

# 4 研究活動

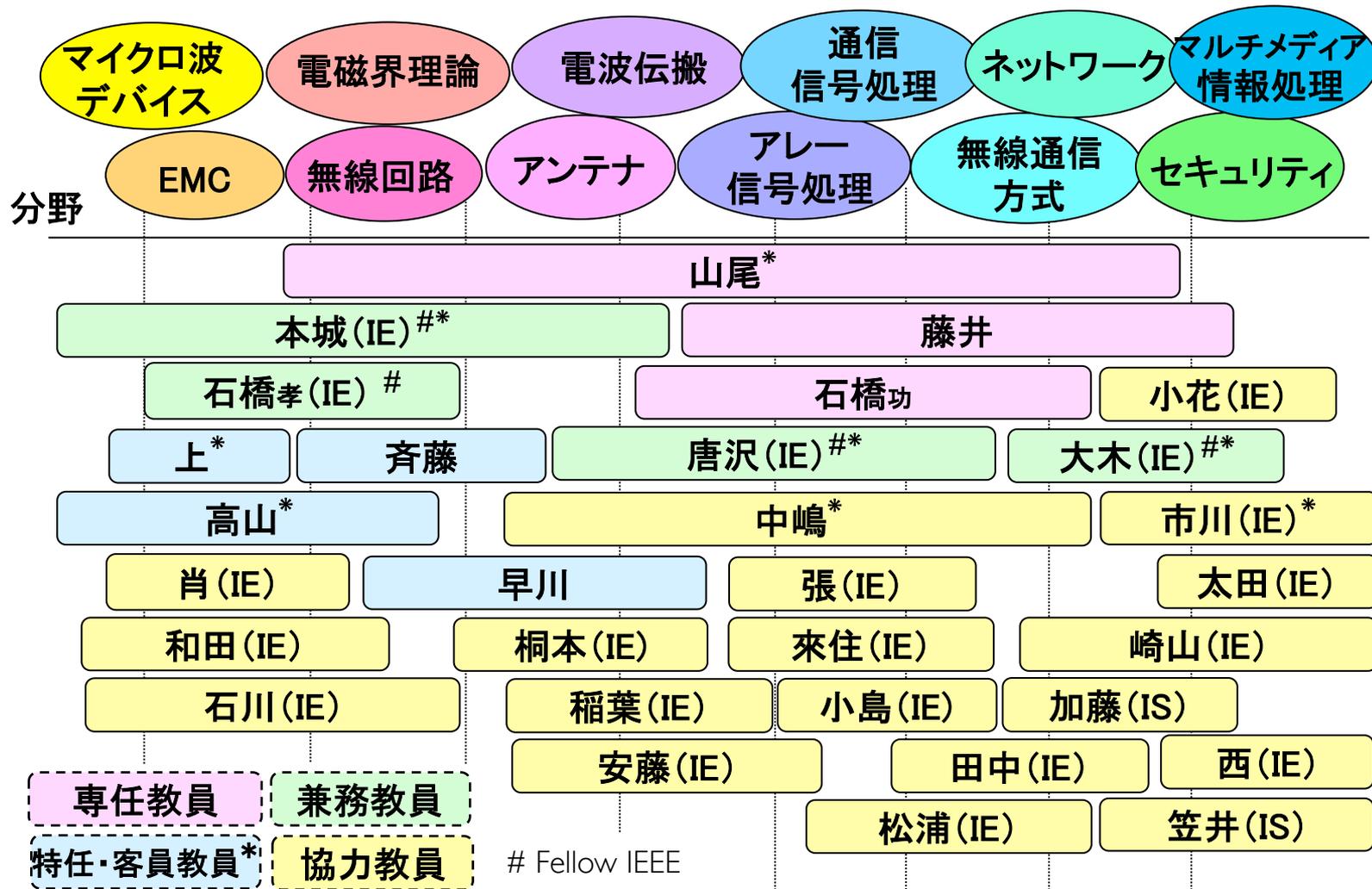
## 4.1 研究背景

- ワイヤレス通信はICT(Information and Communication Technology)を支える基幹技術となり、その代表とも言える携帯電話や無線LANは、人々にとって社会生活上無くてはならないインフラとしての役割を担っている
- ワイヤレス通信の利用の拡大に伴う無線通信資源の逼迫が深刻になっており、将来の持続的な無線通信の活用に向けて解決すべき大きな課題
- 一方、2011年の東日本大震災は、「安心・安全」を支えるワイヤレス通信の重要性を改めて認識させた
- 5G, ITSを初めとする将来のワイヤレス通信技術の研究開発が世界的に活性化
- 電力伝送を中心に通信以外へのワイヤレス技術の展開が活発化

ワイヤレス技術に関する重要性が高度化と領域の両側面で拡大

# 4.2 AWCC教員の研究専門分野

ワイヤレスのキー技術を広くカバーし、RFからネットワークまで統合的に扱える体制を構築



# Fellow IEEE

\* Fellow IEICE

\*特定領域研究担当

# 4.3 AWCCの研究部門と研究内容

総合力強化のため  
研究領域を4つに  
重点化して部門別  
体制を整え、プロ  
ジェクトベースで  
産学連携・外部資  
金の獲得を推進

高度道路交通システム(ITS) 防災・災害時用ネットワーク  
電波環境 安全・安心ワイヤレス工学研究部門 セキュリティ

総務省SIP, 科研基盤A, 基盤B  
日本復興再生P,  
共同研究他

総務省電波資源拡大, SCOPE,  
科研費萌芽, 基盤A,  
共同研究他

アンテナ PA, RFモジュール  
Radio over Fiber (ROF) 新概念ハードウェア研究部門 リンコンフィギュラブルRF

将来システム(5G以降) コグニティブ無線  
ベースバンド無線 先進的ワイヤレスシステム創成部門 自律分散NW

総務省SCOPE(2),  
科研費基盤B, 基盤C,  
共同研究他

エネルギーハーベスティング 低消費電力通信技術  
スマートメータ グリーンICT研究部門

総務省SCOPE,  
科研費基盤C, 若手B,  
共同研究他

枠内は関連した競争的資金  
または外部資金(H25/26実績)

# AWCC研究体制(H26年度)

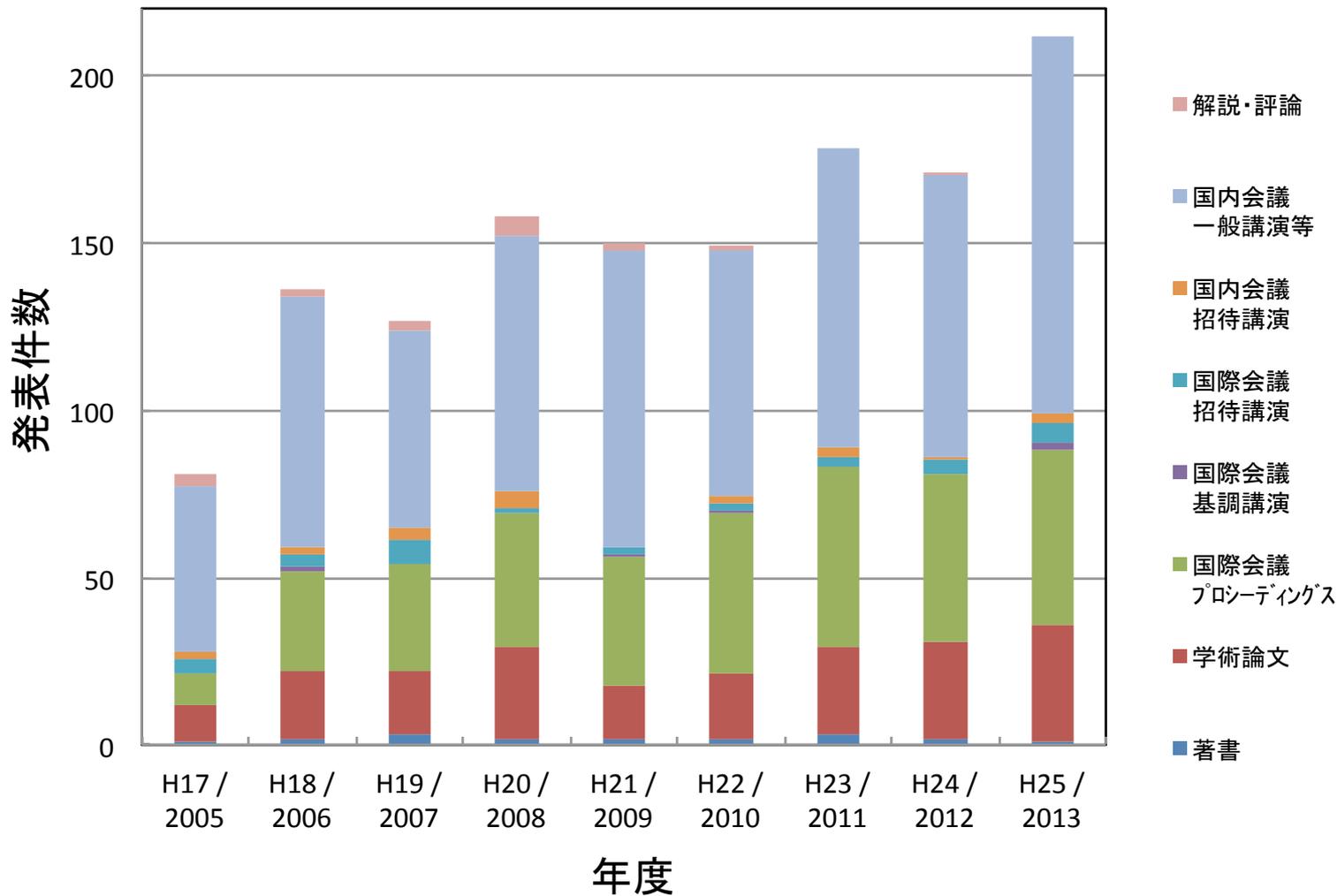
部門	部門長	プロジェクト	コアメンバ	特任/客員	協力教員	主な関連プログラム*
安全・安心 ワイヤレス 工学研究 部門	唐沢	ITS	山尾、唐沢、 藤井、石橋(功)		小花、桐本、稲葉、 加藤、中嶋	SIP総務省車車間通信(H26-) 科研費基盤A(H24-H27) 共同研究(デンソー)
		電波環境	唐沢、藤井	上、早川	安藤、肖、稲葉	共同研究(NICT)
		防災・災害時用 ネットワーク	山尾、藤井	村瀬	中嶋、田中、小島	学内 日本復興再生P(H23-25) JST A-STEP(H24)
		セキュリティ	藤井		太田、崎山、中嶋	科研費基盤B(H24-H26)
先進的 ワイヤレス システム 創成部門	山尾	将来システム (5G以降)	唐沢、大木、 山尾、藤井、石橋(功)	藤井、福田、野本 古谷、村瀬	小花、大田、加藤、 小島、田中	総務省電波資源拡大(準備中)
		コグニティブ無線	藤井		加藤、市川、田中	総務省電波資源拡大(H25) 共同研究(トヨタICT)
		自律分散NW	山尾、大木 藤井、石橋(功)		市川、加藤、田中	科研費基盤C、萌芽(H25-H26) 若手
		ベースバンド無線	唐沢、山尾、藤井		田中	科研費基盤A(H25-H27)
新概念 ハードウェア 研究部門	本城	PA, RFモジュール	本城、石橋(孝)、山尾	高山、鈴木、福田	和田、肖、石川	総務省SCOPE 科研費基盤C 共同研究(富士通研、東芝、 Samsung)
		リコンフィギャラブルRF	山尾、本城	斉藤、村瀬	和田、石川	
		アンテナ	唐沢、本城	千葉、野本、斉藤	稲葉	
		ROF	山尾	村瀬	來住、松浦	総務省SCOPE(H25-26) 科研費基盤B(H23-26)
グリーンICT 研究部門	石橋(孝)	グリーンICT	全員	高山、斉藤、 村瀬	西、張、笠井、 市川、田中、張、松浦	科研費若手B(H24-H26) 総務省SCOPE(H26-) 共同受託研究(NEDO-LEAP)

\*2012-2014年度にAWCCコアメンバが中心となって関わったもの

# 4.4 外部発表件数

※ コアメンバーのみ

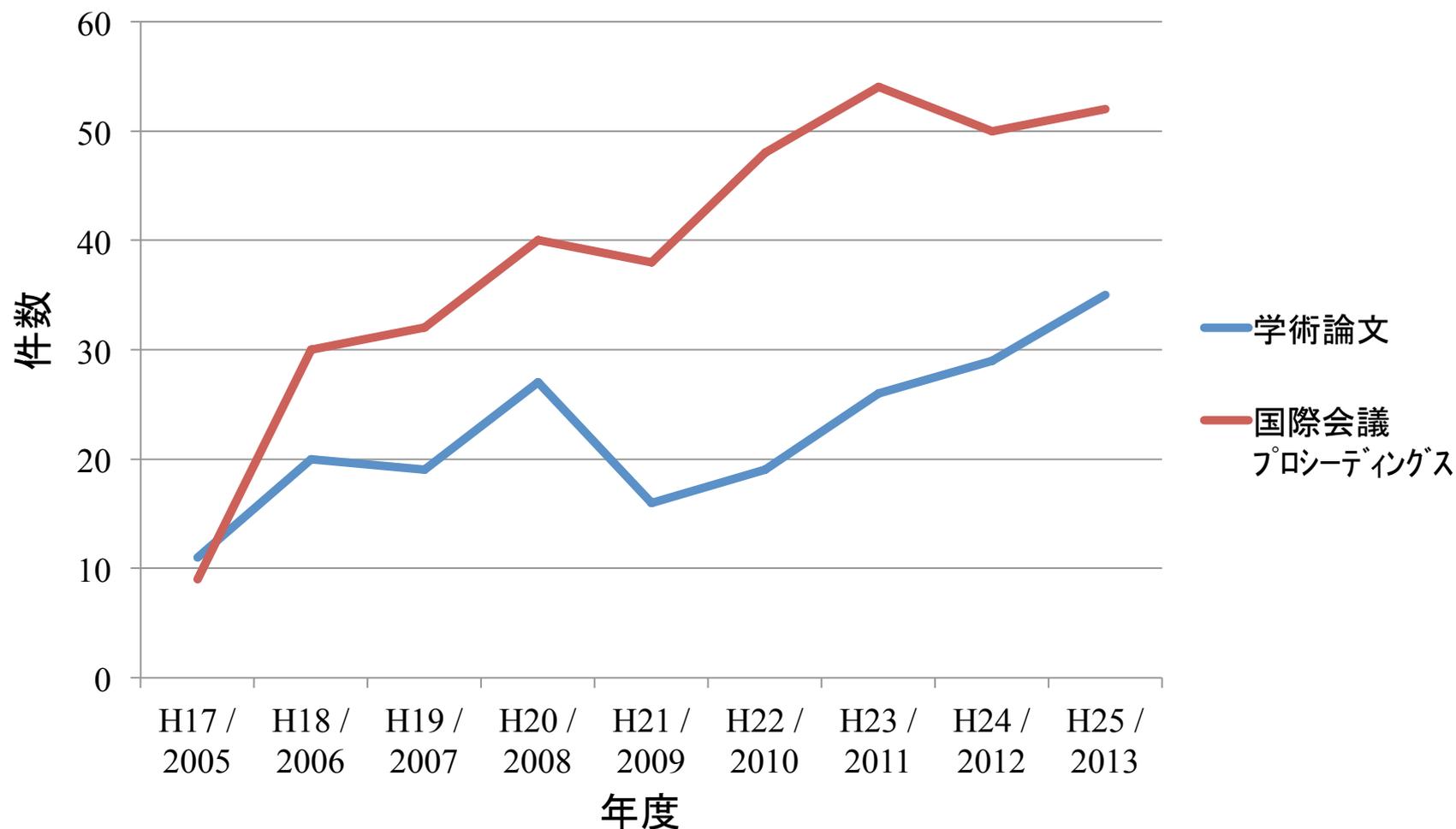
外部発表件数は順調に増加 H25年度の一人あたり発表件数は 30.3件



# 論文発表件数の推移

※ コアメンバーのみ

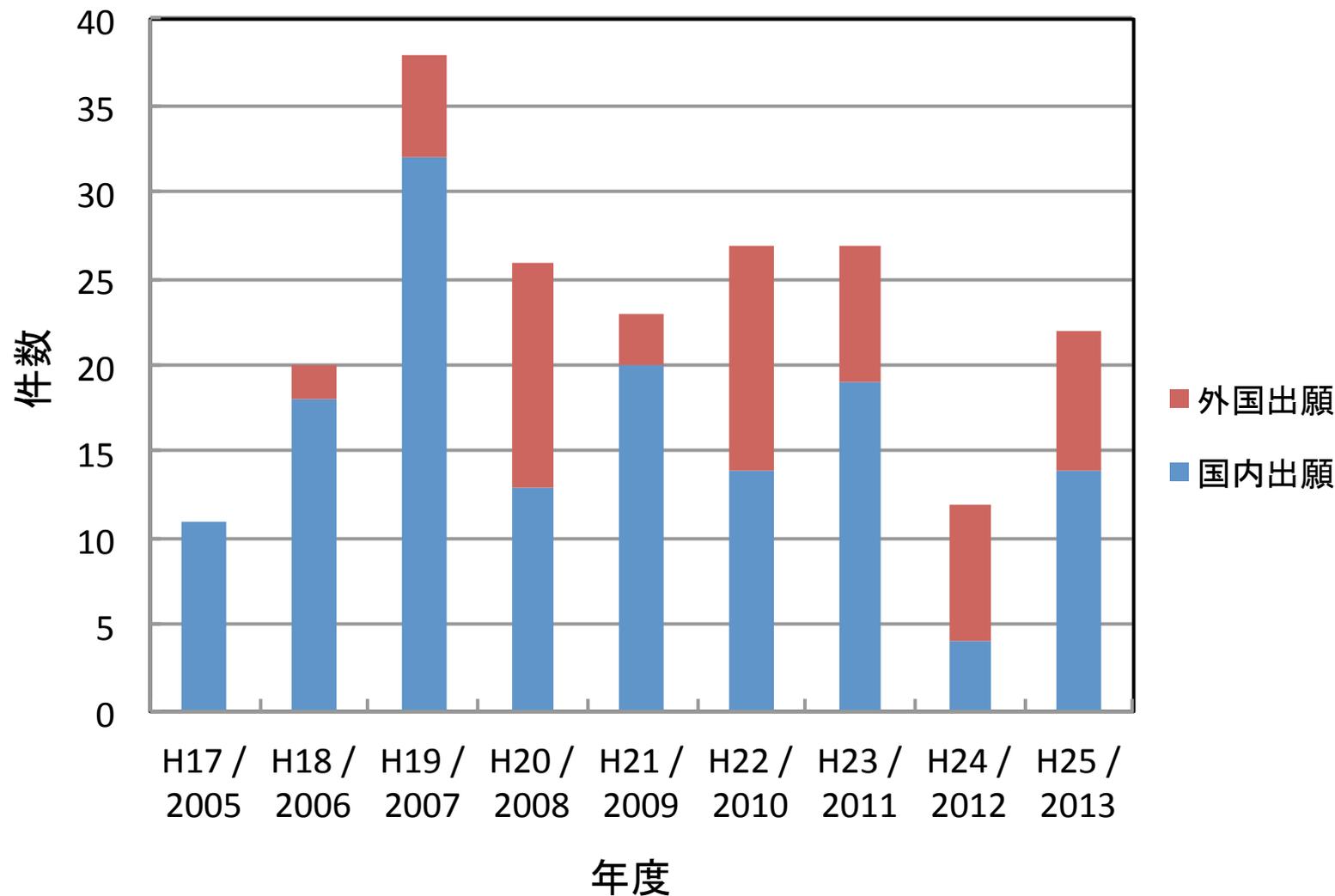
査読付きジャーナル論文、国際会議論文は大きく増加  
査読付きジャーナル論文は 5件/人、 国際会議論文は 8.6件/人



