

臨時地震観測への IoTキャラバンシステム適用の検討

東北大学 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター
内田直希

IoTキャラバンシステム テストベッド

- IoT環境が構築できる可搬型システム一式 のテストベッド
 - 多様なセンサデバイス
 - 通信デバイス（WiFi/ LPWA / LTE / 衛星）
 - 可搬式サーバ・エッジノード
 - 非常用電源・大容量バッテリー
- 利用期限は最大でも3か月
 - 年に3か所（移設に1か月）をキャラバンして利用
 - 移設（設置・撤去）の訓練も兼ねられる
- 災害時には、災害対応データ収集ステーションとして活用
 - 通常時と災害時のデュアルユースを前提
 - 複数セット稼働させることによって、ロバストに運用可能



キャラバンテストベッドの特徴

IoT環境が簡単に構築できる可搬型システム

・臨時で素早く立ちあがるテストベッド。

- ・ 防災訓練・災害時情報共有
- ・ **大地震後の臨時地震観測**

高知県立大学
救護所、避難所



高知医療センター
基幹災害拠点病院

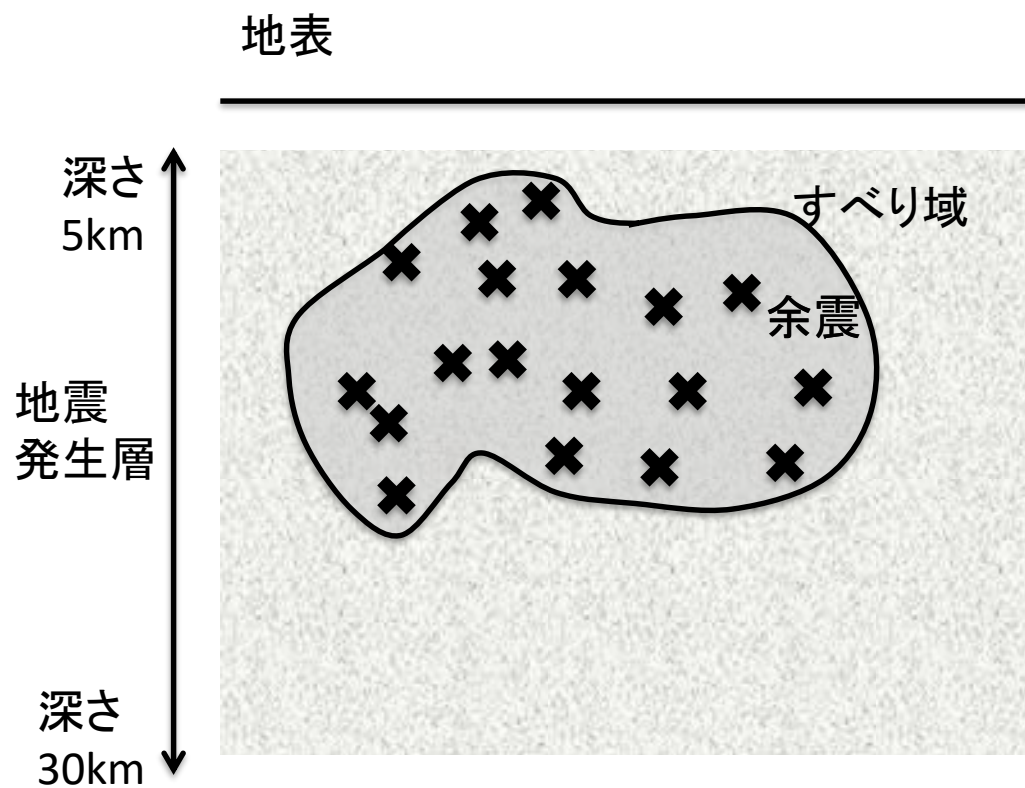


・地域IoT実装を推進するために必要なもの (通信基盤、情報基盤)を手軽に利用できるテストベッド。

- ・ 観光・農業・教育・地域ビジネス等地域課題への適用



広域即時展開型地震観測システムの必要性 (臨時余震観測)



① 余震分布



地下の断層形状・破壊域・
未破壊域の把握

② 余震位置・走時



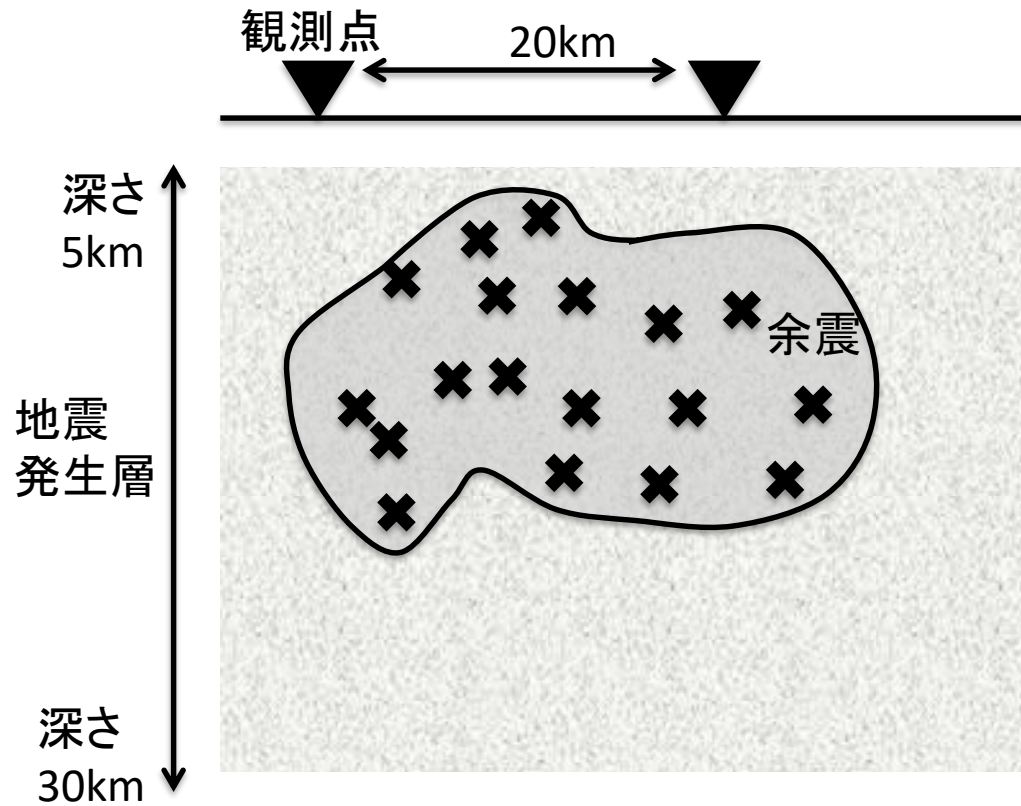
地下構造(速度・減衰)

