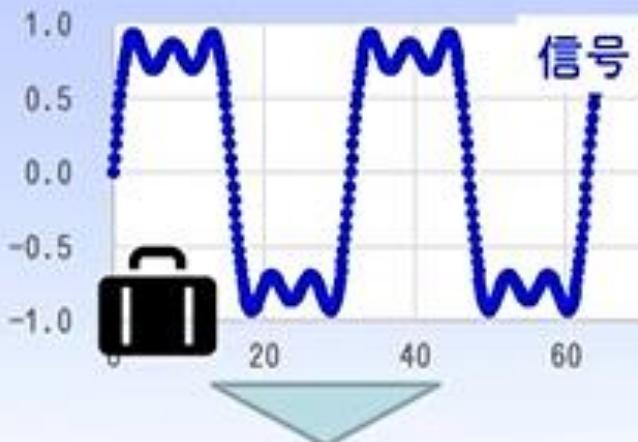
伝送



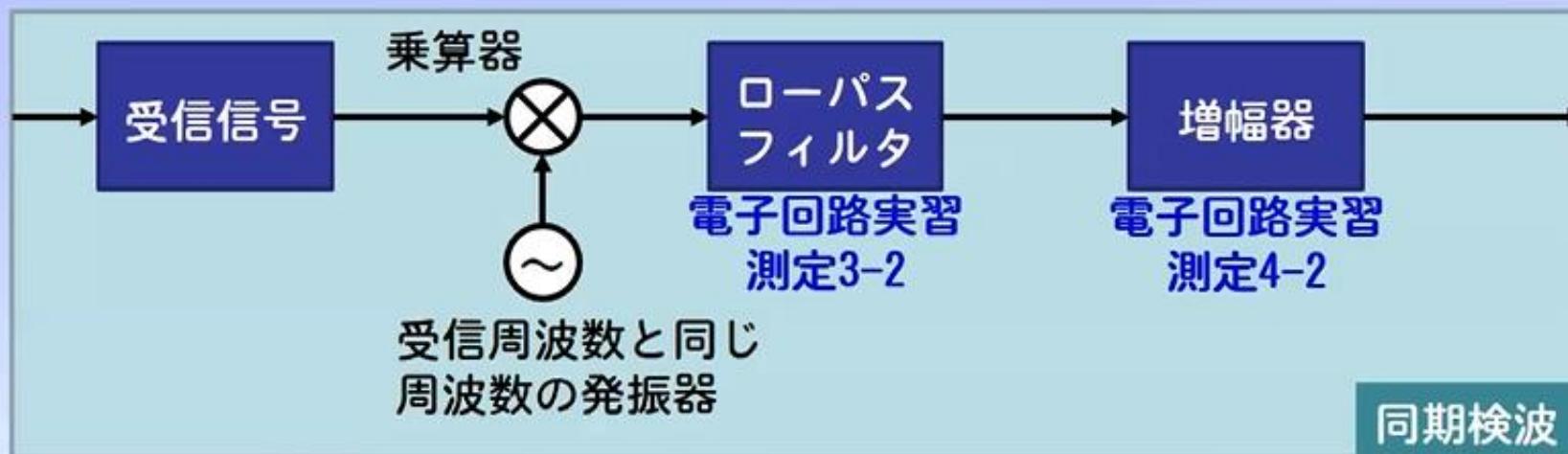
復調

振幅変調 (AM)

