

# 電気通信研究機構 NEWS

## Volume 07

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
  - 06 災害時におけるアドホックネットワークの重要性
  - 07 What's New  
ペルー国立工科大学電気通信訓練研究所における講義/MOST&JSTワーク  
ショップ/IEEE ICC 2016においてBest Paper Awardを受賞/平成28年度  
「情報通信月間」情報通信月間推進協議会会長表彰を受賞/ICTフェア in 東北 2016
  - 08 新副機構長挨拶



NOVEMBER 2016

東北大学 電気通信研究機構ニュースレター



ペルー国立工科大学電気通信訓練研究所での  
耐災害ICT技術の講義

せんだい3.11メモリアル交流館  
(仙台市地下鉄東西線 荒井駅 駅舎内)

上: 1階 交流スペース  
下: 2階 展示スペース

## 電気通信研究機構 第二期に向けて

東日本大震災の教訓を活かし、「災害に強い情報通信ネットワーク」を実現すべく、電気通信研究所が中心となって創設しました電気通信研究機構も6年目を迎えました。本機構設立時に、最初の5年間（第一期）では、既存のICT技術をベースとした耐災害ICT研究開発とその社会実装を、次の5年間（第二期）には、最先端リジリエンスICTの研究開発を実施する計画を立案しました。皆様方のご支援により、産学官連携のもと、第一期の計画に着実に取り組み、第二期を迎えることができましたこと、改めて感謝申し上げます。

第一期を振り返ってみますと、総務省の耐災害ICT関連のプロジェクト等を中心に、災害時の情報伝達システム、耐災害性を強化するネットワーク構成、ネットワークの早期復旧を実現する臨時ネットワークの3分野について研究開発を進めてきました。本機構のホームページ (<http://www.roec.tohoku.ac.jp/>) にて、これまでの活動を情報発信していますので、ご覧頂ければ幸いです。上記の主な研究活動は、総合科学技術・イノベーション会議の防災・減災に関する戦略的イノベーション創造プログラムの課題の一つとして取り上げられ、産学

東北大学電気通信研究機構長  
加藤 寧



官連携にて社会実装に向けた研究開発を行っています。本プログラムの中で、フィリピンや本学本部の防災訓練で実証実験を実施し、本機構の研究成果である臨時ネットワーク等について社会実装上の課題抽出と普及活動を行いました。具体的な内容につきましては、電気通信機構 NEWS 第6号と本号の記事をご参照頂ければ幸いです。

あらゆるものがネットワークに繋がることで、我々の暮らしは益々便利になると同時に、人工知能やロボティクス等の先端技術とICTとの融合は、少子・高齢化等の社会的課題解決に繋がるものと期待されています。社会生活に不可欠となったネットワークが、災害時にも普段通りに機能し、我々の生活を支援できるように、その耐災害性を改善し続けることは、我々、技術者に課せられた社会的要請です。第二期で取り組む最先端リジリエンスICTの追究によるリジリエンスICT工学の創始は、アカデミアとしての重要な使命のひとつであると同時に、この要請に応えるものと認識しています。リジリエンスICT工学は、ICTに関する個別技術をリジリエンスの観点から再定義し、これを定式化して、統合することで、一般性のあるシステム理論を作り上げることを目指しています。この理論をもとにシステム設計をすることで、従来のシステム理論では対処がたい、数十年から数百年に一度の巨大災害に対しても、平時と同様に機能し続ける情報通信システムを構築できるものと考えます。社会実装に向け、産学官が連携して、その成果を実証していくことが、第二期の重要な目標と考えております。

東日本大震災から5年半が過ぎ、その記憶が薄れつつある中、先人の言葉である「天災は忘れた頃にやってくる」を心に銘記し、首都直下地震や東南海・南海トラフ地震等の巨大災害に備えるためにも、産学官それぞれの持ち味を活かして、耐災害性を一層強化した情報通信ネットワークの構築に向け、第二期の研究開発を推進する所存です。今後も、皆様方の一層のご指導、ご支援を頂きますようお願い申し上げます。

