

電気通信研究機構

# NEWS

Volume **09**

Research Organization of Electrical Communication  
Tohoku University

CONTENTS

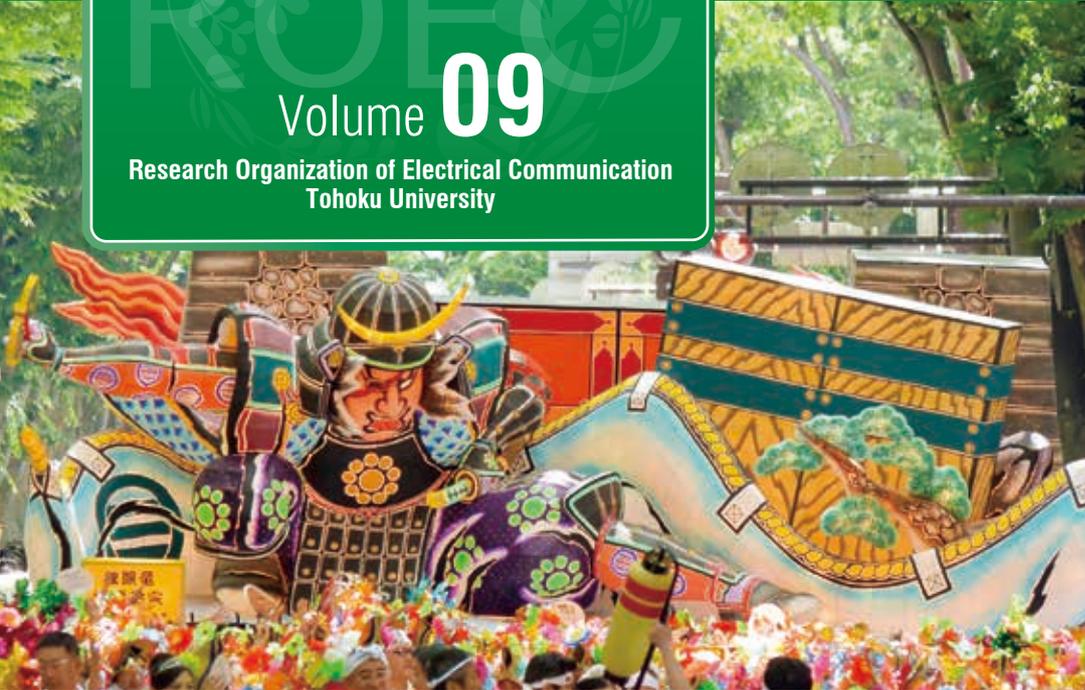
- 02 (頁) 巻頭言
- 03 プロジェクト紹介
- 05 研究最前線
- 08 What's New  
「スマホdeリレー®」のフィールド実証実験を産学連携で実施



TOHOKU  
UNIVERSITY

NOVEMBER 2017

東北大学 電気通信研究機構ニュースレター



情報のバトンをスマートフォン同士が  
リレーするメッセージング機能

## AirBaton

—エアバトン—

NEWS

仙台放送ニュースアプリに試験搭載

東北絆まつり  
(写真提供:東北絆まつり実行委員会)

仙台放送ニュースアプリ搭載のメッセージング機能  
(写真提供:仙台放送)

# 巻頭言

## 東日本大震災からの 復旧・復興を支える東北大学への期待

～卒業生、NPO、女性の力と東北大学電気通信機構によるコラボレーション～

宮城県環境生活部参事兼共同参画推進課長  
(東北大学電気通信研究機構諮問委員会委員・法学部卒)

小松直子



震災から間もなく6年半。宮城県では、震災の1年後から、月命日の11日に、震災からの復興状況をHPで公表しています(現在は2ヶ月に1回程度)。これまで、全国から支援を受け、被災市町や国と共に全力で取り組んだ結果、高台への集団移転事業では97%が住宅建築可能となり、災害復興公営住宅は計画戸数1万6000戸に対し1万4500戸余が完成、鉄道はBRTも含めると100%復旧、仙台港の貨物取扱量や仙台空港の国内線乗降客数は震災前の110%超、観光客入込数も100%に迫るなど、被災地の生活インフラや産業の再生は着実に進んできました。

一方で、今なお1万2800人余の方々約6000戸の仮設住宅で生活されており、また、大規模な嵩上げを行っている地区や離半島部など、沿岸部の風景は様々で、地域によって復興の歩みに差が生じています。