③ 微小余震活動

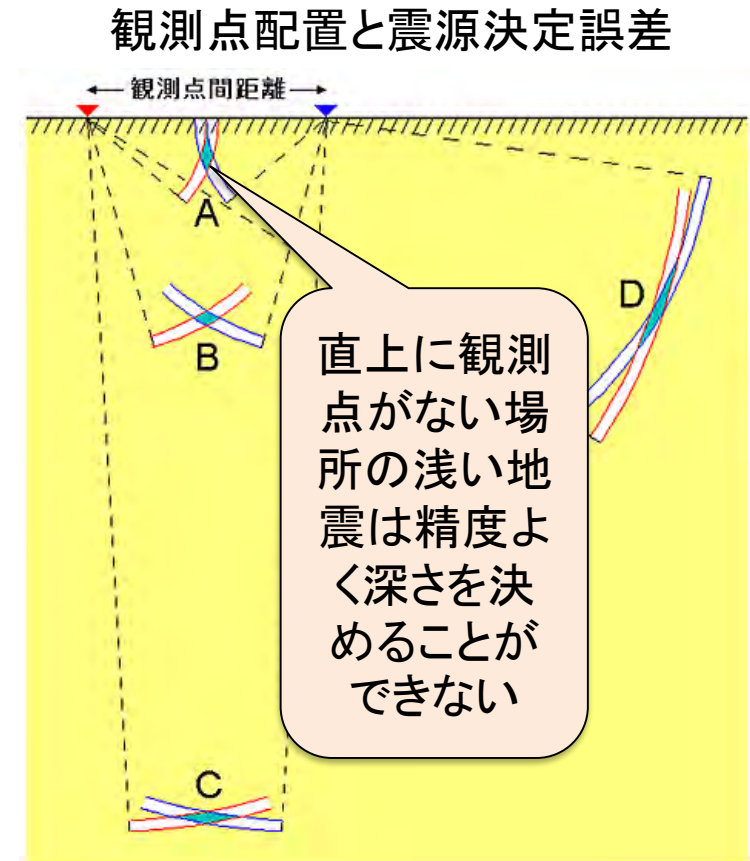
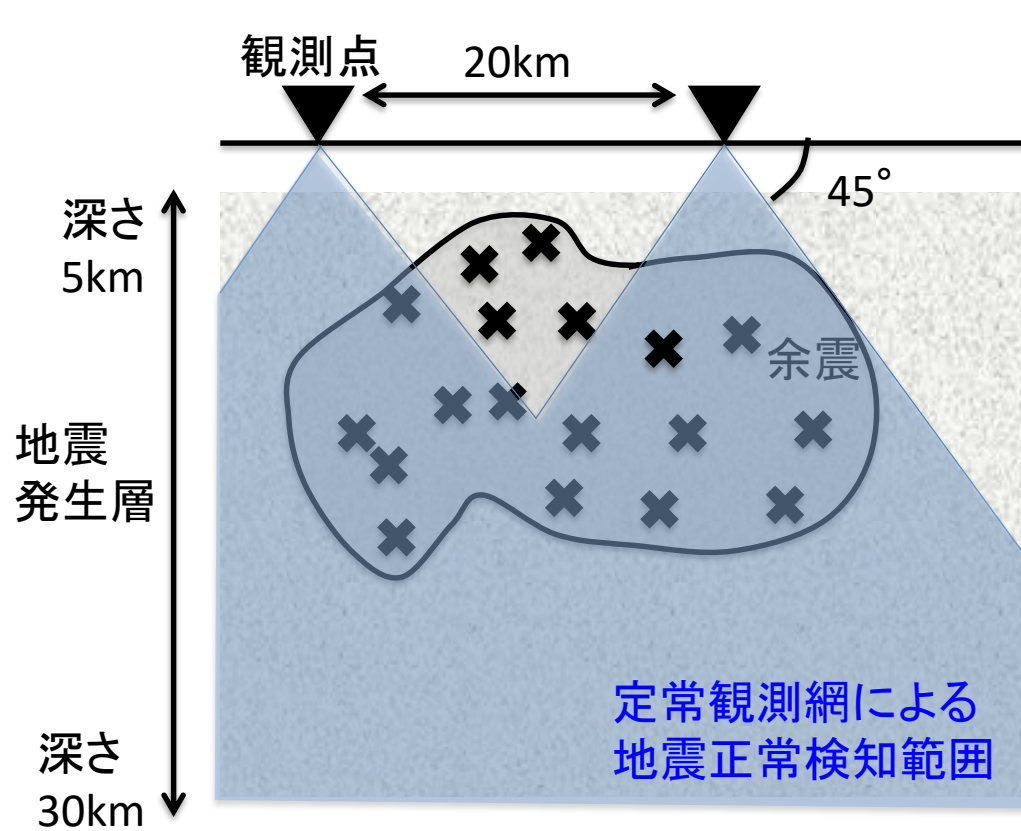


