

# 情253「デジタルシステム設計」 (7) Channel

ファイヤー和田

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

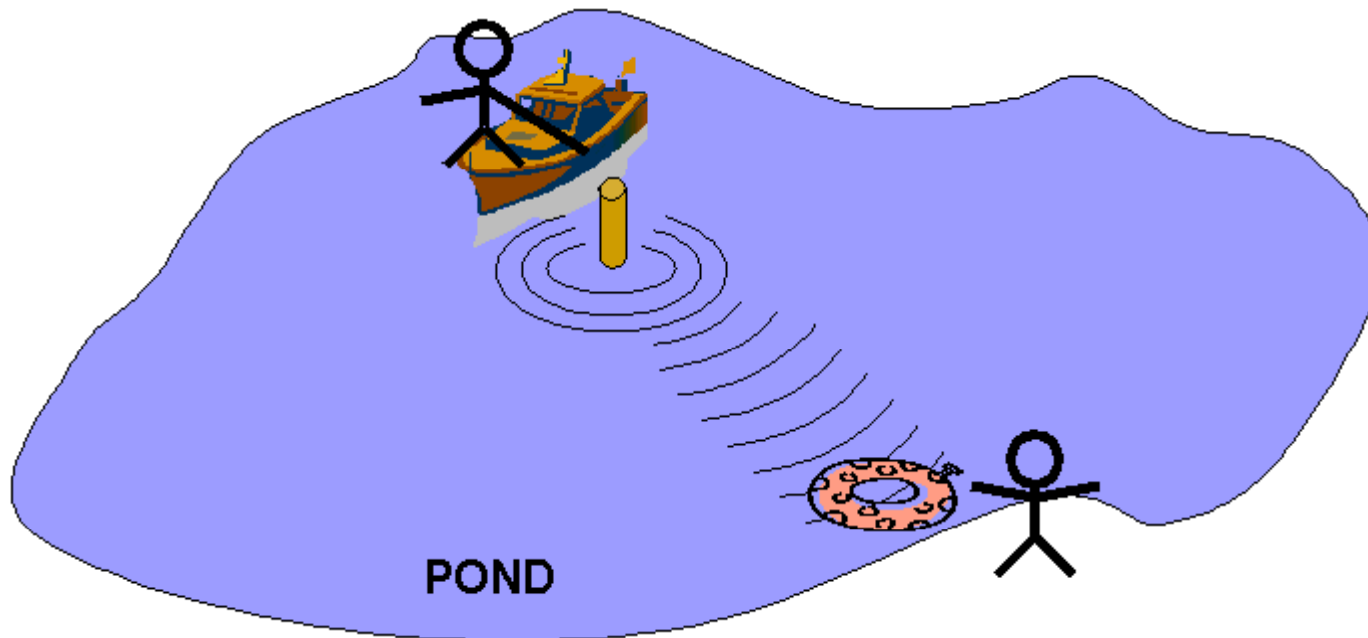
琉球大学工学部情報工学科

# 電波伝搬

電波伝搬とは : 電波が空間を伝わること

- 1) 送信アンテナから離れると 電波のパワーが減衰 図6-1①
- 2) 壁や物質を通過するとき減衰 図6-1②
- 3) 物陰の奥では減衰 (シャドウイング) 図6-3③

周波数が高くなると電波が回り込みにくくなる(回折率が周波数に反比例)



