

# 災害時でも途切れにくい ワイヤレスメッシュネットワーク技術 - テストベッド構築と実証実験 -

2013年11月28日

耐災害ICT研究センター(宮城県仙台市)  
ワイヤレスメッシュネットワーク研究室

浜口 清

1. 大規模災害に備えたICT研究開発の背景
2. NICT耐災害ICT研究センターのワイヤレスネットワーク基盤研究の取り組み
3. 公開実証実験の概要（2013年3月実施）
4. 課題とまとめ

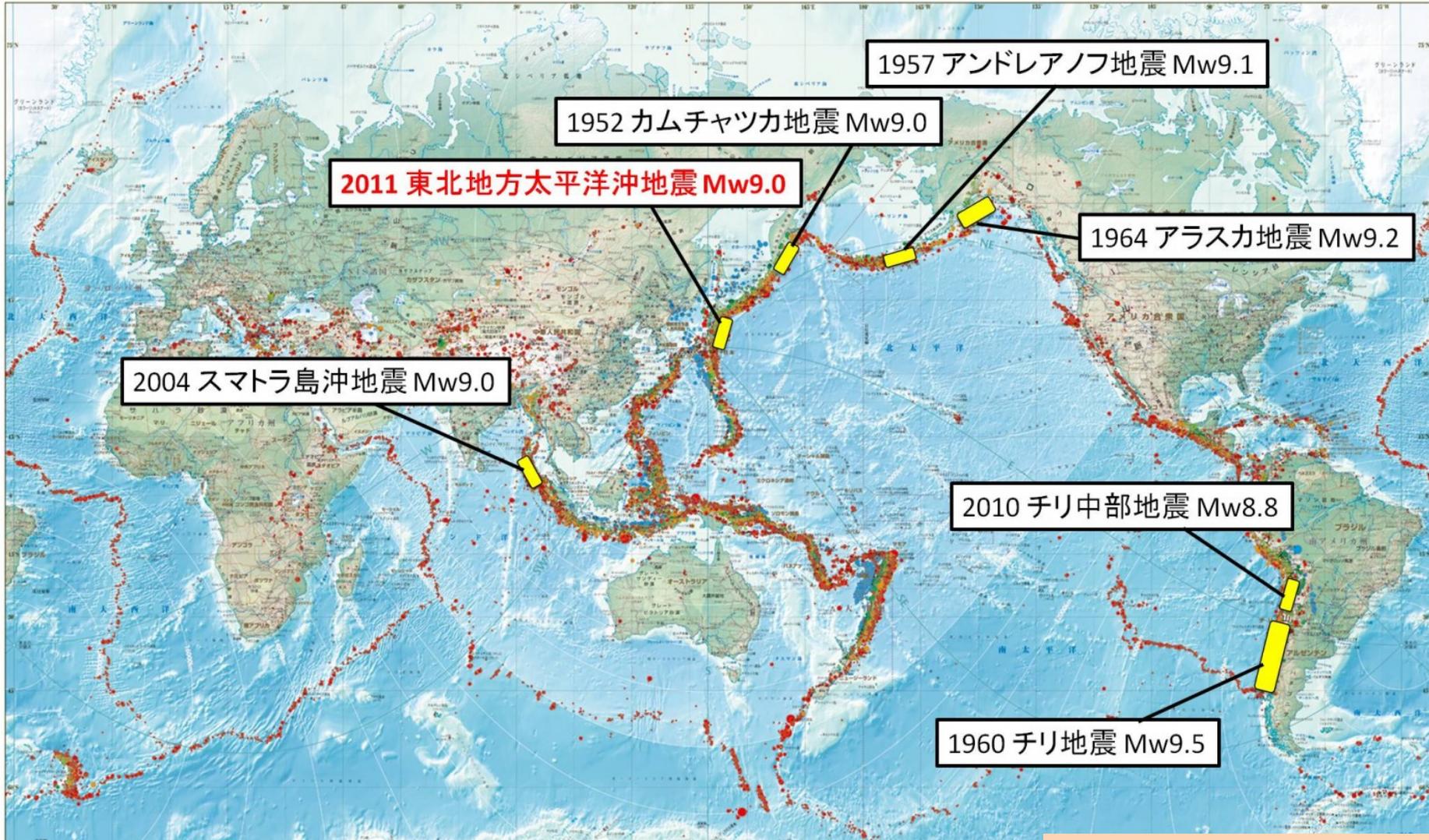
---

# 1. 大規模災害に備えたICT研究開発の背景

# 超巨大地震はどこで発生するか？

1977～2010年までのマグニチュード5以上の地震を世界地図上にプロット

東京大学 地震研究所



残念ながら日本は巨大地震から逃れることはできそうにない

東京大学地震研究所 Webより

© 2011 東京大学地震研究所  
 本図は、東京大学地震研究所の研究成果に基づき作成されたもので、  
 著作権は東京大学地震研究所に帰属します。

● 30-50m  
 ● 50-100m  
 ● 100-200m  
 ● 200-300m  
 ● 300m+



マグニチュードは理科年表による

## 東日本大震災 → 巨大地震、大津波、原発事故

- 携帯電話網基地局 合計29,000局が停止
- 通信トラフィック 通常の50~60倍
  - キャリア各社: 最大70~95%の通話制限
  - 有線網の寸断、津波被害地では通信インフラ全滅
- 避難者数 約34万人 (2012.5.10時点)

住民の生活に重大な支障

- ◆ 政府・自治体、医療機関、被災地のインフラ設備関係に影響。通信回線がブラックアウトにより機能せず。被害状況把握に致命的な遅れ
- ◆ 被災住民の安否確認情報や、生活物資情報等の伝達に大きな支障が発生
- ◆ 被災地での医師不足・病院被災により避難者の健康状態が悪化 (特に高齢者、健康ハイリスク住民など)

情報通信ネットワークは安全で安心できる生活の重要なインフラ



災害時に頼りになる情報通信インフラの実現が急務

産学官連携のAll-Japan体制

# 災害に強い情報通信技術の実現に向けた研究開発(H23~)



総務省

H23 情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発  
H24~25 災害時の確実な情報伝達を実現するための技術に関する研究開発

① 災害時に発生する携帯電話の輻輳(混雑)を軽減する技術の研究開発

災害時に安否確認等の音声通話が爆発的に発生した場合に、音声以外の通信処理能力や被災地以外の通信設備を集中的に活用し、音声通話の利用の維持を図るための通信技術等を確立

総務省委託研究: 3課題

民間企業 大学

② 災害で損壊した通信インフラが自律的に機能を復旧する技術の研究開発

通信インフラが災害で損壊した場合でも、自治体や公共施設等のインターネット通信等を自律的に確保するための無線通信技術等を確立

総務省委託研究: 7課題

民間企業 大学

災害に強い情報通信技術の実現

NICT

③ 研究開発拠点の整備及び研究開発

- 試験・検証・評価を行うための設備(テストベッド)をNICTが東北大学において整備
  - 光通信ネットワークテストベッド
  - ワイヤレスネットワークテストベッド
  - 情報配信基盤テストベッド
- テストベッドを活用した研究開発