## 無数の端末を 接続するための 高エネルギー効率及び 超高密度無線 ネットワークに向けて

東北大学電気通信研究機構 特任教授  
安達文幸

次世代の無線ネットワークでは無数の移動無線端末が高速通信を行うことが期待されています。その実現のためには現在の移動無線通信システムの構造を大幅に変える必要があります。有望なネットワークの一つが、図1に示すように多数の小セル無線基地局を現行の大セル無線基地局と共存配置させた高密度ヘテロジニアスネットワーク (HDHN) です。しかし、HDHNの実現のためには、高速移動端末へのハンドオーバーの追従性の向上、スペクトル効率とエネルギー効率のトレードオフの向上や不均一分布する基地局および無数端末への対応などが必要です。

東北大学はHDHNの実現を目指し、

米国フロリダ国際大学とマイアミ大学と共同研究を進めています。この共同研究は、情報通信研究機構 (NICT) と米国 NSF による日米連携プロジェクト「将来ネットワークの実現に向けた超大規模情報ネットワーク基盤技術に関する研究」(2013～2016年度) に応募し採択されたものです。

東北大学では確率幾何学、ファジー理論およびゲーム理論を応用して、(1) 通信品質 (通信速度およびハンドオーバー失敗率) とエネルギー利用効率とのトレードオフを最適化した基地局選択・ハンドオーバーと (2) 自律分散無線リソース (チャンネルと送信電力) 割り当て制御の確立に取り組んでいます。図2は、小セル基地局数50、端末数200、利用可能なチャンネル数6のHDHNについて、ゲーム理論を応用した自律分散無線リソース割り当て制御による基地局・端末接続、送信電力の大きさとチャンネル割り当ての様子を計算機シミュレーションで求めた結果を示したものです。各基地局は6つのチャンネルのうちの一つを使用しています。各

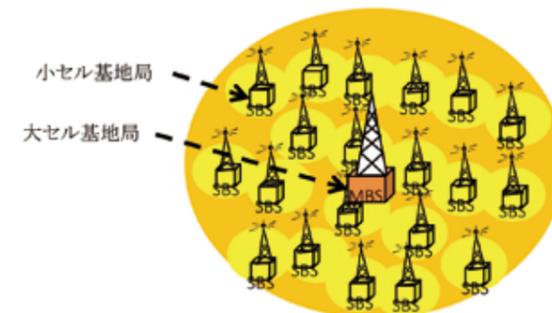


図1 高密度ヘテロジニアスネットワーク

基地局を中心として描いた円のカラーと大きさをそれぞれ表しています。

このような自律分散HDHNでは、各基地局 (大セルおよび小セル基地局) が周辺環境 (トラフィックや干渉電力) を観測し、端末密度やトラフィック密度の時間変動に適應するよう自律的に送信電力やチャンネルを決定しますから、通信品質を確保しながらネットワーク全体のスペクトル利用効率とエネルギー利用効率を常に最大限に高めることができます。また、基地局のいくつかが災害などで動作不良に陥ってしまっても、その基地局のエリアを他の基地局がカバーするように自律動作しますから、耐災害性が向上します。

