

災害現場における通信確保

岩手県立大学ソフトウェア情報学部
教授 柴田義孝

2011年9月30日

東日本大震災規模

2011.07.25現在

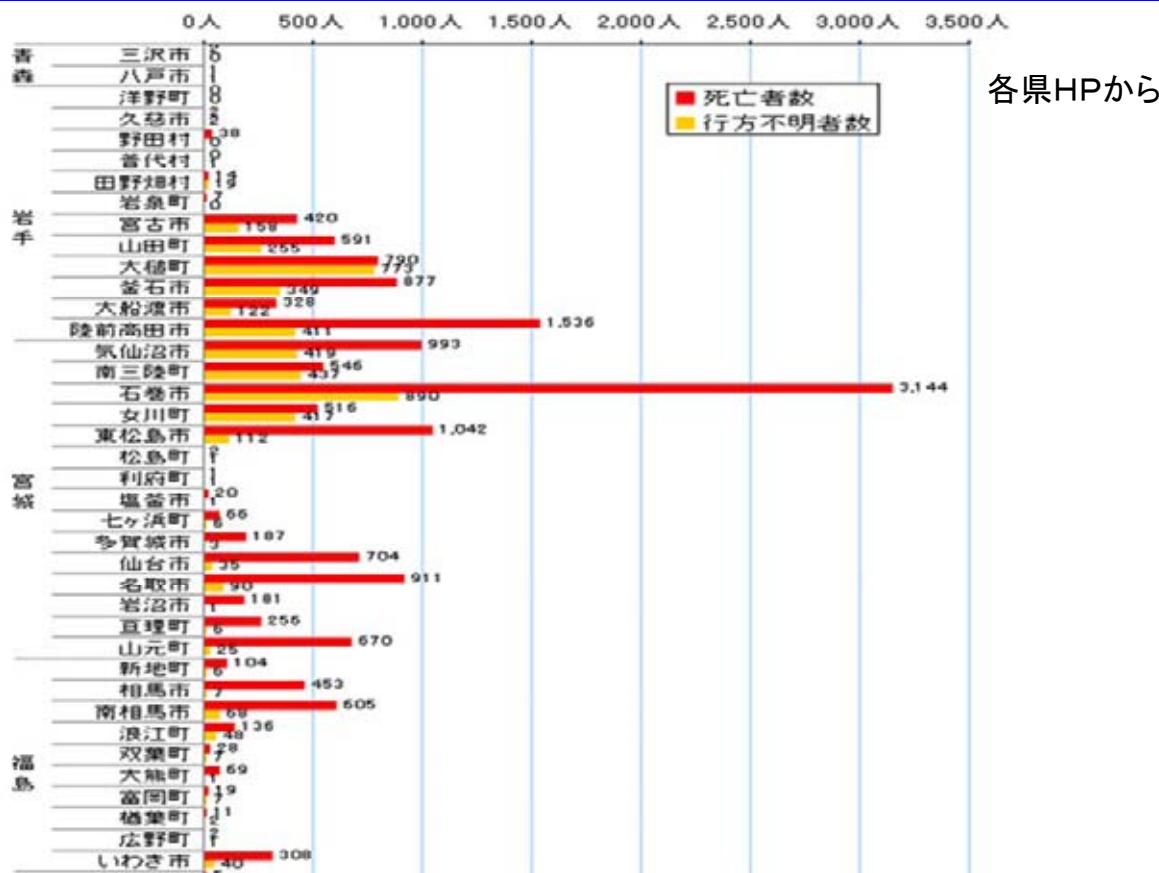
	東日本大震災	阪神・淡路大震災
死者	15,628	6,434
行方不明者	4,823	3
漁船	22,000隻以上	40隻
漁港	300以上	17
農地	23,600ha	213.6ha
被害額	16－25兆円	9.9兆円
震災前の県民経済計算	20.7兆円 (岩手、宮城、福島)	20.2兆円

明治以降の大地震による犠牲者一覧

気象庁 過去の地震・津波被害
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai-1995.html>

年	地震名（震災名）	被害規模
1923	関東地震（関東大震災）	死者・行方不明者105,385人
2011	東北太平洋沖地震（東日本大震災）	死者 15,628 人、行方不明者 6,434人
1896	明治三陸地震	死者・行方不明者21,959人
1891	濃尾地震	死者・行方不明者7,273人
1995	兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）	死者・行方不明者6,437人
1948	福井地震	死者・行方不明者3,769人
1933	昭和三陸地震	死者・行方不明者3,064人
1927	北丹後地震	死者2,925人
1945	三河地震	死者・行方不明者2,306人

東日本の地域別被害状況



東日本大震災時の情報通信手段の状況

- × 固定電話
- △ 携帯電話 (docomo, AU, Softbank)
- × いわて情報ハイウェイ
- × 庁内LAN (各自治体)
- △ 防災行政無線
- ○ 無線LAN
- ○ Internet衛星通信 (Internet)

