

第 355 回 地 震 調 査 委 員 会 資 料

＜ 目 次 ＞

◆ 広帯域地震計を用いたモーメントテンソル解析結果（2021年2月01日-2月28日）	2
◆ 紀伊半島・東海地域の深部低周波微動活動状況（2021年2月）	13
◆ 四国の深部低周波微動活動状況（2021年2月）	14
◆ 紀伊半島南東沖の微動活動（2021年2月）	15
◆ 三次元地震波速度構造を用いて決定した2021年2月13日福島県沖の地震周辺の震源分布	16
◆ 2021年2月13日福島県沖の地震の震源過程（暫定）	17
◆ 2021年2月13日福島県沖の地震による高周波エネルギー輻射量	19
◆ S-netが観測した2021年2月13日福島県沖の地震による津波	22
◆ 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震 震源域周辺におけるセントロイド・モーメントテンソル（CMT）解析	24
◆ 東北地方太平洋沖の超低周波地震活動状況（2005～2020年）	27

令和 3 年 3 月 9 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

広帯域地震計を用いたモーメントテンソル解析結果
(2021年02月01日-02月28日)

期間中のイベント数: 104

・千島列島

- 60) 千島列島 (02/16 06:20 Mw4.6 H_95km VR74.90/3) 南北圧縮の逆断層
- 87) 千島列島 (02/23 03:09 Mw4.1 H_32km VR85.25/3) 東西方向に圧縮軸を持つ型

・北海道地方

- 11) 択捉島付近 (02/05 04:27 Mw4.6 H_71km VR71.04/3) 南北伸張の正断層
- 13) 留萌支庁中北部 (02/06 04:10 Mw4.0 H_8km VR87.48/3) 東西圧縮の逆断層
- 24) 択捉島付近 (02/08 17:22 Mw4.2 H_50km VR50.98/3) 北西-南東圧縮の逆断層
- 25) 釧路沖 (02/08 23:24 Mw5.1 H_23km VR84.20/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 27) 国後島付近 (02/09 07:35 Mw4.1 H_83km VR76.65/3) 北北西-南南東方向に圧縮軸を持つ型
- 30) 十勝沖 (02/09 13:48 Mw4.1 H_20km VR57.94/3) 北北東-南南西伸張の正断層
- 81) 根室半島南東沖 (02/20 22:23 Mw5.0 H_59km VR90.25/3) 北北西-南南東圧縮の逆断層
- 86) 根室半島南東沖 (02/22 10:55 Mw4.2 H_50km VR84.76/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 91) 択捉島付近 (02/25 07:26 Mw4.8 H_140km VR83.37/3) 北西-南東圧縮の逆断層

・東北地方

- 4) 福島県沖 (02/01 17:34 Mw4.3 H_41km VR89.33/3) 北西-南東方向に圧縮軸を持つ型
- 45) 福島県沖 (02/13 23:07 Mw7.1 H_53km VR85.82/3) 東西圧縮の逆断層
- 46) 岩手県沖 (02/14 03:25 Mw5.1 H_44km VR85.79/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 48) 福島県沖 (02/14 14:11 Mw4.0 H_59km VR82.69/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 50) 福島県沖 (02/14 16:31 Mw5.2 H_50km VR90.21/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 51) 福島県沖 (02/14 16:59 Mw4.1 H_56km VR74.67/3) 東北東-西南西伸張の正断層
- 52) 福島県沖 (02/14 18:26 Mw4.1 H_53km VR82.38/3) 北北東-南南西圧縮の逆断層
- 57) 福島県沖 (02/15 20:27 Mw4.0 H_53km VR78.06/3) 東西方向に圧縮軸を持つ型
- 58) 福島県沖 (02/15 20:59 Mw4.0 H_50km VR69.12/3) 東西圧縮の逆断層
- 59) 福島県沖 (02/15 21:26 Mw5.4 H_47km VR89.61/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 63) 宮城県沖 (02/17 07:07 Mw4.3 H_47km VR89.91/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 66) 福島県沖 (02/17 23:06 Mw4.3 H_59km VR79.93/3) 北北西-南南東圧縮の逆断層
- 70) 福島県沖 (02/18 15:02 Mw4.2 H_56km VR87.26/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 73) 福島県沖 (02/18 21:42 Mw4.0 H_53km VR80.94/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 74) 福島県沖 (02/19 10:07 Mw4.4 H_50km VR90.37/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 76) 青森県東方沖 (02/20 01:16 Mw5.0 H_35km VR87.44/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 93) 福島県沖 (02/26 13:04 Mw4.3 H_56km VR89.55/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 95) 福島県沖 (02/26 19:18 Mw4.0 H_62km VR71.35/3) 西北西-東南東圧縮の逆断層
- 96) 青森県東方沖 (02/26 20:31 Mw4.4 H_65km VR82.01/3) 東西方向に圧縮軸を持つ型
- 98) 福島県沖 (02/27 00:33 Mw4.1 H_56km VR81.68/3) 東西圧縮の逆断層
- 99) 福島県沖 (02/27 02:03 Mw4.6 H_53km VR91.24/3) 東西圧縮の逆断層

・関東・中部地方

- 15) 千葉県西北部 (02/06 14:10 Mw4.4 H_71km VR88.22/3) 東西圧縮の逆断層

41) 茨城県沖	(02/13 00:52 Mw4.0 H_20km VR80.13/3)	北西—南東伸張の正断層
69) 愛知県東部	(02/18 03:58 Mw4.0 H_35km VR61.50/3)	東西伸張の正断層
82) 房総半島南東沖	(02/21 09:57 Mw4.2 H_35km VR52.94/3)	東北東—西南西方向に圧縮軸を持つ型
97) 八丈島東方沖	(02/26 23:54 Mw4.1 H_5km VR69.27/3)	西北西—東南東圧縮の逆断層
・小笠原地方		
32) 鳥島近海	(02/09 16:07 Mw5.1 H_56km VR87.67/3)	東西伸張の正断層
・東海道沖		
36) 東海道沖	(02/12 11:15 Mw4.0 H360km VR53.02/2)	北北西—南南東方向に圧縮軸を持つ型
・中国・四国地方		
88) 伊予灘	(02/23 16:08 Mw4.2 H_47km VR87.85/3)	東西方向に伸長軸を持つ型
・九州地方		
2) 熊本県熊本地方	(02/01 16:17 Mw4.1 H_17km VR90.25/3)	南北伸張の横ずれ断層
23) 奄美大島近海	(02/08 16:57 Mw4.1 H_8km VR87.13/3)	北西—南東伸張の横ずれ断層
28) 種子島近海	(02/09 12:39 Mw4.9 H_26km VR69.39/3)	北西—南東圧縮の逆断層
34) 種子島近海	(02/09 21:58 Mw4.0 H_29km VR69.82/3)	北西—南東圧縮の逆断層
37) 種子島近海	(02/12 13:52 Mw4.8 H_23km VR73.93/3)	北西—南東圧縮の逆断層
42) 種子島近海	(02/13 10:25 Mw4.1 H_32km VR91.89/3)	西北西—東南東方向に圧縮軸を持つ型
62) 奄美大島近海	(02/17 00:57 Mw4.6 H_26km VR71.35/3)	北西—南東圧縮の逆断層
67) 奄美大島近海	(02/18 01:46 Mw4.2 H_44km VR65.24/3)	南北方向に圧縮軸を持つ型
100) 鹿児島県南西沖	(02/27 06:00 Mw4.1 H_41km VR80.24/3)	東西方向に圧縮軸を持つ型
104) 種子島近海	(02/28 23:30 Mw4.9 H_26km VR68.49/3)	北西—南東圧縮の逆断層
・沖縄地方		
9) 台湾付近	(02/04 17:14 Mw5.5 H_32km VR72.81/3)	西北西—東南東方向に圧縮軸を持つ型
10) 台湾付近	(02/04 21:06 Mw4.0 H_5km VR60.63/2)	北北西—南南東伸張の正断層
17) 与那国島近海	(02/07 02:36 Mw5.3 H110km VR85.38/2)	北北東—南南西方向に圧縮軸を持つ型
18) 宮古島近海	(02/07 09:53 Mw4.3 H_14km VR78.89/3)	北北西—南南東圧縮の逆断層
21) 東シナ海	(02/08 04:44 Mw4.0 H220km VR70.79/3)	北北西—南南東方向に圧縮軸を持つ型
22) 台湾付近	(02/08 07:16 Mw4.1 H_44km VR86.04/3)	北北東—南南西圧縮の横ずれ断層
26) 台湾付近	(02/09 01:58 Mw5.2 H_44km VR85.85/3)	北北東—南南西方向に圧縮軸を持つ型
29) 東シナ海	(02/09 13:28 Mw4.0 H_71km VR78.22/2)	南北圧縮の横ずれ断層
39) 与那国島近海	(02/12 16:46 Mw4.6 H_5km VR83.86/3)	南北伸張の正断層
68) 台湾付近	(02/18 03:38 Mw5.0 H_38km VR68.91/3)	西北西—東南東方向に圧縮軸を持つ型
71) 宮古島近海	(02/18 19:09 Mw4.0 H_23km VR84.37/2)	北西—南東方向に圧縮軸を持つ型
85) 台湾付近	(02/22 10:50 Mw4.4 H_68km VR68.08/2)	北北西—南南東方向に圧縮軸を持つ型
94) 沖縄本島近海	(02/26 18:53 Mw4.3 H119km VR91.67/2)	北西—南東方向に圧縮軸を持つ型

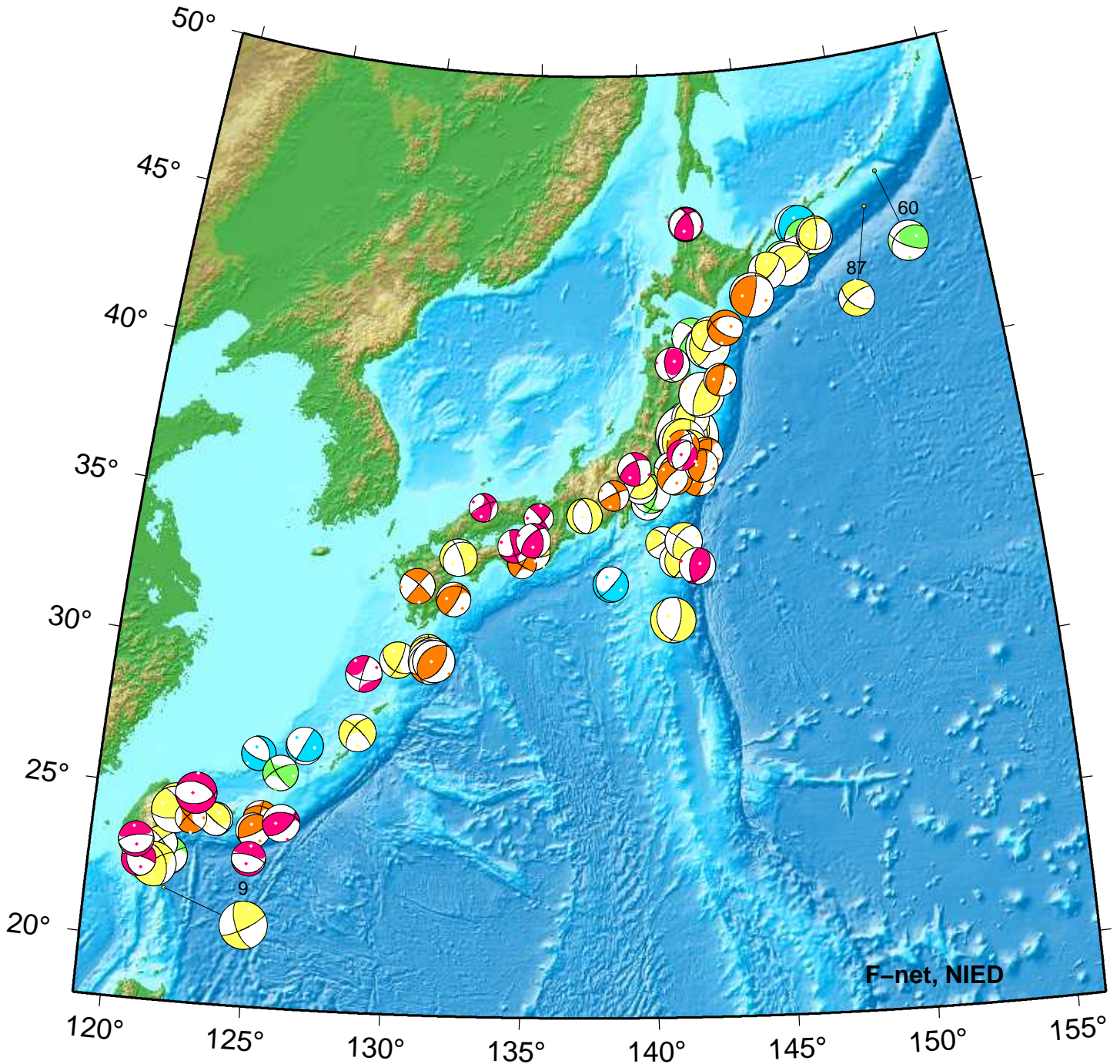
*Mw4.0 以上をリストアップ。 **下線部は Mw5.0 以上を示す。

"VR"欄の"/"の後の数は解析に使用した観測点数を示す。 *断層タイプの分類は Frohlich [1992]による。

謝辞 地形データは海上保安庁のものを使用させて頂きました。 記して感謝いたします

NIED Moment Tensor Solutions

Feb 01,2021–Feb 28,2021(JST)



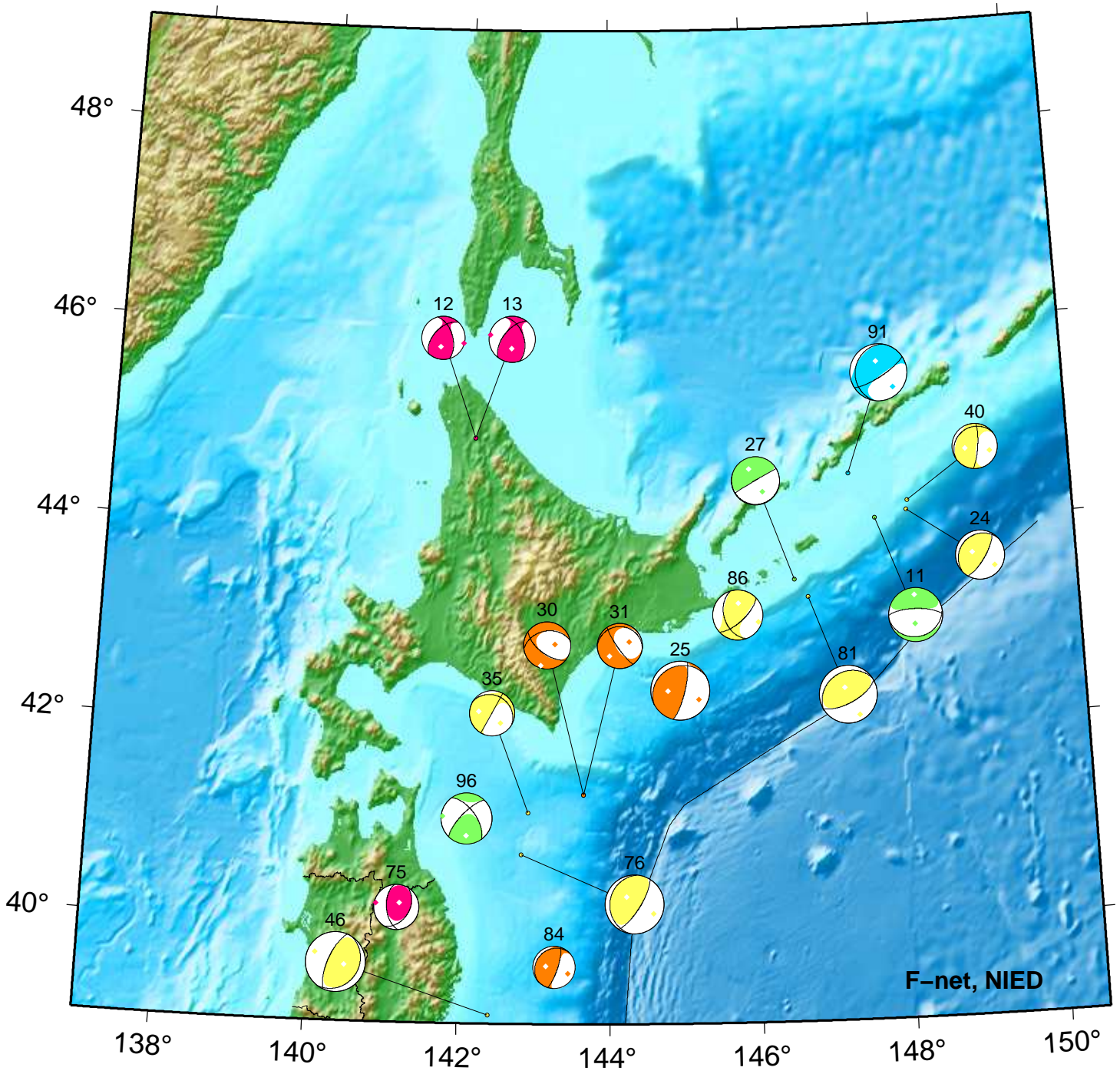
9. 02/04 17:14 Mw5.5 H_32km VR72.8

60. 02/16 06:20 Mw4.6 H_95km VR74.9

87. 02/23 03:09 Mw4.1 H_32km VR85.2

Hokkaido

Feb 01,2021–Feb 28,2021(JST)



