

九州ICT広域連携シンポジウムinふくおか

「大規模災害情報システムの構築と課題 ～東日本大震災からの教訓～」

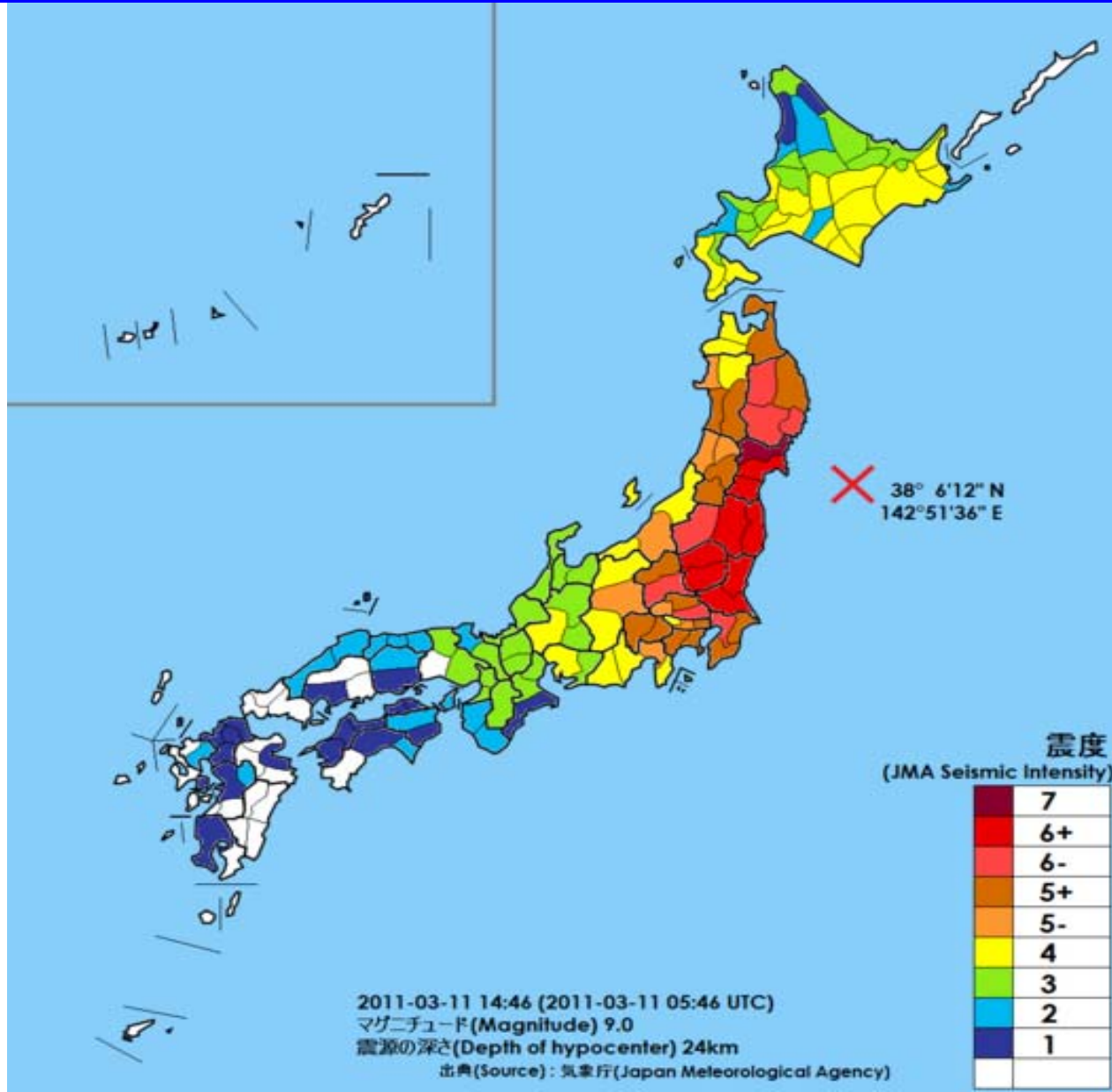
岩手県立大学ソフトウェア情報学部
教授 柴田義孝

2012年1月27日

アウトライン

- 大震災の概要
- 岩手県立大学の状況
- 三陸沿岸での通信確保
- 震災時の通信技術の有効性と問題点
- 災害時に必要とされる情報通信技術
- まとめ

東日本大震災の震度



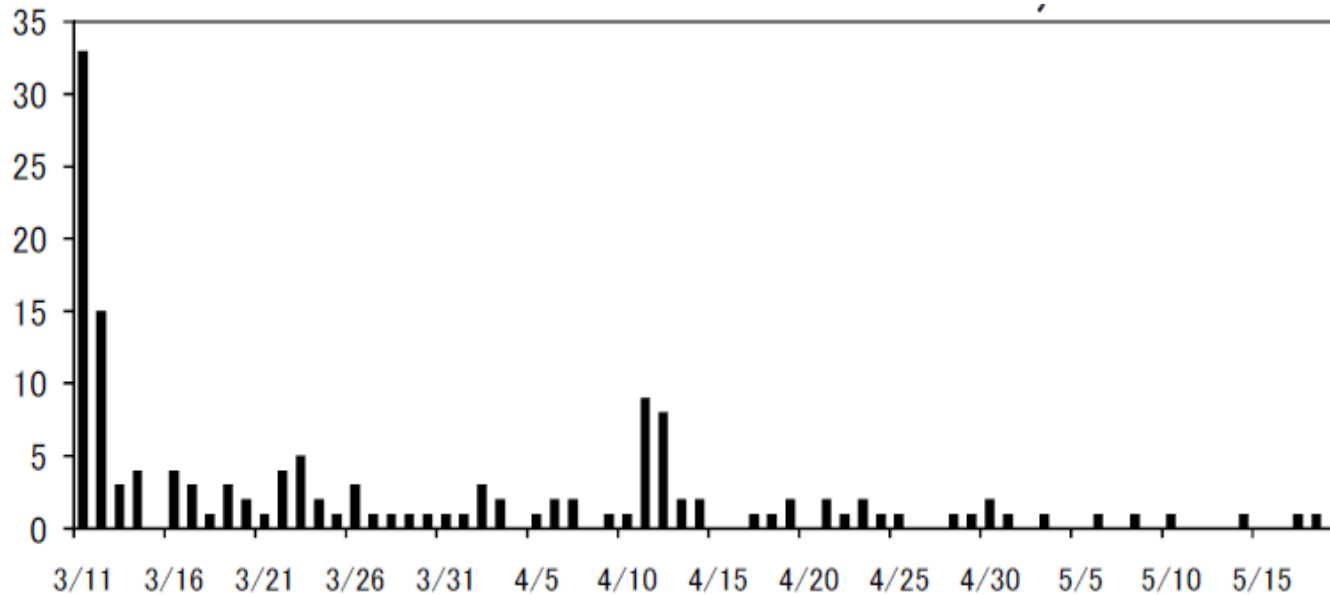
東日本大震災の規模

2011.9.11 現在

	東日本大震災	阪神・淡路大震災
マグニチュード	M9.0	M7.3
死者	15,782	6,434
行方不明者	4,086	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

震災直後からの余震頻度(震度4以上)

Number of aftershocks (Yoshin)



- 直後から震度4以上が500回発生
- 直後3/11は30回以上発生

明治以降の大地震による犠牲者一覽

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4,086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

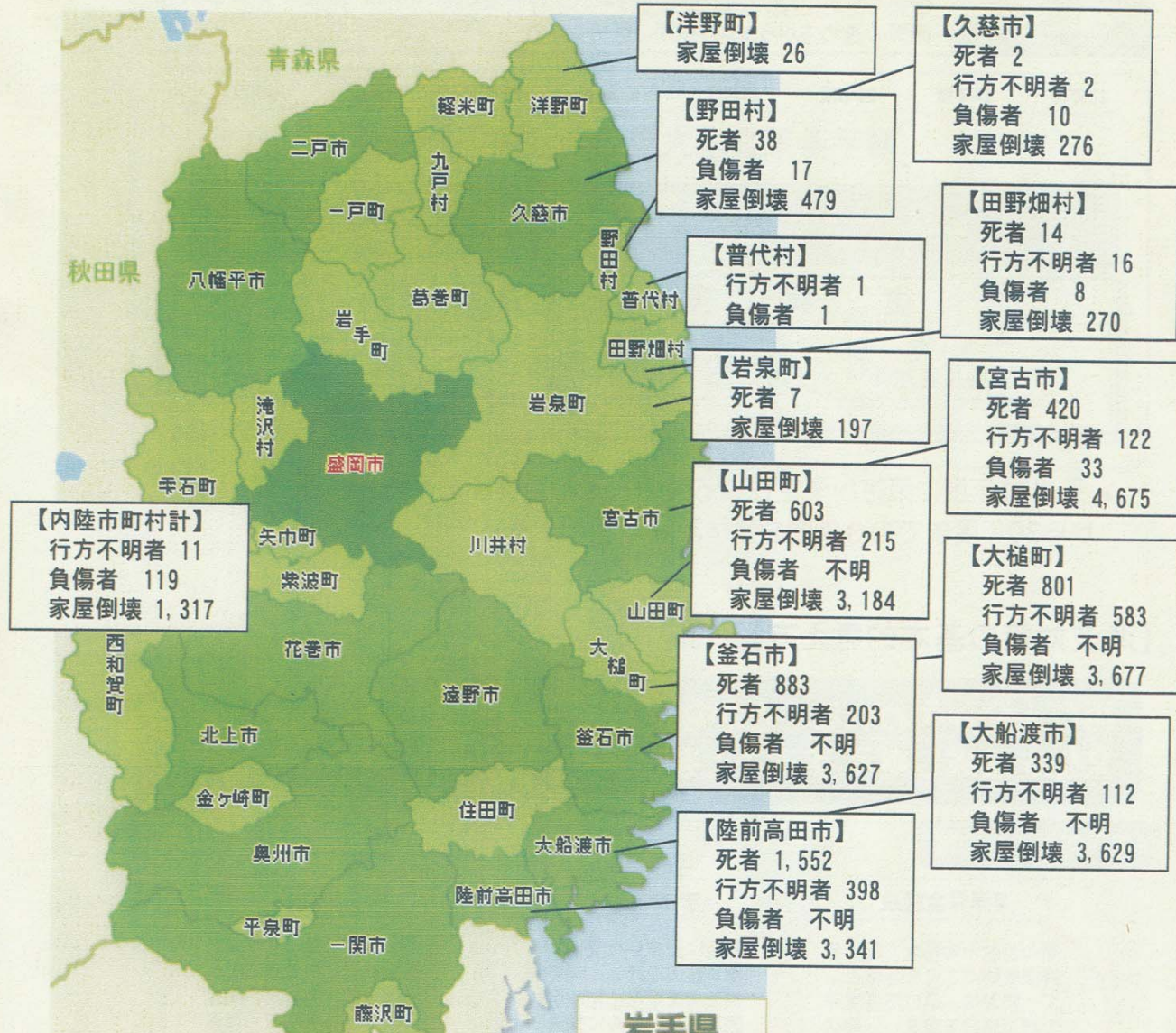
岩手県の特徴



- ・面積: 15, 200Km²
(全国第2位、四国4県に匹敵)
- ・人口: 137万人(全国37第位)
- ・山間部とリアス式沿岸が多い
- ・ブロードバンド整備率: 全国46位
- ・インターネット普及率: 全国45位
- ・地デジ: 県北の中山間部ではTVが見えない
- ・携帯電話: 山間部や沿岸部で感帯が多い
- ・超高齢化が加速している
- ・これまで災害(地震、噴火、津波、やませ等)が多発している

