

3-3 災害対応に有効な衛星通信の開発と実証実験

鄭 炳表 薄田 一 菅 智茂 浅井敏男 赤石 明 川崎和義 高橋 卓

東日本大震災以降、NICT では大規模災害においても切れにくいネットワークの技術、また切れってしまった時には早期に復旧できるネットワーク技術を研究開発している。本稿では、災害に有効な衛星通信の技術開発と実証実験について、WINDS を中心に紹介した後、平成 28 年 (2016 年) 熊本地震時に行った応急ネットワーク構築などについて紹介する。

1 まえがき

東日本大震災のような大規模災害において、被害を最小限に抑えるためには、発災直後から約 1 週間が極めて重要である。この期間中、早期に的確な災害対応を講じるには、災害に関する情報をできるだけ早く収集し、関係機関の間で共有することが望ましく、その前提となるのが通信ネットワークである。

東日本大震災の発生時には、消防、警察、自衛隊等の災害対応機関が日本全国から被災地域である東北地方へ派遣され、救援活動を行った。しかし、携帯電話基地局等の通信インフラが津波による大被害を受け、関係組織間の情報共有に支障が生じた [1]。そこで、NICT の宇宙通信ネットワークグループ (当時) は東京消防庁と一緒に被災地域に入り、超高速インターネット衛星 (WINDS: Wideband Internet Engineering Test and Demonstration Satellite、以下、WINDS と表記) の通信網を提供した [2]。しかし、派遣場所の沿岸地域では津波による物理的な被害に加え、通信網の輻輳が発生したため、移動中の部隊と通信がほとんどできず、現地との迅速な対応や活動方針などがうまく伝えられなかったという教訓から、移動中でも通信ができる衛星通信地球局の開発の必要性が浮き彫りになった。

そこで、NICT では災害時に通信途絶の回避に活用するため、専門技術者の不要なフルオート地球局や緊急対応組織自らが移動しながら最新の被害状況をリアルタイムで収集・伝送できる小型車載局等を開発した。さらに、小型車載局には災害対応に必要な、例えば道路段差システムなどの付加機能を施すなど、地方自治体、消防等の緊急対応機関の協力を得ながら実証実験を重ねてきた。2016 年の熊本地震が発生した時には、熊本県高森町に小型車載局を派遣、応急ネットワークを構築し、鹿島宇宙技術センター経由でインターネット衛星回線を提供した。

本稿では、東日本大震災以降、NICT が災害対応に

有効な衛星通信を目指し、開発した地球局の紹介と実証実験の内容や平成 28 年 (2016 年) 熊本地震 (以下、2016 年熊本地震) の応急ネットワーク構築・運用について紹介する。

2 小型車載局及びフルオート地球局の開発

東日本大震災の教訓を踏まえ、災害時に簡易な操作で設置が可能な衛星通信用の小型車載局及びフルオート可搬局を開発した。

2.1 小型車載局

小型車載局はレドーム付きの開口径 65 cm の軸対称型反射鏡アンテナ、20 W クラスの固体化電力増幅器、3 軸ジンバル機構及び変復調器などで構成されている。小型車載局は、表 1 及び図 1 に示すように一般的な車両に搭載されている。災害発生直後、緊急消防援助隊等の災害対応組織との移動を想定し、開発した本車載局は Ka 帯の移動体で、時速 100 km で移動しながらも 24 Mbps のデータ通信が可能である。また、世界でも例を見ない衛星通信車載局のため、消防関係や防衛関係などから期待されている技術である。

表 1 小型車載局の諸元

送信周波数	27.5 ~ 28.6 GHz
受信周波数	17.7 ~ 18.8 GHz
偏波	直線偏波 (送受平行)
アンテナ径	65 cm
HPA	20 W クラス
アンテナ駆動範囲	El: 20 ~ 160 deg Az: 360 deg (無限回転)
追尾精度	< ± 0.2 deg
WINDS 中継回線	再生交換中継回線 上り: 1.5、6、24 Mbps 下り: 155 Mbps
ユーザインタフェース	Ethernet (1000 base-T)
その他	・発熱を搭載 (2.8 kVA 以上) ・アンテナは取り外して船舶等に搭載可能



図1 小型車載局



図2 フルオート可搬局

表2 フルオート可搬局の諸元

送信周波数	27.5 ~ 28.6 GHz
受信周波数	17.7 ~ 18.8 GHz
偏波	直線偏波 (送受平行)
アンテナ径	1 m クラス
HPA	75 W クラス
アンテナ駆動範囲	El: 15 ~ 75 deg
	Az: ± 95 deg
WINDS 中継回線	再生交換中継回線
	上り: 1.5、6、24、51 Mbps 下り: 155 Mbps
ユーザインタフェース	Ethernet (1000 base-T)

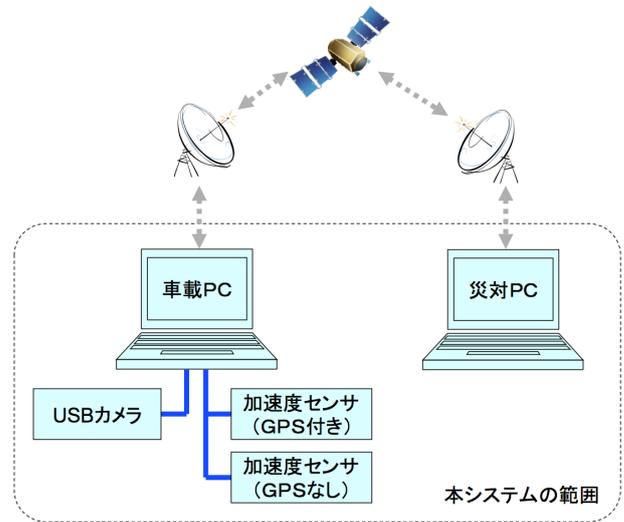


図3 システムの構成

2.2 フルオート可搬局

フルオート可搬局は、表2及び図2に示すように開口径100 cmのオフセット型の反射鏡アンテナ、アンテナ給電部、収納箱を兼ねたアンテナ架台及び変復調器などで構成される。75 Wの進行波管電力増幅器、低雑音増幅器などはアンテナ給電部に一体化して実装されており、フルオート可搬局は工具なしで容易に組立て可能な構造になっている。またGPSコンパスとGPS受信機を搭載したことにより、衛星の自動捕捉が可能であり、自局位置は自動で入力されるため、地球局の初期設定作業が自動化されている。

