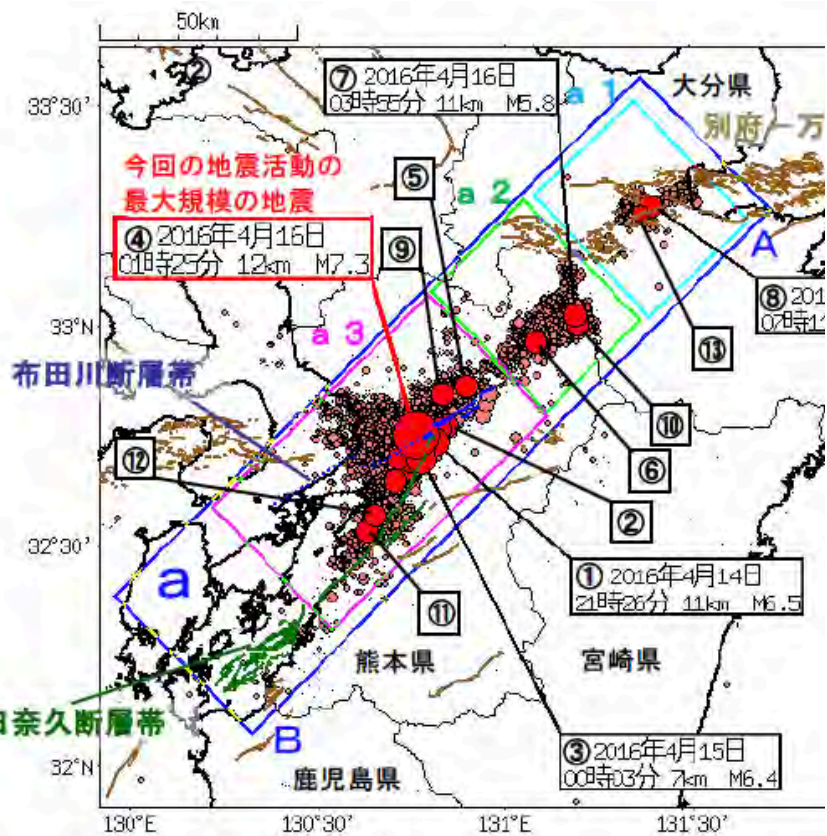


臨時地震観測への IoTキャラバンシステム適用の検討

○内田直希・平原聡・河野俊夫(東北大学理学研究科)
佐藤剛至・天間克宏・鷹取耕治(NICT)

熊本地震の余震分布 と地震動予測地図



地震調査研究推進本部「平成28年(2016年)熊本地震の評価」

全国地震動予測地図2014年版

熊本地震の発生確率は高まっていた
地震調査研究推進本部が2013年に発表した「九州地域の活断層の地域評価」によると、九州中部でM6.8以上の地震が30年以内に起きる確率は「18～27%」、九州全体では「30～42%」と算出されており、地震学的には高い確率と認識されていた。全国地震動予測地図2014年版でも、熊本では震度6弱以上の強い揺れに見舞われる確率が他の地域に比べて高くなっていた。

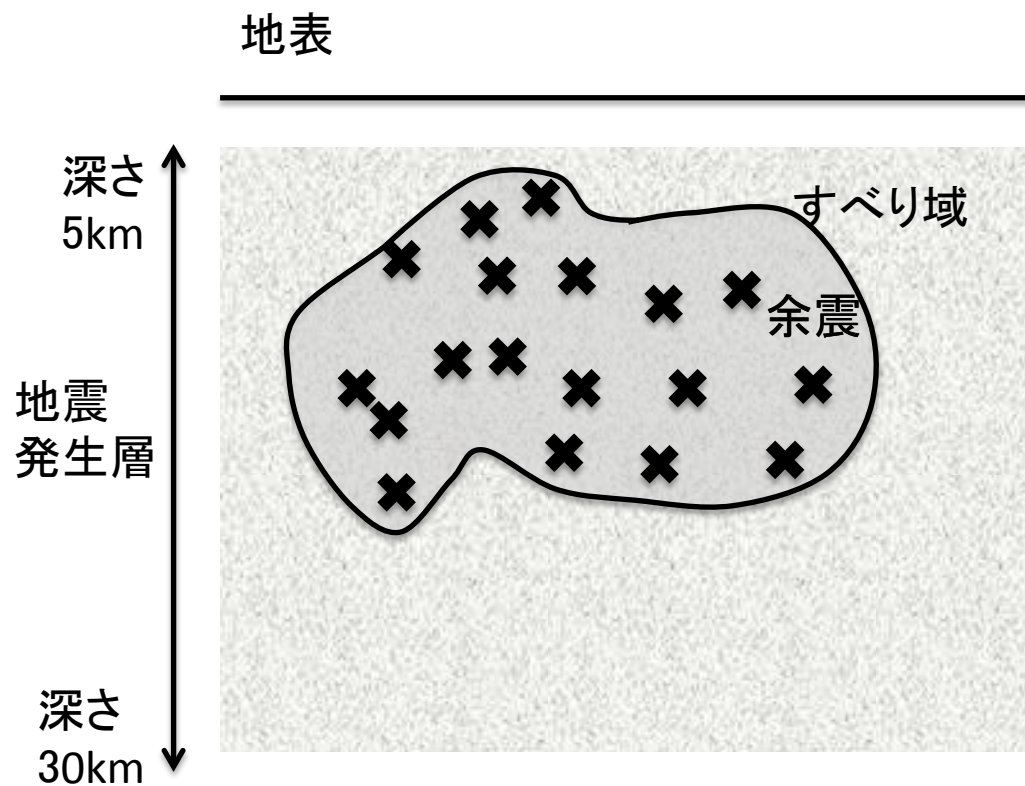
震地元の認識は必ずしも高まっていた
2016年4月の熊本地震の発生は、被災者や被災自治体の多くにとって、大きな驚きであった。「熊本には大きな地震は起こらないと思っていた」…、そんな声も多く聞かれた。



J-SHS 地震ハザードステーション2014年版
今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図より

災害の軽減に貢献するために地震火山観測研究パンフレット
「熊本地震における研究者たちの活動」

広域即時展開型地震観測システムの必要性 (臨時余震観測の目的)



