



先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター  
Advanced Wireless Communication research Center



# AWCC山尾研究室の 研究内容のご紹介

2012年6月

電気通信大学 AWCC

山尾研究室



# 研究ターゲット

山尾研究室では **将来必要となる戦略的要素技術の研究と、**  
**社会に貢献できる実践技術の開発** を目的として、以下の分野を研究中

## モノとモノをつなぐユビ キタスワイヤレス通信

- 高信頼 ITS通信
- 大規模・省電力  
センサーNW
- 高信頼マルチホップ  
通信
- CSMA/CAを凌駕  
する自律分散プロトコル



## 無線資源(電力と 周波数)の極限利用

- リンフィギャラブル  
RF回路
- 高効率線形増幅法  
(EPWM)
- 高精度線形化技術
- 光ファイバ無線

# 山尾研究室の構成(H24年度)

山尾教授



## ユビキタスワイヤレス(UBQ)研究グループ

- (1) 高信頼・高効率マルチホップ通信技術の研究
- (2) 省電力大規模自律分散ワイヤレスネットワークの研究
- (3) ITS通信システムの研究

B4 3名、M1 3名、M2 2名、D1 1名\* D2 1名

\* 10月進学定学

## ワイヤレスエコ(WECO)研究グループ

石橋助教  
(2012.4.1~)

- (4) 新概念による高効率線形送信技術(EPWM)の研究
- (5) “リコンフィギャブル”無線回路の研究
- (6) 光ファイバ無線での線形送信技術

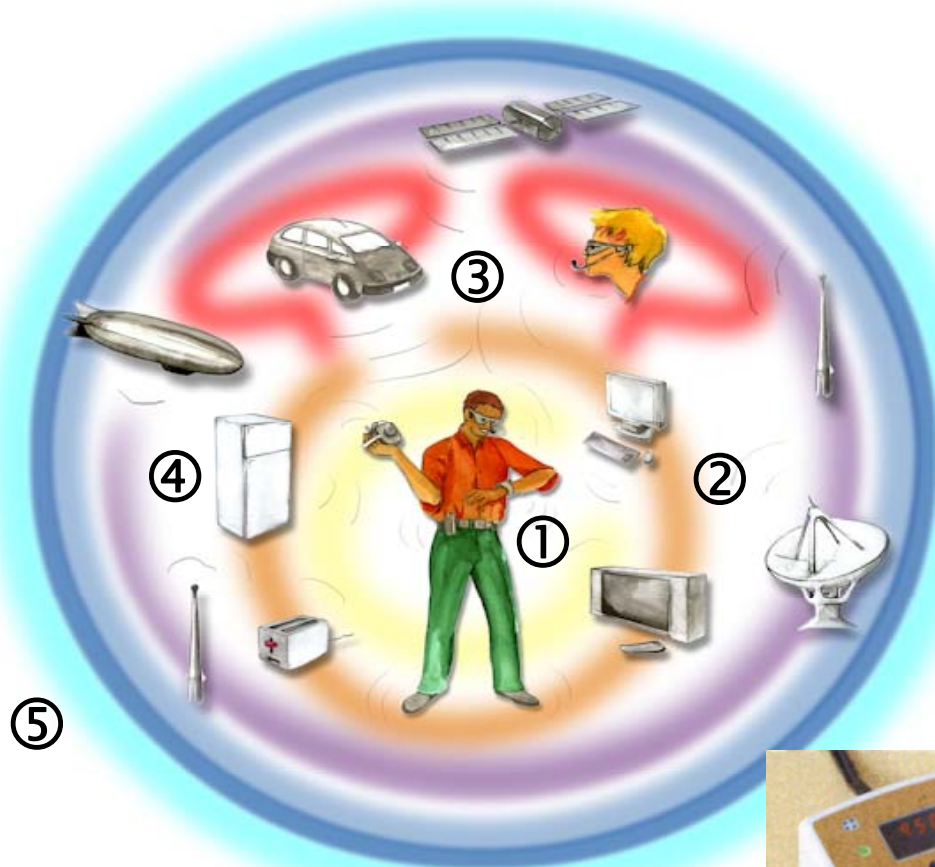
D 5  
M 10  
B 7

B4 4名、M1 2名、M2 3名、D1 2名、D2 1名、D3 1名

AWCC藤井研究室(藤井威生准教授)と協力して研究教育を実施しています。

# ユビキタスワイヤレスの時代

従来の携帯電話に代表される人と人・人とモノのコミュニケーションから、モノとモノが自律的にコミュニケーションする世界へと広がる未来



(Figure: WWRF 2001)

- 社会のあらゆる情報をワイヤレスデバイスで収集することで安全・安心な社会を支える生活インフラに  
→ 大規模センサーネットワークなど
- 電子マネーや流通管理など経済の根本に大きな変革を与えるワイヤレスデバイスの高度化
- 医療用カプセル型微小ワイヤレスデバイスによる先端医療技術、インテリジェントヒューマンサポート機器による高齢化対策の進展

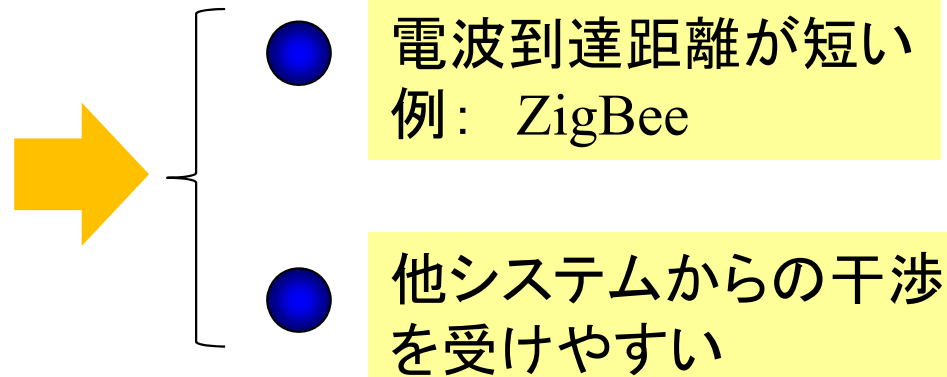
以上を可能にするための技術:

- <ウルトラローパワーワイヤレス送受信技術>
- <高信頼ワイヤレス信号伝送技術>
- <アドホックワイヤレスネットワーク構築技術>
- <高効率アンテナ・RF回路技術>



# ユビキタスワイヤレス通信の課題

● 利用できる電力に制限があるため送信出力が小さい



マルチホップ中継技術

干渉軽減技術

● 電波環境が不安定

● 自律分散動作

分散環境での高信頼化技術

従来の携帯電話システムとは異なる技術の開発が必要

## (1) 干渉回避技術

- 2.4GHz帯のISM\*バンドは無線LANなど様々な用途に利用されており、デバイスのコストが安いため、今後もユビキタスワイヤレスシステムへの利用が進むことが想定される。
- その一方で多種多様なシステムが混在し、相互に干渉しあうため、通信品質の確保が困難になる

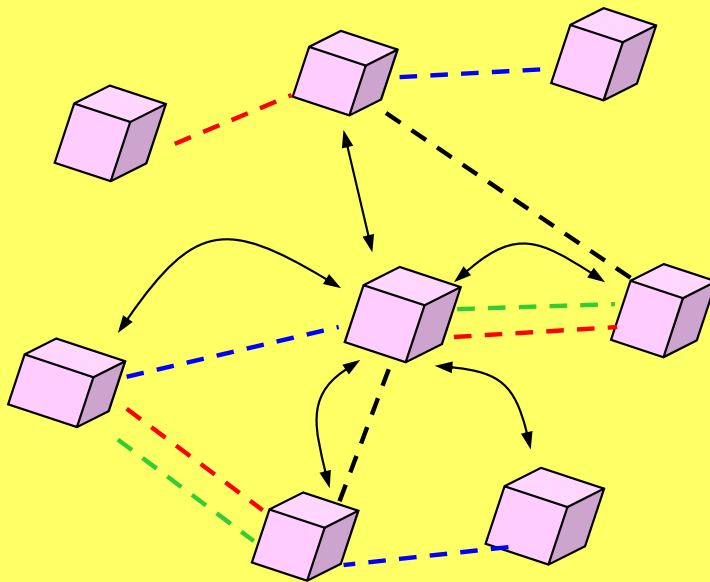
例； 無線LAN, Bluetooth, 電子レンジ, 産業用機器など

**干渉を検出し、自律的に干渉のない周波数や  
通信方式に変更する**

**環境認識—分散制御—干渉回避技術 が必要**

\* ISM: Industry-Science-Medical の略。産業科学医療用バンドで送信出力の条件を満足すれば免許無しに電波利用が可能な周波数

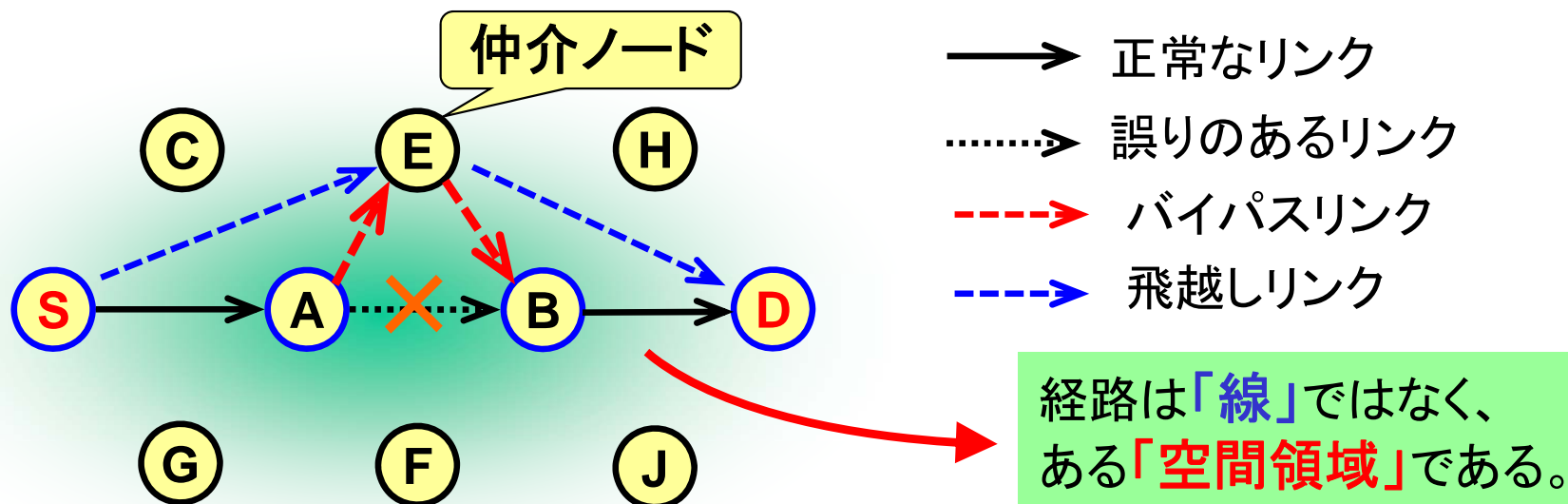
- 大規模ユビキタスネットワーク構築のためには、マルチホップ中継とマルチユーザ同時通信を分散環境で可能にする、  
**アドホック&マルチホップ多元接続技術 (Adhoc-MA)**  
の開発が必要



各端末が周囲の端末と  
電波環境情報を共有し、  
送信を自律制御  
→ 端末間の干渉妨害を  
回避して信号の誤りを防止

## (2) マルチホップ通信の高信頼・高効率化

マルチホップ通信においてあるリンクの切断が起きたとき、周辺のノードが仲介ノードとして**自律的かつ瞬時にバイパス経路を提供**することで、マルチホップ通信の**伝送信頼度を経路ダイバーシティ効果により向上可能**