2011.3.11の岩手県市町村の被害状況

4 市町村別の被害状況 (平成23年9月16日現在)



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	断	断	有	有
アイーナ			維持		
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

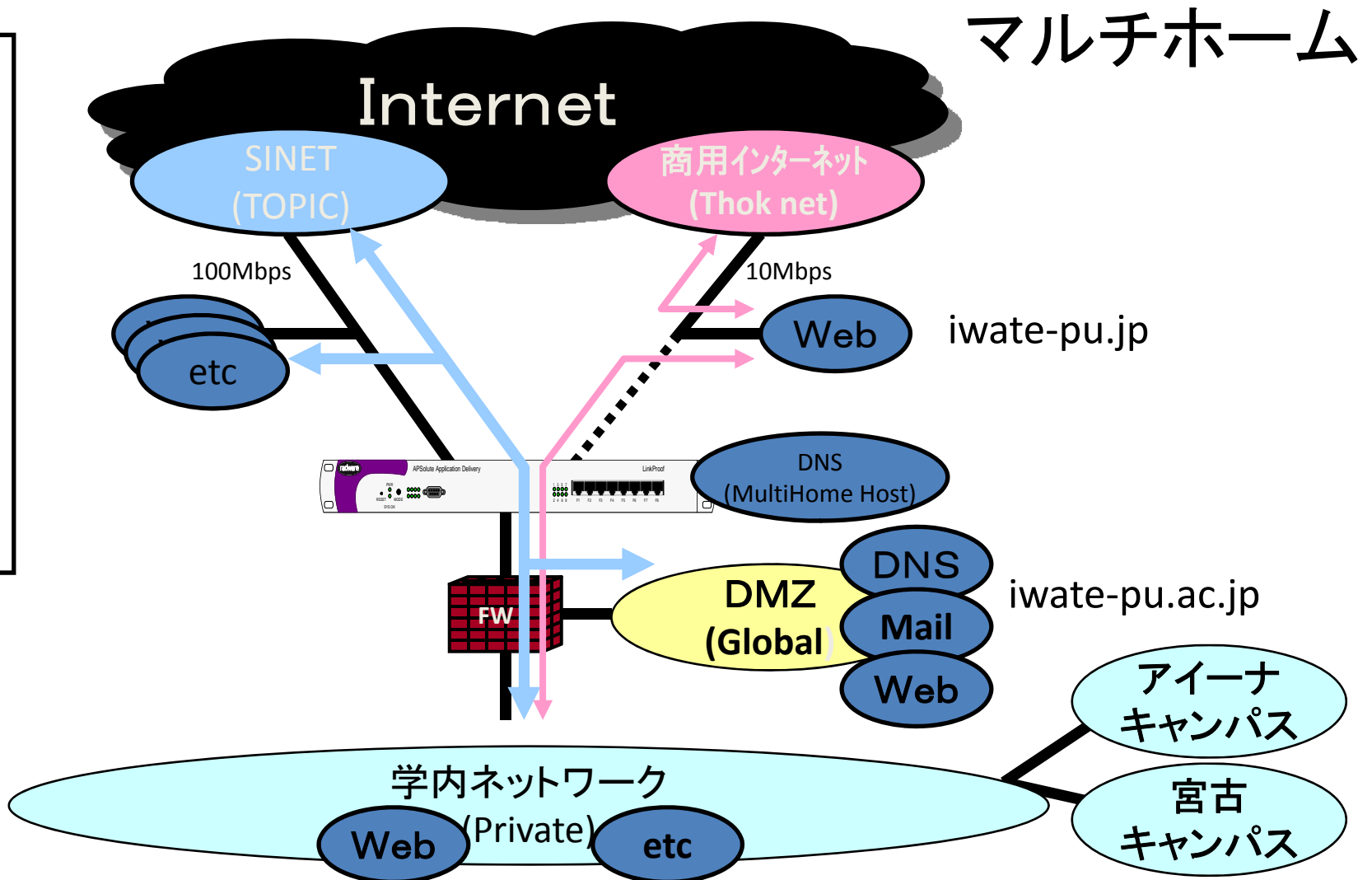
↑
発電機

↑
発電機

+
CVCF

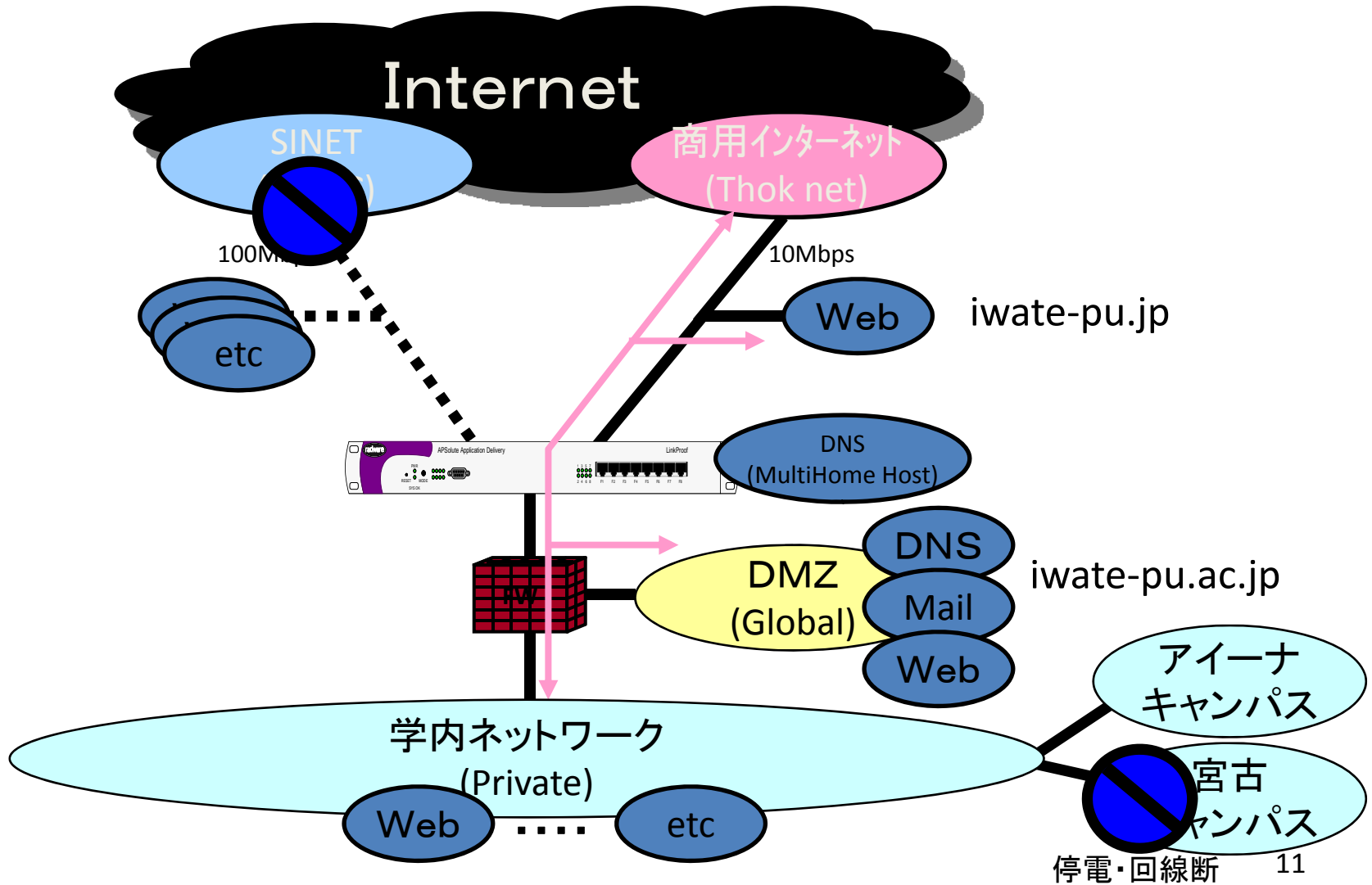
ネットワーク構成(通常時)

滝沢キャンパス



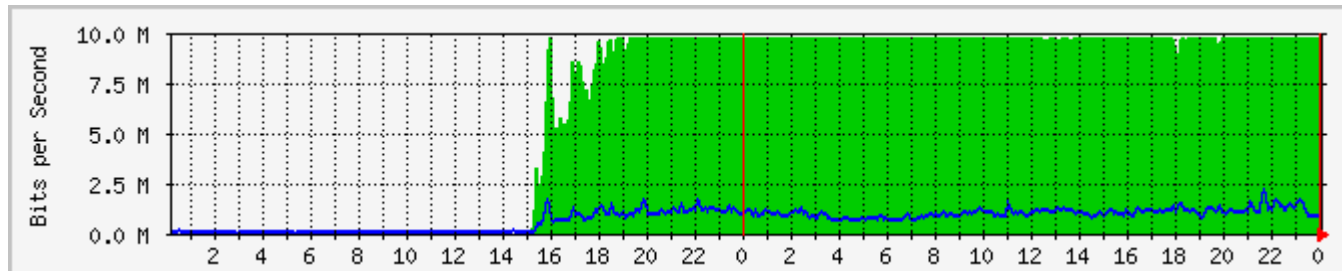
マルチホーム

ネットワーク構成(3.11 不通時)

