

4-2 ユビキタス通信技術の減災応用研究

4-2 Ubiquitous Communications Technology for Disaster Mitigation

滝澤 修

TAKIZAWA Osamu

要旨

本論文では、防災・減災に役立つユビキタス通信技術として、災害時にどこにでもある技術を用いてデータ通信手段を確保する研究と、ユビキタスなデバイスを用いた災害時情報収集の研究について、筆者がかかわっている研究を中心に述べる。

This paper describes ubiquitous communications technology for disaster mitigation.

【キーワード】

防災, アドホックネットワーク, センサーネットワーク, 防災無線, 消防

Disaster prevention, Ad hoc network, Sensor network, Public radio system, Firefighting

1 まえがき

いつ発生するかも分からない災害に対する備えを持続させるためには、投じることのできるリソースを勘案し、可能な範囲で被害を軽減するという、現実的な姿勢が重要である。そのような姿勢による発災前の対策や発災後の救援・復旧活動を表すために、「防災」(Disaster Prevention)の代わりに「減災」(Disaster Mitigation)という概念が定着しつつある。防災が「災害を防ぎましょう」というスローガンの側面に力点が置かれているのに対して、減災は「災害が起きた時にどうしましょう」という現実的側面を重視する。

一方、ユビキタスは「遍在」を意味し、環境の至るところにコンピュータが存在し、あらゆる場面で人間の活動を支援する状態を指す。ユビキタス通信技術とは、このような状態を実現するための通信技術を意味する。その意味に加え、本論文において筆者は、「どこにでもある(枯れた)通信技術」という意味も含める。これらの技術は、実社会における脅威の一つである災害に対して、未然に防いだり(防災)、被害を軽減したり(減災)するのに役立つ。

本論文では、防災・減災に役立つユビキタス通信技術として、災害時にどこにでもある技術を用いてデータ通信手段を確保する研究と、ユビキタスなデバイスを用いた災害時情報収集の研究について、筆者がかかわっている研究を中心に述べる。

2 防災・減災の位置付け

2.1 セキュリティと防災

情報通信技術においてセキュリティというと、まずウイルス対策や不正侵入対策などが思い浮かぶ。すなわちサイバー空間における「防犯」である。一方、警備会社によって家屋等に取り付けられる「ホームセキュリティ」の装置は、赤外線等による侵入検知(防犯対策)だけでなく、煙センサーや漏水センサーを使った、事故・災害対策も含めるのが一般的である。オフィスビルにおける「防災センター」は逆に、防災だけでなく、社員の出入り管理すなわち防犯の機能を持っていることが多い。このように防災と防犯は一蓮托生であり、広義の「セキュリティ」の概念は、これらをすべて包含するものと考えられる。表1に広義のセキュリティの分類を示す。

表1 広義の「セキュリティ」

	自然障害	人為障害
サイバー空間	I 通信障害対策など	II ネットワークセキュリティなど
実空間	III 防災・減災	IV 防犯

表1のIは従来の非常時通信が含まれる範囲である。IIは、狭義の「情報セキュリティ」であり、サイバーテロ対策などが含まれる。本特集号は、IIを中心とし、Iまで対象を広げた論文の掲載を意図して編集されている。それに対して、本論文が扱う「ユビキタス通信技術の減災応用研究」は、IIIの実現のために必要な情報通信技術の研究開発を行うことを指している。IIIは実空間を適用対象とするため、社会心理学や人間行動学の知見までを取り込んで研究開発に取り組む必要がある。

2.2 環境と防災

前節ではセキュリティと防災の関係について考察したが、別の視点として、「環境と防災」の関係も考察する必要がある。ユビキタス通信技術の観点に立つと、環境と防災には共通点が多いという指摘がある[1]。例えば、環境のモニタリングのための装置は、屋外において公衆網が使えず、電源のない場所において稼働させる必要がある場合が多く、これは災害時の状況に類似している。つまり同じ技術を平常時には環境対策、非常時には防災対策に適用できることになる。環境問題の代表格である地球温暖化は、「世界規模で極めてゆっくり発生している災害」と言うこともできる。このような立場から、研究組織上でも環境と防災がセットで扱われるのが最近の風潮であり、例えば富士常葉大学が日本初の「環境防災学部」を設けたほか、関西大学も環境と防災に関する学部の創設を準備している状況である。

3 災害時におけるデータ通信手段の確保

大規模災害が発生しても、通信事業者は通信路を維持する責任がある。しかし現実には、大

規模災害時に通信の障害が起きることが多い。障害の原因として、輻輳と、通信線の物理的な切断とがあり、また、物理的な切断に関しても、電話局—加入者間のアクセス回線の切断と、電話局間のバックボーン回線の切断とがある。災害時にはこれらの中で、輻輳が最も頻繁に発生する一方、電話局間のバックボーン回線の切断はよほど大規模な災害でない限りは起こりにくいと考えてよい。したがって、これら障害の原因を明確に区別した上で、発生可能性と対策を考える必要がある。本章では災害時に、通信事業者が提供する通信回線が何らかの原因で障害が起きた場合を想定し、通信の中でも特にデータ通信を対象として、自営的な手段によって通信を確保するための各種方策について述べる。

自然災害等によって既存の通信インフラが局所的に障害を起こした場合、ケーブルの敷設が不要で通信機器の現場投入だけで回線が確保できる点で、無線通信が役立つ。有線回線が寸断されて直ちには復旧できないような大災害の場合でも、衛星回線の地球局設備を被災地に搬入・設置するなどの代替手段を講じることにより、回線復旧が比較的早く実現可能になっている。一方、地上系の無線通信機器は衛星通信機器と比較して、空中線電力を小さく抑えることができ、したがって消費電力を少なく抑えることができる。このような特性は、通信と共に電力系統もマヒすることが多い災害時には特にメリットが大きい。

そこで本章では、大きな災害が起きた際に手近にある地上系の無線装置でデータ通信を行う各種技術について述べる。

3.1 長距離無線 LAN による災害時通信路の確保

コンピュータ間を無線でつないでデジタル通信を行う小電力データ通信システム(以下、「無

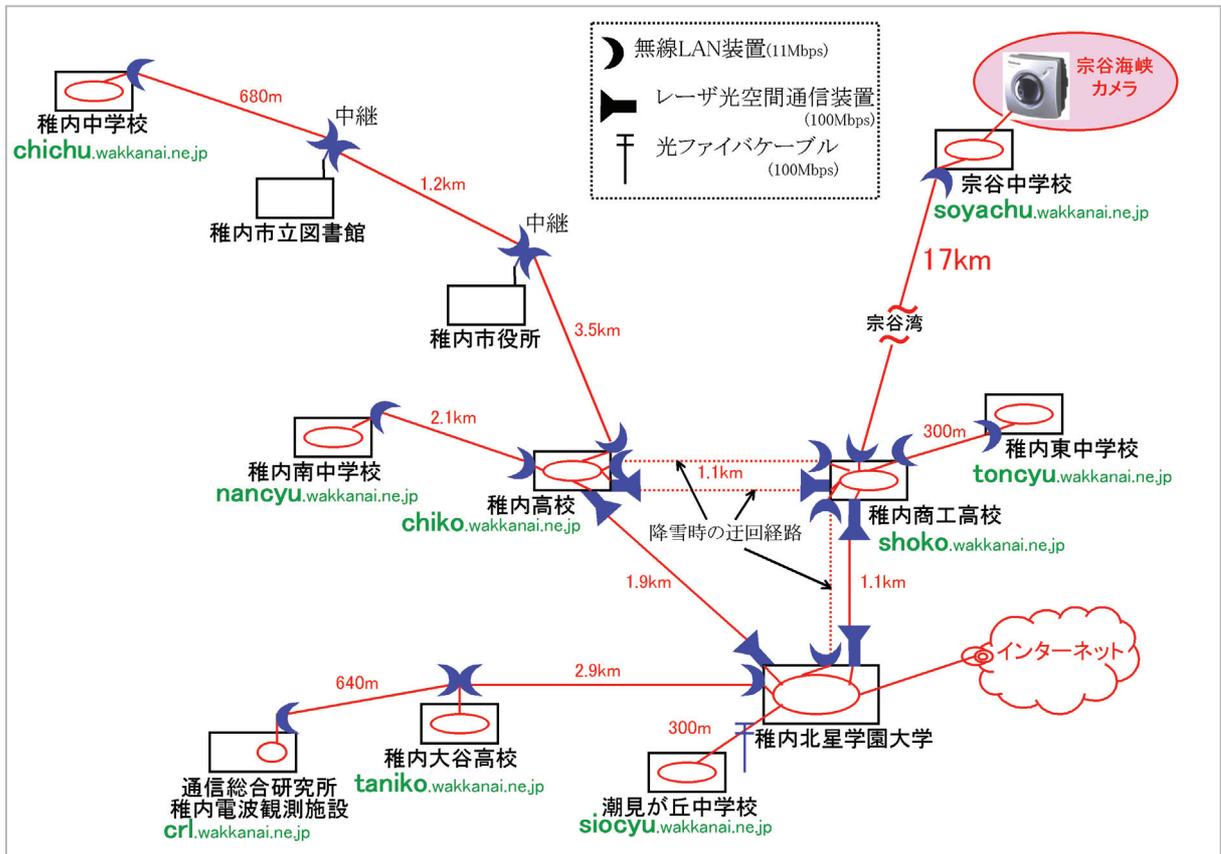


図1 稚内地域実験研究ネットワーク接続図 [4]

