

# 第 370 回 地震調査委員会資料 (臨時会)

## < 目 次 >

- ◆ 2022年3月16日福島県沖の地震 震源分布・発震機構解…………… 2
- ◆ 2022年3月16日福島県沖の地震による強震動…………… 3
- ◆ 2022年3月16日福島県沖の地震の震源過程…………… 12
- ◆ 2022年3月16日福島県沖の地震による高周波エネルギー輻射量 (暫定) …… 14
- ◆ 2022年3月16日福島県沖の地震：震源域周辺の地震発生状況と今後の地震発生確率…………… 15

令和 4 年 3 月 17 日

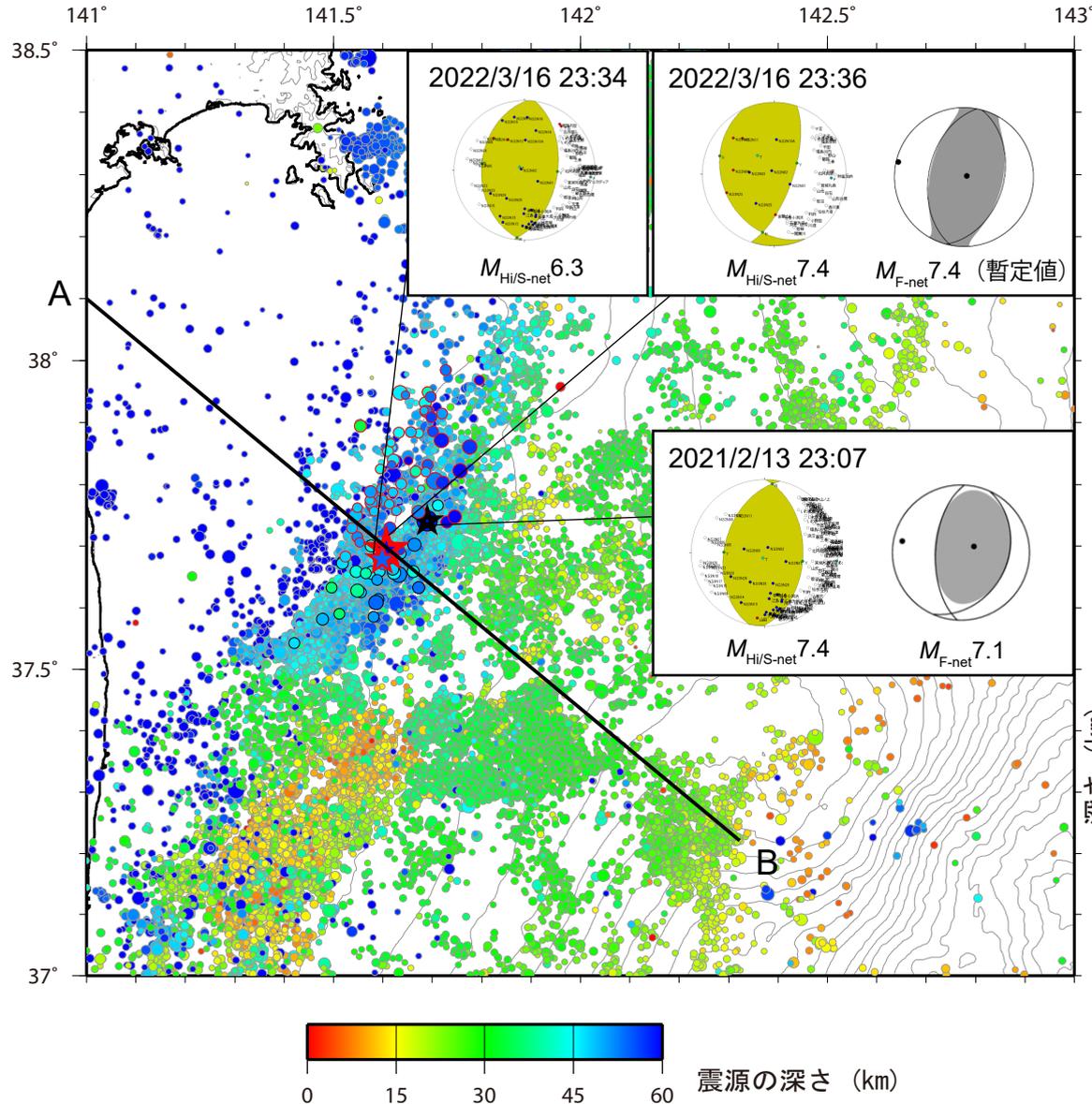


国立研究開発法人

**防災科学技術研究所**

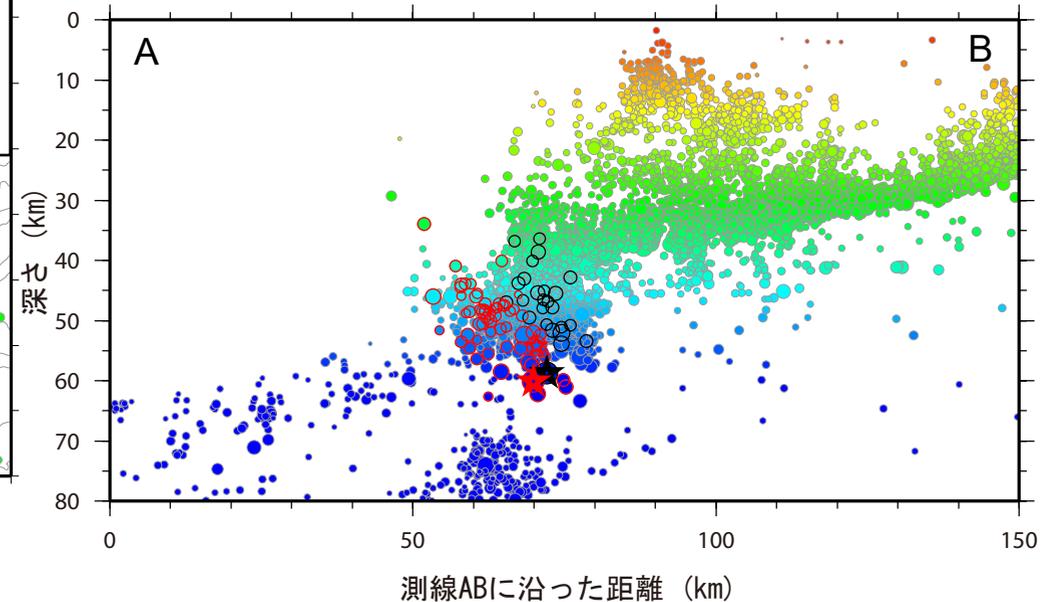
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

# 2022年3月16日福島県沖の地震 震源分布・発震機構解



第1図. 観測点補正値による再決定震源の分布. 2022年3月16日から17日7時までの地震を赤色アウトラインのシンボルで示す. また, 2017年1月1日から2022年3月10日までの地震を灰色アウトラインのシンボルで, 特にそのうち2021年2月13日から14日までの地震を黒色アウトラインのシンボルでそれぞれ示す. シンボル内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, 手動検出) の検測値に観測点補正値 [浅野 (2021)] を加えて再決定した. 主要な地震を星印で示し, Hi-net/S-netによる初動解とF-net MT解を併せて示す. 測線ABは第2図における鉛直断面の水平位置を表す.

- 観測点補正値 [浅野 (2021JPGU)] を用いて2022年3月16日以降の地震を含む約5年間の地震について震源再決定
- 3月16日以降の地震活動域は約45~65kmに位置し, 大局的には東傾斜の分布
- この特徴は近接域における2021年2月の活動と類似
- 前震および本震の初動解・MT解は, とともに西北西-東南東圧縮の逆断層型
- 一連の活動は主に沈み込むプレート内の活動と考えられる



第2図. 再決定震源の深さ分布. 第1図中の測線から30km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.