引き続き、県では、ハード面での復興に合わせ、被災者の心のケアや地域コミュニティの再生、交流人口の拡大、被災事業者の販路の回復など、復興の進展により生じる様々な課題に対応し、宮城県震災復興計画のゴールである2020年をめざして、全県一丸となって取り組みを進めています。

復興を進める中で、私がかかっている3つの動きがあります。

1つめは、震災復興電気通信東北大学OBOG会。震災直後に情報通信網が寸断された最中、情報通信事業者や総務省は、土地勘のある東北大学の卒業生や宮城県出身者を全国から集め、被災地に派遣しました。絶望的に破壊された故郷又は

第2の故郷を目前に、復旧を進めるため、全社が一丸となり組織の利害関係を超越した協力により、昼夜を分かたず働き、通信の早期復旧に大きく貢献しました。通れる道路の情報共有、資機材・マンパワー・燃料の融通など、日頃の競争を忘れ、まさに同窓生であればこそ、気軽に、大きな協力関係を築くことができたのだと思います。そのおひとりで地元通信事業者のO氏が各社に声をかけ、

復旧の苦労話を共有する目的で情報交換会が始まりました。当時、会の中では、お互いの苦労をねぎらい、前回協力の御礼と次のお願いが取り交わされたりもしました。その会が今も引き継がれています。今年6月には、東京に帰還したメンバーにより、東京分会が開催され、当時を語り合い、改めて被災地への思いを確認する場となりました。

2つめは、被災地の支援を行うNPOの存在。震災直後から被災地に入り、避難所の運営支援、泥かき・家の片付けから始まり、仮設住宅の見守り、高齢者障害者のケア、子どもの学習支援、地域コミュニティづくり支援、農林水産業の再生など、多岐にわたり、きめ細やかに活動しています。震災直後と現在では、活動領域が変遷していますが、地域に頼りにされ、なくてはならない存在となっています。一方で、人材、資金難の課題もあり、県としても、ソーシャルビジネス化やプロボノなどの支援を進めているところではあります。

もう1つは、復興の取組ではありませんが、企業の女性管理職やダイバーシティ担当による異業種交流会(女子会)。1985年に男女雇用機会均等法が施行されましたが、現実には総合職一期生の多くが職場を去り、女性管理職は依然少数派です。社内にモデルが少ない中、お互いに学びあい助け合うため、今年1月に会を立ち上げ、元気な女性たちが、ほぼ毎月集まっています。みんなで被災地に足を運び、美味しい海の幸(地酒)も堪能し、社内の語り部になれると思っています。

### 東北大学電気通信機構 × 3つの動き = 被災地の復興、社会的課題の解決

全国にいる東北大学の卒業生が、仙台・宮城を思い、震災からの復興を心から願っています。その思いと機構の技術がコラボして、宮城の復興を力強く後押ししていただけたらと。また、NPOや女性のしなやかなパワーと機構の知性が結びつけば、何かかわくするような、新しい展開ができるのではないかと。

そのような取組が広がっていけば、全国各地で起きている大災害からの復旧復興に役立つ大きな力になり、震災の記憶の風化にも抗っていけるのではないかと考えています。

～仙台は、ふるさとになっていく～ 小田和正さん作詞作曲の東北大学校友会の一節、メロディを口ずさみながら、そんな妄想を抱いている、今日この頃です。

\*復興の状況は、平成29年8月11日現在。

# プロジェクト紹介

## ニーズに合わせて 通信容量や利用地域を 柔軟に変更可能な ハイスループット衛星 通信システム技術の 研究開発

東北大学電気通信研究機構長  
(東北大学大学院情報科学研究科 教授)

加藤 寧

東北大学電気通信研究機構 准教授  
(東北大学大学院情報科学研究科)

西山大樹

東北大学大学院情報科学研究科 特任助教

川本雄一

2011年に発生した東日本大震災では多くの通信設備が損壊し、被災地において通信することが困難となりました。大規模災害時には高精細映像による情報伝送や安否確認のために通信需要が急増しますが、普段使用している地上通信網は基地局の損壊などによって使用することが困難となります。そ

のため、地上の状況に左右されずに安定して通信環境を提供することが可能な衛星通信への期待が高まっています。しかしながら、従来の衛星システムでは通信需要が急激に増大しても衛星打ち上げ後に通信リソース割当の変更は不可能であるため、安定した通信環境を提供することができません。そのため、次世代の衛星システムには通信需要の変動に対して動的な通信リソース割当の最適化を可能とする周波数フレキシビリティ性が求められており、デジタルチャネライザの開発が進んでいます。衛星システムへの通信需要を満たすためにはフレキシビリティ化技術の有効性を正確に評価し、有効なシステム構成や利用方法を決定する必要があります。しかし、現状ではシステムを取り巻く状態変化に対応したシステムの評価モデルは存在していないため、状態変化を伴う中でのシステムの定量評価は困難となっています。