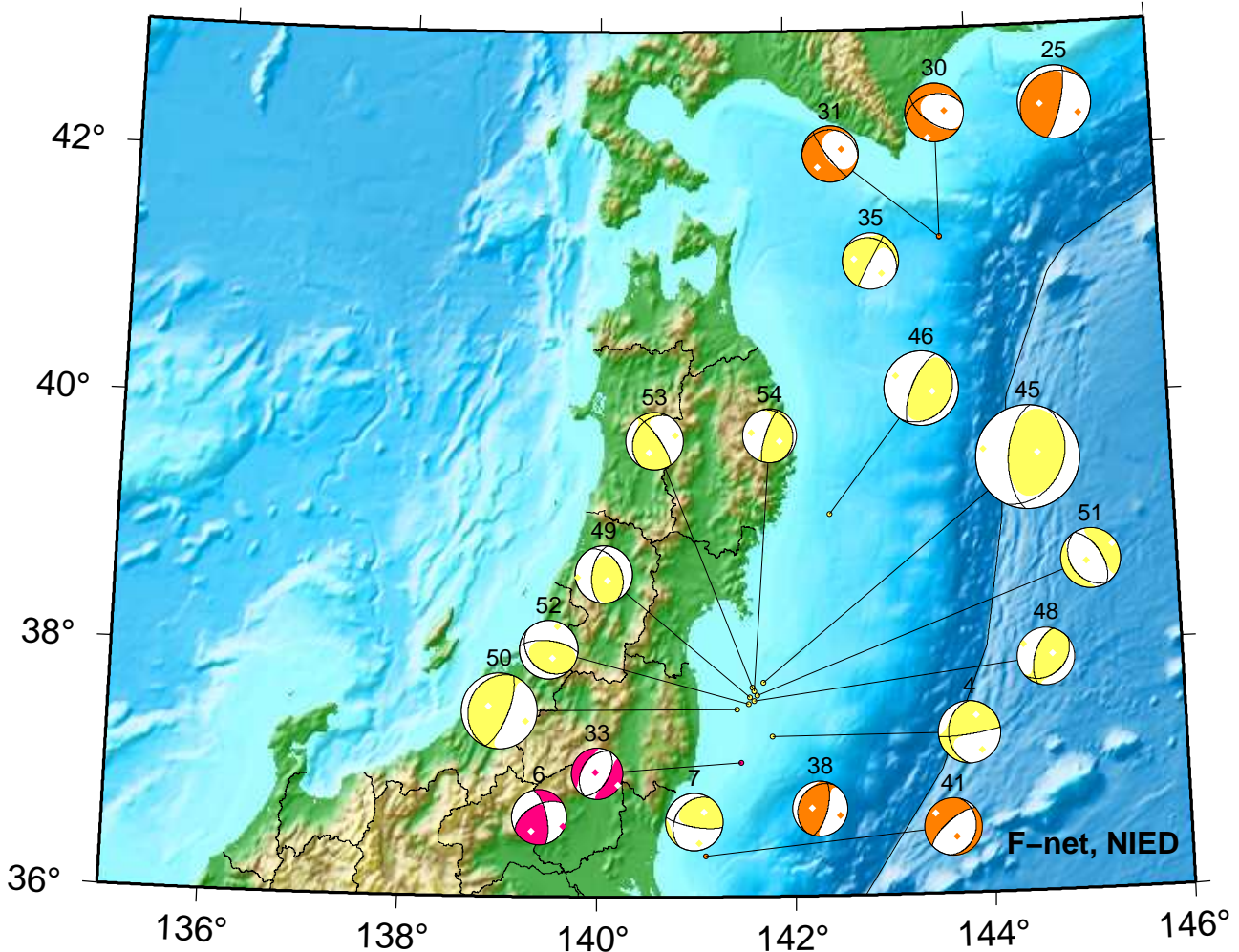
F-net, NIED



11. 02/05 04:27 Mw4.6 H_71km VR71.0	30. 02/09 13:48 Mw4.1 H_20km VR57.9	76. 02/20 01:16 Mw5.0 H_35km VR87.4
12. 02/06 04:02 Mw3.7 H_8km VR85.9	31. 02/09 13:50 Mw3.8 H_20km VR57.2	81. 02/20 22:23 Mw5.0 H_59km VR90.2
13. 02/06 04:10 Mw4.0 H_8km VR87.5	35. 02/10 15:59 Mw3.9 H_35km VR72.8	84. 02/21 19:54 Mw3.7 H_17km VR72.9
24. 02/08 17:22 Mw4.2 H_50km VR51.0	40. 02/12 23:31 Mw3.8 H_47km VR82.0	86. 02/22 10:55 Mw4.2 H_50km VR84.8
25. 02/08 23:24 Mw5.1 H_23km VR84.2	46. 02/14 03:25 Mw5.1 H_44km VR85.8	91. 02/25 07:26 Mw4.8 H_140km VR83.4
27. 02/09 07:35 Mw4.1 H_83km VR76.7	75. 02/19 18:11 Mw3.9 H_5km VR84.2	96. 02/26 20:31 Mw4.4 H_65km VR82.0

Tohoku

Feb 01,2021–Feb 14,2021(JST)



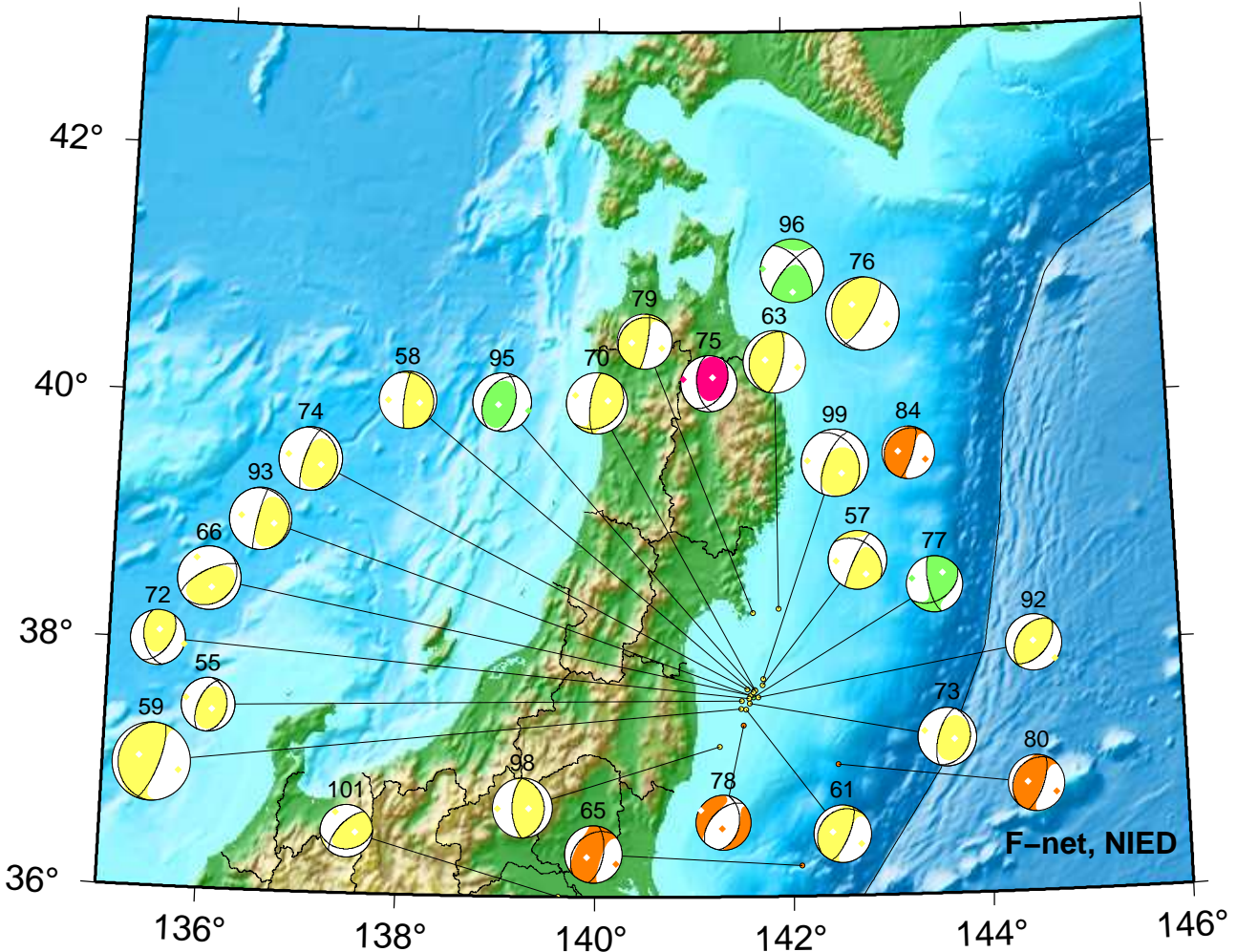
F-net, NIED



4. 02/01 17:34 Mw4.3 H_41km VR89.3	35. 02/10 15:59 Mw3.9 H_35km VR72.8	50. 02/14 16:31 Mw5.2 H_50km VR90.2
6. 02/02 03:01 Mw3.8 H_8km VR74.6	38. 02/12 15:48 Mw3.8 H_17km VR81.1	51. 02/14 16:59 Mw4.1 H_56km VR74.7
7. 02/04 12:40 Mw3.9 H_41km VR90.8	41. 02/13 00:52 Mw4.0 H_20km VR80.1	52. 02/14 18:26 Mw4.1 H_53km VR82.4
25. 02/08 23:24 Mw5.1 H_23km VR84.2	45. 02/13 23:07 Mw7.1 H_53km VR85.8	53. 02/14 19:41 Mw3.9 H_50km VR81.0
30. 02/09 13:48 Mw4.1 H_20km VR57.9	46. 02/14 03:25 Mw5.1 H_44km VR85.8	54. 02/14 20:41 Mw3.7 H_50km VR72.8
31. 02/09 13:50 Mw3.8 H_20km VR57.2	48. 02/14 14:11 Mw4.0 H_59km VR82.7	
33. 02/09 16:52 Mw3.5 H_8km VR67.0	49. 02/14 14:53 Mw3.9 H_56km VR85.6	

Tohoku

Feb 15,2021–Feb 28,2021(JST)



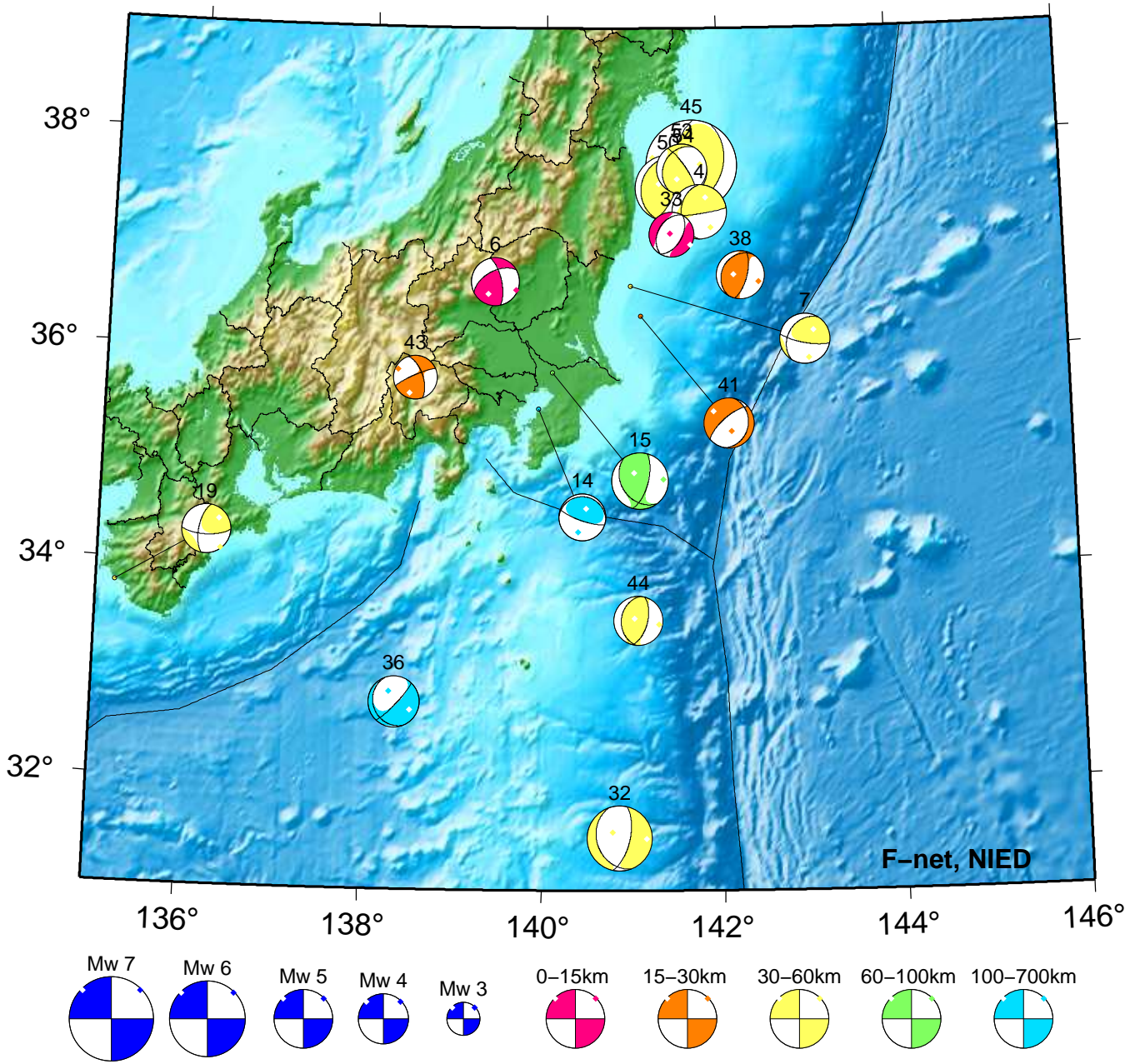
F-net, NIED



55. 02/15 03:12 Mw3.7 H_53km VR56.9	72. 02/18 19:37 Mw3.8 H_53km VR54.6	84. 02/21 19:54 Mw3.7 H_17km VR72.9
57. 02/15 20:27 Mw4.0 H_53km VR78.1	73. 02/18 21:42 Mw4.0 H_53km VR80.9	92. 02/26 07:13 Mw3.8 H_59km VR55.7
58. 02/15 20:59 Mw4.0 H_50km VR69.1	74. 02/19 10:07 Mw4.4 H_50km VR90.4	93. 02/26 13:04 Mw4.3 H_56km VR89.5
59. 02/15 21:26 Mw5.4 H_47km VR89.6	75. 02/19 18:11 Mw3.9 H_5km VR84.2	95. 02/26 19:18 Mw4.0 H_62km VR71.3
61. 02/16 22:59 Mw3.9 H_56km VR58.9	76. 02/20 01:16 Mw5.0 H_35km VR87.4	96. 02/26 20:31 Mw4.4 H_65km VR82.0
63. 02/17 07:07 Mw4.3 H_47km VR89.9	77. 02/20 04:01 Mw3.8 H_62km VR89.1	98. 02/27 00:33 Mw4.1 H_56km VR81.7
65. 02/17 14:16 Mw3.9 H_23km VR68.4	78. 02/20 08:53 Mw3.7 H_17km VR76.4	99. 02/27 02:03 Mw4.6 H_53km VR91.2
66. 02/17 23:06 Mw4.3 H_59km VR79.9	79. 02/20 10:17 Mw3.8 H_59km VR58.5	101. 02/27 10:37 Mw3.6 H_59km VR79.6
70. 02/18 15:02 Mw4.2 H_56km VR87.3	80. 02/20 20:23 Mw3.9 H_17km VR92.5	

