

10 - 1 世界の地震活動 (2022 年 11 月～2023 年 4 月) Seismic Activity in the World (November 2022 – April 2023)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間, 世界で M6.0 以上の地震は 71 回発生し, M7.0 以上の地震は 12 回発生した. このうち最大は, 2023 年 2 月 6 日(日本時間)にトルコの深さ 18km で発生した Mw7.8(気象庁による)の地震であった.

2022 年 11 月～2023 年 4 月の M6.0 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. 特段の断りがない限り, Mw 及び発震機構(CMT 解)は気象庁, そのほかの震源要素は USGS による (2023 年 5 月 9 日現在). また, 時刻は日本時間である.

(1) インドネシア, ジャワの地震 (Mw5.6, 第 4 図 (a), (b))

2022 年 11 月 21 日 15 時 21 分にインドネシア, ジャワの深さ 10km で Mw5.6 の地震 (Mw は Global CMT によるモーメントマグニチュード) が発生した. この地震の発震機構 (Global CMT による) は, 北東-南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である. 今回の地震により, インドネシアで少なくとも死者 334 人などの被害が生じた.

(2) トルコの地震 (Mw7.8, 第 9 図 (a)～(g))

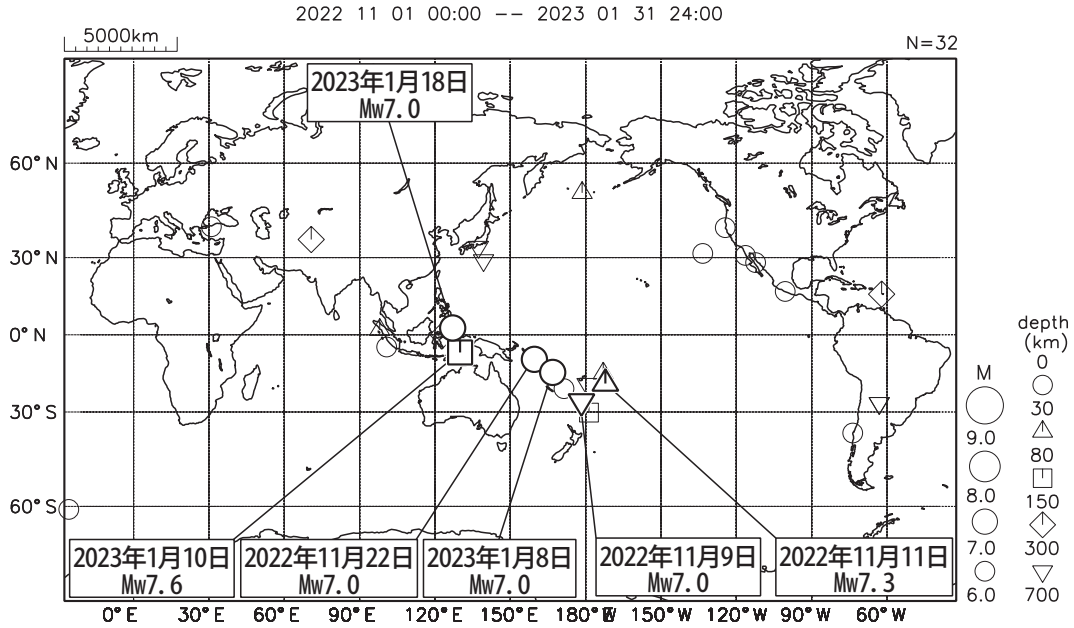
2023 年 2 月 6 日 10 時 17 分にトルコの深さ 10km で Mw7.8 の地震が発生した. この地震の発震機構は, 南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である. 同日 19 時 24 分には, トルコの深さ 10km で Mw7.6 の地震が発生した. この地震の発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である. 今回の地震活動により, 死者 51,089 人, 負傷者 118,700 人などの被害が生じた (2023 年 3 月 2 日時点). 今回の地震活動域は, ユーラシアプレートとアラビアプレートの境界に位置する地域である.

(3) その他の地震活動

発生年月日	震央地名	規模 (Mw)	深さ (km)	
2022 年				
11 月 9 日	フィジー諸島南方	7.0	660	(第 2 図)
11 月 11 日	トンガ諸島	7.3	25	(第 3 図 (a)～(d))
11 月 22 日	ブーゲンビルーソロモン諸島	7.0	14	(第 5 図 (a)～(d))
2023 年				
1 月 8 日	バヌアツ諸島	7.0	29	(第 6 図 (a)～(d))
1 月 10 日	インドネシア, タニンバル諸島	7.6	105	(第 7 図 (a), (b))
1 月 18 日	モルッカ海北部	7.0	29	(第 8 図 (a), (b))
3 月 16 日	ケルマデック諸島	6.9	10	(第 10 図 (a), (b))
3 月 16 日	パプアニューギニア, ニューギニア	7.1	70	(第 11 図 (a)～(d))
4 月 14 日	インドネシア, ジャワ	7.1	594	(第 12 図 (a)～(d))
4 月 24 日	ケルマデック諸島	7.1	43	(第 13 図 (a)～(d))
4 月 25 日	インドネシア, スマトラ南部	7.0	34	(第 14 図 (a)～(d))

世界の地震活動 (2022年11月~2023年1月、 $M \geq 6.0$)

震源は米国地質調査所(USGS、2023年2月13日現在)、吹き出しのMw(モーメントマグニチュード)は気象庁による。ただし、11月9日フィジー諸島の地震のMwはGlobal CMTによるモーメントマグニチュード。

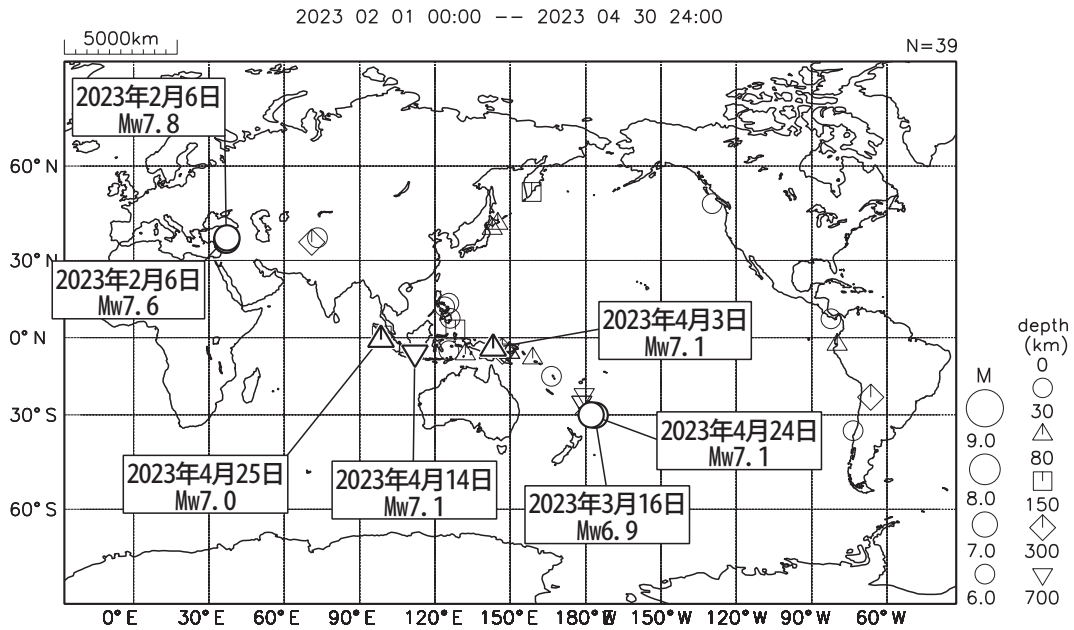


気象庁が遠地地震に関する情報を発表した地震及び顕著な災害があった地震に吹き出しを付けた。

第 1 図 (a) 世界の地震活動 (2022 年 11 月 ~ 2023 年 1 月, $M \geq 6.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(a) Seismic activity in the World (November 2022 – January 2023, $M \geq 6.0$, depth ≤ 700 km).

世界の地震活動 (2023年2月~4月、 $M \geq 6.0$)

震源は米国地質調査所(USGS、2023年5月22日現在)、吹き出しのMw(モーメントマグニチュード)は気象庁による。



気象庁が遠地地震に関する情報を発表した地震及び顕著な災害があった地震に吹き出しを付けた。

第 1 図 (b) つづき (2023 年 2 月 ~ 4 月, $M \geq 6.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(b) Continued (February – April 2023, $M \geq 6.0$, depth ≤ 700 km).

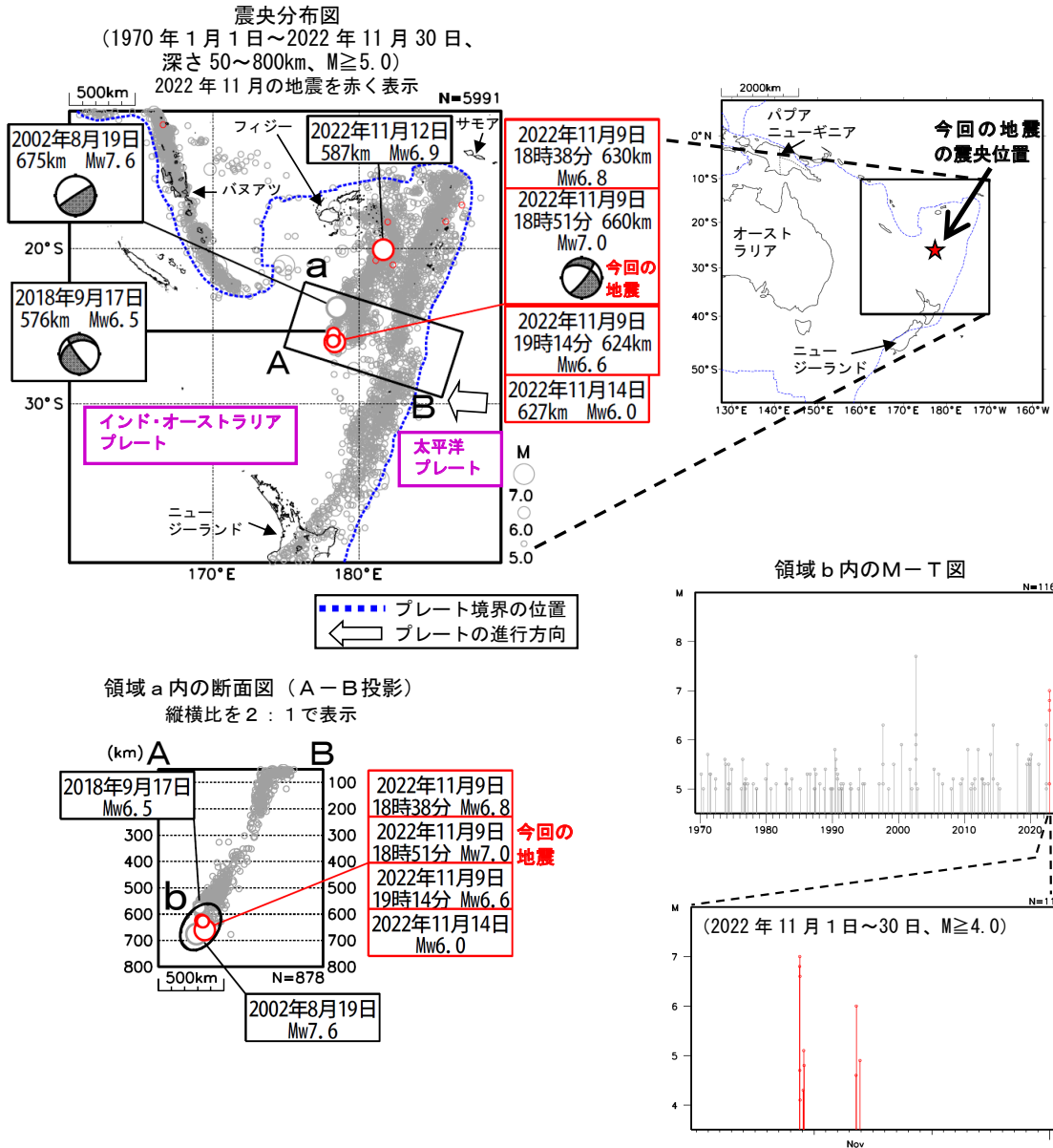
11 月 9 日 フィジー諸島南方の地震

2022 年 11 月 9 日 18 時 51 分（日本時間、以下同じ）にフィジー諸島南方の深さ 660km で Mw7.0 (Mw は Global CMT によるモーメントマグニチュード) の地震が発生した。この地震は太平洋プレート内部の深いところで発生した。この地震の発震機構 (Global CMT による CMT 解) は、太平洋プレートの沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

気象庁は、この地震に対して同日 19 時 20 分に遠地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。

今回の地震の震源付近（領域 b）では、今回の地震の発生前後で活発な地震活動があり、同日 18 時 38 分には Mw6.8、同日 19 時 14 分には Mw6.6、14 日 14 時 04 分には Mw6.0 の地震が発生するなど、M6.0 以上の地震が 4 回発生した。

1970 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では、今回の地震活動が発生するまでに M6.0 以上の地震は 6 回発生している。2002 年 8 月 19 日には Mw7.6 の地震が発生した。



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2022 年 12 月 7 日現在)。ただし、発震機構及び Mw は、2022 年 11 月 12 日の地震は気象庁 (速報値)、その他の地震は Global CMT による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第 2 図 2022 年 11 月 9 日フィジー諸島南方の地震 (Mw7.0)

Fig.2 The Earthquake south of Fiji Islands (Mw7.0) in November 9 2022.

