

## 災害対策用可搬型無線通信システムの開発

(株)四国総合研究所 電子技術部 阿部 素久  
(株)四国総合研究所 電子技術部 松木 一隆  
(株)四国総合研究所 電子技術部 西村 浩一

キーワード : 大規模災害  
臨時通信回線  
無線 LAN  
4.9GHz 帯  
独立電源

Key Words : large-scale disaster  
Emergency communication line  
Wireless LAN  
4.9 GHz band  
Independent power source

### Development of Portable Wireless Communication System for Disaster Response

Shikoku Research Institute, Inc., Electronics Technology Dept.  
Motohisa Abe, Kazutaka Matsugi and Koichi Nishimura

#### Abstract

We have studied a portable wireless communication system in order to build temporary radio communication lines easily and quickly if regular communication lines were damaged by large-scale disasters. It is very important to recover any communication methods between the emergency response headquarters and the disaster affected areas as soon as possible.

At first, we have defined these three system requirements. (1) over-the-horizon and long-distance wireless communication, (2) quick and simple installation and (3) independent power source that has features of easy handling and long time duration, based on deliberate studies about various limitation conditions such as the usage scenes and the use environment of the system.

Secondly, we have designed the system architecture to satisfy these three system requirements and have developed a prototype system. We have successfully realized stable long distance transmission by adopting 4.9GHz band wireless LAN as a wireless communication system, and communication outside prospect by wireless relay function.

In addition, we have improved environmental durability and field workability by putting the whole modules in a waterproofed and dust-proofed plastic box. The system is designed that can be operated by individual electric power source using the LP gas generator. The LP gas generator has some good features for emergency usage, for example easy fuel handling and long time continuous operability.

We have performed a field test using the prototype and confirmed that system is enough practicable in the use scene that we assumed at the beginning.

Furthermore, we have improved the system's integrity based on evaluation results by the field engineers in charge of real field operation.

## 1. はじめに

暮らしや産業に欠かせない電力の安定供給を使命とする電力会社は、大規模災害等で電力設備が被災して停電が発生した場合に、速やかに被災状況を把握し、必要かつ可能な部分から設備復旧を行い、早期に停電解消を図る必要がある。

こうした電力設備等の被災状況を調査し復旧作業を的確に実施するには、被災現場と災害対策本部を結ぶ通信回線の確保が不可欠となる。

本研究の目的は、大規模災害等のような不測の非常事態でも迅速かつ簡便に臨時回線を構成できる災害対策用可搬型無線通信システム（以降、「災害用無線システム」という）を開発することである。（図1）

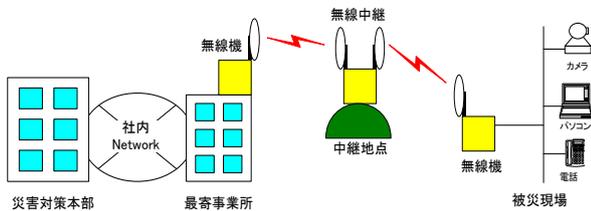


図1 災害用無線システムの利用イメージ

本研究では、まず、大規模災害時の利用シーンや使用環境などの制約条件を検討・抽出するとともに、現場技術者にアンケート調査を行い、災害用無線システムに必要な要件を設定した。

次に、これらの要件を満足させるために、4.9GHz帯無線LAN技術等を用いて映像・音声・データなど様々な情報を容易に伝送できる災害用無線システムを設計し、プロトタイプ機を開発した。

そして、プロトタイプ機を用いた各種フィールド試験を行って評価した結果、当初想定したような利用シーンに十分適用可能であるとの結論を得た。

さらに、プロトタイプ機に対する現場技術者の評価意見を参考にさらに改良を加えるなどしてシステムの完成度を高めた結果、実用化の目途が得られた。

本稿では、災害用無線システムの開発について報告する。

## 2. システム要件の検討

災害用無線システムの要件について検討した。

### 2.1 被災状況の想定

四国地方をはじめ西日本で広域な被害を及ぼすと考えられる南海トラフ巨大地震の発生リスクが高まっている。万一発生すれば、地震動そのものによる被害のほか、巨大津波による甚大な被害が広範囲に発生すると考えられている。

本研究では、大規模災害時の被災状況を東日本大震災を参考に、電力、通信、交通、物資、要員、環境の各項目に分けて想定した。（表1）

表1 被災状況の想定

項目	被災状況
電力	長時間停電が発生し、商用電源は使えない。
通信	広範囲に自営通信網が被災し通信不能になる。また、通信事業者の通信サービス（公衆通信網）も長期間使用できない。
交通	各地で道路が寸断され、車での移動が困難、または長時間を要することとなる。
物資	交通網の混乱により、物資の補給が滞る。
要員	少人数での対応（1個所2～3人程度）を余儀なくされる。また、熟練者以外で対応しなければいけないケースも発生する。
環境	粉塵や臭いなど劣悪な環境となる。