Kanto-Chubu

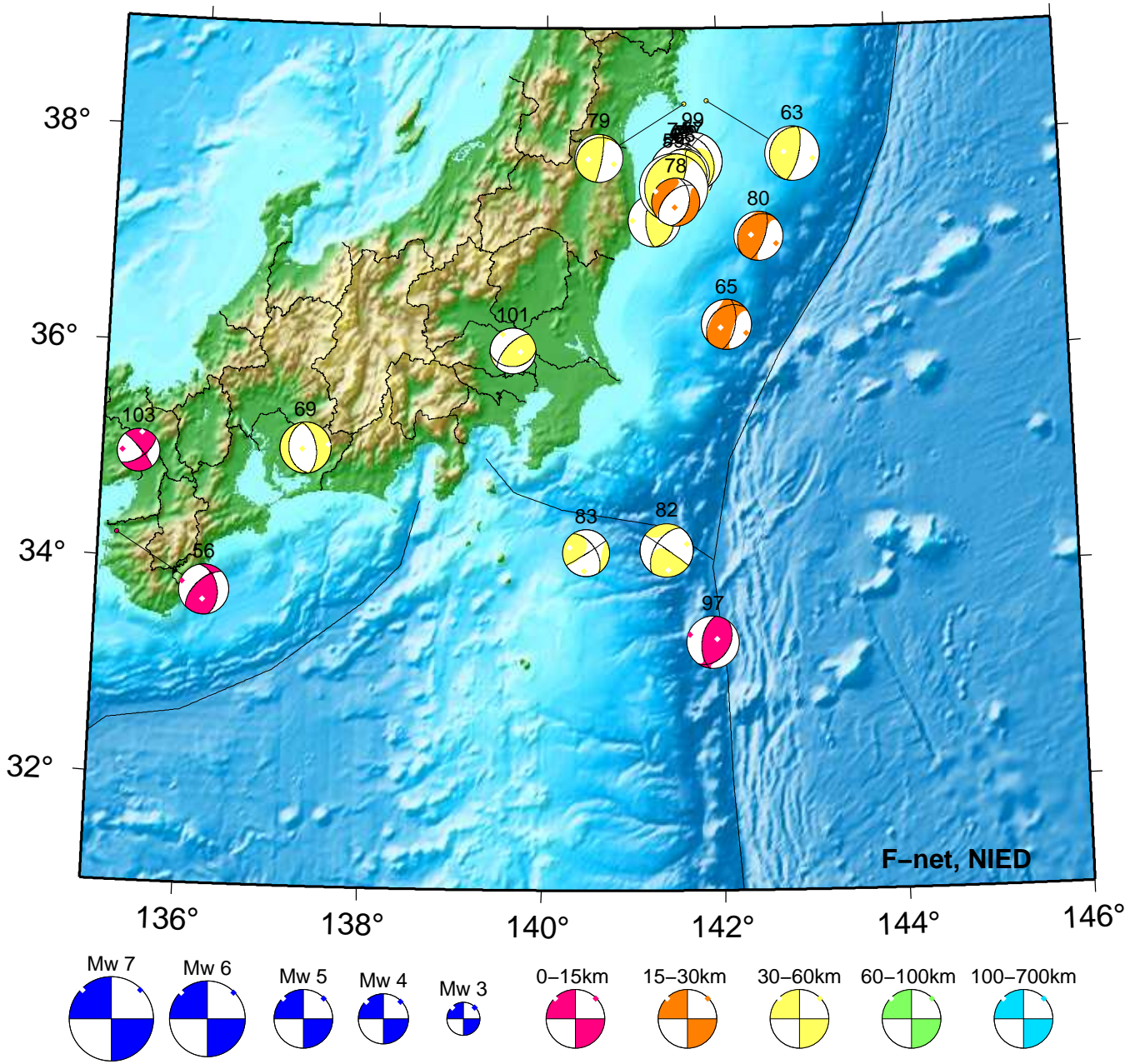
Feb 01,2021–Feb 14,2021(JST)



4. 02/01 17:34 Mw4.3 H_41km VR89.3	33. 02/09 16:52 Mw3.5 H_8km VR67.0	48. 02/14 14:11 Mw4.0 H_59km VR82.7
6. 02/02 03:01 Mw3.8 H_8km VR74.6	36. 02/12 11:15 Mw4.0 H360km VR53.0	49. 02/14 14:53 Mw3.9 H_56km VR85.6
7. 02/04 12:40 Mw3.9 H_41km VR90.8	38. 02/12 15:48 Mw3.8 H_17km VR81.1	50. 02/14 16:31 Mw5.2 H_50km VR90.2
14. 02/06 12:50 Mw3.7 H119km VR55.5	41. 02/13 00:52 Mw4.0 H_20km VR80.1	51. 02/14 16:59 Mw4.1 H_56km VR74.7
15. 02/06 14:10 Mw4.4 H_71km VR88.2	43. 02/13 19:52 Mw3.4 H_17km VR78.4	52. 02/14 18:26 Mw4.1 H_53km VR82.4
19. 02/08 02:26 Mw3.8 H_44km VR93.0	44. 02/13 20:22 Mw3.9 H_38km VR76.4	53. 02/14 19:41 Mw3.9 H_50km VR81.0
32. 02/09 16:07 Mw5.1 H_56km VR87.7	45. 02/13 23:07 Mw7.1 H_53km VR85.8	54. 02/14 20:41 Mw3.7 H_50km VR72.8

Kanto-Chubu

Feb 15,2021–Feb 28,2021(JST)



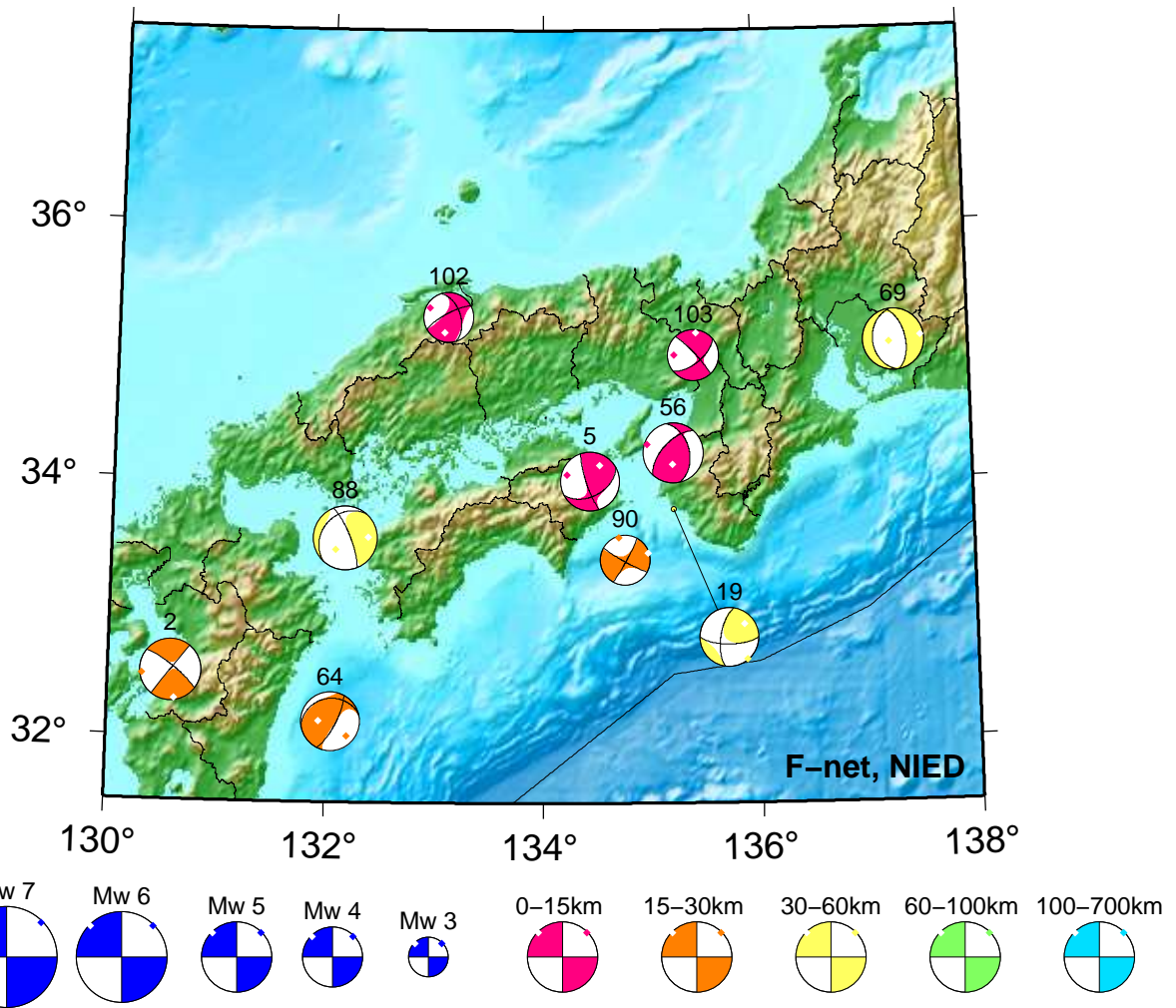
55. 02/15 03:12 Mw3.7 H_53km VR56.9
 56. 02/15 13:28 Mw3.9 H_5km VR92.3
 57. 02/15 20:27 Mw4.0 H_53km VR78.1
 58. 02/15 20:59 Mw4.0 H_50km VR69.1
 59. 02/15 21:26 Mw5.4 H_47km VR89.6
 61. 02/16 22:59 Mw3.9 H_56km VR58.9
 63. 02/17 07:07 Mw4.3 H_47km VR89.9
 65. 02/17 14:16 Mw3.9 H_23km VR68.4
 66. 02/17 23:06 Mw4.3 H_59km VR79.9
 69. 02/18 03:58 Mw4.0 H_35km VR61.5

70. 02/18 15:02 Mw4.2 H_56km VR87.3
 72. 02/18 19:37 Mw3.8 H_53km VR54.6
 73. 02/18 21:42 Mw4.0 H_53km VR80.9
 74. 02/19 10:07 Mw4.4 H_50km VR90.4
 77. 02/20 04:01 Mw3.8 H_62km VR89.1
 78. 02/20 08:53 Mw3.7 H_17km VR76.4
 79. 02/20 10:17 Mw3.8 H_59km VR58.5
 80. 02/20 20:23 Mw3.9 H_17km VR92.5
 82. 02/21 09:57 Mw4.2 H_35km VR52.9
 83. 02/21 18:14 Mw3.7 H_47km VR73.9

92. 02/26 07:13 Mw3.8 H_59km VR55.7
 93. 02/26 13:04 Mw4.3 H_56km VR89.5
 95. 02/26 19:18 Mw4.0 H_62km VR71.3
 97. 02/26 23:54 Mw4.1 H_5km VR69.3
 98. 02/27 00:33 Mw4.1 H_56km VR81.7
 99. 02/27 02:03 Mw4.6 H_53km VR91.2
 101. 02/27 10:37 Mw3.6 H_59km VR79.6
 103. 02/28 11:20 Mw3.3 H_5km VR62.5

Kinki-Chugoku-Shikoku

Feb 01,2021–Feb 28,2021(JST)



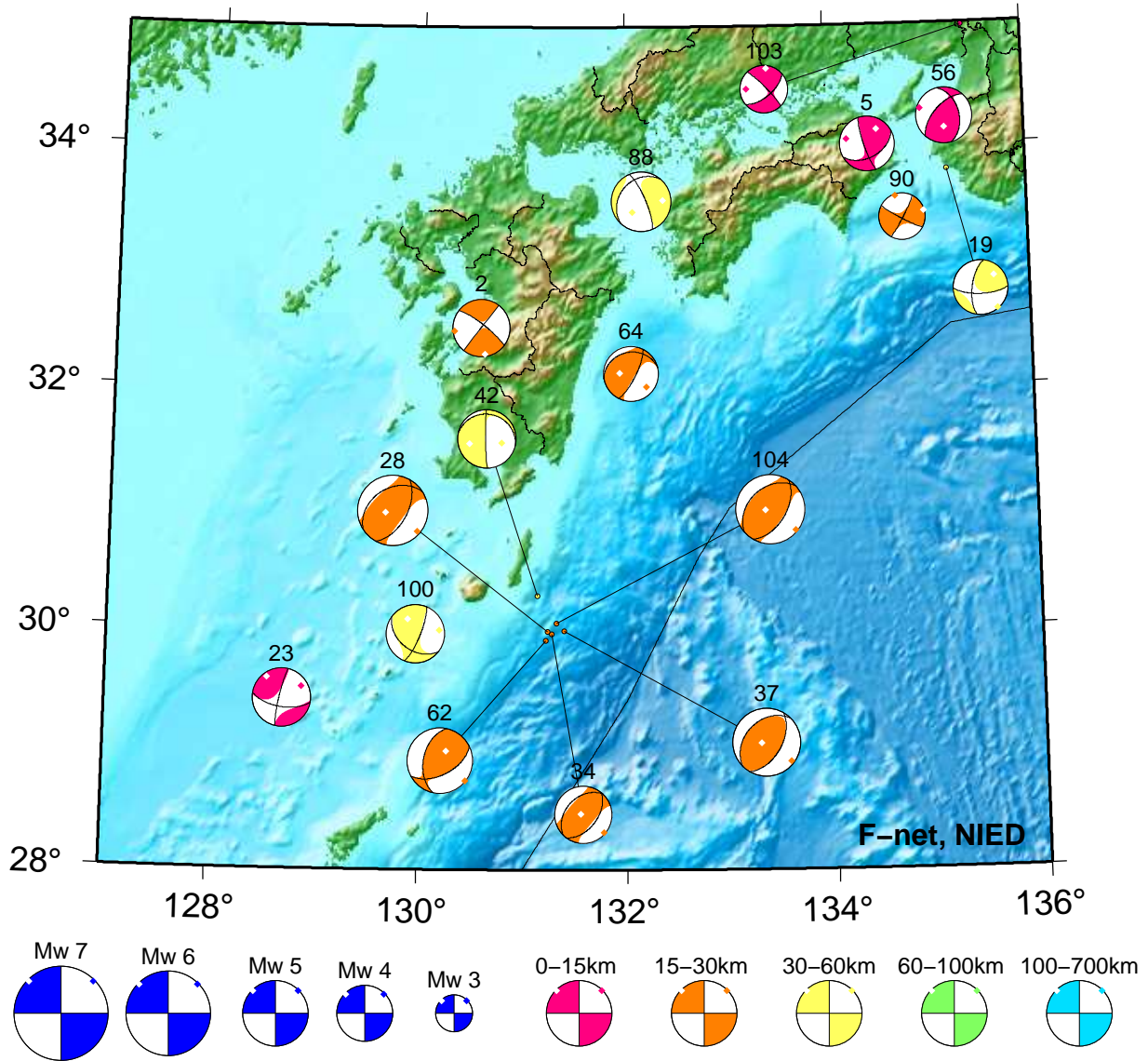
2. 02/01 16:17 Mw4.1 H_17km VR90.2
 5. 02/01 23:30 Mw3.8 H_8km VR91.5
 19. 02/08 02:26 Mw3.8 H_44km VR93.0
 56. 02/15 13:28 Mw3.9 H_5km VR92.3

64. 02/17 12:32 Mw3.9 H_20km VR77.8
 69. 02/18 03:58 Mw4.0 H_35km VR61.5
 88. 02/23 16:08 Mw4.2 H_47km VR87.8
 90. 02/25 05:44 Mw3.3 H_23km VR54.5

102. 02/28 09:40 Mw3.3 H_5km VR50.4
 103. 02/28 11:20 Mw3.3 H_5km VR62.5

Kyushu

Feb 01,2021–Feb 28,2021(JST)



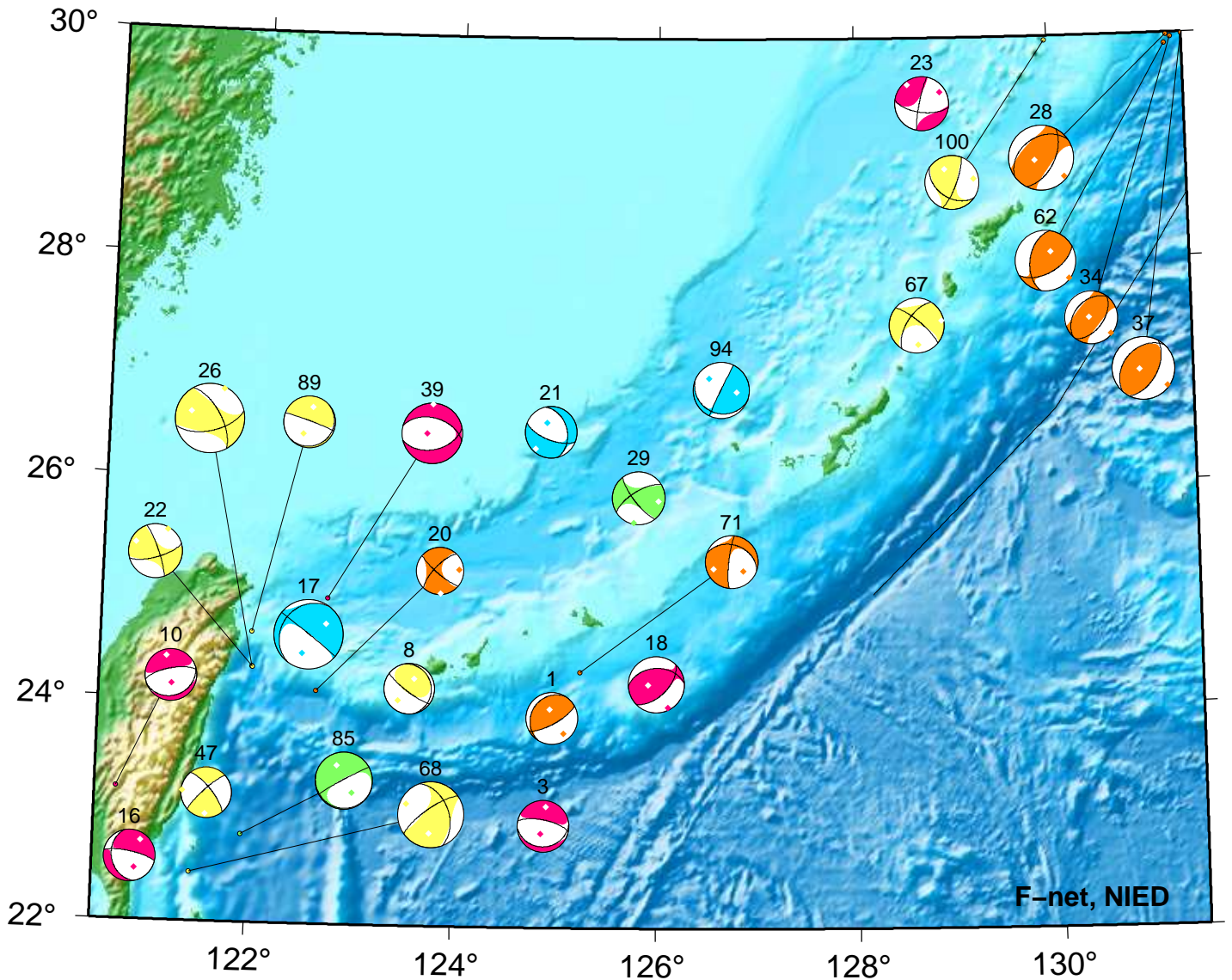
2. 02/01 16:17 Mw4.1 H_17km VR90.2
 5. 02/01 23:30 Mw3.8 H_8km VR91.5
 19. 02/08 02:26 Mw3.8 H_44km VR93.0
 23. 02/08 16:57 Mw4.1 H_8km VR87.1
 28. 02/09 12:39 Mw4.9 H_26km VR69.4
 34. 02/09 21:58 Mw4.0 H_29km VR69.8

