

DONETデータの 緊急地震速報利用に向けて

地震津波・防災研究プロジェクト
システム運用・データ管理グループ

高橋成実

DONET強震計

Metrozet TSA-100S Triaxial Seismic Accelerometer



TSA-100S Accelerometer Specifications

Strong Motion Sensor: +/- 4 g Range
Wide Bandwidth: DC to >225 Hz
Low Noise: 2.2×10^{-8} g/rtHz at 1 Hz
Low Thermal Drift: 60 micro-g/°C
High Dynamic Range: 162 dB at 1 Hz
137 dB, 0.1 Hz to 100 Hz, Integrated
High Accuracy:
0.015% Total Non-Linearity
Ultra-Low Hysteresis: 0.005%

Digital Output Option (TSA-100S-D24)

24-bit Digital Data
50, 100, 200, 500 Hz Sampling Rates
125dB, 0.1 to 40 Hz, Integrated
144 dB Anti-alias Protection
Streaming Data
Native miniSEED Data Format
GPS Timing
Up to 32 GB Non-volatile Data Buffer
Standard Isolated RS-485 Interface

Applications

Advanced Seismic Networks
Tsunami Warning Arrays
Structural Monitoring Systems

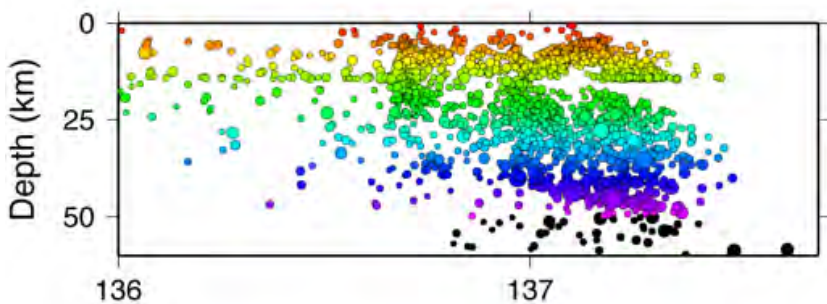
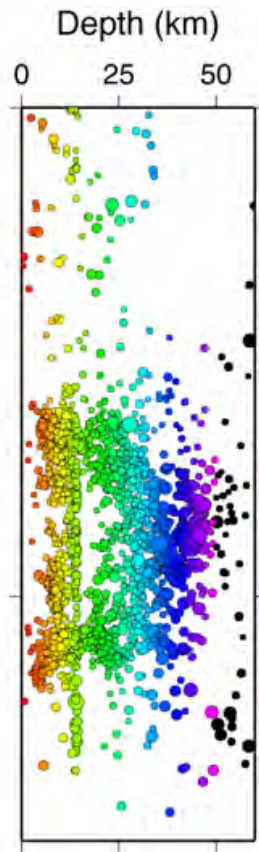
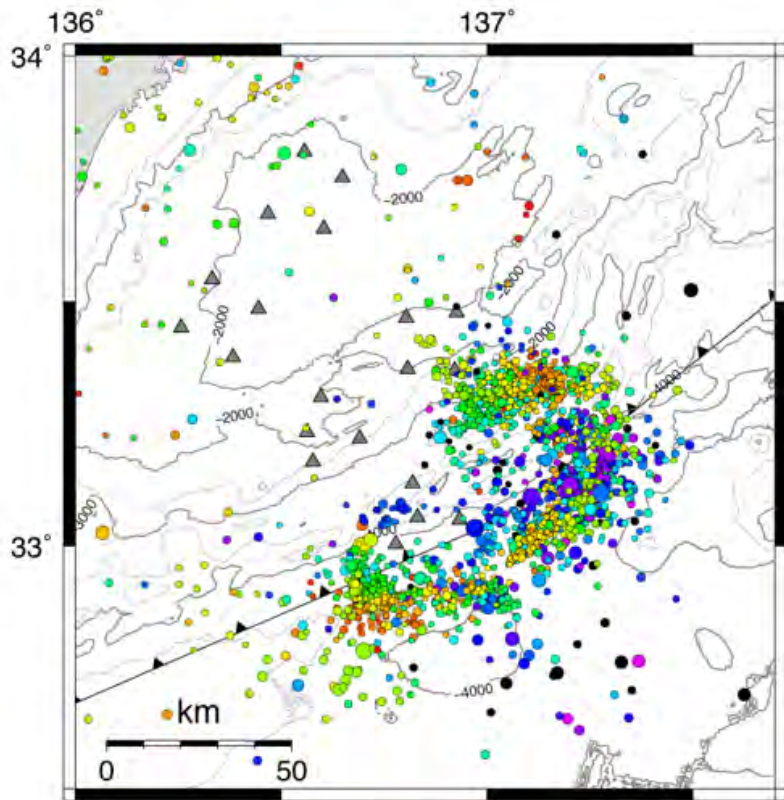
Single Supply Option (TSA-100S-S)

Wide Input Power Range

The Metrozet TSA-100S is an advanced sensor for the most critical applications in earthquake recording and structural engineering. Packaged for surface applications, the TSA-100S delivers a large sensing range (+/- 4 g), wide frequency response (DC to >225 Hz), high accuracy (ultra low non-linearity and

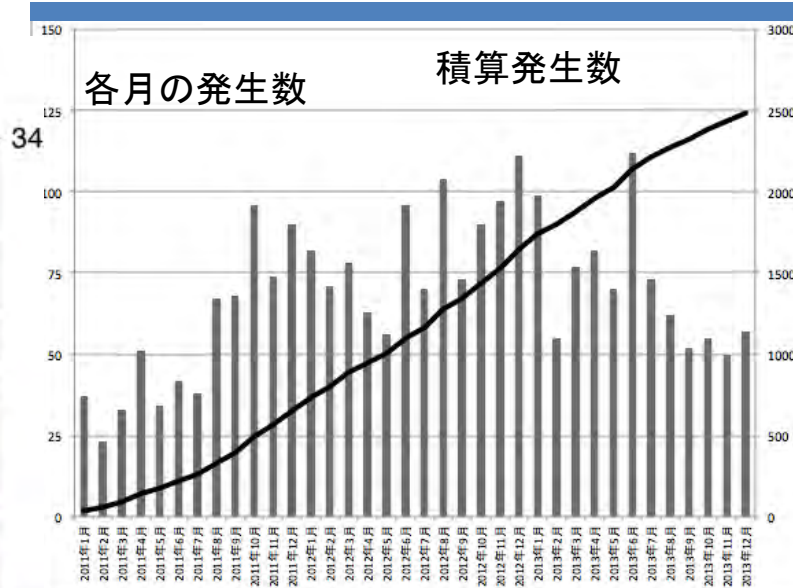
熊野灘の地震活動

2011年1月1日-2013年12月31日
深さ60km以浅 M>1.5

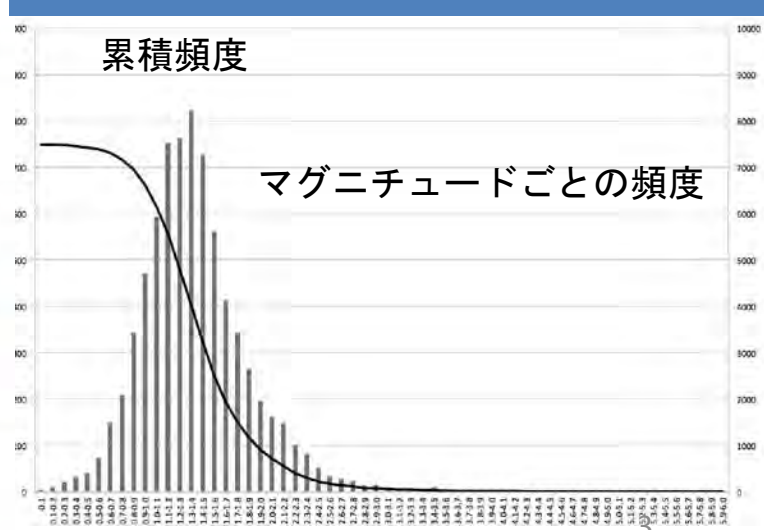


2011/1/1 - 2013/12/31
M = 1 2 3 4
N = 2488
0 25 50
Depth (km)