地震後変動
・今後の地震活動予測

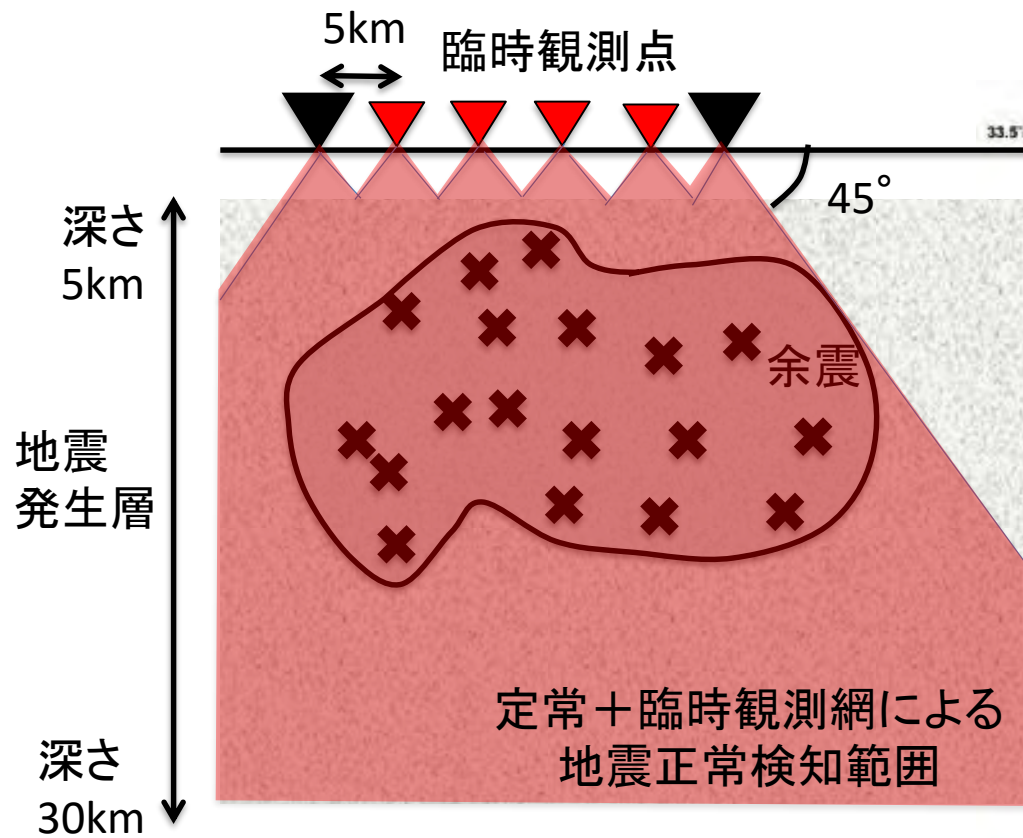
広域即時展開型地震観測システムの必要性 (現在の定常地震観測網)



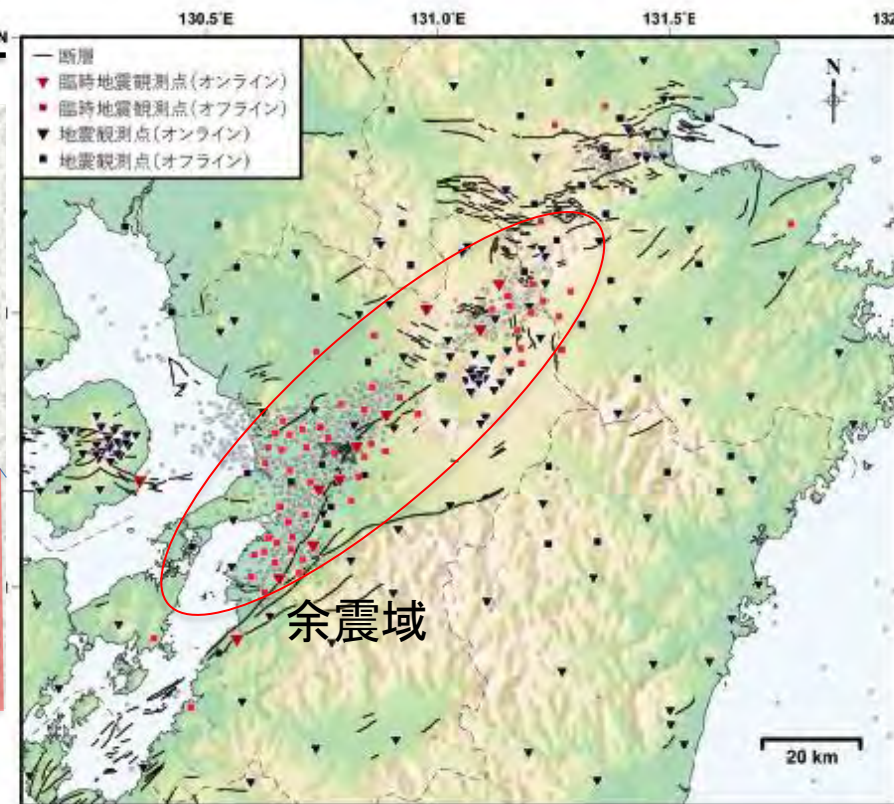
広域即時展開型地震観測システムの必要性 (現在の定常地震観測網)



広域即時展開型地震観測システムの必要性 (臨時観測点の効果)



熊本地震の余震臨時観測点(赤点:60ヶ所)
と定常地震観測点(黒点)

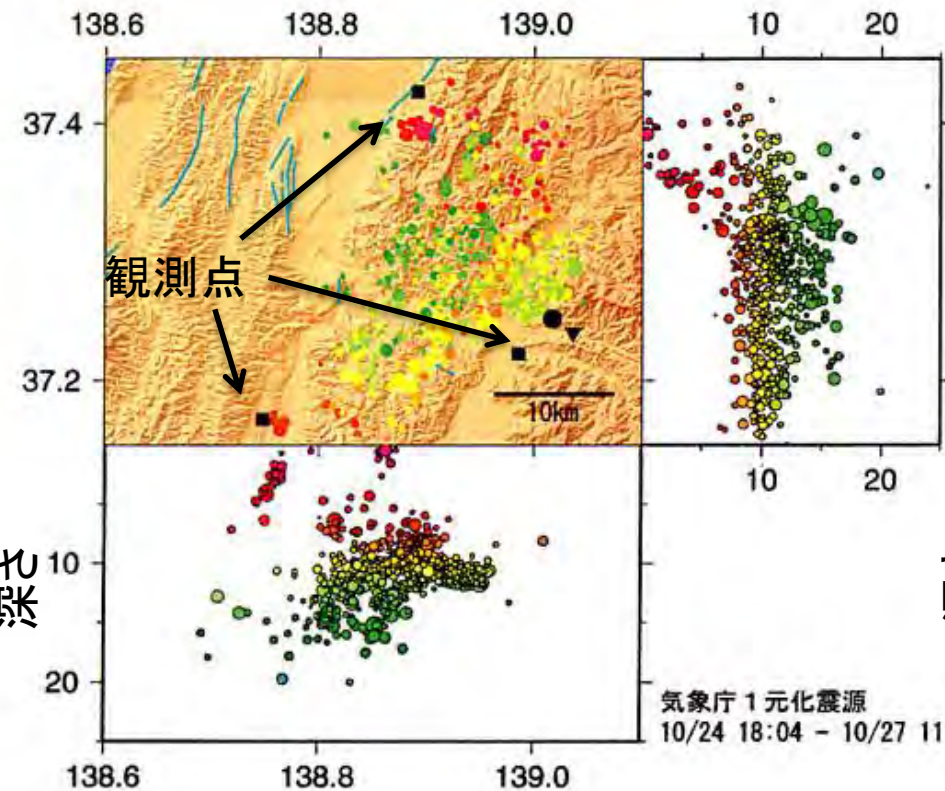


(作成: 松本聡)

