

7-1 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動（2025 年 5 月～10 月） Seismic Activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku Districts (May – October 2025)

気象庁 大阪管区気象台
Osaka District Meteorological Observatory, JMA
気象研究所
Meteorological Research Institute, JMA

今期間、近畿・中国・四国地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 17 回発生した。これらのうち、規模が最大の地震は、2025 年 8 月 17 日に日向灘で発生した M5.7 の地震であった。

2025 年 5 月～10 月の M4.0 以上の地震の震央分布を第 1 図 (a) 及び (b) に示す。

主な地震活動は以下のとおりである。

(1) 山口県北部の地震活動（最大 M2.3, 第 2 図 (a)～(h)）

山口県北部では、2025 年 2 月から微小地震活動が始まり、地殻の下部である深さ 25km から 30km 程度でまとまって発生している。地震発生回数は、7 月に入ってから増減を繰り返しながら大局的には減少してきている。10 月 31 日までの最大規模の地震は M2.3 で、震度 1 以上を観測した地震は発生していない。

波形相関を用いた Double-Difference 法¹⁾による震源分布では、大局的に西傾斜の分布がみられる中、時間経過とともに深さ方向及び水平方向に震源が移動している様子がみられている。

P 波初動と S 波初動を併用した発震機構解の推定²⁾では、M1.7 以上の 11 個の地震について、P 波初動のみで求めたものと整合的な解をより安定して求めることができた。それらの発震機構解は多様である。

発震機構解がばらついていることを利用して、既存弱面に対する滑りは、その面内において剪断応力が最大となる方向に生じるとした Wallace Bott 仮説³⁾⁴⁾を基にした起震応力場の推定を試みた。Horiuchi et al. (1995)⁵⁾は、安定した発震機構解が得られているイベント数が少なくても、解の取りうる範囲を考慮して、不整合な P 波初動観測数を最小にするような起震応力場の推定が可能である。初動読み取りは、中村(2002)⁶⁾や Nakamura (2004)⁷⁾による自動によるもの(ベッセルバンドパスフィルタは用いていない; 2025 年 2 月から 2025 年 6 月 30 日; M1.0 以上で 3 観測点以上で P 波初動の読取値が得られたイベント)を用いた。起震応力場が時空間変化していないと仮定した解で概ね説明できるものの、地震活動の休止が見られ前後で活動領域に変化が見られた前・後半で、 σ_1 と σ_3 の候補領域の重なりがほとんどないことから、時空間変化がある可能性が示唆される。どのような時空間変化を仮定した解析を行うべきかは今後の検討課題である。

非定常 ETAS 解析による背景地震活動度 $\mu(t)$ は、地震活動(強度関数 λ)の高まりに対応するように増加する時期も見られるが、大局的には減少してきている。GNSS 基線長データのスタッキング結果は、微小地震活動が始まった頃から伸びの変化が見られ、地震発生回数が減少した 7 月から変化が停滞してきている。

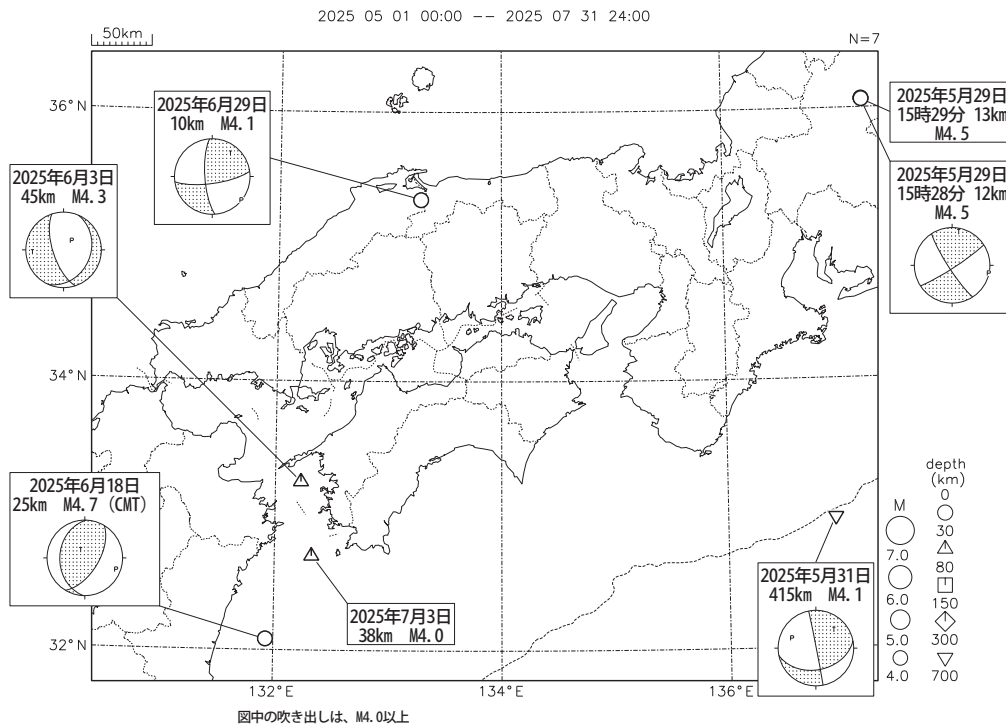
謝辞

初動発震機構解及び起震応力場の推定の一部の解析にはペタバイトサーバ⁸⁾を利用させていただいた。深く感謝する。

参考文献

- 1) Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth. (2000), *Bull. Seismo. Soc. AM.*, **90**, 1353-1367.
A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California.
- 2) Nakamura, M. (2002), *Phys. Earth Planet. Interiors*, **130** (1), 17-29,
doi:10.1016/s0031-9201(01)00306-5.
Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of P and S waves.
- 3) Wallace, R. E. (1951), Geometry of shearing stress and relation to faulting. *Jour. Geol.*, **59**, 118–130.
- 4) Bott, M. H. P. (1959), The mechanics of oblique slip faulting. *Geol. Mag.*, **96**, 109–117.
- 5) Horiuchi, S, G. Rocco, A. Hasegawa (1959), *J. Geophys. Res.*, **100**, 8327-8338,
<https://doi.org/10.1029/94JB03284>.
Discrimination of fault planes from auxiliary planes based on simultaneous determination of stress tensor and a large number of fault plane solutions.
- 6) 中村 雅基 (2002), *気象研究所研究報告*, **52(3+4)**, 81-94, <https://doi.org/10.2467/mripapers.52.81>. P 波初動極性を用いた発震機構解の自動決定処理.
- 7) Nakamura, M. (2004), *Phys. Earth Planet. Interiors*, **146** (1), 531-549,
<https://doi.org/10.1016/j.pepi.2004.05.009>.
Automatic determination of focal mechanism solutions using initial motion polarities of P and S waves.
- 8) 中川 茂樹, 鶴岡 弘, 加藤愛太郎, 酒井 慎一, 平田 直 (2016), ベタバイト規模の大規模連続地震波形データ解析システム, *地震研究所彙報*, **91**, 1-9.

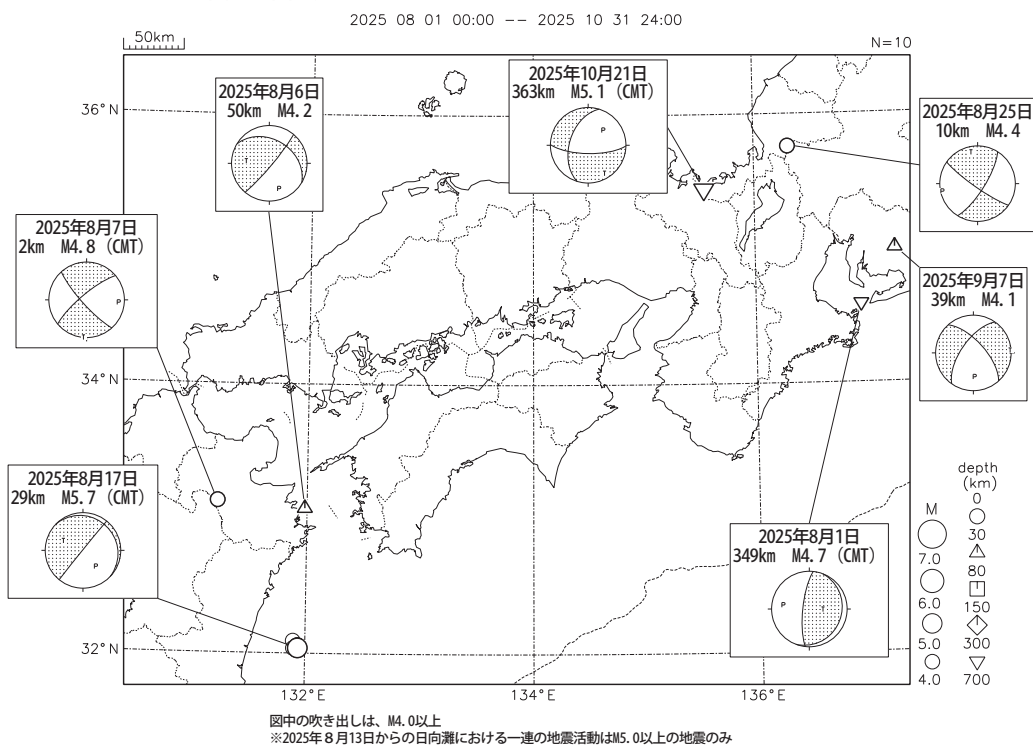
近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2025年5月~7月、 $M \geq 4.0$)