月別地震発生数



マグニチュード-頻度分布



DONET強震計データのオフセット

- DONETデータには特に近地地震の際にオフセットがのることがあった。このオフセットがマグニチュードの課題評価につながる恐れがある。
- 強震計のカタログでは0.005%のヒステリシスとされており、観測されたオフセットはこの範囲内。
- 強震計、広帯域地震計の両方に記録されるケースが多かったため、筐体の傾斜が原因として埋設後の状況を確認している。
- 埋設前の検討として、筐体の傾斜では説明できないケースがあり、これはセンサー由来と解釈した。

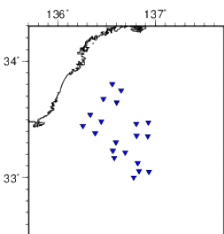
2013/10/26 M7.1

福島県沖の地震(遠地地震)

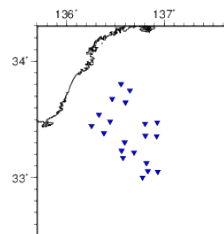
オフセットなし



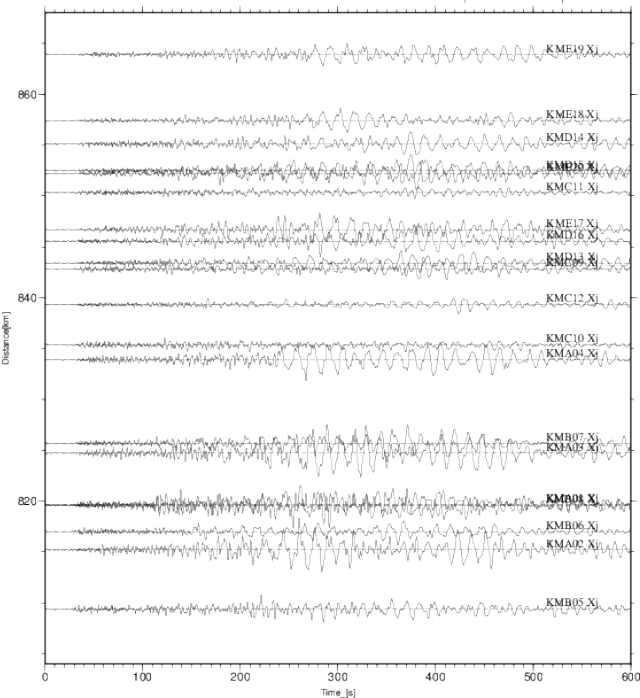
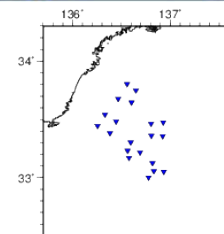
13/10/26-02:11:50.000
37.200000 144.600000 10.000000 M=7.100000



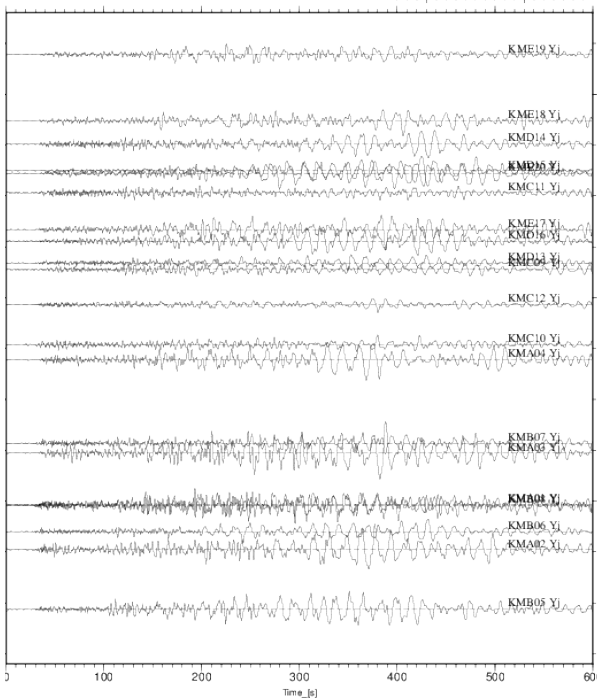
13/10/26-02:11:50.000
37.200000 144.600000 10.000000 M=7.100000



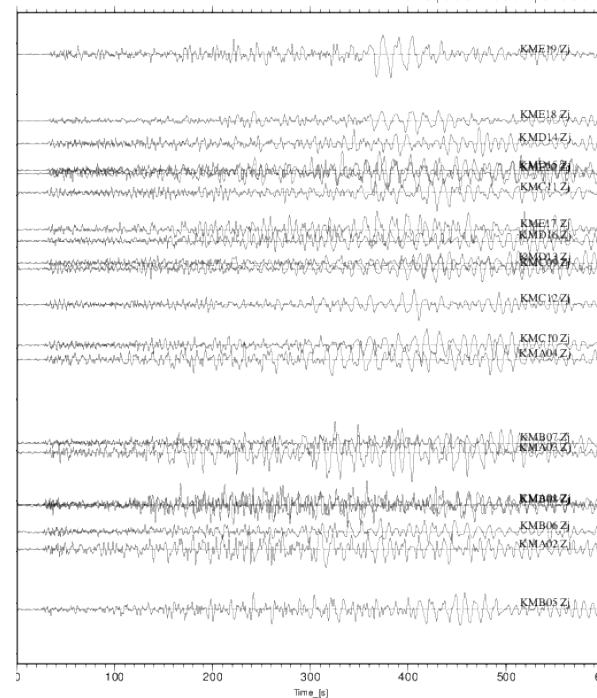
13/10/26-02:11:50.000
37.200000 144.600000 10.000000 M=7.100000



X



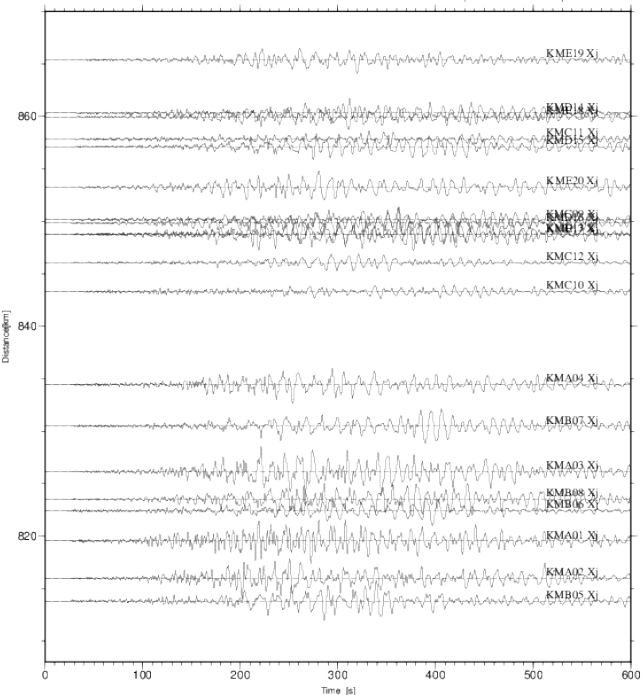
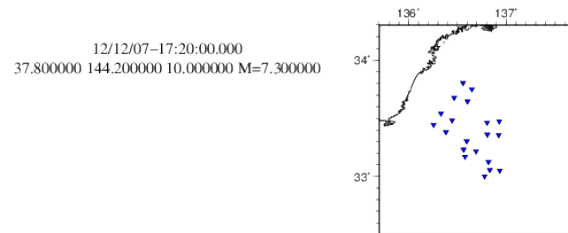
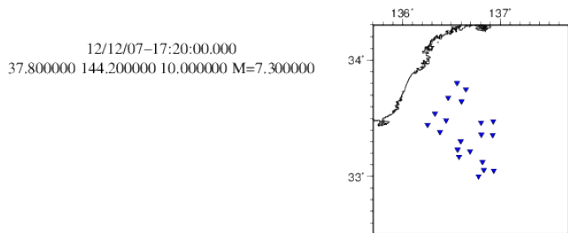
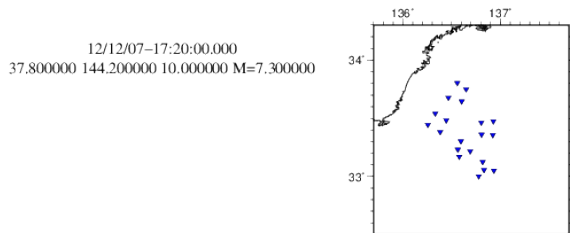
Y



