

2009年4月18日(土)  
CREST/DVLSI 領域会議発表資料

# ディペンダブル ワイヤレスシステム・デバイスの開発

---

---

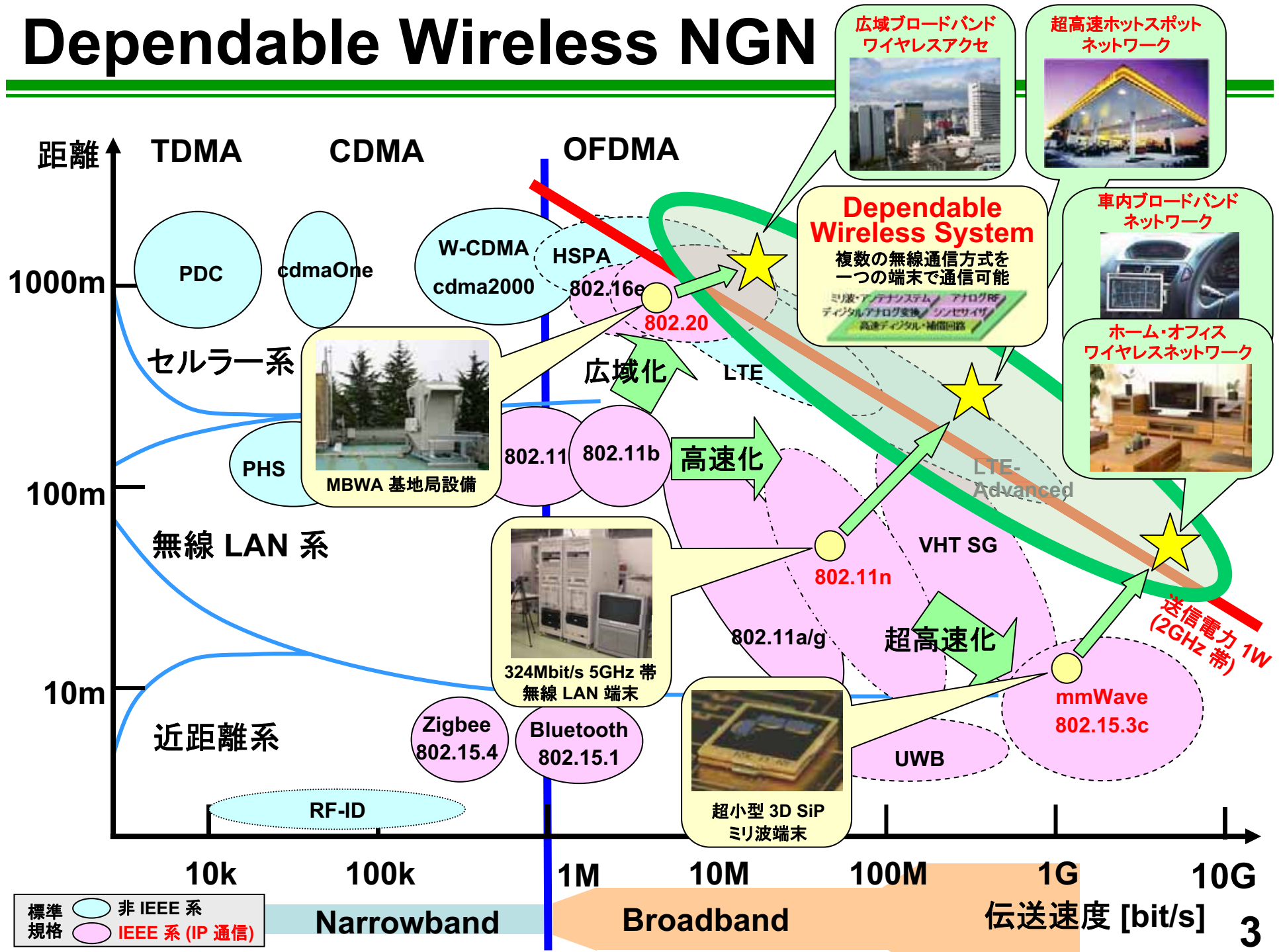
東北大学 電気通信研究所  
坪内 和夫

# 発表内容

---

- **DWN: Dependable Wireless NGN**  
**DWS: Dependable Wireless System**  
cf. DRP™ (Digital RF Processor @ TI)
  - ワイヤレス分野のディペンダブルシステム VLSI
- 平成 21 年度の研究方針・連携体制の概要
- 補足資料: 平成 20 年度の研究成果の概要など

# Dependable Wireless NGN



標準規格  
○ 非 IEEE 系  
○ IEEE 系 (IP 通信)

# DWS

## DWS: Dependable Wireless System

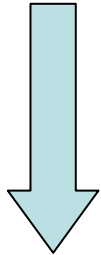
DWN (Dependable Wireless NGN) を実現するための  
無線通信端末の構成要素技術

- ・ オールシリコン CMOS による広帯域 RFIC
- ・ デジタル回路による特性補償回路  
(ブロードバンド周波数領域等化技術)
- ・ 適応スケラブル ADC/DAC

⇒ 今回の CREST DVLSI の要素技術

# ワイヤレス分野のディペンダブルシステム VLSI (1)

## DWS のコンセプト



- ワイヤレスにおけるディペンダブルシステム VLSI  
cf. (浅井総括)「デュアル・トリプル・エアインターフェイス」

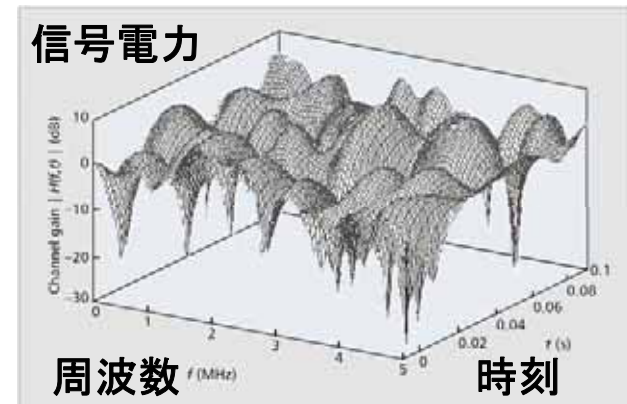
## ワイヤレス QoS 制御

### (1) マルチパスフェージング対策技術

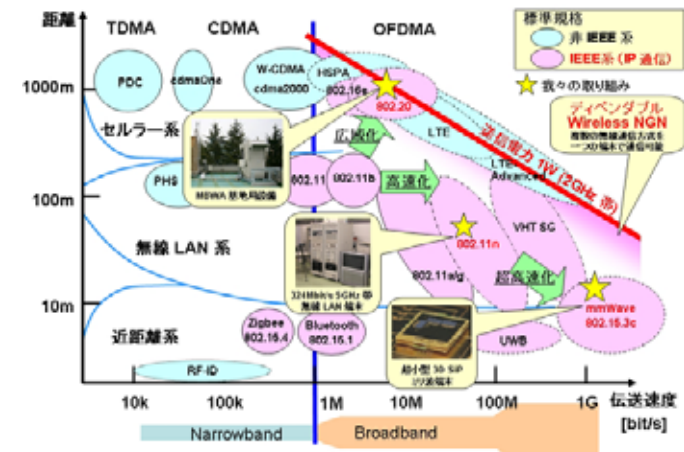
広帯域・高速移動通信:  
時間軸でも周波数軸でも  
受信信号電力が大きく変動

### (2) 異種ネットワーク間ローミング技術

複数の通信方式をシームレスに切り替え



▲引用: F. Adachi, et al., IEEE Wireless Commun. Mag., Vol. 12, No. 2, pp. 8-18, April 2005.