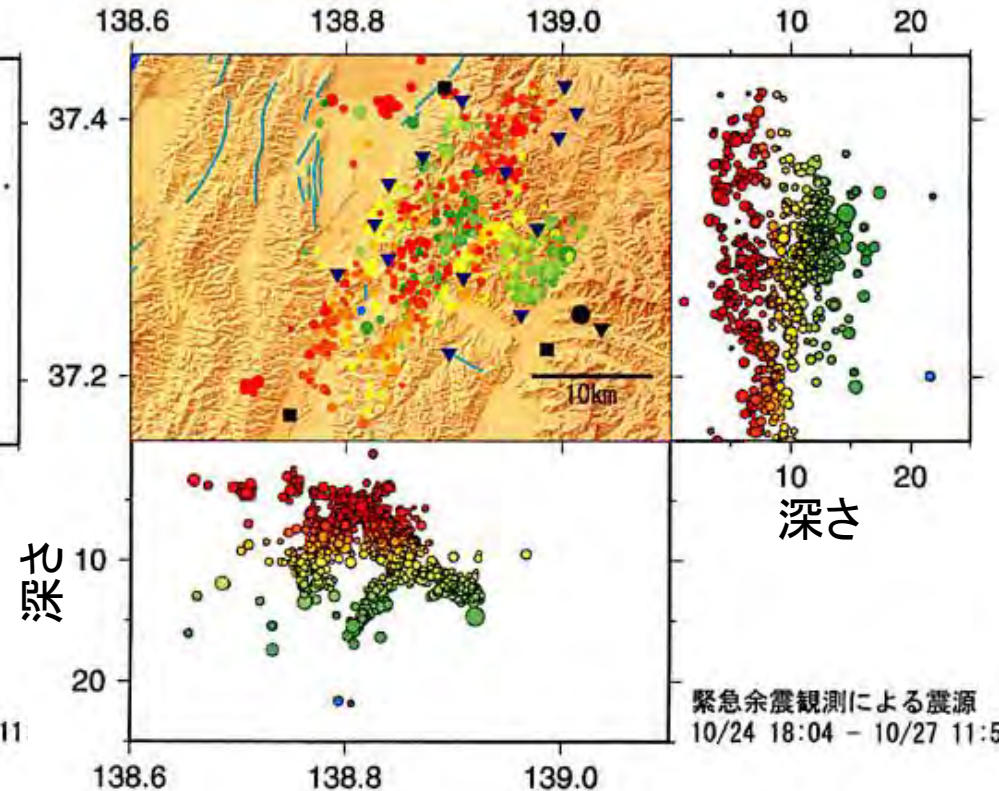
臨時余震観測の効果(余震分布)

新潟県中越地震(2004年, M5.9)の場合

臨時観測なし



臨時観測あり



[東京大学地震研究所作成]

2007 年以降の合同余震観測

(災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画・科研費特別研究促進費)

年	地震名	マグニ チュード	観測点 数	参加機関	人的被害	備考
2007	能登半島地震	M6.9	79	東京大学, 北海道大学, 東北大学, 名古屋大学, 金沢大学, 京都大学防災研究所, 九州大学, 鹿児島大学, 産業技術総合研究所	死 1, 負 1	
2007	新潟県中越沖地震	M6.7	47	東京大学, 京都大学, 名古屋大学, 金沢大学, 鹿児島大学		
2008	岩手・宮城内陸地震	M7.2	124	東北大学, 東京大学, 名古屋大学, 九州大学, 鹿児島大学		
2011	東北地方太平洋沖地震	M9.0	-	東京大学, 京都大学, 千葉大学, 九州大学, 鹿児島大学	負 6,230	
2014	長野県北部地震	M6.7	17	東京大学・北海道大学・九州大学・東北大学	負 46	前震段階で4観測点設置
2016	鳥取県中部地震	M6.6	69	京都大学・九州大学・東京大学	負 31	
2016	熊本地震	M7.0	60	九州大学、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、鹿児島大学	死 228, 負 2,753	