# 特許出願件数

※ AWCC全体

9年間での特許出願件数は国内74件、国外21件



# AWCCの研究実績

## (安全・安心ワイヤレス工学研究部門)



科研基盤A, 基盤B  
日本復興再生P,  
他共同研究

総務省SCOPE,  
科研費基盤B, 基盤C,  
共同研究

総務省電波資源拡大, SCOPE,  
科研費萌芽, 基盤A,  
他共同研究



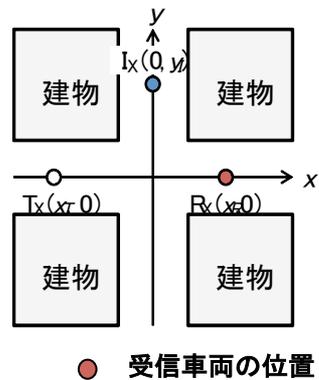
総務省SCOPE,  
科研費基盤C, 若手B,  
共同研究他

現在獲得中の競争的  
または外部資金

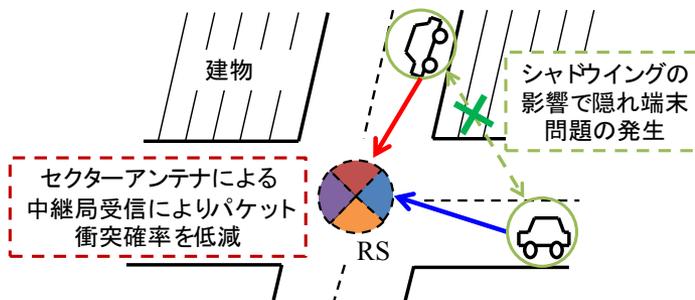
# ITS車車間通信の研究

【研究のねらい】 先進安全自動車(ASV)実現に向けた、安全運転支援のための**車車間通信**の高信頼化

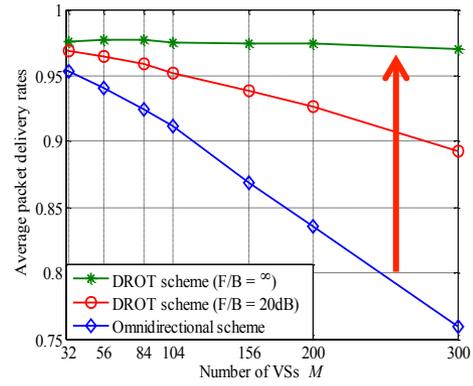
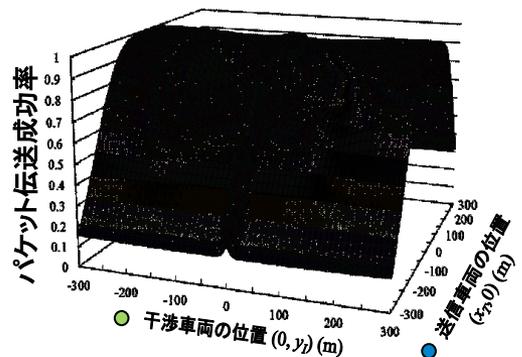
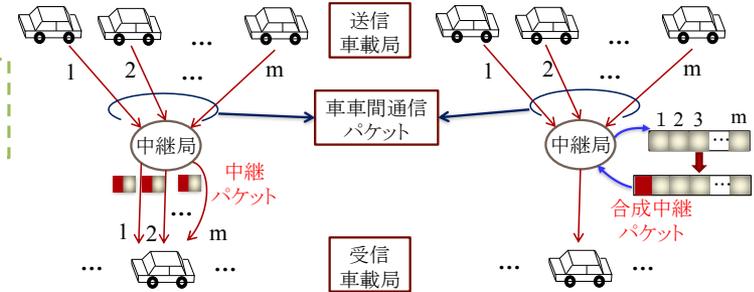
【研究の内容と新規性、有効性】 多数の車両が自立分散通信する時のCSMA/CAパケット通信信頼度の理論解析手法を確立し、交差点環境での①**隠れ端末の影響を軽減するセクタ化中継法**, ②**中継効率を高めるペイロード合成中継法**を提案し、より高い中継効果を得た。



## セクタ化CSMA/CA中継法



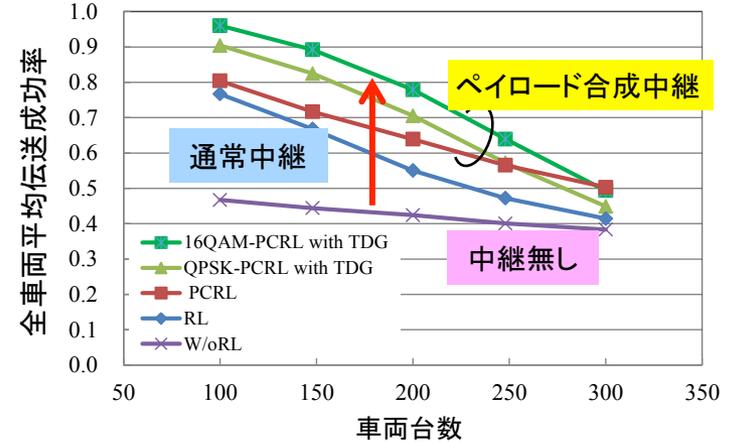
## ペイロード合成中継法



セクタ化によるパケット伝送成功率の改善

## 個別中継法

## 合成中継法



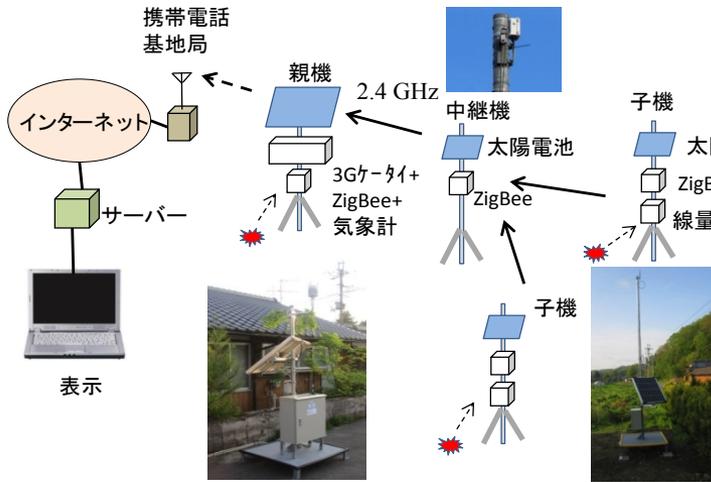
R-VS位置; (20 m, 0)  
周波数; 700MHz

車両位置による隠れ端末の影響の理論解析結果

# 放射線センサーネットワーク

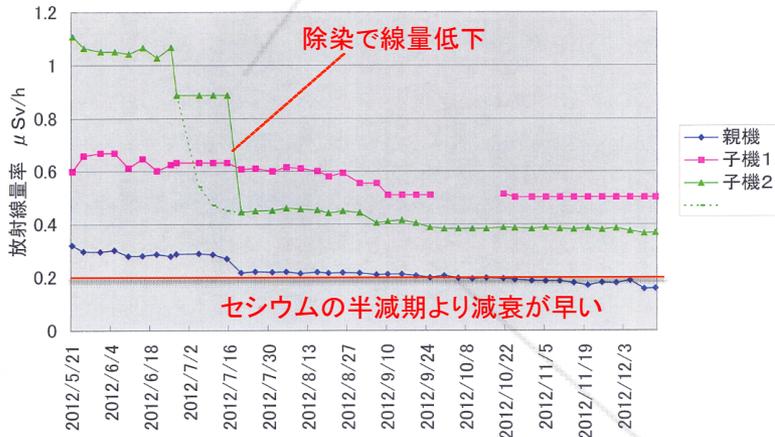
【研究のねらい】 福島県川内村で、放射線量の時間・空間分布を明らかにし、住民の安全や除染事業に資する

① ZigBeeセンサーネットワークを開発して2012年5月より3地点の線量を連続して測定、結果を大学に送信



放射線センサーネットワークの構成

川内村第七地区線量推移

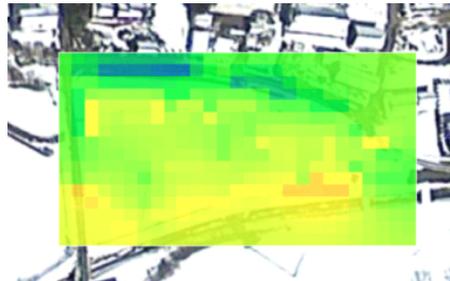


放射線量の時間的変化

② 移動式放射線量測定装置を開発して2012年10月より1次元、2次元(面)の線量分布を測定



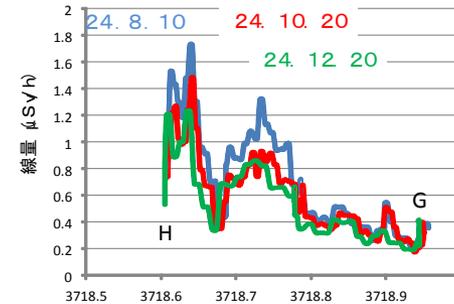
飛翔式放射線測定装置



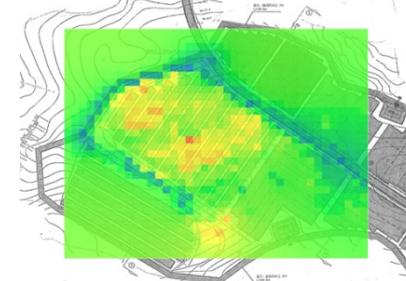
居住地の放射線量分布



歩行式放射線測定装置



道路上の放射線量と変化

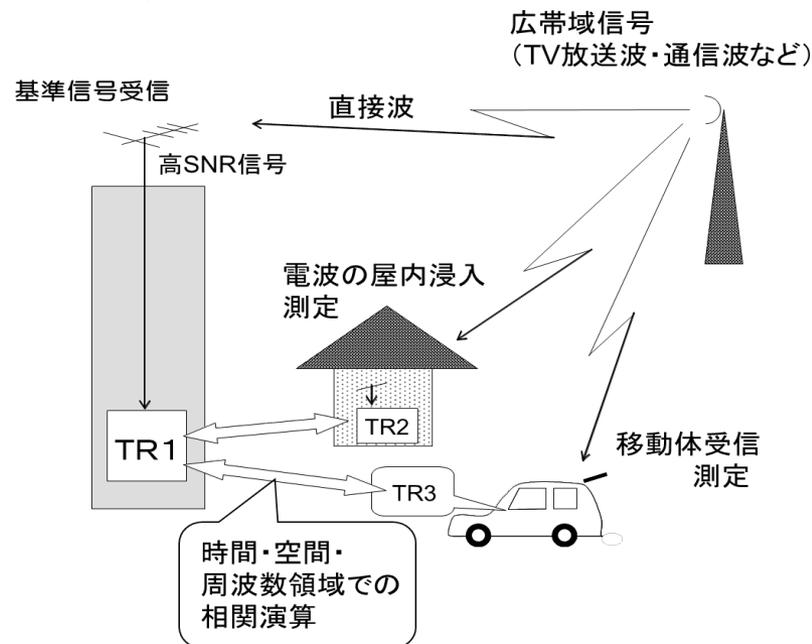
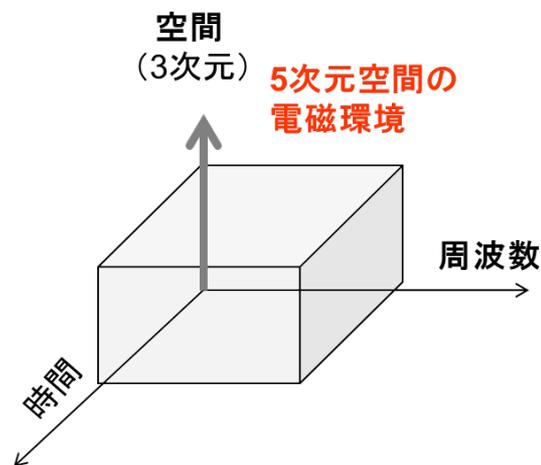


仮置き場の放射線量分布

# 電波環境の記録・解析・評価

【研究のねらい】 電波伝搬環境の記録・解析・評価技術に関する研究を行って、高信頼・高機能なワイヤレス通信の実現に資する

【研究の内容と新規性、有効性】



(1) 3次元空間・時間・周波数の計5次元空間に横たわる電磁環境をそのまま記録するトータルレコーディングシステム (TRS)の開発。TRSを用いた電磁環境アーカイブ構築。

(2) TRSによる、仮想アレー手法を用いたマルチパス環境パラメータ(到来方向・遅延時間)の高分解能推定。移動体受信・屋内受信実験により有効性の実証。理論基盤となる多重波伝搬理論についても、論文多数。

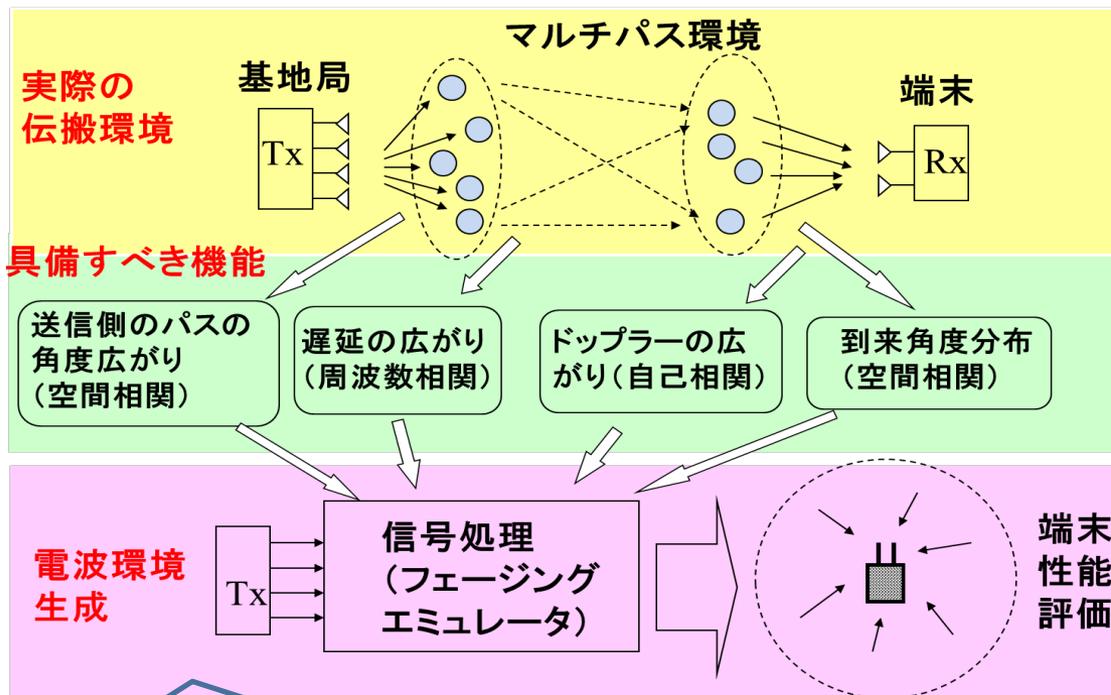
表彰等: 電波伝搬研究に関して電子情報通信学会論文賞2件等

# MIMO端末評価のためのエミュレータ構築

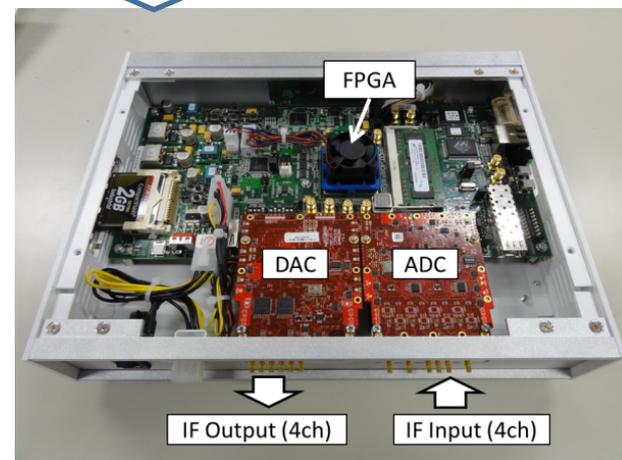
【研究のねらい】 長年培ってきた電波伝搬モデルの研究成果に基づく、MIMO端末特性評価用のフェージングエミュレータ(伝搬環境生成)の研究と開発

【研究の内容と新規性、有効性】

電波伝搬環境: 「測る」から「造る」へ



移動通信の評価に必要などんな電波環境も作り出す魔法の箱 (FPGA実装したMIMO-OTAフェージングエミュレータ): 世界一の高機能を世界一のコンパクトに実現



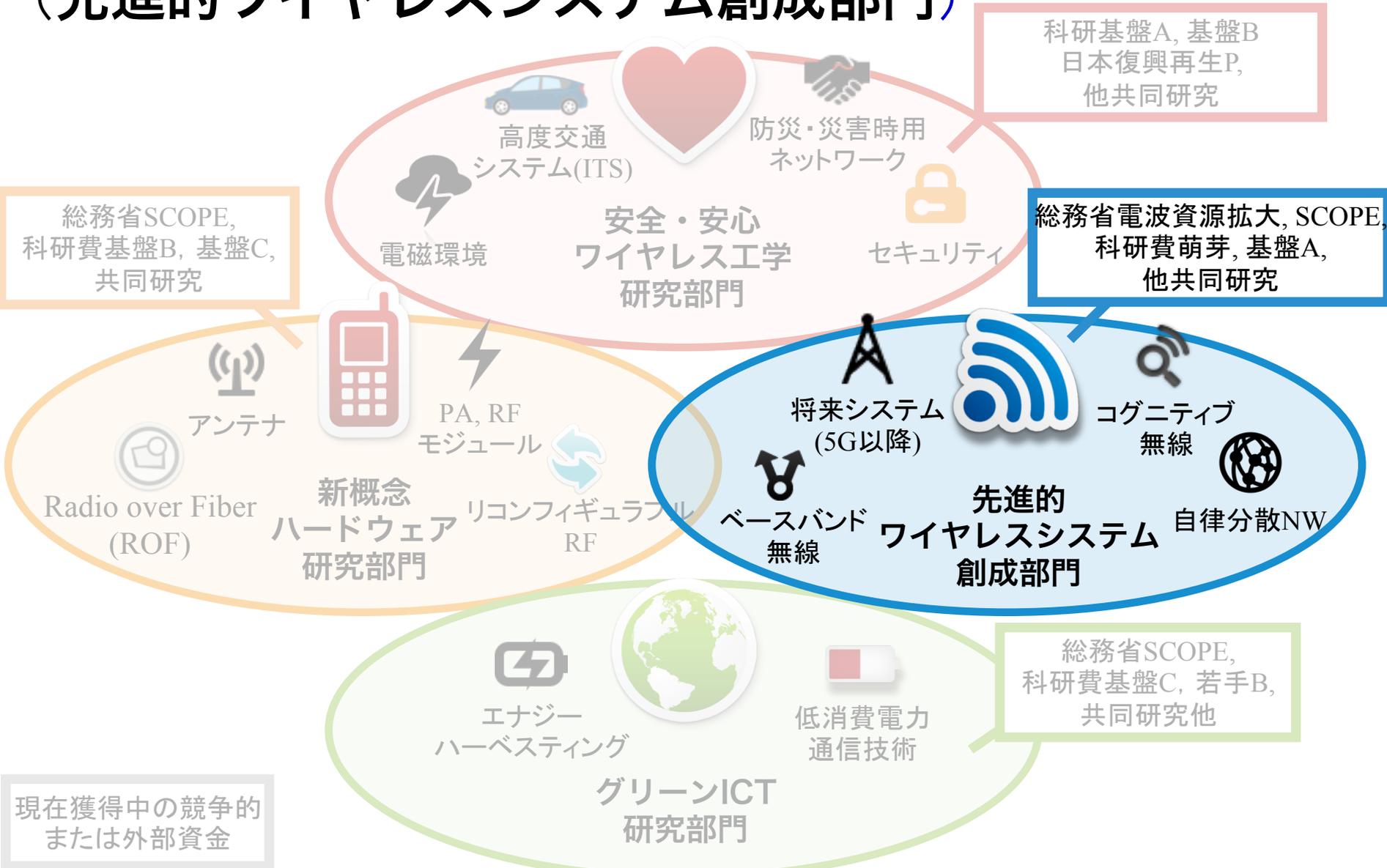
(28cmx22cmx5cm: 研究成果の結晶)