災害の観点から見た既存ネットワークの特徴

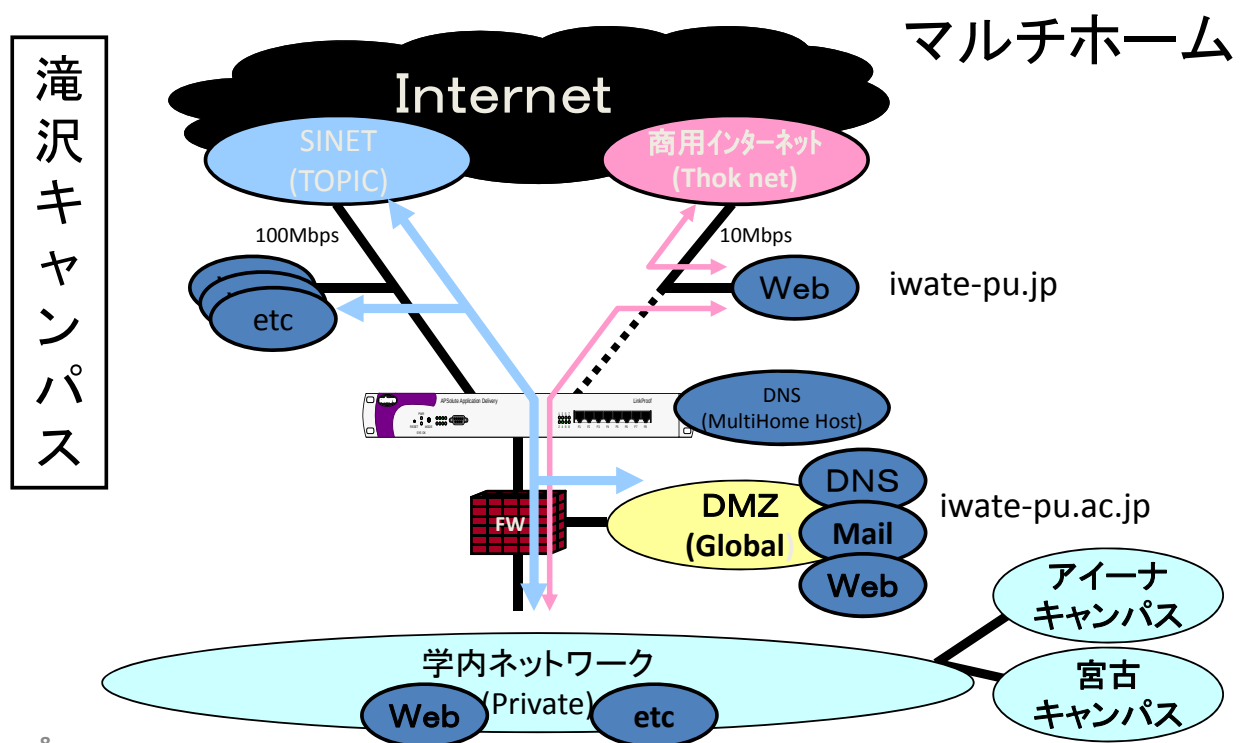
- 1) 有線網 (電話網、専用線、光ファイバー、LAN、CATV等)
 - ・ 広く普及しているが、災害時の断線や輻輳に弱い
- 2) モバイル網
 - ・ 災害に強い、断線が無い、
 - ・ 移動性や携帯性が良いが輻輳に弱い
- 3) 無線LAN
 - ・ 災害に強い、断線が無い、故障が少ない
 - ・ 輻輳が回避できる、車に積めば移動も可能
 - ・ 双方向通信 (実時間音声・映像) が可能
 - ・ 同報 (マルチキャスト) 通信可能
 - ・ 通信範囲が数Km以内 (複数の中継器によりカバー可能)
- 4) 衛星網:
 - ・ 災害時に強い、断線が無い
 - ・ 双方向通信が可能
 - ・ 近年値段が安く、簡単に設置可能

岩手県立大学 通信障害状況

キャンパス	学内通信	インターネット通信	上位回線	SV室停電	フロア停電
宮古			断		
アイーナ	断	断	維持	有	有
滝沢本校	維持	維持	維持	なし	20分で復旧
NWバックアップ⇒ ↑ マルチホーム ↑ 発電機 + CVCF ↑ 発電機					

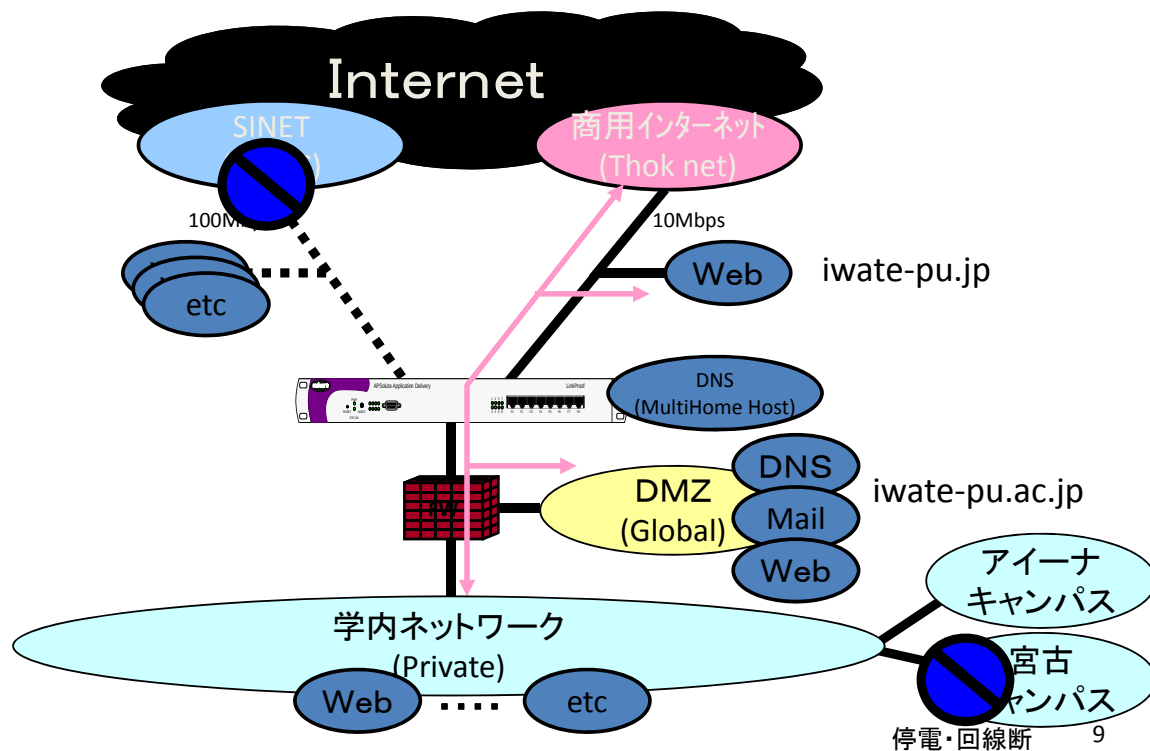
7

ネットワーク構成(通常時)



8

ネットワーク構成(3.11 不通時)



商用回線トラフィック(3/11-13)

3/11-3/12



3/13



電源設備: 発電機

- 最大電源容量 : 2400KW
- 商用電源 : 900KW
- ディーゼル発電機3台: 1500KW
- 起動時間: 40秒
- 稼働可能時間: 6日
(条件: 発電機2台稼働、1000KW給電)
- 常用+非常用 の設備
- 常用: 所要電力が一定値を超えたら起動
- 非常用: 商用電力が停電した場合
- サーバ室: サーバ 約120台、スイッチ 約40台
実測: 34KVA

11

電源設備: 発電機3台(500Kwx3)



1

- 3/18宮古市振興局内ネットワークとPC
- 3/18岩泉町役場内InternetとPC
- 3/23田老総合事務所内InternetとPC
- 3/23グリーンピア田老内LAN、InternetとPC
- 3/30宮古市市役所内InternetとPC
- 3/30田老漁協内InternetとPC
- 4/10大槌町災害対策本部内LAN,InternetとPC