AMでは連続信号の大きさが搬送波の振幅を変調する



振幅変調信号の復調



$$\varphi_{AM} = A\{1 + s(t)\} \cos(\omega_c t)$$

$$e_d = A\{1 + s(t)\} \cos(\omega_c t) \cos(\omega_c t)$$

$$= A\{1 + s(t)\} \frac{\cos(2\omega_c t) + 1}{2}$$

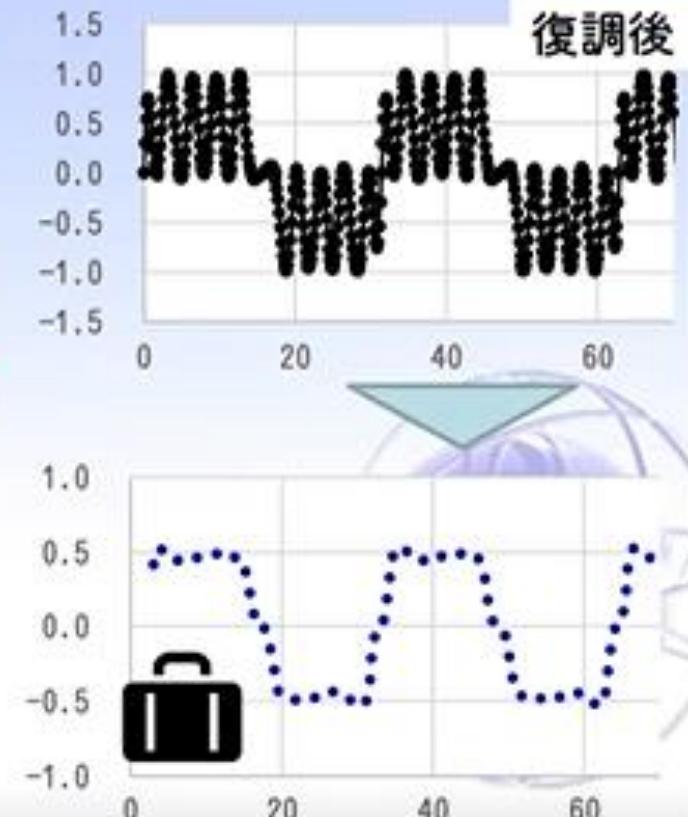
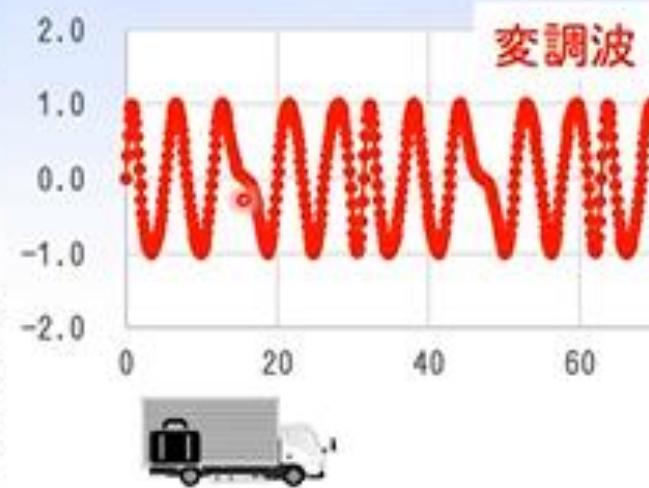
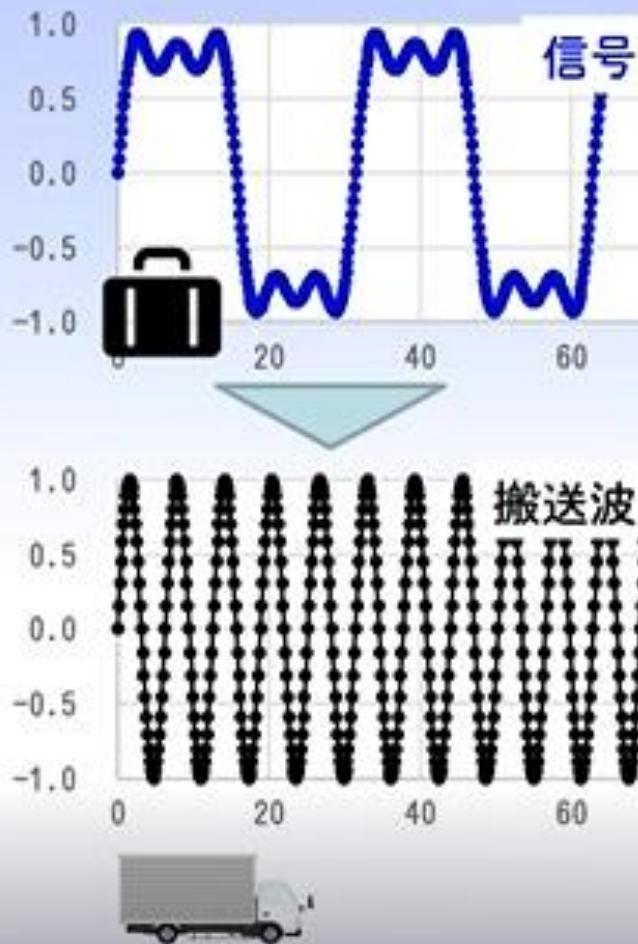
ローパスフィルタを用いて
この成分のみを取り出す

$$= \boxed{\frac{A\{1 + s(t)\}}{2}} + \frac{A\{1 + s(t)\}}{2} \cos(2\omega_c t)$$

振幅は1/2になる
増幅器で増幅する

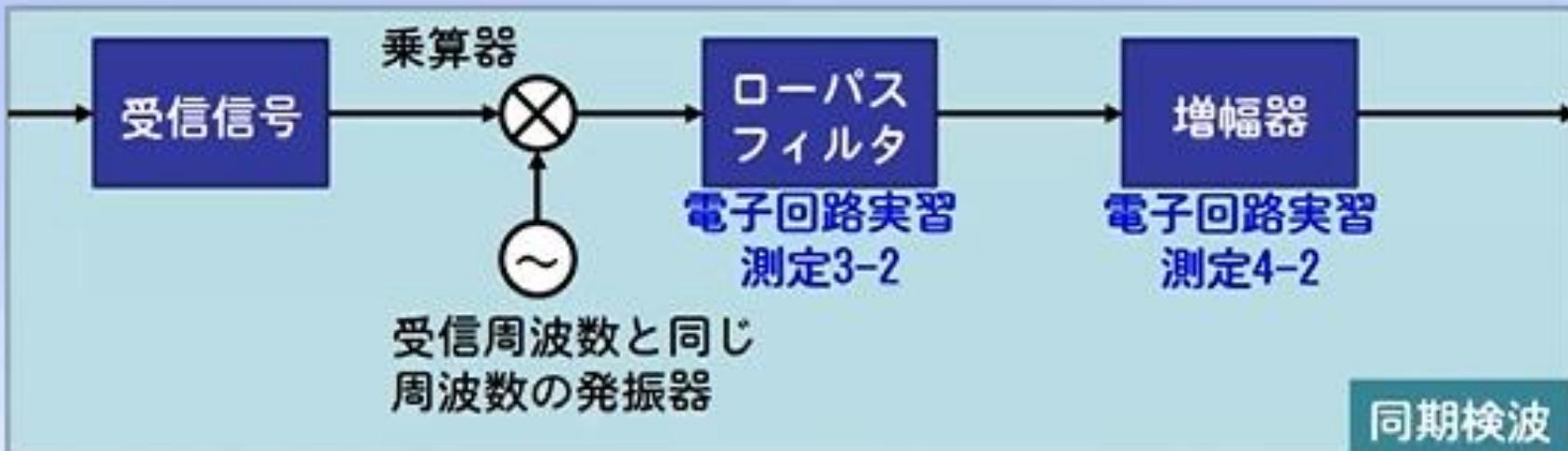
位相変調 (PM)