そこで、本研究開発では衛星システムへの要求や環境が変化しても通信システムを定量評価可能なモデル構築を

行っています。図に本研究開発における衛星通信システムの周波数フレキシビリティ性評価モデルを示します。構築する評価モデルにおいては、デジタルチャネライザのビーム当たりの最大帯域幅・ポート数といった通信システムの物理構成や通信方式・周波数割当アルゴリズムといったアクセス制御等のシステム構成を数理モデルとして表現します。また、トラフィック要求や天候などの環境を状態として定義し、フレキシビリティ性の評価を実行します。評価の際には、まず環境を限定した上でトラフィック要求の変化を考慮しフレキシビリティ性を評価し、次に環境を変化させ評価を行います。

以上の通り、本研究開発では、システムを取り巻く状態変化に対応したシステム評価モデルを構築することによって、複数のシステム構成に対してフレキシビリティ性の優劣の判定を可能にします。これにより、フレキシビリティ化技術を最も有効に活用できるような通信システムの物理構成やアクセス制御方式の決定を目指しています。

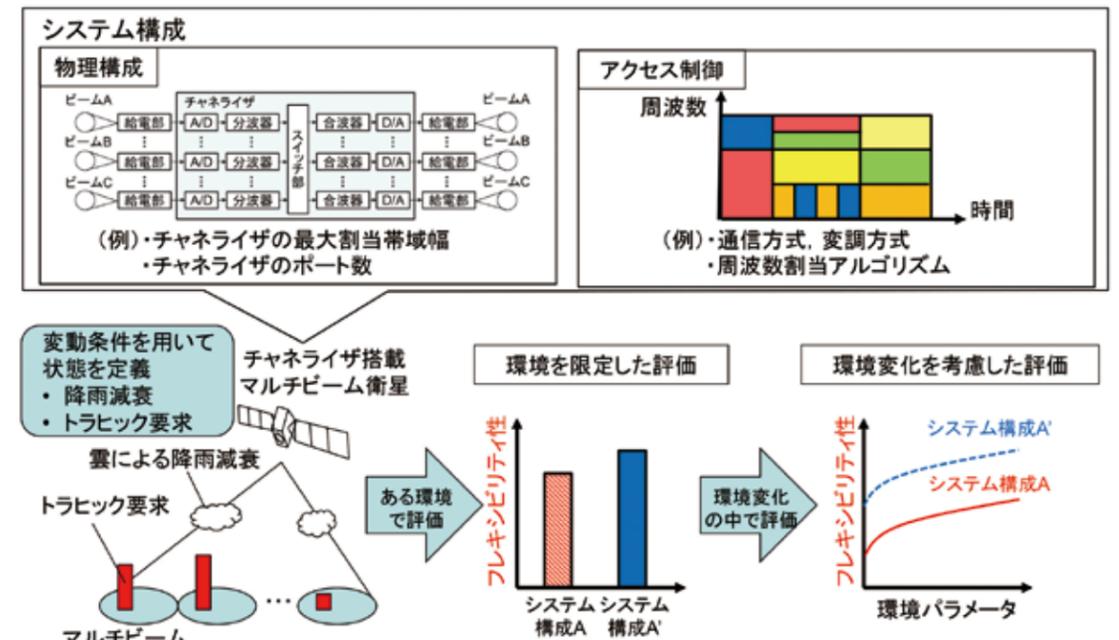


図 衛星通信システムの周波数フレキシビリティ性評価モデル

## 無人航空機システムの周波数効率利用のための通信ネットワーク技術の研究開発

東北大学電気通信研究機構長  
(東北大学大学院情報科学研究科 教授)

加藤 寧

東北大学電気通信研究機構 准教授  
(東北大学大学院情報科学研究科)

西山 大樹

東北大学大学院情報科学研究科 特任助教

川本 雄一

無人航空機の高性能化・低価格化に伴い、農業、インフラ管理、宅配や橋梁点検などの様々な分野で無人航空機システム (UAS: Unmanned Aircraft System) の利用が広がっています。UASは遠隔操縦により飛行する無人航空機や地上の制御装置などによって構成されるシステムであり、無人航空機が取得したデータをリアルタイムで地上の制御装置へ伝送することが可能です。しかし、利用可能な周波数資源は有限であるため、