3 災害対応に有効な開発と実証実験

3.1 小型車載局を用いた道路段差の検出・伝送システムの開発

大災害が発生すると被災地の対応力(消防や警察など)だけでは災害対応が困難であり、全国から応援組

織が派遣される。そのとき、重要なのが道路被害情報(道路被害箇所、道路段差の高さ、道路段差の長さなど)である。東日本大震災の発生時、国土交通省は防災ヘリコプターなどを使い、道路などの被害状況を確認した。しかし、防災ヘリコプターや職員の人海戦術による情報収集には限界があったことから、被害当日の夜の時点で状況を確認できた国道は東北6県の約7割程度であった[3](このことから、例えば、愛媛県などでは民間ボランティア組織とアマチュア無線などを利用し、道路被害情報を収集する仕組みを構築している)。

2004年新潟県中越地震の例をみると、最も早い消防応援隊は約5時間で被災地に入っており[4]、東日本大震災時も同じ時間で被災地に入っている[1]が、この時間帯においては、まだ道路被害情報の把握が完全ではない。そこで、より迅速な対応ができるように、災害現場に出動する緊急援助消防隊または緊急機関と一緒に移動することを想定し、小型車載局に加速度センサーやカメラなどを設置し、道路被害情報(特に段

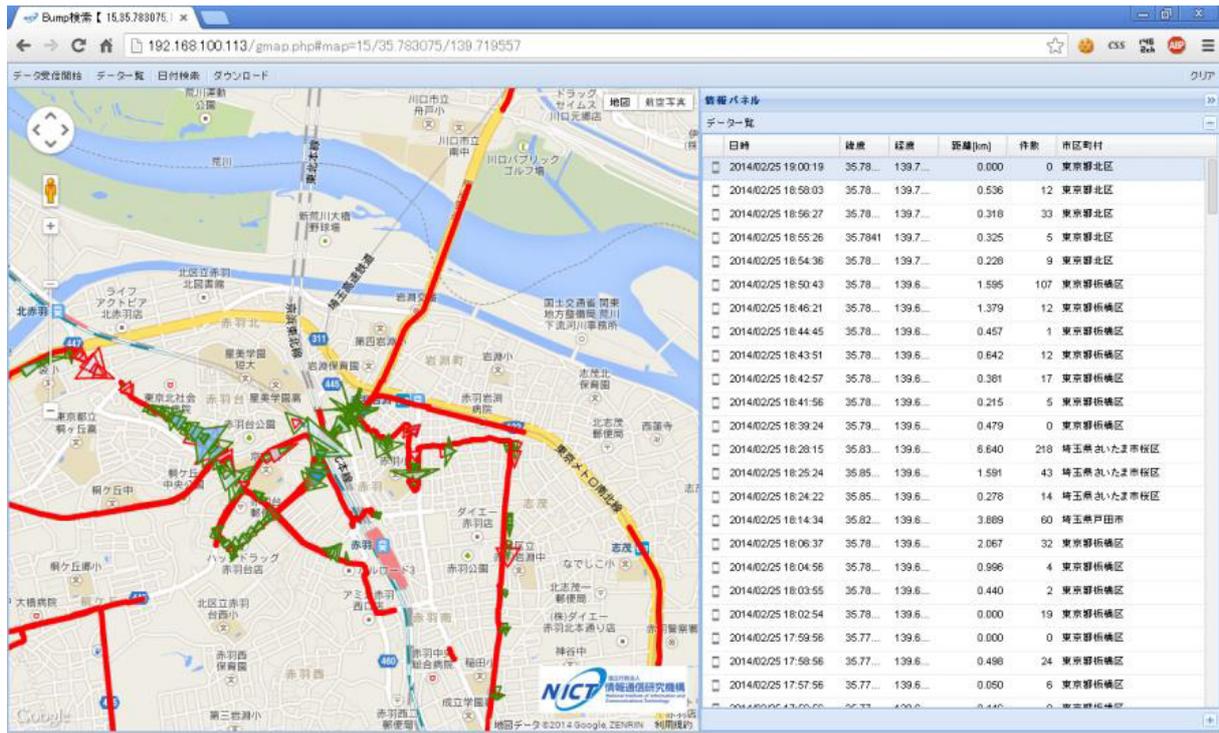


図4 災対PCの画面

差情報)の検出と検出した道路被害情報を災害対策本部へWINDS経由で送信できる道路段差システムを開発した。

3.1.1 システムの概要

本システムは、小型車載局車両に設置される計測用PC(以下、車載PC)と災害本部に設置される道路被害情報閲覧PC(以下、災対PC)から構成される。車載PCには、GPS付きの加速度センサー1(MicroStrain社製3DM-GX3-35)と加速度センサー2(MicroStrain社製3DM-GX3-25)、USBカメラ(Logicool社製HD PRO WEBCAM C920R)が接続される。加速度センサー1は小型車載局車両前輪のショックアブソーバ付近の車体面に設置し、加速度センサー2は後輪のショックアブソーバ付近の車体面に設置する。USBカメラはダッシュボードの上に設置し、車載PCはIDUに有線で接続されている。

車載PCでは道路段差の検出と検出したデータの伝送を行い、災対PCでは車載PCからリアルタイムで送られてくるデータを受信し、データの描画を行う。図3に本システムの構成を示す。

3.1.2 道路段差の検出

本システムは、加速度センサーをサスペンション上部の車体面に設置し、センサーで得られた加速度データ $[m/s^2]$ を用い、上下動の振幅 $[mm]$ を検出する八木の手法を借用している[5]。本システムでは、上下動振幅が小さいところから大きいところまでの差である段差高 $[mm]$ と、その間走行した距離である段差長