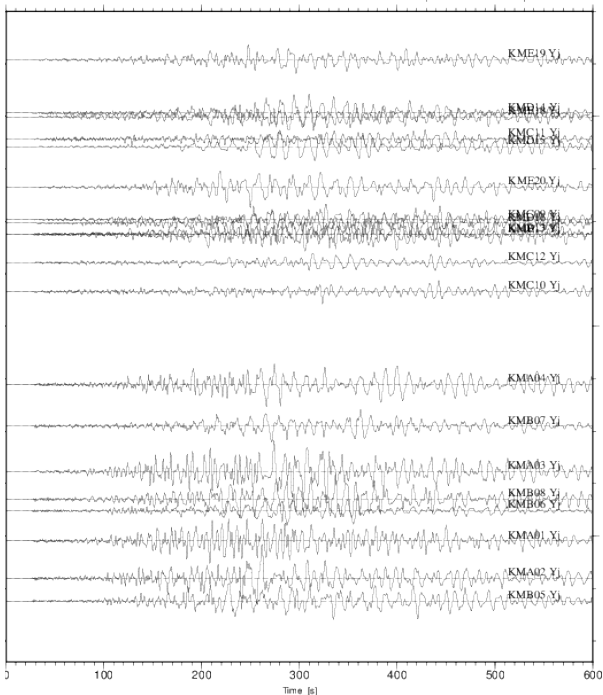
Z

2012/12/07 M7.2 三陸沖の地震(遠地地震)

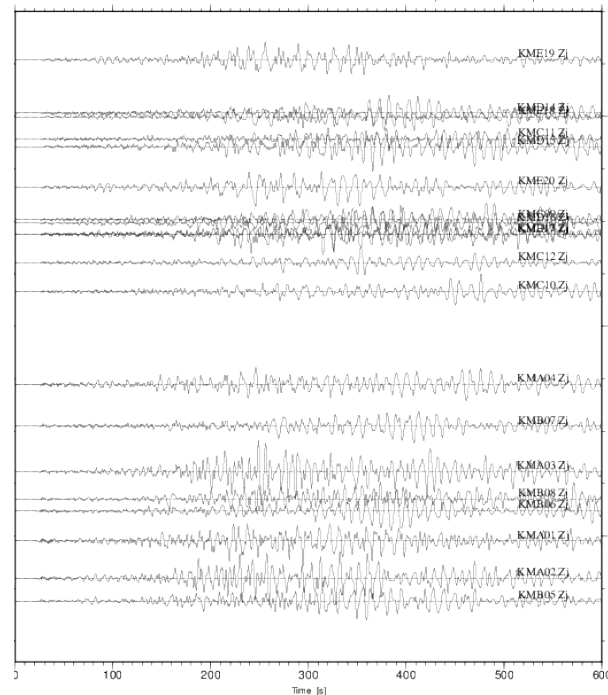
オフセットなし



X



Y



Z

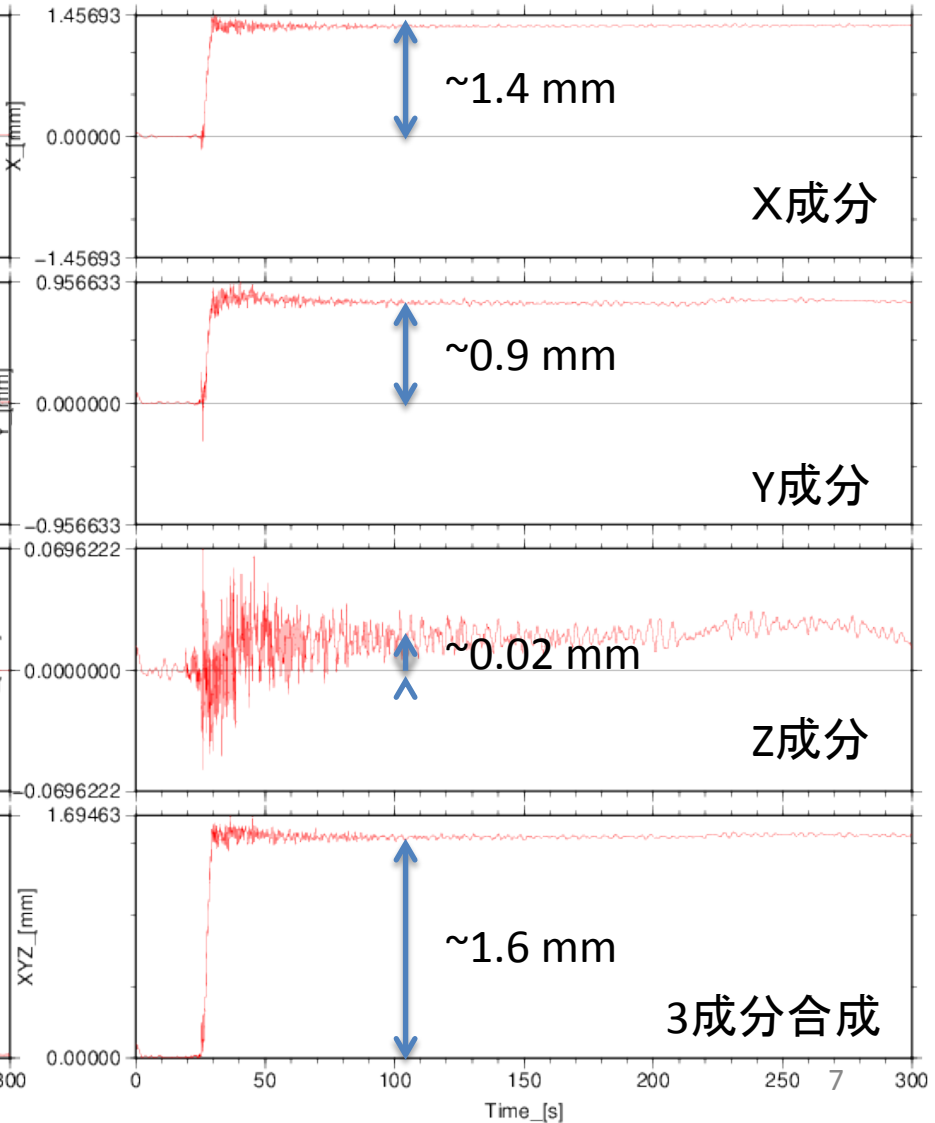
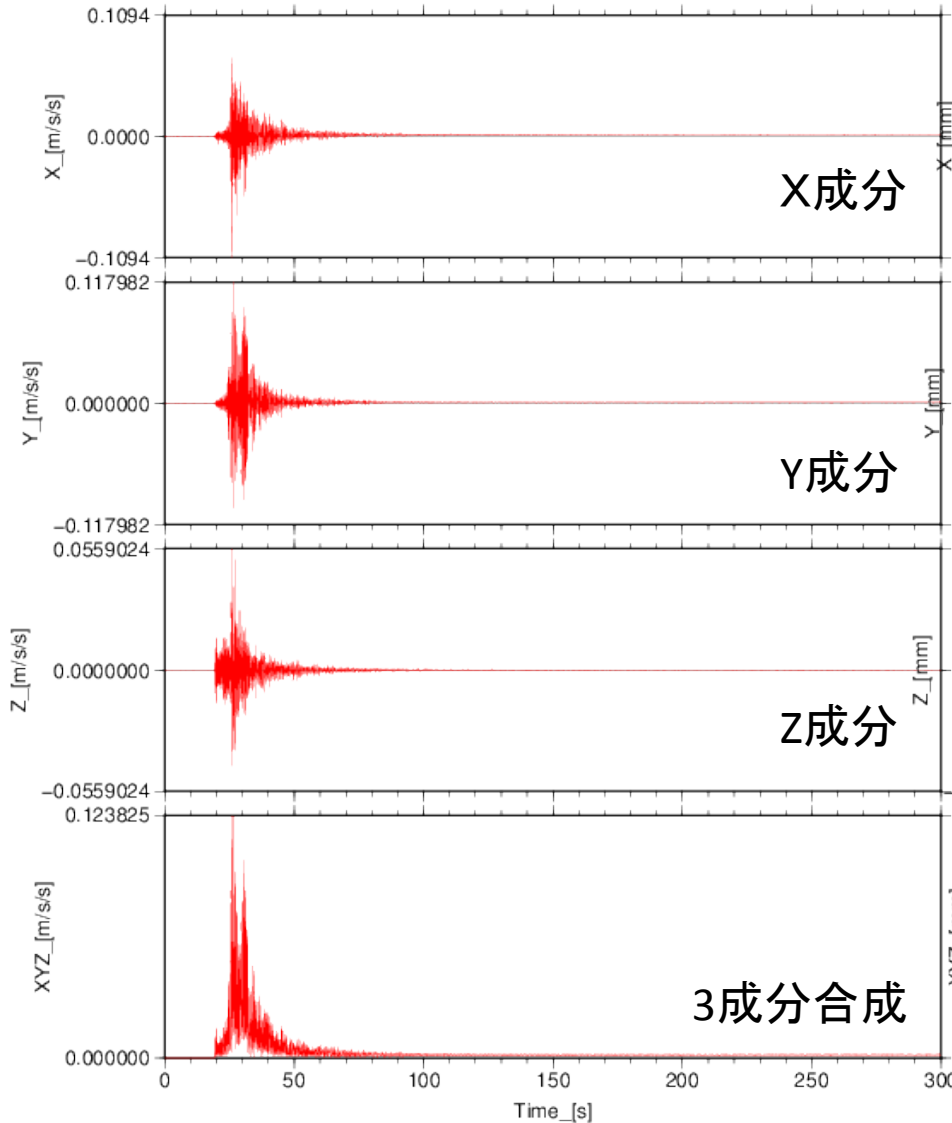
最大ステップ量 (12/12/31-14:14:52, 埋設前)

