

# 第 356 回 地震調査委員会資料

## 〈 目 次 〉

◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震 ルーチン処理結果	2
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震 観測点補正值による震源再決定	3
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震の (F-netメカニズム解 (暫定) )	4
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震：震源域周辺の地震発生状況と今後の地震発生確率	6
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震による高周波エネルギー輻射量 (暫定)	7
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震による強震動	8
◆ 2021年3月20日宮城県沖の地震の震源過程	11

令和 3 年 3 月 22 日



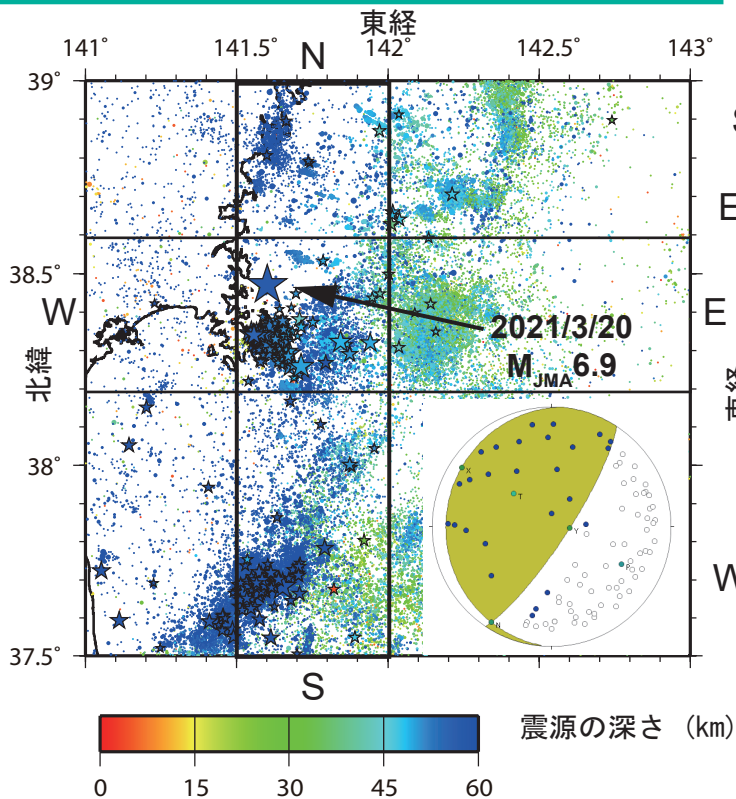
国立研究開発法人

**防災科学技術研究所**

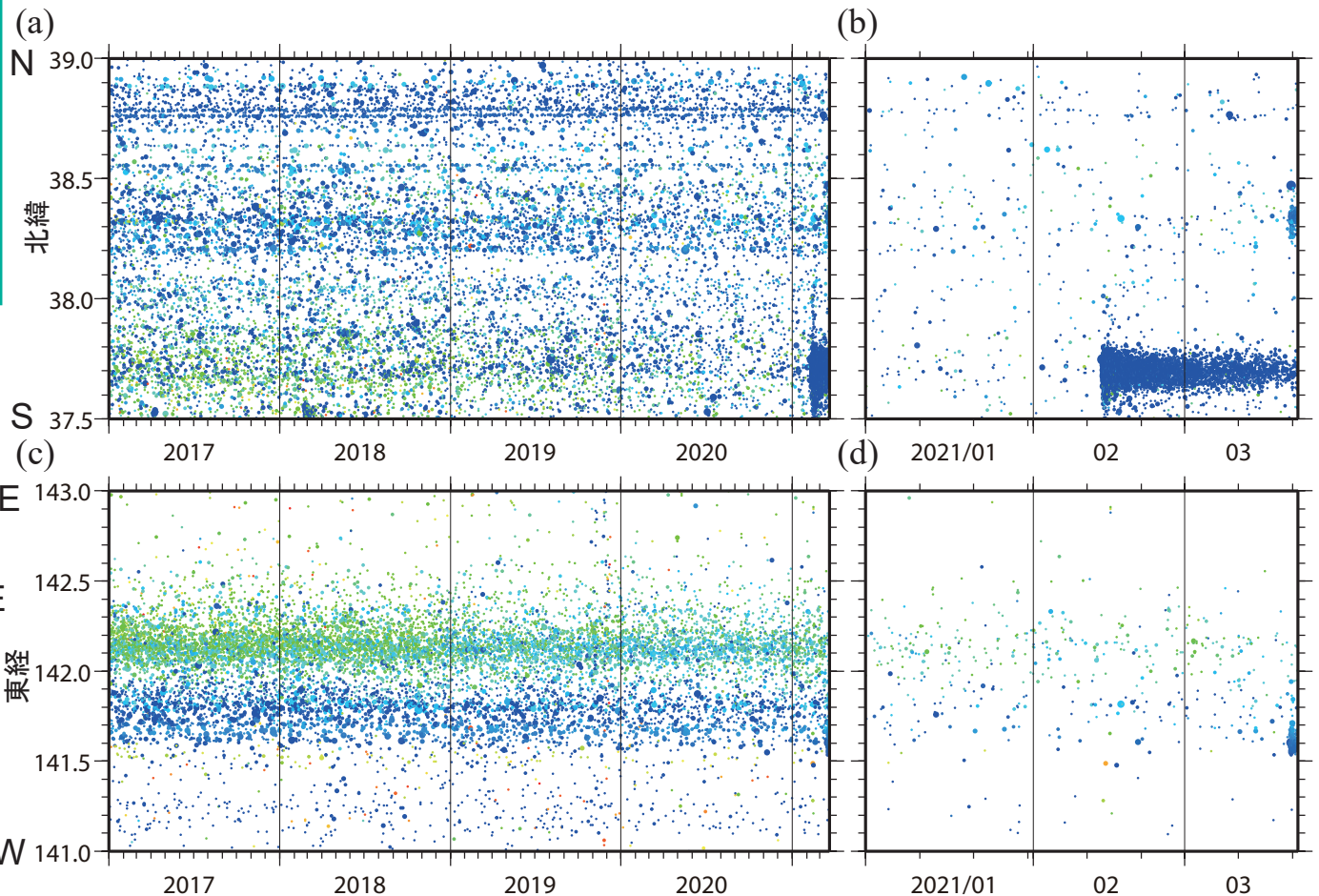
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

# 2021年3月20日宮城県沖の地震 ルーチン処理結果

- M6.9 (気象庁暫定値) の地震の初動解は低角逆断層型、ルーチン処理による深さは約57km
- この地震の震源域近傍において、先行する目立った静穏化・活発化、および、活動域のマイグレーションなどは見られない



第1図. 防災科研 Hi-net/S-net のルーチン処理による震源分布. 2017年1月1日から2021年3月19日までの地震を点で、3月20日から21日までの地震を黒色アウトラインの星印でそれぞれ示す. シンボルの色は地震の深さを表す. 第2図に示す時空間分布図のためのイベント選択範囲を黒色矩形で示す. また、M6.9(気象庁暫定値) の地震の初動解を併せて示す.

