



スマート無線研究会  
(H28.01.21)

# ベースバンド無線 研究への夢と希望と現実と

～究極のワイヤレス情報通信をめざして～

唐沢 好男

電気通信大学 (UEC Tokyo)

先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター (AWCC)



あらかし 近場の技術からもう少し目を先に向け、究極のワイヤレス情報伝送技術として筆者らが研究を進めている「環境適応型ベースバンド無線」を紹介する。この技術は、ワイヤレス通信の未来技術と期待されるソフトウェア無線・コグニティブ無線と一体化した環境適応通信を目指している。講演では、この研究テーマを取り上げ、研究の紹介と共に、これにかける著者の想い(夢と希望、そして現実)を語りたい。



## 講演の内容

- 自己紹介\*
- ベースバンド無線ことはじめ
  - ベースバンド波形の直接伝送
- 環境適応型ベースバンド無線
  - 概念
  - 信号生成
  - 周波数領域差動符号化スペクトル拡散通信
- 若い人たちへの伝言\*

(\* 部分のスライドは外しています)



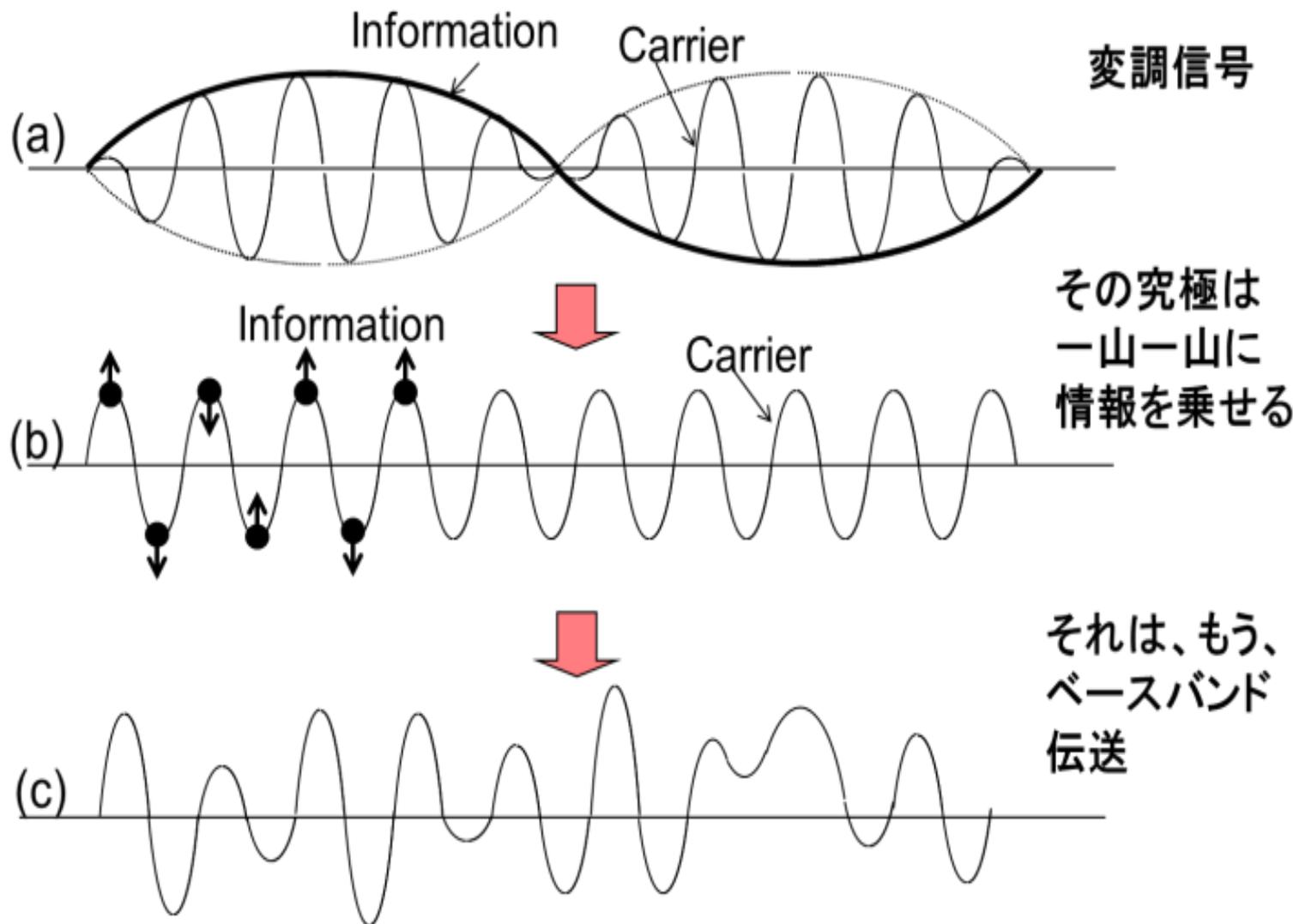
## ベースバンド無線ことはじめ

世は、ギガビットの情報が無線で飛び交う時代に。  
ベースバンドの連続信号を、キャリア(搬送波)に乗  
せずにそのままアンテナから送り出したらどうなる  
のだろうか？(1995年頃)