① 余震分布



地下の断層形状・すべり
域・未すべり域の把握

② 余震位置・走時



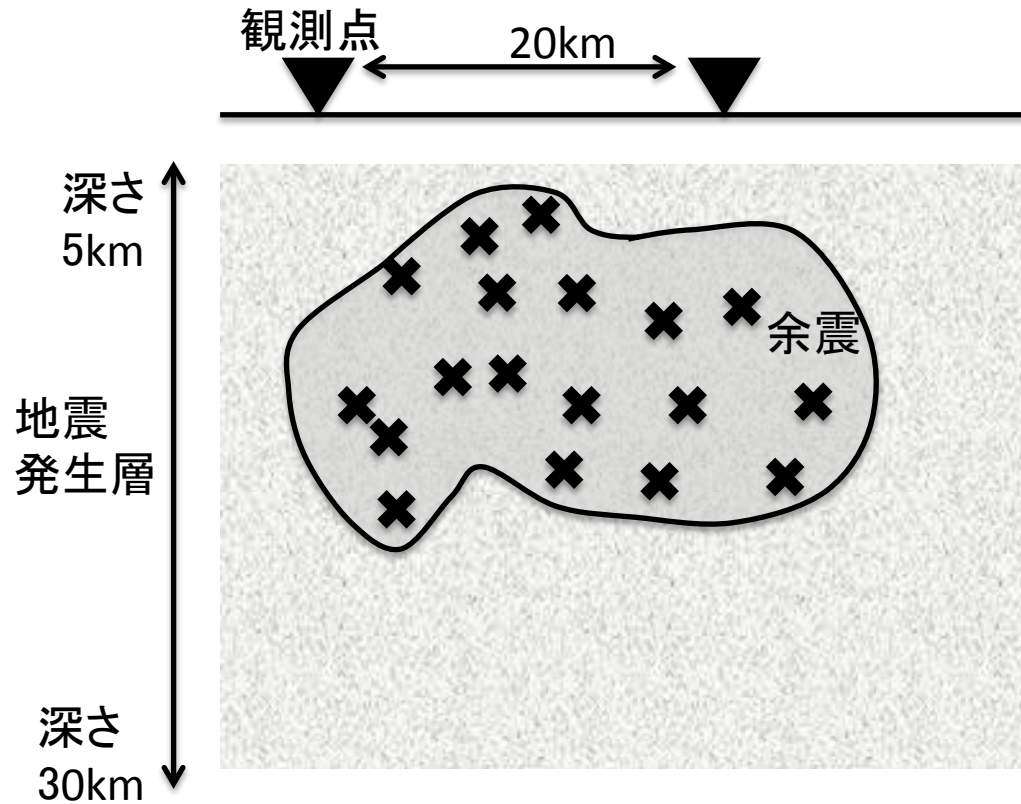
地下構造(速度・減衰)

③ 微小余震活動

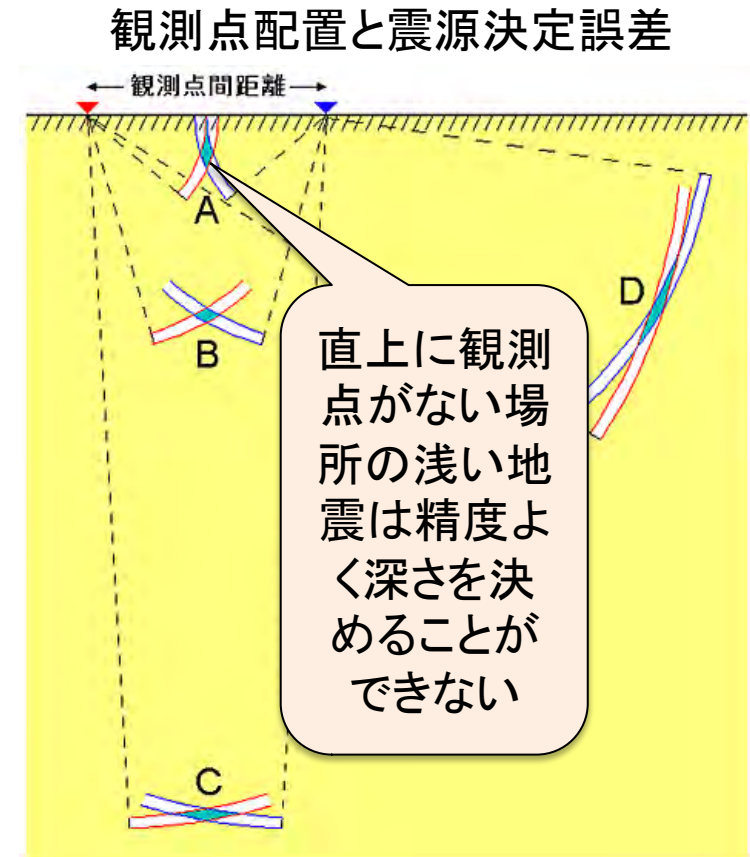
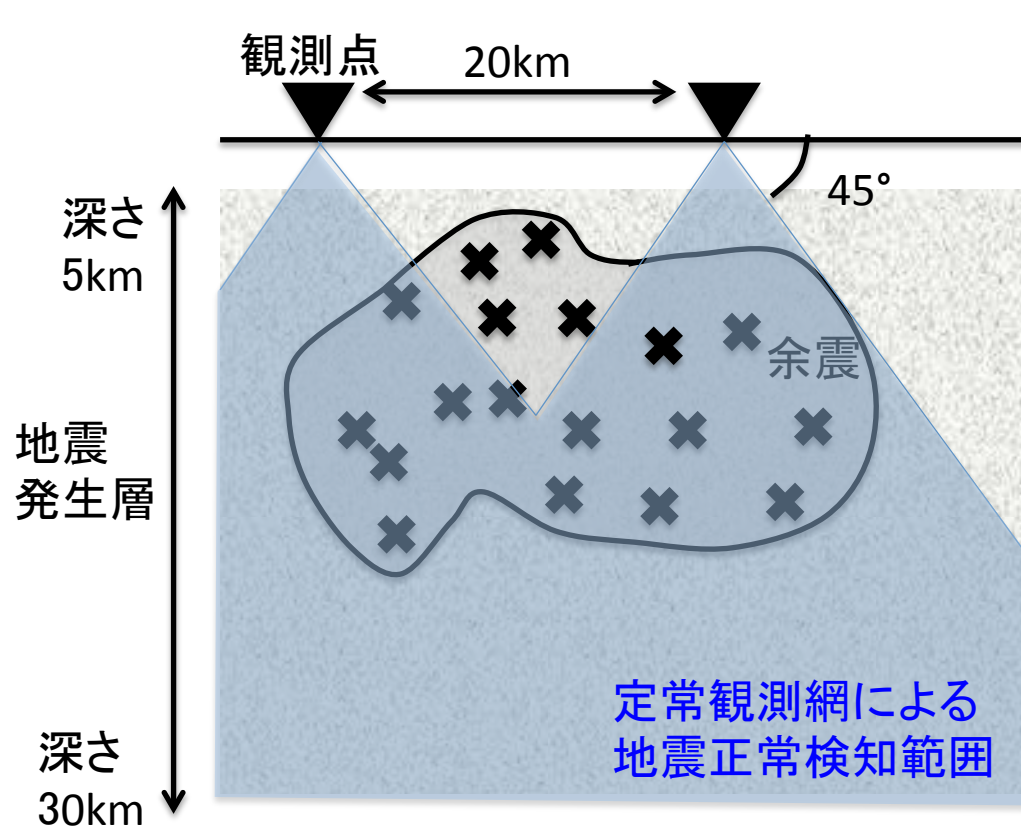


