5.1 住民参加による災害情報収集技術及び伝達に関する研究(消防庁)

近年，情報通信技術（ICT）はめざましく進展を果たしている．これまで災害時においては，情報の収集および伝達には防災行政無線等が用いられることが多かった．ICT を活用することで，比較的安価に通信ネットワークを構築することが可能となり，より正確な情報を，より迅速に収集し，より的確に災害対応を行うことができると考えられる．

このような観点から，平成 18 年度は，実証実験を中心として長距離無線 LAN（Local Area Network）装置や IEEE（Institute of Electrical and Electronic Engineers）802.11g 無線 LAN 装置を用いた通信ネットワークの構築と，Web カメラや IP（Internet Protocol）電話を用いた情報伝達に関する研究を行った．

本節では，まず本研究において提案する情報通信システムの全体構成を示す．続いて行った研究内容について概説するとともに平成 18 年度中に行った実証実験の結果について報告する．

5.1.1 システムの全体構成

本研究において構築したシステムの全体構成を**図 5.1-1** に示す．本システムは，システム全体の基幹として長距離無線 LAN 装置を中心とした IP 通信可能なネットワークを構築し，そのネットワーク上で情報端末，IP 電話，Web カメラを用いた情報伝達を行うシステムである．

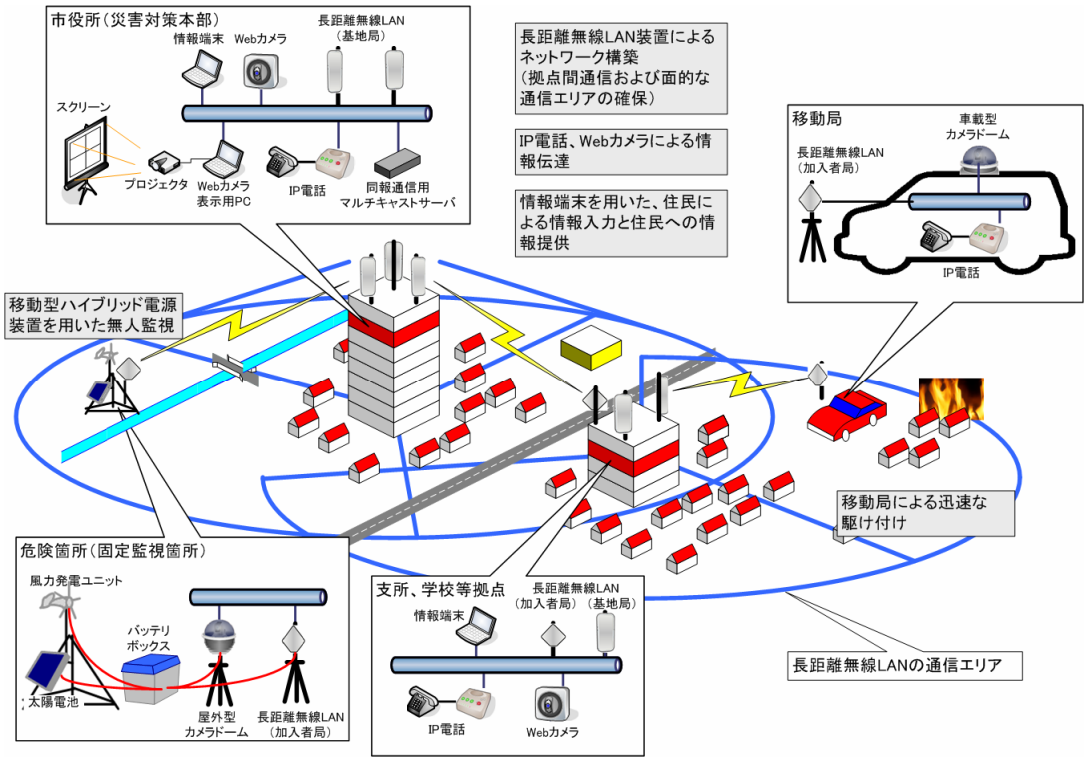

図 5.1-1　全体システムイメージ図

5.1.2　長距離無線 LAN 装置を用いたネットワーク構築

近年，半径約 50km の範囲をカバーし最大 70Mbps の通信を可能とすることを目的とした WiMAX（Worldwide Interoperability for Microwave Access）規格など，広い範囲で高速なネットワークアクセスを可能とする技術が盛んに研究開発されている．