### 時代と共に

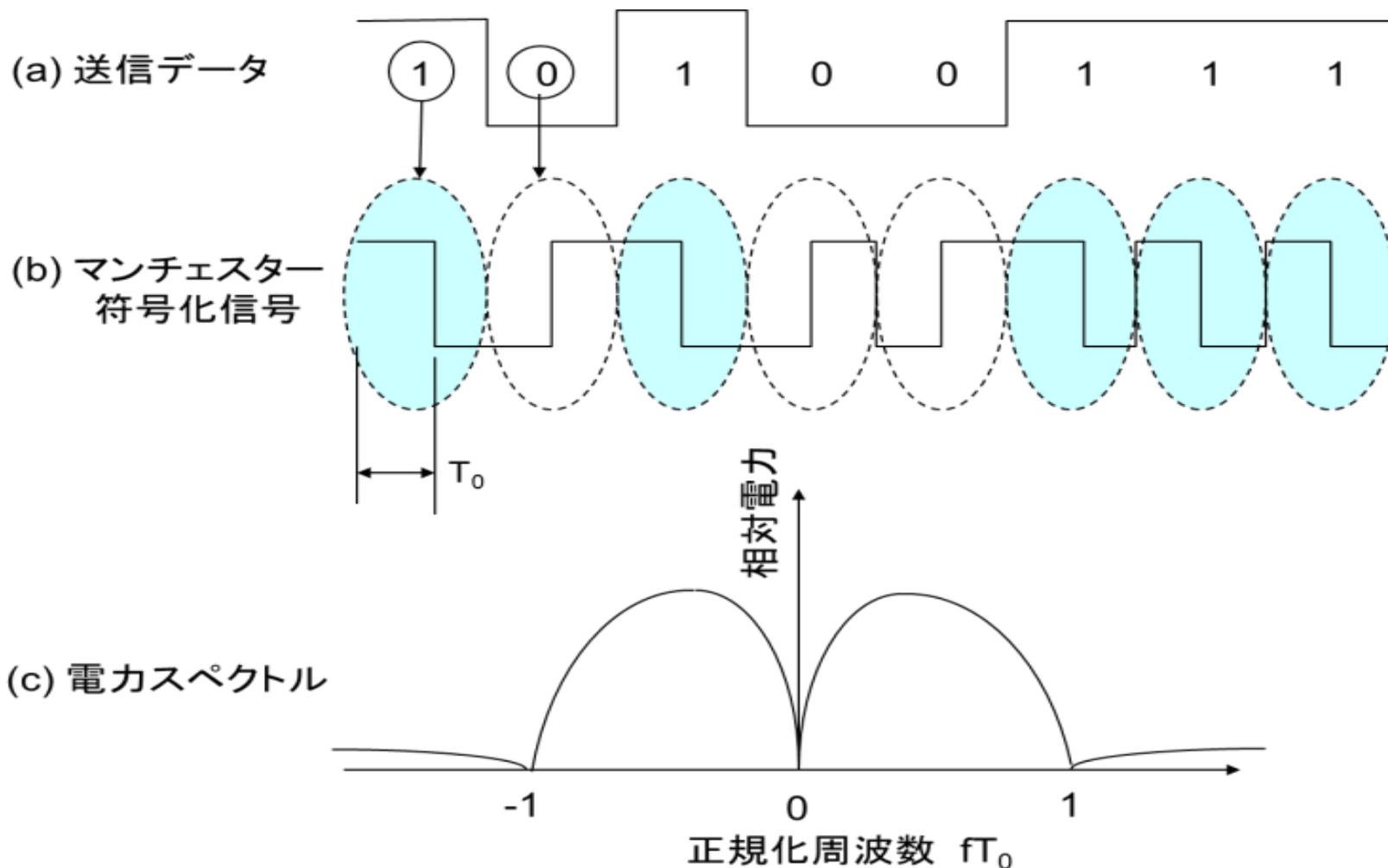
- ・ATR環境適応通信研究所(1996.04～ )  
(キャリアレス無線)
- ・UWB、インパルス無線(Impulse Radio)
- ・電気通信大学 唐沢研究室(1999.04～ )

