

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(2)-

鶴岡弘

(東大地震研)

W-phaseを用いた津波警報のための GRiD MTモニタリングシステム

鶴岡弘(東大地震研)・

Luis Rivera (Universite de Strasbourg)・

川勝均(東大地震研)

津波(=巨大地震)警報のためには、

- 地震の規模
- 地震のメカニズム

を以下に速く・精度よく決定するかが重要。

また、

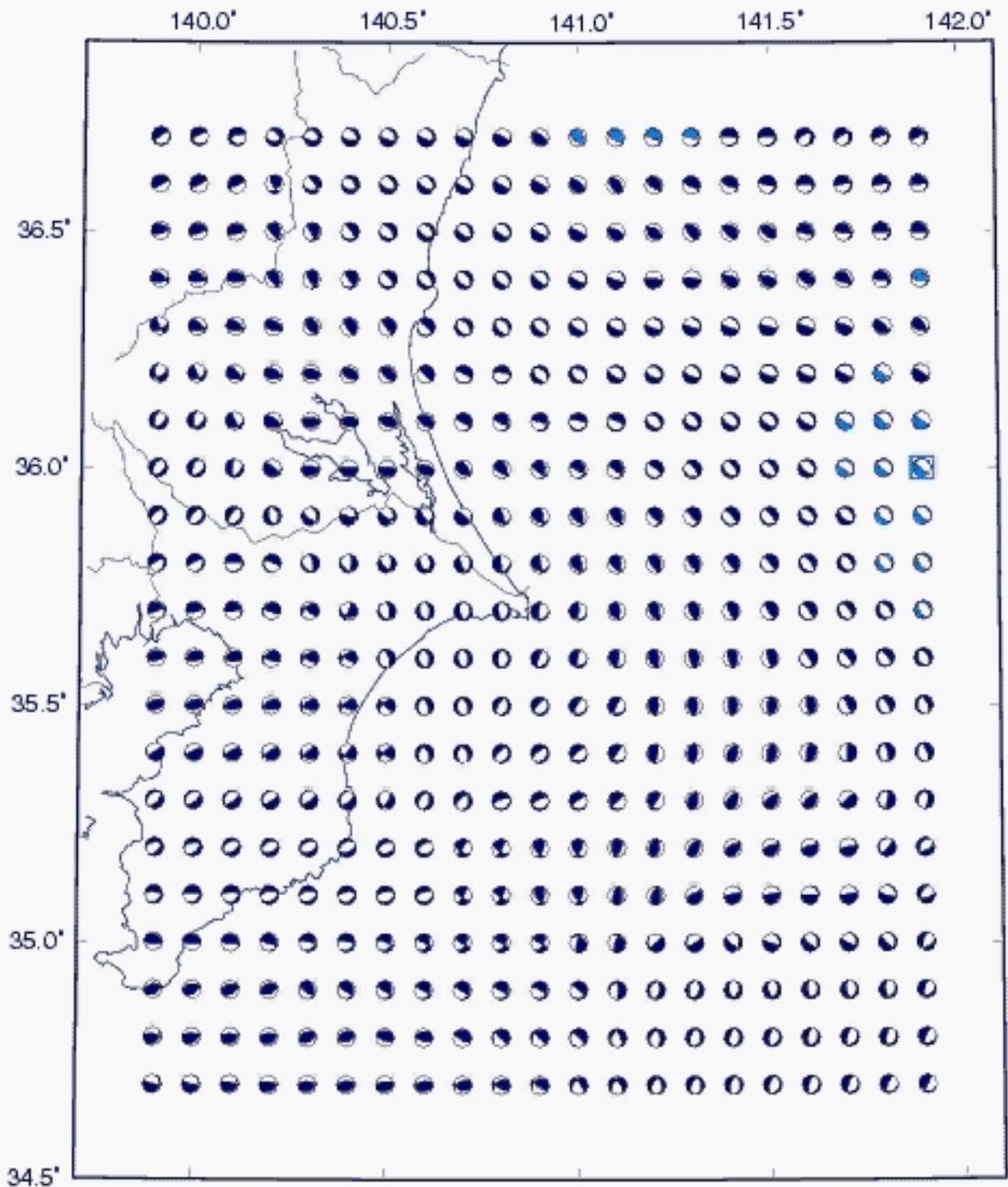
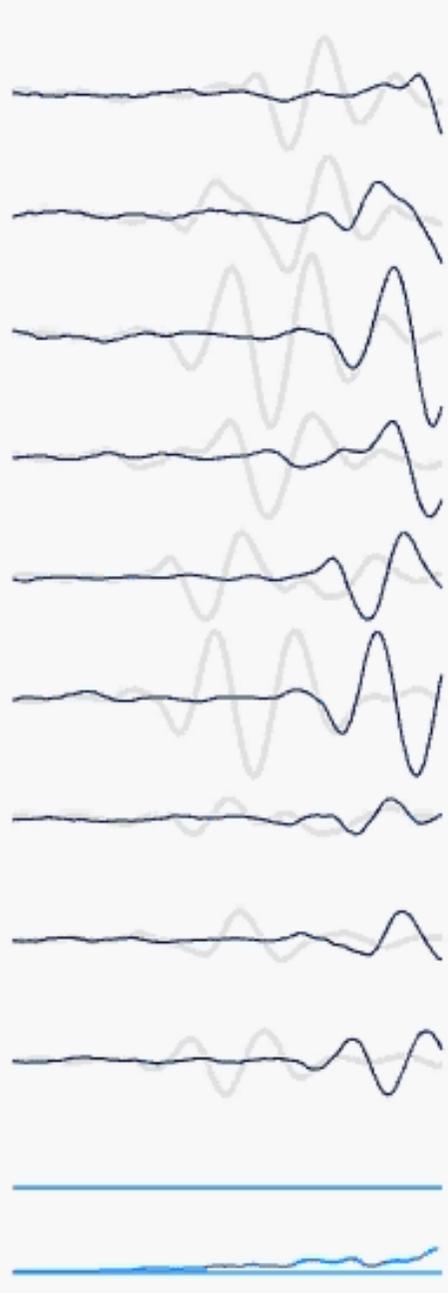
複数のシステムを連携するのではなく

- 単一のシステム

で決定できることは安定性の向上がはかれる。

長周期波動場のリアルタイムモニタリングシステム(GRID MT)

- 長周期波動場を**連続監視**することによって、震源情報を**利用することなく**、地震の位置(震源)・震源時・モーメントテンソル解・モーメントマグニチュードを**完全自動**で決定するリアルタイムシステム
- これまでは、周期20-50秒でのモニタリングであったが、W-phase を用いることにより $M > 7$ を超える巨大地震の震源要素を決定可能なシステムをストラスブール大学のRivera教授と共同開発した。