$[mm]$ を計算している。また、走行に支障のないうねり成分も検出することができる。

図4は災対PCの画面を示したものであり、左側に地図画面、右側に受信データ一覧が表示される。受信データは車載PCが送信したタイミングごと分割された形で、開始地点の緯度経度、区間の距離、段差の数、開始地点の住所情報が表示される。

3.1.3 検出された段差高データと現地調査で得られたデータの比較

本システムで検出される道路段差情報の精度を検証するため、NICT鹿島宇宙技術センター近くの住宅地の一般道を走行し、道路段差情報を取得した後、現地調査を行い、簡易的な方法で段差の高さ (cm) を把握した。なお、走行した道路は東日本大震災時に段差が生じており、補修する前の道路である。図5に本システムにより検出された段差高 (cm) と現地調査で得られた段差高 (cm) を比較したものを示す。実際の高さより高く評価された場所や逆に低く評価された場所も見られるが、おおむね対応関係にあることが分かる。災害発生直後、道路被害情報がない中では、十分意味のあるデータである。本システムを活用すれば、災害現地に向かって移動中の部隊からリアルタイムで送られてくる道路被害情報を閲覧、または関係部局と共有することが可能である。

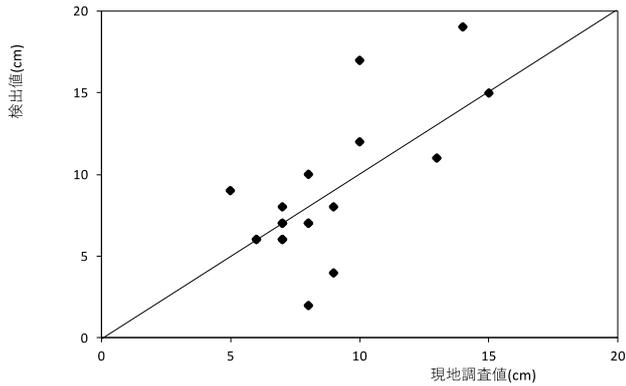


図5 検出値と現地調査値の比較

表3 車両ペアのTCPスループット

	大型	小型	車両1	車両2	車両3	車両4	車両5	車両6	車両7	車両8	車両9
大型		22.61	4.75	2.27	0.17	1.57	4.64	5.73	3.89	2.2	2.88
小型			19.73	16.27	17.84	14.69	14.51	14.11	12.83	10.08	-
車両1				22.29	19.19	18.61	18.19	18.16	12.64	14.88	12.93
車両2					22.29	17.01	15.87	13.17	16.21	13.71	11.44
車両3						22.19	18.91	19.73	16.83	16.03	10.29
車両4							19.68	16.83	16.53	14.24	-
車両5								19.57	13.63	9.84	11.89
車両6									19.25	15.79	-
車両7										18.53	12.48
車両8											13.89
車両9											

3.2 消防車両と WINDS 小型車載局による車両間移動通信実験

救援のため、緊急消防援助隊が被災地に向かう際の情報収集・情報共有を可能とする WINDS 小型車載局と車両による車両間移動通信システムを提案した。本システムは、消防車両に簡易的に取り付け可能な無線機と OLSRv2 [6] による経路制御を行うルータ装置により構成される。車両前方と後方に指向性アンテナを備えた Wi-Fi 無線機を設置する。前方を端末 (Station: STA) モード、後方をアクセスポイント (AP) モードとし、AP は車両ごとに異なるチャンネル設定にすることで、車両前方の STA と車両後方の AP が自律的に接続しマルチチャンネルのアドホックネットワークを構成する。北海道総務部危機対策局、北海道消防学校、江別市消防本部、北広島市消防本部、岩見沢地区消防事務組合消防本部の協力を得て、WINDS 衛星を介して走行しながら通信が行える小型車載局車両と消防車両の計 10 台にこのネットワーク装置を設置し、北海道江別市の公道にて基礎的な実証実験を行った。その結果、車両を停車させた状態では、車両間の 9 割以上のノードペアにて 10 Mbps 以上の実効 TCP スループットが得られたことが確認できた (表 3)。また、走行しながらハイビジョン映像を車両間ネットワークと衛星経由でインターネットへストリーミング配信が行えることを確認した。図 6 に消防車両及び WINDS 小型車載局を用いて実施した車両間移動通信実験の様子を、また、図 7 に先頭車両からの車両間ネットワークと WINDS 経由でインターネットへストリーミング配信した映像を示す。



図6 消防車両と WINDS 小型車載局を用いた車両間移動通信実験の様子



図7 先頭車両からのストリーミング映像のスクリーンショット

3.3 WINDS を用いた音声通話システムの音質評価

WINDS 回線と音声通話システムを利用し、電話網につないだ場合、意思疎通が可能か否かについて、音質評価を実施した。

3.3.1 音質評価ネットワークの構成

音質評価のため構築したネットワーク構成を図 8 に示す。WINDS 回線は再生交換中継方式の 24 Mbps モードで構築し、小型車載局には Wi-Fi の AP を設置した。被災地域にあるスマートフォン A から固定電話に電話をかけるための通信経路は、スマートフォン A ⇔ 小型車載局 Wi-Fi の AP ⇔ WINDS ⇔ フルオート可