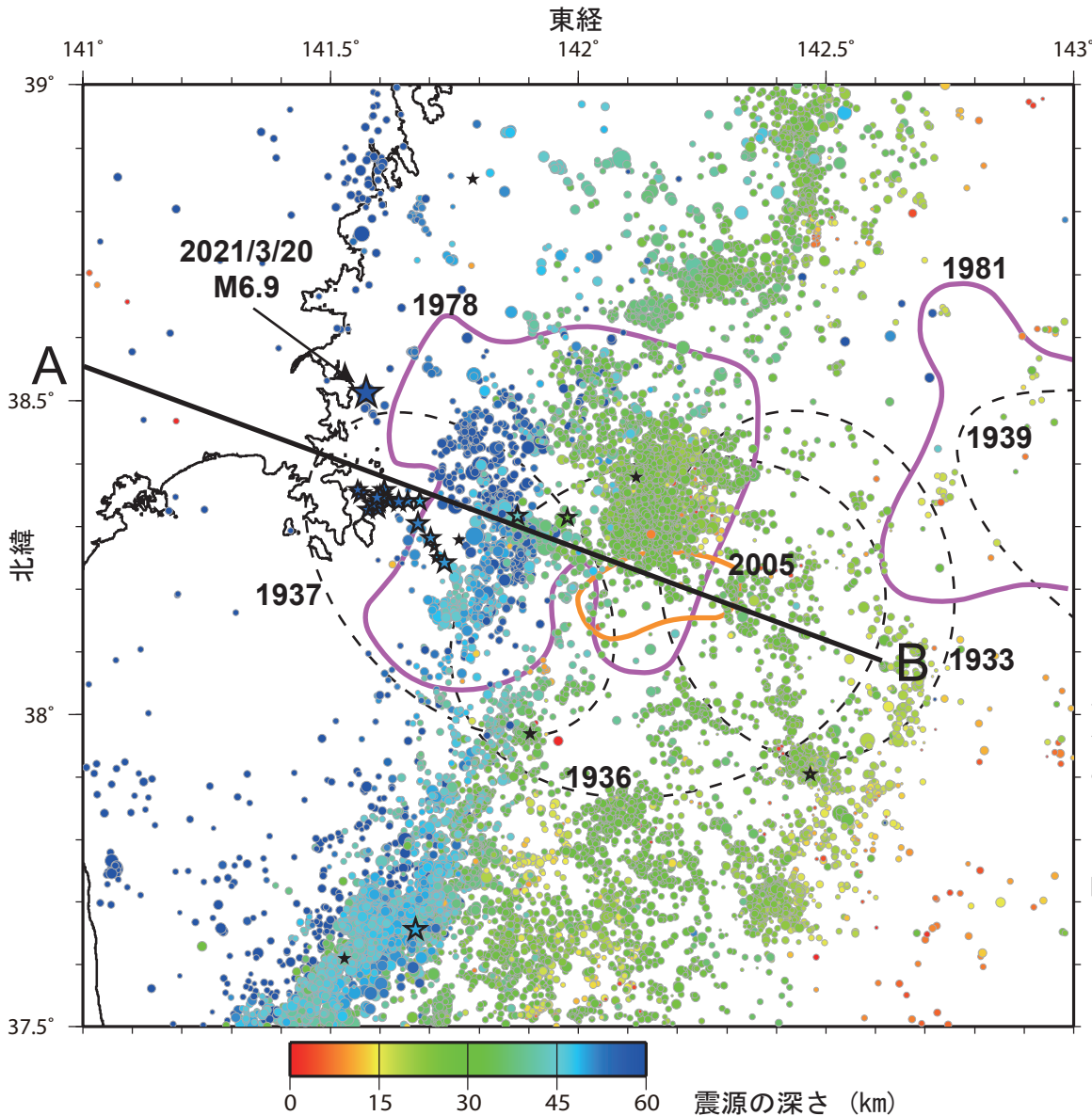


第2図. ルーチン処理震源の時空間分布. 2017年1月1日から2021年3月21日までの地震を点で示し、(a)および(b)は南北分布図を、(c)および(d)は東西分布図を表す. シンボルの色は第1図に同じ.

謝辞

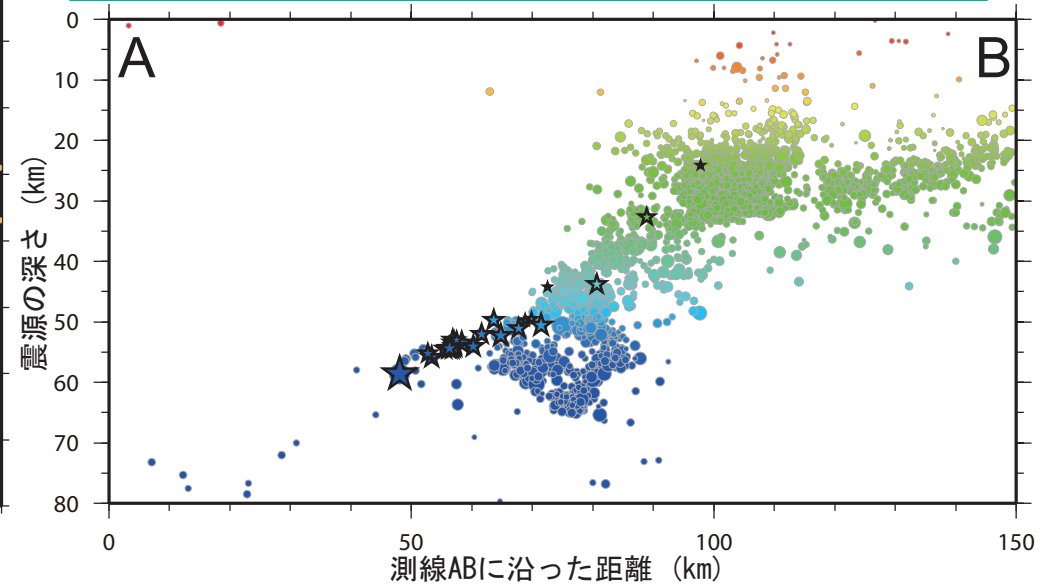
本解析には、気象庁、東北大学、東京大学、および地震予知総合研究振興会の記録も使用させていただいた.

# 2021年3月20日宮城県沖の地震 観測点補正值による震源再決定



第1図. 観測点補正值を用いた再決定による震源分布. 2017年1月1日から2021年3月13日までの地震を灰色アウトラインの丸印で, 3月20日18時から21日16時までの地震を黒色アウトラインの星印でそれぞれ示す. シンボルの色は地震の深さを表す. 防災科研によるルーチン処理震源カタログ (S-net記録使用, 手動検測) の中から図示領域内に位置する地震を解析対象に選んだ. 桃色実線で Yamanaka and Kikuchi (2004) による1978年および1981年の地震の, 橙色実線で柳沼・他 (2007) による2005年の地震の地震時すべり域をそれぞれ示す. また, 黒色波線で 海野・他 (2007) による1930年代の地震の余震域を併せて示す.

- 観測点補正值を用いて2021年3月20日の地震を含む約4年間の地震の震源を再決定
- S-netを含む観測点の補正值は, CMT解の深さに震源深さを固定した震源決定時の走時残差より評価 [浅野・他 (2018JPGU)]
- 3月20~21日の地震活動域は, 主に面状の震源分布域内に位置  
→主にプレート間の活動であることを支持
- この活動域は, 1978年および1937年の地震活動域と一部が重なる



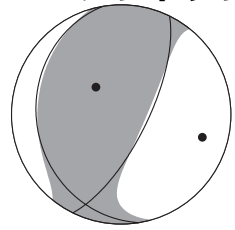
第2図. 再決定震源の深さ分布. 第1図中の測線から20 km以内で発生した地震の深さ分布を鉛直断面図で示す. シンボルは第1図に同じ.

### 謝辞

本解析には, 気象庁, 東北大学, 東京大学, および地震予知総合研究振興会の記録も使用させていただいた.

# 2021年3月20日宮城県沖の地震 (F-netメカニズム解 (暫定))

モーメントテンソル解析結果 2021/03/20 18:09 (Mw7.0)

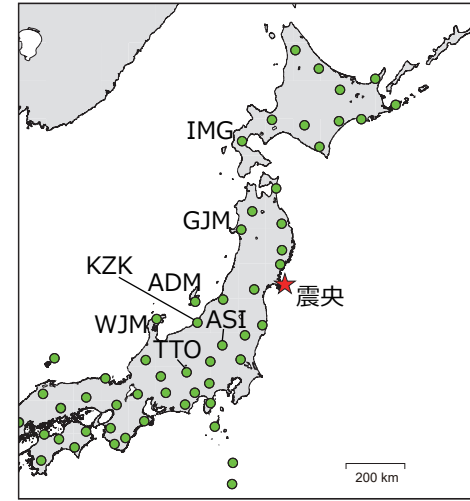
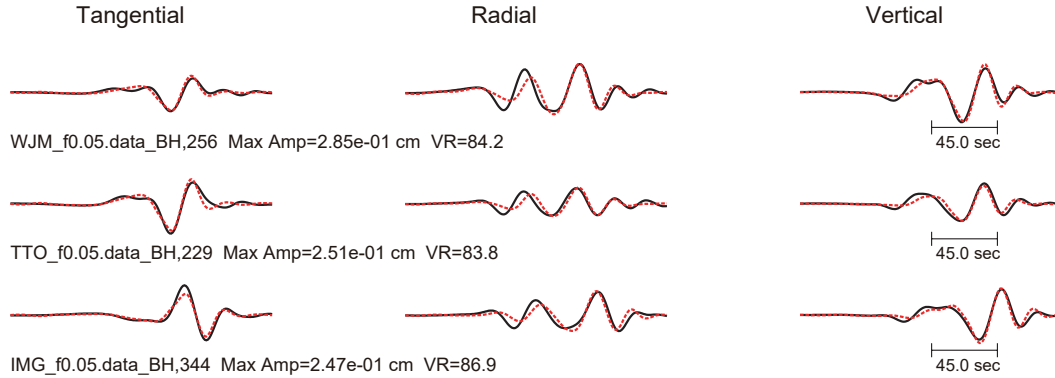


Mw = 7.0  
Mo [Nm] = 3.30e+19  
NP1: (170, 24, 57)  
NP2: (26, 70, 104)

Var. Red = 85.00  
Percent DC = 71  
Percent CLVD = 29  
Variance = 7.90e-04  
RES/Pdc. = 1.11e-05

西北西-東南東圧縮の逆断層型の地震、深さ62 km

— Obs  
..... Syn.



