

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

滝澤 修*, 斎藤義信&, 大野浩之*

(*) 独立行政法人通信総合研究所 非常時通信グループ

(&) 独立行政法人通信総合研究所 稚内電波観測所

(&: 現在、企画部研究連携室科学技術情報グループ)

1. はじめに

自然災害などの非常時に既存の通信インフラが局所的にダウンした場合の代替手段としては、無線通信がほぼ唯一の現実的手段である。通信総合研究所(以下「CRL」)の非常時通信グループ(以下「非常時G」)は、被災者支援安否情報登録検索システム「IAAシステム」において、通信回線が不通になった場合の情報登録手段として、無線を用いる試みを行っている。本稿では、その試みについて述べる。

2. 被災者支援安否情報登録検索システムについて

CRL 非常時Gは、WIDEプロジェクト・ライフラインワーキンググループと共同で、インターネットによる被災者支援安否情報登録検索システム「IAA(I am alive)システム」を開発している[1][2]。IAAシステムは、広域疎結合分散データベースシステムで、被災地にいる被災者が自ら安否情報を登録し、主として被災地外の人が安否を検索するという利用形態を想定している。そうすることで災害時の、特に被災地外から内への呼の急増による電話回線の輻輳を緩和することを目指している。図1に、IAAシステムの全体像を示す。IAAシステムの安否情報登録のインタフェースとしては、Web、i-mode、FAX(テンプレートに記入した手書き文字の自動認識および視認による修正機能)、電話のDTMF符号、などが実装されており、その他に電話音声の自動認識による登録の可能性についても現在検討している[3]。

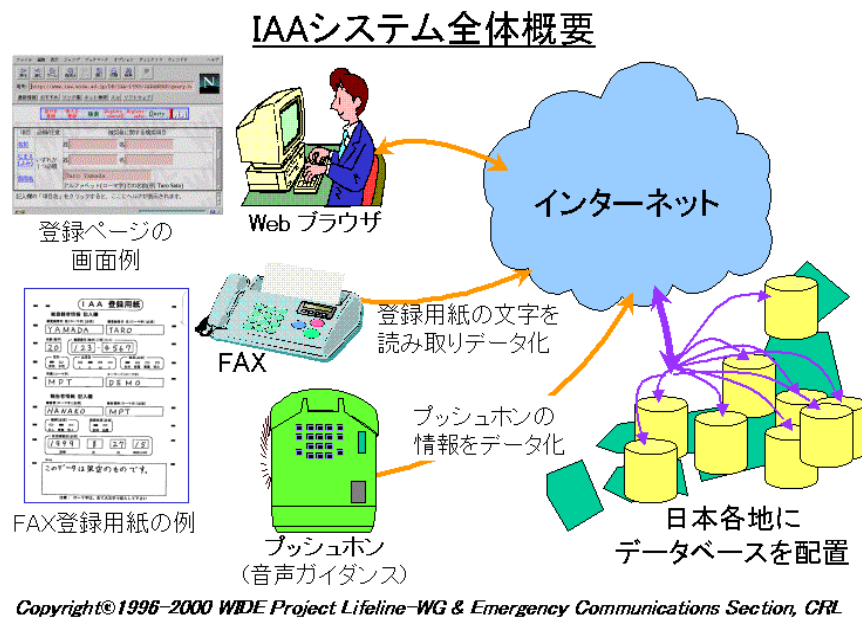


図1 IAAシステムの全体像

IAA システムはトライアル版が常時試用可能である[4]が、毎年、阪神淡路大震災の発生日である 1 月 17 日と、防災の日である 9 月 1 日には、同システムを用いた防災訓練として、一般人による安否情報登録検索の練習や、IAA システム運用者による各種分析が実施されている。

3. 無線を用いた安否情報登録手段の位置づけ

自然災害等によって既存の通信インフラが局所的にダウンした場合、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出来る無線は有効である。通信技術が発達した現在は、有線回線が寸断されて直には現状復帰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・設置するなどの本格的代替手段を講じることにより、事実上の回線復旧が比較的早く実現可能になっている。また、平常時は安全な場所に備蓄してある 2.4GHz 無線 LAN システムを、災害発生時に被災地に運搬・設置し、生活情報を被災地外に置いたサーバまで伝送・登録して情報交換に供する“AIL システム”も提案されている[5]。一方、防災行政無線システムも、非常時に備えた常設的な無線回線として、全国の市町村で導入が進められている。