地震後変動
・今後の地震活動予測

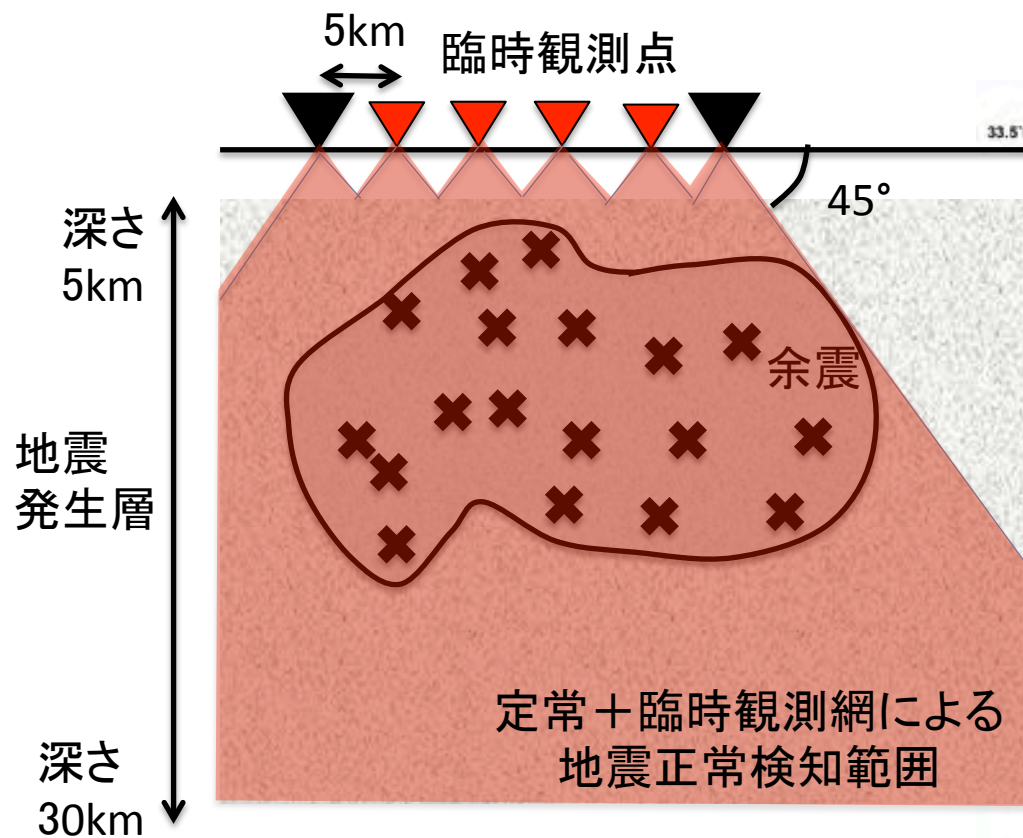
広域即時展開型地震観測システムの必要性 (現在の定常地震観測網)



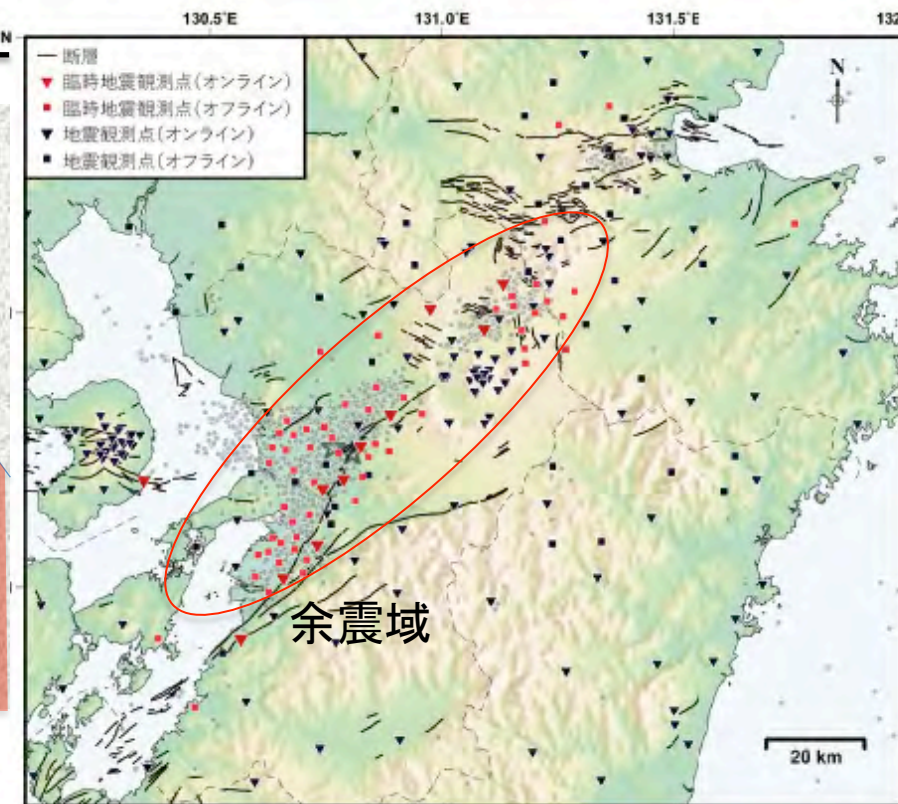
広域即時展開型地震観測システムの必要性 (現在の定常地震観測網)



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)

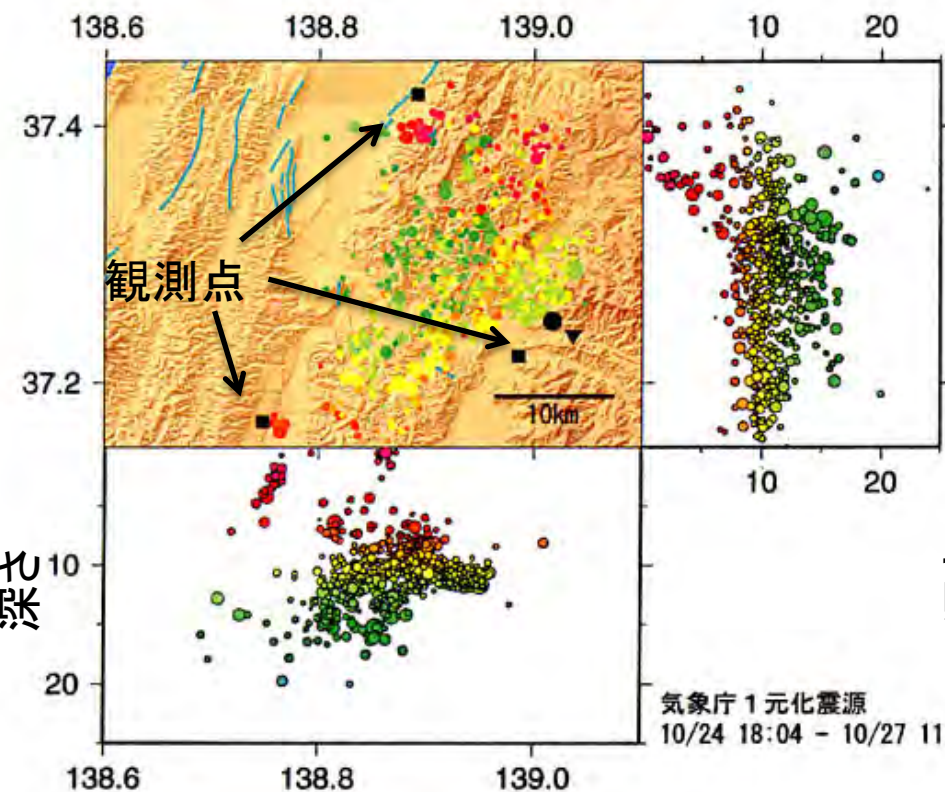


(作成: 松本聡)