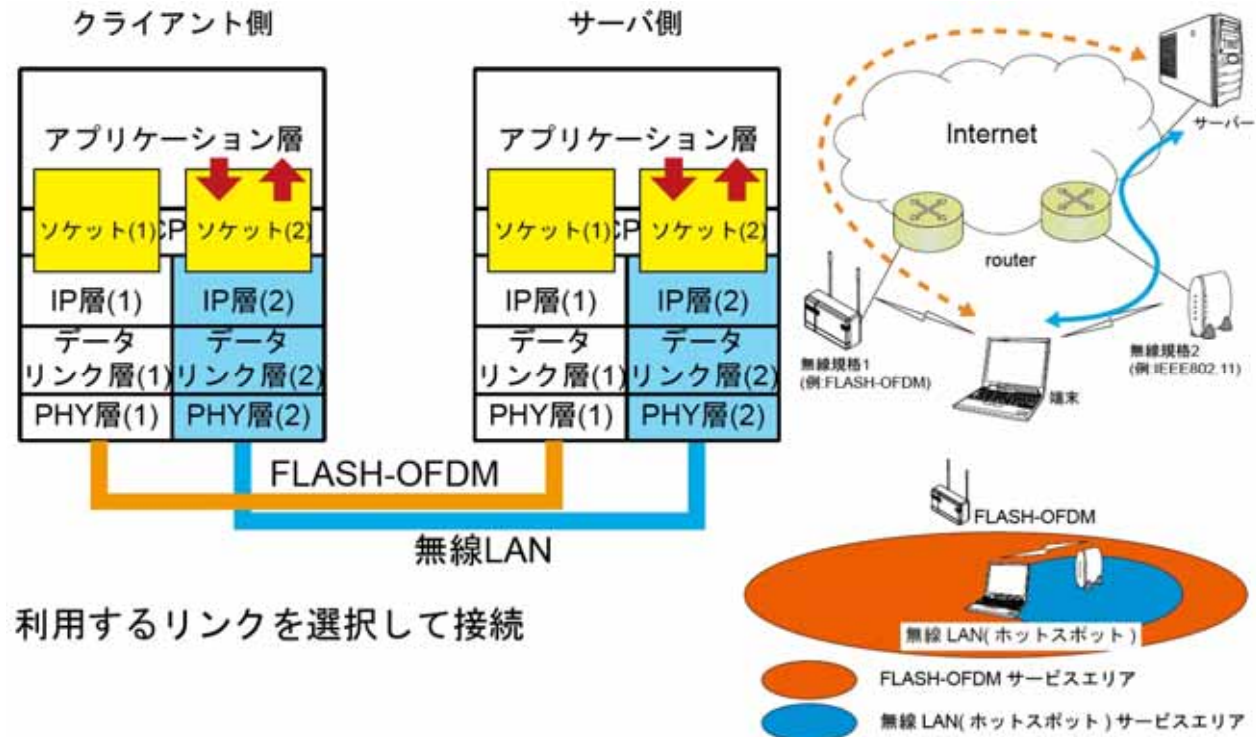


# ワイヤレス分野のディペンダブルシステム VLSI (2)

## 異種ネットワーク間ローミング実験

[Ref] 亀田ほか,  
“無線 LAN・広域モバイルブロードバンドワイヤレスアクセス間ローミング技術,”  
信学技報, SR2007-65, 2008 年 1 月.

- (1) 各インターフェイスごとにアプリケーションと IP 層をつなげる仕組み (ソケット) を用意
- (2) アプリケーション層にて接続先決定・切り替え



### ★切り替え時間

無線 LAN ⇒ FLASH-OFDM: 23~35ms

FLASH-OFDM ⇒ 無線 LAN: 140~180ms

アプリケーション層でのローミング: 切り替え時間が課題  
⇒ レイヤ 2 以下での切り替えが重要

# ワイヤレス分野のディペンダブルシステム VLSI (3)

マルチパスフェージング対策  
異種ネットワーク間ローミング

Digitally Assisted RF

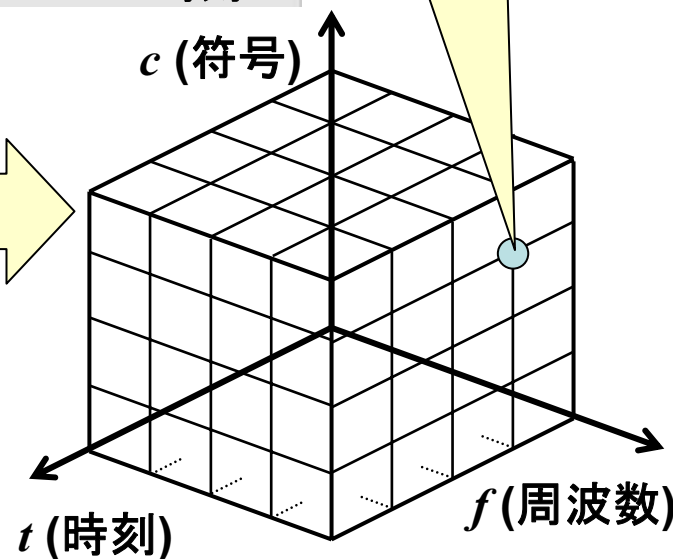
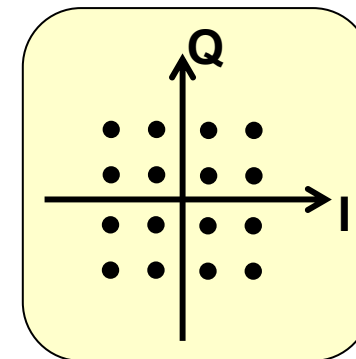
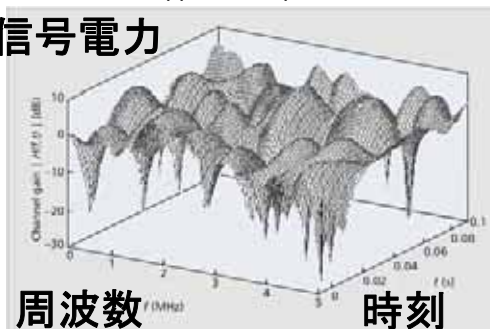
周波数／時間領域等化技術