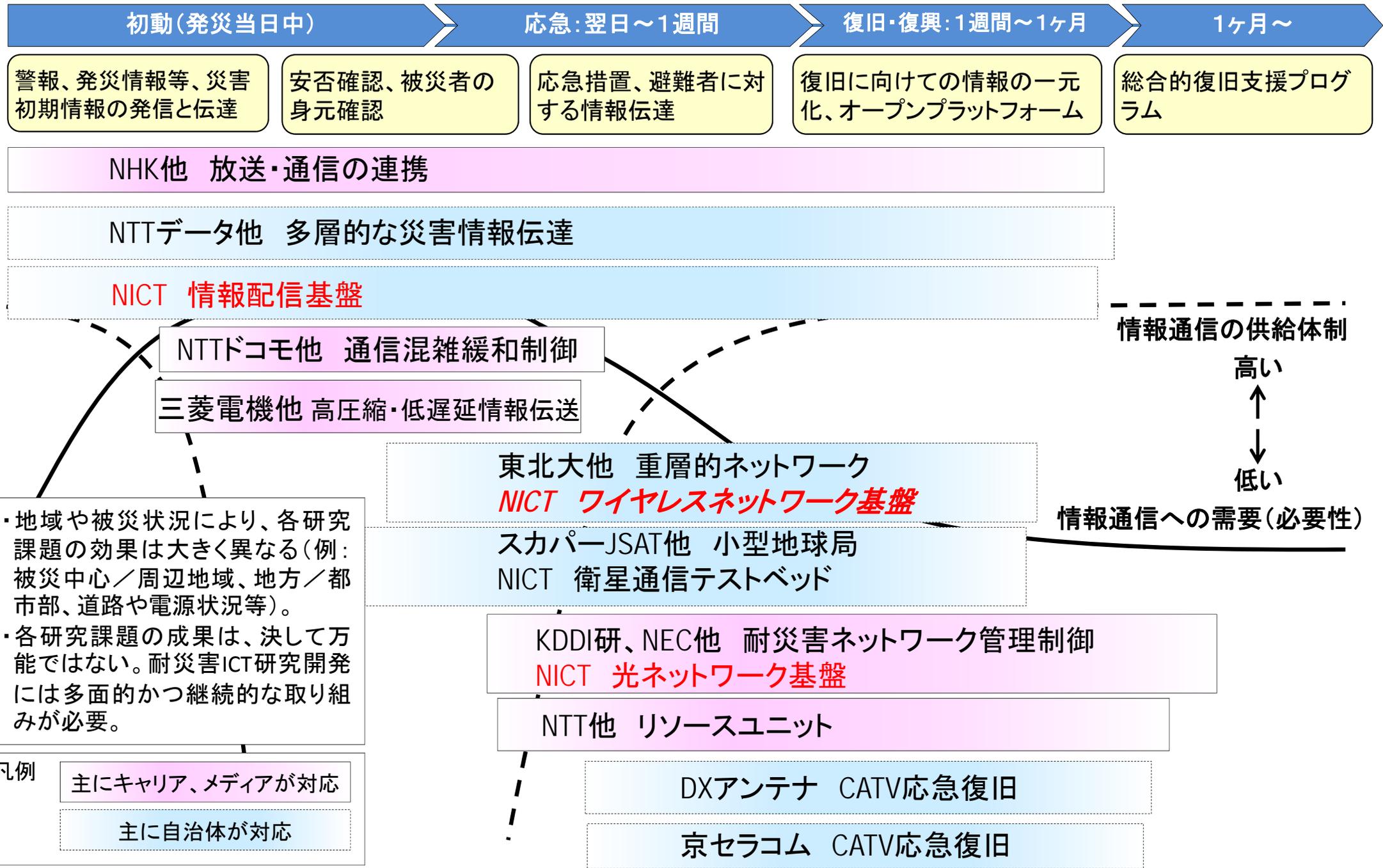
NICT、総務省、東北大学及び総務省受託企業から構成される「耐災害ICT研究協議会」を設立(H24.5)

2012年4月設置

NICT耐災害ICT研究センター

(ハイレベルな研究拠点の形成)

# 耐災害ICT研究開発の位置付け



---

## 2. NICT耐災害ICT研究センターのワイヤレス ネットワーク基盤研究の取り組み

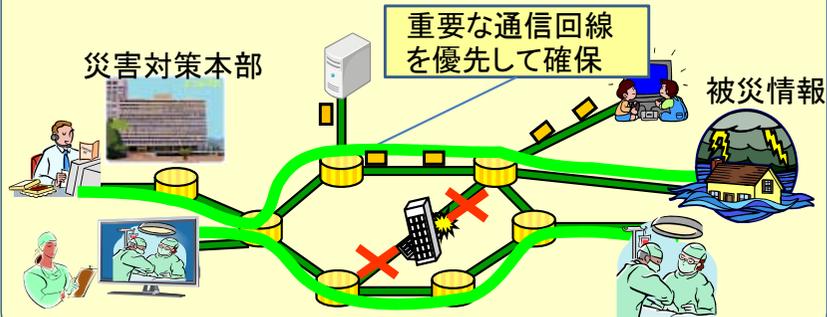
# 「耐災害性強化のための情報通信技術」研究の全体概要

総務省直轄研究委託機関(大学・企業)と連携し、東北大学に整備する研究拠点を活用して、災害に強い情報通信ネットワークの実現を推進するとともに、被災地域の地域経済活動の再生に貢献

NICT・東北大学・直轄研究受託企業を軸とした産学官連携による研究

## 主な研究テーマ

①災害時に発生する通信の輻輳を軽減するための光ネットワーク基盤の構築



## 耐災害ICT研究センター

(情報通信技術に関する研究拠点)

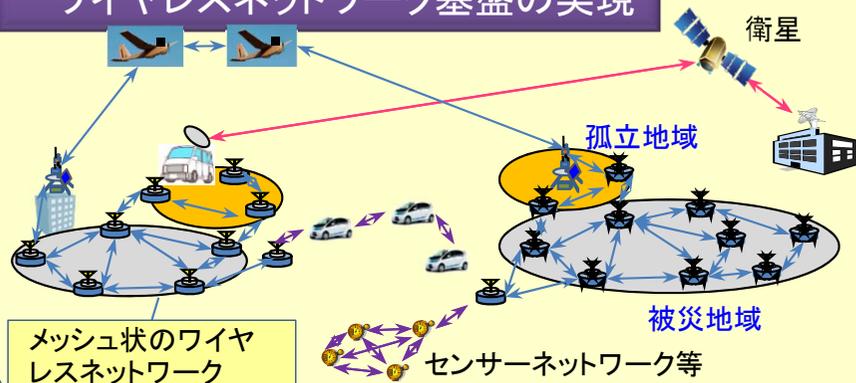
試験・検証・評価を行うための設備(テストベッド)