PMでは連続信号の大きさが搬送波の位相を変調する



復調により取り出された信号

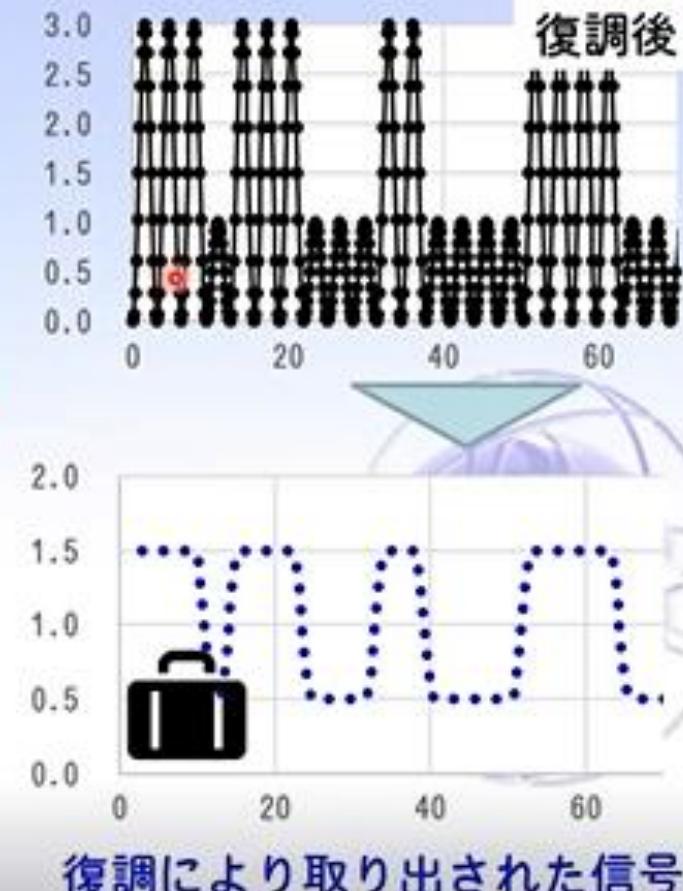
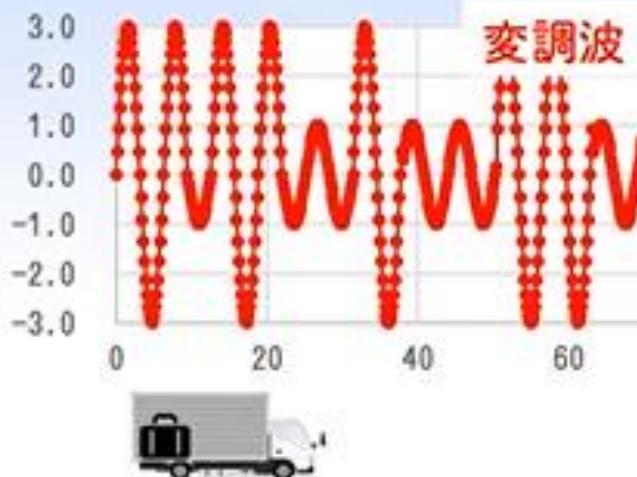
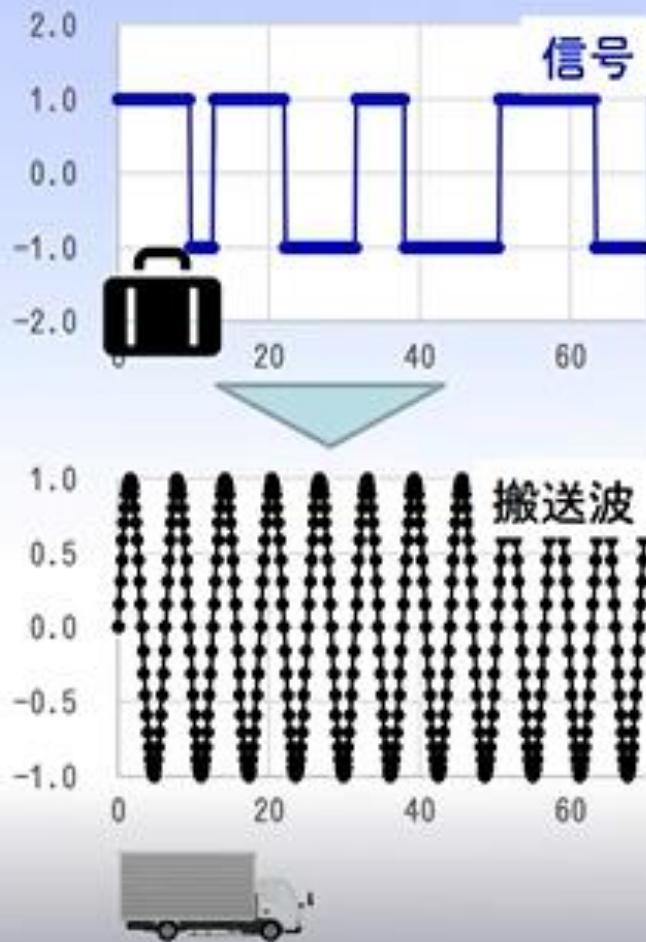
位相変調信号の復調