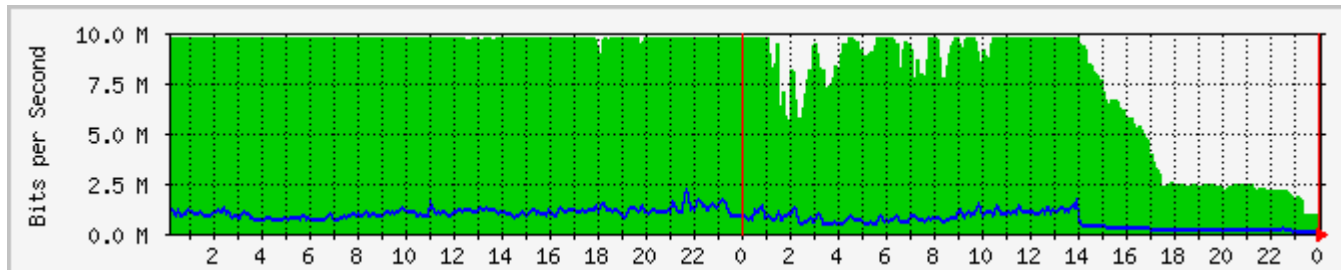


商用回線トラフィック(3/11-13)

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

柴田研究室、NPO GFJ 災害情報インフラ仮復旧の対応

協力: KDDI, コアテック(IPStar)、静岡県立大学

- 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

柴田研究室、NPO GFJ 災害情報インフラ仮復旧の対応



岩泉町役場内InternetとPC

グリーンピア田老内LAN、InternetとPC

田老漁協内InternetとPC

田老総合事務所内InternetとPC

宮古市振興局内ネットワークとPC

宮古市市役所内InternetとPC

大槌町災害対策本部内LAN,InternetとPC

命を支えるネット復活

県立大研究室と静岡の大学

災害時の情報通信などについて研究している県立大ソフトウェア情報学部の柴田義孝教授の研究室などは23日、被災により固定電話や携帯電話などの通信網が寸断されている宮古市田老の一部で、インタ

宮古・田老で環境整備

行政や避難所情報円滑化

同研究室の学生や、同大と災害時の通信で連携する静岡県立天経営情報学部の湯瀬裕昭准教授ら12人が参加。一部会社の携帯電話が使用できるグリーンピア三陸みやこでは、学生が無線LANの装置を取り付け、携帯電話回線につないでインターネットを使用でき

る環境を整備。設置したパソコン2台でインターネット接続が可能になった。避難生活を送る宮古市の加藤健さん(42)は「津波で家もパソコンも流されてしまった。避難者の情報など、自分が欲しい情報にようやくアクセスできるようになった。すいこく

れしい」と感激した。市田老総合事務所では屋外にタイの商用衛星との送受信を行うアンテナを札幌市の通信関係会社コアテックの技術者が設置。学生らがパソコンの設定を調整し、インターネット環境を整えた。同事務所はこれまで携帯電話も固定電話も

使えず、衛星携帯電話や消防無線で市災害対策本部が置かれる宮古市役所などの連絡を行ってきたが、メールでの文書のやりとりもできるようになった。

岩手・宮城内陸地震などでも通信網の復旧に携わった柴田教授は「津波により切断され有線がごとごとく使えないのが今回の災害の特徴。住民に情報が入ってこない、情報を出せない不便を実感したと思う。電源がなかったり、携帯電話はつながるがインターネットは使えないなどのままなケースがある。使える部分と使えない部分をつないで復旧していきたい」と語る。



被災地か

宮古市田老総合事務所
でインターネットが使えるようパソコンを設定する県立大生ら

東日本大震災時の情報通信手段の状況

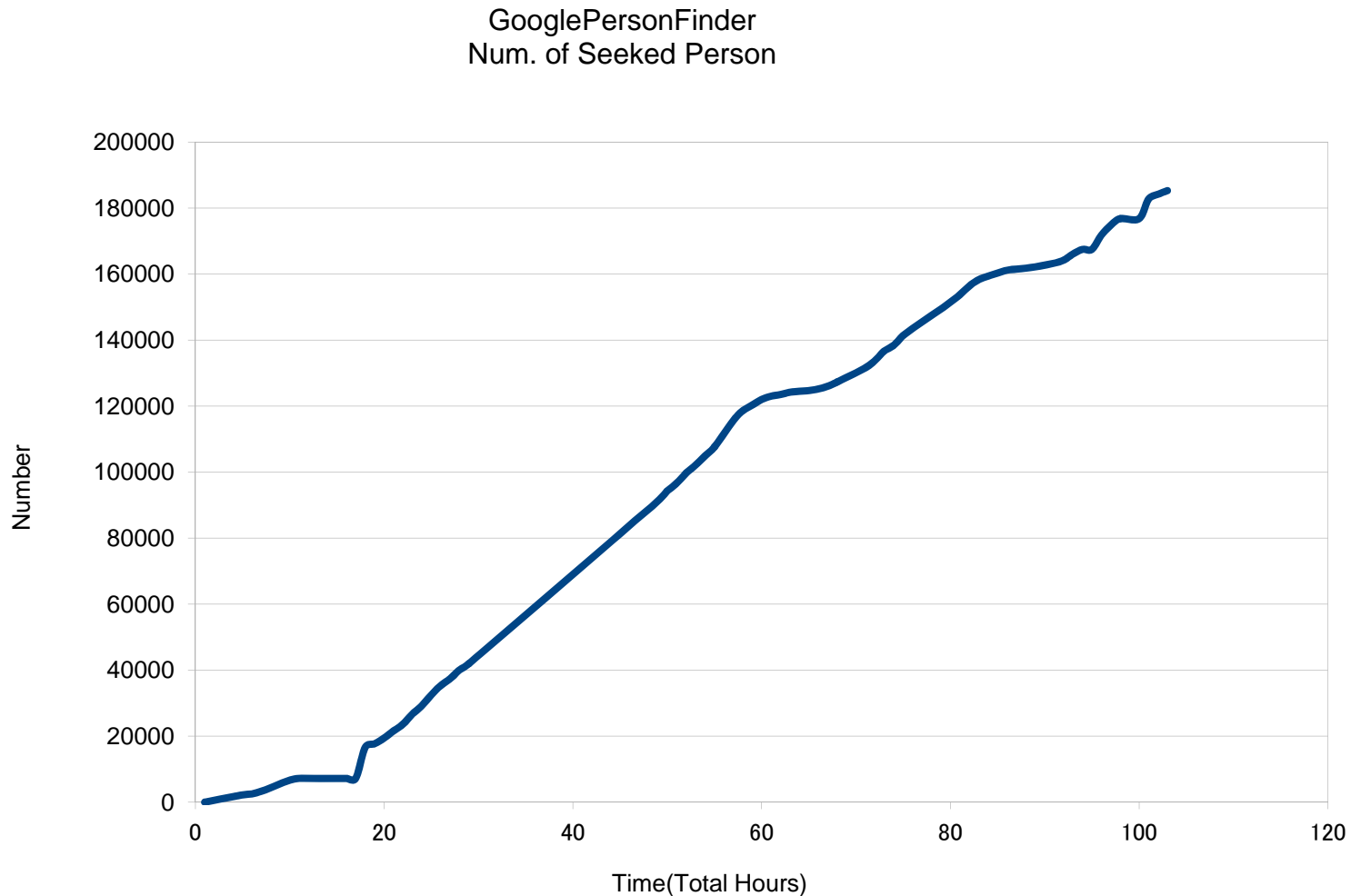
- ○ラジオ
- ×固定電話
- △携帯電話 (docomo, au, softbank)
- ×いわて情報ハイウェイ
- ×庁内LAN (各自治体)
- △防災行政無線
- ○無線LAN
- ○Internet衛星通信 (Internet)

大津波災害で問題となった点

- 自動車用が燃料の入手困難
- 通信機器の通常用および非常用電源の故障
- 通信機器やサーバの故障
- 有線通信網の破断
- 携帯網の故障や輻輳
- 防災行政無線の故障
- テレビが見れない
- 多くの避難所での安否情報は紙ベース

安否情報登録数の時間的推移

Google Person Finder



東日本大震災時のInternet利用(ヒアリングから)

- 震災前の東北地域の普及率は74.7%
- 震災直後は20%まで低下(回線が利用出来なかったため)
- 震災直後、通信回線は仮復旧に早くて1~2週間はかかった
- 避難所はもともとInternet回線が無いいため仮設回線を引かねばならなかった。
- 自治体の庁内LANが流されたため、Internet回線を仮設し、県庁や振興局間で業務を始めた。
- 住民は自治体Webサーバが利用できず情報が伝わらなかったが、Internetを通して外部との情報共有を始めた。
- 医療機関は避難所で診療所<—>中核病院、大学病院の通信路が途絶えたが、Internetを仮設復旧させて利用した。
- 災害ボランティアはInternetを利用して復旧活動を行った。
- 仮設住宅はもともと情報インフラの無いところに建設されたため、総務省が衛星やFWAなどにより仮設復旧させて利用した。

大震災から仮復旧に役だったNW

- 衛星IP通信システム(IPstar)は多くの被災地の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役所や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な生活情報(ガソリン、交通、食料等)伝達と共有に役にたった