無線を用いた非常時通信システムとしては、これらの半常設的な手段の他に、災害発生直後から、これらの本格的な代替システムが運用を始められるまでの「つなぎ期間」の応急的な代替手段あるいは補完的手段に位置づけられるものがある。無線をつなぎ期間の代替手段として適用する際に重視すべきことは、より多くの市中の既存の無線端末を非常時に速やかに転用できる方策を講じることと筆者らは考えている。市中に広く普及している無線端末は、無線電話装置(音声トランシーバ)である。そこで筆者らは、IAA システムへの安否情報の登録をタスクとし、つなぎ期間における代替手段を想定して無線電話装置を用いることを考えた。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、せいぜい半径 20km 程度と考えられる。従って、被災地から既存の通信インフラが生き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当面の目標に設定する。

4. アマチュア無線機による安否情報登録

アマチュア無線は昔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余裕で実現できる。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。従って被災地の近傍に IAA システムを運搬しなくても、被災地内から電話網が生きている地域まで無線で情報を運び出せさえすれば、基地局側の無線機を電話網に接続することで、遠隔地にある IAA システムへの情報登録が可能になる。つまり無線リンクを電話線の延長として位置づけることになる。

アマチュア無線では、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 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非常時に速やかに転用する目的には適していない。そこで、音声トランシーバによって DTMF 符号を送る方法を用いることにした。図2に、音声トランシーバを用いて DTMF 符号により IAA システムに情報を登録する概念図を示す。2節で述べた通り、IAA システムはもともと、テレホンサービスのガイダンスに従って、DTMF 符号によって電話端末から情報を登録する機能を有している。図3に、DTMF 符号による安否情報登録手順を示す。この方法だと、現在の IAA システムの電話インタフェースをそのまま流用することができる。非常時に使うシステムはシンプルな構成であることが望ましく、そのためにはサーバ側で用意すべきインタフェースは少ないほうが良いため、インタフェースを流用できることは重要なポイントである。最近では DTMF 符号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、本体にテンキーを標準装備しているものも多い。DTMF 符号送出のための操作法は慣れれば簡単であり、アマチュア無線家が事前に訓練を受けておくことを想定できる。

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、IAA システムのテレホンサービスヘダイアルし、あとは電話による登録と同じく音声ガイダンスに従って DTMF 符号を使って登録していくことになる。

