

JANOG56 LT for Network Beginners

PIONEER the
NEXT FUTURE

光ファイバ伝送技術の基礎 ～変調方式をやさしく理解する～

2025年7月30日

ネットワークインテグレーション事業本部

第三技術部 一課

増田 陽

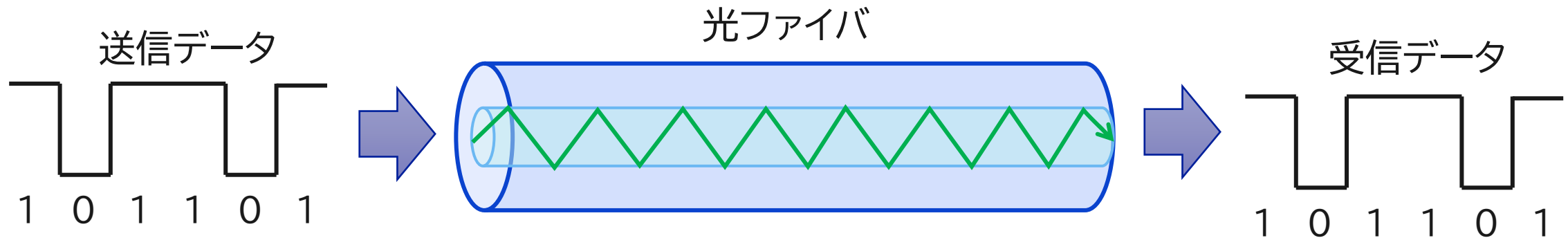
STechi
sojitz Tech-Innovation

 **sojitz**
New way, New value

・光ファイバ伝送の目的

：光(波)を用いて送りたいデータを効率的に遠くの相手に伝えたい

➔ 光ファイバは非常に低損失で安定的であるため、光を遠くに送ることに適した媒質



・変調方式

：光(波)の**振幅や位相、周波数などをデータに応じて変化**させる方法

変調方式の例 QPSK、PAM4、16QAM、64QAM…

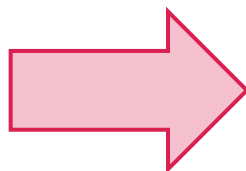
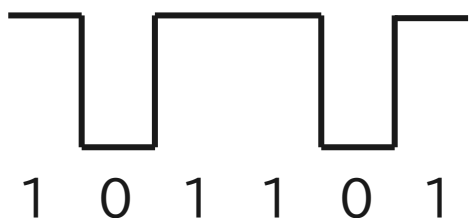
基本的な変調方式: 振幅変調・位相変調・周波数変調