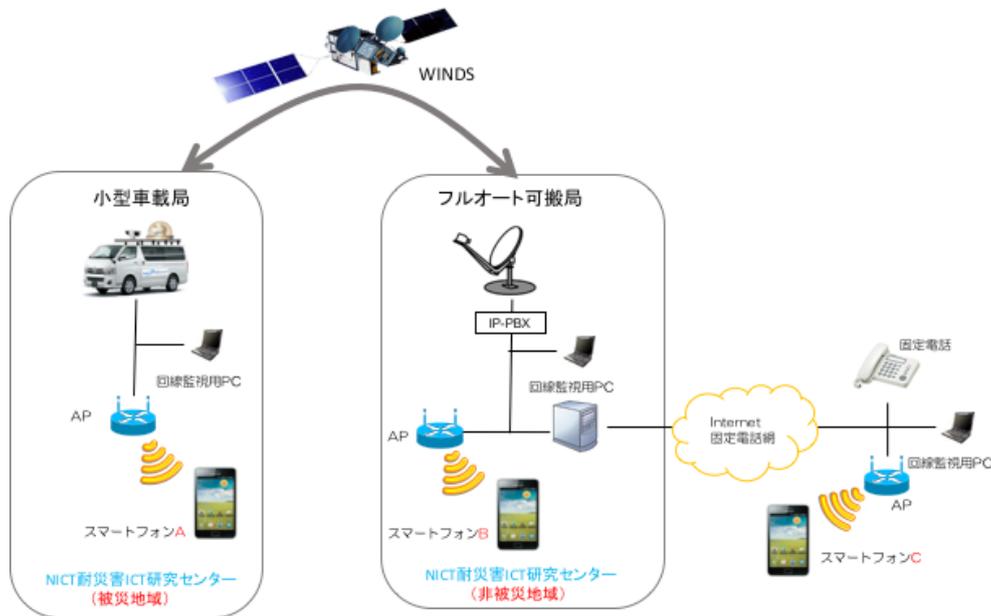


図8 音声通話システムのネットワーク構成

搬局⇔ IP-PBX ⇔光電話 GW ⇔固定電話網⇔固定電話の順である。

3.3.2 音質評価条件

音質評価法には「主観音質評価法」と「客観音質評価法」がある。主観音質評価法は多数の評価者が直接音質を評価するため、正確な評価が可能である反面、多くの時間やコストを必要とする。一方、主観音質評価法で得られる値と同等の値を、音声の物理的な特徴から推定する客観音質評価法が確立されており、時間・コストを大幅に削減できることや同じ入力を与えられた場合には必ず同じ評価値を出力することなどの利点を持つことから、客観音質評価法が多く使われている。本研究では客観音質評価法のひとつであるメディアレイヤモデルの PESQ (ITU-T P.862) を用いて、音質評価を行った。

評価条件は、下記のとおりである。

- ・話者
 - 男性 2 名、女性 2 名
 - 各 14 発話
 - 合計 6 分 (発話の間は 2 秒)
 - 16 kHz サンプリング
 - ・接続
 - オーディオインターフェースからケーブルでスマートフォンのコンポジャックに直接接続
- 図9にサンプリングをするため、用いた装置を示す。なお、話者のデータとして使用したのは「日本音響学会研究用連続音声データベース」である。

3.3.3 音質評価の結果

WINDS 回線と音声通話システムを利用し、電話網



図9 サンプリング用の装置

につないだ場合、意思疎通が可能か否かについて、PESQ (ITU-T P.862) を用いて音質評価を実施した。図10に音質評価結果を示す。縦軸は PESQ 値であり、横軸は電話アプリの種類を示している。ここでは、「災害電話」を用いた場合、SIP クライアントである「Zoiper」を用いた場合、スマートフォン A から「SkypeOut」を用いて固定電話に電話をかけた場合、スマートフォン A から「LINE」を用いてスマートフォン C に電話をかけた場合をそれぞれ評価し、その平均値をプロットしている。

「災害電話」の PESQ 値は 2.6 (コーデックは Speex8 k) と 3.3 (コーデックは μ -law8 k) であり、音質が良いとされている「Zoiper」の PESQ 値は 2.7 (コーデックは Speex8 k) と 3.1 (コーデックは μ -law8 k) を示しており、両者において大きな差は見られなかった。また、「SkypeOut」の PESQ 値は 3.4、「LINE」の PESQ 値は 4.0 で最も高い結果となり、これらは元々インターネット経路上でのパケットのゆらぎや高遅延環境での