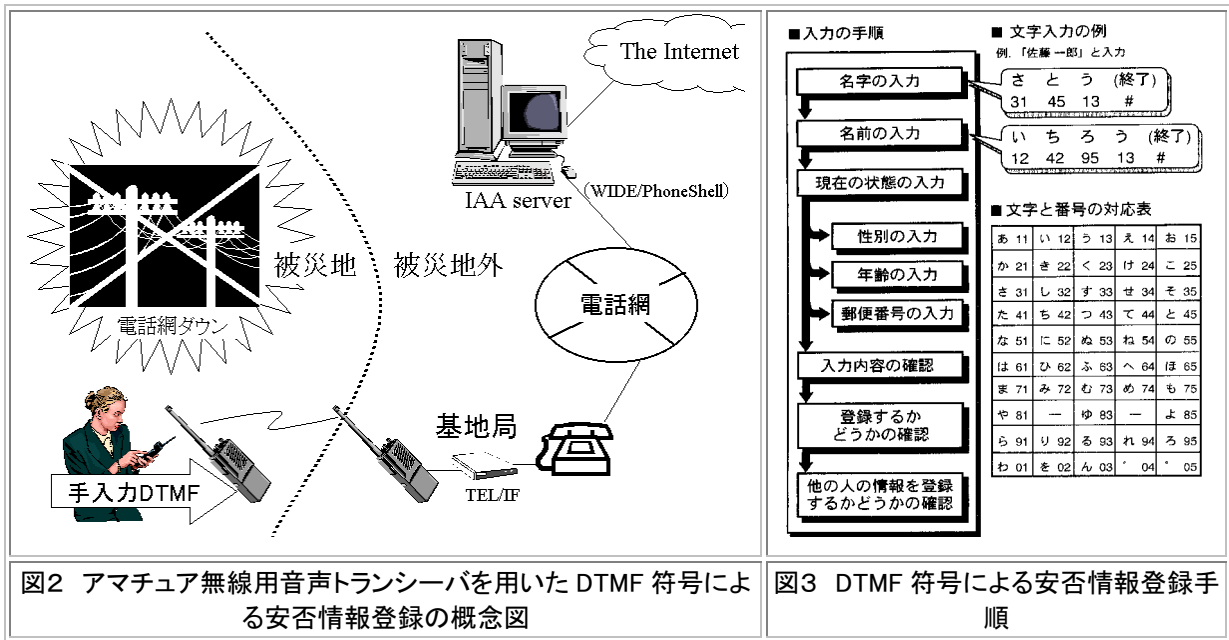


図2 アマチュア無線用音声トランシーバを用いた DTMF 符号による安否情報登録の概念図

図3 DTMF 符号による安否情報登録手順

アマチュア無線機は、20km 程度であれば音声通話を支障無く実現できることは明らかだが、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)および「IAA 関西無線部」(JR3ZVA)の協力により、本方式による情報登録実験を行った。図4に実験システムの外観を示す。異なる周波数帯を2つ同時に用いれば(例えばアマチュア無線に割り当てられている144MHz帯と430MHz帯)、電話と同じ全二重による通信も可能だが、そのためには両周波数帯を同時に送受信できるデュアルバンド無線機が必要になる。これはまだ広く普及はしておらず、また占有する回線をできるだけ少なくすべき非常時にはそぐわない方法である。また IAA システムの電話登録機能は音声ガイダンスに従ってキャッチボール式に入力する方式なので、半二重で事足りる。そこで半二重通信方式で実験した。



図4 アマチュア無線機による安否情報登録実験システムの外観
被災地移動局用ハンディ無線機(左)と、基地局無線機(右上)およびテレホンインタフェース(右下)

実験では周波数帯および変調方式として 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 CRL 本所(東京都小金井市)に置き、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ベランダ)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。予備実験の結果、DTMF 符号によって電話回線の発呼ができることまでは確認できた。この結果を踏まえ、今後、IAA システムへの情報登録ができることを確認した上で、3 節において当面の目標とした 20km 伝送の実験を行う予定である。なお、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または手操作による DTMF 符号に限定されているため、今回は手操作による DTMF 符号による登録実験を行った。しかし、より効率的な情報登録を実現するためには、機械的な送出手も検討すべきであり、そのための法的な制約の問題について検討する必要がある。

5. 特定小電力無線電話による安否情報登録

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、利用目的に制限が無い。特小の無線電話として 420~440MHz 帯が割り当てられており、工事現場での作業連絡やファーストフード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。またレピータによる中継(1 段のみ)が認められている。

電波法第 52 条(下掲)の規定により、アマチュア局など免許を受けて運用される無線局は、非常通信に際しては無線局免許の範囲を超えた運用が認められているが、非常通信は一般に人命の救助などの緊急性の高い通信が想定されており、安否情報の登録が非常通信とみなせるかどうかは微妙という懸念がある。それに対して特小の場合は、通信の目的や通信事項に関して厳しい枠がはめられていないため、このような懸念が少ないメリットがある。

電波法第五十二条(目的外使用の禁止等)

無線局は、免許状に記載された目的又は通信の相手方若しくは通信事項(放送をする無線局については放送事項)の範囲を超えて運用してはならない。ただし、次に掲げる通信については、この限りでない。

(一~三 略)

四 非常通信(地震、台風、洪水、津波、雪害、火災、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合において、有線通信を利用することができないか又はこれを利用することが著しく困難であるときに人命の救助、災害の救援、交通通信の確保又は秩序の維持のために行われる無線通信をいう。以下同じ。)

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、IAA システムへの情報登録に応用するならばデータ通信規格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である。従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登録を想定する。但し 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 5 に、特小無線電話による安否情報登録の概念図を示す。特小無線電話ではフォーンパッチが現在のところ認められていないため、図 5 に示す通り、基地局の無線機を IAA システム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。