加速度

変位

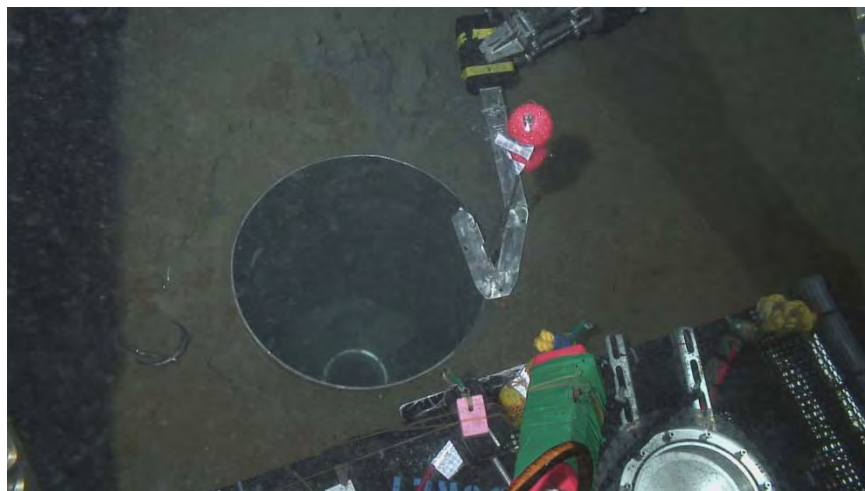
12/12/31-14:15: 52.000 32.7839 136.6999 13.921 4.1(Mj=0.0) KMD14

12/12/31-14:15: 52.000 32.7839 136.6999 13.921 4.1(Mj=0.0) KMD14



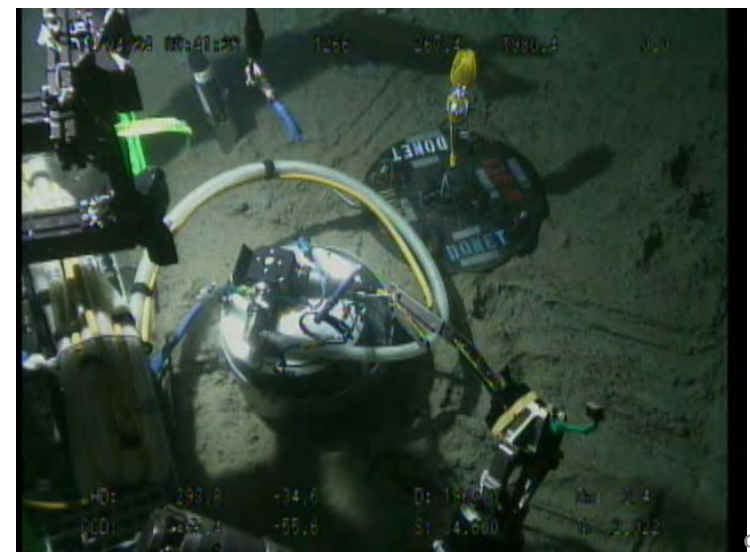
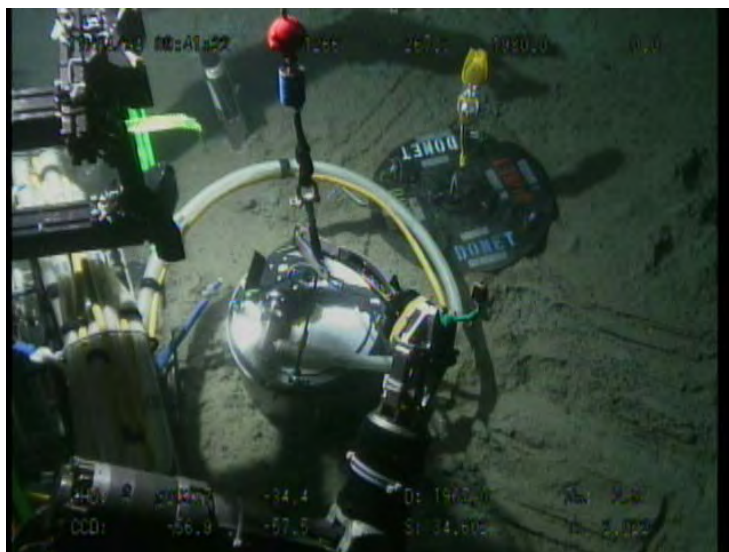
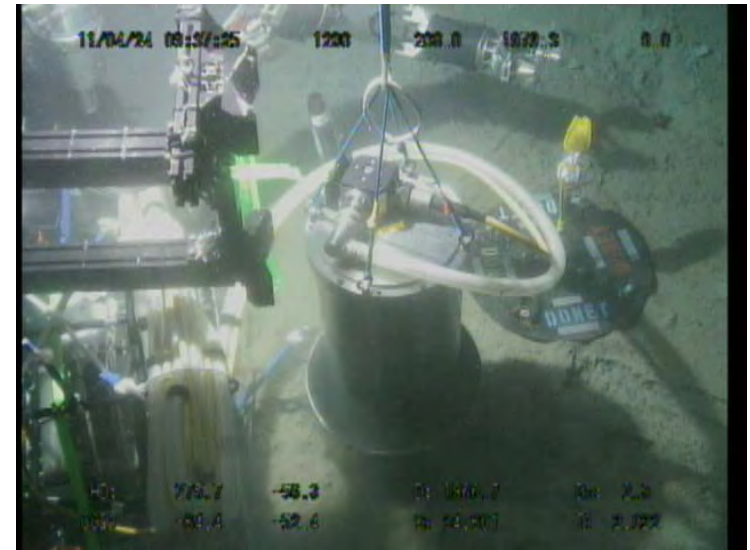
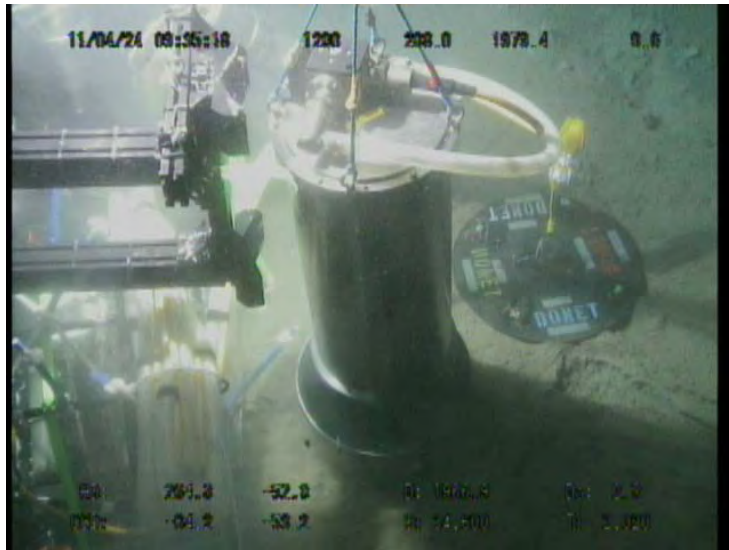
観測点構築 堆積物除去^{1/2}