2003/06/11 15:26:58

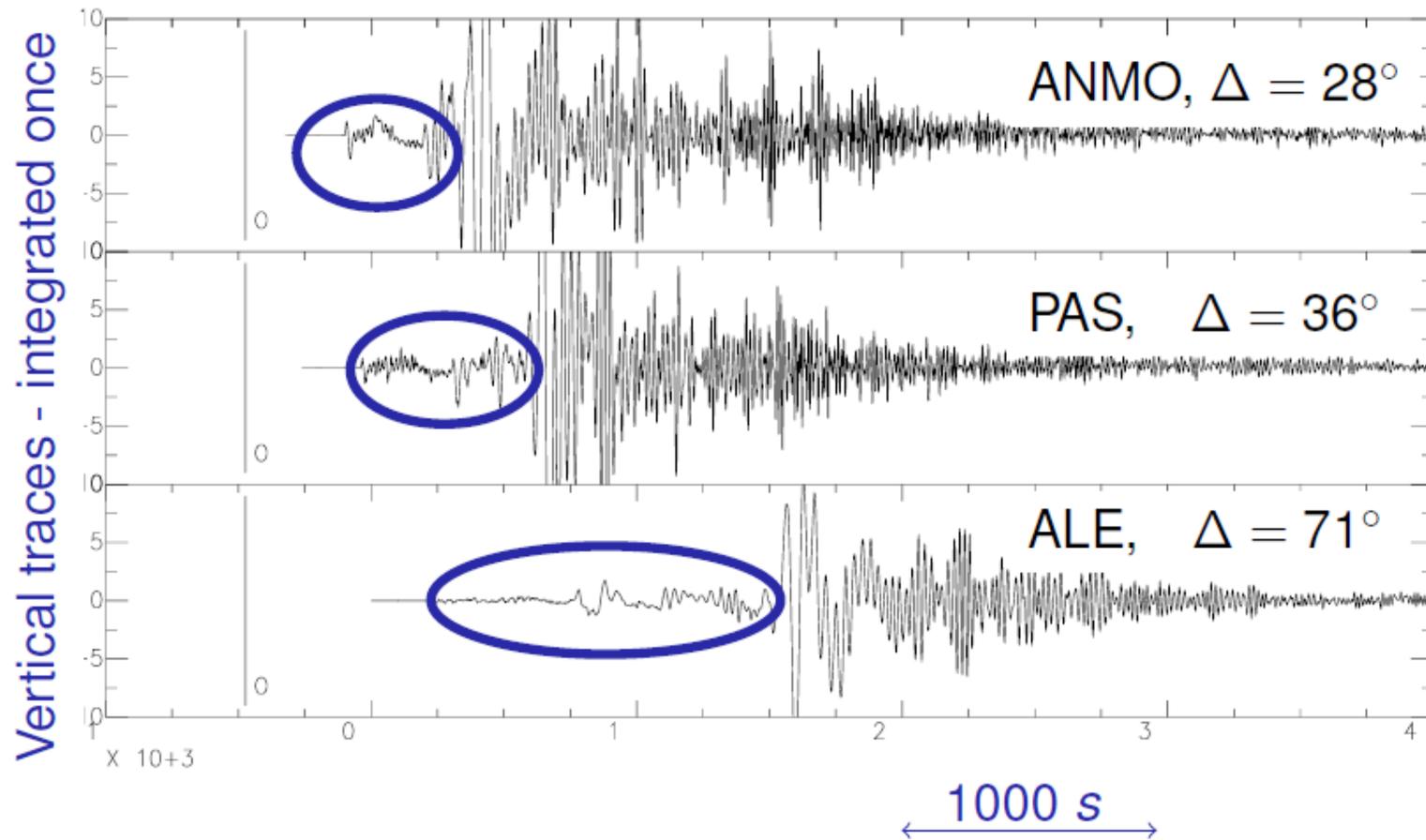
VR= 20.04 141.9000 36.0000 41.0 Mw= 3.8

W-phaseとは

- ❑ W-phase is a very long period (200s-1000s) phase arriving right after the P.
 - ❑ It can be interpreted as a superposition of the fundamental, first, second and third overtones of spheroidal modes of Rayleigh waves and has a group velocity from 4.5 to 9km/s
 - ❑ It was first recognized after the 1992 Nicaragua earthquake.
 - ❑ The inversion technique was originally devised to work for large events ($M_w \geq 7.5$) with teleseismic data
-

W-phase

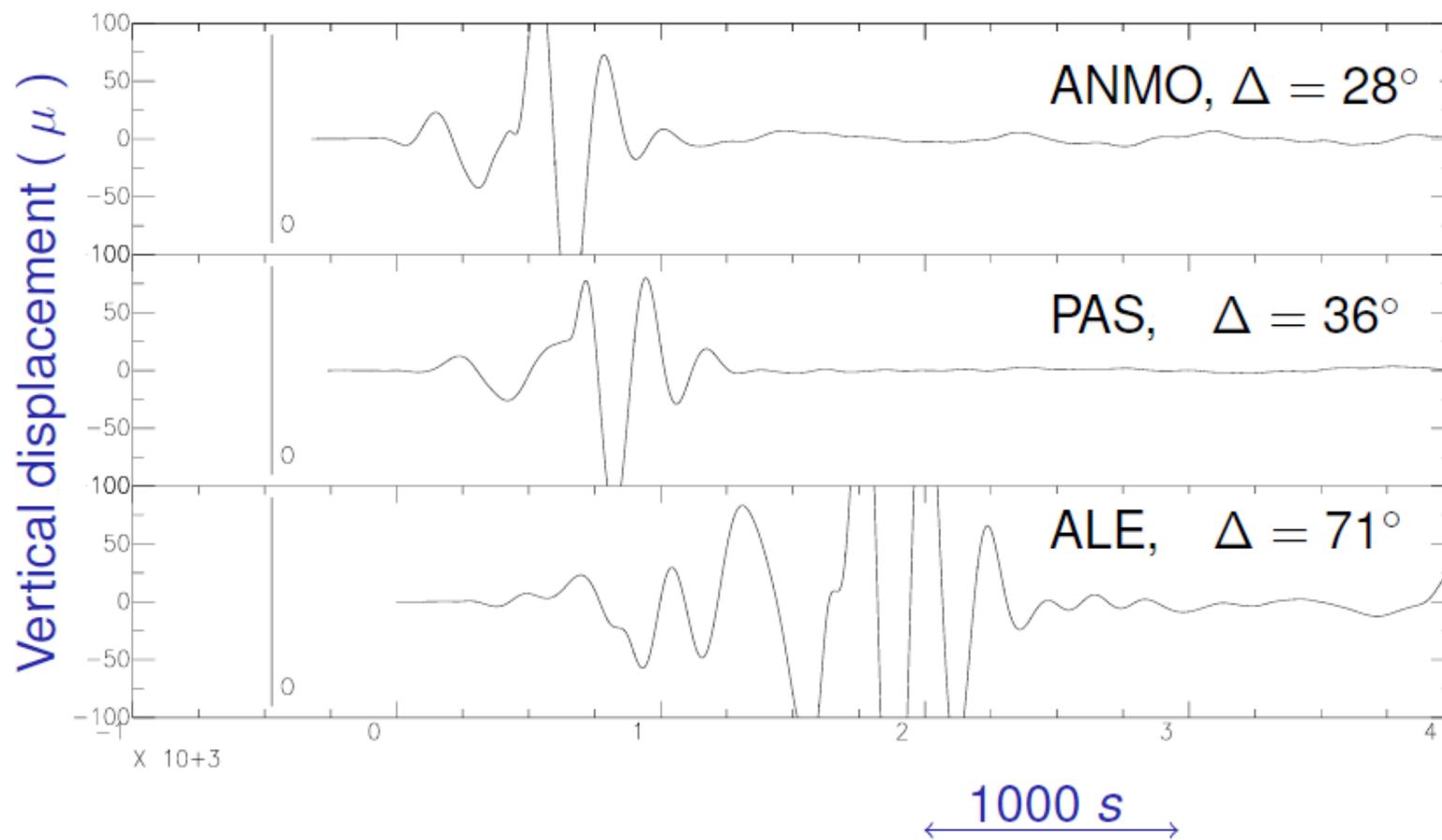
Example: Nicaragua, 1992



W-phase:

Example: Nicaragua, 1992

Deconvolved + bp 200s-1000s

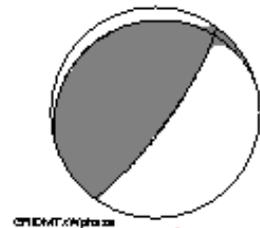


解が得られるまでの時間(目標)

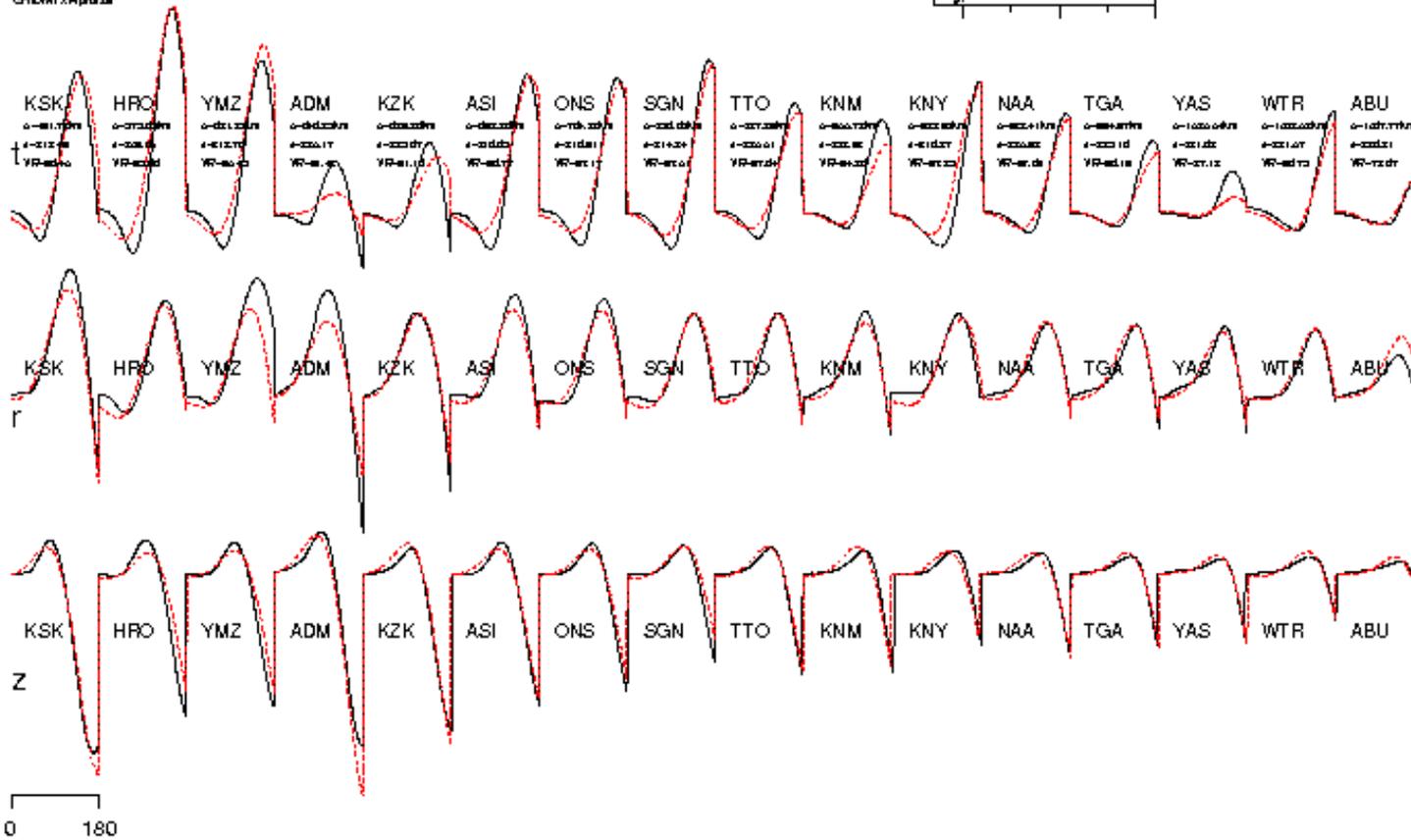
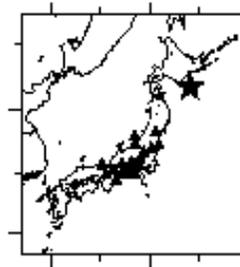
- Regional 6分 ($\Delta 12^\circ$ 以内の観測点を使用)
 - P波走時(172.3sec)+解析長(180sec)