## 総務省直轄委託研究

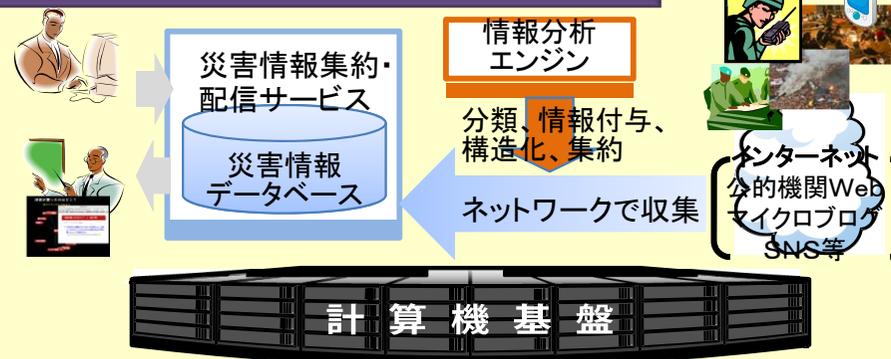
災害時に発生する携帯電話の輻輳(混雑)を軽減する技術の研究開発

災害で損壊した通信インフラが自律的に機能を復旧する技術の研究開発

②災害に強い通信手段を提供できるワイヤレスネットワーク基盤の実現

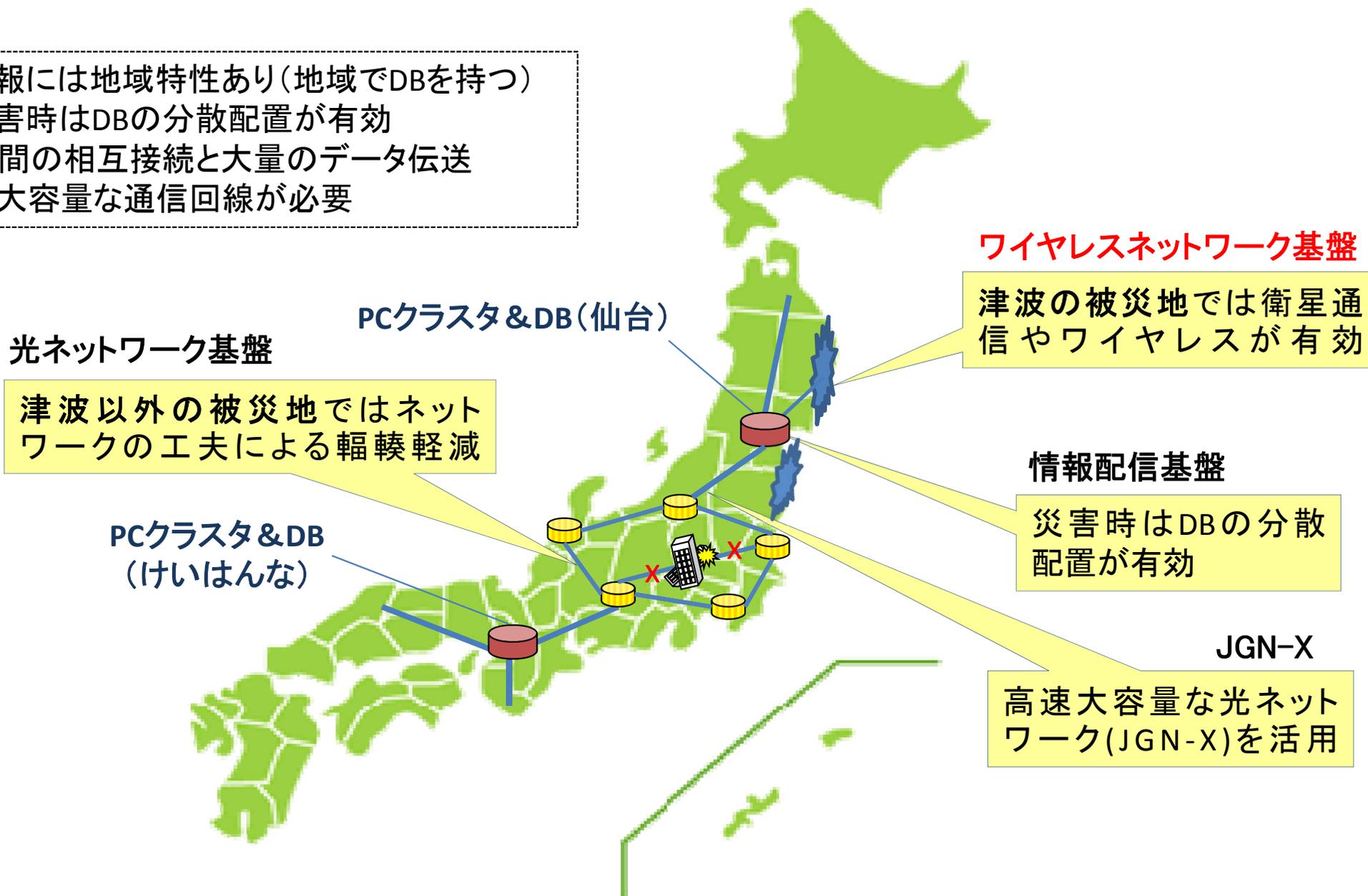


③災害時にも適切かつ迅速な状況把握を支援する情報配信基盤の実現



# 光・ワイヤレス・情報配信 各プロジェクトの関係

- ・情報には地域特性あり(地域でDBを持つ)
- ・災害時はDBの分散配置が有効
- ・DB間の相互接続と大量のデータ伝送  
→大容量な通信回線が必要



# 耐災害性を向上したワイヤレスネットワーク基盤の研究

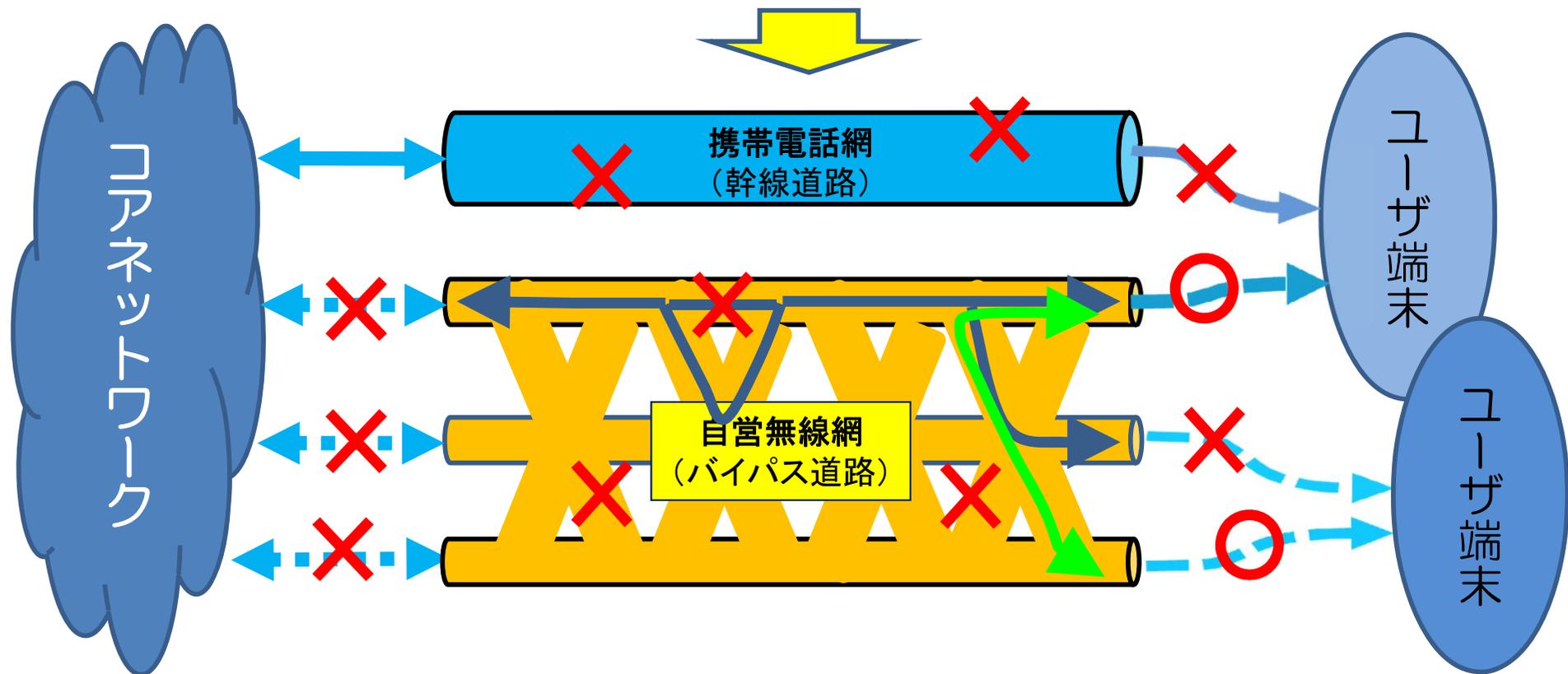