電波伝搬の知見を活かして、構成を工夫すれば、困難とされていた高機能電波環境が、非常に簡易に実現

国際会議 (EuCAP2014) で、招待講演、MIMO研究に関して信学会通信ソサイエティよりBest Tutorial Paper Award受賞

# AWCCの研究実績

## (先進的ワイヤレスシステム創成部門)



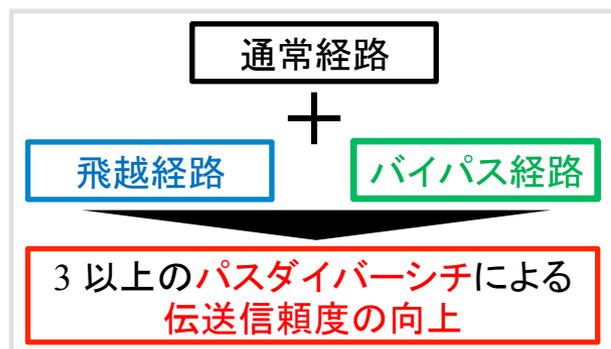
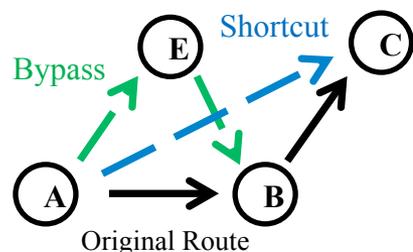
# 自律分散ダイナミックマルチホップネットワーク

【研究のねらい】 フェージング環境下で発生するパケット誤りを瞬時に回避・軽減し、アドホックネットワークの性能を大きく向上する局所自律パス制御技術の確立

【研究の内容と新規性、有効性】 ①周囲のノードがパケット誤りを認識して自律的にバイパスを行うCTB\*<sup>1</sup>法, ②飛越し伝搬したパケットを有効に利用するDMHS\*<sup>2</sup>法, ③①と②を効率よく併用できるIDMH\*<sup>3</sup>法を提案し、プロトコルをネットワークシミュレータに実装して効果を確認

バイパス、ショートカット、デフォルトの経路から自律的に最適な経路を瞬時に選択

■局所区間A-Cで複数経路が存在



■複数経路の競合回避

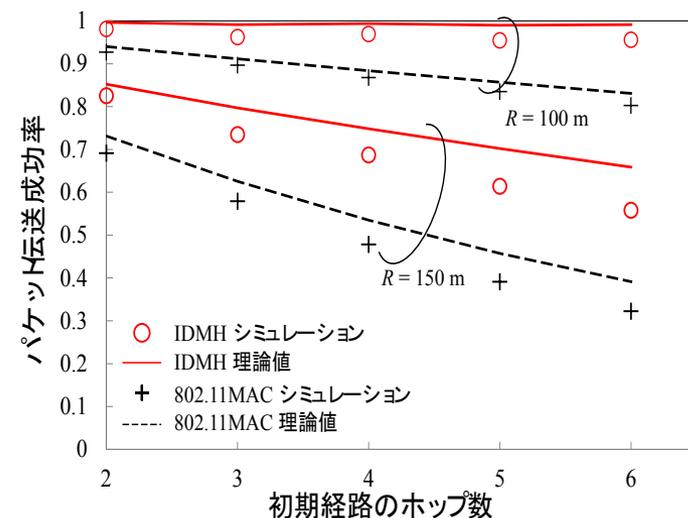
メッセージの送信タイミング Inter Frame Space (IFS) を変更し  
ホップ数の少ない経路に高い優先度を与える制御プロトコル

➤ 伝送遅延の低減と無線リソースの節約

\*<sup>1</sup>CTB; Cognitive Temporally Bypassing

\*<sup>2</sup>DMHS; Dynamic Multi-Hop Shortcut

\*<sup>3</sup>IDMH; Integrated Dynamic Multi-Hopping



国際会議招待講演: CSIE2011, TriSAI2011

# 大規模ユビキタスネットワーク向けアクセス方式

【研究のねらい】: 1万個以上の低電力動作可能な電子値札を収容できる小電力ワイヤレス通信システムの実現

【研究の新規性、有効性】: 従来にない膨大な数のノードを収容するための間欠動作での衝突防止・自律棲み分け方式の共同研究と実システムでの実証



電池駆動で7年動作  
1万台を数分で書換可能



値段以外の様々な情報を盛り込み、効率良く管理できる

「大学の研究が製品の肝となるような成果を生み出せる実例の一つ。これからは学内から生まれた研究成果の活用を進めたい」と力を込める。

キャンパススクリエットの安田耕平社長(69)は「大学の研究が製品の肝となるような成果を生み出せる実例の一つ。これからは学内から生まれた研究成果の活用を進めたい」と力を込める。

新聞 2012年(平成24年)5月31日(木曜日)

スーパーやコンビニエンスストアで見かける棚の値札がこれから大学発のデジタル式へと一新されるかもしれない。電気通信大学は高性能の「電子棚札」を企業と共同で製品化し、今年から本格販売を始めた。発光ダイオード(LED)を使い多様な情報を精細に表示可能なうえ、無線通信技術を生かして効率良く管理できるのが特長だ。

電子棚札は既に一部で実用化されているが、商品の値段だけ表示するのが一般的。電通大の棚札は商品ロゴや産地情報なども示せる。表示する情報は店内に設置する親機から無線で送る。

## 電子値札——電気通信大

情報多彩、管理も効率よく

キャンペーン発  
この一品

が25倍に拡大。1台の親機で管理できる棚札も従来の数倍にあたる1500枚に増やした。

テレビのリモコンなどに使われる無線規格「ZigBee(ジグビー)」を応用した。この規格の利用範囲を広げる技術を開発。同大の技術活用を推進する会社、キャンパスクリエイト(東京・世田谷)が着目し、電子機器開発のオプトエレクトロニクス(埼玉県蕨市)と製品化にこぎつけた。

価格は棚札3000枚の場合でシステムなどと合わせて500万円。1枚当たりの価格は従来品より2〜3割高いが、2月に流通業の展示会への参加をきっかけに約200件の問い合わせが来ているという。埼玉県のスーパーなど実際に導入した店も出始めた。

# 高信頼ネットワーク制御

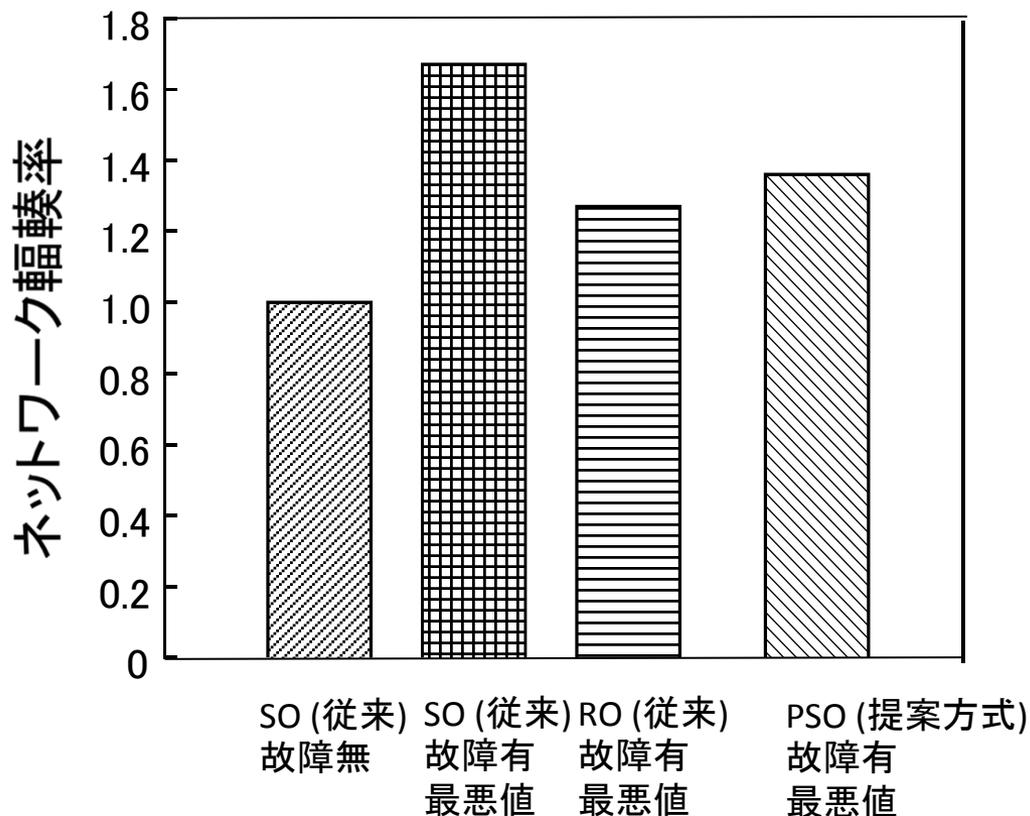
## 【研究のねらい】:

トラヒックがある特定のネットワーク資源(リンク等)に集中することにより生じるネットワークの輻輳の回避が必要である。故障やトラヒック需要の変動による**ネットワーク環境変化**に対して、**耐久性のある堅牢な予防的ネットワーク制御**技術の確立を目指す。

## 【研究の新規性、有効性】:

ネットワーク環境変化を考慮したルーティングの予防的最適化

**不確定なトラヒック需要, トポロジ変化**の取り得る範囲を想定して,  
**ルーティングの再設定なしに安定的に,**  
最悪のネットワーク輻輳率を低減



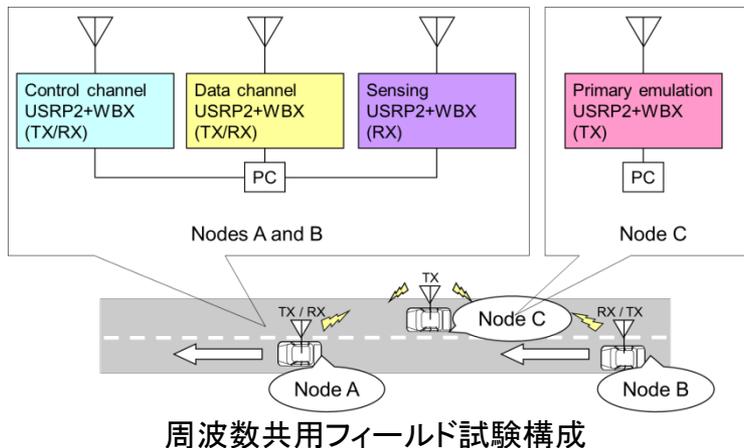
SO: Start-time optimization (従来方式)  
RO: Run-time optimization (従来方式)  
PSO: Preventive SO (提案方式)

# コグニティブ無線

【研究のねらい】: 周辺無線環境の認識技術を利用して、周波数共有することで、既存システムで使いきれていない帯域を新たな周波数資源として活用

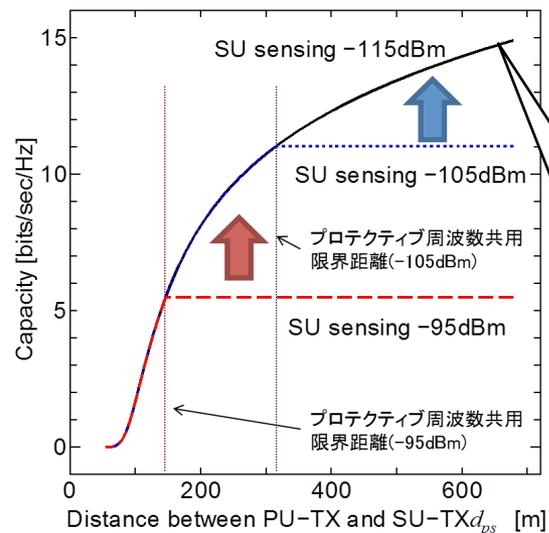
テレビ帯域でのITS応用: 宮崎県において世界初のコグニティブ車両ネットワーク実証実験の実施

スペクトラムセンシング・電力制御およびMACプロトコルの融合による高効率分散ネットワーク



高性能スペクトラムセンシング機能と、電力制御で相互干渉を低減

MACプロトコルとの連携で最大限のスループットの達成



確実な電波伝搬および既存システムの把握が重要

周波数共有時のキャパシティ最大化



ソフトウェア無線機への二次利用無線機能の実装



シームレスな情報伝送を実現

# 電波環境データベース

【研究のねらい】: 電波伝搬の着実な把握は周波数利用効率の改善に大きく寄与するため、電波環境を提供する電波環境データベースの構築を目指す

【研究の新規性、有効性】: 多数の端末を活用して実観測統計化および電波伝搬モデル化を行うことで高精度電波環境データベースを構築

実観測に基づく高精度電波環境データベース構築実証実験を実施

上空の無線環境を無人航空機などで観測し、高度モデルを構築し3次元環境マップの構築

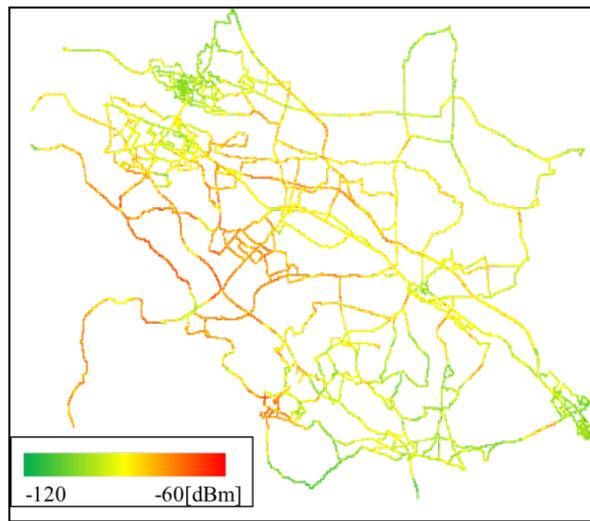
埼玉県熊谷地区で電波環境データベース構築実験を実施



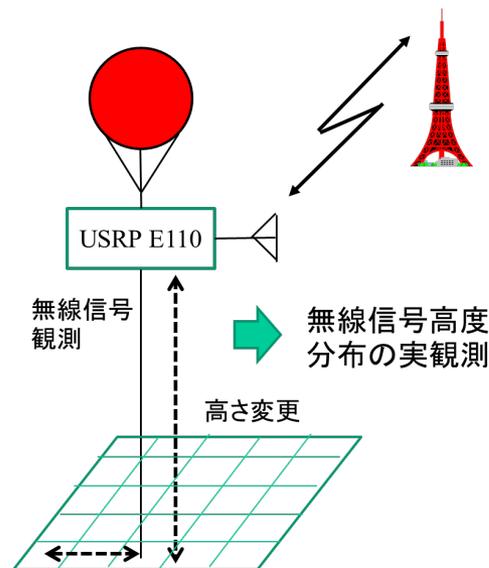
実験車両



観測装置



構築された電力データベース



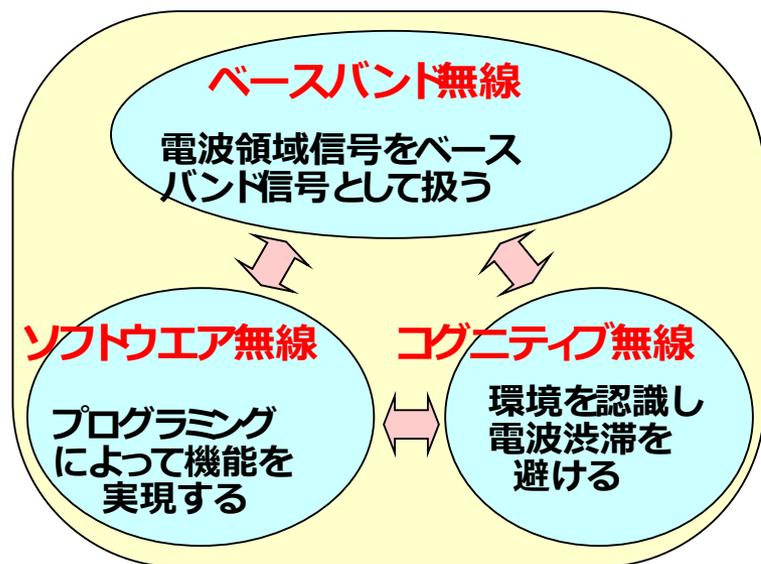
高度モデル構築実験構成

上空の無線環境分布と地上の無線環境分布を統合

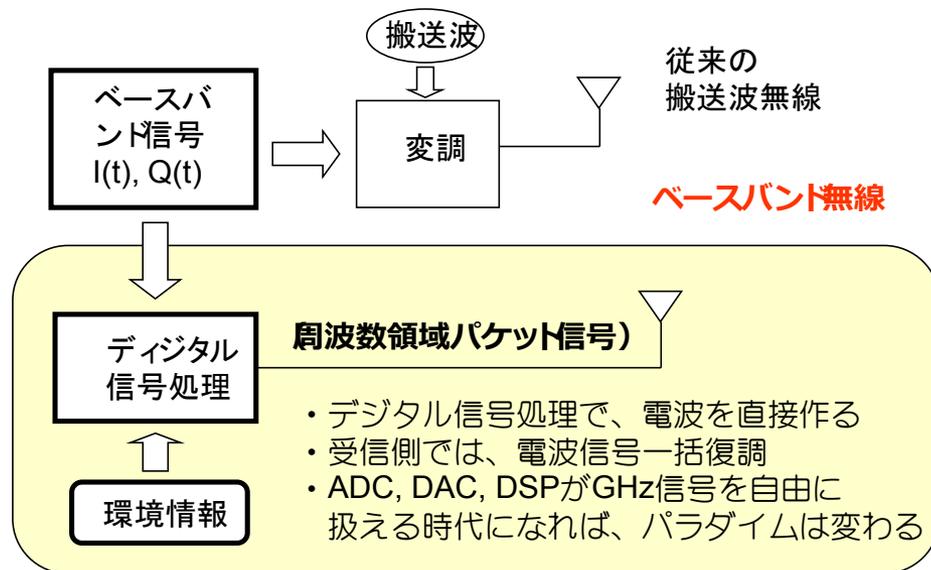
あらゆる地点の3次元電波環境マップを構築し周波数共用性能向上を目指す

# 環境適応型ベースバンド無線の研究

## 【研究のねらい】



高周波帯域の信号そのものもベースバンド信号として扱い、全帯域を共有して周波数空間を自由自在に活用するワイヤレスシステムのコンセプトを「環境適応型ベースバンド無線」と呼び、次の100年を視野に入れた無線通信のパラダイムシフトに挑戦する。3つの無線(Three Radios)の融合を、将来の姿と捕らえ、この先進的ワイヤレスシステムの研究を行う。