実施日:2011年4月22日



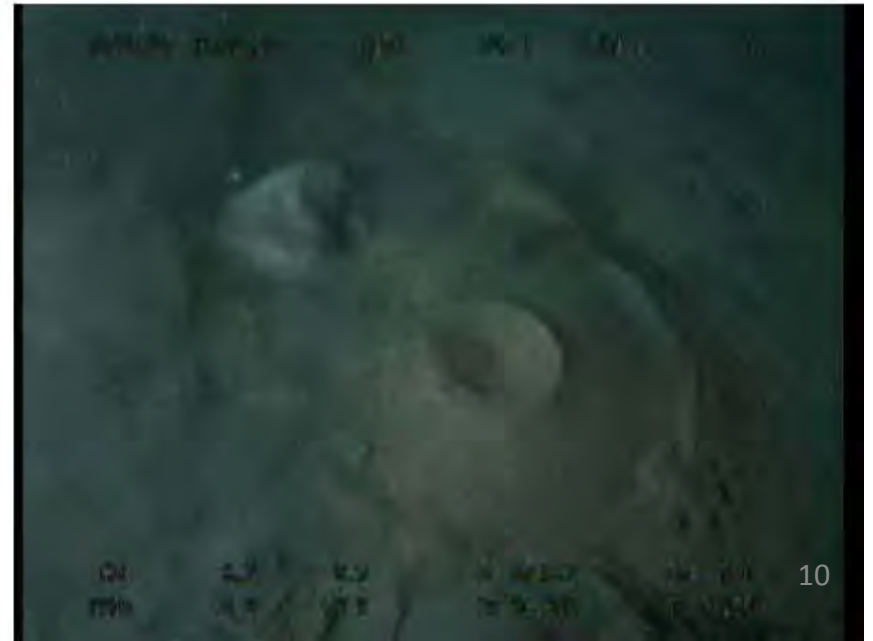
観測点構築 観測装置設置 1/2

実施日:2011年4月24日



各観測点の地動センサシステムを埋設

地動センサーシステム全体が隠れるまでROVを用いて埋設作業を実施した。



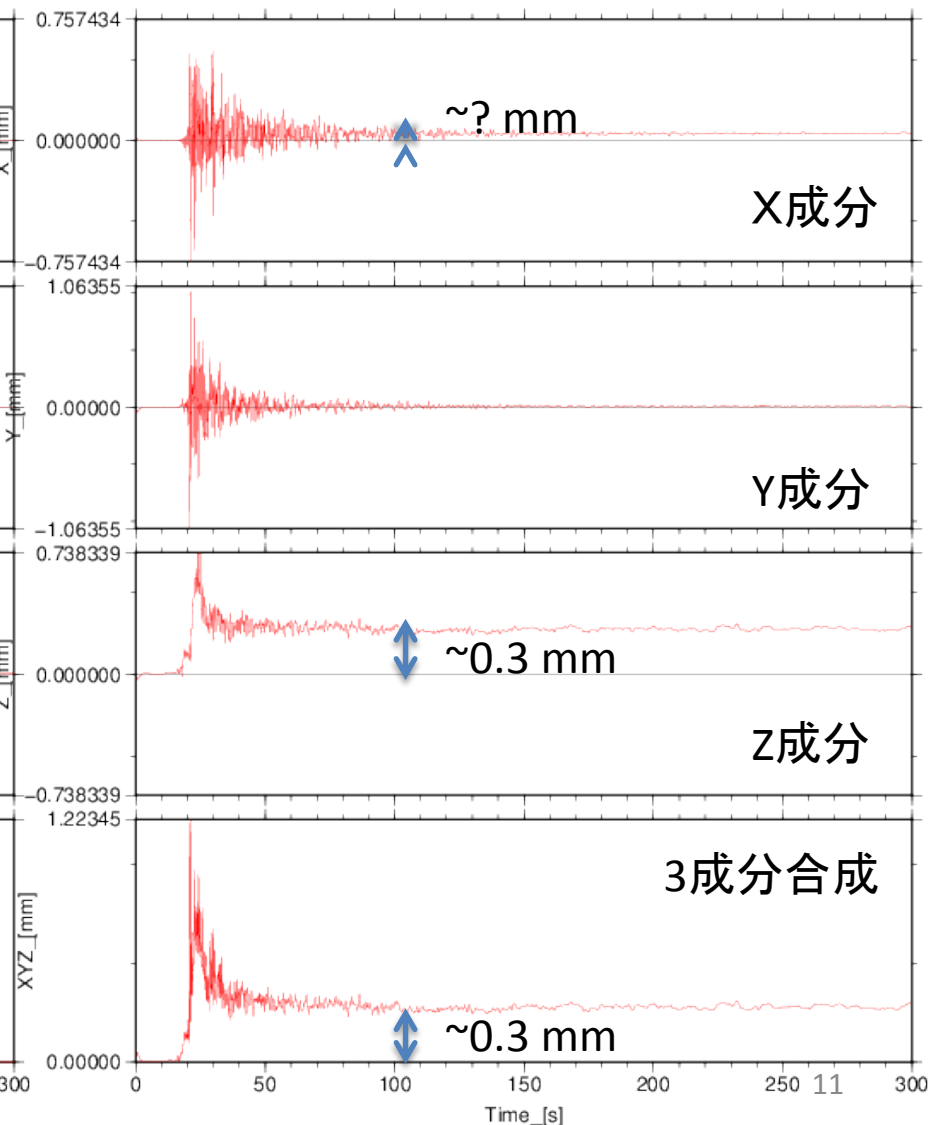
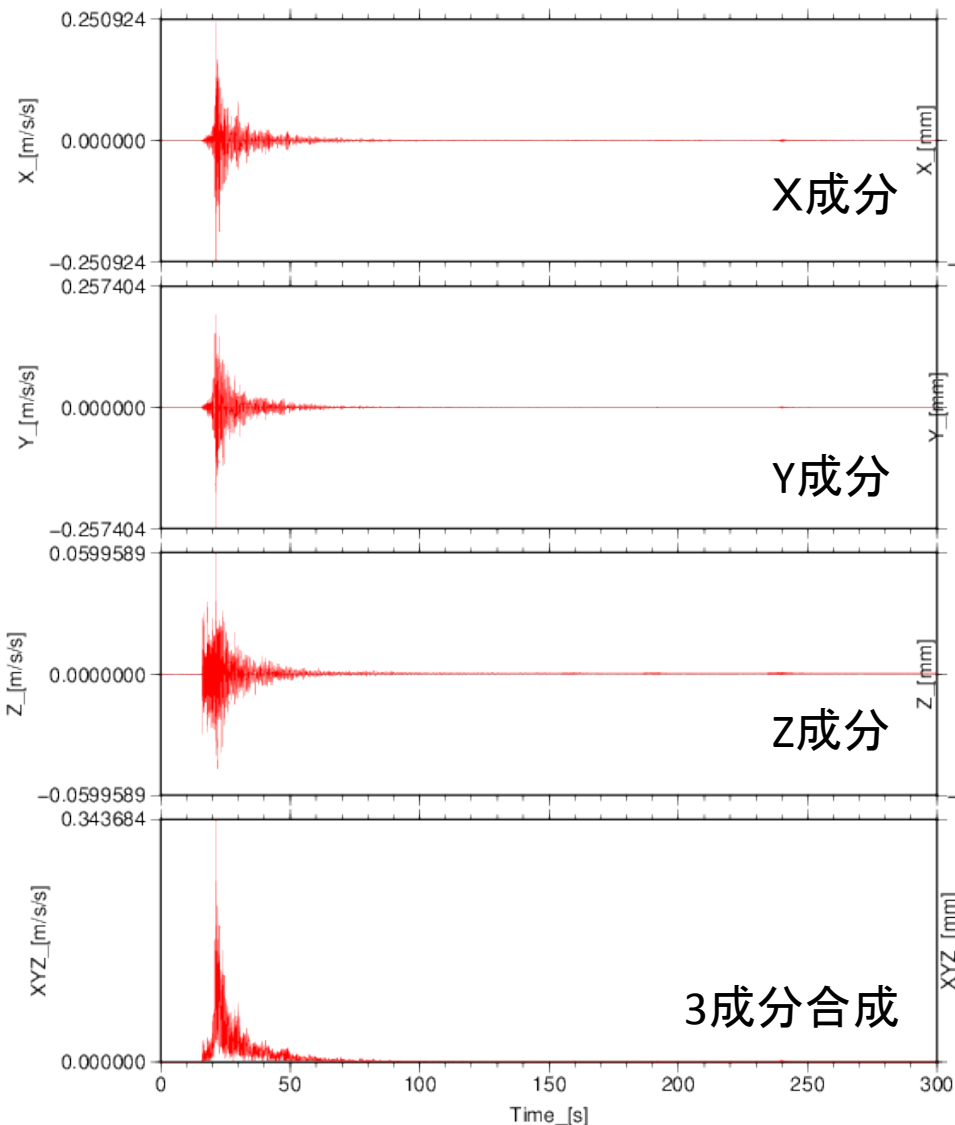
最大ステップ量 (13/06/18-09:21:48, 埋設後)