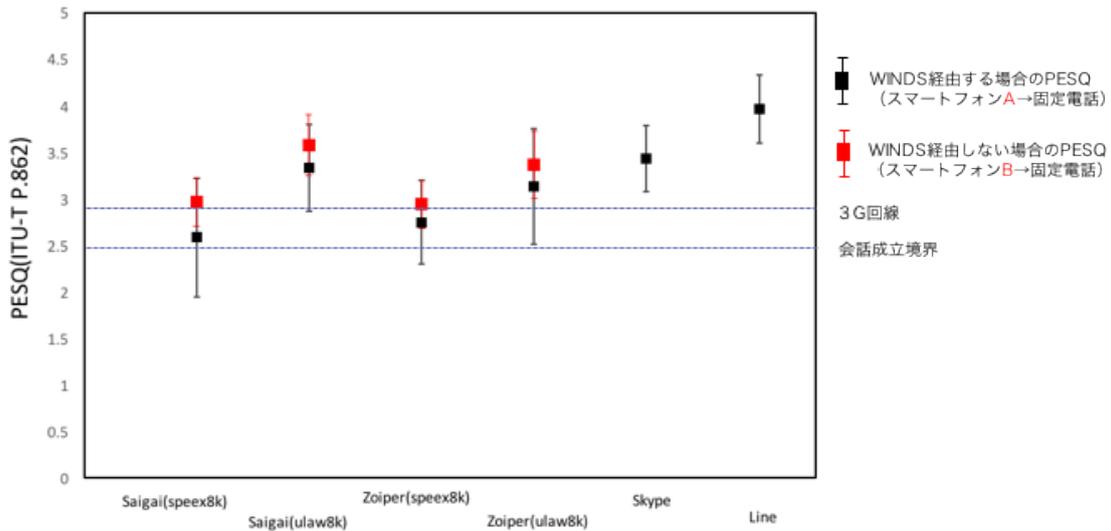


図 10 PESQ (ITU-T P.862) を用いた音質評価の結果

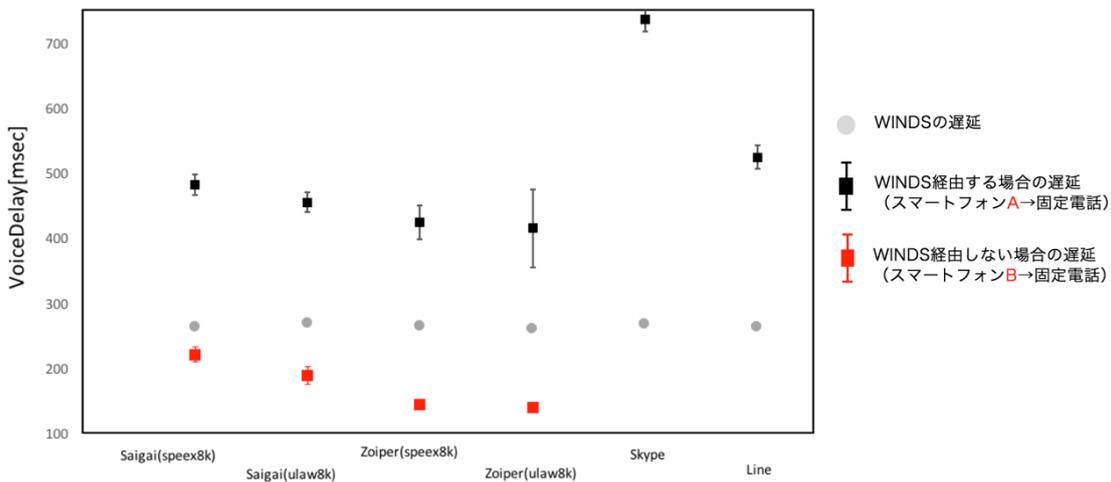


図 11 音声の遅延時間評価

使用を想定した作りであるためである。

評価方法が違うため、一概には言い切れないが、一般に PESQ = 3.5 は「90 % の人が (日常電話を利用する立場から) 当該品質は普通以上である」と判断、PESQ=3.1 は「80 % の人が (日常電話を利用する立場から) 当該品質は普通以上である」と判断、PESQ=2.3 は「40 % の人が (日常電話を利用する立場から) 当該品質は普通以上である」と判断する品質と言われており [7]、いずれの場合も会話が可能レベルに達していることがわかる。

一方、図 11 は音声の遅延を示したもので、固定電話網を利用する「災害電話」と「Zoiper」は 400 ~ 500 msec を示しており、「SkypeOut」においては最も長く 715 msec の遅延が生じており、電話での会話に支障が生じると考えられる。

4 地方自治体等を対象とした公開実験

4.1 「さぬきメディカルラリー」における WINDS と小型無人航空機の連携による非常通信網の構築と情報収集・伝達の公開実験

「さぬきメディカルラリー」は、中四国を中心に北は東北から南は九州まで、医療関係者、消防関係者や一般市民などが参加し、お互いの専門分野を生かしながらいくつかのステージ (模擬の救急・災害現場) で災害対応度のポイントを競い合うものであり、災害医療に理解を深めながらお互いの連携をどうするべきかについて意見交換を行う場でもある。同ラリーは 2004 年 6 月に第 1 回目が開催され、現在も続けているが、ここでは 2014 年 5 月 24 日から 25 日にかけて香川県坂出市で行われた「さぬきメディカルラリー」に合わせ、WINDS と小型無人航空機 (UAS :

Unmanned Aircraft System、以下、UAS と表記) による非常通信網構築と災害情報収集及び伝達に関する実証実験を実施した公開実験について報告する。

訓練は、「大規模地震の発生による列車事故が原因で多数の負傷者が発生し、多くの緊急医療チーム、消防隊員らが派遣されることになったが、基地局の物理的な被害や輻輳などにより、公衆網のネットワークが使用できない状況下での活動」を想定している。

そのため、NICT はまず、移動中でも衛星通信ができる小型車載局と UAS を連携させ、非常通信網を構築した(図 12)。これにより、訓練参加者ら(以下、医療チーム)は輻輳の影響を受けることなく、災害対策本部や後方地域と情報共有が可能である。医療チームへの応援要請直後は災害全体を把握する必要があり、UAS に搭載されたカメラ映像を小型車載局経由で災害対策本部まで伝送した。

医療チームや緊急消防援助隊が移動する際には、小

型車載局も一緒に移動しながら、小型車載局に設置されているカメラや道路被害把握システムを用いて、災害現場までの被害の様子、アクセスできる道路とその道路の被害状況をリアルタイムで災害対策本部まで伝送した。さらに、医療チームと緊急消防援助隊が活動地域に到着した直後から活動を終えるまで、構築した非常通信網を医療チームへ提供しつつ、小型車載局と UAS からの現場映像を災害対策本部まで伝送した。医療チームからは、派遣される前に UAS の映像により、医療機器や医薬品を準備できたこと等について高く評価された。

4.2 2016 年度政府総合防災訓練における大規模地震時医療活動訓練における公開実験

2016 年 8 月 6 日(土)に実施された「2016 年度政府総合防災訓練における大規模地震時医療活動訓練」に WINDS 車載局、メッシュネットワーク等を派遣し、

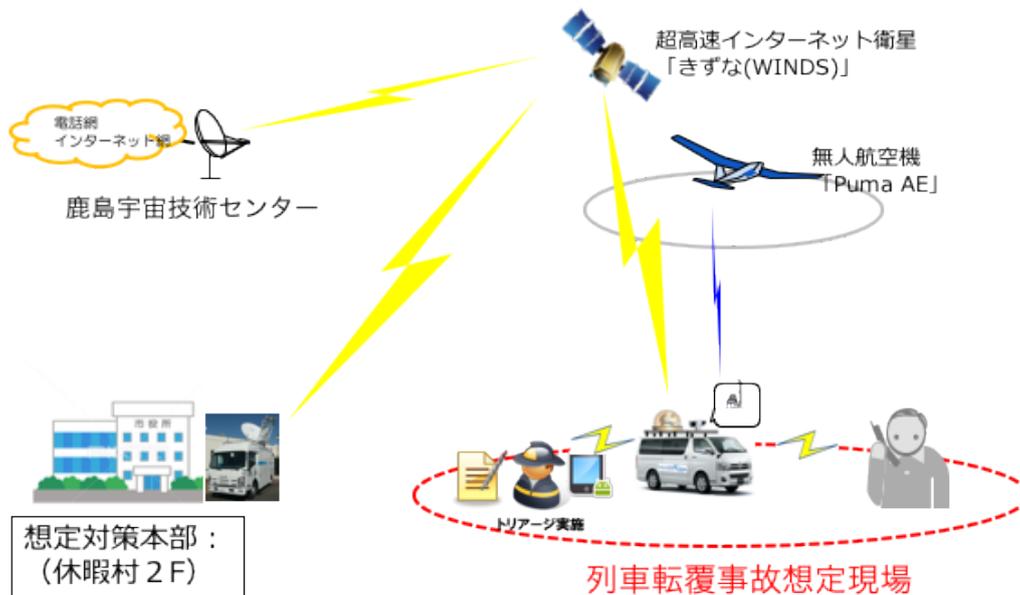


図 12 WINDS と小型無人飛行機の連携で構築した非常通信網(上)、派遣する前に現場状況を確認する医療チーム(左下)と現場でのトリアージの様子(右下)