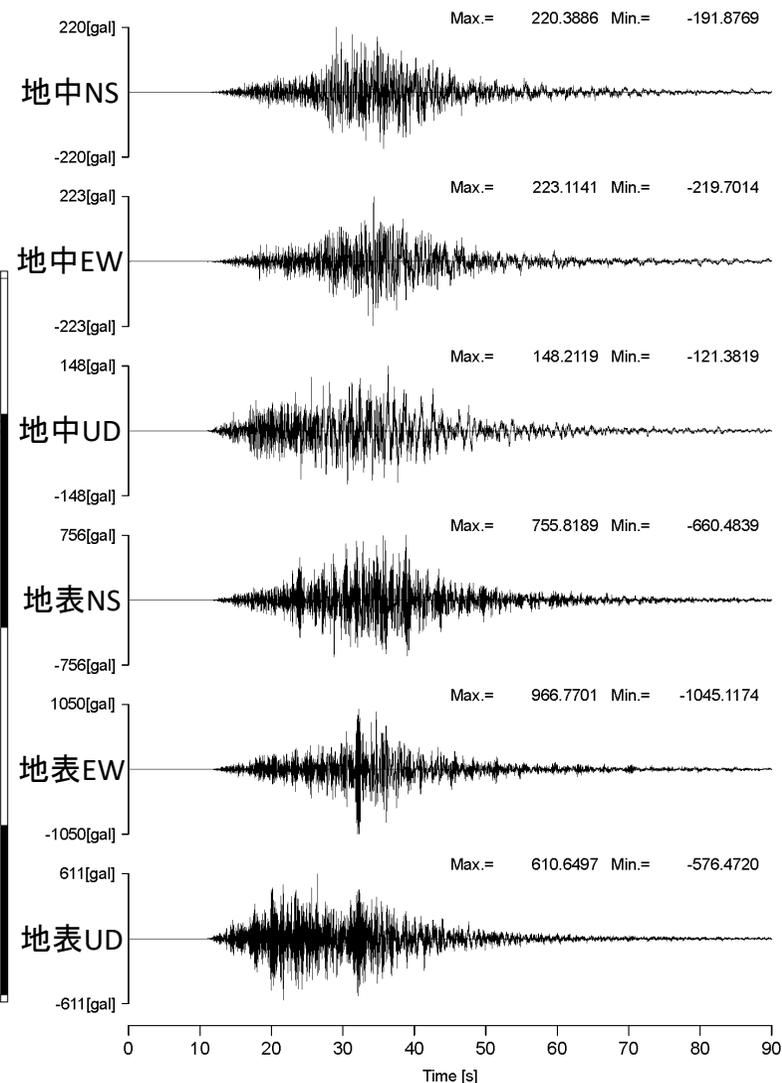
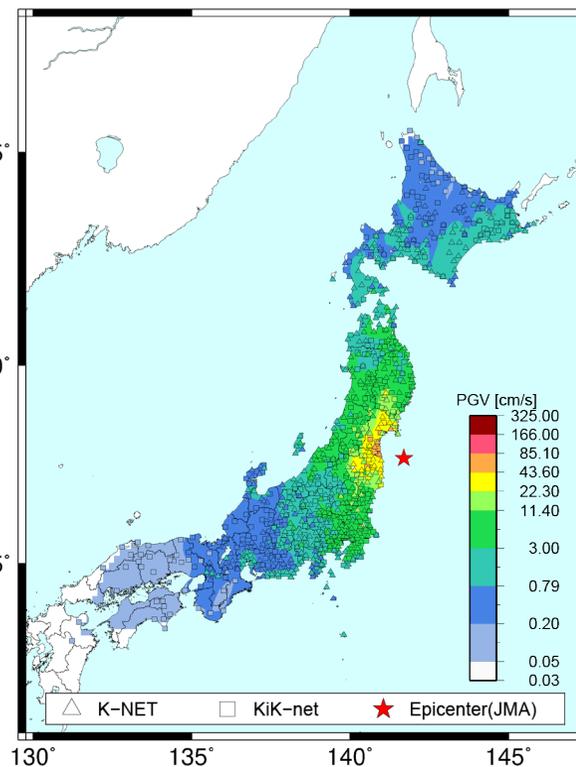
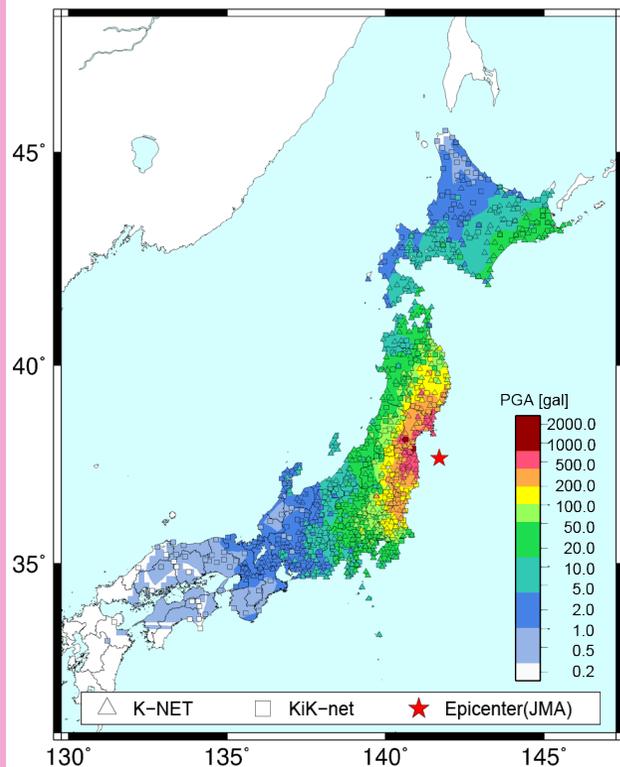
2022年3月16日23時36分, 深さ57km, M7.4 (気象庁による)

K-NET・KiK-netで記録された最大の地表最大加速度は  
KiK-net川崎 (MYGH07) 観測点 (宮城県川崎町) での  
1,233gal (三成分合成値)

KiK-net川崎での加速度波形

地表最大加速度

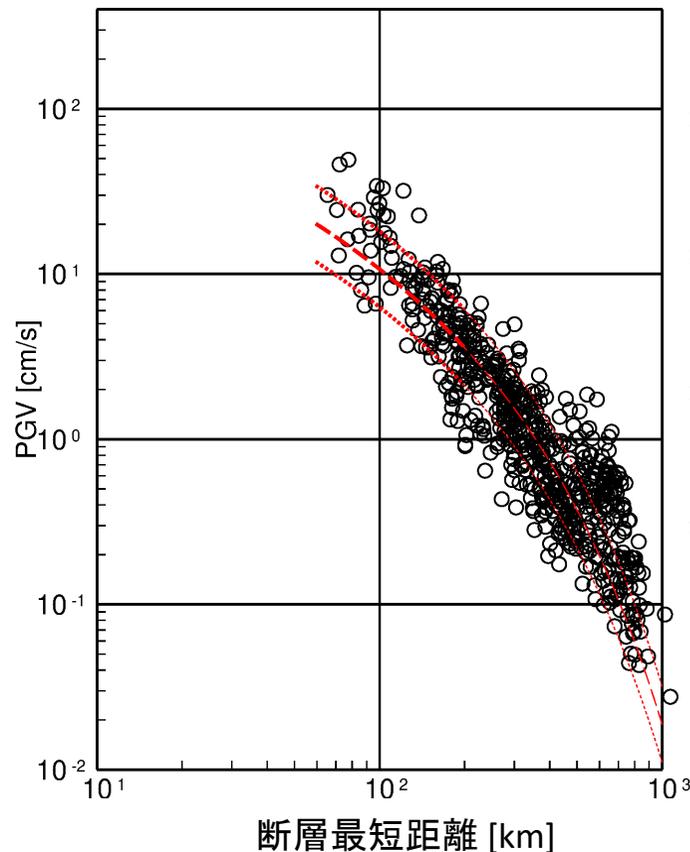
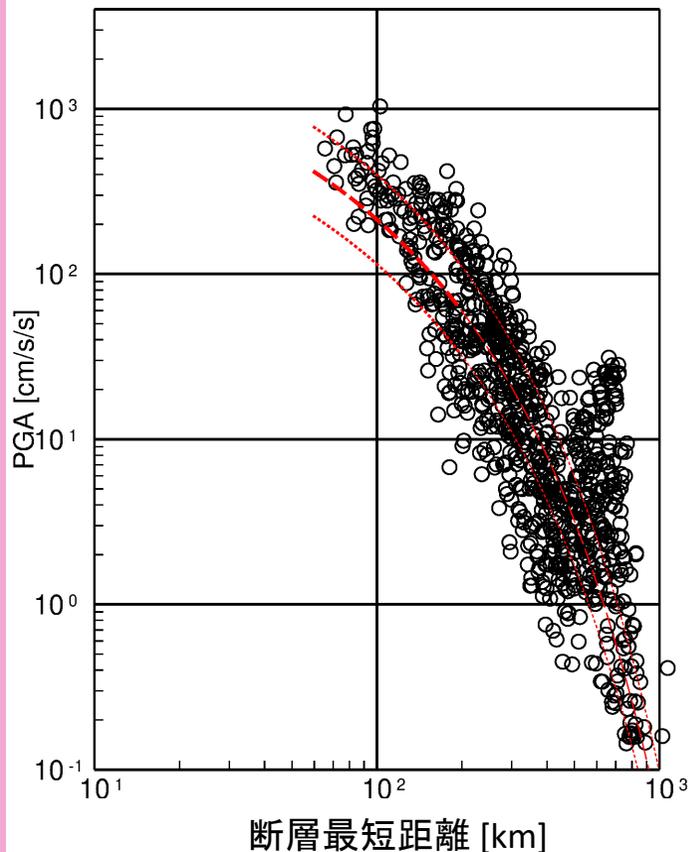
地表最大速度