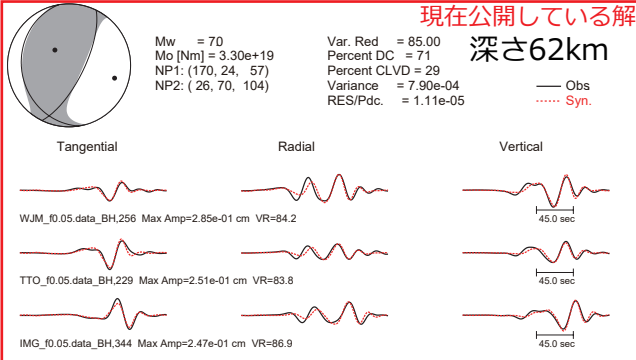
解析に利用したF-net観測点

## 異なる観測点、周期帯でのモーメントテンソル解析結果

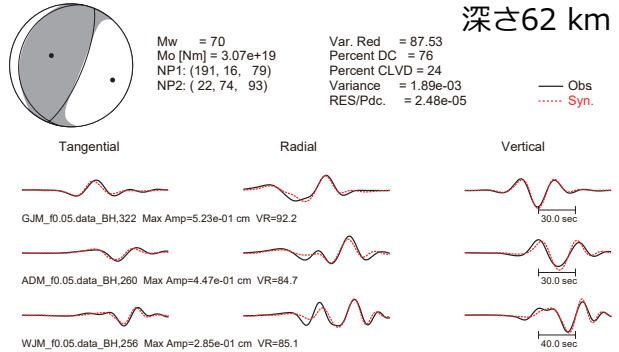
※深さは3 km間隔でグリッドサーチしている

周期20~100秒

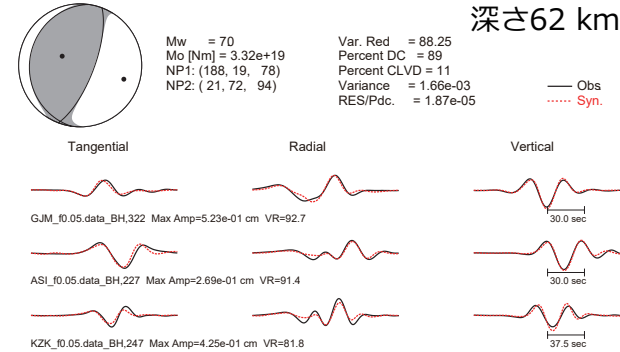
WJM (輪島) TTO (高遠) IMG (今金)



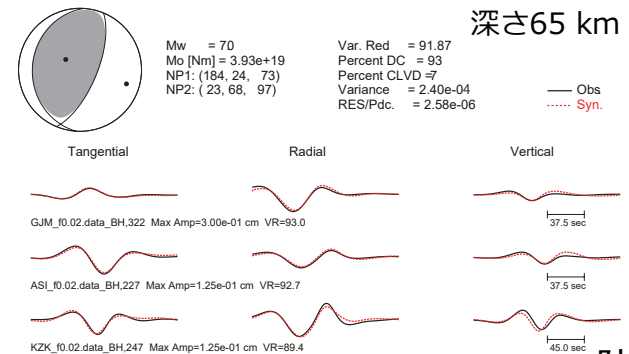
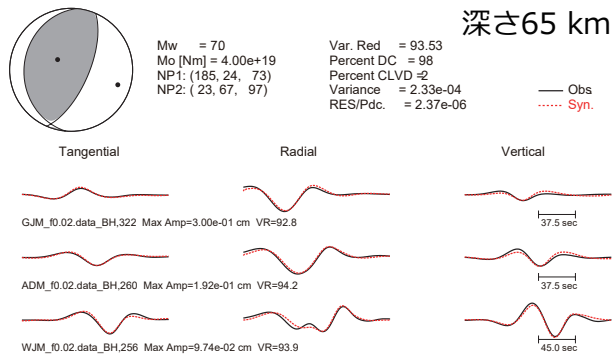
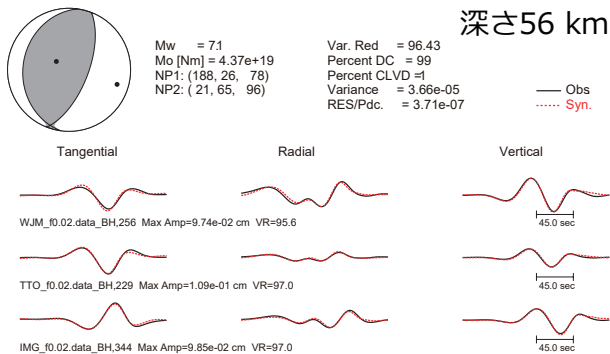
GJM (五城目) ADM (赤泊) WJM (輪島)



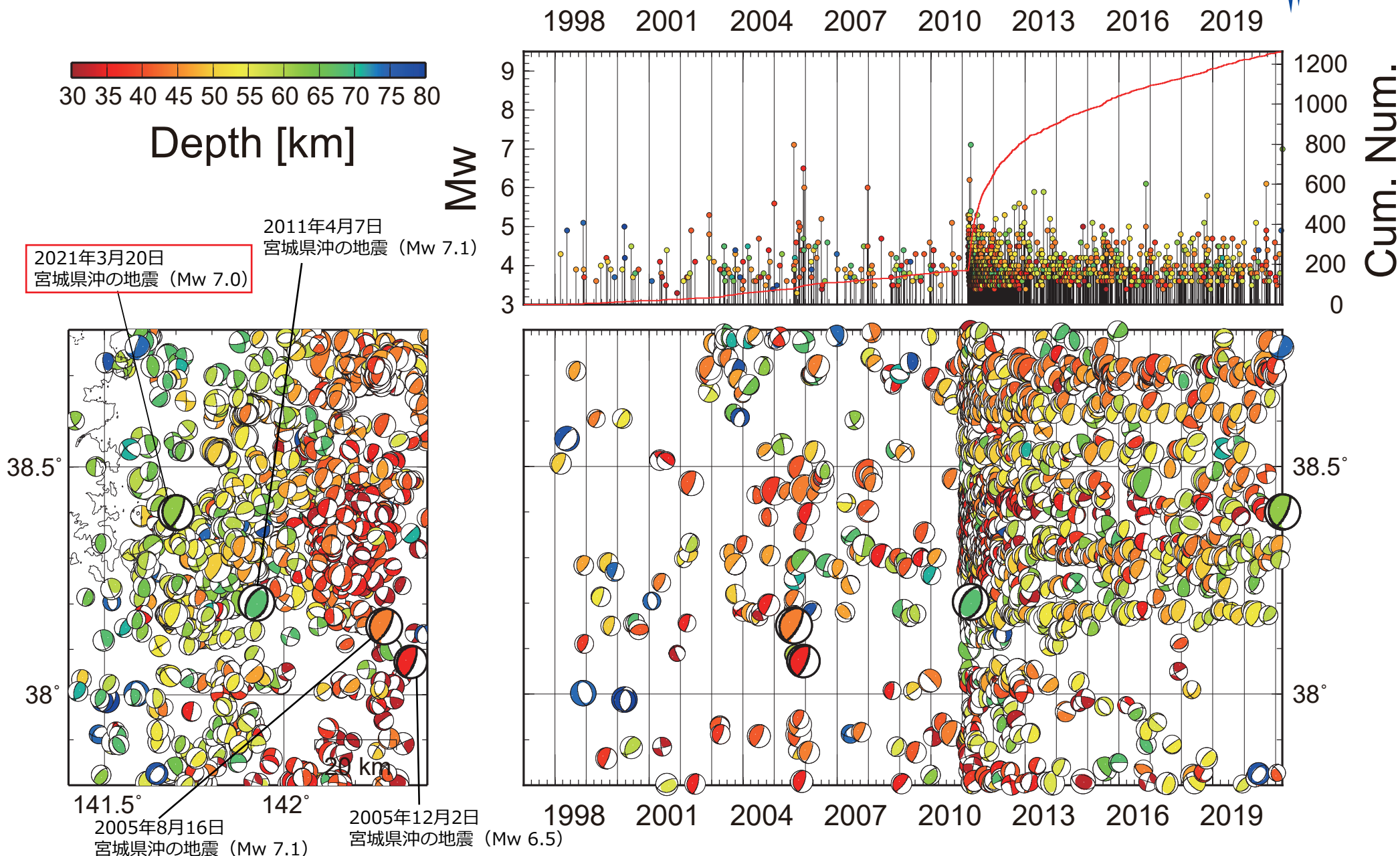
GJM (五城目) ASI (足尾) KZK (柏崎)