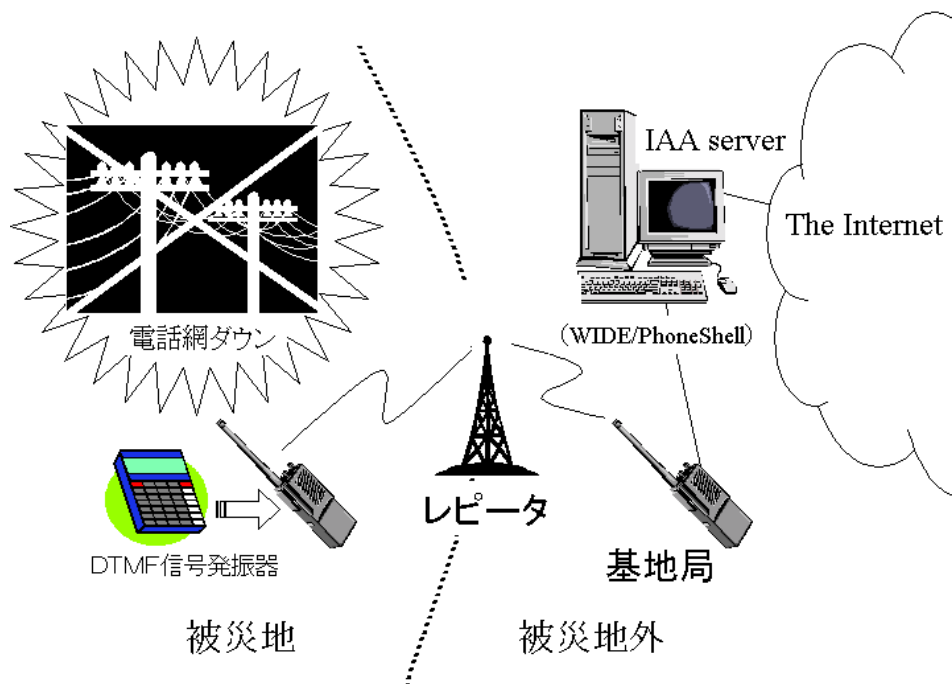


図5 特小無線電話による安否情報登録の概念図

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 1 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。

CRL 本所(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。設置したレピータおよび鉄塔を図6,7に示す。



図6 鉄塔上に設置したレピータ(2基)



図7 レピータを設置した鉄塔
(地上高 60mH)

アクセス実験の結果を表1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スに成功した。特小無線電話の伝送距離は市街地では概ね 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5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ようになるだけでなく、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、通話ができることになる。

表1 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

以上の実験結果より、3節において当面の目標とした 20km の伝送は実現できそうであることがわかった。

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。即ち、伝送距離は往復で $6.8\text{km} \times 2 = 13.6\text{km}$ 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[6]を使用した。実験に用いた DTMF 符号列は、5 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」[7]を用いた。実験に用いた DTMF 符号列を以下に示す。

#####10470#83532#54546#9355941799796910464566#752104#0

冒頭に 5 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、さまざま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2に示す。また、実験の模様を図8に示す。実験では、DTMF の一符号の長さおよび符号間のブランク長の組み合わせを色々変え、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み合わせの場合にどの程度の認識誤りがあるかについては、そのつどの電波状態に強く依存しているらしく、一概に言えないが、一符号の長さが概ね 200ms 程度以上無いと良好な結果が得られない傾向が読み取れる。但し、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 2 において一符号長 200ms/ブランク長 50ms の組み合わ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 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的ではないことがわかった。

表2 DTMF 符号の認識実験結果

一符号の長さ(ms)	符号間の空白の長さ(ms)	認識結果
80	20	147835325454693594197969146456675214 1#78332556935594999691046456675214# 1#####10470#83532#54546#935594179979691464566#75210401 ##1470#83532#5454693594179979691464566#75214
100	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#935594179979691046456666#7552104##00 A1#####*1047#8353254546#9355941799796910464566#752104#011
	100	##1477#83532#541546935594179979691464566#75214#



図8 特小無線電話による DTMF 符号認識実験の様相

6. 考察

これまでの IAA システムは、多様なインタフェースの開発や、データベースの分散同期法の研究などはなされていたが、通信インフラそのものがダウンした被災地からの情報登録方法については、十分には検討されていなかった。本稿で試みた方法は、既存の IAA システムにほとんど手を加えることなく容易に実現できる。もっとスマートな方法もあると思われるが、まずは第一歩の試みとして妥当ではないかと考える。