各変調方式の一例

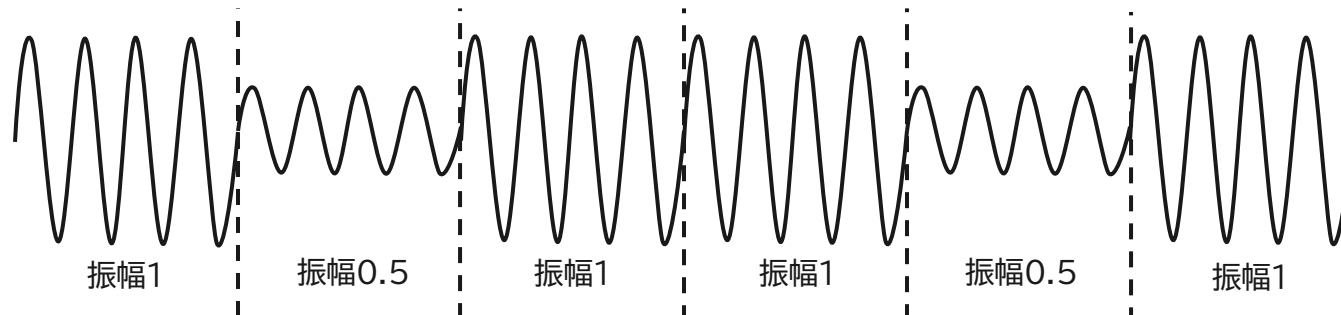
$$A \cdot \cos(2\pi f_c + \theta)$$

振幅変調 周波数変調 位相変調

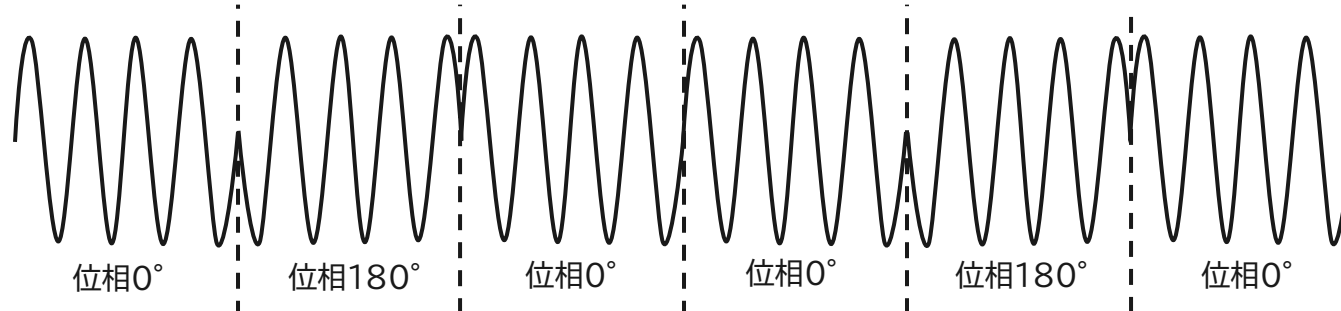
送りたいデータ



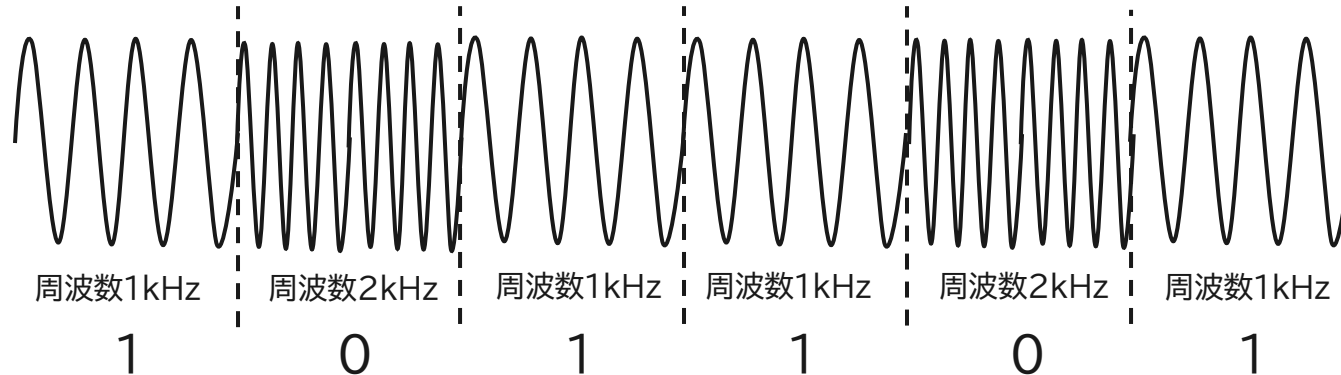
・振幅変調: データに応じて光の振幅を変化させて送信する



・位相変調: データに応じて光の位相を変化させて送信する



・周波数変調: データに応じて光の周波数を変化させて送信する



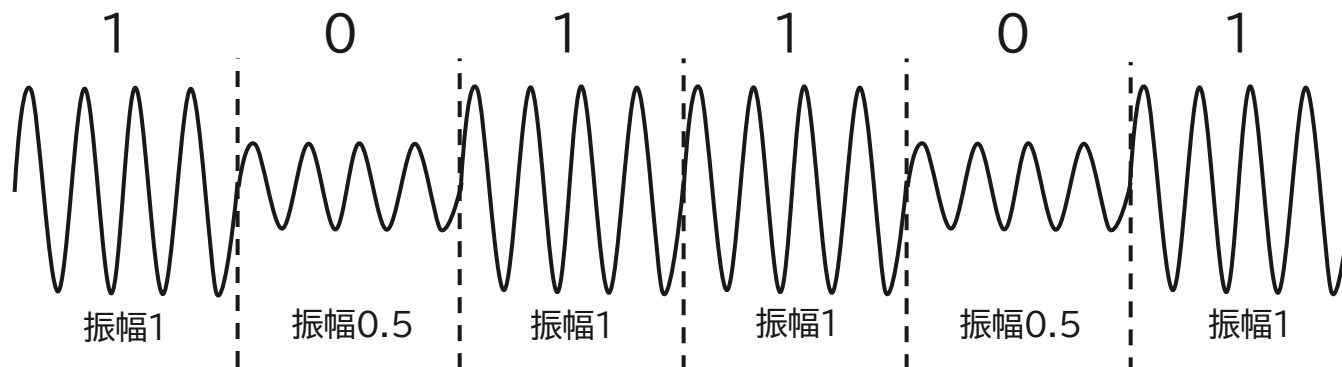