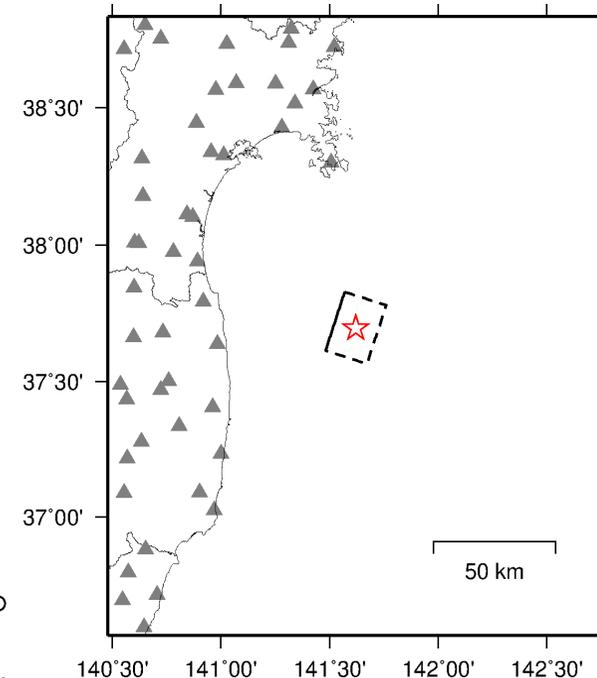
## 距離減衰式と観測された最大加速度、最大速度との比較

2022/03/16 23:36 深さ57km (気象庁)、Mw=7.3 (AQUA-MT)

----- 司・翠川 (1999) 距離減衰式 (プレート内地震)



距離計算のための断層面モデル



- 走向17度、傾斜42度 (AQUA-MT)
- 大きさ25km × 25km
- 気象庁震源位置が断層面中央に位置する。

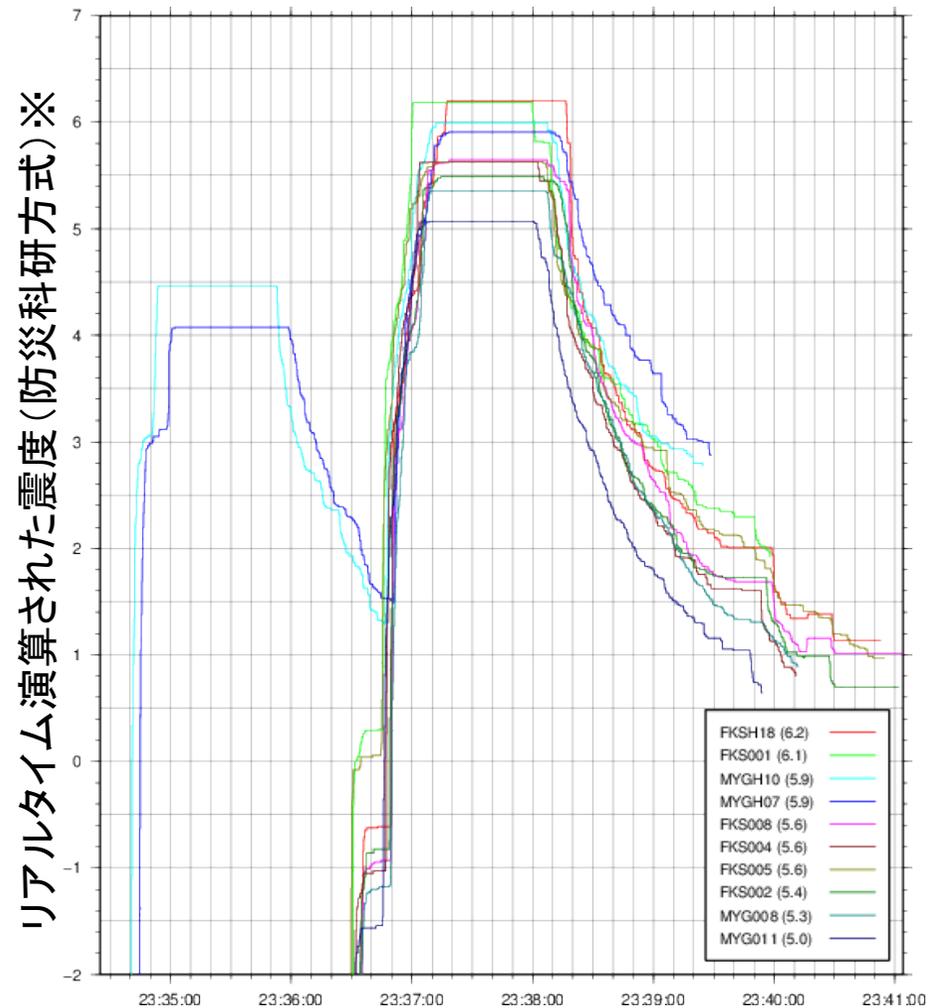
- 最大加速度、最大速度の観測値は水平2成分のうち大きい方をプロットし、最大速度については検層データから求めた補正值により $V_s=600\text{m/s}$ の「硬質地盤」上の値に換算。
- 距離減衰式 (司・翠川, 1999) は $M_w=7.3$ のプレート内地震として計算。点線は標準偏差の範囲、薄線は距離減衰式導出に用いた距離範囲外への外挿を示す。

## 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川崎(MYGH07)	1,233gal	5.9
2	KiK-net山元(MYGH10)	1,007gal	6.0
3	K-NET梁川(FKS002)	778gal	5.5
4	KiK-net三春(FKSH18)	775gal	6.2
5	K-NET相馬(FKS001)	745gal	6.1
6	K-NET北上(MYG008)	738gal	5.3
7	K-NET飯舘(FKS004)	712gal	5.6
8	K-NET牡鹿(MYG011)	708gal	5.0
9	K-NET船引(FKS008)	664gal	5.6
10	K-NET原町(FKS005)	629gal	5.5

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

2022年3月16日23時36分の福島県沖の地震（深さ57km, M7.4）と  
2021年2月13日23時7分の福島県沖の地震（深さ55km, M7.3）の  
地表最大加速度分布、地表最大速度分布の比較