37. 02/12 13:52 Mw4.8 H_23km VR73.9
 42. 02/13 10:25 Mw4.1 H_32km VR91.9
 62. 02/17 00:57 Mw4.6 H_26km VR71.3
 64. 02/17 12:32 Mw3.9 H_20km VR77.8
 88. 02/23 16:08 Mw4.2 H_47km VR87.8

90. 02/25 05:44 Mw3.3 H_23km VR54.5
 100. 02/27 06:00 Mw4.1 H_41km VR80.2
 103. 02/28 11:20 Mw3.3 H_5km VR62.5
 104. 02/28 23:30 Mw4.9 H_26km VR68.5

Okinawa

Feb 01,2021–Feb 28,2021(JST)



F-net, NIED



- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. 02/01 10:26 Mw3.9 H_17km VR82.0 | 22. 02/08 07:16 Mw4.1 H_44km VR86.0 | 62. 02/17 00:57 Mw4.6 H_26km VR71.3 |
| 3. 02/01 17:28 Mw3.9 H_5km VR70.9 | 23. 02/08 16:57 Mw4.1 H_8km VR87.1 | 67. 02/18 01:46 Mw4.2 H_44km VR65.2 |
| 8. 02/04 14:26 Mw3.8 H_44km VR82.1 | 26. 02/09 01:58 Mw5.2 H_44km VR85.8 | 68. 02/18 03:38 Mw5.0 H_38km VR68.9 |
| 10. 02/04 21:06 Mw4.0 H_5km VR60.6 | 28. 02/09 12:39 Mw4.9 H_26km VR69.4 | 71. 02/18 19:09 Mw4.0 H_23km VR84.4 |
| 16. 02/06 19:27 Mw3.9 H_8km VR63.0 | 29. 02/09 13:28 Mw4.0 H_71km VR78.2 | 85. 02/22 10:50 Mw4.4 H_68km VR68.1 |
| 17. 02/07 02:36 Mw5.3 H110km VR85.4 | 34. 02/09 21:58 Mw4.0 H_29km VR69.8 | 89. 02/25 05:09 Mw3.9 H_53km VR70.6 |
| 18. 02/07 09:53 Mw4.3 H_14km VR78.9 | 37. 02/12 13:52 Mw4.8 H_23km VR73.9 | 94. 02/26 18:53 Mw4.3 H119km VR91.7 |
| 20. 02/08 02:28 Mw3.6 H_29km VR83.7 | 39. 02/12 16:46 Mw4.6 H_5km VR83.9 | 100. 02/27 06:00 Mw4.1 H_41km VR80.2 |
| 21. 02/08 04:44 Mw4.0 H220km VR70.8 | 47. 02/14 13:25 Mw3.9 H_56km VR72.6 | |

(2021年2月)

- 2月18～22日頃に東海地方において、やや活発な活動。
- 2月23～27日頃に紀伊半島南部において、やや活発な活動。

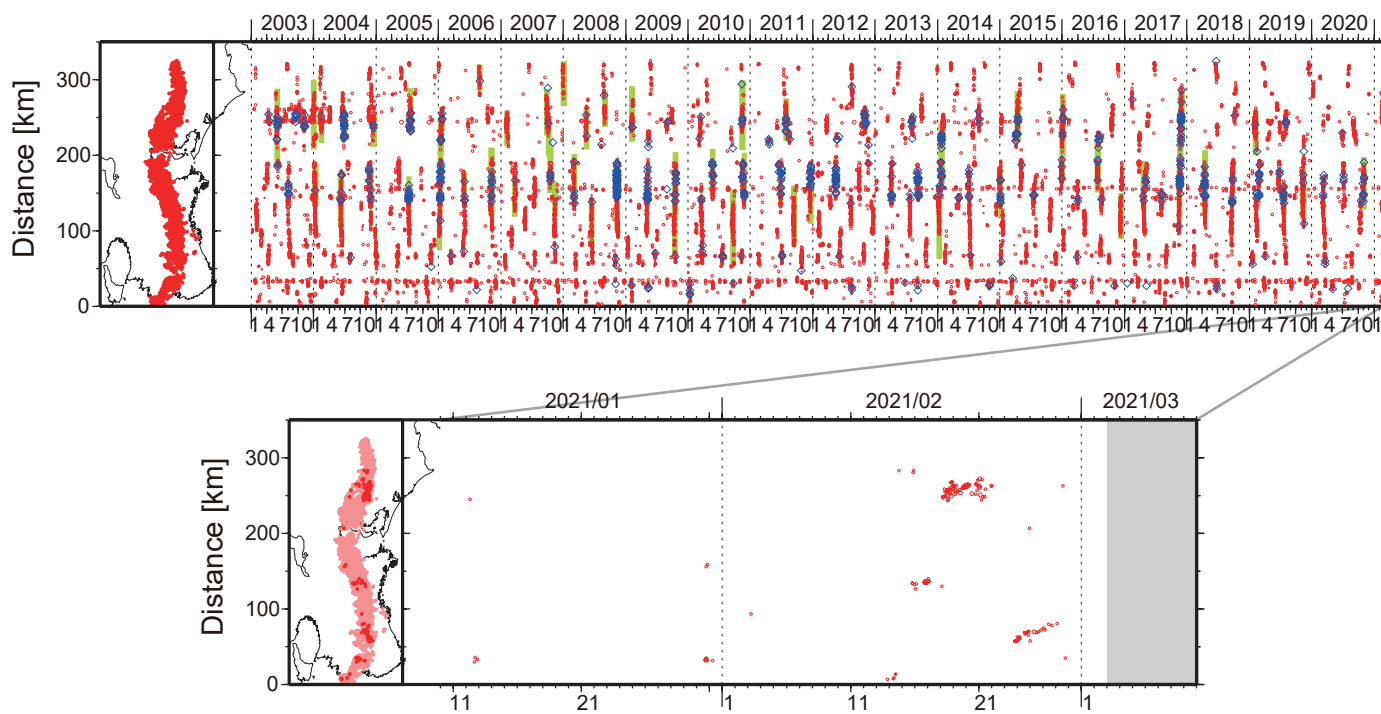


図1. 紀伊半島・東海地域における2003年1月～2021年3月2日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロップ相関・振幅ハイブリッド法(Maeda and Obara, 2009)およびクラスタ処理(Obara et al., 2010)によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する超低周波地震(Ito et al., 2007)である. 黄緑色の太線はこれまでに検出された短期的スロースリップイベント(SSE)を示す. 下図は2021年2月を中心とした期間の拡大図である. 2月18～22日頃には愛知県東部においてやや活発な活動がみられた. この活動は20日頃にかけてやや東方向に移動がみられ, 22日頃まで継続した. 2月23～27日頃には奈良県南部においてやや活発な活動がみられ, 北東方向への活動域の移動がみられた. 2月13～14日頃には和歌山県中部において, ごく小規模な活動がみられた. 2月15～17日頃には三重・奈良県境付近において小規模な活動がみられた.

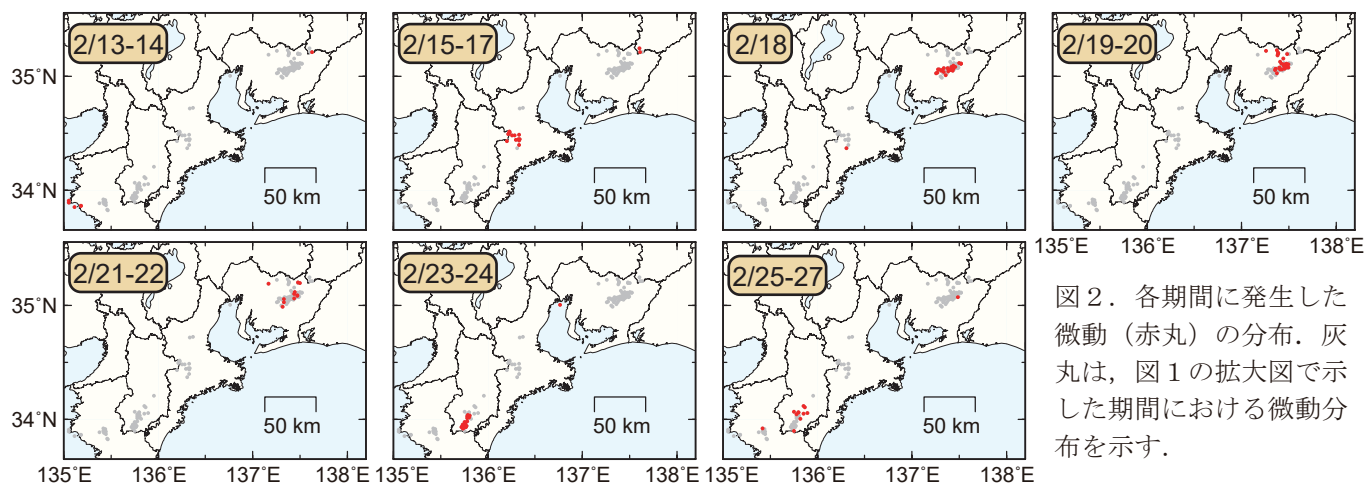


図2. 各期間に発生した微動(赤丸)の分布. 灰丸は, 図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す.

● 1月27日～2月3日頃に四国東部において、やや活発な微動活動。

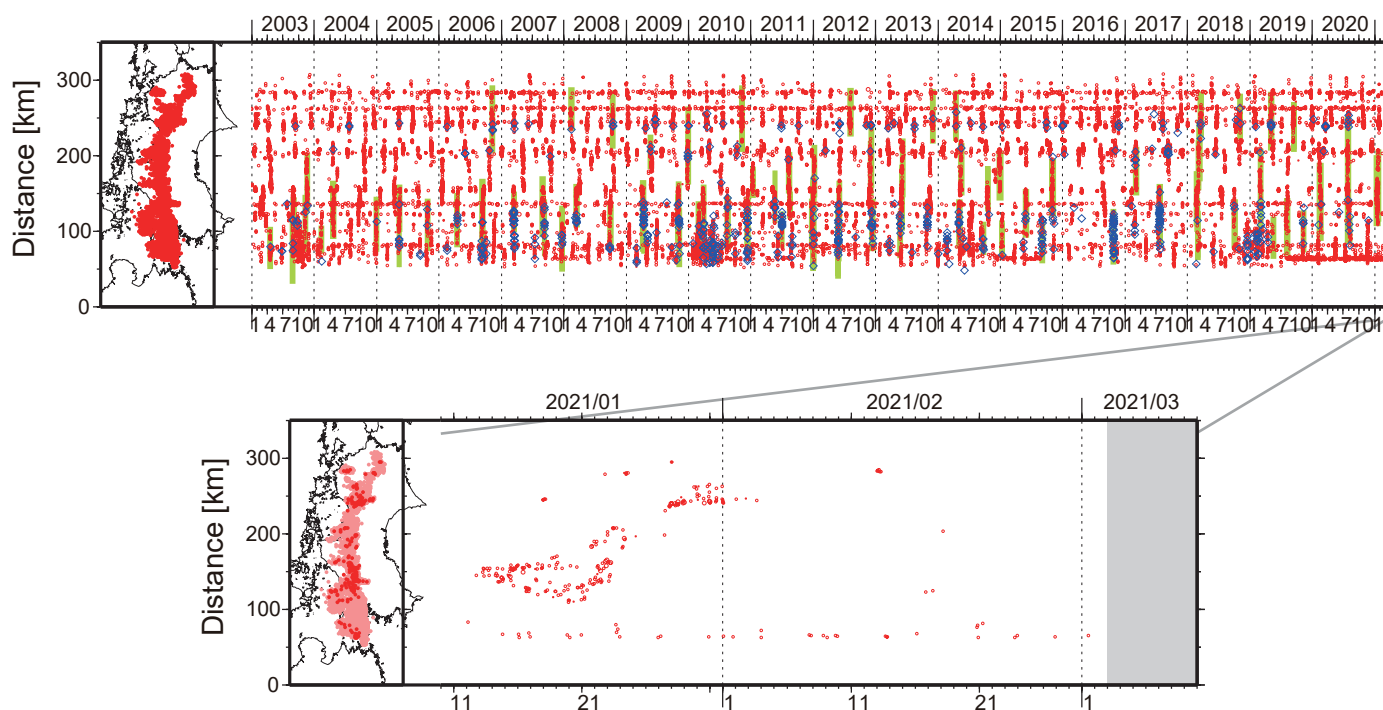


図1. 四国における2003年1月～2021年3月2日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する超低周波地震(Ito et al., 2007)である. 黄緑色太線は、これまでに検出された短期的スロースリップイベント (SSE) を示す. 下図は2021年2月を中心とした期間の拡大図である. 1月27日～2月3日頃には、愛媛・香川・徳島県境付近から徳島県中部においてやや活発な微動活動がみられた. この活動では、東方向への活動域の拡大がみられた. その他の活動としては、2月13日頃に香川県においてごく小規模な活動がみられた.

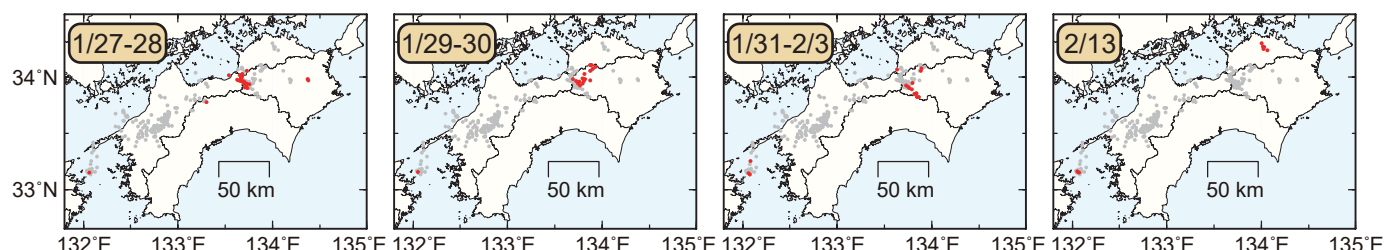


図2. 各期間に発生した微動分布 (赤丸). 灰丸は図1の拡大図で示した期間の微動分布.

紀伊半島南東沖の微動活動(2021年2月)

- ・活動は低下傾向.
- ・DONET1 直下の領域で断続的に小規模な活動. 2月17-20日にやや活発化.
- ・2月17-21日に室戸沖で小規模な活動.