第 1 図 (a) 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動 (2025 年 5 月 ~ 7 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)

Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku districts (May – July 2025, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

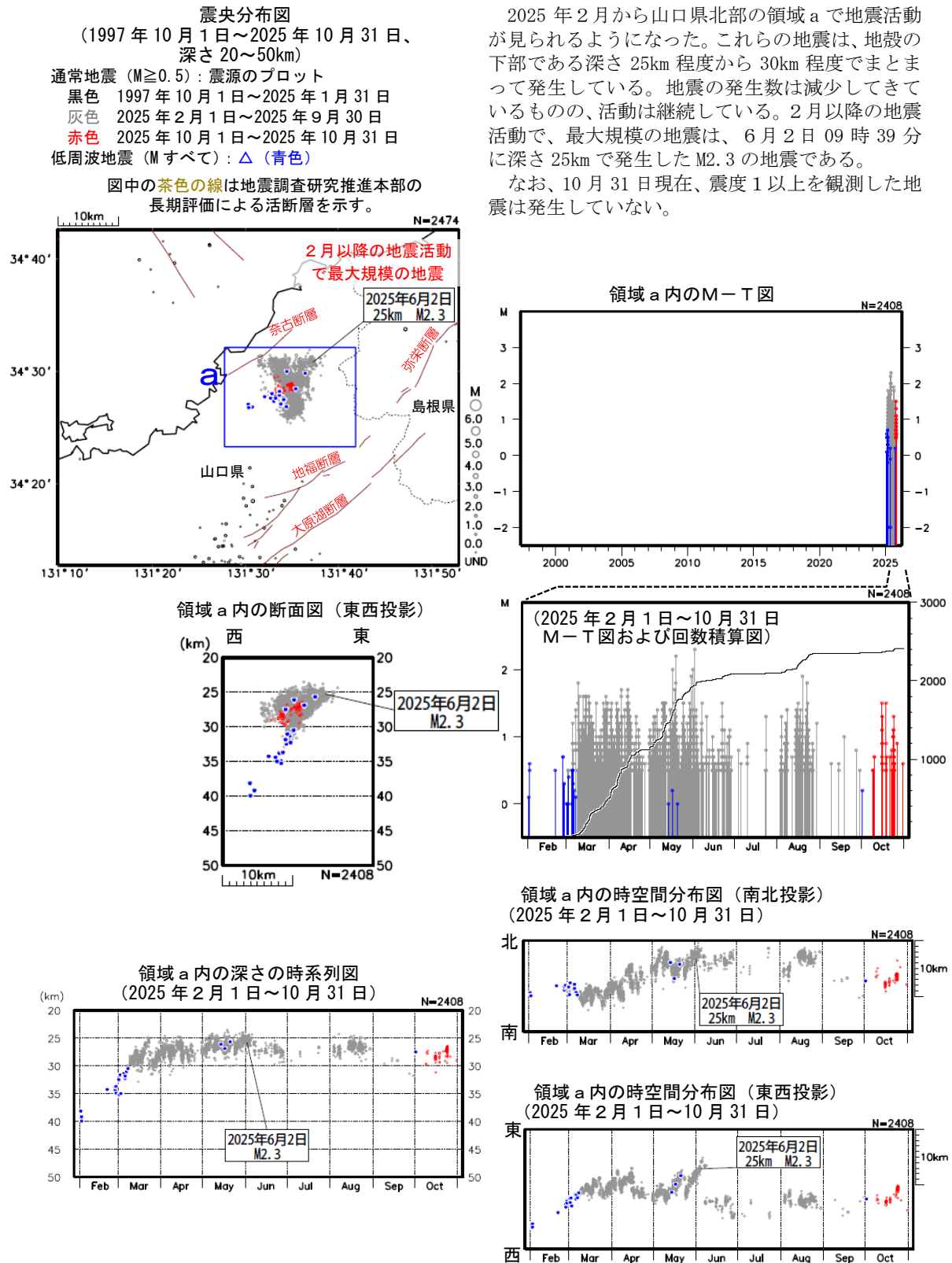
近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2025年8月~10月、 $M \geq 4.0$)



第 1 図 (b) つづき (2025 年 8 月 ~ 10 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)

Fig. 1(b) Continued (August – October 2025, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