さらに、フェージング環境では伝搬損失が一時的に少ない時があり、**飛び越しマルチホップ通信**により**リソース節約**と、**低遅延**が達成できる。

＜バイパス + 飛び越し＞ = **統合ダイナミックマルチホップ**  
で**高信頼・高効率化**を同時に達成

電波環境認識  
(Cognitive)による自律分散  
局所パス制御



# (3) 大規模ITS通信システム

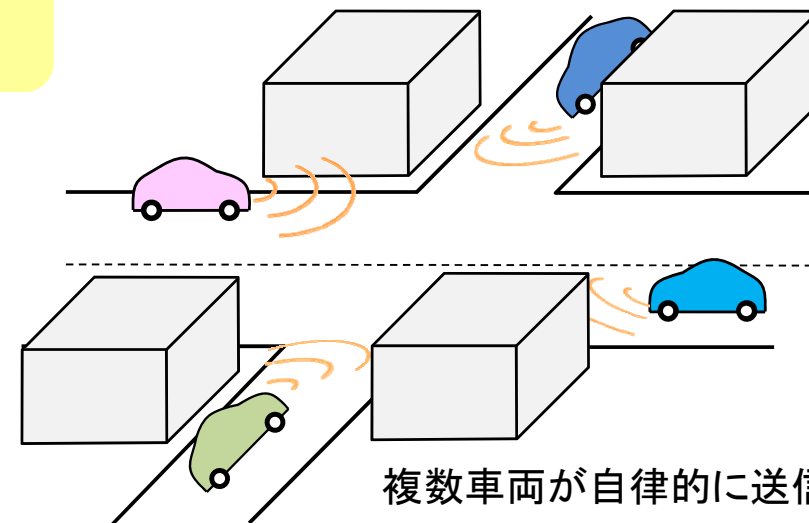
交通事故のない安全な社会の実現を目指して  
先進安全自動車(ASV\*)への期待が高まる

\*ASV; Advanced Safety Vehicle

車車間で車両の速度や位置を  
研究対象; 定期的に送信して情報を交換する  
車車間ブロードキャスト通信システム

ARIB-STD T-109

「700MHz帯高度道路交通システム」

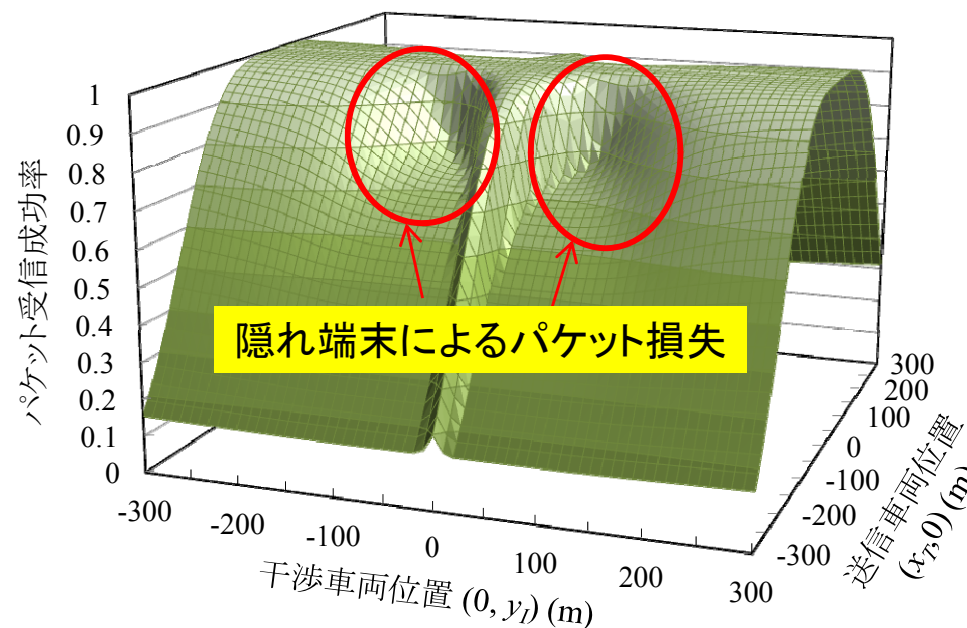


## 技術課題

- ① 他の車両や建物によるシャドウイング
- ② 多数の送信車両からの信号の干渉
- ③ 車路間通信・車車間通信の統合

## 検討内容

- ・路側中継器による中継の効果
- ・交差点の電波環境での通信信頼度評価
- ・MAC層での送信制御法の改良



# 携帯移動通信の進化

1980年代

1990年代

2000年代

2010年代

音声

低速データ  
~ 64kbps

高速データ  
& マルチメディア  
384kbps ~ 20Mbps

ブロードバンド  
& ユビキタス  
50Mbps ~ 1Gbps

第1世代

アナログ方式

NTT ('79)  
AMPS ('83)  
TACS ('85)  
etc.

第2世代

デジタル方式

PDC ('93)  
GSM ('92)  
IS95 ('95)  
etc.

第3世代

IMT-2000

W-CDMA  
cdma2000  
TD-CDMA  
WiMAX

第4世代

4G

3G-LTE  
LTE-Advanced

# ワイヤレスECOの研究 (Wireless ECCommunication)

将来、ワイヤレス通信の利用が様々な分野に広がり、社会のインフラとして重要性がますます高まるとともに、送信される情報の量も大幅に増加すると考えられる。無線通信では情報を送るために無線リソースを消費するので、情報量が増大すると、必要な無線リソースも増大する。これをくいとめ、環境にやさしいワイヤレスシステムを実現することが求められる。

無線  
リソース

スペクトラム(周波数)

高効率変復調、マルチプルアクセス

◆OFDM, MIMO → 研究が既に多数開始

◆コグニティブ無線

→ リコンフィギャラブル無線回路が必要

電力(パワー)

