無線通信技術の革新と総合化

2013年10月

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)

山尾 泰







- ◆無線通信技術の革新
- ◆ 要素技術の総合化(システム化)
- ◆ AWCCの研究と今後の展望



真理は見えるものの背後に存在する

電波伝搬





無線通信技術の革新の原動力(1)

◆ カバレッジ(どこでも、いつでも通信したい)

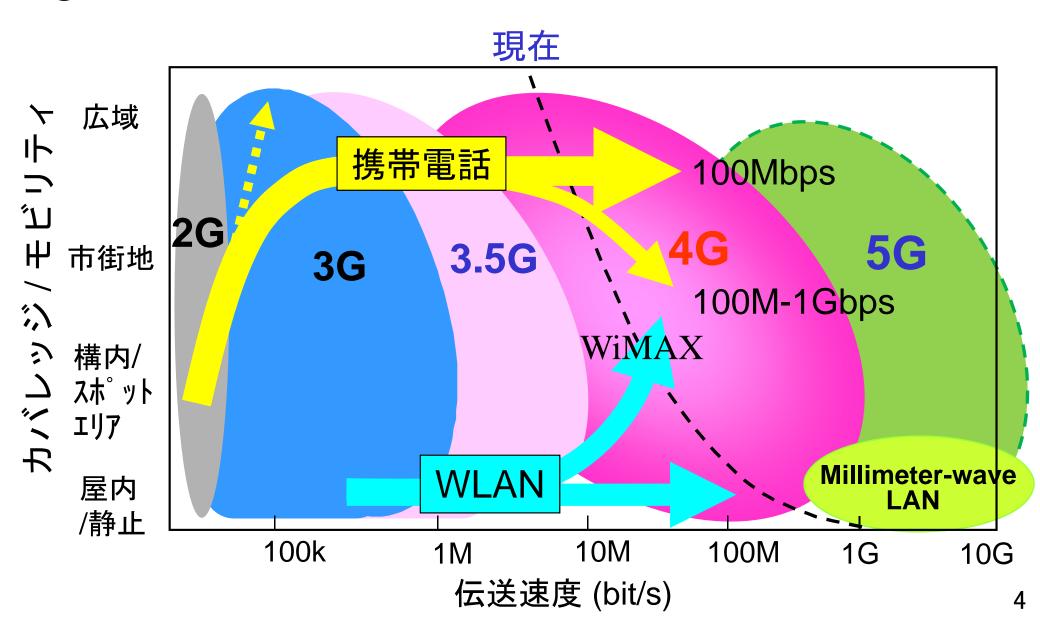
◆ ブロードバンド化(ユーザスループット向上)