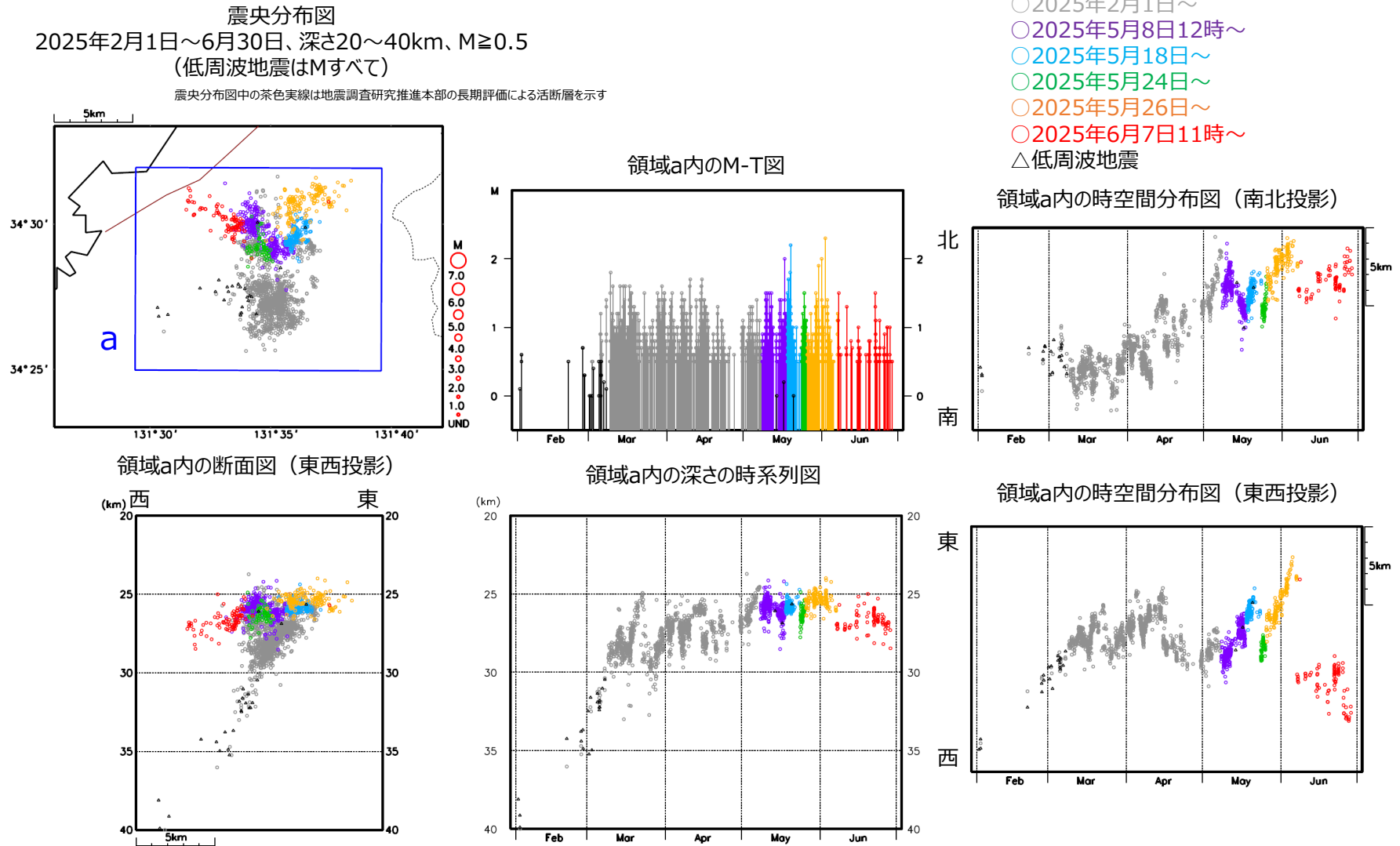
山口県北部の地震活動



第 2 図 (a) 山口県北部の地震活動

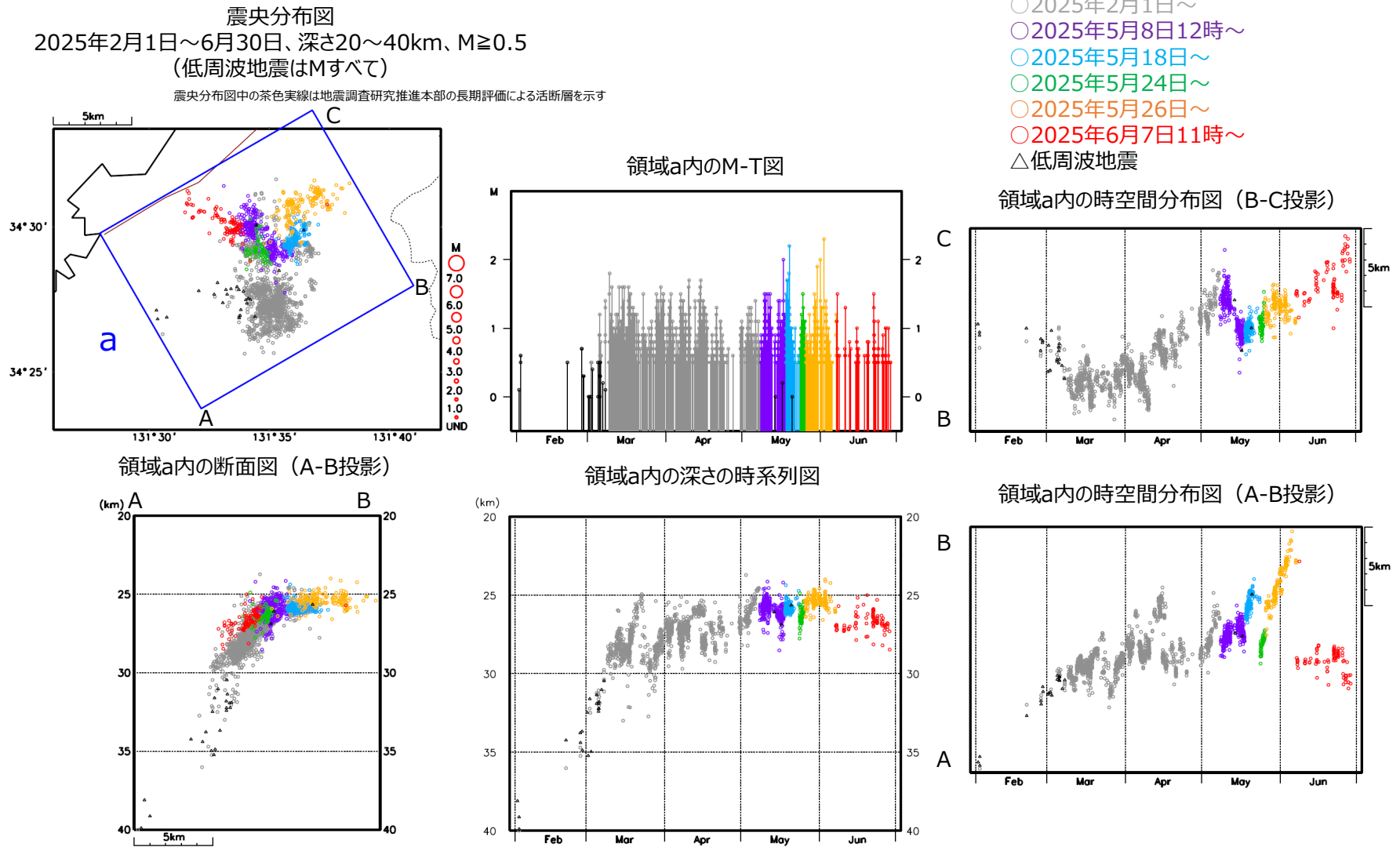
Fig. 2(a) Seismic activity in the northern part of Yamaguchi Prefecture.

山口県北部の地震活動（深さ30km付近の地震活動：波形相関DD法で再決定した震源分布）



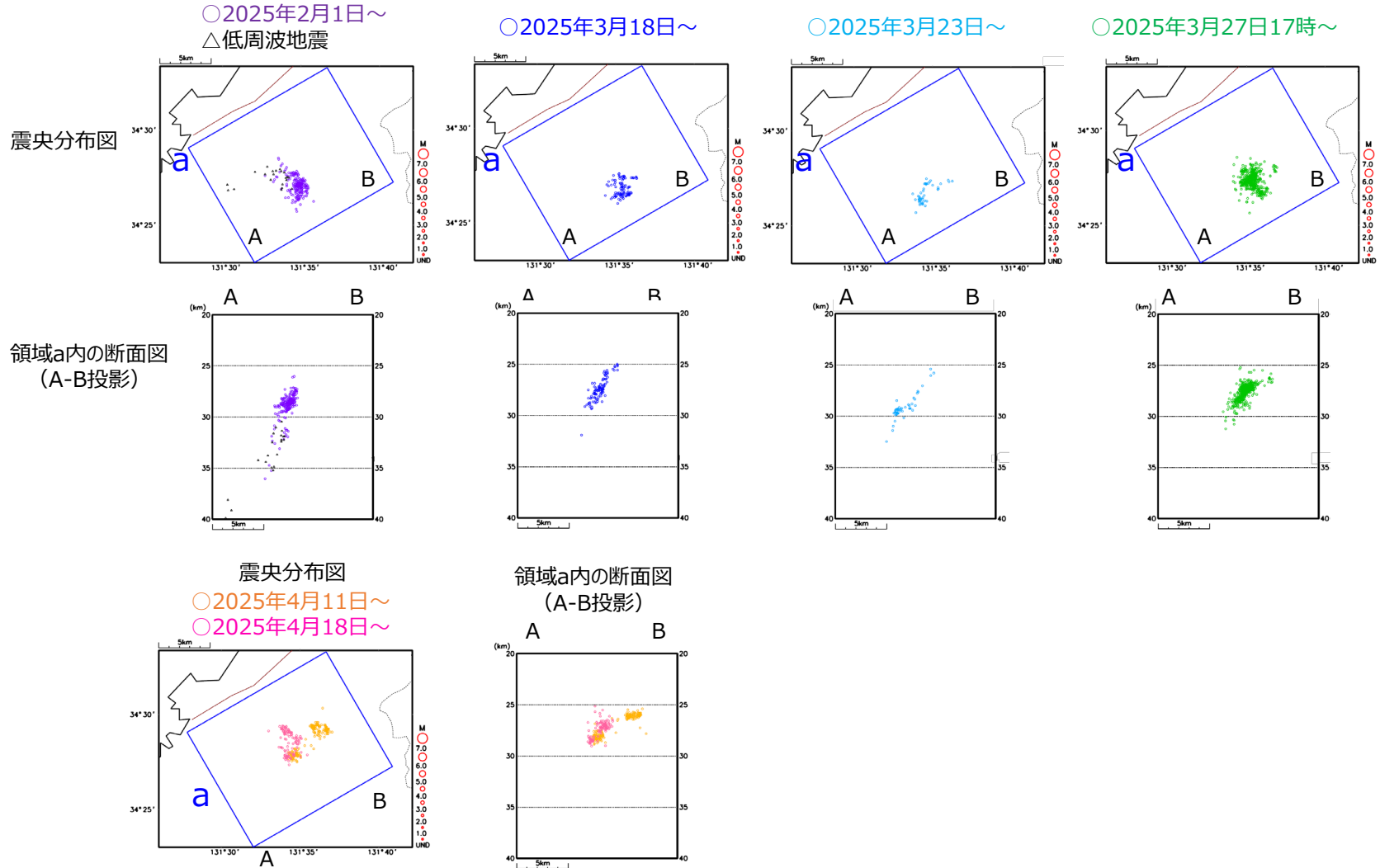
第2図(b) つづき
Fig. 2(b) Continued.

山口県北部の地震活動（深さ30km付近の地震活動：波形相関DD法で再決定した震源分布）



第2図(b) つづき
Fig. 2(b) Continued.