周期50~200秒



これまでに周辺で発生した地震



F-netモーメントテンソル解カタログによる周辺の過去の地震活動（深さ30-80 km）． Mw 6.5以上の地震の発生日を合わせて示す．

# 2021年3月20日 宮城県沖の地震：震源域周辺の地震発生状況と今後の地震発生確率

- 2021年3月20日18:09頃の地震発生から3月22日13:09頃までの約43時間に防災科研Hi-netの自動震源カタログに登録された震源情報を元に、今後の地震発生確率を予測
- 3月20日18:09発生の地震と同等あるいはそれ以上の規模の地震が起こる確率は、3月22日13:09頃から7日間で6%程度
- 余震活動のb値は、0.63 (beta =  $b \cdot \ln 10$ )。ただし、 $M \geq 4.5$ の余震が検出されておらず、規模別頻度分布に有意な折れ曲がり

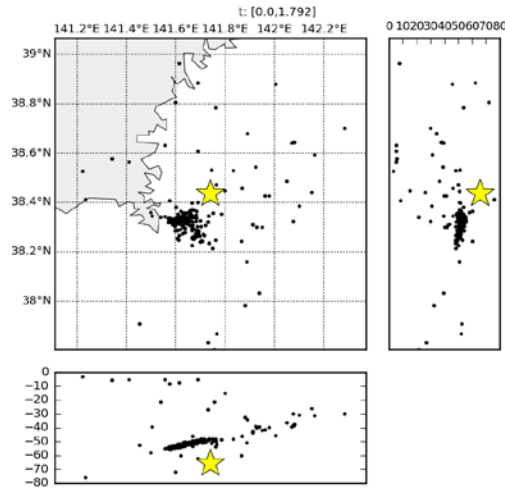


図1 解析対象とした余震の空間分布(左)とM-T図(右)

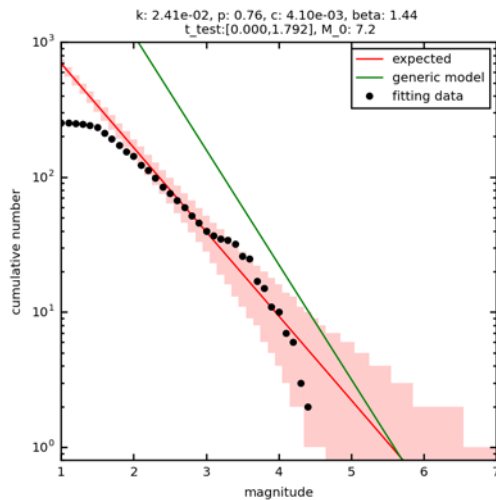
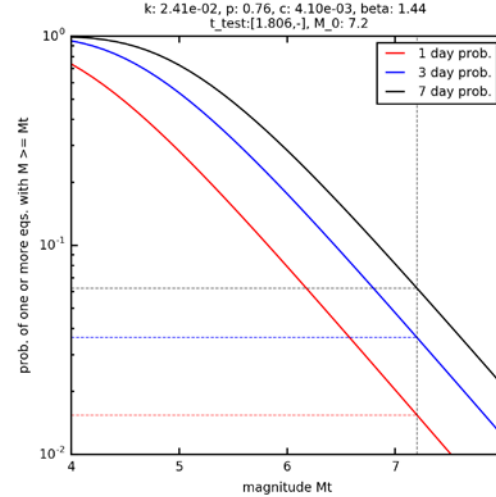


図2 最初の地震発生から約43時間後までのHi-netの自動震源カタログの規模別頻度分布(黒点)と、それに基づいて検出漏れの可能性を加味して評価したG-Rモデル(赤線)およびその95%信頼区間(Omi *et al.*, 2013; Sci. Rep.)。緑線は日本周辺域で1990年から2014年に発生した38地震の余震活動から推定されたパラメータに基づく平均的な地震活動度(Omi *et al.*, 2015; JGR)。



	今後1日	今後3日	今後7日
6.0以上	8%	18%	28%
6.5以上	4%	9%	16%
本震以上	2%	4%	6%

図3 2020/03/22 13:09以後1, 3, 7日間における地震発生確率の予測値。地震発生から43時間のデータに基づく。予測手法の詳細は、Omi *et al.* (2016; BSSA)による。

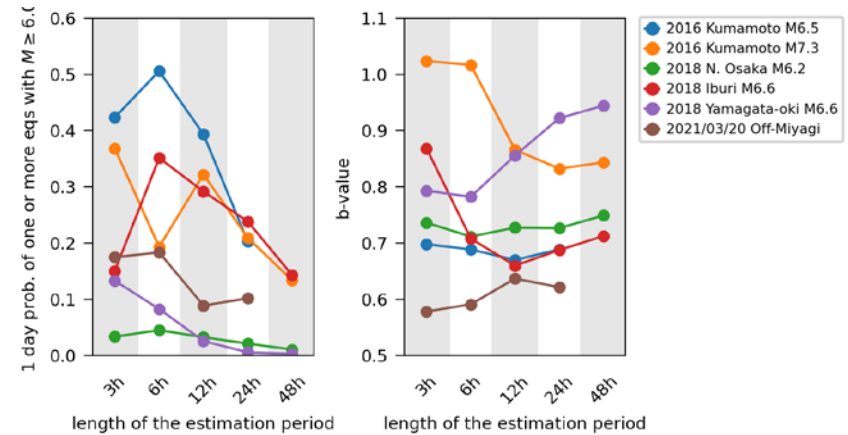


図4 予測時点以降1日以内にM6以上の地震が発生する確率(左)とb値(右)の推移。地震発生から、3, 6, 12, 24時間後について、過去に発生した顕著な地震活動と比較して示す(過去に地震については48時間後についても示した)。

# 2021年3月20日宮城県沖の地震による高周波エネルギー放射量(暫定)

- Hi-netの3成分合成地震波形エンベロープから、Sawazaki et al. (2016)の手法を用いて、宮城県沖の地震 ( $M_{Hi}$  7.0) 後1日間のエネルギー放射量 (4-20Hz) を推定
- 地震発生から1日後の時点で、本震のエネルギー放射量に対する余震からの積算エネルギー放射量の割合は0.25%。