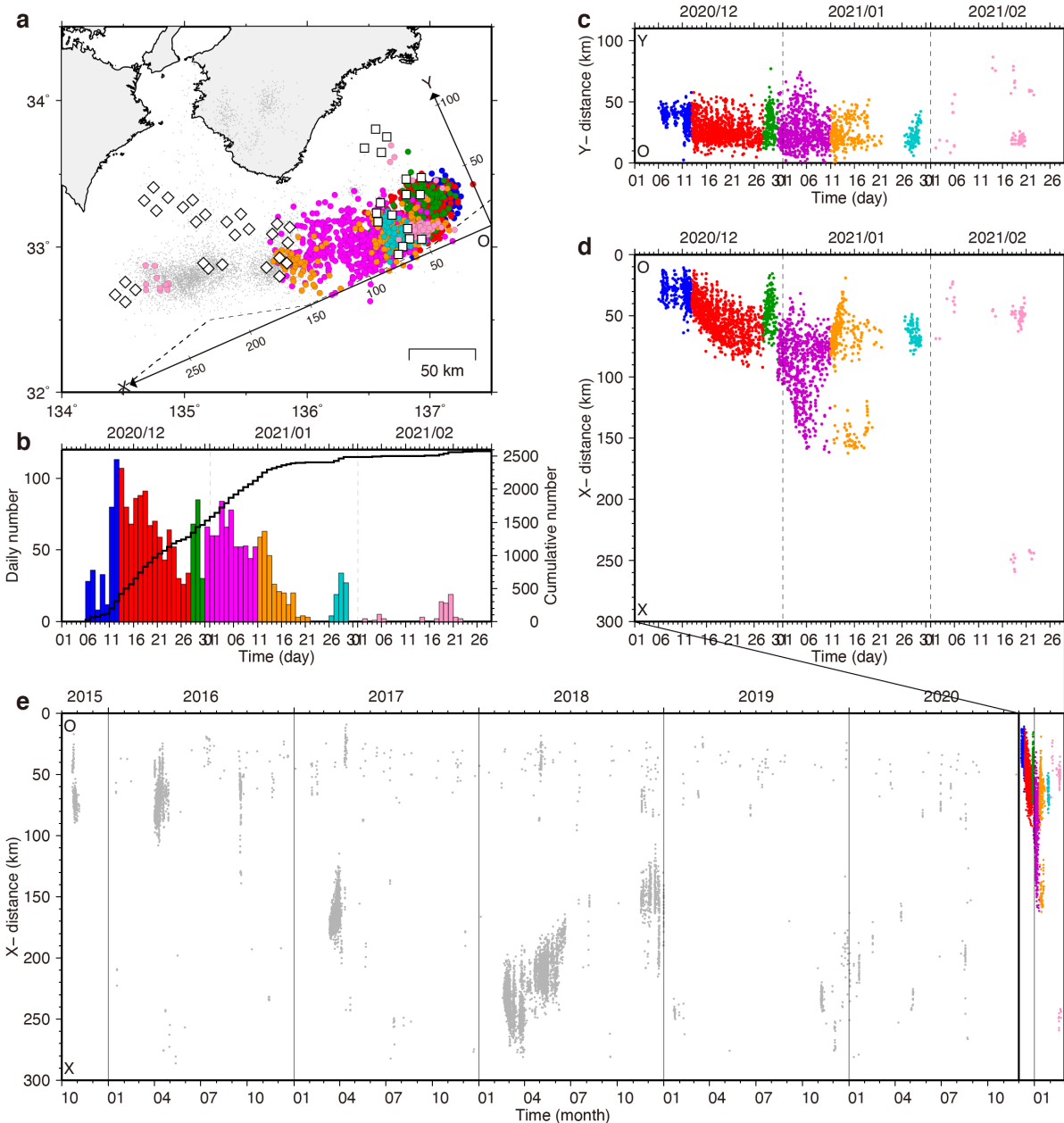


図1：微動の時空間分布。(a)震央分布。色は期間に対応(b参照)。2020年11月以前(2015年10月から)の微動を灰色の点で示す。□◇はそれぞれDONET1, DONET2観測点。点線は海溝軸。微動の検出・震源決定にはエンベロープ相関法コード(Ide, 2010; Ohta et al., 2019)を用い、DONET1およびDONET2の水平2成分速度波形(2-6Hz)を使用。検出されたイベントの内、継続時間20秒以上、震央誤差10km以内、群発条件(1日&20km以内に4イベント以上)を満たすものを微動として採用。2月はDONET1直下(X軸50km付近)と室戸沖(X軸250km付近)に活動あり。(b)検出数の日別ヒストグラムと累積。断続的に小規模な活動。(c)震央の時空間分布。傾斜方向(Y軸)に投影。(d)走向方向(X軸)に投影。2月17-20日に紀伊半島沖でやや活発化。2月17-21日に室戸沖で小規模な活動。(e)2015年10月-2021年2月の全微動の時空間分布(X軸投影)。

三次元地震波速度構造を用いて決定した2021年2月13日 福島県沖の地震周辺の震源分布

- S-netも含めて解析した三次元地震波速度構造や観測点補正值(Matsubara et al., 2019)を用いて2021年2月13日の地震を含む約4年間の地震の震源を再決定
- 2月13~14日の地震活動域はスラブ内の地震であることを示唆

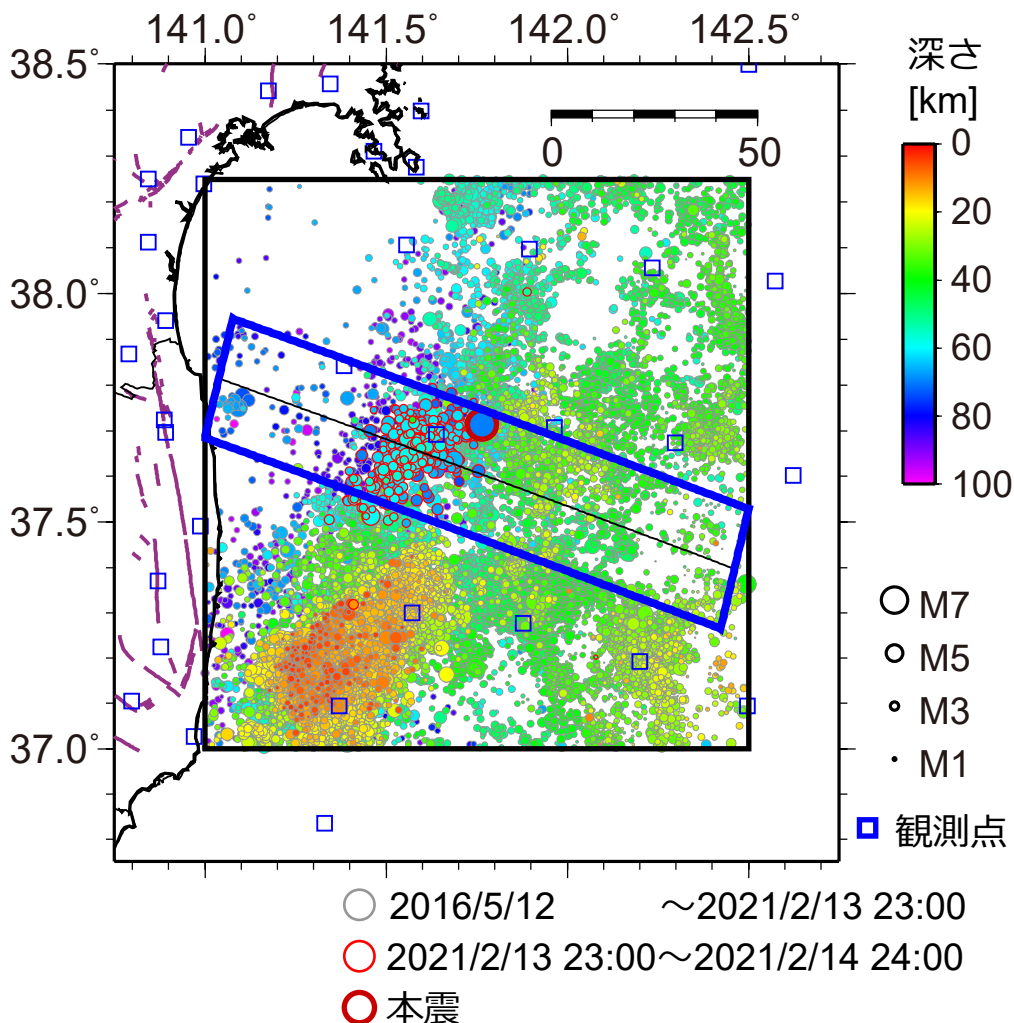


図1 矩形内の三次元地震波速度構造と観測点補正值 (Matsubara et al., 2019)を用いて再決定した震源分布。シンボル内の色は地震の深さを示す。

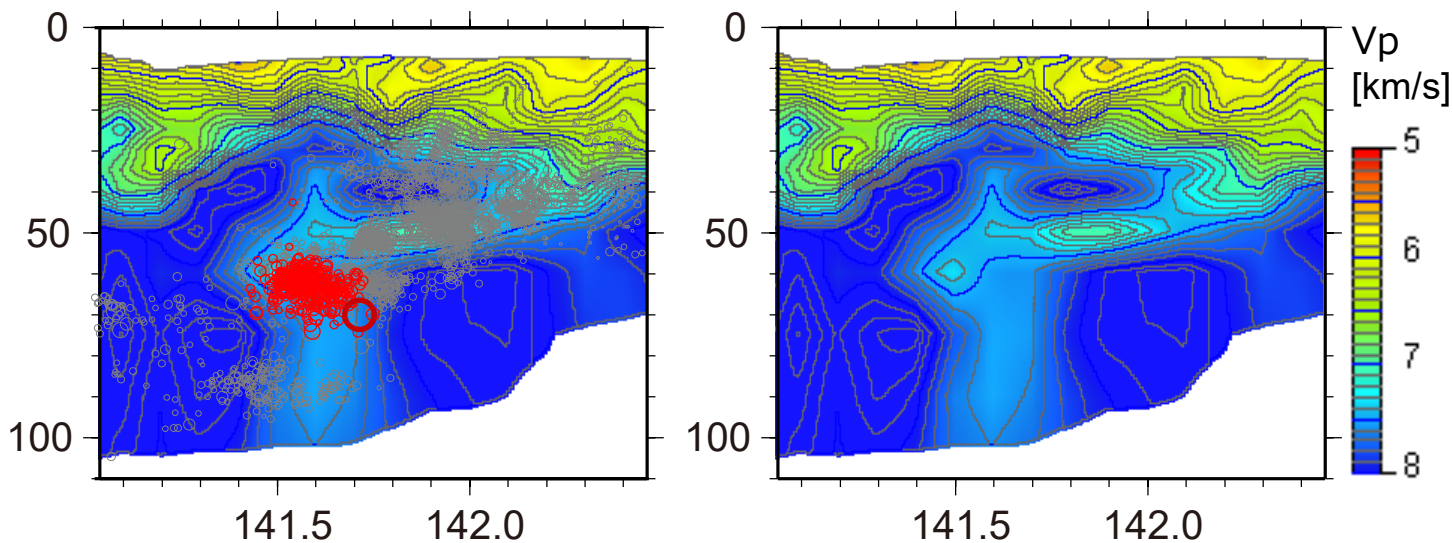


図2 図1の青枠内(中心線から15km以内)で発生した地震の震源分布。背景はMatsubara et al. (2019)のP波速度構造を示す。

謝辞：本解析には、気象庁、東北大学、東京大学、地震予知総合研究振興会のデータも使用させて頂きました。

2021年2月13日福島県沖の地震の震源過程（暫定）



2021年2月13日23時8分頃に福島県沖で発生した地震（Mj 7.3; 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12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24°・傾斜33°（F-netによる）、大きさ 32 km × 24 km、破壊開始点は気象庁震源位置
- 推定結果： $M_0=4.7 \times 10^{19}$ Nm (M_w 7.0)、最大すべり量 2.7m、Vftw 2.4 km/s
すべりの大きい領域は破壊開始点の南西側に位置し、その領域での破壊は地震発生から5-10秒後に生じていた。

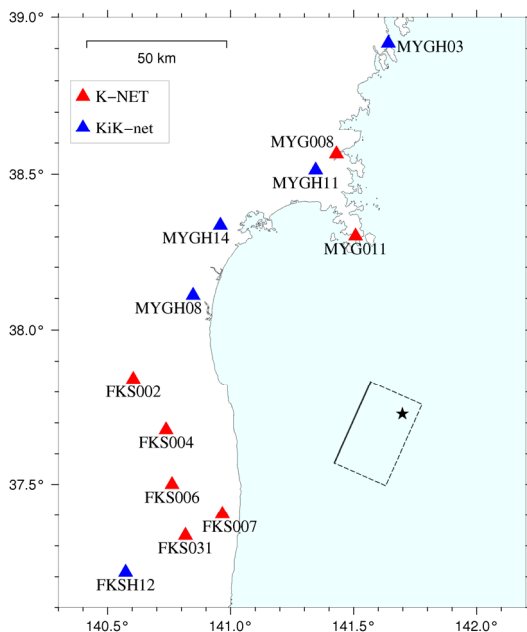


図1：観測点の分布および断層面布の地表投影。星印は破壊開始点を示す。

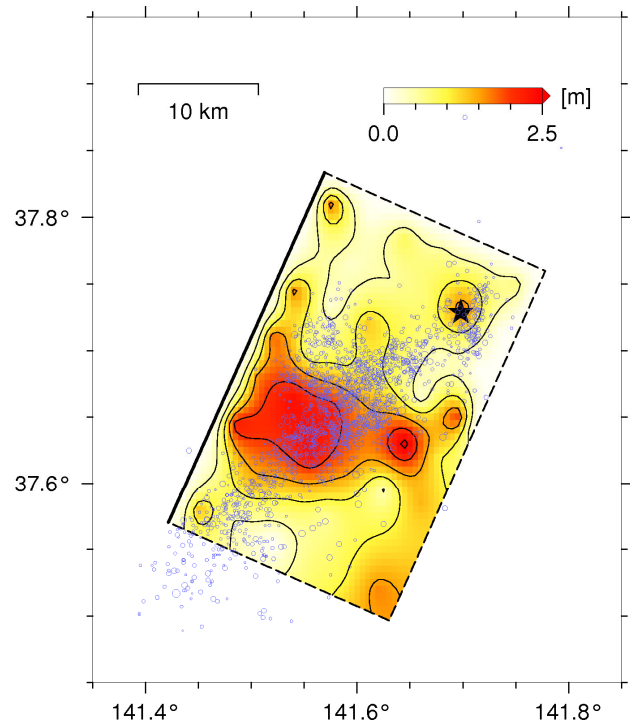


図2：すべり分布の地表投影。星印は破壊開始点を、青丸は本震発生から1日以内に発生した余震の震源位置を示す。

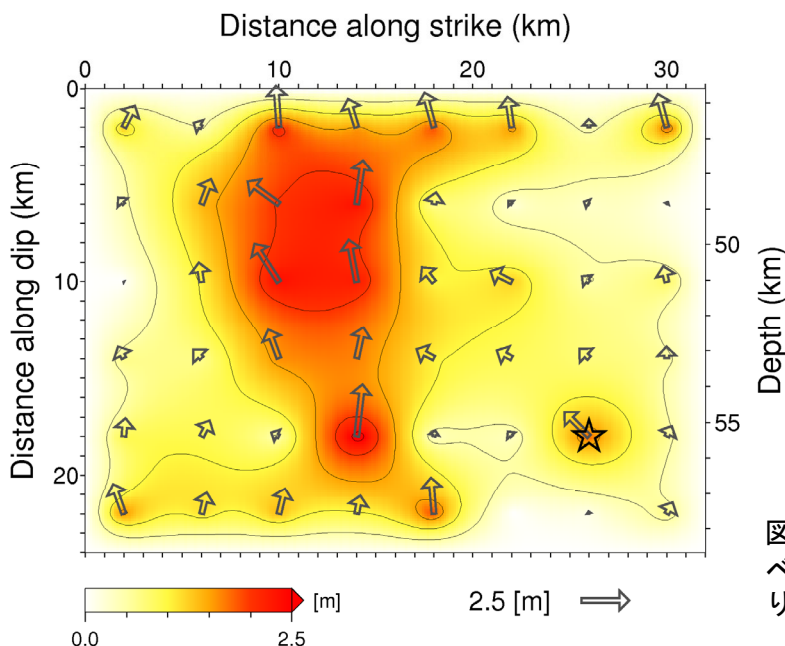


図3：断層面上の最終すべり分布図。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を、星印は破壊開始点を示す。

