

# ホワイトスペース利活用における コグニティブ無線技術の課題と効用

電気通信大学

先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター  
(AWCC)

藤井 威生

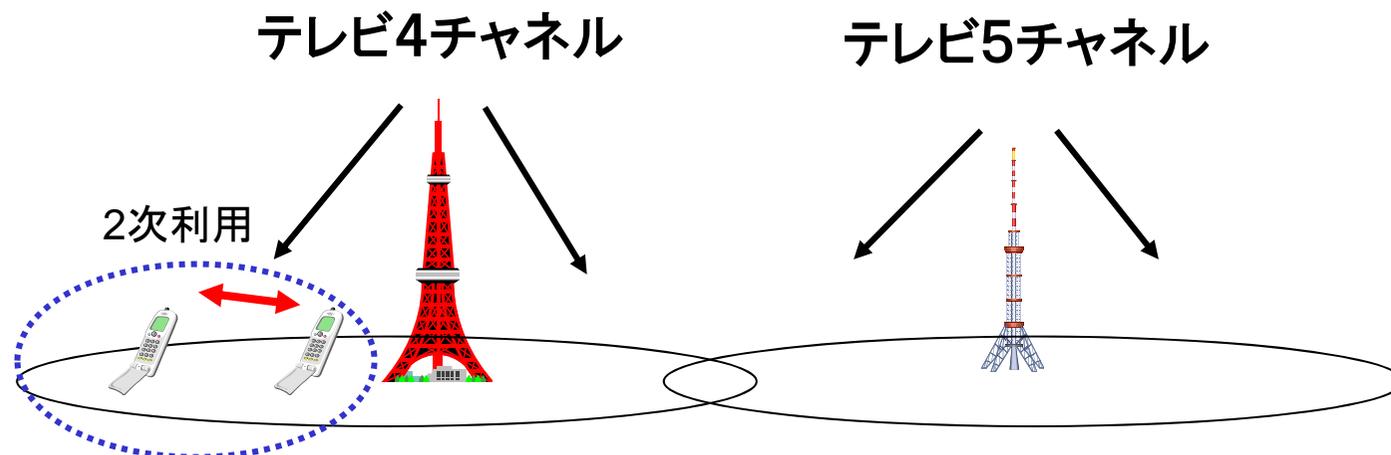
ホワイトスペース利活用検討研究会キックオフ

# ホワイトスペース

各国の規制機関(米国:FCC、日本:総務省)により、  
周波数帯域はあらかじめ決められたシステムに割り当て

しかし、時間的・空間的にいつも利用されているとは限らない

## テレビ放送帯域での例



5チャンネルはタワー周辺では利用されていない

# 現状の周波数利用状況

---

実際の利用環境を調査すると、混雑している都市部でも、空間的、時間的な周波数瞬時利用率は

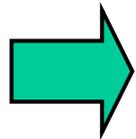
**20%以下**

にとどまっていると言われている

この空間的・時間的に利用されていない周波数を

**ホワイトスペース帯域**

この帯域を有効に利用し、将来の無線通信に活用しよう



周波数共用型コグニティブ無線の基本コンセプト

# 実際の無線利用の例

Network Stumbler - [20070923132447]