本研究では，5GHz 帯の周波数を用いた長距離無線 LAN 装置によりネットワーク構築を行うとともに面的な通信可能エリアを確保し，有効性について検証した．下記に，使用した機器の概要およびその結果について示す．

(1)　長距離無線 LAN 装置（1 対 1 通信用）

本装置は，ビーム幅の鋭い（6 度）アンテナを用いており，およそ 30km の距離を隔てて 1 対 1 で通信を行う事が可能である．なお，設置状況により異なるものの，30km の距離を隔てた場合のスループットは，20Mbps 程度とされている．装置外観を**図 5.1-2** に示す．

なお，本装置は，平成 18 年 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験において，新潟県長岡地域振興局および見附市役所に設置し，見附市役所から総務省消防庁等他機関への通信に用いた．新潟県長岡地域振興局－見附市役所間の距離は約 11km で，実験準備の際に確認したスループットの値は，実測値で 37Mbps であった．

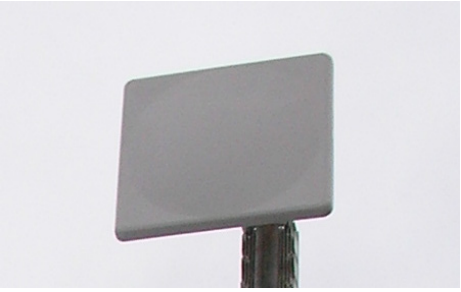

図 5.1-2　長距離無線 LAN 装置（1 対 1 通信用）外観

(2)　長距離無線 LAN 装置（1 対多通信用）

本装置は，およそ 120 度の範囲にわたって 10 数 km の距離を扇形状にカバーすることのできる基地局と鋭い指向性（10 度）を持つ加入者局から構成される．

基地局のカバーする扇形状の通信範囲に存在する複数の加入者局との間で 1 対多の通信を行うことにより，多点間の IP 通信網を構築することが可能である．

基地局－加入者局間の通信にあたって，変調方式を 64QAM（直交振幅変調：Quadrature Amplitude Modulation）から 16QAM，QPSK（四位相偏移変調：Quadrature Phase Shift Keying），BPSK（二位相偏移変調：Binary Phase Shift Keying）まで無線の状況に応じて自動的に変更することにより，安定した通信を行うことが可能である．

機器の外観を**図 5.1-3** に示す．

図 5.1-3　長距離無線 LAN 装置（1 対多通信用）外観
（左：長距離無線 LAN 装置基地局　右：同加入者局）

なお，本装置を利用するにあたって，下記の点に留意する必要がある．

- 加入者局は受信強度により通信相手の基地局を自動選択する機能を持っている．そのため，中継用に基地局と加入者局を近くに設置すると，局所的にループを形成して通信ができなくなる場合がある．
- 利用している周波数帯が 5GHz 帯であるため，電波の直進性が高い．そのため，建物の影や山陰などに不感地帯ができやすい．

このような事態にならないよう，システムの構築にあたって通信相手や利用周波数に関して，事前の計画を立てる必要がある．

本機器は，平成 18 年 6 月 18 日および 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験，および平成 18 年 11 月 12 日の愛知県豊橋市における実証実験において用いた．

なお，これらの実験では，いずれも通信距離が短かったため通信品質は良かった．一例を挙げると，平成 18 年 10 月 27 日の実験の準備に当たって，新潟県長岡地域振興局－見附市役所間（約 11km）に加入者局（長岡地域振興局）と基地局（見附市役所）を設置した時が最も通信距離が長く，加入者局から基地局への通信で平均 25.4Mbps，見附市役所から長岡振興局への通信で平均 17.6Mbps のスループットが得られた．