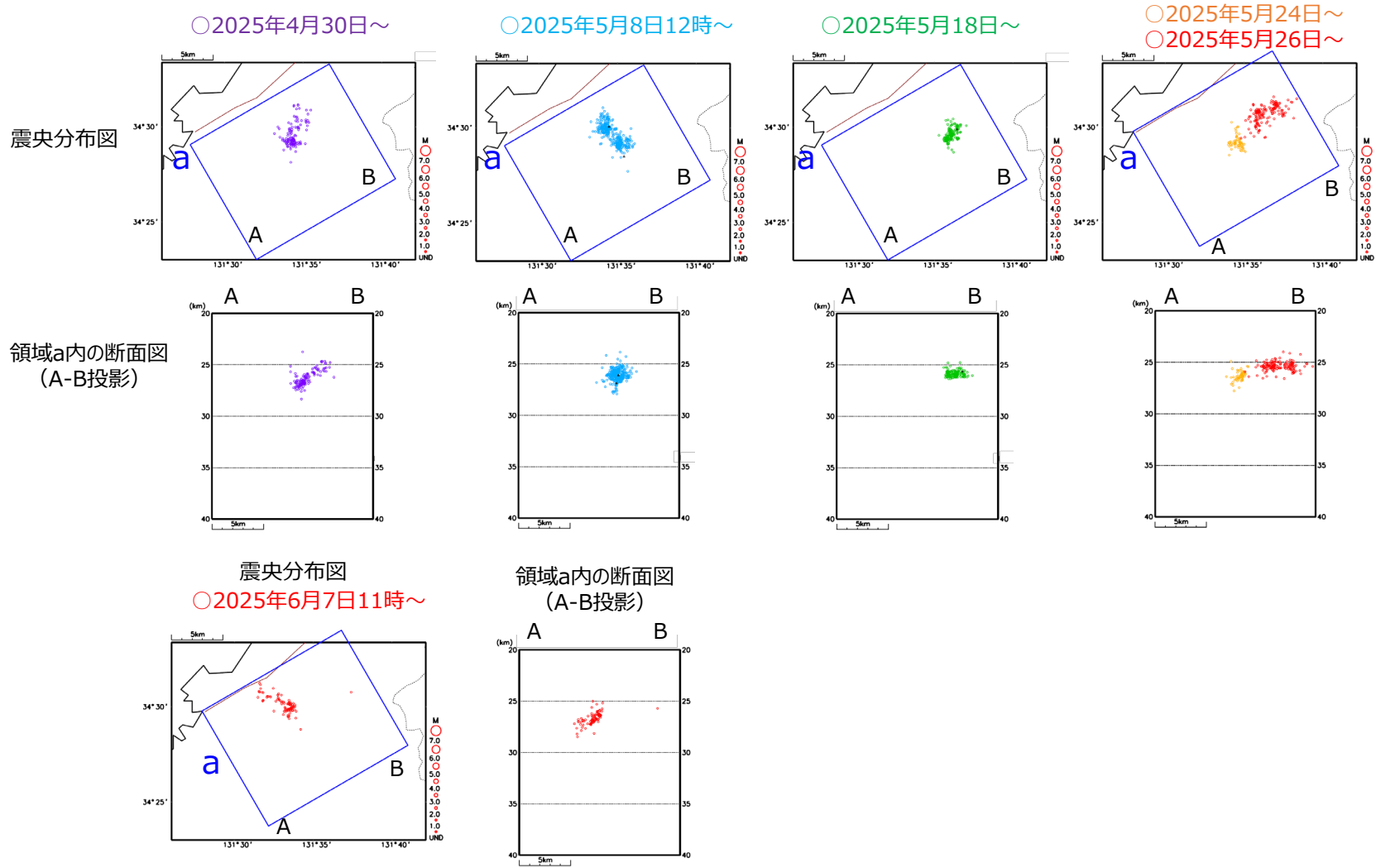
山口県北部の地震活動（深さ30km付近の地震活動：波形相関DD法で再決定した震源分布）



震央分布図中の茶色実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

第2図 (b) つづき
Fig. 2(b) Continued.

山口県北部の地震活動（深さ30km付近の地震活動：波形相関DD法で再決定した震源分布）



震央分布図中の茶色実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

第2図(b) つづき
Fig. 2(b) Continued.

2025 年 2 月から山口県で発生している地震の発震機構解の推定

2025 年 2 月から山口県で発生している地震活動の最大規模は M2.3 と小さいため、例えば P 波初動を用いた発震機構解を安定して求めることは難しい。そこで、M1.7 以上の地震について、P 波初動だけでなく、S 波初動を併用して発震機構解の推定を行った (Nakamura, 2002, PEP1)。

P 波初動のみによる解

P 波・S 波初動による解

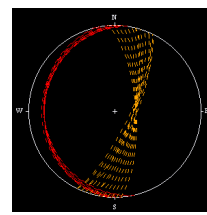
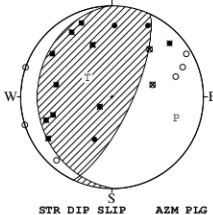
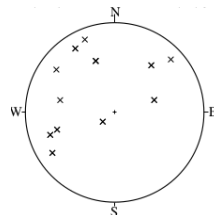
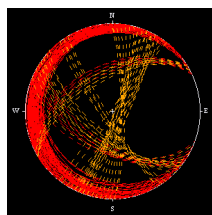
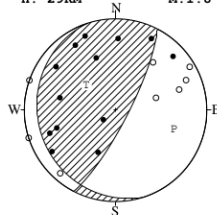
2025/3/9 18:23 M1.8

09 MAR. 2025 18:23:19.7
YAMAGUCHI PREF
34°26.9'N 131°34.7'E
H: 29KM M:1.8

解に合致するデータ数を最大
-1.5 まで許容した節面の候補

併用した S 波初
動の観測点分布

09 MAR. 2025 18:23:19.7
YAMAGUCHI PREF
34°26.9'N 131°34.7'E
H: 29KM M:1.8



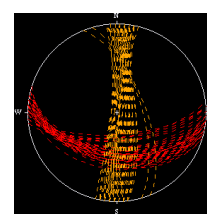
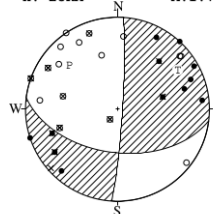
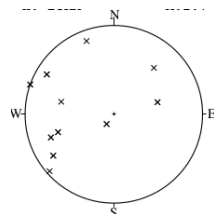
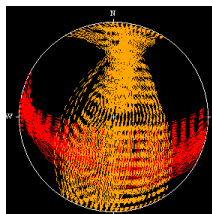
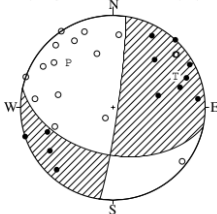
STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 162° 16' 46" P 108° 33"
NP2 27° 79' 102" T 311° 55"
N:21 SCORE 95° N 205° 11'

STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 178° 20' 65" P 108° 27"
NP2 25° 72' 100" T 308° 62"
N:37 SCORE 95% N 202° 8'

2025/4/10 03:47 M1.7

10 APR. 2025 03:47:43.6
YAMAGUCHI PREF
34°26.8'N 131°36.0'E
H: 28KM M:1.7

10 APR. 2025 03:47:43.6
YAMAGUCHI PREF
34°26.8'N 131°36.0'E
H: 28KM M:1.7



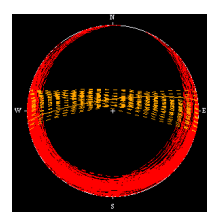
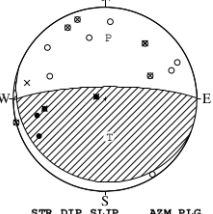
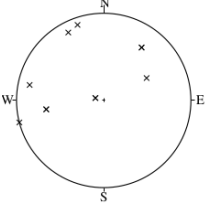
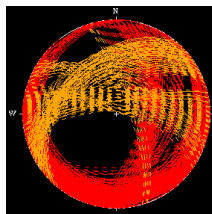
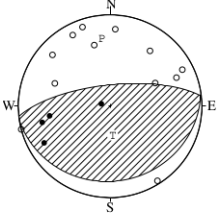
STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 102° 48' -174" P 316° 32"
NP2 8° 86' -42" T 63° 25"
N:28 SCORE 93% N 183° 47'

STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 97° 51' -174" P 313° 30"
NP2 4° 86' -38" T 57° 23"
N:42 SCORE 93% N 178° 51'

