

# 地震波形を用いた震源決定の可能性 GRiD MTアルゴリズムの適用

鶴岡 弘(東大地震研)

# 目的

- 3.11 の後地震活動度があがったため、マニュアルでの震源決定が難しくなっている状況がある。GRiD MTでは完全自動で地震の検知からMTの決定までできているので、それが適用できないかを考える。→ GRiD HYPO

# 長周期地震波動場のモニタリングによる リアルタイム地震解析システム

GRiD MT

Grid-based Realtime Determination  
of Moment Tensors

# システムの目的

何をモニタリングするのか？

- リアルタイムに配信される広帯域波形データを利用
- モニタリング対象領域に仮想震源を設定してメカニズム解(MT解)を決定する.
- 常時(1秒毎)行う.

# システムの特徴

## 既存システム

- 震源速報を利用
  - メカニズム解
  - マグニチュード
  - 深さ

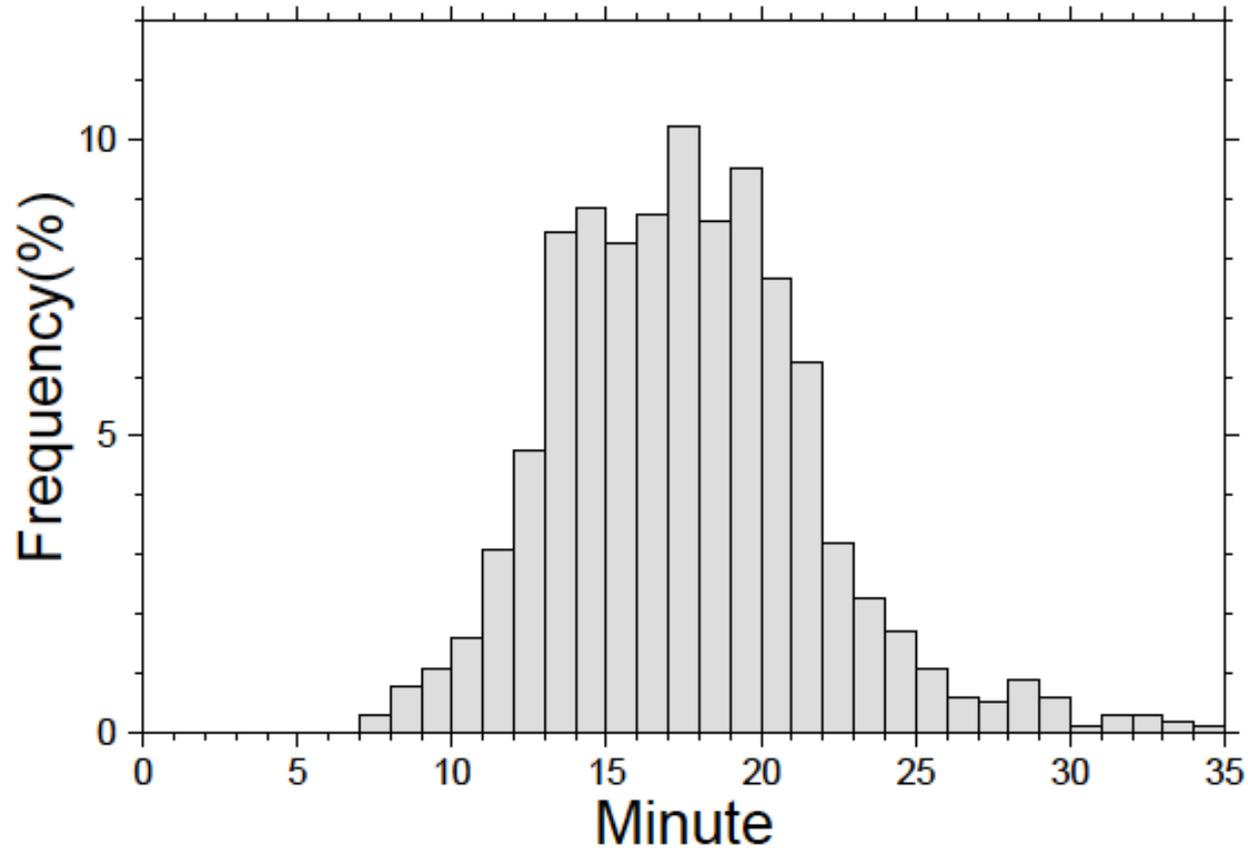
## 本システム

- 自己完結
  - メカニズム
  - マグニチュード
  - 位置(深さ, 緯度・経度)
  - 震源時
- 完全自動
- 3分以内に決定

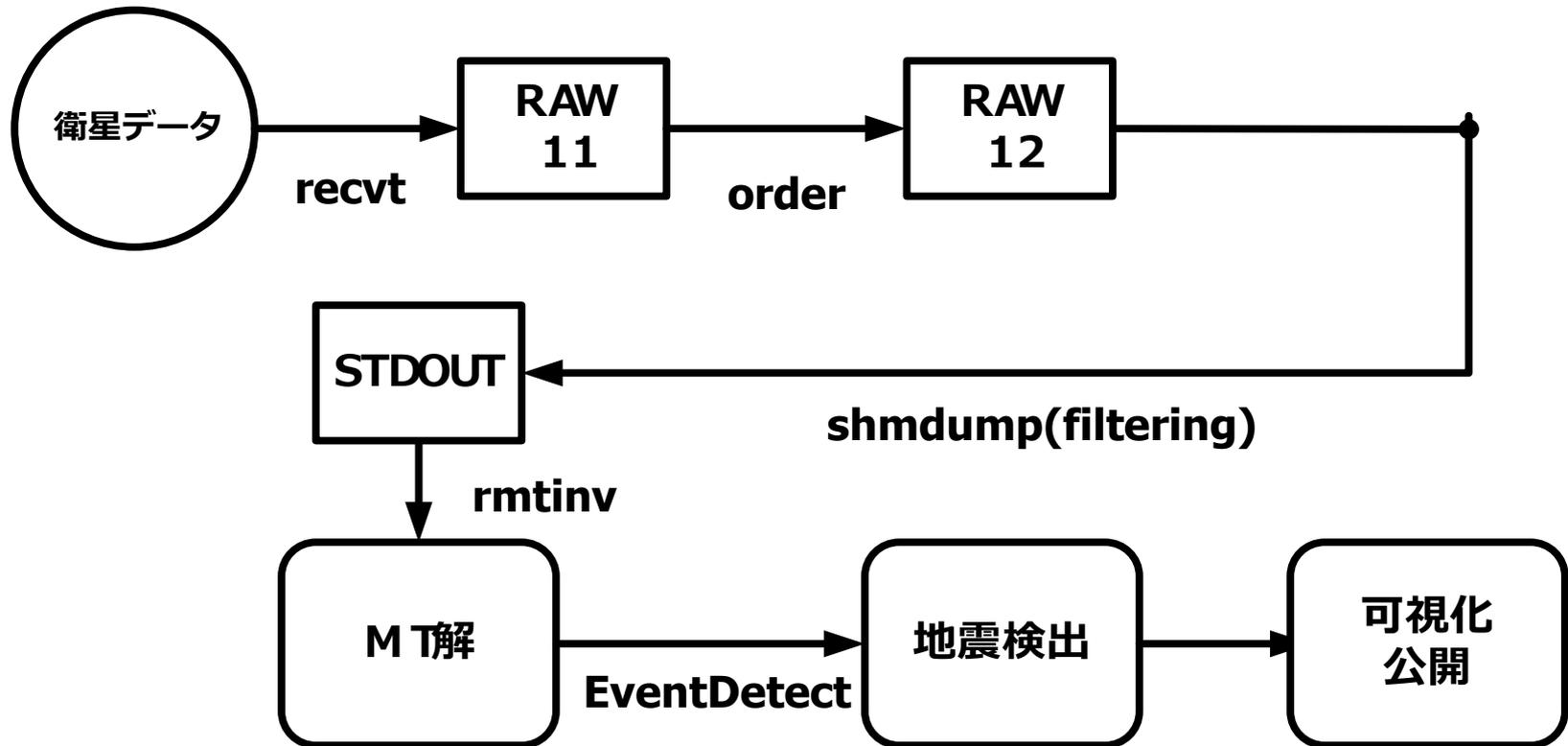
# 既存システム

- ERI AUTO CMT
  - ERI local CMT, ERI kanto CMT
  - F-net
  - Harvard CMT
  - USGS CMT
- 震源速報・ディスク上のデータを利用

# JOHOメールを利用した場合



# システム概要



# 実際のコマンド例

```
CHS="3F71 3F70 3F72 4DE1 4DE0 4DE2 0254 0253 0252"
```

```
% shmdump -tq 12 $CHS
```

```
-B0.02:0.05:0.07:0.5:5.0 |
```

```
transfer $CHS |
```

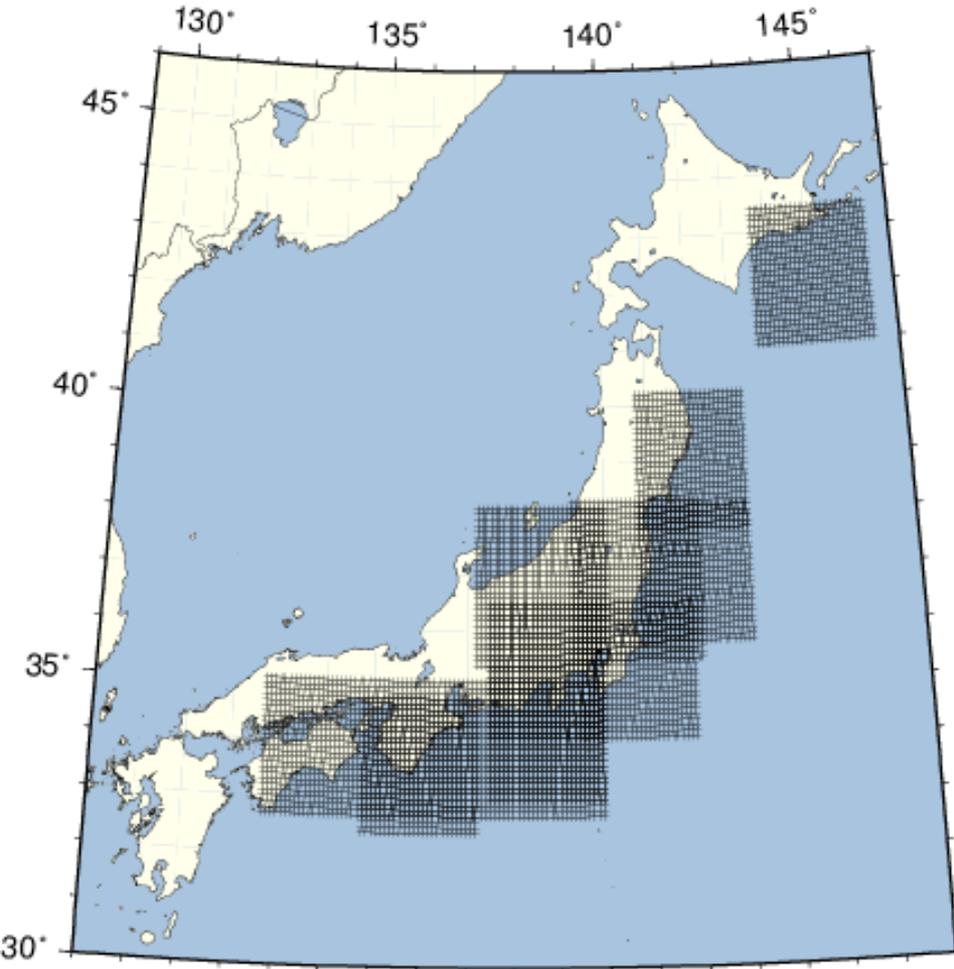
```
rmtinv rmtinv.in |
```

```
mtplot mtplot.prm 6875 5 9 95 5 1 |
```

```
wmt.pl 0010 /dat/GRiD/R0010 |
```

```
relay 0 localhost 8000 /dat/log/relay.R0010.log
```