同一または近傍の空域内で多数のUASが運用される環境では、通信需要を満たすことができません。

そこで、本研究開発では複数のUASが上空で撮影した映像を地上に伝送するサービスを想定し、効率的に周波数資源を共用するための資源配分技術の研究開発を実施しています。受信電波強度を推定する「電波伝搬特性のモデル化」、伝送容量を削減する「トラフィック適応映像処理技術」、効率的に通信資源を共用するための「資源割当制御アルゴリズム技術」、高い汎用性を目指し社会普及を目的とする「低消費電力かつ小型な通信機器の設計」等の技術開発によって、目的とする通信システムの実現にあたっています。

我々の研究室では、これらの中でも「資源割当制御アルゴリズム技術」の理論構築と設計を担当しています。図に今回開発するアルゴリズムの概要を示します。UASが効率的に周波数資源を利用するためには、電波環境や利用用途等に応じて各UASに対する資源割当量を決定する必要があります。そこで、UASの位置

情報や優先度、さらにはモデル化された電波伝搬特性に基づき、各UASの資源割当量および使用する変調方式を決定するアルゴリズムの開発を行っています。また、実環境におけるUASの利用シナリオやトラフィックモデル等を考慮した性能評価を行うことで、開発したアルゴリズムの有効性を示します。さらに、資源割当制御アルゴリズムによって発生する遅延時間に関する評価を行うことで、アルゴリズムのリアルタイム性について検証します。以上の通り、我々は綿密な理論検討と多角的な数値解析を行い、効率的な資源割当を実現させるアルゴリズムの開発を推進しています。

本研究開発は平成28年度から3か年計画で実施しており、各要素技術の研究開発や課題間の連携、フィールド実証実験等を積極的に進め、UASにおける効率的な周波数共用を可能とする資源配分技術の確立を目指しています。本研究開発は総務省委託研究開発「無人航空機システムの周波数効率利用のための通信ネットワーク技術の研究開発」によるものです。

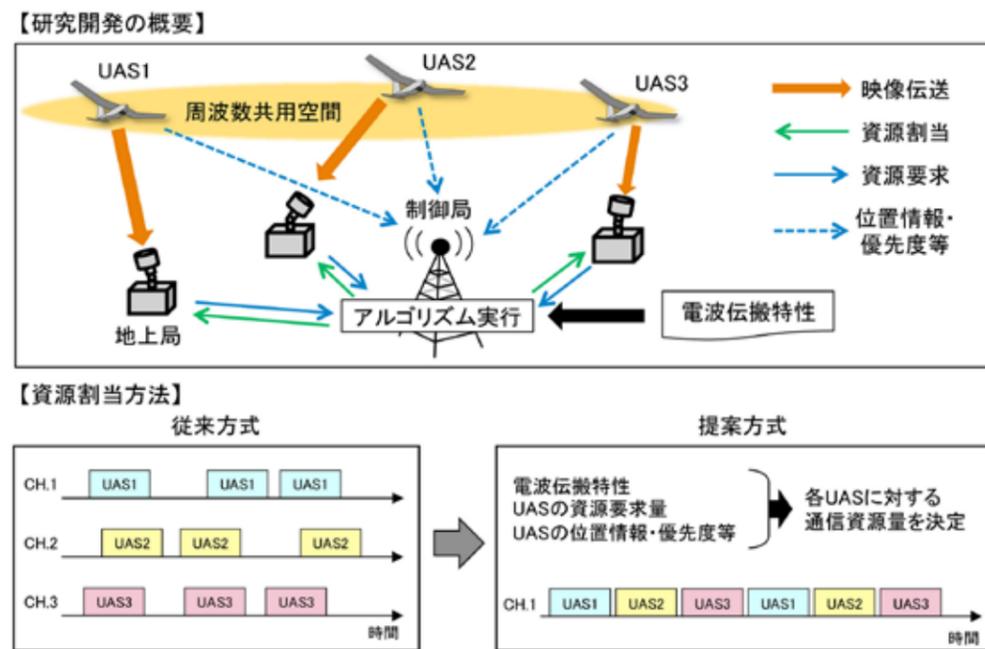


図 開発するアルゴリズムの概要

## Project report 研究最前線

# 体から電波を発するアンテナを考えよう

東北大学大学院工学研究科通信工学専攻  
電磁波工学(陳)研究室

近年、人体を取り巻く複数のセンサーによるボディエリアネットワーク (BAN) の構築と共に体の健康状態を計測・監視するウェアラブルセンサーの開発が進んでいます。我々は人体表面に貼り付ける人体センサーに搭載するアンテナや、人体内部に飲み込むカプセル型のセンサーに内蔵するアンテナの開発に取り組んでいます。貼り付け型ウェアラブルセンサーでは、心音や脈波の計測データをリアルタイムでサーバに送信するために、途切れない無線