位相変調信号も同期検波により復調可能

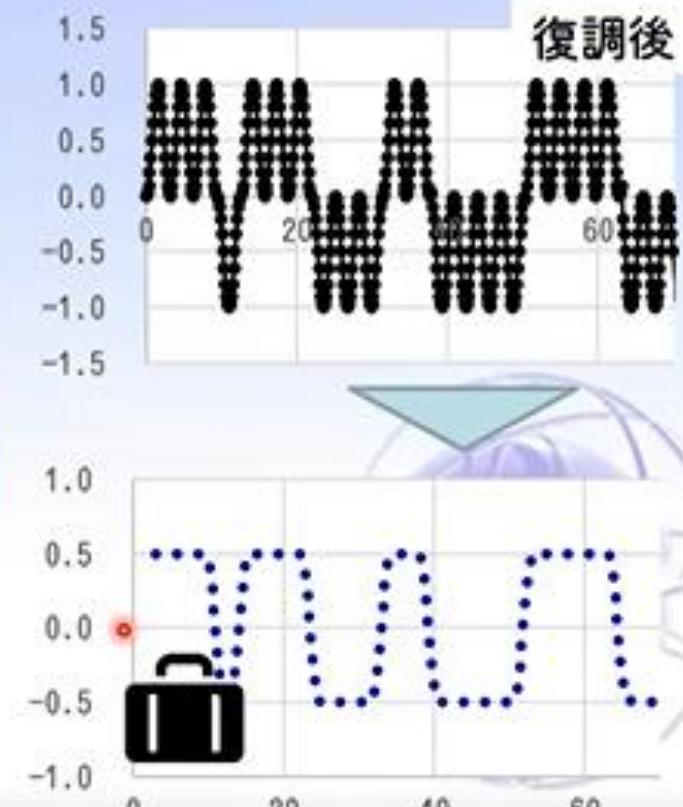
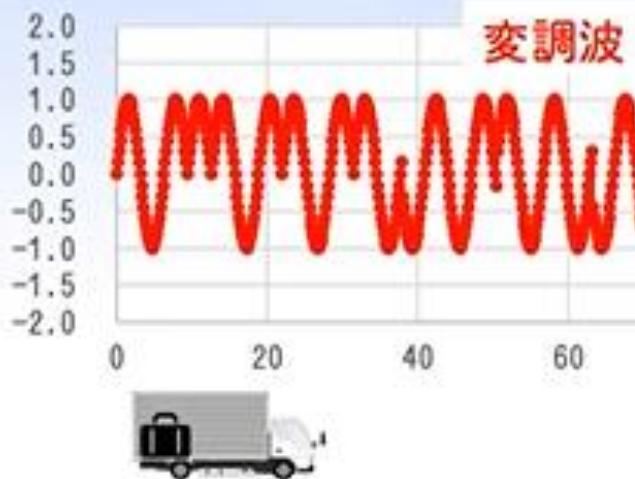
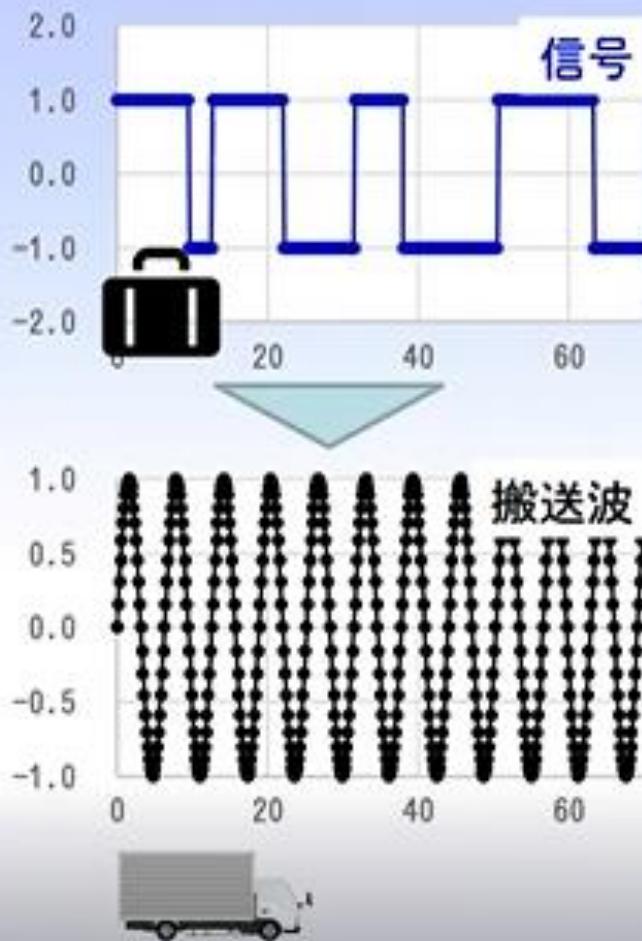
振幅偏移変調 (ASK)