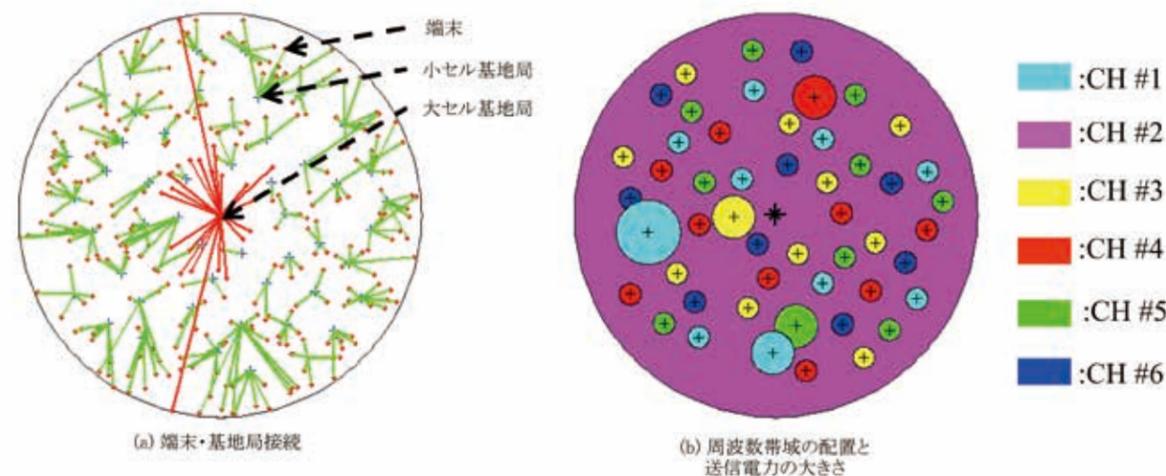


図2 自律分散無線リソース割り当て制御

## 高い環境耐性を有する キャリアコンバータ技術の 研究開発

東北大学電気通信研究所 助教  
佐藤 昭

移動通信のトラフィック量増大に対応するため、次世代移動通信システム(5G)の研究開発が盛んに行なわれています。5Gではミリ波帯無線を使うことで、スマートフォンで10 Gbps、モバイルフロントホールで100 Gbps級の高速通信が可能となります。また、自動運転のようなアプリケーションでは、車車間・路車間におけるリアルタイム情報や3D地図・画像情報の低遅延・大容量データ通信の実現に加え、悪天候や外乱下でも安定動作する高い環境耐性が求められます。このようなネットワークの実現には、光ファイバネットワークで使用される近赤外光から、ミリ波や空間伝搬ロスのない近・中赤外光へキャリア周波数の相互変換を効率的に可能にする、キャリアコンバータ技術がキーテクノロジーとなります。

私たちはデンソー(代表機関)、NEC、大阪住友セメント、北海道大学、東北大学工学研究科との共同で、平成28年度NICT委託研究「高い環境耐性を有するキャリアコンバータ技術の研究開発」に取り

組んでいます。本研究では、自動車の自動運転で必要となる耐環境性に優れた移動通信環境を想定し、上述の要素技術およびシステムの開発を進めています。

私たち東北大学電気通信研究機構のグループでは、光信号をミリ波帯RF信号へ低遅延・シームレスに下方変換する光電子融合ミキサの開発を担当しています。ミキサはインジウムリン系化合物半導体による高電子移動度トランジスタをベースとしており、1.55  $\mu\text{m}$  帯光データ信号と光サブキャリア信号の差周波混合によってトランジスタチャンネル内部にミリ波帯RF信号を生成し、さらにゲート入力された局部発振信号と混合することで、両者の差周波数成分に相当するミリ波帯周波数帯のIF信号に変換することが可能です。先行研究では10 Gbps級光信号の25 GHz信号への変換に成功しています。新規構造導入によって光吸収・光電流

生成効率の向上を図り、100 Gbps級光信号の100 GHz帯信号への変換に挑みます。

本研究開発では、それぞれのグループが開発した技術をもとにキャリアコンバータユニットを実現し、天候や振動などの想定設置環境・想定利用シーンでの動作確認、相互接続可能なデバイスを繋いだデモ機の実車試験を予定しています。また、将来のさらなる大容量化を想定し、要素技術の性能向上を進めています。