# 究極の無線伝送

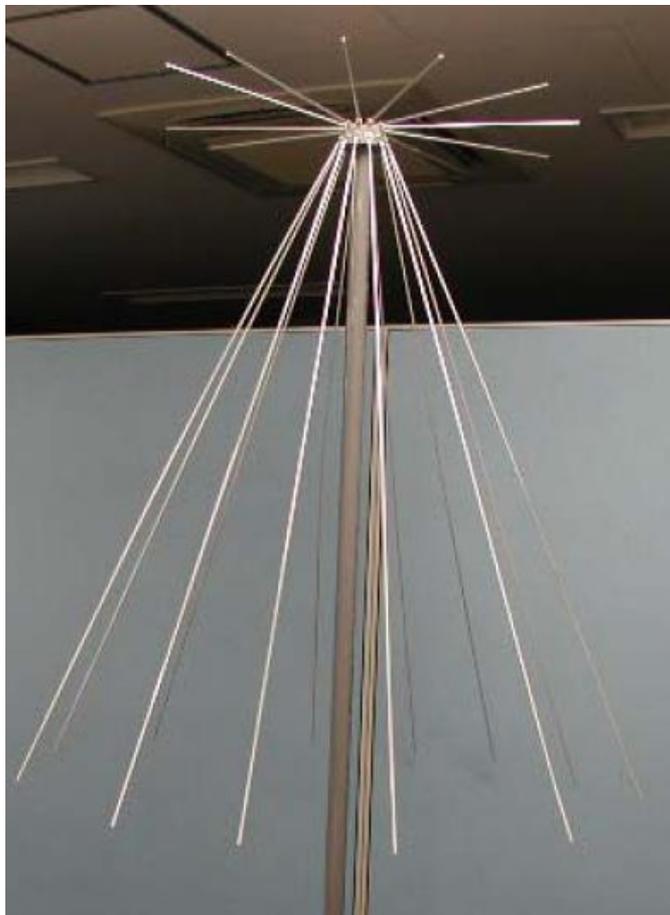




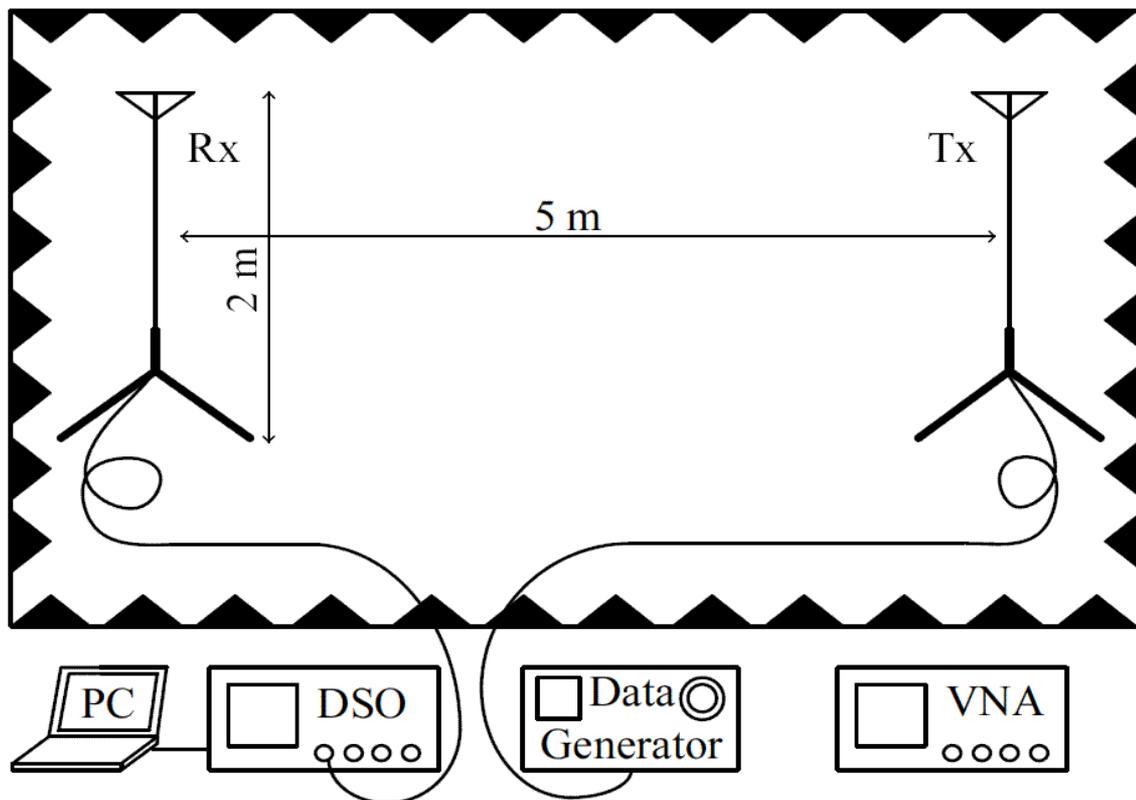
直流成分を含むベースバンド信号は、アンテナから出てゆかないでは？



# ベースバンド波形直接伝送実験(初期バージョン)



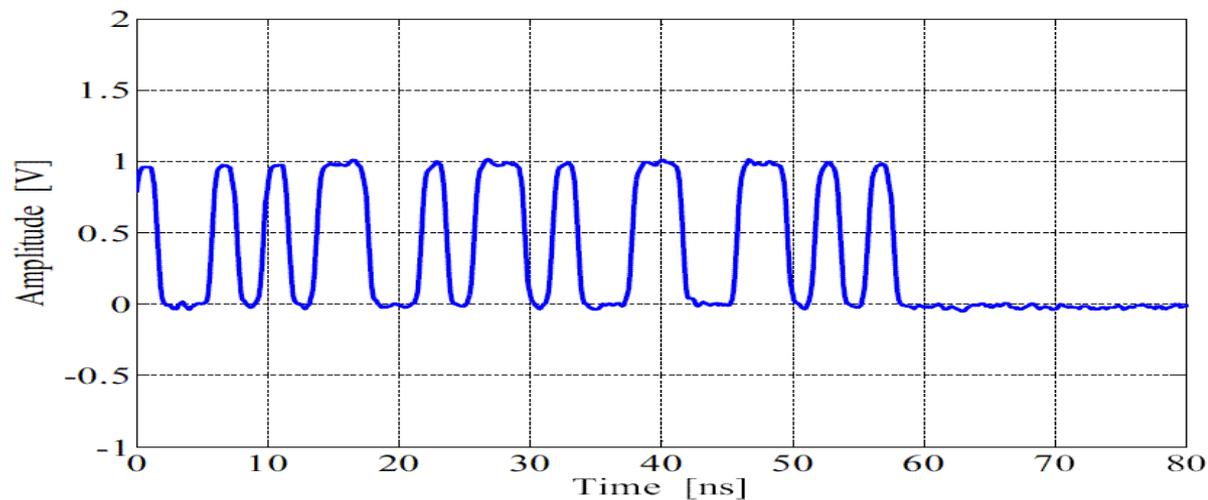
## 電波暗室での伝送実験



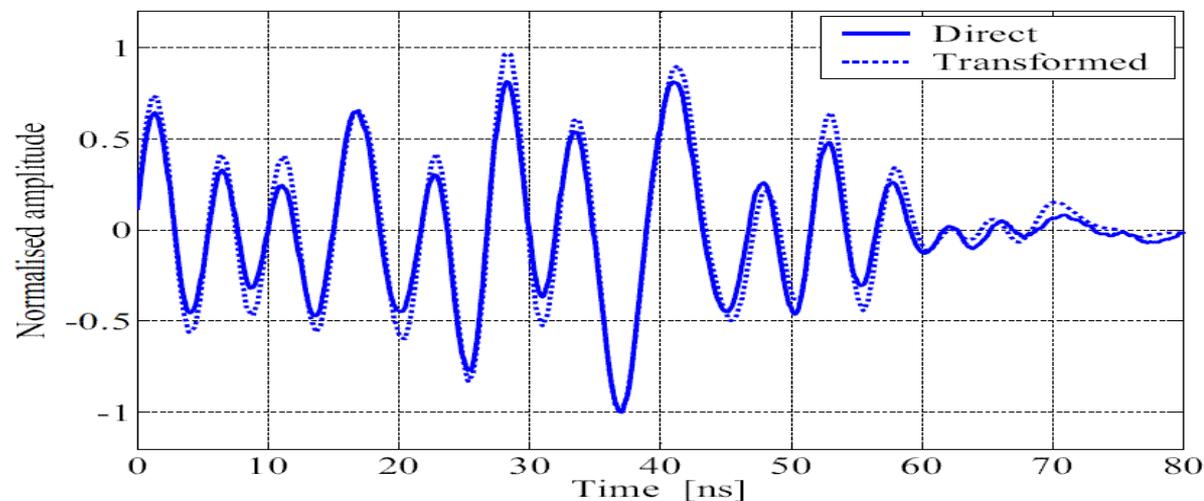
ディスコーンアンテナ(100MHz~500MHz帯においてVSWRが2.0以下)



## 送信波形 (マンチェスター 符号化)



## 受信波形 (実測と 伝送路特性 からの推定)





## ベースバンド波形の直接伝送（キャリアレス無線） そのできることとできないこと

アンテナサイズ

伝送レート

---

$(1\text{m})^3$	→ 250 Mbps （実データ伝送で確認）
$(10\text{cm})^3$	→ 2.5 Gbps （実チャネル特性データを用いたコンピュータ シミュレーションで確認）
$(1\text{cm})^3$	→ 25 Gbps （上記より推定）