# モニタリング領域



- 仮想震源数:
  - 1領域 6875
  - 25x25x11
  - 水平方向0.1°
  - 深さ方向9km
- 速度記録を利用
- 20-50秒バンドパス

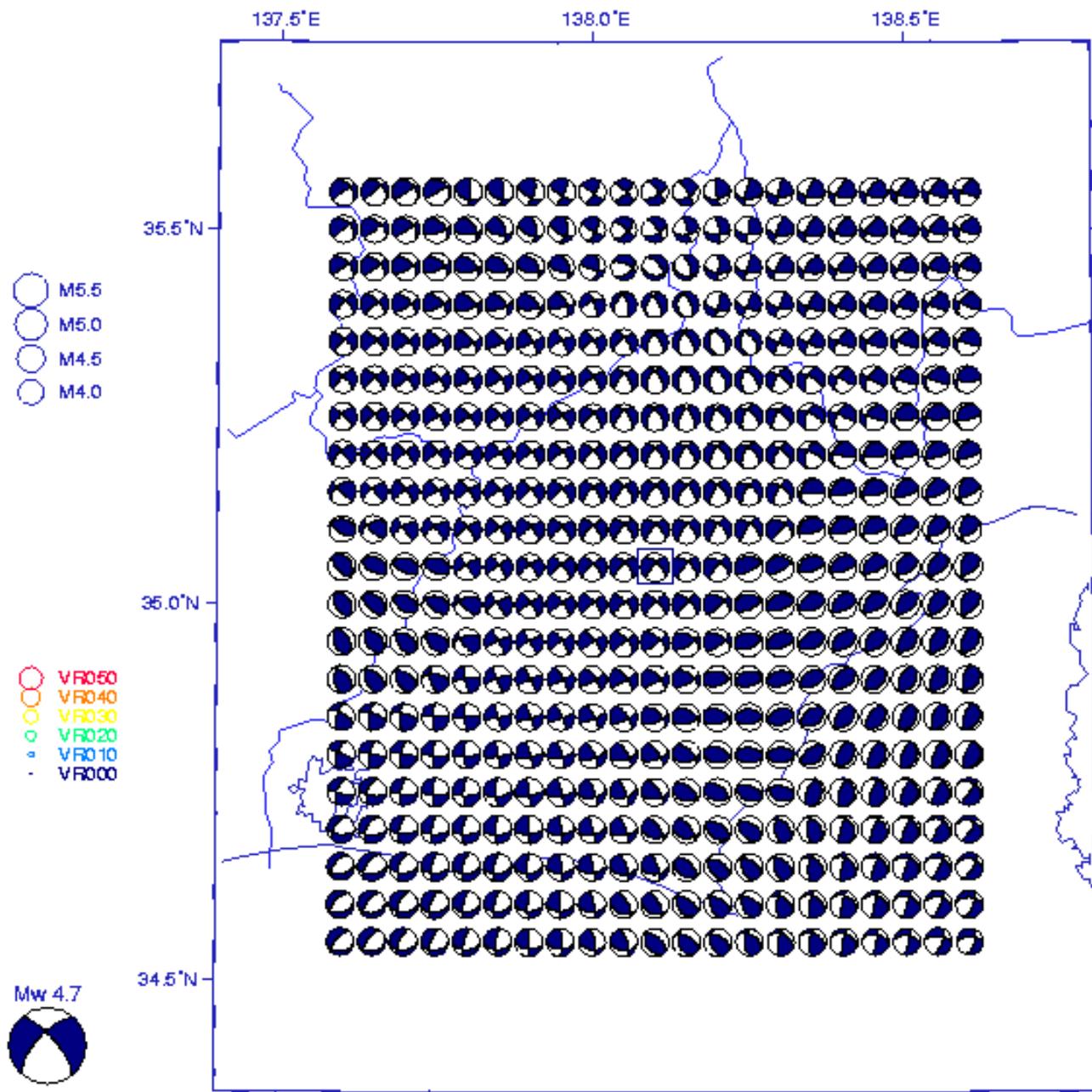
# システム要件

- 1秒間の間に仮想震源数のMTインバージョンが可能
  - 最近のノートPC程度のCPUでOK
  - メモリは1GBあればよい。(仮想震源数7000)
- 連続・安定稼動
- リアルタイム波形データ収集 → WINシステム

# 地震発生はどのように検知？

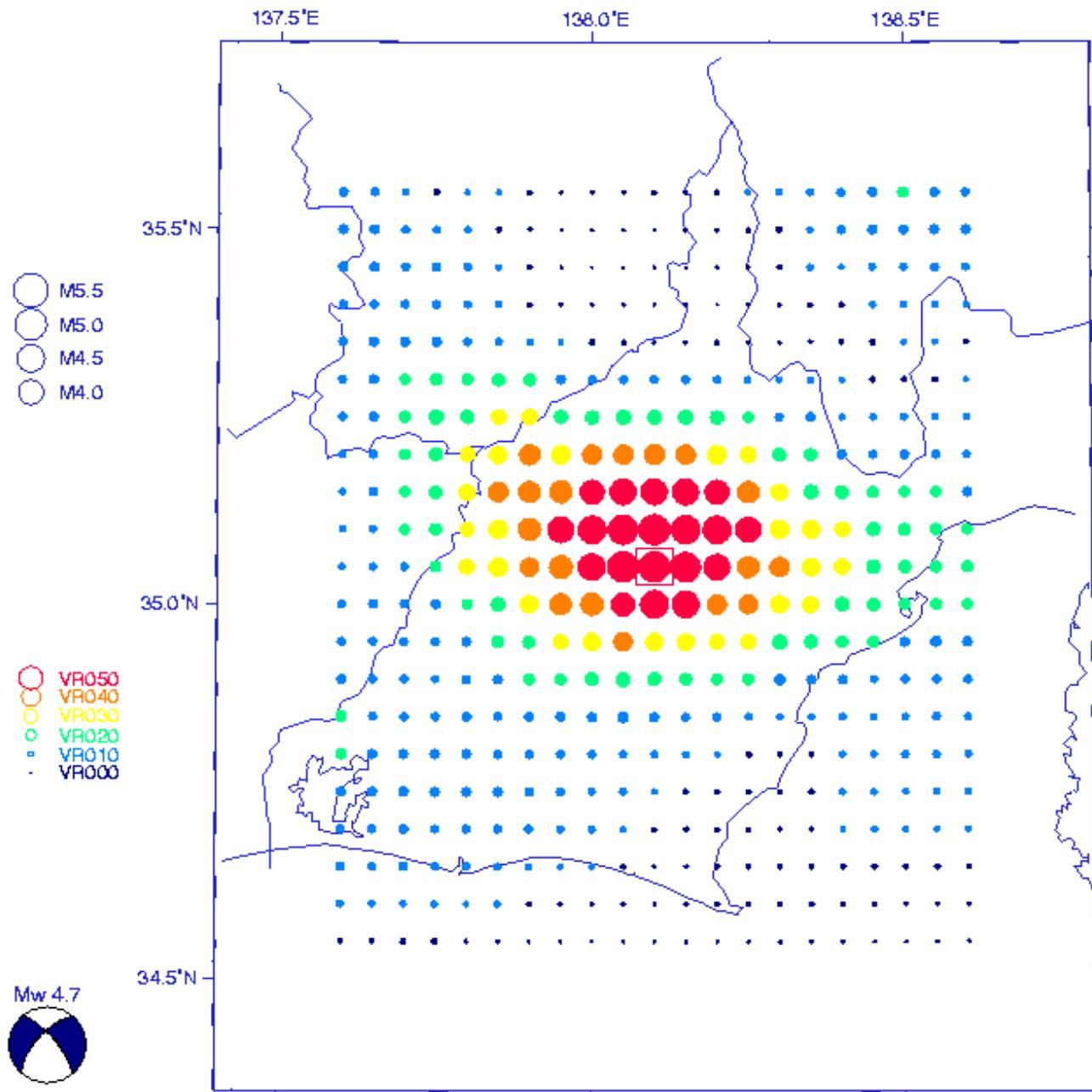
- VRを利用
  - 地震が発生した時間・場所におけるVRは大きいはずであることを利用.
- 表示には,  $M_w \times VR/100$  を利用する.
- 地震検知にはある程度の時間が必要.
  - VRの20秒間の最大値を $T_i$