加速度

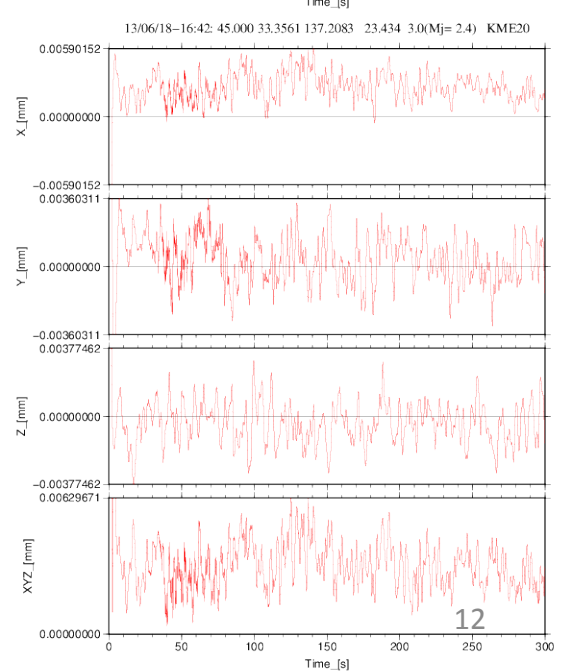
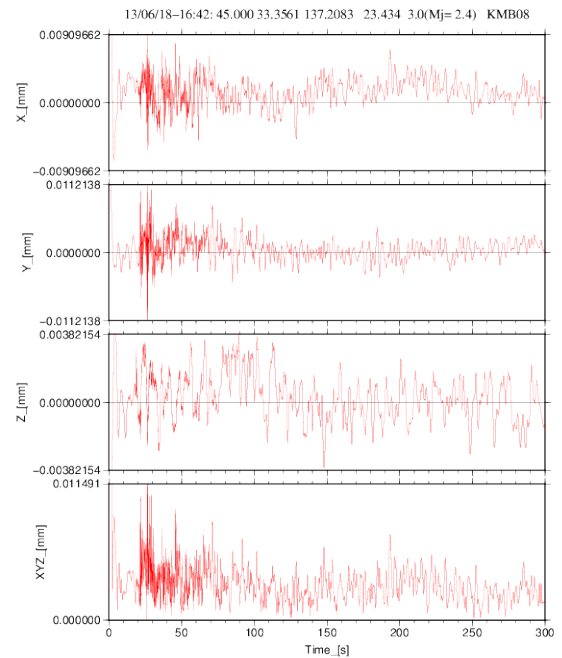
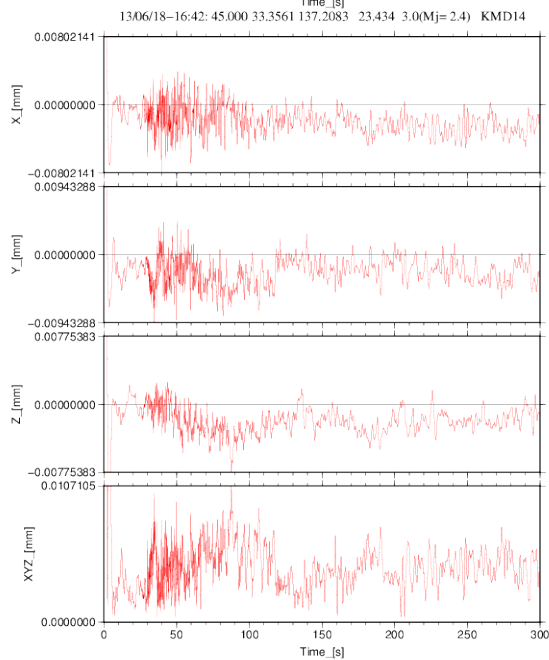
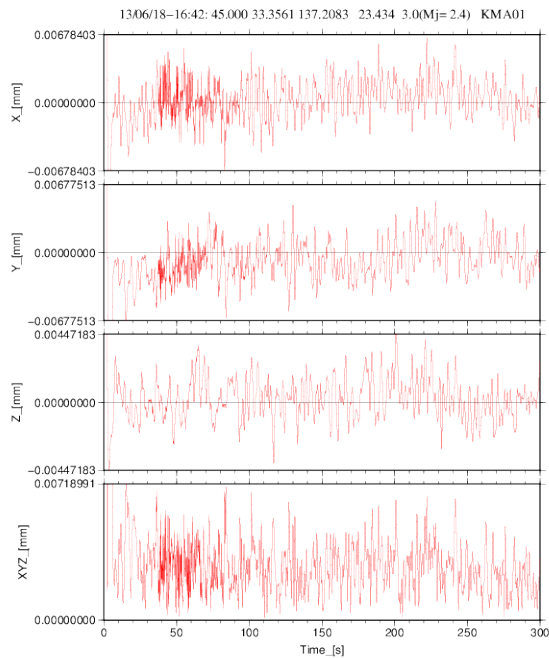
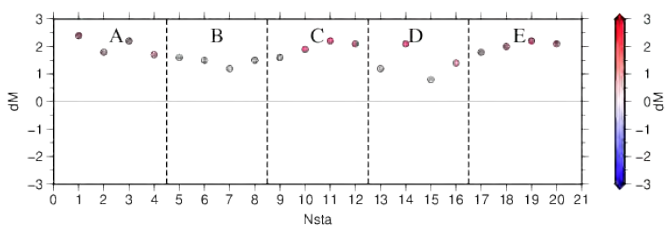
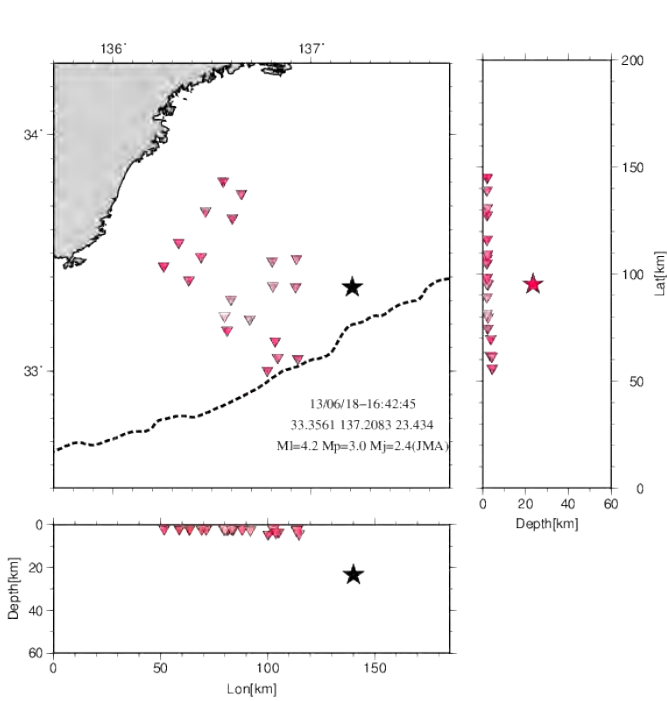
変位