これらのほとんど
がオフライン観測

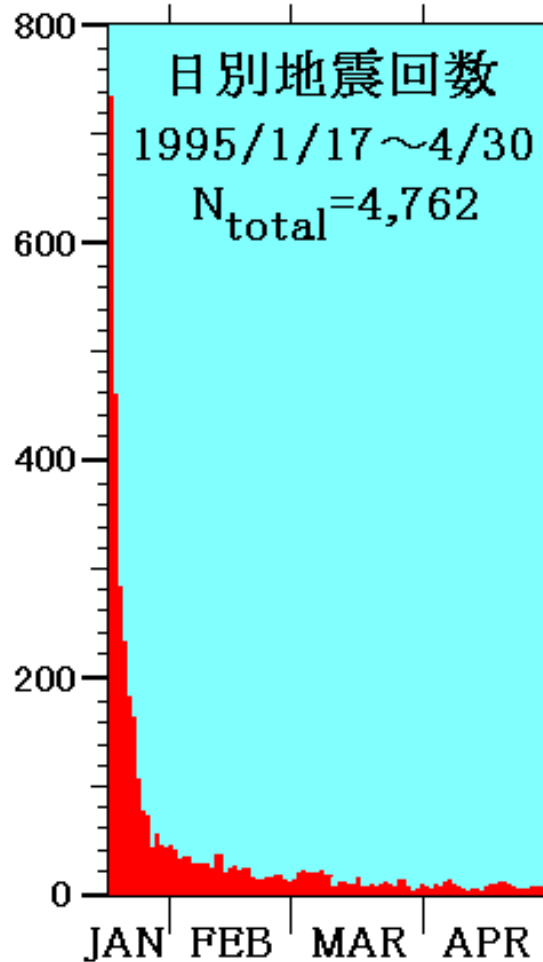
なぜオンライン観測ができないか？

- 時間がない
- 電源がない
- ネットワークがない



地震計は人工ノイズに弱い

阪神大震災後の余震推移



防災科研webページ

http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/part1.html

通常の地震観測点設置手順

- 土地契約
- 建柱
- 電気・通信
引き込み工事
- 電気契約
- NTT契約
- 機器設置調整
- データ送出

最短
でも
2ヶ月

※そもそも被災地では
復旧が優先

現在の対応例1（衛星通信）

- 時間がない（建柱なし、土地・電気・通信契約なし）
- 電源がない（ソーラーパネル）
- ネットワークがない
（衛星通信）

ただし・・・

設置が大掛かりで大変
消費電力大きい(~30W)
各大学常備は2台程度

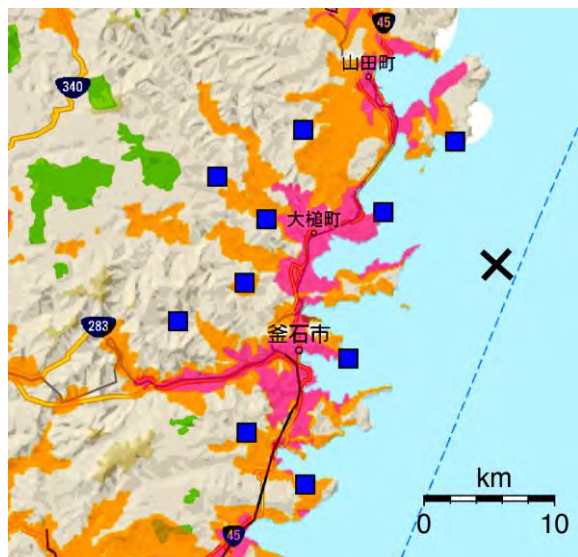


3.11後の金華山観測点（離島）での地震データ
衛星通信システム(VSAT)の設置例

現在の対応例2(携帯網)

- 時間がない (建柱なし、土地・電気・通信契約なし)
- 電源がない (ソーラーパネル)
- ネットワークがない (携帯網)