# マルチパス

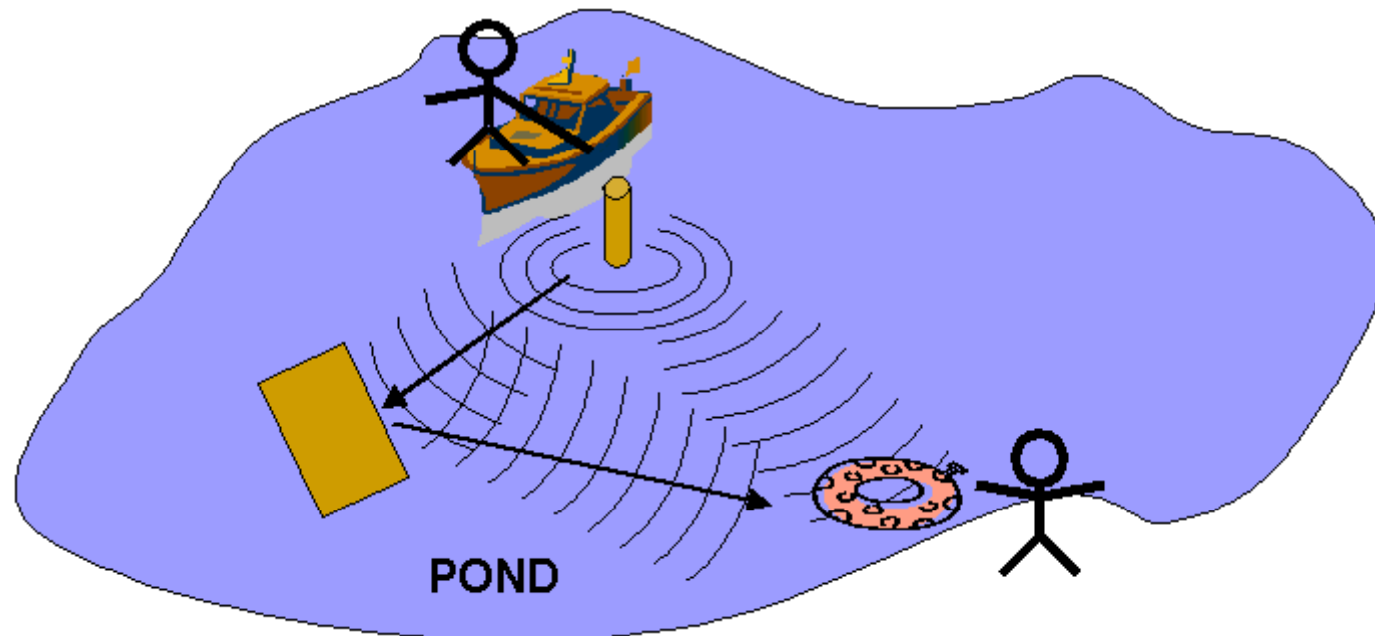
無線通信ではかならずマルチパス(Multipath)が発生する。

やまびこ「音声波が山などから反射して時間差で聞こえる現象」

マルチパスとは複数の経路から伝わる反射波

特徴:

- 同じ波が時間差で送れて到着する
- 受信アンテナで足し合わされる
- (波は基本的に周期的な正弦波なので、足し合わさったり、消しあったりする。)