※光通信では主に振幅変調や位相変調、またはその組み合わせが使われる

より大容量のデータを送るための手段 ①高多値化

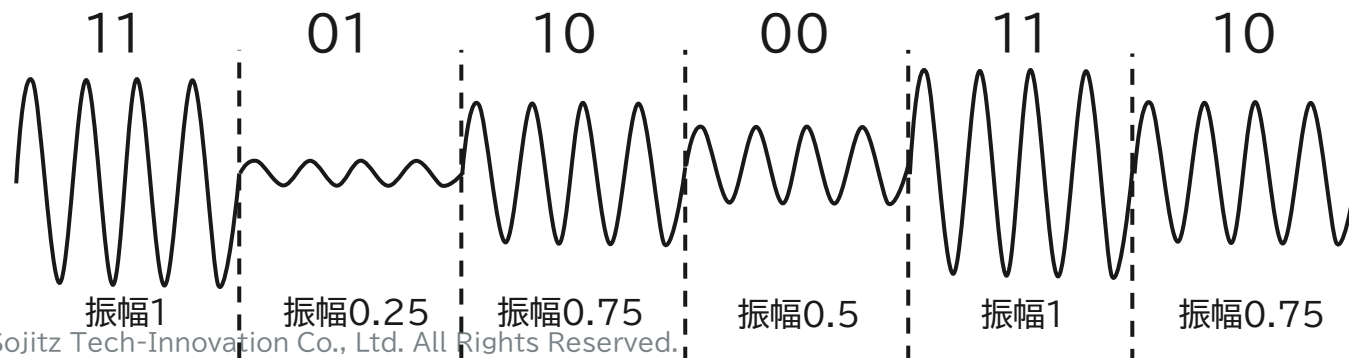
- 光(波)の変化をより細かくして、一度に送られるデータ(bit数)を増やすことを**高多値化(高多値変調)**という
- 変化を細かくすればするほど一度に多くのデータを送ることができる一方で、ノイズには弱くなってしまう
→ 伝送距離が制限される

振幅変調の例で考えてみる

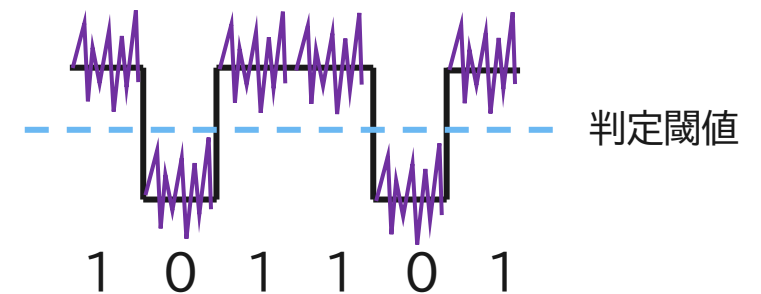
- 振幅の変化が**2通り**だけでは、一度に**1bit**ずつしか送ることができない