### 地表最大加速度

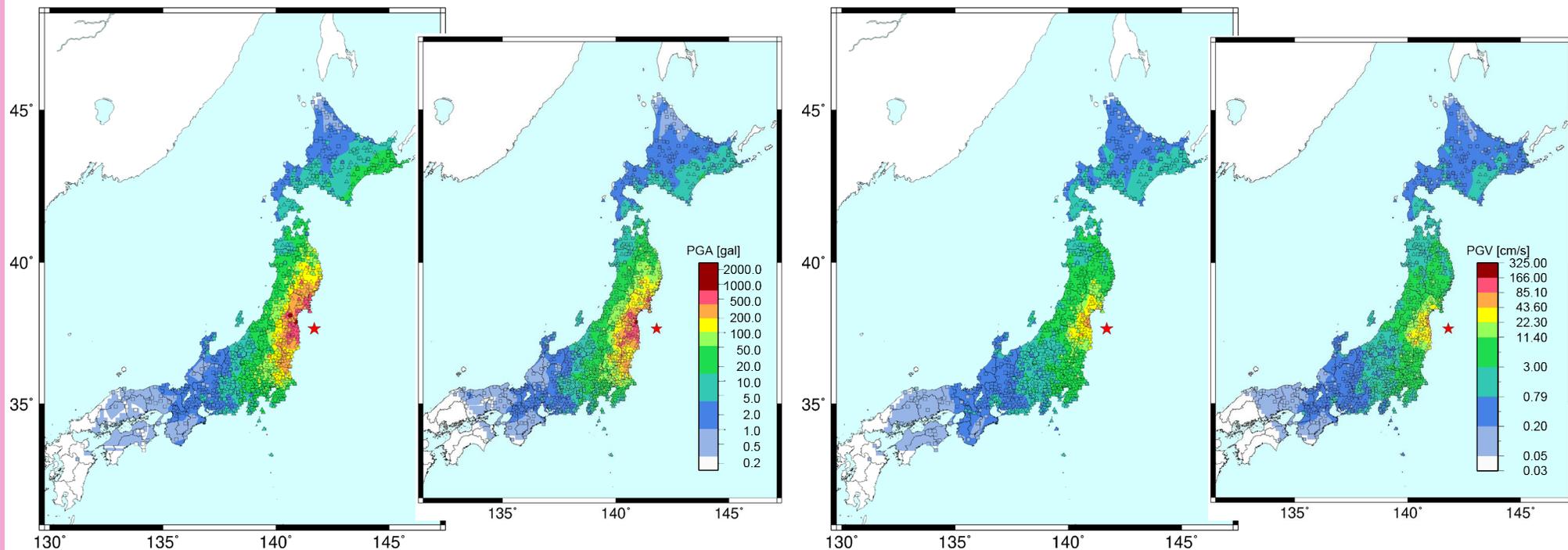
### 地表最大速度

2022年

2021年

2022年

2021年



## 2022年3月16日23時36分の福島県沖の地震（深さ57km, M7.4）と 2021年2月13日23時7分の福島県沖の地震（深さ55km, M7.3）の 最大加速度、最大速度の距離減衰関係の比較

2022年

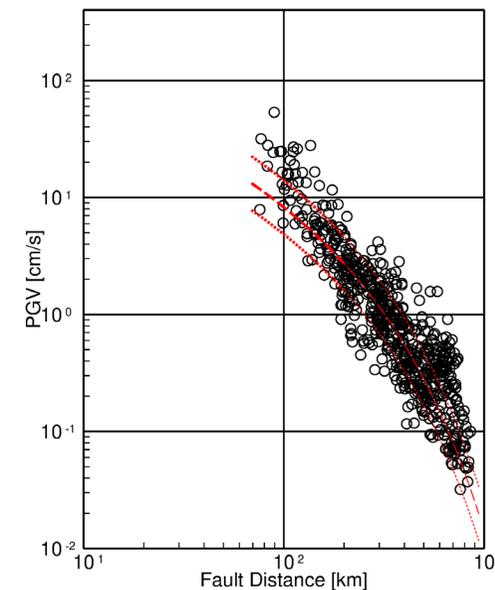
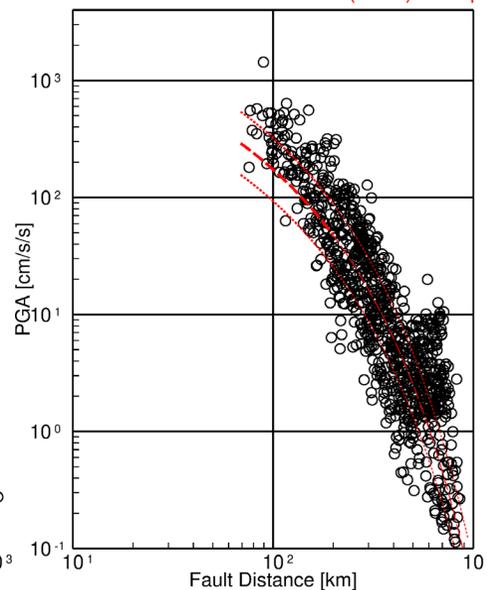
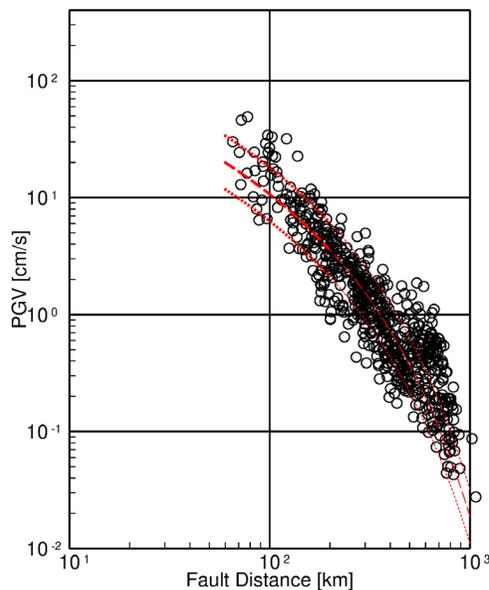
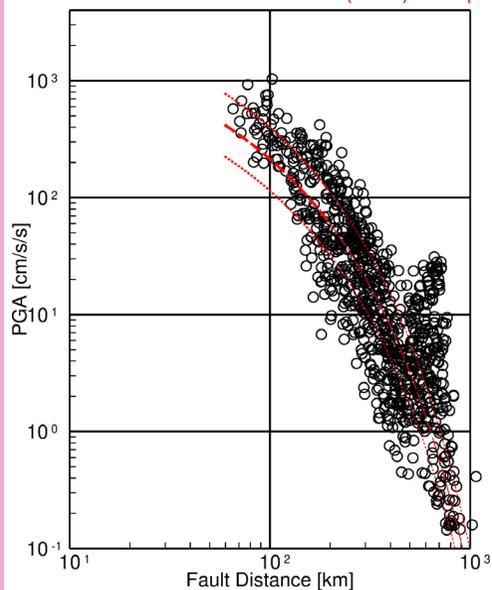
2021年

2022/03/16 23:36 Depth=57km(JMA), Mw=7.3(AQUA-MT)

2021/02/13 23:07 Depth=55km(JMA), Mw=7.1(F-net)

----- Si & Midorikawa (1999) intra-plate

----- Si & Midorikawa (1999) intra-plate



2022年3月16日23時36分の福島県沖の地震（深さ57km, M7.4）と  
 2021年2月13日23時7分の福島県沖の地震（深さ55km, M7.3）の  
 最大加速度上位10観測点の比較

## 2022年

## 2021年

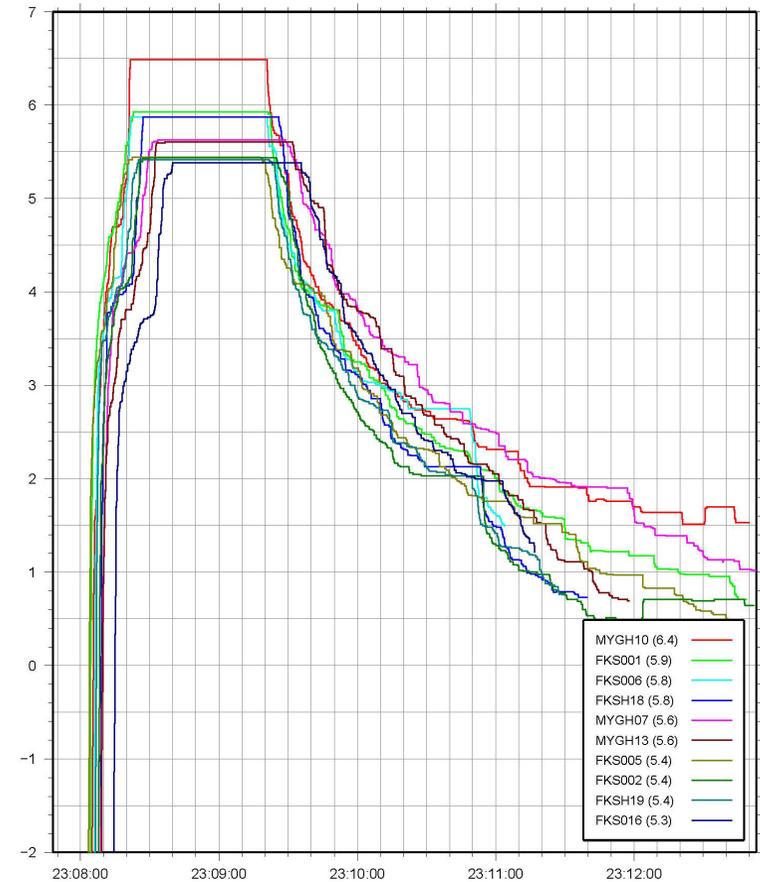
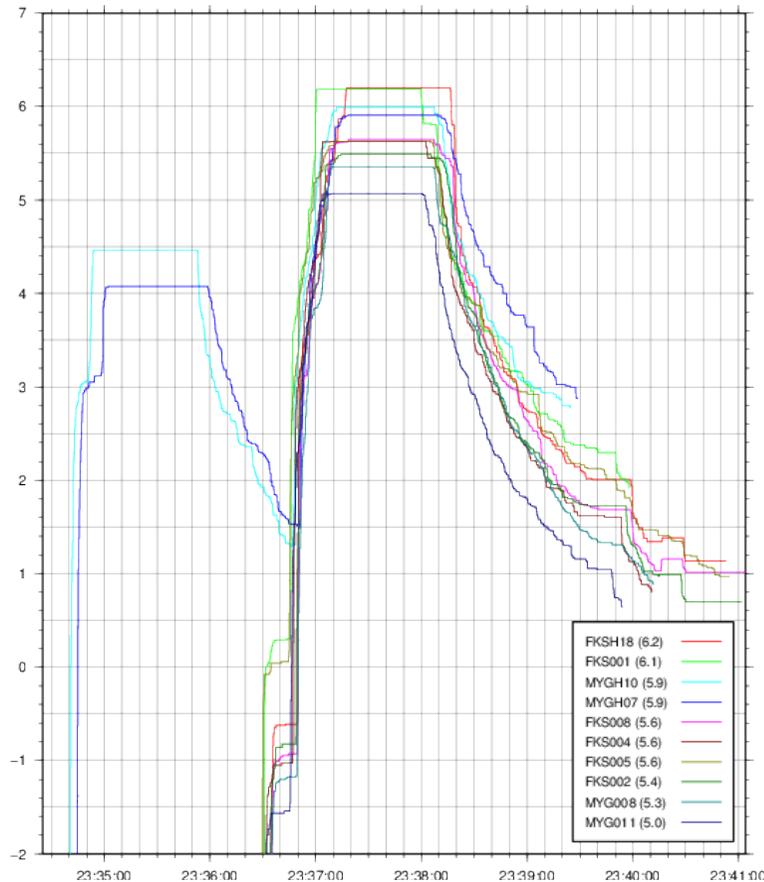
2022年				2021年			
観測点名	最大加速度	計測震度		観測点名	最大加速度	計測震度	
1 KiK-net川崎(MYGH07)	1,233gal	5.9	1	KiK-net山元(MYGH10)	1,432gal	6.4	
2 KiK-net山元(MYGH10)	1,007gal	6.0	2	KiK-net川崎(MYGH07)	767gal	5.6	
3 K-NET梁川(FKS002)	778gal	5.5	3	K-NET相馬(FKS001)	647gal	5.9	
4 KiK-net三春(FKSH18)	775gal	6.2	4	K-NET原町(FKS005)	583gal	5.4	
5 K-NET相馬(FKS001)	745gal	6.1	5	K-NET白河(FKS016)	575gal	5.3	
6 K-NET北上(MYG008)	738gal	5.3	6	K-NET梁川(FKS002)	573gal	5.4	
7 K-NET飯舘(FKS004)	712gal	5.6	7	K-NET葛尾(FKS006)	566gal	5.8	
8 K-NET牡鹿(MYG011)	708gal	5.0	8	KiK-net南三陸(MYGH13)	555gal	5.6	
9 K-NET船引(FKS008)	664gal	5.6	9	KiK-net都路(FKSH19)	535gal	5.4	
10 K-NET原町(FKS005)	629gal	5.5	10	KiK-net三春(FKSH18)	533gal	5.8	