## 【研究中の課題(成果を含む)】

- ・蓄積型一括変調・一括復調。全帯域コヒーレントな信号を扱うことのメリットを生かす
- ・バンドフリーの周波数領域パケット通信
- ・超ブロードバンドアンテナ  
(比帯域100%の小型アンテナを実現)
- ・広帯域受信に伴う、強干渉波入力時の受信系非線形問題とその対策

国際会議IEEE ATC2009でのキーノート講演

# AWCCの研究実績

## (新概念ハードウェア研究部門)

総務省SCOPE,  
科研費基盤B, 基盤C,  
共同研究

高度交通  
システム(ITS)

防災・災害時用  
ネットワーク

科研基盤A, 基盤B  
日本復興再生P,  
他共同研究

電磁環境

安全・安心  
ワイヤレス工学  
研究部門

セキュリティ

総務省電波資源拡大, SCOPE,  
科研費萌芽, 基盤A,  
他共同研究

アンテナ  
Radio over Fiber  
(ROF)

新概念  
ハードウェア  
研究部門

リコンフィギュラブル  
RF

PA, RF  
モジュール

将来システム  
(5G以降)

コグニティブ  
無線

ベースバンド  
無線

先進的  
ワイヤレスシステム  
創成部門

自律分散NW

エネルギー  
ハーベスティング

低消費電力  
通信技術

グリーンICT  
研究部門

総務省SCOPE,  
科研費基盤C, 若手B,  
共同研究他

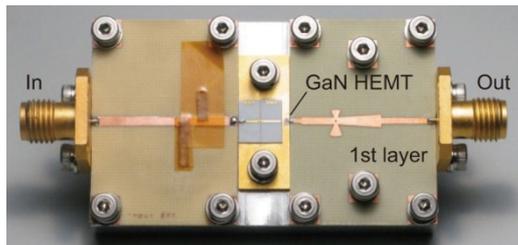
現在獲得中の競争的  
または外部資金

# 世界をリードする超高効率電力増幅器技術

増幅器の高効率化 → トランジスタ内のひずみ波電圧・電流波形を如何に精度良く制御できるか

## (a) GaN HEMT F級増幅器

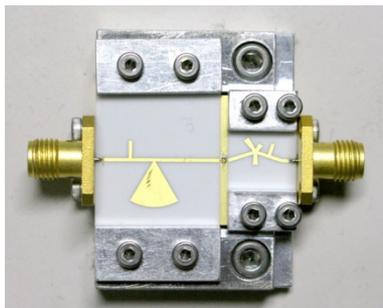
→ トランジスタ内の寄生素子を設計に組み込み、  
波形整形精度を向上



最大ドレイン効率79%  
最大付加電力効率71%  
(5.86 GHz)

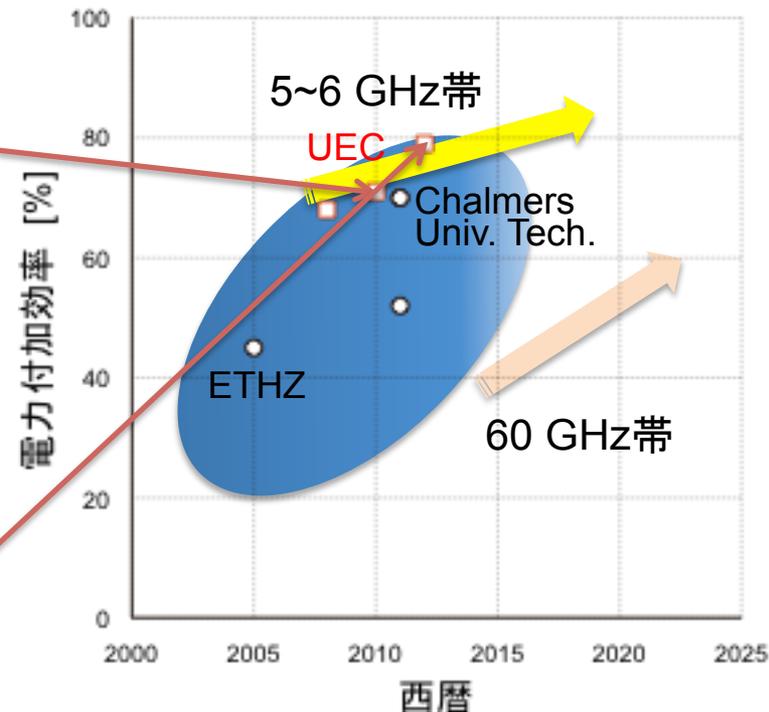
## (b) GaN HEMT リアクティブ終端増幅器

→ 波形整形方法の自由度を上げることで、  
素子性能を限界まで引き出すことが可能



最大ドレイン効率90%  
最大付加電力効率79%  
(5.65 GHz)

## 増幅器の効率推移



# 複合成増幅器の線形性向上化技術

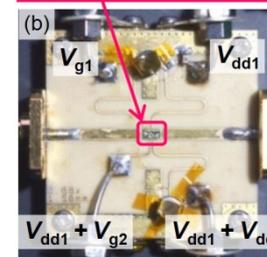
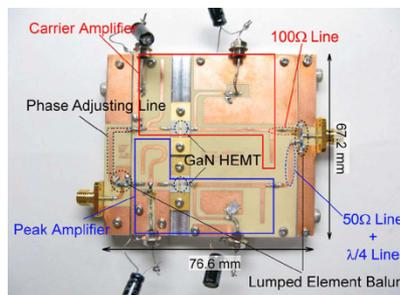
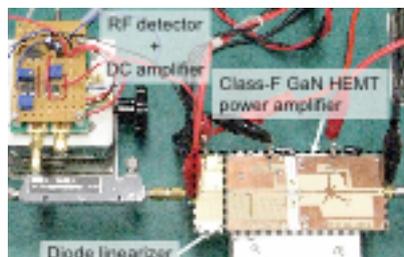
増幅器の高機能化 → 増幅器+補償器、複数増幅器の適宜構成により、高効率を維持しつつ線形性を向上

高効率F級増幅器に適応処理型  
逆ひずみ生成器接続し、  
10dB程度のひずみ低減を実現

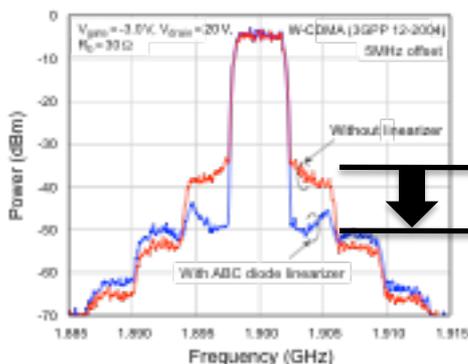
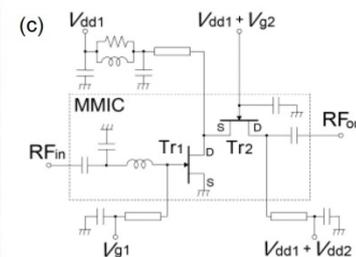
2合成増幅器のひずみ解析で  
バイアス最適値を見極め、  
ひずみ低減を実現

2素子カスコード増幅器の  
バイアス回路追加による  
バイアス最適化処理で  
高効率・低ひずみを両立

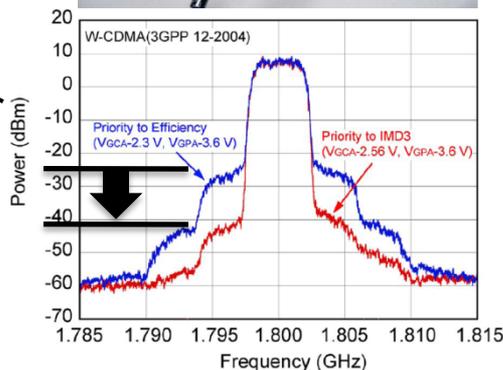
## 直列接続型GaN HEMTドハティ増幅器



(a) MMIC写真 (2.0×0.9 mm<sup>2</sup>)  
(b) 電力増幅器写真 (3.0×3.0 cm<sup>2</sup>)  
(c) 増幅器等価回路図



ひずみ  
低減



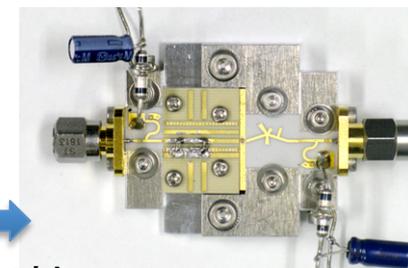
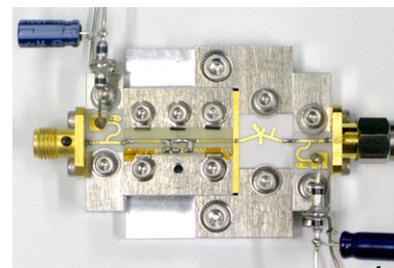
- 1.2~2.0 GHzで最大効率53%以上
- 相互変調ひずみ  $\leq -40$  dBcで  
最大効率33.3%@1.90 GHz

# 双方向無線電力伝送用DC⇔RF変換回路

- ・高効率電力・情報同時送信・受信
- ・有線配線困難地への無線電力・情報供給
- ・分散協調型レーダシステム

GaN HEMT増幅器  
(直流→マイクロ波)

GaN HEMT整流器  
(マイクロ波→直流)

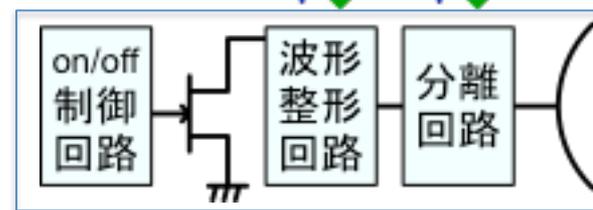


変換効率82% (5.43 GHz) 類似性 変換効率78% (5.45 GHz)

1つの回路で  
両機能を実現

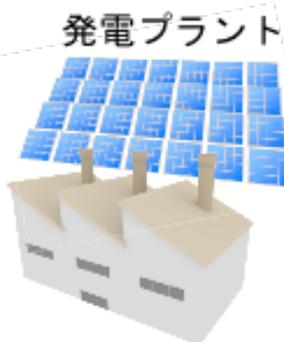
マイクロ波一直流電力変換モジュール

DC電力 信号



マイクロ波

トランジスタ



電力  
情報  
センシング

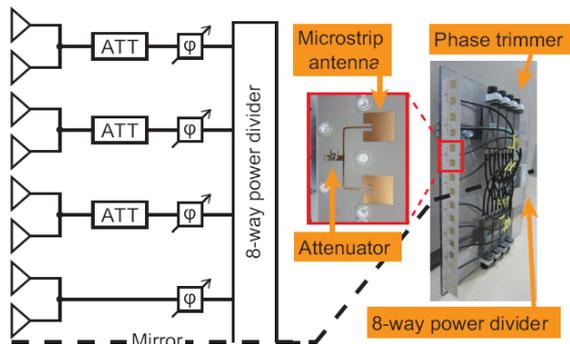
山岳地



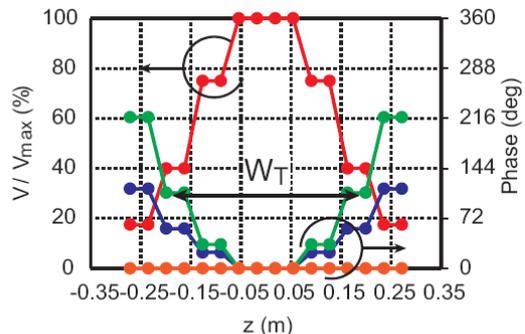
住宅地

# 無線電力伝送用可変焦点型アレイアンテナ

位相と振幅を制御した16素子アレイにより可変焦点ガウシアンビームを形成。  
2m離れた受電面ビーム幅と送電面ビーム幅の同一化に成功。低サイドローブ実現



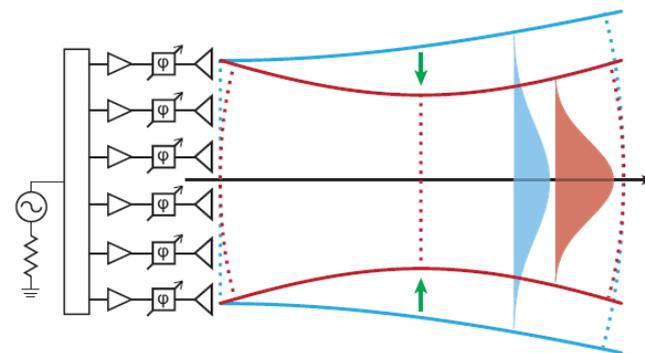
5.8GHz帯試作機の写真



Amplitude  
 $1/2W_T@1.0$   $W_T@2.0$  Same phase

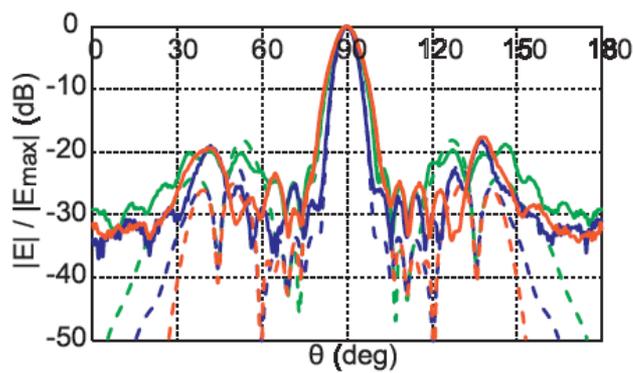
↑  
1mの距離で送信  
ビームの半分

↑  
2mの距離で送信  
ビームと同じ



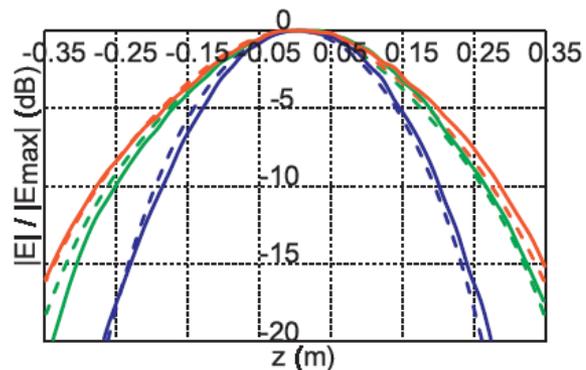
可変焦点のイメージ

無線給電距離に応じて焦点制御し、受電面の電力密度を一定に保ち整流器の高效率動作を維持する制御アルゴリズムを提案。



$1/2W_T@1.0$   $W_T@2.0$  Same phase  
計算値 (dashed) 実測値 (solid)

低サイドローブ放射ビーム特性



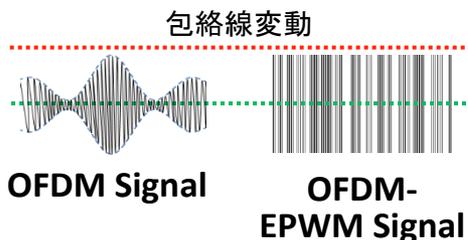
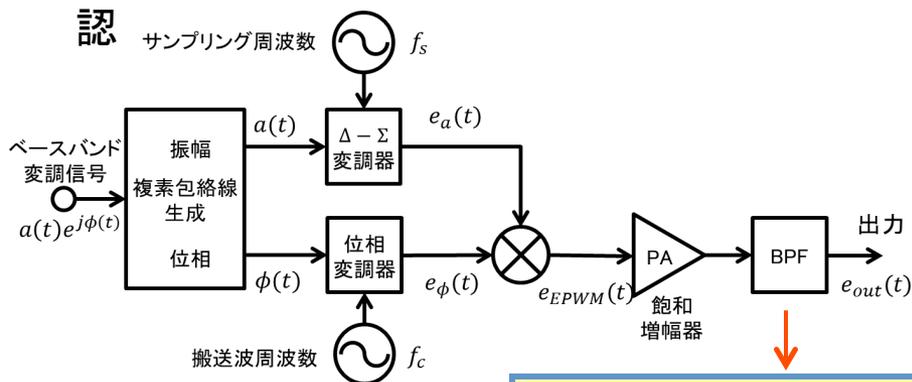
$1/2W_T@1.0$   $W_T@2.0$  Same phase  
計算値 (dashed) 実測値 (solid)

主ローブ拡大図

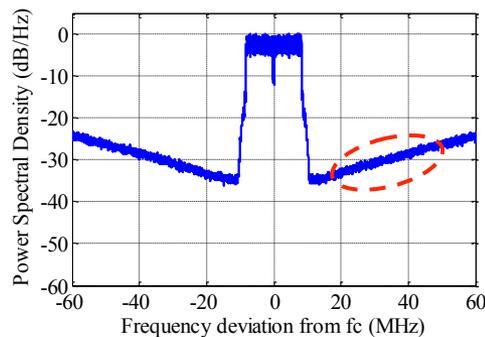
# 包絡線パルス幅変調 (EPWM) 線形送信法と 光ファイバ無線 (RoF) への適用

【研究のねらい】 OFDMなど非線形の影響を受けやすい無線信号の振幅成分をPWMで1ビット量子化し、包絡線振幅を0または一定値の2値に変換することで、電力増幅器や光ファイバ無線 (RoF) の電気/光信号変換器 (E-O) の非線形の影響を解決し高効率化

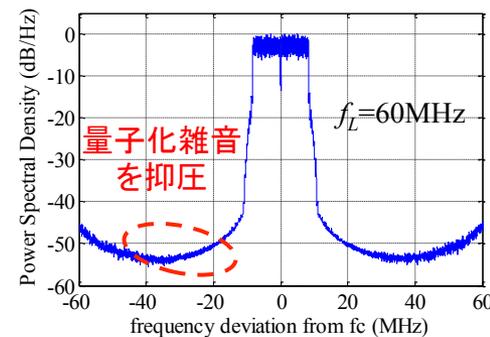
【研究の内容と新規性、有効性】 包絡線パルス幅変調 (EPWM) 線形送信法で問題となる量子化雑音を抑圧できるANC-EPWM送信法を提案. またEPWM送信法をRoF伝送に適用する構成を提案し、2種類のE-O変換器の非線形に対していずれも信号劣化を抑圧できることを確認



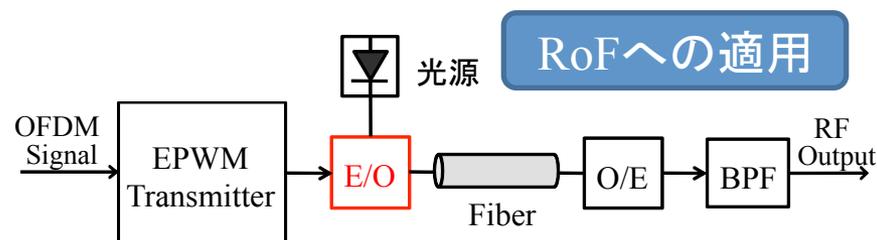
OFDMの振幅変動はPWM信号に変換されて定振幅化され飽和電力増幅器で高効率増幅された後、BPFによって源信号を復元.