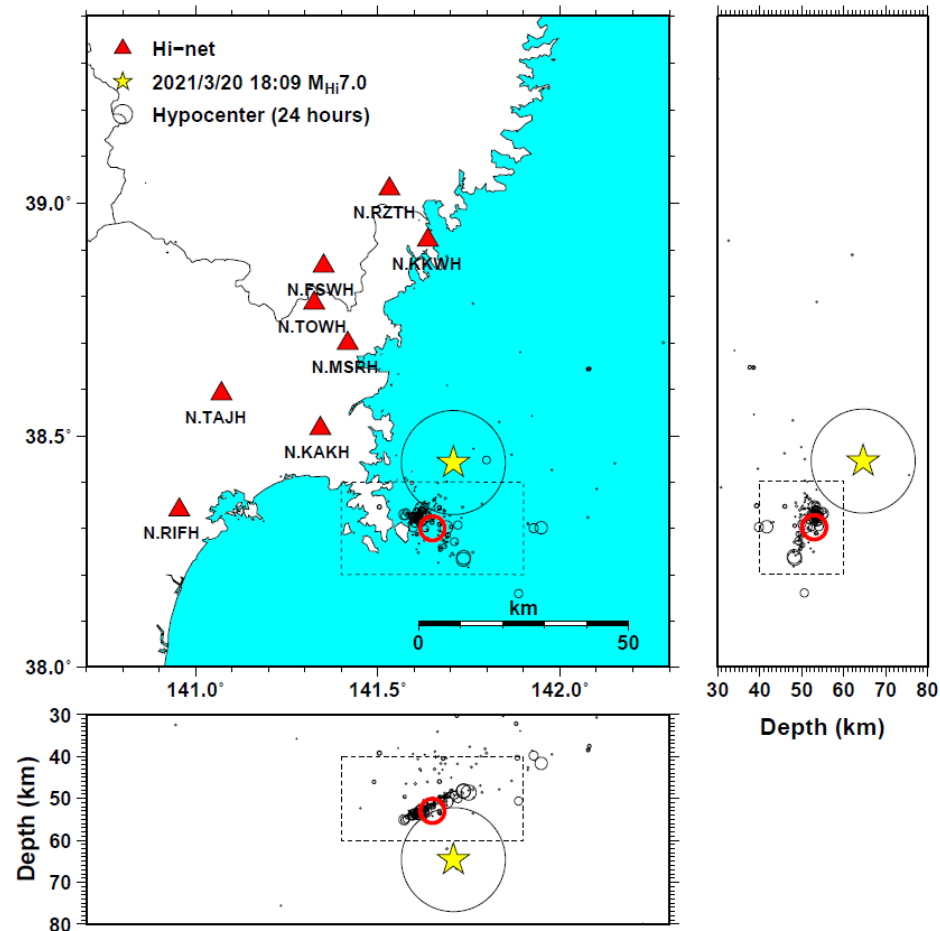


図1: Hi-net震源の分布(黒丸)、およびエネルギー放射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。黄色の星印は本震の震源。エネルギー放射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。

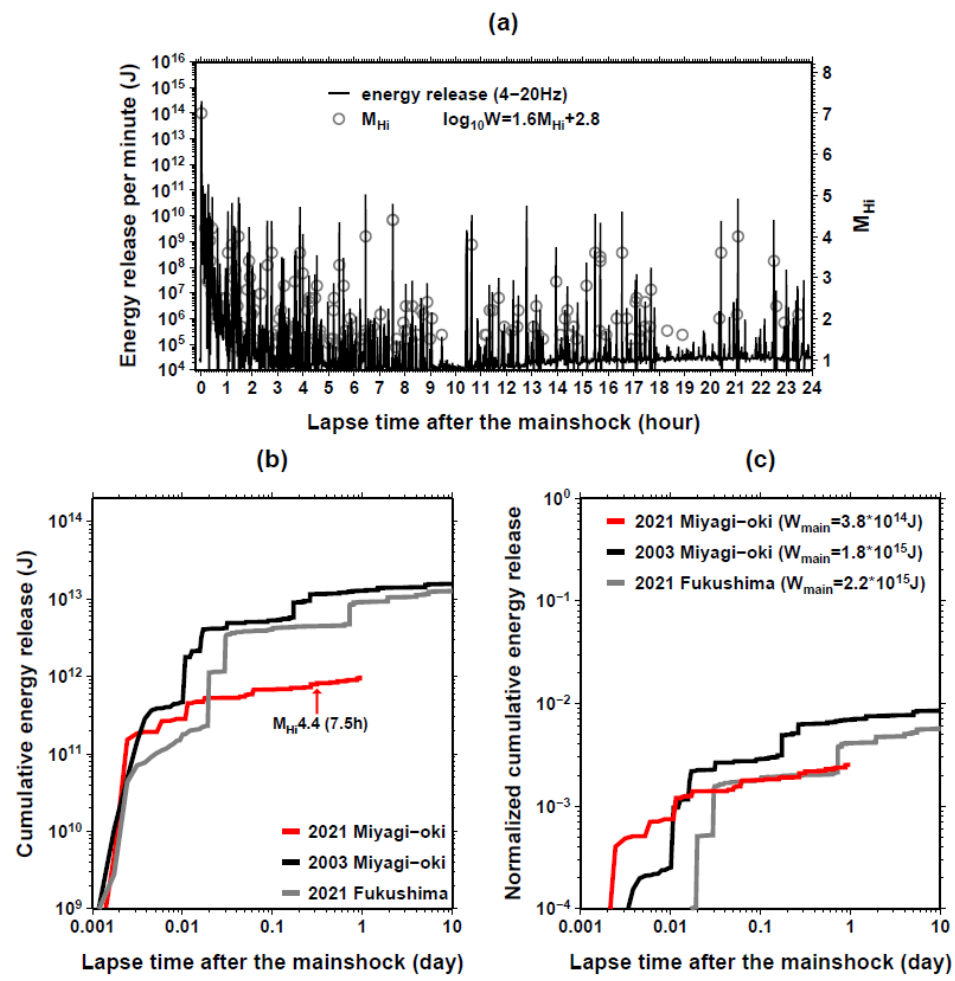


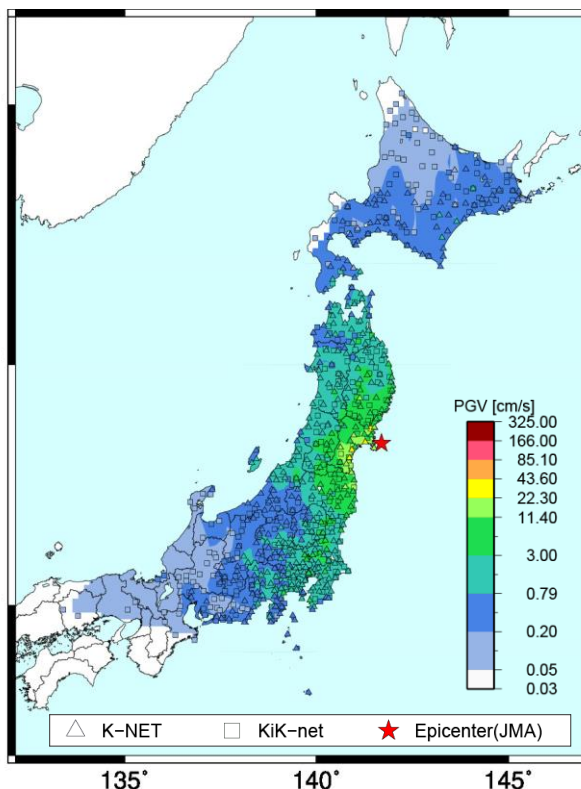
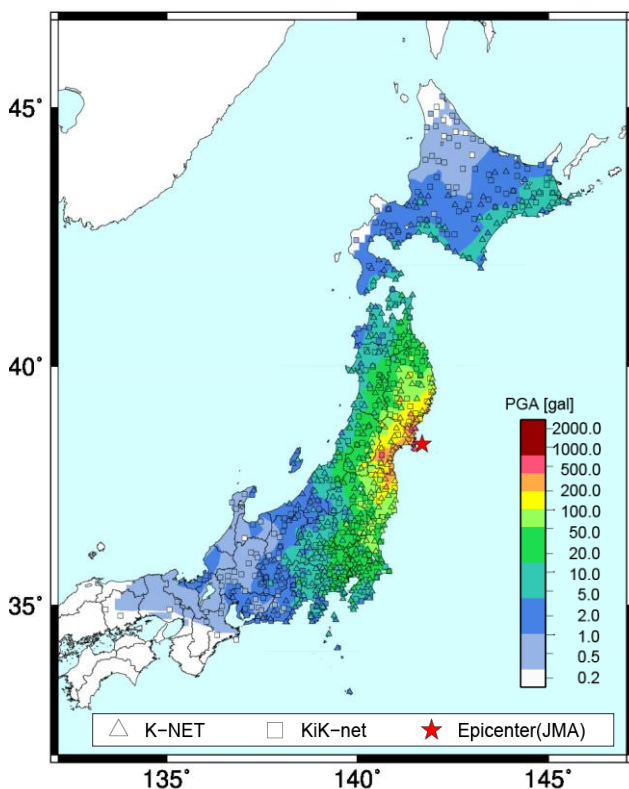
図2: (a) 黒線: 地震発生から1日後までのエネルギー放射量  $W$  (4-20Hz) の推移。灰色丸: 気象庁一元化震源を基に作成したM-T図。図中に示すMとWの関係式は、2016年熊本地震の余震について作成したもの(Sawazaki et al., 2016)。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ今回の地震、2003年宮城県沖地震 ( $M_{Hi}$  7.5)、2021年福島県沖の地震 ( $M_{Hi}$  7.6) 後の余震による積算エネルギー放射量 (4-20Hz) の推移。(c) 相対積算エネルギー放射量(余震の積算エネルギー放射量 ÷ それぞれの「本震」によるエネルギー放射量  $W_{main}$ ) の推移。