(3)　長距離無線 LAN 移動局

災害時，被害が発生する箇所が事前に予測されているとは限らないため，災害発生時に危険箇所へ迅速に移動して被害情報を送信することは，災害対応活動において重要である．

このことから，我々は，消防研究センターの公用車に後述の車載用カメラドームを取り付けるとともに，IP 電話装置を積載し，三脚に取り付けた長距離無線 LAN 装置（1 対多通信用）の加入者局を用いて移動局を構築した．

平成 18 年 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験において，災害対策本部のスクリーンに映像を出力することはしなかったものの，観音山公園，見附運動公園，農道上の 3 カ所から画像伝送を行った．

図 5.1-4 に長距離無線 LAN 移動局の外観を示す．

図 5.1-4　長距離無線 LAN 移動局外観

(4)　ネットワーク構成例

これらの長距離無線 LAN 装置を用いて構成したネットワークの例として，平成 18 年 10 月 27 日に新潟県見附市における実証実験に際して構成したネットワークを**図 5.1-5** に示す．

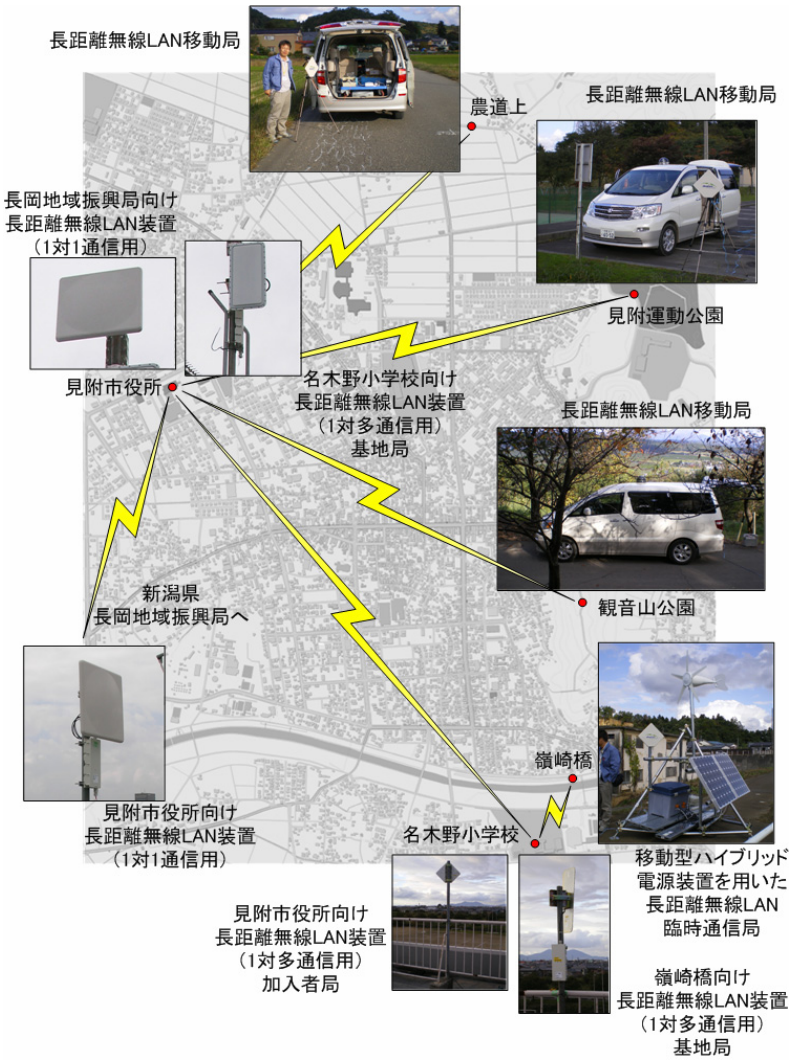

図 5.1-5　平成 18 年 10 月 27 日新潟県見附市実証実験におけるネットワーク構成

5.1.3　IEEE802.11 無線 LAN を用いたネットワーク構築

5.1.2 で述べた長距離無線 LAN 装置は拠点間通信には非常に有効であるが，長距離通信を目的としているため，装置から出力される送信電力が大きい．そのため，設置した機器間の距離が近い場合には，機器間での干渉が起きる場合や，入力電力が大きすぎて信号を正しく受信できなくなる場合がある．