ASKでは離散信号が搬送波の振幅を変調する



位相偏移変調 (PSK)

PSKでは離散信号が搬送波の位相を変調する



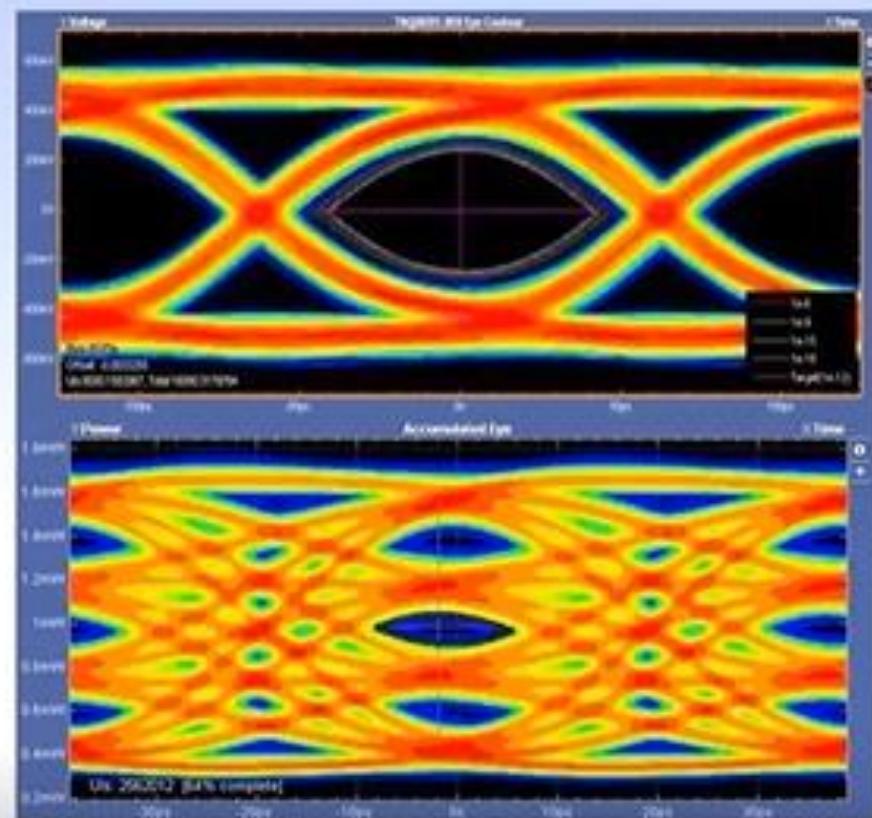
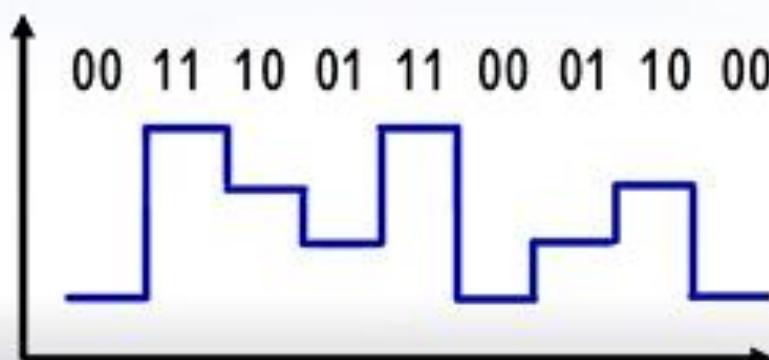
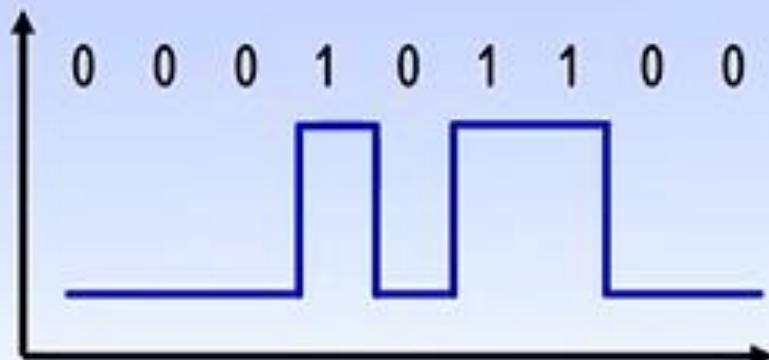
複雑な変調方式

PAMは複数レベルの振幅偏移変調

QAMは振幅偏移変調と位相偏移変調の組合せ

- PAM
 - PAM4 (4-Pulse Amplitude Modulation)
 - PAM8 (8-Pulse Amplitude Modulation)
 - :
- QAM
 - 16QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation)
 - 64QAM (64-Quadrature Amplitude Modulation)
 - :