線 LAN」と呼ぶ。)は、ISM バンド (2.4GHz 帯) の電波を主に使い、半径数十 m 程度以内のローカルエリアのパソコンを有線ネットワークインフラに接続する用途に主に用いられているが、技術基準適合証明を受けた外部アンテナを取り付けられる長距離無線 LAN 装置を用いると、数 km 離れたアクセスポイント間の通信が可能になる。この装置はユーザ免許が不要で、誰でも設置でき、直ちに使用できる。したがって、災害時に公衆回線が機能しなくなった際には、長距離無線 LAN を自営回線として用いることができる。このような使い方として、大規模災害時に、消防本部と災害現場との連絡手段として長距離無線 LAN を利用する研究 [2] や、平常時は安全な場所に備蓄してある無線 LAN システムを、災害発生時に被災地に運搬・設置し、被災地外に置いたサーバまで生活情報を伝送・登録して情報交換に供するシステムの研究 [3] などがある。

筆者は 1999 年から 2004 年までの 5 年間、当機構の電波観測施設がある北海道稚内市において、現地の大学と共同で、現地の中学校及び高

等学校を避難所に見立てて、長距離無線 LAN による自営ネットワーク「稚内地域実験研究ネットワーク」を構築するプロジェクトを実施した (図 1)。同ネットワークの経過と成果の詳細については、文献 [4] において述べられている。

稚内市は、気象条件としては寒冷降雪地帯であるのみならず、宗谷海峡に面していることによる我が国有数の強風地帯であり、自然環境は過酷である。高い周波数を使うデジタル無線通信において、寒冷、降雪、強風がアンテナや電波状態に与える影響は無視できないと考えられる。そこで、稚内地域実験研究ネットワークは、このような過酷な自然環境下においても自営無線による災害時通信路の確保が可能であるかどうかを検証することを目的の一つとした。それに対して、人口が密集している都市部においては、電子レンジなども同居して使われている ISM バンドにおける干渉の問題が大きいと予想される。そこで、NICT 小金井本部と、東京都三鷹市にある独立行政法人消防研究所との間 (7.8km) に、常設の長距離無線 LAN 回線を設け



図2 消防研究所(左)とNICT(右)に設置した長距離無線LANアンテナ



図2b 消防研究所に設置したWebカメラの映像をNICTで受信した画面

(2002年)、常時接続実験を継続し、都市部における長距離無線LANの実用性の検証を続けている。図2に、両機関に設置した長距離無線LANアンテナを示し、図2bに、消防研究所に設置したWebカメラの映像をNICTで受信した画面を示す。

3.2 60MHz帯デジタル同報防災行政無線によるIP通信

3.2.1 概要

60MHz帯同報防災行政無線は、市町村自治体等が設置し、拡声器により防災情報等を地域住民に迅速に周知する手段として全国に普及している。従来はアナログ方式で、防災センター(親局)から拡声器(子局)への片方向の音声同報機能が主であったのに対して、2001年度から始まったデジタル化によって、双方向通信、データ通信、多チャンネル化などの新しい機能が実現あ

るいは強化されつつある。デジタル防災行政無線の導入が始まってしばらく、総務省の各地方総合通信局において、同無線の有効利用に関する調査研究会が開催された。しかし同無線において、デジタル通信における汎用的なプロトコルであるIP(インターネットプロトコル)を用いた通信は、以下のとおりこれまでほとんど試みられたことがない。

北陸総合通信局は2003年度に、「汎用IP無線通信システムに関する研究会」を開催し、800MHzデジタルMCA及び移動系デジタル防災行政無線によるIP通信を実験した[5]。しかし、60MHz帯同報防災行政無線ではIP通信は実施されなかった。

四国総合通信局は2003年度に、「災害情報サポートシステムに関する調査研究会」を開催し、モバイルIP技術を活用する「IP防災」の実証実験を実施した[6]。しかしここでは、地域IP網と60MHz帯同報防災行政無線とを並行して実験を行い、防災行政無線上ではIP通信は実施されなかった。

中国総合通信局は2002年度に、「デジタル防災行政無線の広域的活用に関する調査研究会」を開催し、データ伝送実験によってデジタル防災行政無線を広域的に活用するための可能性と課題を検討した[7]。しかしここでは、60MHz帯同報防災行政無線については、親局に接続したWebサーバに対して、子局からファイル(MS-Excel)をシリアル伝送(RS232C)によりアップロードして、庁内LANからそのファイルを閲覧す

る実験が行われただけで、親局—子局間の IP 通信は実施されなかった。

防災行政無線装置メーカー各社は、2001 年度の制度化以降、60MHz 帯デジタル同報防災行政無線システムを商品化し、各地の市町村自治体への納入を進めている。しかし、子局からの IP 通信をサポートしているシステムはほとんどなく、わずかに株式会社富士通ゼネラルが岐阜県加子母村（平成 17 年 2 月 13 日に中津川市等と合併）に納入したシステムが、屋外子局に LAN インタフェースを装備し、被災・避難後のメールによる情報発信や Web による情報収集が可能になっている例が見られる程度である。

このように、60MHz 帯同報防災行政無線において、親局と子局との間で IP 通信を試みた事例がほとんど見当たらない理由として、通信速度が遅く（45kbps 以下）、また無線局の免許制度上、防災行政無線を免許人以外が運営するネットワーク（インターネットを含む）と接続することは困難なため、IP 通信をサポートするメリットが少ないためと考えられる。しかし、子局から IP 通信ができるようになれば、子局が設置された学校や自治会館などに非常用の「情報コンセント」を設置でき、例えば大規模災害時に孤立した地域に防災担当者が駆けつけられない場合に、地域住民が持ち込んだパソコンを子局に接続して、容易に親局更には市町村イントラネットとの間で、電子メール等の汎用的手段での情報交換が可能になることから、大規模災害時における緊急の情報交換に威力を発揮すると考えられる。

そこで筆者は、近畿総合通信局が 2005 年 2 月に和歌山県海南市において実施した、被災情報収集システム等の公開実験に参加し[8]、60MHz デジタル同報防災行政無線を用いた IP 通信実験を行った。

3.2.2 システム構成

60MHz デジタル同報防災行政無線は、1 フレーム（80ms）を六つのスロットに分割する時分割多重方式で、うち 2 スロットを親局—子局間の制御データ伝送に用いている。IP 通信実験では、残りの 4 スロットを 2 スロットずつ上り下り方向のデータ伝送及び誤り訂正に割り当てる複信方式とした。したがって、データ伝送に使うの

は 1 スロット分であり、通信速度は理想値で 6.4kbps となる。

図 3 に、実験システムの構成図を示す。実験では沖電気の 60MHz デジタル同報防災行政無線装置（図 3b）を用い、親局（想定災害対策本部）と子局（想定避難所）にそれぞれ、イーサネットと RS485 の変換アダプターを接続し、IP をシリアル伝送に変換して通信できるようにした。親局を海南市保健福祉センター（2 階）、子局を海南市役所（5 階会議室）に設置し、屋内の窓際に置いたロッドアンテナによって通信した（図 3c）。両

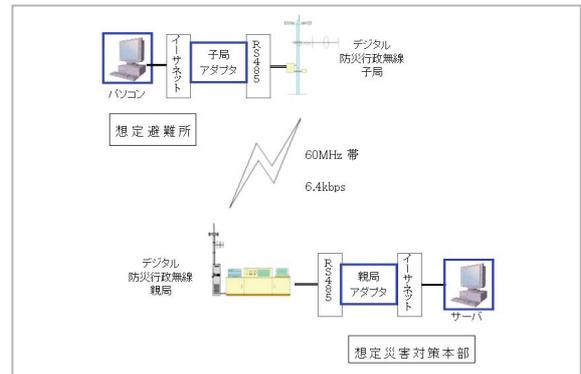


図3 60MHz デジタル同報防災行政無線による IP 通信実験構成図



図3b 防災無線親局装置（沖電気製）



図3c ロッドアンテナ
(海南市保健福祉センター側)

局間の距離は約 100 メートルであった。図 4 に、本実験のために開発した、イーサネット—RS485 変換アダプターを示す。このアダプターはイーサネットと RS485 の変換だけでなく、同時に公開実験を行った静止画伝送及び倒壊・火災・浸水センサー情報伝送のインターフェースも備えている。