EPWM-OFDM 信号



ANC-EPWM -OFDM信号



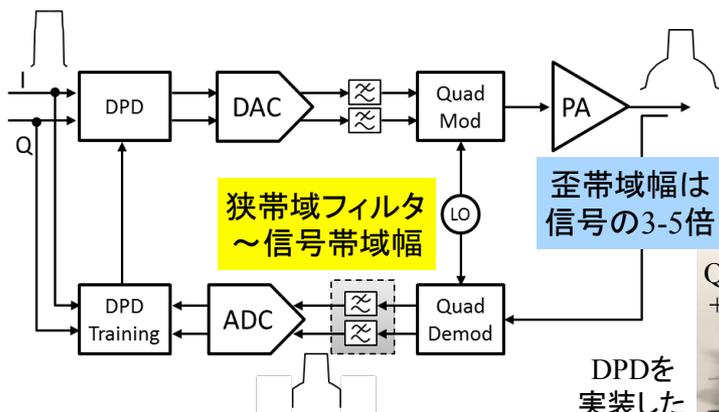
# 高精度・広帯域非線形補償信号処理

【研究のねらい】 256QAMなど**超高多重伝送**と**複数帯域にまたがるブロードバンド化**に対応できる**高精度・超広帯域非線形補償技術**の実現

【研究の内容と新規性、有効性】 ①非線形モデル多項式の**逆多項式**を最低次数で高精度に求める方法, ②帯域制限された誤差信号を用いて広帯域信号の**非線形補償**を可能にする方法, ③**複数帯域キャリアアグリゲーション**(CA)受信時の非線形を一括補償できる**ブラインド補償法**の**新規提案**と, これらのFPGAによるリアルタイム処理の実現

## 狭帯域誤差信号による広帯域非線形補償

## 複数帯域同時受信のブラインド非線形補償

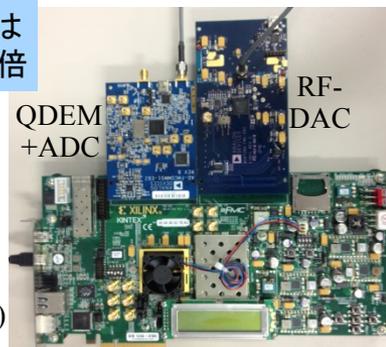


PAへ  
RF: 1.75 GHz  
In Out

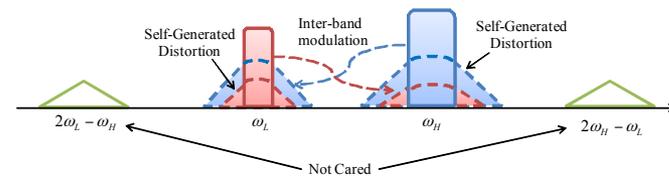
狭帯域フィルタ  
~信号帯域幅

歪帯域幅は  
信号の3-5倍

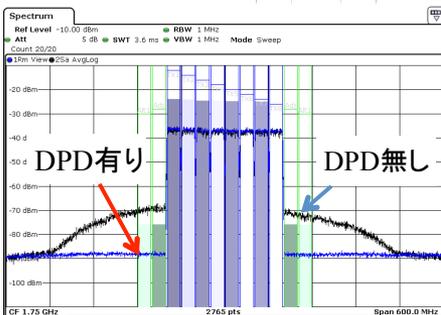
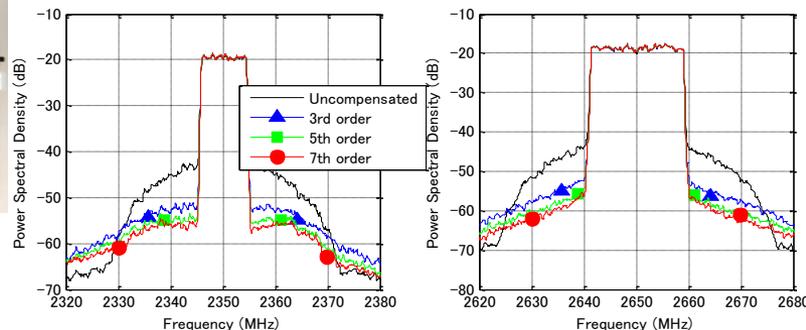
DPDを  
実装した  
FPGA  
(100MHz)



フィルタにより欠落した歪成分をスペクトル外挿で復元. LTE (20MHz) 8キャリア(160MHz)を一括補償**(世界初)**



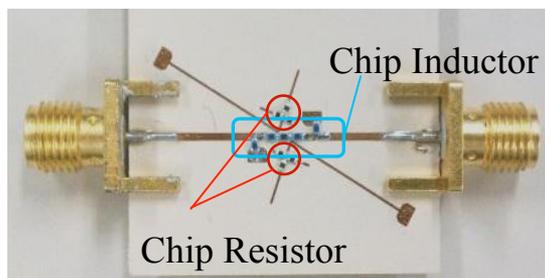
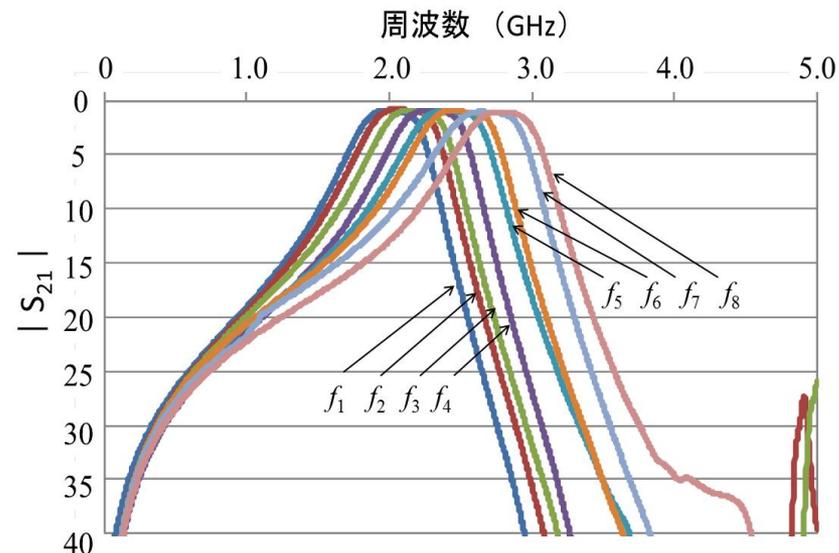
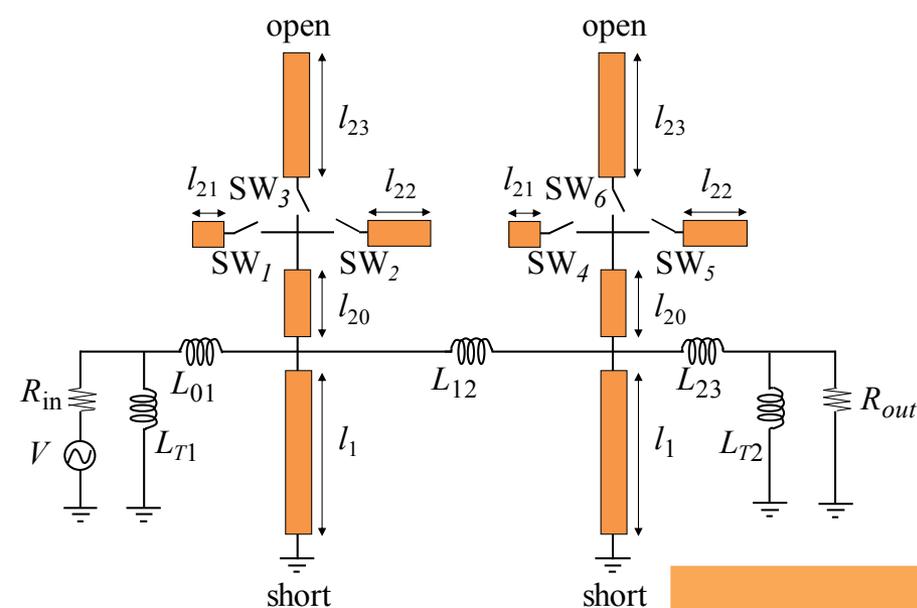
異なる周波数帯域の2信号同時受信時の相互変調歪のブラインド等化を実証



# リコンフィギャラブルバンドパスフィルタ

【研究のねらい】 無線機のバンドフリー化により、コグニティブ無線など、周波数資源のより有効な利用に貢献できる

【研究の内容と新規性、有効性】 ブランチラインタップ付き  $\lambda/4$  伝送線路 + RFスイッチ による **3ビット(8周波数)共振器を提案**、試作2段BPFで**1dB以下の低損失を確認**



	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$
中心周波数	2.01	2.09	2.13	2.24	2.38	2.44	2.72	2.80
挿入損失(dB)	0.90	0.81	0.90	0.92	0.94	0.93	0.95	0.94
帯域幅(MHz)	505	542	520	528	563	574	552	597

# AWCCの研究実績 (グリーンICT研究部門)



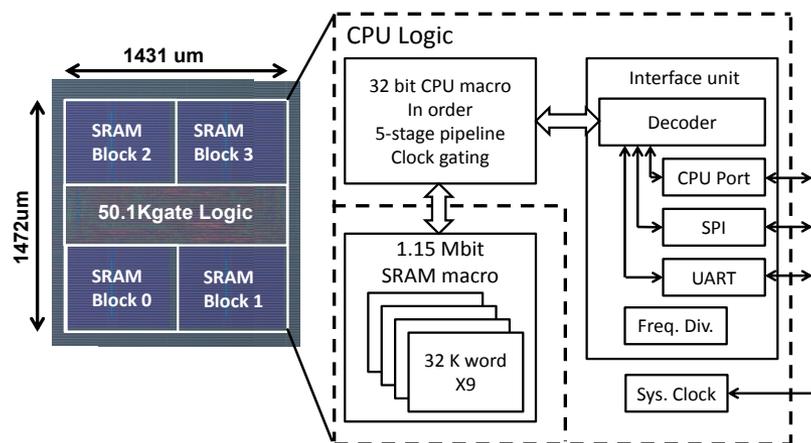
# Perpetuum Mobile MCUの開発

## 【研究のねらい】:

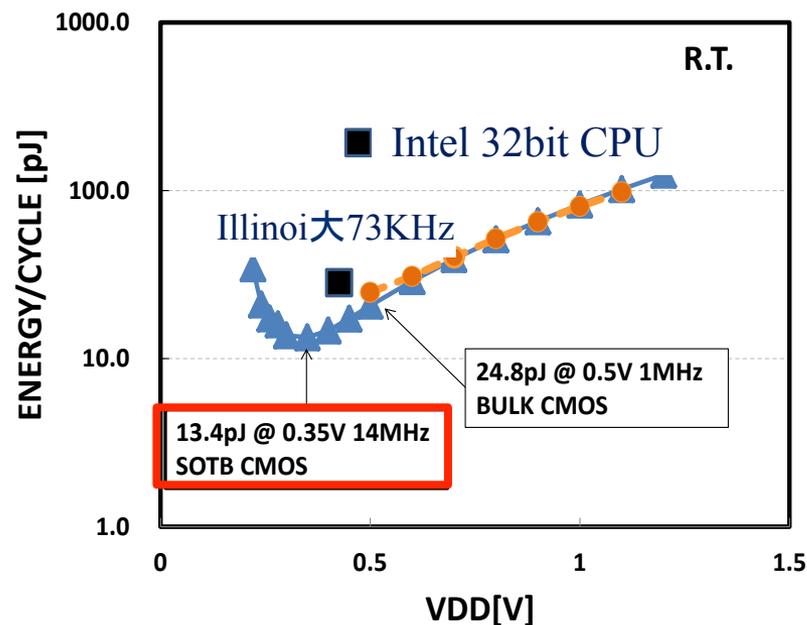
65nm SOTB(Silicon On Thin Buried oxide)構造デバイスと基板バイアス技術を用いて無限動作マイコン(Perpetuum Mobile MCU)を実現した。センサネットワークや医療応用に展開できる。

## 【研究の新規性、有効性】:

- ・動作エネルギー  $13.4\text{PJ}/\text{cycle}$  (Intel 32bit CPUの1/10以下), スリープ時電流 $0.14\mu\text{A}$ の32bitマイコンの極低電力動作マイコンを実現
- ・室内光エネルギーで反永久的に動作可能



試作したPerpetuum Mobile  
32bit CPU チップとブロック図



サイクル当たりのエネルギー

# エネルギーハーベスティングセンサネットワークによる ベトナムエビ養殖場の水質モニター

## 【研究のねらい】:

ベトナムにおけるエビ養殖の歩留りを上げるため、エネルギーハーベスティングセンサネットワークによるベトナムエビ養殖場の水質モニタの研究を行っている。ASEAN地区の課題をICT技術を用いて解決する。

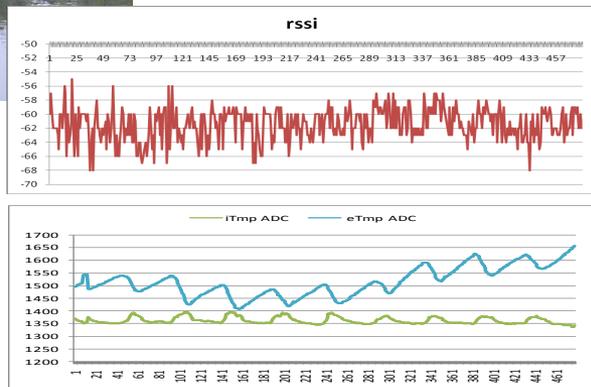
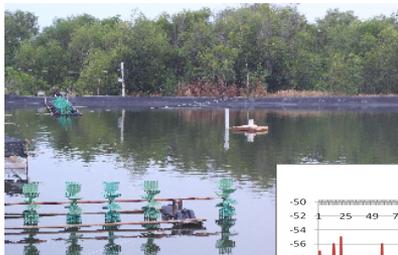
ベトナム ホーチミン工科大学(交流校)との共同研究にて実施中。

## 【研究の新規性、有効性】:

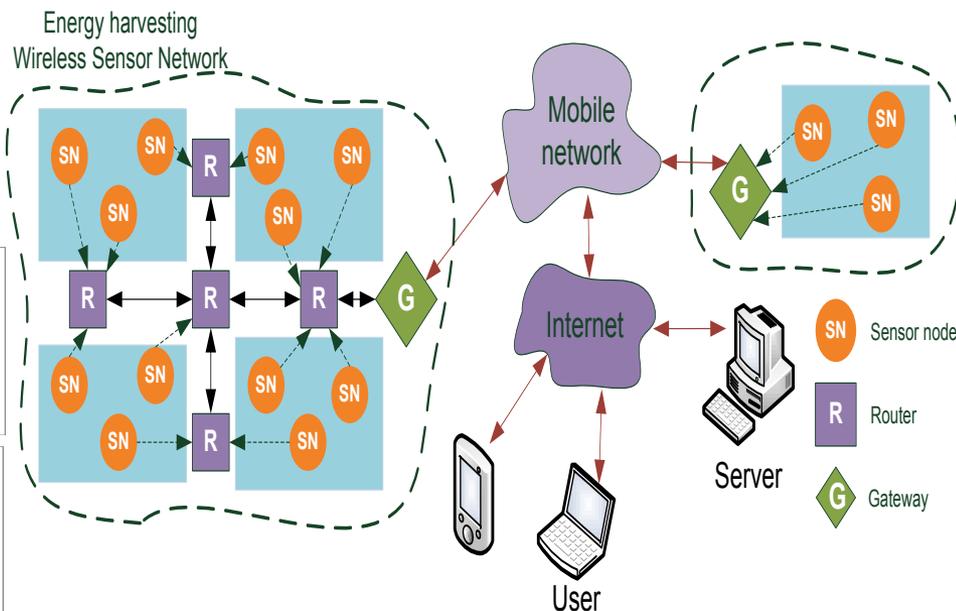
太陽電池を用いたエネルギーハーベスティング技術

6LowPANによるネットワークの低電力化

3Gモデムを用いた緊急事態の連絡



養殖場における実験風景とデータ

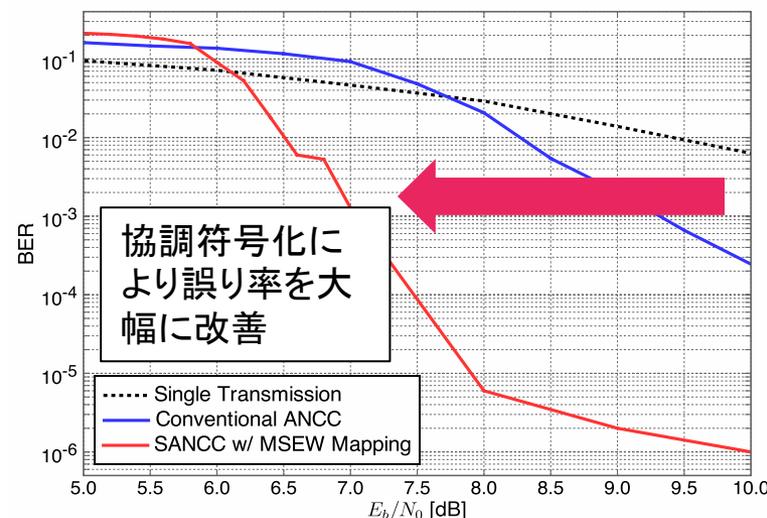
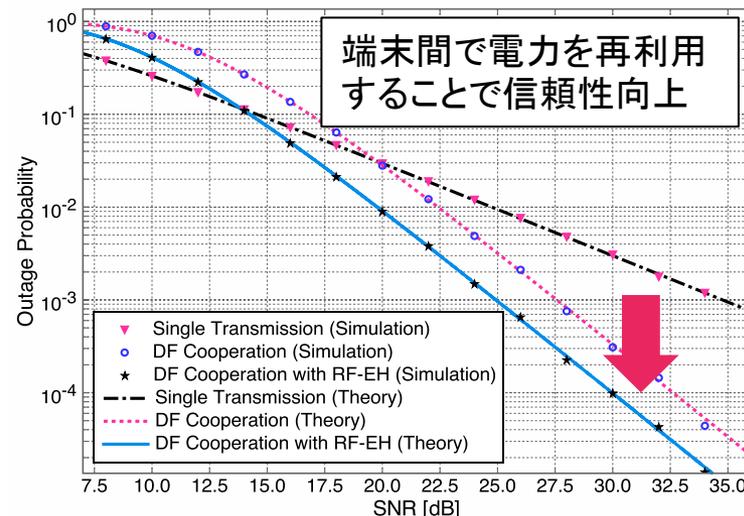
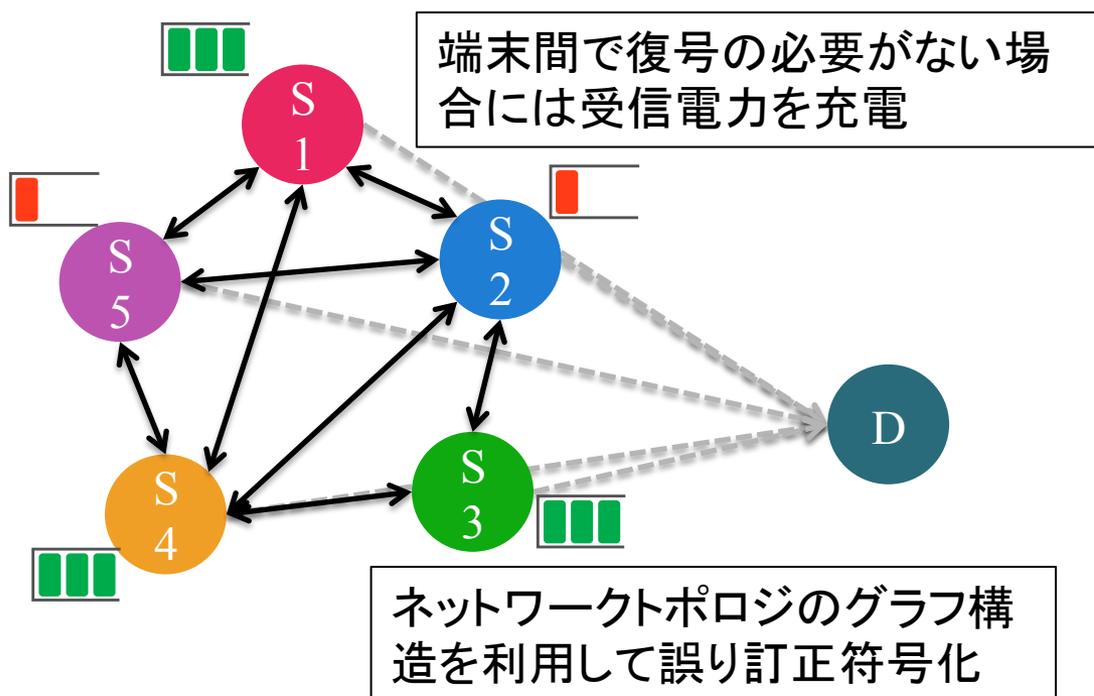