2025/4/14 18:00 M1.7

14 APR. 2025 18:00:11.7
YAMAGUCHI PREF
34°29.5'N 131°35.8'E
H: 26KM M:1.7

14 APR. 2025 18:00:11.7
YAMAGUCHI PREF
34°29.5'N 131°35.8'E
H: 26KM M:1.7



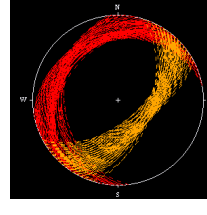
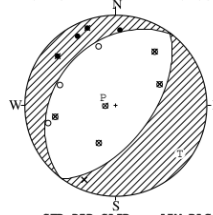
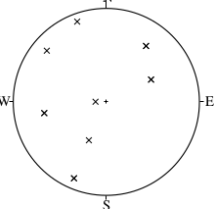
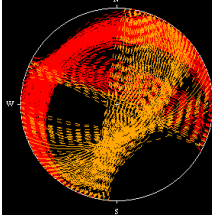
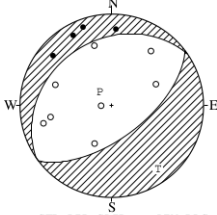
STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 81° 19' 87" P 353° 26"
NP2 264° 71' 92" T 175° 64"
N:16 SCORE 100% N 83° 1'

STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 111° 12' 112" P 3° 34"
NP2 269° 79' 86" T 174° 56"
N:23 SCORE 92% N 270° 4'

2025/5/17 08:50 M2.0

17 MAY. 2025 08:50:56.0
YAMAGUCHI PREF
34°29.0'N 131°35.3'E
H: 26KM M:2.0

17 MAY. 2025 08:50:56.0
YAMAGUCHI PREF
34°29.0'N 131°35.3'E
H: 26KM M:2.0



STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 235° 29' -87" P 320° 74"
NP2 53° 61' -91" T 144° 16"
N:12 SCORE 100% N 54° 1'

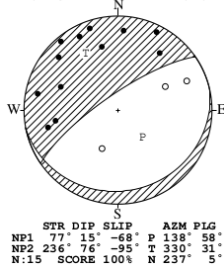
STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 218° 32' -87" P 303° 77"
NP2 36° 58' -91" T 127° 13"
N:20 SCORE 92% N 37° 1'

第 2 図 (c) つづき
Fig. 2(c) Continued.

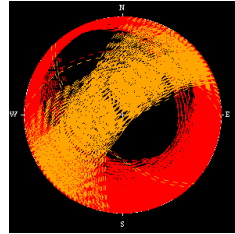
P 波初動のみによる解

2025/5/18 20:22 M1.7

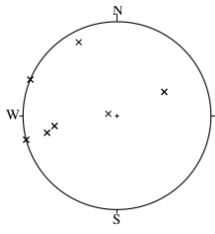
18 MAY. 2025 20:22:26.4
YAMAGUCHI PREF
34°29.3'N 131°35.9'E
H: 25KM M:1.7



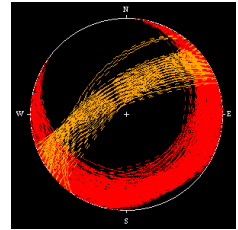
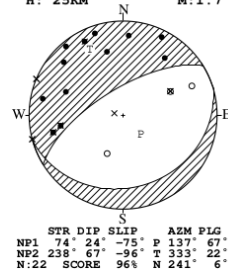
解に合致するデータ数を最大
-1.5 まで許容した節面の候補



併用した S 波初
動の観測点分布

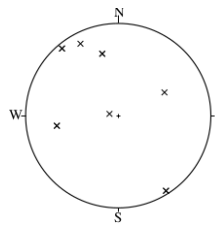
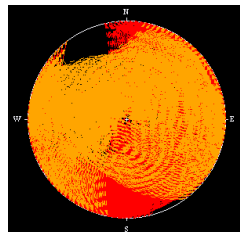
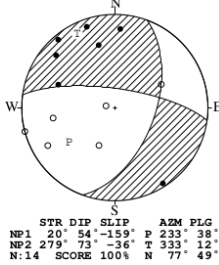


18 MAY. 2025 20:22:26.4
YAMAGUCHI PREF
34°29.3'N 131°35.9'E
H: 25KM M:1.7

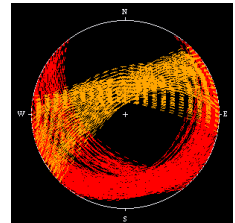
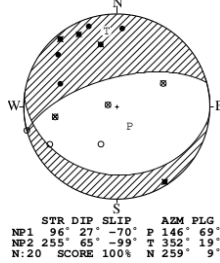


2025/5/18 22:33 M1.7

18 MAY. 2025 22:33:44.5
YAMAGUCHI PREF
34°29.3'N 131°35.9'E
H: 25KM M:1.7

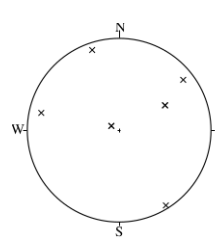
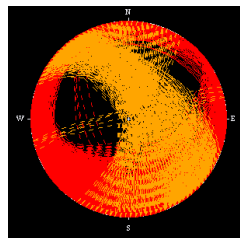
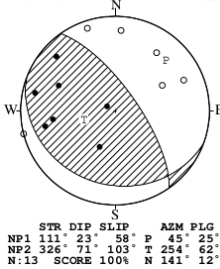


18 MAY. 2025 22:33:44.5
YAMAGUCHI PREF
34°29.3'N 131°35.9'E
H: 25KM M:1.7

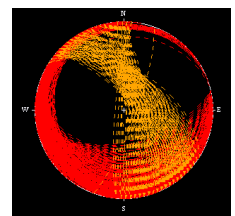
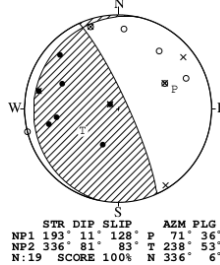


2025/5/19 12:29 M1.8

19 MAY. 2025 12:29:08.9
YAMAGUCHI PREF
34°29.8'N 131°36.1'E
H: 26KM M:1.8

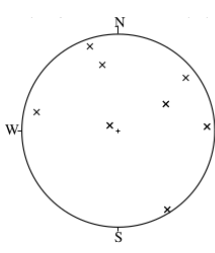
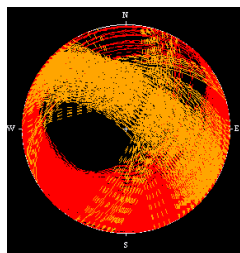
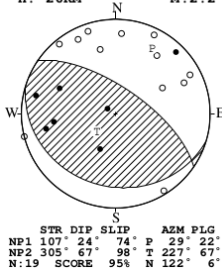


19 MAY. 2025 12:29:08.9
YAMAGUCHI PREF
34°29.8'N 131°36.1'E
H: 26KM M:1.8

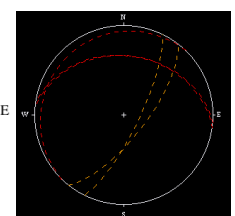
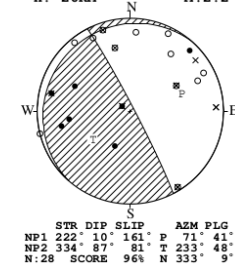


2025/5/19 16:51 M2.2

19 MAY. 2025 16:51:52.8
YAMAGUCHI PREF
34°29.9'N 131°36.0'E
H: 26KM M:2.2



19 MAY. 2025 16:51:52.8
YAMAGUCHI PREF
34°29.9'N 131°36.0'E
H: 26KM M:2.2



第 2 図 (c) つづき
Fig. 2(c) Continued.

P 波初動のみによる解

P 波・S 波初動による解

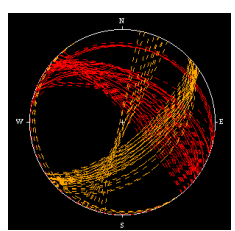
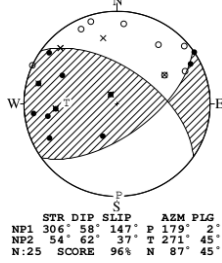
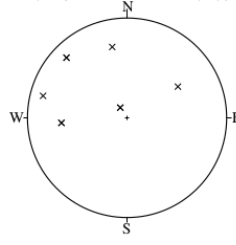
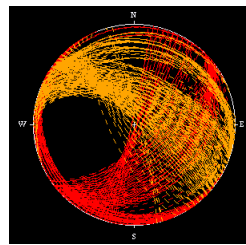
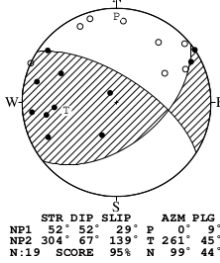
2025/5/30 17:46 M1.9