情報インフラ復旧の次は

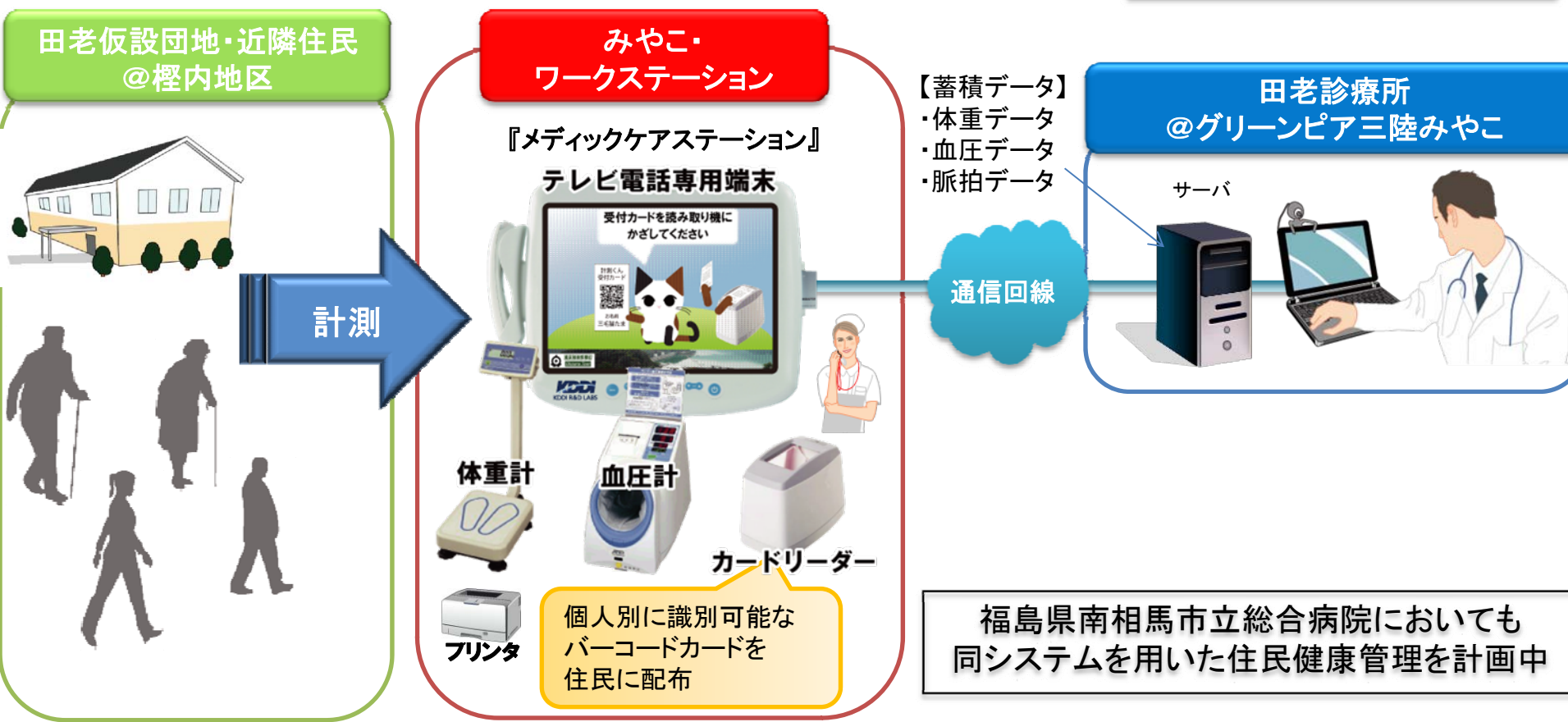
- 仮設住宅における住民の生活の確保
- 生活情報の提供システム
- 住民の医療情報システム（特にお医者様の負担軽減のため）
- 住民の健康管理（フィジカル＋メンタルシステム
- 高齢者の見守り支援システム
- 住民への雇用情報提供システム
- 児童、生徒への教育システム
- ……など

ICTによる 田老町仮設団地・近隣住民への健康管理支援

- 田老町榎内地区の施設「みやこ・ワークステーション」に、KDDI研究所が開発した遠隔健康管理支援端末『メディックケアステーション』を設置。
- この端末を田老診療所と通信回線で繋ぎ、情報連携を行う。

⇒毎日の体重・血圧・脈拍計測／個人毎のバイタルデータ蓄積が可能。
⇒田老診療所から遠隔での健康管理支援、サポートが可能。

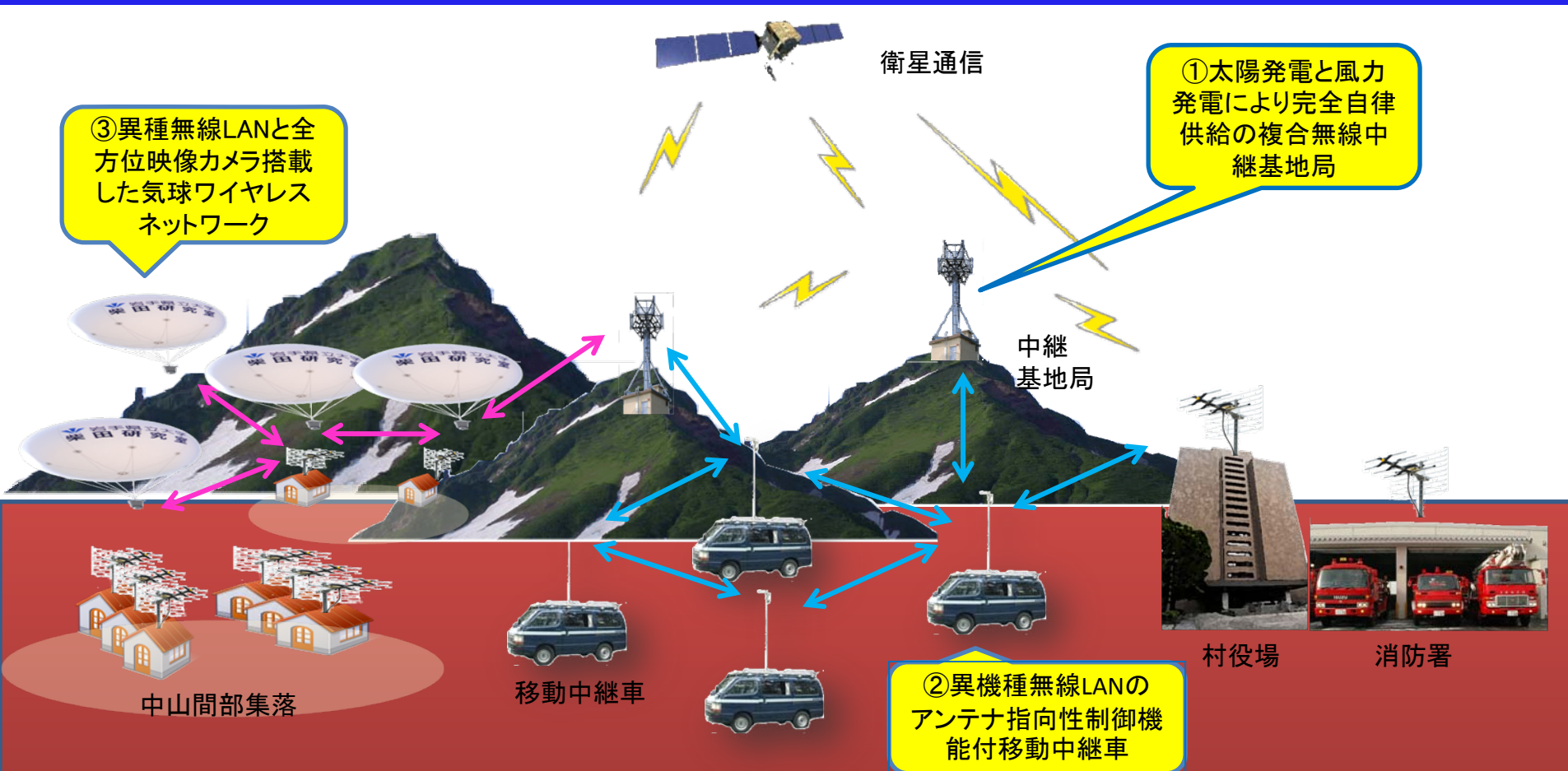
蓄積したバイタルデータは、「生活習慣病の予防」「診察時の参考データ」として活用



福島県南相馬市立総合病院においても同システムを用いた住民健康管理を計画中

必要とされる 災害時に有効な情報通信システム

コグニティブ無線をベースとした自律型情報通信ネットワーク (Never Die Network)



- 中山間地域住民の災害時の安心・安全のためのインフラ確保
- 無線をベースとした頑強で迅速に復旧可能なネットワークの実現
- 災害時の迅速な避難・安否・被災情報の収集と情報伝達
- 災害時における住民、避難所、役場間での双方向通信手段の実現
- 平常時から災害時までシームレスに利用できる情報環境

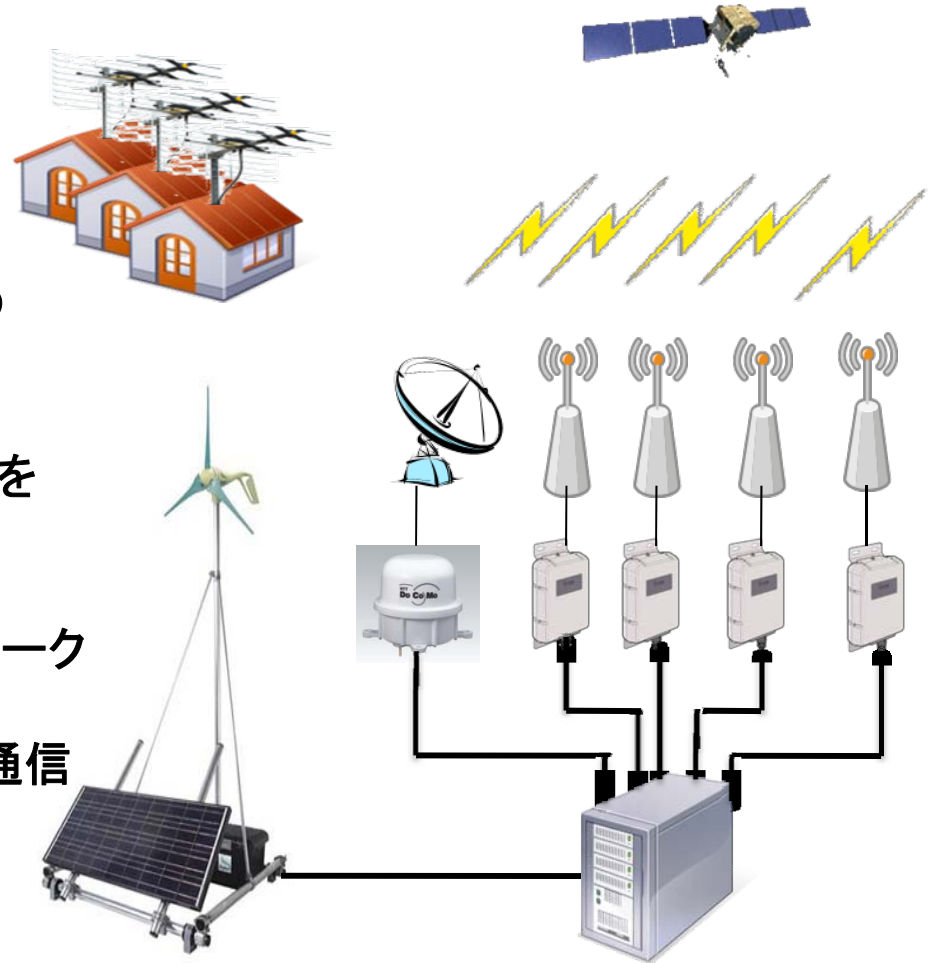
- 研究の概要
- 太陽発電と風力発電の組み合わせによる自律供給可能な中継基地局の開発
- コグニティブ無線をベースとした自律型複合無線ネットワークシステムの開発
- アンテナ指向性を最適に制御できる車載モバイル型アドホックネットワークの開発
- 上空で無線通信および映像監視可能な気球搭載型アドホックネットワークの開発
- モバイル環境や無線環境で利用可能なMobile-WIDISおよび双方向音声映像通信可能なMobile-Midfieldの開発