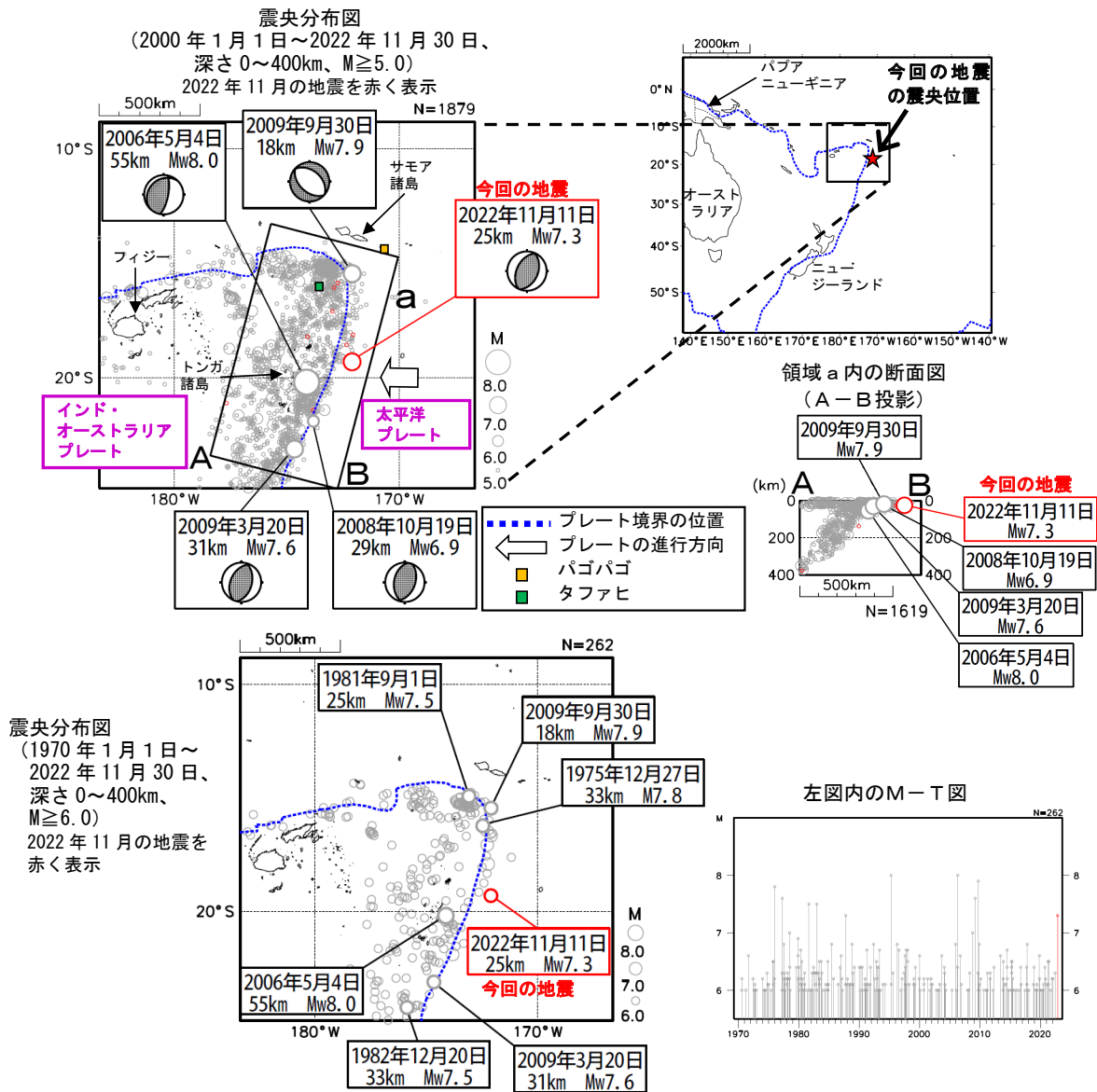
11 月 11 日 トンガ諸島の地震

2022 年 11 月 11 日 19 時 48 分 (日本時間、以下同じ) にトンガ諸島の深さ 25km で Mw7.3 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード) の地震が発生した。今回の地震の震央付近 (領域 a) では、太平洋プレートがインド・オーストラリアプレートの下に沈み込んでいる。この地震の発震機構 (気象庁による CMT 解) は、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレート内部で発生した地震であると考えられる。

気象庁は、この地震に対して、同日 20 時 37 分に遠地地震に関する情報 (日本への津波の影響なし) を発表した。この地震により、米国領サモアのパゴパゴで 0.12m などの津波を観測した。

2000 年以降の活動をみると、今回の震央付近 (領域 a) では、M6.0 以上の地震が度々発生している。2009 年 9 月 30 日には Mw7.9 の地震が発生し、死者 192 人以上などの被害を生じた。また、日本を含む太平洋広域で津波を観測し、トンガ諸島のタファヒでは最大 22.35m (遡上高) を観測した。

1970 年以降の活動をみると、今回の震央周辺では、M7.0 以上の地震が時々生じている。



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2022 年 12 月 7 日現在)。ただし、発震機構と Mw は、今回及び 2009 年 9 月 30 日の地震は気象庁、その他の地震は Global CMT による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。2009 年 9 月 30 日の地震の被害は宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」、津波の観測値は米国海洋大気庁 (NOAA) による。
*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

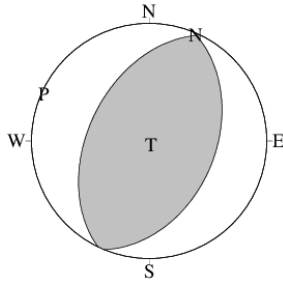
第 3 図 (a) 2022 年 11 月 11 日トンガ諸島の地震 (Mw7.3)
Fig.3(a) The Earthquake in the Tonga Islands (Mw7.3) in November 11, 2022.

11 月 11 日 トンガ諸島の地震の発震機構解析

2022 年 11 月 11 日 19 時 48 分(日本時間)にトンガ諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析

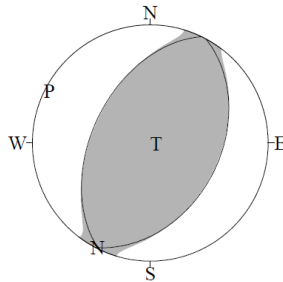
セントロイドは、南緯 19.3°、西経 172.0°、深さ 50km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.02 × 10 ²⁰ Nm	22.4° / 42.7° / 87.4°	206.0° / 47.4° / 92.4°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 19.2°、西経 172.2°、深さ 61km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 45 観測点の上下成分、33 観測点の水平成分を用い、100~500 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

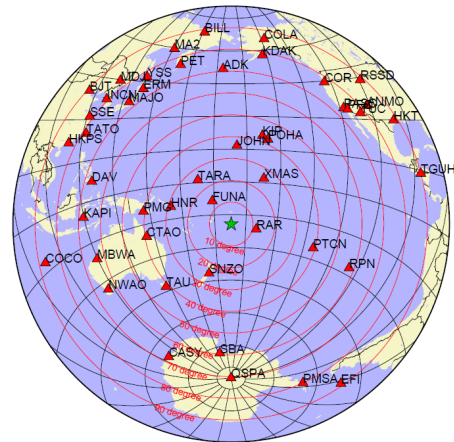
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.09 × 10 ²⁰ Nm	28.2° / 40.8° / 91.8°	205.8° / 49.3° / 88.4°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 3 図 (b) つづき
Fig.3(b) Continued.

2022 年 11 月 11 日 トンガ諸島の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

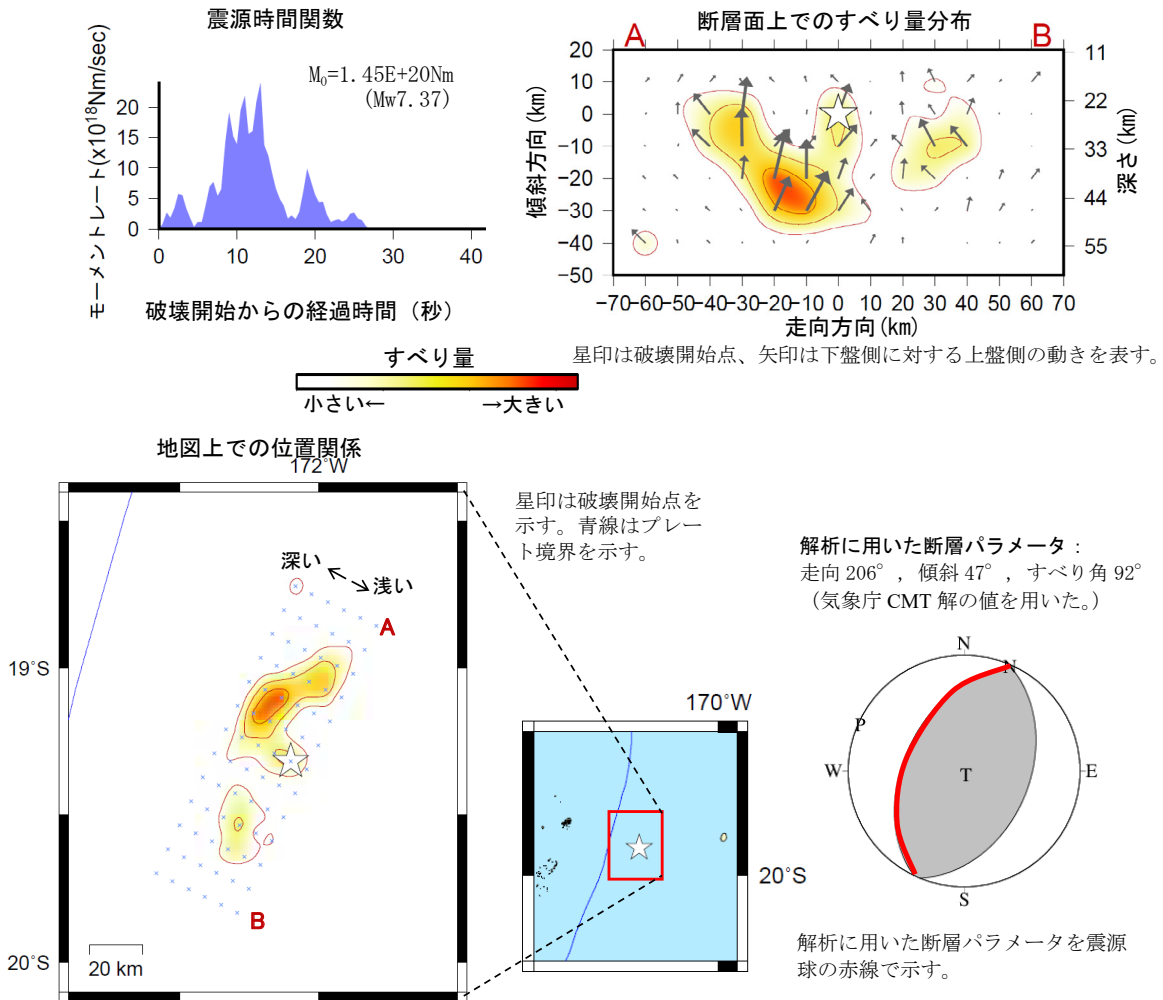
2022 年 11 月 11 日 19 時 48 分（日本時間）にトンガ諸島で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $19^{\circ} 19.1' S$ 、 $172^{\circ} 06.0' W$ 、深さ 25km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、北北東—南南西走向の節面（走向 206° 、傾斜 47° 、すべり角 92° ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 3.0km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0（Bassin et al., 2000）および IASP91（Kennett and Engdahl, 1991）の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・主な破壊領域は走向方向に約 40km、傾斜方向に約 30km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺から深い領域に広がり、最大すべり量は 1.4m であった（周辺の構造から剛性率を 60GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 20 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（ M_w ）は 7.4 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