 - Global 15分 ($\Delta 30^\circ$ 以内の観測点を使用)
 - P波走時(372.4sec)+解析長(450sec)
-

2003/09 十勝沖の結果



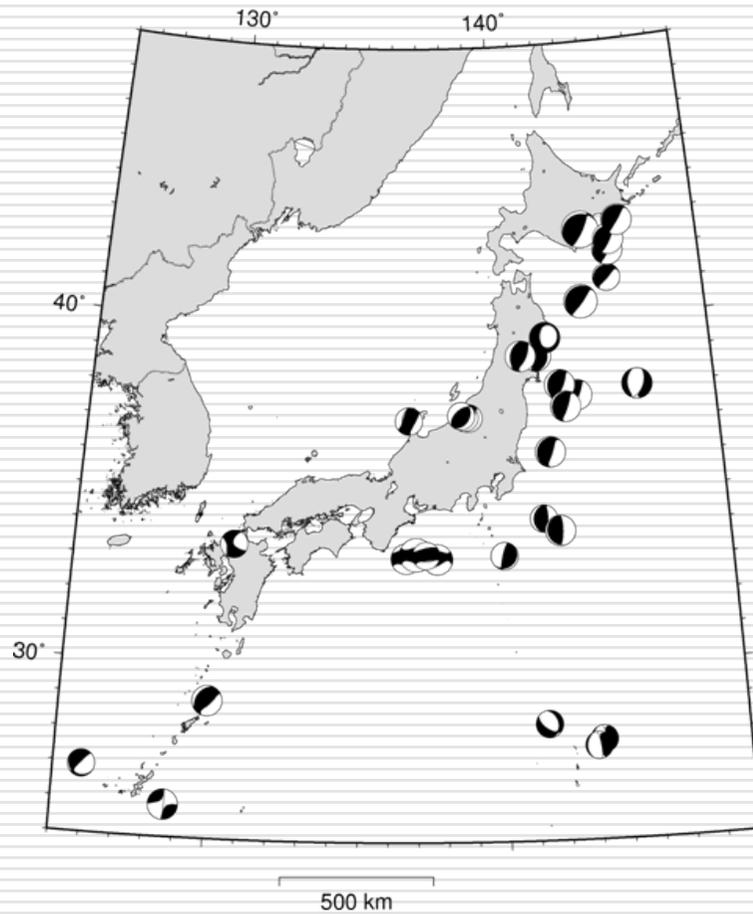
2003/09/25_19:56:46_P360
 Lon= 144.08 Lat= 41.78 Dep=42
 (strike,dip,rake)=(35,78,81), (251,13,125)
 mrr=0.368703, mtt=-0.250344, mpp=-0.118360
 mrt=0.515400, mrp=0.757009, mtp=-0.235010
 Mo=5.13365e+27 Mw=7.8 VR=94.93
 Pdc=96.45 Piso=0.00 Pclvd=3.55
 BP200-600_NP180_HD80 NSTN=16



Feasibility Test

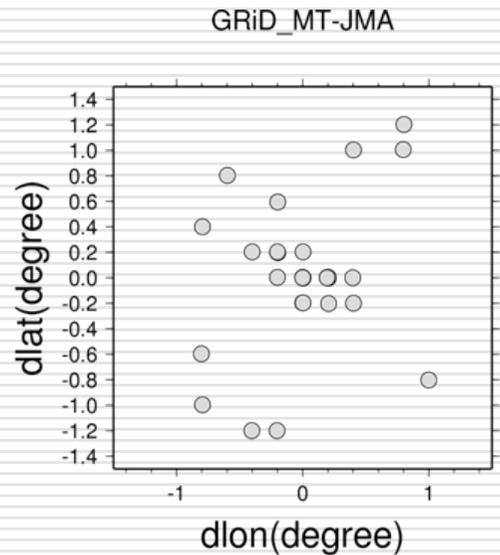
- Regional な tsunami warning をターゲット
 - 2005年8月から 2010年8月までの $M_j \geq 6.5$ 以上, 深さ200km以浅の地震についてオフラインでのシステム稼働テスト(地震数は40個)
 - 得られた震源パラメータの統計的性質を調査
-

Results



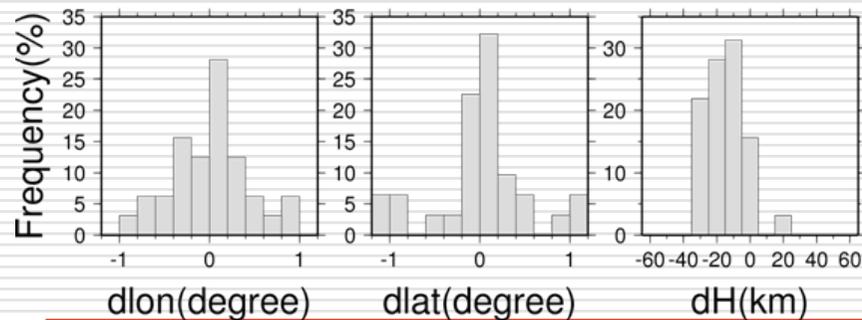
- 周期 100-300sec
- 利用観測点
 - 震央距離500km以上
 - 10観測点

気象庁一元化震源との比較

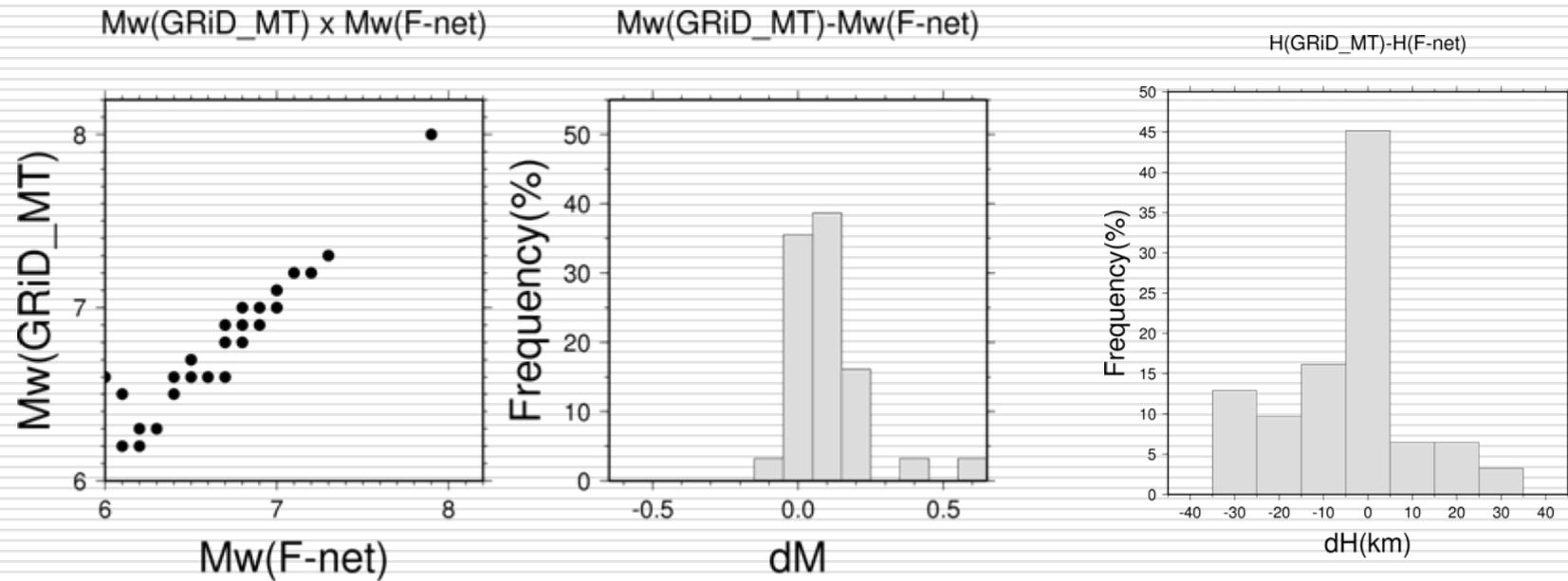


- 経度: $-0.005^{\circ} \pm 0.425^{\circ}$
- 緯度: $0.0133^{\circ} \pm 0.554^{\circ}$
- 深さ: $-14.3 \pm 11.84\text{km}$