表1のように大規模災害時では、既存通信回線（自営通信網や公衆通信網など）が被災して使えなくなったり、停電により通信機器の利用が困難となることが想定される。

また、道路等の交通施設が被害を受けて通行止めとなり、機材の運搬ができなくなったり、応援要員を派遣することが容易にできず過酷な現場の作業を少人数で対応せざるを得なくなることも想定される。

災害用無線システムにはこうした制約条件への対応が求められる。

### 2.2 利用シーンの想定

2.1で想定した被災状況を前提に、次のような4つの利用シーンを想定した。

#### ① 設備の被災状況調査時の連絡

大規模災害発生直後に被災現場に入り、その被災状況を災害対策本部に、映像や音声を使ってリアルタイムに連絡する。

② 復旧作業に必要な臨時連絡回線

被災現場と災害対策本部の間で、復旧作業に必要な情報（映像や音声等）を伝送し情報共有する。

③ 被災現場および周辺の監視

被災現場やその周辺の状況あるいは危険箇所（地すべり、土砂ダム等）を映像で遠隔監視する。

④ 被災現場のテレコン回線仮復旧

被災した電力設備の遠方監視制御（テレコン）回線を仮復旧させる。

2.3 災害用無線システムに対する要望

実務経験等から培った豊富な知識やノウハウを災害用通信システムの開発に活かすため、現場技術者を対象にアンケート調査を実施して、次のような項目に対する要望等を収集した。

- ①機材の運搬／設置／組立て
- ②システムの操作性
- ③無線伝送距離／無線伝送容量
- ④無線通信の安定性
- ⑤システムの耐久性、耐環境性
- ⑥必要な周辺機器（カメラ、パソコンなど）
- ⑦その他（システムへの要望）

得られた回答内容を分析して文意を代表的な表現に集約・整理した結果が図2である。

「小型・軽量化」「耐環境性」と操作性に関する「簡単操作」「簡単組立て」の4項目で全体の60%を占めており、これらの性能が強く求められることが分かった。

また、停電時や屋外でも利用できるように「簡易電源」への要望があったほか、通信性能に関しては「見通し外通信」や「通信安定性」の要望が複数あった。

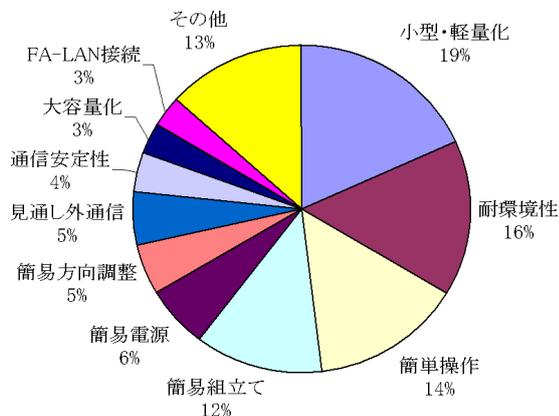


図2 災害用無線システムに対する要望

2.4 システム要件

被災状況や利用シーンの想定、災害用無線システムに対する要望を踏まえ、システム要件として下記の3項目を設定した。

- ① 安定した長距離無線伝送が可能で、見通し外でも通信ができること
- ② 迅速かつ簡単に組立て・調整ができること
- ③ 取扱いが容易な独立電源を利用できること

3. システム設計とプロトタイプ機の開発

3.1 システム要件への対応

災害時に使用する通信システムの製品化動向や無線技術の調査等をもとに検討を行い、表2のようにシステム要件への対応を図ることとした。

安定した長距離無線伝送に関しては、4.9GHz帯無線LANを採用する。これは、電波環境などから安定した長距離伝送が期待できると考えたためである。

見通し外通信に関しては、無線中継機能を装備することで可能にする。

組立て・調整の簡単化に関しては、システムのパッケージ化や位置情報を活用したアンテナ調整方法等の工夫で実現する。

また、取扱いが容易な独立電源には、LP ガスを燃料とする可搬型発電機を採用する。

表2 システム要件への対応策

システム要件	対応策
安定した長距離無線伝送	・4.9GHz帯無線LAN
見通し外通信	・無線中継機能
組立て・調整の簡単化	・システムのパッケージ化 ・小型のパッチアンテナ ・位置情報を活用したアンテナ調整 ・ネットワークカメラ、パソコン等の無線接続、電話機コードレス化
取扱いが容易な独立電源	・可搬型発電機

3.2 システム構成

今回開発する災害用無線システムは、図3に示すように、被災現場と最寄事業所との間に適用し、

さらに、最寄事業所と災害対策本部との間は既存ネットワークを活用して通信回線を構成する。

また、被災現場で使用する主なアプリケーションは、音声通話、映像およびデータ通信であり、標準装備する通信端末は電話、ネットワークカメラおよびパソコンである。なお、最寄事業所側で既設ネットワークと接続するためのポートを災害用無線システムに用意している。