2021年3月20日18時9分, 深さ59km, M6.9 (気象庁による)

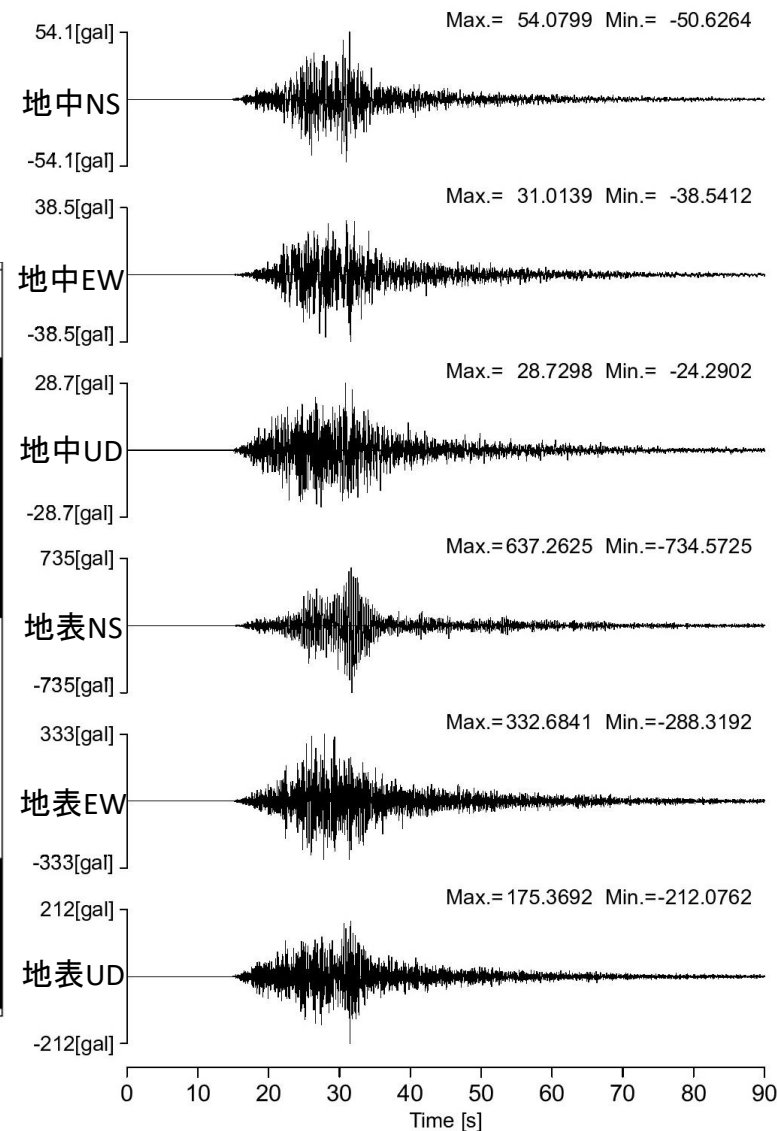
K-NET・KiK-netで記録された最大の地表最大加速度は  
KiK-net南三陸 (MYGH13) 観測点 (宮城県南三陸町) での  
748 gal (三成分合成値)

地表最大加速度

地表最大速度



KiK-net南三陸での加速度波形

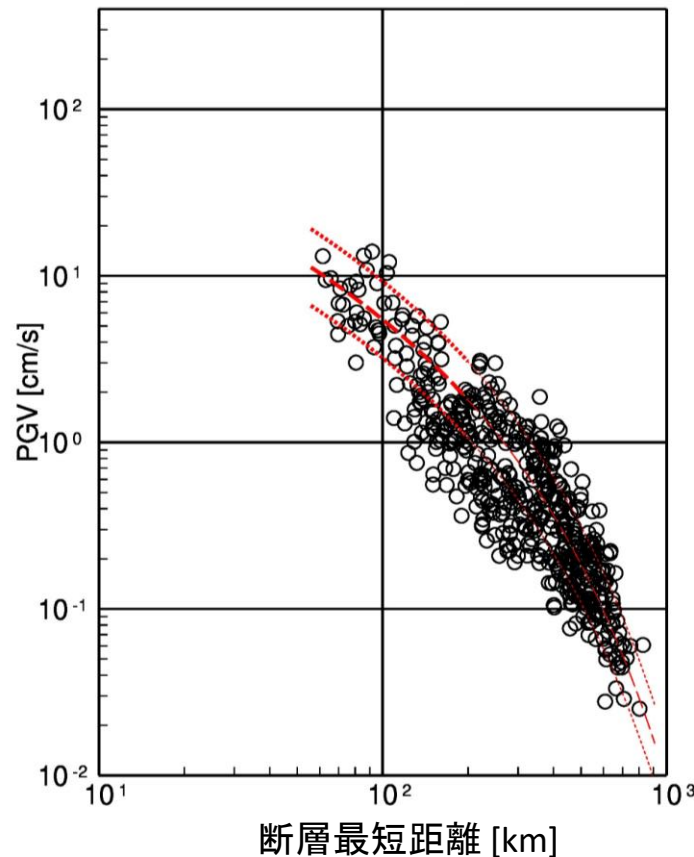
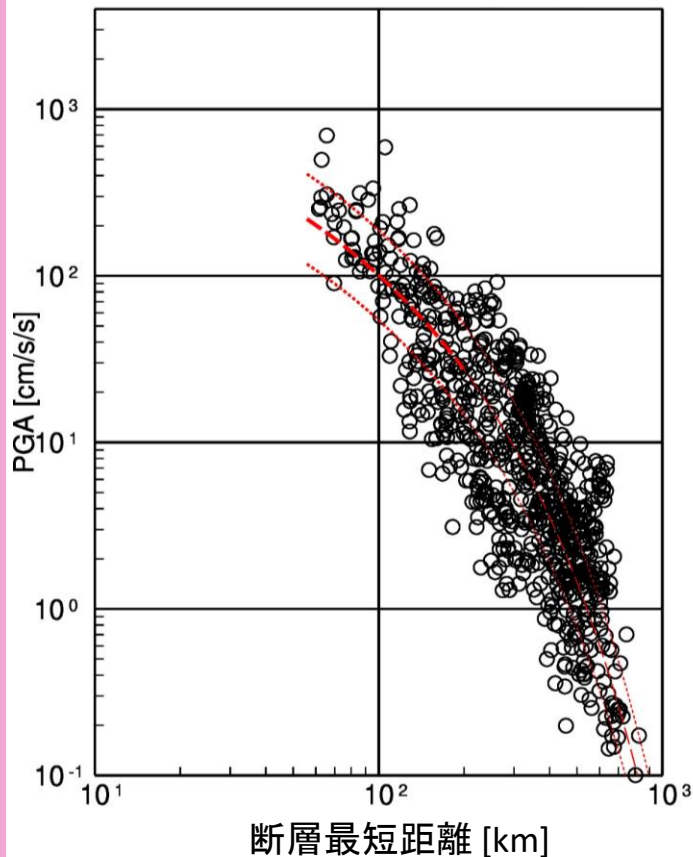