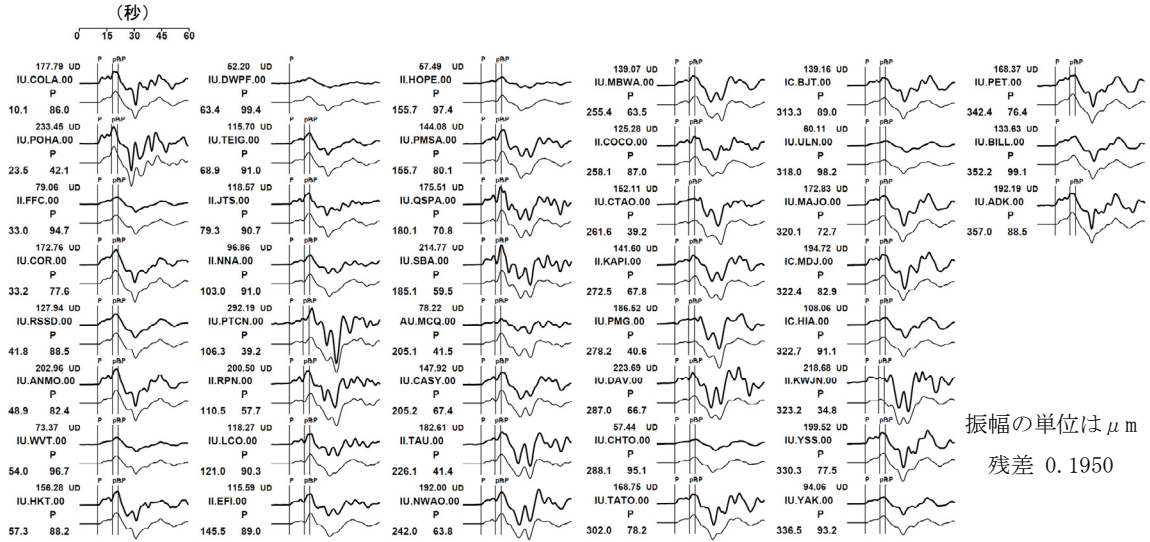
(注 1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

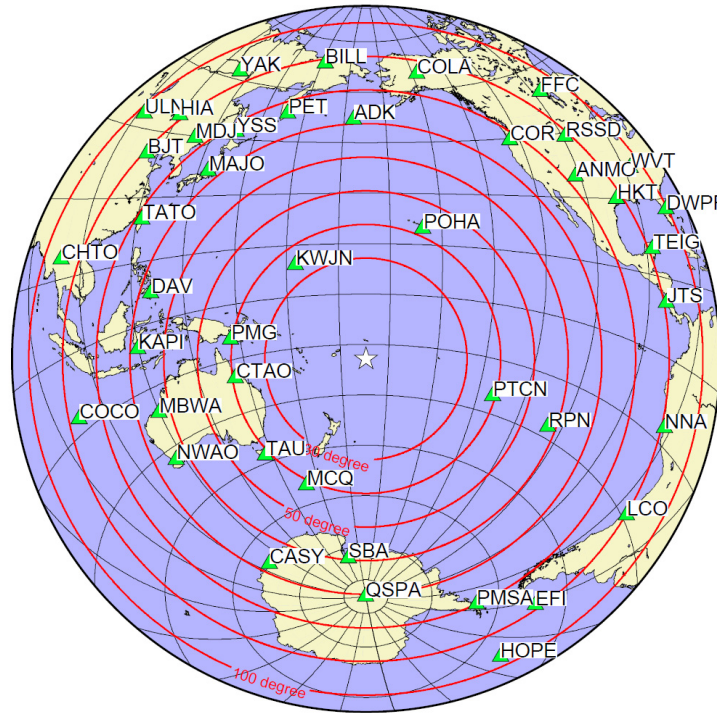
作成日: 2022/12/9

第 3 図 (c) つづき
 Fig.3(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較



観測点分布



震央距離 $30^\circ \sim 100^\circ$ ※1 の 43 観測点※2 (P 波 : 43, SH 波 : 0) を使用。
 ※1 : 近すぎると理論的に扱いづらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2022/12/9

第 3 図 (d) つづき
 Fig.3(d) Continued.

2022 年 11 月 21 日 インドネシア、ジャワの地震

(1) 概要及び最近の地震活動 (注1)

2022 年 11 月 21 日 15 時 21 分 (日本時間、以下同じ) にインドネシア、ジャワの深さ 10km で Mw5.6 の地震 (Mw は Global CMT によるモーメントマグニチュード) が発生した。この地震の発震機構 (Global CMT による) は、北東-南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

今回の地震により、インドネシアで少なくとも死者 334 人などの被害が生じた。

今回の地震の震央周辺 (図 1-1 の領域 a) では、北東側のユーラシアプレートに対して、南西側にあるインド・オーストラリアプレートが北北東方向に移動して沈み込んでおり、地震活動が非常に活発である (図 1-1、図 1-2)。今回の地震の震央付近 (図 1-1 の領域 b) では、M5 程度の地震が時々発生している (図 1-3)。

2000 年以降の活動を見ると、今回の地震の震央付近 (図 1-1 の領域 a) では M6.0 以上の地震が時々発生しており、2006 年 5 月 27 日には Mw6.4 の地震が発生し、死者 5,749 人、負傷者 38,568 人などの被害が生じた。また、2006 年 7 月 17 日にも Mw7.7 の地震が発生し、死者 665 人、負傷者 9,275 人などの被害を生じた。

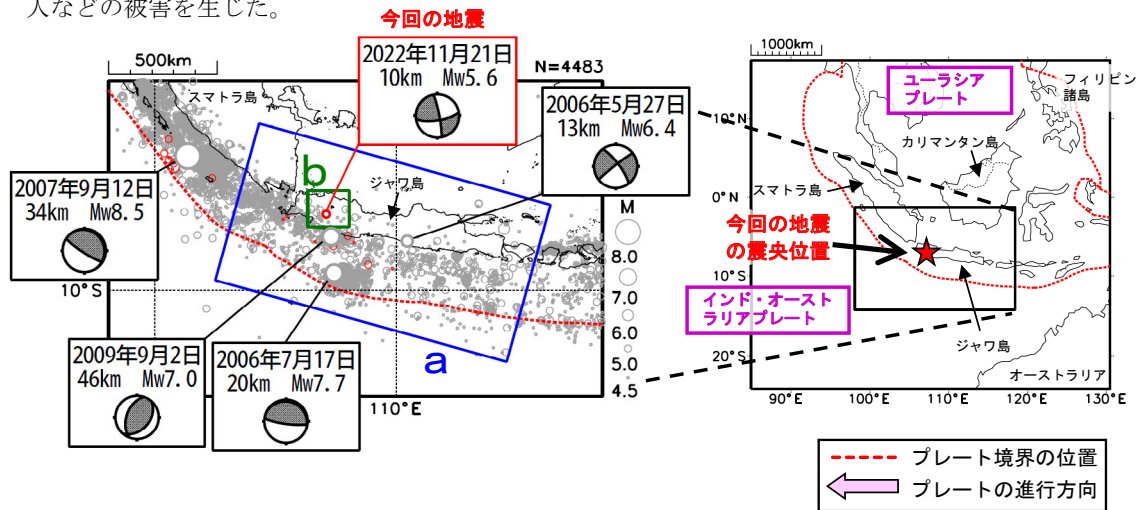


図 1-1 震央分布図 (2000 年 1 月 1 日~2022 年 11 月 30 日、深さ 0~100km、M≥6.0)
2022 年 11 月の地震を赤く表示。

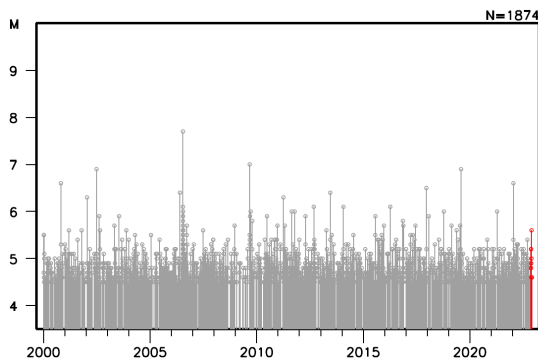


図 1-2 図 1-1 の領域 a 内の M-T 図

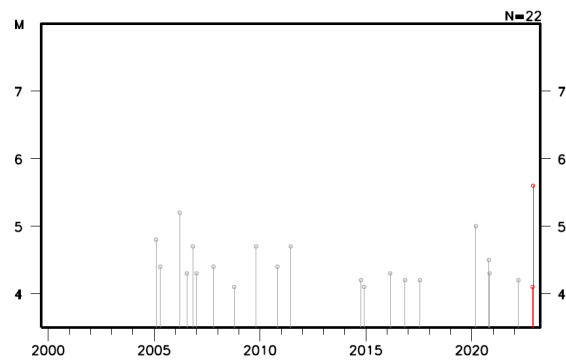


図 1-3 図 1-1 の領域 b 内の M-T 図
(深さ 0~30km、M≥4.0)

(注1) 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2022 年 12 月 7 日現在)。ただし、発震機構と Mw は、2009 年 9 月 2 日の地震は気象庁、それ以外の地震は Global CMT による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。今回の地震の被害は、OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2022 年 12 月 6 日現在)、その他の地震の被害は、宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第 4 図 (a) 2022 年 11 月 21 日インドネシア、ジャワの地震 (Mw5.6)
Fig.4(a) The Earthquake in Java, Indonesia (Mw5.6) on November 21, 2022.

(2) 今回の地震の発震機構 (注2)

今回の地震の震央周辺の発震機構の分布をみると、インド・オーストラリアプレートの沈み込みに伴い、逆断層型の地震が多く発生している (図 2-1)。また、ジャワ島内陸部で発生する地震を含めて、概ね北北東-南南西方向に圧力軸を持つ型が多い (図 2-2)。今回の地震の発震機構の圧力軸の向きは北東-南西方向であり、その傾向と調和的である。

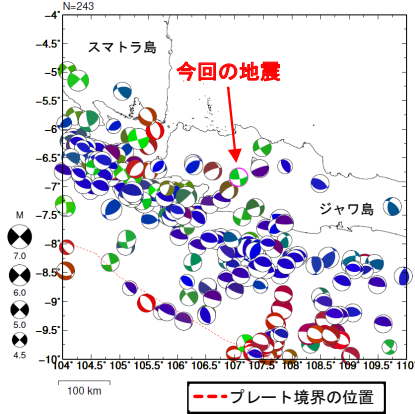


図 2-1 図 1-1 の発震機構分布図 (1980 年 1 月 1 日~2022 年 11 月 30 日、深さ 0~100km、 $M \geq 4.5$)

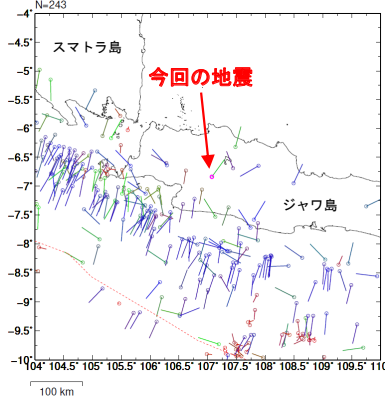


図 2-2 図 2-1 の発震機構の圧力軸の向きの分布

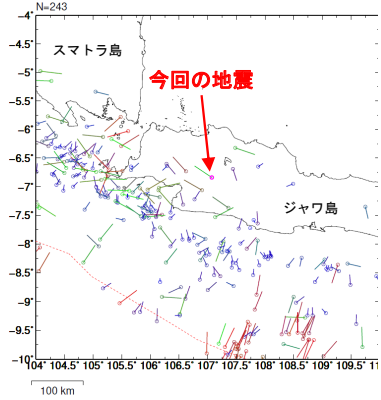


図 2-3 図 2-1 の発震機構の張力軸の向きの分布

(3) 過去に発生した主な地震 (注3)

1904 年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では、 $M7.0$ 以上の地震が度々発生しており、死者 1,000 人以上となるような大きな被害をもたらす地震が多く発生している (図 3-1、図 3-2)。