高効率線形増幅法／送受信法

◆OFDMのピーク抑圧法 → 研究が既に多数開始

◆超高効率線形増幅法

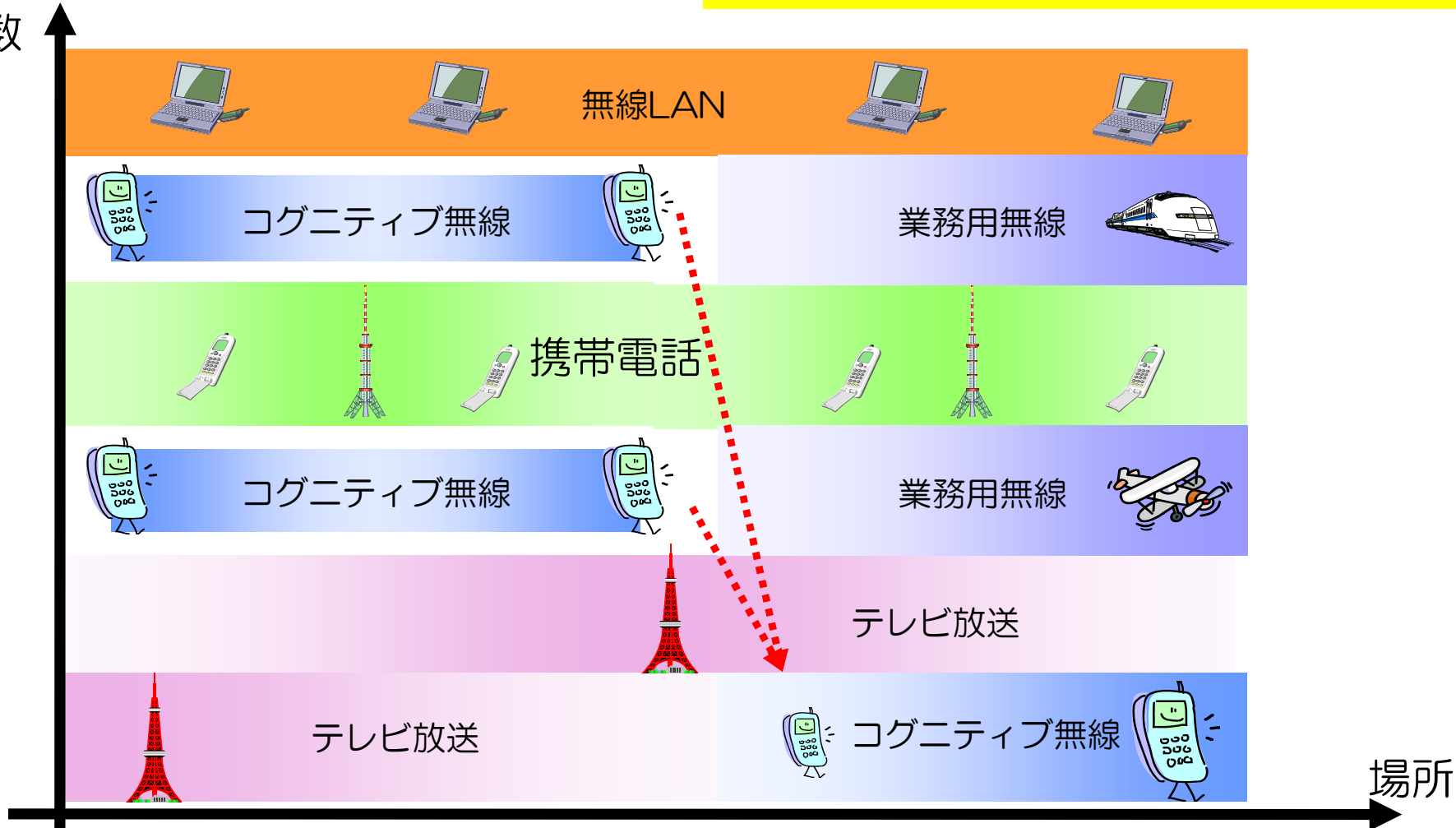
→ 従来のFF, PDの限界を超える高効率の追求

注) FF(Feed Forward), PD(Predistortion); 増幅器の非線形の補償法

# コグニティブ無線とは

ある時間、ある場所で使用されていない無線周波数を有効利用

周波数



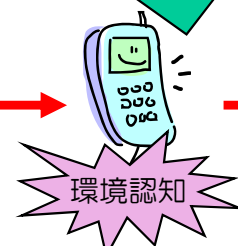
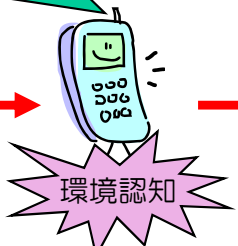
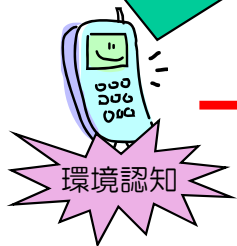
まとまった帯域がない！  
すきまを組み合わせて利用