PAM-4では2bitの離散信号が搬送波の振幅を4レベルに変調する



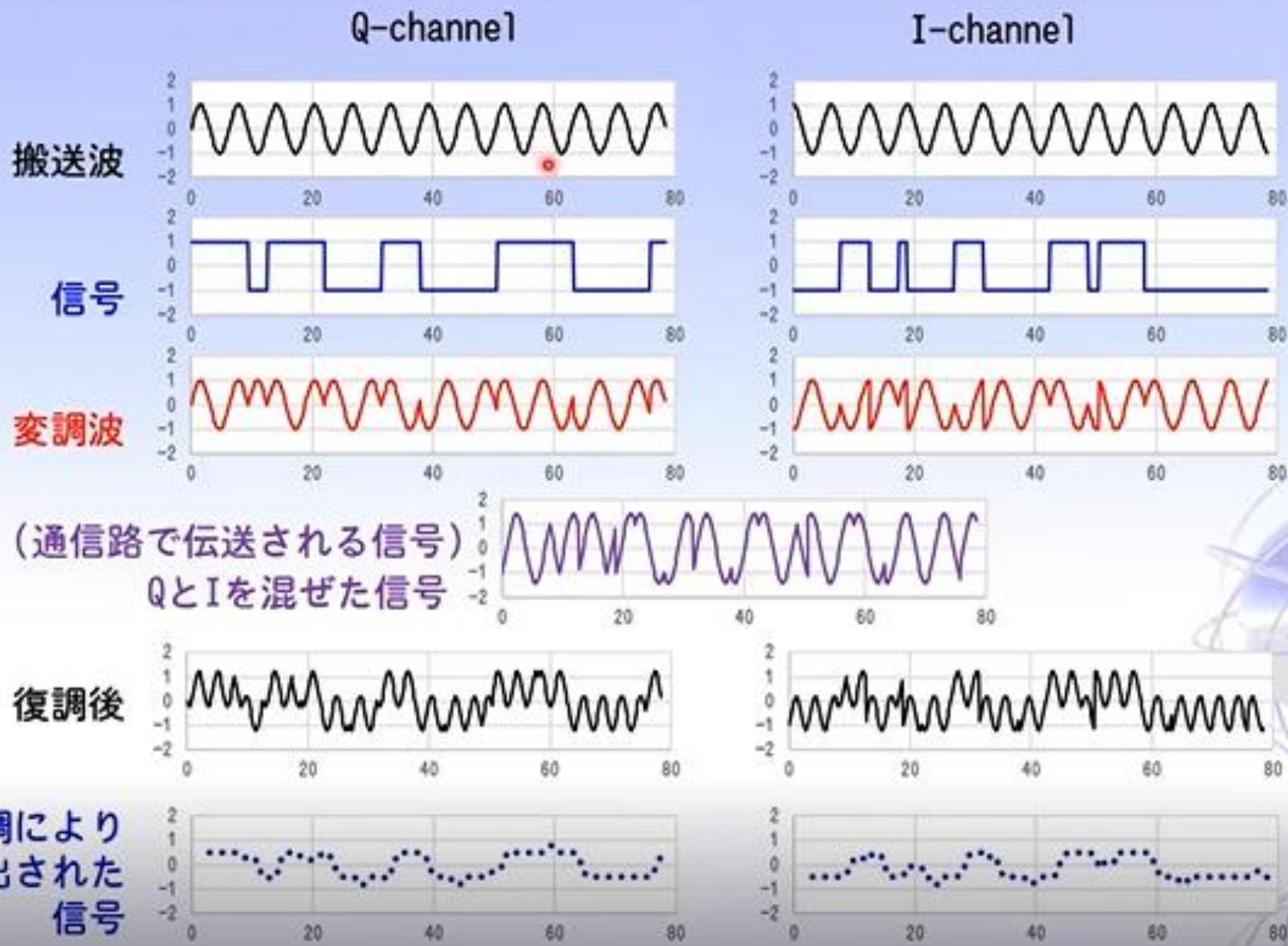
関数の直交性を利用して、
I軸(In-phase; cos側)とQ軸(Quadrature: sin側)を変調して、
2倍の情報を伝送する技術