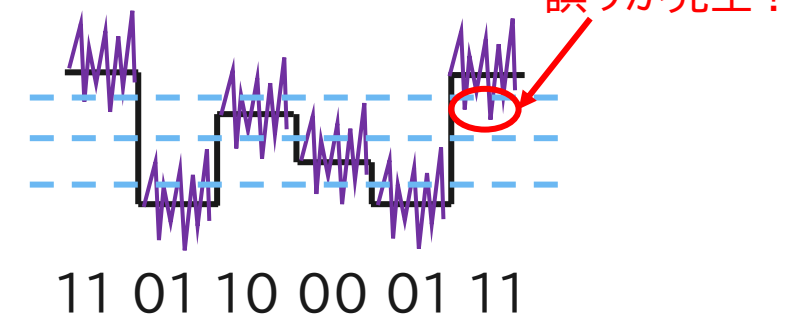
- 振幅の変化を**4通り**にすれば、一度に**2bit**ずつ送ることができる



ノイズに**強い**😊



ノイズに**弱い**😞

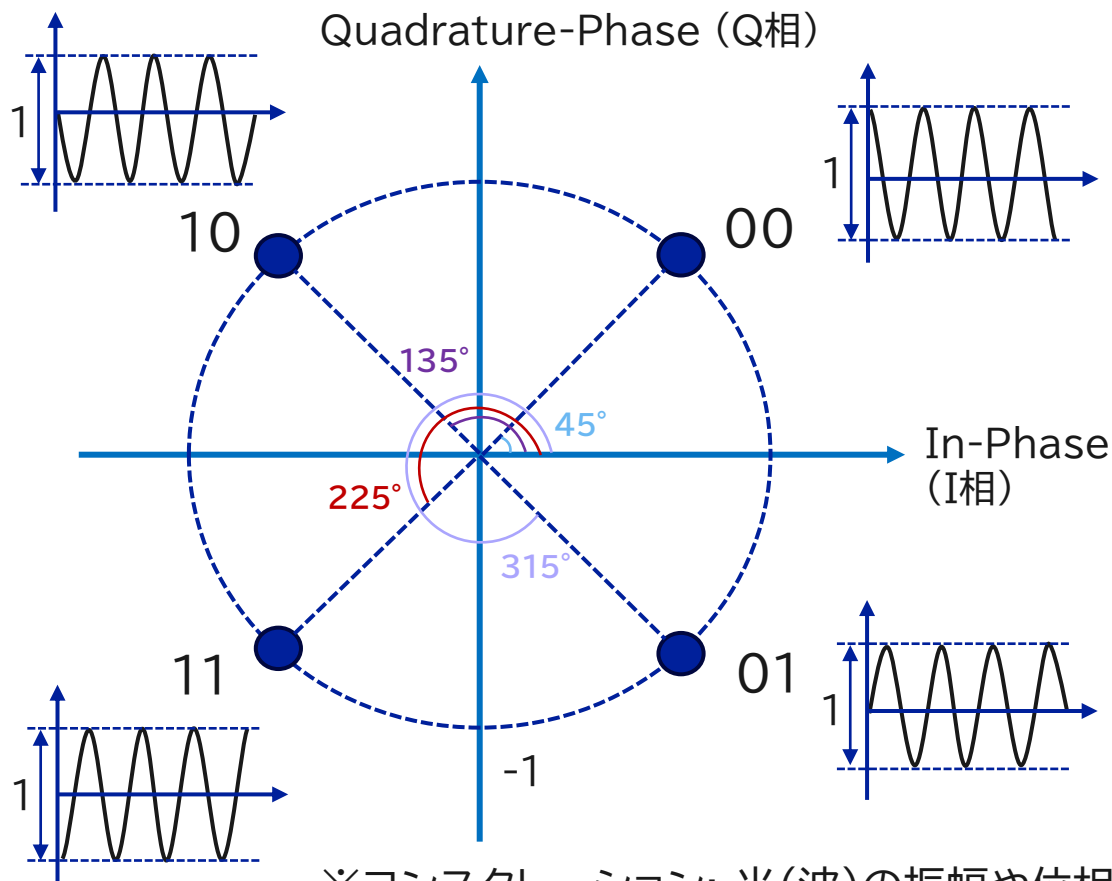


高多値変調方式の例: QPSK、16QAM