使っていた帯域の  
干渉量が増加しているな

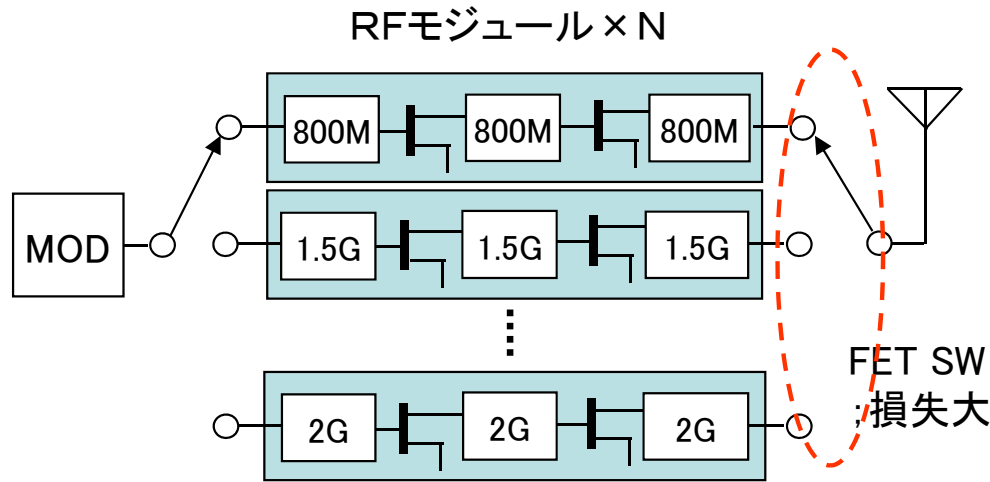
空いているテレビ帯域の  
未使用チャンネルにシフト

干渉が減ってきた！  
通信速度を速めよう

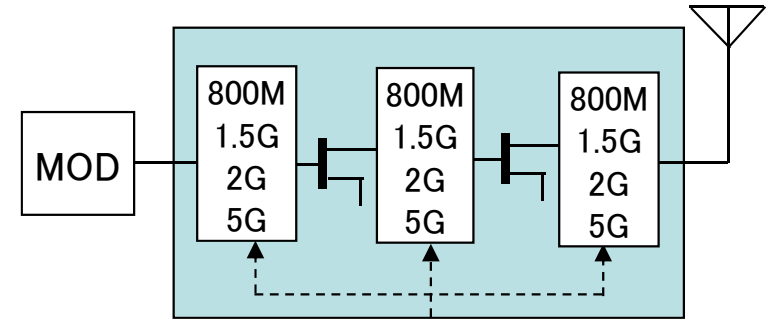
通信開始



## ● マルチバンドからリコンフィギャラブル、バンドフリーへ

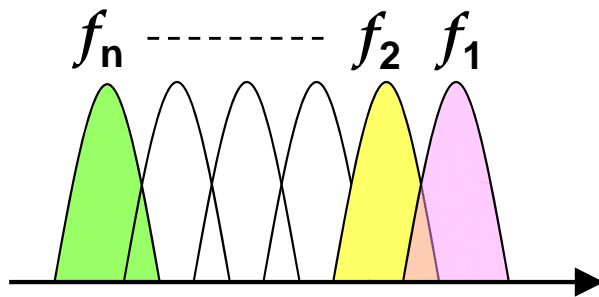


### リコンフィギャラブルRFモジュール

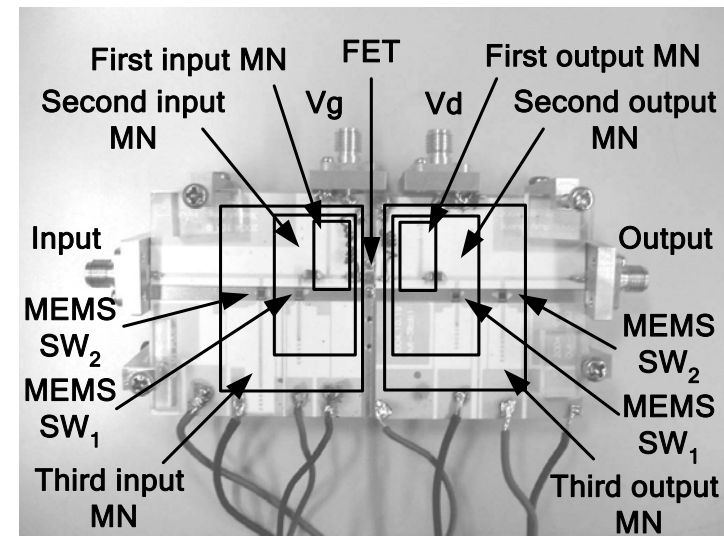


### 可変帯域制御

理想的には

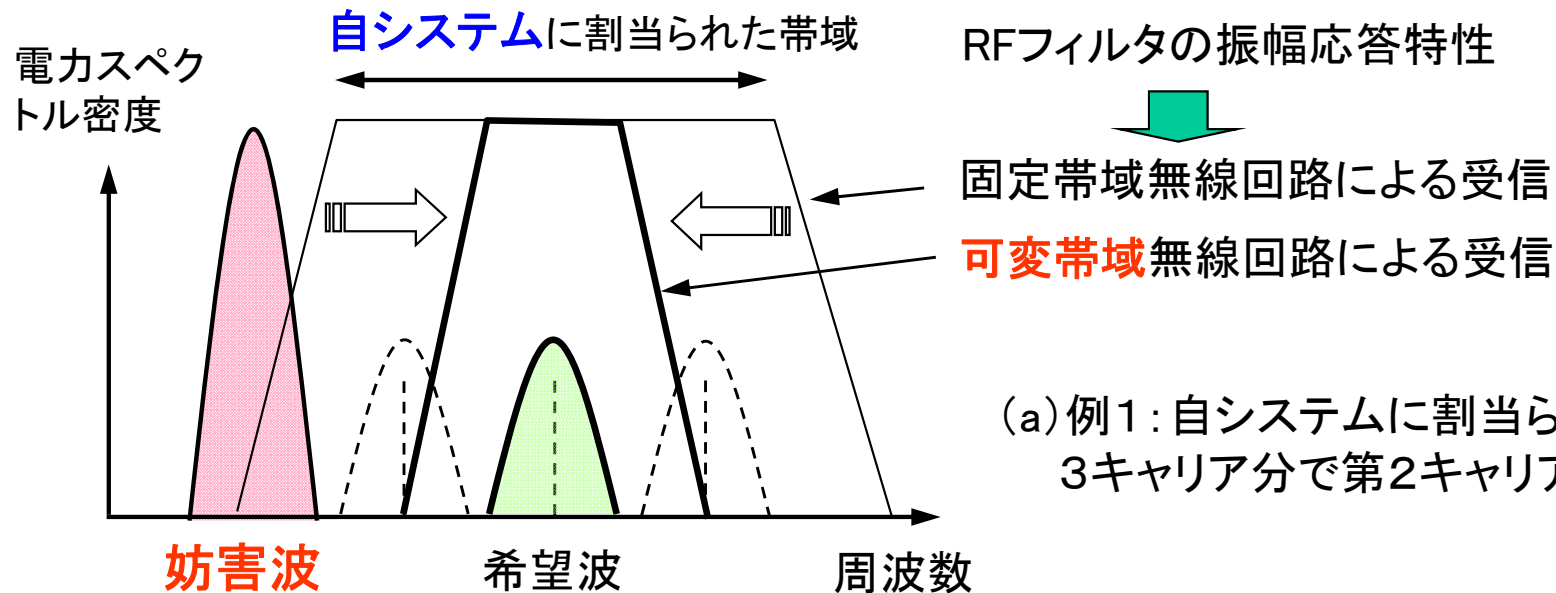


任意の周波数にチューニング可能  
(バンドフリー)