- 気象庁震源よりも浅目に決定される。

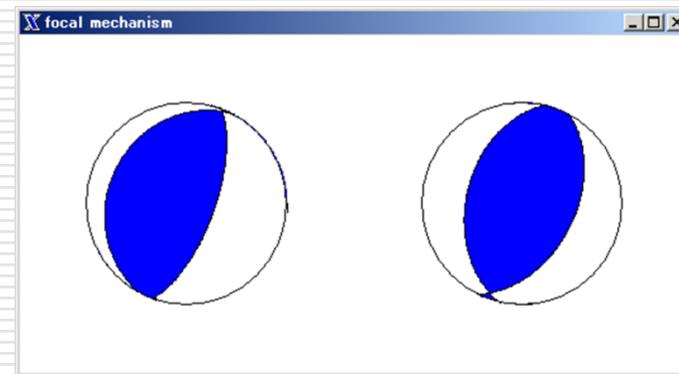
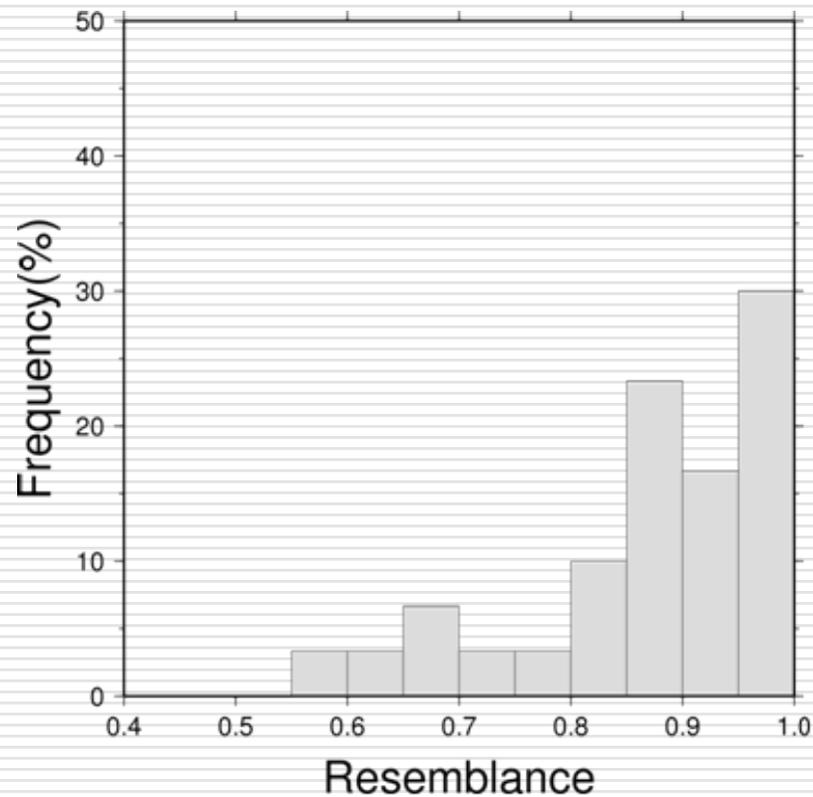


F-net解との比較



- マグニチュード: 0.10 ± 0.132
- 深さ: $-3.70 \pm 15.0\text{km}$

F-net解との比較



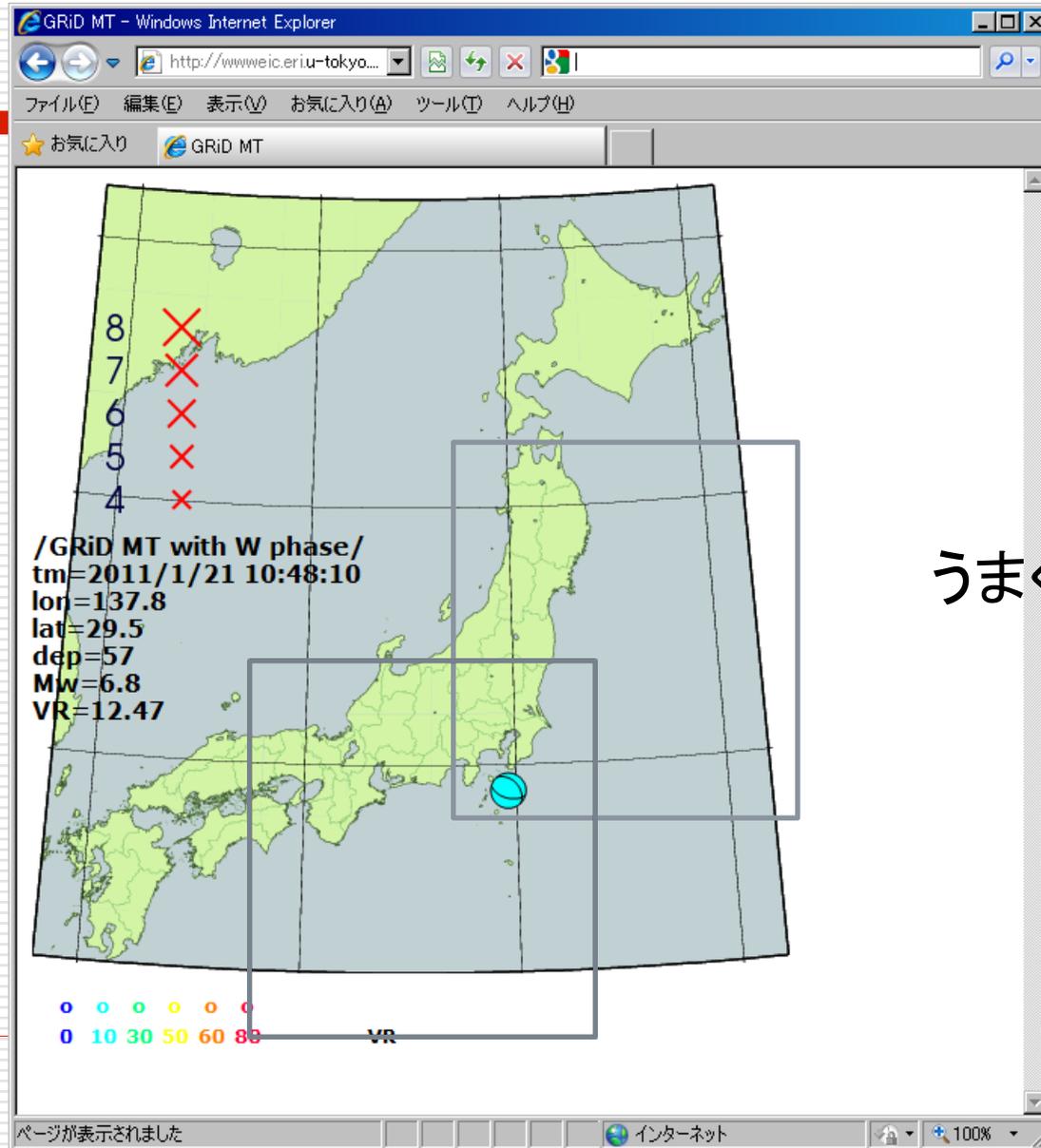
↑ 0.72
1: 完全一致
-1: 反転

□ Resemblance: 0.735 +/- 0.43

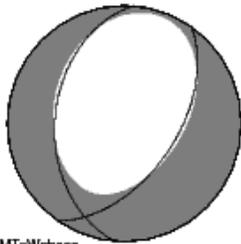
Feasibility Test のまとめ

- 震源の位置については, $\pm 0.5^\circ$ の決定精度
 - マグニチュードについては, ± 0.1
 - 震央距離 10° 以内の観測点10点ほどで決定する場合には, およそ4分強で決定可能. (実際には, 波形のバッファリングを30秒程度行うのと, VRのピークを決定するため, 5分で決定できる.)
-

Implementation



うまく検知できず.



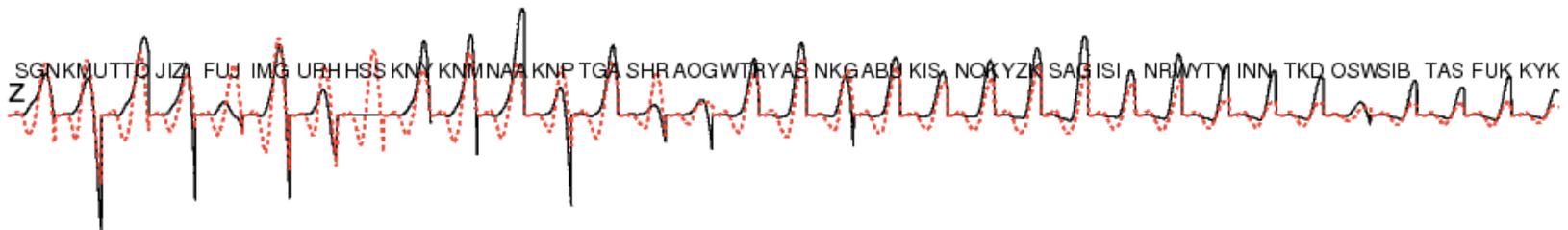
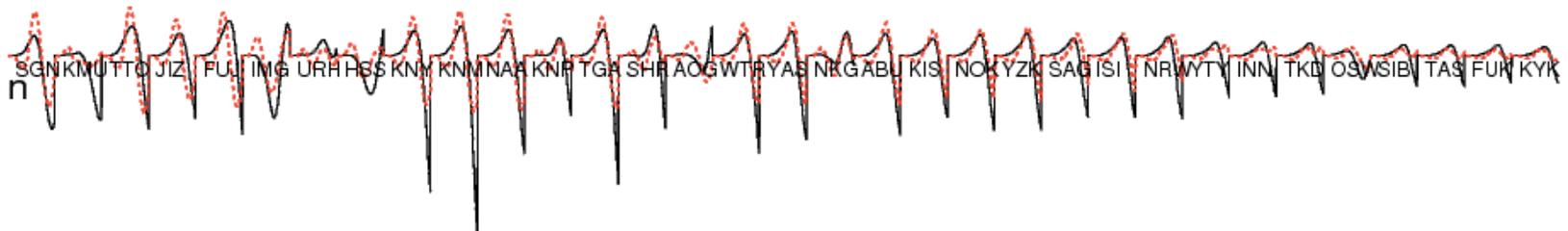
GRDMT_xWphase