- リアルタイム FFT/IFFT 回路
- 伝搬路推定・補償回路

⇒ ディペンダブルシステム VLSI

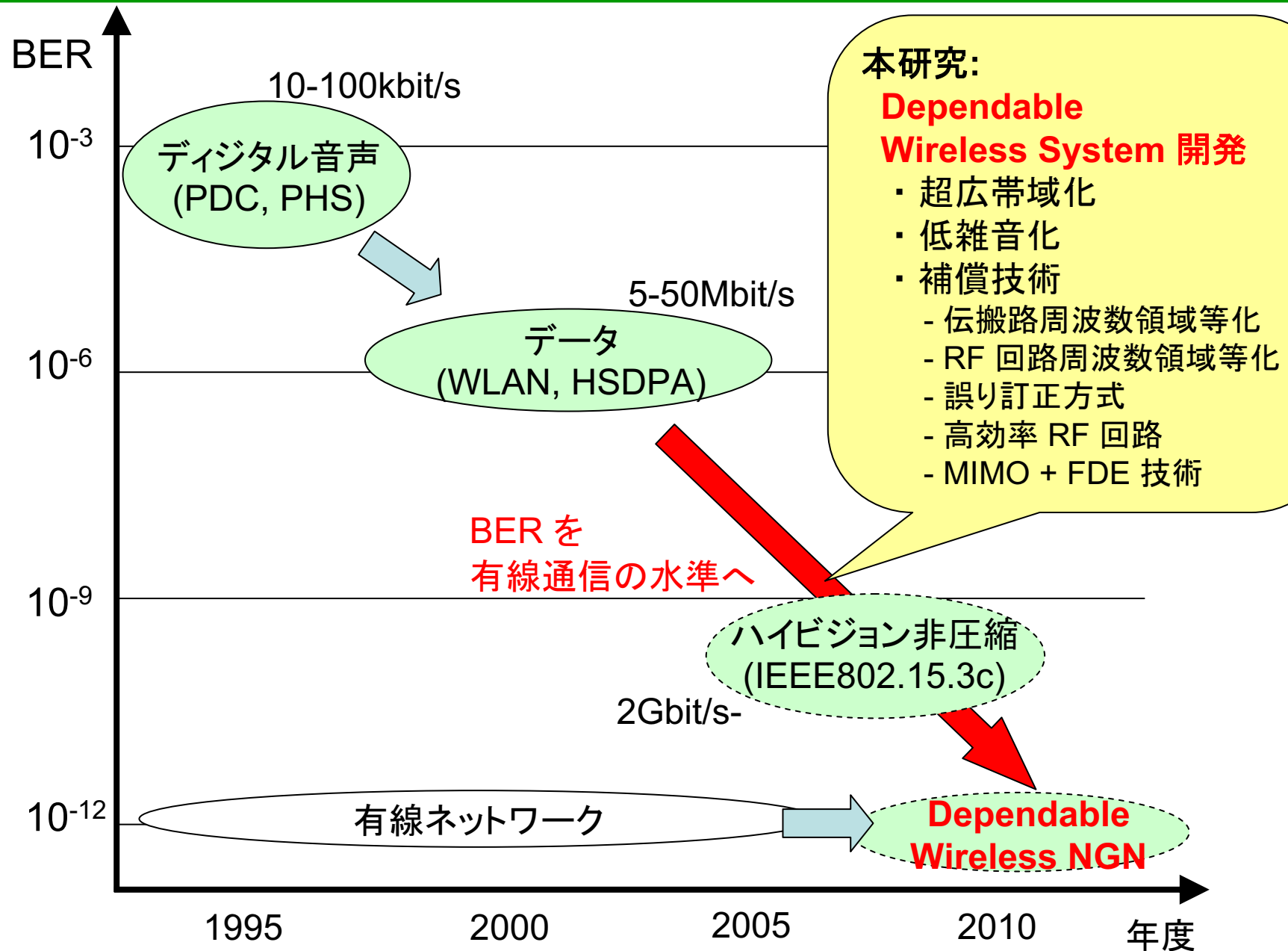
▼引用:  
F. Adachi, et al., IEEE Wireless Commun. Mag.,  
Vol. 12, No. 2, pp. 8-18, April 2005.