### 【用語解説】

RF信号：無線通信周波数帯のデータ信号。

IF信号：無線通信周波数帯のデータ信号をベースバンド信号に変換する際に信号処理用として利用する、両者の間に位置する周波数帯信号。

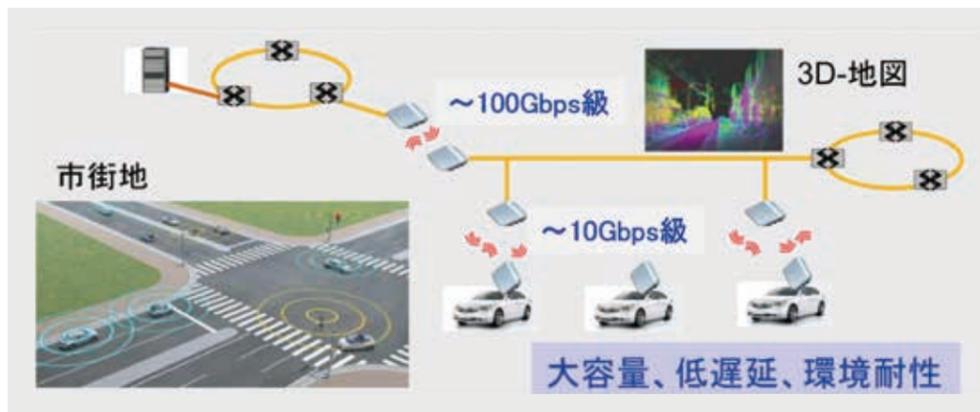


図1 大容量・低遅延・高環境耐性な光/ミリ波変換デバイスの車載システム応用の可能性検討

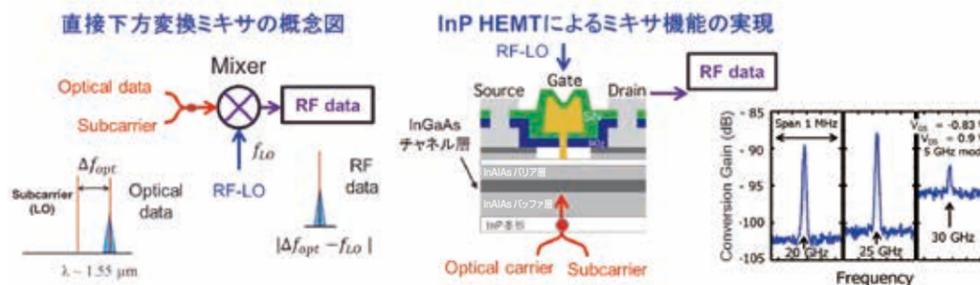


図2 光電子融合ミキサの開発

## Project report

# 研究最前線

## 「聞き取れる」 屋外拡声システムの実現を 目指して

東北大学 電気通信研究所  
先端音情報システム(鈴木・坂本)研究室

音はコミュニケーションに不可欠の情報メディアです。我々は聴覚系を中心とした脳情報処理過程を解明するための基礎研究と、その知見に基づいて高度な音響通信システムを実現するための研究を進めています。システム研究では、高い臨場感をもつ3次元音空間情報の提示システム(3次元聴覚ディスプレイ、図1)と取得システム(マイクロフォンアレイ)の研究を長年推進していますが、本稿では、東日本大震災直後に開始した屋外拡声の高度化研究をご紹介します。

### 1. 東日本大震災が私たちに突き付けた課題

屋外拡声装置は、市民側に特別な装置が不要でデジタルデバイスの問題もないことから、これからも災害情報の伝達に欠かせません。しかし、東日本大

震災では、屋外拡声装置の音声理解できなかった市民が20%にのぼりました。私たちは震災直後から研究を進め(図2)、ロングパスエコーが大きな原因であることを確認しました。これは、音声信号が建物からの反射音や他の拡声装置の音などと一緒に、大きな時間差を伴って届く現象です。

### 2. 単語親密度の活用に基づく音声了解度向上の実現

さらに、総務省の補正予算等によって、ロングパスエコーの問題の克服を目指した研究を進めました。伝達すべき文章に使用される語彙の親密度(難易度の一つ)に着目し、高親密度単語の方が低い単語より理解がしやすいこと、聞き取りの鍵となる単語の親密度が低い場合はエコーによって重なる単語の親密度が高



東北大学電気通信研究所  
教授

鈴木 陽一

研究室メンバー(平成28年9月現在):  
教授 鈴木 陽一 工学博士  
准教授 坂本 修一 博士(工学)  
助教 崔 正烈 博士(工学)  
助教 北比呂 博 博士(情報科学)  
技術職員 齋藤 文孝  
事務職員 小野寺 美紀  
研究室Webページ:  
<http://www.ais.riec.tohoku.ac.jp/>