ネットワーク構成図

# RFエネルギーハーベスティング協調通信

【研究のねらい】: 次世代の無線通信を支える高信頼・低消費電力な無線分散ネットワークを実現

【研究の新規性、有効性】: 端末間の協調により、受信信号のビット誤り率を大幅に低減。また自身にとって不要な受信信号の電力を回収・再利用することで電力利用効率を向上。

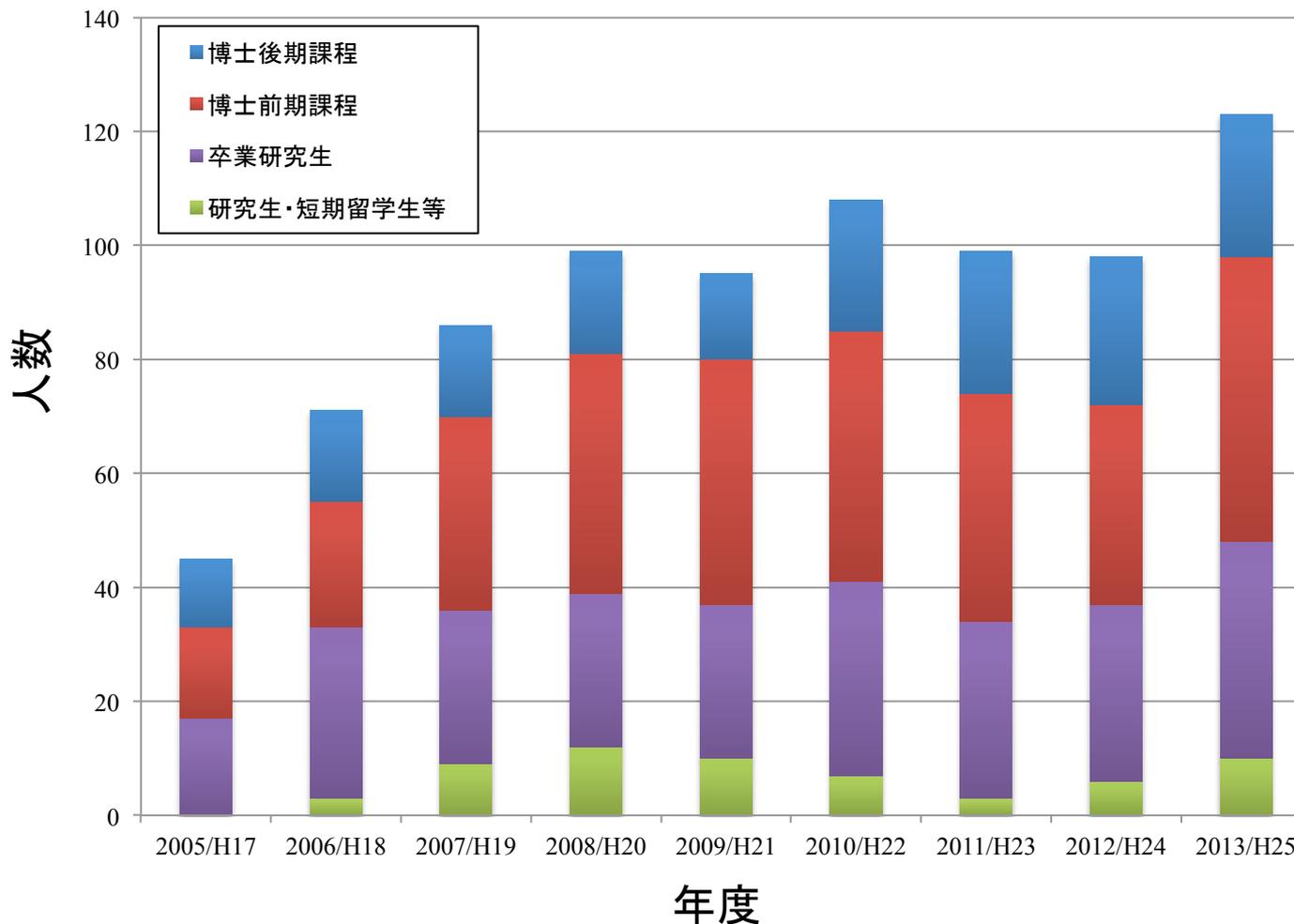


# 5. 教育活動

※ コアメンバーのみ

## 5.1 所属学生数の推移

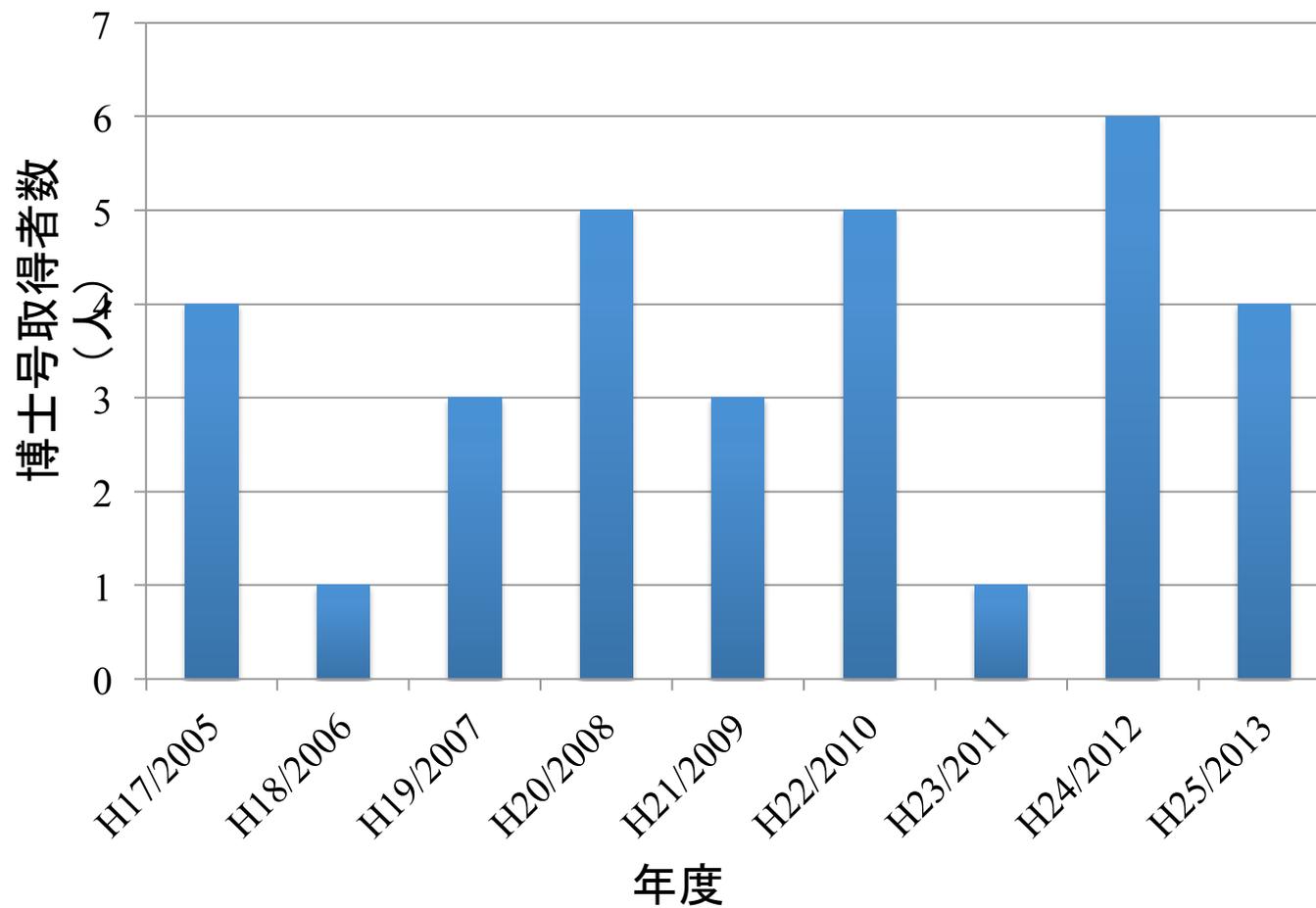
設立以降、所属学生数は順調に増加し、100名突破 大学院生の増加が顕著



# 博士号取得者数

※ コアメンバーのみ

博士学位取得者数は9年間で32名（3.6人/年）  
修士課程修了者数は9年間で140名



# 教育面での取り組み

- 内外の専門家による**AWCC合同セミナー**、**特別講演会**を数回／年開催し、最新の技術トピックの情報を得ることで、**学生の研究意欲向上と研究方針の参考**としている
- 外部の研究者に**集中講義形式の特別セミナー**を随時依頼し、学生のレベルアップを促進
- **学生の国際化**を図るため、**大学院国際PBL授業の企画・実施**にAWCCコアメンバが中心となって貢献
- 日本語のできない留学生向けに**AWCC英語ゼミ(輪講形式)**を開催し、留学生の早期の立ち上げを図った
- ワイヤレス通信の実験に用いる測定器の**測定器講習会**を測定器メーカーの協力で開催し、学生のレベルアップを促進
- 平成19年度文部科学省の**グローバルCOEプログラム**(以下G-COE)にAWCCが中心となって大学院専攻横断型のプログラム「安心・安全社会を築くワイヤレス科学の創成」で応募。惜しくも採択を逃したが、提案内容の多くがその後の電通大の施策に反映された

# セミナー等開催状況(H24-25年度)

2014.3.7 Tokyo Wireless Technology Summit 2014(早稲田大学)

- ・早稲田大学GITIとの共同主催、招待講演6名

2014.2.13 第17回 AWCCセミナー「ワイヤレスネットワーク技術最前線」

- ・「ネットワーク環境変化を考慮したIP ルーティングの予防的最適化」(大木)
- ・「ワイヤレススマートユーティリティネットワーク(Wi-SUN)の概要とその取組」  
(NICT 原田 客員教授)

2013.12.17 AWCC特別講演会

- ・“PCE based software defined provisioning framework for mobile backhaul”  
(Prof. Jin Seek Choi, Hanyang University, Korea)

2013.10.21 研究大学強化促進事業への採択に関する記念シンポジウム

- ・「無線通信技術の革新と総合化」(山尾)

2013.10.4 AWCC特別セミナー

- ・「スペクトラム・アナライザ講座 応用編」(アジレントテクノロジー社)

2013.9.26 第16回AWCCセミナー(目黒会STFと共催)

- ・「ITSの動向と今後の展開」(山尾)

2013.9.23 マイクロ波入門講座(日本アマチュア無線連盟と共催)

- ①:「最近のマイクロ波増幅技術」(石川)
- ②:「最近の電波伝搬」(唐沢)

2013.7.22 第15回AWCCセミナー「ユビキタスネットワークのデバイスと応用」

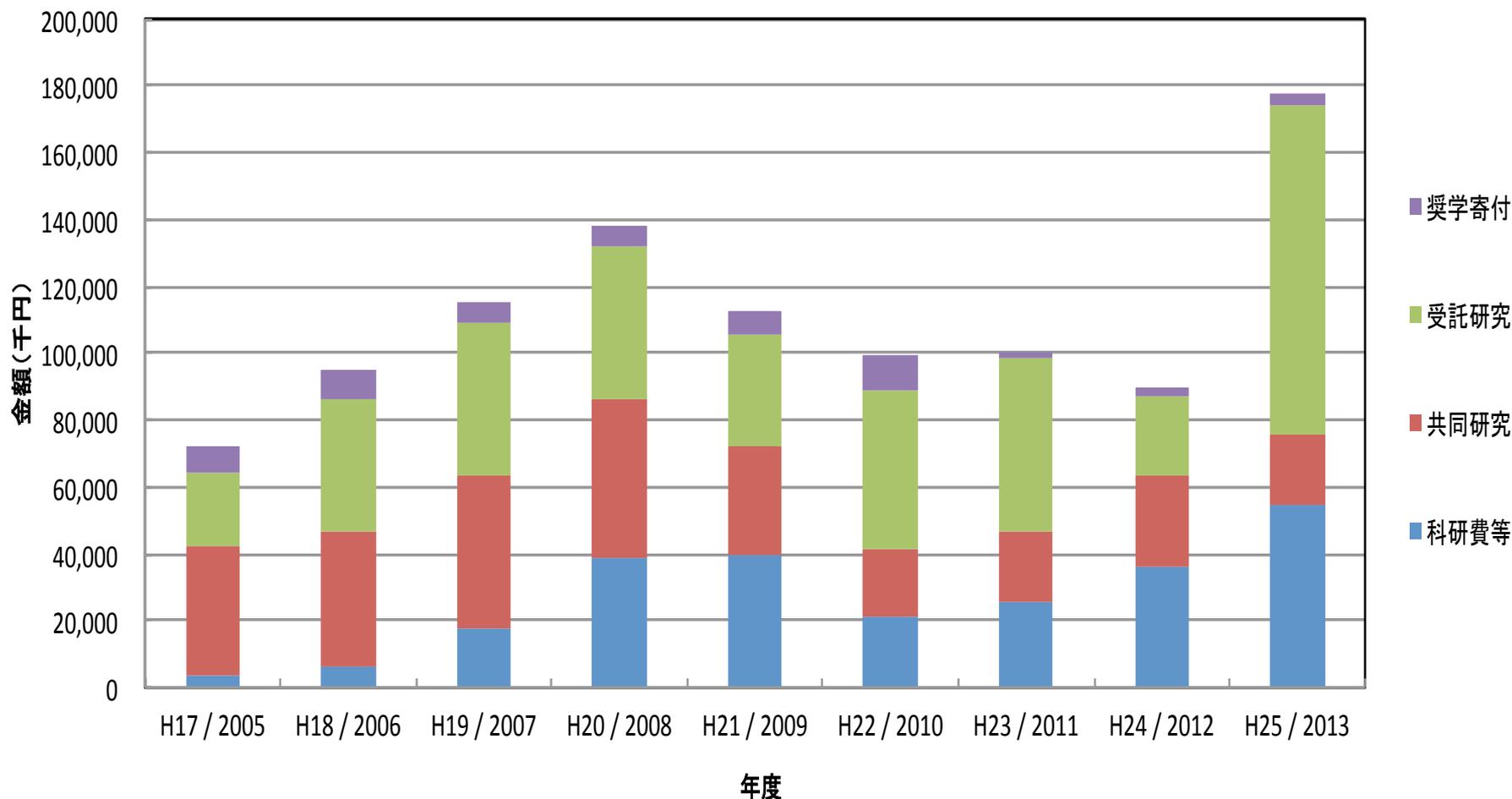
- ①「エネルギーハーベスティング センサネットワークシステムへの挑戦」(石橋(孝))
- ②「放射線センサーシステムと測定例について」(中嶋)

2013.7.9 AWCC特別講演会

- ・"Fisher, Grassmann and Euclid - An Infogeometric Perspective of Estimators"  
(Prof. Giuseppe Abreu, Jacobs University, Germany)