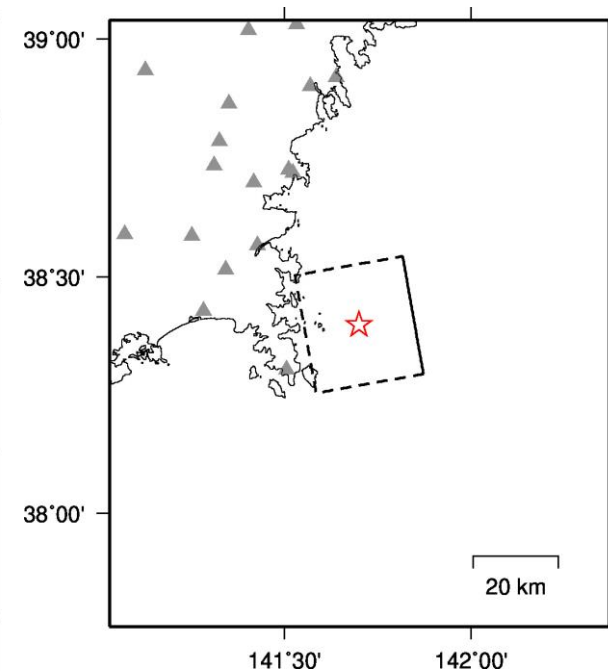
## 距離減衰式と観測された最大加速度、最大速度との比較

2019/03/20 18:09 深さ59km (気象庁)、Mw=7.0 (F-net)

----- 司・翠川 (1999) 距離減衰式 (プレート間地震)



距離計算のための断層面モデル



- 走向170度、傾斜24度 (F-net)
- 大きさ28km×28km
- 気象庁震源位置が断層面中央に位置する。

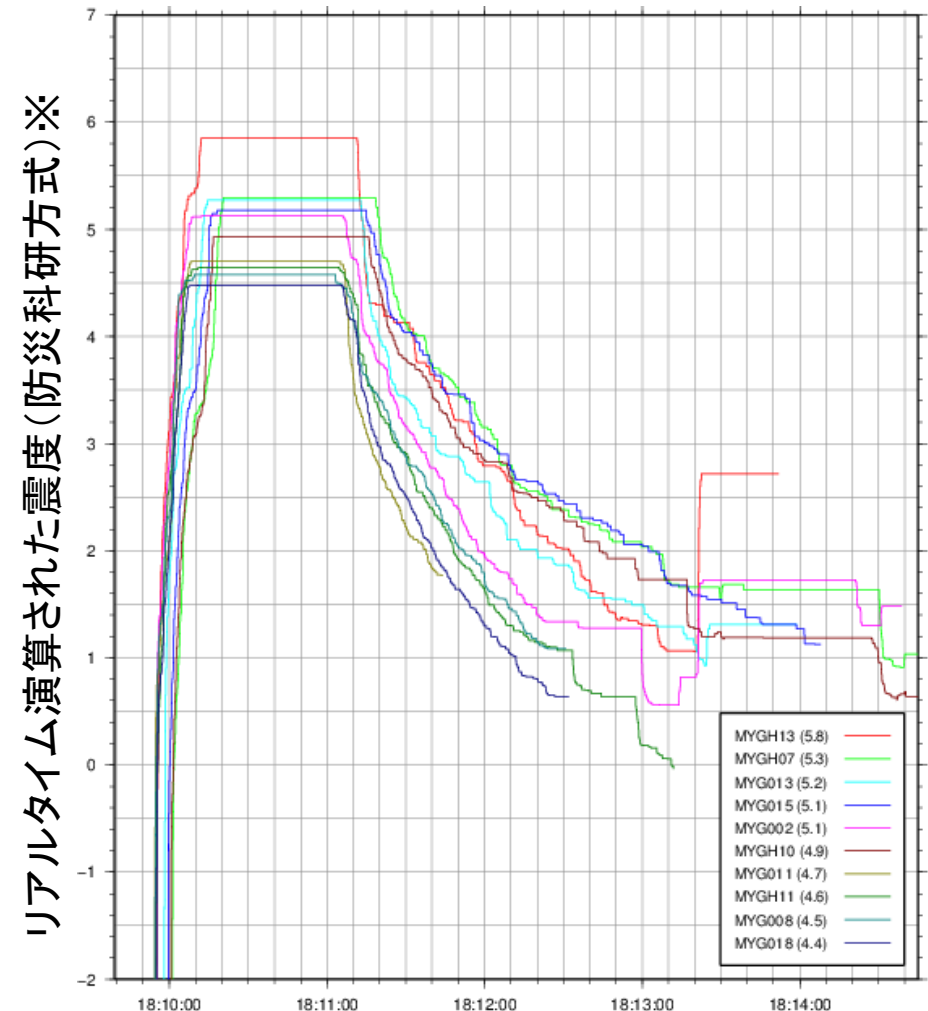
- 最大加速度、最大速度の観測値は水平2成分のうち大きい方をプロットし、最大速度については検層データから求めた補正值により $V_s=600\text{m/s}$ の「硬質地盤」上の値に換算。
- 距離減衰式 (司・翠川, 1999) はMw=7.0のプレート間地震として計算。点線は標準偏差の範囲、薄線は距離減衰式導出に用いた距離範囲外への外挿を示す。

## 最大加速度上位10観測点

	観測点名	最大加速度	計測震度
1	KiK-net南三陸(MYGH13)	748gal	5.8
2	KiK-net川崎(MYGH07)	717gal	5.3
3	K-NET歌津(MYG002)	552gal	5.1
4	K-NET牡鹿(MYG011)	549gal	4.6
5	K-NET仙台(MYG013)	397gal	5.3
6	K-NET伊里前(MYG018)	358gal	4.4
7	K-NET北上(MYG008)	351gal	4.5
8	KiK-net山元(MYGH10)	338gal	4.9
9	KiK-net河北(MYGH11)	337gal	4.6
10	K-NET岩沼(MYG015)	312gal	5.1

計測震度は気象庁告示に基づきトリガ波形全体より計算

## 震度の時間変化



※功刀・他(2013)による

2021年3月20日18時9分頃に宮城県沖で発生した地震（Mj 6.9; 気象庁）について、強震波形記録を用いた震源インバージョン解析を行った。

- 記録：K-NET・KiK-netの16観測点における速度波形三成分のS波部分（0.05–0.5 Hz）
- 解析手法：マルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン  
（小断層4 km × 4 km、1.6秒幅のタイムウィンドウを0.8秒ずらして4個並べる）
- 断層面設定：走向170°・傾斜24°（F-netによる）、大きさ44 km × 56 km、破壊開始点は気象庁震源位置  
\* ここで設定した断層面は解析の都合上仮定したものであり、必ずしも実際の断層面を反映しているわけではないことに留意
- 推定結果： $M_0=4.2 \times 10^{19}$  Nm ( $M_w$  7.0)、最大すべり量1.0m、Vftw 3.6 km/s  
すべりの大きい領域は主に破壊開始点付近と破壊開始点の南に位置する。  
それぞれの領域における破壊は破壊開始から0–7.5秒後と5–10秒後に生じていた。