13/06/18-09:21: 48.000 33.3517 137.1736 27.799 4.1(Mj= 3.5) KMB06

13/06/18-09:21: 48.000 33.3517 137.1736 27.799 4.1(Mj= 3.5) KMB06



長周期ノイズの例

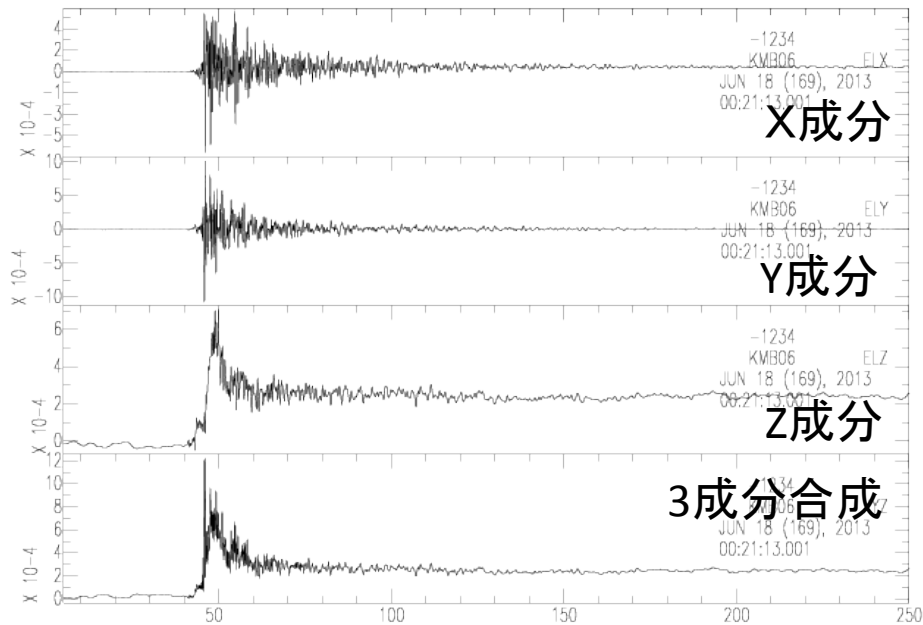


埋設の効果

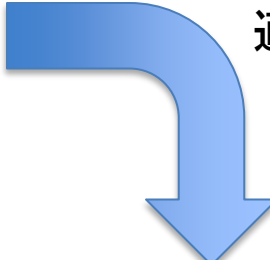
- 埋設後でもオフセットが観測されるケースがある。
 - 明瞭なオフセット(埋設していないC10とC11は除く)
 - 6/18 9:21のイベントのB06, C12
 - 2/11 4:49のイベントのC09
 - その他は長周期のノイズによる影響
 - 長周期ノイズを除去する必要がある
 - 0.1Hzハイパスフィルターを適用するとよい。
- 最大オフセット量は減少した。
 - 埋設前の最大オフセット(2012/10~2013/11)
 - 1.6 mm (D14)
 - 埋設後の最大オフセット(2013/06/18 09:21:48~)
 - 0.3 mm (B06)
- 発生頻度も低下
 - 特に上下動成分