図 13 大規模地震時医療活動訓練における公開実験における応急ネットワークを設置状況

耐災害 ICT 技術を利用した「大規模災害発生時の応急ネットワーク支援」実験を行った。

同訓練は、南海トラフ地震を想定し、南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画(2015年3月策定)等に基づく大規模地震時医療活動に関する総合的な実働訓練であり、2016年度は中部ブロックにおいて災害派遣医療チーム(DMAT)の参集、活動、広域医療搬送等の図上・実働訓練を実施したものである。

NICTは、大規模災害時にDMATが運用する広域災害救急医療情報システム(EMIS)や防災科学研究所の政府間連携防災情報共有システムの運用、また、災害現場と災害対策本部との連絡のため、静岡県庁(静岡県災害医療本部)にはWINDS大型車載局とメッシュネットワークとICTユニットを、湖西市前線拠点型SCU(野外病院)にはWINDS用小型車載局とICTユニット(MDRU: NTT未来ねっと研究所)の組

合せで応急ネットワークを設置し、インターネットと電話サービスを提供した(図13)。

訓練終了後、DMATの関係者から、大規模災害時に携帯電話網やインターネット網は地震動による物理被害に加えて輻輳が必ず発生するので、衛星系のデータ通信を確保するという観点からNICTの耐災害ICT技術の有効性は非常に高いと評価を得た。

今後も、このようなDMATや地方自治体との連携を通じ、NICTの研究開発成果を周知することで災害に強い耐災害ICT技術の有効性を発信しながら、運用面も含めた更なる性能の向上を図っていく必要がある。

4.3 2016年度愛媛県総合防災訓練における公開実験

2016年8月28日(日)、愛媛県西予市宇和運動公園にて実施された「2016年度愛媛県総合防災訓練」に

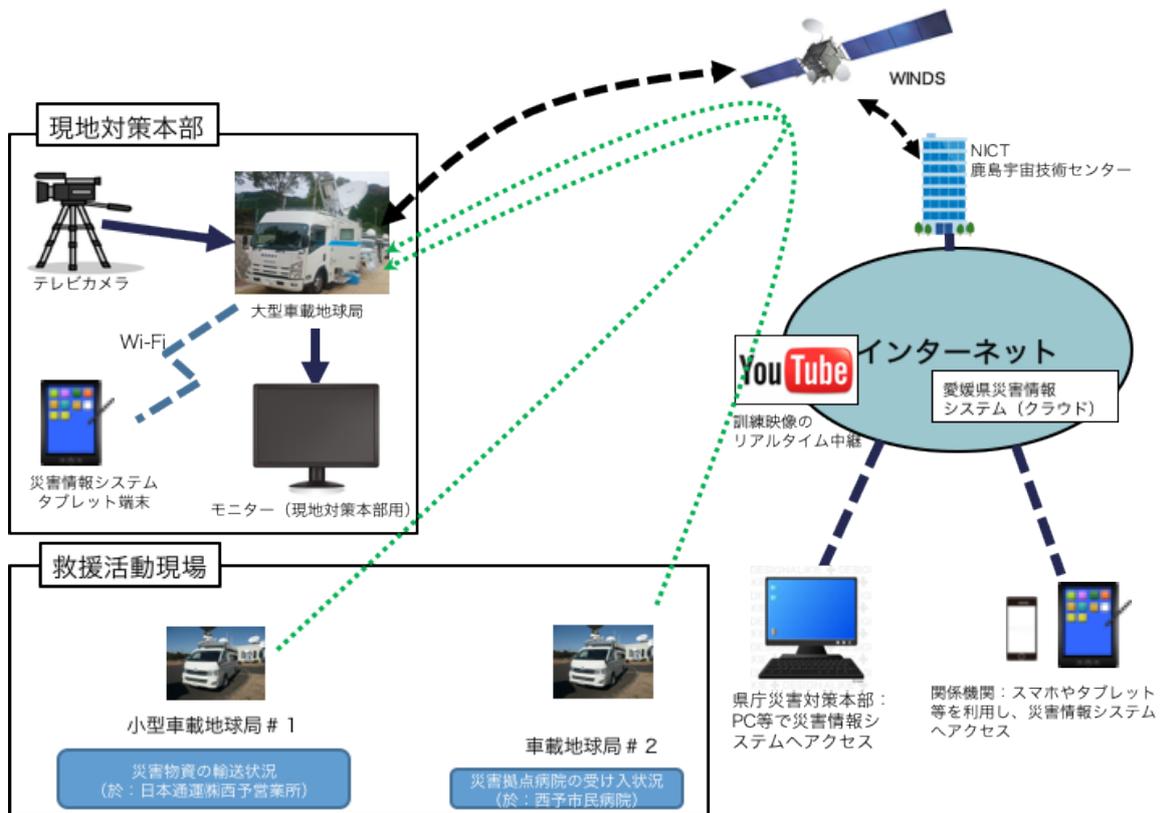


図 14 災害情報伝達のイメージ

WINDS 車載局を派遣し、災害用衛星通信システムを利用した非常通信網の構築と災害情報転送の公開実験を行った。

同訓練は、土砂災害と地震の複合災害を想定し、防災関係機関及び民間協力団体の連携に重点を置いた実践的訓練であり、NICT は現地対策本部である宇和運動公園、災害救援物資の輸送現場及び災害拠点病院である西予市民病院の3箇所において、WINDS を利用し、救援活動の様子を YouTube などへリアルタイム中継すると同時に、愛媛県が今年度整備した「愛媛県災害情報システム(クラウド)」のため、回線を提供した(図 14)。