- ◆ 大容量化(多数のユーザを収容、周波数利用効率)
- ◆ 安定な通信品質(雑音、干渉による品質低下)
- ◆ 端末・基地局の小型・低消費電力化

H

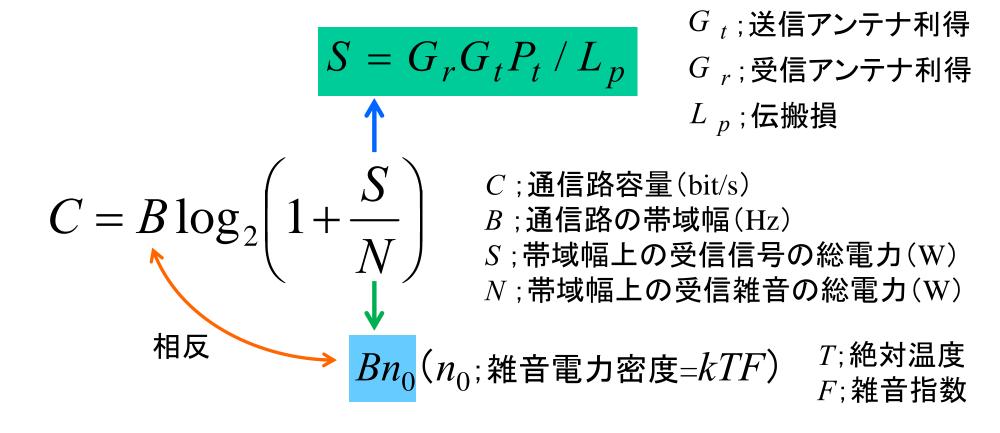
カバレッジと通信速度のトレードオフ

● 携帯電話システムは背反する要求を目指して進化中





● Shannonの通信路容量



- ◆ シャノン限界を実現する具体的な方法を、Shannonが示したわけではない
- ◆ 広帯域化で雑音電力が増加するので、S を増加しないと容量は増加しない

 P_t ;送信機出力電力

受信電力を上げる

- ◆ 送受信間距離を短くして伝搬損失を減らす
 - ⇒ 無線ゾーン半径縮小(マイクロセル、ピコセル、フェムトセル基地局の導入)
 送信機の電力効率改善
- ◆ マルチアンテナ受信/送信、ダイバーシチ技術
 - → フェージングによる損失増加の軽減、 システムとしてのアンテナ利得の増加

これらの技術は、ブロードバンド化のみならず、 大容量化・通信品質の安定化にも大きく寄与



無線通信技術の革新の原動力(2)

- ◆ カバレッジ(どこでも、いつでも通信したい)
- ◆ ブロードバンド化(ユーザスループット向上)

◆ 大容量化(多数のユーザを収容、周波数利用効率)

◆ 安定な通信品質(雑音、干渉による品質低下)

◆ 端末・基地局の小型・低消費電力化

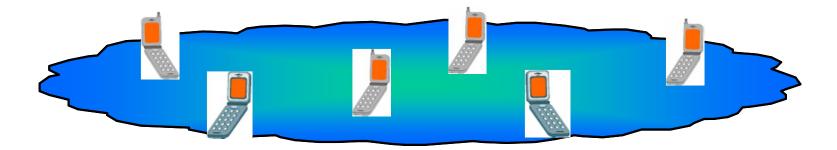
マルチプルアクセス

● 移動通信を初めとするワイヤレス通信ネットワークでは、 複数の加入者が空間という伝送媒体を共同利用する。

Multiple Access(MA;多元接続)



複数の(ユーザ/通信機が) 伝送媒体を利用する

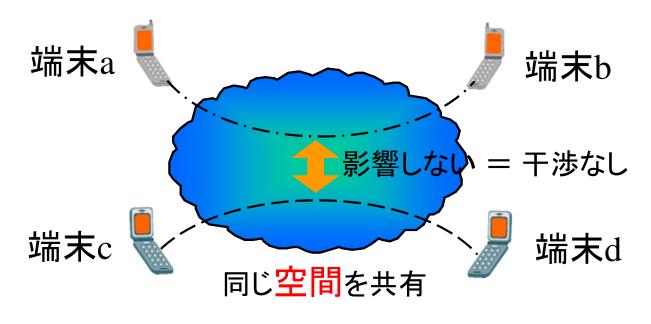


複数のユーザ/通信機が、互いの通信を妨害(競合)せず、 伝送媒体を共同利用することがマルチプルアクセスである。



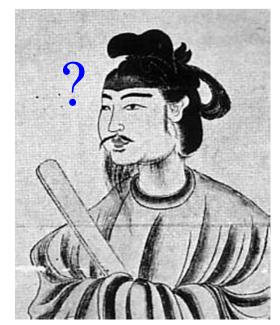
マルチプルアクセスと通信チャネルの独立性

● 干渉を防ぐには、端末毎の通信が互いに「独立」で 相互に影響しないことが必要





単位空間において、できる限り多量の通信が可能なシステムが望ましい



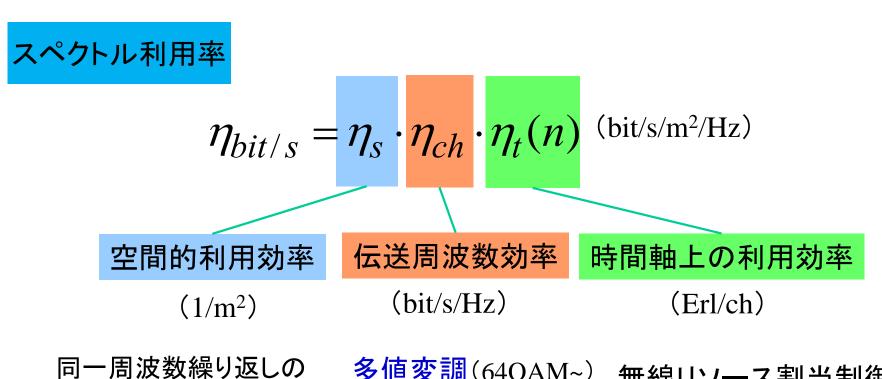




周波数(スペクトル)利用率

● 情報伝送速度のユーザ総計でシステム容量をあらわしたとき

単位帯域(1Hz)・単位面積(m²)あたりのシステム容量で 周波数(スペクトル)利用効率を表すと考えることができる。



同一周波数繰り返しの 稠密化(誤り訂正符号 化、干渉キャンセラ) 多値変調(64QAM~) 適応変調·符号化 MIMO多重

無線リソース割当制御 (ユーザ間ダイバーシチ)