## 何が起こった？

災害により通信が途絶えて、周囲との電話連絡さえ取りにくい状況

## 解決の方法

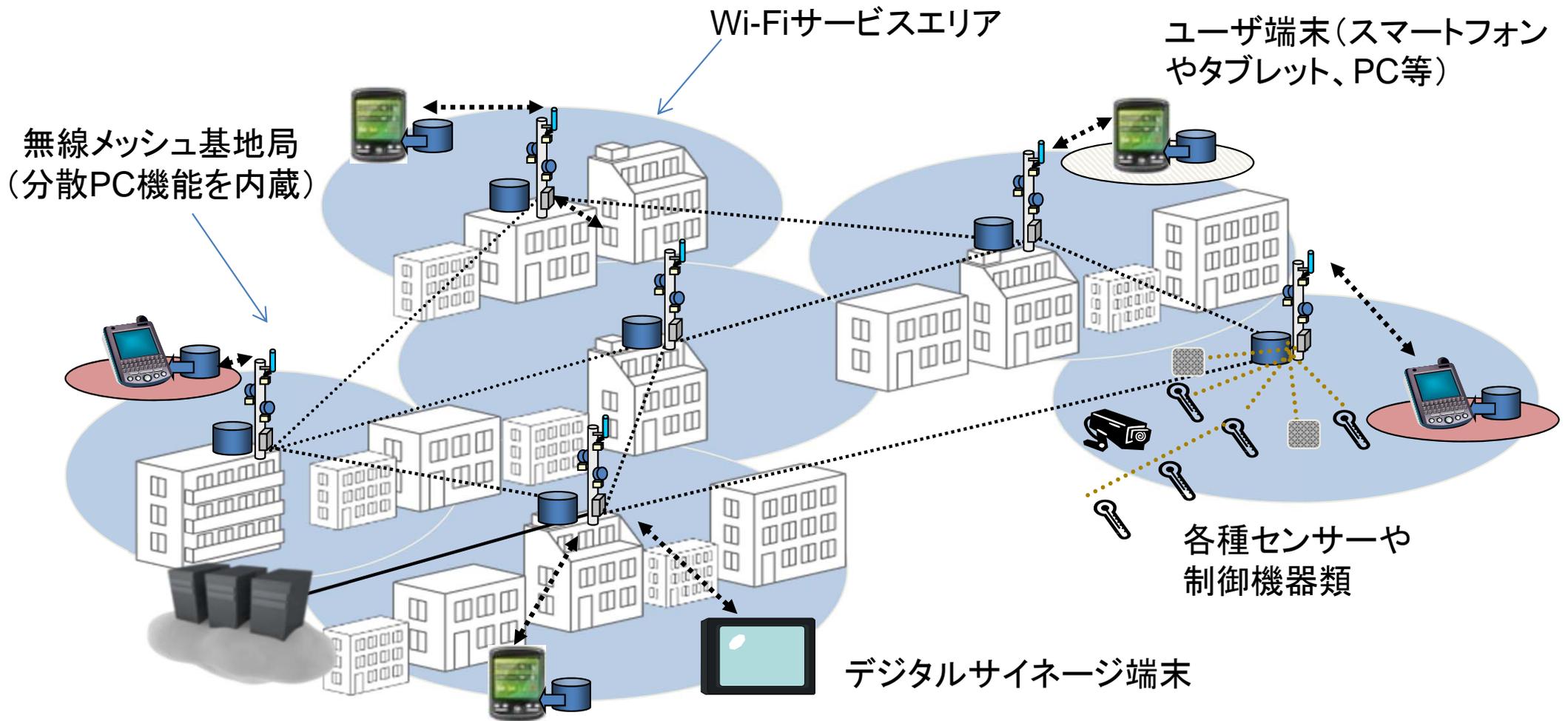
途絶の起きにくい「**自営系の通信インフラ**」を構築

(平時・災害時の通信手段の他、災害時は自治体が自営ネットワークを利用して生活再建支援サービス等を提供)



「メッシュネットワーク」の概念

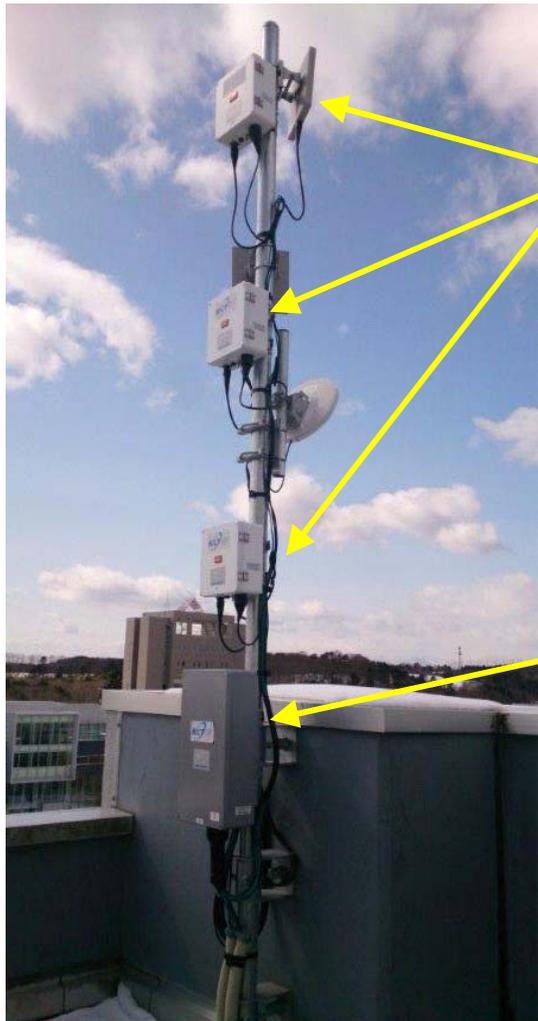
# ワイヤレスメッシュネットワークのイメージ



# 無線メッシュネットワーク基地局の外観

標準構成:

- ・基地局本体装置 1台
  - ・無線装置 2~4台
- (1台はユーザ端末收容用、残りは基地局間接続用)