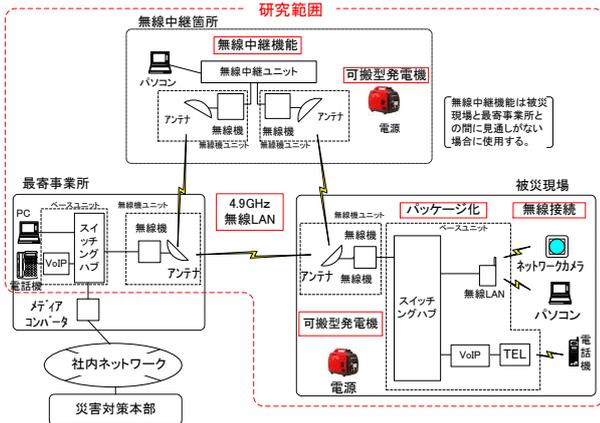


図3 災害用無線システムの構成

### (1) 4.9GHz 帯無線 LAN

被災現場と最寄事業所との間の無線通信には、4.9GHz 帯無線 LAN（無線規格:IEEE802.11j）を採用した。これは、4.9GHz 帯無線 LAN を使用するには無線局登録が必要になるが、ISM バンドを使う 2.4GHz 帯無線 LAN に比べて利用者の集中が少なく電波環境がクリーンで、大規模災害時でも安定した長距離通信が期待できるためである。

また、4.9GHz 帯無線 LAN の場合、小型パッチアンテナ（W174mm×D174mm×H43mm）で数十 km の長距離伝送が可能になるうえ、アンテナの取扱いが簡単になり方向調整等も容易になる。

### (2) 無線中継機能

4.9GHz 帯無線 LAN では、電波の直線性が強く基本的に通信する 2 地点間が見通しになれば通信ができない。そこで、災害用無線システムでは、被災現場と最寄事業所が直接見通せない場合でも、2 地点を見通すことができる場所に中継機能を設置することで通信を可能にした。

この機能を利用することで、災害用無線システムの適用場所が大幅に広がり、また、中継箇所を複数設けることで、伝送距離を伸ばすことも可能

になった。

### (3) システムのパッケージ化

災害用無線システムでは、運搬などの利便性（小型・軽量化）や操作性（簡単操作、簡易組立て）を考慮して、「無線機ユニット」と「ベースユニット」の 2 つに分けた。

無線機ユニットは、無線機、アンテナ、同軸ケーブル、LAN ケーブル等からなる。

ベースユニットは、無線機電源アダプタのほか、ネットワークカメラや電話機、パソコン等の通信端末を接続するポートからなり、フロントパネルに LAN ポート、無線機ポートなどを配置した。また、収容するネットワークカメラや電話機、パソコンなどの通信端末には、広く普及している無線標準規格(2.4GHz 帯無線 LAN および 1.9GHz DECT 方式)の機器を用いて無線接続させ、現場での配線を不要にした。なお、無線中継地点におくベースユニット（中継ユニット）は、無線機ユニット 2 台を接続できる仕様とした。

各ユニット毎の構成機器は配線済とし、屋外利用を前提に防水・防塵のプラスチックボックス（W350mm×D450mm×H200mm 以下）に収容した。各ユニットは、収容機器を含めて 7kg 程度の重さであり、一人でも容易に持ち運び可能である。

組立時に必要な配線箇所は、わずか 2 か所（アンテナ～無線機ユニット間および無線機ユニット～ベースユニット間）であり、一人でも短時間で容易に組立て可能である。また、無線機ユニットとベースユニットとの間は PoE（Power over Ethernet）対応で、1 本の LAN ケーブルでデータ送受信と電源供給を行う。

以上のように、パッケージ化の工夫を行って、現場での配線作業の省力化を図った。

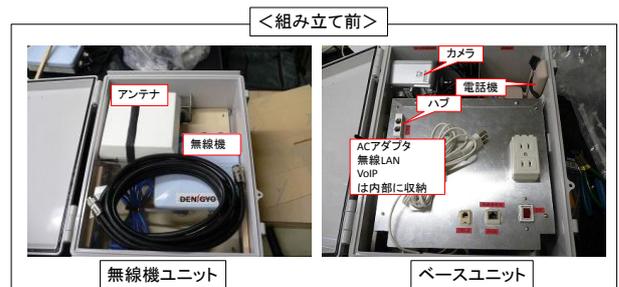


図4 プロトタイプ機の外観（組立て前）



図5 プロトタイプ機の外観（組立て後）

### 3.3 位置情報を活用したアンテナ調整

4.9GHz帯無線LANは電波の直線性が強いことから、10kmを超えるような長距離通信を行う際には、アンテナ方向を定めるために微妙な調整が必要になる。さらに、悪天候等によって対向局の方向が視認できないようなケースも想定される。こうしたアンテナ方向調整を素早く適切に行うためには、調整方法に習熟する必要があった。