通信が必要となりますが、屋内通信ではマルチパスによるフェージングが発生し、人体は立位、臥位などの姿勢の変化により、伝搬環境が時間的に大きく変化します。そのため、複雑な電波環境に適応できる高機能なアンテナが望まれています。また、カプセル内蔵のアンテナから放射された電磁波が人体の電波吸収によって大幅に減衰してしまうことやアンテナが小型で放射効率が低いこと、および内蔵回路駆動用バッテリーの電力容量が少ないこと

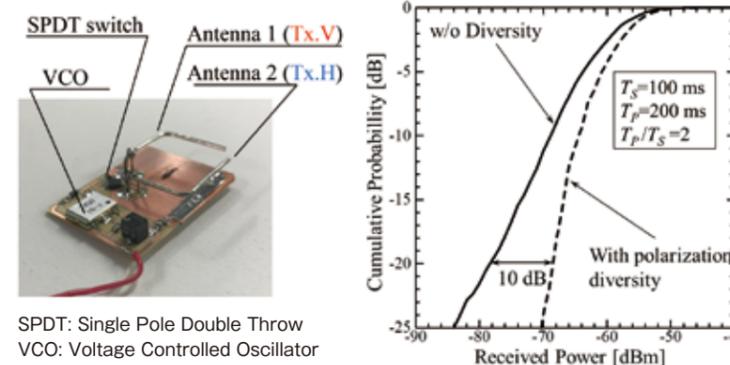


図1 人体に貼り付ける偏波切替ダイバーシティアンテナおよび受信電力の累積確率

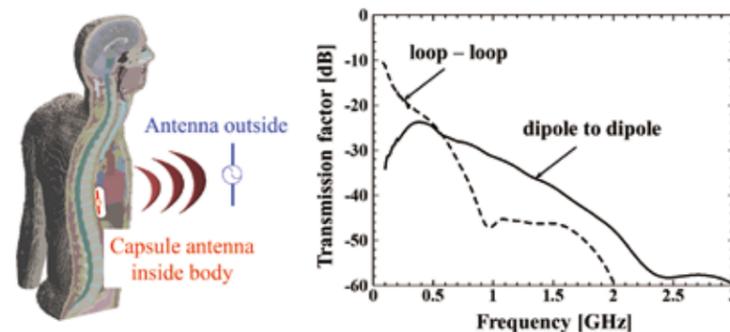


図2 生体等価ファントムの数値解析モデルおよびカプセルアンテナの透過特性



東北大学大学院工学研究科通信工学専攻  
教授

陳 寧

研究室メンバー (平成29年8月現在):  
教授 陳 寧 博士 (工学)  
助教 佐藤 弘康 博士 (工学)  
助教 今野 佳祐 博士 (工学)  
秘書 伊藤 裕美子

研究室 Web ページ:  
<http://www.chenq.ecei.tohoku.ac.jp/>

などの理由から、広帯域の画像情報の無線伝送ができない現状があるため、人体のような損失媒質中における小型で高効率なアンテナの設計手法の確立が重要となっています。

### 1. 貼り付け型アンテナ

マルチパス環境における通信品質を向上するために偏波ダイバーシティ技術と周波数ホッピング技術が適用できる2偏波・広帯域のダイバーシティアンテナを開発しています。また、人体貼り付け型センサーに搭載するため、アンテナの薄型化や人体による吸収電力の低減も望まれます。そこで、高周波スイッチを用いて周期的に偏波を切り替える偏波切替ダイバーシティアンテナを提案し、ランダム環境における受信電力の平均を約10dB増加させることに成功しています (図1)。

### 2. 飲み込み型アンテナ

生体を介した電波の伝搬損失は組織の構造、比誘電率、導電率の周波数特性に応じて変化するため、人体の内部に取り込まれた飲み込み型カプセルアンテナと体外アンテナ間との電波伝搬特性はかなり複雑になります。そのため、アンテナの不整合損を除いた透過伝送係数を導入し、広い周波数帯域にわたる伝搬損失の周波数特性、およびアンテナ構造に対する伝搬損失について検討を進めました。また、生体等価ファントムを用いて解析と実験を相互に行い、ダイポールとループアンテナを用いた場合の伝搬損失の小さい周波数帯域を明らかにし、飲み込み型アンテナの設計に重要な知見を与えました (図2)。