$$T_{i-1} \leq T_i \geq T_{i+1}, T_i \geq 70.0$$



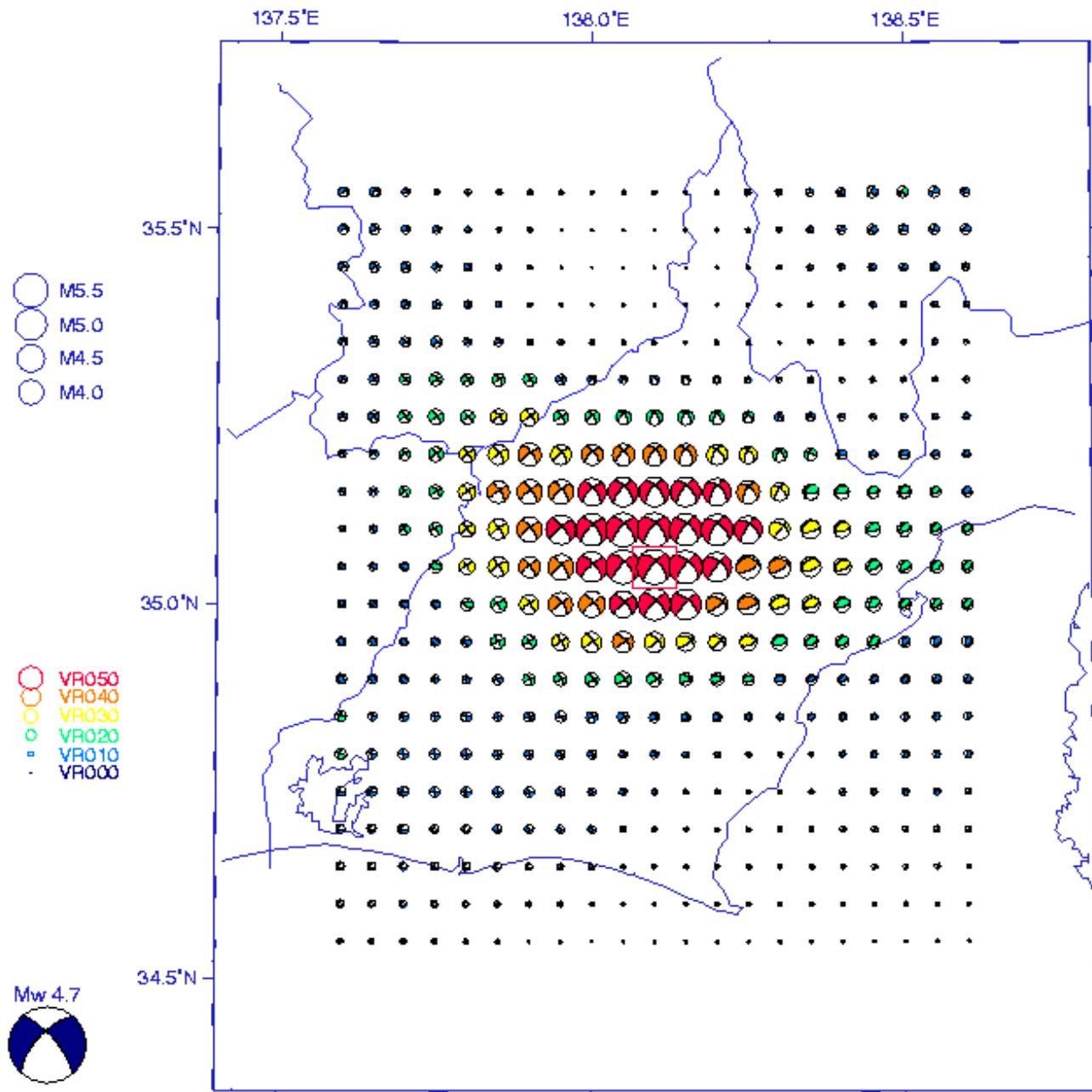
T = 121 H = 033

VR67.9



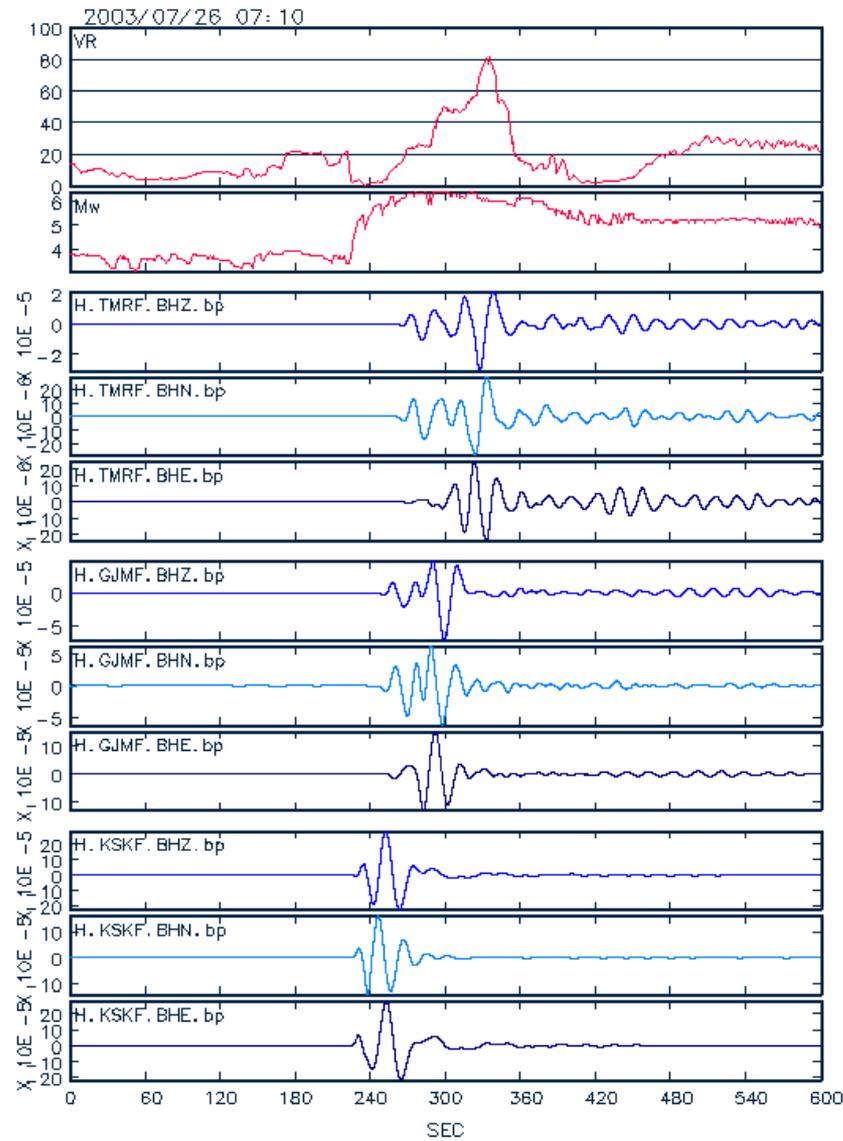
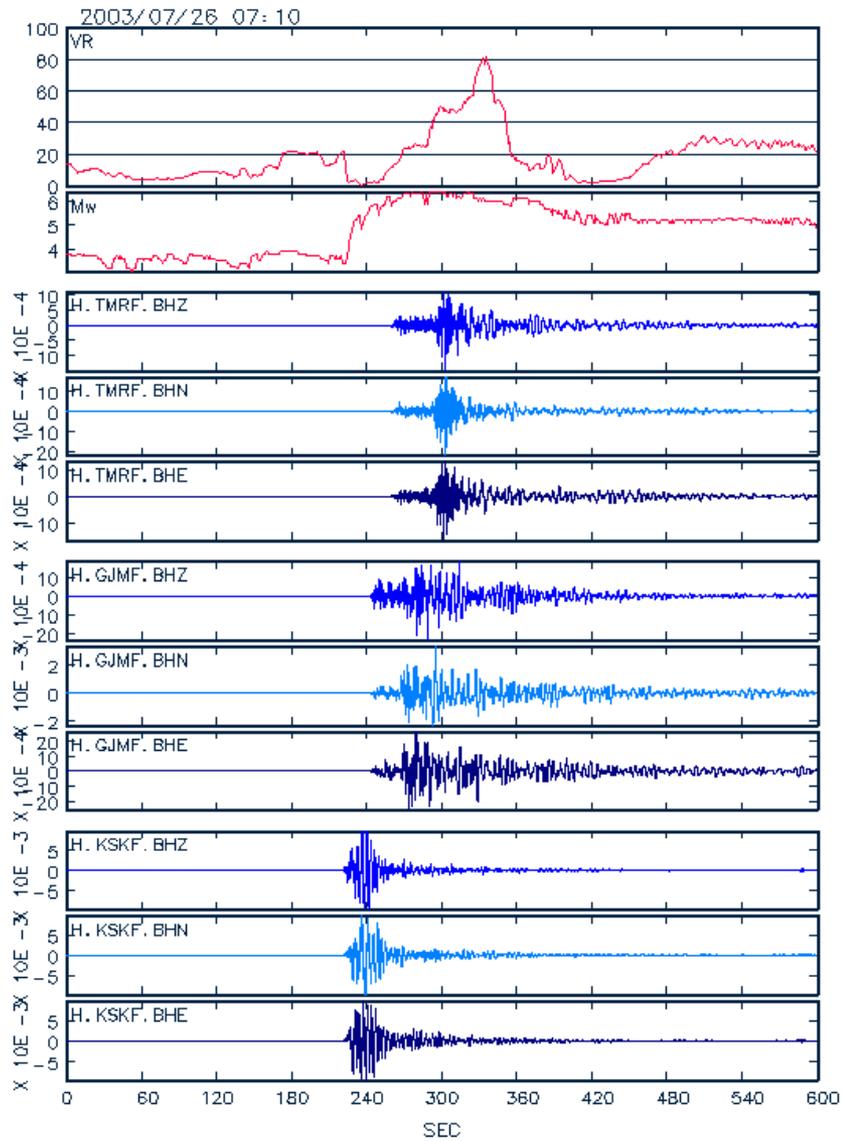
T = 121 H = 033