未使用周波数の有効利用

- 現実には全ての周波数帯域が24時間、全ての空間で使用されているわけではない。
- 空間および時間によって未使用の周波数帯域を有効活用することができれば、実質的なスペクトル利用率を上げ、大容量化することが可能となる。
- このためには、現在の環境を認識して2次ユーザが使用可能な帯域を 決定できる必要がある。

コグニティブ無線

実現の課題

- ✓1次ユーザの正確なセンシング法
- ✓1次ユーザに関する詳細なデータベースと2次ユーザのアクセス手段
- ✓任意の周波数帯域にアクセスできるバンドフリー無線回路



無線通信技術の革新の原動力(3)

- ◆ カバレッジ(どこでも、いつでも通信したい)
- ◆ ブロードバンド化(ユーザスループット向上)

◆ 大容量化(多数のユーザを収容、周波数利用効率)

◆ 安定な通信品質(雑音、干渉による品質低下)

◆ 端末・基地局の小型・低消費電力化

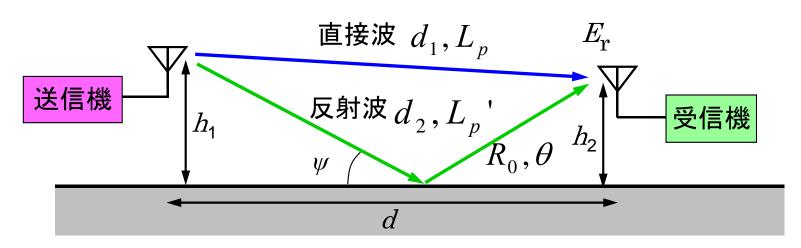
ワイヤレス通信の品質

● ワイヤレス通信の本質とは

確率現象(偶然)が支配する

自然現象(電波伝搬)を用いた

時には使えないシステム

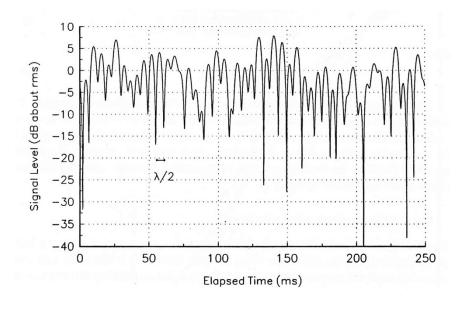


見通し区間でも地面反射波によりフェージングが発生

フェージング

フェージングの原因;多重波伝搬

- (1)気候の変化や気象現象(蜃気楼など) による空間の状態変化
- (2)空間をとりまく環境の変化
- 例1) 送信点または受信点の移動による
- 例2) 周囲の物体(人間を含む)の移動
- 例3)建物や道路の水濡れ、積雪、落葉など



- ワイヤレス通信のほとんどの環境でフェージングは避けられない
- その影響を抑える技術(TPC;送信電力制御とダイバーシチ受信)は 携帯電話システムでかなり高度化したが、未だ完璧ではない
- 一方、小型のユビキタスデバイスやセンサーでは、高価な対策が困難であり、フェージング対策が未だ大きな課題である



無線通信技術の革新の原動力(4)

- ◆ カバレッジ(どこでも、いつでも通信したい)
- ◆ ブロードバンド化(ユーザスループット向上)

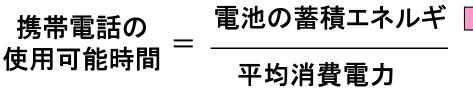
◆ 大容量化(多数のユーザを収容、周波数利用効率)

- ◆ 安定な通信品質(雑音、干渉による品質低下)
- ◆ 端末・基地局の小型・消費電力化

端ラ

端末の小型化

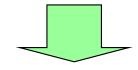
- 小さくするだけではダメ、消費電力の低減が必要
- システム、装置、回路、デバイス、全てのレイヤで 電力消費を抑えることが必要。