# 超高真空技術を利用したウエハ室温接合と高機能磁性薄膜の研究

東北大学 学際科学フロンティア研究所  
情報・システム領域 (島津) 研究室



東北大学 学際科学フロンティア研究所  
教授  
島津 武仁

研究室メンバー (平成 29 年 8 月現在):  
教授 島津 武仁 博士 (工学)  
共同研究員 市川 将嗣  
共同研究員 野口 真弘  
派遣研究員 畑山 正寿  
派遣研究員 津村 郁  
技術補佐員 魚本 幸  
事務補佐員 古村 久美子  
研究室 Web ページ:  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/~shimatsu/>

本研究室では、超高真空を利用した清浄雰囲気中での薄膜形成技術を用いて、金属や化合物薄膜のナノ構造の制御とそれを利用したデバイス形成に関する研究を行っています。国内外の企業や研究機関との共同研究を中心に研究を進めており、ここでは、近年特に力を入れている二つの研究課題についてご紹介します。

## 1. 新しい室温接合技術 (原子拡散接合法、ADB) の研究 (図 1)

原子拡散接合法は、半導体やセラミックスの同種・異種のウエハを室温で接合する、我々が提案した新しい技術です。接合する二つのウエハ表面に薄い金属薄膜を形成し、その薄膜を相互に接触させ、接触界面に原子再配列現象 (原子拡散) を室温で生じさせて接合します。接合技術の基礎研究と、新しいデバイス形成に関する応用研究を展開しています。

この接合法には、薄膜形成と接合を同一の超高真空中で行うプロセスと、薄膜を形成した後に大気中に取り出してから接合する大気中接合があります。超高真空中の接合では、サブナノメートルの非常に薄い任意の金属薄膜を用いて接合できるため、接合界面における優れた光の透過性や非導電性を得ることができます。既にスマートフォン向けの新しい電子デバイスの量産技術としても採用され、最近では、新構造の深紫外高輝度 LED や異種半導体の積層構造の形成等、新機能の導出とそのデバイス応用に関する研究に力を入れています。一方、大気中接合は接合膜が Au 等に限定されますが、利便性が高いことから、新しい光通信用エタロンフィルターを始めとする様々なデバイス形成に利用され始めています。近年は、ウエハだけでなく、セラミックスや金属のバルク材やポリマー等の異種材料を室温で接合し、新しい機能を持たせる研究も行っています。



図1 新しい室温接合技術 (原子拡散接合法、ADB)

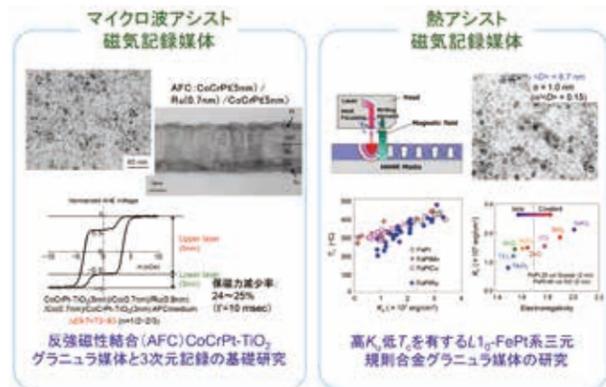


図2 エネルギーアシスト用次世代磁気記録媒体

## 2. エネルギーアシスト用次世代磁気記録媒体の研究 (図 2)

もう一つは、記録時にエネルギーアシストを行うことで記録密度を向上させる次世代の超高密度磁気ハードディスク記録媒体の研究であり、二つのテーマを実施しています。一つはマイクロ波アシスト記録媒体の研究であり、反強磁性結合 (AFC) をさせた CoPt 系グラニュー媒体を試作し、マイクロ波による記録性能の向上や三次元記録のための基礎研究を実施しています。二つ目は熱アシスト記録媒体の研究であり、大きな磁気異方性  $K_u$  と低キュリー温度  $T_c$  を合わせ持つ FePt 系三元規則合金を用いたグラニュー媒体の作成に関する研究を行っています。

# 不要電波の広帯域化に対応した電波環境改善技術の研究開発

東北大学大学院工学研究科  
山口研究室



東北大学大学院工学研究科  
教授  
山口 正洋

研究室メンバー (平成 29 年 7 月現在):  
教授 山口 正洋 工学博士  
助教 サイ・ラナジット Ph.D  
研究室 Web ページ:  
<http://www.itmag.ecei.tohoku.ac.jp/index-jp.html>