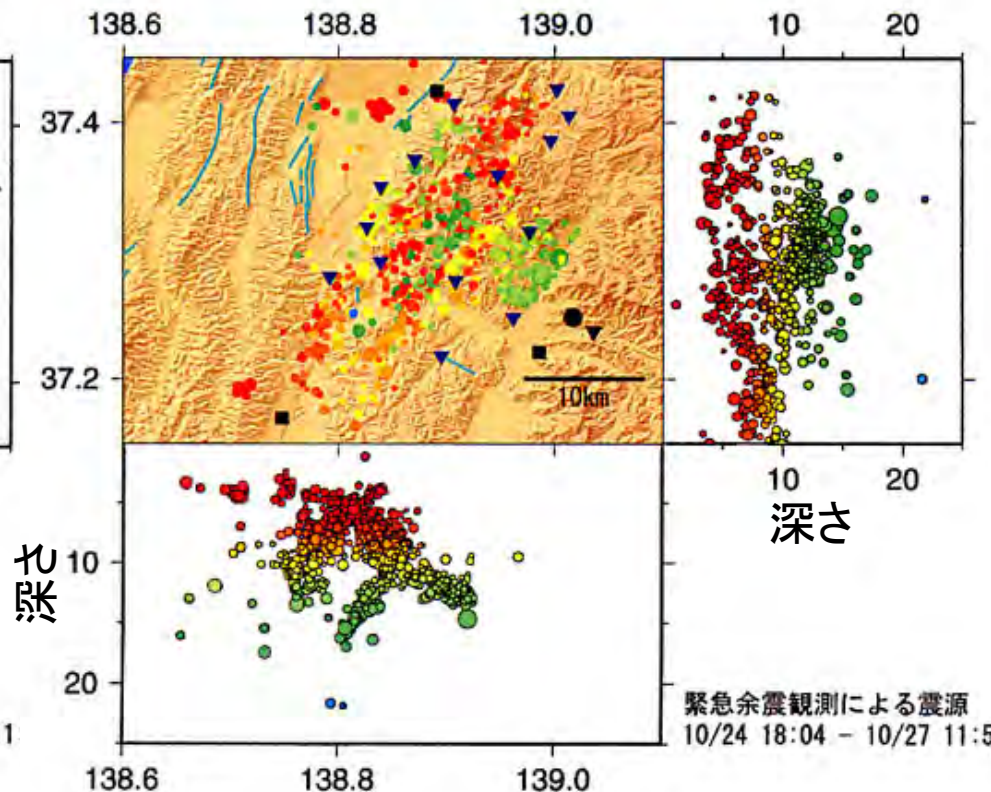
臨時余震観測の効果(余震分布)

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, 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, 北海道大学, 東北大学, 名古屋大学, 金沢大学, 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