電池のエネルギー密度の向上

・急速充電法による充電時間短縮



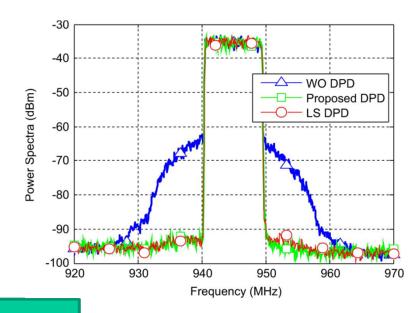
平均消費電力 ∞ デバイス性能 × 回路構成 × 装置構成 × システム設計

例1) 送信部 GaAs、HEMT F級動作、歪補償法 TDD 送信出力、電力制御 基地局配置密度

例2)受信部 SiGe-HBT 直接変換受信 アンテナ選択 間欠受信比率 ダイバーシチ

非線形補償技術

- ワイヤレス通信では干渉を抑えるため帯域外放射を厳しく規制
- ブロードバンド信号伝送に用いられるマルチキャリア変調(OFDM)は非線形の影響を受けやすく、帯域外放射が発生するため、高い電力効率での増幅が困難
- 端末や基地局の小型・消費電力化のために 線形性と高効率の両立が必要



OFDM信号送信スペクトル

非線形補償技術、パルス変調増幅技術

実現の課題

- ✓非線形素子の正確なモデル化と、少ない次数での逆特性の探索法
- ✓非線形補償帯域のブロードバンド化、複数帯域の一括補償
- ✓源信号が不明な受信機でのブラインド非線形補償
- ✓パルス動作送信法の技術確立



2. 要素技術の総合化(システム化)

ワイヤレス通信品質劣化の原因と対策

● ワイヤレス通信で良好な通信品質を得るためには、複数の原因に 対する広い範囲の技術が必要

熱雜音

 $S/N_{\rm th}$

信号Sの伝搬損を抑える技術

都市雑音

 $S/N_{\rm m}$

干涉

S/I

干渉 / を抑圧・軽減する技術

遅延ひずみ

S/D

信号のひずみ Dを抑える技術

同期誤差

 φ

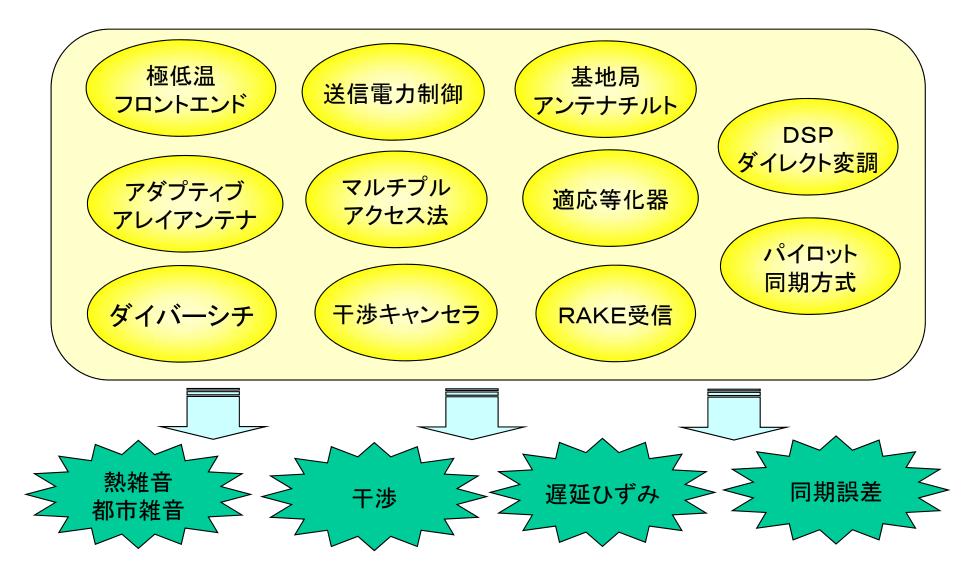
装置精度

EVM

変復調精度を高める技術

必要な技術分野

● 必要な技術分野は広く、個々の研究者の守備範囲では不足 プロジェクト研究が有効な技術を生み出す





3. AWCCの研究と今後の展望



電気通信大学と無線通信

1918年12月8日 社団法人電信協会 「無線電信講習所」創設 モールス信号で通信を行う 無線通信士を養成

1949年5月31日 国立学校設置法 施行により**電気通信大学**設置

2005年4月 先端ワイヤレスコミュニケーション 研究センター (AWCC) 発足

学内に分散する無線通信技術関連の 教員を結集し、シナジー効果を得る

現在 教授 7名(兼務含む) 准教授 1名 助教 1名 所属学生数 約120名





AWCCの組織構成(平成25年度)