移動体通信システムでは広帯域の周波数を確保するため、2020 年頃には SHF 帯までの高い周波数への拡張と移行が見込まれています。一方で、2020 年前後には、SiC や GaN 等の高速パワーデバイスとそれを用いたインバータ機器やワイヤレス電力伝送システム (WPT) 等の新たな電波利用機器の普及により、外来ノイズの増加が懸念されています。家庭や車内のように家電製品や電子機器等が稠密に設置された環境では、スイッチングノイズが SHF 帯まで及ぶ恐れがあり、これが将来の移動通信システムの安定な運用を阻害する大きな脅威となり得ることは明らかです [1]。このように不要電波、利用帯域ともに広帯域化する中で、とくに電波利用の集中する 700MHz から 6GHz までの周波数において、通信品質の安定化や周波数利用効率の高い移動体通信システムの構築に必要な電波環境改善技術を総合的に確立することが急務と思われる。

このため東北大学、神戸大学、トーキン、および昭和飛行機工業のグループは、総務省電波資源拡大のための研究開発「不要電波の広帯域化に対応した電波環境改善技術の研究開発」(代表責任研究者: 東北大学 山口正洋) により、次の 4 テーマについて、平成 27 ~ 30 年度の予定で研究開発を行っています。

**ア 受信感度の低下防護のための広帯域フィルタリング技術の開発** 受信側微小電力対応材料として Sr 系六方晶フェライト材料でノイズ抑制の中心周波数を基材固有の 20GHz から 2.8GHz へ約 1 桁の広範囲で変化させることに成功し、最終目標とする 700MHz ~ 6GHz の広帯域対応に向けて確実にマイルス

トンを達成しています。受信回路用インパナザへの実装法を具体化させつつあります。

**イ 送信設備等の高調波雑音抑制のためのフィルタリング技術の開発** 低周波大電力下における送信側対策用新磁性体として、ノイズ抑制シート (NSS) の材料特性を飛躍的に改善する材料設計指針を見出し、エ項のテストベンチを構築するインバータ機器に試験実装され、ノイズ抑制効果が実証されています。

**ウ 近傍磁界測定技術の開発** 先駆的な可搬型光磁界プローブがノイズ発生源の特定に有用であることが実証されています。測定周波数 6GHz を実現しています。

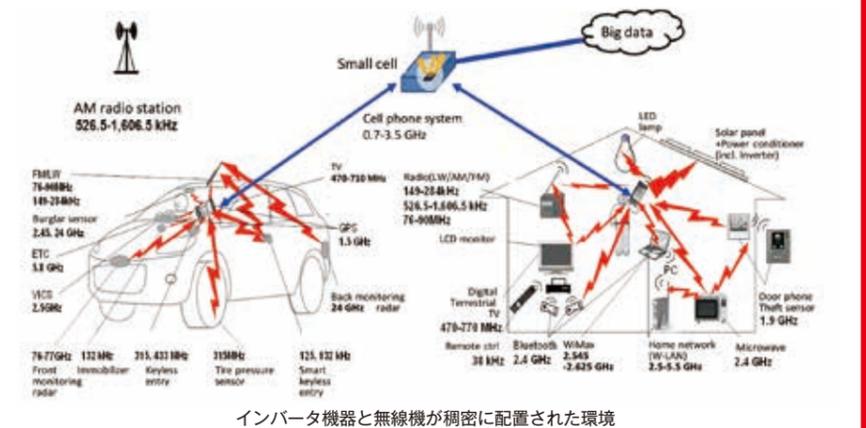
**エ (1) 模擬送信設備共通テストベンチの開発** SiC および GaN スwitching 素子による試作模擬送信設備 (3kW 級 WPT を想定) が CISPR11 を満たすことを確認し、他項の研究開発に供しました。本設備と電気自動車との接続準備に入っています。**(2) 電波環境評価システムの開発** 無線通信性能評価に十分な  $-177\text{dBm/Hz}$  の計測感度を実現しました。これは CISPR11 等の技術基準の定める基準値に比べて充分高感度です。

**(3) 不要電波のデータ化及び無線通信性能の評価手法の開発** 高速スイッチング素子を用いたインバータ機器から放射される電磁妨害波は、CISPR11 等で規定された許容値を満足する一方で、インバータ機器と無線通信機器が稠密に配置された電波環境においては、無線通信性能を劣化させる場合があることを明らかにできました。