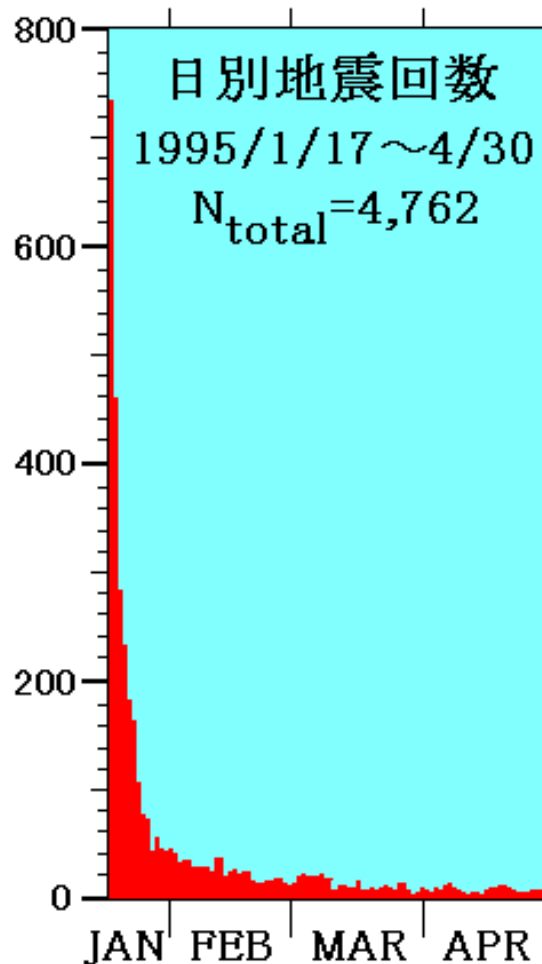
なぜオンライン観測ができないか？

- 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

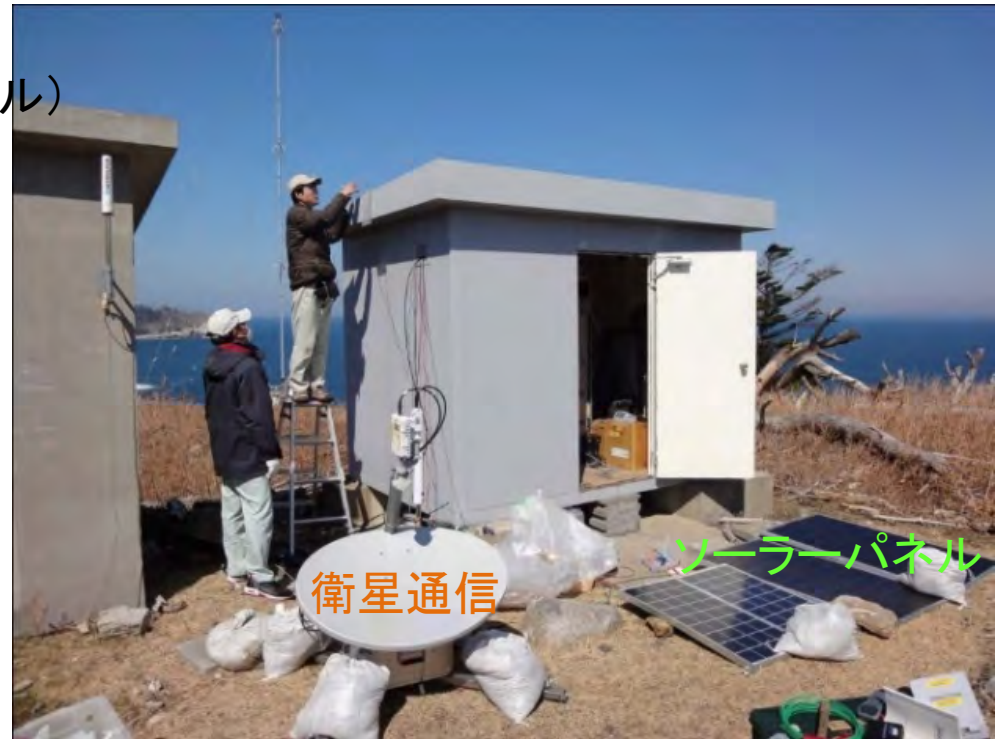
※そもそも被災地では
復旧が優先

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

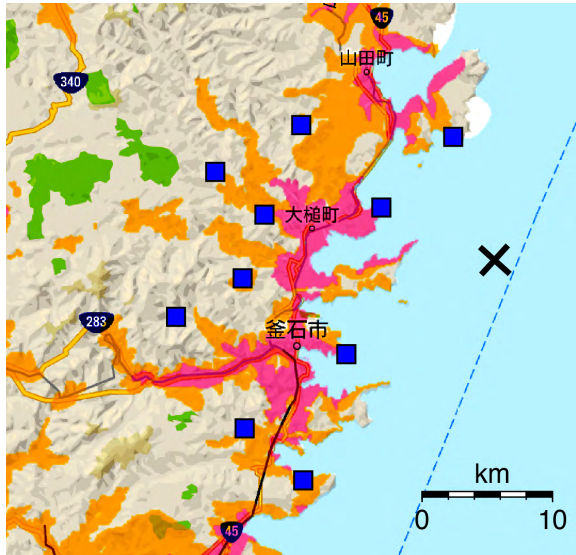


3.11後の金華山観測点（離島）での地震データ
衛星通信システム(VSAT)の設置例

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

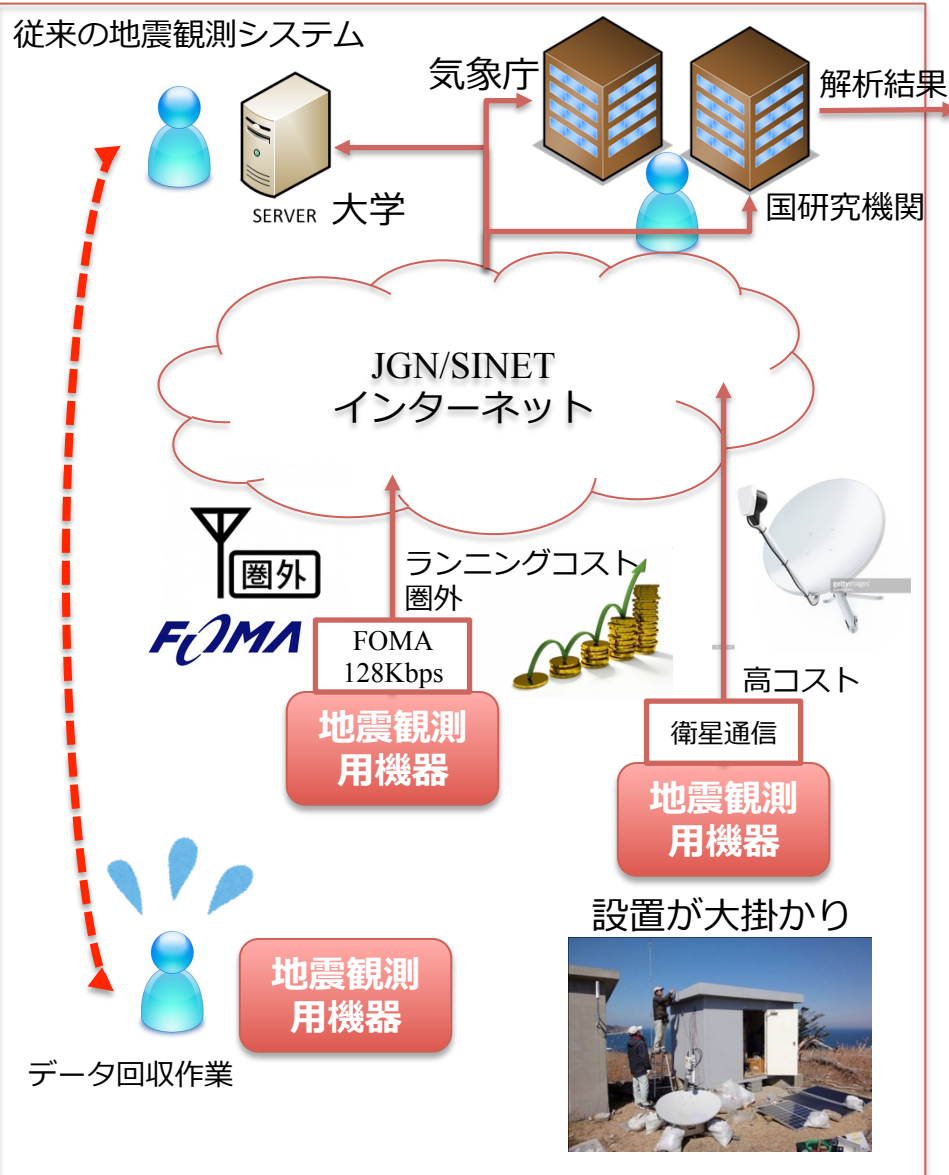


例：岩手県釜石市付近に計画中の観測点とFOMAエリア



熊本地震でのオンライン余震観測

様々な箇所の地震観測データを定期的にサーバに収集し解析に用いている



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

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

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 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



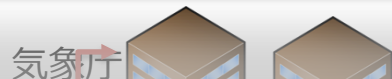
・地域IoT実装を推進するために必要なもの (通信基盤、情報基盤)を手軽に利用できるテストベッド。