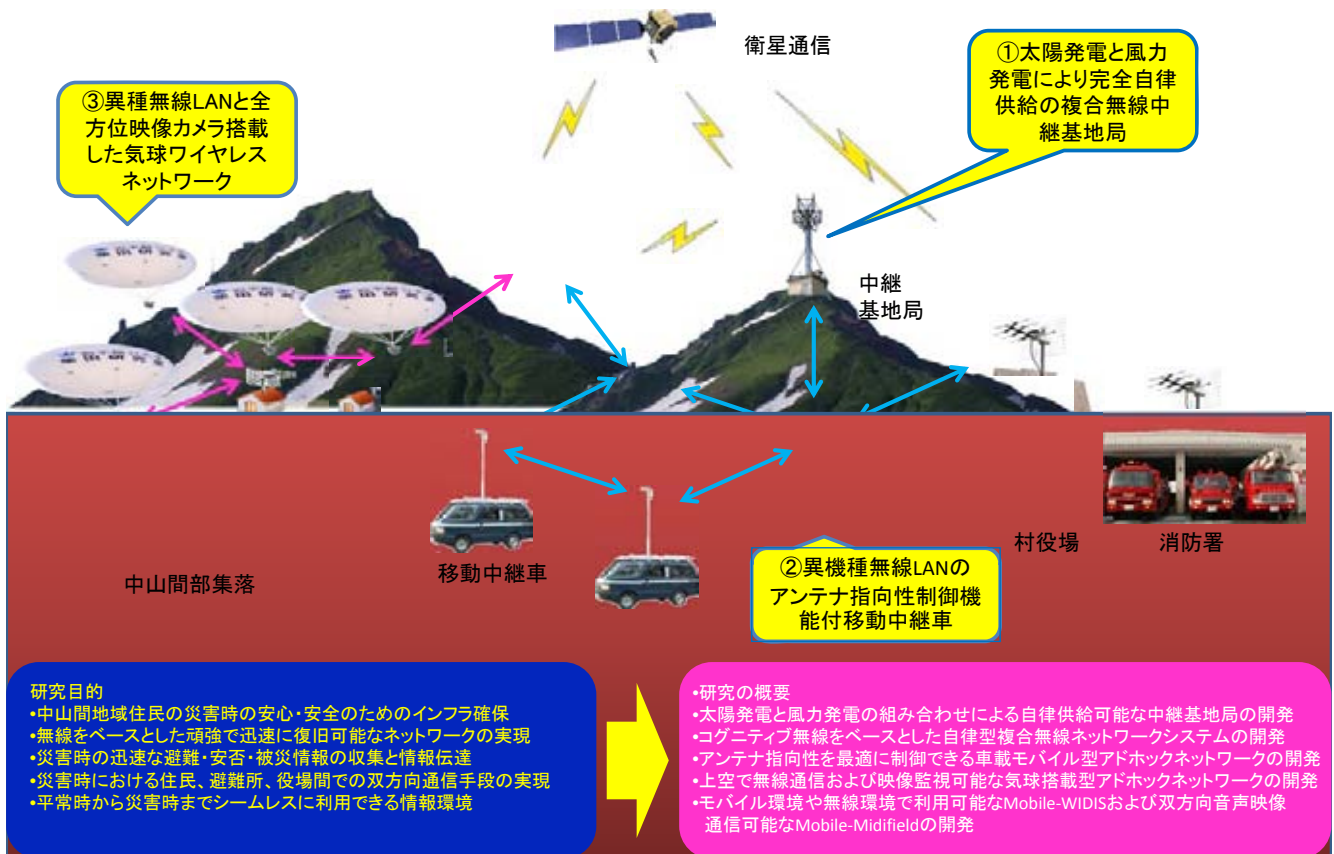


大震災から仮復旧に役だったNW

- 衛星IP通信システム(IPstar)は多くの被災地をInternet環境を迅速に復旧させた
- 携帯Tel., エリアは徐々に回復
- 3G+無線ルータは簡易的に避難所で利用された
- 無線LANは機動的にエリアカバー
- 衛星電話(各自治体2台程度)はフル活動だった
- コグニティブ無線(NiCT)は役に立った
- Twitter, ブログなどのSNSはrealtimeな情報伝達と共有に役にたった

必要とされる
災害時に有効な情報通信システム

無線をベースとした中山間地域向け 自律型情報通信ネットワーク

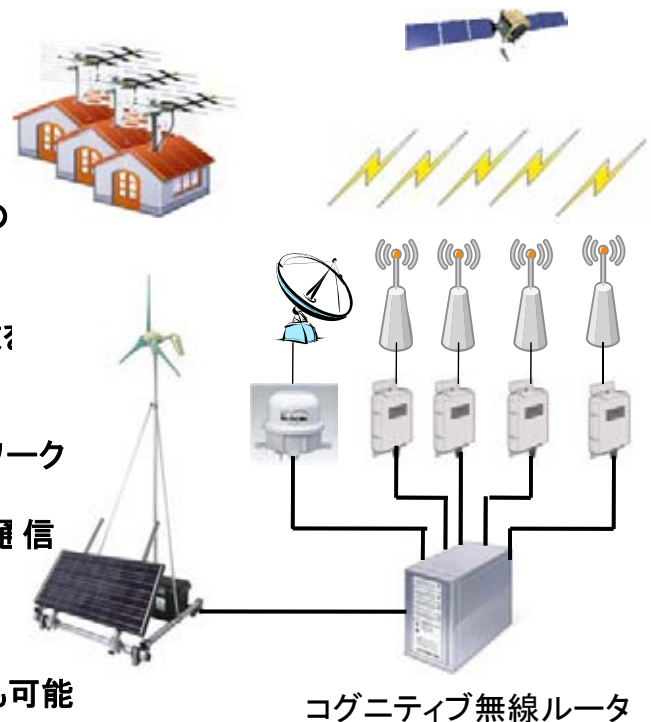


コグニティブ無線とは

- 「コグニティブ無線」とは、端末や基地局などが周囲の電波状況をチェックし、その状況に応じて、利用者に気づかせないまま、周波数や方式を変えて通信するという技術
- 電波の周波数解放により、一般利用者でも異なる複数の無線が同時に使えるようになった
- また包括認定による高速無線LAN (IEEE802.11j)や無線アクセス(18,31GHz帯)も出現した
- これにより、一般利用者が異種の無線を組み合わせ、これらを通信環境(通信距離、地形、アンテナ、メディア等)に合わせ、電波強度、スループット、パケットロス率、遅延時間を計測しながら、最適値を決定し、周波数や無線方式を動的に切り替えて通信することが可能となる