三角関数の直交関係

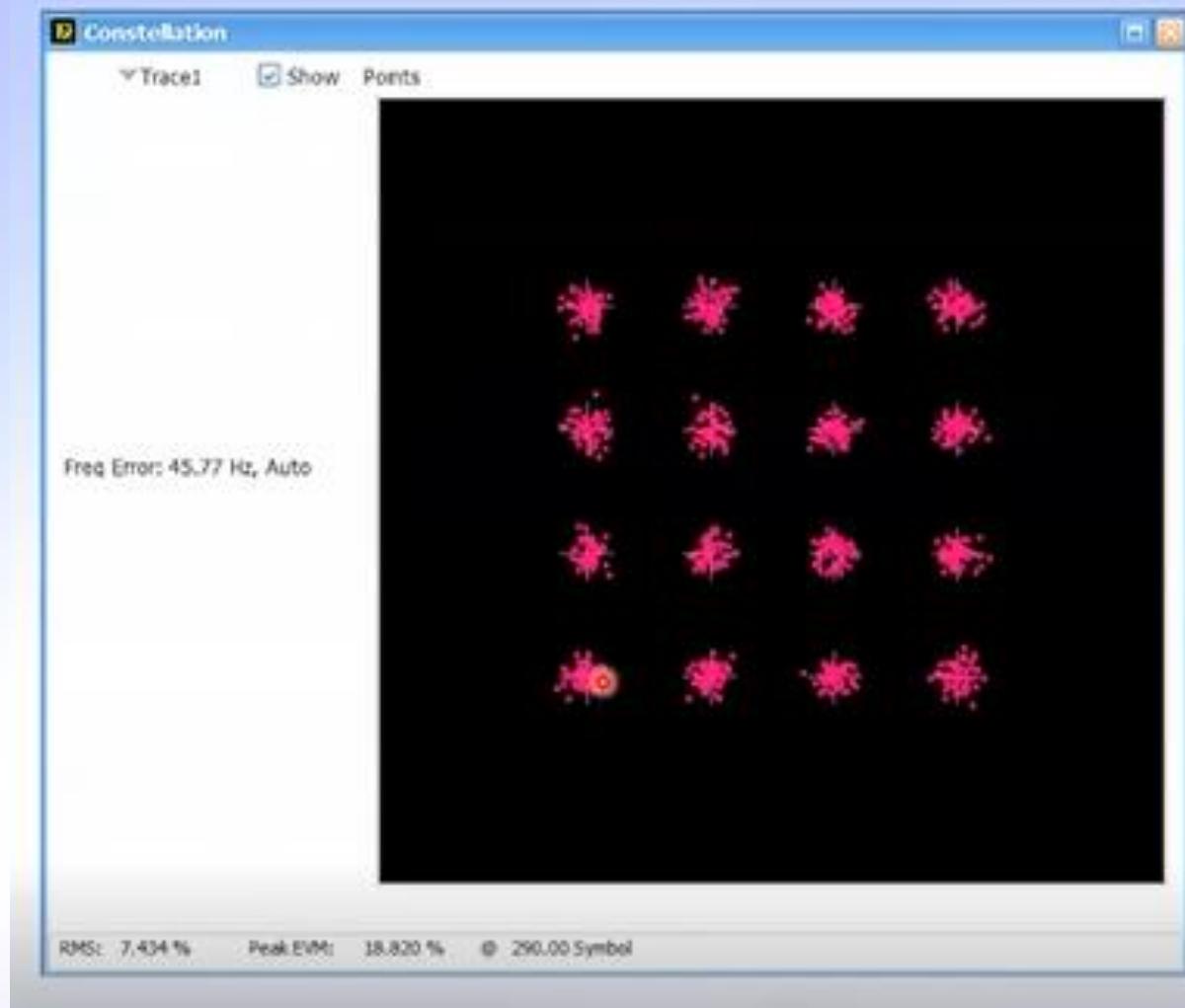
$$\begin{aligned}
 & \int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx) \cos(nx) dx \\
 &= \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\sin((m+n)x) + \sin((m-n)x)}{2} dx \\
 &= -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{m+n} \cos(m+n)x + \frac{1}{m-n} \cos(m-n)x \right]_{-\pi}^{\pi} \\
 &= -\frac{1}{2(m+n)} [\cos(m+n)\pi - \cos(-(m+n)\pi)] - \frac{1}{2(m-n)} [\cos(m-n)\pi - \cos(-(m-n)\pi)] \\
 &= \frac{1}{2(m+n)} \cdot 0 + \frac{1}{2(m-n)} \cdot 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

sinとcosは直交しており、別々の信号を与えても、互いに影響を及ぼさない(干渉しない)

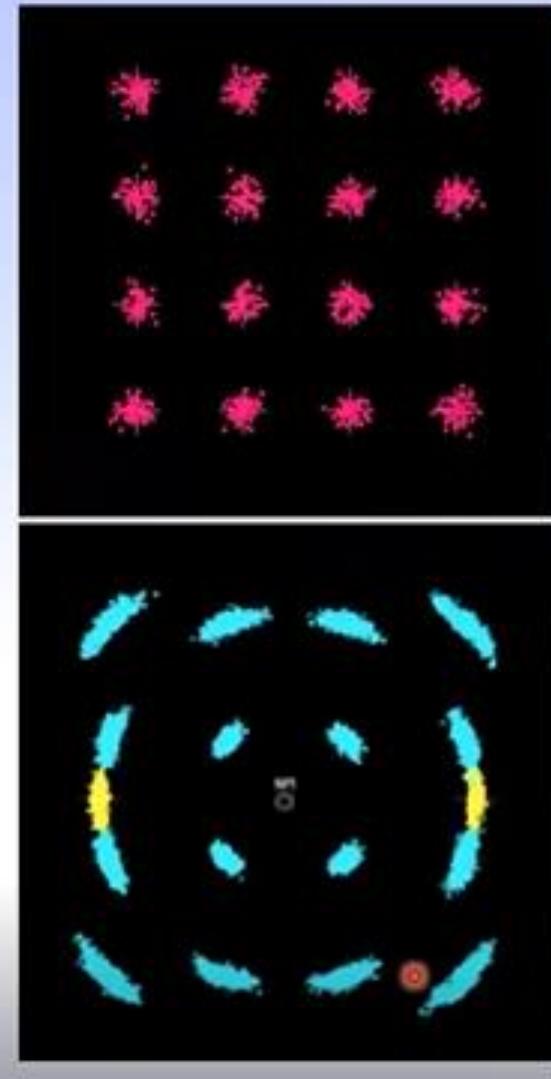
4QAM (QPSK)