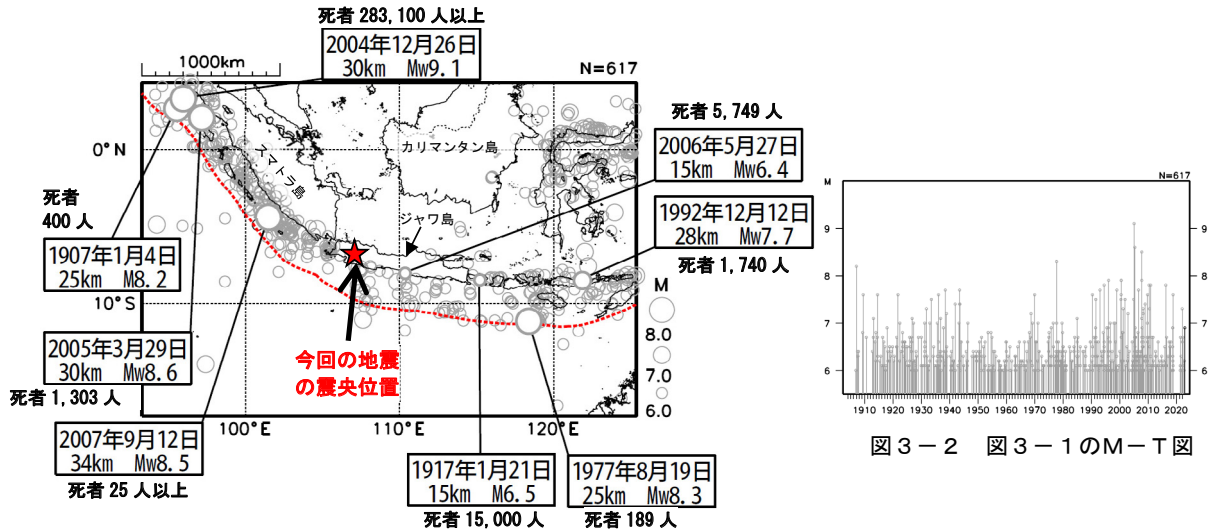


図 3-1 震央分布図 (1904 年 1 月 1 日~2022 年 11 月 30 日、深さ 0~100km、 $M \geq 6.0$)
2022 年 11 月の地震を濃く表示。吹き出しは $Mw8.0$ 以上または被害が死者 1,000 人以上の地震。

(注2) 震源要素及び発震機構は Global CMT による。震源の位置はセントロイドの位置。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。

(注3) 震源要素は、2018 年までは ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue Version 9.1 (1904-2018)、2019 年以降は米国地質調査所 (USGS) による (2022 年 12 月 7 日現在)。ただし吹き出しを付けた地震の Mw は、2004 年 12 月 26 日の地震は USGS、それ以外の地震は Global CMT によるモーメントマグニチュード。地震の被害は、宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。

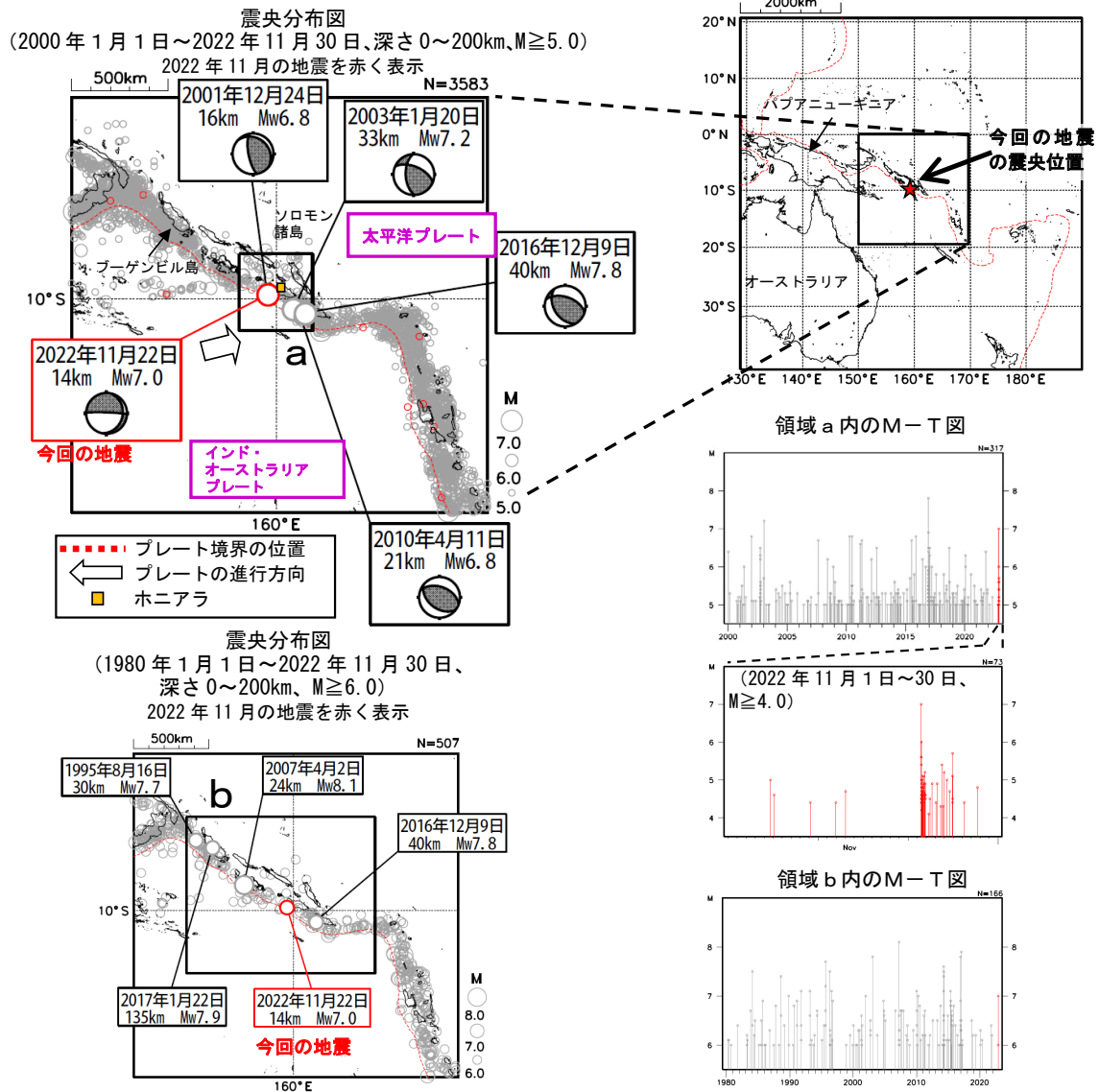
11 月 22 日 ブーゲンビルーソロモン諸島の地震

2022 年 11 月 22 日 11 時 03 分（日本時間、以下同じ）にブーゲンビルーソロモン諸島の深さ 14km で Mw7.0（Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震が発生した。この地震の発震機構（気象庁による CMT 解）は、北北東-南南西方向に圧力軸を持つ型である。この地震の発生後、同日 11 時 37 分には Mw6.0 の地震が発生するなど、地震活動が活発になった。

気象庁は、この地震に対して、同日 11 時 23 分に北西太平洋津波情報を、同日 11 時 29 分に遠地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。この地震により、ソロモン諸島のホニアラで 0.03m の津波を観測した。

2000 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 a）では、インド・オーストラリアプレートの沈み込みに伴い、地震活動が活発である。2016 年 12 月 9 日には Mw7.8 の地震が発生し、死者 1 人の被害を生じたほか、ニューカレドニア島のヤンゲンで 0.43m の津波を観測した。

1980 年以降の活動をみると、今回の震源付近（領域 b）では、M7.0 以上の地震が度々発生している。2007 年 4 月 2 日には Mw8.1 の地震が発生し、津波が発生したほか、死者 54 人などの被害を生じた。



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2022 年 12 月 7 日現在)。ただし、発震機構と Mw は、2010 年 4 月 11 日、2016 年 12 月 9 日、2017 年 1 月 22 日及び今回の地震は気象庁、その他の地震は Global CMT による。2016 年 12 月 9 日の地震及び今回の地震の津波の観測値は米国海洋大気庁 (NOAA)、被害は OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所) による。2007 年 4 月 2 日の地震の被害は宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027. doi:10.1029/2001GC000252.

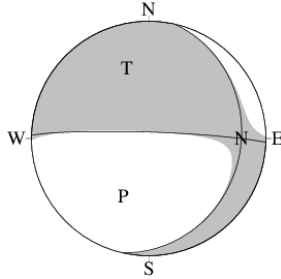
第 5 図 (a) 2022 年 11 月 22 日ブーゲンビルーソロモン諸島の地震 (Mw7.0)

Fig.5(a) The Earthquake in the Bougainville - Solomon Islands (Mw7.0) on November 22, 2022.

11 月 22 日 ブーゲンビルーソロモン諸島の地震の発震機構解析

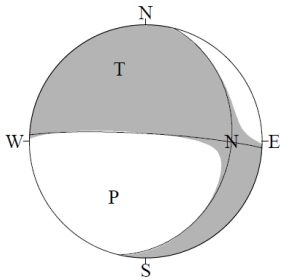
2022 年 11 月 22 日 11 時 03 分（日本時間）にブーゲンビルーソロモン諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 9.7°、東経 159.6°、深さ 18km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	4.56 × 10 ¹⁹ Nm	12.9° / 22.3° / -168.1°	271.8° / 85.5° / -68.2°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 9.8°、東経 159.5°、深さ 24km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 28 観測点の上下成分、18 観測点の水平成分を用い、100~500 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

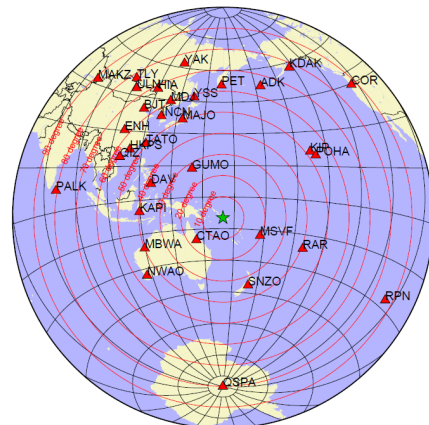
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	3.60 × 10 ¹⁹ Nm	13.9° / 27.8° / -168.0°	273.2° / 84.4° / -62.7°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 5 図 (b) つづき
Fig.5(b) Continued.

2022 年 11 月 22 日 ブーゲンビルーソロモン諸島 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

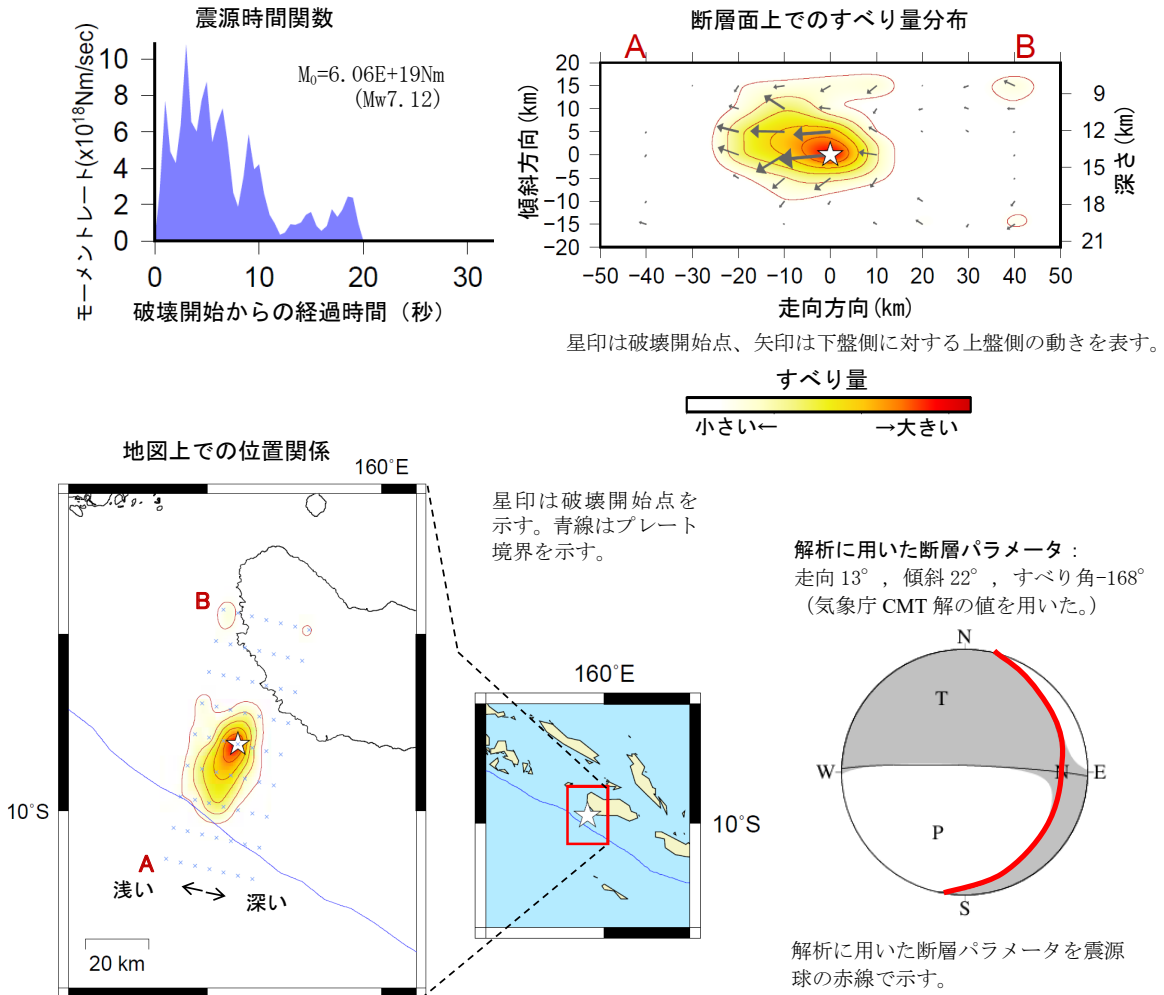
2022 年 11 月 22 日 11 時 03 分（日本時間）にブーゲンビルーソロモン諸島で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（9° 48.7′ S、159° 35.2′ E、深さ 14km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、北北東—南南西走向の節面（走向 13°、傾斜 22°、すべり角-168°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.7km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0（Bassin et al., 2000）および IASP91（Kennett and Engdahl, 1991）の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・ 主な破壊領域は走向方向に約 30km、傾斜方向に約 20km であった。
- ・ 主なすべりは破壊開始点周辺に広がり、最大すべり量は 2.5m であった（周辺の構造から剛性率を 50GPa として計算）。
- ・ 主な破壊継続時間は約 10 秒であった。
- ・ モーメントマグニチュード（ M_w ）は 7.1 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