## 2022年3月16日23時36分の福島県沖の地震（深さ57km, M7.4）と 2021年2月13日23時7分の福島県沖の地震（深さ55km, M7.3）の 震度の時間変化の比較

2022年

2021年

リアルタイム演算された震度(防災科研方式)※



※功刀・他(2013)による

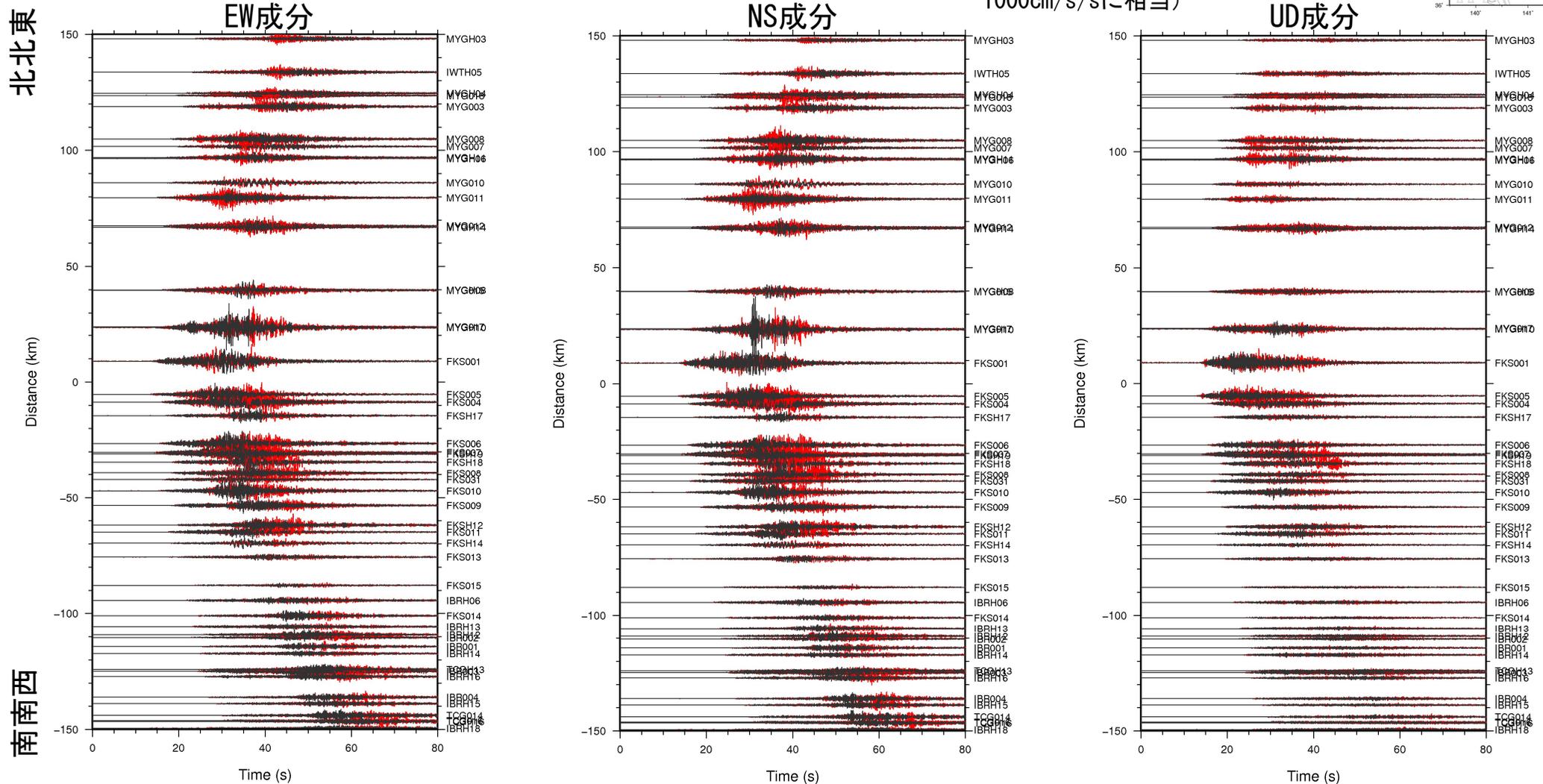
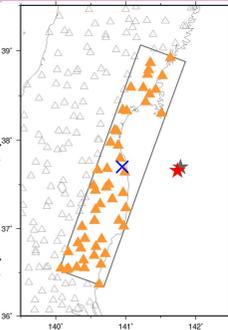
## 強震波形ペーストアップ

黒線：2021年2月13日福島県沖の地震 (M7.3、深さ55km)

赤線：2022年3月16日福島県沖の地震 (M7.4、深さ57km)

加速度波形 (フィルターなし)

- 右図のオレンジ色の観測点での波形記録を北北東から南南西の順で表示
- 縦軸における距離ゼロは右図の青×に対応
- 赤星が2022年イベントの震央を、黒星が2021年イベントの震央を示す
- 時刻0秒は各イベントの発震時刻
- 波形間の振幅は比較可能 (縦軸10kmが1000cm/s/sに相当)





2022年3月16日23時36分頃に福島県沖で発生した地震（Mj 7.4; 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13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5個並べる）
- 断層面設定：走向17°・傾斜45°（AQUA-CMTによる）、大きさ44 km × 24 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： $M_0=1.3 \times 10^{20}$  Nm ( $M_w$  7.4)、最大すべり量6.2m、Vftw 2.4 km/s  
すべりの大きい領域は主に破壊開始点の北に位置する。  
それぞれの領域における破壊は破壊開始から2.5–7.5秒後と7.5–12.5秒後に生じていた。

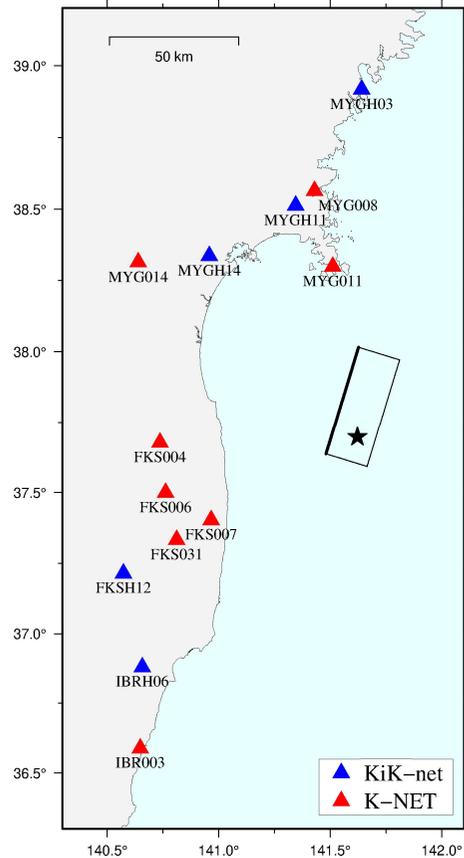
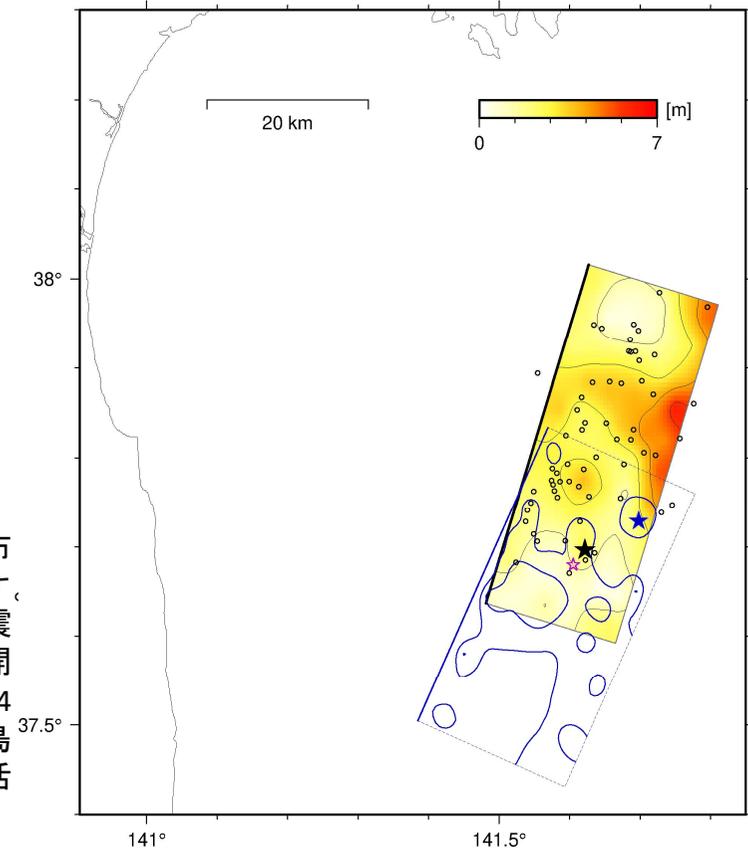