- ・ 観光・農業・教育・地域ビジネス等地域課題への適用



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



■ 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

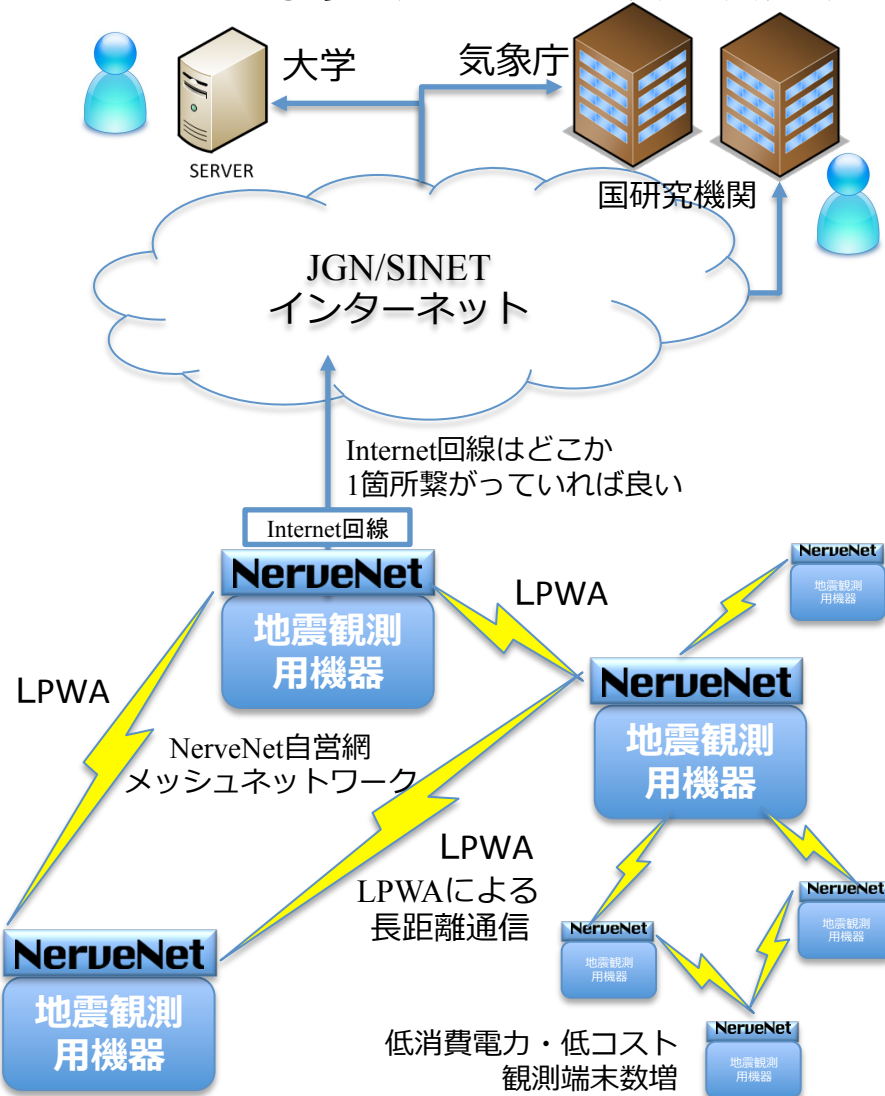
・ 可搬型NerveNetのメッシュリンクをLPWAで構築することで長距離化
・ 携帯電話網に依存しない柔軟な観測点追加
・ 低消費電力な自営網の形成
・ 観測点を増やすことが可能