自律型複合無線ネットワークシステム (基地局、中継局)

- 太陽光、風力発電、バッテリーの組み合わせによる自律供給電源
- 異種無線LAN、衛星通信、アマチュア無線の組み合わせによるコグニティブ無線の実現
- 通信環境に応じて動的に通信方式、周波数を切り替えて最適な通信経路を確保
 - － 中継基地局<->中継基地局
 - － 中継基地局<->移動中継車、気球ネットワーク
- 集落住民に対しては、従来の無線LANにて通信
- 遠隔より電源ON/OFF、および状態監視
- 常時設置および災害時に可搬にて仮設置も可能



自立給電基地局の電力制御

- 太陽光+風力発電+バッテリーの組合せによる無線基地局の開発
- 無線AP、ネットワーク制御カメラへの24時間給電
- 残量バッテリーエネルギーを常に最小化するためのCharge Controller

の遠隔制御

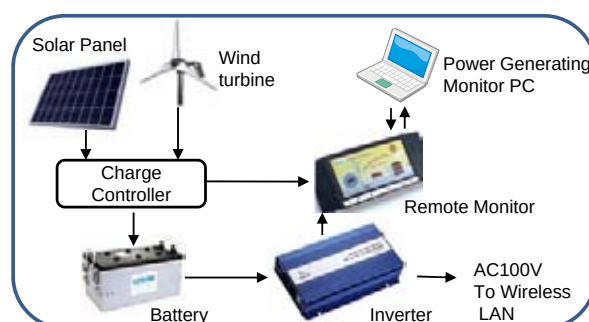
$$B(k) = \min \{ \max [B(k-1) + E_{\text{source}}(k-1) - L(k), B_{\text{outage}}], B_{\text{max}} \}$$

$B(k)$: 残量バッテリーエネルギー量
 B_{outage} : 最大許容消費エネルギー量

B_{max} : トータルバッテリー容量

$E_{\text{source}}(k)$: 太陽光および風力発電によるエネルギー量

$L(k)$: $[k-1, K]$ 間における電力消費量



プロトタイプの構成

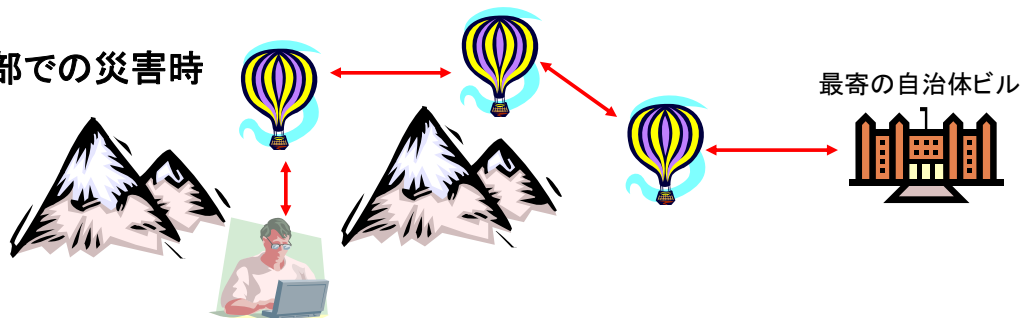
機器	仕様
無線LAN AP	アイコム製 SE-3000EA IEEE 802.11a/b/g対応無線LAN AP 消費電力 8.5～8.8W
無線LAN アンテナ	アイコム製 AH-150S 八木型指向性アンテナ 利得12dBi, 8エレメント
風力発電機	ゼファー製 Z-501 定格出力: 400W (12.5m/s時)
太陽光発電機	薄膜太陽電池 SM-100 出力: 120W (60W × 2)
バッテリー	Concord社製 GPL-27 定格容量: 27Ah, 定格電圧: 12V
IP PTZカメラ	パナソニック製 BB-HCE481 640 x 480 12fps / 320 x 240 30fps 消費電力 8.8W / 10.7W (PTZユニット稼働時)