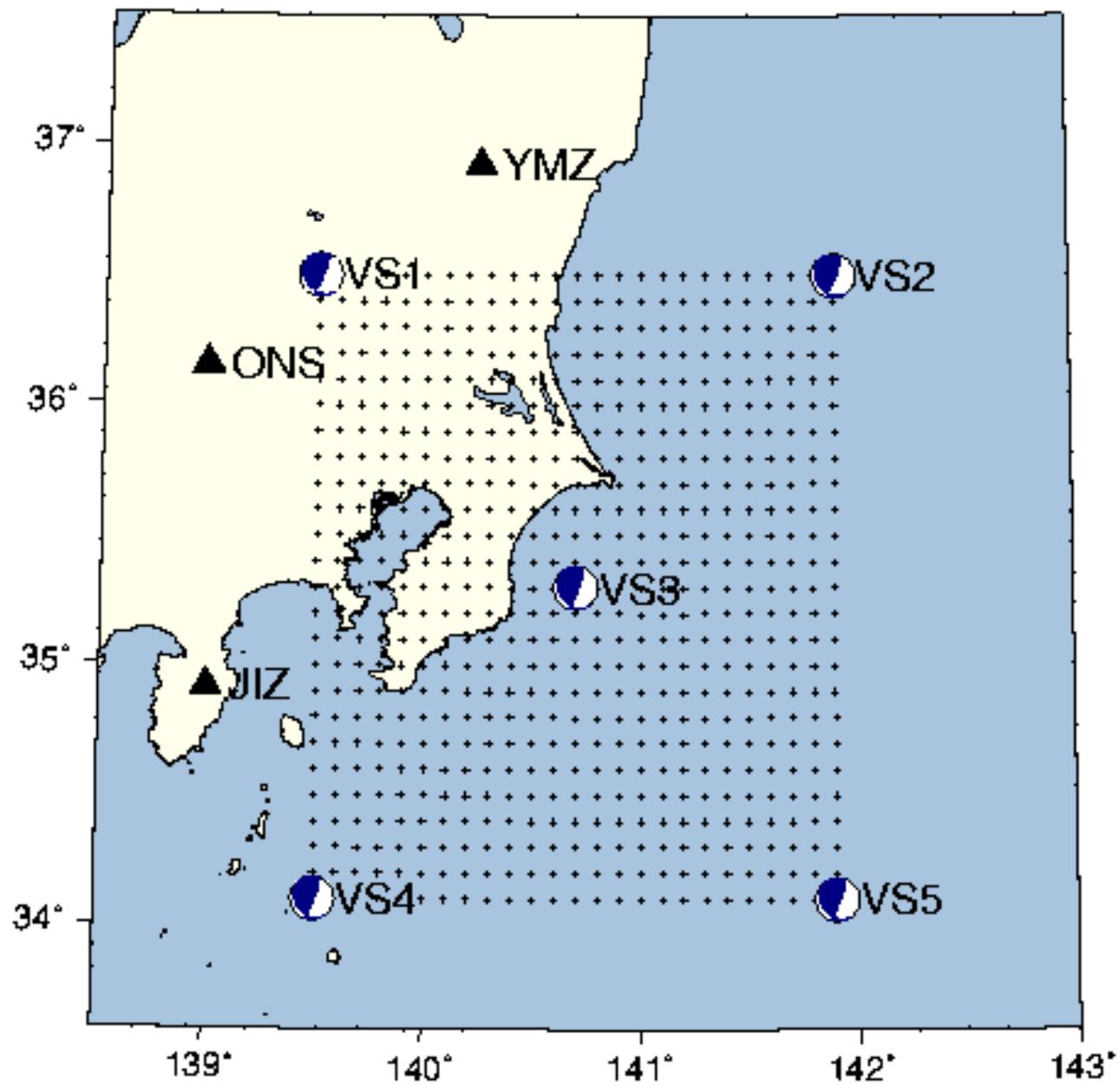
VR67.9



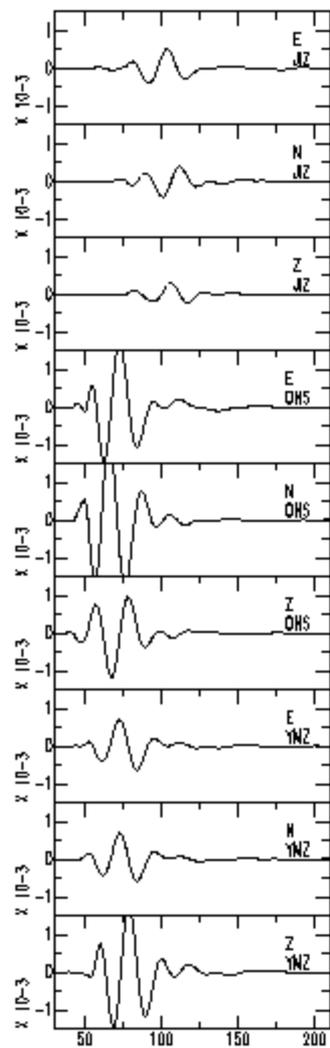
T= 121 H= 033

VR67.9

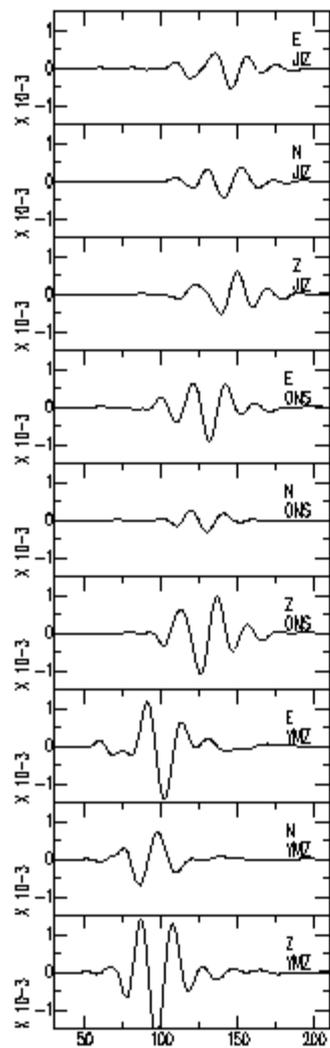




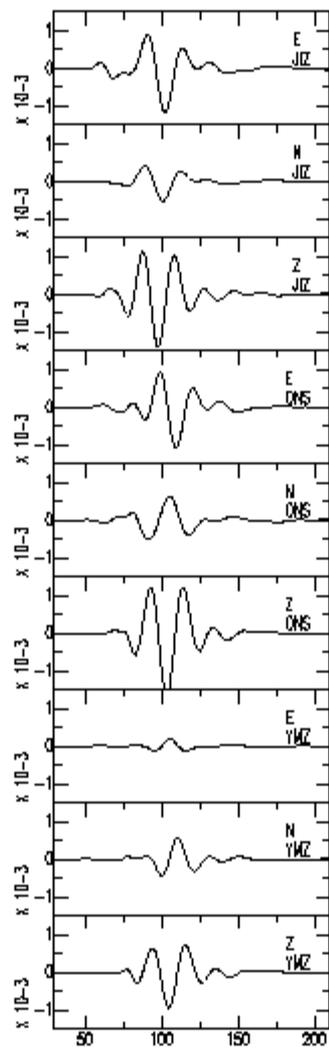
VS1



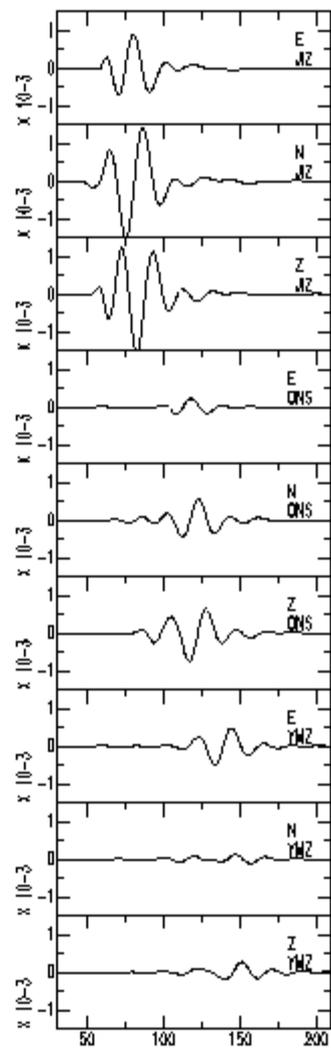
VS2



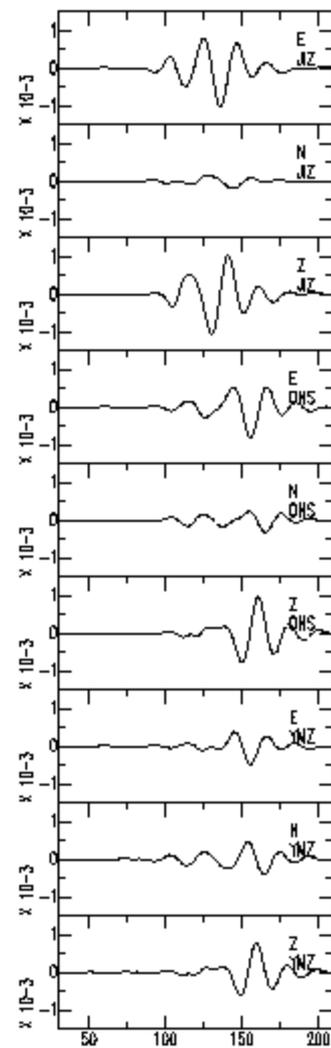
VS3



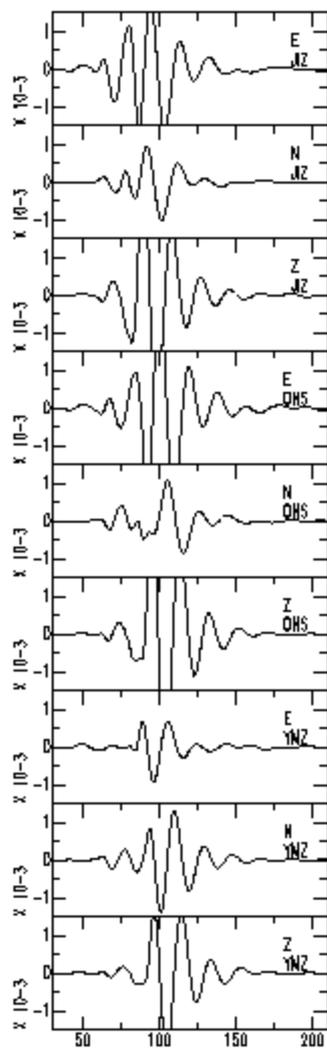
VS4



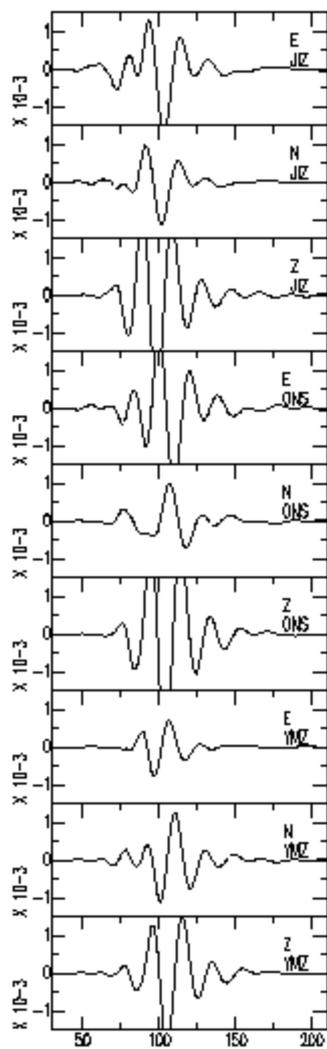
VS5



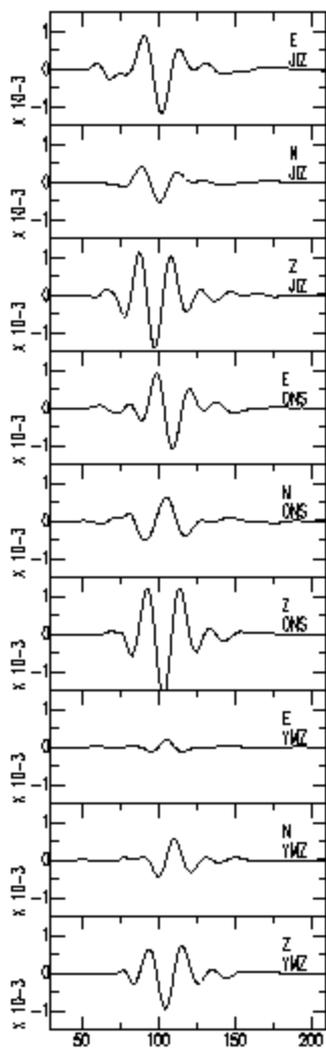
H=14



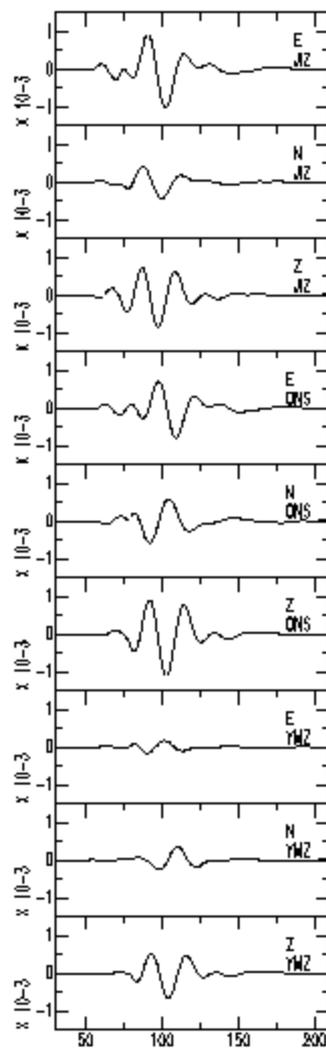
H=32



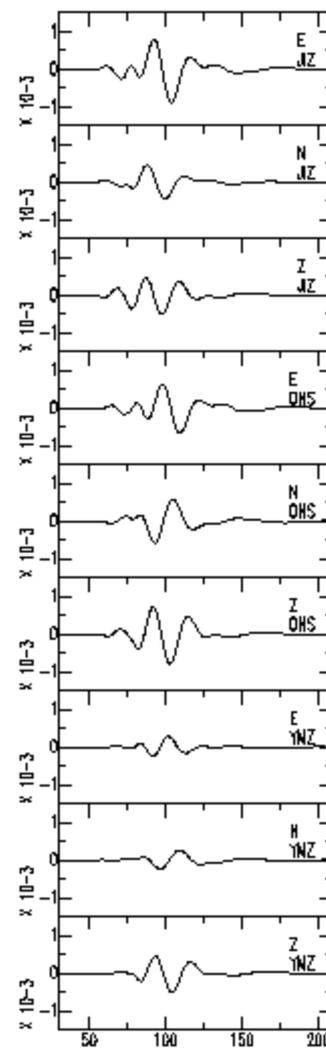
H=50



H=68



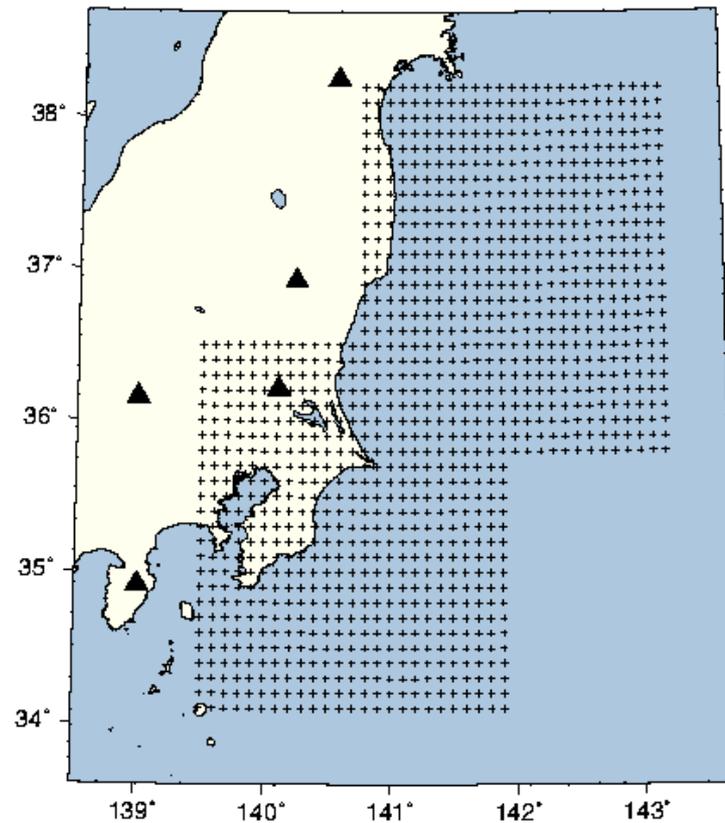
H=86



# GRiD MTの評価

- 千葉沖・茨城沖の結果
- 解析機関 2003年4-6月