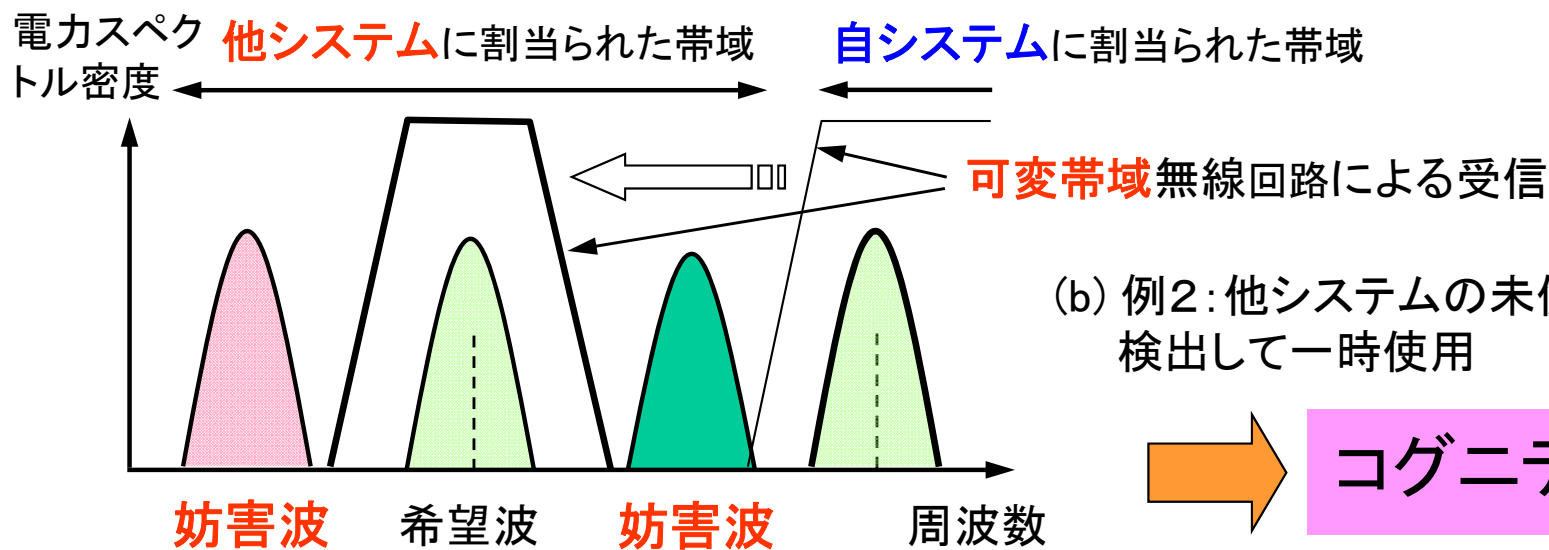


RF-MEMS SWを用いた900MHz/1.5GHz/1.9GHz帯  
リコンフィギャラブル電力増幅器 (NTTドコモ)