信号電力



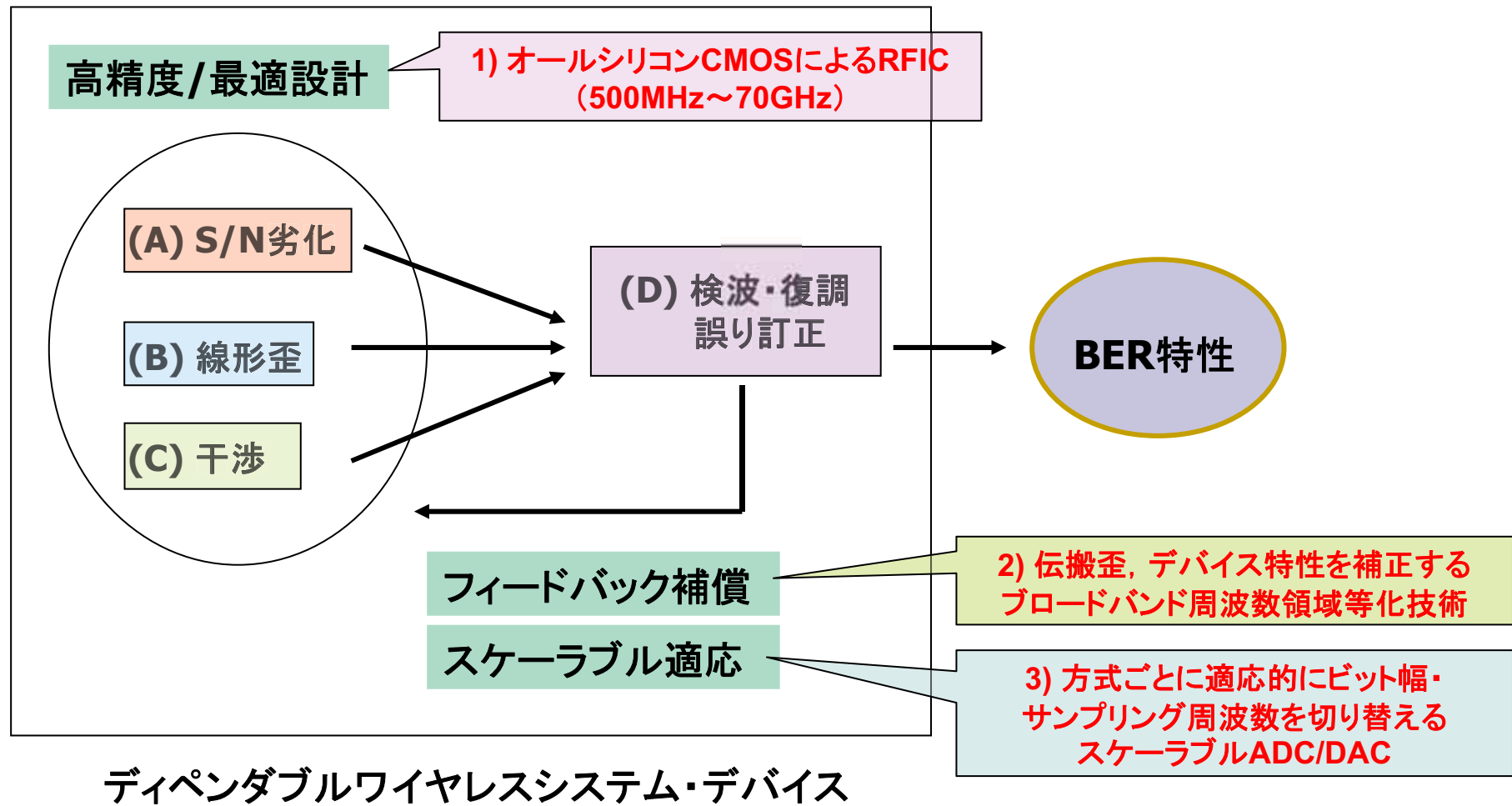
▲周波数・時間領域:  
多元・多重接続は  
周波数・時間・符号空間の活用

# システムにおけるディペンダビリティ

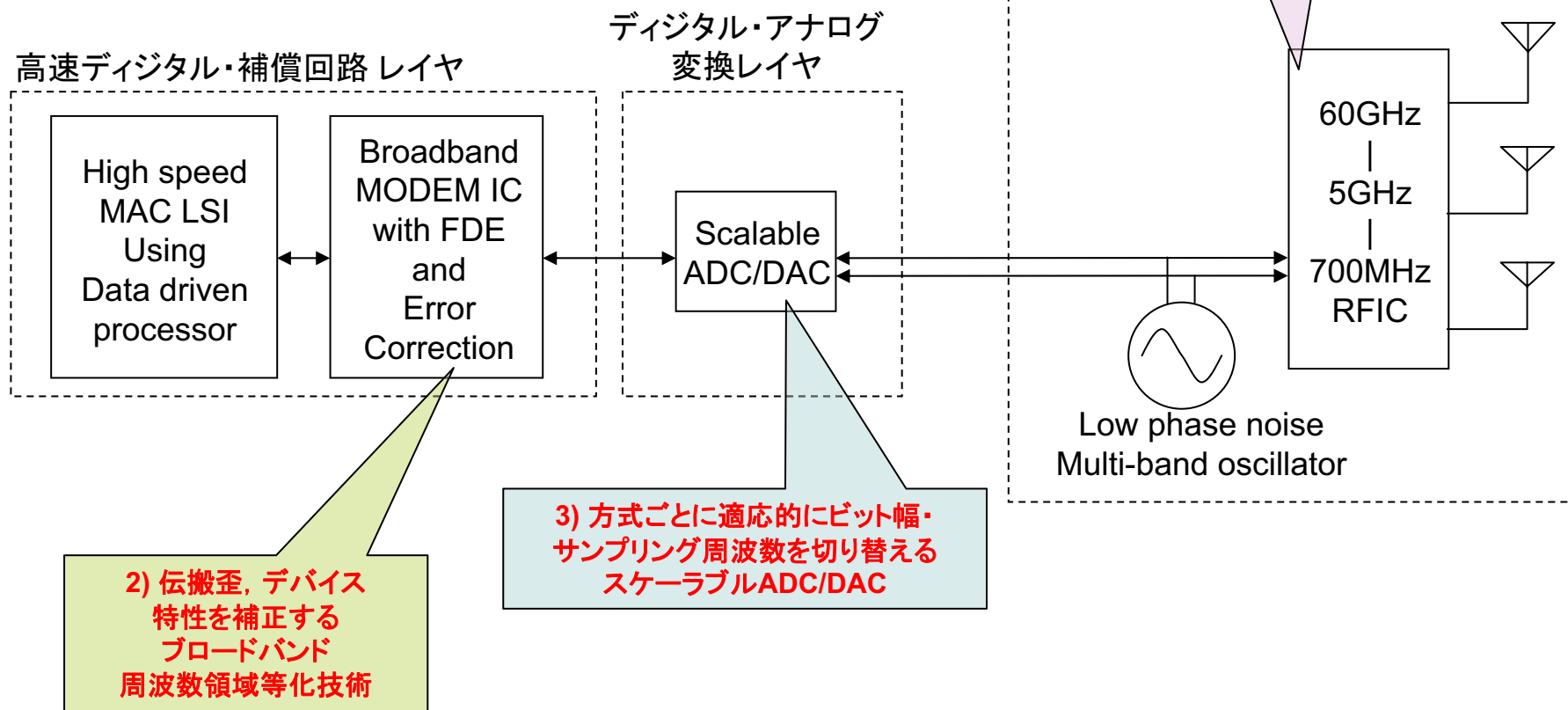
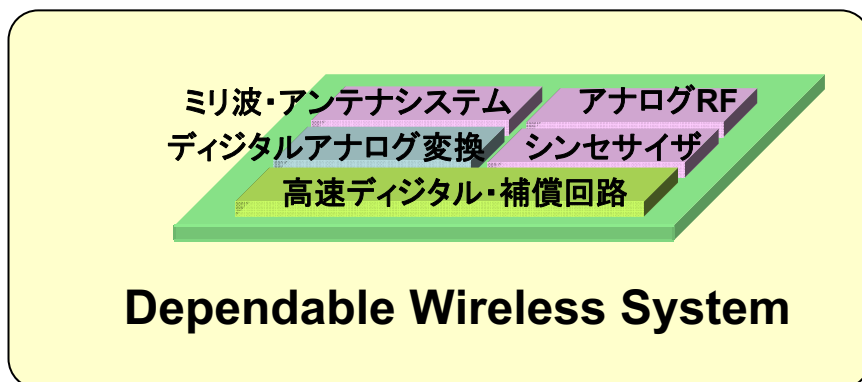




# DWS: Digitally Assisted RF



# DWS: Dependable Wireless System



# 研究体制

仕様設計  
東北大学グループ  
協力会社:  
ソフトバンクテレコム (株)

要求性能

## オール Si CMOS RF デバイス・回路の開発

(1) オール Si CMOS  
による RF IC 開発  
(500MHz ~ 70GHz)

東北大学グループ  
回路設計・試作・評価

東京大学グループ  
(藤島 実 准教授)  
微細 Si CMOS  
超高周波デバイスの  
基礎検討

(2) ブロードバンド  
周波数領域等化  
技術開発

東北大学グループ  
回路設計・試作・評価

高知工科大学グループ  
(岩田 誠 教授)  
セルフタイム型回路  
適用の基礎検討

(3) スケーラブル  
ADC/DAC 開発

東北大学グループ  
設計・試作・評価

東京工業大学グループ  
(松澤 昭 教授)  
基礎検討

送信器用 LSI 設計・開発: 東北大学グループ (協力会社: 日本電気 (株))

受信器用 LSI 設計・開発: 東北大学グループ・三菱電機 (株) グループ

Foundry 協力: Toppan/TSMC, CMP

「ディペンダブルワイヤレス 東北大学  
システム・デバイスの開発」 三菱電機 (株)  
に関する連携協定・締結 日本電気(株)  
ソフトバンクテレコム (株)

LSI の供給

端末実装・評価  
東北大学グループ  
協力会社:  
ソフトバンクテレコム (株)