図1：観測点の分布と断層面の地表投影。星印は破壊開始点を示す。

図2：2022年3月16日福島県沖の地震のすべり分布の地表投影をカラーで、破壊開始点を黒星で示す。防災科研が推定した2021年2月13日福島県沖の地震のすべり分布（青線、コンター間隔1m）と破壊開始点（青星）を示す。紫星は2022年3月16日23時34分頃の地震（M6.1）を示す。2022年3月16日福島県沖の地震の発生から2022年17日7時までの地震活動（防災科研資料）を黒丸で示す。



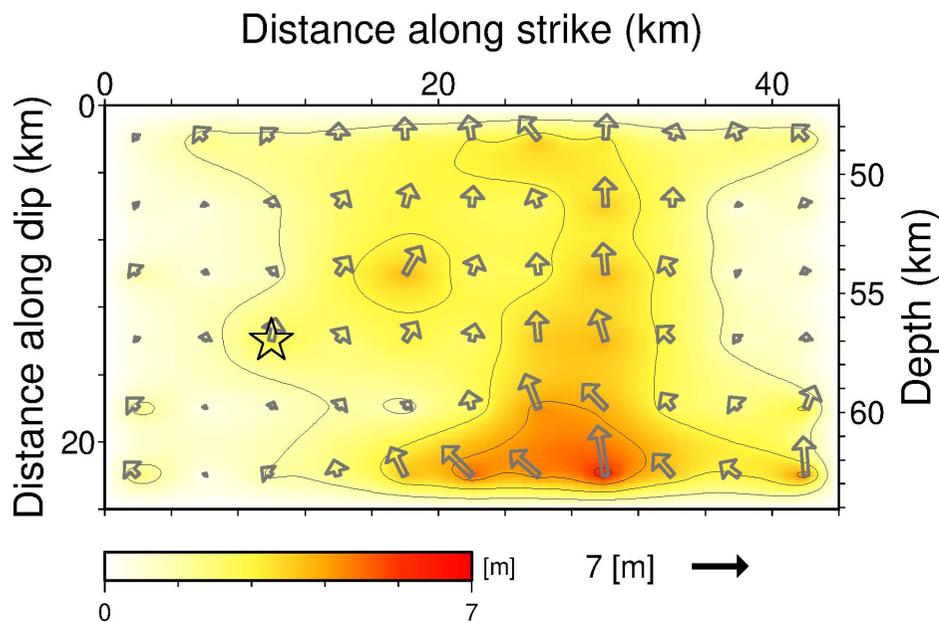


図3：断層面上の最終すべり分布図。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を、星印は破壊開始点を示す。

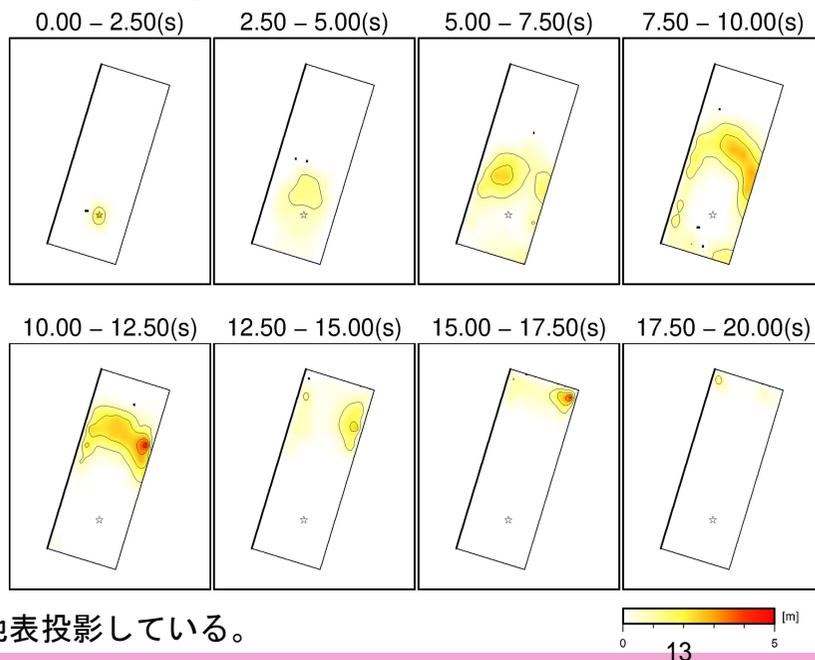


図4：破壊の時間進展過程。2.5秒ごとのすべり分布を地表投影している。

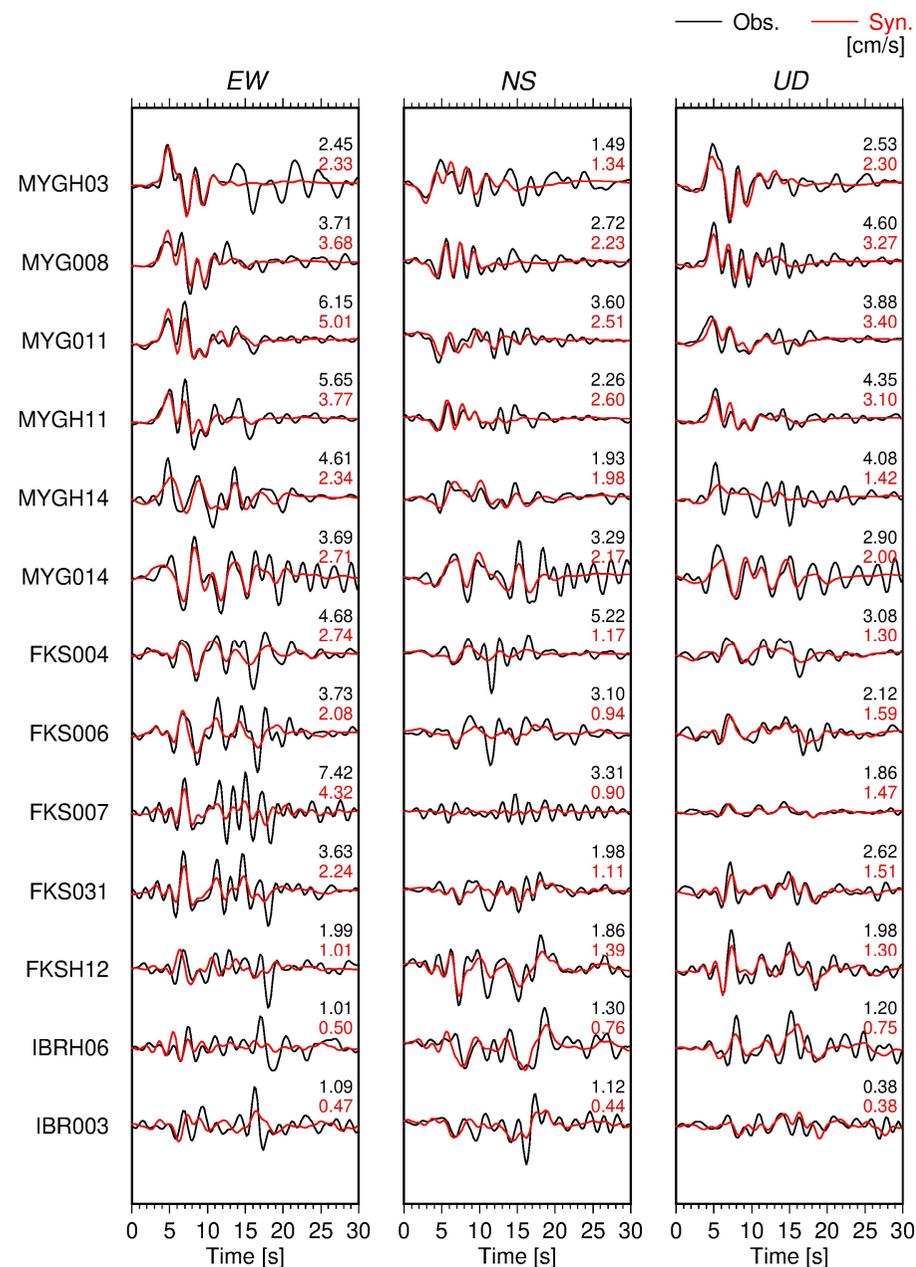


図5：観測波形（黒線）と理論波形（赤線）の比較。波形の右上にそれぞれの最大値を示す。

# 2022年3月16日福島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、福島県沖の地震( $M_{Hi}$ 7.6)後9時間のエネルギー放射量(4-20Hz)を推定
- 地震発生から9時間後の時点で、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0.44%