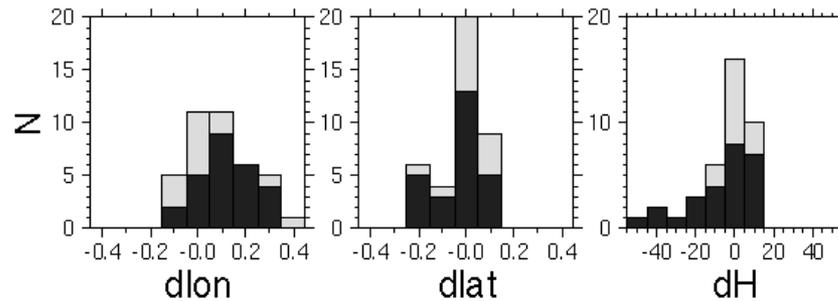
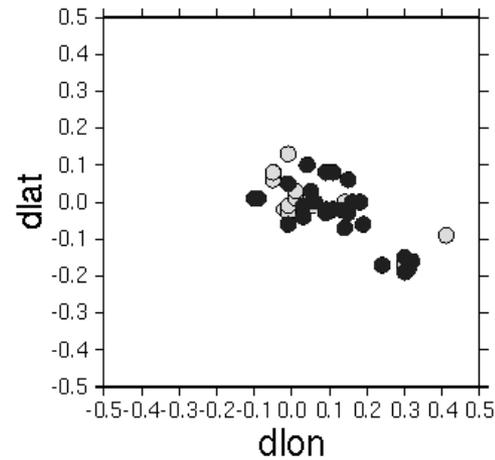
# 観測点および仮想震源配置



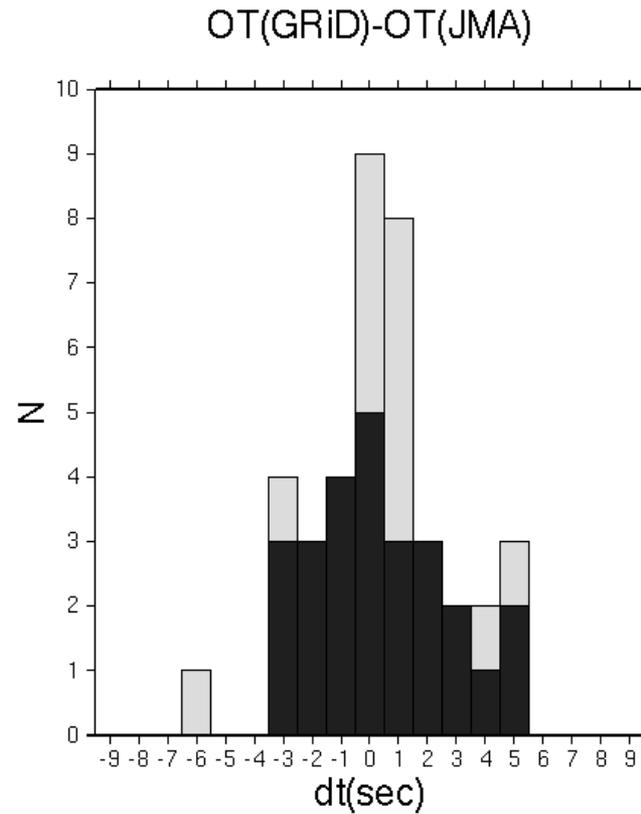


# 気象庁一元化震源との比較(1)

GRID-JMA

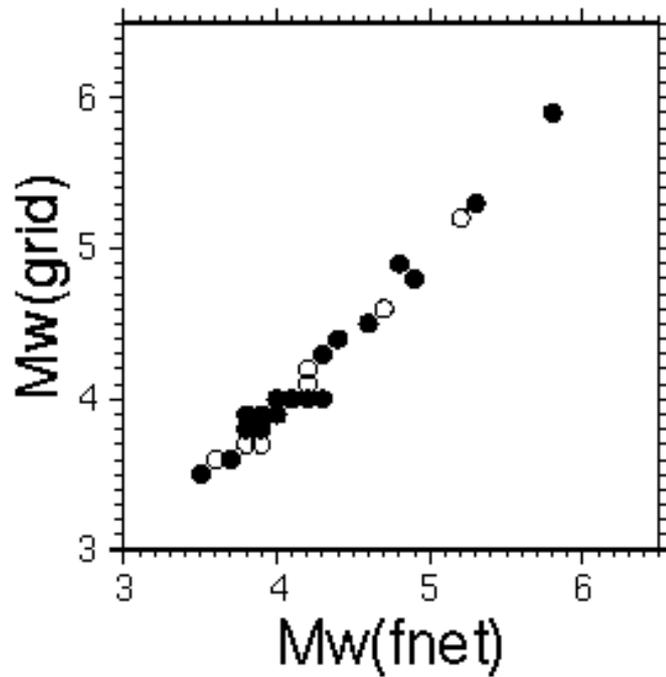


# 気象庁一元化震源との比較(2)

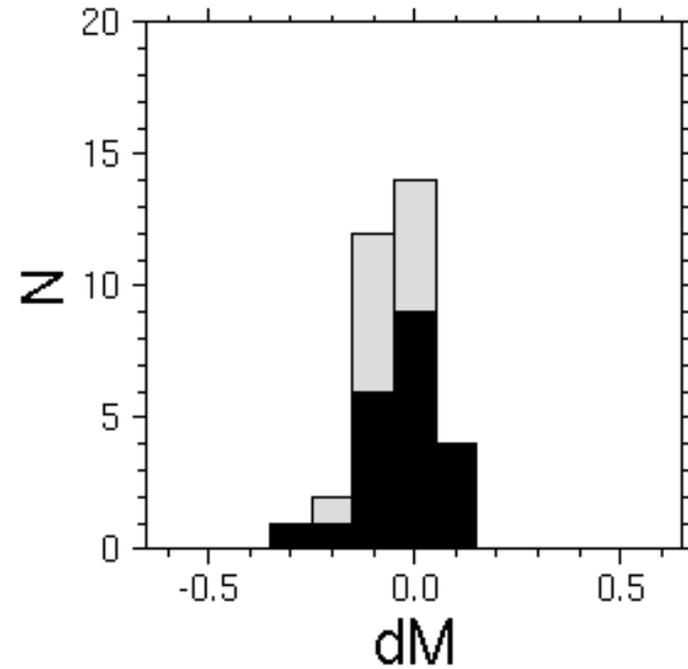


# F-net マニュアル解との比較 (1)

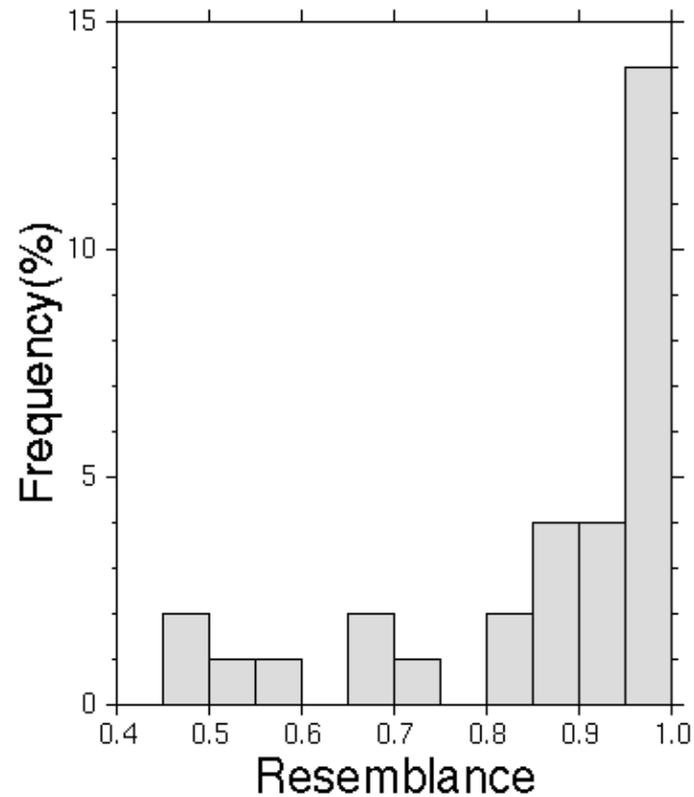
Mgrid x Mfnet



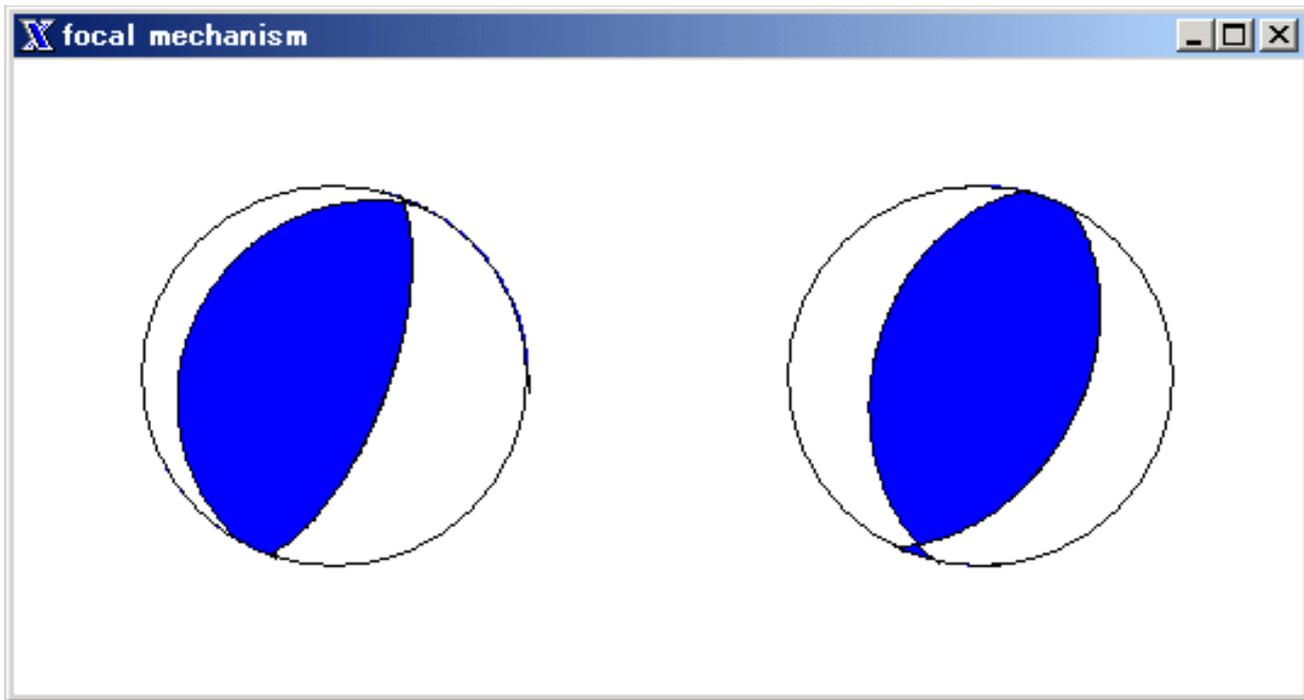
Mgrid-Mfnet



# F-net マニュアル解との比較(2)



# リセンブランス 0.72



# GRiD MT まとめ

- MはF-netの解と  $\pm 0.1$
- 震源(水平方向)位置は 2グリッド ( $\pm 20\text{km}$ )
- 震源の深さは 1グリッド ( $\pm 10\text{km}$ )
- 震源時は  $\pm 3$ 秒
- $M \geq 4.0$ 以上であれば決定される。(観測点配置による)