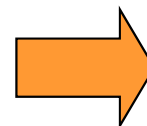
# バンドフリー無線回路の利用概念



(a) 例1: 自システムに割り当てられた帯域が  
3キャリア分で第2キャリア使用の場合



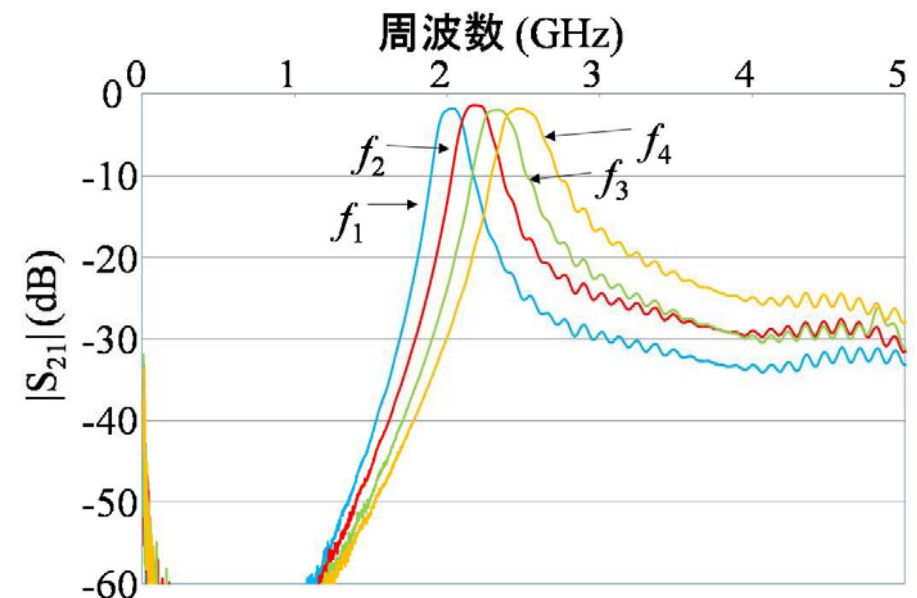
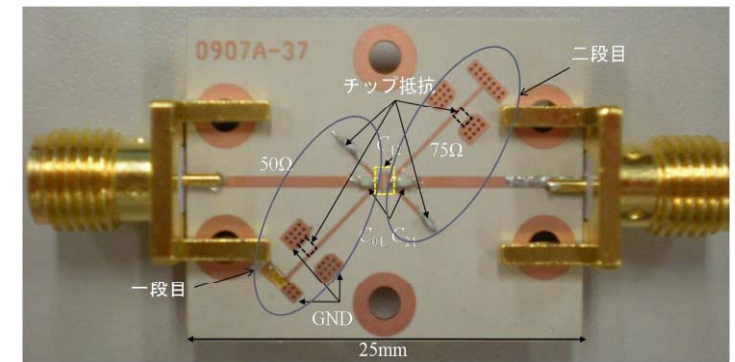
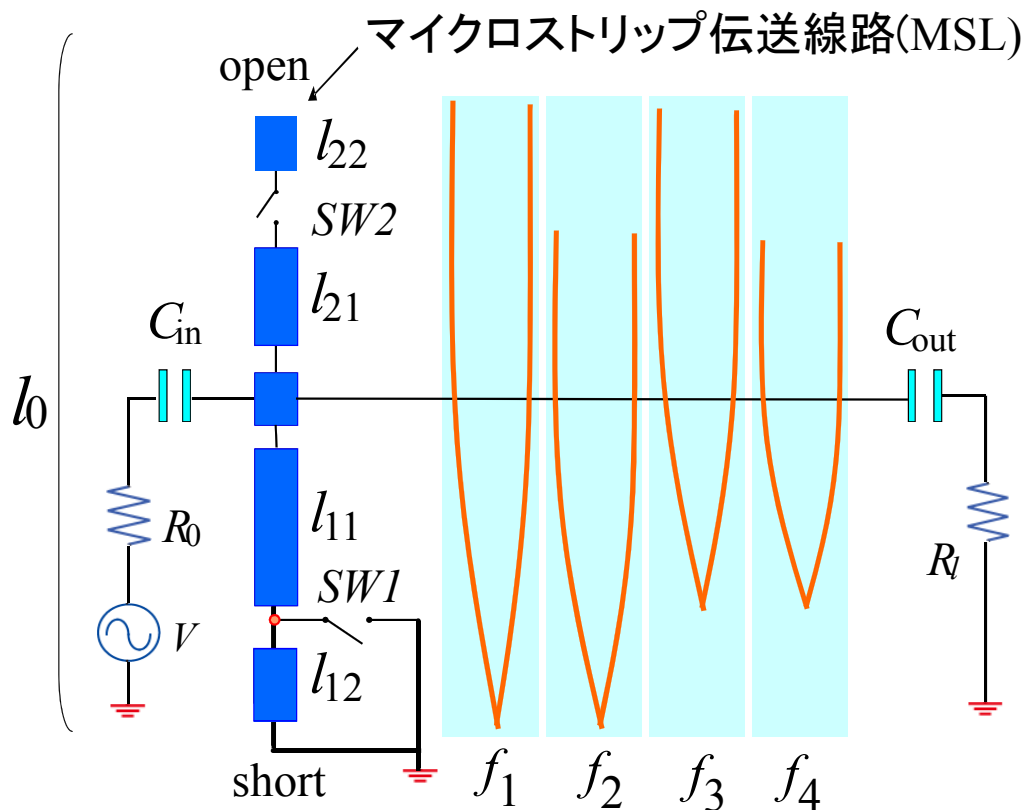
(b) 例2: 他システムの未使用帯域を  
検出して一時使用



コグニティブ無線

# リコンフィギャラブルRFフィルタ

タップ付き  $\lambda/4$  伝送線路の間に  $N$  個のRFスイッチを挿入することで  $2^N$  の共振周波数を切り替える

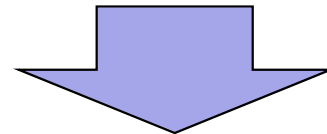


中心周波数	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
挿入損失(dB)	1.94	1.38	1.95	1.76
3dB帯域幅(MHz)	179	202	232	264

\* H. Mori, J. Ohtsuka, R. Fukuda and Y. Yamao, "Two-Stage Reconfigurable Bandpass Filter Using Two-Bit Variable-Length Transmission Line Resonator," Proc. APMC 2010, Dec. 2010.

## 線形送信電力効率の飛躍的向上に向けた研究

地上デジタル放送や今後のブロードバンドワイヤレス通信では、周波数利用効率に優れかつ遅延ひずみに強い**OFDM(直交周波数分割多重)**信号の採用が進んでいるが、**ピーク電力対平均電力比(PAPR)**が大きく、線形増幅時の**送信電力効率が低い**という課題がある