2021年2月13日福島県沖の地震の震源過程（暫定）

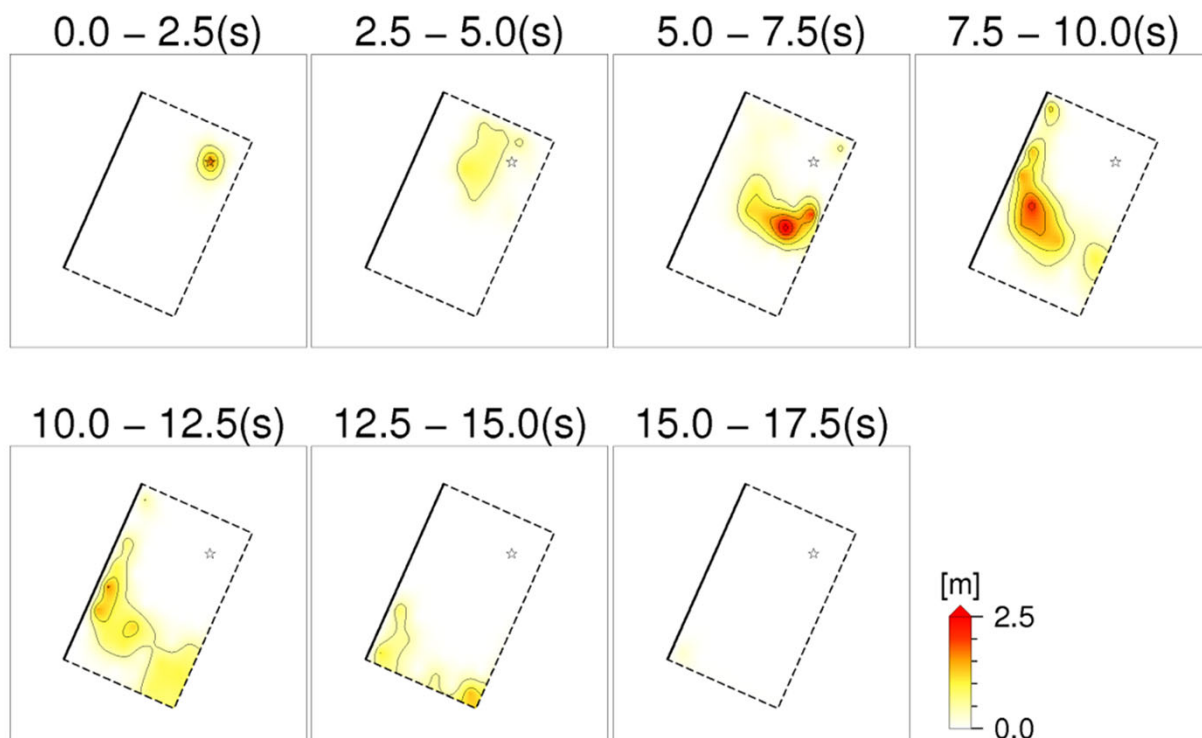


図4：破壊の時間進展過程。2.5秒ごとのすべり分布を地表投影している。

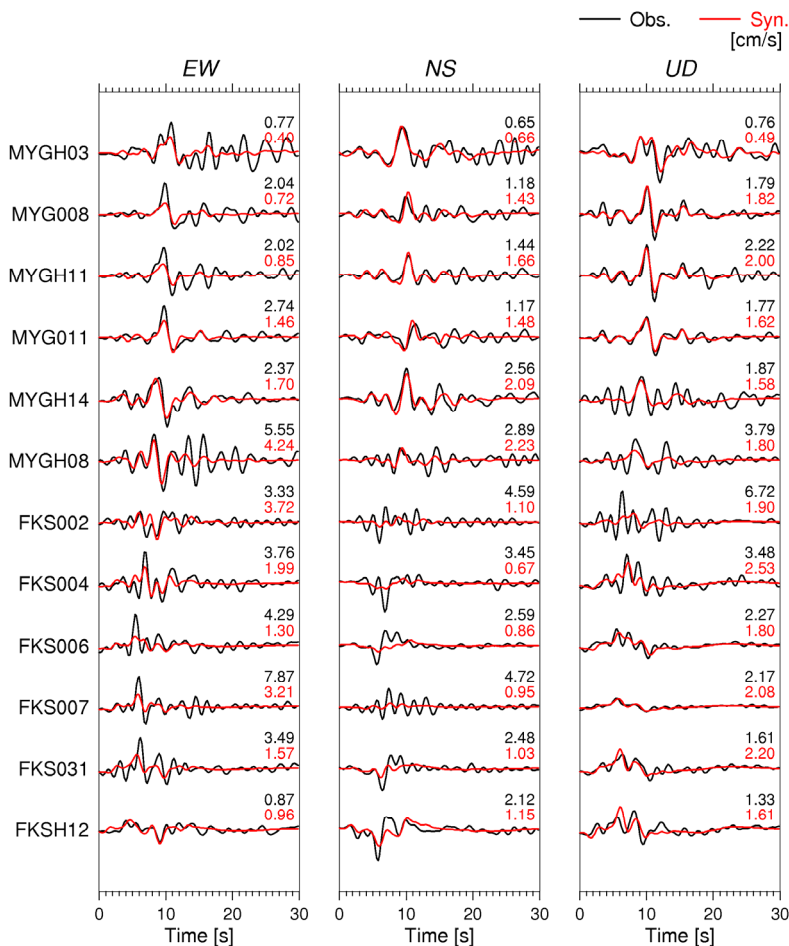


図5：観測波形（黒線）と理論波形（赤線）の比較。波形の右上にそれぞれの最大値を示す。

- 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10日間のエネルギー放射量(4-20Hz)を推定
- 地震発生から10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0.57%。これは2003年、2011年の宮城県沖地震(それぞれ0.85%、0.87%)と同程度

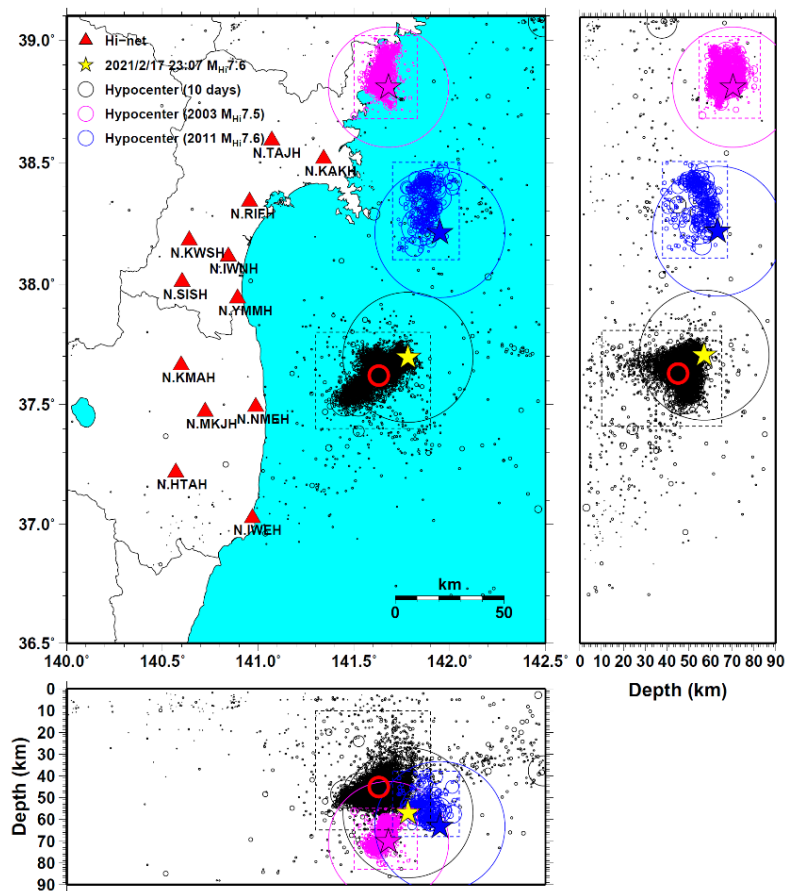


図1: Hi-net震源の分布(黒丸)、およびエネルギー放射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。黄色の星印は福島県沖の地震の震源。エネルギー放射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。紫と青の丸および星印は、2003年、2011年の宮城県沖地震の余震分布および本震の震源。

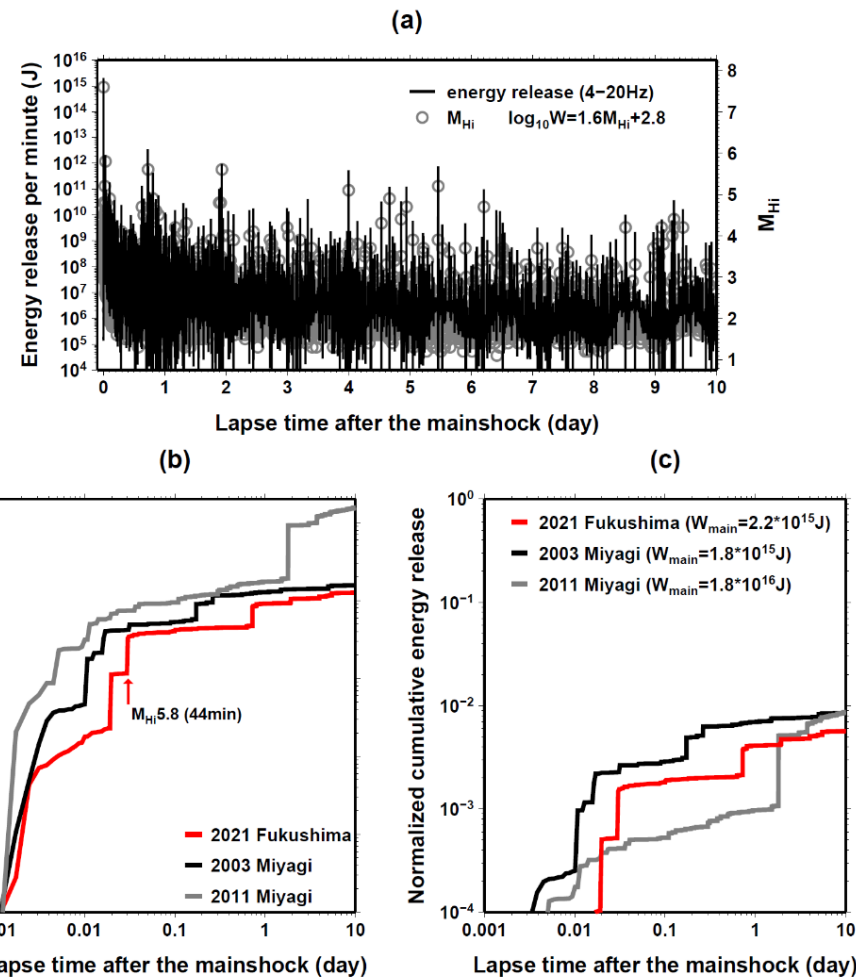


図2: (a) 黒線: 地震発生から10日後までのエネルギー放射量 W (4-20Hz)の推移。灰色丸: 気象庁一元化震源を基に作成したM-T図。図中に示す M と W の関係式は、2016年熊本地震の余震について作成したもの(Sawazaki et al., 2016)。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ福島県沖の地震、2003年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.5)、2011年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.6)後の余震による積算エネルギー放射量(4-20Hz)の推移。(c) 相対積算エネルギー放射量(余震の積算エネルギー放射量÷それぞれの「本震」によるエネルギー放射量 W_{main})の推移。

補足資料(1) 2003年5月26日宮城県沖地震(M_{Hi} 7.5)による高周波エネルギー輻射量

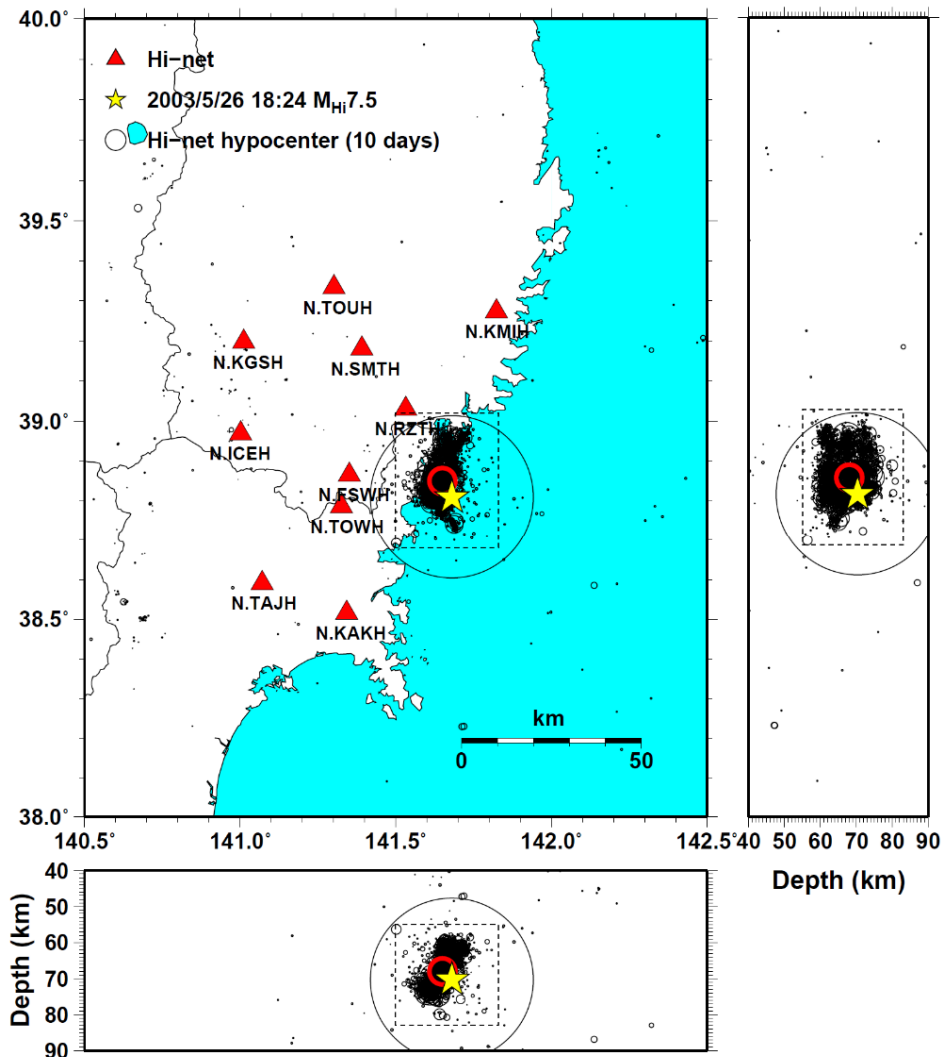


図1: Hi-net震源の分布(黒丸)、およびエネルギー輻射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。黄色の星印は2003年宮城県沖地震の震源。エネルギー輻射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。

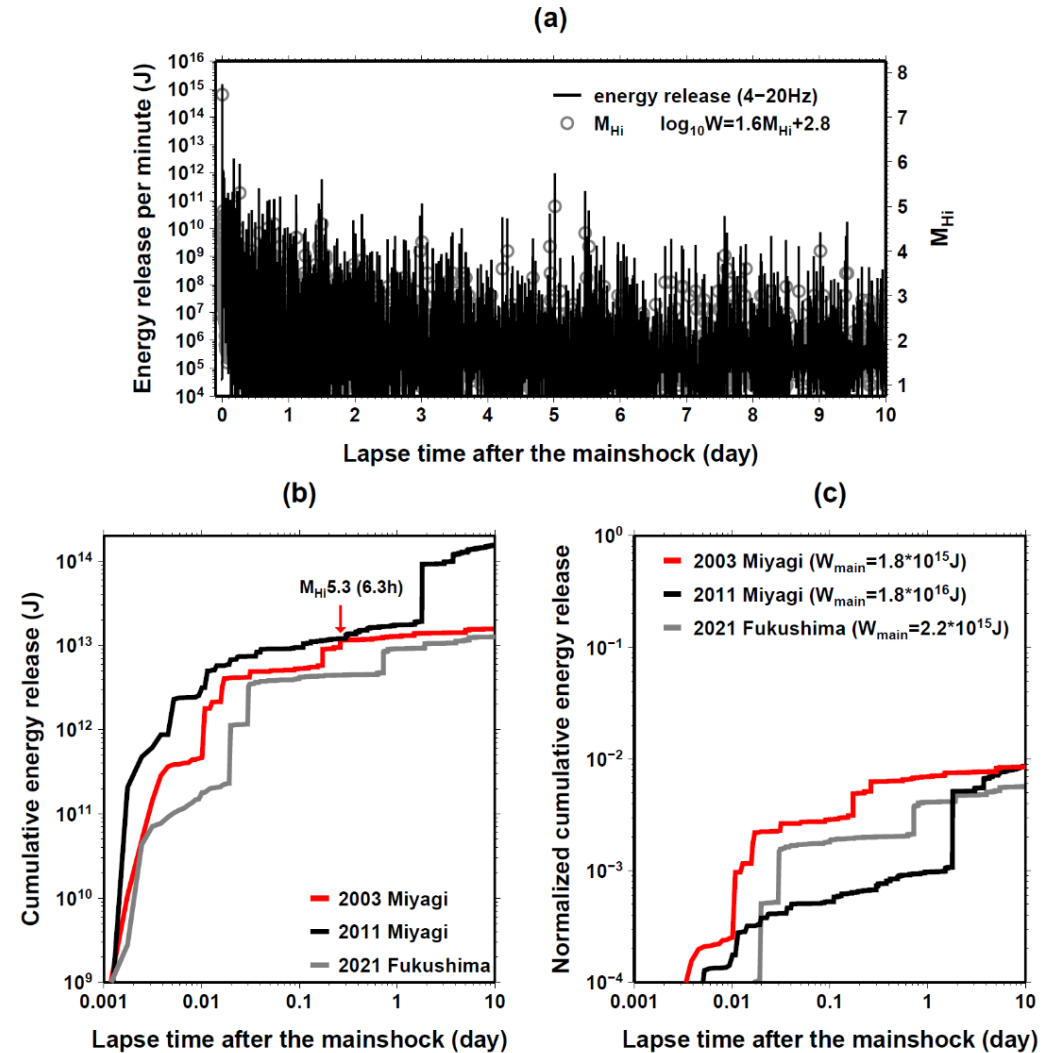


図2: (a) 黒線: 地震発生から10日後までのエネルギー輻射量 W (4-20Hz)の推移。灰色丸: 気象庁一元化震源を基に作成したM-T図。図中に示すMと W の関係式は、2016年熊本地震の余震について作成したもの(Sawazaki et al., 2016)。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ2003年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.5)、2011年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.6)、2021年福島県沖の地震(M_{Hi} 7.6)後の余震による積算エネルギー輻射量(4-20Hz)の推移。(c) 相対積算エネルギー輻射量(余震の積算エネルギー輻射量÷それぞれの「本震」によるエネルギー輻射量 W_{main})の推移。