File Edit View Device Window Help

Channels  
SSIDs  
Filters

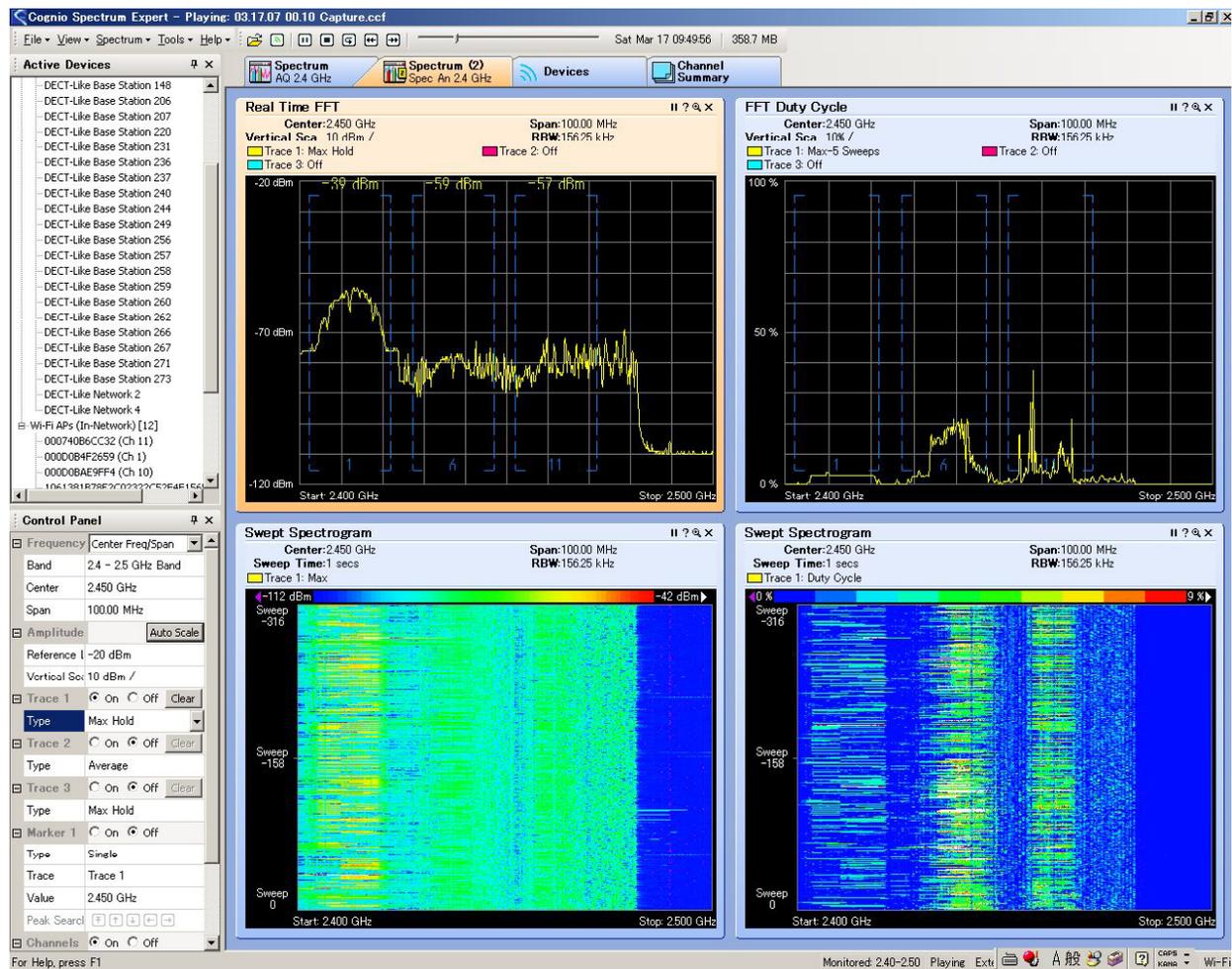
MAC	SSID	Name	Chan	Speed	Vendor	Type	Enc...	SNR
000D024			7	54 Mbps		AP	WEP	
000D0BA			1	54 Mbps		AP	WEP	
000D0BF			9	54 Mbps		AP	WEP	
00A0B03			7	11 Mbps	I-O Data	AP		
0016014C			6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	
000D023			7	54 Mbps		AP	WEP	
000D0B9			11	54 Mbps		AP	WEP	
0080878E			3	54 Mbps		AP	WEP	16
00808773			3	54 Mbps		AP	WEP	
00808773			5	54 Mbps		AP	WEP	
00184D5			11	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	
000D0BA			10	54 Mbps		AP	WEP	
00A0CA2			7	54 Mbps		AP	WEP	
000740C			11	54 Mbps	Melco (...)	AP	WEP	38
000D02C			7	54 Mbps		AP	WEP	10
00160163			10	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	13
001124E			13	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	13
000D0BF			11	54 Mbps		AP	WEP	13
00160124			7	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP	12
000D0B4			11	54 Mbps		AP	WEP	11
000A796			6	54 Mbps	Corega	AP	WEP	16
000D029			7	54 Mbps		AP		21
000D023			7	54 Mbps		AP	WEP	15
000A798			6	54 Mbps	Corega	AP		24
000D0B4			1*	54 Mbps		AP	WEP	47