0.1Hzのハイパスフィルターの効果

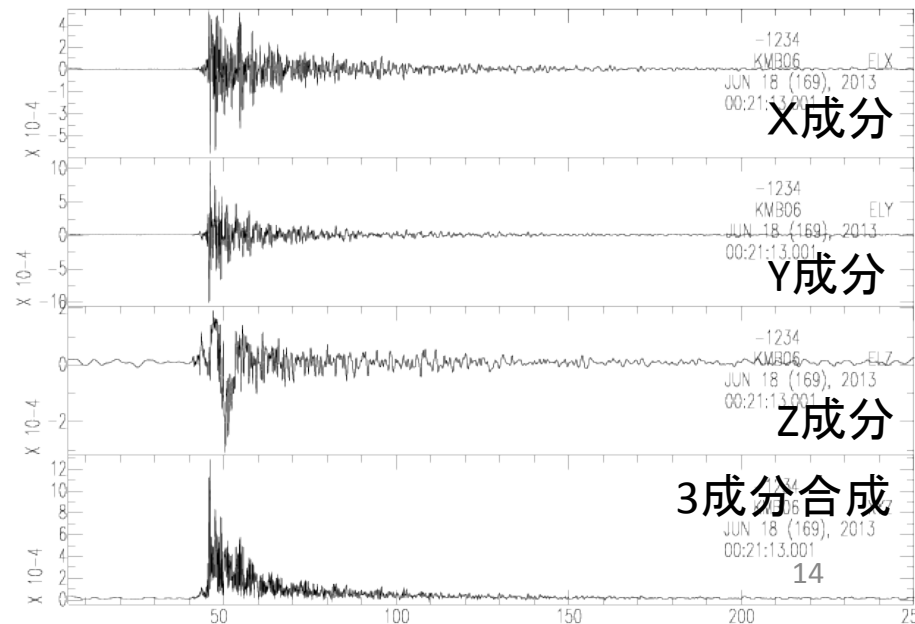
-2013.06.18 B06観測点を例-



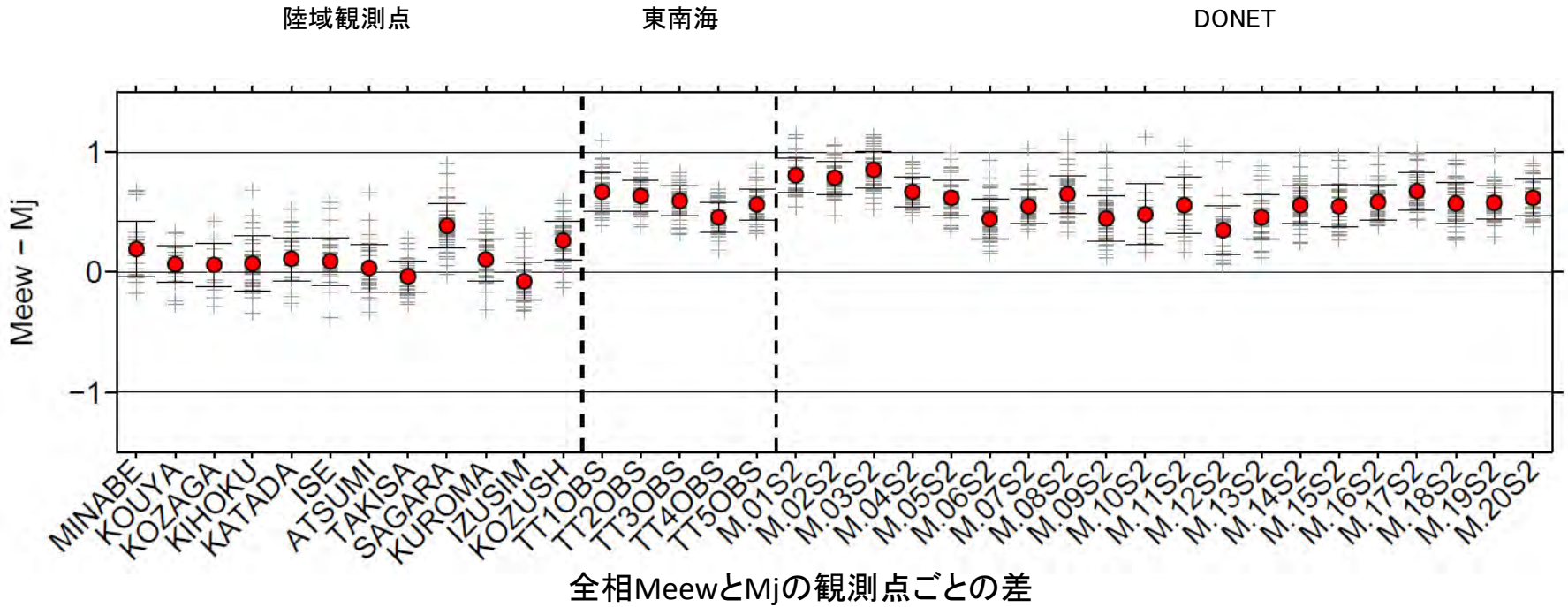
0.1Hzハイパスフィルター
適用後



オフセットが除去された



地盤の影響



DONET観測点も東南海(気象庁観測点)も海域の観測点は陸上観測点に比べてマグニチュードが大きくなる

→ 観測点ごとの補正值が必要

気象庁の検討結果との比較

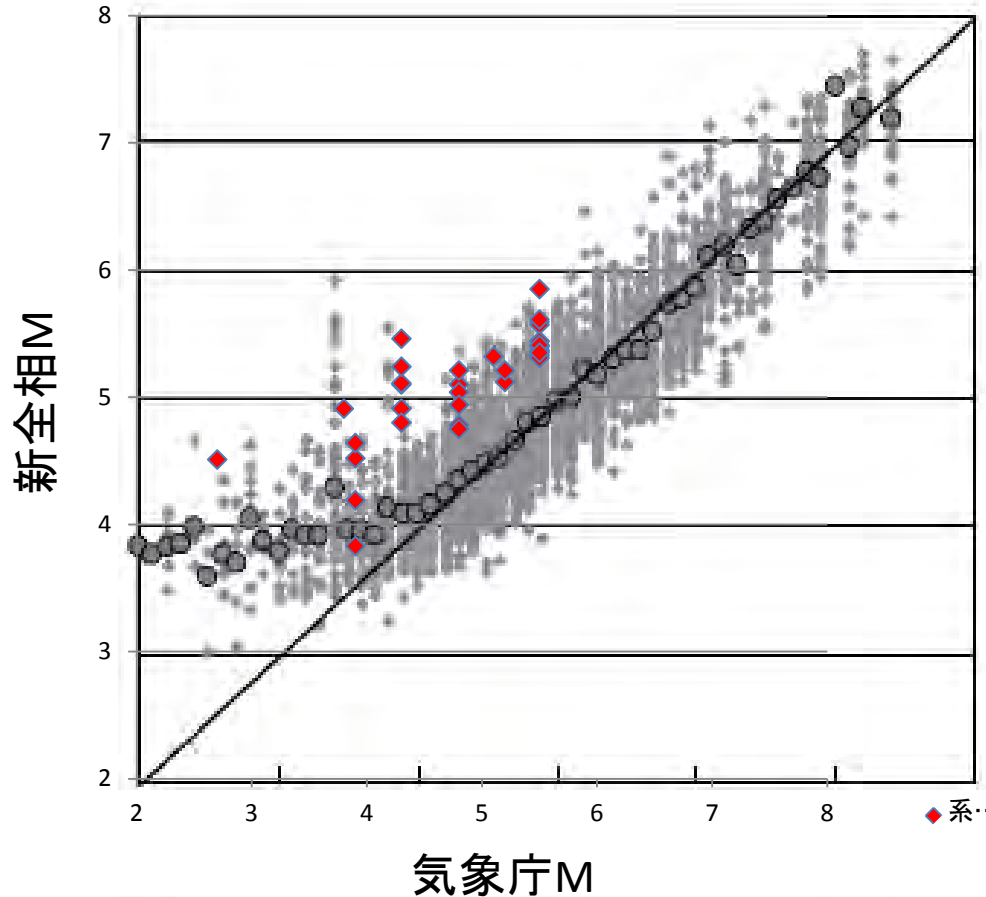
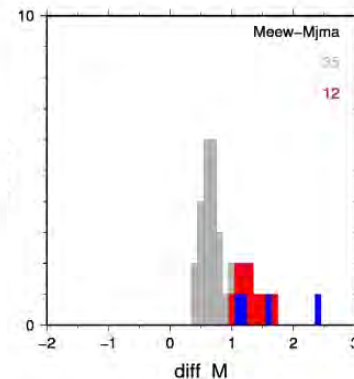


図 5 緊急地震速報の処理による最大振幅データに (2) 式を適用した結果。
 (濃い○は、各 M における平均値、データは図 2 と同じ)

- ① 気象庁一元化震源リストより、1450イベントを抽出 (2010.4.1-2012.8.31)
 - ・震央距離200 km (KMA03を基準) 以下
 - ・深さ100 km 以下
 - ・マグニチュード2以上
- ② 1450イベントに対し、DONETの合計18357個の波形データより、3成分合成加速度波形の振幅が1gal以上の波形を抽出 → 459波形
- ④ ③のデータより、構造探査などによるノイズが混じった波形の除去 → 421波形
- ⑤ ④のデータより、0.1 Hzのhigh-pass filterを施し、気象庁変位フィルターをかけ、3成分合成変位波形の振幅が0.5mm以上の波形を抽出 → 35波形



地盤補正済みDONET
 (埋設前)
 (オフセットの大きい
 35トレース)

マグニチュード評価に対する対応策

- 筐体の傾斜といった設置環境に由来するものは埋設後の様子を確認する。
- 0.1 Hzのハイパスフィルターを通すことでオフセットや長周期ノイズをある程度除去できる。
- DONETは堆積層内に設置しているため、軟弱地盤により増幅される効果がある。そのため、観測点ごとに地盤の増幅効果を補正すべき。
- 気象庁Mと新全相Mの関係について、気象庁の例とDONETを比較する。

まとめ

- 埋設作業を受けて、オフセット事例は3例まで減った。今後、埋設に使用した砂の充填状況の影響も考えられるため、引き続きオフセット事例を確認し続ける。
- オフセットだけでなく、潮流による長周期ノイズがのるため、0.1 Hzのハイパスフィルターをかけた方がよい。
- 堆積層による増幅効果はサイトごとに異なるため、サイトごとに補正項を設置した方がよい。