OriginTime=2011/03/11_05:46:33
 Lon=142.86 Lat=38.10 Dep=37
 (strike,dip,rake)=(34,53,-70), (184,40,-114)
 mrr=-0.962398, mtt=0.150915, mpp=0.811483
 mrt=-0.374952, mrp=-0.097382, mtp=0.253016
 Mo=2.87519e+28 Mw=8.3 VR=49.62
 Pdc=71.37 Piso=0.00 Pclvd=28.63
 FreqBand=100-300sec HD=0sec NSTN=33



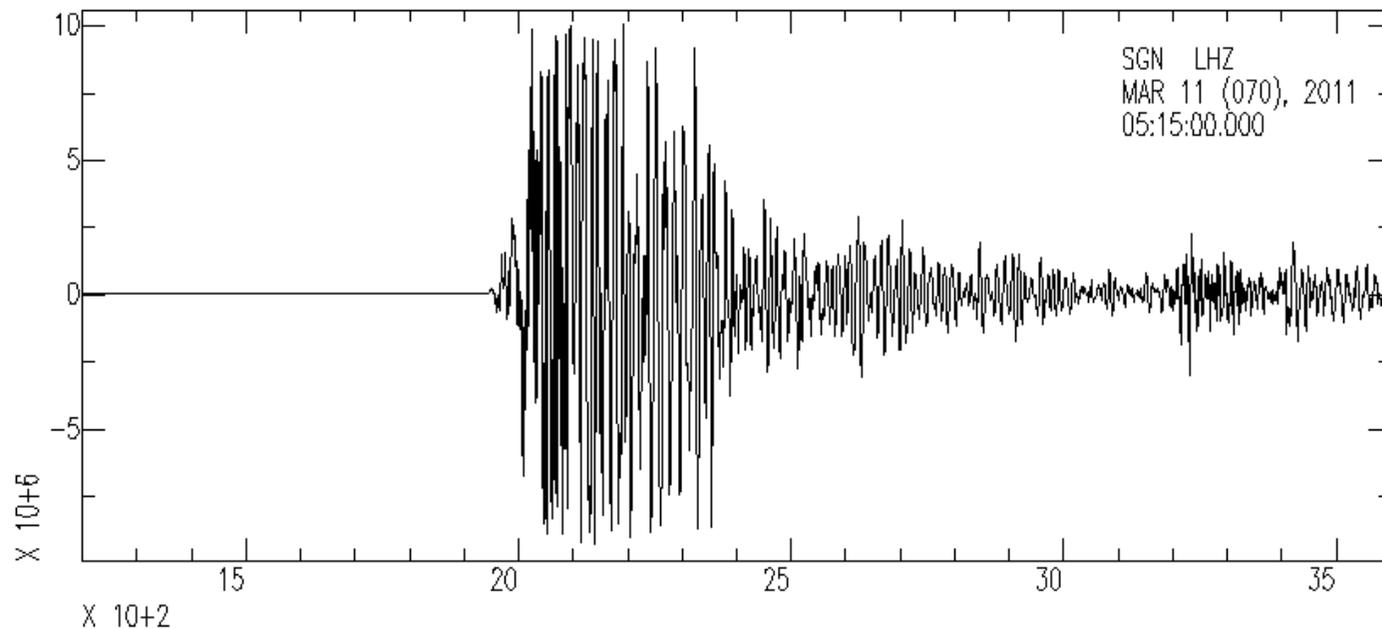
SGNKMUTTOJIZ FUJ IMG URHHSSKNYKNMNAAKNPTGASHRAOGWTRYASNKGABUKIS NOKYZKSAGISI NRWYTYINN TKDOSWSIB TASFUKKYK

Δ=453km Δ=458km Δ=491km Δ=494km Δ=508km Δ=529km Δ=543km Δ=557km Δ=559km Δ=571km Δ=585km Δ=623km Δ=655km Δ=685km Δ=699km Δ=727km Δ=747km Δ=749km Δ=754km Δ=804km Δ=823km Δ=873km Δ=879km Δ=913km Δ=1143km Δ=1162km Δ=1193km Δ=1221km Δ=1239km Δ=1294km Δ=1410km Δ=1425km
 0.231.8 0. 1.1 0.240.7 0.225.5 0.222.6 0.235.0 0. 7.0 0.246.2 0.231.7 0.244.2 0.226.7 0. 6.2 0.242.9 0. 14.5 0.235.0 0.225.7 0.230.8 0.235.3 0.245.4 0.225.3 0.228.4 0.246.6 0.229.4 0.241.9 0.249.0 0.231.5 0.247.3 0.244.1 0.183.1 0.242.9 0.226.6 0.249.2 0.226.9
 VR=52.65 VR=46.32 VR=28.43 VR=11.04 VR=23.91 VR=63.79 VR=35.26 VR=44.78 VR=67.15 VR=52.12 VR=63.26 VR=29.94 VR=64.36 VR=9.26 VR=19.13 VR=73.18 VR=61.41 VR=67.74 VR=68.17 VR=59.26 VR=66.49 VR=64.49 VR=54.96 VR=63.69 VR=55.07 VR=62.74 VR=41.60 VR=43.72 VR=6.26 VR=45.60 VR=61.45 VR=63.63 VR=55.16

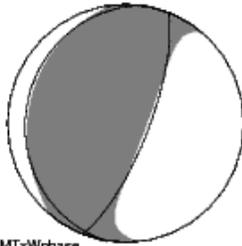


0 180

都留菅野観測点 LHZ成分

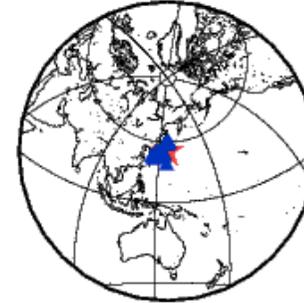


- データの飽和
- データの欠測(リアルタイム)
- 防災科研サーバへ依存(観測点特性)



GRDMTxWphase

OriginTime=2011/03/11 05:47:37
 Lon=142.86 Lat=38.10 Dep=37
 (strike,dip,rake)=(21,74,93), (189,16,78)
 mrr=0.466847, mtt=0.068230, mpp=-0.535077
 mrt=0.313306, mrp=0.787557, mtp=-0.195537
 Mo=1.7941e+29 Mw=8.8 VR=87.41
 Pdc=77.07 Piso=0.00 Pclvd=22.93
 FreqBand=100-300sec HD=0sec NSTN=33



SGNKMUTTOJIZ FUJ IMG URHHSSKNYKNMNAAKNPTGASHRAOGWTRYASNKGABUKIS NOKYZKSAGISI NRWYTYINN TKDOSWSIB TASFUKKYK

Δ=453km Δ=458km Δ=461km Δ=464km Δ=509km Δ=520km Δ=540km Δ=557km Δ=559km Δ=571km Δ=585km Δ=623km Δ=669km Δ=685km Δ=699km Δ=737km Δ=747km Δ=749km Δ=754km Δ=804km Δ=823km Δ=872km Δ=878km Δ=912km Δ=1145km Δ=1162km Δ=1192km Δ=1221km Δ=1229km Δ=1248km Δ=1410km Δ=1425km
 0.231.8 0. 1.1 0.240.7 0.225.6 0.229.6 0.235.0 0. 7.0 0.246.2 0.231.7 0.244.2 0.226.7 0. 6.2 0.242.9 0. 14.5 0.235.0 0.226.7 0.250.8 0.225.2 0.243.4 0.235.2 0.229.4 0.246.6 0.259.4 0.241.9 0.249.0 0.251.8 0.247.2 0.244.1 0.183.1 0.242.2 0.235.6 0.242.2 0.226.9
 VR=94.07 VR=79.92 VR=92.58 VR=90.05 VR=83.44 VR=81.04 VR=77.00 VR=76.26 VR=85.14 VR=92.52 VR=85.46 VR=80.34 VR=86.26 VR=82.26 VR=73.01 VR=89.00 VR=90.89 VR=84.72 VR=88.00 VR=92.24 VR=91.49 VR=86.43 VR=87.26 VR=86.73 VR=83.98 VR=80.71 VR=75.46 VR=74.69 VR=80.57 VR=85.14 VR=90.21 VR=89.35 VR=92.82