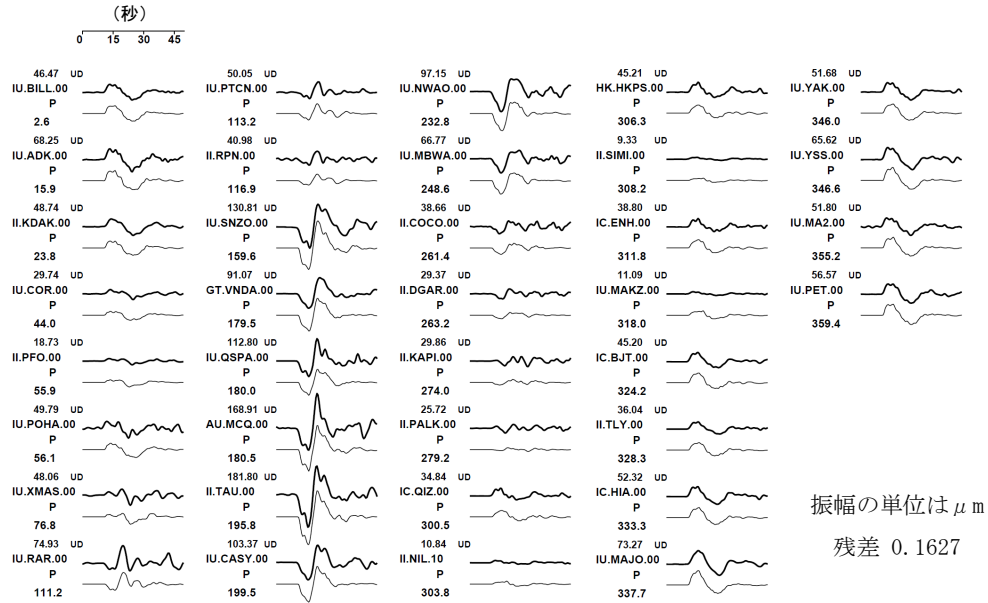
（注 1） 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

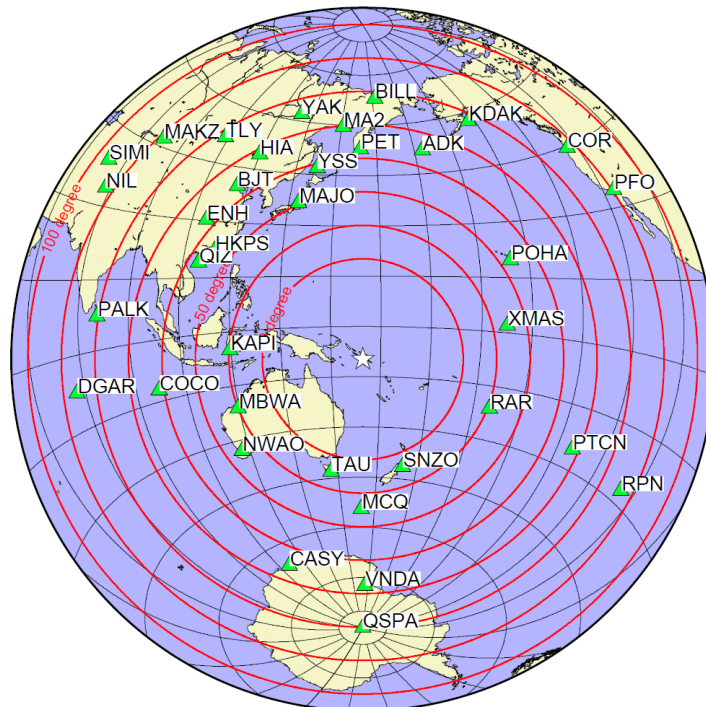
作成日：2023/1/13

第 5 図 (c) つづき
 Fig.5(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較



観測点分布



震央距離 $30^\circ \sim 100^\circ$ ※1 の 36 観測点※2 (P 波 : 36, SH 波 : 0) を使用。
 ※1 : 近すぎると理論的に扱いつらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2023/1/13

第 5 図 (d) つづき
 Fig.5(d) Continued.

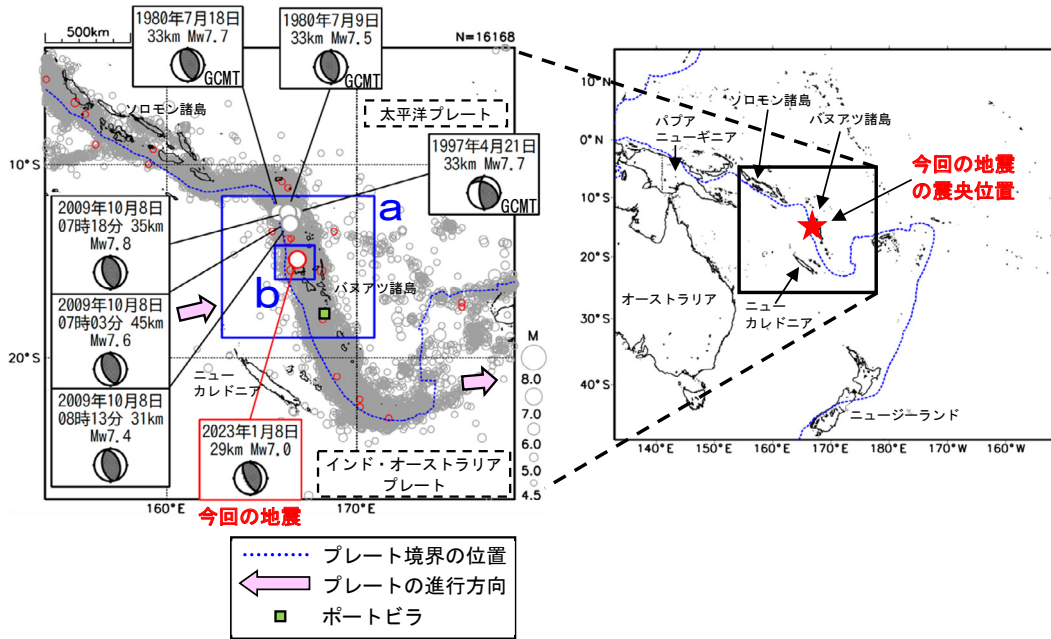
1 月 8 日 バヌアツ諸島の地震

2023 年 1 月 8 日 21 時 32 分（日本時間、以下同じ）にバヌアツ諸島の深さ 29km で Mw7.0 の地震（Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード）が発生した。この地震はインド・オーストラリアプレートと太平洋プレートの境界で発生した。発震機構（気象庁による CMT 解）は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

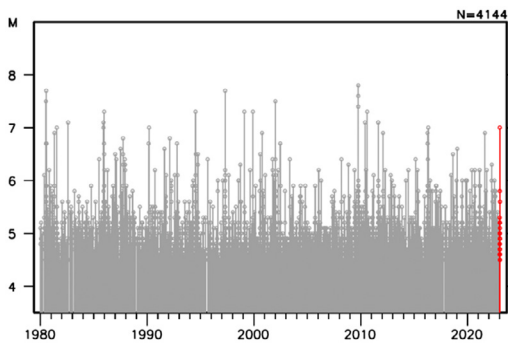
気象庁は、この地震に対して、同日 22 時 01 分に遠地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。なお、今回の地震による現地の被害は報告されていない。

バヌアツ諸島周辺は活発な地震活動がみられる領域で、1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域 a）では M7.0 以上の地震が時々発生している。2009 年 10 月 8 日には、07 時 03 分に Mw7.6 の地震が、07 時 18 分に Mw7.8 の地震が、さらに 08 時 13 分に Mw7.4 の地震が発生し、バヌアツのポートビラで 0.29m の津波を観測した。

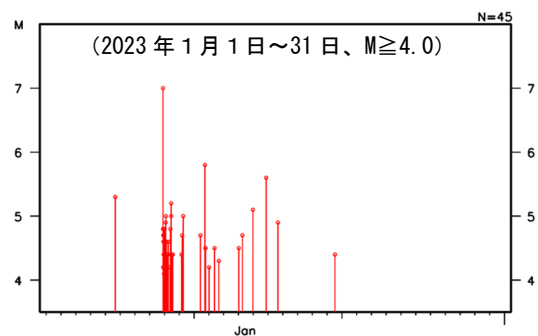
震央分布図
 (1980 年 1 月 1 日～2023 年 1 月 31 日、深さ 0～100km、M≥4.5)
 2023 年 1 月の地震を赤色で表示



領域 a 内の M-T 図



領域 b 内の M-T 図



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 2 月 6 日現在)。ただし、吹き出しのある地震のうち、「GCMT」が付いた地震の発震機構と Mw は Global CMT、その他の地震は気象庁による。今回の地震の被害は、OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2023 年 2 月 6 日現在) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。津波の高さは米国海洋大気庁 (NOAA) による (2023 年 2 月 6 日現在)。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

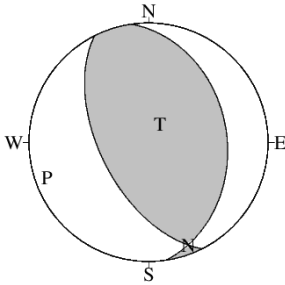
第 6 図 (a) 2023 年 1 月 8 日バヌアツ諸島の地震 (Mw7.0)

Fig.6(a) The Earthquake in the Vanuatu Islands (Mw7.0) on January 8, 2023.

1 月 8 日 バヌアツ諸島の地震の発震機構解析

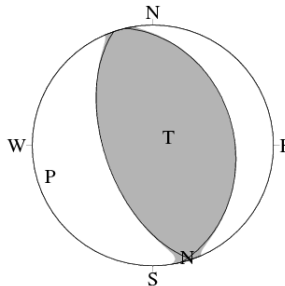
2023 年 1 月 8 日 21 時 32 分(日本時間)にバヌアツ諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 14.9°、東経 166.8°、深さ 32km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	4.31×10 ¹⁹ Nm	153.2° / 56.7° / 79.5°	351.9° / 34.7° / 105.5°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 15.1°、東経 166.7°、深さ 24km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 23 観測点の上下成分、17 観測点の水平成分を用い、100~500 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

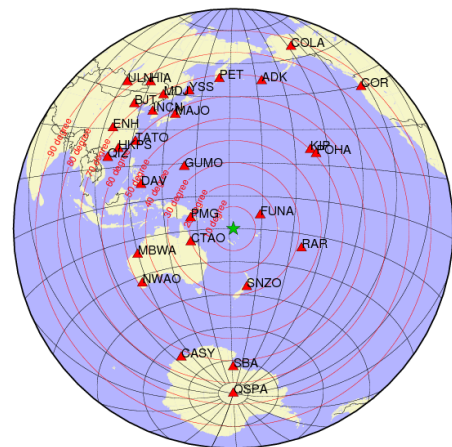
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	4.58×10 ¹⁹ Nm	161.0° / 57.1° / 86.9°	346.7° / 33.0° / 94.8°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 6 図 (b) つづき
Fig.6(b) Continued.