60MHz デジタル同報防災行政無線の通信速度は遅いため、クライアントパソコンは、MTU (Maximum Transmission Unit) を 130 バイト、RWIN (Receive Window) を 450 バイトにそれぞれ設定変更した。MaxDupAcks については、できるだけやりとりを少なくするため、通常は 3 のところを 1 に変更して実施した。また、帯域を可能な限り確保するために、主に ARP 信号を除去する目的でブロードキャスト非対応としたため、DHCP によるクライアント PC の IP アドレス自動割当は行わず、固定アドレスでの接続となった。したがって、今回の実験では、普段使用しているパソコンを持ち込み接続して直ちに IP 通信ができるという理想的な状態を実現するには至らなかった。



図4 イーサネット—RS485 変換アダプター

3.2.3 実験の実施項目と結果

(1) 人員情報データベース登録表示

想定避難所に設置したクライアント PC の Web ブラウザを起動して想定災害対策本部に設置したサーバ PC に接続し、想定避難所から想定災害対策本部のデータベースに被災者等の人員情報を登録し表示する実験を行った。この実験ではまずクライアント PC からサーバ PC にアクセスして登録画面をダウンロードする。操作はクライアント PC のデスクトップ上のアイコンをクリックすることで Web ブラウザを起動して上記アクセスとダウンロードを実行する。このアイコンのクリック操作から登録画面が表示されるまでの時間は 7 秒であった。次に、この登録画面に必要な情報を記入し、人員情報登録画面の登録ボタンをクリックすることでサーバ PC のデータベースに情報を登録する。登録ボタンをクリックしてから登録完了となるまでの時間は 9 秒であった。最後に、人員情報登録画面の一覧表示ボタンをクリックすることでサーバ PC のデータベースに登録されたデータを一覧表示する。クライアントからサーバへ情報を 10 件登録した後、一覧表示ボタンをクリックしてサーバのデータ一覧をダウンロードし、一覧表示にかかった時間は 5 秒であった。図 5 に、実験に使用した人員情報登録と表示の画面を示す。

(2) メール伝送

想定災害対策本部に設置したサーバ PC をメールサーバとして、想定避難所に設置したクライアント PC と接続し、想定避難所と想定災害対策本部の間でメールを送受信する実験を行った。

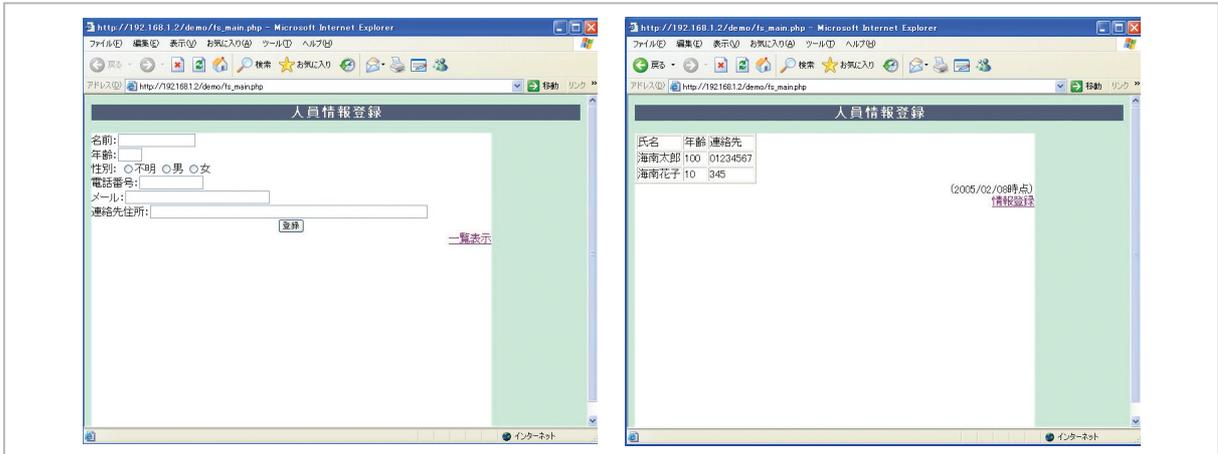


図5 人員情報登録表示画面(左：登録画面、右：表示画面)



図6 実験に使用したマルチメディアコンテンツ

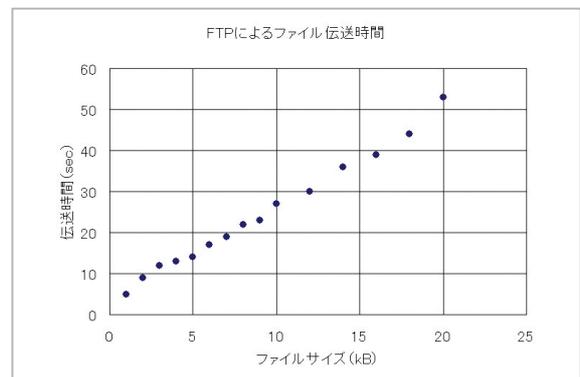


図7 FTP 伝送における伝送ファイルサイズと伝送時間の関係

送信内容が漢字 200 文字の場合に、クライアント PC でメールソフトの送受信ボタンをクリックしてから伝送が終了するまでの時間は 14 秒であった。

(3) マルチメディア Web 表示

Web を表示する実験を行った。災害対策本部のサーバ PC を Web サーバとし、避難所のクライアント PC からサーバ PC へアクセスして画像を含むマルチメディアコンテンツの Web ページを閲覧することを想定した実験を行った。クライアント PC のデスクトップ上にショートカットアイコンを作成しておき、これをクリックすることでクライアント PC に Web ページのダウンロードと表示を行う。表示させたマルチメディアコンテンツを図 6 に示す。この場合、ショートカットアイコンのクリックから表示完了までにかかった時間は 123 秒であった。

(4) FTP 伝送

災害対策本部のサーバ PC を FTP サーバとし、避難所のクライアント PC からサーバ PC へアクセスしてサーバ PC 上のファイル情報の閲覧とクライアント PC へのダウンロードを行うことを想定した実験を行った。クライアント PC で FTP ソフトを立ち上げ、サーバのフォルダを指定してサーバへ接続する。これにより、サーバの選択したフォルダ内のファイル名一覧が表示されるので、この一覧からダウンロードするファイルを選択し、クライアントのフォルダヘッドラッグアンドドロップしてダウンロードを開始する。テキストファイルのファイルサイズに応じて伝送時間をプロットした結果を図 7 に示す。

図 7 によると、伝送速度は平均 2.96kbps となり、理想値 (6.4kbps) の半分以下のパフォーマンスしか出ていない結果となった。

3.2.4 アンケート結果

本 IP 通信実験について、公開実験への来場者

表2 アンケート回答者の所属別人数

国・地方（防災担当）	13
国・地方（防災以外）	8
民間	32
その他	5

表3 IP通信の有益性についての回答数

大いに有益	23
有益	22
どちらとも言えない	9
あまり有益ではない	2
ほとんど有益ではない	0

表4 期待する使用法についての回答数(複数回答)

電子メールによる情報交換	29
Web やデータベースへのアクセスによる情報入手	34
Web 掲示板への書き込み等による情報発信	36
FTP（ファイル転送）	8
市町村役場のイントラネットへのアクセス	20
その他	2 被災情報・救援情報・安否情報などの共有・閲覧 公共機関の情報・状況

にアンケート調査を行った。回答者の所属の分布を表2に示す。回答者の半数以上は民間の人であった。

「固定系のデジタル防災行政無線において、子局からのIP通信を可能にすることは、有益とお考えでしょうか。」という質問項目に対する回答を表3に示す。約80%の人が有益と回答した。

表3の回答に関連して、どのような点で役に立つか、あるいはなぜ役に立たないか、についての自由回答結果を以下に示す。具体的な利用法についての意見と共に、通信速度の遅さを指摘する回答が目立った。

- ・災害時の情報伝達手段（防災無線・ラジオ程度でしか情報入手ができなくなる）
- ・これからはパソコンの普及により文字データ伝送の時代で、IP通信は防災にも大いに必要
- ・子局の設置場所にもよりますが、誰が使用するのか。無線局の運用面をどうするのかの問題が、白黒つけば役に立ちますが。
- ・災害時におけるシステムは、最悪のことを考慮しておかなければならない。そのためIP通信などの電源設備が必要なシステムは、あまり有効でないと思う。システムにあまり頼りすぎると、災害時によけいに混

乱を来すのではないかと？

- ・避難所における必要情報の収集（安否・必要物資等）
- ・メールで情報連絡
- ・IP化のメリットを明確に
- ・細かな情報（住民からの生の声）、しかし操作できる人が限られる（お年寄りには無理か）
- ・非常災害時、電話が使用できないことが想定され、被災地以外の場所との情報連絡、情報収集に役立つと考える
- ・パソコンからのデータ伝送は災害時には必須となっている
- ・スピードに問題あり
- ・必要な情報が子局でも確認したい
- ・データ量が多いと考えるため、いろいろな通信があるのがベターと考える
- ・基本的に機器（パソコン等）に依存しないため
- ・コンテンツを整理し、だれでもいつでも操作できることが重要
- ・通常の使い勝手のまま外部と通信できるのであれば災害時に役立つ
- ・WEB上でいつでも、どこでも、だれでも情報入手できる
- ・放送利用