そこで、未経験者でもアンテナ方向調整が素早く正確にできるよう、位置情報をもとにアンテナ方向を計算するソフトウェア（アンテナ調整サポートアプリ）を開発した。

すなわち、自局および相手局の位置情報をもとに、アンテナ調整サポートアプリで相手局の方向を求め、方位指示器を使ってアンテナを指定する方向に正確に向けることができるようにした。

#### (1) アンテナ調整サポートアプリ

アンテナ方向調整を容易に実現するために、自局および相手局の位置情報（緯度、経度、高度）から相手局の方向を求めるソフトウェア（アンテナ調整サポートアプリ）を開発した。

このソフトウェアはjavaで開発してあるので、一般的なWindowsパソコンであれば動作可能である。

図6はアンテナ調整サポートアプリの画面であり、入力した自局と相手局の位置情報もとに相手局の方向を計算して数値とグラフィックで表示する。

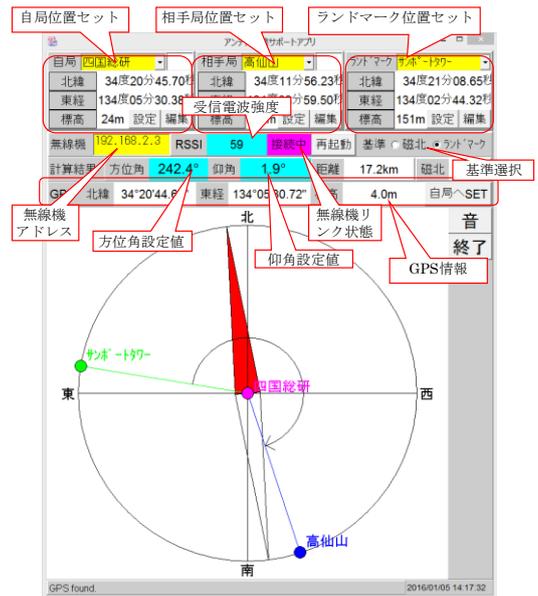


図6 アンテナ調整サポートアプリの画面

アンテナ調整サポートアプリでは、事業所の位置情報入力の負担軽減のため、既知の事業所等の位置情報を事前登録しておき、プルダウンメニューから選択できるようにした。

なお、GPSセンサー搭載パソコンであれば、自局の位置情報を自動入力することも可能であるが、GPSセンサー未搭載パソコンであれば、NMEAフォーマット対応ハンディGPSを接続することで位置情報を自動入力させることできる。

この他、このアンテナ調整サポートアプリには、4.9GHz帯無線LANの受信信号強度（RSSI）を画面表示する機能や、その大きさを音の違い（音量と周波数の大小）として出力する機能も設けた。この機能を使えば、音で電波状態を確認しながらアンテナ方向の微調整を行うことも可能である。

#### (2) 方位指示器

方位指示器は、方位磁石および傾斜計をアンテナ取付金具と一体化させたもの（図7）で、指定する方向にアンテナを正確に向けるための器具である。なお、アンテナ取付金具が方位磁石に悪影響を及ぼすことのないよう、アンテナ取付金具の材質はアルミニウムとした。

アンテナ調整サポートアプリで求めた結果をもとに、アンテナに連動させた方位指示器の方位と仰角を合わせれば、相手局の方向にアンテナを正確に向けることができる。

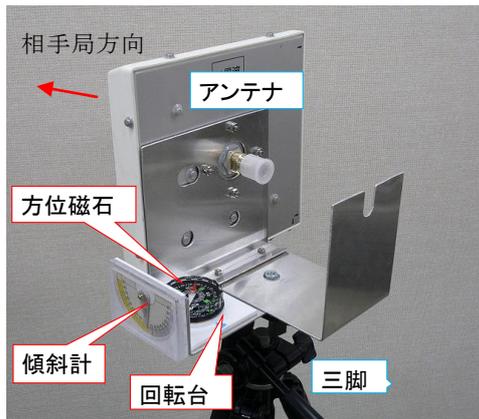


図7 方位指示器

### 3.4 可搬型発電機

大規模災害時には停電が発生する可能性が高く、災害用無線システムを有効に機能させるには、独立電源の用意が不可欠である。

このための独立電源として、LP ガスを燃料とする可搬型発電機を選択した。

可搬型発電機は、燃料容量に応じた電源供給時間の制限があるものの、燃料を補給することで稼働時間をのばせることが利点である。

一般的に可搬型発電機としては、ガソリンあるいはLPガス（液化石油ガス）を燃料とするものが普及しており、さらにLPガス対応機には、液化プロパンガス（家庭用プロパンガス）と液化ブタンガス（カセットガスボンベ）の2つの種類がある。