Ready 12 APs active GPS: Disabled 25

混雑が指摘されている2.4GHz帯域

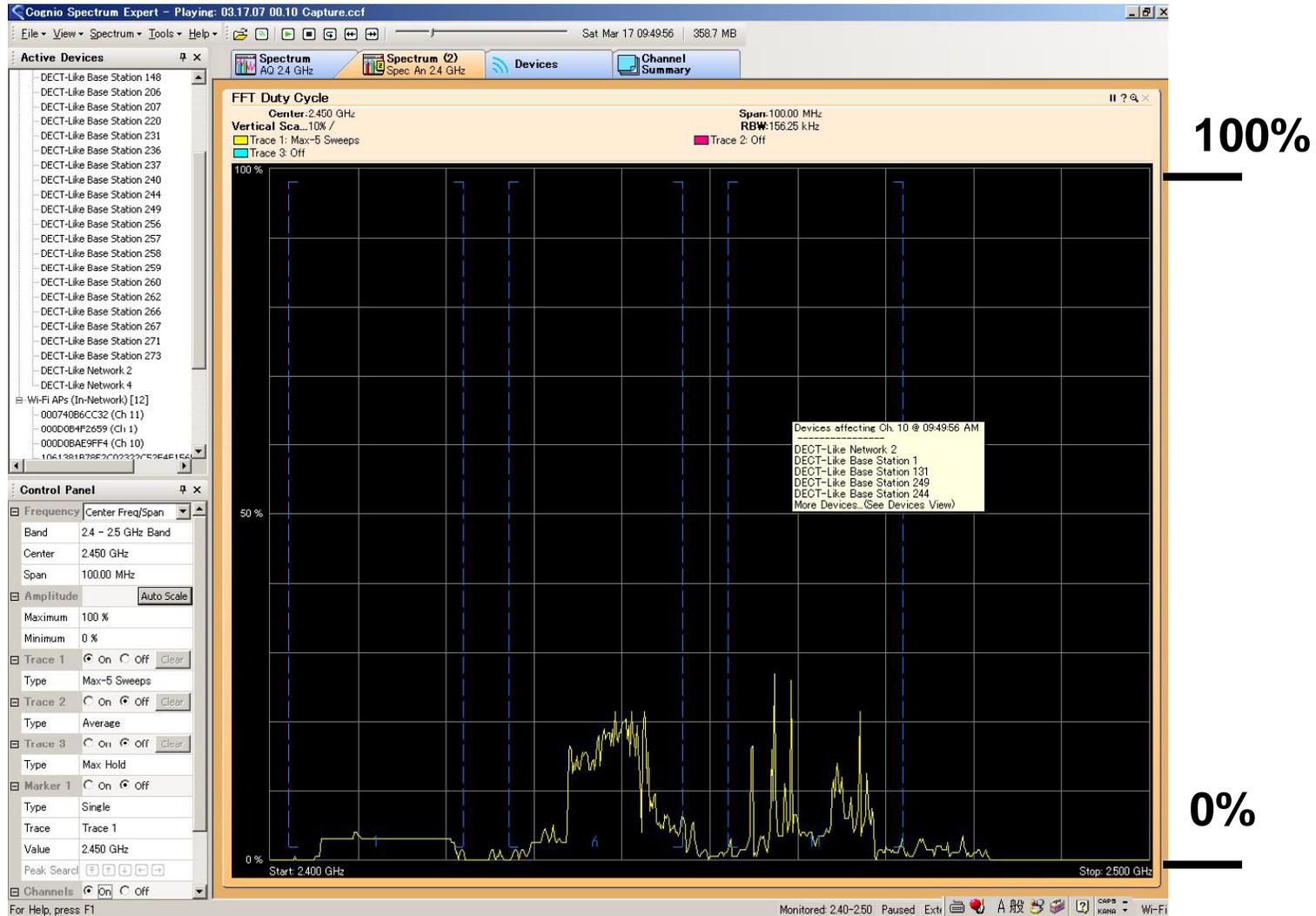
環境: 川崎市大規模マンション10階

# 無線LAN帯域の周波数利用状況



混んでいるといっても常に使っているわけではない

# チャンネル利用率



# コグニティブ無線とは

Cognitive Radio (CR) ⇒ 認知無線



- 通信方式
- 変調方式
- 周波数
- データレート

などの通信パラメータを周囲の無線環境を**認知**して自律的にパラメータの設定を行う無線システム