SGNKMUTTOJIZ FUJ IMG URHHSSKNYKNMNAAKNPTGASHRAOGWTRYASNKGABUKIS NOKYZKSAGISI NRWYTYINN TKDOSWSIB TASFUKKYK



強震速度計: 低感度
 データ (LL?) であら
 ばうまく決定できた。

SGNKMUTTOJIZ FUJ IMG URHHSSKNYKNMNAAKNPTGASHRAOGWTRYASNKGABUKIS NOKYZKSAGISI NRWYTYINN TKDOSWSIB TASFUKKYK



SGNKMUTTOJIZ FUJ IMG URHHSSKNYKNMNAAKNPTGASHRAOGWTRYASNKGABUKIS NOKYZKSAGISI NRWYTYINN TKDOSWSIB TASFUKKYK



0 180

地震データ流通システム WIN -> SEED

□ 日本

- WINシステム
- WINフォーマット
- マルチチャンネル
- リアルタイム性に重点

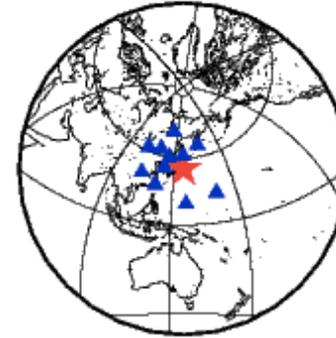
□ 世界

- SeedLink等
 - SEEDフォーマット
 - シングルチャンネル
 - 欠測なしに重点
-

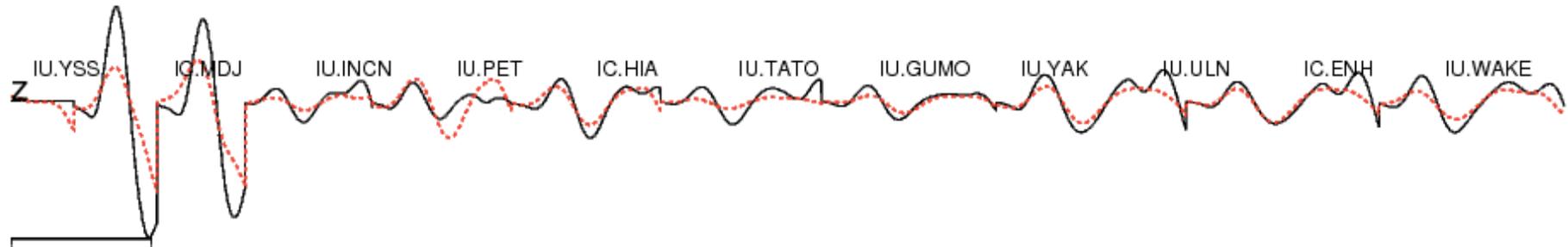
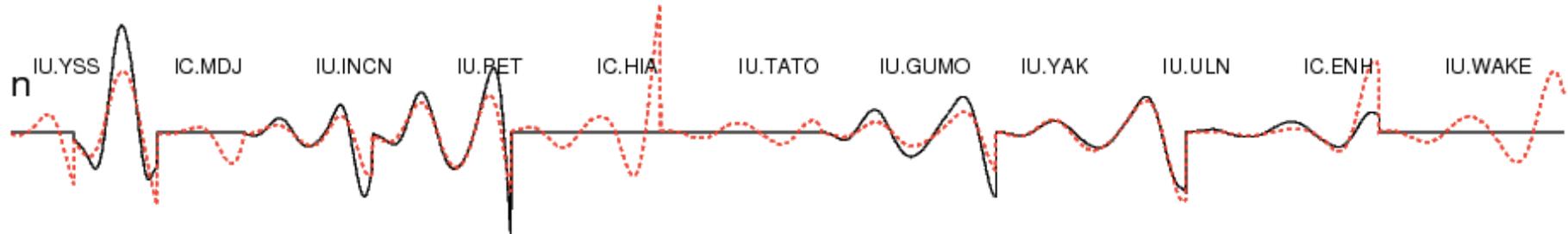
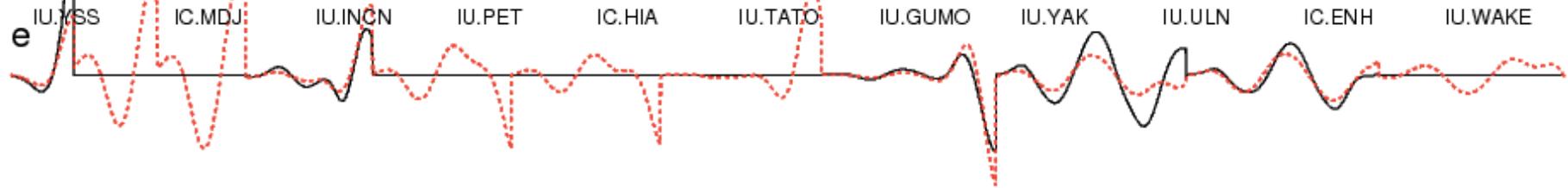


GRDMTxWphase

OriginTime=2011/03/11_05:47:29
 Lon=143.05 Lat=37.52 Dep=16
 (strike,dip,rake)=(10,81,87), (206,9,105)
 mrr=0.281313, mtt=0.013092, mpp=-0.294405
 mrt=0.172555, mrp=0.936650, mtp=-0.105789
 Mo=3.54085e+29 Mw=9.0 VR=71.52
 Pdc=91.93 Piso=0.00 Pclvd=8.07
 FreqBand=100-300sec HD=70sec NSTN=11



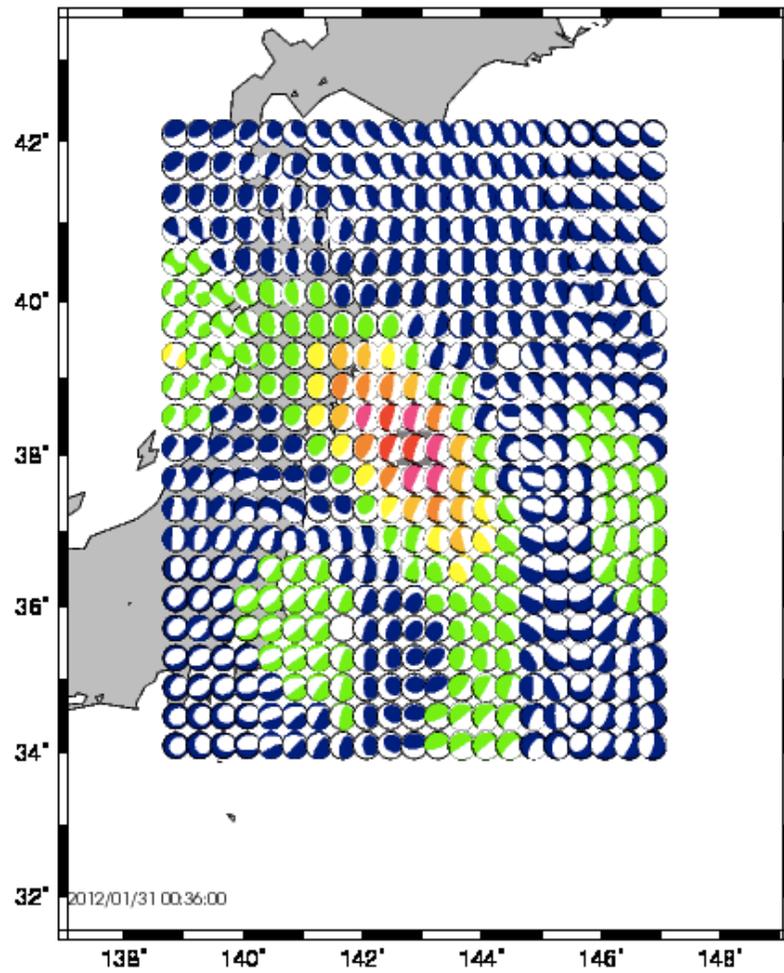
IU.YSS	IC.MDJ	IU.INCN	IU.PET	IC.HIA	IU.TATO	IU.GUMO	IU.YAK	IU.ULN	IC.ENH	IU.WAKE
$\Delta=1048\text{km}$	$\Delta=1375\text{km}$	$\Delta=1450\text{km}$	$\Delta=2104\text{km}$	$\Delta=2281\text{km}$	$\Delta=2408\text{km}$	$\Delta=2655\text{km}$	$\Delta=2879\text{km}$	$\Delta=3131\text{km}$	$\Delta=3186\text{km}$	$\Delta=3053\text{km}$
$\theta=358.8$	$\theta=309.1$	$\theta=274.8$	$\theta=30.1$	$\theta=312.3$	$\theta=241.9$	$\theta=175.6$	$\theta=345.6$	$\theta=303.1$	$\theta=265.4$	$\theta=124.9$
VR=76.80	VR=71.53	VR=74.86	VR=75.58	VR=68.83	VR=78.64	VR=38.90	VR=81.42	VR=66.80	VR=54.57	VR=69.72