# GRiD MTの限界

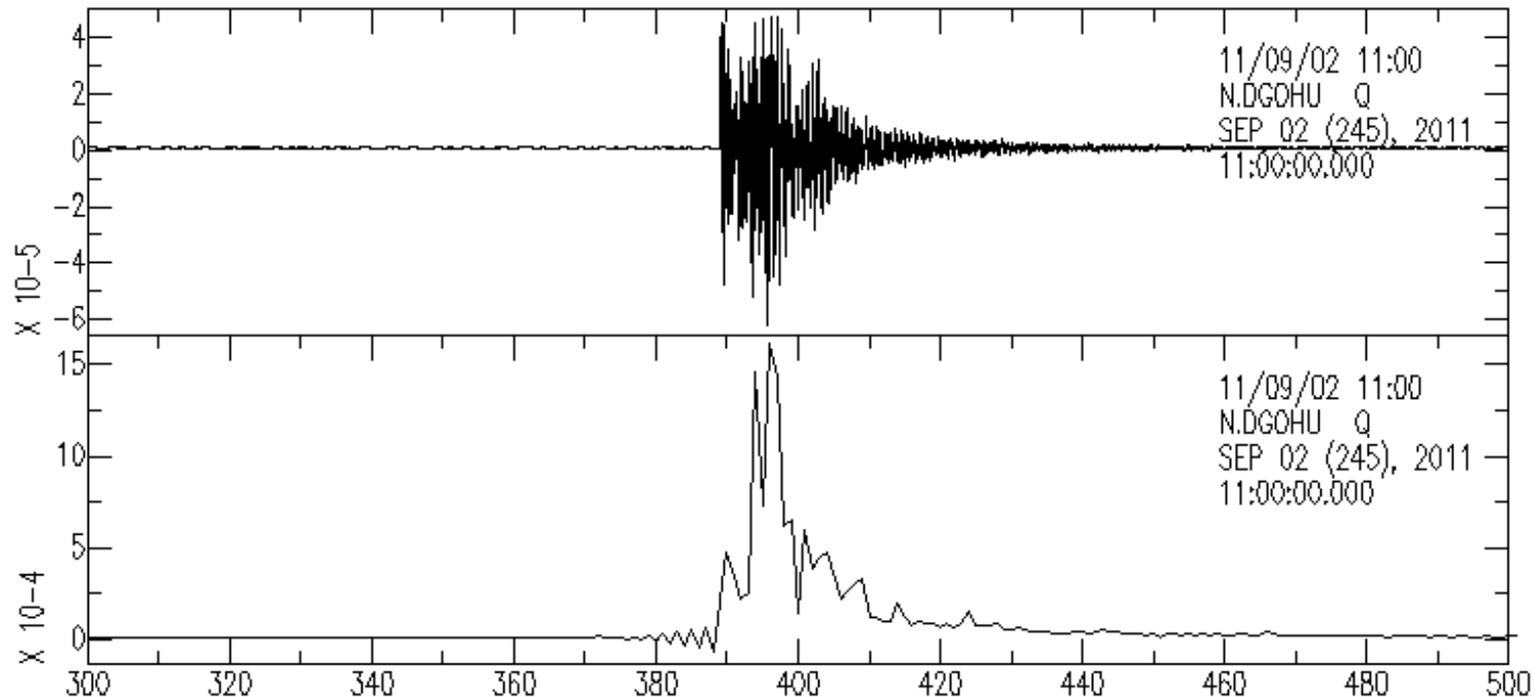
- 地震記録の20-50秒の長周期帯域を使用するので、長周期の波をあまり励起しないM4以下の地震に対してはうまく検知できない。  
→
- 短周期の帯域を使用する必要がある。

# 短周期を使う場合

- 短周期を使う場合には、詳細な地殻構造についてのグリーン関数を計算する必要がある.
- 3次元構造を使う→計算に時間がかかる  
→そこで
- 上記ではない方法を考える.

# モニタリング波形

- 短周期を抽出するフィルター(2-4Hz)をかけたあとのエンベロープ波形を試してみる。 → 長周期っぽい波にする。



# sac で処理

- 現在はオフライン解析

```
SAC> r *.sac
```

```
SAC> rmean
```

```
SAC> bp co 2 4 p 1 n 4
```

```
SAC> decimate 4
```

```
SAC> decimate 5
```

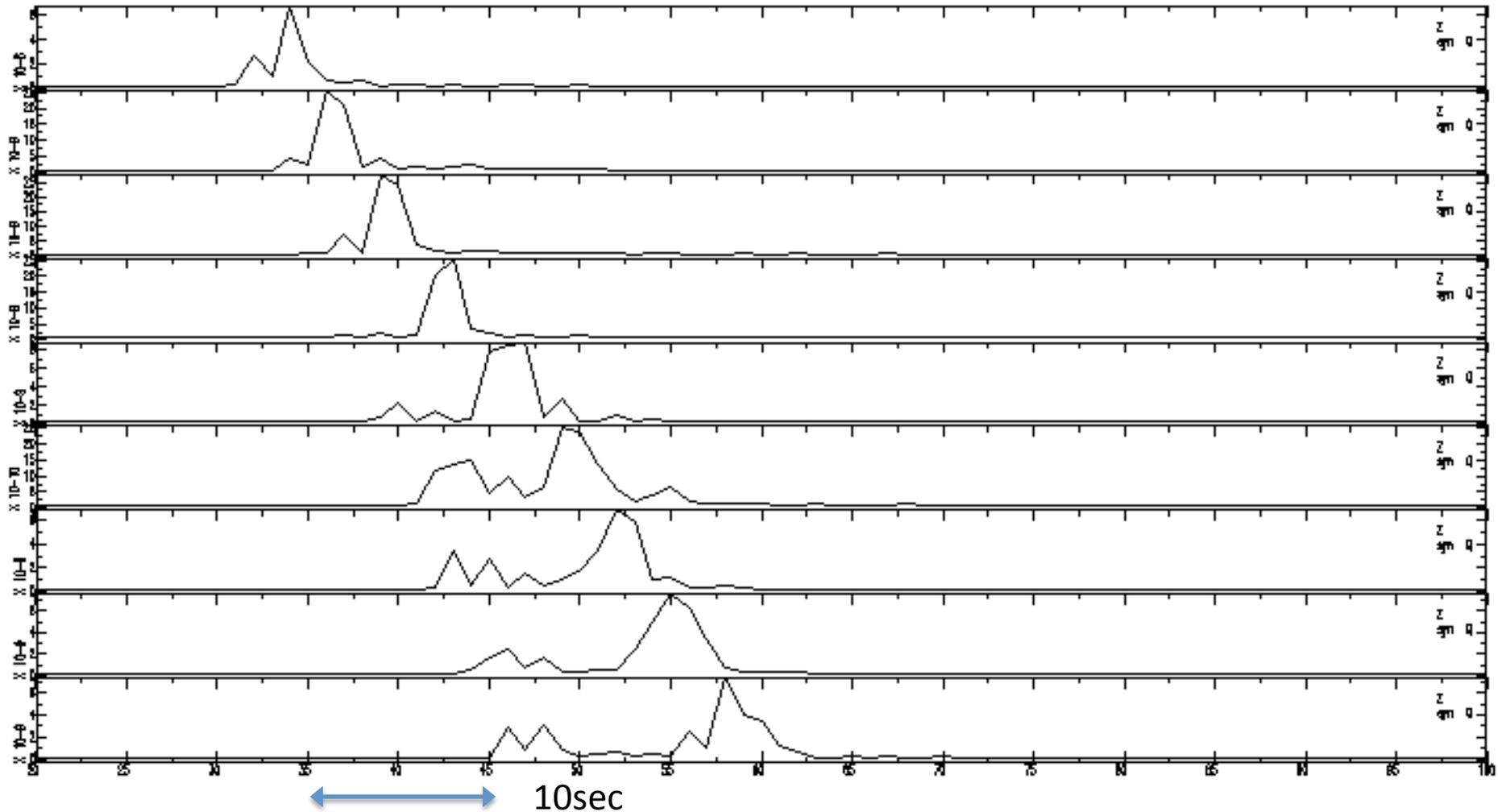
```
SAC> decimate 5
```

```
SAC > w *.sac.env
```