電波環境に応じて、自律的に通信パラメータを最適化する無線

周波数資源不足の問題に対する抜本的な対策として期待

# スペクトル共用システム

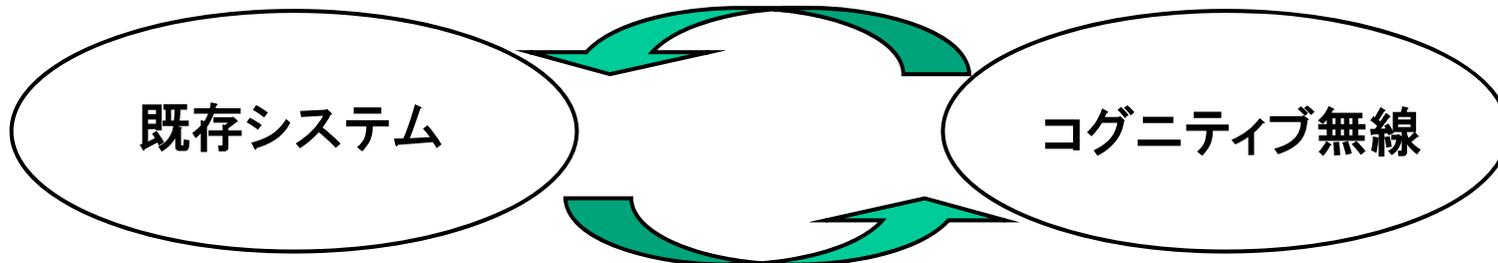
既存のシステムが利用していない周波数帯(ホワイトスペース)

➡ 別のシステムがその周波数を利用可能

## 周波数共用型コグニティブ無線システムの活用

プライマリシステムとセカンダリシステムとの間での相互  
干渉回避が必要

与干渉



プライマリシステム(1次システム) **被干渉** セカンダリシステム(2次システム)