- ・汎用製品と接続可能
- ・既存技術が活用でき、住民との情報共有にもつながると思う
- ・可能性が広がるから、遅いとなげくよりも有効利用を考える必要あり
- ・実際に現場に行った際などの補完情報に有用と思う
- ・通常使用している PC 等の活用が可能
- ・PC のデータと接続できるから
- ・避難所で今何が必要で不必要かがわかる、安否情報等
- ・もう少し伝送速度が上がれば、大きなデータを扱える

固定系のデジタル防災行政無線において、子局からの IP 通信を可能にした場合に期待する使用法についての結果を表 4 に示す。電子メールや Web など、一般的な IP 通信において使われるアプリケーションが使えることに期待する意見がまんべんなく見られた。

以上のアンケート結果より、60MHz デジタル防災行政無線の IP 化は、一般の人にもメリットを受け入れられるといえる。

3.2.5 考察

今回の実験により、60MHz デジタル同報防災行政無線は、通信速度が遅いものの、テキストベースの電子メールの交換やテキストベースの Web 入力・表示がストレスなく実現可能であることが分かった。また、アンケートでは、使い慣れている IP 系アプリケーションをそのまま使えることに対して好意的な意見が多かった。今後は、今回の実験で行ったように、イーサネットをシリアル伝送 (RS485) に変換して無線路上を通すという安直な方法でなく、より効率的な伝送方法を検討すべきと思われる。

3.3 音声トランシーバを用いた簡易データ通信^[9]

3.3.1 概要

災害時の地上系データ通信システムとしては、前節までに述べた長距離無線 LAN や防災行政無線のような固定無線局による常設的な手段のほか、災害発生直後の応急的あるいは補完的に位置付けられる手段を考える必要がある。応急的手段として適用する際に重視すべきことは、

広く普及している既存の無線端末を災害時に速やかにデータ通信端末に転用できることである。そこで本節では、広く普及している無線端末である音声トランシーバを用いて災害時にデータ通信を行う可能性について検討し、アマチュア無線及び特定小電力無線 (ARIB STD-20) の 2 種類について検討する。

大規模災害時に通信インフラがダウンする範囲は、輻輳による広範囲な障害を除けば、基本的に局所的であり、阪神・淡路大震災の例を見ても、せいぜい半径 20km 程度と考えられる。したがって、被災地から既存の通信インフラが稼働している地域まで情報を運び出すことを想定し、20km の距離の無線伝送の実現を目標とする。

3.3.2 アマチュア無線機による簡易データ通信

アマチュア無線は古くから非常通信手段として活躍している。まず無線端末が普及しており、20km 程度の伝送距離ならば V/UHF 帯において十分に実現できる。アマチュア無線機を電話網に接続して運用する「フォンパッチ」が我が国では 1998 年に認められた。したがって、被災地内から電話網が稼働している被災地外まで無線で接続できれば、被災地外に置いた基地局側の無線機を電話網に接続することで、遠隔地との間のデータ通信が可能になる。つまり無線リンクを電話線の延長として位置付けることになる。

アマチュア無線におけるデータ通信手段として、パケット無線 (packet radio) の手法が古くから研究されており、AX.25 という独自のプロトコルが提唱されている。また、無線 FAX についても研究されている。しかし、パケット無線用のモデム (TNC) や無線 FAX インタフェースは、実験志向の一部のアマチュア無線家にしか普及していない特殊な周辺機器であるため、より多くの市中の無線端末を災害時に速やかに転用する目的には適していない。一方、最近では DTMF 符号 (タッチトーン) の送出機能を内蔵したアマチュア無線機が増えてきており、本体に DTMF 符号の送出のためのテンキーを標準装備しているものも多い。そこで本研究では、音声トランシーバによって DTMF 符号をやりとりすることによって簡易データ通信の実現を目指すことにした。図 8 に、音声トランシーバを用いて DTMF

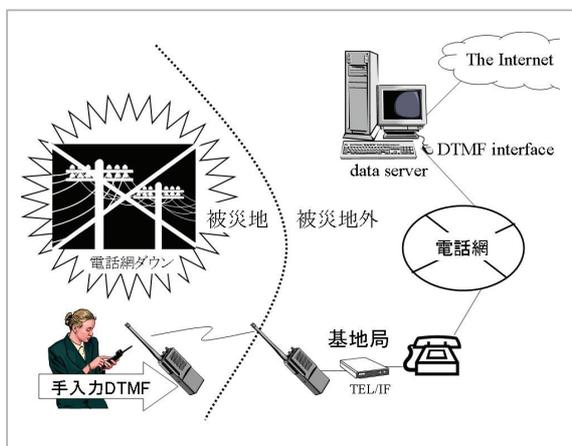


図8 アマチュア無線用音声トランシーバを用いたDTMF符号による簡易データ通信の概念図

符号によりデータサーバと通信する概念図を示す。この場合のデータサーバは、電話網に接続され、DTMF符号によってデータ通信を行うインタフェースを備えていることを想定する。

被災地移動局側の操作としては、DTMF符号によるコマンドで基地局の電話をオフフックし、データサーバのアクセスポイントへダイヤルし、あとはDTMF符号を使ってデータ通信を行うことになる。

アマチュア無線機は、20km程度であれば音声通話を支障なく実現できることは明らかであるが、フォーンパッチによってDTMF符号の安定した認識が可能かどうかは、実験によって確かめる必要がある。そこで、アマチュア無線局「IAA無線部」(JO1ZVH)及び「IAA関西無線部」(JR3ZVA)の協力により、本方式による情報伝送実験を行った。図9に実験システムの外観を示す。電話は全二重通信であるが、本実験では、一般的なアマチュア無線通信と同じ半二重通信方式で実施した。データサーバとの通信がキャッチボール式にやりとりする方式であれば、半二重通信で事足りると考えられる。

実験では、周波数帯及び変調方式として430MHz帯のFMを用いた。430MHz帯を用いたのは、携帯トランシーバの周波数帯として広く普及しているためであり、FMを用いたのは、DTMF符号の音響を正確に伝送するために音質の良い変調方式が望ましいためである。基地局をNICT小金井本部(東京都小金井市)に置き、



図9 アマチュア無線機を用いたDTMF符号による簡易データ通信実験セット一式(左)被災地移動局用ハンディ無線機(DTMF符号送出用テンキー内蔵)、(右上)被災地外基地局用無線機、(右下)フォーンパッチ用テレホンインタフェース装置

基地局の空中線高を約20mH(4階建ての建物屋上)とした。一方、被災地移動局を東京都昭島市の地上高約15mH(4階建てマンションのバルコニー)から運用した。両局の直線距離は約10kmであった。被災地移動局の空中線電力は約4.5Wとした。

実験の結果、被災地移動局からDTMF符号によって基地局の電話回線の発呼が正確にできることを確認した。

実験に使用したテレホンインタフェース(ケンウッド KTI-12)の端末機器適合認定では、送出できるのは音声又は手操作によるDTMF符号に限定されているため、実験では手操作によるDTMF符号とした。しかし、簡易データ通信を実現するためには、DTMF符号の機械的な送出及び受信が必要であり、そのための法的な制約の解決について今後検討する必要がある。また、DTMF符号によるデータ通信は、通信速度が音響の分離性能に依存するため、無線回線及び電話回線における音質低下が通信速度にどの程度影響するか、検証する必要がある。

3.3.3 特定小電力無線電話による簡易データ通信

アマチュア無線の場合は、操作に際して無線従事者資格と無線局免許が必要で、通信内容がアマチュア業務に限定されている。それに対し、特定小電力無線(以下「特小」)は、免許・資格が不要で、利用目的に制限がない。特小の無線電

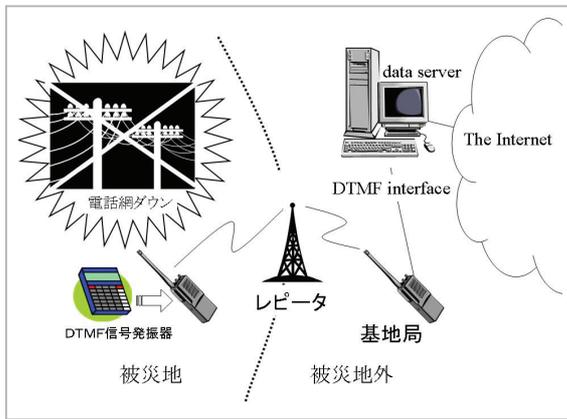


図10 特小トランシーバを用いたDTMF符号による簡易データ通信の概念図

話として420～440MHz帯が割り当てられており、工事現場での作業連絡や飲食店内での注文連絡など、業務用途に普及しており、市中に端末が多く存在している。空中線電力は0.01Wで変調方式はFMである。また、レピータ(中継器)による中継が認められている。