0.00000000313.636363636

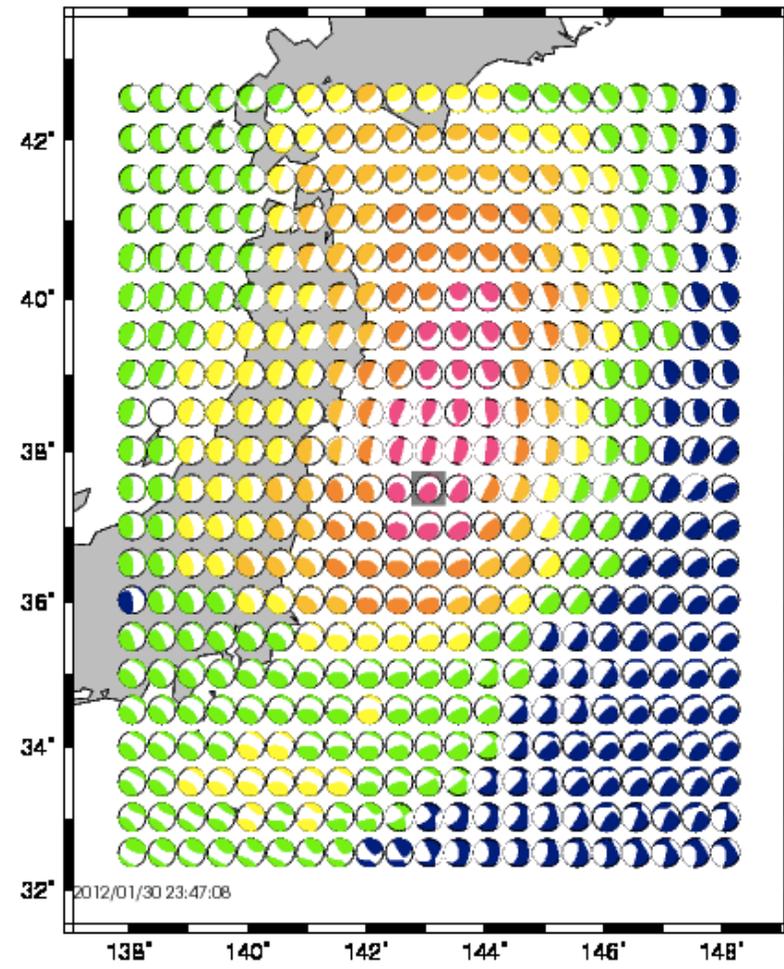
F-net

F-net data Mec Size Mw

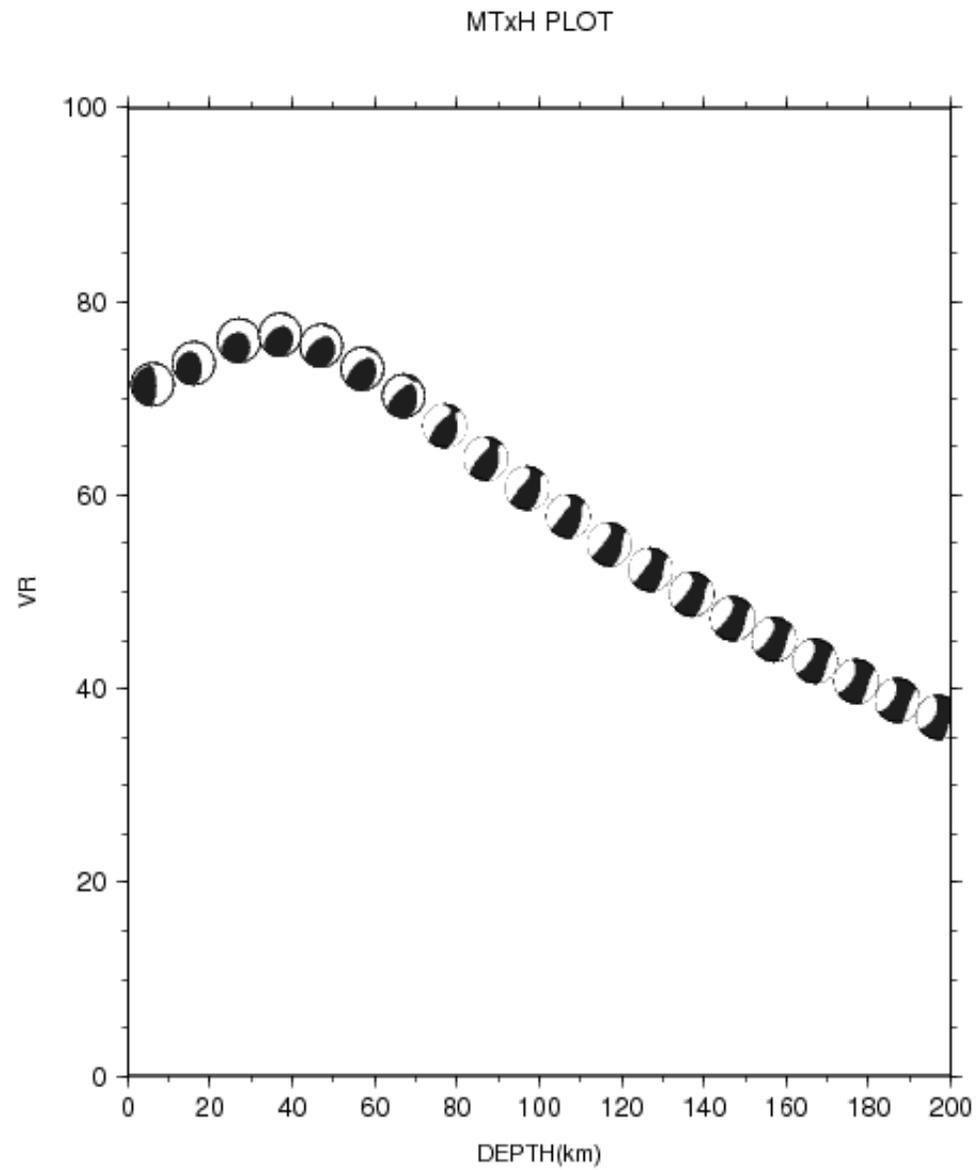


GLOBAL

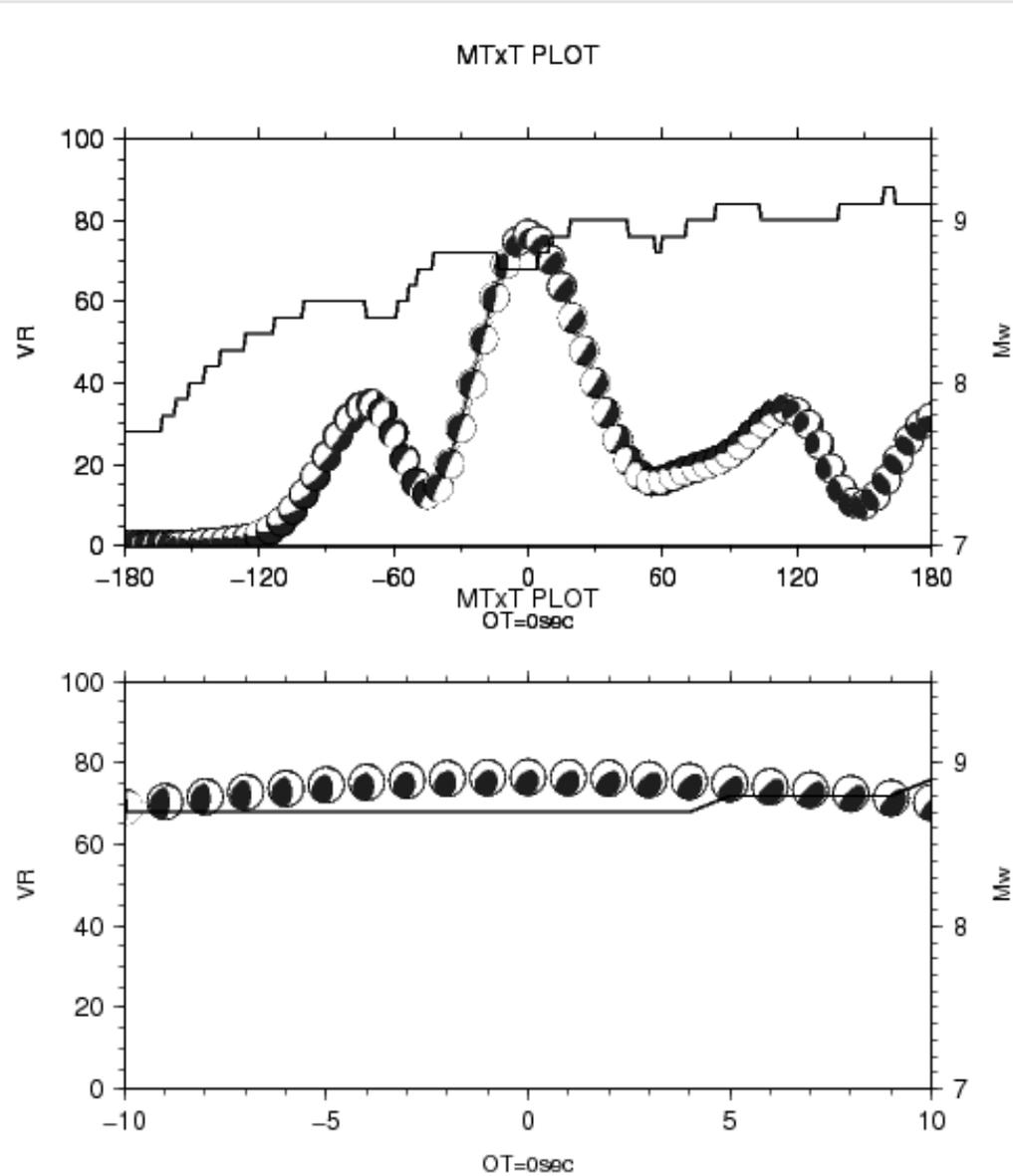
Mec Size Mw



VRの深さ依存性



Mw,VRの時間変化



まとめ

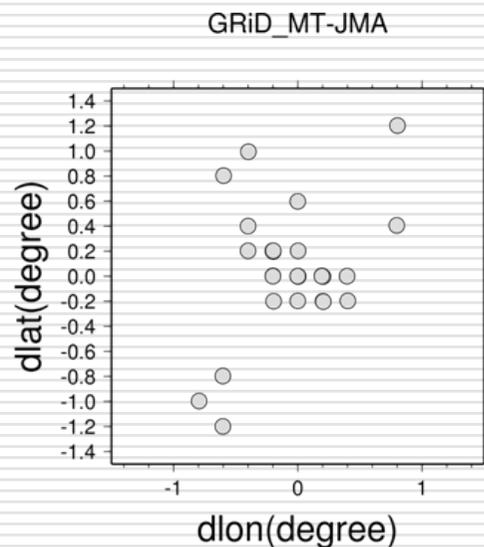
- 世界で発生する巨大地震のメカニズム・M_wを地震発生後約15分で決定するリアルタイムシステムを構築した.
 - 日本の地震波形データを利用する場合には約6分程度で決定
 - 今後は実際にシステムを稼働させる予定.
-