このうち、ガソリンは引火点が低く取扱いに注意を要すること、また長期の燃料保管には不向きで、常時稼働を前提としない災害用無線システム用としてはメンテナンス負担への懸念がある。

また、燃料の取扱いが比較的簡単なLPガスのうち、カセットガスボンベ対応機は、燃料容器がコンパクトで持ち運びが容易な反面、電源供給時間が短いことや低温環境で使用できない（燃料のブタンが低温で気化しない）等の短所がある。一方の家庭用プロパンガス対応機は、5kg ガスボンベで連続 20 時間程度の電源供給が可能であり、低温環境でも使用可能である。

以上のようなことから、災害用無線システムのための独立電源には、家庭用プロパンガスを使用する可搬型発電機を採用した。

## 4. フィールド試験

災害用無線システムとしての性能を評価するため、プロトタイプ機を用いて表3に示した各種のフィールド試験を実施した。

表3 フィールド試験項目と主な評価内容

試験項目	主な評価内容
長距離伝送試験	通信性能の距離特性
無線中継試験	無線中継伝送時のアプリケーション動作
システムの連続運転時間	長期のシステム動作安定性・降雨の影響
テレコン伝送試験	テレコン信号伝送性能
組み立て調整試験	組み立て調整にかかる時間
電源連続供給試験	電源の連続供給時間

### 4.1 長距離伝送試験

災害用無線システムの通信性能の距離特性を評価するため長距離伝送試験を実施した。

試験は、香川県の三木町郊外の山頂と高松市および三木町平野部の11個所（距離=4.8~23.8km）の間で通信し、受信電力、通信速度、遅延時間およびアプリケーション動作を調査した。

これら試験の結果から、少なくとも約24kmまでは安定した通信が可能であることを確認した。

#### (1) 受信電力

図8に示したように、伝送距離が長くなるに従って受信電力は小さくなった。

受信電力と伝送距離の対数近似式は、式(1)のようになり伝送距離に対して3.51乗で減衰した。

$$P = -10 \log(d^{3.51}) - 46.22 \quad (1)$$

但し、 $P$ : 受信電力(dBm) ,  $d$ : 伝送距離(km)

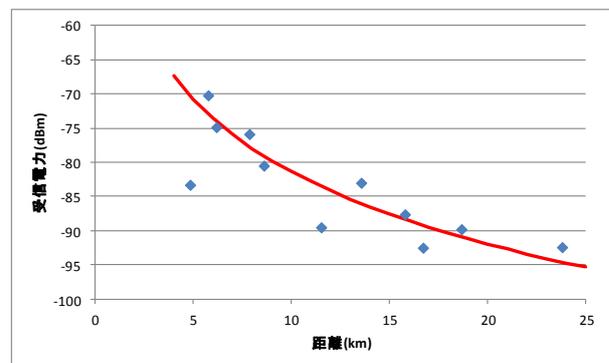


図8 伝送距離と受信電力の関係

## (2) 通信速度

通信速度は iperf により測定した。伝送距離と通信速度の関係は、図 9 に示したように、通信速度が伝送距離に比例して遅くなり、TCP で約 2~6Mbps、UDP で約 4~18Mbps であった。

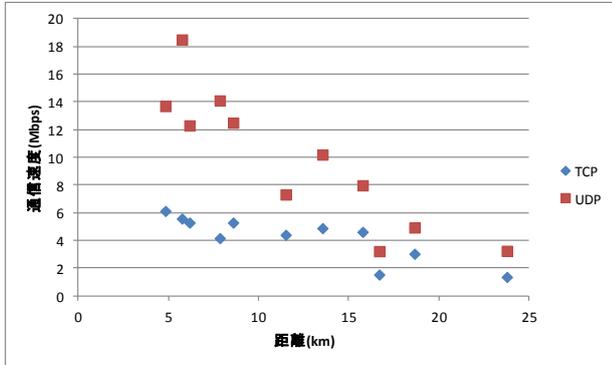


図 9 伝送距離と通信速度の関係

## (3) 遅延時間

遅延時間は ping コマンドにより測定した。遅延時間は約 4~5ms で、伝送距離が長くなるにつれてわずかに大きくなった。これは、伝送距離が長くなると伝送速度が低下し、パケット伝送時間が長くなったことが原因である。

## (4) アプリケーション動作状況

すべての測定場所で、電話は正常に動作したが、ネットワークカメラは長距離区間でフレーム落ちが発生した。これは、長距離区間で映像のリアルタイム伝送に必要な通信速度が得られなかったためである。ただ、被災現場で映像がスムーズに伝送できない場合でも、被災状況を迅速に確認できることがより重要と考えられ、長距離伝送でも映像伝送の活用は有効と言える。