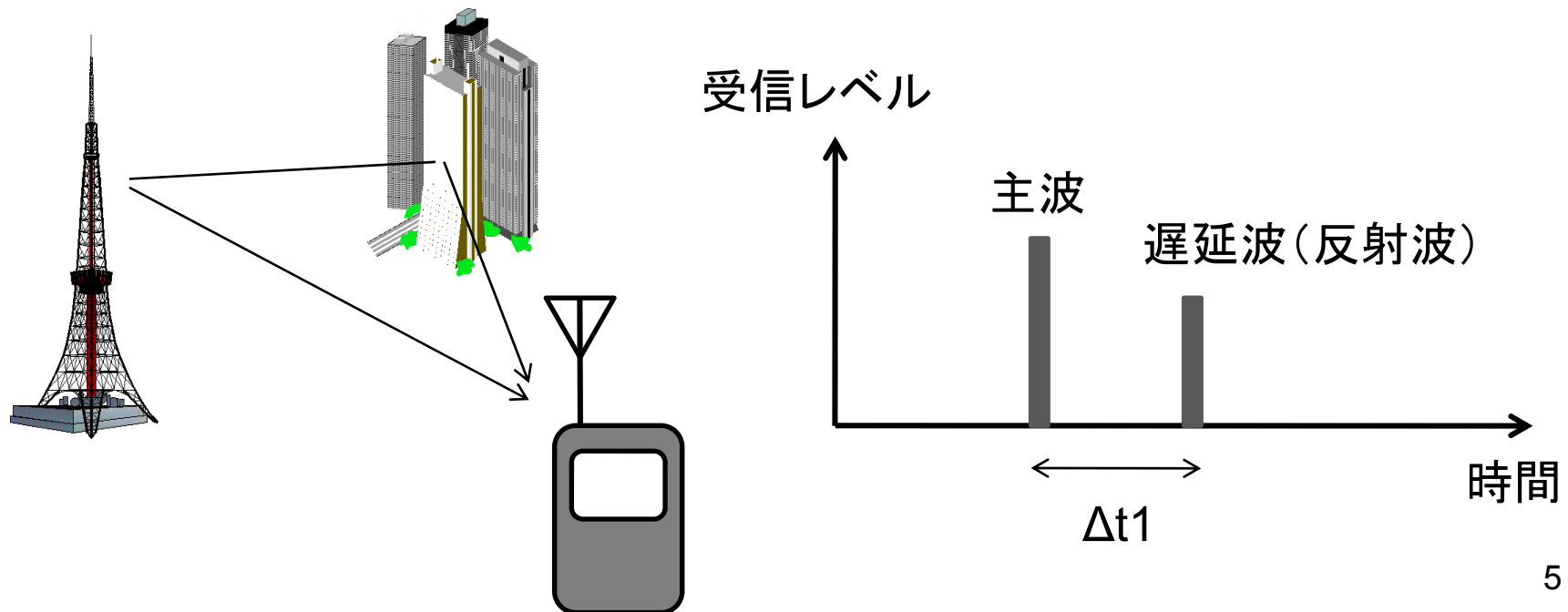


# マルチパス(2)

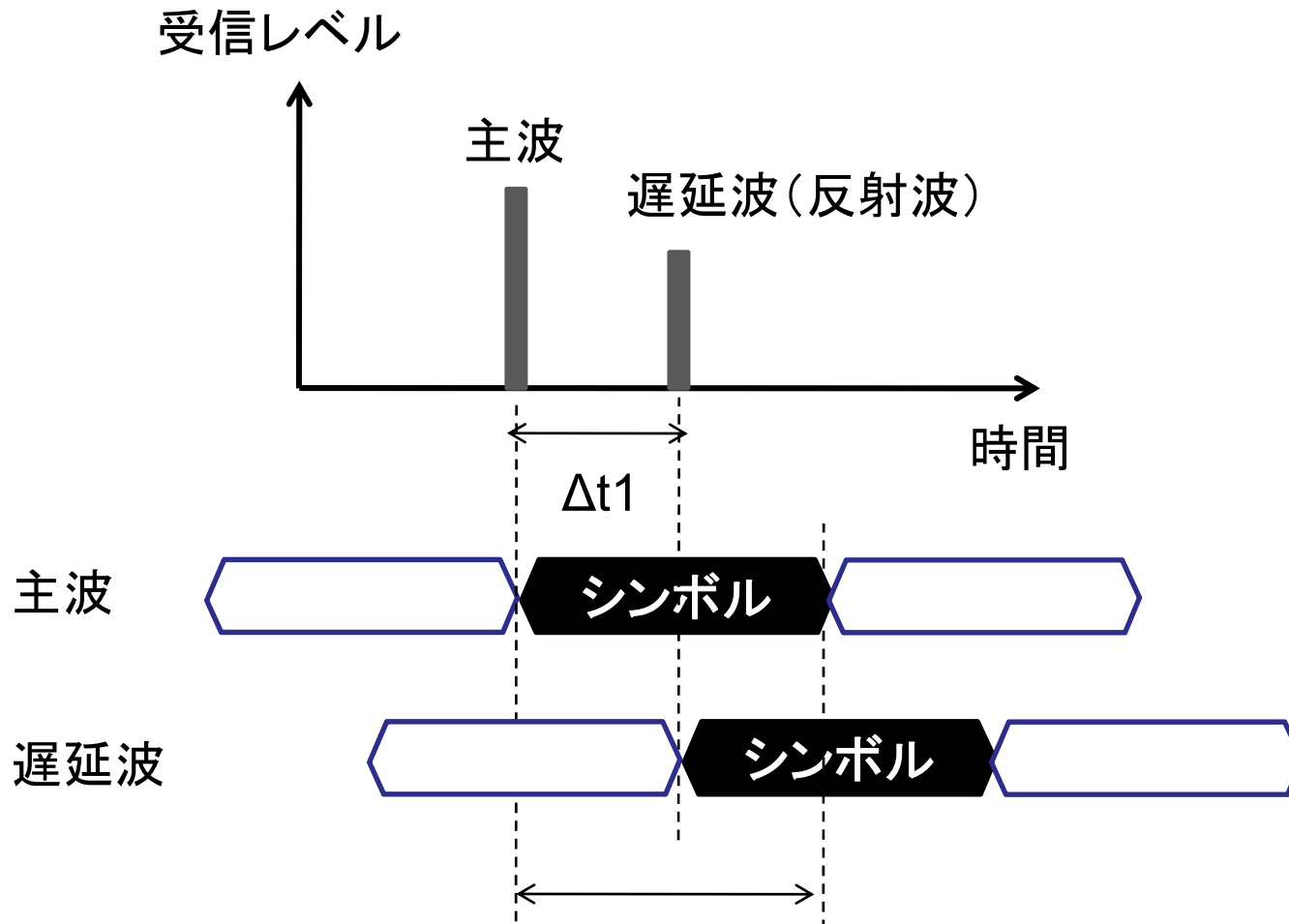
1. 教科書 図6-4 : 白い部分:強めあう、黒い部分:弱めあう、約電波の半波長
  - 光速 $C=3 \times 10^8$ (m/s)、 $f=100$ MHz、波長 $\lambda=C/f=3$ m
2. 教科書 図6-5
  - ワイヤレスLAN  $f=2.45$ GHz、波長 $\lambda=C/f=12.2$ cm
  - 室内のワイヤレスLANでは5-6cmごとに電波の強度が変化している。
3. 地上デジタル放送: ch1(UHF=13)=473MHz、
  - 波長 $\lambda=C/f=63$ cm
  - 約30cmごとに電波の強度は変化している。