WS (<http://www.iris.edu/ws/>)

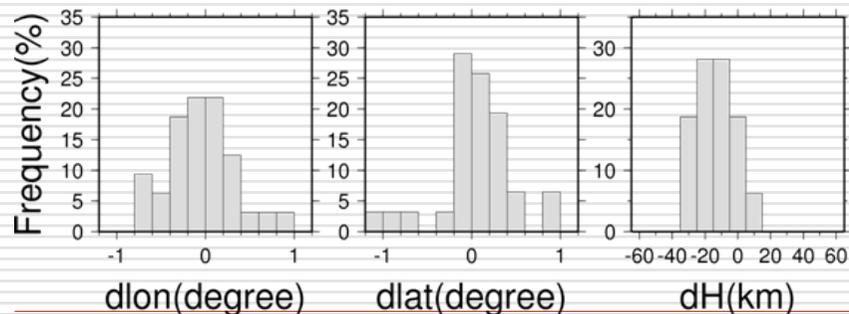
- データ取得等かなり柔軟なシステム
- 簡単なスクリプトを作成することによりデータのダウンロードが可能

```
URL=http://www.iris.edu/ws/dataselect/query?  
net=IU&sta=MAJO&loc=00&cha=LHZ&start=2012  
-01-22T23:00:00&end=2012-01-23T01:00:00  
wget -o data.log -O IU_MAJ0_00_LHZ.ms $URL
```

気象庁一元化震源との比較(N=20)

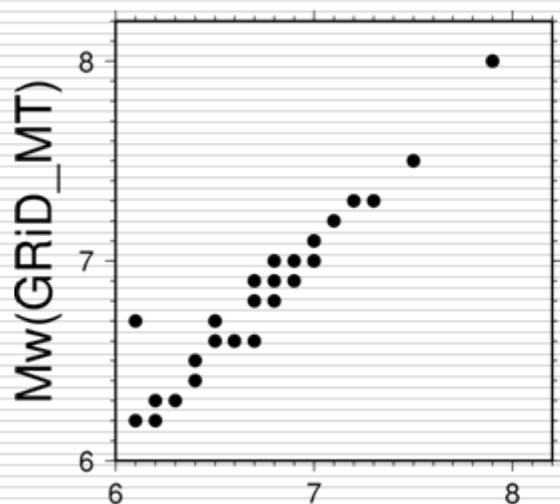


- 経度: $-0.00615^{\circ} \pm 0.362^{\circ}$
- 緯度: $0.0569^{\circ} \pm 0.474^{\circ}$
- 深さ: $-13.26 \pm 10.8\text{km}$



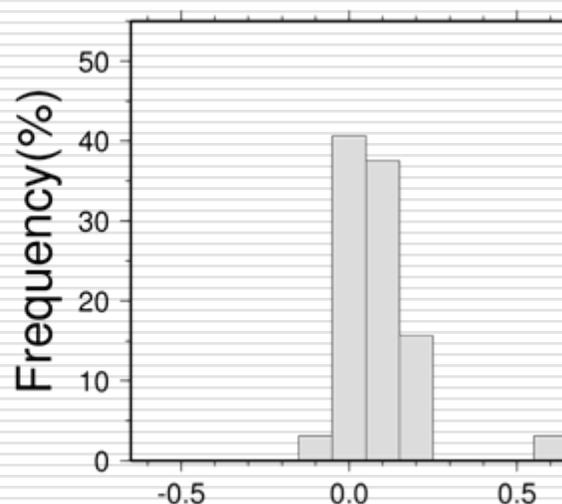
F-net解との比較

Mw(GRiD_MT) x Mw(F-net)



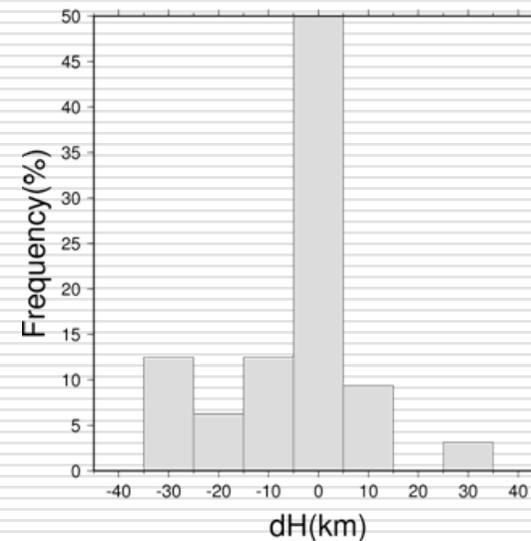
Mw(F-net)

Mw(GRiD_MT)-Mw(F-net)



dM

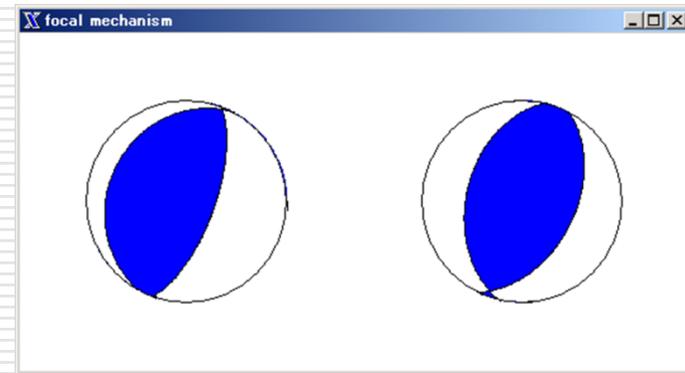
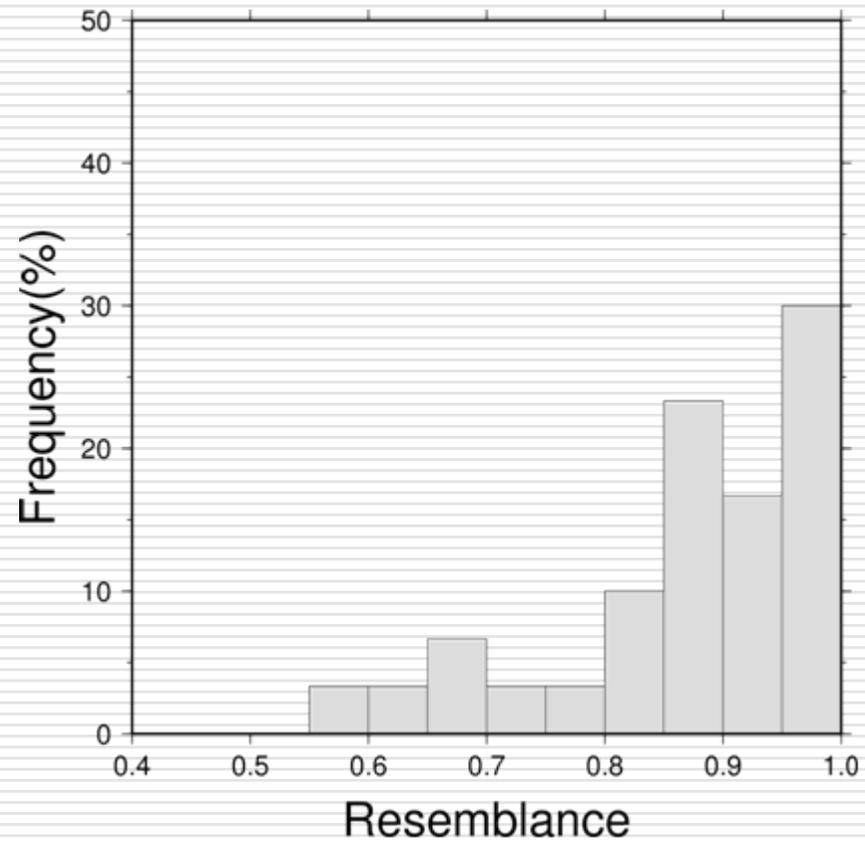
H(GRiD_MT)-H(F-net)



□ マグニチュード: 0.084 ± 0.12

□ 深さ: $-3.53 \pm 13.2\text{km}$

F-net解との比較



↑ 0.72
1: 完全一致
-1: 反転

□ Resemblance: 0.83 \pm 0.213

WIN

□ プロセス

- recvt
 - order
 - wdisk
 - insert_raw, insert_raw2
 - マルチチャンネル1分ファイル等
-

SeedLink

□ slarchive

- シングルチャネル, 1日ファイル

```
STNS="IU_*:LH?,II_*:LH?,IC_*:LH?,G_*:LH?"
```

```
slarchive -S $STNS -p -SDS IRIS
```

```
rtserve.iris.washington.edu:1800
```

システム概要