地震観測
用機器

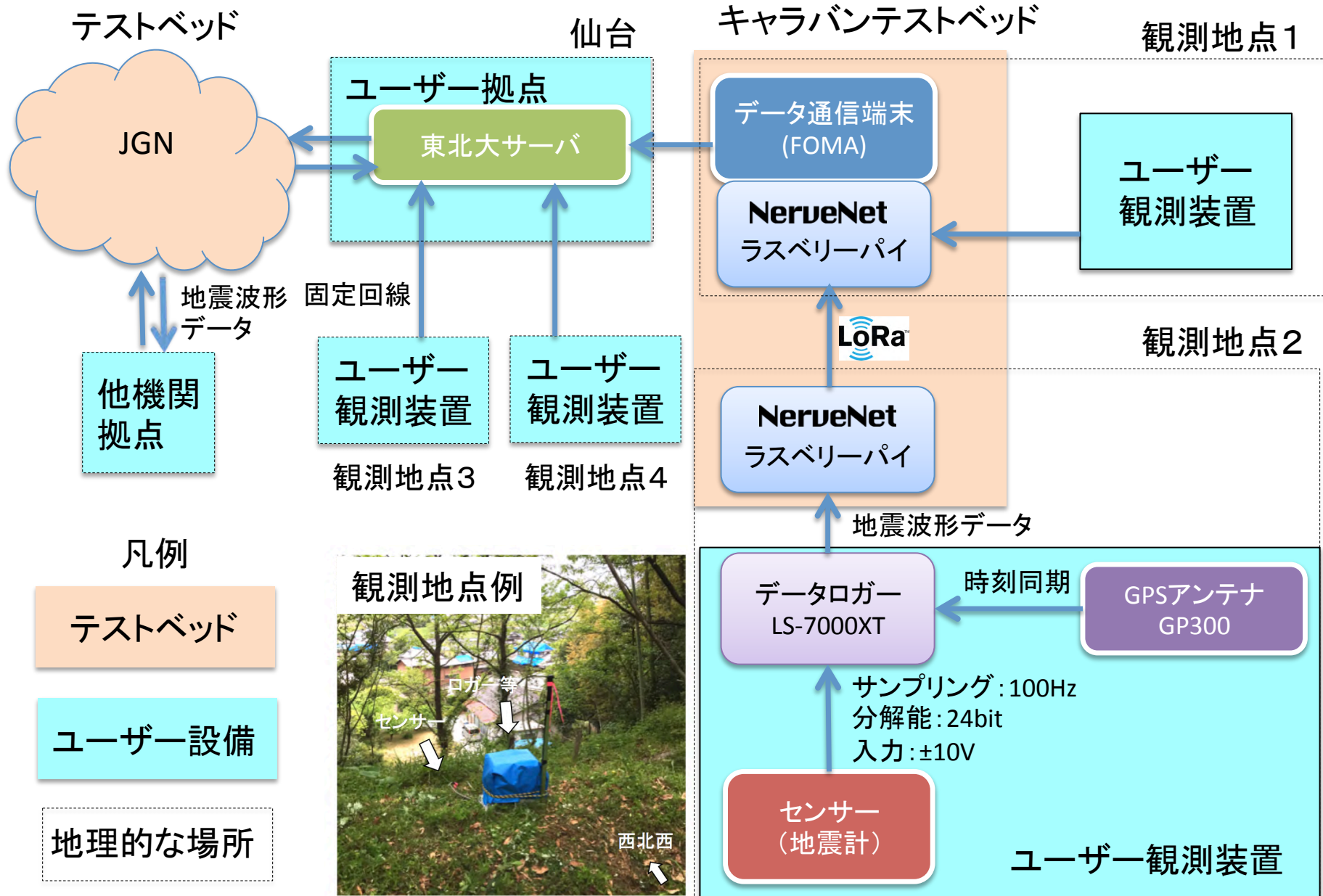
データ回収作業



NerveNetにより実現される地震観測システム



テストベッドとユーザー設備の関係



キャラバンを可能にする可搬型NerveNet

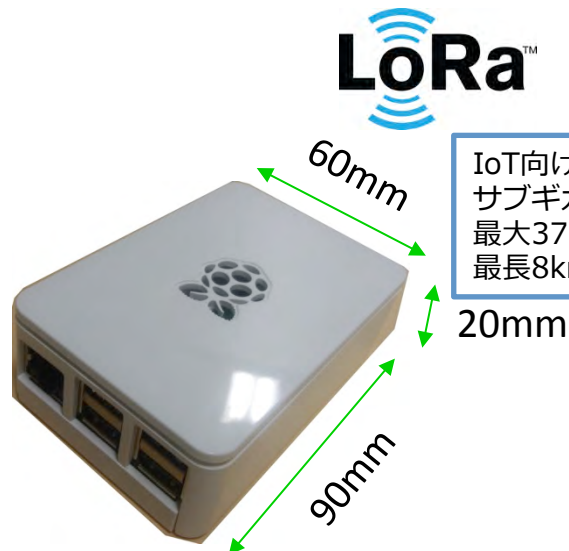
据え置きタイプ



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

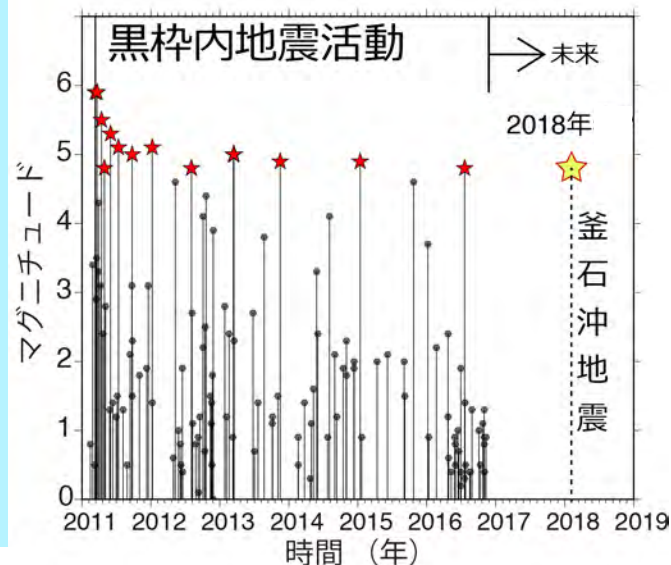
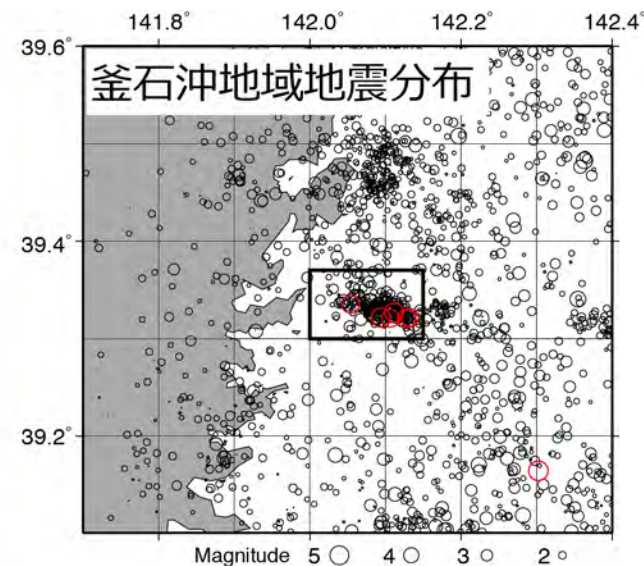
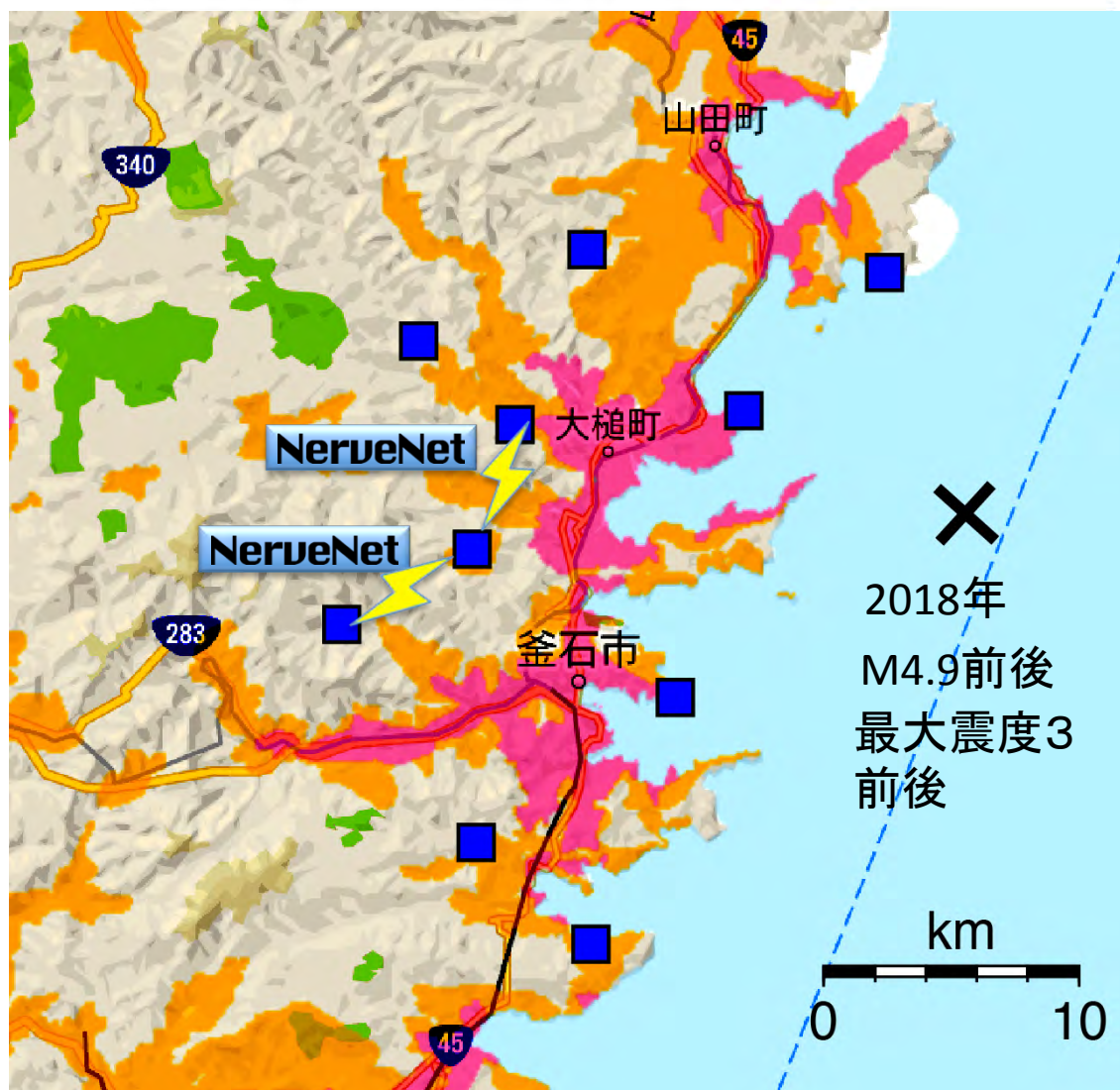
ラズベリーパイタイプ