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



コグニティブ無線ルータ

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

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

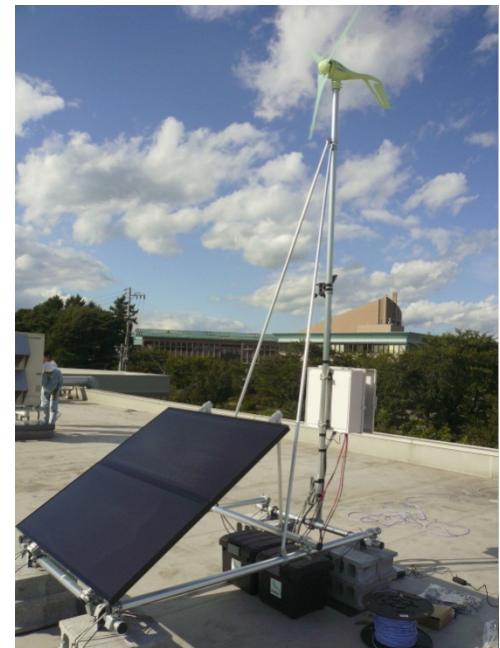
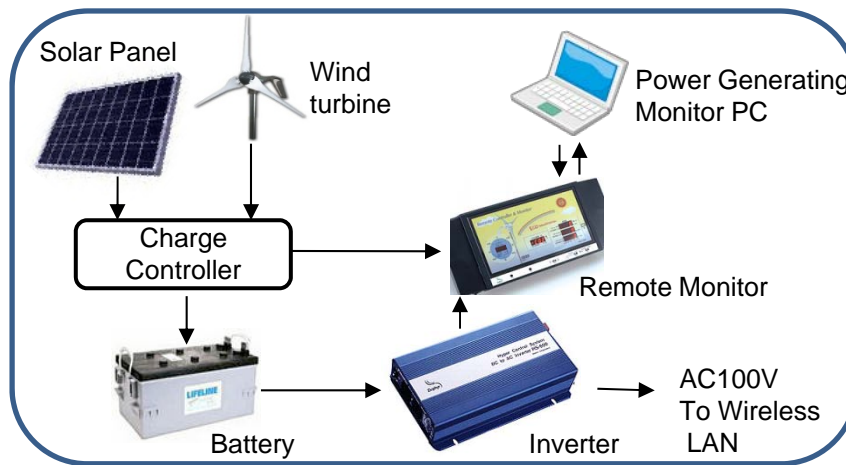
$B(k)$: 残量バッテリーエネルギー量

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

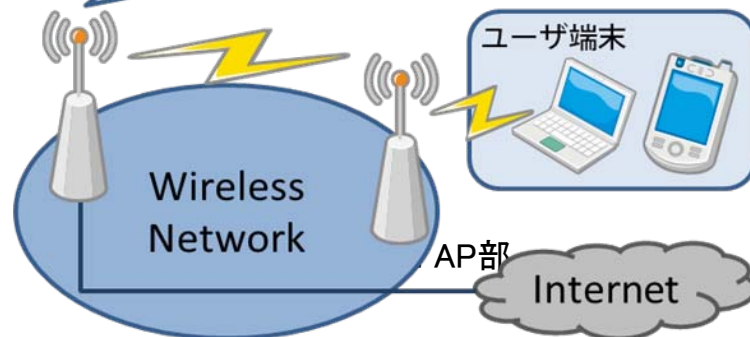
$L(k)$: $[k-1, k]$ 間における電力消費量



プロトタイプの構成

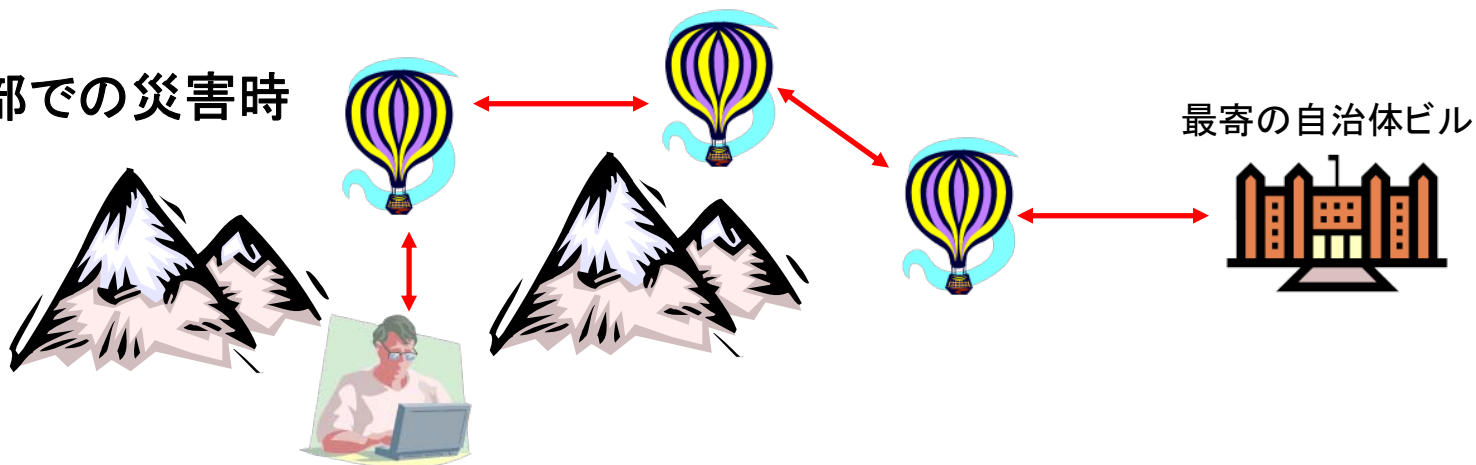
機器	仕様
無線LAN AP	アイコム製 SE-3000EA IEEE 802.11a/b/g対応無線LAN AP 消費電力 8.5~8.8W
無線LAN アンテナ	アイコム製 AH-150S 八木型指向性アンテナ 利得12dBi, 8エレメント
風力発電機	ゼファー製 Z-501 定格出力: 400W (12.5m/s時)
太陽光発電機	薄膜太陽電池 SM-100 出力: 120W (60W × 2)
バッテリー	Concord社製 GPL-27 定格容量: 27Ah, 定格電圧: 12V
IP PTZカメラ	パナソニック製 BB-HCE481 640 x 480 12fps / 320 x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