特小はデータ通信やテレコントロール等も別規格で定められているので(ARIB STD-T67)、データ通信に応用するならばこの規格に適合した端末を使う方法も考えられるが、端末が市中に広く普及しているのは無線電話(ARIB STD-20)である。したがって、アマチュア無線の場合と同じく、特小無線電話にDTMF符号を載せることによる簡易データ通信を検討する。ただし、DTMF符号の送出機能を内蔵した特小無線電話トランシーバは存在しないため、別筐体のDTMF符号発振器の音響をトランシーバのマイクロホンに入力して送ることになる。図10に、

特小無線電話による簡易データ通信の概念図を示す。特小無線電話ではフォンパッチが認められていないため、図10に示すとおり、基地局の無線機をデータサーバに直結させる方式を想定する。また、伝送距離を伸ばすため、レピータの使用を前提とする。

まず、この方式による伝送可能距離を調べた。伝送の可否を調べる方法として、移動局からレピータに対してトーンスケルチによる中継動作の起動を試み、起動の成功/失敗を確認する方法をとった。トーンスケルチとは、60Hzなど38種類のうちどれか一つの音響(トーン信号)を音声に重畳して送信し、受信時にそれを検出して動作を制御することによって、相手方を限定した通話を可能にするものであり、特小無線電話に標準装備されている機能である。レピータは搬送波に含まれるトーン信号を検出することで中継動作の起動を制御する。電波が弱くてトーン信号を検出できない場合には、電波が届いてもレピータは中継動作を行わない。音響の検出による動作制御という点でトーンスケルチとDTMF制御とは同じであるので、中継動作を起動できる程度に電波が強い場合には、DTMF符号の認識もできる可能性が高いと推測できる。

NICT小金井本部(東京都小金井市)の地上高60mHの鉄塔頂上に設置したレピータに対して、周辺の各所からアクセス(中継動作の起動)を試みた。設置したレピータ及び鉄塔を図11に示す。

アクセス実験の結果を表5に示す。三鷹市、武蔵野市、立川市、昭島市、日野市、八王子市の歩道橋上などの見通しのいい場所からアクセ



図11 鉄塔(左)と、鉄塔上に設置したレピータ(右)

表5 特小無線電話によるアクセス可能場所

移動局の場所	レピータからの距離
JR 三鷹駅南口(歩道橋上)	6.8km
JR 立川駅北口(歩道橋上)	6.8km
武蔵野市内(建物 5 階)	6.9km
立川市・昭和記念公園(地上)	7.5km
昭島市内(建物 4 階)	9.7km
日野市平山橋(地上)	11.1km
日野市程久保(地上)	11.1km
JR 八王子駅北口(10 階建建物屋上)	14.4km

スに成功した。特小無線電話の伝送距離は市街地ではおおむね 1km 程度とされているが、本実験から、一方の端末(レピータ)を高所に置けば、もう一方の端末はある程度見通しの良い場所であれば市街地でも 10km 程度の伝送は可能であることが示された。また、図 11 のようにレピータを中心として両側に端末が配置されている場合には、端末間は倍の伝送距離を稼げることになるだけでなく、両端末共に高所でなくともある程度見通しの良い場所でさえあれば、通信ができることになる。以上の実験結果より、3.3.1 において目標とした 20km の伝送は実現できそうであることが分かった。

次に、JR 立川駅北口 9 階建建物屋上(レピータからの距離は約 6.8km)から DTMF 符号をパソコンで発振・送出し、レピータで中継された信号を送出場所と同じ場所で受信してパソコンで認識する実験を行った。すなわち、伝送距離は往復で 6.8km×2=13.6km となる。DTMF 符号の発振と認識には、ソフトウェア DTMF コントローラ 1.1c [10]を使用した。実験に用いた DTMF 符号列は、五つの連続した“#”に続けて、0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, *, # の 12 種類の符号をランダムに 50 文字並べたものを用いた。ランダムな符号列の生成には、乱数表作成ソフト「RANer」[11]を用いた。実験に用いた DTMF 符号列を以下に示す。

```
#####*10470#83532#54546#9355941799796910
464566#752104#0
```

冒頭に五つの連続した“#”を置いた理由は、認識誤りが起きるのは最初の文字が多く、冒頭にダミー符号を数文字送った後にデータ本体を送ると認識率が向上することが経験的に知られているためである。認識誤りについては、ダブルカウント誤り、取りこぼし、別の符号として誤認識など、様々なバリエーションがあるため、認識結果を生データのままで表 6 に示す。実験では、DTMF の一符号の長さ及び符号間のブランク長の組合せを色々変え、それぞれ 1～数回ずつ試みた。なお、認識側では、認識データチェック間隔を 17ms、信号選別用 S/N 比を 3.5 とした。

実験結果によると、符号の送出前や終了後に、存在しない符号“1”が認識されている誤りが目立つ。これは中継開始や待機に際してレピータから発せられる反応音を拾って誤認識しているためと思われる。一符号長とブランク長についてどのような組合せの場合にどの程度の認識誤りがあるかについては、その都度の電波状態に強く依存していると思われ、一概に言えないが、一符号の長さがおおむね 200ms 程度以上ないと良好な結果が得られない傾向が読み取れる。ただし、全符号の送出終了後の誤認識(上述)を除いたとしても、100%の認識率が得られたのは、表 6 において一符号長 200ms/ブランク長 50ms の組合せにおける下線で示した 1 回だけであった。一符号長が短いと取りこぼしの誤りが多くなり、逆に長いとダブルカウント誤りが多くなるため、100%の認識率を得ることはかなり難しい。

今回のフィールド実験を実施する前に、レピータ近傍で送受信実験を試みた際には、ほぼ 100%の認識率が得られた。しかし、今回の通信距離(13.6km)では、音声通信としての了解度はほとんど支障ない程度の低下であるにもかかわらず、DTMF 符号の認識率については 100%を達成することがかなり難しい状況であった。この結果から、無線で DTMF 符号を送る場合、誤り訂正の仕組みを講じなければ実用化が難しいことが分かった。

3.4 考察

3.3 で述べたほかに、災害時に移動無線機によってデータ通信を行う手段としては、260MHz 帯を用いる移動系のデジタル防災行政無線があ

表6 特小トランシーバによる DTMF 符号の認識実験結果

一符号の長さ(ms)	符号間のブラクの長さ (ms)	認識結果
80	20	147835325454693594197969146456675214 1#78332556935594999691046456675214# 1#####10470#83532#54546#935594179979691464566#75210401 ##1470#83532#5454693594179979691464566#75214
	50	####140#83532#54546#93559417997969106566#752104#0
120	20	14783532545469359417997969146456675214 ###*1470#83532#545469355941797969146456675214
	50	#14783532545469355941799796910464566#752140 1#147#835325454693559417997969146456675214 ###10470#8353254546#9355941799796910464566#752104##* 1#####1470#83532#54546#935594179979691464566#752104#0 ####1047#83532#54546935594179979691464566#75214#
150	20	###14700#83532#54546#935594179796910464566752140
	50	#####*10470083532#54546#9355941799796910464566#75214
180	50	###*147#83532#54546#935594179979691464566752104001
200	50	#####*10470#83532##54546#9355941799796910464566#752104##0111 #####*10470#83532#54546#9355941799796910464566#752104#011 1#####*1470#83532#54546#93559417997969104645666#752104##00 A1#####*1047#8353254546#9355941799796910464566#752104#011
	100	##1477#83532#541546935594179979691464566#75214#

る。これは、音声トランシーバとしての機能に加えて、TCP/IP 通信を含むデータ通信が可能なシステムである。しかし、このシステムは、市町村役場の防災担当職員や消防団、自治会など限られた運用者を対象に事前に配備されているもので、大規模災害時の救援活動において人手が不足する事態や、発災害直後の応急的な使用に対して、必ずしも万全とは言えない。本章で述べたような、手近な通信手段の拡張による災害時データ通信手段の確保は重要であると考えられる。

4 ユビキタスなデバイスを用いた災害時情報収集

ユビキタスなデバイスとしては、RFID (電子

タグ) やセンサーなどが注目を集めており、これらによって収集された情報は、アドホックネットワーク等によって伝送されるという利用モデルが想定されている。これらのデバイスは、2.2 で述べた環境計測への適用の面でも重要である。本章では、RFID、アドホックネットワーク及びセンサーによる災害時情報収集技術の例について述べる。

なお、RFID を用いた被災情報収集支援システムの研究については、本特集号の別の論文 [12] において詳述されており、また、非常時に利用可能なアドホックネットワーク技術の現状と動向についても、本特集号の別の論文 [13] において詳述されている。