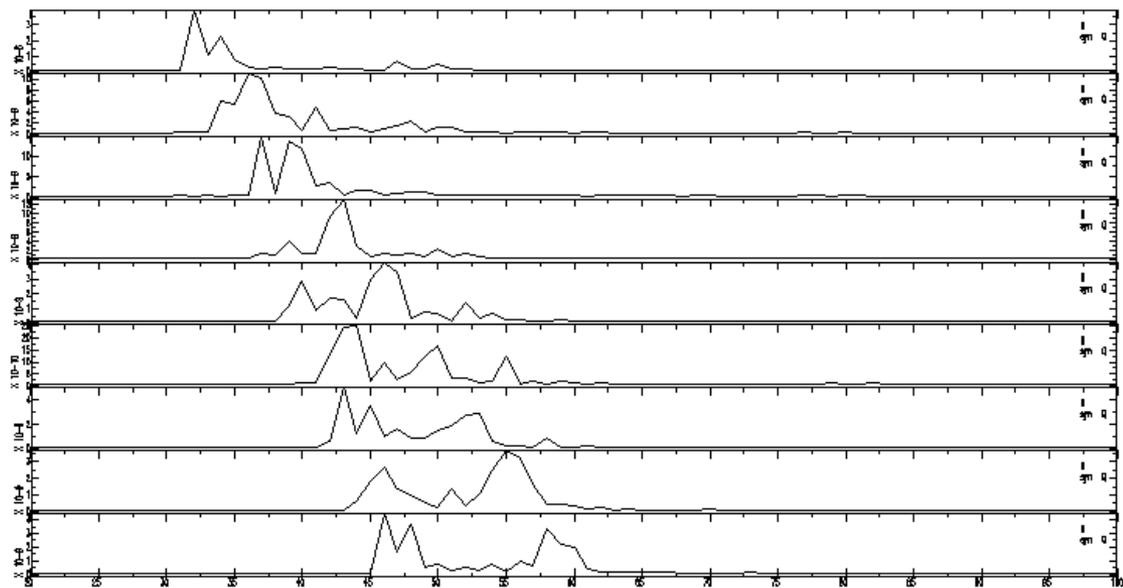
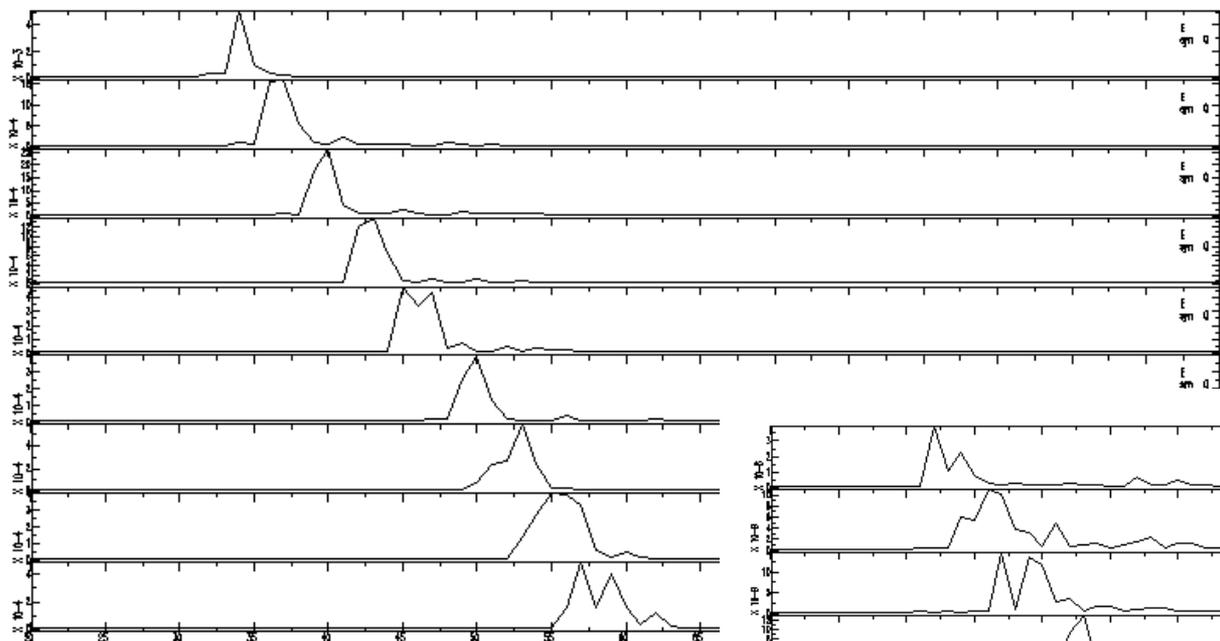
# 茨城県北部2011/09/02 11:06 Mj=3.7 の 地震に対して

- Hi-net いわき東(N.IWEH)と大子(N.DGOH)の2点を利用
- 気象庁震源を中心に水平距離 $\pm 20\text{km}$  (水平グリッド $2\text{km}$ ) 深さ $\pm 10\text{km}$  (深さグリッド $2\text{km}$ ) の仮想震源を設定してGRiD MT アルゴリズムを適用

# Envelope 波形(delta=10-90km,H=5km strike,dip,rake=0,90,0, azm=0)



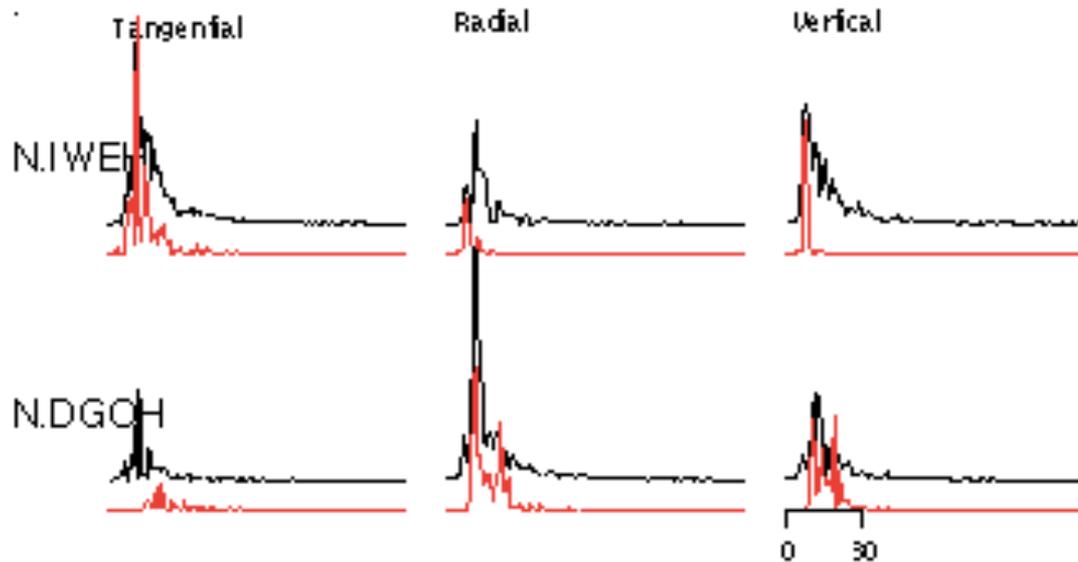
# EW成分, NS成分



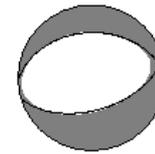
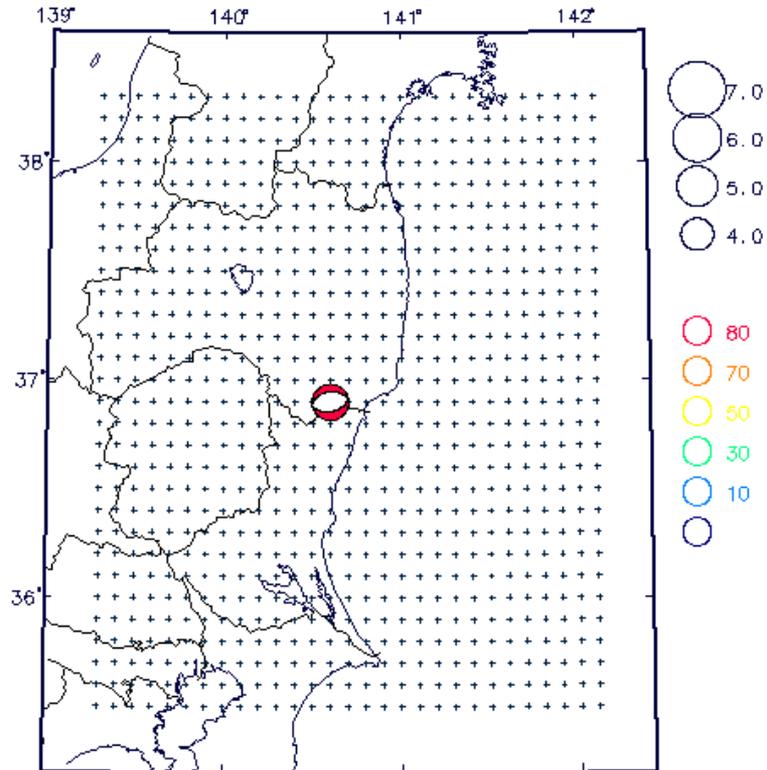
# 2011/09/02 GRiD HYPO 結果



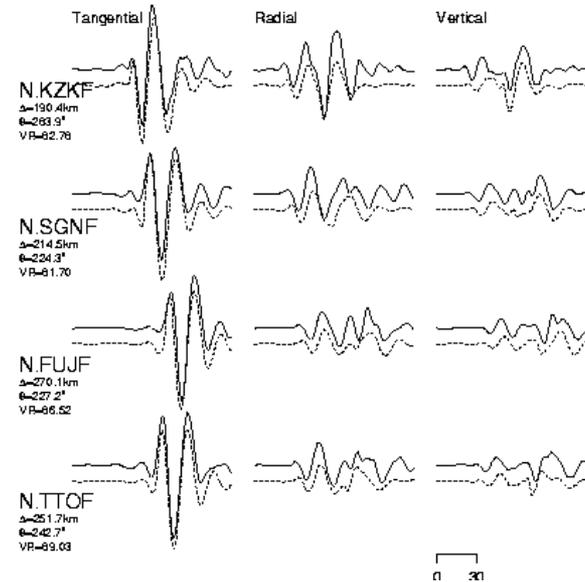
2011/09/02 11:06:24  
Lon=140.7400 Lat=37.1200 Dep=7.0  
Strike=111;202  
Dip=89;11  
Rake=-78;-178  
Mw=3.9  
VR=47.81