補足資料(2) 2011年4月7日宮城県沖地震(M_{Hi} 7.6)による高周波エネルギー輻射量

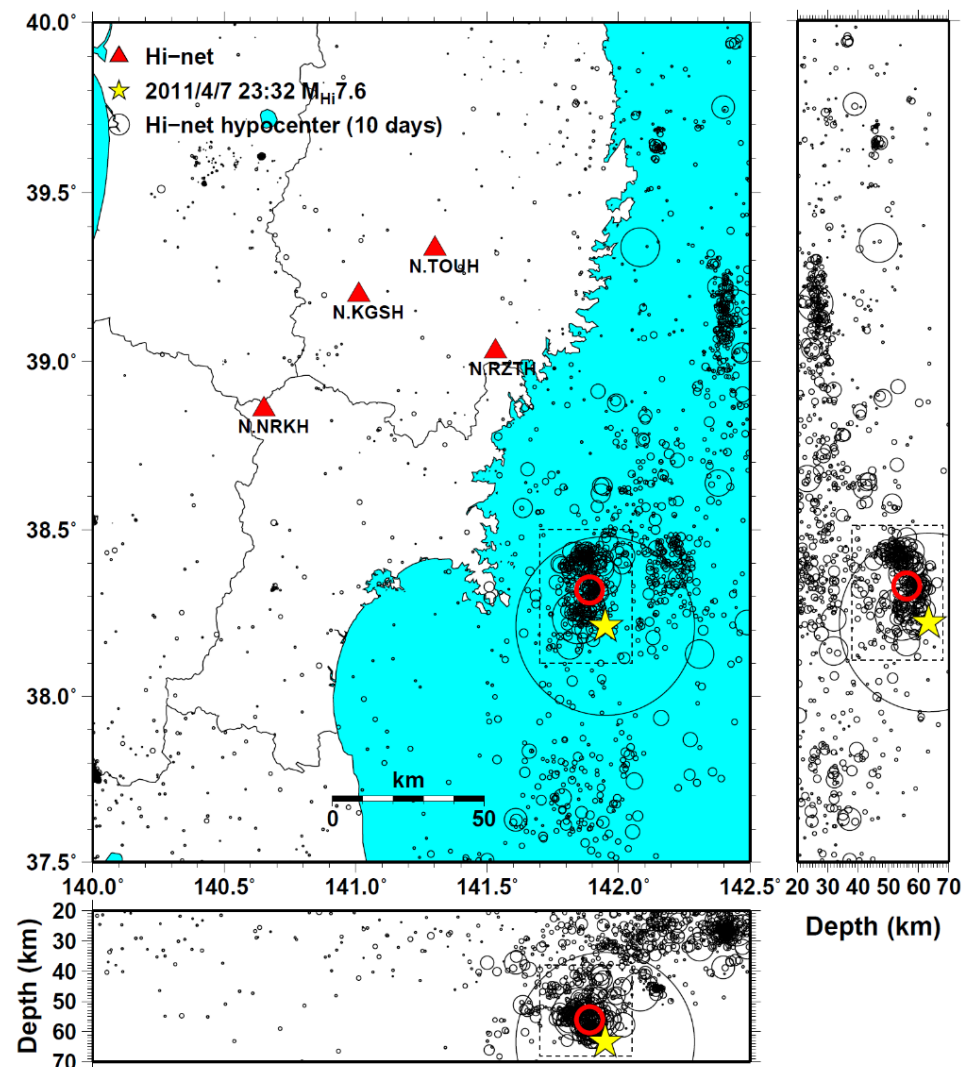


図1: Hi-net震源の分布(黒丸)、およびエネルギー輻射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。黄色の星印は2011年宮城県沖地震の震源。エネルギー輻射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。

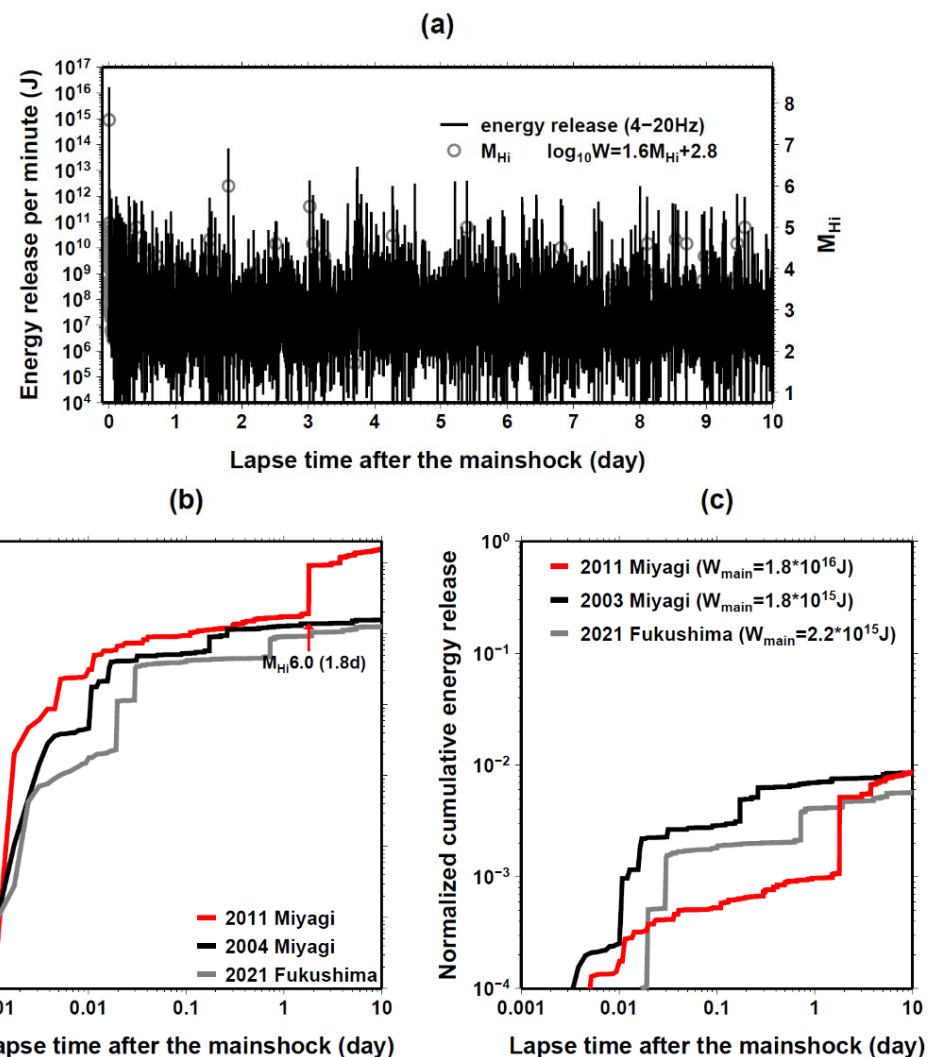


図2: (a) 黒線: 地震発生から10日後までのエネルギー輻射量 W (4-20Hz)の推移。灰色丸: 気象庁一元化震源を基に作成したM-T図。図中に示すMと W の関係式は、2016年熊本地震の余震について作成したもの(Sawazaki et al., 2016)。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ2011年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.6)、2003年宮城県沖地震(M_{Hi} 7.5)、2021年福島県沖の地震(M_{Hi} 7.6)後の余震による積算エネルギー輻射量(4-20Hz)の推移。(c) 相対積算エネルギー輻射量(余震の積算エネルギー輻射量÷それぞれの「本震」によるエネルギー輻射量 W_{main})の推移。

S-netが観測した2021年2月13日福島県沖の地震による津波 (1)

- 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) が2021年2月13日の福島県沖の地震における津波を観測
- 観測された津波の最大振幅は震源近傍の観測点で数cm, 卓越周期は約2000秒
- 2016年福島県沖の地震のS-net記録と比べ, 最大振幅は20分の1, 卓越周期は半分ほど

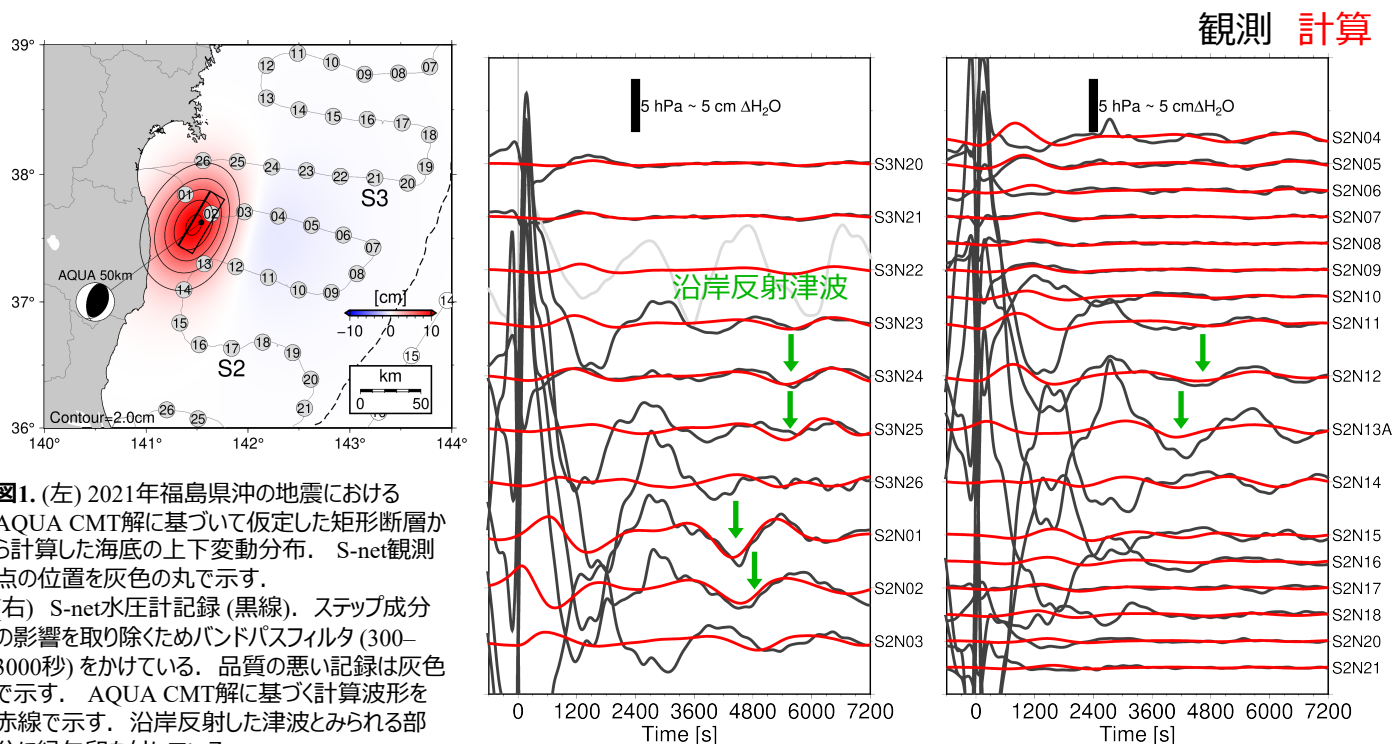


図1. (左) 2021年福島県沖の地震におけるAQUA CMT解に基づいて仮定した矩形断層から計算した海底の上下変動分布。S-net観測点の位置を灰色の丸で示す。(右) S-net水圧計記録(黒線), ステップ成分の影響を取り除くためバンドパスフィルタ(300–3000秒)をかけている。品質の悪い記録は灰色で示す。AQUA CMT解に基づく計算波形を赤線で示す。沿岸反射した津波とみられる部分に緑矢印を付している。

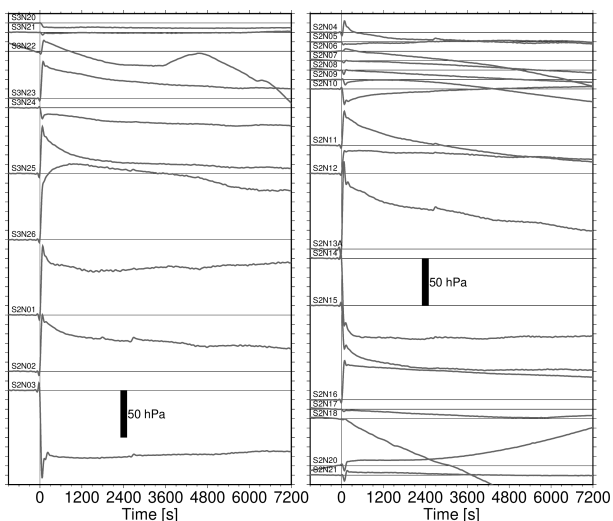


図2. 2021年福島県沖の地震のS-net水圧計の記録。潮汐成分を除去したのち、ローパスフィルタ(100秒)をかけている。地震の直後にステップ状の変動が観測されている。ステップ量は最大で約70hPaである。

2021年2月13日の福島県沖の地震(深さ55 km)についてAQUA CMT解に基づいて津波を計算した(図1左)。震央周辺の観測点において、地震から1~2時間後の数hPaの水圧変動がよく再現された(図1右, 緑矢印)。この変動は、時間遅れを考えると福島県沿岸で反射した津波である。

S-netの水圧記録には、地震直後のステップ状の変動およびドリフトも含まれていた(図2)。ステップは地震動によって水圧計が動いてしまったことに起因すると考えられ、地震・津波に直接起因するものではないとみられる。

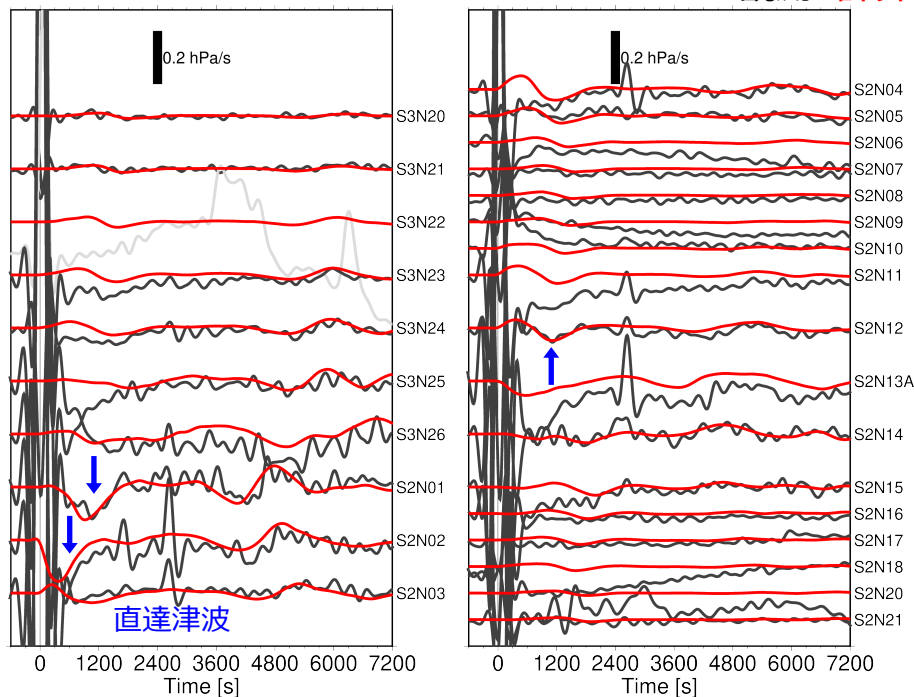
今回の地震での津波の最大振幅は近傍の観測点でも数cm, 卓越周期はおよそ2000秒であり, 振幅が小さく卓越周期が有意に長いという特徴を持つ。これに対し2016年11月22日に福島県沖で発生した地震(M_{JMA} 7.4, 深さ25km)におけるS-net記録の最大振幅は約40cm, 卓越周期は1000秒ほどである(久保田・他, 2020 JpGU)。今回の地震は震源が深かったため, 津波波源となる海底地殻変動域の空間波長が大きく, かつ, 最大変動量が小さくなったことにより, このような違いがでたと考えられる。

S-netが観測した2021年2月13日福島県沖の地震による津波 (2)

水圧時間微分波形の比較

水圧時間微分波形, ローパス (300s)

観測 計算



水圧ステップ変化を時間微分するとインパルス状になるため、波形にあらわれるステップの影響を軽減することができる (Kubota et al. 2018). 時間微分をした水圧観測波形とCMT解に基づく計算波形を波形を比較したところ、いくつかの観測点において地震直後の震源域からの直達の津波が確認できた (図3, 青矢印).

図3. 2021年福島県沖の地震におけるS-net水圧時間微分記録 (黒線) と, AQUA CMT解に基づく計算波形の時間微分 (赤線) の比較. ローパスフィルタ (300秒) をかけた波形同士を比較している. 波源域からの直達の津波とみられる部分に青矢印を付している.