2023 年 1 月 8 日 バヌアツ諸島 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

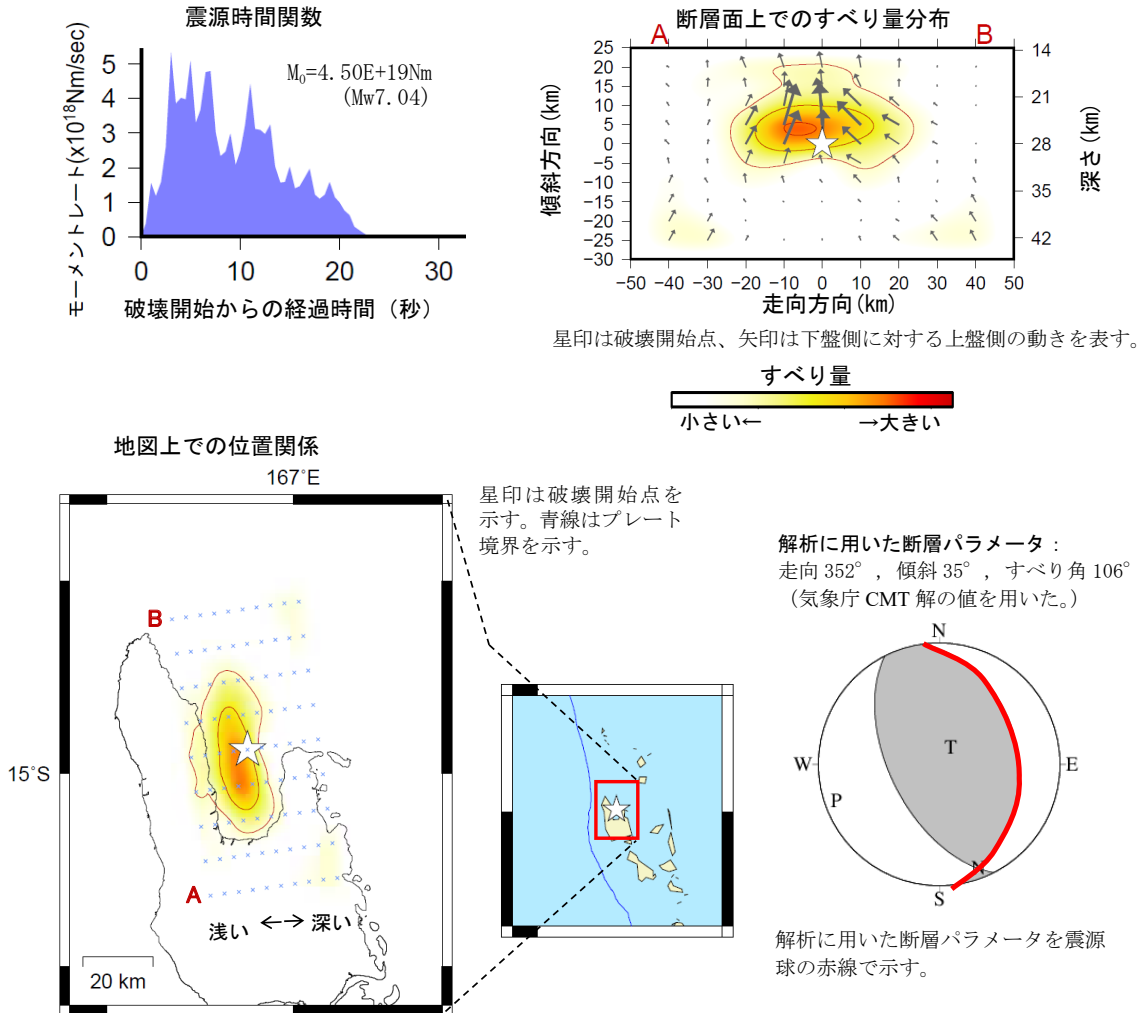
2023 年 1 月 8 日 21 時 32 分（日本時間）にバヌアツ諸島で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $14^{\circ} 56.2' S$ 、 $166^{\circ} 52.6' E$ 、深さ 28km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、南北走向の節面（走向 352° 、傾斜 35° 、すべり角 106° ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.8km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0（Bassin et al., 2000）および IASP91（Kennett and Engdahl, 1991）の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・主な破壊領域は走向方向に約 40km、傾斜方向に約 20km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺に広がり、最大すべり量は 0.9m であった（周辺の構造から剛性率を 45GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 20 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（ M_w ）は 7.0 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



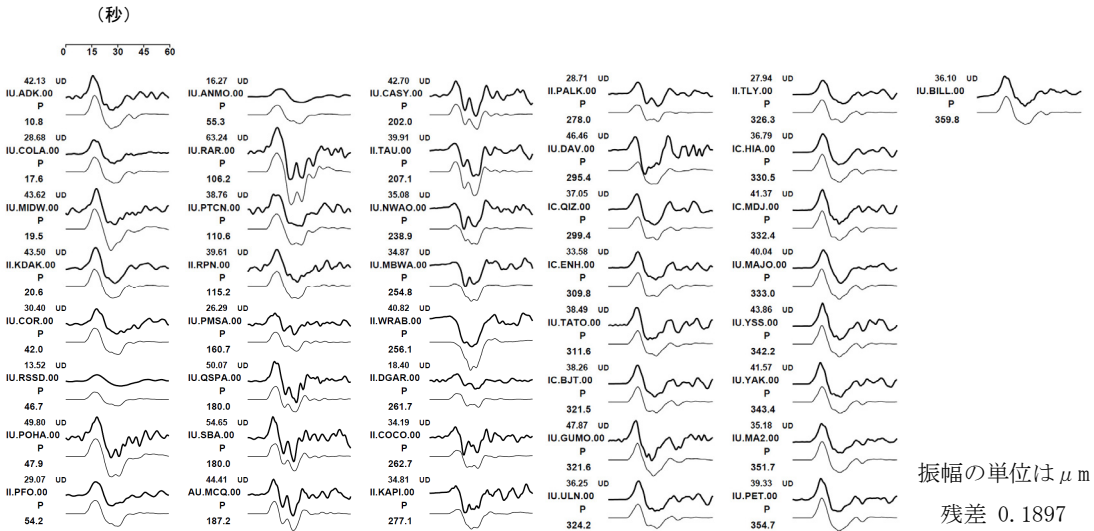
(注 1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

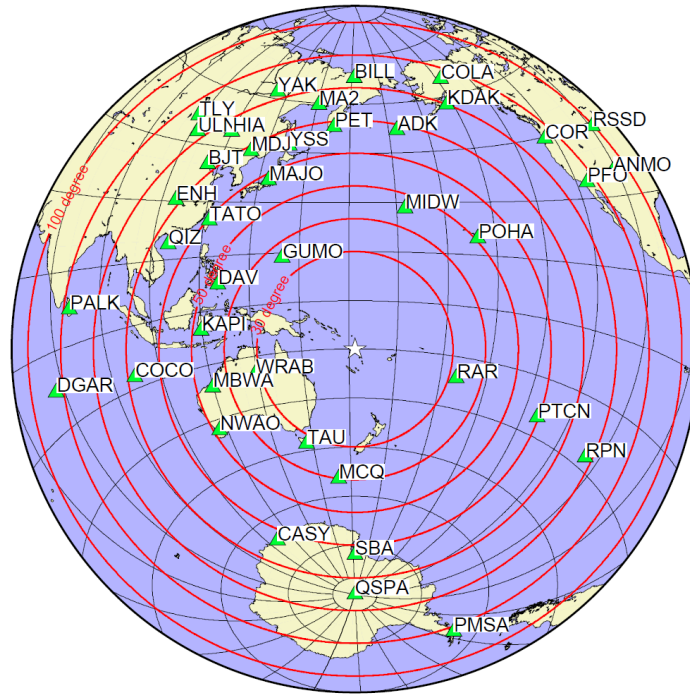
作成日：2023/02/02

第 6 図 (c) つづき
Fig.6(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較



観測点分布



震央距離 $30^\circ \sim 100^\circ$ ^{*1} の 41 観測点 ^{*2} (P 波 : 41, SH 波 : 0) を使用。
 ※ 1 : 近すぎると理論的に扱いつづらなくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※ 2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2023/02/02

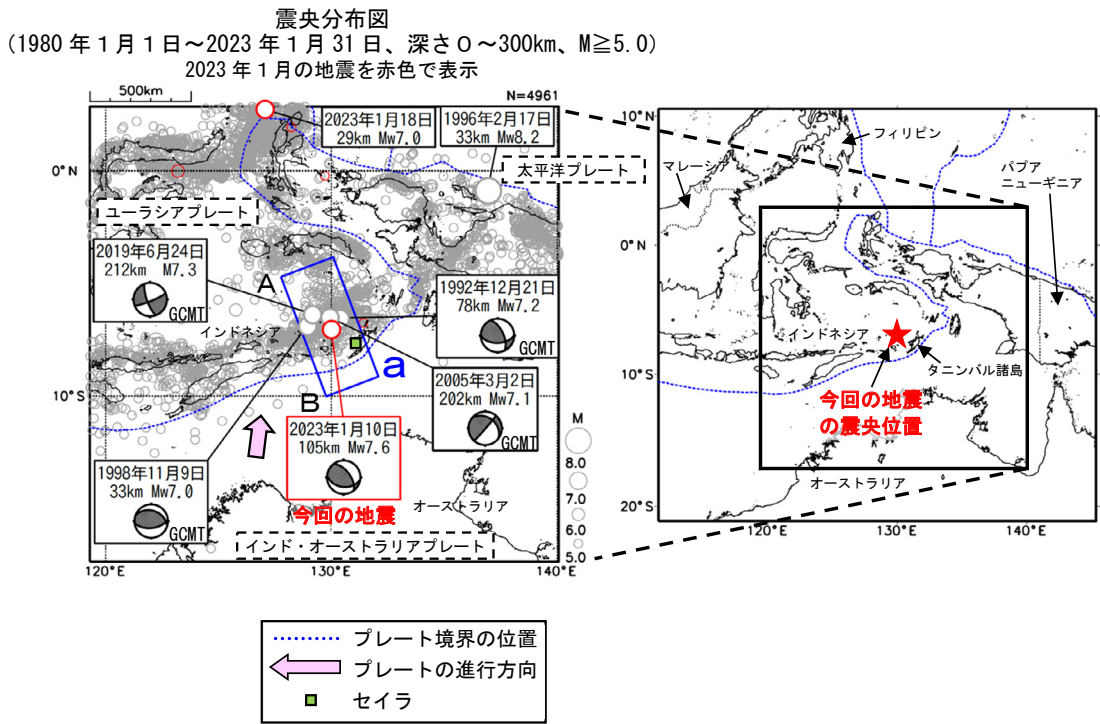
第 6 図 (d) つづき
Fig.6(d) Continued.

1 月 10 日 インドネシア、タニンバル諸島の地震

2023 年 1 月 10 日 02 時 47 分 (日本時間、以下同じ) にインドネシア、タニンバル諸島の深さ 105km で Mw7.6 の地震 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード) が発生した。この地震はユーラシアプレートに沈み込むインド・オーストラリアプレート内部で発生したと考えられる。発震機構 (気象庁による CMT 解) は北北東-南南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 03 時 30 分に遠地地震に関する情報 (津波の心配なし) を発表した。この地震により、インドネシア、タニンバル諸島のセイラで 0.09m などの津波を観測した。また、今回の地震により死者 1 人、負傷者 1 人などの被害が生じた。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域 b) では M7.0 以上の地震がまれに発生している。



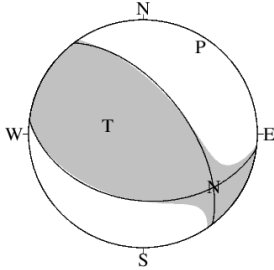
※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 2 月 6 日現在)。ただし、吹き出しのある地震のうち、「GCMT」が付いた地震の発震機構と Mw 及び 1996 年 2 月 17 日の地震の Mw は Global CMT、その他の地震は気象庁による。津波の高さは米国海洋大気庁 (NOAA) による (2023 年 2 月 6 日現在)。今回の地震の被害は、OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2023 年 1 月 11 日現在) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。
*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第 7 図 (a) 2023 年 1 月 10 日インドネシア、タニンバル諸島の地震 (Mw7.6)
Fig.7(a) The Earthquake in the Tanimbar Islands, Indonesia (Mw7.6) on January 10, 2023.