そのため，本研究では，平成 18 年 9 月 3 日に行った東京都北区上十条五丁目における実証実験において，IEEE802.11 無線 LAN を用いたネットワーク構築実験を行った．

実証実験における機器設置位置を**図 5.1-6** に，無線 LAN のネットワーク構成図を**図 5.1-7** に示す．図中の赤い数字は，無線区間に割り当てた無線 LAN のチャンネルを示す．また，**図 5.1-6** 中の赤い丸は無線 LAN 機器（無線 LAN 搭載ノート PC およびアクセスポイント）を設置した位置であり，**図 5.1-7** 中の赤い楕円に相当する．

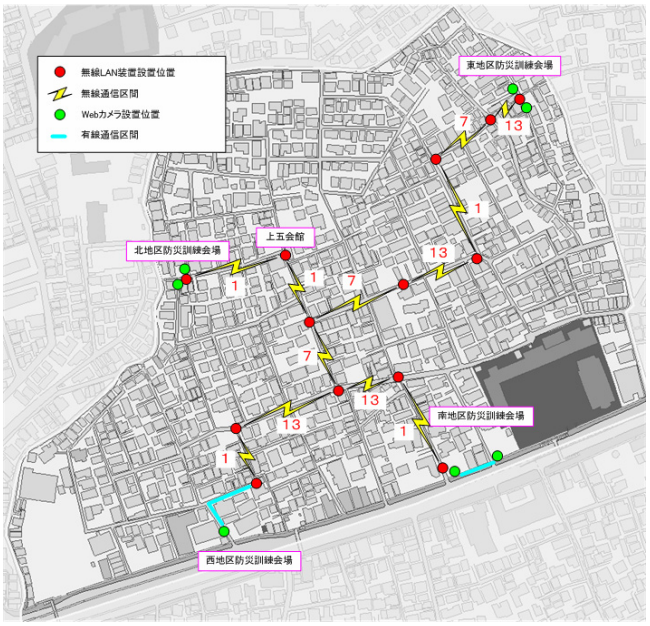

図 5.1-6　機器設置位置

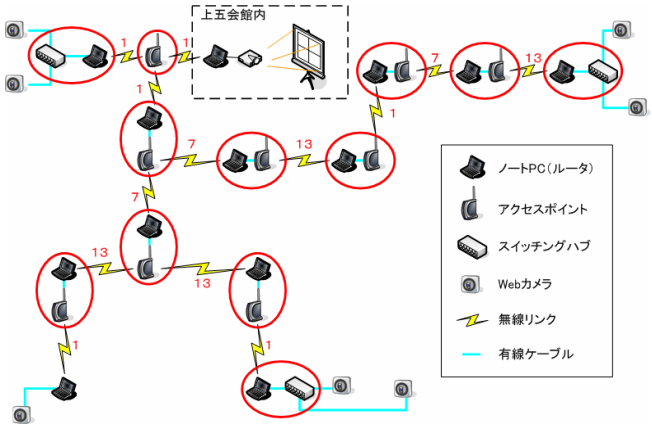

図 5.1-7　ネットワーク構成図

IEEE802.11g の規格ではアクセスポイントのみでのネットワーク構築も可能であるが，その場合には，全てのアクセスポイントが同じ無線チャンネルを利用することとなり，パケットの衝突が発生してスループットが低下することが考えられる．また，隣接したチャンネルを使用すると，チャンネル間の干渉により通信速度が低下する．

そこで，北区上十条での実証実験では，無線 LAN 搭載ノート PC とアクセスポイントを一つの組として設置して，それぞれのアクセスポイントが収容する無線区間ごとに異なるチャンネルを与えることとした．

実証実験では，東西南北，各地区の防災訓練の状況を，上五会館へ Web カメラにより中継した．その結果，最も中継回数の多い東地区の映像が最大 1.2fps（frame per second）程度，最も直近の北地区の映像が最大 3.0fps 程度伝送できた．しかし，人の集団や車により通信が遮られる事象も多発し，IEEE802.11 無線 LAN 機器によるネットワーク構築の際には，これらの影響を受けない設置方法を検討する必要があることが確認された．