AWCCは兼務教員、協力教員を通して大学院および学部と深く連携し、 複数のプロジェクトを推進、産学連携や外部資金獲得でも大きな実績を 上げている。

センター長 山尾 泰 教授

専任教員 山尾 泰 教授*、藤井威生* 准教授 3名 石橋功至* 助教

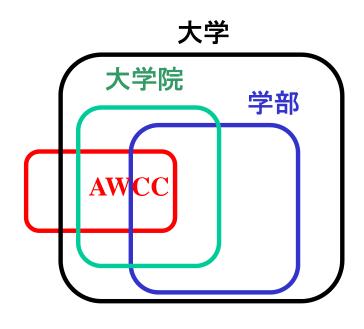
兼務教員 石橋孝一郎、大木英司、 4名 唐沢好男、本城和彦 各教授

特任 客員教員(特定領域研究担当) 4名

協力教員 学内ワイヤレス関連教員 20名

客員教員(產学連携担当)企業 研究所等所属 9名

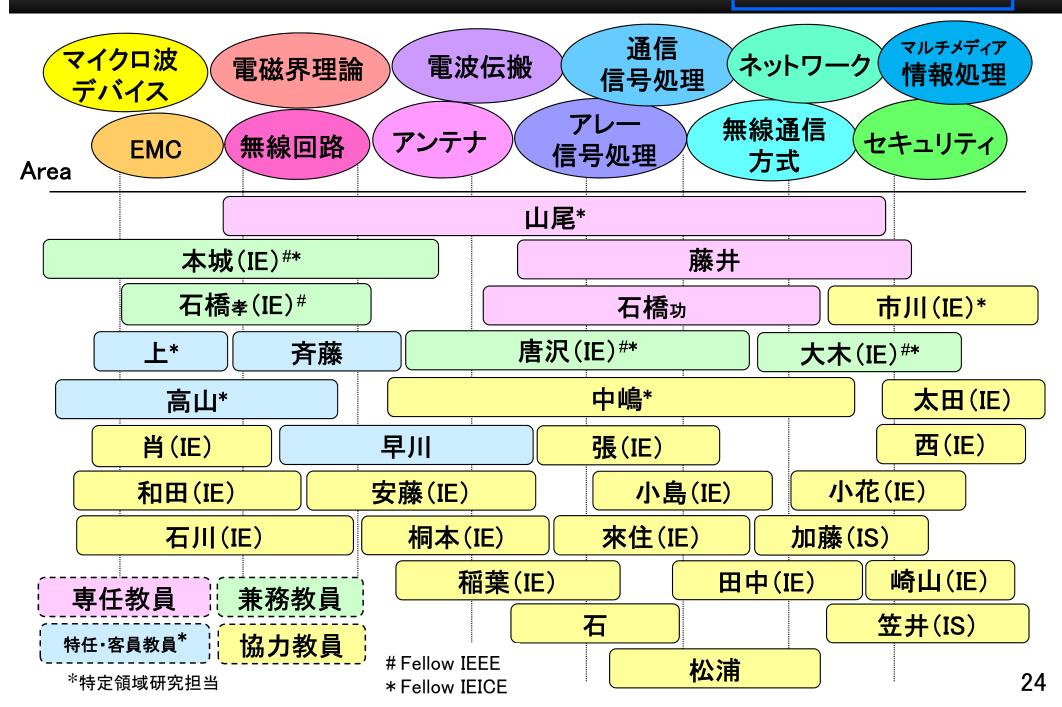
*情報・通信工学科/専攻兼務





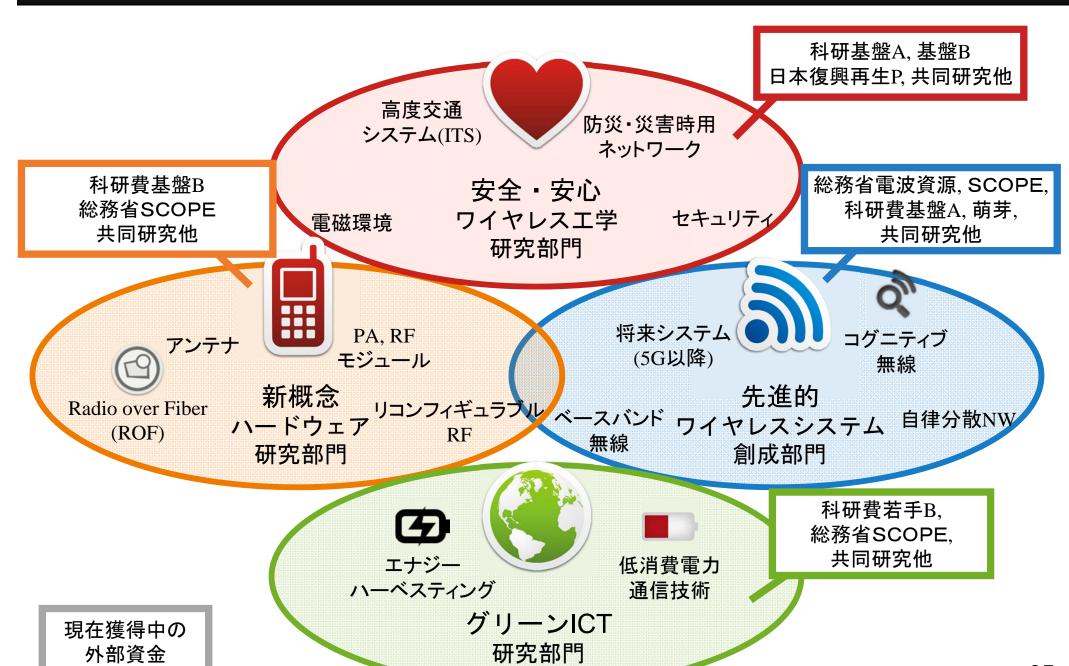
- AWCC教員の研究専門分野

ワイヤレスのキー分野 を広くカバー



H

AWCCのプロジェクト部門研究体制





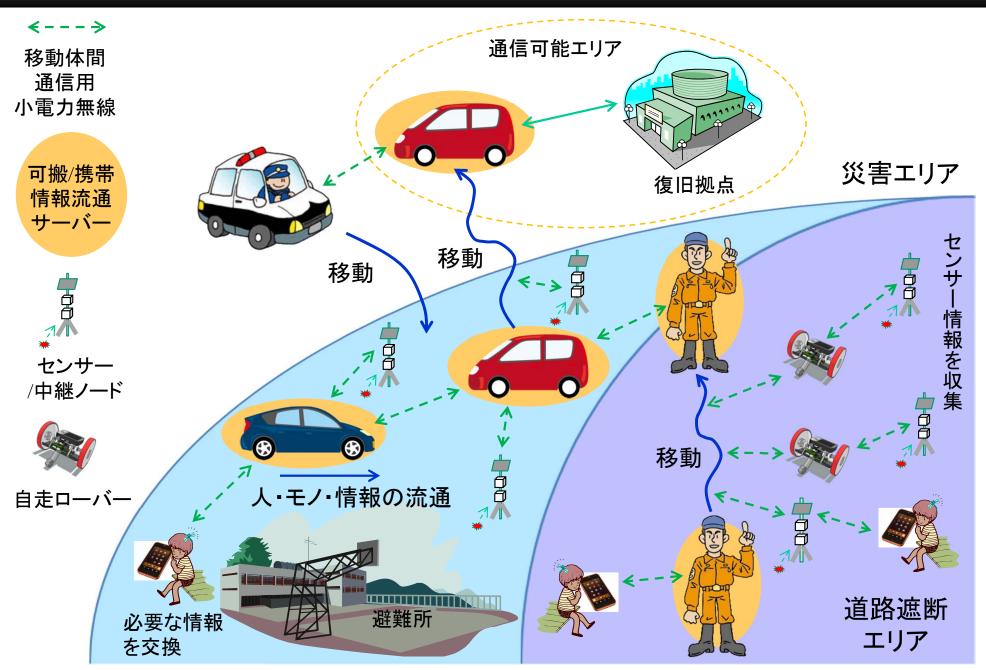
AWCCの今後の展望と方針(研究戦略)