無線装置(2.4GHz/5GHz無線LAN)  
 自動接続機能付き  
 PoE給電  
 ダイヤルとボタンだけで対向無線局と接続、確認が可能

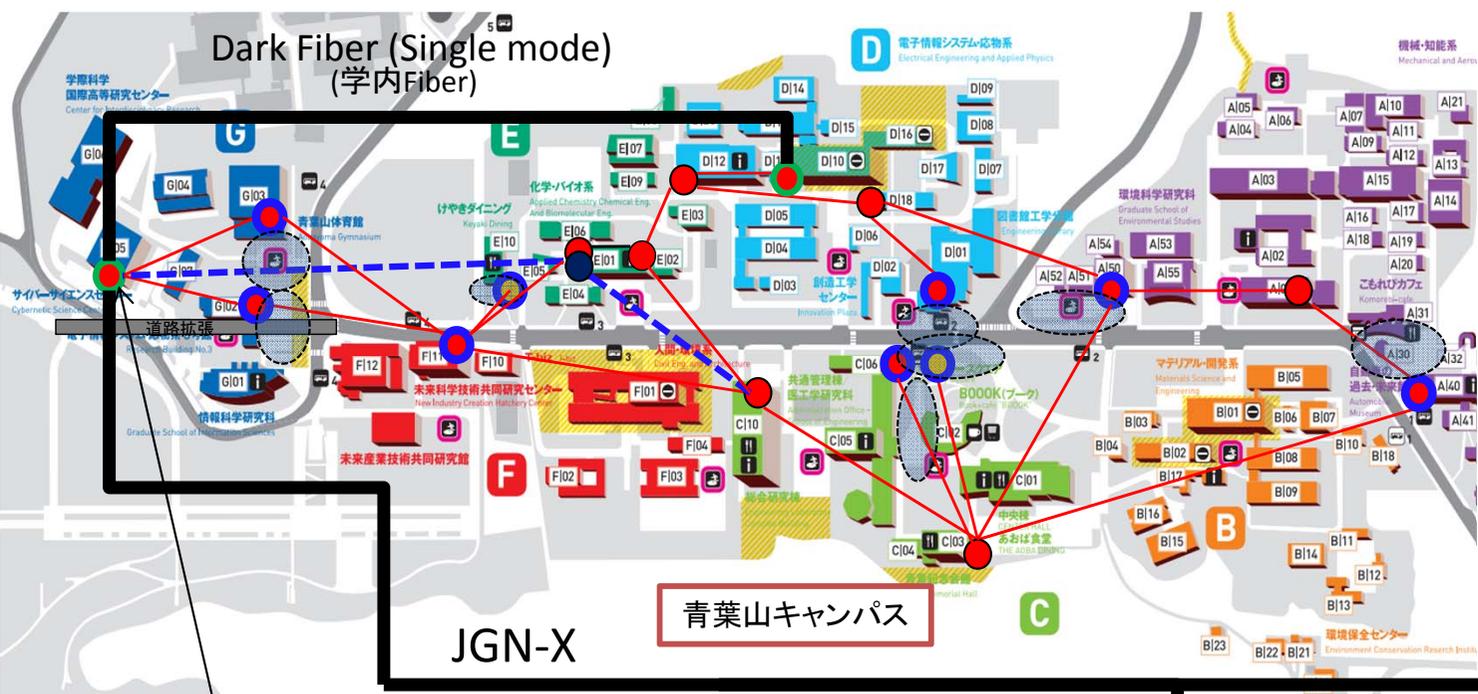
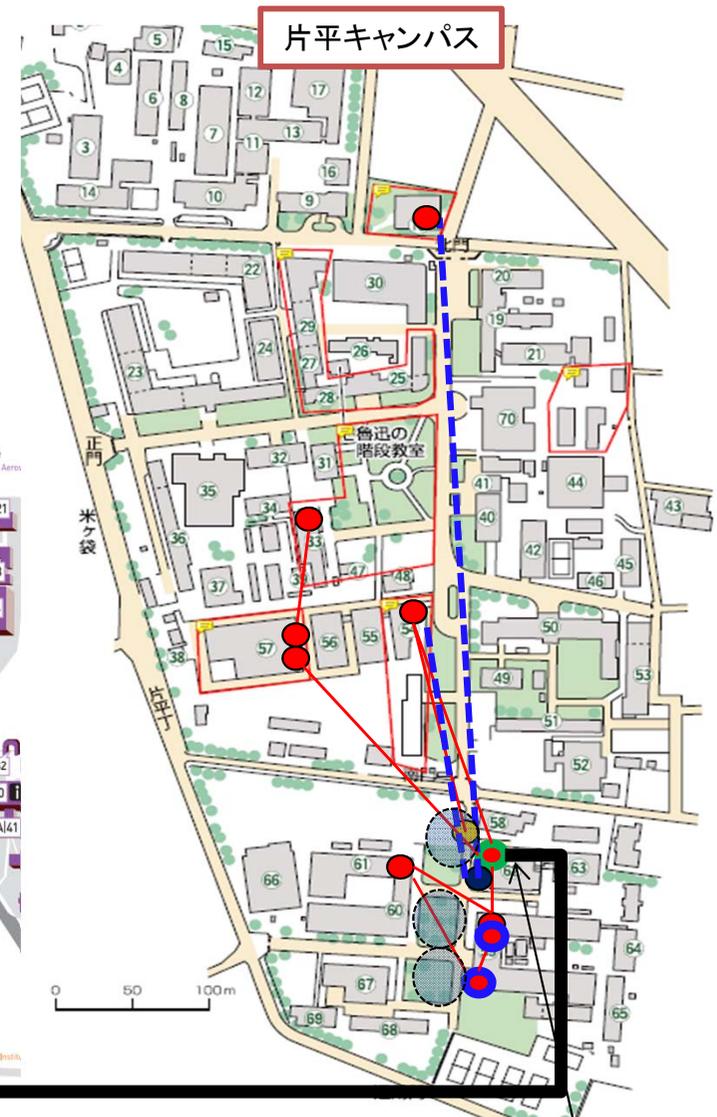


基地局本体装置:

- L2 VLAN PoE Switchユニット: PoE Port × 8
- CPUボード (Atom processor, ファンレス)
- SDカードスロット (個別設定情報)
- CFカードスロット (共通Root File System)
- 消費電力: 50W弱 (無線装置4台を含む)

# 東北大学内実験用メッシュネットワーク基地局の配置

- WiFi W56 無線リンク
- - - WiMAXリンク
- 地上WiFi サービスエリア
- 屋上メッシュ基地局 (APあり)
- 屋上メッシュ基地局 (中継のみ)
- JGN-X 接続基地局
- 屋上WiMAX基地局
- 地上メッシュ基地局 (LED街灯型)



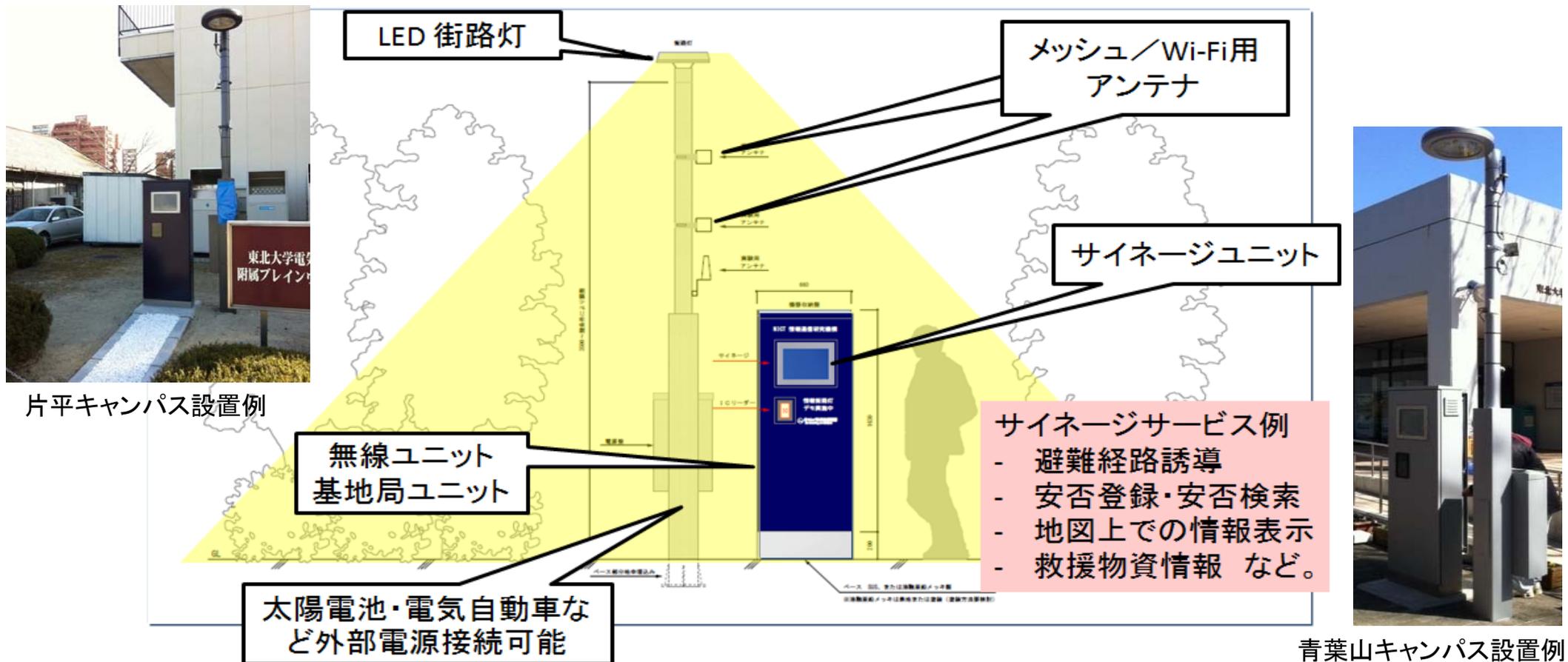
サイバーサイエンスセンター  
JGN-X 東北大学AP



ブレインウェア棟  
JGN-X 仙台

# LED街路灯/サイネージ一体型メッシュネットワーク 基地局のコンセプトモデル

- ・ 街づくりと協調した耐災害情報通信システムのコンセプトモデルとして開発
- ・ 平時は様々な情報発信とネットアクセスができるステーションとして機能
- ・ 非常時には緊急情報の提示、ICカードリーダーによる居場所登録と家族への通知、家族の安否確認等に活用
- ・ 省エネ照明は系統電力が途絶えても発電機など外部からの電力で稼働