# 6. 外部資金獲得実績

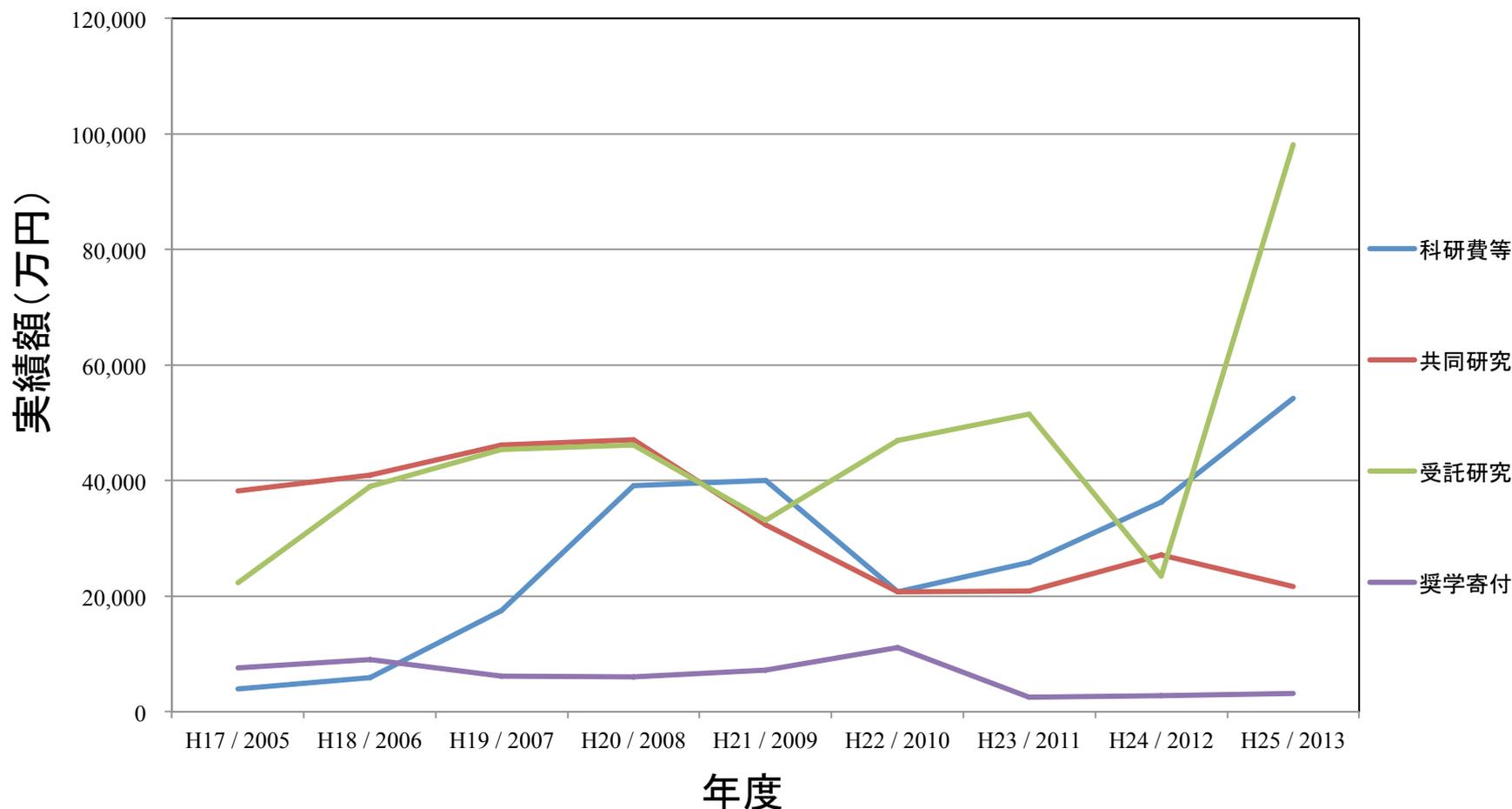
※ コアメンバーのみ



9年間のコアメンバーの獲得総額 10億 53万円 (AWCC全体では23億4,591万円)  
H25の一人あたり年間獲得額は2,532万円 (電気通信大学教員平均の3.6倍)

# 外部資金種別ごとの推移

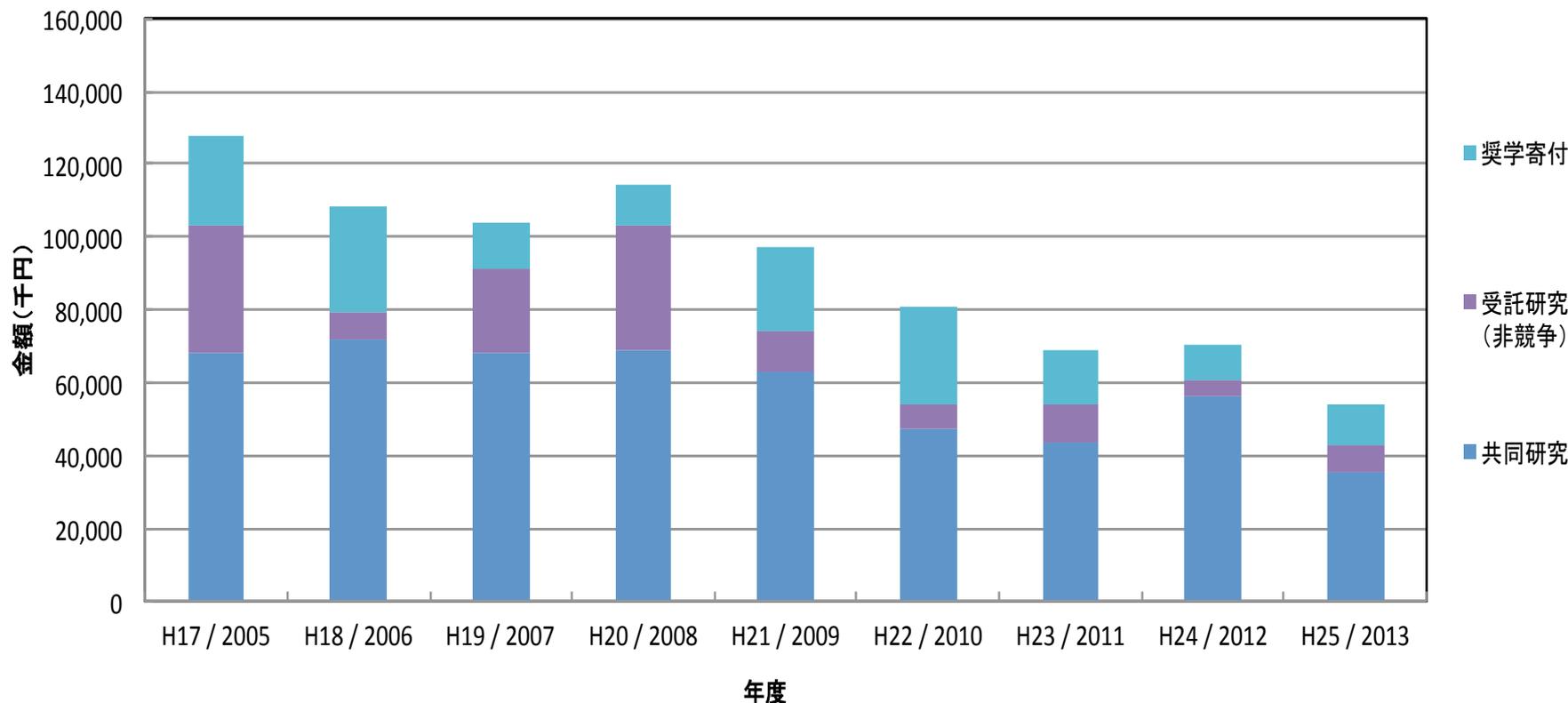
※ コアメンバーのみ



リーマンショックに端を発する不況の影響により、**共同研究**と**奨学寄付**が減少  
一方、**科研費**と**受託研究**が増加し、減少を補っている

# 産学連携資金の推移

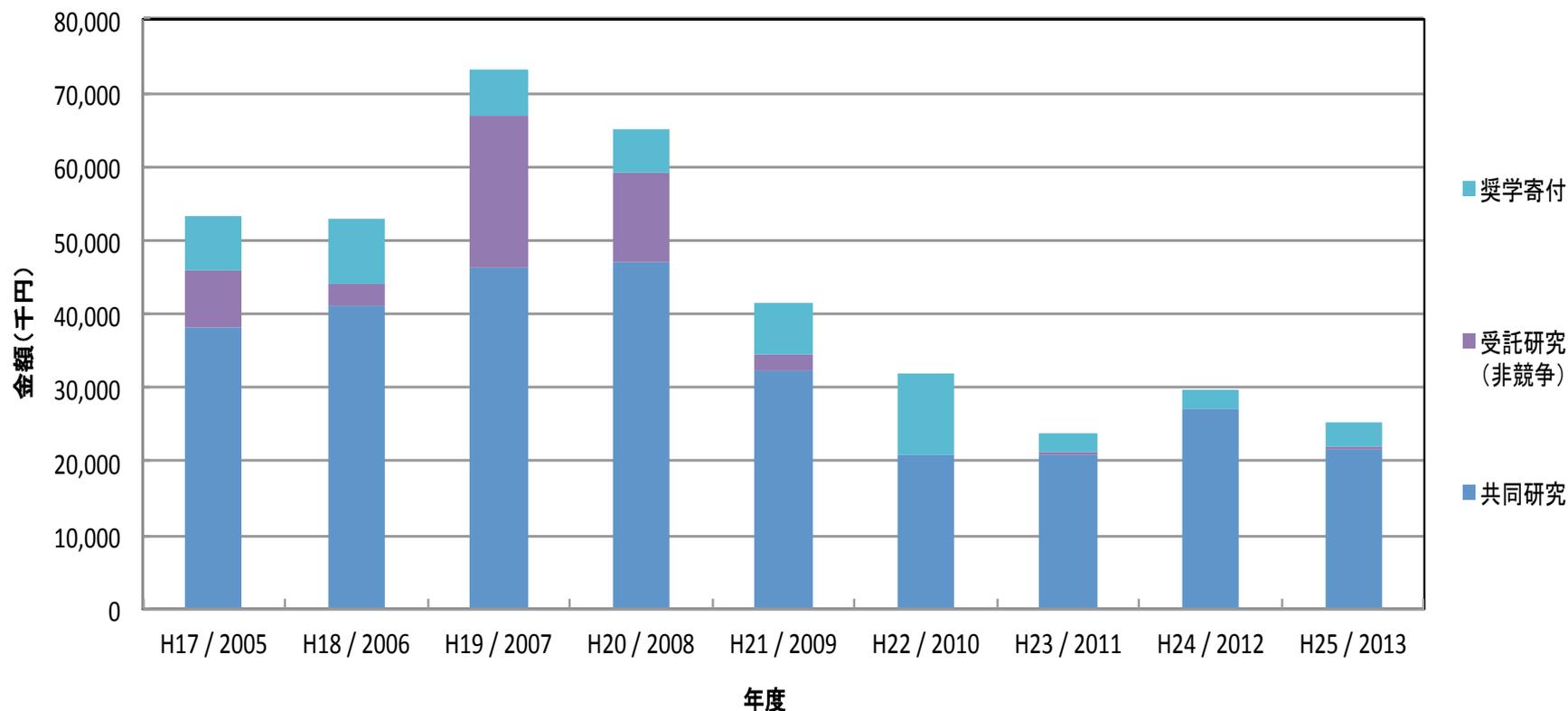
※ AWCC全体



9年間で約8億3千万円の産学連携資金を獲得  
 AWCC教員は学内の個人別共同研究年間受入総額の上位10位の約半数を占めている  
 ただし産学連携資金はH21年度から減少傾向へ

# 産学連携資金の推移

※ コアメンバーのみ

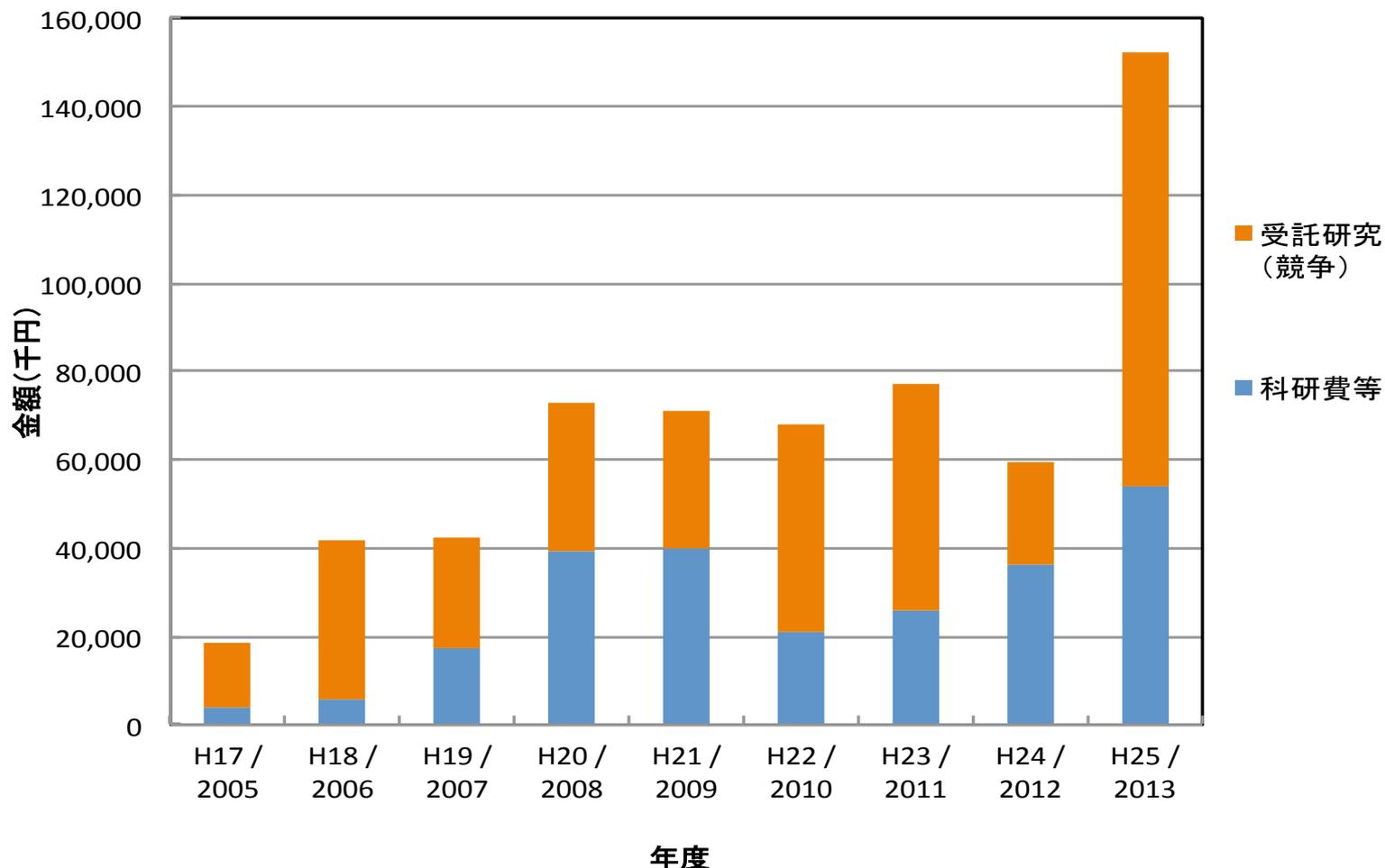


産学連携資金の減少傾向はAWCC全体と同様で、H21以降減少  
(H26は増加傾向)

企業単独での受託または共同研究の形態から、  
企業との連携による公的競争的資金の獲得へ移行

# 競争的資金獲得額の推移

※ コアメンバーのみ



競争的資金は大きく増加し、AWCCの研究資金面での自立化を支えている

# AWCCが関わる主な競争的資金(H25年度実績)

※ コアメンバーが関与するもののみ

## 【総務省関連(5件)】

### 電波資源拡大のための研究開発

「車車間通信技術を活用したネットワーク構築に関する研究開発(代表者;山尾)」

### 戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)

Phase I 「環境認知型超高効率無線センサーネットワークの研究開発(代表者;藤井)」

「即応・高信頼の非直交ワイヤレス共用技術の研究開発(学内代表者;石橋功)」

Phase II 「スマートデバイスモジュールを用いた双方向ワイヤレス電力・情報同時伝送システムの研究開発(代表者;本城)」

「進化した無線通信技術に柔軟かつ効率的に対応できる光・無線融合基地局ネットワーク基盤の研究開発(代表者;山尾)」

## 【文部科学省関連(8件)】

科研費基盤A 「次世代ITSのための統合分散無線ネットワーク基盤の研究(代表者;小花\*)」

同 「環境適応型ベースバンド無線の研究(代表者;唐沢)」

科研費基盤B 「マルチキャリア無線信号の光ファイバー括無ひずみ伝送の研究(代表者;山尾)」

同 「学習を活用した物理層セキュリティ技術によるセキュアコグニティブ無線(代表者;藤井)」

科研費萌芽 「電波高密度利用に資する無線信号高度分布モデルの確立(代表者;藤井)」

科研費若手B 「高信頼性・超寿命を達成する高度自律分散無線ネットワーク技術に関する研究(石橋功)」

科研費基盤C 「単電子トランジスタのマイクロ波モデリング(代表者;本城)」

同 「待機モードのゼロ消費電力を実現するMEMSウエイクアップモジュールの研究(代表者;石橋孝)」

外部資金研究テーマ一覧は付録E参照

\*研究分担者; 唐沢、山尾、藤井、中嶋

# 7. 国際化活動

- ・ 日・韓・中のICT-PBL国際共同授業および国際シンポジウムTriSAI, 海外インターンシップへの学生の積極的参加の推奨・指導
- ・ 積極的な留学生受入による学生間交流の活性化



- ・ 国際会議での発表件数の増加
- ・ 学生の国際学会での受賞件数の増加
- ・ 国際交流事業や国際共同研究への参加人数の増加

## 平成24年度

海外インターンシップへの参加 修士2名

国際共同研究 博士1名(米国ハーバード大学)

## 平成25年度

海外インターンシップへの参加 修士1名

## 平成26年度

海外インターンシップへの参加 修士1名

国際共同研究 修士2名(ドイツヤコブ大学)

日本人と留学生による異文化コミュニケーションの場が日常的に形成され、グローバルな学生の育成に貢献

# 7.1 Tokyo Wireless Technology Summit

AWCCと早稲田大学国際情報通信研究センター(GITI)は、ワイヤレス通信分野で世界的に著名な研究者6名の招待講演による国際シンポジウム Tokyo Wireless Technology Summit 2014 を2014年3月に共同開催(参加者数240名、付録L参照)



会場の様子



講演者との集合写真

このシンポジウムでは、将来のワイヤレス通信のブレークスルーを起こす技術について様々な視点から会場を含めて活発に議論した。広く今後のワイヤレス通信関連ビジネスや研究開発等の参考とするとともに、AWCCとして今後の国際協力の緒とする。