1 月 10 日 インドネシア、タニンバル諸島の地震の発震機構解析

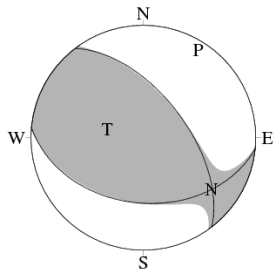
2023 年 1 月 10 日 02 時 47 分（日本時間）にインドネシア、タニンバル諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 7.4°、東経 130.1°、深さ 88km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.6	3.30×10 ²⁰ Nm	97.1° / 41.0° / 52.4°	322.8° / 58.7° / 117.9°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 7.4°、東経 130.1°、深さ 101km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 53 観測点の上下成分、42 観測点の水平成分を用い、200~600 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

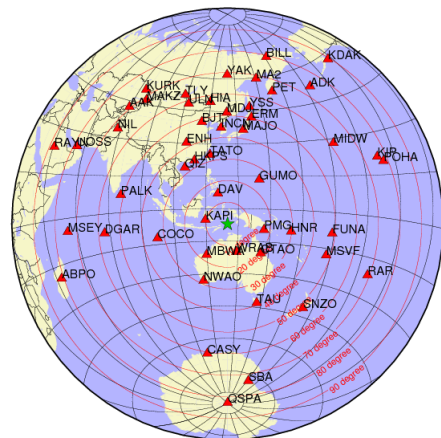
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.6	3.68×10 ²⁰ Nm	95.5° / 41.5° / 51.1°	322.6° / 58.9° / 119.1°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, *Geophys. J. Int.*, **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

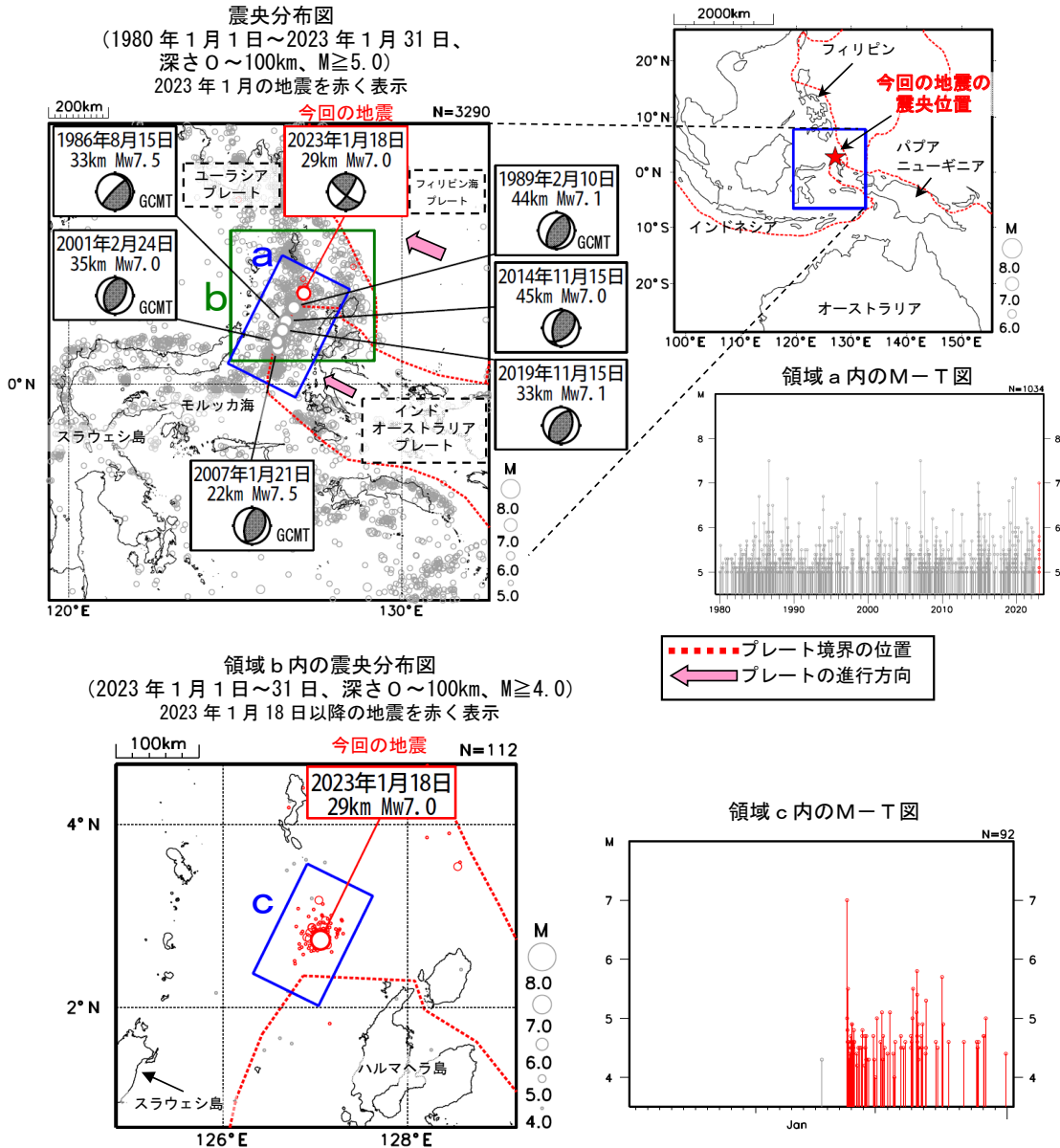
第 7 図 (b) つづき
Fig.7(b) Continued.

1 月 18 日 モルッカ海北部の地震

2023 年 1 月 18 日 15 時 06 分 (日本時間、以下同じ) に、モルッカ海北部の深さ 29km で Mw7.0 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード) の地震が発生した。この地震の発震機構 (気象庁による CMT 解) は東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 15 時 30 分に遠地地震に関する情報 (日本沿岸で若干の海面変動あり) を発表した。今回の地震の震央付近 (領域 c) では、この地震の発生後に地震活動が活発になり、M5.0 以上の地震が 11 回発生している。なお、今回の地震による現地の被害は報告されていない。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域 a) では、M7.0 以上の地震が時々発生しており、2007 年 1 月 21 日に発生した Mw7.5 の地震では死者 3 人、負傷者 4 人などの被害が生じた。



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 2 月 2 日現在)。ただし、吹き出しのある地震のうち、「GCMT」が付いた地震の発震機構と Mw は Global CMT、その他の地震は気象庁による。今回の地震の被害は OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所) による。2007 年 1 月 21 日の地震の被害は宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。

* 参考文献

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

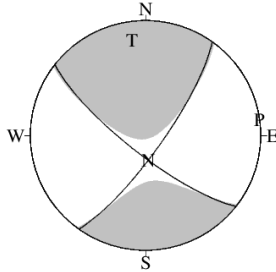
第 8 図 (a) 2023 年 1 月 18 日モルッカ海北部の地震 (Mw7.0)

Fig.8(a) The Earthquake in the northern part of Molucca Sea (Mw7.0) on January 18, 2023.

1 月 18 日 モルッカ海北部の地震の発震機構解析

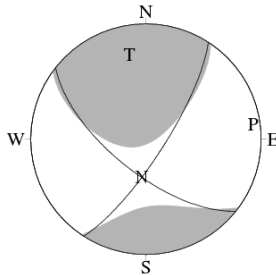
2023 年 1 月 18 日 15 時 06 分（日本時間）にモルッカ海北部で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、北緯 2.8°、東経 127.1°、深さ 30km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	3.96×10 ¹⁹ Nm	35.4° / 78.1° / 166.9°	128.2° / 77.2° / 12.3°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 2.7°、東経 127.2°、深さ 51km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 38 観測点の上下成分、35 観測点の水平成分を用い、100~300 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

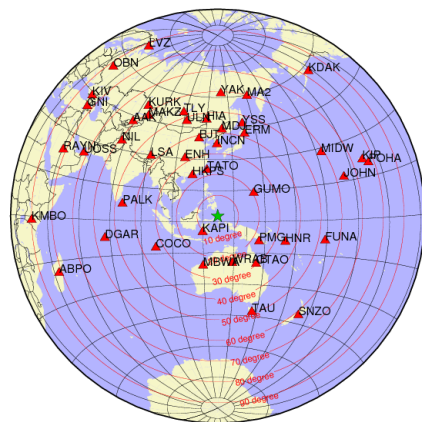
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	3.84×10 ¹⁹ Nm	32.8° / 77.1° / 155.8°	128.5° / 66.5° / 14.1°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 8 図 (b) つづき
Fig.8(b) Continued.

2023 年 2 月 6 日 トルコの地震

(1) 概要及び最近の地震活動 (注1)

2023 年 2 月 6 日 10 時 17 分 (日本時間、以下同じ) にトルコの深さ 10km で Mw7.8 の地震 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード、今回の地震①) が発生した。この地震の発震機構 (気象庁による CMT 解) は、南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。気象庁は、この地震に対して、同日 10 時 47 分に遠地地震に関する情報 (津波の心配なし) を発表した。この地震により、キプロスのパラリムニで 0.25m などの津波を観測した。

今回の地震①の震央付近 (図 1-3 の領域 b) では、この地震の発生後に地震活動が活発になり、今回の地震①の約 9 時間後の同日 19 時 24 分には、トルコの深さ 10km で Mw7.6 の地震 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード、今回の地震②) が発生した。この地震の発震機構 (気象庁による CMT 解) は北東-南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。気象庁はこの地震に対して、同日 19 時 52 分に遠地地震に関する情報 (津波の心配なし) を発表した。

今回の地震活動により、死者 51,089 人、負傷者 118,700 人などの被害が生じた (2023 年 3 月 2 日時点)。

今回の地震活動域は、ユーラシアプレートとアラビアプレートの境界に位置する地域である。1970 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (図 1-1 の領域 a) では、M6.0 以上の地震が時々発生している。2020 年 1 月 25 日には Mw6.8 の地震が発生し、死者 41 人、負傷者約 1,600 人などの被害が生じた。

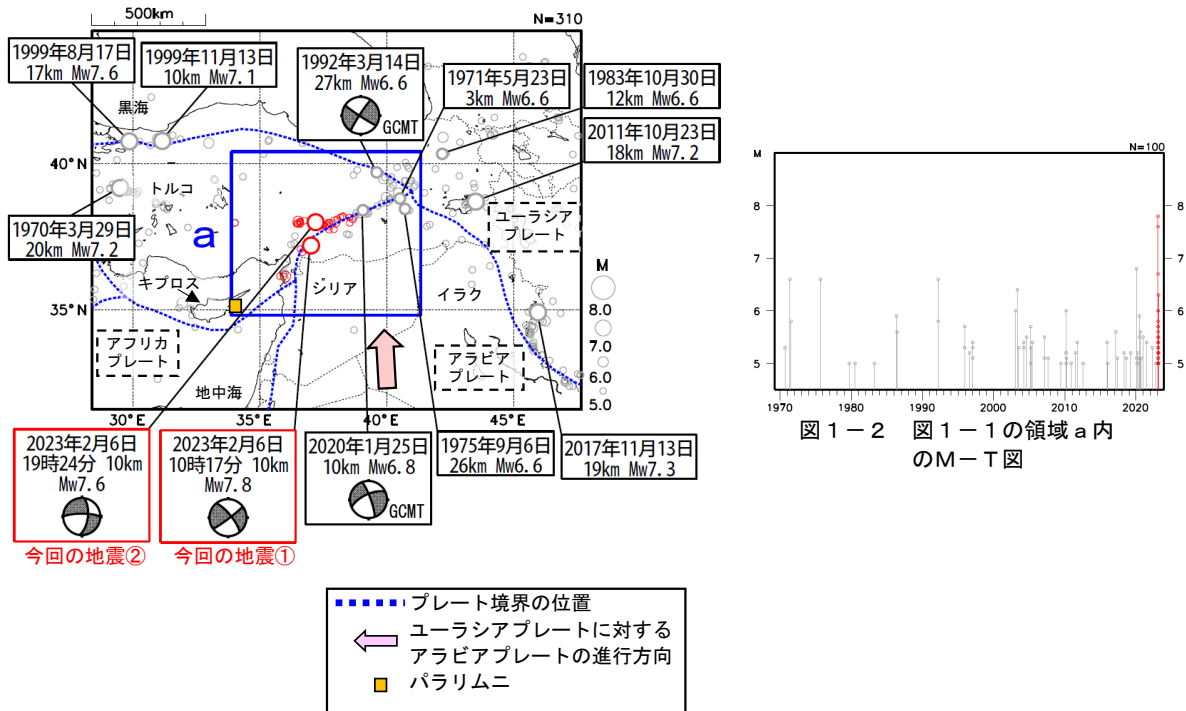


図 1-1 震央分布図 (1970 年 1 月 1 日~2023 年 2 月 28 日、深さ 0~30km、M \geq 5.0)
2023 年 2 月の地震を赤く表示。

(注1) 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 3 月 6 日現在)。ただし、吹き出しのある地震のうち、発震機構と Mw は、今回の地震①及び②、2011 年 10 月 23 日の地震及び 2017 年 11 月 13 日の地震は気象庁、1970 年 3 月 29 日の地震、1971 年 5 月 23 日の地震及び 1975 年 9 月 6 日の地震は ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue Version 9.1 (1904-2018)、その他の地震は Global CMT による。津波の高さは米国海洋大気庁 (NOAA) による。被害は、今回の地震及び 2020 年 1 月 25 日の地震は OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2023 年 3 月 2 日現在)、その他の地震は宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。プレート境界の位置は Bird (2003) *1、活断層は Styron and Pagani (2020) *2 より引用。

*1 参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

*2 参考文献 Styron, R. and Pagani, M. (2020) The GEM Global Active Faults Database. *Earthquake Spectra*, 36(1), pp. 160-180, doi:10.1177/8755293020944182

第 9 図 (a) 2023 年 2 月 6 日トルコの地震 (Mw7.8)

Fig.9(a) The Earthquake in Turkey (Mw7.8) on February 6, 2023.