5.1.4 Web カメラを用いた情報収集

Web カメラは，撮影した映像を TCP/IP ネットワークを通じて送信する事ができる装置である．近年，Web カメラにも，赤外画像を撮影可能なものや 360 度回転可能なもの，高倍率ズームが可能なものや屋外設置を想定した防水仕様のものなど，様々な機能を持った機器が開発・発売されており，遠隔監視など様々な目的で活用されている．

本研究では，災害現場において用いるために屋外用カメラドームおよび車載用カメラドームを用いるとともに，災害現場から災害対策本部への映像送信や災害対策本部間での情報伝達の一方策として，今年度行った全ての実証実験において活用した．

(1) 屋外用カメラドーム

災害時，災害発生地点に臨時に Web カメラを設置するためには，当然のことながら Web カメラを動作させるための電源が必要である．さらに，設置箇所が屋外である場合には，降雨や降雪を考慮しなければならず，Web カメラのみならず電源回路についても確実に防水できる手法が必要である．

このことから，我々は，屋外用カメラドームを用いることとした．屋外用カメラドームの外観を**図 5.1-8** に示す．

このカメラドームは，Web カメラを内部に格納することができ，電源回路および LAN 回路もドーム内に収納されているため，雨天でも活用可能である．また，上部は半球状の透明なカバーであるため Web カメラの視界を遮らずに撮影可能であり，通常の三脚に取り付けることが可能なため，可用性に優れたものとなっている．

平成 18 年 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験と平成 18 年 11 月 12 日の愛知県豊橋市における実証実験において，このカメラドームを利用した．豊橋市における実験準備の際，前日の夜に雨が降ったものの，特に問題なく動作した．

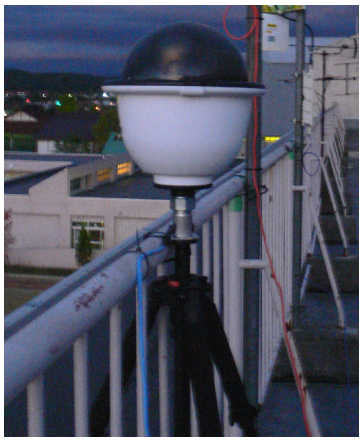

図 5.1-8　屋外用カメラドーム
（嶺崎橋（左）および名木野小学校屋上（右）における設置状況）

(2)　車載用カメラドーム

本研究では，危険箇所に迅速に駆け付けて画像伝送する手段として，消防研究センターの公用車を利用して長距離無線 LAN 移動局を構築したが，その際に Web カメラを車体に取り付けるために図 5.1-9 に示す車載用カメラドームを用いた．

車載用カメラドームも，屋外用カメラドームと同様に降雨や降雪の際の利用を想定する必要がある．この車載型カメラドームは，電源および LAN ケーブルを内部へ引き込む部分に防水コネクタを使用しており，雨天でも活用可能である．

また，この車載用カメラドームは，シート状の強力磁石により自動車の車体に取り付けることができ，更に，電源として自動車のシガーライタを用いることも可能なため，走行中でも Web カメラを動作させることが可能となっている．

さらに，この車載用カメラドームは，半球状の透明なカバーを持っているためカメラの視界を遮ることがなく，内部に 360 度回転可能な Web カメラを設置すれば全方位の映像を送信することも可能である．

図 5.1-9　車載用カメラドーム

(3) システム構築例

平成 18 年 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験では，見附市役所，名木野小学校屋上，嶺崎橋，長距離無線 LAN 移動局，総務省消防庁に Web カメラを設置した．また，長距離無線 LAN 装置を用いて構成した無線ネットワークを利用して，災害対策本部に設置した PC の画面上に Web カメラの映像を表示するとともに（**図 5.1-10**），プロジェクタを利用してスクリーン上に投影した．その際の Web カメラ関連システムの構成図を**図 5.1-11** に示す．

図 5.1-10　新潟県見附市実証実験における各所 Web カメラからの映像

実験後に行ったアンケートの結果では，河川現況の把握の容易さおよび安全さに関する設問において肯定的な回答が得られた．その一方，現場への職員の派遣に関する設問では，現場への職員の派遣を主とし Web カメラによる映像取得は補助的なものであるとの回答も得られた．また，衛星電話など既存設備との使い分けを整理する必要があるという趣旨の指摘も得られた．なお，愛知県豊橋での Web カメラによる指定避難所等の映像は，防災担当者によれば，極めてよい状況判断材料となるとの指摘があることを付記しておく．