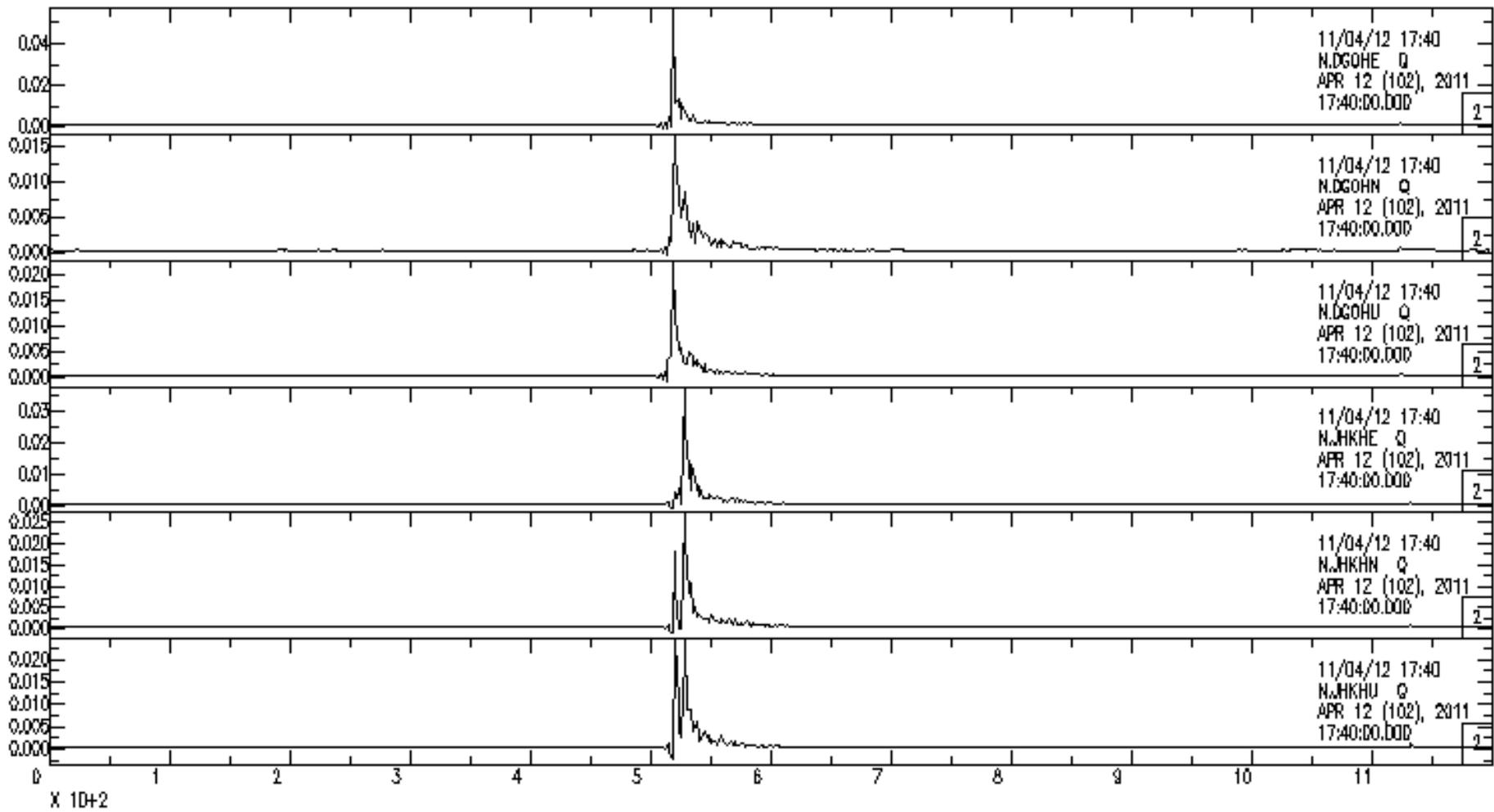


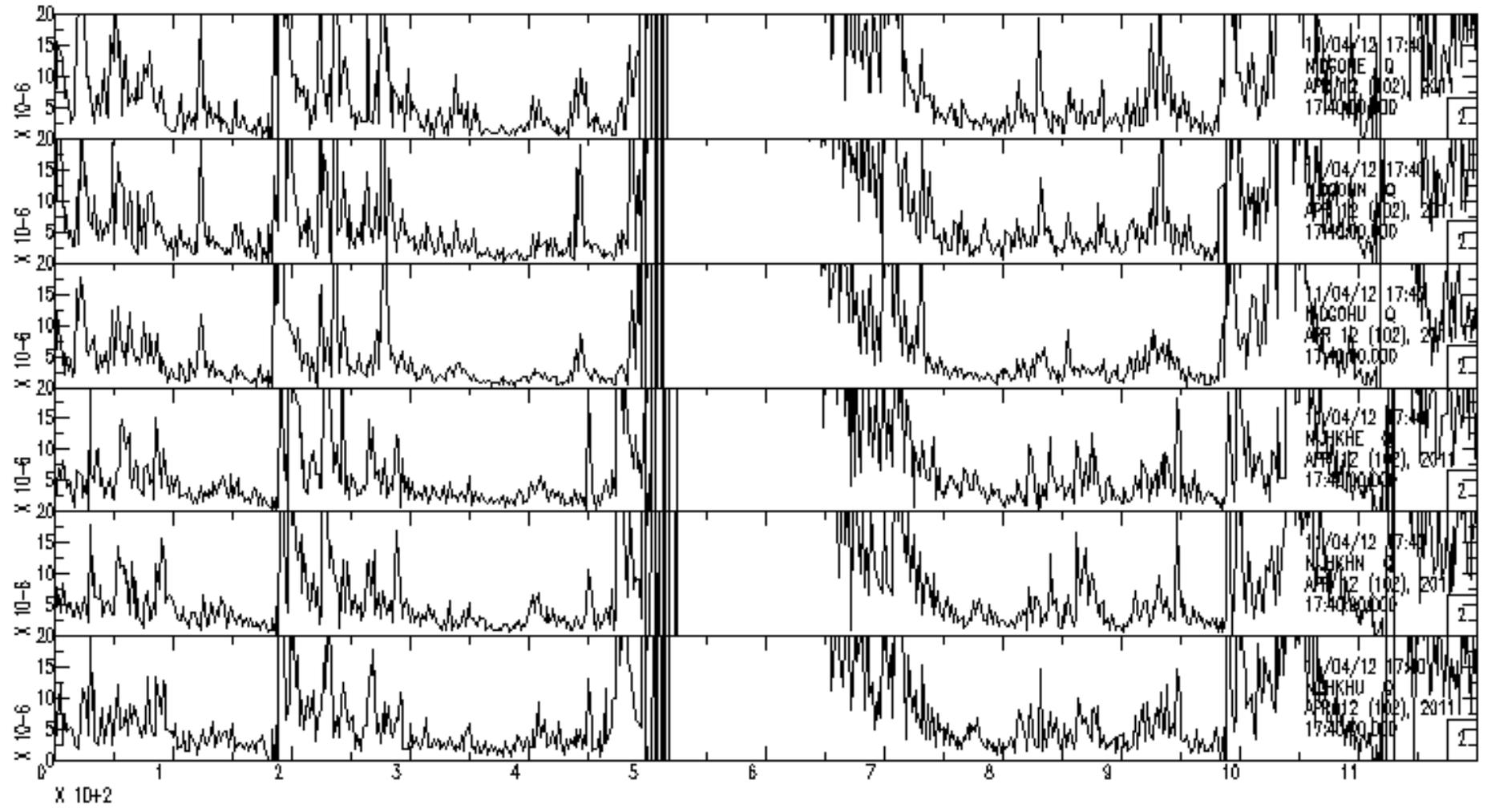
# 2011/04/12 Mw4.5 GRiD MT



2011/04/12 17:48:31, Mw=4.5  
Lon= 140.60 Lat= 36.90 Dep=5  
Strike=73.268  
Dip=53.38  
Rake=-99;-78  
Mo=7.0025e+22 Mw=4.5  
VR=84.60  
fnet,velo,bp=0.02-0.05,p=0



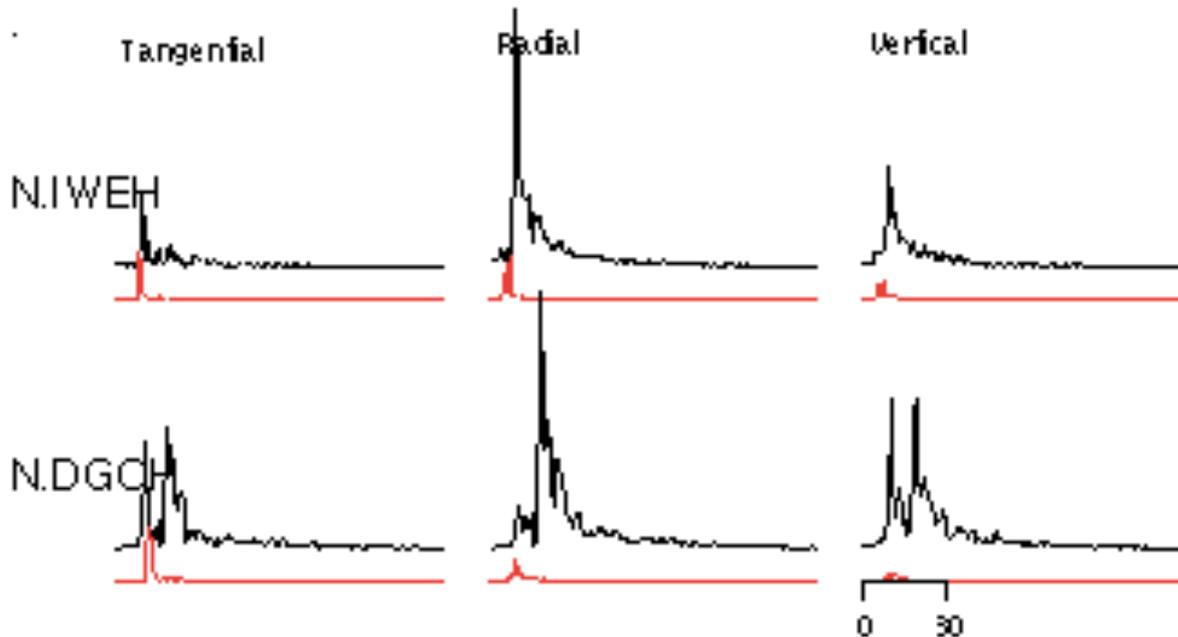




# GRiD HYPO



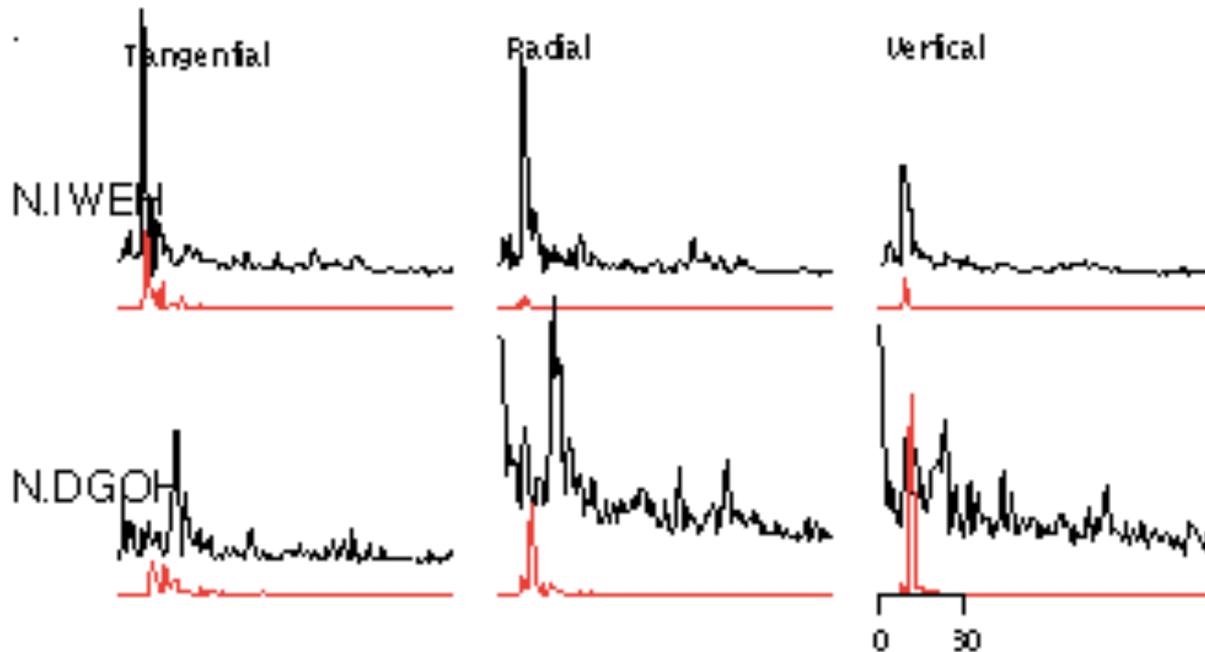
2011/04/12 17:48:29  
Lon=140.7200 Lat=36.9000 Dep=7.0  
Strike=82;267  
Dip=70;19  
Rake=-91;-85  
Mw=4.4  
VR=58.81



# Mw=2.4?



2011/04/12 17:44:28  
Lon=140.6400 Lat=37.0400 Dep=6.0  
Strike=54;234  
Dip=52;37  
Rake=-90;-89  
Mw=2.4  
VR=59.61



# まとめ

- 短周期波動場(2-4Hz)のエンベロープ波形をGRiD MT アルゴリズムを適用することによって、モニタリングすることによってM 4以下の地震も検知できる可能性をしめした.
- 波形インバージョンなので、メカニズムも正しく求まる地震もある.
- 震源決定精度は数km程度のものである. 震源時も数秒異なる.

# 今後の課題

- 多点の観測点を利用した場合
- より速くの決定(10秒程度で決定?)
- 計算処理の分散化(実運用では仮想震源数が限りなく多くなる.)
- 1秒間隔でなくて0.1秒間隔での結果は?
- 震源決定と同様に観測点補正值を加えると震源精度がアップ?
- その他...

# システム