4.1 消防活動支援情報システムにおける RFID の高度化

4.1.1 概要

総務省消防庁は、消防活動が困難な大深度地下等の GPS や無線が届かない空間における消防隊員の位置把握を主目的とした「消防活動支援情報システム」の開発を、平成 12 年度から実施している [14]。このシステムは、消防隊員が装着した慣性航法装置によって位置情報を取得し、その情報をアドホック通信などの手段で現場指揮本部まで伝送し、現場指揮本部の三次元数値地図上に隊員位置を表示するものである。位置情報の誤差補正のために、避難出口を示す誘導灯に貼付された RFID から発信される絶対位置情報を用い、隊員が装着した RFID リーダ・ライターによってその絶対位置情報を受信して補正する。同システムでは、誘導灯に貼付する RFID として、300MHz 帯の微弱電波を用いたアクティブ型(電池内蔵式)を使用しているが、このタイプの RFID は高価であり、ビーコンのように電波を発射しているため定期的な電池交換を要し、また、情報を後から書き込むことが困難なため多目的に使用せず、普及を目指した場合の障害になることが予想される。またアクティブ型は約 10 メートル離れていても受信でき、この距離は慣性航法装置による位置の精度よりもかなり大きいので、位置補正が正確にできない問題があった。この RFID をパッシブ型(電池不要)に置き換えることができれば、安価かつ電池交換が不要で、情報の追記が可能になり、商品としての誘導灯の物流管理や設置後の消防査察情報の書き込みなどの用途にも活用できるため、普及のために効果的と考えられる。しかし、パッシブ型 RFID の懸念点は、アクティブ型 RFID と比較して飛距離が短いことである。飛距離が短いと、消防隊員が誘導灯付近で位置補正を実行しても不成功となり、肝心の機能を果たせない。パッシブ型 RFID の中で最も飛距離を得られる周波数帯は UHF 帯(950~956MHz)といわれているが、日本国内ではまだ利用実績がなく、基礎データがない。そこで、同システムの開発に 2003 年度から参加している筆者は、UHF 帯パッシブ型 RFID に置き換えた場合にも位置補正用として機能するかどうかを検証することにした。

4.1.2 検証実験

想定する使用法は、これまでの開発システムと同様に、RFID を誘導灯側に貼付し、消防隊員側がリーダ・ライターを装備する方式とする。したがって、飛距離の特性測定は、固定した誘導灯に RFID を取り付け、リーダ・ライターの位置を変えながら、データの読み書きが成功もしくは不成功となるエリアを確認するという内容になる。図 12 に、想定する使用形態を示す。

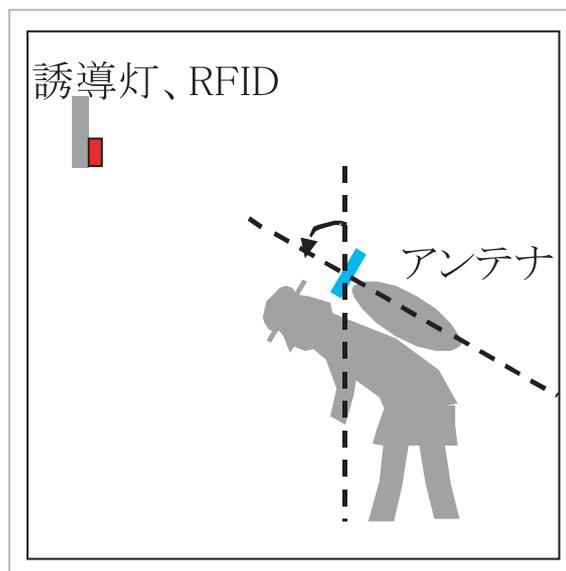


図 12 想定する使用形態

UHF 帯 RFID システムは、2005 年 3 月の時点ではまだ国内での使用が解禁されていなかったため、電波暗室と実験無線局免許を持つ業者に委託して特性測定を行った。図 13 に、電波暗室内の測定風景を示す。リーダ・ライターは高出力型(1W 以下)で、誘導灯及び RFID の位置は床上 2.4 メートル、アンテナの位置は床上 1.5 メートルとし、図 12 に示した使用形態に即した状態にした。この状態で、誘導灯とアンテナ間の距離及び角度を変化させ、RFID の読み書き可能な範囲を測定した。

原点に誘導灯と RFID を固定した場合の、アンテナの位置と読取成功率の関係の一例を図 14 に示す。図の目盛の単位はメートルである。誘導灯の正面付近であれば、約 4 メートルの距離での RFID の読み取りが可能であることが分かった。位置補正のために、誘導灯に 4 メートル未満まで接近することは、現在のアクティブ型

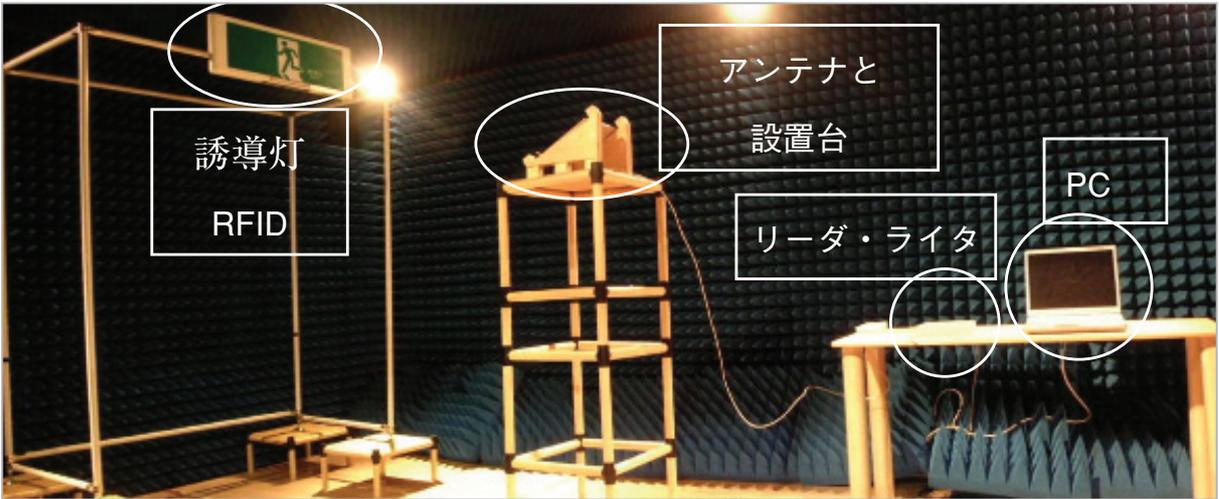


図13 UHF帯パッシブ型RFIDを対象とした特性測定風景

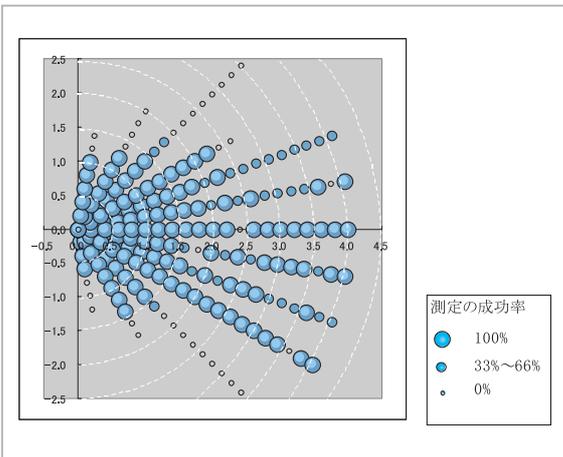


図14 特性測定結果の一例

RFIDにおける使用法と変わらず、したがって、パッシブ型RFIDに置き換えても位置補正には支障がないことが分かった。

4.1.3 考察

本特性測定では、情報通信審議会による一部答申^[15]に盛り込まれた、高出力型(1W以下)のリーダー・ライターを用いた。しかし、サイズ、消費電力、無線局免許条件などを勘案すると、消防隊員が装着するリーダー・ライターとしては、免許不要な低出力型(10mW以下)を用いるのが妥当である。低出力型の場合の書き込み・読み取り性能については今後、技術的条件が定められ、実験機が開発された後に改めて検証する必要がある。本測定結果の詳細は、総務省消防庁の「消防活動が困難な地下空間等における活動支援情報システム」平成16年度開発報告書^[16]に記載されている。

4.2 マルチホップ無線LANを用いた消防無線システム^[17]

4.2.1 概要

現在の消防無線は、用途が音声通話にほぼ限定されているが、多くの情報を伝送できる無線LANを消防無線として応用することができれば、多くの応用が考えられる。これまでは、**3.1**で述べたような、消防本部と災害現場との連絡手段としての長距離無線LANの研究は散見されるものの、災害現場の中、特に地下街など電波の届きにくい空間での無線LANの利用については多くの課題が残されており、緊急かつ安定した運用が求められる消防無線への応用は困難であった。

本節では、マルチホップ無線LAN技術を、災害現場の中で使用する消防無線に応用するための研究開発について述べる。

4.2.2 消防無線への無線LANの応用

無線LANは、従来のVHF帯やUHF帯を使った音声通話システムと比較して、大量のデータを送ることができる。そのため、動画の伝送も可能であり、例えば消防隊員によって撮影される最前線の動画をリアルタイムに地上の現場本部の司令車に送ることができ、消防活動の指揮に大きく寄与できると考えられる。**4.1**で述べた総務省消防庁の「消防活動支援情報システム」においても、消防隊員と現場本部との間あるいは消防隊員間で、隊員の位置や状況を把握するためのデータ通信システムを開発する必要