新潟県見附市および愛知県豊橋市における実証実験では，長距離無線 LAN 装置を高所に設置したため，ネットワークが安定するとともに十分な通信速度が得られており，Web カメラも十分に機能した．しかしながら，北区上十条における実証実験では，車の通行などで切断されるなどネットワークが不安定であり，Web カメラが十分に動作しなかった．このことからも判るとおり，Web カメラの活用には，安定して高速なネットワークを構築することが重要である．

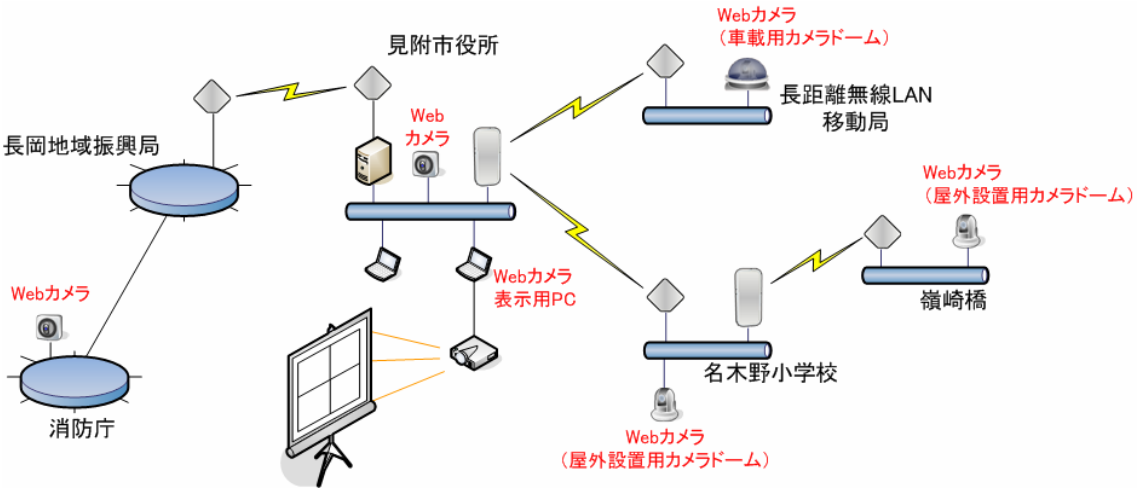

図 5.1-11　新潟県見附市実証実験における Web カメラ関連システム構成図

5.1.5　IP 電話を用いた情報伝達

近年，IP 電話に関する技術開発も盛んに行われてきており，企業や学校等が拠点間の通話を IP 電話に切り替え，経費削減を図りつつ広域内線網の構築を行う事例も増えている．

本研究では，新潟県見附市および愛知県豊橋市における実証実験の際に，株式会社エイツー製の IP 電話装置を用いて自治体内の IP 電話網を構築した．

本研究において利用した IP 電話装置を**図 5.1-12** から**図 5.1-13** に示す．

呼制御サーバ（**図 5.1-12**）は，ネットワーク上の電話番号と IP アドレスの対応を管理する装置であり，端末間の通信を制御する機能を担っている．

マルチキャストサーバ(**図 5.1-12**)は，マルチキャストルーチングプロトコルの一種である IGMP（Internet Group Management Protocol）v2（バージョン 2）を用いて，マルチキャストグループに登録された IP 電話端末に対して IP パケット化された音声を配信する機能を持っている．マルチキャストグループの内容を適切に設定することにより，様々なグループに対して同報通信を行うことが可能である．なお，当然のことではあるが，同報通信を利用するためには，ネットワークを構成する機器（ルータ等）が IGMPv2 に対応している必要がある．

IP 電話端末（**図 5.1-13**）は，IP パケット化された音声データを再生する機能を持つとともに，通常のアナログ回線のポートも備えており，通常の電話機やファクシミリを接続することが可能である．豊橋市での実証実験では実際にファクシミリを接続し，紙ベースでの情報伝達が行われることを確認した．