県関係者から、通信衛星を介した「愛媛県災害情報システム(クラウド)」運用が可能であることを確認した。さらに、他の手段がないとき、現地対策本部などにおける高速インターネット衛星回線は最後の砦であると評価された。

5 WIND を用いた 2016 年熊本地震応急ネットワーク構築

2016 年 4 月 14 日 21 時 21 分に発生した前震、2016 年 4 月 16 日 1 時 25 分に発生した本震以降、熊本県と大分県で相次いで地震が発生した。この一連の地震により、倒壊した住宅の下敷きになったり土砂災害に巻き込ま

れたりして、熊本県内で 49 人が亡くなっている。また、熊本県を中心に約 10 万棟の住宅被害が発生している [8]。

また、この地震により、固定電話回線は最大 2,100 回線が被害を、携帯電話においては、伝送路断及び停電によるバッテリー枯渇が原因で最大 350 局が停波している [9]。

一方、東日本大震災以降、NICT では、仙台の耐災害 ICT 研究センターにおいて、災害に強いワイヤレスネットワークシステムを実現するため、広範囲に分散配置された無線端末が自立的に協調動作する無線ネットワーク技術や、衛星通信や無人機等といった移動体上のワイヤレスシステム、また、広範囲で通信の断切が発生した場合、より早く応急ネットワーク構築を可能とする研究開発を行っている。

今回の熊本地震をうけ、NICT では超高速衛星通信が可能な WINDS 用小型車載局やメッシュネットワークシステム等の資機材と研究者を熊本県高森町へ派遣し、応急ネットワークを構築し、運用を実施した。

5.1 派遣の経緯、目的及び移動

総務省から、NTT 未来ねっと研究所に対して、被災現場で応急ネットワーク利用環境を形成するように打診あり、NICT としても耐災害 ICT センターの活動として被災現地での ICT 復旧技術の実証、また、SIP による耐災害技術の実証として重要な取組と考え、

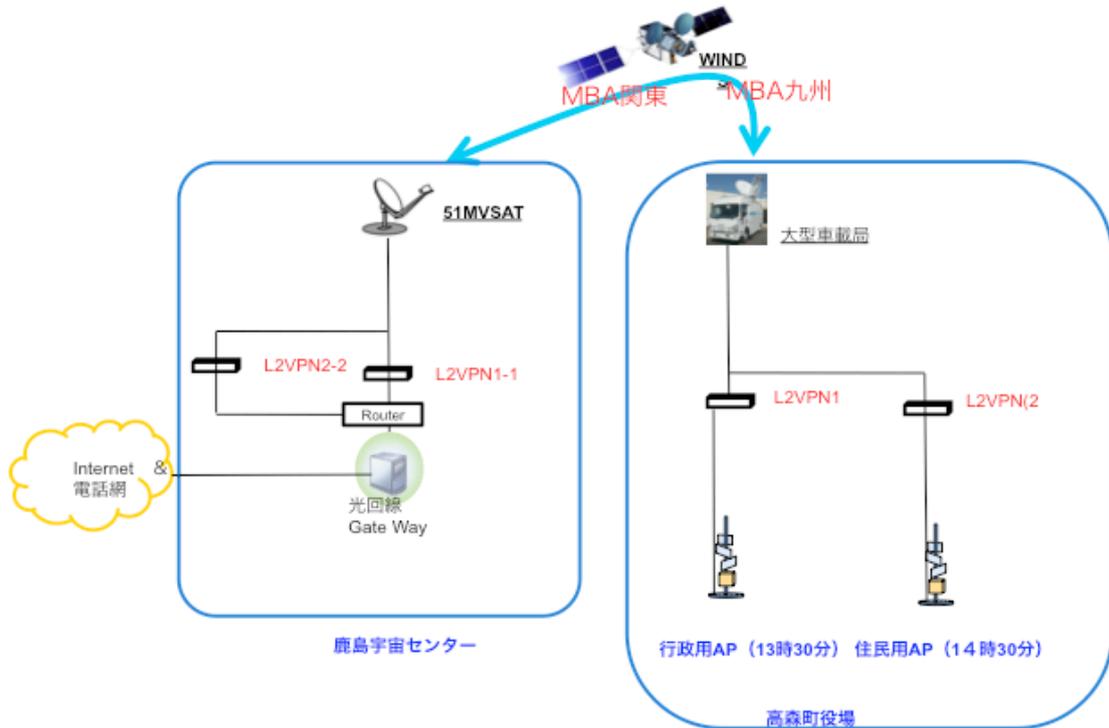


図 15 WINDS を用いた応急ネットワークの構成

SIP の枠組みの下で NTT 未来ねっと研究所と共同で実施した。

応急ネットワーク構築の内容としては、ネットワークの復旧までの臨時回線の構築、IP-PBX による電話回線の構築 (NTT 未来ねっと研究所)、メッシュネットワークによるインターネット接続サービスの提供とバックホールとしての WINDS 運用であった。

本震があった 4 月 16 日の 19 時ごろ派遣が決まり、17 日 12 時までには派遣要員が集合。資機材の準備をした後、仙台の耐災害 ICT 研究センターを出発したのは、その日の 13 時ごろである。

当初の派遣予定地は、市役所の建物が地震動により被害を受けた宇部市であったが、移動中に派遣先が高森町役場に変更されている。

WINDS 用小型車載局での移動のため、派遣先までは、東北道、磐越道、北陸道、山陰道、名神高速、山陽道、九州道を経由、阿蘇山を北回りし、高森町役場に 4 月 18 日 20 時ごろ到着した。なお、総移動距離は約 1,600 km であり、30 時間を要した。