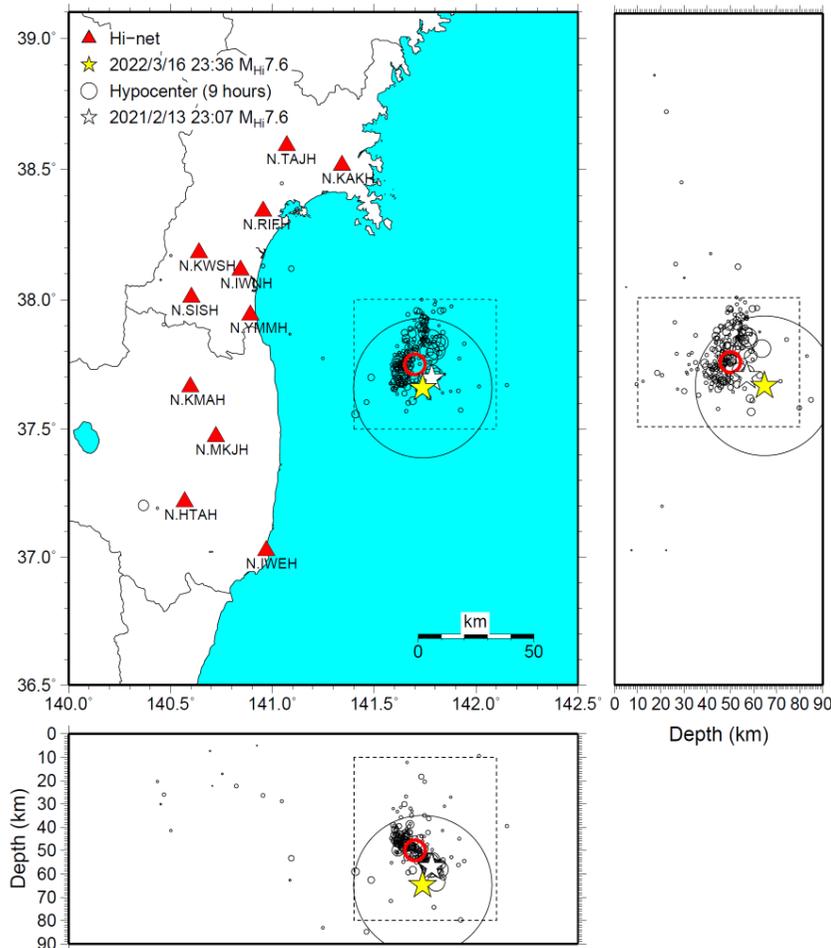


図1: Hi-net震源の分布(黒丸)、およびエネルギー放射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。黄色と白の星印はそれぞれ今回と2021年福島県沖の地震の震源。エネルギー放射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。

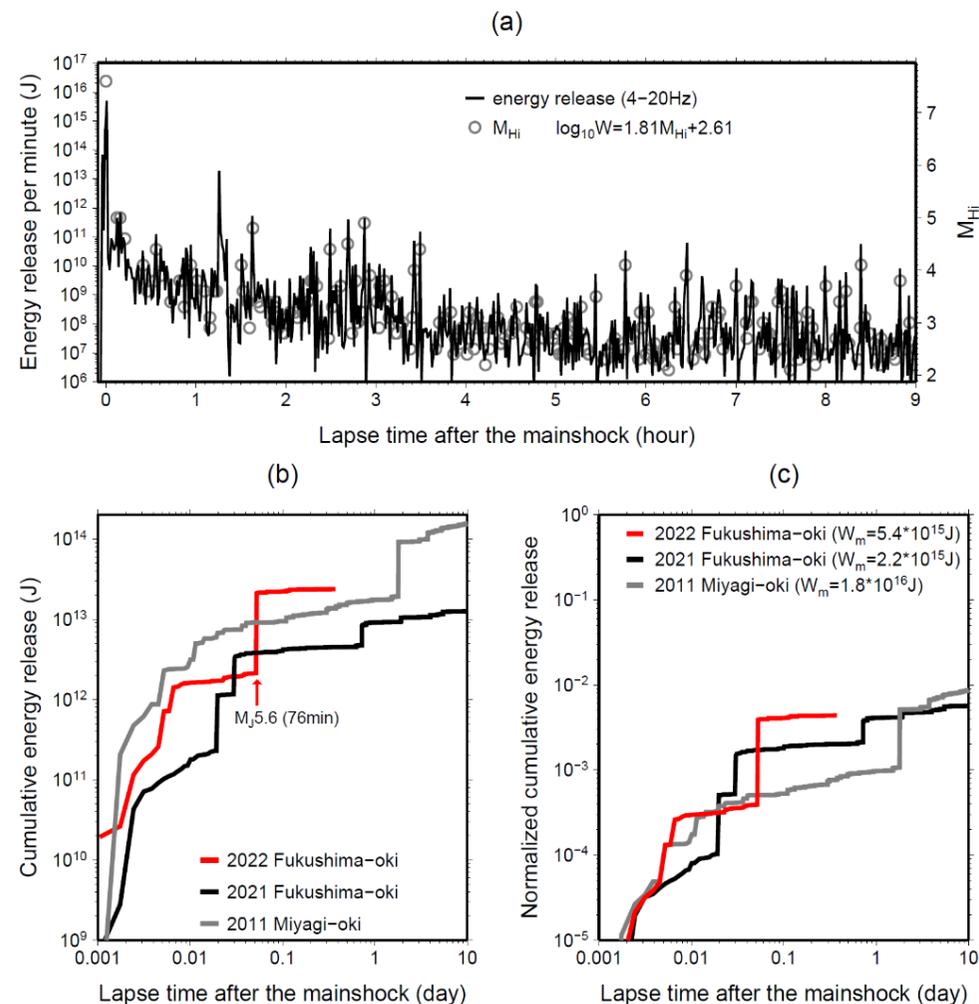


図2: (a) 黒線: 地震発生から9時間後までのエネルギー放射量 $W$ (4-20Hz)の推移。灰色丸: Hi-net震源を基に作成したM-T図。図中に示す $M$ と $W$ の関係式は、2021年千葉県北西部の地震の余震について作成したもの。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ今回の福島県沖の地震、2021年福島県沖の地震( $M_{Hi}$ 7.6)、2011年宮城県沖地震( $M_{Hi}$ 7.6)後の余震による積算エネルギー放射量(4-20Hz)の推移。(c) 相対積算エネルギー放射量(余震の積算エネルギー放射量÷それぞれの「本震」によるエネルギー放射量 $W_m$ )の推移。

# 2022年3月16日 福島県沖の地震：震源域周辺の地震発生状況と今後の地震発生確率

- 2022年3月16日23:36頃の地震発生から3月17日11:36頃までの約12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16日23:36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17日11:36頃から7日間で1%程度
- 地震発生から12時間後までの余震活動のb値は、0.97(beta =  $b \cdot \ln 10$ )

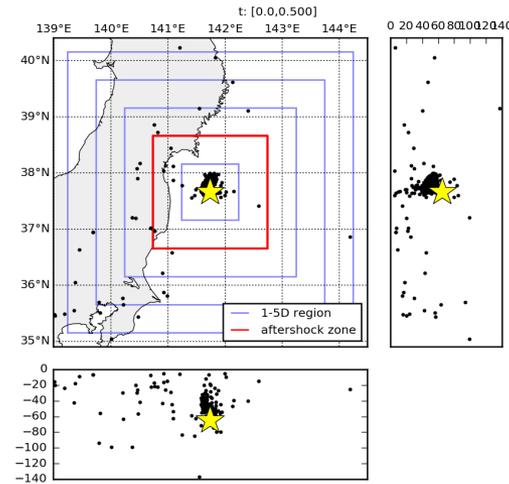


図1 左)防災科研Hi-netの自動処理により検出した余震の空間分布。赤矩形で示した範囲の地震活動を余震として解析に用いた。右)解析対象地震のM-T図。

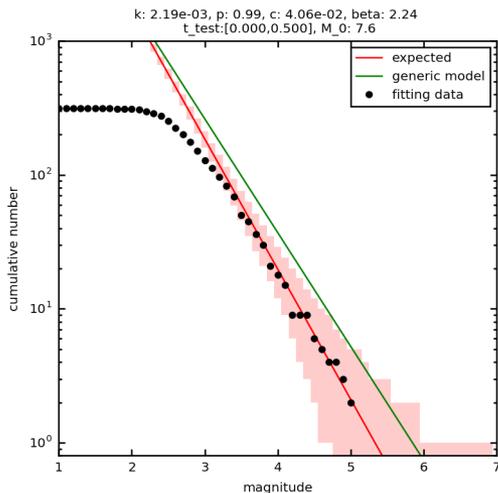
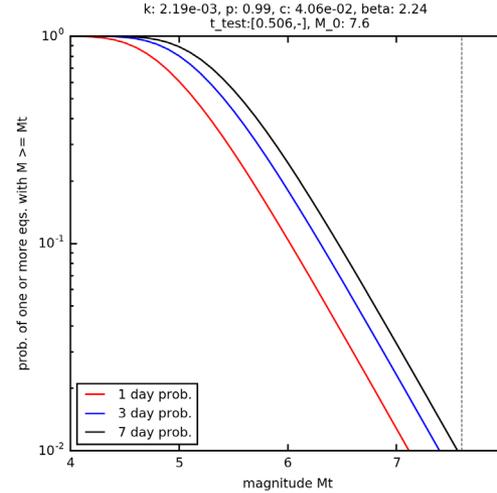