最大発電電力量: 520W
消費電力量: 17.6W

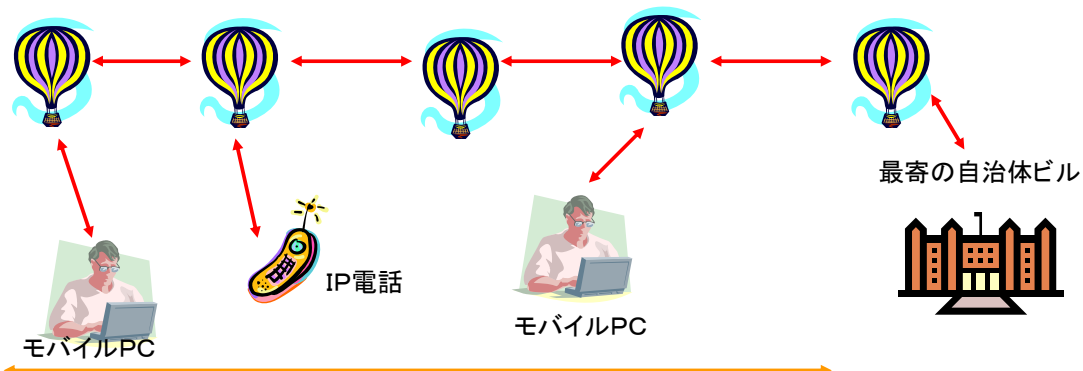


気球ワイヤレスネットワークの利用形態

山間部での災害時



被災地(平地)での利用



気球搭載全方位映像監視システム



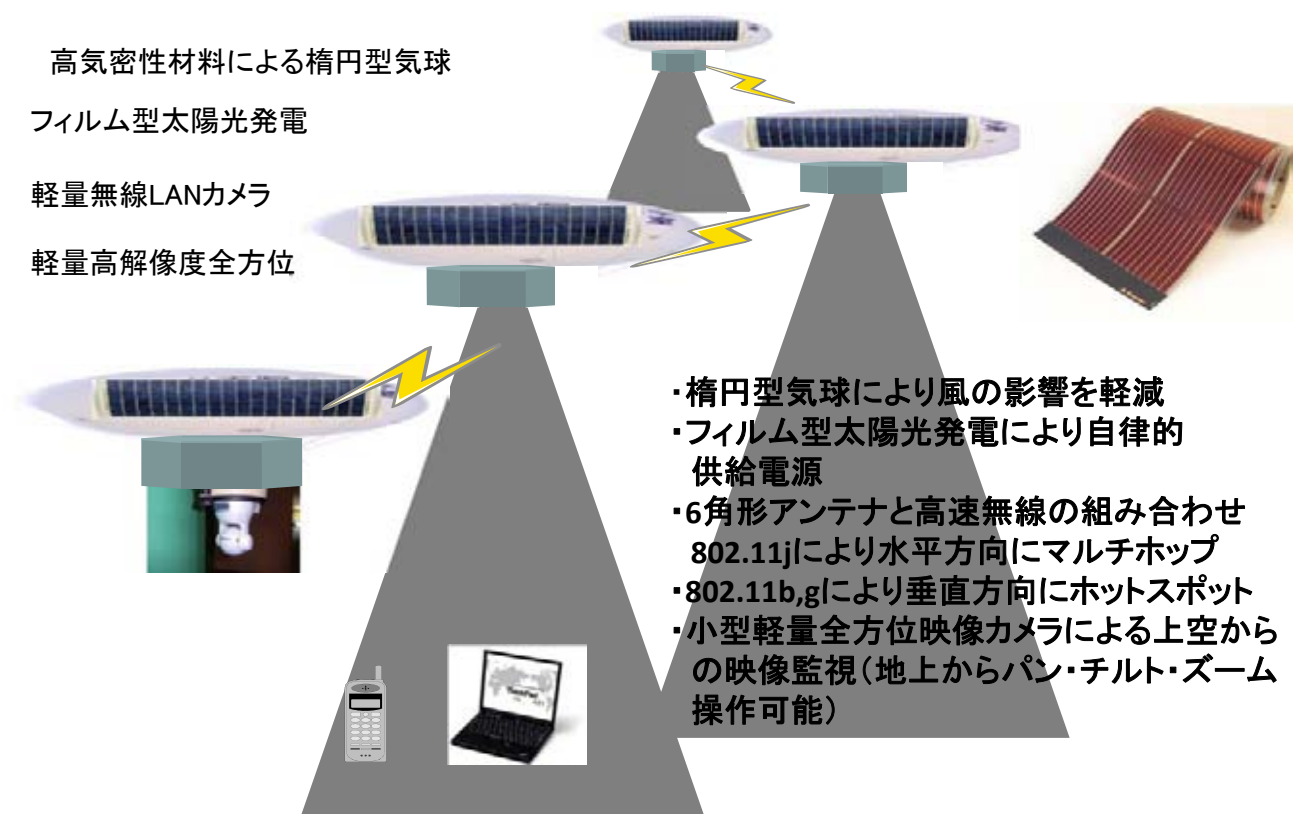
改良型気球ワイヤレスアドホックネットワーク

高気密性材料による楕円型気球

フィルム型太陽光発電

軽量無線LANカメラ

軽量高解像度全方位



災害時に求められる情報

表1: 求められる情報の時系列変化

		時刻 t						
対象	要求項目\時期	$t1$	$t2$	t_x	$t3$	$t4$	$t5$	$t6$
被災者	防災情報	△	○					
	避難情報		○		◎			
	安否情報				◎	◎	○	△
	被災状況				◎	◎	◎	
	交通情報				◎	◎	◎	
	救援物資供給状況					◎	◎	
	サービス情報					◎	◎	
	ライフライン状況					◎	◎	
支援者・親族	行政情報					◎	◎	
	安否情報				◎	◎	○	
	被災状況				◎	◎	△	
	救援物資供給状況					◎	◎	

時系列分類			
記号	状況	期	期間帯
$t1$	通常時	通常期	
$t2$	災害予測時	予兆期	発災数週間前～発災時
t_x	災害発生時	発災期	発災時
$t3$	災害発生直後	避難救援期	発災時～2日
$t4$	災害沈黙化	沈黙化期	3日～2週間
$t5$	災害復旧	復旧期	3週間以降～数ヶ月
$t6$	復興	復興期	

災害発生前後においてに必要な情報を必要ときに提供できる環境を提供する

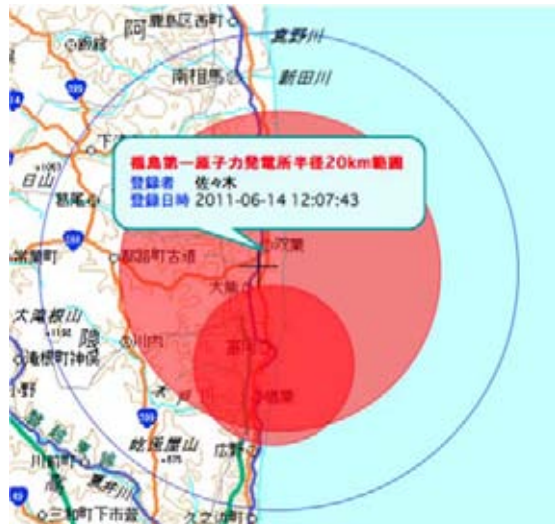
- [2] 渡部和雄, 大石貴弘他: "被災者・行政支援情報システムの研究開発", 日本災害情報学会第2回研究発表大会予稿集, pp.163-172 (2000.11)

大規模災害情報共有システム

- LaDIPS (Large Disaster Information Portal Site)
 - 災害情報を電子地図上に集約して表示する
 - 自治体の垣根を超えた情報共有が可能になる
 - 地理的背景と災害情報を同時に俯瞰可能
 - シームレスな時系列表示制御が可能