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

検討の実施状況



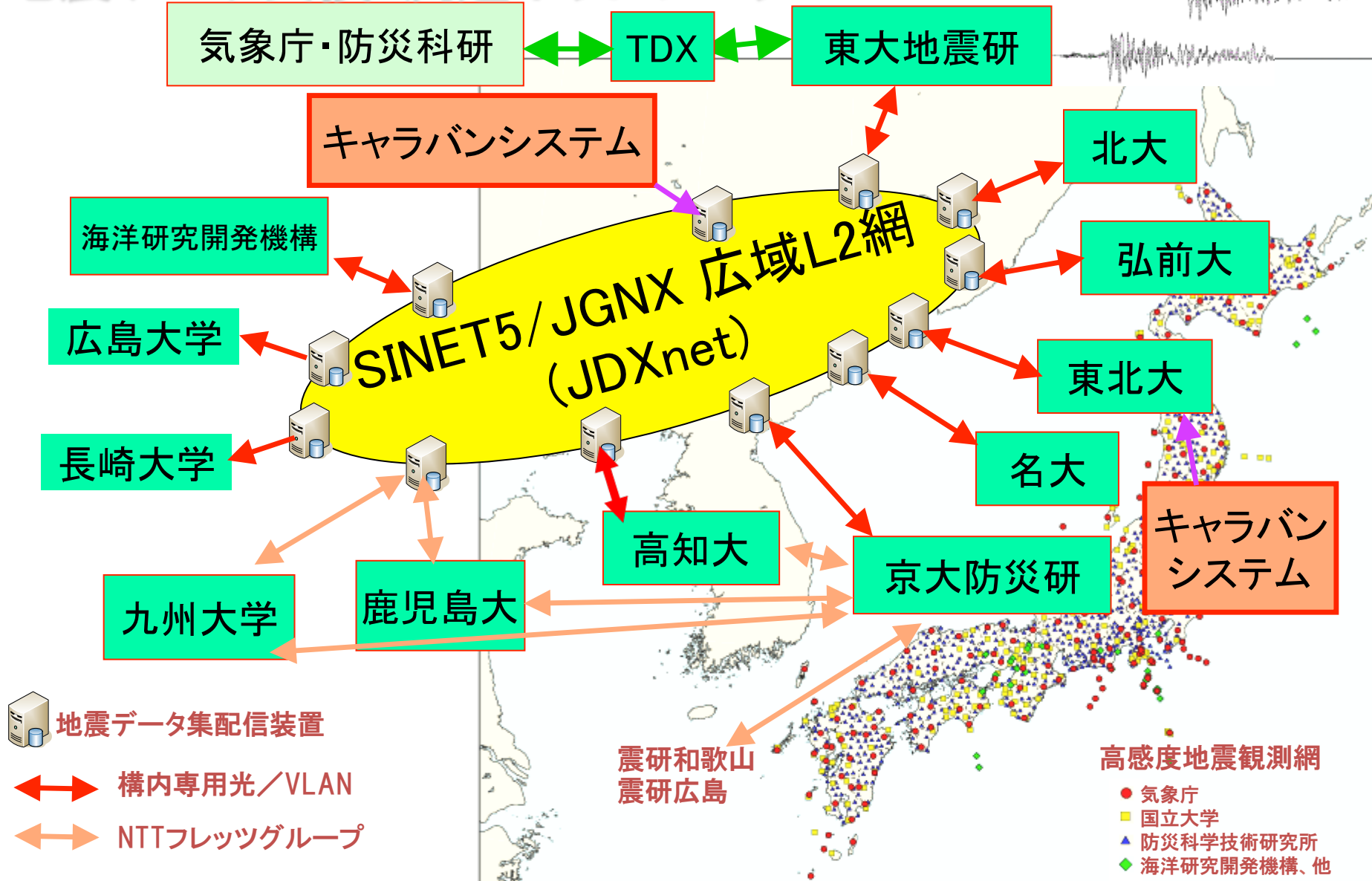
岩手県釜石市付近に計画中の観測点。背景はFOMAエリア

観測点候補地調査(8/21,22実施)



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



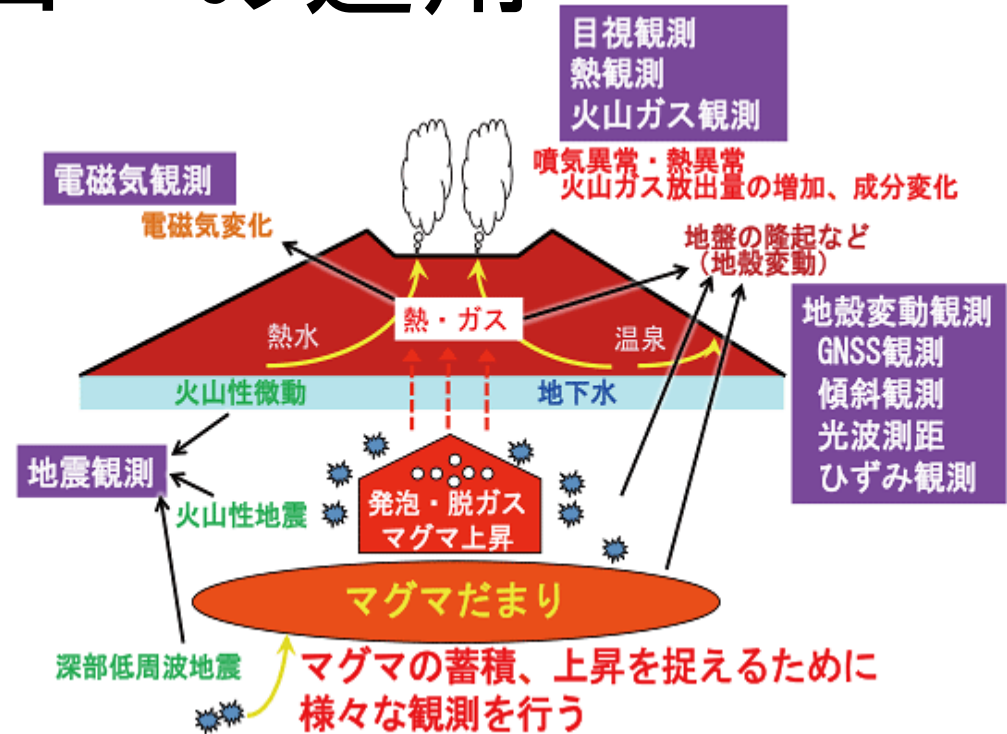
今後の展望：火山への適用

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)

謝辞: 本研究は「東北大学ーNICTマッチング研究支援事業」・「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」による補助を受けました。