---

問題点：スペクトル制御が難しく、周波数共有が困難  
→ 特殊環境での利用に限られる  
→ 汎用通信への利用へ



## ベースバンド波形の直接無線伝送

- ・ ワイヤレスギガビット伝送の時代
- ・ 搬送波に載せない無線データ伝送

利点： 超小型なシステムで実現できる

欠点： スペクトル制御が難しく、利用分野が特殊環境に限定

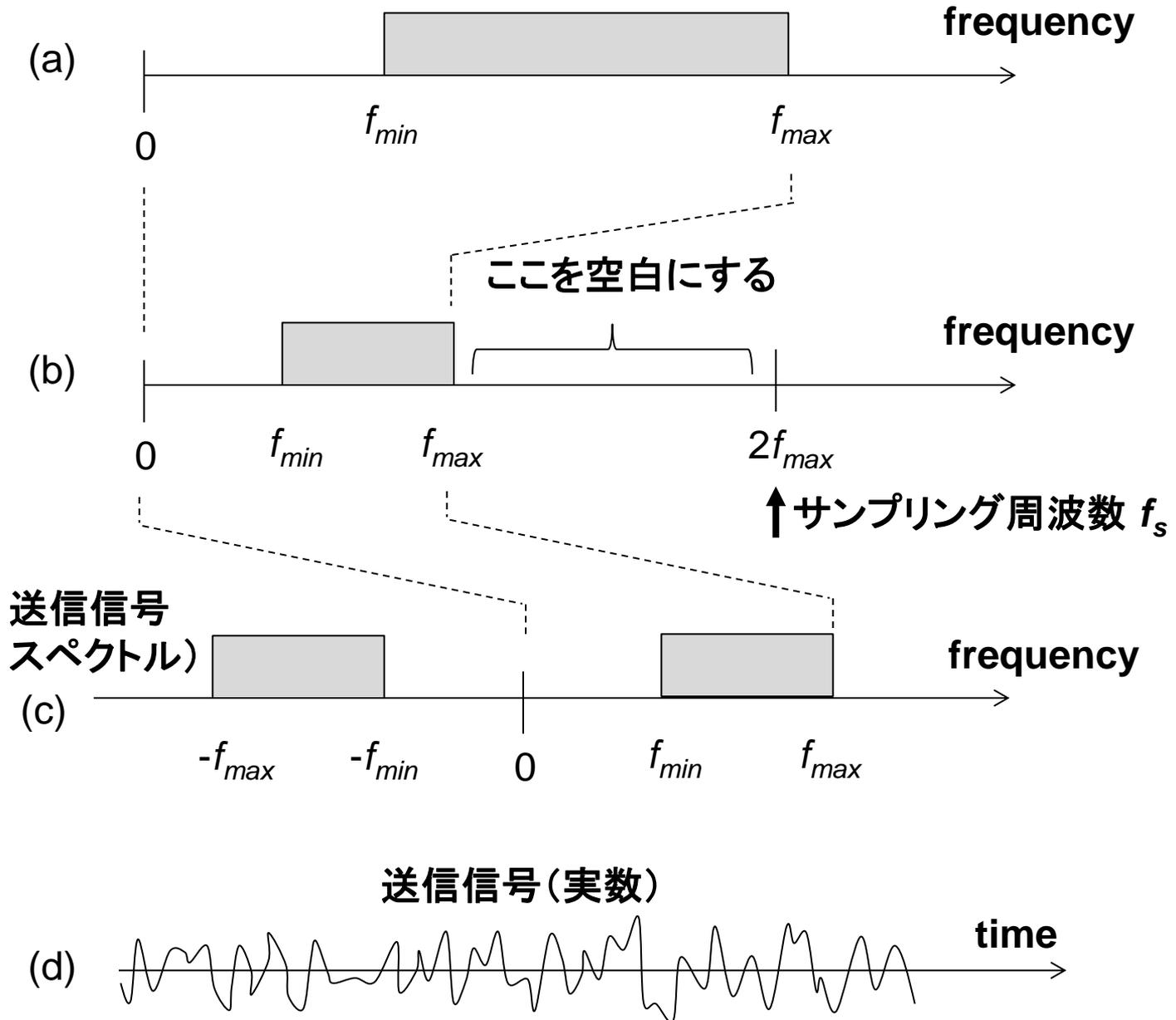


## 環境適応型ベースバンド無線

- ・ ベースバンドOFDM伝送方式の採用による柔軟なスペクトル制御
- ・ 電波領域に分散して横たわるホワイトスペース群を一括信号処理(ベースバンド信号処理)で刈り取るSU通信を対象

# 環境適応型ベースバンド無線： その信号の作り方

## 送信信号の伝送周波数帯

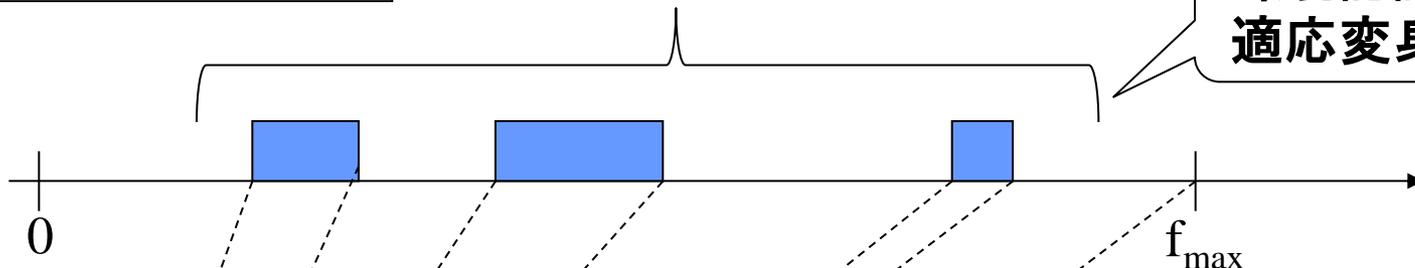




伝送信号の生成

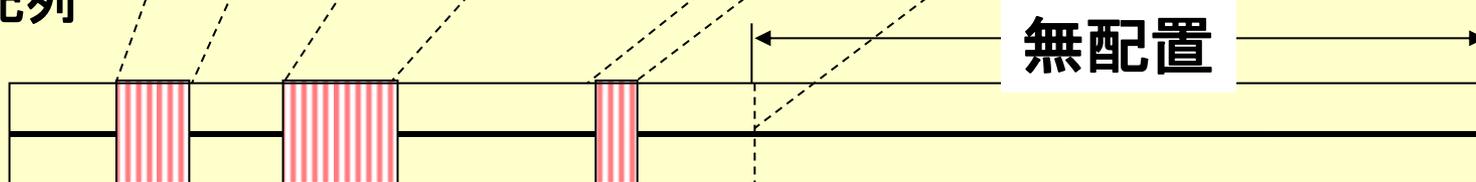
通信信号帯域

環境認識  
適応変身



データ配列

$a$



無配置

$K_b/2$

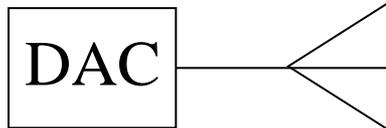
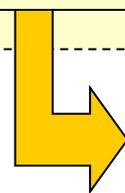
$K_b$