# 非常時アプリケーションの例

災害発生⇒ インターネットと分断、イントラ部分損壊



災害情報を受信

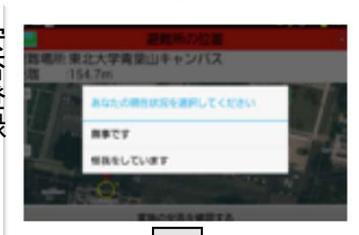


一般スマートフォン

避難誘導



安否登録



家族安否確認  
(父の登録完了)



家族安否確認  
(全員の安否登録完了)



## ①災害情報の配信

- スマホ、サイネージ等へ災害情報を配信

## ②避難誘導

- ノードからスマホへ地図をプッシュ表示
- 現在地と避難所を表示

## ③安否登録

- サイネージや避難所でICカードでも

## ④家族の安否確認

- 全ノードが常に最新安否データを共有
- 無人飛行機や衛星経由で遠隔家族の安否も受信
- ユーザ間で相手の現在地確認と通話もできる



サイネージ画面

カードタッチで  
安否登録と  
家族安否確認



太陽電池・電気自動車な  
ど外部電源接続可能

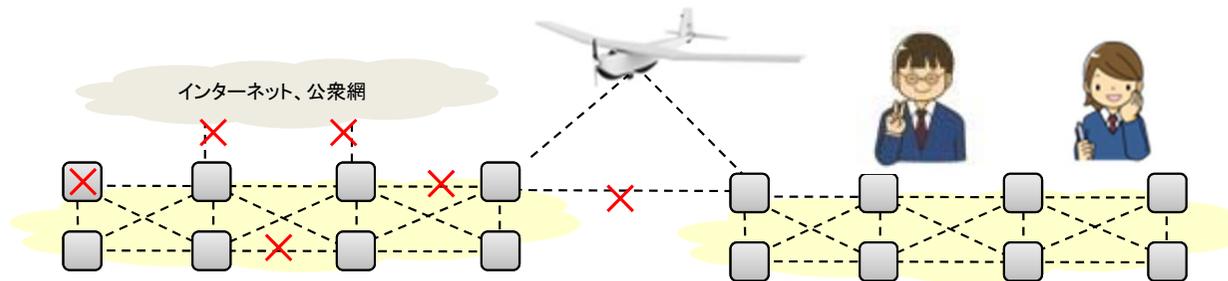
ICカードリーダー

新社会インフラ型ノード  
コンセプトモデル  
(LED街灯/サイネージ)

災害時安否確認情報一覧

名前	安否状況	最新更新時刻	日時	手段
母	○ 安全しています (自宅にいます)	父端末	2013-04-09 15:16:26	端末
父	○ 無事です (避難所にいます)	父端末	2013-04-09 15:15:54	端末
妹	○ 無事です (避難所に移動中です)	母端末	2013-04-09 15:17:30	端末
祖父	○ 無事です (避難所にいます)	母端末	2013-04-09 15:30:49	ICカード