30 MAY. 2025 17:46:49.1
YAMAGUCHI PREF
34°30.8'N 131°36.5'E
H: 25KM M:1.9

解に合致するデータ数を最大
-1.5 まで許容した節面の候補

併用した S 波初
動の観測点分布

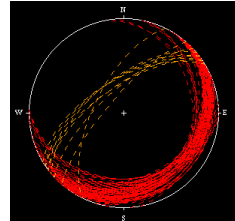
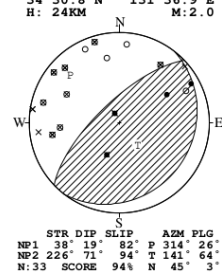
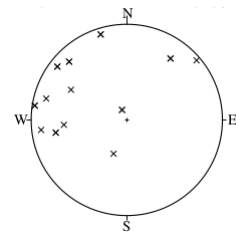
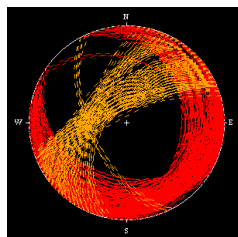
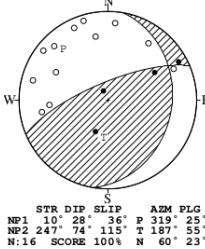
30 MAY. 2025 17:46:49.1
YAMAGUCHI PREF
34°30.8'N 131°36.5'E
H: 25KM M:1.9



2025/5/31 22:14 M2.0

31 MAY. 2025 22:14:49.0
YAMAGUCHI PREF
34°30.8'N 131°36.9'E
H: 24KM M:2.0

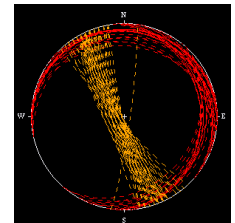
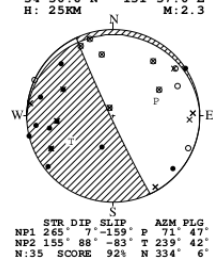
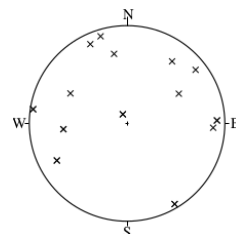
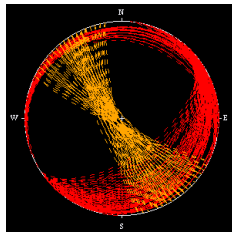
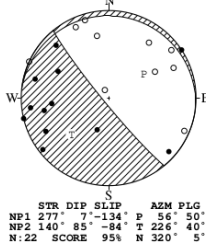
31 MAY. 2025 22:14:49.0
YAMAGUCHI PREF
34°30.8'N 131°36.9'E
H: 24KM M:2.0



2025/6/2 09:39 M2.3

02 JUN. 2025 09:39:46.1
YAMAGUCHI PREF
34°30.6'N 131°37.0'E
H: 25KM M:2.3

02 JUN. 2025 09:39:46.1
YAMAGUCHI PREF
34°30.6'N 131°37.0'E
H: 25KM M:2.3



※観測値の重みは P:1.0、SH:0.9、SV:0.85

M1.7 以上の 11 イベントについて、P 波初動で求められたものと概ね整合的な解をより安定して求めることができた。11 イベントの発震機構解は多様であり、求められた解が十分な精度があるとは言えないものの、押し領域と引き領域が正反対の解がいくつか含まれている。

一部の解析にはペタバイトサーバ(中川・他, 2016,震研彙報)を利用させていただいた。深く感謝する。

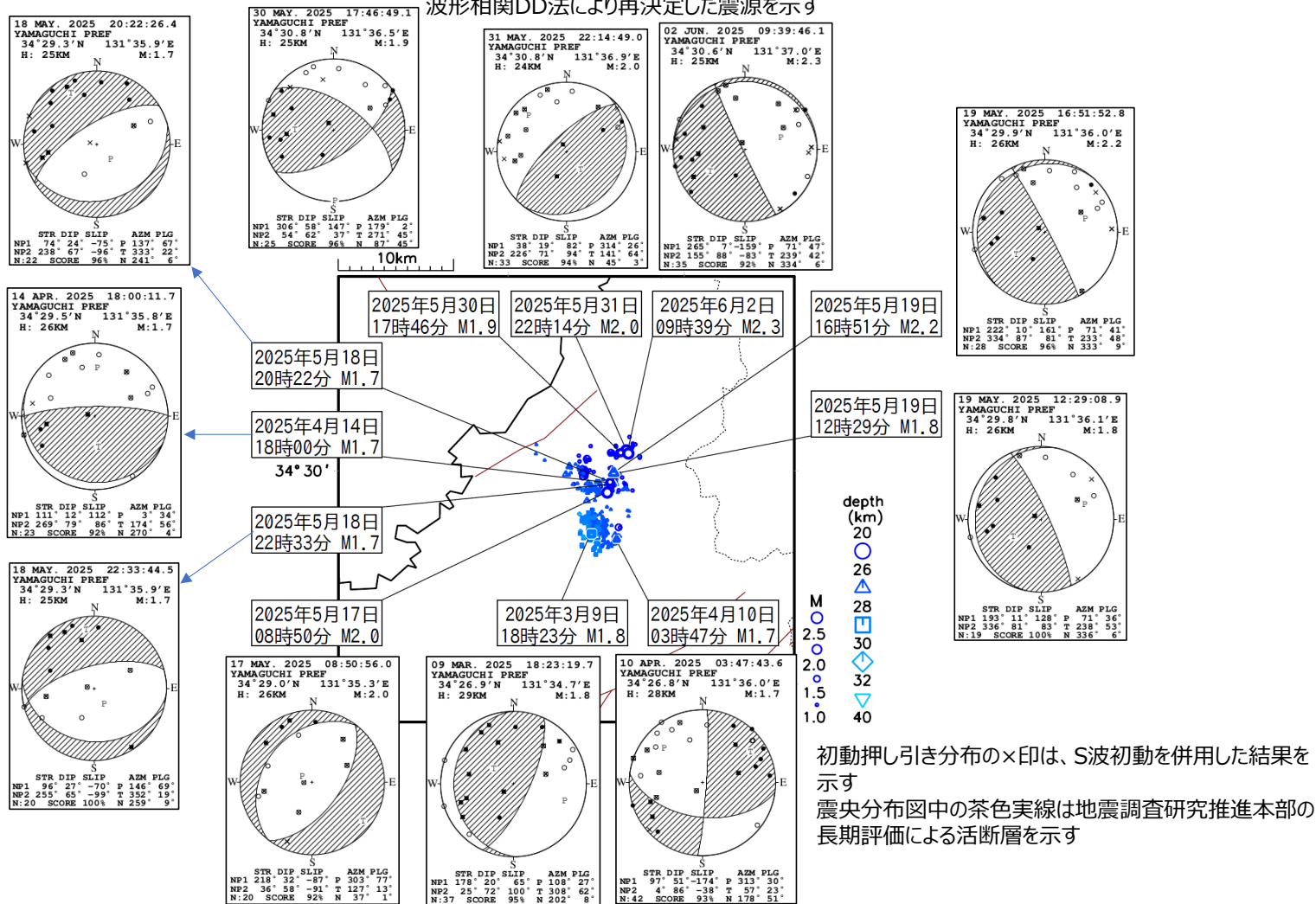
第 2 図 (c) つづき

Fig. 2(c) Continued.