実数化

送信信号

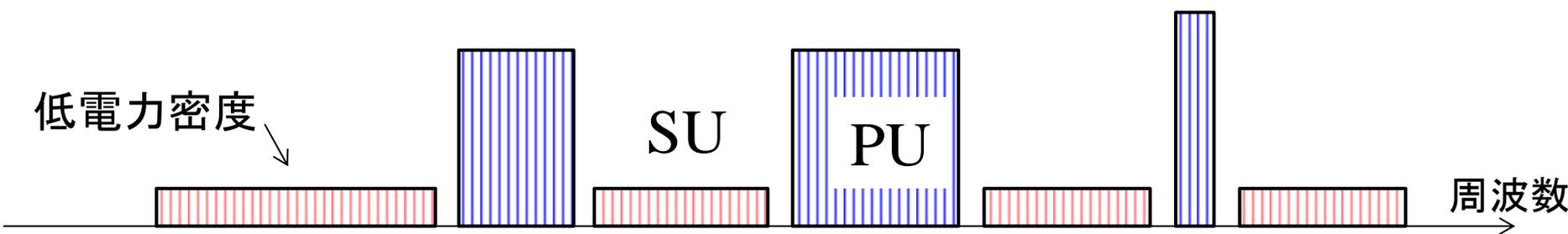
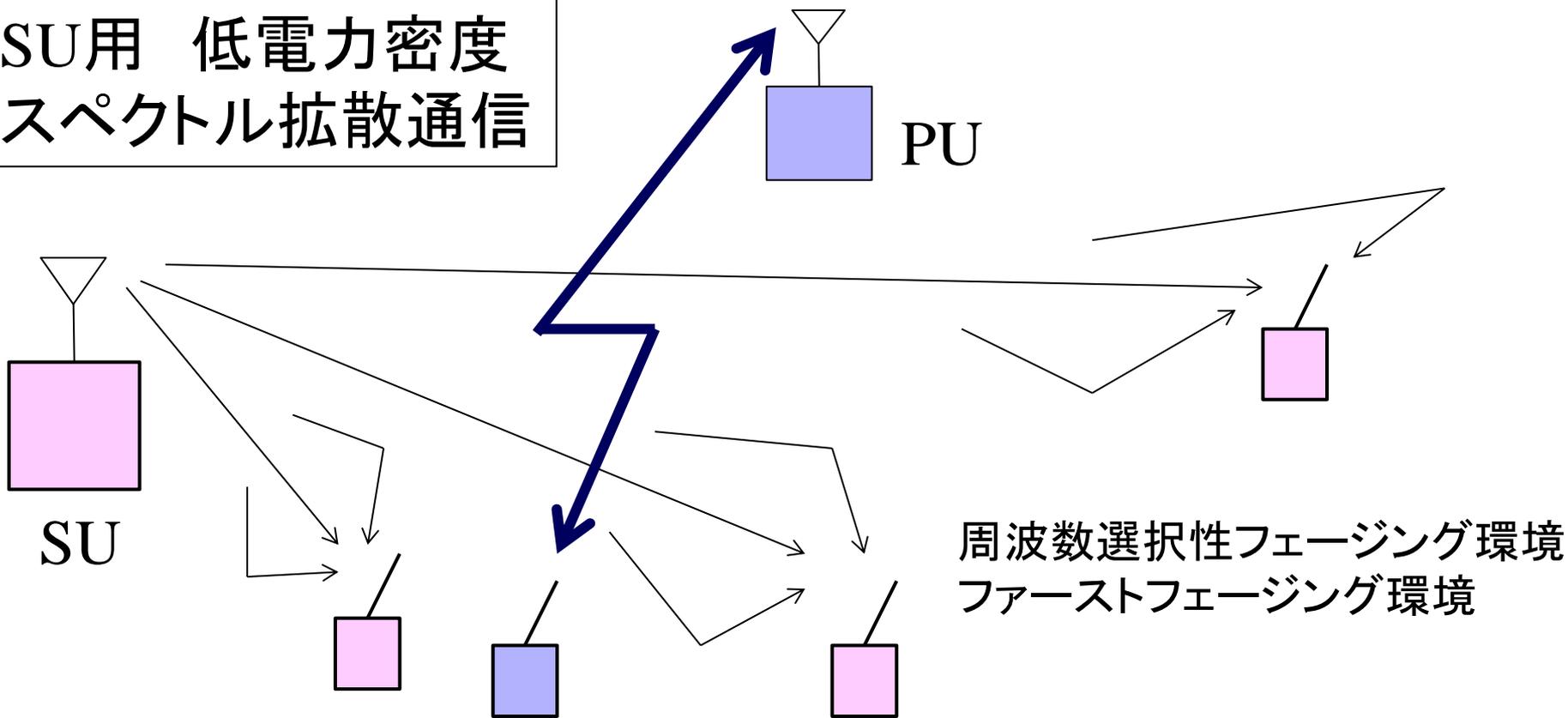
(ベースバンドOFDM信号)