サイネージ画面で家族の安否確認



# 技術実証のための主なワイヤレステストベッド設備

## 小型無人飛行機中継局



大規模災害で孤立した地域  
を上空からつなぐ

## フルオート衛星地球局



可搬型



車載型

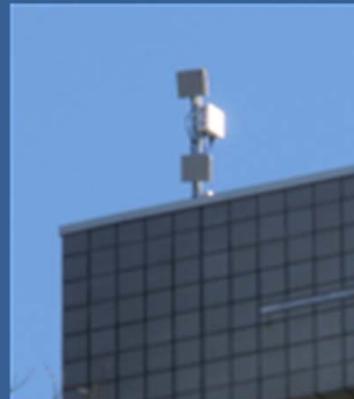
専門知識不要で操作が簡単

## 太陽電池付き 可搬無線基地局



停電時にも動作します

## 屋上固定無線基地局



一部の基地局が被災しても  
他の基地局が助け合って通  
信を維持します

## LED街灯連携無 線基地局/サイ ネージ設備



街角で災害情報が得  
られたり安否確認が  
できます

## ユーザ端末(スマートフォン等)

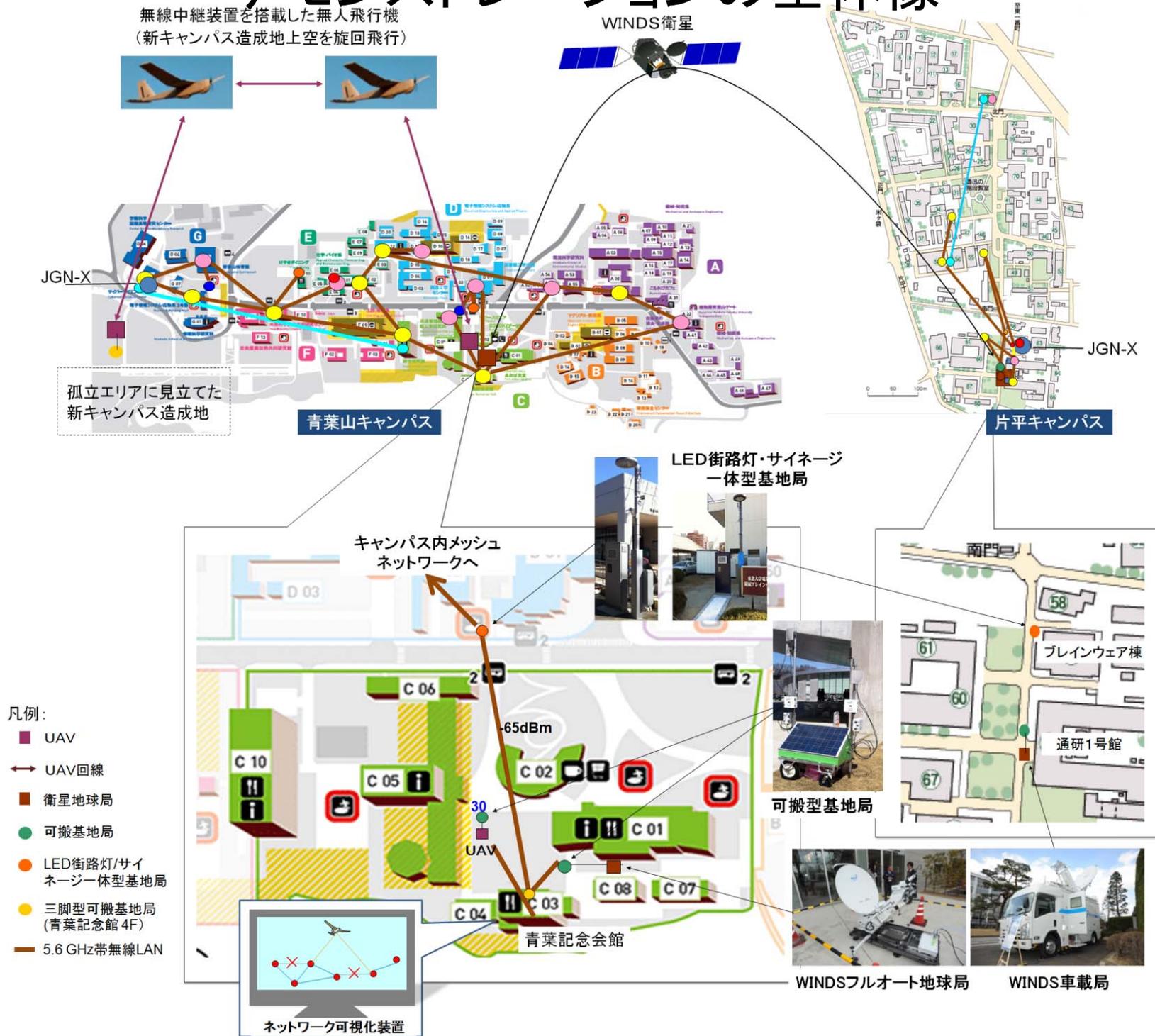


普段お使いのものが  
利用できます

---

### 3. 公開実証実験の概要（2013年3月実施）

# デモンストレーションの全体像



# デモシナリオ（災害レベル 1, 2）

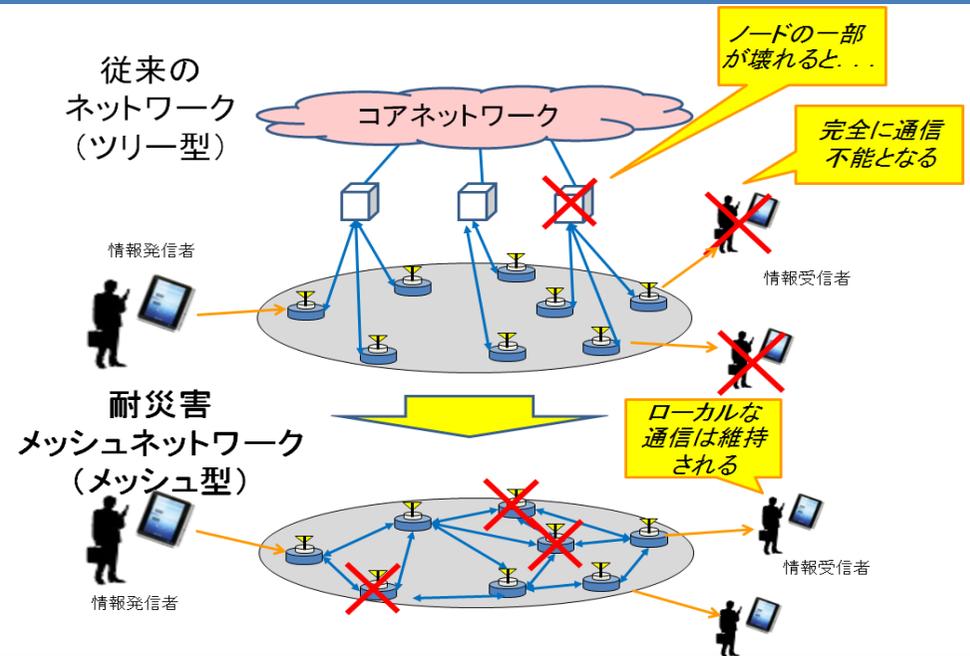
## 災害レベル1：部分的損壊

### 従来のネットワーク：

- ツリー型のため機器が故障すると通信不能
- ツリー上部の障害が全体の不通をもたらす

### 耐災害メッシュネットワーク：

- 一部の機器の障害や回線の切断があっても、正常な機器と回線により全体として通信経路を確保しやすい
- スイッチ技術に基づくため、障害時の通信経路切り替えが高速で、データの伝送遅延も少ない



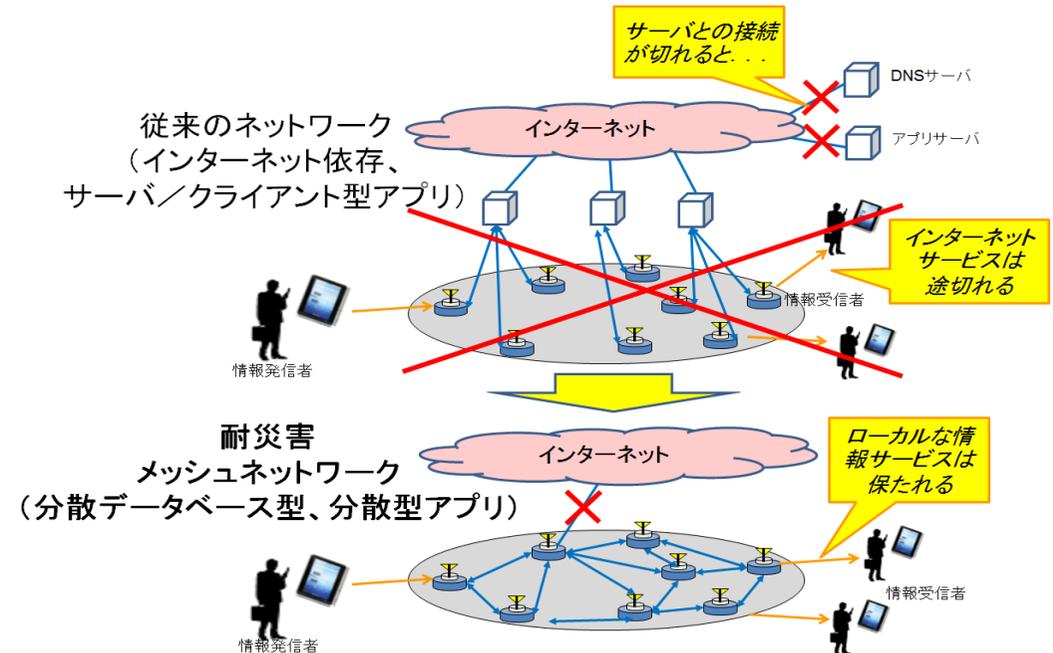
## 災害レベル2：基幹網からの切断

### 従来のネットワーク：

- インターネットは障害に強い分散型情報転送網だが、多くのアプリケーションはサーバ/クライアント方式で、通信不通でサーバに接続できないとアプリケーションを利用できない

### 耐災害メッシュネットワーク：

- 分散する基地局がデータベースと情報処理機能も担うため、機能や規模の制約はあるもののアプリケーションサービスを提供することが可能
- 耐災害地域WiMAX基地局は基幹網と切断されても単独動作