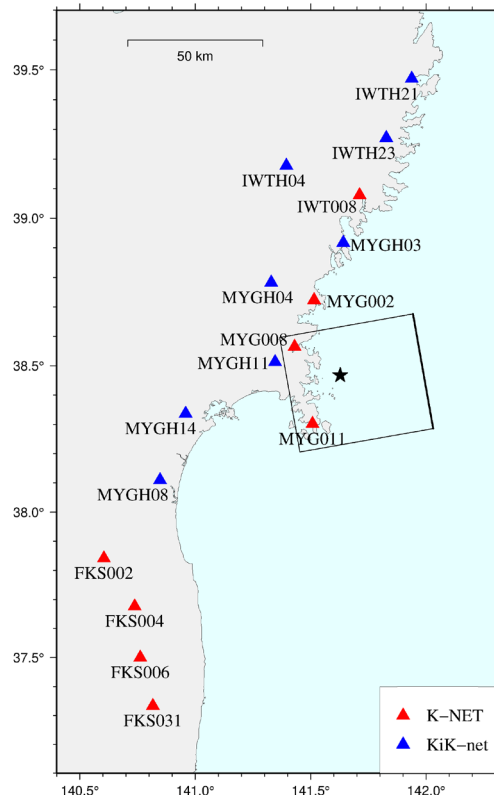


図1：観測点の分布と断層面の地表投影。星印は破壊開始点を示す。

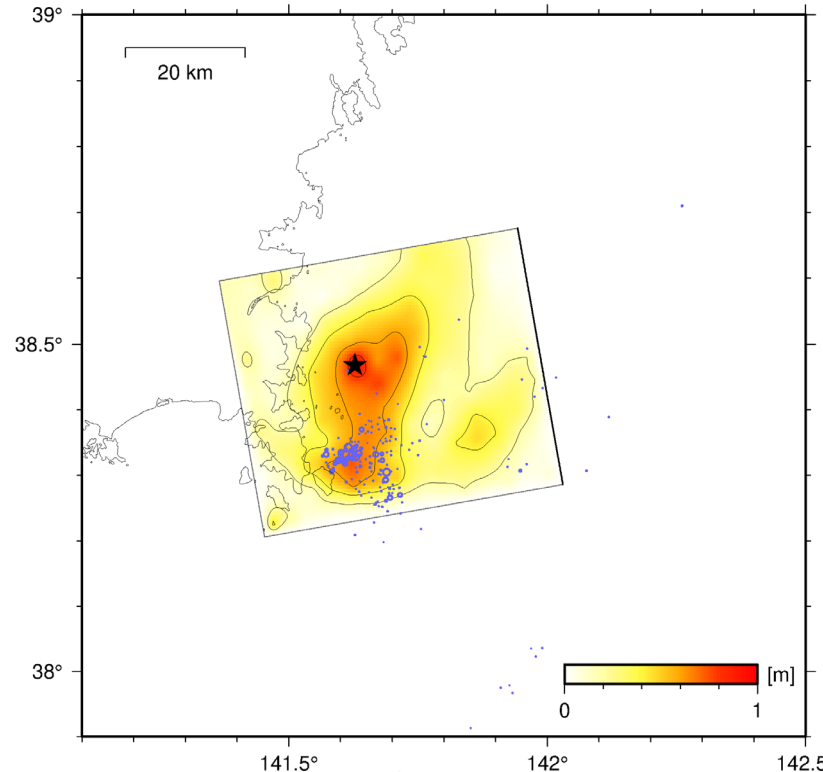


図2：すべり分布の地表投影。星印は破壊開始点を、青丸は3月20日中に発生した余震の震源位置を示す。

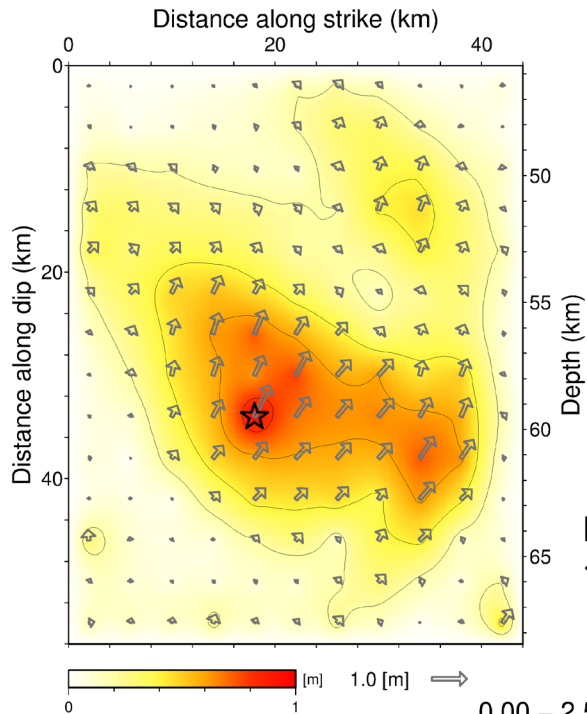


図3：断層面上の最終すべり分布図。  
ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を、星印は破壊開始点を示す。

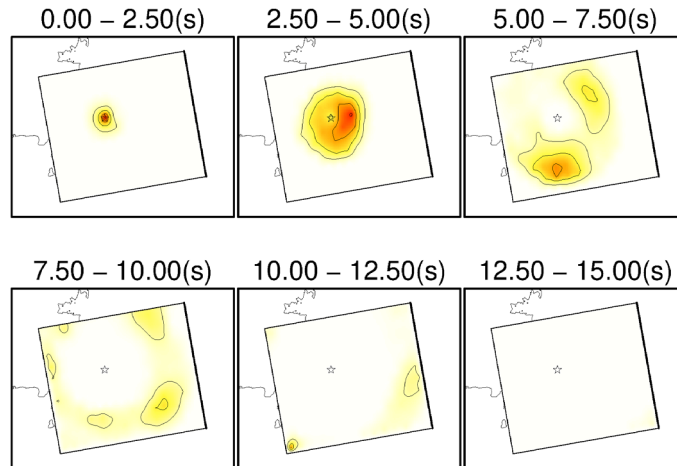


図4：破壊の時間進展過程。2.5秒ごとのすべり分布を地表投影している。

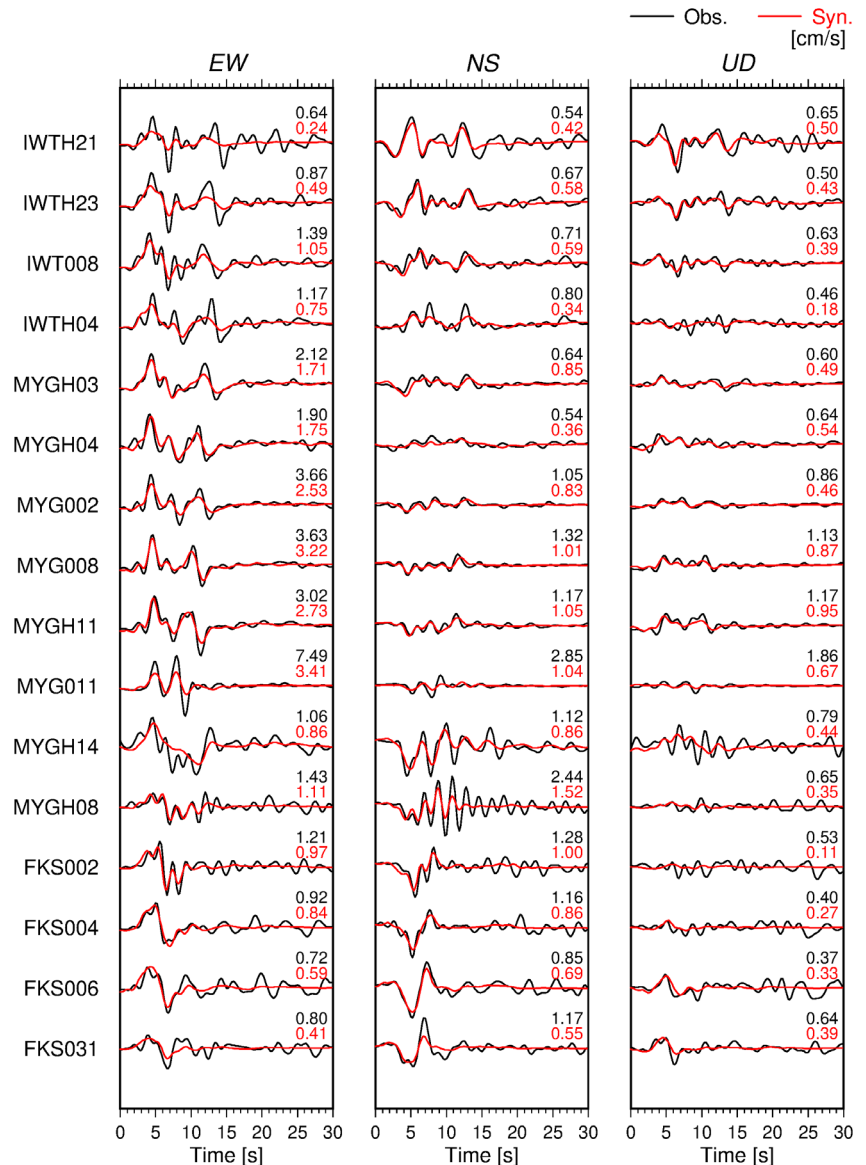


図5：観測波形（黒線）と理論波形（赤線）の比較。波形の右上にそれぞれの最大値を示す。