いと理解しづらくすることなどを明らかにしました。現在は、親密度を考慮し音声をつまみ分けやすく伝える提示法の開発を推進しています。

### 3. ネットワーク技術、センサーネットワークとの連携

また複数の拡声装置を、互いに通信しつつ音声情報をサービスエリア内に有効に伝送するメッシュネットワーク型知的システムと考え、一部の拡声装置が機能を失っても、システム全体でそれを補いサービスエリア全体に聞き取りやすい音声情報を送信する、レジリエントな屋外拡声システムの構築を目指した研究を進めています。

今年度からはNICTと共同で、津波、極端気象など自然災害をもたらす現象に関連して発生する超低周波音を広域

センサーアレイで効果的に観測する研究を進めています。将来は、その成果を屋外拡声ネットワークに適用することも目指します。

今後は、上に記した様々な技術を総合し、広範囲で「聞き取れる」屋外拡声システムの実現を目指していきます。



図1 3次元聴覚ディスプレイ研究用のスピーカアレイ  
(東北大学電気通信研究所無響室)



図2 屋外拡声装置を用いた実験の一コマ  
(2011年11月 東松島市)

# 災害時における アドホック ネットワークの 重要性

東日本大震災や熊本地震の例を出すまでもなく、災害時における通信の確保は重要な課題です。特に、直接的なインフラ被害や停電により通信の途絶が発生する発災直後から復旧期にかけての通信確保については、事業者等による対策が進んでいるものの、引き続き重畳的な対策が求められています。今般、総務省では、アドホックネットワークの活用によりこの問題に対処するため、「非常時のアドホック通信ネットワークの活用に関する研究会」を開催して技術的検討を実施し、本年6月に中間取りまとめを公表しました。

アドホックネットワークとは、携帯網の基地局などの通信インフラを利用せず、端末同士の無線通信（アドホック通信）のみにより自律的に構築されるネットワークを言います。固定されたインフラを必要としない柔軟性を備えていることから、従来より災害対策への活用が検討されてきたものの、その実用化に際しては適切な実装先を見出せないという問題を抱えていました。このような中、アドホックネットワークの災害時活用をスマートフォン上で実用化した取組が、本研究会の中でもご紹介いただいた東北大学大学院情報科学研究科 加藤・西山研究室のスマホ de リレーです。

本研究会では、IoT (Internet of Things) の流れの中



図1 アドホックネットワークの5種類のユースケース

で近年普及が進むコネクテッドカー（ネットワークに繋がる車）に着目し、その車載通信機によるアドホックネットワークの構築と災害時活用方法を検討しました。具体的には、発災後の通信途絶期にアドホックネットワークによりカバーできるユースケースを「避難情報の配信」、「救助要請の送信」、「車両走行実績情報の収集」、「安否情報等の共有」、「拠点間通信」の5種類に整理しています（図1）。

各ユースケースには、ルーティング方法や情報の鮮度管理、トラヒック低減などの課題があることから、アドホック通信に用いる通信レイヤーごとに検討を行い（図2）、例えばアプリケーション層では、ネットワーク管理に必要な情報を組み込んだデータフォーマットを取りまとめるなど、ユースケース実現のための技術的方策例を提示しました。

今後、コネクテッドカーによるアドホックネットワークの災害時活用モデルの社会実装を進めていくためには、事業者や自治体等の関係主体と連携した実証実験を通じて、研究会で提示した技術的方策の実現性や拡張性を検証していくことが必要です。