ただし・・・未カバー域広い



例：岩手県釜石市付近に計画中の観測点とFOMAエリア

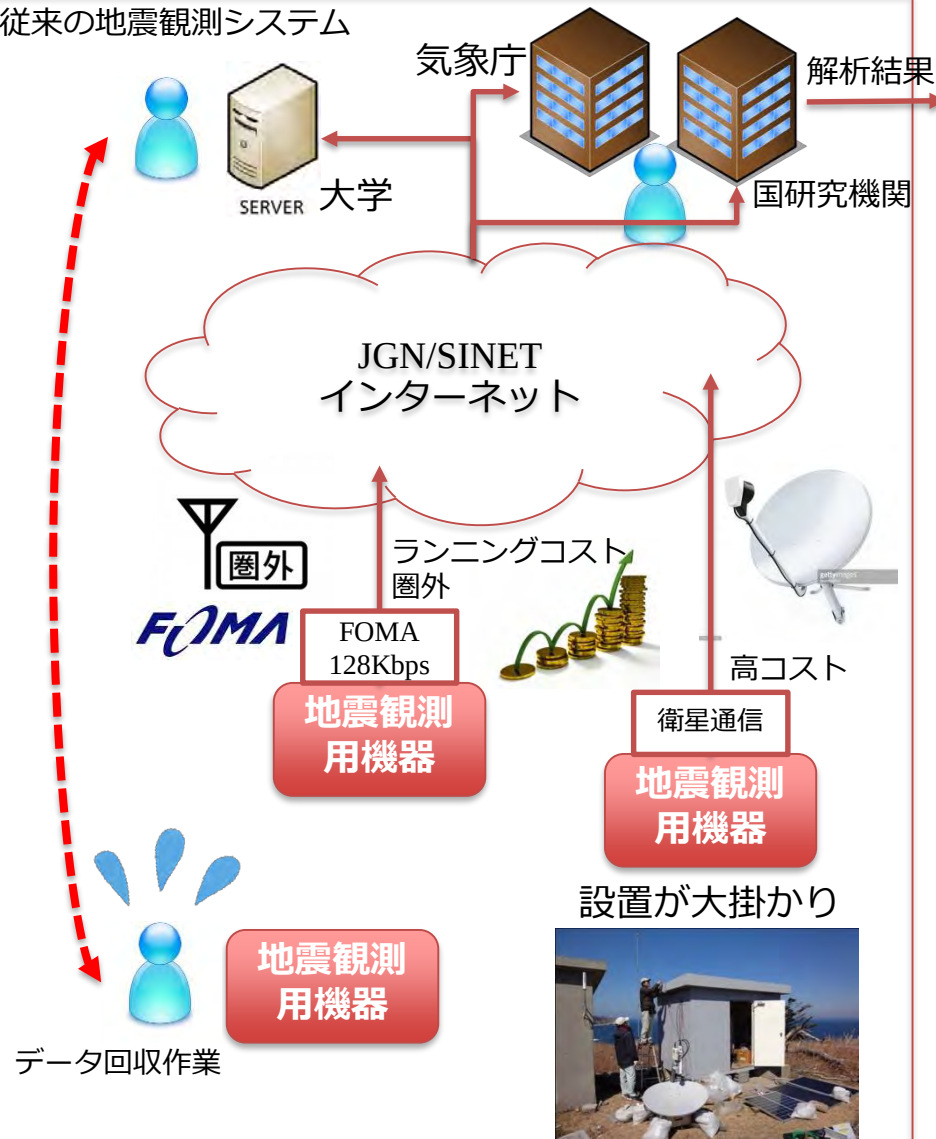


熊本地震でのオンライン余震観測

現状まとめ

様々な箇所の地震観測データを定期的に
にサーバに収集し解析に用いている

従来の地震観測システム



専門家による精査

地震調査委員会
地震予知連絡会
火山噴火予知連絡会



国民

■従来のスタンドアロンな観測システム

安上がりかつ即時展開に向くが
定期的に**現地まで赴き**データを回収する必要がある

■従来の災害発生直後のオンライン観測技術

1. **衛星通信**で観測点展開

設置が大掛かりで大変
消費電力も大きい

保有可能な衛星端末数の関係で**観測点を増やしにくい**

2. 災害発生直後に**FOMA網**で展開

設置箇所・被災の関係で**圏外**も多い
箇所が増えると**待機・ランニングコスト増**

IoTキャラバンシステムを用いた臨時観測

従来の地震観測システム

気象庁

■ 迅速に観測データを取得可能

観測機器は常にオンライン状態
観測者はより迅速に地震観測データを閲覧したり解析したりすることが可能となる

■ 迅速展開可能

・ 観測機器同士を可搬型NerveNetによるメッシュネットワークで接続

■ 観測範囲の広域・柔軟化

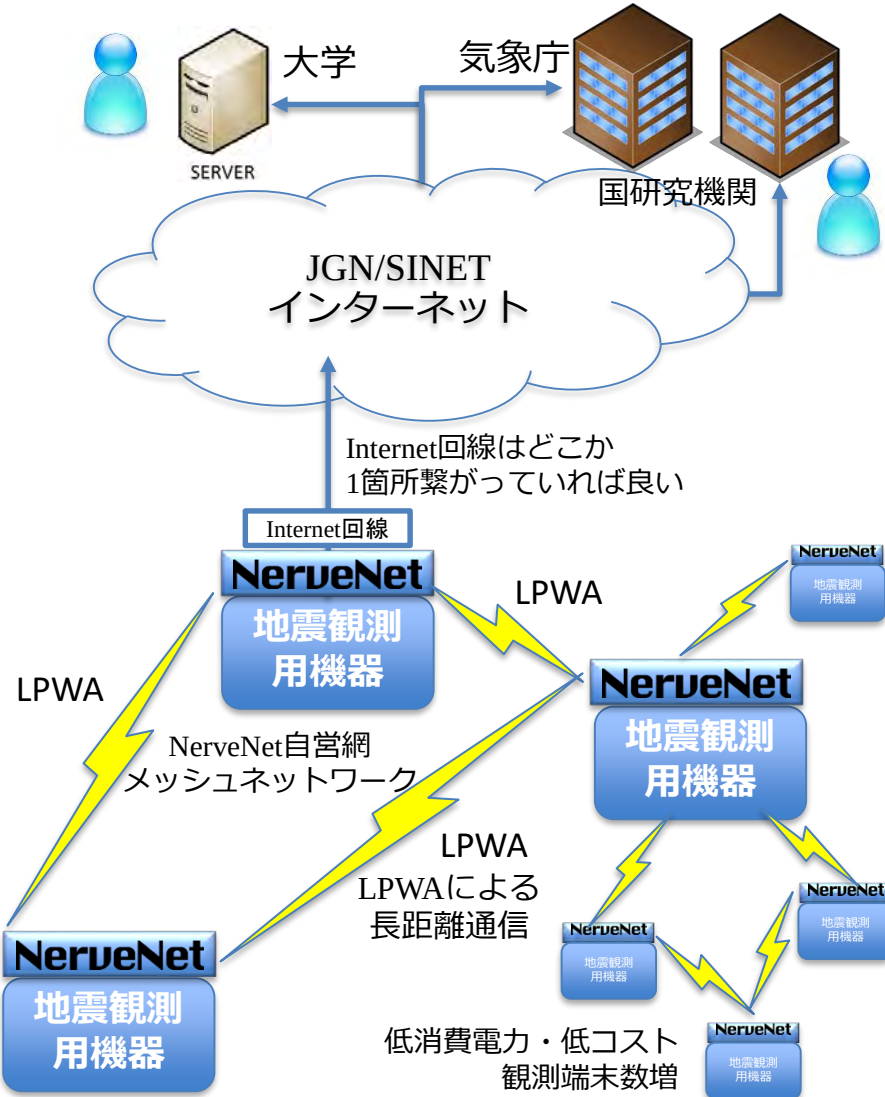
・ 可搬型NerveNetのメッシュリンクをLPWAで構築することで長距離化
・ 携帯電話網に依存しない柔軟な観測点追加
・ 低消費電力な自営網の形成
・ 観測点を増やすことが可能

地震観測用機器

データ回収作業



NerveNetにより実現される地震観測システム



可搬型NerveNet

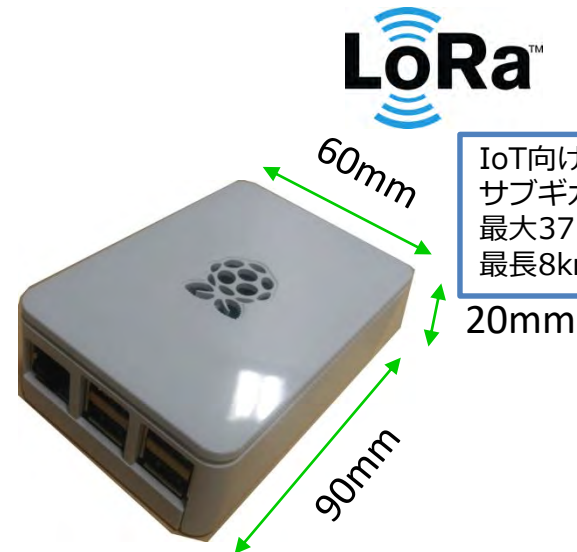
据え置きタイプ



重量: 約6kg
消費電力: 100W(最大)