## 4.2 無線中継試験

無線中継伝送時におけるアプリケーション動作状況を評価するため無線中継試験を実施した。

図 10 に示したように、香川県高松市沿岸の島（女木島）を無線中継箇所とし、対向局の一方を高松市三谷町の小高いため池（三郎池）の堤上におき、他方を高松市西方の市境にある台地（五色台）山頂においた。（合計距離 25.4km（14.1km + 11.3km））これらの中で通信回線を構成し、受信電力、通信速度、遅延時間およびアプリケーション動作状況を調査した



図 10 無線中継試験場所

図 11 は女木島（高松市）での無線中継試験の様子である。

試験した結果、通信速度は UDP が約 5Mbps、TCP が約 1Mbps であり、遅延時間はトータルで約 9.7ms であった。中継処理による遅延時間の増加は約 1.3ms であった。電話の通話試験では、通話音声に若干ノイズはのっていたが、会話に支障ないレベル（5 段階評価の「3（普通）」）であった。また、映像試験では、五色台側（最寄事業所側を想定）から確認した三郎池側（被災現場側を想定）のカメラ映像に問題はなく良好であった。



図 11 無線中継試験状況（女木島）

## 4.3 連続運転試験

災害用無線システムの長期の動作安定性および降雨による影響を調査するため、連続運転試験を実施した。

図 12 に示すように、四国総合研究所ビル屋上と 5.7km 離れたビルの屋上に無線機を設置して 2 ヶ月間(H27/8/19-10/21)連続運転をさせた。その間、5 分毎に受信電力、通信速度、遅延時間を自動測

定し記録した。また、試験期間中の雨量や無線機を収容するプラスチックボックス内の温度も合わせて測定・記録した。

なお、試験期間中に機器故障や異常が発生したことをすぐ把握できるように、図 13 のように遠隔監視システムを構築し、機器に異常が発生すれば、直ちに電子メール通知が届くようにした。

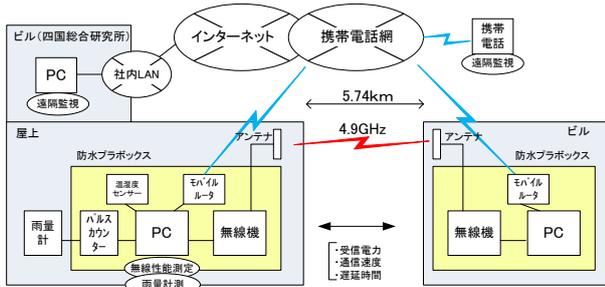


図 12 連続運転試験構成

図 13 に示すように、現地では強風対策として、試験機器を L アンクルで作成したベースに取り付け、コンクリートブロックなどで固定した。



図 13 連続運転試験状況

図 14 は受信電力測定結果である。電波経路途中のビル建設工事や、試験機器の電源供給元の停電（商用停電）発生などの偶発的な外的要因の影響（9/14-9/18 および 10/15-10/21 の全体的なレベル低下および日中の一時的なレベル低下）は受けたものの、それらを除けばシステムの受信電力は 2 ヶ月間通して  $-85 \sim -70\text{dBm}$  を維持しており、システムの長期動作安定性を確認できた。

図 15 は通信速度の測定結果である。通信速度は受信電力とほぼ連動して変化し、TCP は  $4 \sim 7\text{Mbps}$ 、UDP は  $10 \sim 15\text{Mbps}$  の範囲を変動した。

図 16 は降雨強度の測定結果である。試験期間中に降雨があったのは 19 日間で、その中には最大降雨強度が  $27.4\text{mm/h}$  の日もあったが、降雨に

よる受信電波強度の変動は確認できなかった。

5 GHz 帯電波の降雨減衰量は、 $60\text{mm/h}$  程度の非常に激しい雨でも  $0.2\text{dB/km}$  程度と考えられるため、降雨による通信品質への影響はほとんどないと言える。

図 17 は、無線機を収容したプラスチックボックス内温度を外気温と比較測定した結果である。ボックス内温度が  $40^\circ\text{C}$  を超えたのは、2 カ月の測定期間の中で 3 日間あったが、温度上昇による無線機等の不具合は発生しなかった。