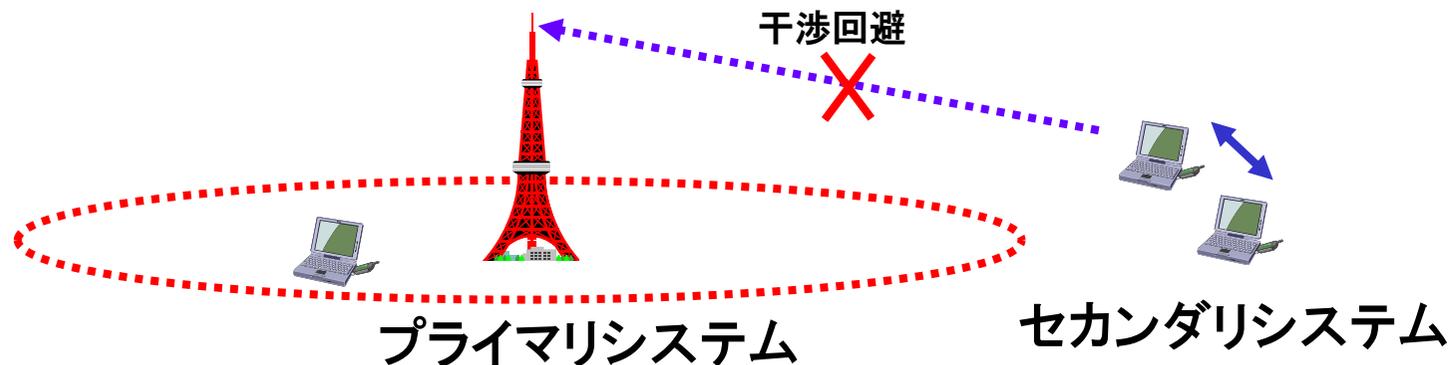
# プライマリセカンダリシステム

**プライマリシステム**: 既存システムとして優先されるシステム  
セルラーシステム、テレビ放送、防災無線など

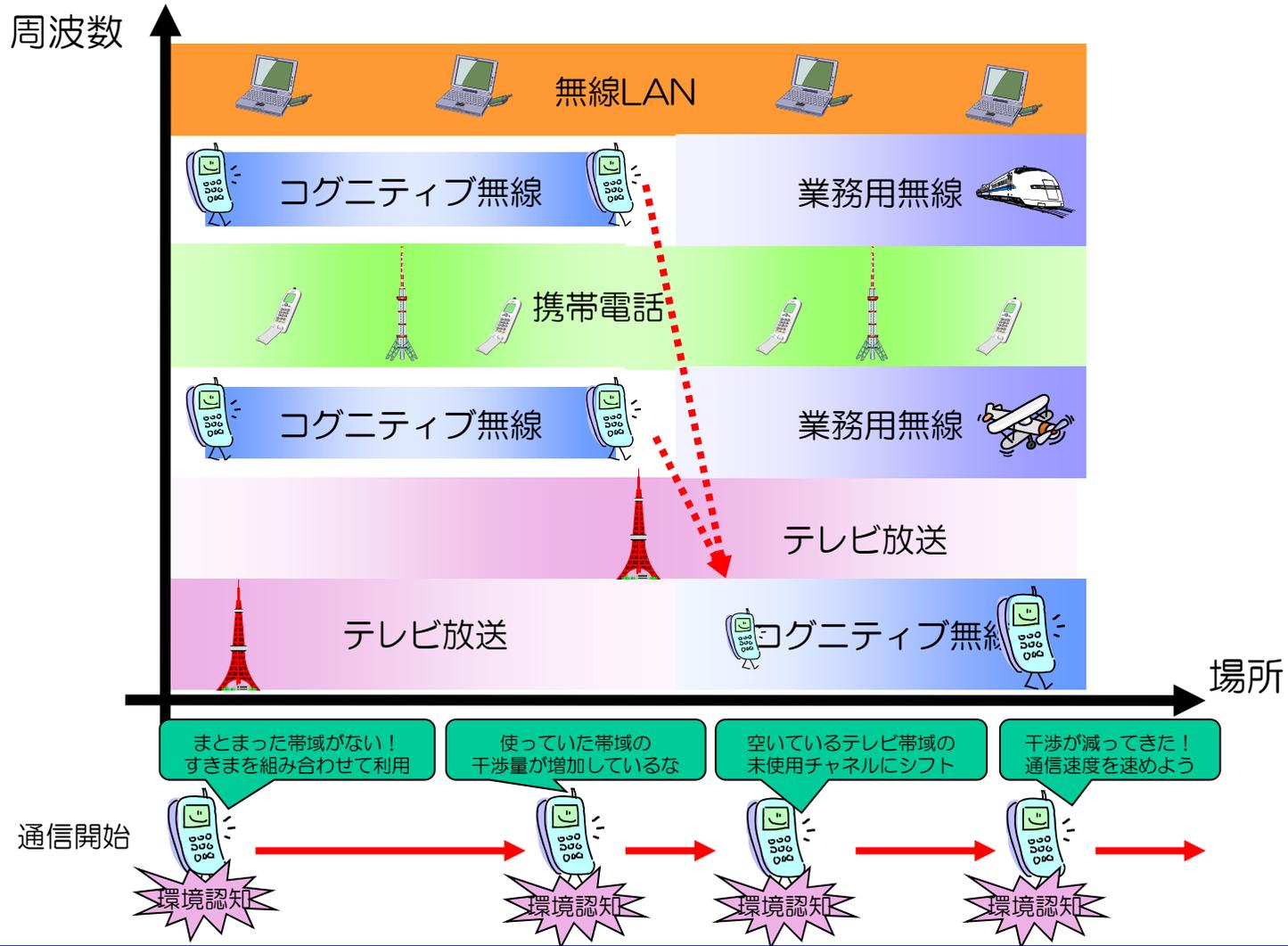
**セカンダリシステム**: 新たに周波数共用する非優先システム

セカンダリシステムからプライマリシステムへの与干渉を最小化した通信が必要

例



# スペクトル2次利用のイメージ



# コグニティブ無線を活用したホワイトスペース利用

---

ホワイトスペース利用が検討されているサービスイメージ

- 無線インターネットサービス(米国IEEE802.22):テレビ帯域でのインターネットサービス
- 無線LAN(米国IEEE802.11af):テレビ帯域での無線LANサービス
- エリアワンセグ放送(日本):地域限定のワンセグ放送
- 携帯電話の帯域拡大(欧州):臨時的に別帯域を借用
- センサネットワーク:センシング情報を集約、スマートグリッド
- ITS:車両間ネットワークによる安全・環境・娯楽
- 現在は周波数割り当てがされていない新サービスの導入

# ホワイトスペース活用の分類

---

## テレビホワイトスペース

- 米国を中心に標準化が進行
- 日本ではエリアワンセグへの固定的割り当てが検討
- 米国では最大送信電力や既存システム検知能力などにより複数のシステムイメージが存在

## 一般化されたホワイトスペース(高度な周波数共用)

- テレビ帯域に限定しないホワイトスペースの活用
- 無線周波数全体を考えて空き帯域を探索
- ダイナミックなコグニティブ無線機を用いることで、複数帯域を活用し、より柔軟な無線システムを構築