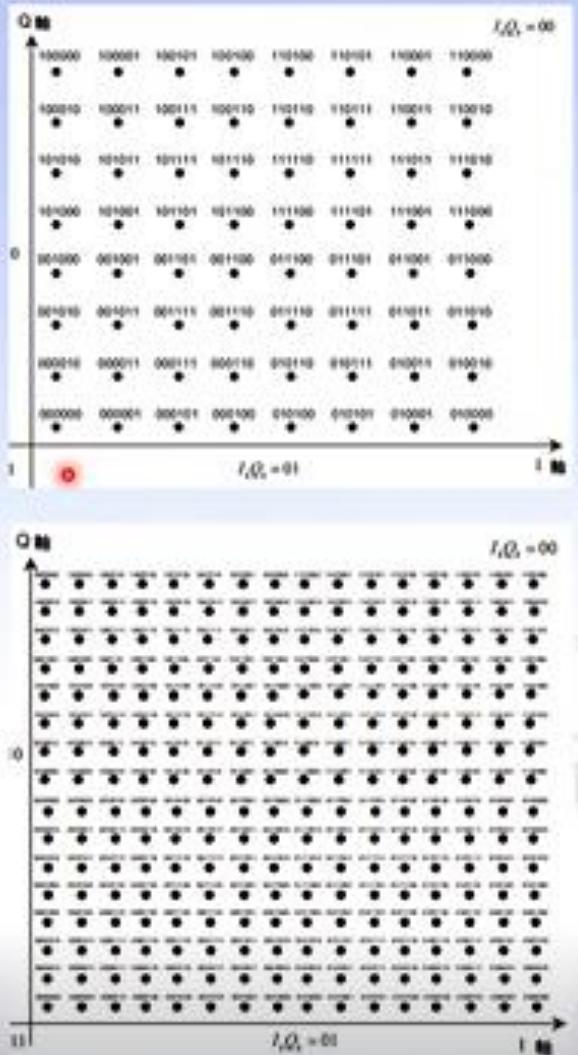
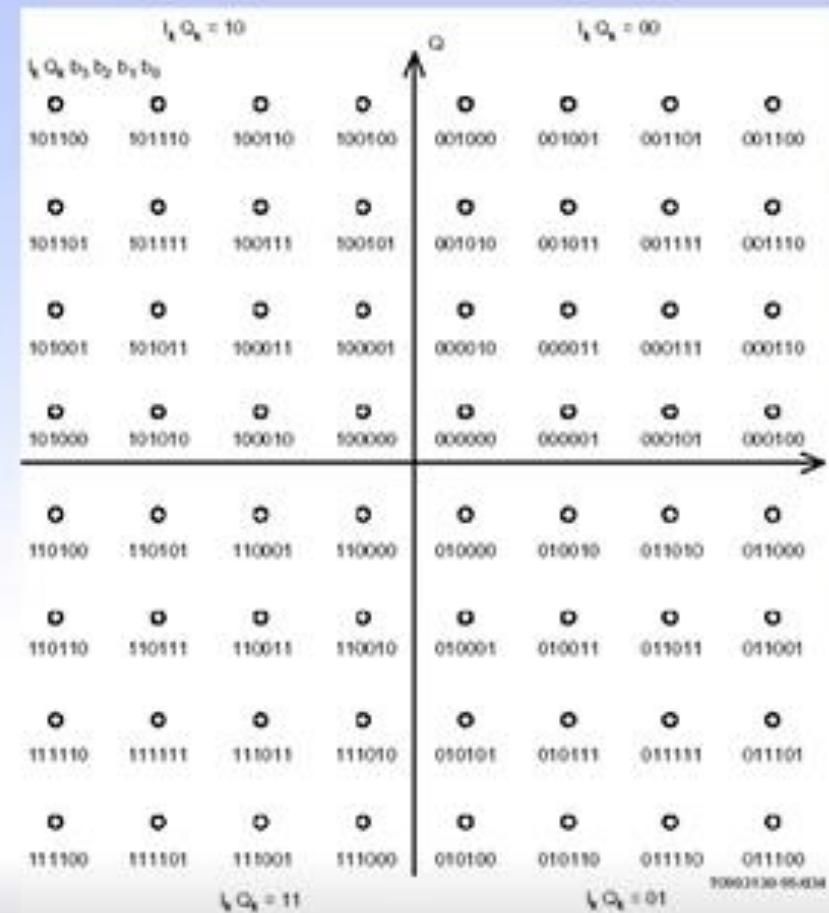
16QAM



コンスタレーション (Constellation)



64QAM, 256QAM, 1024QAM



情報通信方式 ~最前線~

- さらに複雑な信号形態へ
 - Probabilistic shaping
 - Entropy loading
 - Orbital angular momentum multiplexing (無線)
 - :
 - :

©2020 h-fukuda copyrights all rights reserved.

まとめ

変調：搬送波の振幅・周波数・位相を信号波で変化させること

復調：変調信号から信号波を取り出すこと（変調の逆）

信号は搬送波に乗せられて変調波となり伝送される

AMでは連続信号の大きさが搬送波の振幅を変調する

PMでは連続信号の大きさが搬送波の位相を変調する

ASKでは離散信号が搬送波の振幅を変調する

PSKでは離散信号が搬送波の位相を変調する

PAMは複数レベルの振幅偏移変調

QAMは振幅偏移変調と位相偏移変調の組合せ

PAM-4では2bitの離散信号が搬送波の振幅を4レベルに変調する