# 平成 21 年度研究計画概要

## 1) オールシリコンCMOSによるRFIC (500MHz~70GHz)

- 90nm Si CMOS プロセスを用いた要素回路の検討:  
PA(パワーアンプ, 電力増幅器), VCO(電圧制御発振器),  
ミクサなどの回路の設計・試作・評価
- 60GHz 帯および 5GHz 帯ブロードバンド送受信  
フロントエンドアーキテクチャ検討
- 超高周波デバイスのディペンダブル設計手法の基礎的検討

## 2) 伝搬歪, デバイス特性を補正するブロードバンド周波数領域等化技術

- 周波数領域等化補償技術の ASIC への実装・評価
- セルフタイム型二次元パイプライン(ウェブパイプライン)の  
検討と要素回路の設計・評価

## 3) 方式ごとに適応的にビット幅・サンプリング周波数を切り替えるスケーラブルADC/DAC

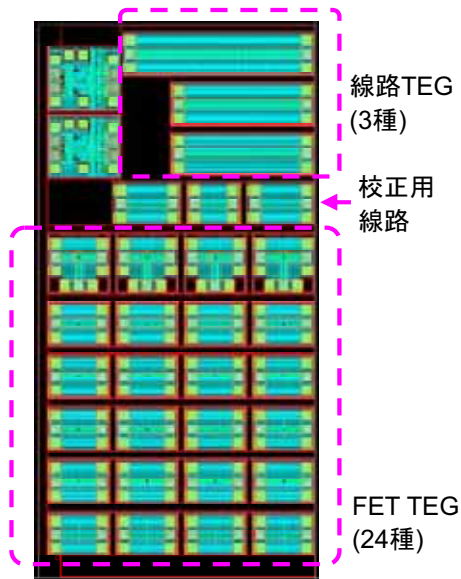
- スケーラブル ADC アーキテクチャ設計・実装・評価:  
提案したスケーラブル ADC のアーキテクチャの主要構成部分の  
具体的な回路設計の実施

# 補足資料

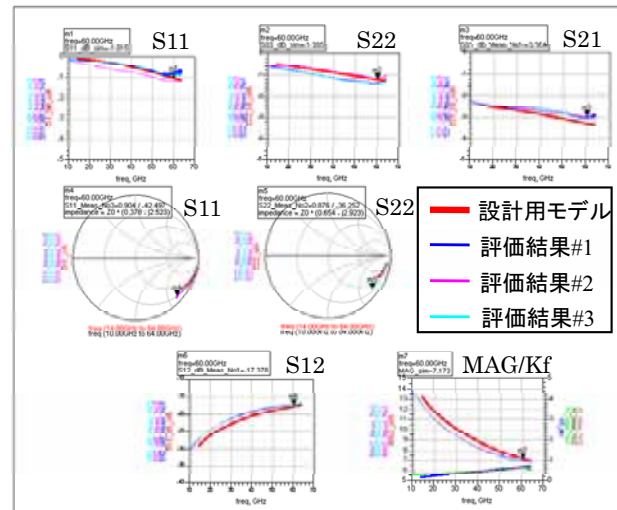
# 平成 20 年度研究成果 (1)

## 1) オールシリコン CMOS による RFIC

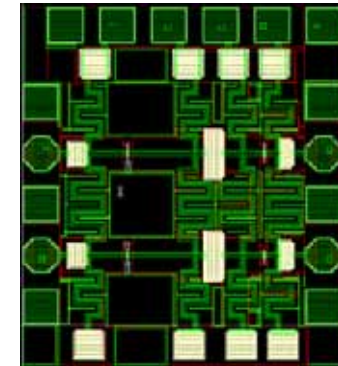
主に 60GHz 帯 (IEEE802.15.3c WPAN) と  
5GHz 帯 (IEEE802.11n WLAN) を  
ターゲットに設計・試作



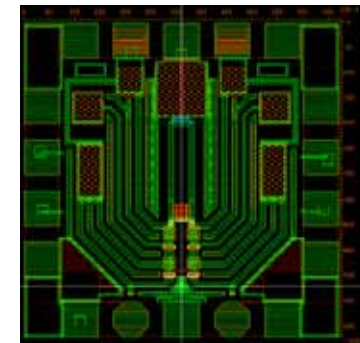
(a) ICレイアウト図



(b) FETのSパラメータの実測値と設計用モデル値の比較  
(NMOS\_RF\_Lg100n\_Wg3x4  $I_d=1.00\text{mA}$ )



60GHz 帯 パワーアンプ  
Size: 698 $\mu\text{m}$  × 618 $\mu\text{m}$



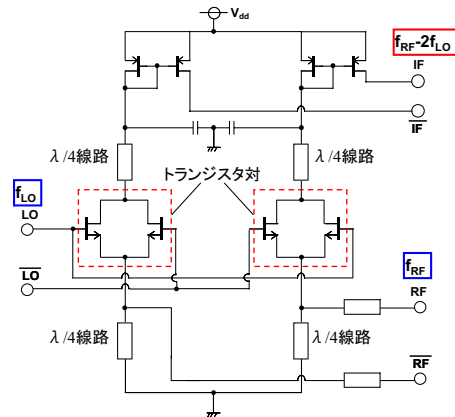
60GHz 帯 VCO  
Range (設計): 54~61.26 GHz  
Size: 625 $\mu\text{m}$  × 625 $\mu\text{m}$

Si CMOS 90nm プロセスを用いた  
トランジスタ TEG の試作・評価  
(宮崎グループ・坪内グループ)

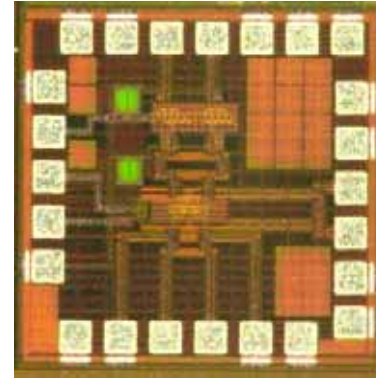
Si CMOS 90nm プロセスを  
用いた 60GHz 帯  
RF デバイスの試作・評価  
(坪内グループ)

# 平成 20 年度研究成果 (2)

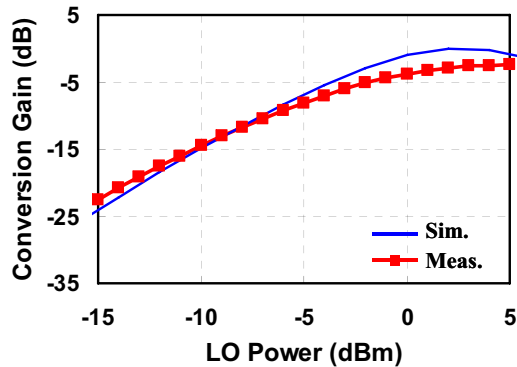
## 1) オールシリコン CMOS による RFIC



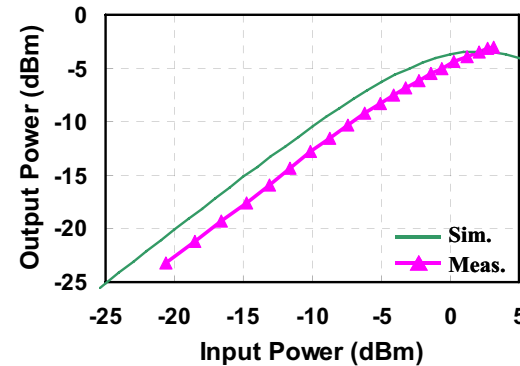
(a) 60GHz偶高調波形ミキサ回路構成



(b) 試作IC写真(サイズ:0.8mm×0.8mm)