（総務省 総合通信基盤局 電気通信技術システム課）

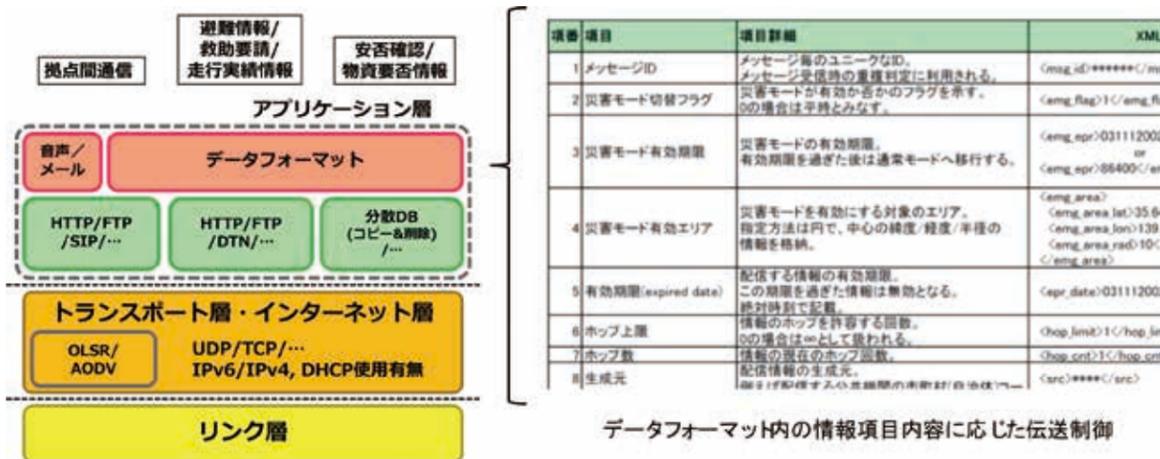


図2 ユースケース実現のための技術的方策例

## WHAT'S NEW

### ペルー国立工科大学電気通信訓練研究所における講義

平成 28 年 4 月 3 日～ 4 月 4 日

総務省からの要請により、末松憲治教授がペルー国マリ市にある国立工科大学電気通信訓練研究所 (INICTEL/UNI) において、運輸通信省職員及びペルー国内の大学職員を対象に、衛星を利用した防災を中心に、災害時、被災後の対応、および災害時にも有効な衛星通信に関する研究開発の実例について平成 28 年 4 月 3 日、4 日の 2 日間、講義を行いました。この 2 日間の講義に加えて、在ペルー日本国大使公邸にて、在ペルー株丹日本国大使、アルバ国立工科大学長、オリデン電気通信訓練研究所長などと意見交換を行いました。（岩月 勝美）



在ペルー日本国大使公邸での意見交換会

### MOST&JST ワークショップ

平成 28 年 4 月 11 日～ 13 日

台湾の成功大学にて、MOST (Ministry of Science and Technology) & JST (Japan Science and Technology Agency) ワークショップ「高齢者のアクセシビリティおよび支援のための ICT」が開催されました。日台の研究者 30 名程度が参加し、研究発表 (29 件) を通じた日台協力分野の探索、パネル討論、意見交換、台湾の研究機関の視察などが行われました。機構からは、医工学研究科の出江教授の研究グループが、「在宅高齢者と高齢者施設における服薬支援装置の開発と評価」について研究発表を行いました。

（岩月 勝美）

### 平成 28 年度「情報通信月間」 情報通信月間推進協議会会長 表彰を受賞 平成 28 年 6 月 1 日

安達文幸特任教授が、平成 28 年度「情報通信月間」情報通信月間推進協議会会長表彰として志田林三郎賞を受賞しました。災害に強い重層的通信ネットワークの研究開発、多年にわたる無線通信技術の研究開発の取り組み、W-CDMA 方式における世界的な先導的研究開発や第 5 世代移動通信システムの推進等、情報通信技術の発展に多大な貢献が認められ、この度の受賞となりました。

（岩月 勝美）

### IEEE ICC 2016 において Best Paper Award を受賞

平成 28 年 5 月 24 日

IEEE Communications Society が主催する二大国際会議の一つである IEEE International Conference on Communications (ICC) が 5 月 23 日から 27 日までマレーシアのクアラルンプールにおいて開催され、加藤寧教授・西山大樹准教授の研究グループの論文が Best Paper Award を受賞しました。"A Mobility-Based Mode Selection Technique for Fair Spatial Dissemination of Data in Multi-Channel Device-to-Device Communication" と題して第一著者の栗林秀樹君 (修士 1 年) がプレゼンを行った受賞対象の研究は、災害時を想定した端末間通信による情報伝達において、各端末の移動度に基づいて自動的に周波数チャネルを割り当てることで各端末が過不足なく自身の情報を拡散できることを示すものです。この国際会議では、今回 2,496 件の投稿の中から約 39% の論文が採択され、さらにその中から 15 件が Best Paper Award として選ばれました。伝統のある国際会議での受賞により、耐災害 ICT や端末間通信などといった研究分野への関心の高さがうかがわれました。