[参考] 水圧時間微分波形, バンドパス (300-3000s)

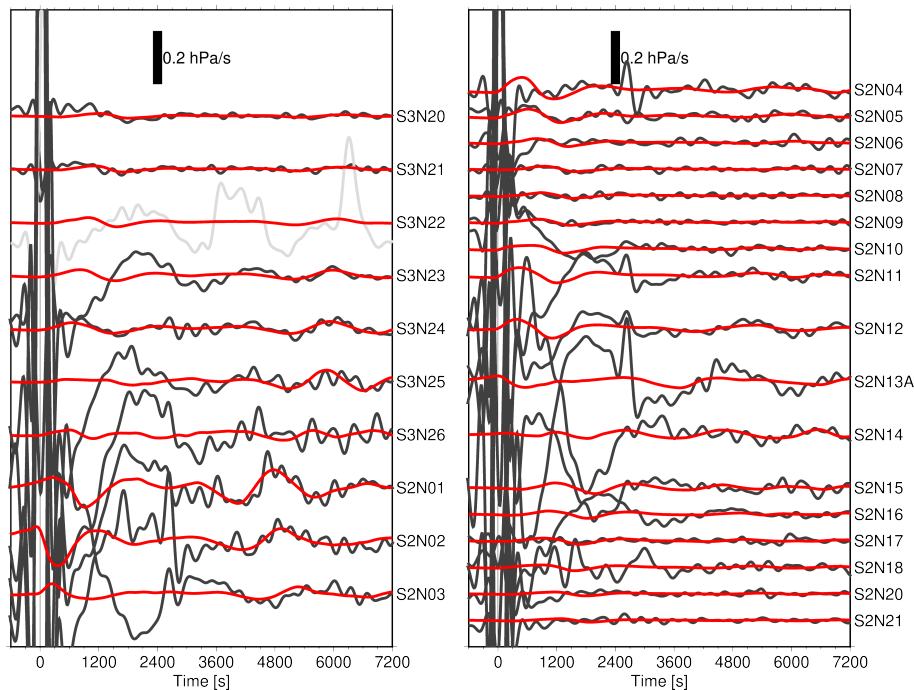
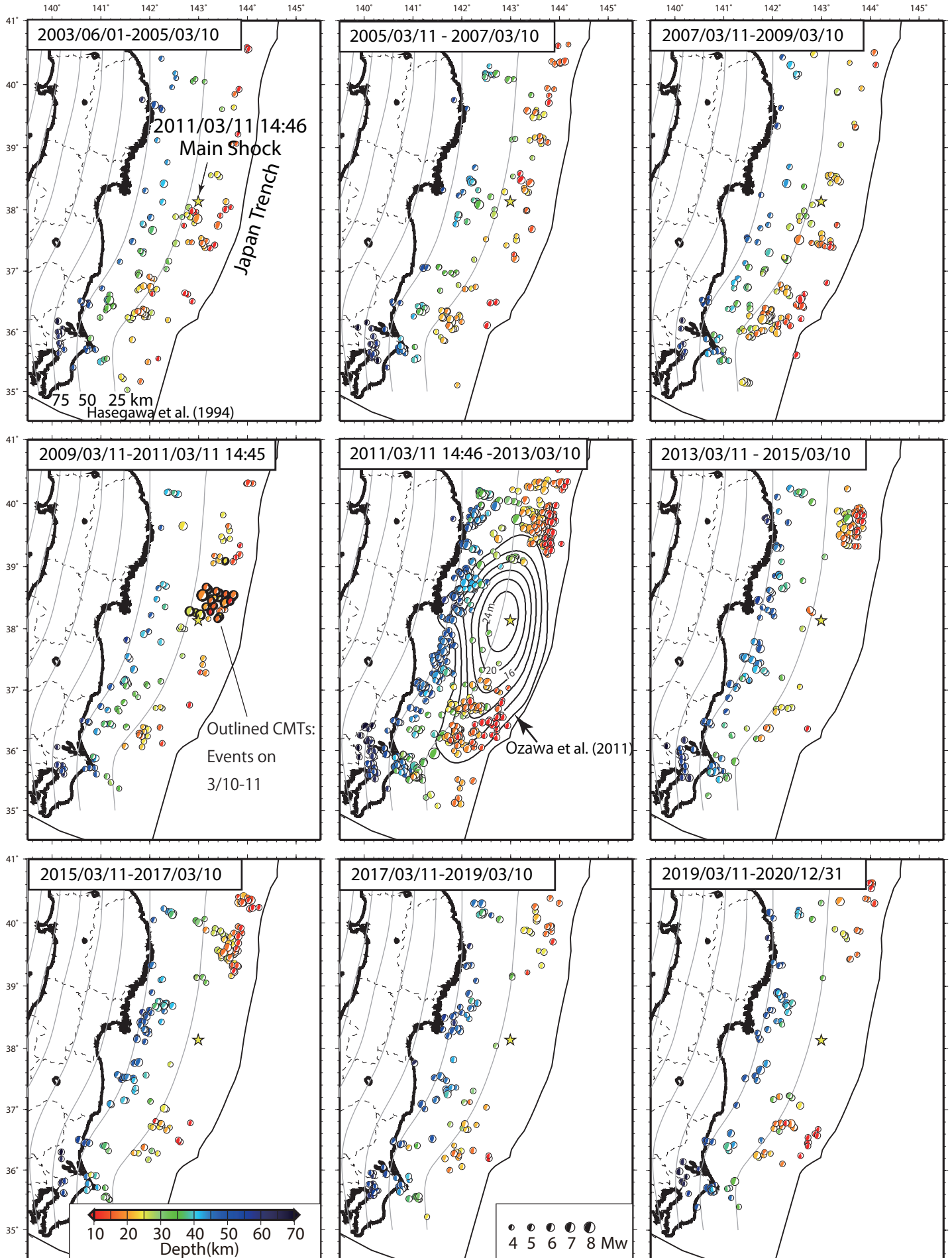


図4. 2021年福島県沖の地震におけるS-net水圧時間微分記録 (黒線) と, AQUA CMT解に基づく計算波形の時間微分 (赤線) の比較. バンドパスフィルタ (300-3000秒) をかけた波形同士を比較している.

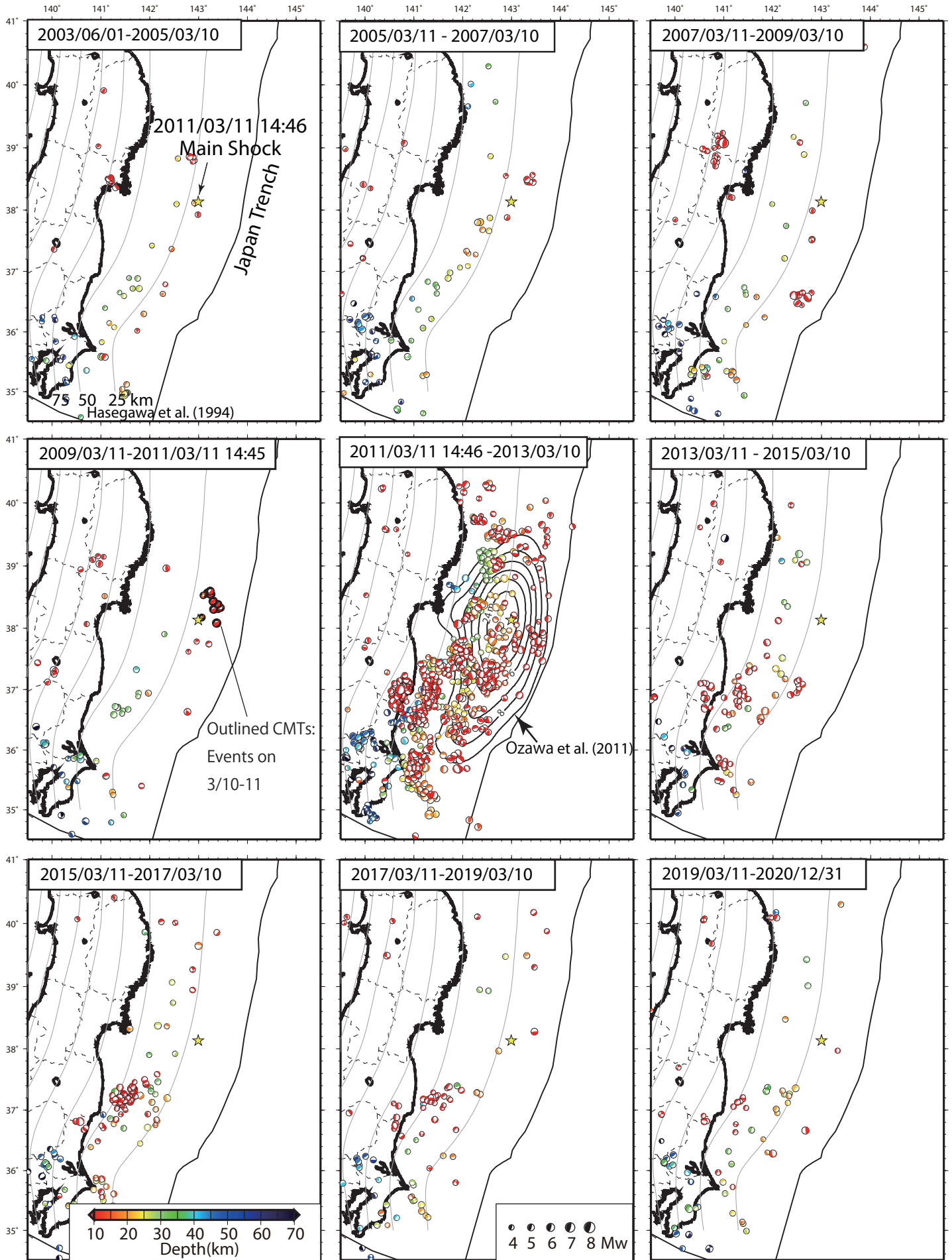
震源域周辺におけるセントロイド・モーメントテンソル(CMT)解析

- F-net 広帯域速度計および Hi-net 併設高感度加速度計の記録を Ito et al. (2007) の手法で解析
- プレート境界型の余震の多くが本震時すべりの大きい領域を避ける傾向に大きな変化なし



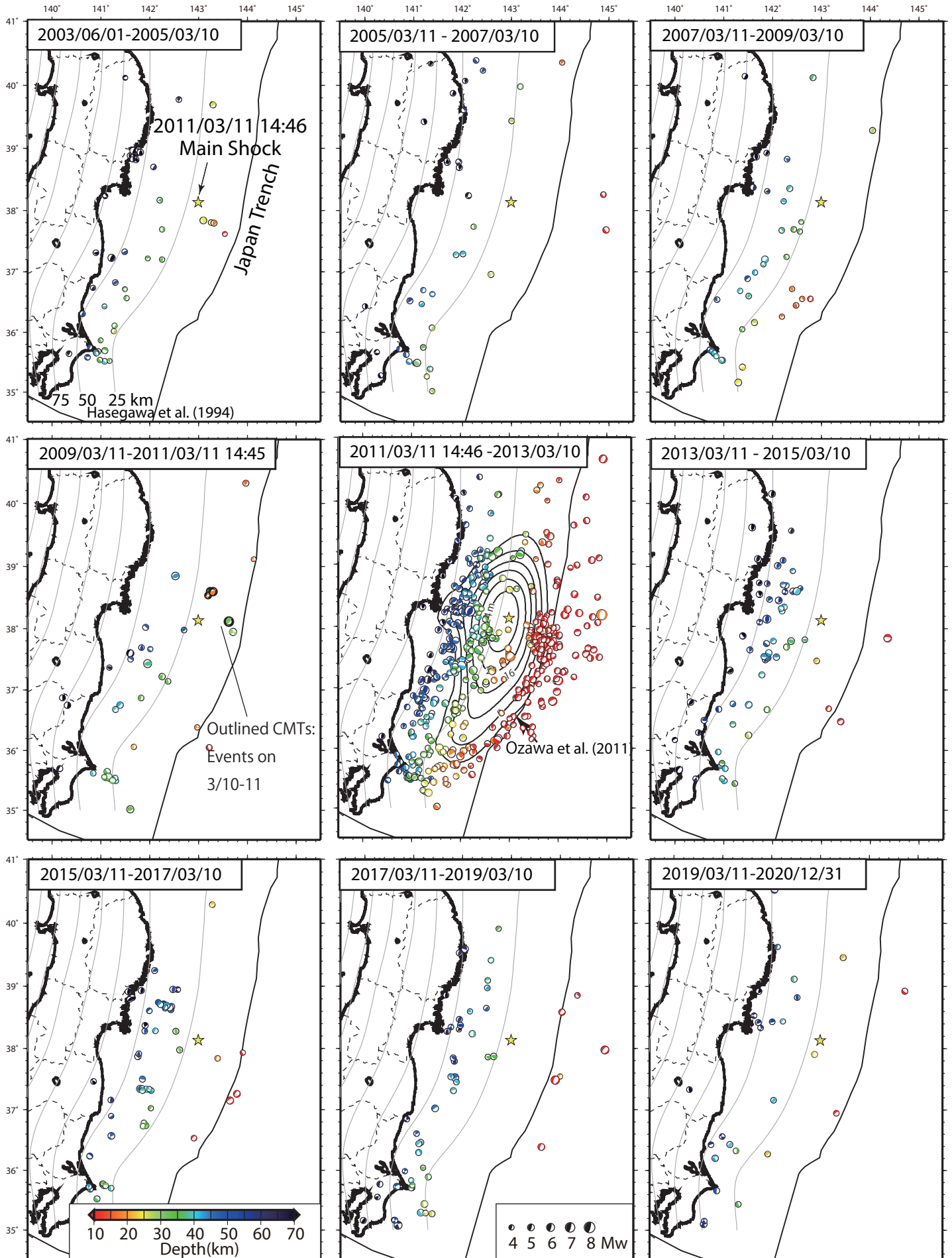
参考

上盤側



参考

下盤側



東北地方太平洋沖の超低周波地震活動状況 (2005 ~ 2020 年)

- 2011 年東北地方太平洋沖地震後には、福島・茨城沖，岩手沖において超低周波地震の活動が活発化.
- その後活動度は低下しつつも，断続的な活発化がみられる.

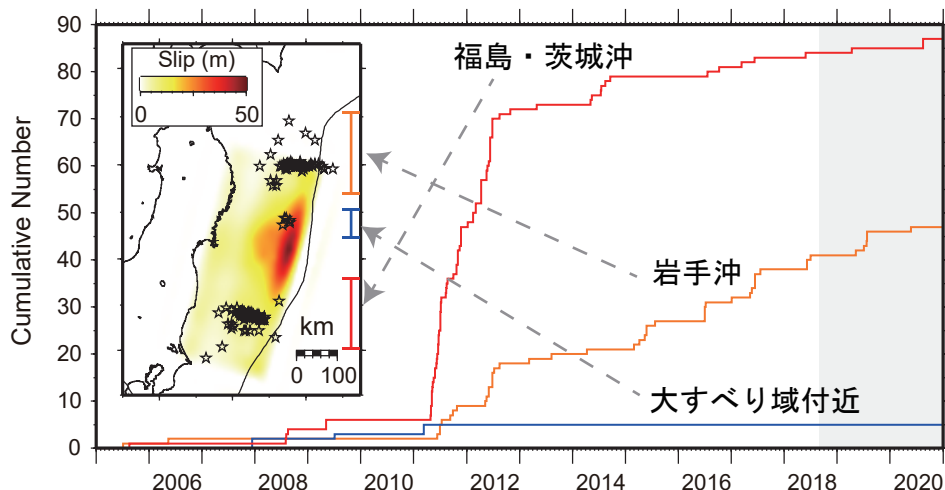


図 1. 東北地方太平洋沖において，Matsuzawa et al., (2015) および Nishikawa et al. (2019) の matched filter 解析により 2005 年 1 月 ~ 2018 年 8 月の期間に検出された超低周波地震に，2018 年 9 月 ~ 2020 年 12 月までの暫定解析結果 (図，灰色ハッチ期間) を加えた，各領域における超低周波地震の積算数を示す. 図中の地図には，この震央分布を星印で，Suzuki et al. (2011) による 2011 年東北地方太平洋沖地震のすべり量分布を色で，それぞれ示す. 超低周波地震は大きく分けて，岩手沖，大すべり域付近，福島・茨城沖の 3 つのクラスター状の領域で発生していることがわかる. 積算図の橙線，青線，赤線はそれぞれ岩手沖，大すべり域付近，福島・茨城沖のクラスターでの活動に対応する. 福島・茨城沖および岩手沖では，2011 年東北地方太平洋沖地震後に超低周波地震活動の活発化がみられる. 一方，大すべり域付近では，活動が静穏化している可能性が示唆される. このような活発化・静穏化は，大地震に伴う応力の再分配や余効変動に起因する可能性が考えられる. また，福島・茨城沖や岩手沖の活動度は 2011 ~ 2012 年頃に比べ低下しつつも，現在のところ断続的な活発化がみられている. また S-net データの解析からは，超低周波地震活動に同期して微動活動の活発化がみられ，スロースリップイベントの発生が示唆される (Tanaka et al., 2019; Nishikawa et al., 2019).

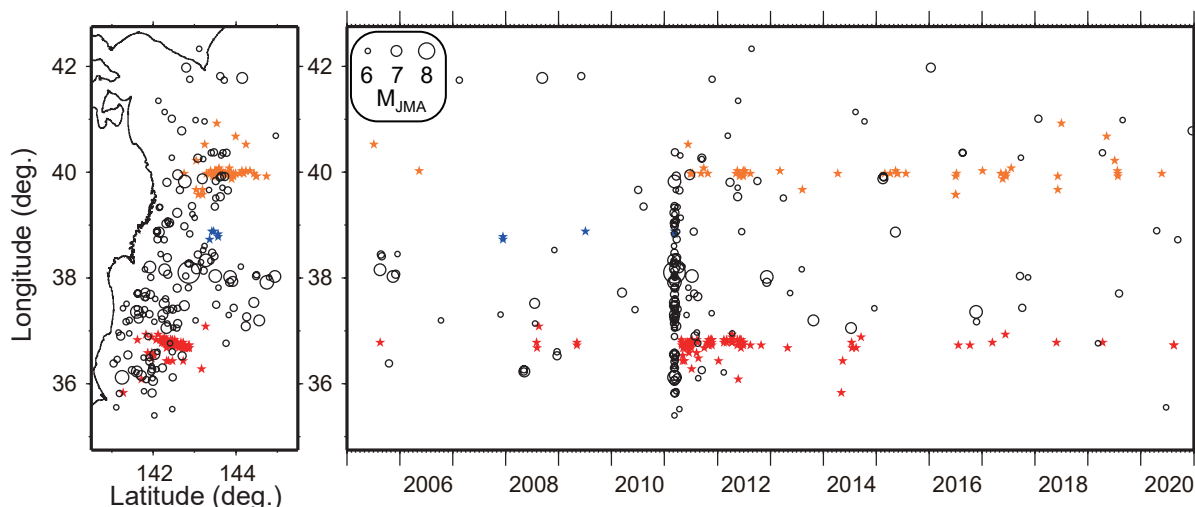


図 2. 左図は，図 1 に示した超低周波地震 (星印)，および東経 141 ~ 145 度の 80km 以浅で発生した M6 以上の通常の地震 (丸印) の震央を示す. 震源カタログは気象庁一元化震源を用いた. 右図は時空間プロットを示す. 2014 年の福島・茨城沖の活動や 2015 年の岩手沖の超低周波地震の活動は付近で発生した地震の後に，しばらくの期間にわたって活発化がみられた.