# マルチパスの表現(数学的)

- 例
  - 送信アンテナから受信アンテナの直接距離 10Km
  - 反射波の経路が12Kmとすると、
  - 時間差 $\Delta t_1$ は  $2\text{Km} = C * \Delta t_1$ より、 $\Delta t_1 = 66.7\mu\text{s}$  ( $\mu\text{秒}$   $10^{-6}\text{秒}$ )
- お風呂の話: P199 「実生活における現象」



# シンボル間干渉 [図6-8(a)]



受信側で、主波の1シンボルを解析すると、遅延波の前のシンボルの干渉を受けている。

# 正弦波シンボルの場合

- シンボルが正弦波の場合
  - レベルの変化: 振幅の変化
  - 遅延: 位相の変化
- 正弦波がマルチパス環境を通過すると
  - 周波数は変化せず、振幅と位相が変化した正弦波になる

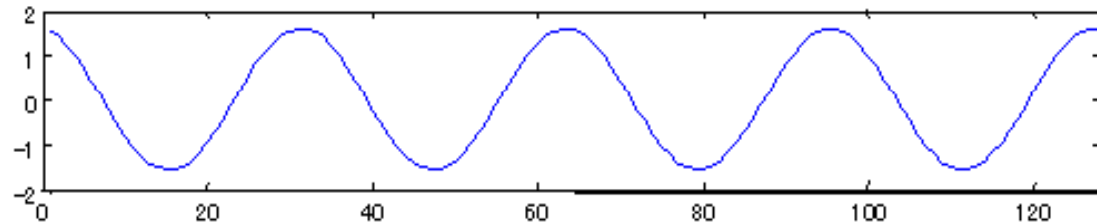
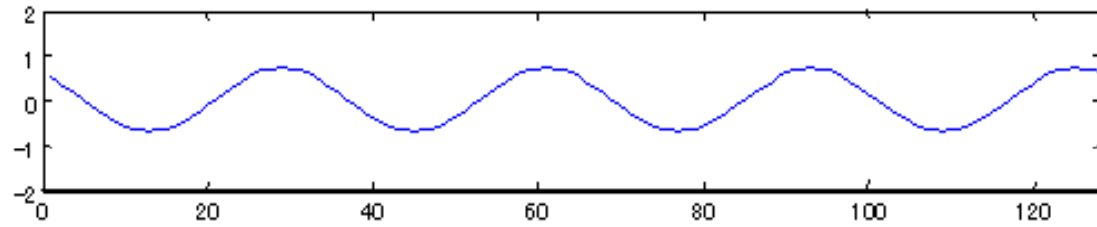
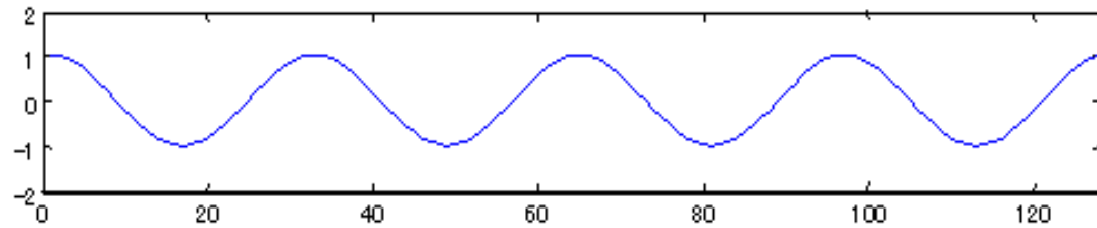
$$\text{Real}(1 \cdot \exp(2\pi jx/32))$$