5.1.6　移動型ハイブリッド電源装置の試作

例えば，堤防の決壊が予想される箇所などに臨時に通信局を設営し，危険箇所の状況をリアルタイムに災害対策本部に伝達することができれば，効率的かつ有効な災害対応を行

図 5.1-12　IP 電話装置（呼制御サーバ(上)，マルチキャストサーバ(下)）

図 5.1-13　IP 電話装置（IP 電話端末）

うことが可能となると考えられる．このことから，鉛蓄電池に加えて風力発電機と太陽電池パネルを供えた移動型ハイブリッド電源装置を試作した．移動型ハイブリッド電源装置の外観を**図 5.1-14** に，電源ボックス内部を**図 5.1-15** に示す．

電源ボックスには，鉛蓄電池のほか，風力発電装置や太陽電池パネルを接続するための端子板，AC100V の電源を取り出すためのインバータを収納している．

この装置を Web カメラおよび長距離無線 LAN と組み合わせることにより，長期間にわたり危険箇所の監視を無人で行うことが可能である．

平成 18 年 10 月 27 日の新潟県見附市における実証実験では，この装置を用いた長距離無線 LAN の臨時通信局を嶺崎橋近くに設置し，刈谷田川の水位映像を送信するために用いた．

また，平成 18 年 11 月 12 日の愛知県豊橋市における実証実験では，この装置を用いて栄小学校校庭に同様の臨時通信局を構築し，実験の開始から終了まで問題なく通信を行うことができた．

なお，設置には凡そ 1 時間を要するため，時間的余裕の少ない災害時の利用を目的とするならば，より少ない時間で組み立てられる手法を検討する必要があると考えられる．

図 5.1-14　移動型ハイブリッド電源装置外観

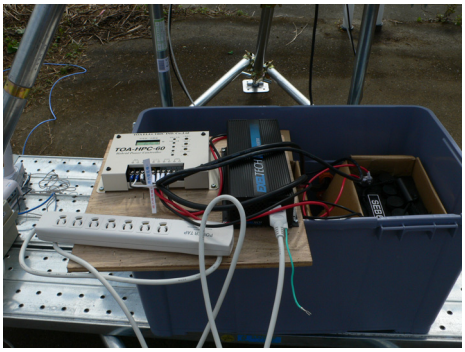

図 5.1-15　移動型ハイブリッド電源装置　電源ボックス内部

5.1.7　情報端末

情報端末は，被害情報入力システム(既存)と 6.1 で詳述する情報提示システムからなる．但し，情報入力システムは豊橋市の実証実験では使われていない．情報提示システムでは全体の被害分布，延焼予測等各種シミュレーション結果が提示される．これに基づき住民への今後の被害（火災）拡大予測を踏まえた避難に関する説明・周知がなされた(図 5.1-16)．

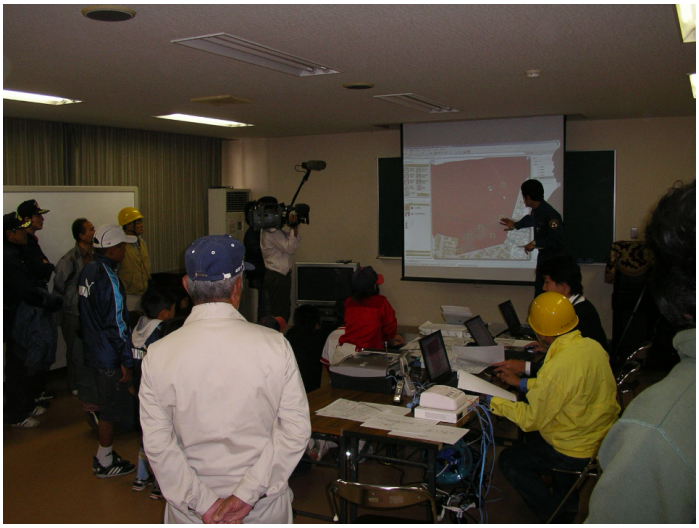

図 5.1-16　拠点での住民への市職員による説明