5.2 WINDS を用いた応急ネットワーク構築とネットワークの使用状況

高森町の災害対策本部の方と調整を行い、WINDS を用いた応急ネットワーク構築は 4 月 19 日に行うことにした。WINDS 回線は再生交換中継方式の 51 Mbps モードで 4 月 19 日 9 時ごろ構築した。次に、行政用としてメッシュネットワークの AP を 1 つ設け、



図 16 高森町災害対策本部に設置した応急ネットワーク AP

13 時 30 分ごろ災害対策本部 (総務課) にネットワークを提供した。このネットワークは個人情報保護等の観点から、パスワードをかけ、住民には公開していないネットワークとした。また、同じ構成で 14 時 30 分ごろメッシュネットワークの AP を役場の入り口付近に設置した。この AP は住民用とし、誰でも使えるようにパスワードはかけていない。図 15、16 に WINDS を用いた応急ネットワーク構成図と災害対策本部 (総務課) の中に設置してメッシュネットワークの AP を示す。

今後の検討のため、行政用 AP と住民用 AP においてどの程度ネットワークが使われているかを測定した。行政用の AP においては、設置して 2 ～ 3 時間後に最

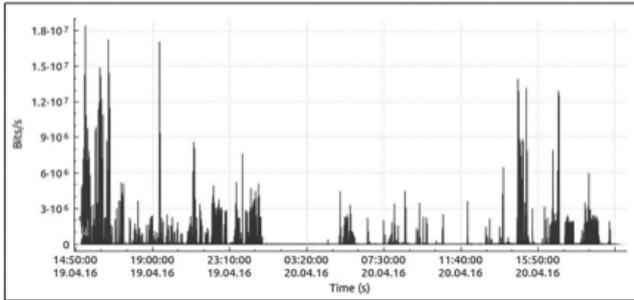


図 17 行政用 AP のスループット

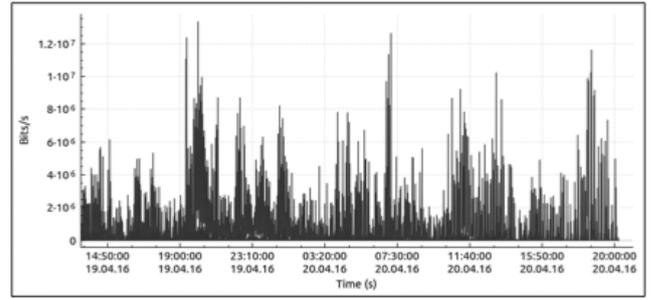


図 19 住民用 AP のスループット



図 18 災害対策本部の様子



図 20 住民用ネットワーク利用状況

大スループット 18 Mbps を記録している。これは、応急ネットワークが設置され、今までできなかった情報収集を一気に進めたこと、また情報収集が終わるとしばらくはインターネットを使う必要がなくなったと推測できる。図 17 に行政用 AP のスループットを、図 18 に災害対策本部の様子を示す。

住民用 AP においては、夜 7 時ごろ最大スループット 18 Mbps を記録している。これは、昼間自宅等に帰っていた避難者が避難所に戻り、携帯電話等を充電しながらインターネットで SNS を使ったり、情報収集をしたりしたことにその理由があると考えられる。また、住民用ネットワークの使われ方の特徴のひとつに、朝、昼、夕食の時間帯にスループットが上がる傾向がある。図 19 に住民用 AP のスループットを、図 20 に住民用ネットワークの利用状況を示す。

6 まとめ

災害対応に有効な衛星通信を目指し、NICT が進めている研究開発及び主な実証実験内容について紹介した。また、2016 年熊本地震時には、熊本県高森町に派遣された際の活用内容についても簡単に紹介した。2011 年に発生した東日本大震災や 2016 年熊本地震で見られるように、大規模災害時には必ずと言ってよい

ほど通信障害が発生している。

これらを踏まえ、今後はより早期に応急ネットワークが構築できる衛星通信ネットワーク研究開発を進めたい。

【参考文献】

- 1 消防庁消防研究センター：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第 1 報），消防研究技術資料，第 82 号，2011
- 2 Takashi Takahashi etc. all: Disaster Satellite Communication Experiments using WINDS and Wireless Mesh Network, GWS 2013, 2013.
- 3 “カーナビ情報で被災状況把握＝不通区間を短時間で発見―国土交通省，” <https://news.yahoo.co.jp/pickup/6086738>, 2017 年 6 月 30 日閲覧
- 4 総務省消防庁消防大学校消防研究センター，“2007 年能登半島地震、2007 年新潟県中越沖地震時の消防活動に関する調査報告書，” 消防研究技術資料第 80 号，2008 年 3 月
- 5 八木浩一，“スマートフォンの加速度センサを用いた路面段差検出手法と東北地方太平洋沖地震における適用，” 第 31 回交通工学研究発表会論文集，pp.249-252，Aug. 2011
- 6 T.Clausen, et al., “The Optimized Link State Routing Protocol Version 2,” IETF RFC7181, April 2014.
- 7 浅谷編著，通信ネットワークの品質設計，電子情報通信学会発行，1993
- 8 消防庁、熊本県熊本地方を震源とする地震（第 48 報）、2017 年 6 月 30 日閲覧、<http://www.fdma.go.jp/bn/> 熊本県熊本地方を震源とする地震（第 48 報）（公表資料）.pdf
- 9 総務省非常災害対策本部、平成 28 年（2016 年）熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について



鄭 炳表 (じょん びんぴょ)

耐災害 ICT 研究センター
応用領域研究室
主任研究員
博士 (工学)
防災、GIS、衛星通信



薄田 一 (すすきた はじめ)

耐災害 ICT 研究センター
企画連携推進室
衛星通信



菅 智茂 (かん ともしげ)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室
研究員
博士 (工学)
衛星通信、電波伝搬



浅井敏男 (あさい としお)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室
衛星通信システム



赤石 明 (あかいし あきら)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室
技術員 (当時)
衛星通信システム



川崎和義 (かわさき かずよし)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室
主任研究員
衛星通信



高橋 卓 (たかはし たかし)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室
副室長
衛星通信