登録された災害情報の表示例2

- 原発避難区域
- 津波浸水区域



被災地情報共有システム

平成23年 東日本大震災

災害一覧へ戻る 地図のみ表示 災害情報のみ表示

表示中期間: 2011年3月11日14時46分 - 2011年07月24日21時23分

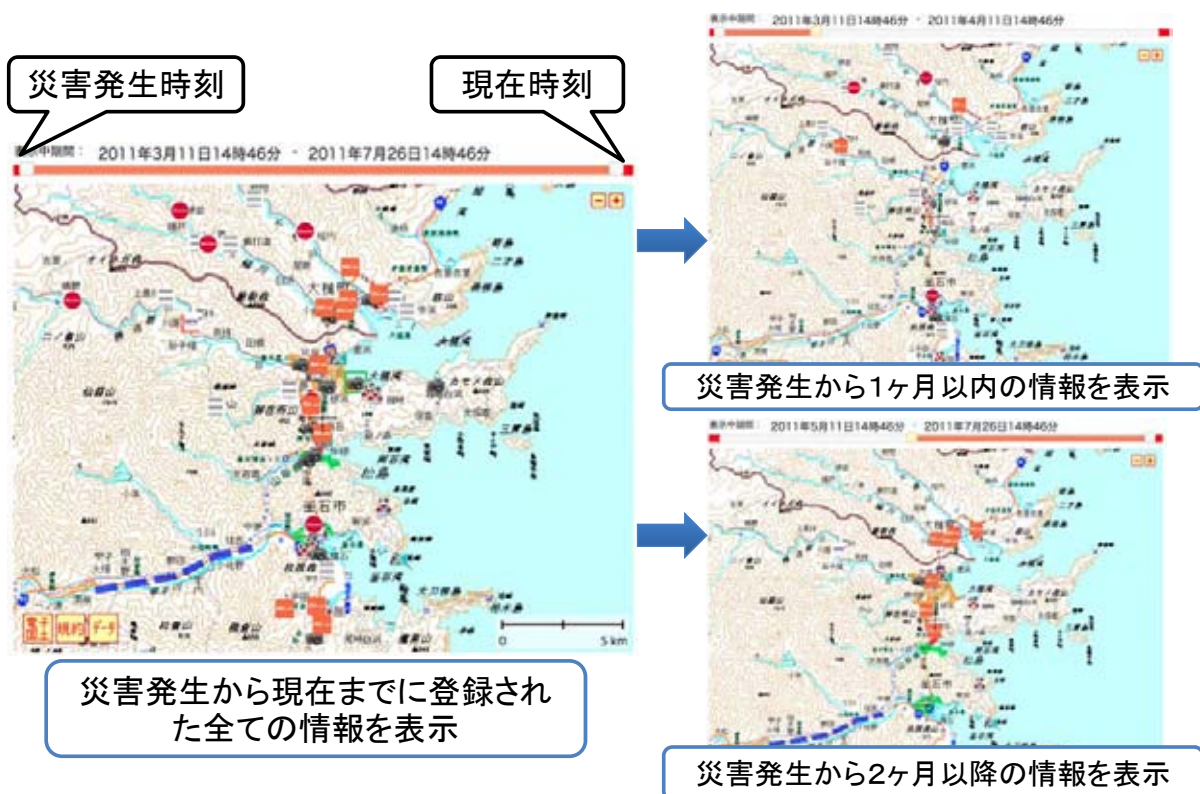
地図上のアイコンを選択すると画面右側に詳細を表示する

詳細表示 修正 更新

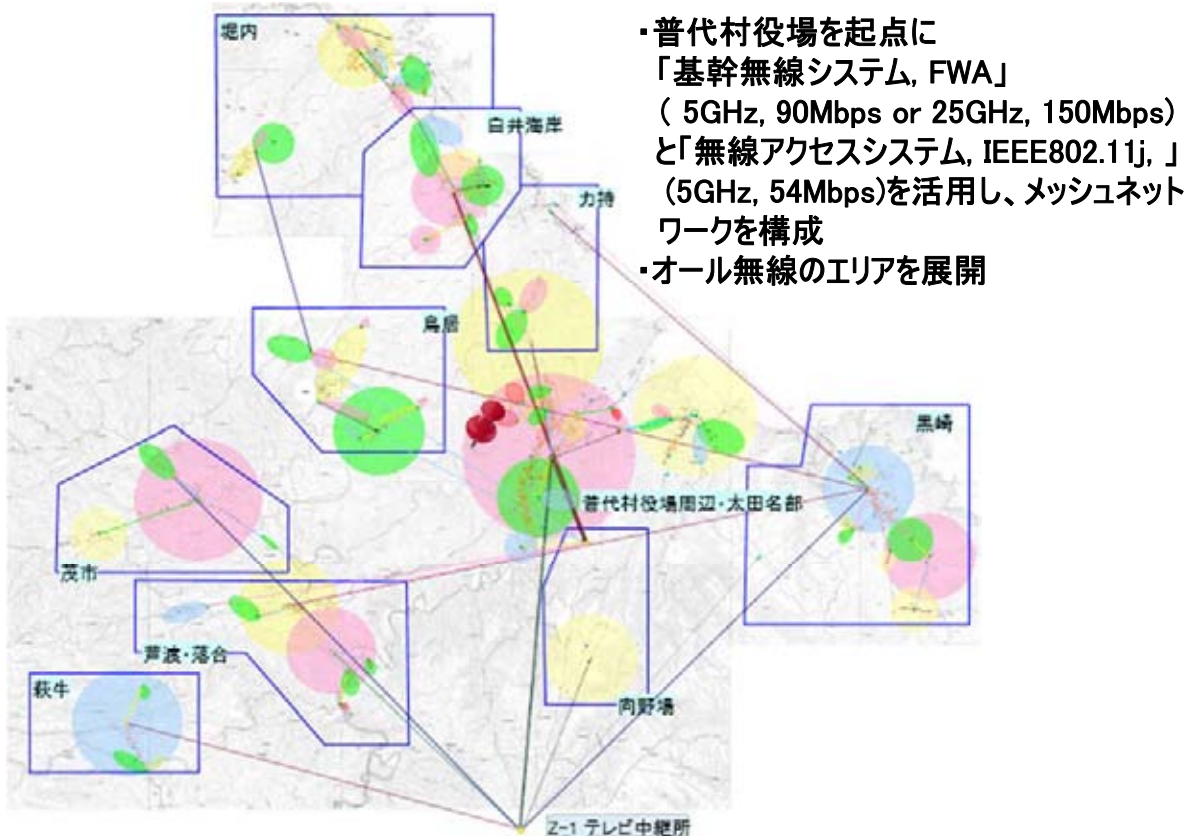
タイトル 防波堤に乗り上げた漁船
詳細 記入なし
カテゴリ 写真
登録者 佐々木
情報日時 2011年4月18日10時42分
URL 登録なし
画像

This screenshot shows the interface of the disaster information sharing system. On the left, a map displays the location of a fishing boat that ran aground on a breakwater. A callout box indicates that selecting an icon on the map will display details on the right. On the right, a form shows the details of the selected event, including the title '防波堤に乗り上げた漁船' (Fishing boat on breakwater), category '写真' (Photo), and a photo of the boat.