なお、詳細分析した結果、晴天日のボックス内温度の最大値は外気温の最大値を約  $10^\circ\text{C}$  上回る傾向があることが分かった。

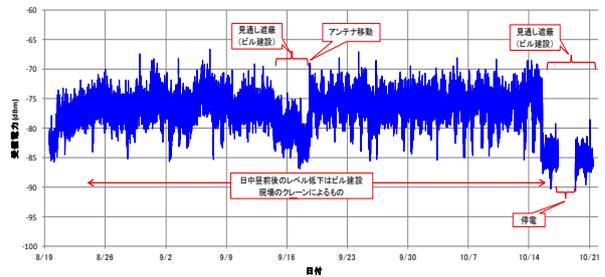


図 14 連続運転試験結果（受信電力）

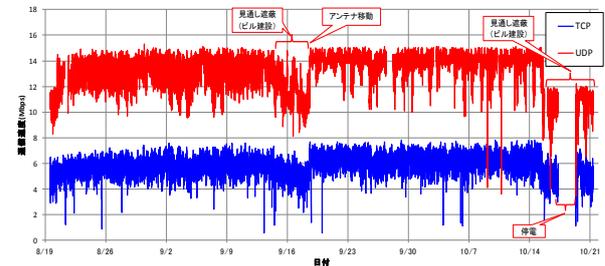


図 15 連続運転試験結果（通信速度）

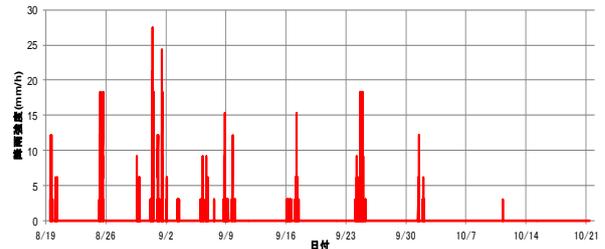


図 16 連続運転試験結果（降雨強度）

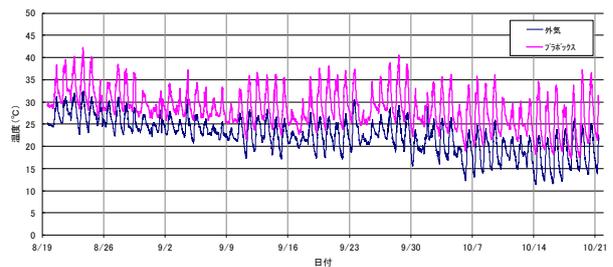


図 17 外気温とボックス内温度の測定結果

#### 4.4 テレコン伝送試験

テレコン伝送試験では、災害用無線システムを電力設備の遠方監視制御（テレコン）信号の中継回線として使用する場合の伝送性能を評価した。

図 18 に示すテレコン伝送試験のシステム構成のように、訓練設備を使って試験を実施した。

また、2種類（サイクリック方式、HDLC方式）あるテレコン信号を IP パケットに変換して災害用無線システムで中継伝送するために、サイクリック方式では音声 IP 化装置、HDLC方式では HDLC-TC・IP 化装置を用いた。

無線伝送路は、訓練設備の設置個所近辺で無線中継して折り返して構成した。また、アンテナ前面に金属板を置き、アンテナ遮蔽率を変えて信号強度を調整することで長距離伝送を模擬した。

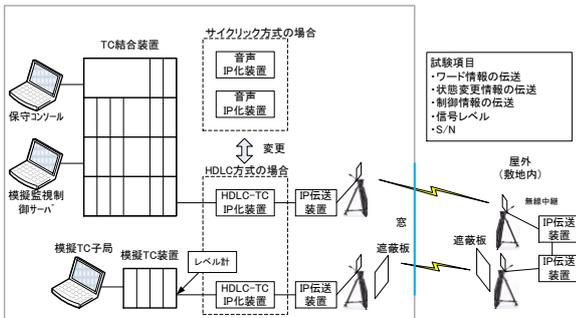


図 18 テレコン伝送試験のシステム構成

試験の結果、災害用無線システムを使ってテレコン信号の中継伝送可能であることが分かった。

また、HDLC方式テレコン信号の中継伝送限界距離は約 20km で、サイクリック方式テレコン信号の中継伝送限界距離は約 10km であった。これは、HDLC方式テレコンでは、HDLCの I フレーム内の情報のみをカプセル化して TCP で伝送する方式のため伝送品質低下の影響を受けにくい、サイクリック方式テレコンでは、モデムの音声波形をそのまま IP 化して UDP で伝送する方式のため伝送品質の低下（特にパケットロス）の影響を受けやすいと考えられる。

#### 4.5 組立て・調整時間測定試験

組立て・調整時間測定試験では、災害用無線システムの組立て・調整を行って使用できる状態にするまでの時間を計測・評価した。

試験方法は、実際に 2 人および 3 人で屋外で災害用無線システムを組立て・調整するという一連

の作業をビデオ撮影し、その映像を再生させながら作業内容毎の作業時間を分割・記録した。

測定結果では、組立て・調整に要した時間は、作業員 2 人の場合、被災現場で 11 分（アンテナ組立 1.5 分、配線 2.8 分、機器調整 2 分、アンテナ方向調整 5 分）であった。

なお、アンテナ方向調整の時間は、試験では、対向する無線機の距離が近かったため、ほとんど時間がかかっていないが、現実的には対向を視認できず手間取るケースも考えられるため、長距離伝送試験で要した約 5 分とした。