- 防水・防塵, 高信頼性・耐久性
- 高出力で大型の無線機・アンテナ
- 可搬性が重視される用途には適さない

ラズベリーパイタイプ

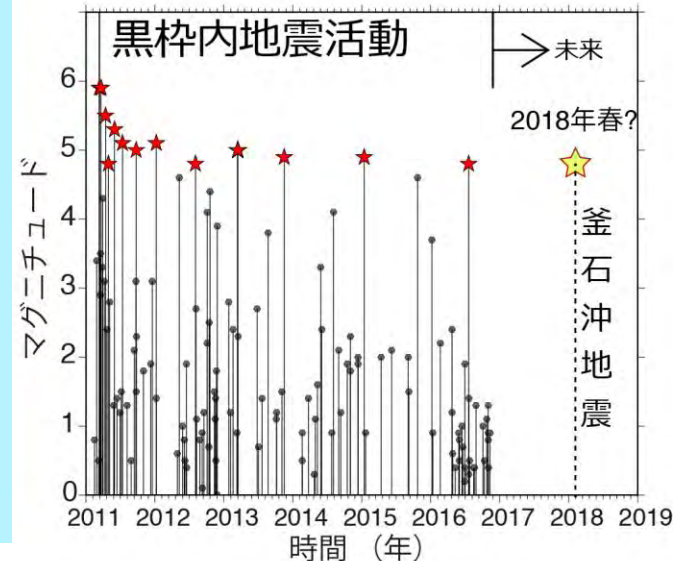
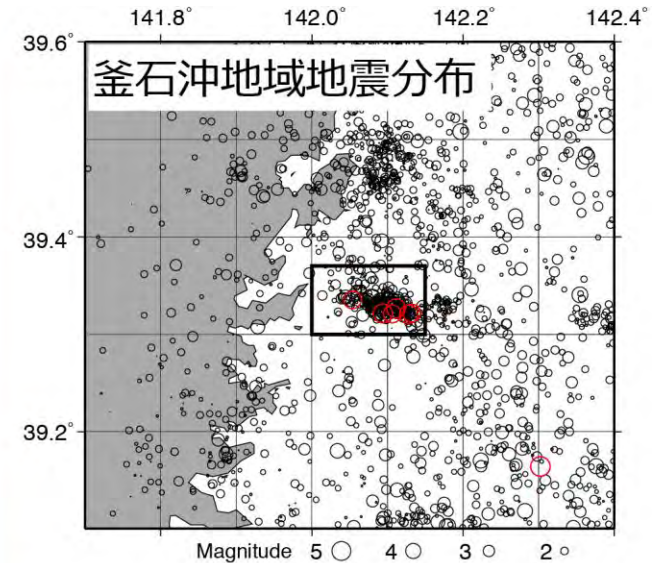
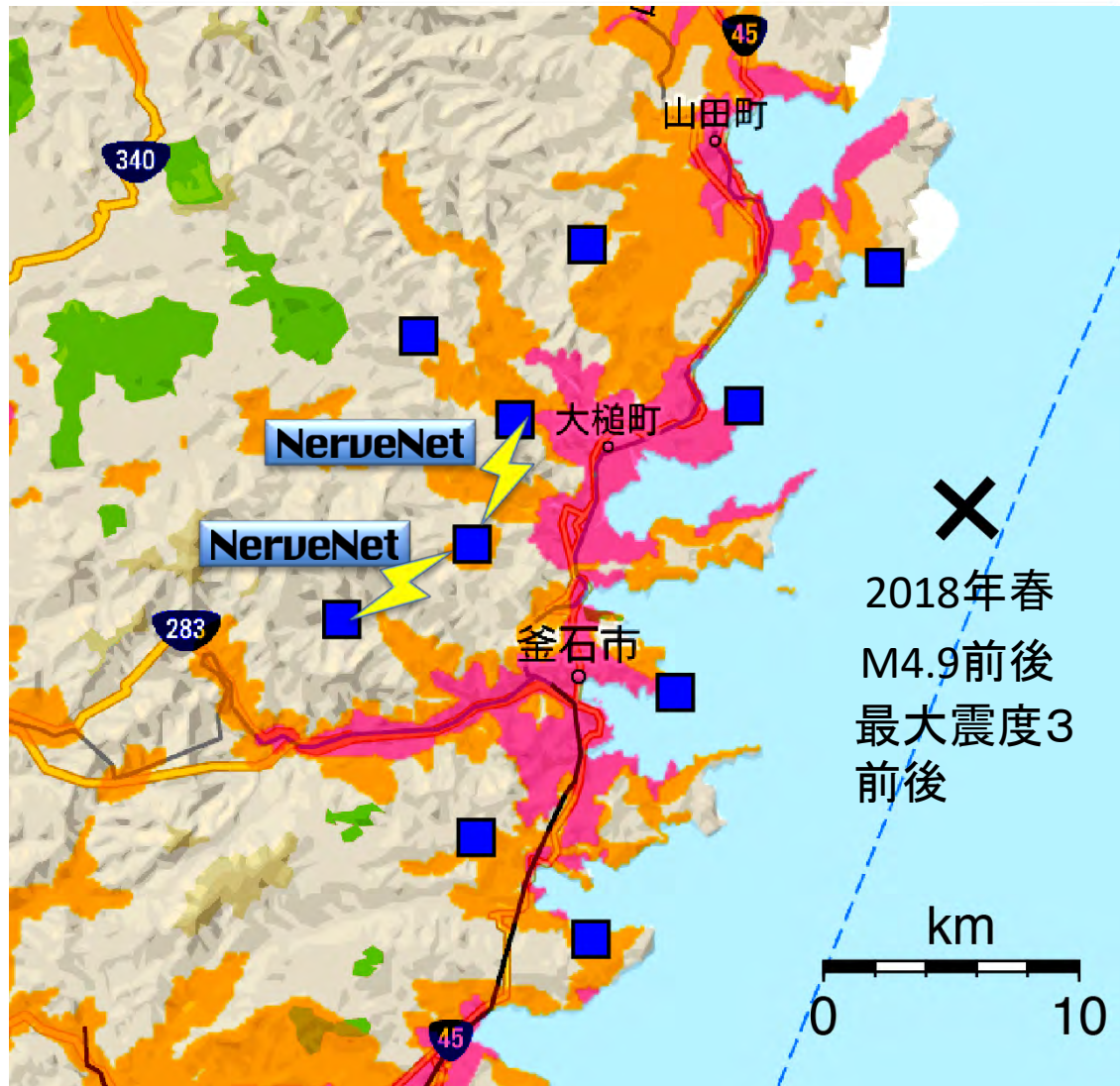


LoRa™
IoT向けLPWA規格の一つ
サブギガ帯を利用
最大37.5Kbps程度だが
最長8km

重量: 100g程度
消費電力: 7W(最大)

- 信頼性, 耐久性は劣るが
小型, 省電力で軽く, ハードが安い
- 大容量リチウムイオン電池＋ソーラーパネルでオフグリッド運用も視野
- 「低速だが長距離の通信」が可能な
LoRa™ を用いて開発中