本研究開発は、強力な産学連携体制のもとで、東北大学の強い磁性材料分野、スピントロニクスに横断立脚し、段階的に低ノイズのパワーエレクトロニクス機器と無線機を開発することにより、無線通信システムの性能向上を分野融合的に目指すもので、指定国立大学法人への期待に応える成果を挙げています。今後の研究開発により、移動体無線局の受信感度向上や周波数の有効利用を促進するとともに、移動体通信システムの周波数逼迫の解消に資することが期待されます。

【参考文献】

[1] 電波有効利用の促進に関する検討会報告書、第 2 章 利用者視点に立った電波の有効利用の促進、総務省 (平成 24 年 12 月 25 日)



インバータ機器と無線機が稠密に配置された環境

## 「スマホdeリレー<sup>®</sup>」の フィールド実証実験を 産学連携で実施

東北大学電気通信研究機構の加藤・西山研究室と、仙台放送、NTTドコモ、構造計画研究所は共同で、統合型アドホック通信技術である「スマホdeリレー」を利用したメッセージング機能のサービス性や実用性評価のためのフィールド実証実験を、平成29年6月12日仙台市市民防災の日から7月31日まで実施しました。スマホdeリレーの詳細は、YouTube (<https://youtu.be/sEWXYXwa4Og>) を御覧ください。実証実験に向け、スマホdeリレーを仙台放送ニュースアプリに試験的に組み込み、メッセージング機能として「友人とのメッセージ送受信」「複数ユーザーによるグループメッセージ」及び「Googleパーソンファインダーを利用した安否情報の登録と確認」を開発しました。

実証実験では、仙台放送ニュースアプリをスマホにダウンロードし、上記のメッセージング機能をユーザーに体験してもらい、アンケートによる評価を行いました。また、より多くの人に体験して貰うため、仙台市内のクリスマスロード商店街で、仙台放送の情報バラエティ番組「仙臺いろは増刊号」とコラボレーションした防災・減災の謎解きイベントも開催しました。謎解きイ



防災・減災謎ときイベント会場



仙台放送ニュースアプリ搭載のメッセージング機能

ントでは、商店街各所に散りばめられた謎を解いて出てきた答えを、メッセージング機能を利用してスマホからイベント端末に送信し、正しい答えを送信することで、イベント端末から次の謎を解くためのキーワードがスマホに送信される仕組みとなっています。防災・減災に関連した答えやキーワードを使用することで、参加者の防災・減災に対する意識向上も図りました。

今回の実証実験には、イベント参加、自宅での機能利用を含め、約400人が参加し、そのうち、約170人からアンケートの回答を頂きました。アンケートでは、イベント参加者の75%から「防災・減災の意識が高まった」との回答を得ました。また、88%が「既存の通信回線が利用できない状況でもメッセージを送ることができるスマホdeリレーは必要」と回答されました。参加者からは「タイムラグがあっても通信回線が使えない状況で連絡が取り合えるのはありがたいし、それだけで安心できる」「全国的に広がればすごくいいと思う」といった意見の他、「BluetoothやWi-Fiはバッテリー消費が激しく、その点が解決されれば有用性が高まると思う」との意見もあり、災害時の通信手段の一つとして「スマホdeリレー」への関心の高さと、今後の研究開発に対する期待が伺える結果となりました。

(仙台放送 工藤 健太郎)

※スマホdeリレーは、東北大学ならびに構造計画研究所の登録商標です。



防災・減災謎ときイベントの様子

## 編集 後記

毎年、各地で集中豪雨による災害が発生しています。ハザードマップ等、災害への備えも大切ですが、いざという時に、使い慣れた情報端末が避難行動を支援する環境を整えることも重要であり、これまでの耐災害ICT研究成果がこのような環境整備に活用されるように、研究開発と社会実装に向けた取り組みを進めたいと思います。(1)

編集委員 (敬称略 五十音順) 安達 文幸 / 石川 いずみ / 岩月 勝美 (委員長) / 金子 雅人 / 北形 元 / 塩崎 充博 / 末松 憲治 / 中沢 正隆

お問い合わせ

ROEC

東北大学電気通信研究機構

〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1-1 電気通信研究所本館内  
TEL/FAX ● 022-217-5566 URL ● <http://www.roec.tohoku.ac.jp/>

リサイクル適性(A)  
この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。

GREEN PRINTING APP  
印刷0054  
この印刷物は、環境に配慮した  
原料と工法で製造されています。

RICE  
INK