## 7.2 ICTトライアングルフォーラム

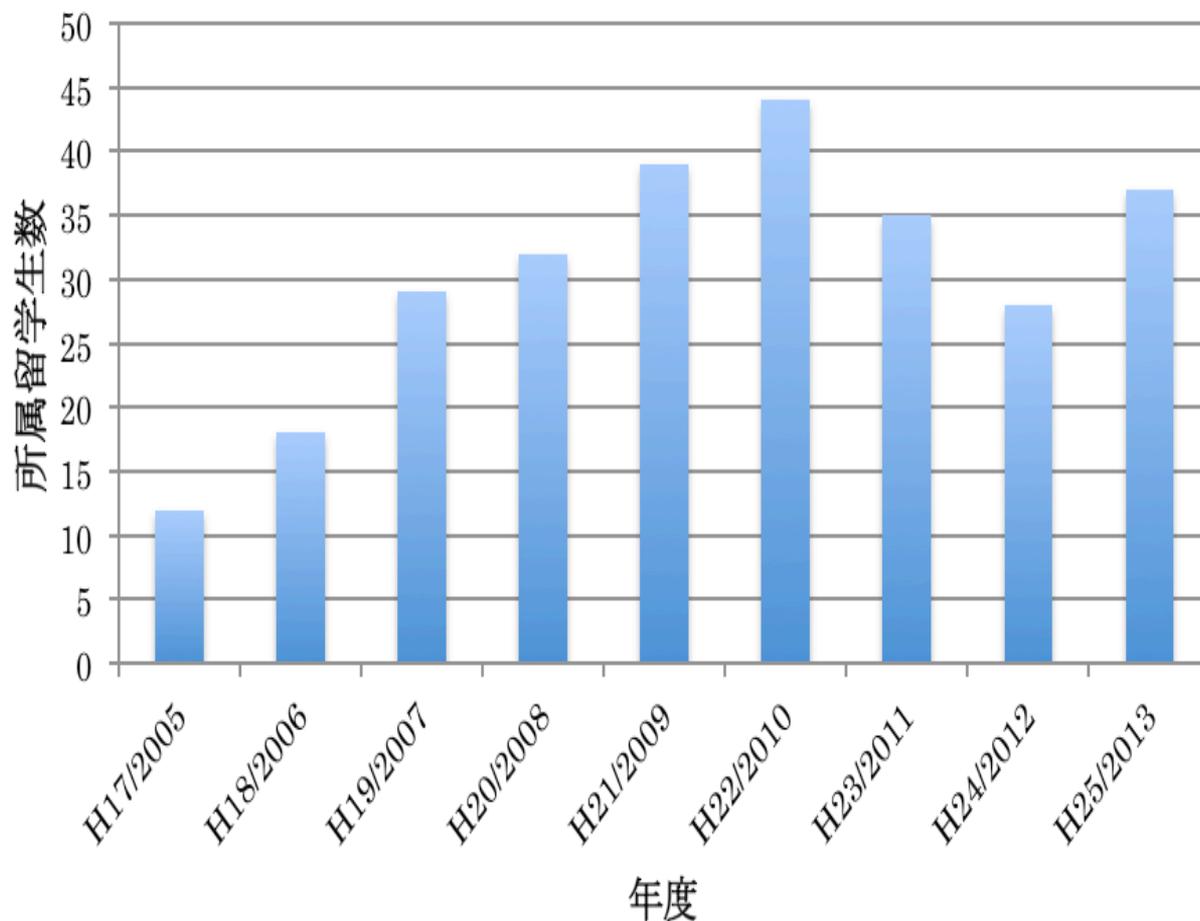
2006年より、毎年日中韓三大学によるICT分野の国際フォーラムとして、国際シンポジウム (TriSAI) の企画・運営をAWCCが中心となって行い、学生の国際交流を進めている(付録F)

- 第1回ICTトライアングルフォーラム (2006.8.7~9 電気通信大学にて開催)
- 第2回ICTトライアングルフォーラム (2007.9.18~20 北京郵電大学にて開催)
- 第3回ICTトライアングルフォーラム (2008.10.6~9情報通信大学にて開催)
- 第4回ICTトライアングルフォーラム (2009.10.28~29電気通信大学にて開催)
- 第5回ICTトライアングルフォーラム (2010.10.25~27北京郵電大学にて開催)
- 第6回ICTトライアングルフォーラム (2011.8.25~26 韓国科学技術院にて開催)
- 第7回ICTトライアングルフォーラム (2012.9.18~19電気通信大学にて開催)
- 第8回ICTトライアングルフォーラム (2014.9.19~21北京郵電大学にて開催)

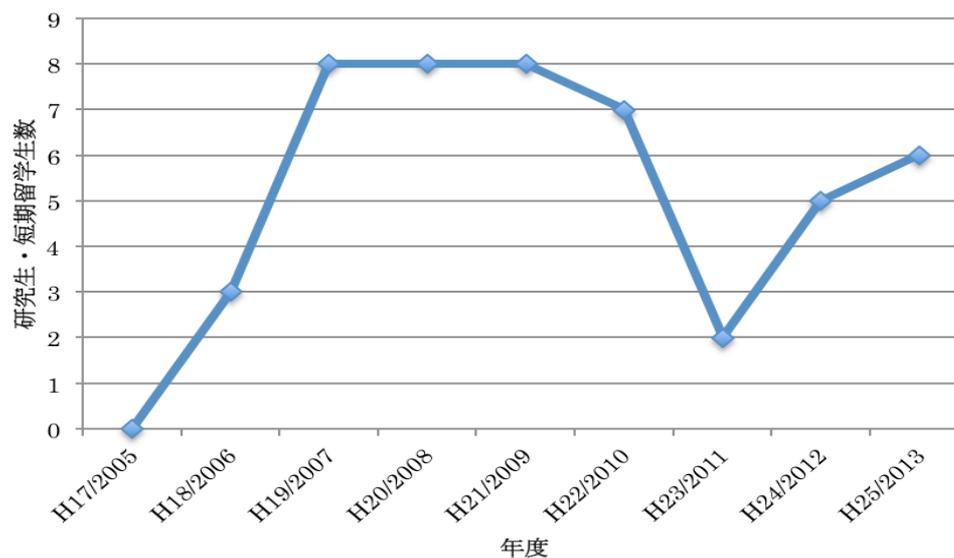
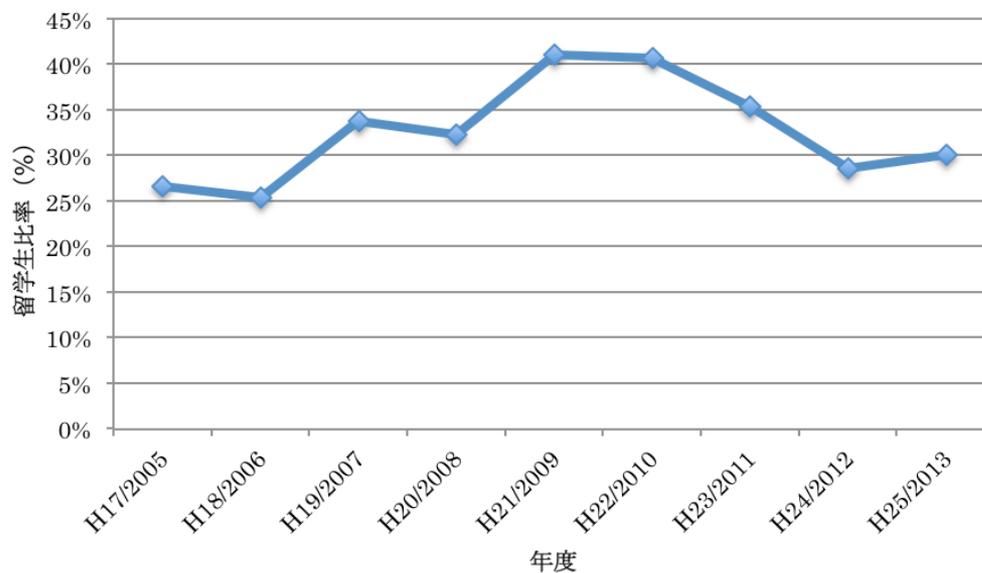
学生交流の場として第1回目は囲碁大会、第2回目はカルチャーナイト(異文化交流)、第3回目はバレーボール大会を開催し、大学院学生の国際性習得の場を提供した。さらに、運営から発表までを全て学生のみで実施する「学生セッション」を2007年度から実施することで、学生の主体性を涵養する場を提供している

## 7.3 留学生の積極的受入

AWCCコアメンバーの研究室で学ぶ留学生は、**2013年度で37名**  
この数は**研究室所属学生数の約1/3**であり、大学の研究室平均での留学生比率より著しく高い値である。



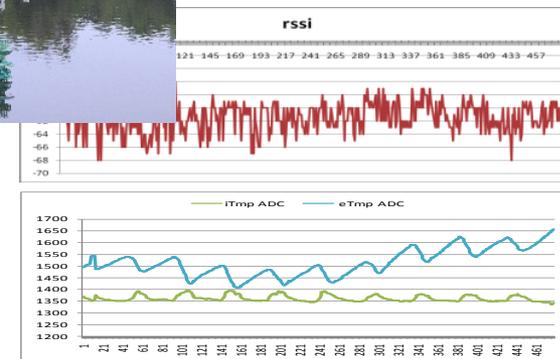
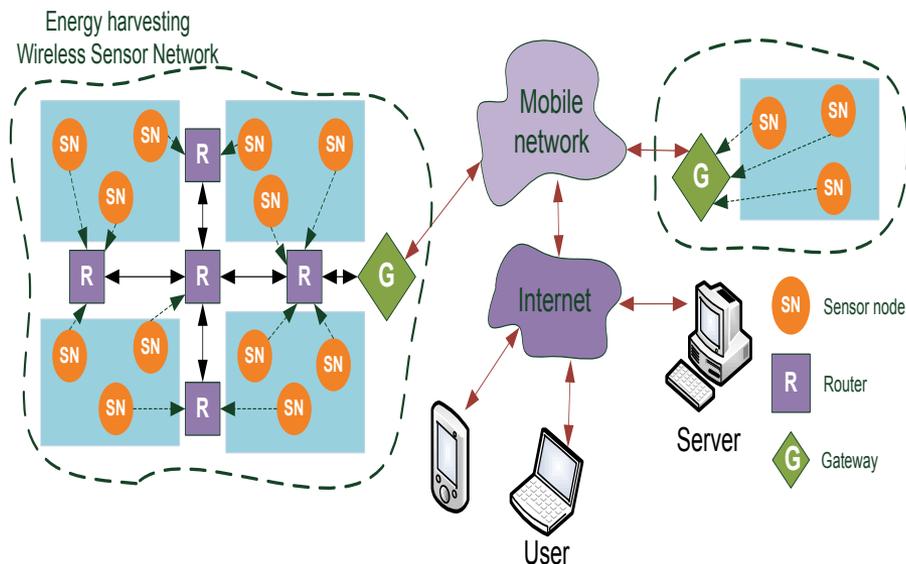
# 留学生比率と研究生・短期留学生数



## 7.4 国際共同研究と国際的研究活動

- ◆ 国際共同研究先； フランステレコム、KyungHee University、南京大学、中国電子科技大学、ドイツJacobs University、ホーチミン工科大学

「エネルギーハーベスティングセンサネットワークによるベトナムエビ養殖場の水質モニターの研究」を、ホーチミン工科大学等と推進中



- ◆ コアメンバの国際会議基調講演； 12件 招待講演； 42件

## 8. 広報活動

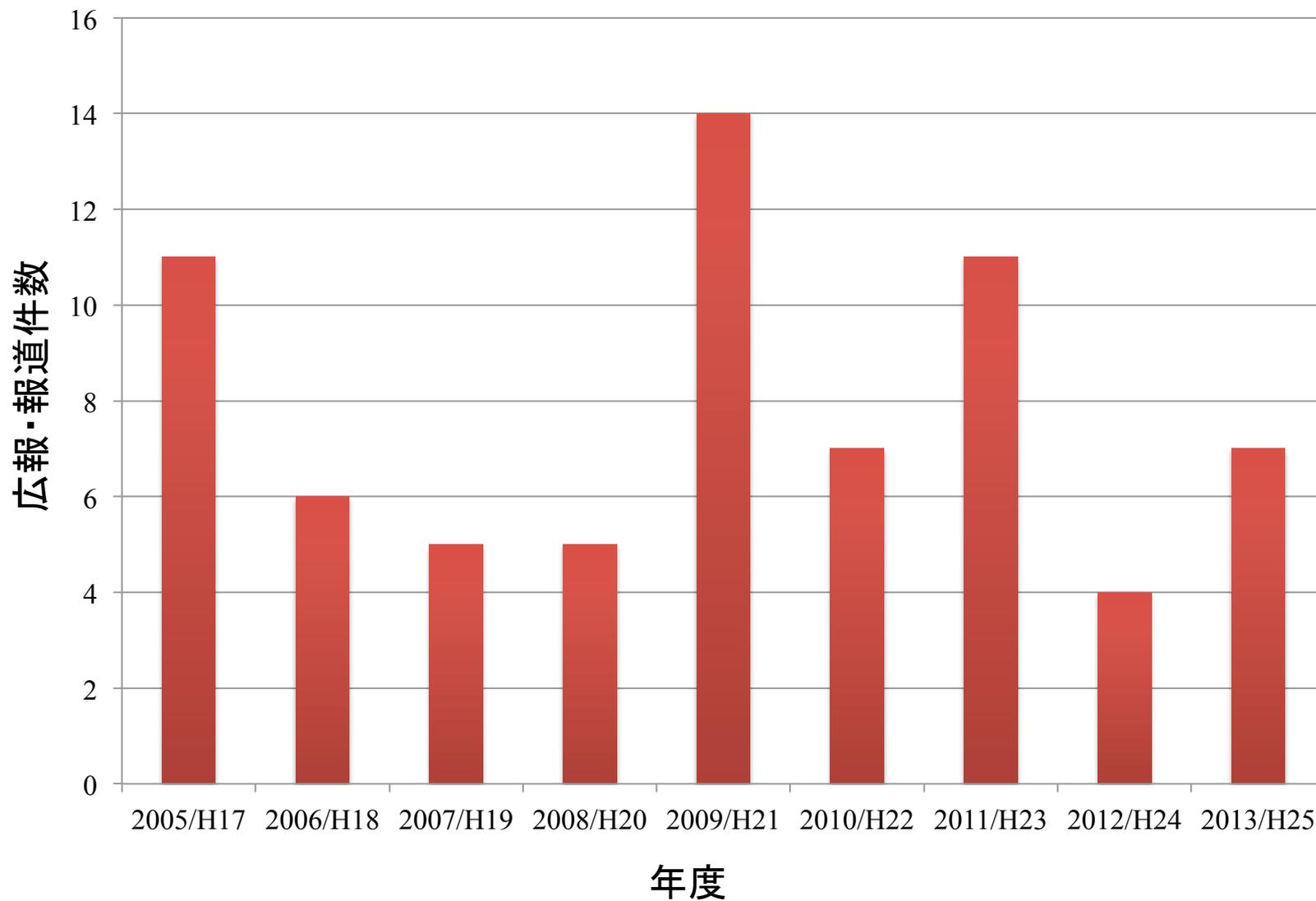
### 8.6 新聞・雑誌等における最近の報道発表

- 2013.12.9 “薄膜BOX-SOI (SOTB) による超低電圧 (0.4V) 動作LSIで、チップ毎の性能ばらつきを半減する技術を開発(日経Tech-On!),”【石橋孝研究室ほか】
- 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】

(2010年度以前は10件、付録A~D参照)

# 年度別広報・報道数

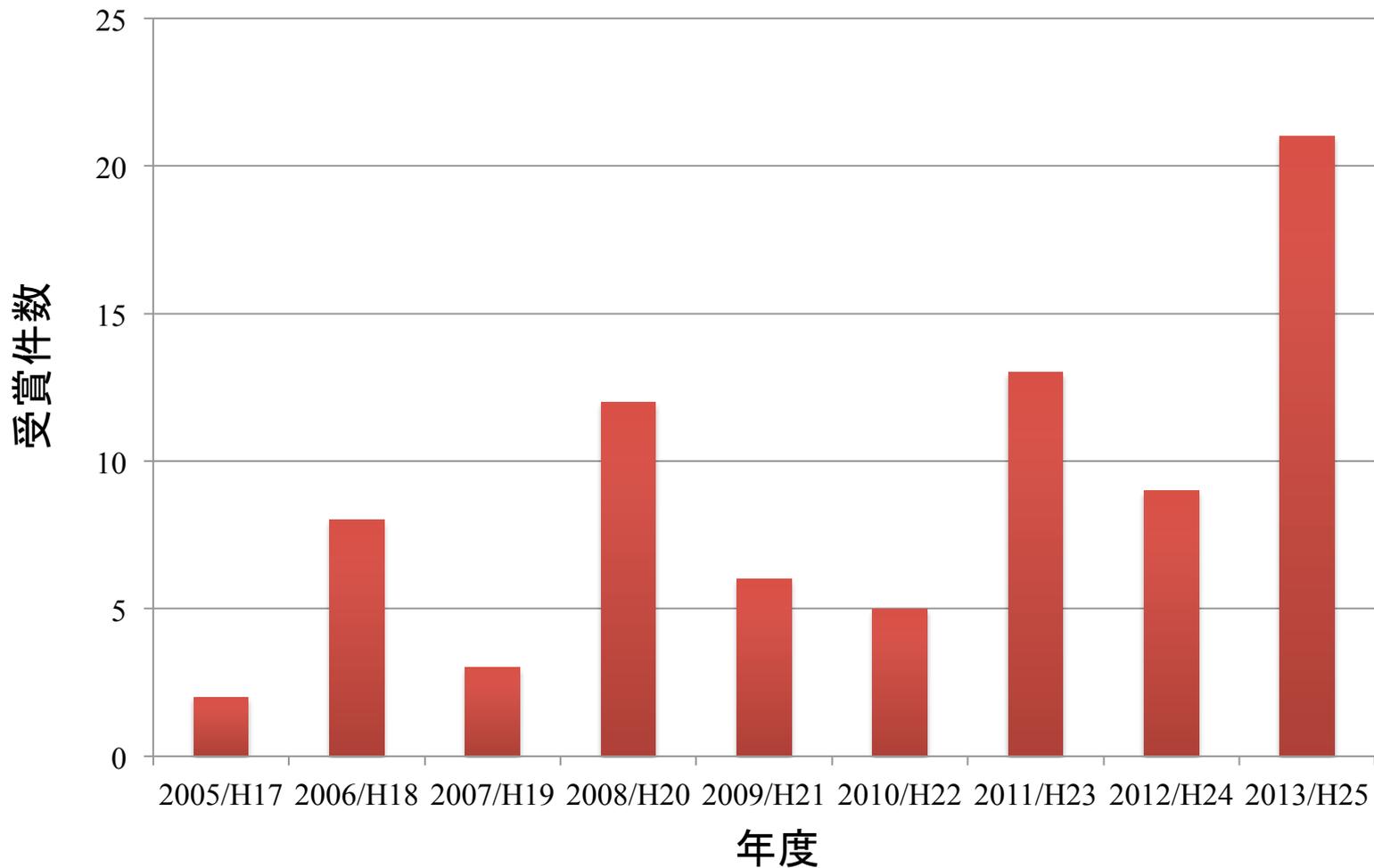
※ コアメンバーのみ



# 10. 表彰

※ コアメンバー関連研究室のみ

指導学生の受賞が特に大きく増加



# AWCC外部受賞（H24-25年度）

※ コアメンバー関連のみのデータ

- 2014.3月 電気通信普及財団**テレコムシステム技術学生賞**（石橋（功）研）
- 2014.3月 電子情報通信学会**学術奨励賞**（藤井研）
- 2014.2月 NCSP'14 **Student Paper Award**（藤井研）
- 2014.1月 日中科学技術交流協会**中国人留学生研究奨励賞**（藤井研）
- 2013.12月 TJMW2013 **Young Researcher Encouragement Award**（石橋（孝）研）
- 2013.11月 IEEE MTTTS-J/K/N **Yohei Ishikawa Award**（本城研）
- 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、石橋功至）
- 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 **初めての研究会優秀発表賞**（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の国際会議 VTC2012-Springで IEEE VTS-J **Student Paper Award**（**2件**同時、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）

# 11. 財務基盤

大学経費比率はセンター立上げ期で10%前後、2007年度以降は5%前後で推移  
外部資金の積極的かつ継続的な獲得で資金の確保に成功。

	2005	2006	2007	2008	2009
大学措置経費	8,350	9,337	5,224	5,897	5,648
外部資金獲得額	71,920	94,930	115,336	138,367	112,707
合計 (大学経費%)	80,270 (10.4)	104,267 (9.0)	120,560 (4.3)	144,267 (4.1)	118,355 (4.7)
	2010	2011	2012	2013	
大学措置経費	5,713	5,274	8,207	6,169	
外部資金獲得額	99,607	100,715	89,660	177,297	
合計 (大学経費%)	105,320 (5.4)	105,989 (5.0)	97,867 (8.0)	183,466 (3.4)	