賞状



発表の様子

（岩月 勝美）

### ICT フェア in 東北 2016 平成 28 年 6 月 14 日～ 15 日

電気通信研究機構の加藤・西山研究室が、せんだいメディアテークにおいて開催された「ICT フェア in 東北 2016」に参加しました。この催しは、ICT 利活用による地域の復興支援、防災・減災対策の周知を目的として、東北総合通信局が東北情報通信懇話会などとの共催により開催し、フェア全体では、2 日間で約 1,550 名の来客がありました。加藤・西山研究室は、同研究室



展示風景

が開発したバケツリレー方式で情報転送するスマホ de リレーを用いて、地震発生直後の川内キャンパスの状況を片平キャンパスの災害対策本部に伝達した実証実験に関する展示を行いました。この実験は、数 10 分間の訓練時間内に、「実験棟にて火災発生」「水道が止まっています」「停電が発生しました」など、テキストメール 675 通と画像 44 枚の詳細な災害情報を本部に伝達することに成功し、スマホ de リレーの有効性を確認したものです。来場者の皆様には、この取り組みをご理解頂いただけでなく、スマホ de リレーの詳細や社会実装への展開状況など多くの質問を頂き、スマホ de リレーへの高い関心が伺えました。（西山 大樹）

## 新副機構長挨拶



東北大学電気通信研究機構  
副機構長

### 塩崎 充博

平成3年横浜国立大学大学院工学研究科博士前期課程を修了。同年郵政省(現総務省)に入省。前職では、総務省電気通信技術システム課に勤務し、災害時に電気通信事業者と連携して通信の確保や復旧支援を行う業務等を担当。

本年8月に電気通信研究機構の副機構長を拝命しました塩崎充博です。どうぞよろしくお願い申し上げます。

前職の総務省では、災害等により通信インフラに被害が発生した際、電気通信事業者と連携して通信の迅速な確保や復旧支援をする業務を担当しておりました。担当期間中に熊本地震、関東・東北地域の集中豪雨、徳島県の大雪、口永良部島の噴火等、様々な災害の対応をいたしました。それらの経験から通信被害に共通する最大の原因が停電であることがわかってきました。

東日本大震災の経験を踏まえ、電気通信事業者の努力により通信設備の二重化や堅牢化が進み、伝送路断や設備損壊といった要因はかなり少なくなりました。また、停電対策として予備電源の長時間化等の対策が講じられ、以前ほど停電の影響は受けなくなってきました。しかし、土砂崩れ等で孤立エリアが発生した場合、燃料搬送が困難になり電力供給ができ

ずに通信が途絶するという状況が発生しています。このような状況が発生することも考慮に入れ、災害発生から通信インフラが復旧するまでの間、如何に通信の確保を図るかが重要な課題です。

電気通信研究機構がこれまで取り組んできたスマホdeリレーや可搬型無線通信ユニット等の成果は、まさに通信確保の有力な手段とも言えます。今後は、これらの成果の社会実装に取り組んでいくとともに、新しい耐災害技術の研究・開発を進めていくことが重要であると思っています。

本年10月から電気通信研究機構の新たな第二期(5年間)が始まろうとしているこの重要な時期に副機構長を拝命したことに責任の重さを痛感しております。これまでの自分の経験を活かし、研究・開発、社会実装に貢献できるよう努めてまいりますので、ご指導、ご鞭撻の程、どうぞよろしくお願い申し上げます。

## 編集 後記

電気通信研究機構設立から5年が過ぎ、第二期の研究開発フェーズを迎えることができました。これまでの耐災害ICT研究成果の社会実装を進めるとともに、最先端レジリエンスICTの研究開発に取り組んでいきます。(1)

編集委員 (敬称略 五十音順) 安達 文幸 / 石川 いずみ / 伊藤 保春 / 岩月 勝美 (委員長) / 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

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00564  
この印刷物は、環境に配慮した  
原料と工程で製造されています。

RICE  
INK