+

$$\text{Real}((0.5+0.5j) \cdot \exp(2\pi jx/32))$$

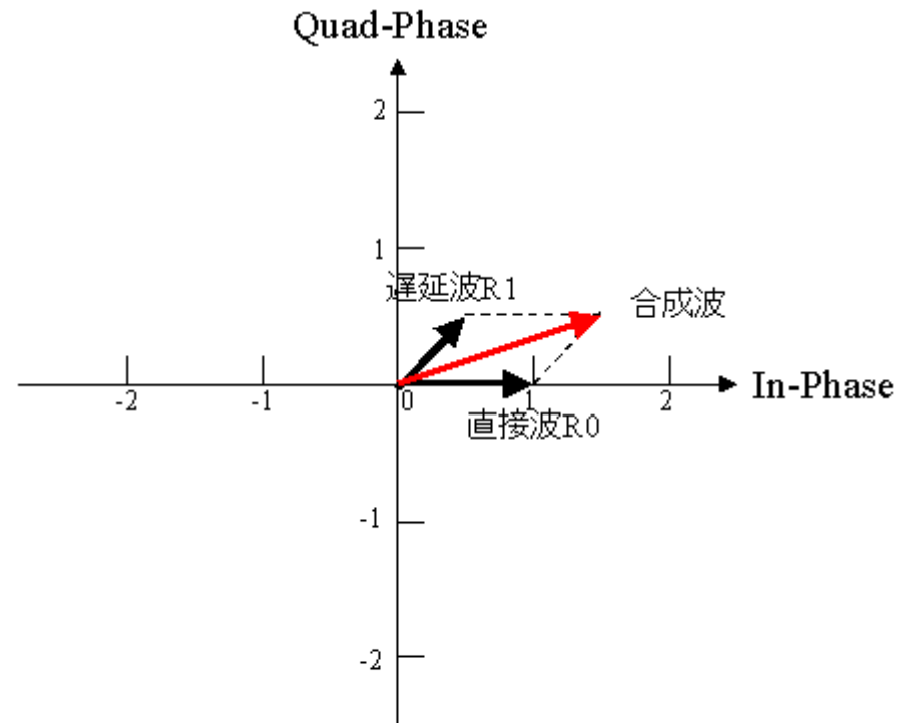
||

$$\text{Real}((1.5+0.5j) \cdot \exp(2\pi jx/32))$$



# フェーザー(複素振幅)による合成計算

- 直接波R0の複素振幅 = 1.0
- 遅延波R1の複素振幅 =  $0.5 + 0.5j$
- 合成波の複素振幅 =  $1.5 + 0.5j$
- 合成波の振幅は(赤線の長さ) =  $\sqrt{1.5^2 + 0.5^2} = 1.58$





# HW7

(1) 以下の複素振幅をもつ多数はの合成後の振幅はいくらか, 上記例のようにSAILABで波形で確認もせよ。

R0:  $1+0j$

R1:  $0.5 -0.5j$

(2) 以下の複素振幅をもつ多数はの合成後の振幅はいくらか, 上記例のようにSAILABで波形で確認もせよ。

R0:  $1+0j$

R1:  $-0.5 -0.5j$

R2:  $0.3+0.7j$

(3) 450MHzの正弦波が無線伝送されている。

その電波を振幅の変化無しでどの程度の時間遅延させて合成すると、合成後の振幅は0となるか？また、振幅をが丁度 $\sqrt{2}$ になる遅延量はいくらか？、また丁度振幅が2倍になる遅延量はいくらか？

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