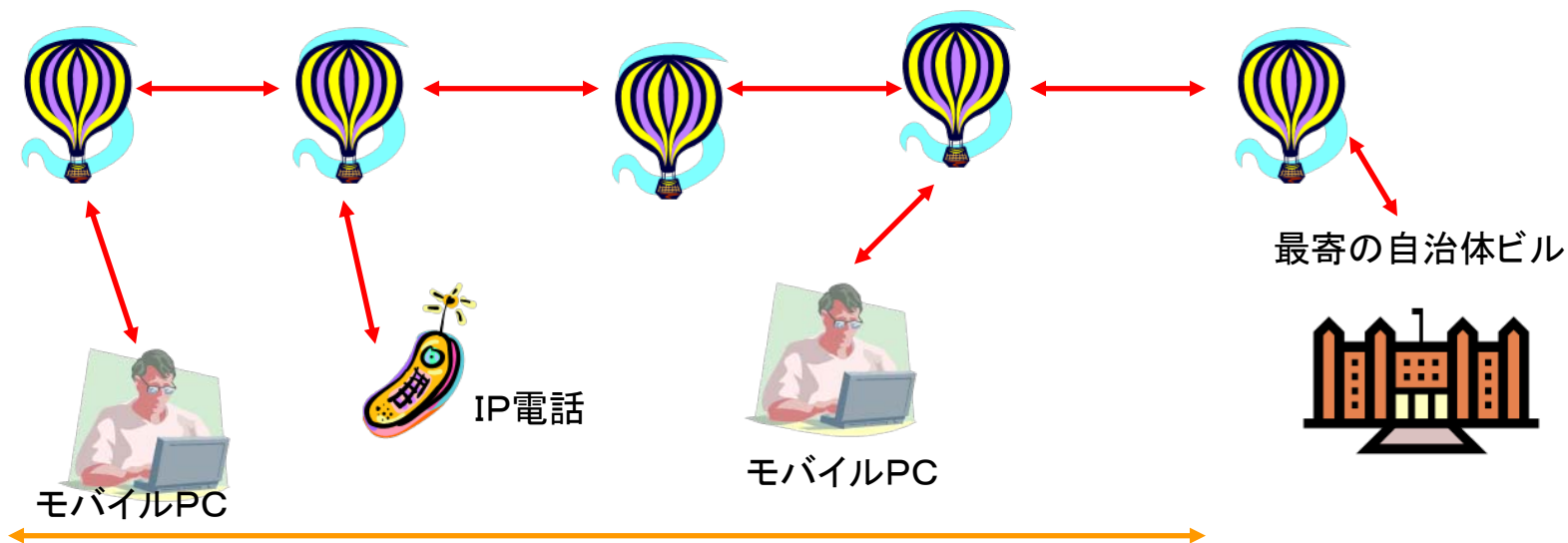


気球ワイヤレスネットワークの利用形態

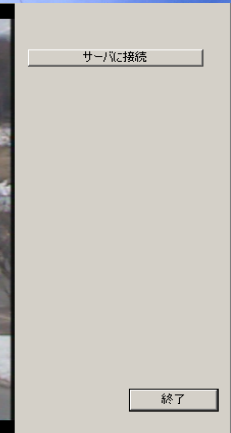
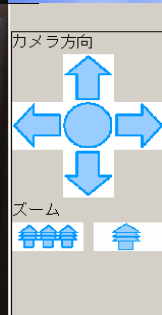
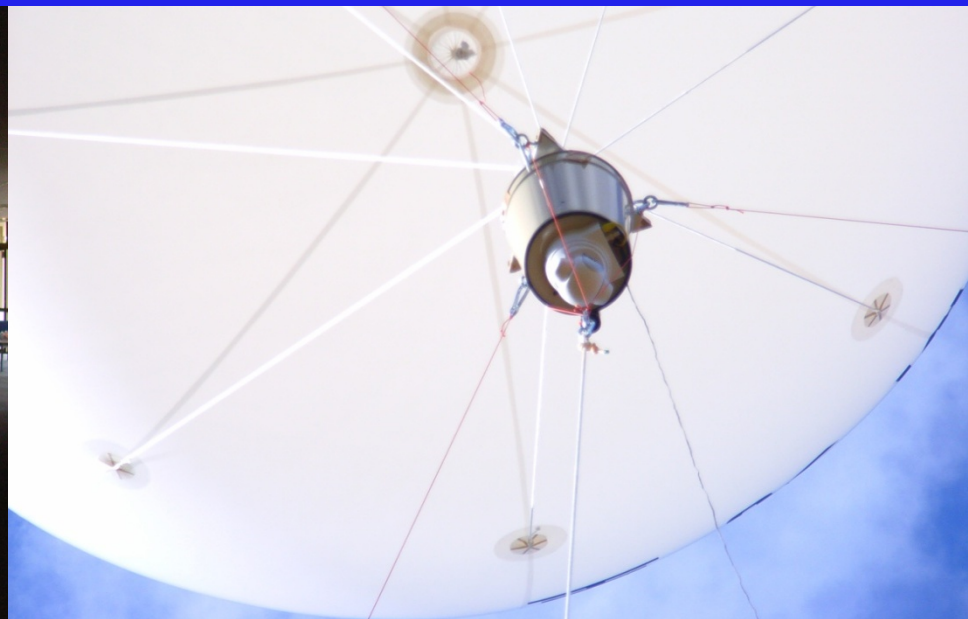
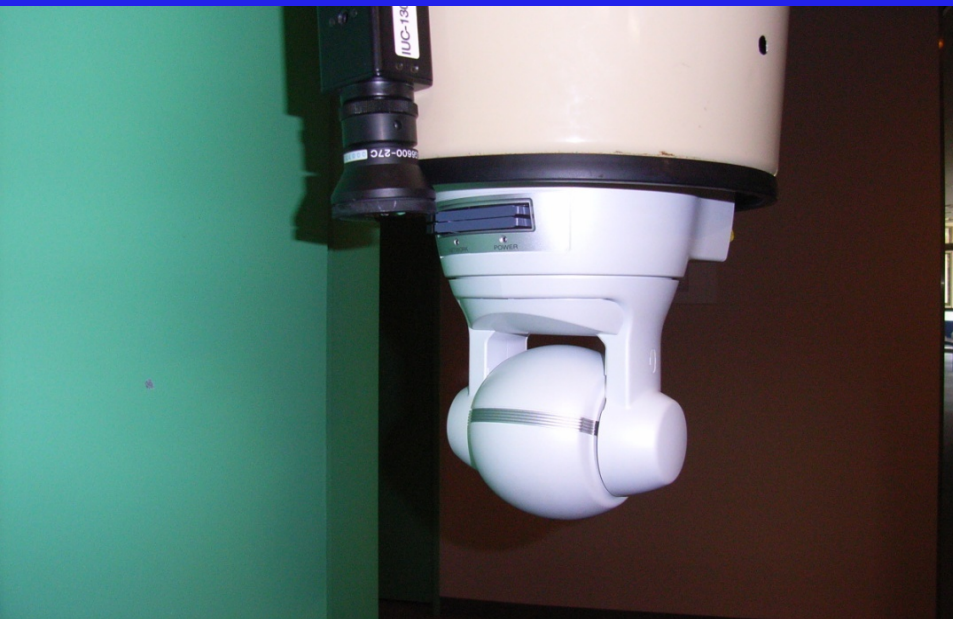
山間部での災害時



被災地(平地)での利用



気球搭載全方位映像監視システム



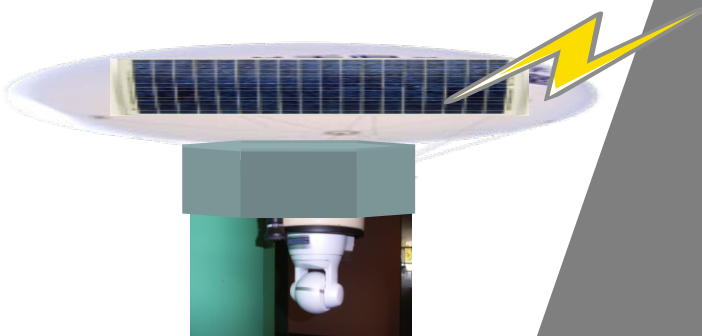
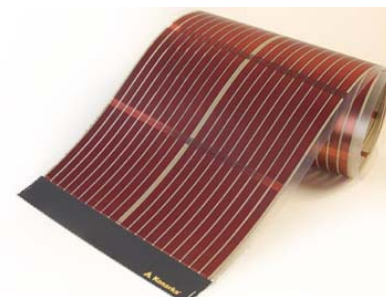
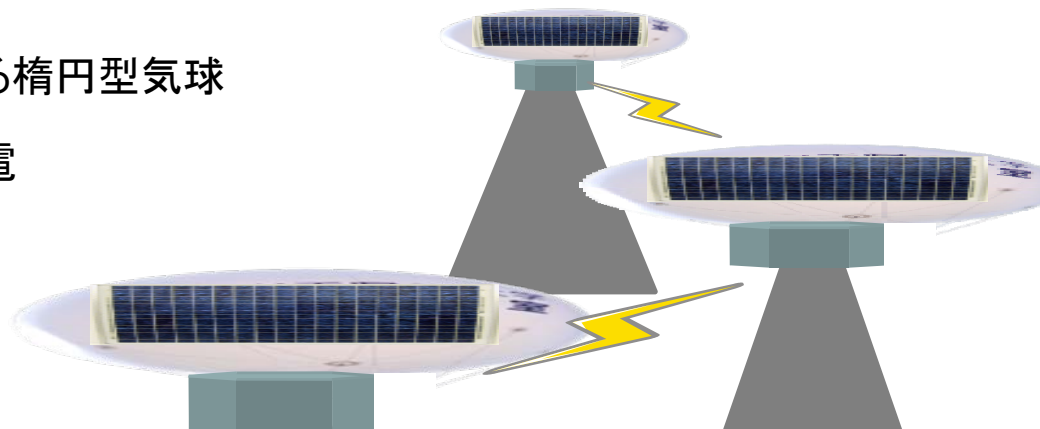
改良型気球ワイヤレスアドホックネットワーク

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



- ・楕円型気球により風の影響を軽減
- ・フィルム型太陽光発電により自律的供給電源
- ・6角形アンテナと高速無線の組み合わせ
802.11jにより水平方向にマルチホップ
- ・802.11b,gにより垂直方向にホットスポット
- ・小型軽量全方位映像カメラによる上空からの映像監視(地上からパン・チルト・ズーム操作可能)

災害時に求められる情報

災害発生時において求められる情報は時々刻々変化する

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				◎	◎	◎	
	行政情報				◎	◎	◎	
支援者・親族	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
$t4$	災害沈静化	沈静化期	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なときに提供できる環境を提供する

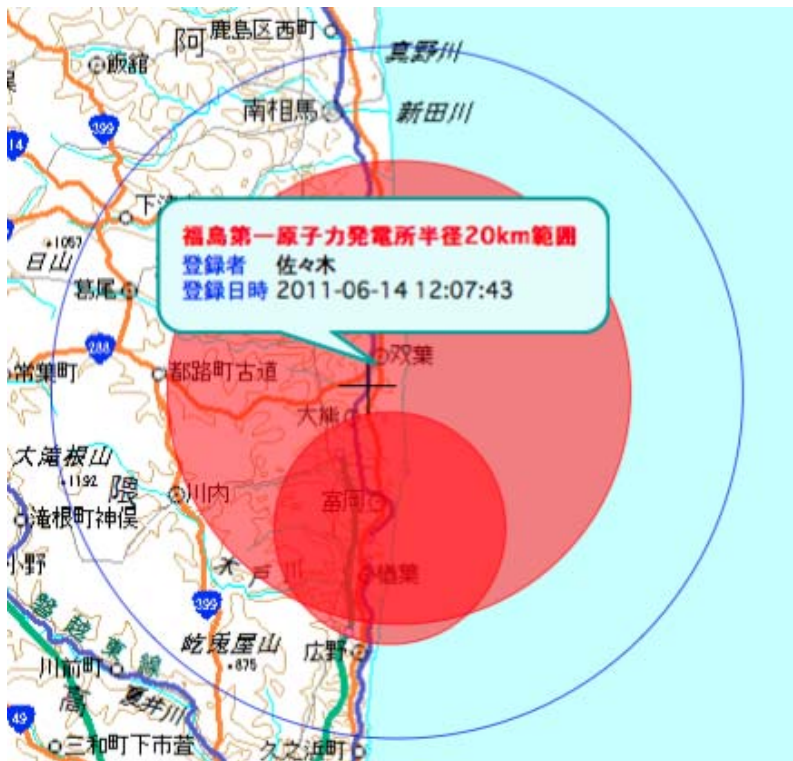
- [2] 渡部和雄, 大石貴弘他: "被災者・行政支援情報システムの研究開発", 日本災害情報学会第2回研究発表大会予稿集, pp.163-172 (2000.11)

大規模災害情報共有システム

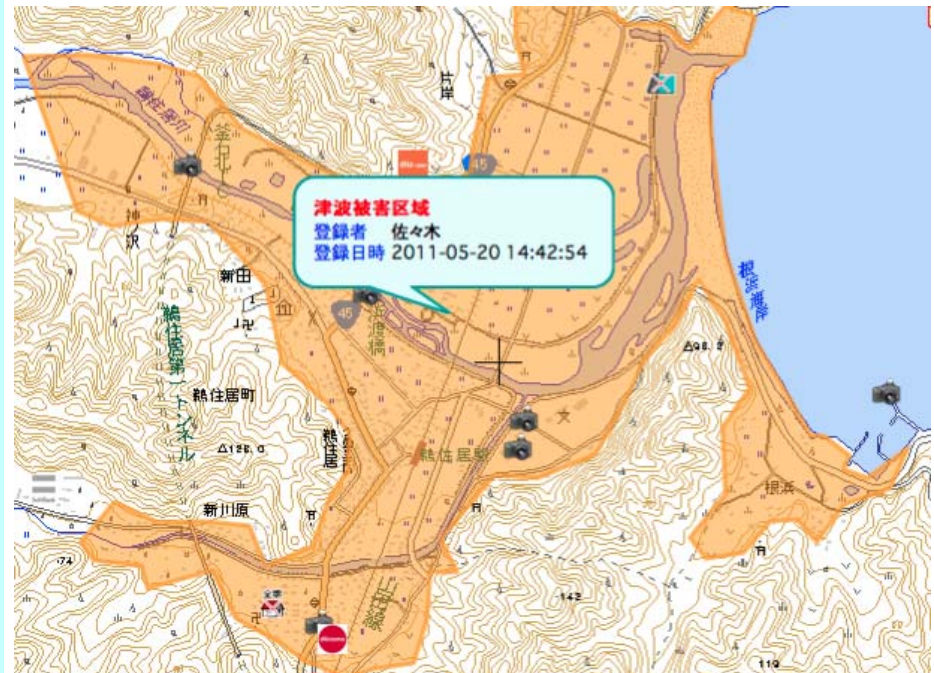
- LaDIPS (Large Disaster Information Portal Site)
 - 災害情報を電子地図上に集約して表示する
 - 自治体の垣根を超えた情報共有が可能になる
 - 地理的背景と災害情報を同時に俯瞰可能
 - シームレスな時系列表示制御が可能