従来から進めてきた4部門の研究を推進すると共に、特に

- 第5世代以降のモバイル通信のキー技術の研究を強化
 - → 超広帯域対応、複数バンド同時利用(キャリアアグリゲーション)対応の RF回路/非線形補償技術、環境適応型ベースバンド無線技術
 - → ヘテロネット(マクロ、マイクロ、ピコセル、フェムトセル基地局混在)環境でのアクセスネットワーク構築のための光無線融合アクセス技術
- ユビキタス・アドホックネットワーク系の研究を強化
 - ➡ ITS、センサーNW、走行車両への情報提供、複数デバイスの協力通信
 - → 大規模災害時の地域統合伝達システムの構築(学内横断プロジェクト) 以上を産学連携のもとで進める
- 超音波通信など電磁波以外による通信領域の開拓



人・モノ・情報の統合によるロバストな地域伝達システム





AWCCの今後の展望と方針(組織分野他)

- 大学院・学部との研究連携を一層強化(8月に兼務教員2名追加)
- 早稲田大学GITI(国際情報通信研究センター)との協力体制強化
 - ➡ Tokyo Wireless Technology Summit (2014年3月開催予定)の開催
- 研究・教育の両面で国際化を推進(海外大学との連携、優秀な海外留学生の獲得、大学院国際PBL授業、TriSAIの推進協力)
- 現在獲得中の競争的資金の終了時期には新たな資金を獲得できるよう準備を進める
- AWCC当初設置期間終了後(2015年度~)に向けた新センター 構想の具体化

(参考)最近のAWCC研究教育関連受賞

- 2013.9月 電子情報通信学会フェロー(大木)、通信ソサイエティ活動功労賞(大木、石橋_功)
- 2013.6月 WPMC'13 Student Best Paper Award(山尾研)
- 2013.5月 WTP2013 アカデミア・発表プログラム成績優秀者(藤井研)
- 2013.2月 電気通信大学優秀教員賞<大学院国際プロジェクト運営教員グループ>
- 2013.1月 CCNC2013 Best Paper Award (藤井研)
- 2012.12月 APMC2012 Student Paper Award (本城研)
- 2012.9月 TriSAI2012 Best Paper Award (唐沢研)
- 2012.6月 電子情報通信学会RCS研究会 初めての研究会<mark>優秀発表賞</mark>(山尾研)
- 2012.6月 総務省関東総合通信局長表彰(山尾)
- 2012.5月 エレクトロニクス実装学会論文賞(本城研)
- 2012.5月 電子情報通信学会アドホックネットワーク研究会 若手研究奨励賞(藤井研)
- 2012.5月 電子情報通信学会SR研究会研究奨励賞(藤井研)
- 2012.5月 IEEE VTC2012-Spring VTS-J Student Paper Award (2件同時受賞)(山尾研)
- 2012.3月 電子情報通信学会学術奨励賞(藤井研)
- 2012.3月 電子情報通信学会WBS Student Paper Award (藤井研)

(参考)最近のAWCC関連報道

- 2012.9.27 "英知磨き新産業担う"(日経産業新聞) 【山尾研究室ほか】
- 2012.5.31 "電子値札-情報多彩、管理も効率よく"(日本経済新聞)【山尾研究室】
- 2012.3.12 "線量測定、安く運用、無料無線や太陽電池活用"(日経産業新聞) 【中嶋研究室】
- 2012.2.22 "オプトエレクトロニクス 電子棚札システム投入"(日刊工業新聞) 【山尾研究室】
- 2011.11.28 "無線でつないで自動化 放射線測定"(NHK-TV) 【中嶋研究室】
- 2011.11.4 "実結ぶ中小の産学官連携 放射線計測ネット開発"(日刊工業新聞) 【中嶋研究室】
- 2009.10.7 "電波伝搬特性を測定 MIMO向け装置開発"(日刊工業新聞) 【唐沢研究室ほか】
- 2009.9.11 "電通大、宇宙太陽光発電向けマイクロ波増幅器を開発"(日刊工業新聞) 【本城研究室】
- 2009.3.31 "外でケータイが急に圏外になるってありえなくな~い?"(NHK-教育) 【山尾研究室】