#### 4.6 電源連続供給試験

可搬型発電機について、燃料補給なしに連続供給できる時間を確認するため、電源連続供給試験を実施した。試験は燃料を満タンにして災害用無線システムを稼働させ、燃料が枯渇して停止するまでの時間を測定した。

なお、災害用無線システムは通信端末等の動作条件によって消費電力が異なるため、出来るだけ実運用に近い状態として、表 4 のような条件でアプリケーションを動作させた状態で測定した。

表 4 電源連続供給試験での模擬動作

機器	模擬動作	動作時間	間隔
パソコン	Excel ファイル表示	常時	-
	アンテナ調整サポートアプリ	常時	-
	iperf で TCP スループット測定	10 秒	5 分
	iperf で UDP スループット測定	10 秒	5 分
	iperf で PER 測定	30 秒	5 分
	ping で遅延時間測定	51 秒	5 分
	ftp でファイル(1.5MB)転送	-	5 分
カメラ	映像を相手局パソコンに送信	常時	-
電話	待ち受け・子機充電	常時	-

試験した結果、5kgLP ガスボンベを用いた可搬型発電機の場合の連続供給時間は 21 時間 33 分であった。

また、カセットガスボンベ対応の可搬型発電機についても同様に試験した結果、連続給電時間は 2 時間 40 分であった。

## 5. システム改良

### 5.1 現場技術者による評価試験

災害用無線システムをより現場で使い易いシステムとして完成度を高めることをねらいに、現場技術者がプロトタイプ機を試用（組立て・調整、操作）して使い勝手等を評価する試験を行った。

この評価試験は、四国電力5事業所（参加者合計30名）において実施した。

本試験では、プロトタイプ機を使って異なる事業所間に臨時回線を構成し、電話やネットワークカメラ等の通信端末を利用して、その品質等を確認した。試用後、アンケート調査により、システムの評価および改良点等の意見を集約した。

図20は評価結果を点数換算（良い=4点、やや良い=3点、普通=2点、やや悪い=1点、悪い=0点）して、評価項目毎の平均値をレーダーチャートにしたものである。

これより、全般的にみて良い評価が得られており、プロトタイプ機は現場ニーズをほぼ満足できることを確認できた一方、耐久性・耐環境性能が他項目に比べ評価が低く、現場技術者の要求度がさらに高いレベルにあることが分かった。

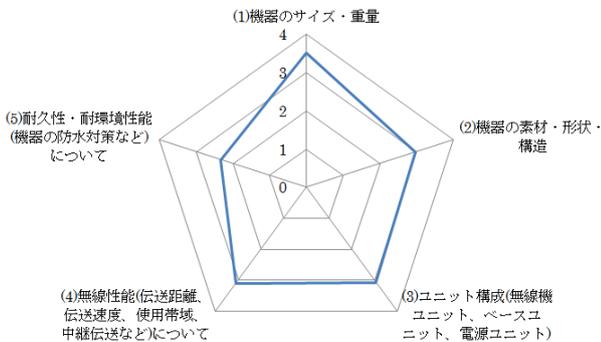


図19 現場技術者による評価結果

### 5.2 システム改良

現場技術者による評価試験で、要求レベルが高かった耐久性・耐環境性能について、表5のようにさらなる強化を図った。

さらに、少数意見でも、さらなる操作性の向上に役立つと考えられるものをピックアップして反映するようにし、表6のような改良を加えた。

表5 耐久性・耐環境性能の強化

項目	内容
耐久性向上	屋外用 LAN ケーブルの採用
	フロントパネルの固定
耐環境性向上	ケーブル挿入口へのキャップの取り付け

表6 さらなる操作性の向上

項目	内容
誤接続防止	簡易接続図を機器内に貼り付け
動作確認の簡易化	無線機 LED を確認できるようにボックスを加工
アンテナ方向調整方法の改良	コンパスの設定角度を、"360-方位角"ではなく"方位角"になるように、アンテナ方向調整手順の変更
アプリケーションの操作性向上	アンテナ調整サポートアプリ画面の視認性向上

## 6.まとめ

大規模災害時に迅速かつ容易に臨時回線を構成できる災害用無線システムの開発を行った。

まず、システムの利用シーンや制約条件、さらに現場技術者の要望などをもとに、システム要件を設定し、システム設計を行った。

次に、プロトタイプ機を開発して各種フィールド試験を行ってその性能を評価し、想定した利用シーンで十分適用可能であるとの結論を得た。

さらに、プロトタイプ機に対する現場技術者の評価意見を参考にさらに改良を加えるなどしてシステムの完成度を高めた結果、実用化の目途が得られた。

### 【謝辞】

本研究は、四国電力(株)情報通信部殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

### 【参考文献】

1) 総務省九州総合通信局：「5GHz 帯無線アクセスシステムの長距離海上電波伝搬特性及び集中豪雨減衰に関する調査検討会」報告書，平成22年3月