(c) 変換利得のLO電力依存性評価結果  
( $f_{RF}=60\text{GHz}$ ,  $f_{LO}=29.975\text{GHz}$ ,  $f_{IF}=5\text{MHz}$ )



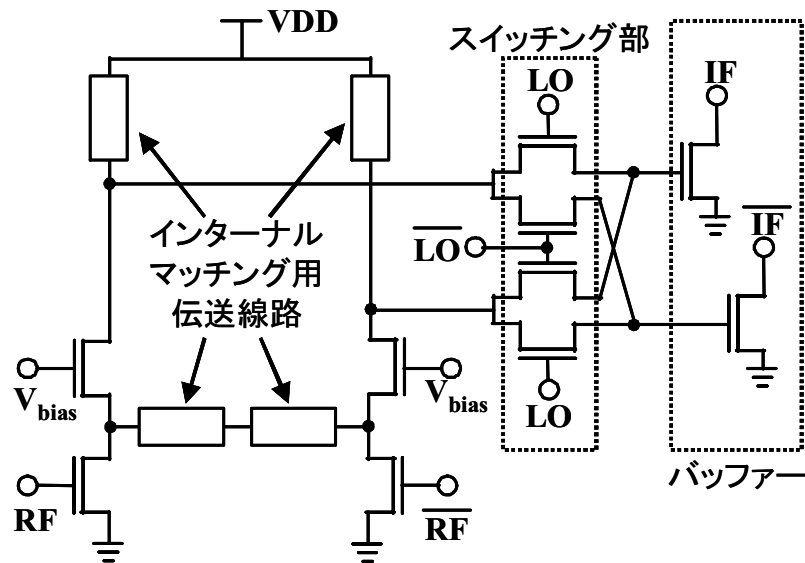
(d) 入出力特性評価結果  
( $f_{RF}=60\text{GHz}$ ,  $f_{LO}=29.975\text{GHz}$ ,  $f_{IF}=5\text{MHz}$ )

Si CMOS 90nm プロセスを用いた 60GHz 帯偶高調波形ミキサ回路の試作・評価  
(宮崎グループ・坪内グループ)

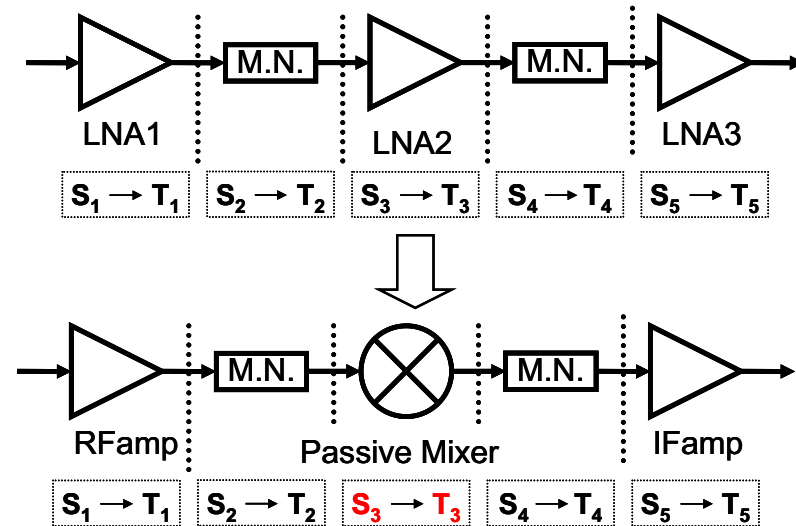
# 平成 20 年度研究成果 (3)

## 1) オールシリコン CMOS による RFIC

### RF IC のディペンダブル設計手法の検討



60GHz 高利得ダウンコンバート  
ミキサの設計 (藤島グループ)



ディペンダブル設計手法の検討:  
ミキサ自動設計のためのモデル  
(藤島グループ)



# 平成 20 年度研究成果 (4)

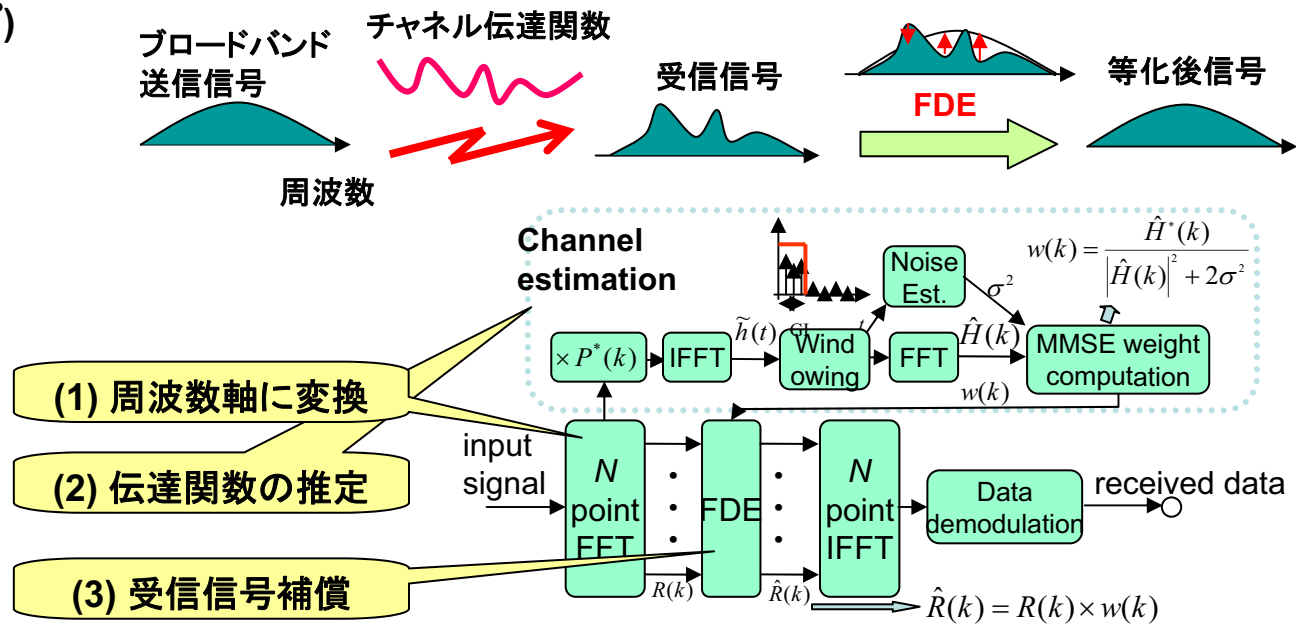
## 2) ブロードバンド周波数領域等化 (FDE) 技術

**FPGA 実装:**

**ハードウェアで初めて実装・検証**

(坪内グループ)

V. Gheorghiu, S. Kameda, T. Takagi, K. Tsubouchi, and F. Adachi, "Implementation of single carrier packet transmission with frequency domain equalization," 68th IEEE Vehicular Tech. Conf. (VTC2008-Fall), 4H-3, Sept. 2008.