# デモシナリオ（災害レベル 3）

## 災害レベル3：基幹網からの切断・孤立地域の発生

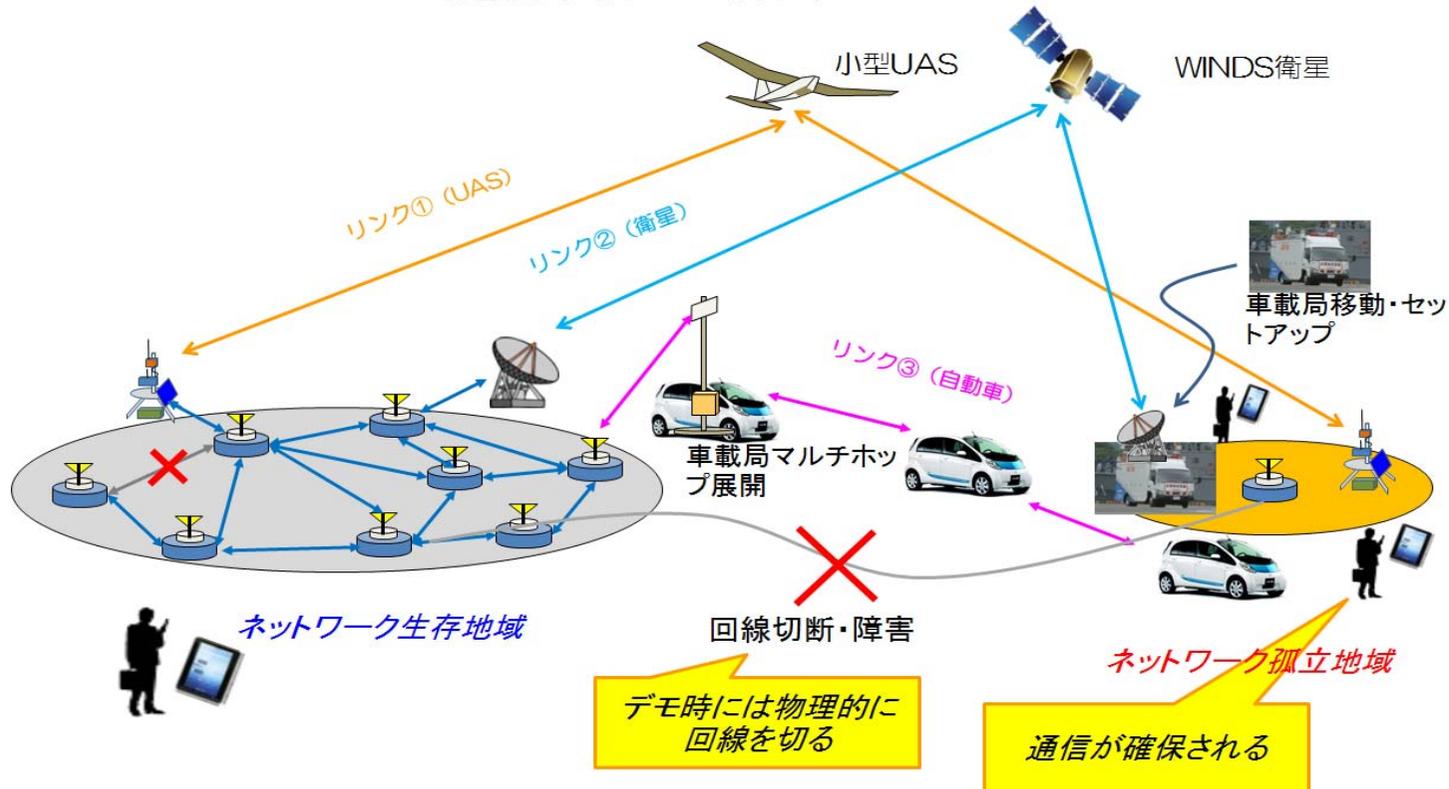
### 従来のネットワーク：

- 外部と切断されて通信不能になる孤立地域が発生

### 耐災害メッシュネットワーク：

- 基地局同士の接続手段は問わず、有線LAN、無線LAN、WiMAXなど多様な回線メディアを利用可能
- メッシュ網、地域WiMAX網、車載網、衛星、無人航空機(UAS)からなる重層的ネットワークを構成
- 災害時の代替回線の確立、孤立地域への迅速な通信確保が可能

### 耐災害メッシュネットワーク (通信手段の重層化)



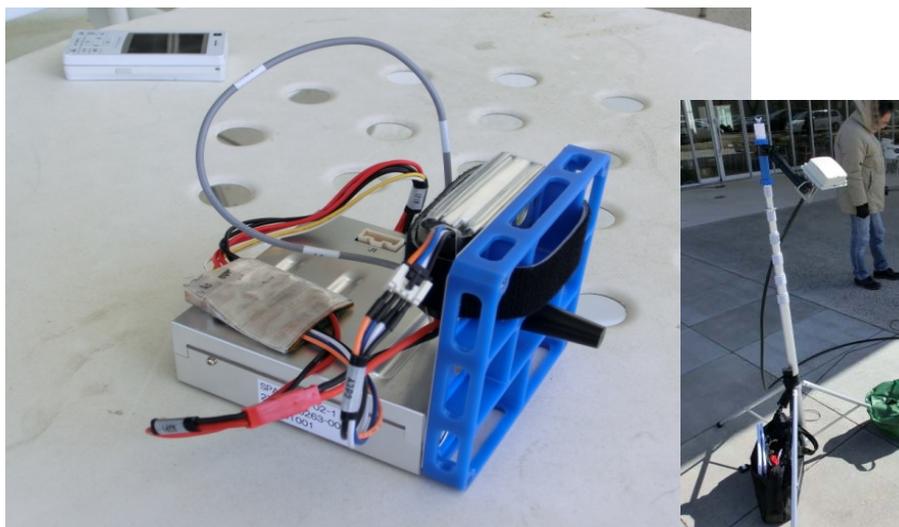
# 無人飛行機搭載中継ノードによる通信実験



UASの外観(翼長:2.8m、全長:1.4m、機体重量:5.9kg、ペイロード:5kg、飛行時間:2~4時間、耐風速:12.9m/s、電動、最高飛行高度:約4000m、飛行距離:数10km、手投げ離陸方式)



自律で旋回飛行する無人飛行機とそれを見上げる公開実証実験参加者(右写真後方は太陽電池付き可搬型メッシュ中継局)



開発した小型無人飛行機搭載用無線中継装置と地上局アンテナ



無人飛行機経由でネットワークが繋がった様子を地図上でリアルタイム表示(指で示しているアイコンが無人飛行機中継局)

2013.3.25-26 仙台

# 車載衛星WINDS地球局とワイヤレスメッシュネットワーク可搬局との連携実験



2013.3.25-26 仙台

# 技術実証実験の概要と結果

- ・ 青葉山、片平、新キャンパス造成地に、建物屋上及び地上に設置した**メッシュ中継局**24局と**LED街路灯型サイネージ**3局、**可搬型メッシュ中継局**を片平キャンパス内に1局、青葉山キャンパス内に4局展開(合計31局)
- ・ 青葉山と片平間のネットワークは、新世代通信網テストベッド(**JGN-X**)を用いて接続。さらに、超高速インターネット衛星(**WINDS**)の**車載衛星局**を各キャンパスのメッシュ中継局と接続
- ・ 無線中継装置を搭載した無人航空機システム(**UAS**)を最大2機飛行させ、その地上通信局をメッシュ中継局と接続。UASの飛行地の新キャンパス造成地を被災後の孤立地域と見なして、UAS用制御局・地上局と可搬型メッシュ中継局のみを設置(通信インフラが災害で壊滅した状態を想定)
- ・ 実験棟内で、可搬型メッシュ中継局、衛星と飛行機による無線回線を含めたメッシュネットワーク全体の接続状態を可視化する装置で動作確認



構築したテストベッドを用いて、**基本的な技術実証に成功**

- ・ 開発した複数のシステムがメッシュネットワークと連携して動作し、インターネットと分断された状況下で、安否確認等の災害対応アプリケーションが動作することを確認

---

## 4. 今後の課題とまとめ

# 課題

災害対策のICT技術開発は進んでいる。しかし...

- ✓ 停電対策：バッテリーの長時間化、自然エネルギー発電の活用等
- ✓ 平時から利用できるシステム：普段から操作に慣れる必要、民間企業としての開発の継続性
- ✓ 災害時システムのコスト高への許容
- ✓ 避難行動・意識の問題：例）ICTで津波警報を入手したら避難
- ✓ 制度の問題：例）輻輳対策のため流通情報に制限を付けたいが、情報の中身の確認は検閲につながる
- ✓ 自然の大災害の前で人間は無力：万全の対策・ICT技術はないーICT適用分野の見極め

技術以外の課題も多いが、考えられる可能な限りの対策は行うべき  
「途切れにくい」・「繋がりやすい」通信技術開発への挑戦

# まとめ

- ・大規模災害に備えたICT研究開発の背景
  - ・NICTワイヤレスネットワーク研究開発の状況
  - ・公開実証実験の概要(2013年3月実施)
- 大規模災害への備え(可能な対策は行うべき)  
「途切れにくい」・「繋がりやすい」ICTの技術開発

## 1 自治体等への導入促進のための活動

- パイロットプロジェクトとして被災自治体で実証実験を計画
- 地域防災訓練等への参加(愛媛県、香川県、関東地区防災訓練等)
- 西日本地域でのデモ・講演会企画
- 地域防災モデルを策定し、自治体等への普及を図る  
(耐災害ICT研究協議会WGを立ち上げ活動中)

## 2. 国際標準化への取り組み

- ITU(国際電気通信連合)FG-DR&NRR(災害対応フォーカスグループ)に寄与
- APT標準プログラムフォーラム(ASTAP-21)において耐災害ICT研究プロジェクト概要を紹介
- ITU 世界テレコム会議(11月バンコク)にて、デモ・NICTセッションを設けて活動広報
- 世界防災会議(平成27年仙台開催)に向けた準備活動

---

ご清聴ありがとうございました

**耐災害ICT研究センター開所シンポジウム(仮称)**

- ・ 災害に強いICT研究開発の成果発表を行います
- ・ 2014年3月3日 宮城県仙台市開催を予定  
(詳細は後日NICTホームページでご案内)