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



詳細 一覧 新規登録 地名検索 設定

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



時系列表示機能

災害発生時刻

現在時刻

表示中期間： 2011年3月11日14時46分 - 2011年7月26日14時46分



災害発生から現在までに登録された全ての情報を表示

表示中期間： 2011年3月11日14時46分 - 2011年4月11日14時46分



災害発生から1ヶ月以内の情報を表示

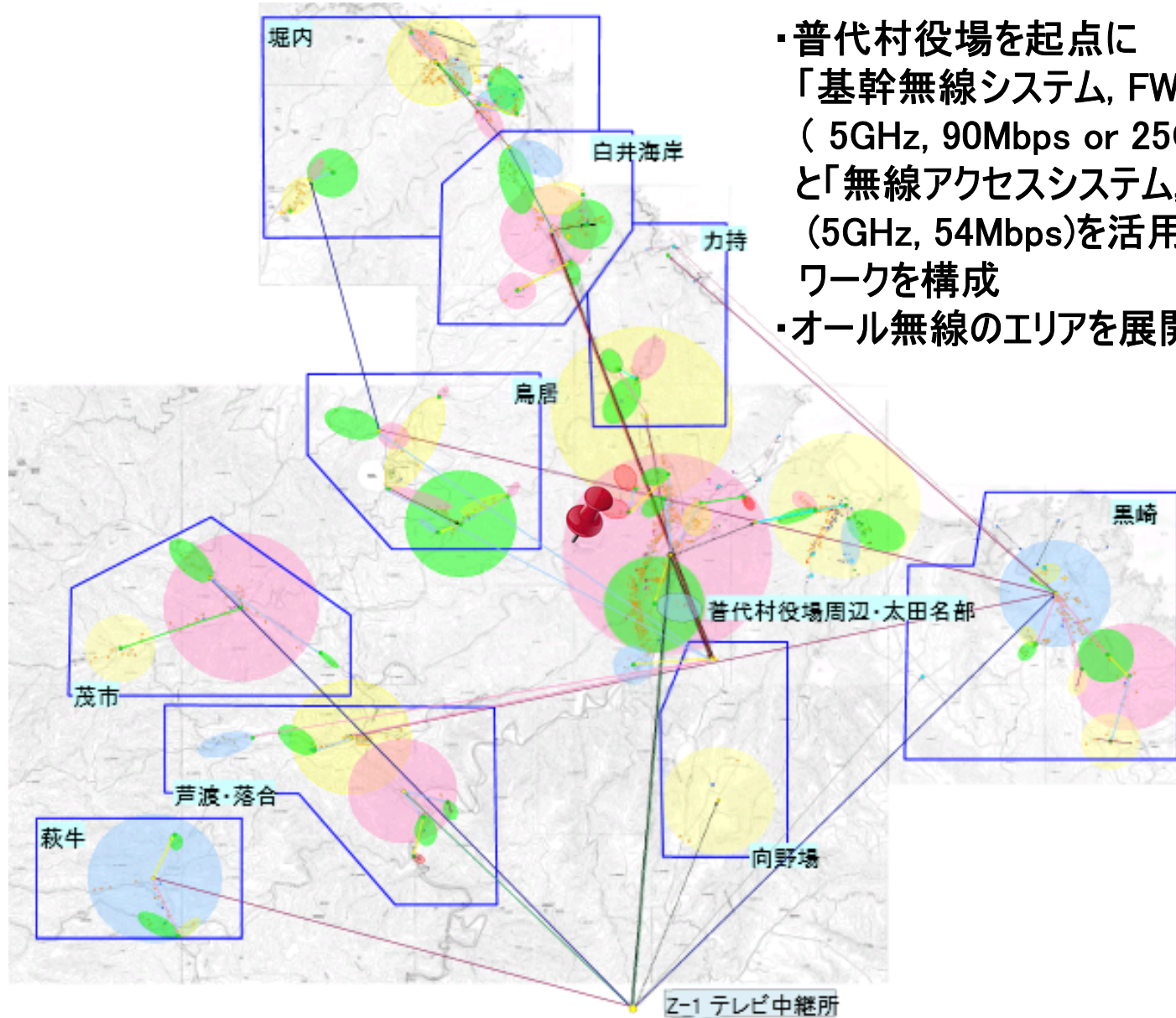
表示中期間： 2011年5月11日14時46分 - 2011年7月26日14時46分



災害発生から2ヶ月以降の情報を表示

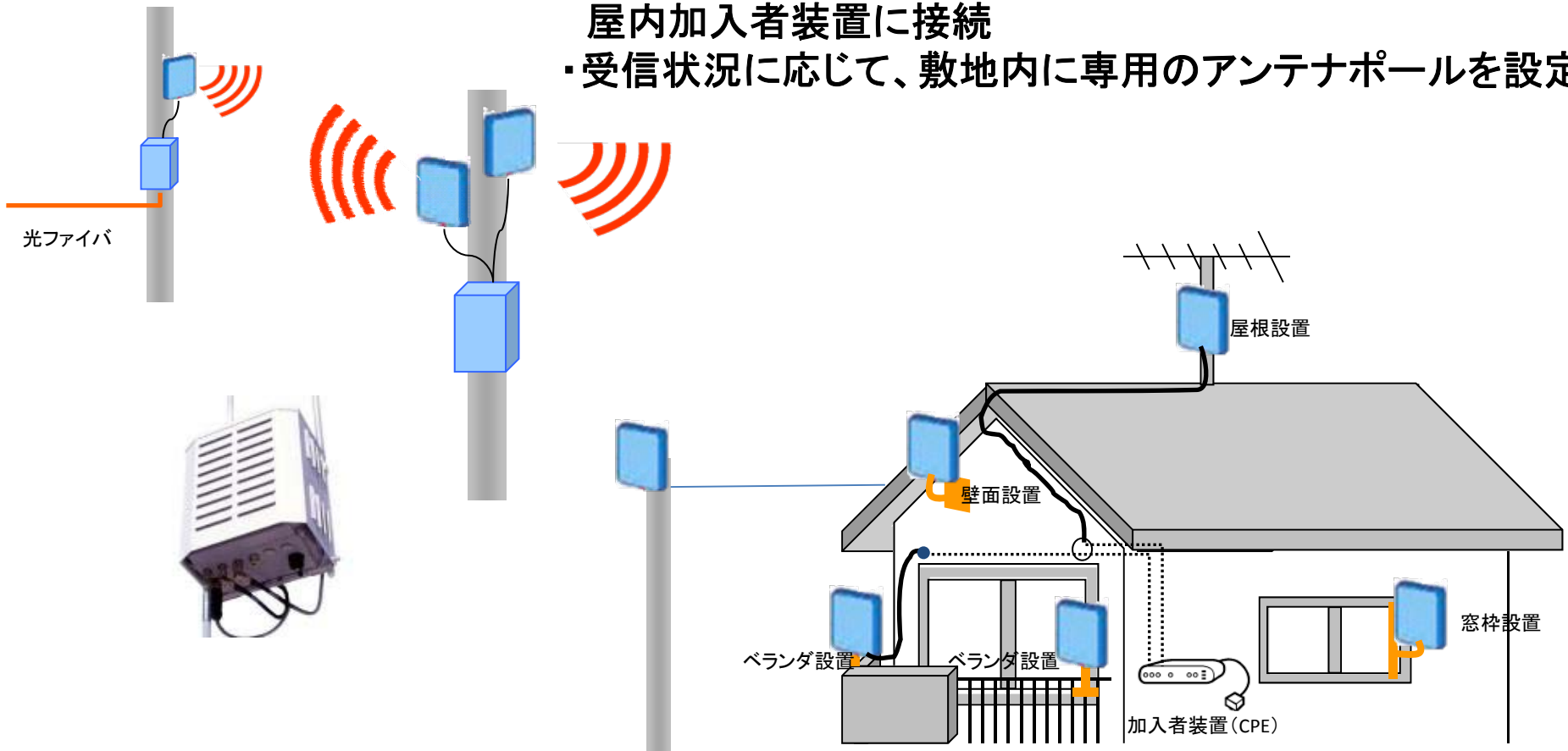
普代村 ALL Wireless Network Infrastructure

- ・普代村役場を起点に「基幹無線システム, FWA」(5GHz, 90Mbps or 25GHz, 150Mbps) と「無線アクセスシステム, IEEE802.11j, 」(5GHz, 54Mbps)を活用し、メッシュネットワークを構成
- ・オール無線のエリアを展開