**ASIC 実装** (坪内グループ)

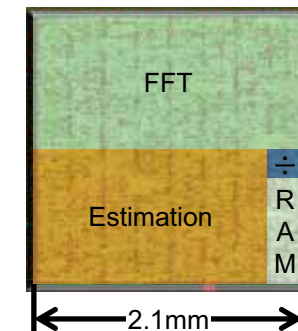
設計中

(TSMC 0.18 $\mu$ m 発注予定)

**セルフタイム型二次元パイプライン回路適用の基礎検討** (岩田グループ)

	面積 (mm <sup>2</sup> )	ゲート数
FFT	2.0	45.2K
Estimation	1.8	64.8K
Division	0.15	2.5K
RAM	0.38	2.6K
Total	4.4	115K

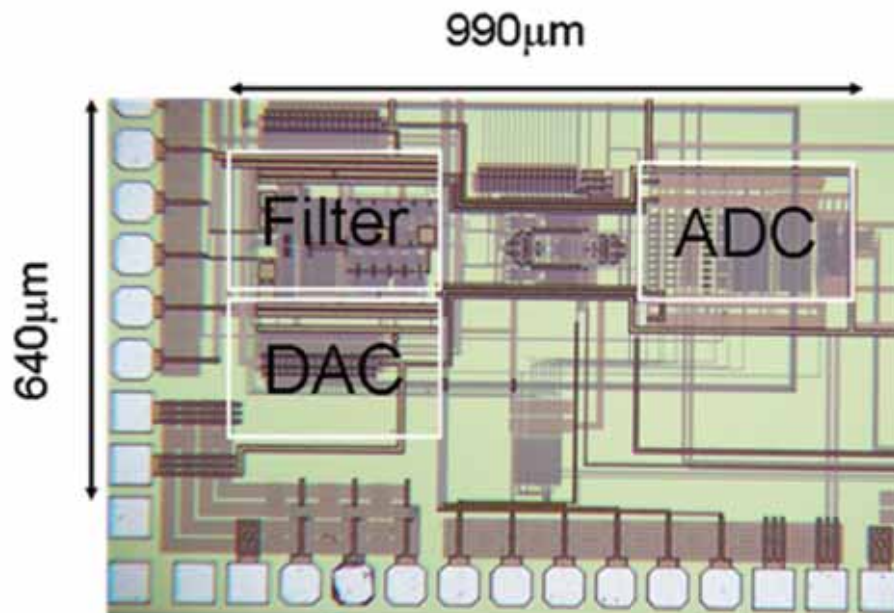
Process: STM 0.18 $\mu$ m CMOS



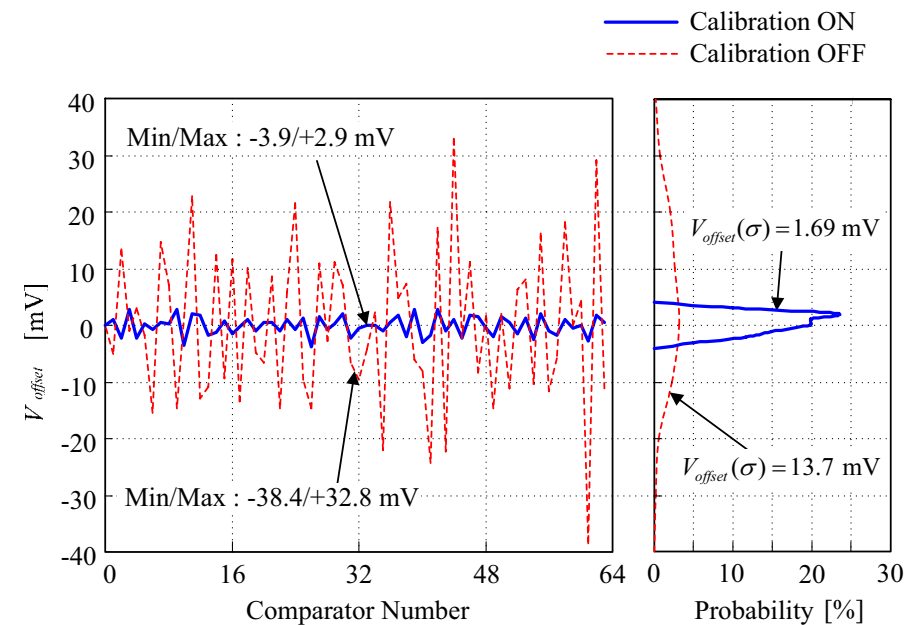
# 平成 20 年度研究成果 (5)

## 3) スケーラブルADC/DAC

### スケーラブル ADC の検討 (松澤グループ・坪内グループ)



広帯域 CT 型  $\Delta\Sigma$  ADC の研究  
(松澤グループ)