山口県北部の地震活動（初動発震機構解）

震央分布図（2025年3月1日～6月30日、深さ20～40km、M \geq 1.0）

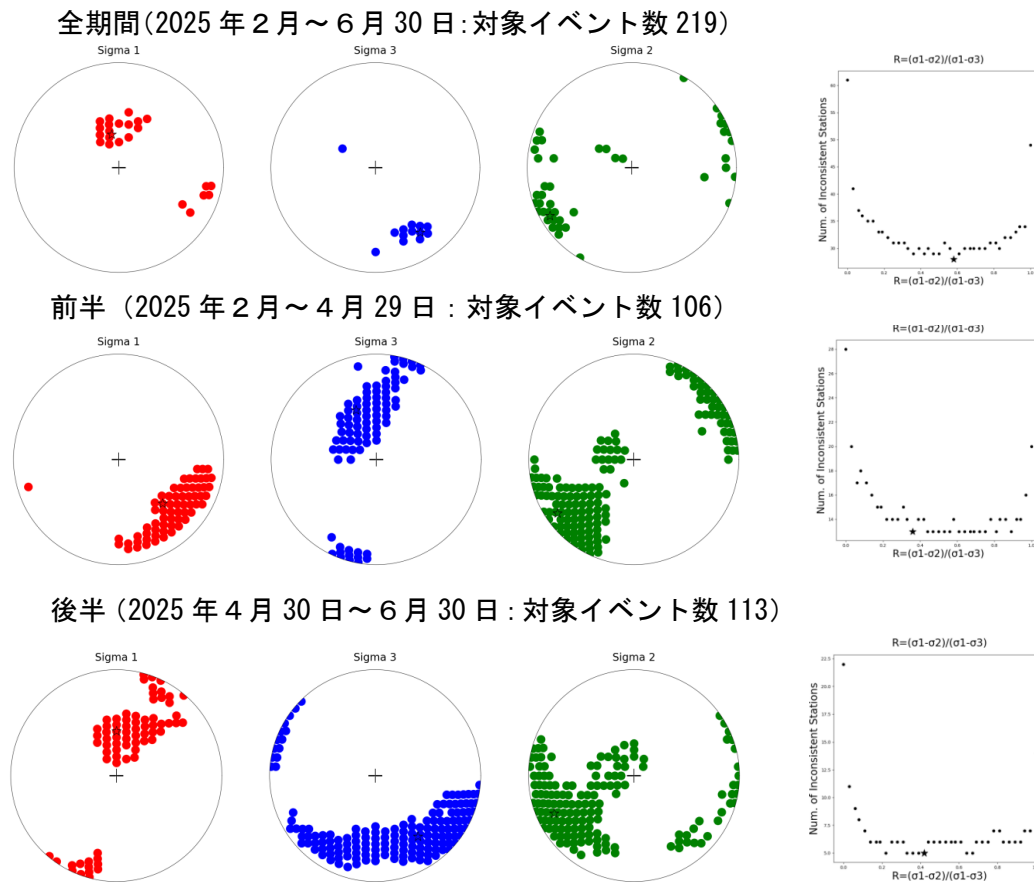
波形相関DD法により再決定した震源を示す



第 2 図 (d) つづき
Fig. 2(d) Continued.

2025 年 2 月から山口県で発生している地震の発震機構解を用いた起震応力場の推定

発震機構解がばらついていることを利用して、既存弱面に対する滑りは、その面内において剪断応力が最大となる方向に生じるとした Wallace Bott 仮説(Wallace, 1951, J. Geol.; Bott, 1959, Geol. Mag.)を基にした起震応力場の推定を試みた。Horiuchi et al. (1995, JGR)は、安定した発震機構解が得られているイベント数が少なくても、解の取りうる範囲を考慮して、不整合な P 波初動観測数を最小にするような起震応力場の推定が可能である。初動読み取りは、中村(2002, 気象研究所研究報告)や Nakamura (2004, PEPI)による自動によるもの(ベッセルバンドパスフィルタは用いていない; 2025 年 2 月から 2025 年 6 月 30 日; M1.0 以上で 3 観測点以上で P 波初動の読取値が得られたイベント)を用いた。 σ の方位と R の推定結果は以下の通り(σ の推定方位候補は不整合な P 波初動観測数最小+3 以下の領域とした)。



※星印は Horiuchi et al. (1995) が最終解として選択したもの。

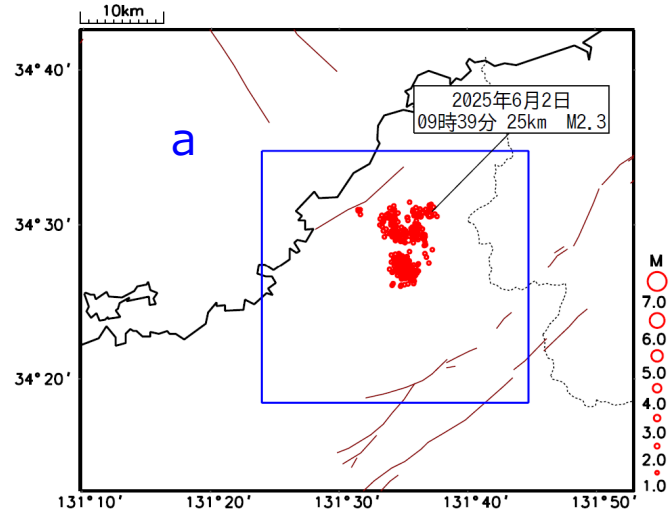
起震応力場が時空間変化していないと仮定した解で概ね説明できるものの、地震活動の休止が見られ前後で活動領域に変化が見られた前・後半で、 σ_1 と σ_3 の候補領域の重なりがほとんどないことから、時空間変化がある可能性が示唆される。どのような時空間変化を仮定した解析を行うべきかは今後の検討課題である。

一部の解析にはペタバイトサーバ(中川・他, 2016, 震研彙報)を利用させていただいた。深く感謝する。

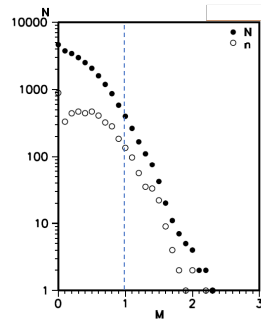
第 2 図 (e) つづき
Fig. 2(e) Continued.

山口県北部の地震活動 (深さ30km付近の地震活動のETAS解析)

震央分布図
2025年2月1日～6月30日、深さ20～45km、M \geq 1.0



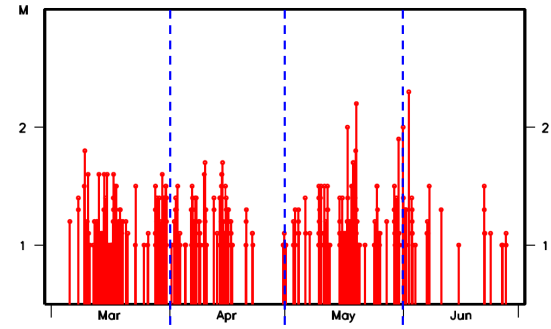
青色矩形領域内のM別頻度分布
(Mすべて)



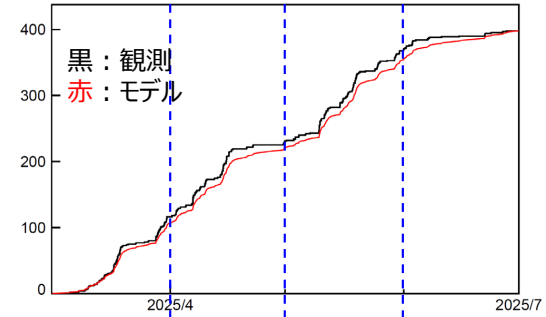
$\mu=0.316$, $K=0.072$, $c=0.022$,
 $\alpha=0.547$, $p=1.401$
AIC=-691.722
N=398

震央分布図中の茶色実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

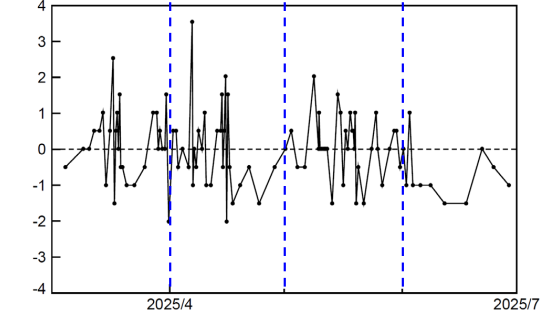
領域a内のM-T図



領域a内の地震活動のETASフィッティング
2025年3月1日～6月30日、M \geq 1.0



モデルからのずれ (100分割)



第2図(f) つづき
Fig. 2(f) Continued.