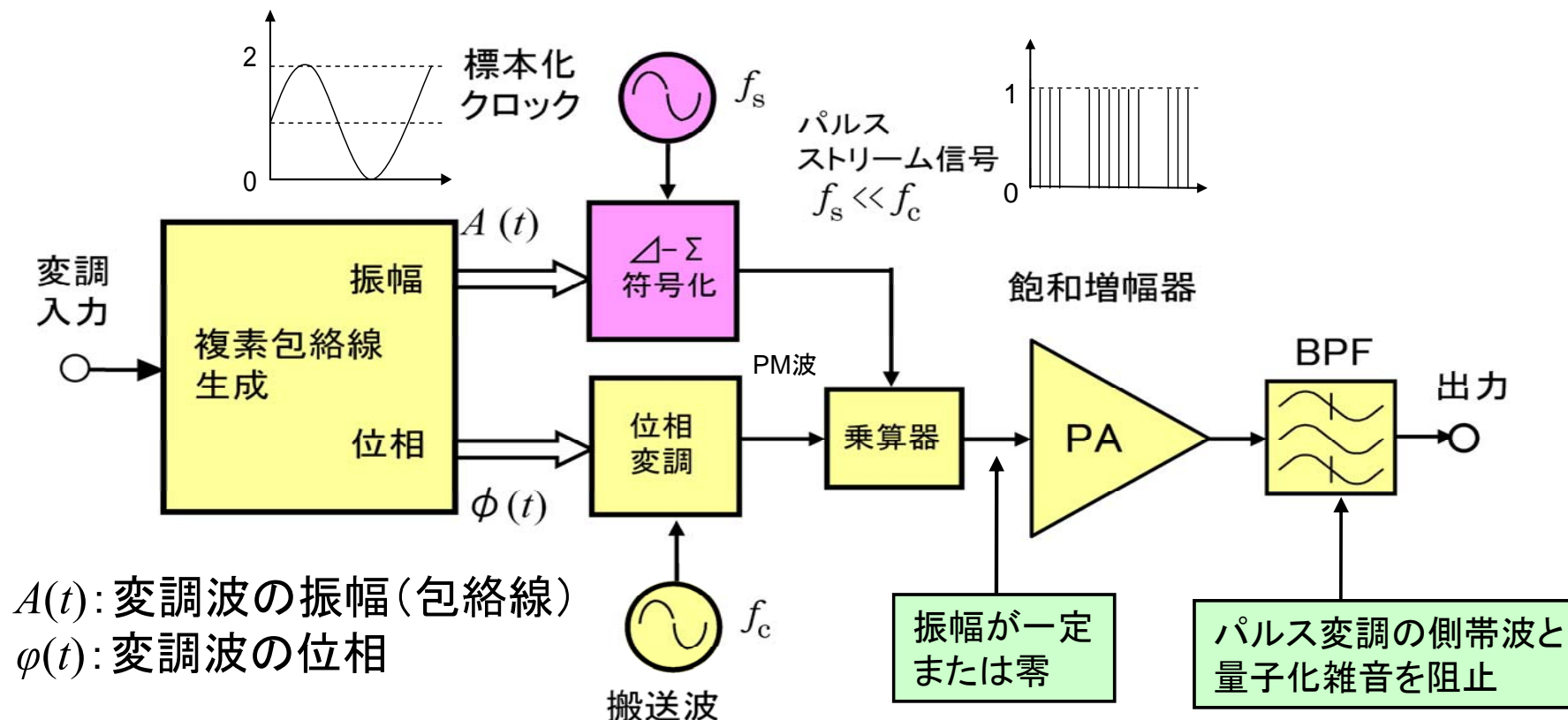


### **EPWM(Envelope Pulse Width Modulation)送信法**

**$\Delta$ - $\Sigma$ 変調器**を用いた**EPWM送信法**では、線形変調波の複素包絡線の**振幅成分**を $\Delta$ - $\Sigma$ 変調器によりPWM信号に変換し、位相成分のみで変調したPM波をPWM信号で**ON-OFF変調**を行う。パルス変調されたPWM信号の振幅は0または一定値になるので、飽和増幅器を常時最大効率で動作させることができ、線形性を保ちつつ高い電力効率を達成できる。



# 包絡線パルス幅変調 (EPWM) による 高効率線形送信法\*



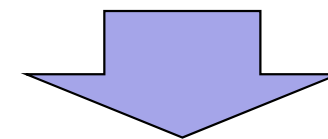
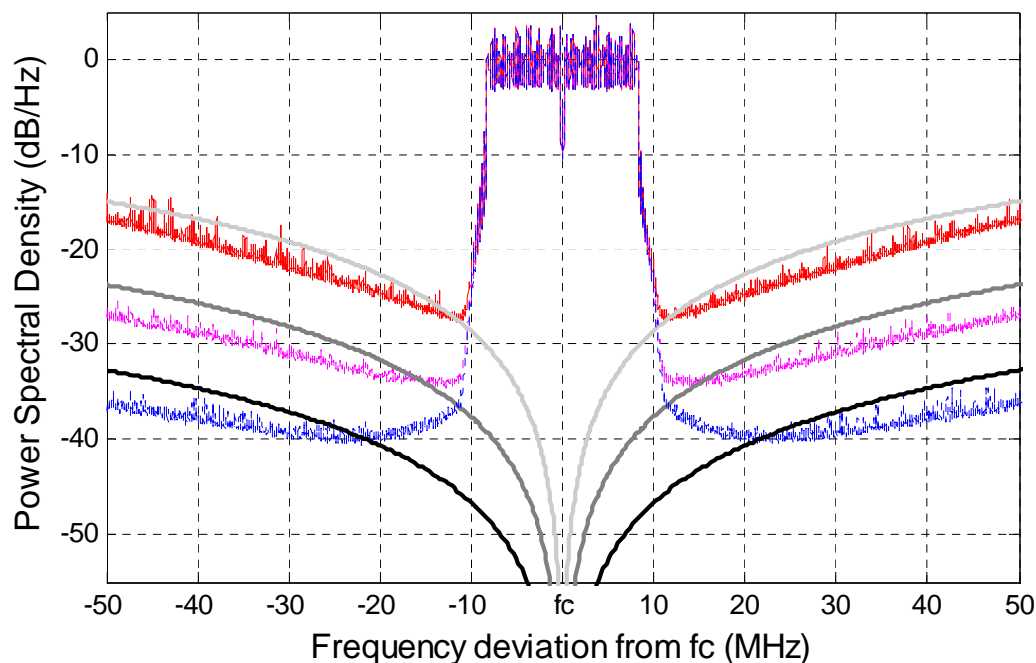
- 包絡線をPWM信号に変換することで、振幅が一定値または0となり、増幅器の非線形によるひずみが原理的に発生しない
- 飽和動作増幅器を使用できるので、高い電力効率が可能

\* E. Umali, Y. Toyama and Y. Yamao, "Delta-sigma Envelope Pulse-Width Modulation (EPWM) Transmitter for High Efficiency Linear Amplification," IEICE Tech. Rep. RCS2007-103, Nov. 2007.

# 包絡線パルス幅変調 (EPWM) の課題

- $\Sigma$ 変調器で発生する  
量子化雑音の抑圧

電力増幅器の高  
効率バースト動作



従来の増幅器は非送信時も  
バイアス電流を消費していた。

デジタル信号処理技術と  
高周波アナログ回路技術の  
研究が必要！

EPWM送信法で発生したIEEE802.11a信号スペクトル  
に対する  $-\Sigma$ 変調器オーバーサンプルレシオの影響

山尾研究室ではAWCCの各研究室や  
関連研究室とも協力してワイヤレス技術の  
幅広い研究を行っています。

内容にご関心がありましたら  
[yamao@awcc.uec.ac.jp](mailto:yamao@awcc.uec.ac.jp) まで  
ぜひご相談ください。



# 山尾研・藤井合同菅平合宿(2011.10)