# コグニティブ無線基本技術

---

- **スペクトルセンシング技術**  
低い電力レベルの信号検出手法(雑音レベル以下)
- **周波数共用技術**  
プライマリシステムへの干渉を与えない電力・帯域設計
- **データベース活用による補助情報通知**  
セカンダリシステムが選択する帯域決定などを補助
- **コグニティブ無線向けMACプロトコル**  
プライマリシステム存在下でのセカンダリ運用
- **ソフトウェア無線機**  
ソフトウェアにより無線パラメータを変更できる無線機
- **クロスレイヤコグニティブ無線ネットワーク**  
レイヤをまたいで適応化した無線ネットワーク

# 実証実験の重要性

---

コグニティブ無線は今までの無線システムとは異なる周波数共有の考え方が特徴

従来の固定的な相互干渉設計では

開拓できる新たな周波数資源はわずか

➡ 潜在的に活用可能なホワイトスペースが有効に使いきれない可能性あり

コグニティブ無線の利用が可能なプライマリ保護技術の必要性

センシング、データベース、MACプロトコル、クロスレイヤ連携などの新技術がどのように活用できるかは未知数

**実証実験による利用可能性の証明が必要**

# まとめ

---

ホワイトスペースの概要と技術的課題について紹介

- ◆ 新たな周波数利用が可能となる周波数共用型コグニティブ無線の利用
- ◆ プライマリシステムに影響を与えずに大幅な周波数有効利用と新サービス実施の可能性
- ◆ 短期的にはホワイトスペースを活用した小さなサービス実施も有効
- ◆ 中・長期的な視点でのコグニティブ無線技術の導入がホワイトスペースの高効率利用につながる可能性
- ◆ 日本の本分野での優位性を確保するためにも、実証実験を含めた継続的な研究・開発活動が重要