- QPSK(Quadrature Phase-Shift Keying): 4位相偏移変調
- 16QAM(16 Quadrature Amplitude Modulation): 16値直交位相振幅変調

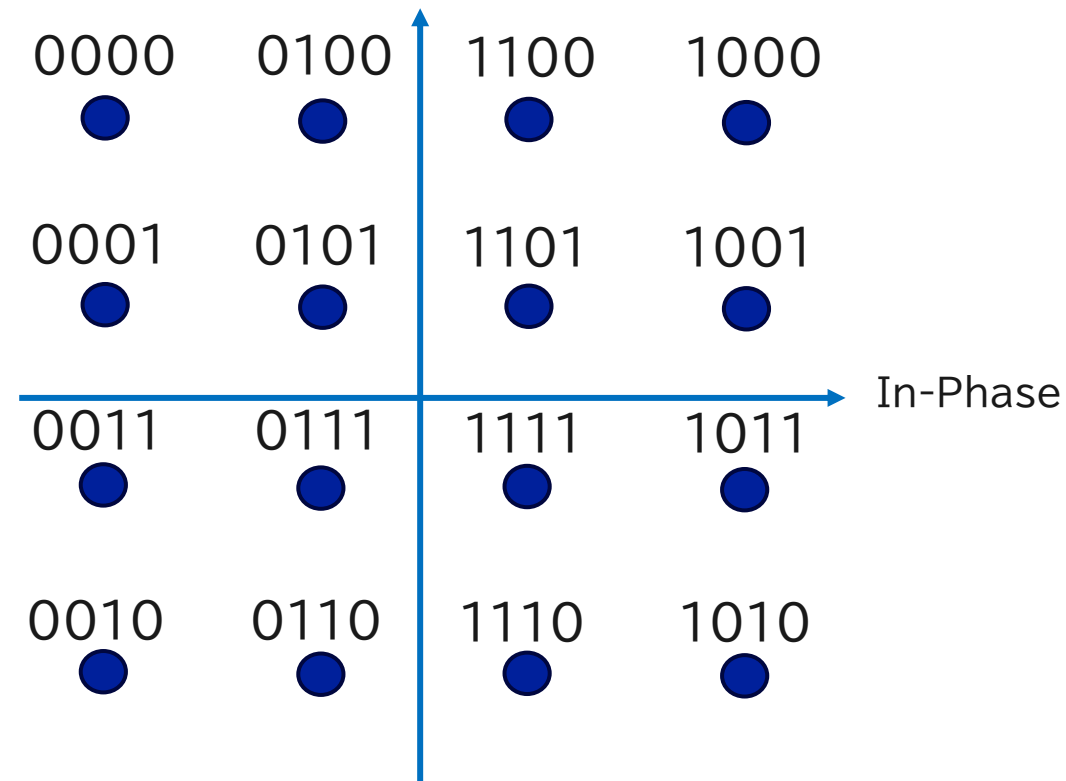
QPSKのコンスタレーション※

Quadrature-Phase (Q相)