$\text{Re}\{\text{IFFT}(a)\}$



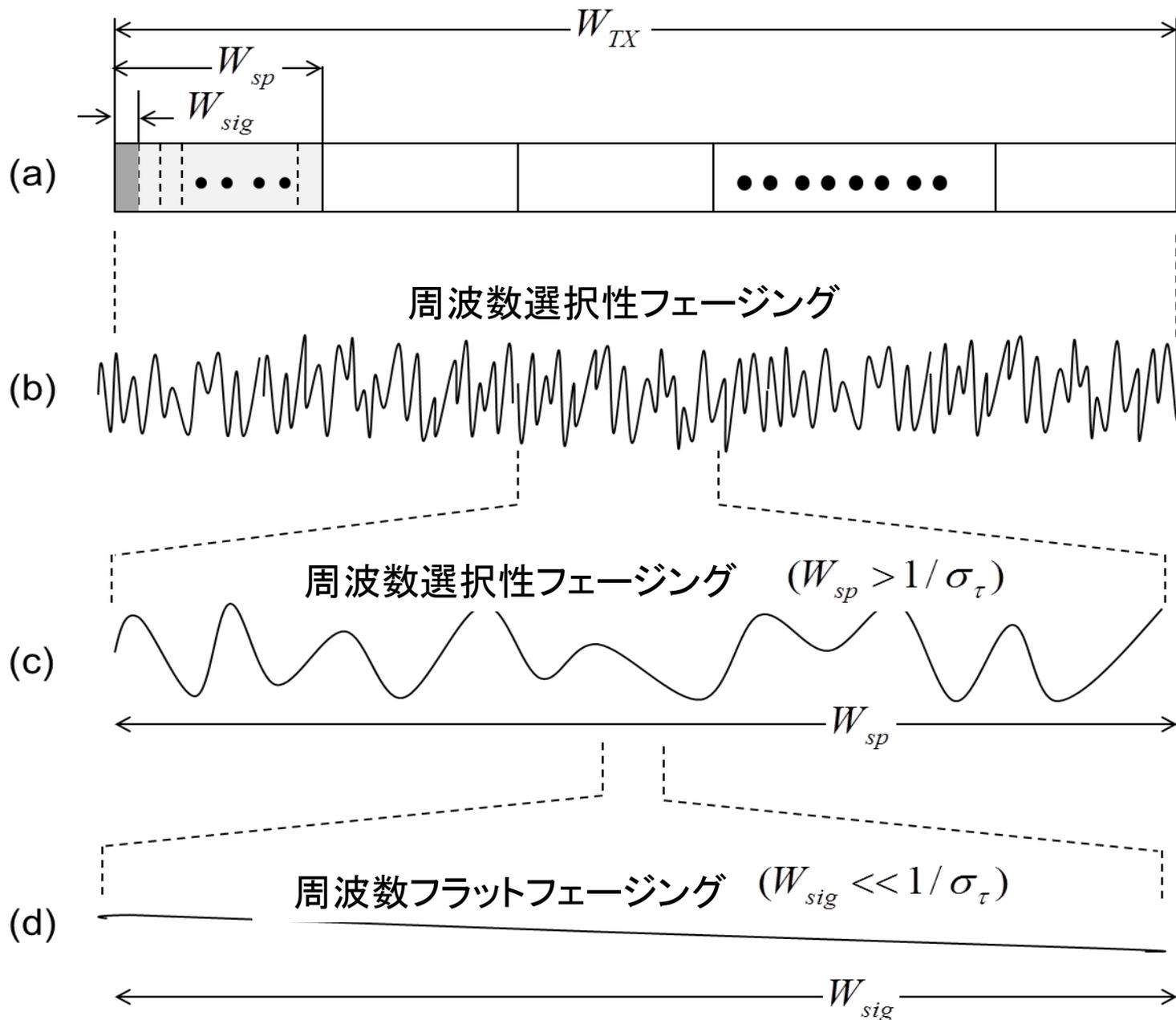


SU用 低電力密度  
スペクトル拡散通信



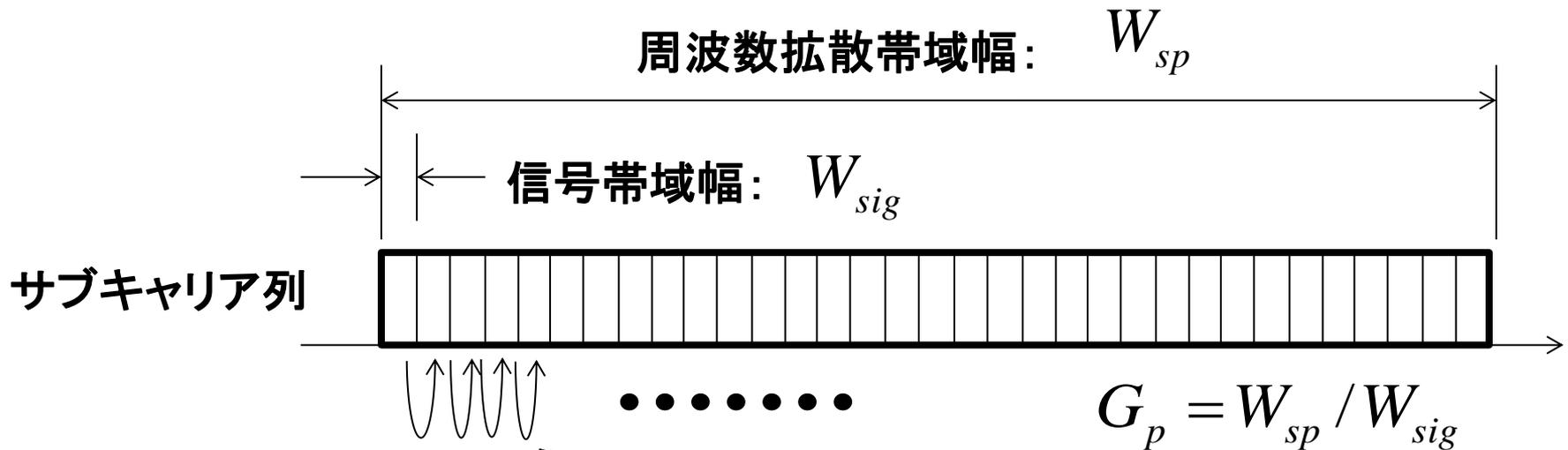
広帯域わたって分散して存在するホワイトスペースをかき集めて一括信号処理

# 周波数領域差動符号化スペクトル拡散方式ベースバンド無線





# 周波数領域の差動符号化でスペクトル拡散を行う 低電力密度ベースバンド無線

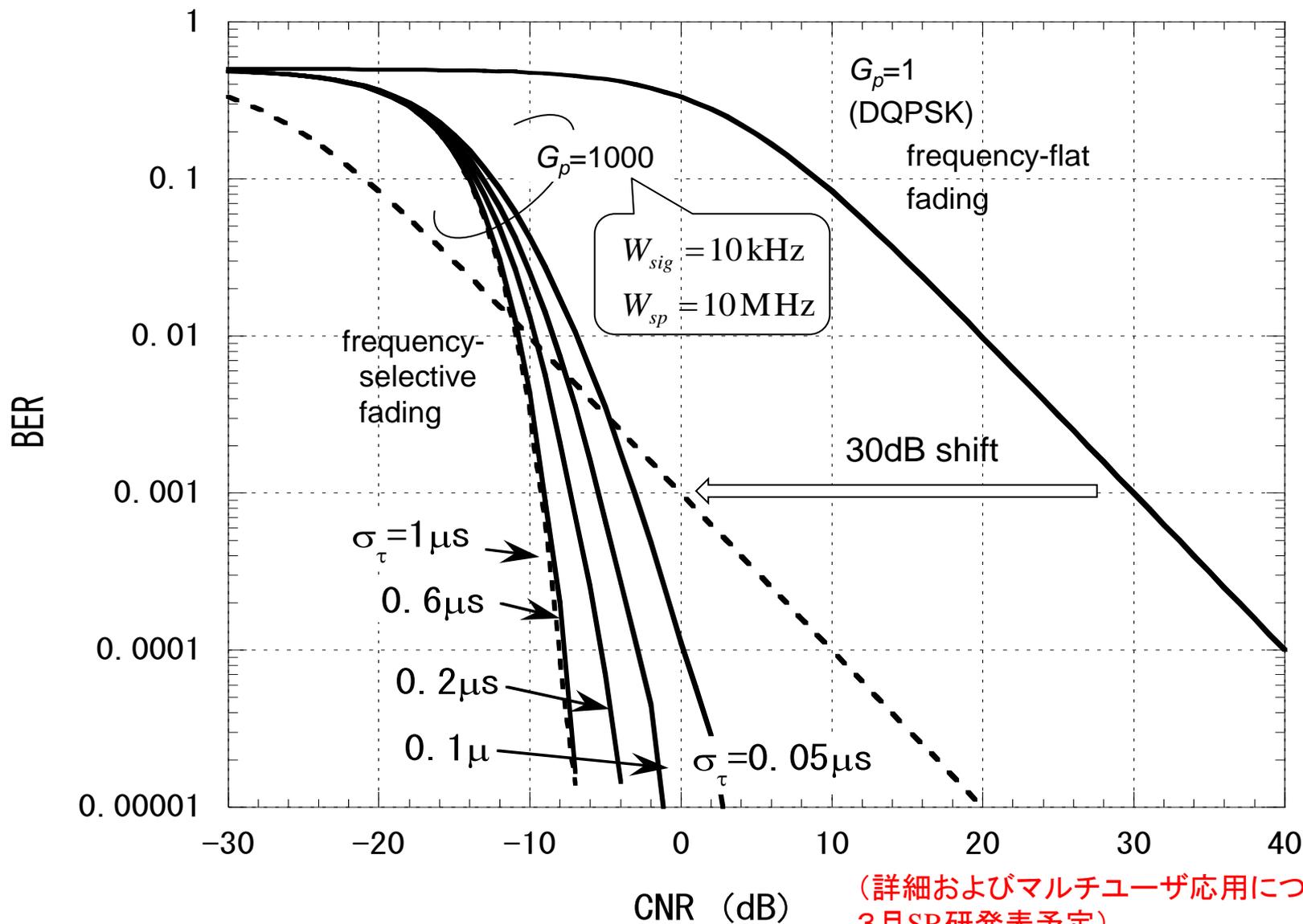


**周波数選択性フェージング環境に対する  
差動符号化拡散符号→受信側差動検波**

スペクトル拡散(CDMへ拡張)、低電力密度通信、  
弱電波での遠距離通信……



## 伝送特性評価結果の一例



(詳細およびマルチユーザ応用については、  
3月SR研発表予定)