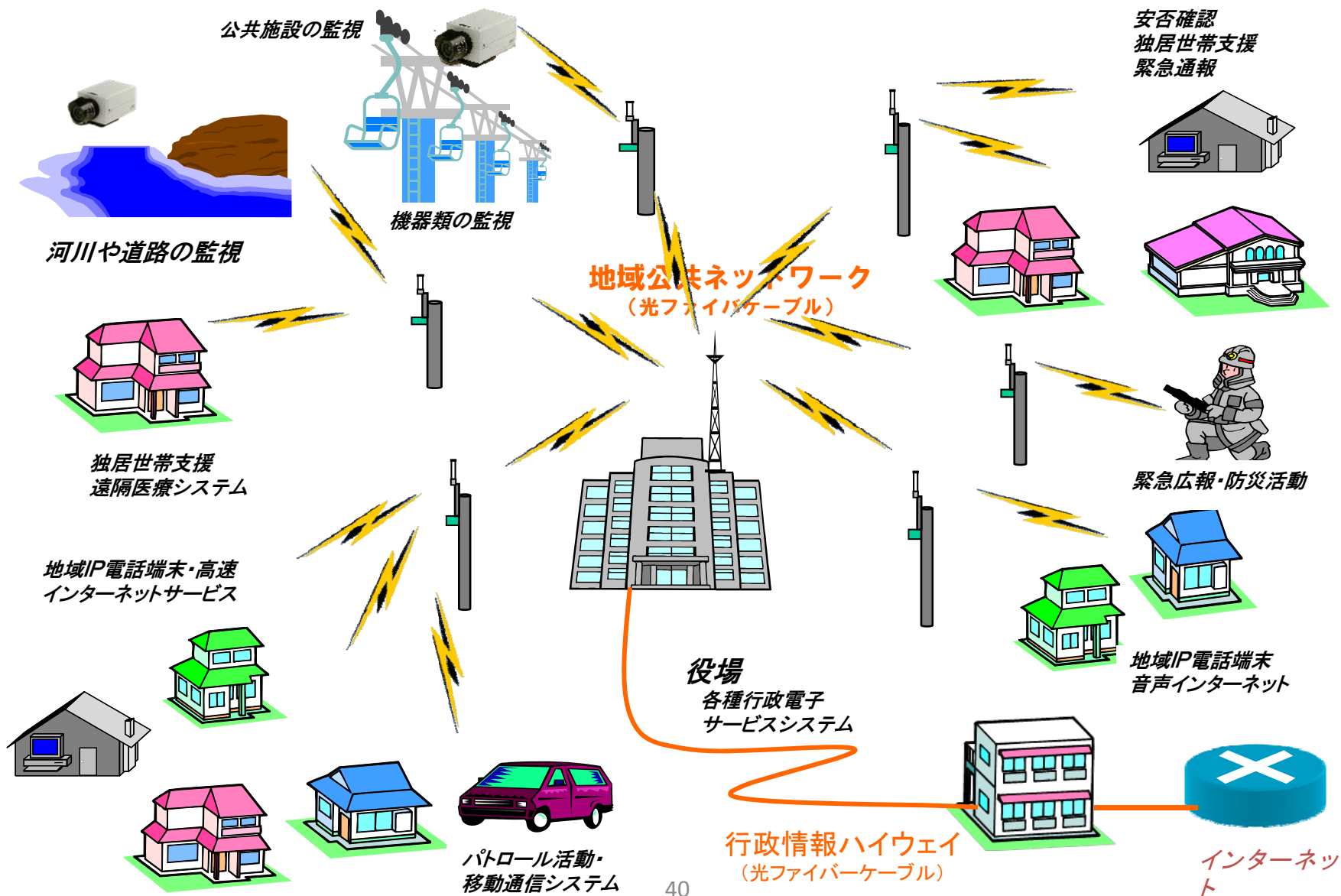


住民宅無線アクセス

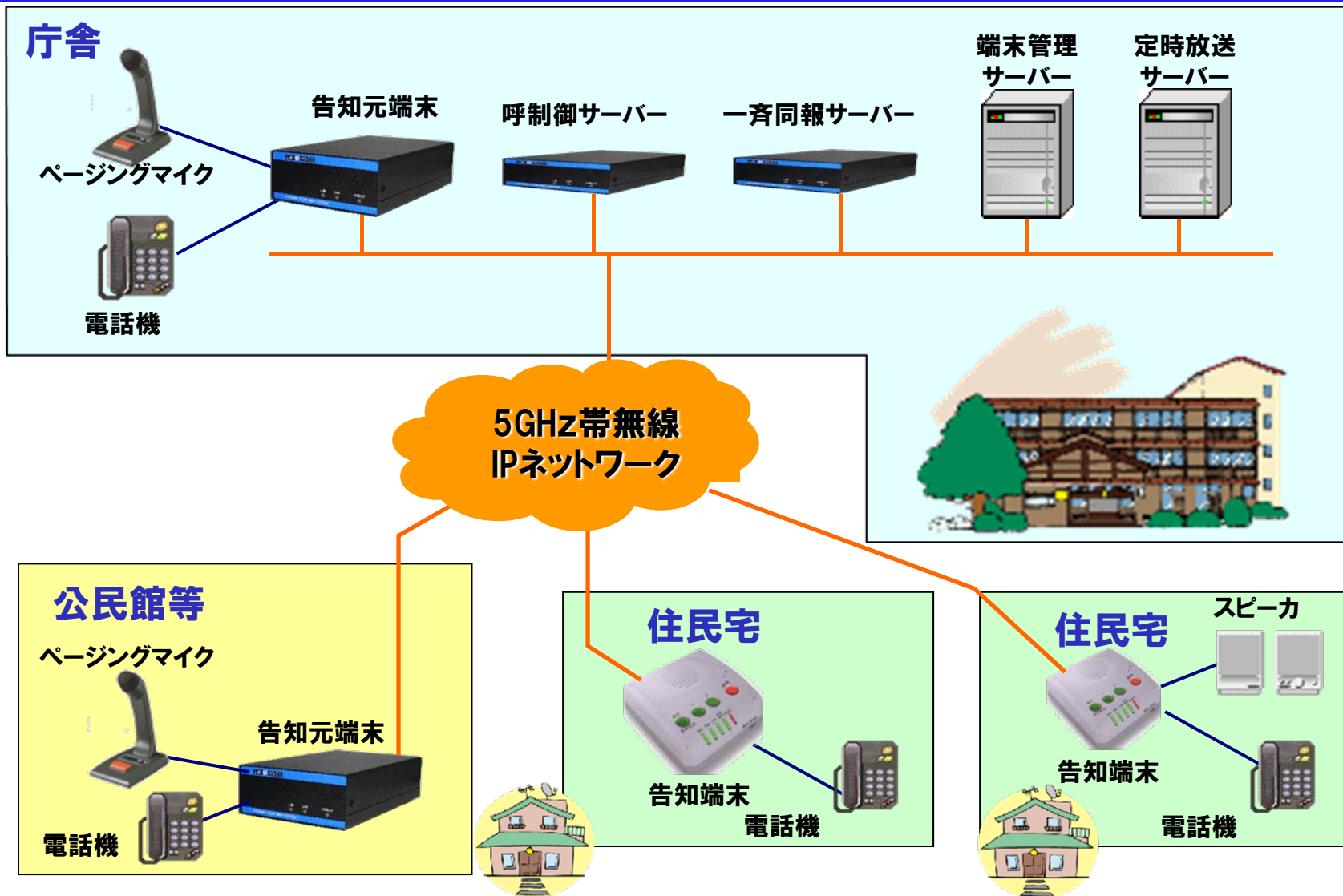
- ・屋根上 (UHFアンテナポール共架も可)、壁面、ベランダ、窓枠等に設置したアンテナからエアコン用ダクト等引き込み、屋内加入者装置に接続
- ・受信状況に応じて、敷地内に専用のアンテナポールを設定



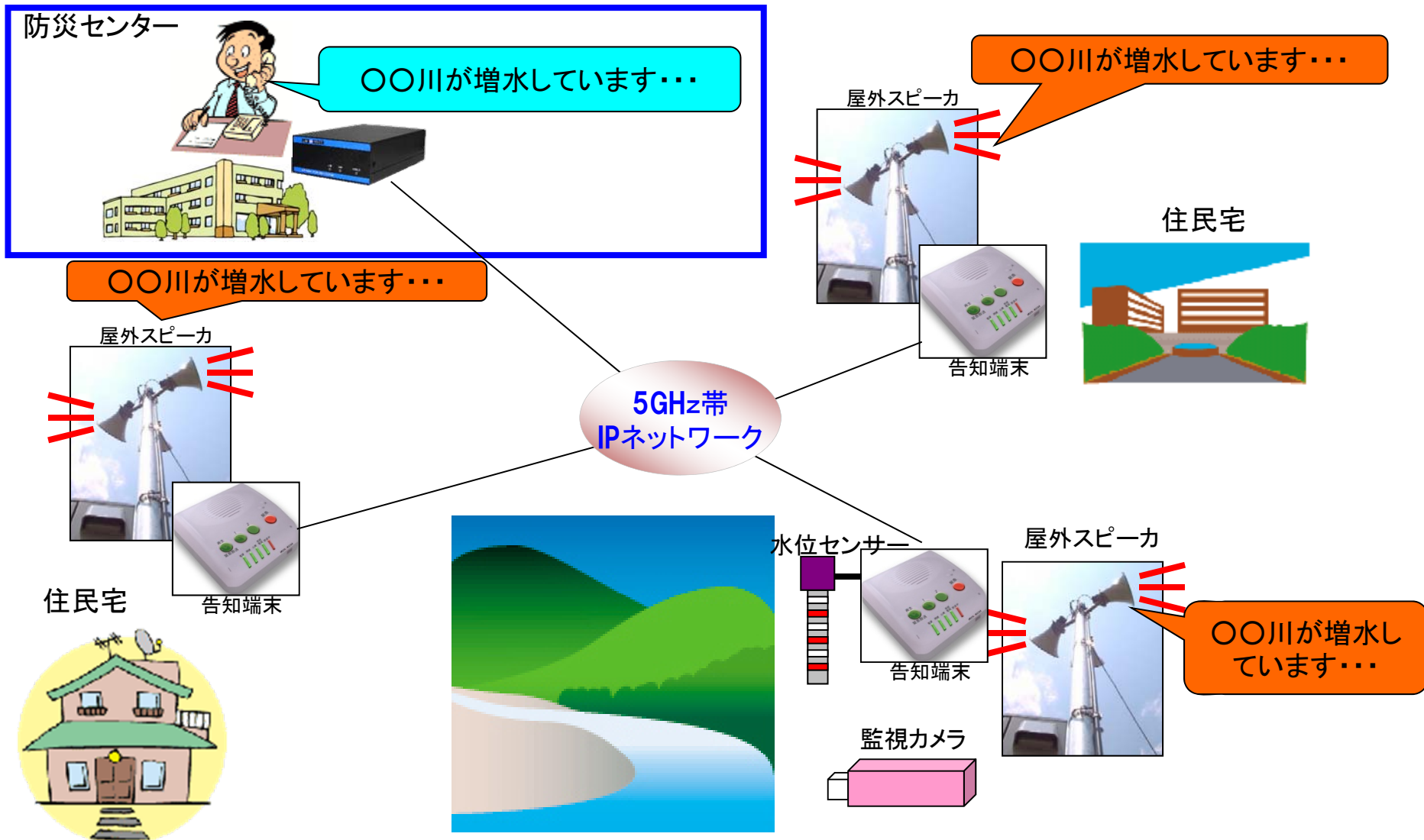
無線ネットワークシステムアプリケーション



緊急情報同報告知システム



緊急音声同報告知システム



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

まとめ：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!
- 備えあっても、やはり憂いあり。備えなければ不幸あり！
- 普段使っていない道具は、いざという時には使えない！
普段使っている道具を、いざという時こそ使いたい！
- 災害は忘れる間もなくやってくる！

謝辞

- 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