16QAMのコンスタレーション

Quadrature-Phase

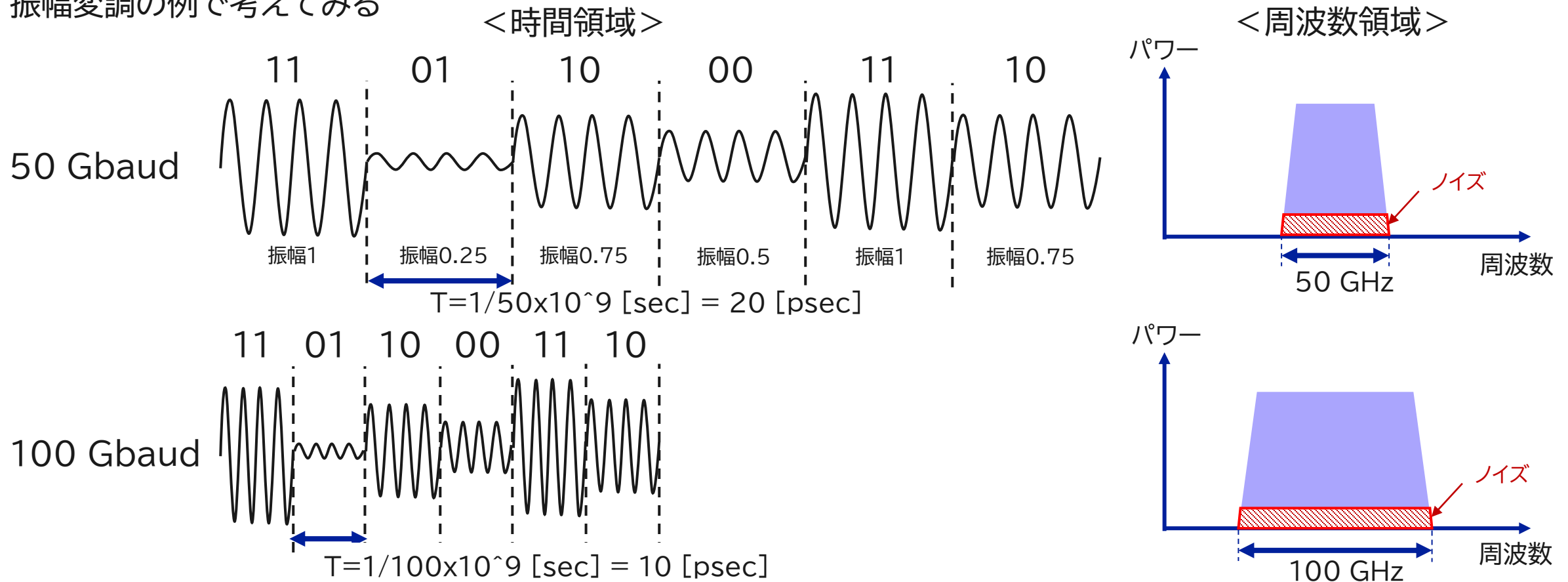


※コンスタレーション: 光(波)の振幅や位相がどのように変化するかを座標を用いて表現したもの

より大容量のデータを送るための手段 ②高ボーレート化

- ボーレートとは、**光(波)の振幅や位相等が変化する時間間隔**のことをいう
- ボーレートが高いほど単位時間あたりに送れるデータが多くなる一方で、ノイズには弱くなってしまう

振幅変調の例で考えてみる



ボーレートが2倍になると、信号帯域が2倍になる

→ 信号帯域内に含まれるノイズも2倍になる

→ 同じビットエラーレートを保つためには、信号パワーを2倍(+3dB)にしないといけない

End of Document

双日テックイノベーション、双日テックイノベーションのロゴは、双日テックイノベーション株式会社の登録商標です。
その他記載されている全ての商標、サービスマーク、登録商標、登録サービスマークは、各所有者に所有権があります。

本書記載の仕様はすべて予告なく変更される場合があります。
本書の記載内容に誤りがあった場合、あるいは記載内容を更新する義務が生じた場合も、双日テックイノベーションは一切責任を負いません。
双日テックイノベーションは、本書を予告無く変更、修正、または改訂する権利を有します。
本書に記載されている内容を無断で複写、複製することを禁じます。

PIONEER the NEXT FUTURE

ITで未来を切り拓く
先駆者