# ベースバンド無線 実験インフラ



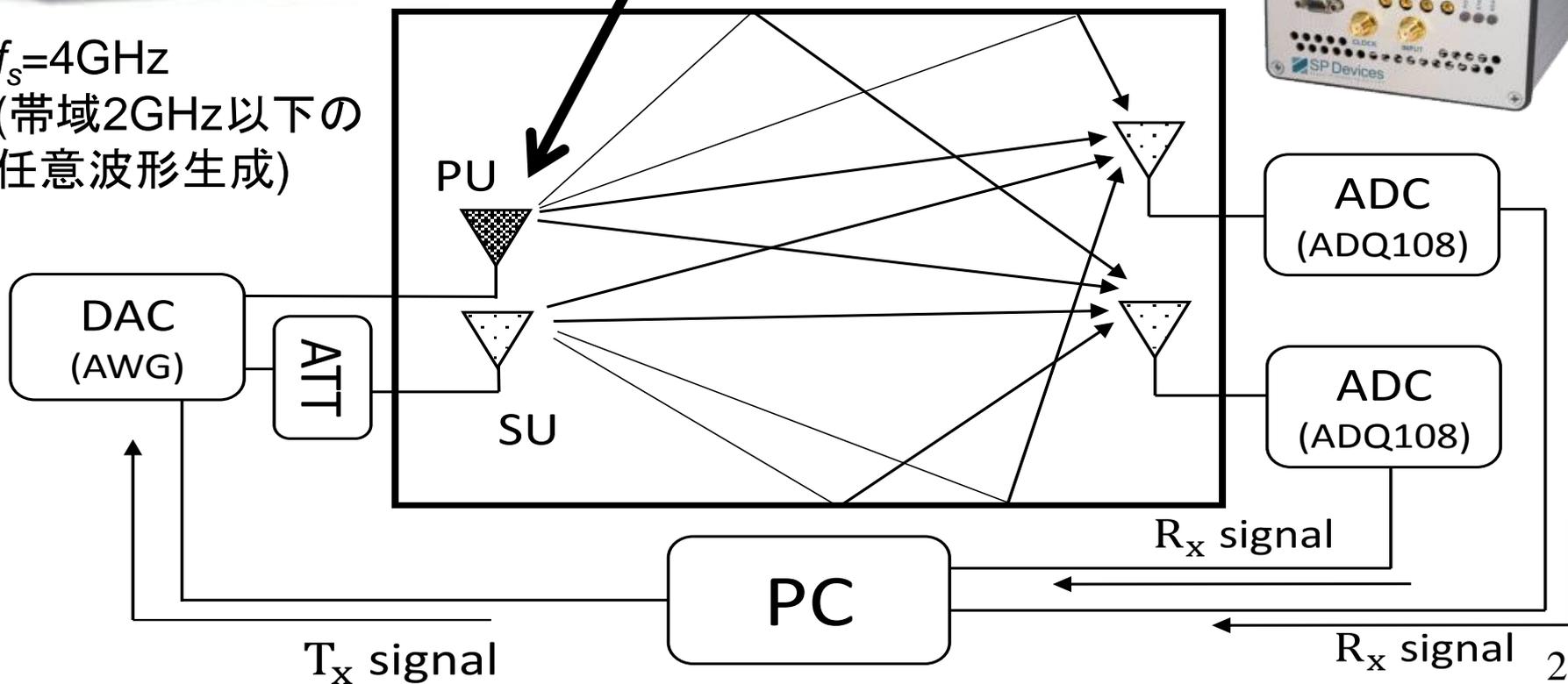
広帯域  
アンテナ  
(1~2GHz)

$f_s=6\text{GHz}$



電波反射箱

$f_s=4\text{GHz}$   
(帯域2GHz以下の  
任意波形生成)

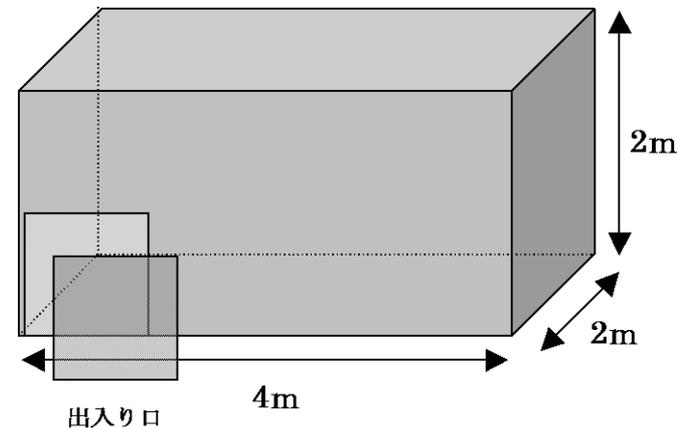


# 電波反射箱 Reverberation Chamber

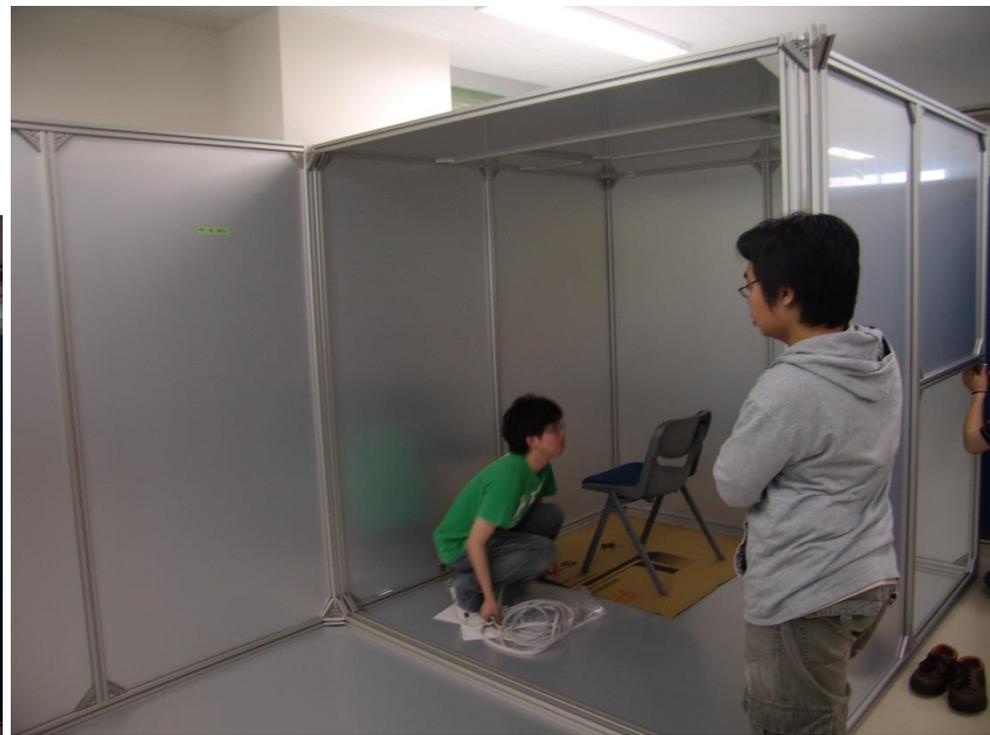
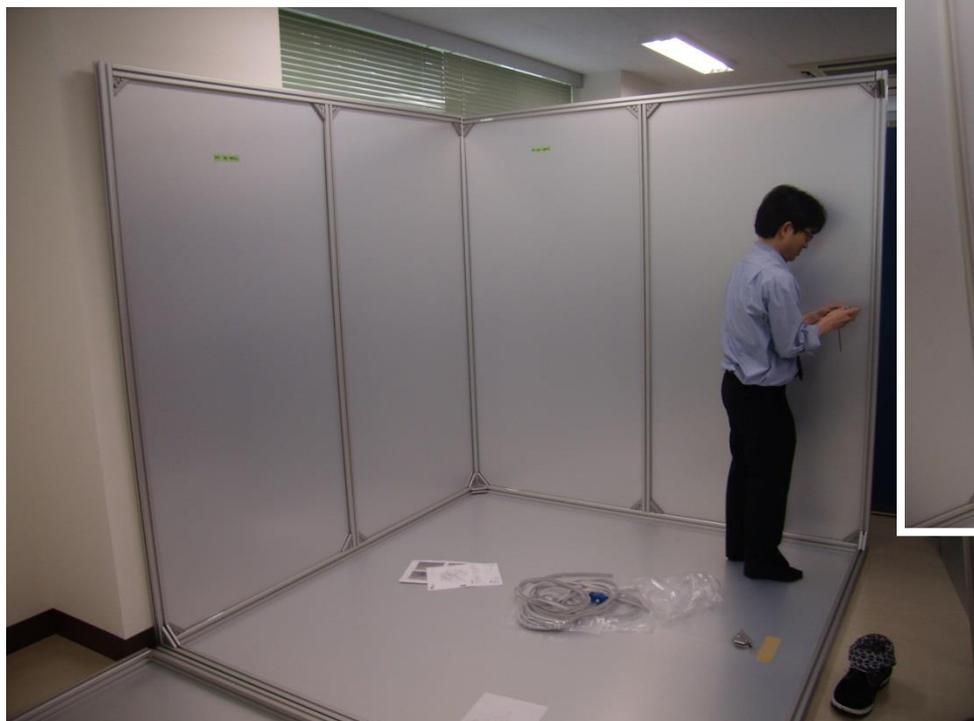
全面鏡張りの部屋: 光の反射箱  
全面金属壁の部屋: 電波の反射箱