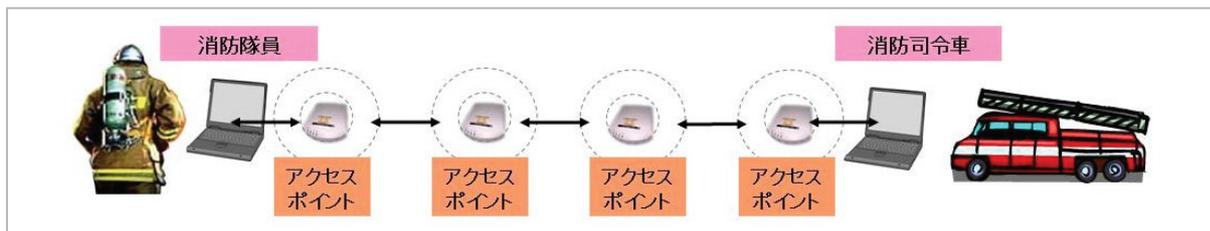


図15 マルチホップ無線 LAN を用いた消防無線の概念図

性が指摘されている[14]。

ただし、火災現場の建物に既設されている無線 LAN アクセスポイントを消防活動時に消防無線として流用することは非現実的である。そのため、消防隊員が消防無線専用のバッテリー駆動のアクセスポイントを臨時に災害現場に持ち込み仮設していく使用法が想定されるが、無線 LAN はアクセスポイントから数十メートル程度の範囲でしか使えないため、大規模あるいは複雑な構造の建物の場合、アクセスポイント間をネットワークケーブルでつなぎながら仮設していく必要がある。しかし、仮設されたネットワークケーブルでは信頼性が低く、消火活動の支障となり、また設置作業が隊員の負担になる。

以上より、無線 LAN を消防無線に応用するためには、(1) アクセスポイントがバッテリー駆動であり、(2) アクセスポイント間のマルチホップ通信を行え、(3) 設置するだけで隣接するアクセスポイントを検出しマルチホップ接続を自動確立できる技術、などが必要と考えられる。図 15 に、マルチホップ無線 LAN を用いた消防無線の概念図を示す。そのような技術を持つ既存システムを調査し、消防現場に適用する可能性を検討した。また、消防隊員が装着する機材はできるだけ軽くする必要があるので、既存の音声通話用トランシーバと無線 LAN システムとを併用することは現実的でない。そこで無線 LAN システム上で音声通話機能を実現する (VoIP) ことを目指した。

4.2.3 マルチホップ無線 LAN による音声通話実験の概要

筆者は、周囲のアクセスポイント等を中継局として動的に経路を発見し (アドホックネットワーク)、リレー式に接続する (マルチホップ) 機能を自律的に実現するミドルウェア “DECENTRA™” に着目した。DECENTRA は、トランスポート

層 (UDP) の上のレイヤに独自のプロトコルを用いており、ネットワーク構成が頻繁に変わる無線アドホックネットワークにおいて問題になる、ネットワークの経路情報の増大を抑えて、端末の負荷を軽減するための独自の工夫がなされているものである。また、通常の IP 網とブリッジさせることもできるため、最前線からマルチホップ無線 LAN によって現地本部まで送られてきたデータを、さらに IP 網で遠隔地の消防本部まで伝送することもできる。

図 16 に、実験に使用した無線 LAN アクセスポイントを示す。周波数は 2.4GHz の ISM 帯を用い、IEEE802.11b 規格の無線 LAN を用いた。このアクセスポイントに DECENTRA が搭載されている。また、このアクセスポイントを複数設置したイメージを図 17 に示す。消防隊員が災害現場に突入し、消火や救助に向かう途上で、図 17 のようにアクセスポイントを設置していく使用法になる。ただし、2.4GHz 無線 LAN の電波の到達範囲を勘案すると、実際には図 17 に示すよりも間隔を拡げてアクセスポイントを設置



図16 実験に使用した無線 LAN アクセスポイント(外付けの充電式電池により稼動)



図17 アクセスポイントの設置イメージ

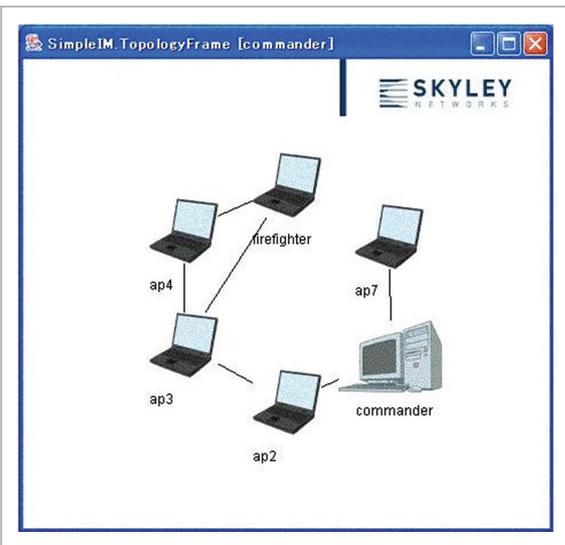


図18 経路のトポロジーを表示した画面

することができる。

消防本部用と消防隊員用を想定した端末として、無線 LAN カードと DECENTRA が搭載されたノートパソコンを使用した。消防本部から隊員までの経路のトポロジーを表示させた画面を図 18 に示す。この画面では、消防本部 (commander) と隊員 (firefighter) との間は、ap2 と ap3 の二つのアクセスポイントを経由して、マルチホップ

接続されていることが示されている。この接続状態は、電波の状態により動的に変化する。

この端末に音声通話機能を搭載した。音声通話ソフトウェアとして、オープンソースである OpenH323^[18] のライブラリにある OpenPhone を採用した。OpenPhone の画面を図 19 に示す。双方向同時通話が可能で、最下段の赤棒は左側が出力レベル、右側が入力レベルを表す。

4.2.4 実験結果と考察

消防本部用のパソコンの OS として WindowsXP、隊員用のパソコンの OS として Windows98 を用いた。両者間の音声通話を試みたら、2 ホップ (消防本部～アクセスポイント～隊員) までは支障なく通話できたが、それ以上のホップ数になると音声伝送の遅れや接続の不安定さが顕著になることが分かった。この問題は、IEEE802.11b の規格による通信レートの制約 (最大 11Mbps) や、端末のハードウェア性能 (特に隊員側) などに起因するものと考えられる。そのほかに、アクセスポイントの起動に時間がかかる問題 (約 2 分) が明らかになった。これらの問題を解決する方策として、より高速な IEEE802.11g 規格の無線 LAN の採用や、ハードウェア性能の向上が考えられる。

4.3 レスキュー用小型センサーネットワークサーバの開発

4.3.1 概要

2002 年度に NICT を含む 32 機関が参加して始まった、文部科学省の研究開発プロジェクト「大都市大震災軽減化特別プロジェクト・レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発」(以下、大大特プロ) では、被災地内に分散した多数のインテリジェントセンサー、ネットワーク家電、携帯端末、ロボット等の情報を、動的にアドホックネットワークを形成しながら統合し、被災地状況の推定、情報収集のための行動計画等に資する技術を研究開発している。本節では、大大特プロにおける共通プラットフォームとなる小型センサーネットワークサーバ「レスキューコミュニケーター」について述べる。

4.3.2 レスキューコミュニケーターの機能

レスキューコミュニケーターは、大大特プロの中の「広域情報収集のための社会インフラストラ



図19 音声通話ソフトウェア画面



図20 レスキューコミュニケーター

表7 レスキューコミュニケーターの諸元

CPU	SH7751R
OS	CE_Linux1.0
SDRAM	32MB
FLASH ROM	8MB
カードスロット	コンパクトフラッシュカード 3 枚搭載可
集音機能	録音・再生(マイク/スピーカ内蔵)
シリアルポート	RS232C Dsub × 1, 赤外線専用コネクタ
パラレルポート	入力 4 ビット、出力 4 ビット
筐体外形寸法	87.5(D) × 142.5/92.0(W) × 79.0(H)
電源	単 3 × 5 本または AC アダプタ

クチャタスクフォース」が 2004 年度に共同開発した。同タスクフォースには、NICT のほか、独立行政法人理化学研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、三菱電機株式会社、NPO 国際レスキューシステム研究機構などが参加している。本機は小型軽量・長寿命の Linux サーバを核とし、がれき内被災者探索用の音声呼びかけ・集音機能、無線 LAN によるアドホックネットワーク形成機能、赤外線通信機能などを内蔵させ、家庭用ロボットや情報家電のコントロール機能を持たせることができる。図 20 に本機の概観を示し、表 7 に本機の諸元を示す。本機は、救助隊の持つ携帯端末や上空を飛行する飛行船等との相互通信やコントロール機能を搭載する総合的なインフラデバイスへと発展させられる性能を持っている。図 21 に、被災地における本機の