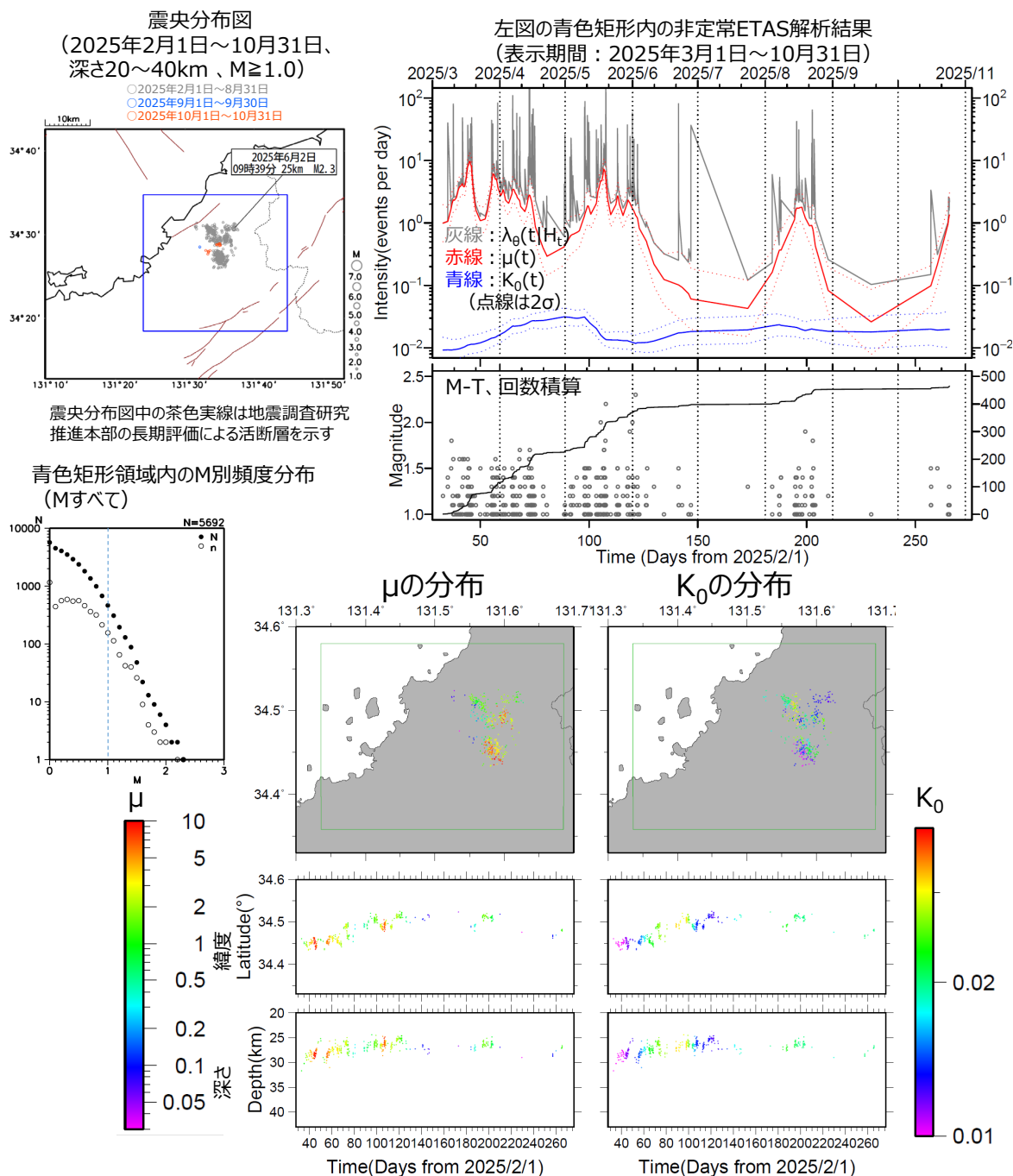
山口県北部の地震活動（非定常ETAS解析）

非定常ETASモデル（Kumazawa and Ogata, 2013）による背景地震活動度 $\mu(t)$ 、余震誘発強度 $K_0(t)$ を推定した。

$$\lambda_{\theta}(t|H_t) = \mu(t) + \sum_{\{i:t_i < t\}} \frac{K_0(t_i)e^{\alpha(M_i - M_c)}}{(t - t_i + c)^p} \quad \lambda_{\theta}(t|H_t) : \text{強度関数}, \mu(t) : \text{背景地震活動度}, K_0(t) : \text{余震誘発強度}$$

Kumazawa, T., Ogata, Y., 2013. Quantitative description of induced seismic activity before and after the 2011 Tohoku-Oki earthquake by nonstationary ETAS model. J. Geophys. Res.118, 6165–6182.

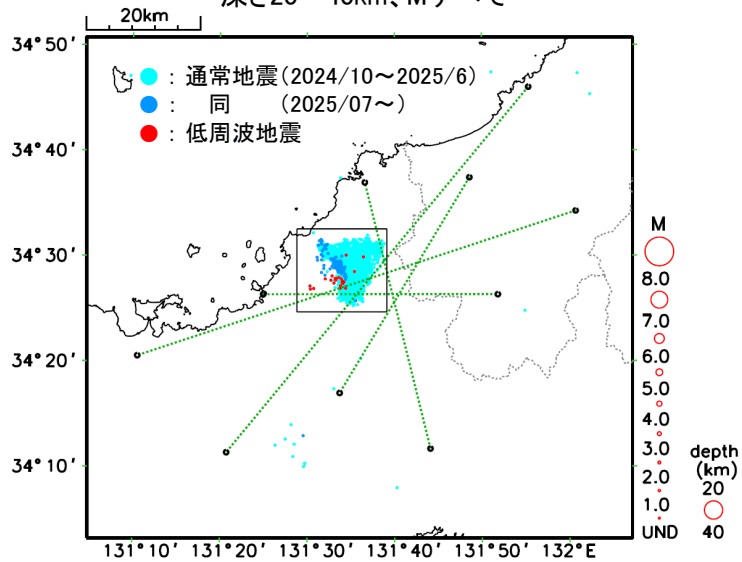
- 非定常ETAS解析には震央分布図の青色矩形内の震源データを使用した。
- μ 、 K_0 の初期値及び固定値 α 、 c 、 p は、2022年1月1日から2025年2月28日までの山口県及びその周辺の陸域の深さ0~40kmで発生した $M \geq 1.0$ の地震で定常ETAS解析により求めた値を用いた。



第 2 図 (g) つづき
 Fig.2(g) Continued.

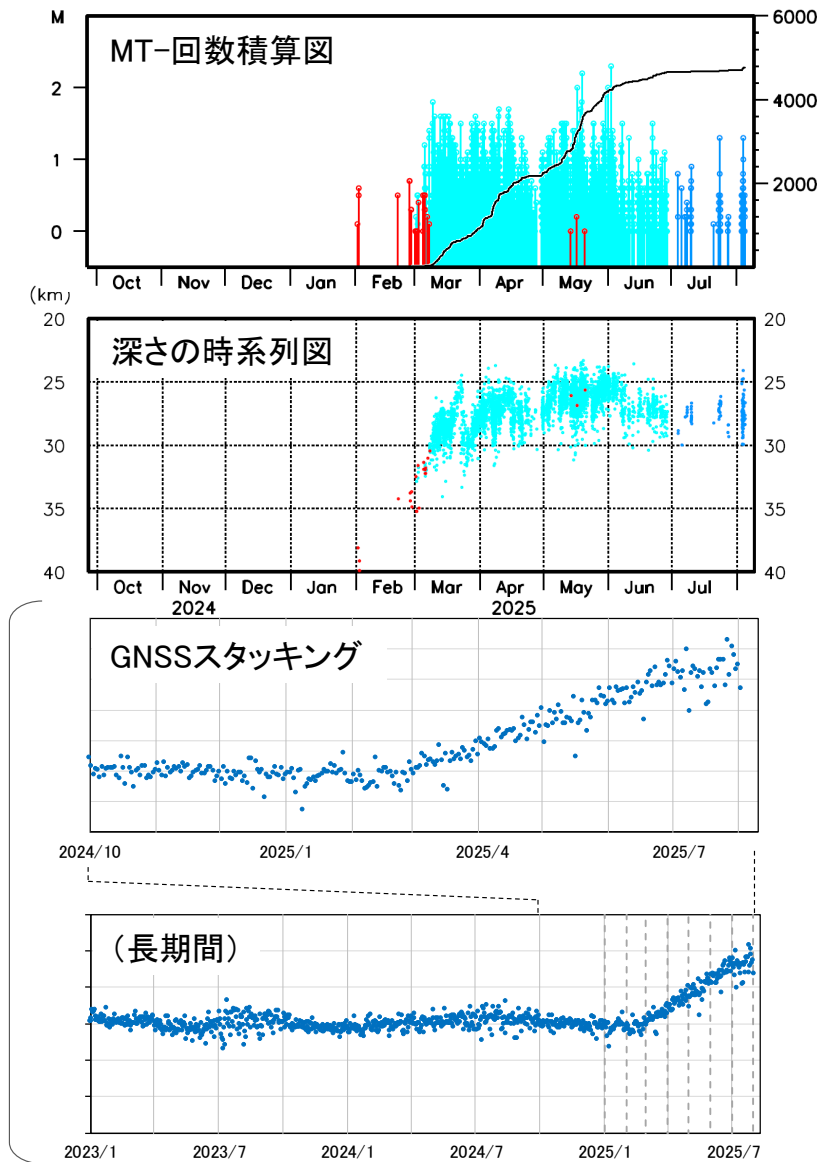
山口県北部の地震活動 (地震活動と地殻変動)

震央分布図(2024年10月~2025年8月4日)
深さ20~40km、Mすべて



上記5つの基線長データ(緑線)をスタッキング

- ・地殻変動の始まりは2025年2月末か3月初め頃で、地震活動の始まりとほぼ同時期



第2図(h) つづき
Fig. 2(h) Continued.