アルミニウム製フレームと  
アルミシート付樹脂板で構成

- 簡易な構造
- 安価で構築可能
- 超広帯域マルチパス環境



# 電波反射箱 (4m x 2m x 2m) : 組み立て中





## ベースバンド無線によって開かれる世界

- i) 広い周波数帯に分散して存在するホワイトスペースでの一括信号処理(ベースバンド信号処理)による究極的周波数有効利用の実現 ( § 3.3(1), (2)で述べた方式の高度化)
- ii) 超広帯域周波数拡散による、超低電力密度通信の実現。具体的には、微弱電波での長距離無線通信、非常災害時に活躍するアドホックな無線通信などである。  
( § 3.3(3)で述べた方式の高度化)
- iii) 高機能汎用送受信機構成による**未来のユニバーサルソフトウェア無線機**の実現

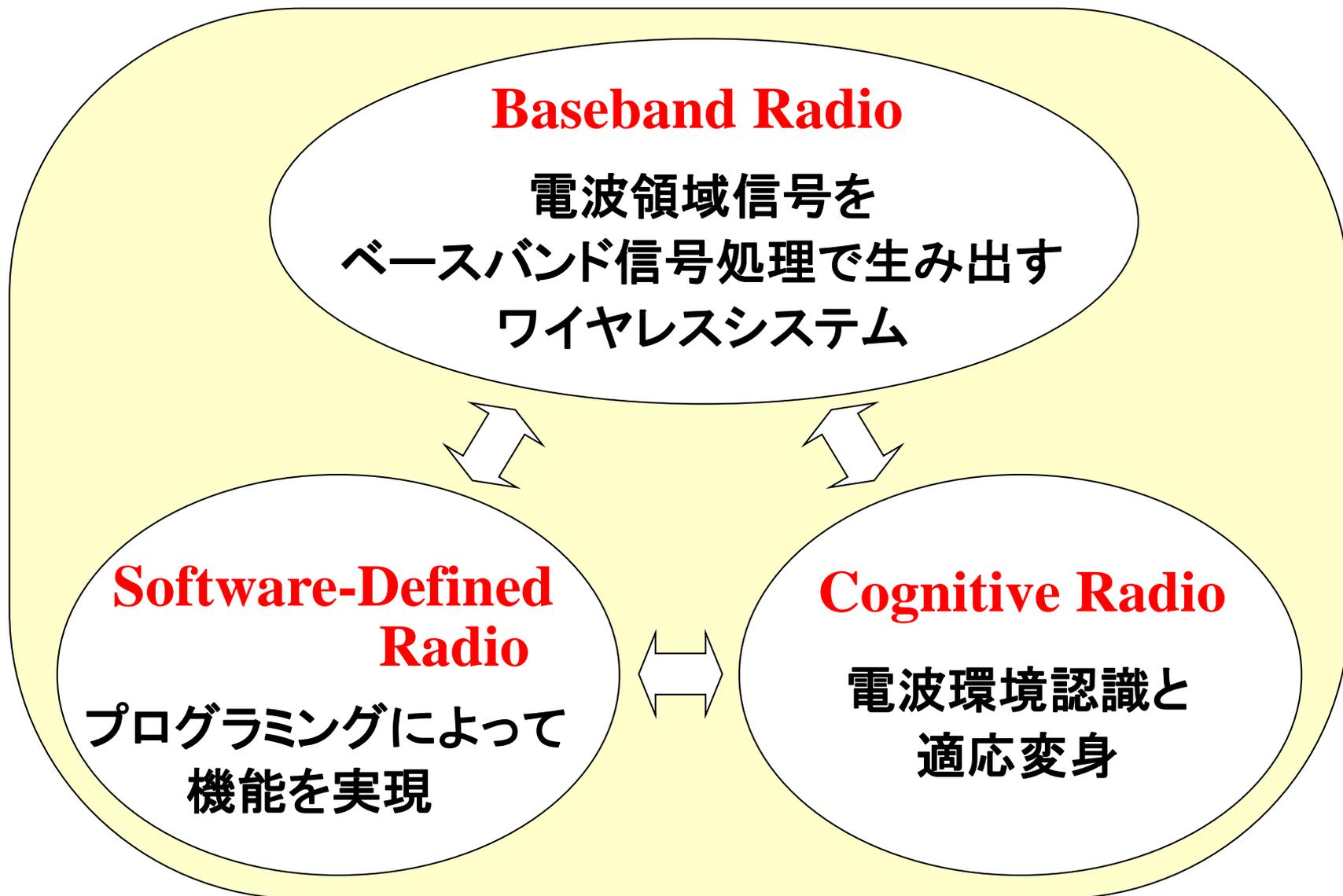


## 環境適応型ベースバンド無線を実現するため研究課題

- a) 高速信号処理デバイスの開発(技術の進化に期待)
- b) 電波環境認識技術(コグニティブ無線の研究分野)
- c) 比帯域の広いアンテナの開発(超広帯域アンテナ)
- d) 広帯域受信に伴う、干渉波入力飽和による受信系非線形問題の対策
- e) 超広帯域伝搬環境のチャネルモデルの確立
- f) MIMOなどさらなる高機能伝送の追及、その特徴を生かした新しい通信方式



# 究極の環境適応型ワイヤレス通信： 3つの“Radio”の統合



*Thank you very much for your kind attention*