時系列表示機能

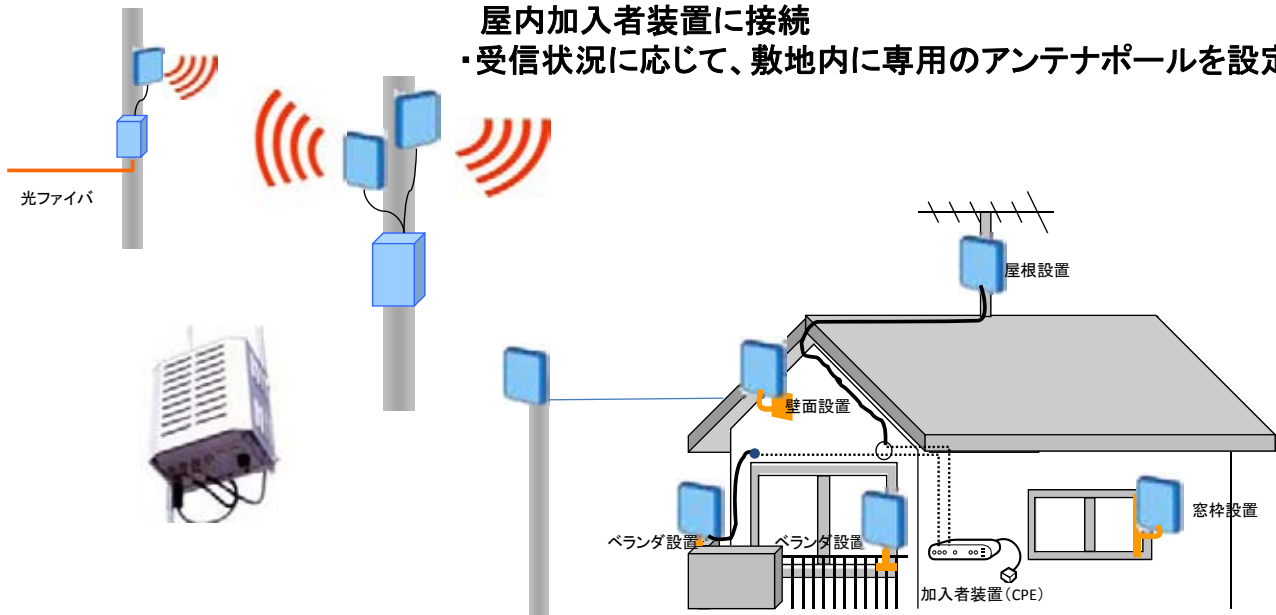


普代村 ALL Wireless Network Infrastructure

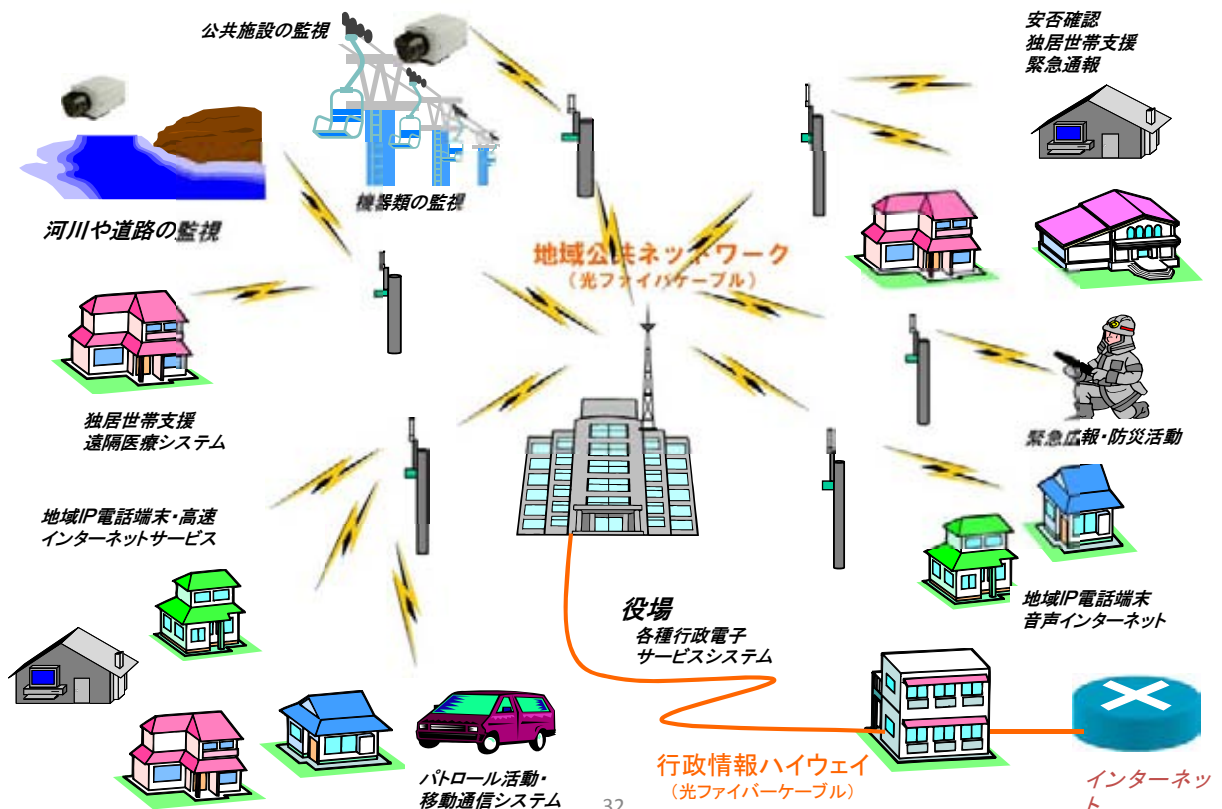


住民宅無線アクセス

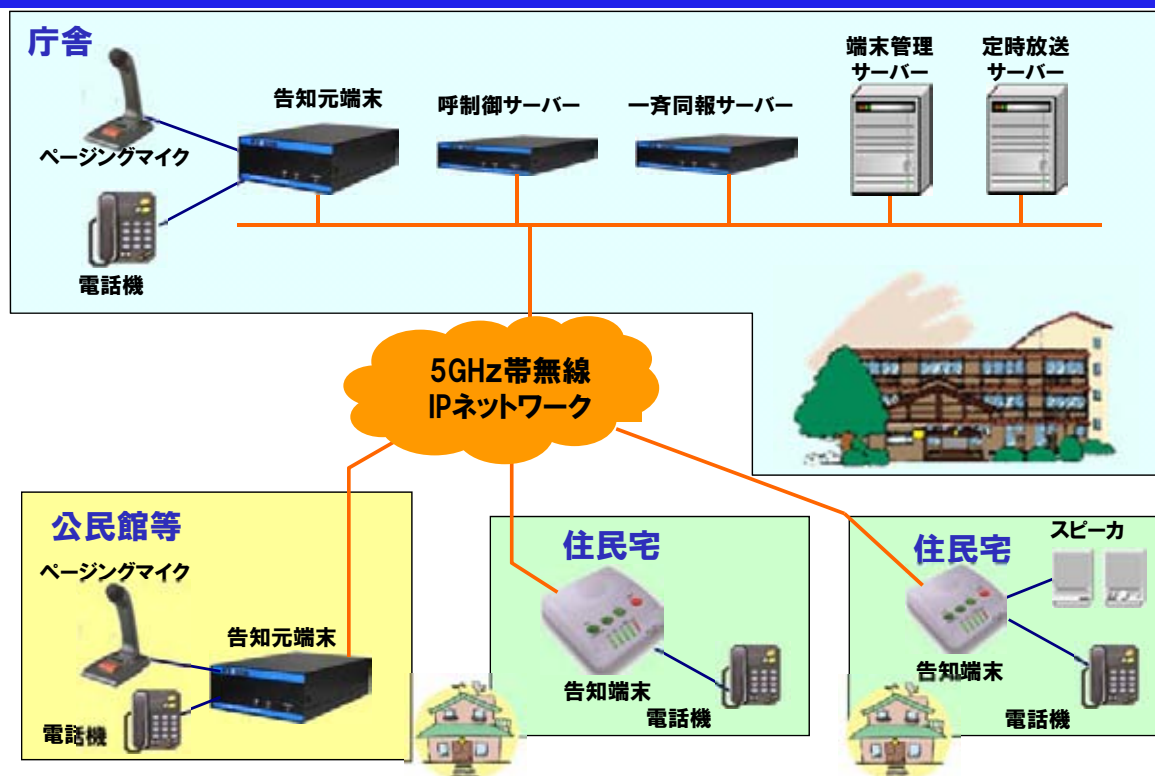
- ・屋根上(UHFアンテナポール共架も可)、壁面、ベランダ、窓枠等に設置したアンテナからエアコン用ダクト等引き込み、屋内加入者装置に接続
- ・受信状況に応じて、敷地内に専用のアンテナポールを設定



無線ネットワークシステムアプリケーション

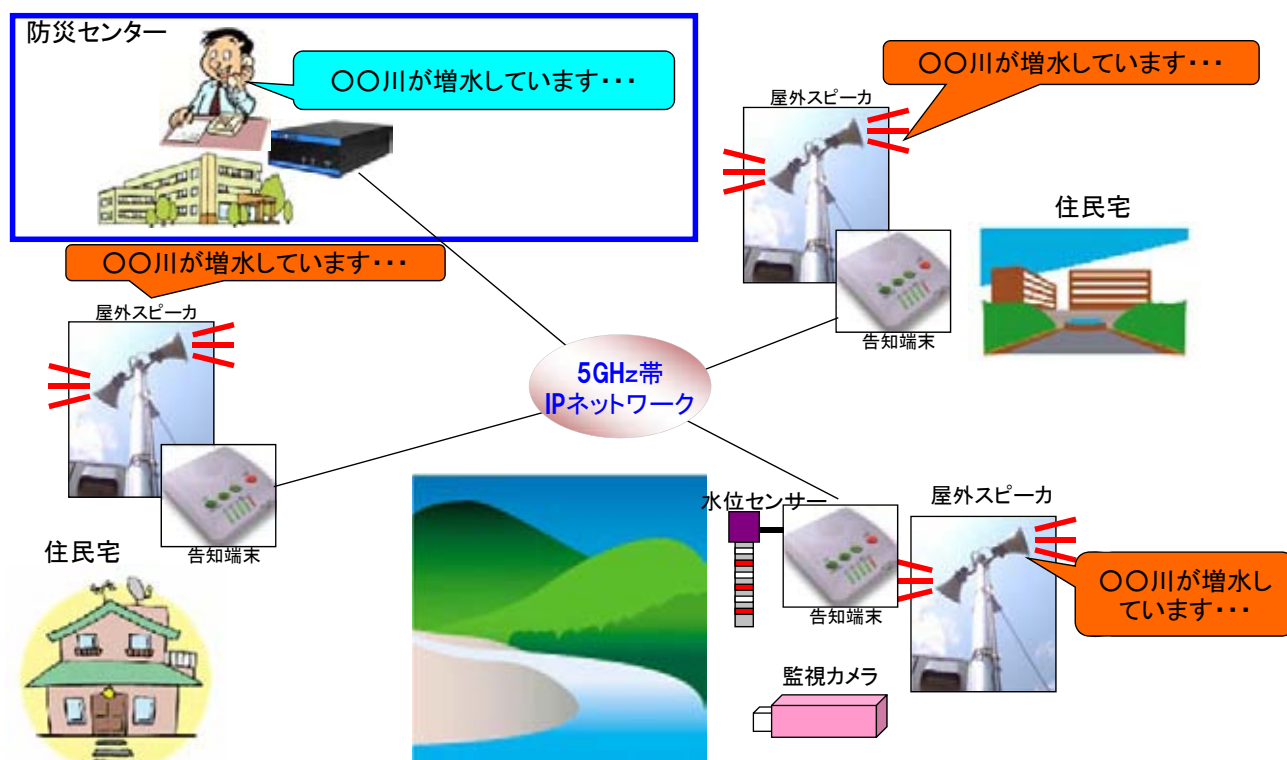


緊急情報同報告知システム



33

緊急音声同報告知システム



34

災害時に有効な通信システム

- 自律型電源供給システム
- IP衛星通信ネットワーク
- 3G＋Wi-Fi無線ネットワーク
- 気球ワイヤレスネットワーク
- コグニティブ無線ネットワーク
- 大規模災害情報共有ネットワーク
- 全方位映像通信システム
- Twitter, ブログ、SNS
- 災害クラウドシステム

大震災からの教訓

- 車はガソリンで走る。情報通信機器は電源で動く
- No news is bad news
- 昨日の学生は、今日の戦友
- 金の切れ目が、縁の切れ目。金の切れ目からが真の友
- Never give up, never die network!
- 災害は忘れる間もなくやってくる!

謝辞

- 静岡県立大学の湯瀬先生
- 岩手JSTサテライトの皆さん
- KDDI仙台の皆さん
- GFJの大橋さん
- コアテック(IPstar)の大場さん
- ドライバーの拙家一彦さん
- 地域振興室の平野課長
- 岩手県立大学ヘルプデスク(アイシーエス)の皆さん
- 宮古市役所の吉水さん、山崎さん
- 自衛隊の皆さん
- 県大学生支援本部のスタッフの皆さん