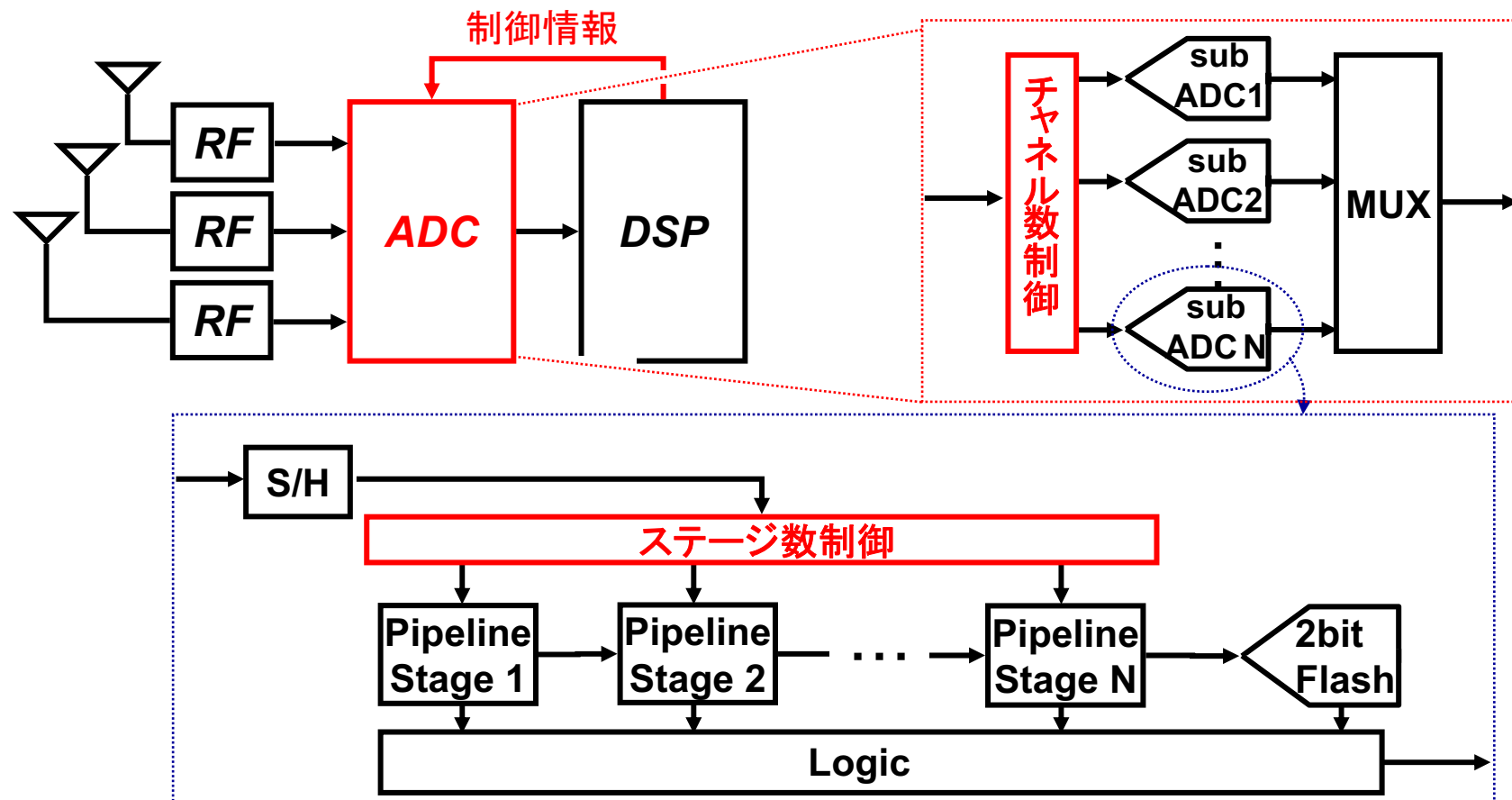


ADC性能の総合検討:  
ダイナミック型比較器のオフセット補正方法の確立  
(松澤グループ)

# 平成 20 年度研究成果 (6)

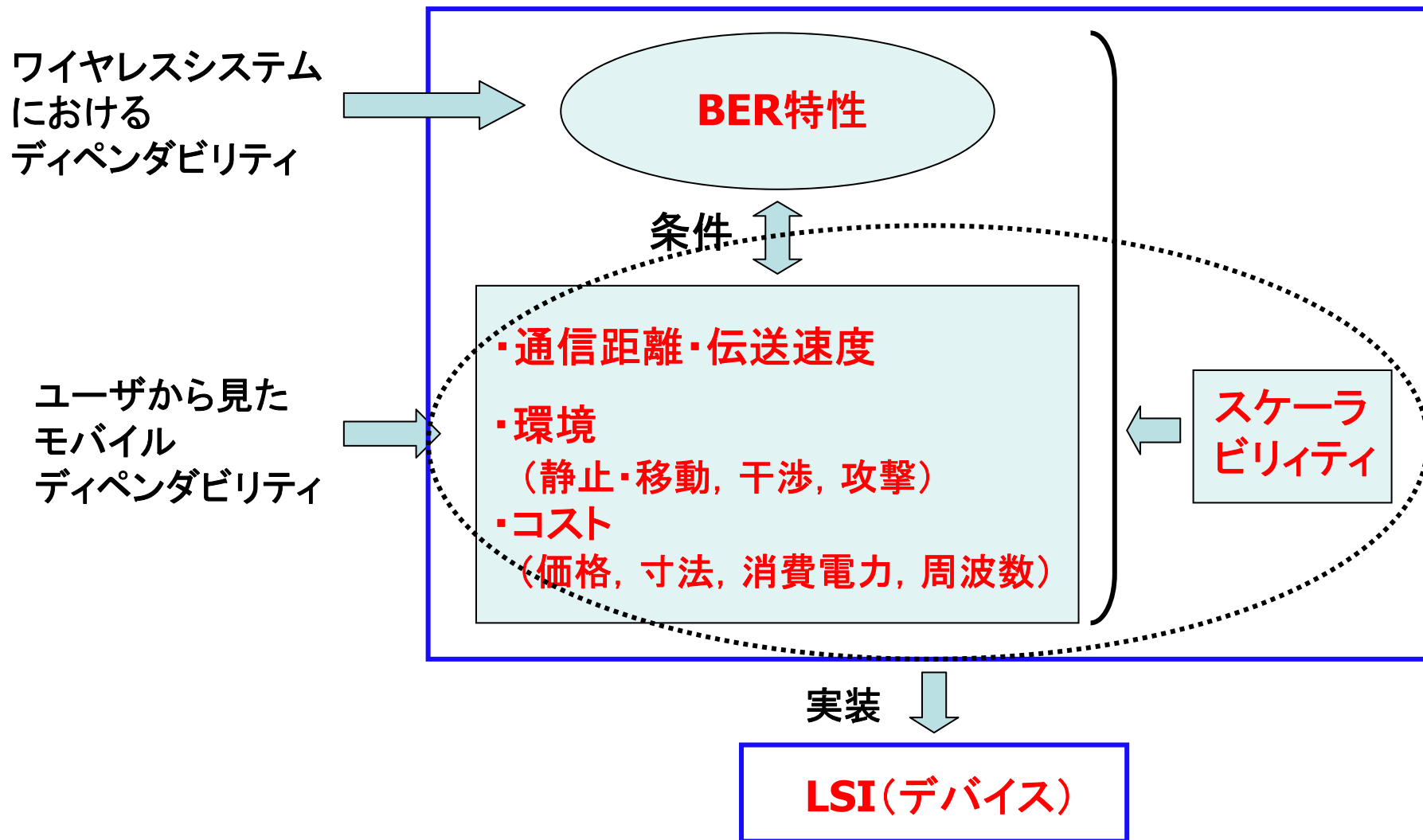
## 3) スケーラブルADC/DAC

### スケーラブル ADC の検討 (松澤グループ・坪内グループ)



電流モードパイプライン型 ADC の設計・評価 (坪内グループ)

# ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発



# DWS 改善のポイント

<b>(A) S/N劣化</b>	最適アンテナ設計(利得, <b>ダイバーシチ</b> ) 低損失/低雑音設計 低歪みミクサ設計 <b>スケーラブルADC</b>
<b>(B) 線形歪</b>	広帯域設計 <b>等化補償(周波数領域等化, 遅延等化)</b>
<b>(C) 干渉</b>	<b>最適ネットワーク, 最適セル</b> 低スプリアス設計(フィルタリング, <b>HPA歪補償</b> ) <b>干渉キャンセラ</b> <b>ビームフォーミング</b>
<b>(D) 検波・復調劣化</b>	高精度直交ミクサ設計(低 <b>DC</b> オフセット, 低 mismatch) 低位相雑音 <b>VCO, PLL</b> シンセサイザ設計 <b>位相雑音補償</b>

青字: 主に設計に関する事項

赤字: 主にフィードバック補償, スケーラブル適応に関する事項