図2 最初の地震発生から約12時間後までのHi-netの自動震源カタログの規模別頻度分布(黒点)と、それに基づいて検出漏れの可能性を加味して評価したG-Rモデル(赤線)およびその95%信頼区間(Omi et al., 2013; Sci. Rep.)。緑線は日本周辺域で1990年から2014年に発生した38地震の余震活動から推定されたパラメタに基づく平均的な地震活動度(Omi et al., 2015; JGR)。



	今後1日	今後3日	今後7日
6.0以上	10%	18%	25%
6.5以上	4%	7%	9%
本震以上	0.4%	0.7%	0.9%

図3 2022/03/17 11:36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11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。

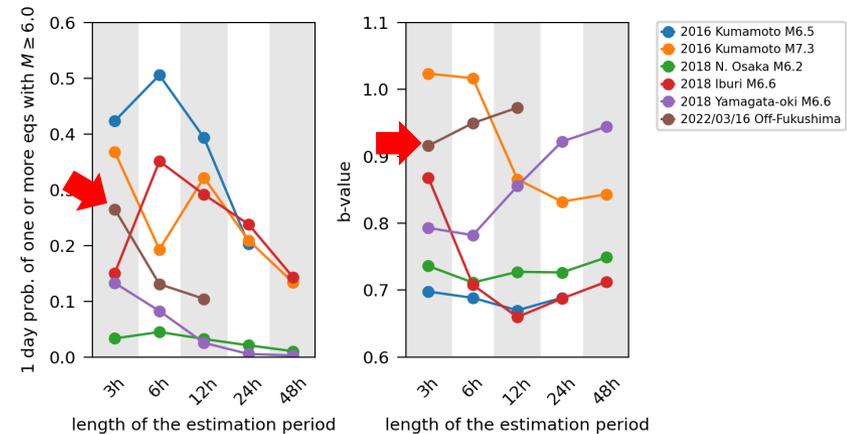


図4 予測時点以降1日以内にM6以上の地震が発生する確率(左)とb値(右)の推移。地震発生から、3, 6, 12時間後について、過去に発生した顕著な地震活動と比較して示す(過去の地震については48時間後まで示した)。

# (参考) 2021年2月13日 福島県沖の地震：震源域周辺の地震発生状況と今後の地震発生確率

- 2021年2月13日23:08頃の地震発生から2月14日11:08頃までの約12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
- 2月13日23:08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、2月14日11:08頃から7日間で0.3%程度
- 地震発生から12時間後までの余震活動のb値は、1.04 ( $\beta = b \cdot \ln 10$ )
- 2月14日11:08頃から7日間に実際に発生した余震の最大 $M_{Hi}$ は5.6(2/14 16:31頃, 2/15 21:26頃). M5以上は、これらを含む4イベント

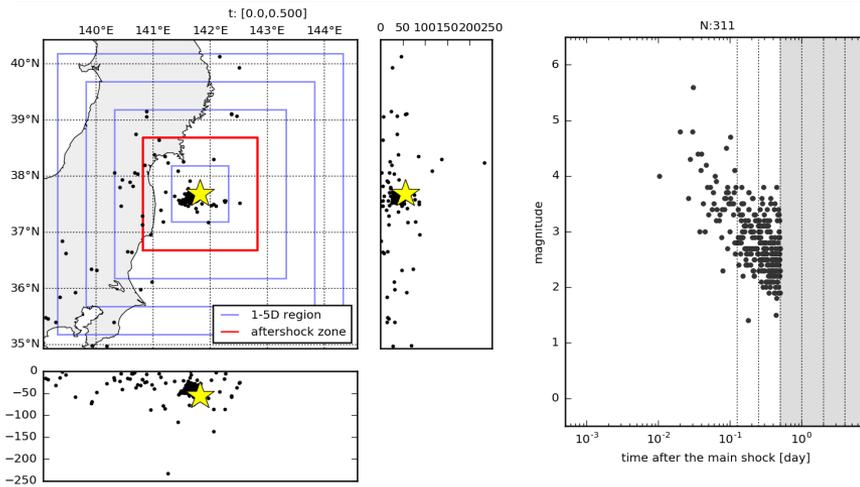
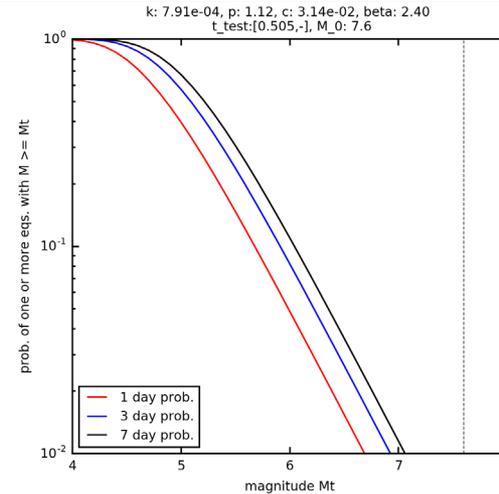


図1 左)防災科研Hi-netの自動処理により検出した余震の空間分布。赤矩形で示した範囲の地震活動を余震として解析に用いた。右)解析対象地震のM-T図。



	今後1日	今後3日	今後7日
6.0以上	5%	8%	11%
6.5以上	1.5%	3%	4%
本震以上	0.1%	0.2%	0.3%

図3 2021/02/14 11:08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12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。

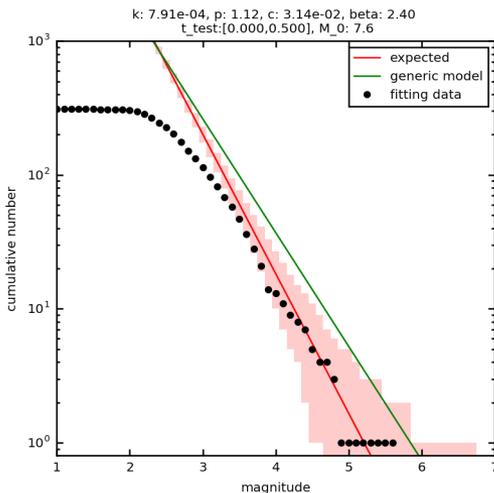


図2 最初の地震発生から約12時間後までのHi-netの自動震源カタログの規模別頻度分布(黒点)と、それに基づいて検出漏れの可能性を加味して評価したG-Rモデル(赤線)およびその95%信頼区間(Omi et al., 2013; Sci. Rep.)。緑線は日本周辺域で1990年から2014年に発生した38地震の余震活動から推定されたパラメタに基づく平均的な地震活動度(Omi et al., 2015; JGR)。

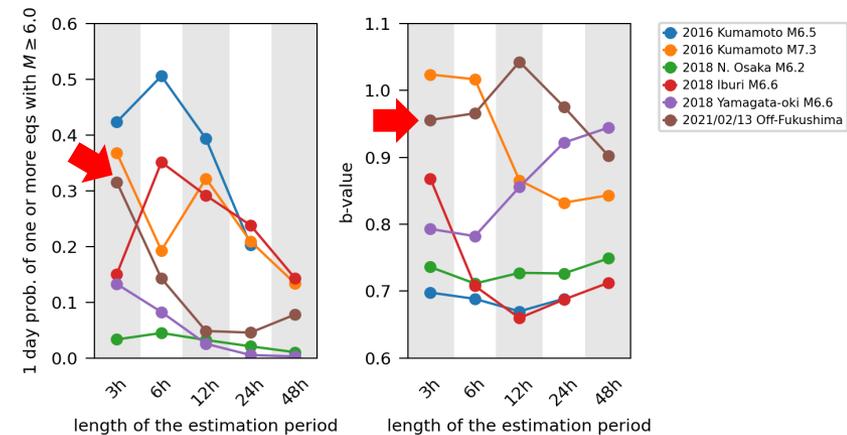


図4 予測時点以降1日以内にM6以上の地震が発生する確率(左)とb値(右)の推移。地震発生から、3, 6, 12, 24時間後について、過去に発生した顕著な地震活動と比較して示す(過去に地震については48時間後についても示した)。