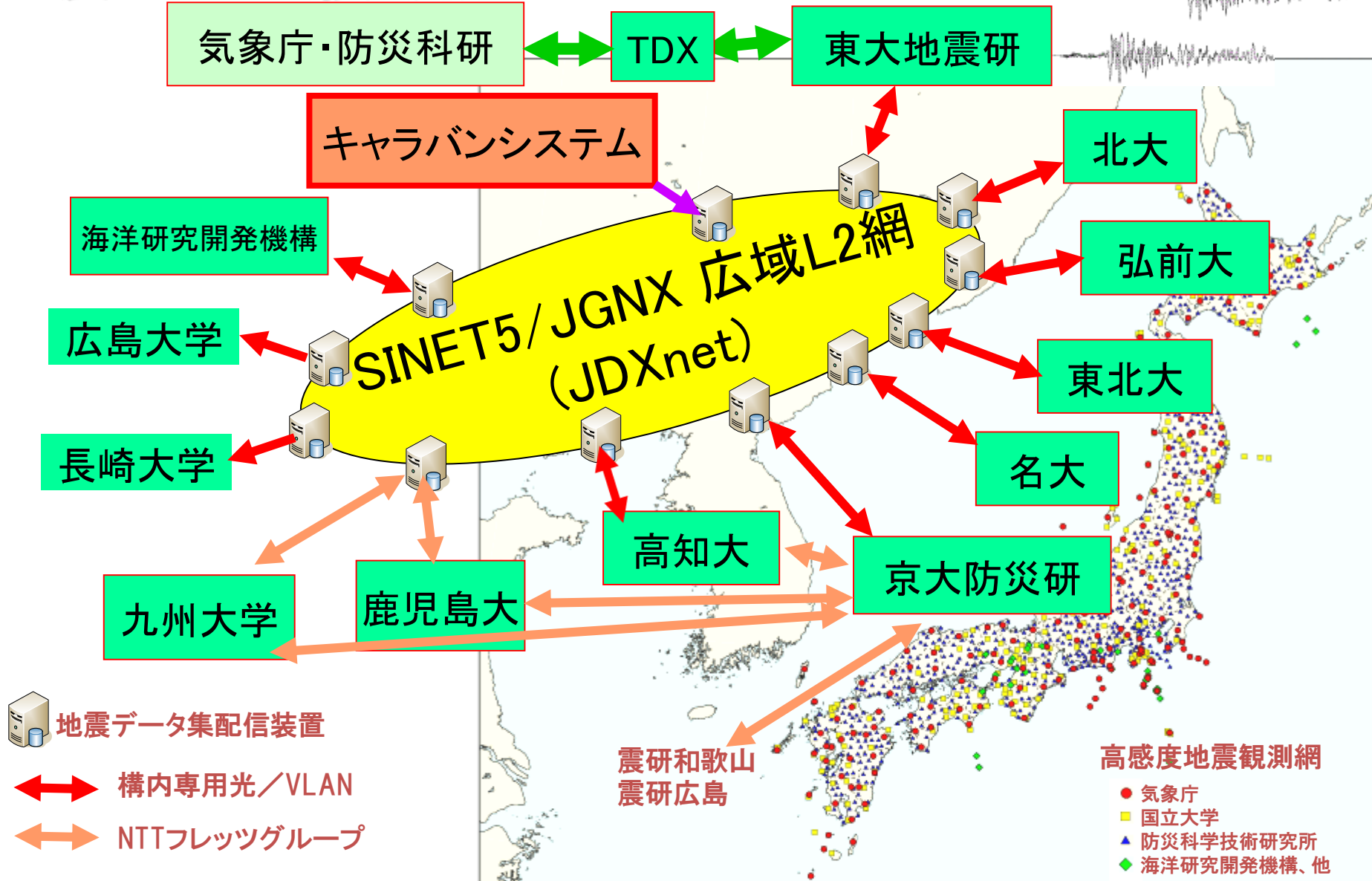
構築中の待ち受け観測網



岩手県釜石市付近に計画中の観測点。背景はFOMAエリア

今後の展望：全国規模での運用 JDXnet

地震データ交換・流通ネットワーク



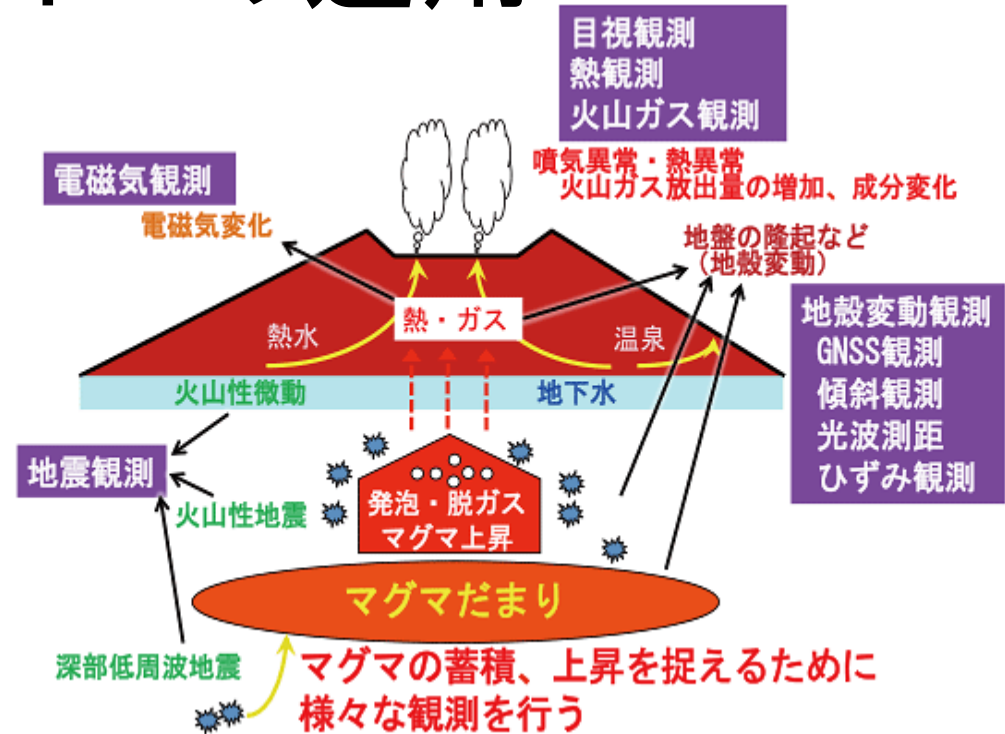
今後の展望：火山への適用

有事の火山の監視強化

→火山活動推移把握

火山の噴火前には観測網の構築の時間がある場合も多い。
必要な火山の周りにネットワーク環境を構築

(場合によっては長期化・噴火に至らない場合も)



気象庁「気象業務はいま」から引用



まとめ

(背景)

- 臨時余震観測にIoTキャラバンのニーズがある
- 省電力可搬型NerveNet/LPWAの開発・発展

(現在の検討状況)

- フィールド実証実験を含む広域即時展開型地震観測システムの研究開発
- キャラバンシステムプロトタイプとして問題点の洗い出し

(将来)

- 全国合同余震観測への投入
- IoTキャラバンシステムの稼働(火山等、多様なアプリケーション)