今後の課題としては、まず特小の場合に DTMF 符号の認識性能が十分ではない問題の解決が挙げられる。DTMF コントローラ(発振/認識)や無線機の受信感度などを調整することにより、表2の実験結果よりは多少

の改善が望めるものと思われるが、抜本的に信頼性を高めるためには、誤り訂正機能を持った符号体系を用いる必要があると思われる。

次に、災害に対する耐久性について考察する。本研究において、特小は、高所にレピータを設置する想定になっている。特小レピータは電灯線でなくバッテリーでも動作し、また太陽電池による運用も試みられており、災害に強い。但し、防災行政無線のように、予めレピータが設置されているものと想定するのか、あるいは AIL システム[5]のように、災害時に出動して機器を設置するものと想定するのか、利用モデルをよく検討する必要がある。レピータを設置するのであれば、DTMF 符号よりも高度かつ高速な情報のやりとりを可能にする無線データ通信回線のベースステーションを設置すればよいという考え方もできる。しかし現時点では、今回のように十数 km の距離を 1 ホップで接続できる無線ネットワークは国内では実験局以外ではまだ許可されておらず、免許不要で省電力な特小によって DTMF 符号を伝送するという簡便性・長距離伝送性がアドバンテージを持つ場面は、特に災害時にあるものと思われる。

最後に、無線通信の場合に問題となるセキュリティについて考察する。IAA システムは、検索条件により不特定の検索結果を一覧表示するような機能を設けていないなど、プライバシーに配慮した設計になっている。ところが電波法第五十八条(実験無線局等の通信)では、「実験無線局及びアマチュア無線局の行う通信には、暗語を使用してはならない。」とされており、アマチュア無線機を使った安否情報登録に際して伝送路において暗号化できない問題がある。それに対して特小ではこのような制約は無い。この問題について、更に検討する必要がある。

7. まとめ

本稿では、無線回線を用いた IAA システムへの安否情報登録手法について述べた。今年 4 月に、防災行政用デジタル同報無線システムの導入に関する無線設備規則等の関係省令の一部改正が公布・施行された。その結果、これまで全国の市町村に整備されてきたアナログ方式の防災行政用同報無線システムに加えて、双方向通信、データ通信、複数チャンネル化を可能にするデジタル同報無線システムの普及が新たに始まることになる。無線を使った安否情報の登録については、本稿で検討したつなぎ期間の代替手段だけでなく、防災行政用デジタル同報無線システムとの連携を視野に入れた取組みもしていきたいと考えている。また、災害の復旧が徐々に行われていく中で、アマチュア無線、特小、無線データ通信、有線ネットワークを安否情報登録にどのように利用できるかについて、それぞれの使用場面の想定などを更に検討する必要がある。

謝辞

AIL システムについては、海保人士氏(現在、NTT PC コミュニケーションズ)から資料をご提供いただきました。アマチュア無線帯での実験に際しては、IAA 無線部(JO1ZVH)および IAA 関西無線部(JR3ZVA)のご協力を得ました。特小での実験に際しては、東京工科大学研修生の手塚杏奈氏および CRL 非常時 G 各位のご協力を得ました。それぞれ感謝いたします。

参考文献

- [1] 井澤志充,木本雅彦,多田信彦,大野浩之,篠田陽一,“IAA システムの現状とその課題”, [インターネットコンファレンス 2000](#), 2000 年 11 月.
- [2] 大野浩之,新美誠,三輪信介,新 麗,海老名毅,“非常時通信システムの現状と今後の展開”, 情報処理学会 分散システム/インターネット運用技術研究会, 2001 年 10 月.
- [3] 松本文子,海老名毅,滝澤修,清川清,大野浩之,“IAA システムにおける音声認識の有効性の検討”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, D15-14, 2001 年 9 月.
- [4] WIDE プロジェクト・ライフラインワーキンググループ, “IAA システムトライアル版”, <http://www.iaa.wide.ad.jp/index-j.html>.
- [5] 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 年.
- [6] ネクスス, “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>.
- [7] 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>.

関連 URL

- CRL 非常時 G: <http://www.crl.go.jp/jt/a114/>
- CRL-IAA システム: <http://www.crl-iaa.net/>