使用イメージを示す。本機は普段から環境に多数存在しているという前提で、災害時にがれき内に閉じ込められた被災者の声を本機によって集音し、被災地に散在する本機同士がアドホックネットワークを形成して、上空を通過する救援用飛行船に音声を送り届けるイメージである。

4.3.3 課題

2005 年度には、アドホック通信及びマルチホップ通信の機能を本機に搭載し、センサーネットワークを形成する技術の確立を目指す。そのためのプラットフォームとして、独立行政法人産業技術総合研究所が開発している、ユビキタスコンピューティング環境を構築するためのソフトウェア/ハードウェア部品体系「UBKit」(Ubiquity Building toolKit)か、もしくは 4.2 で述べた DECENTRA の搭載を検討している。

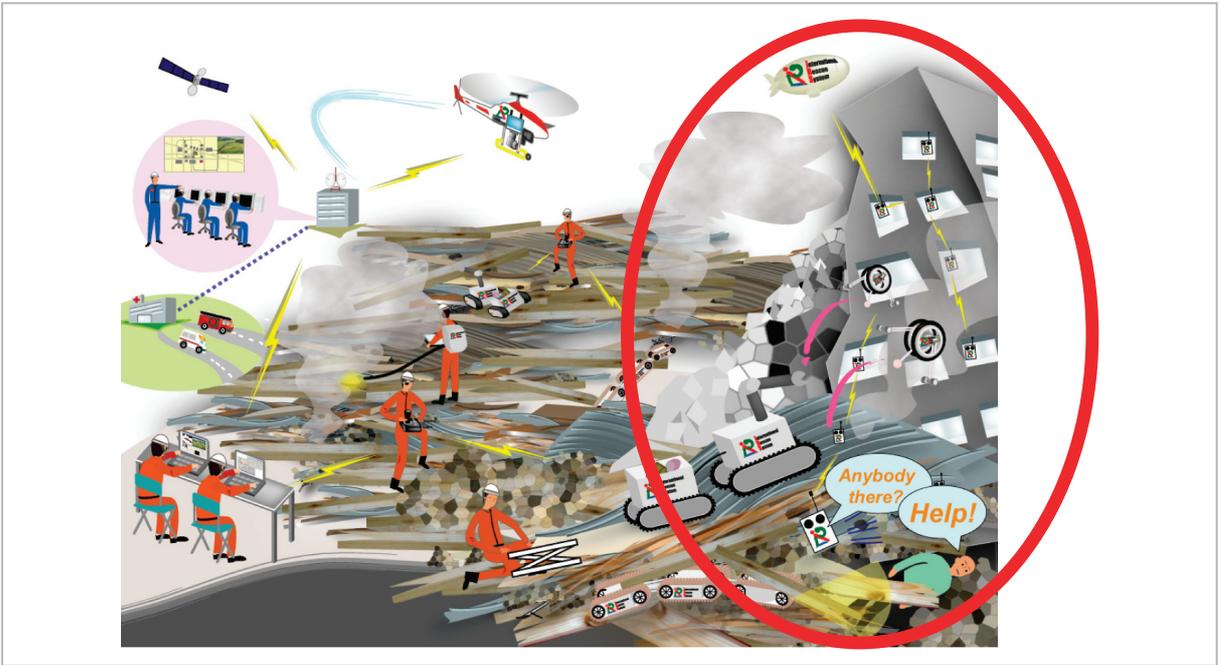


図21 被災地におけるレスキューコミュニケーターの利用イメージ(赤丸部分)
(図提供：国際レスキューシステム研究機構)

5 むすび

災害時における情報流通の問題は、単に通信手段の障害というハード面だけでなく、情報が錯そうすることによる混乱や情報の信ぴょう性の問題というソフト面あるいは運用面の課題も解決しなければならない。本論文では、ハード面の障害に対する手立てに限定した検討を行ったが、真の防災・減災を実現するためには、それだけでは不十分である。**2.1**において述べたように、防災・減災は実空間を適用対象とする以上、社会心理学や人間行動学の知見までを取り込んで研究開発に取り組む必要がある。

情報通信技術を用いた防災・減災システムは、防災・減災だけに注力して設計された「その場をしのぐための情報通信システム」が多い。もちろんそのようなシステムにも十分に存在価値はあるが、防災・減災を専門に扱う立場からではなく、情報通信技術の立場から見た統一的なシステム設計をすることが重要である。それは、セキュリティと防災、あるいは環境と防災という、平常時から火災などの小規模災害時、そして大規模災害時までをシームレスに扱う姿勢で設計することを意味する。そして、そのような情報

通信システムが災害時に本当に役に立つのか、実空間において厳しい目で評価される必要がある。

謝辞

3.1の長距離無線 LAN ネットワーク構築実験では、稚内北星学園大学及び独立行政法人消防研究所にお世話になった。**3.2**の 60MHz デジタル同報防災行政無線による IP 通信実験では、公開実験を主催した近畿総合通信局及びイーサネット—RS485 変換アダプターを製作した沖電気工業株式会社にお世話になった。**3.3**の音声トランシーバを用いた簡易データ通信実験では、IAA 無線部にお世話になった。**4.1**の消防活動支援情報システムにおける RFID の特性測定に関しては、総務省消防庁特殊災害室及び財団法人日本消防設備安全センターのお世話になった。**4.2**のマルチホップ無線 LAN を用いた消防無線システムの開発に関しては、株式会社スカイリーネットワークスのお世話になった。**4.3**のレスキュー用センサーネットワークサーバの開発に関しては、大大特プロの関係者のお世話になった。ここに感謝する。

参考文献

- 1 岸本亨, “環境分野×コビキタス≒防災分野×コビキタス”, 電子情報通信学会 コビキタス社会とライフスタイル研究専門委員会 (UBLS) 第2回ワークショップ, 2005.
- 2 田村裕之, 細川直史, 遠藤真, 座間信作, 志賀崇, 村田俊哉, “無線 LAN と PHS を用いた防災無線ネットワークの美大実験”, 地域安全学会論文集, No.4, pp.201-206, 2002.
- 3 海保人士, “大規模災害時における被災者への情報支援の試み”, 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 1999年度修士論文, 2000.
- 4 滝澤修, 金山典世, “稚内地域実験研究ネットワークプロジェクトの経過と成果”, 情報通信研究機構季報, Vol.50, Nos.1/2, pp.179-199, 2004.
- 5 北陸総合通信局, “汎用 IP 無線通信システムに関する研究会 報告書(骨子)”, <http://www.hokuriku-bt.go.jp/press/2003/image/040309-1.pdf>, 2004.
- 6 四国総合通信局, “災害情報サポートシステムに関する調査研究会 報告書(概要)”, http://www.shikoku-bt.go.jp/press/2004press/200403/2004030201_1.html, 2004.
- 7 中国総合通信局, “デジタル防災行政無線の広域的活用に関する調査研究会 報告書”, http://www.cbt.go.jp/kenkyuu/kenkyuu08_03_00.pdf, 2003.
- 8 近畿総合通信局, “被災情報収集システム等の実験の公開と防災講演会について”, <http://www.ktab.go.jp/new/17/0120-1.pdf>, 2005.
- 9 滝澤修, 斎藤義信, 大野浩之, “被災者支援安否情報登録検索システムにおける無線を介した登録機能の検討”, 日本ソフトウェア科学会第4回インターネットテクノロジーワークショップ(WIT2001), WIT2001-SP-1, 2001.
- 10 ネクサス, “ソフトウェア DTMF コントローラ 1.1c”, <http://www.vector.co.jp/soft/win95/net/se123346.html>.
- 11 塚本英雄, “乱数表作成ソフト RANer Ver 0.75”, <http://www.vector.co.jp/soft/win95/util/se112992.html>.
- 12 滝澤修, 柴山明寛, 細川直史, 久田嘉章, “RFID を用いた被災情報収集支援システムの研究”, 情報通信研究機構季報, Vol.51, Nos.1/2, 2005.
- 13 行田弘一, “非常時に利用可能なアドホックネットワーク技術の現状と動向”, 情報通信研究機構季報, Vol.51, Nos.1/2, 2005.
- 14 総務省消防庁, “消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システム 平成 15 年度開発報告書”, http://www.fdma.go.jp/html/new/pdf/040521_hokoku.pdf, 2004.
- 15 総務省, “高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件(情報通信審議会からの一部答申)”, http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/041215_1.html, 2004.
- 16 総務省消防庁, “消防活動が困難な地下空間等における活動支援情報システム, 平成 16 年度開発報告書”, 2005.
- 17 滝澤修, “マルチホップ無線 LAN を用いた次世代消防無線システムの検討”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 1B3-2, 2003.
- 18 OpenH323 Project, <http://www.openh323.org/>.



滝澤 修

情報通信部門セキュリティ高度化グループ主任研究員 博士(工学)
コンテンツセキュリティ、非常時防災通信