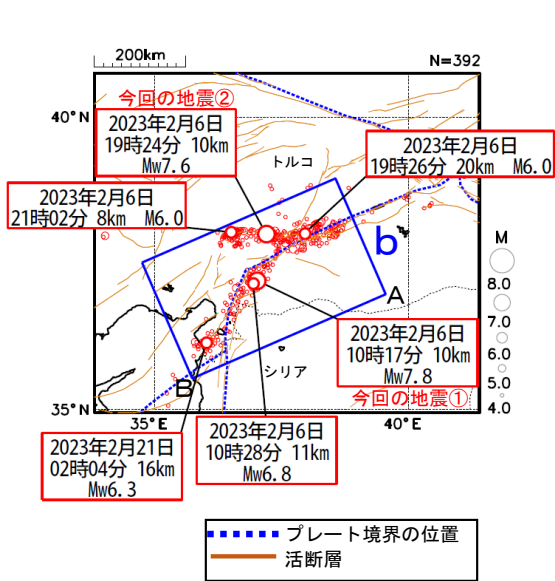


図 1-3 図 1-1 の領域 a 内の震央分布図 (2023 年 2 月 1 日~28 日、 $M \geq 4.0$)

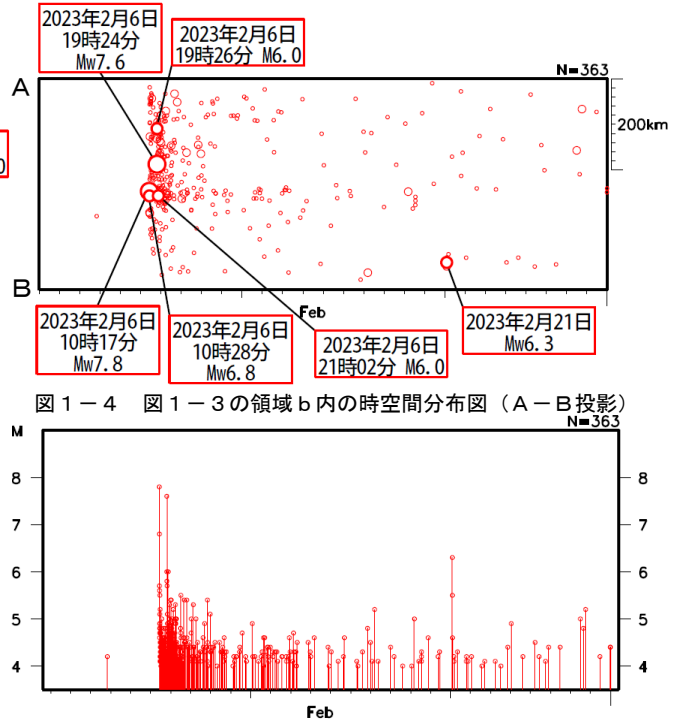


図 1-4 図 1-3 の領域 b 内の時空間分布図 (A-B 投影)

図 1-5 図 1-3 の領域 b 内の M-T 図

(2) 今回の地震の発震機構 (注2)

今回の地震の震央周辺の発震機構の分布をみると、概ね北北東-南南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型の地震が多く発生している (図 2-1、図 2-2、図 2-3)。今回の地震①及び②の発震機構は、これまでの地震の傾向と調和的である。

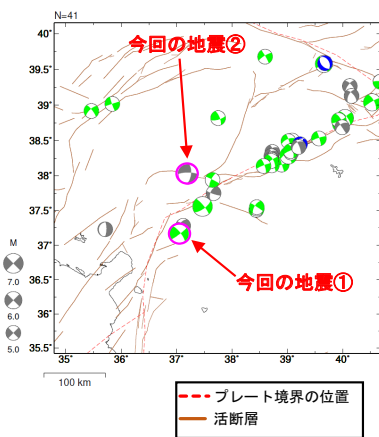


図 2-1 図 1-1 の領域 a 内の発震機構分布図 (1976 年 1 月 1 日~2023 年 2 月 28 日、深さ 0~30km、 $M \geq 5.0$)

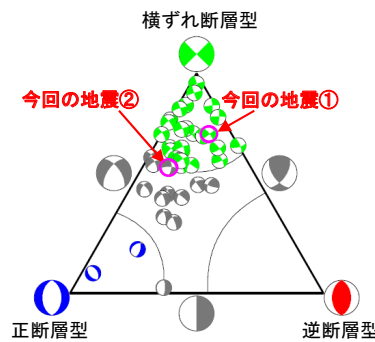


図 2-2 図 2-1 の発震機構の型の分布

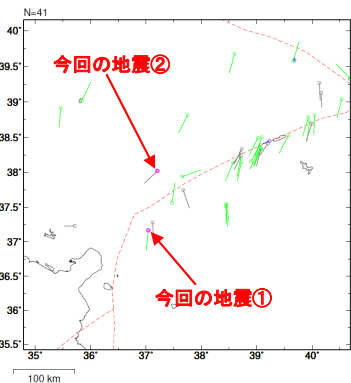


図 2-3 図 2-1 の発震機構の圧力軸の向きの分布

(注2) 震源要素及び発震機構は、今回の地震①及び②は気象庁、その他の地震は Global CMT による。震源の位置はセントロイドの位置。プレート境界の位置は Bird (2003) *1、活断層は Styron and Pagani (2020) *2 より引用。

*1 参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

*2 参考文献 Styron, R. and Pagani, M. (2020) The GEM Global Active Faults Database. *Earthquake Spectra*, 36(1), pp. 160-180, doi:10.1177/8755293020944182.

(3) 過去に発生した主な地震 (注3)

1904 年以降の活動をみると、トルコ国内では、M7.0 以上の地震が時々発生しており、大きな被害を伴っている。1939 年 12 月 27 日には M7.8 の地震により、死者 32,968 人などの被害が生じた。また近年では、1999 年 8 月 17 日の Mw7.6 の地震により、死者 17,118 人、負傷者約 50,000 人などの被害が生じた。

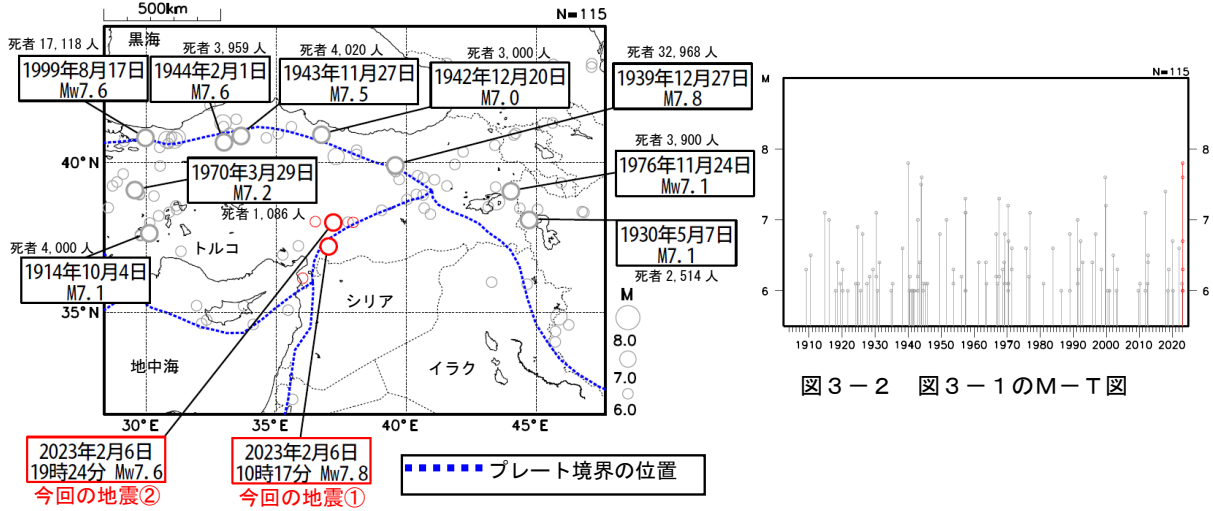
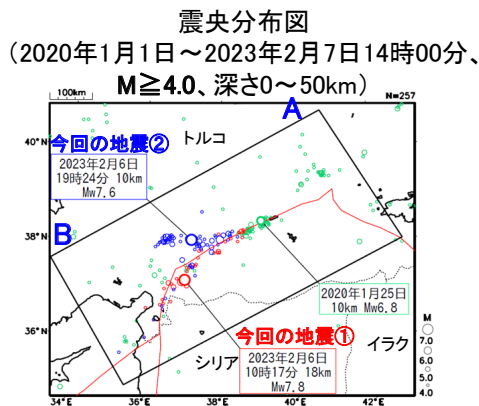
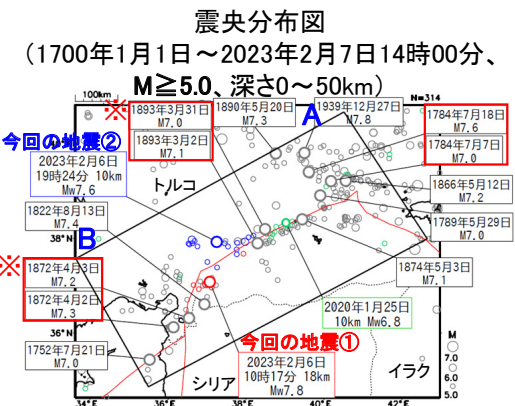


図 3-1 震央分布図
 (1904 年 1 月 1 日～2023 年 2 月 28 日、
 深さ 0～50km、M≥6.0)
 2023 年 2 月の地震を赤く表示
 吹き出しは M7.0 以上かつ死者 1,000 人以上の
 被害を伴った地震

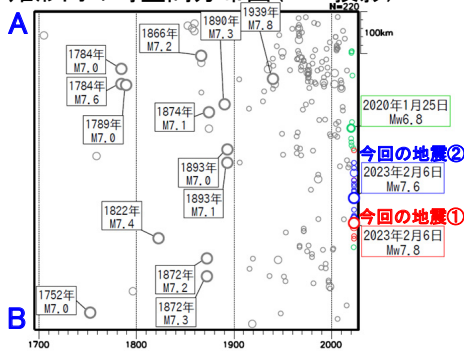
図 3-2 図 3-1 の M-T 図

(注3) 震源要素は、2018 年までは ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue Version 9.1 (1904-2018)、2019 年以降は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 3 月 6 日現在)。ただし Mw は、1976 年 11 月 24 日及び 1999 年 8 月 17 日の地震は Global CMT、今回の地震①及び②は気象庁によるモーメントマグニチュード。地震の被害は、宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。

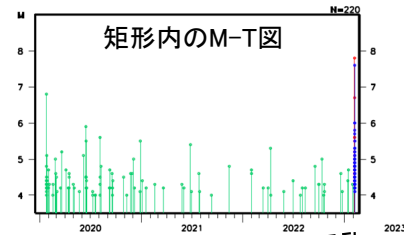
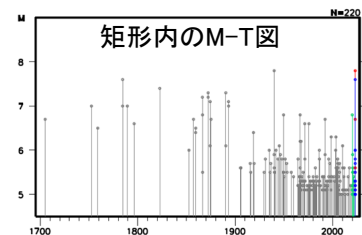
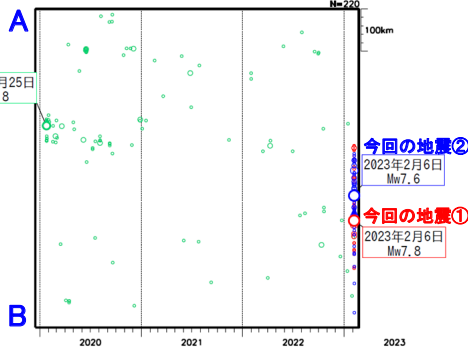
2月6日 トルコの地震(今回の地震活動及び過去の地震活動の状況)



矩形内の時空間分布図(A-B投影)



矩形内の時空間分布図(A-B投影)

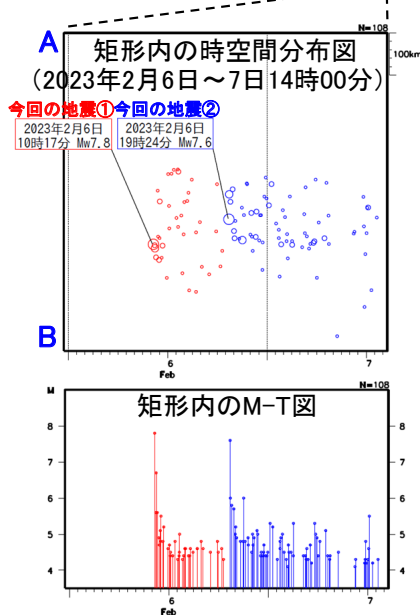


- 灰丸: 1700年1月1日～2020年1月25日02時54分
- 緑丸: 2020年1月25日02時55分(Mw6.8発生)
～2023年2月6日10時16分
- 赤丸: 2023年2月6日10時17分(Mw7.8発生)
～2023年2月6日19時23分
- 青丸: 2023年2月6日19時24分(Mw7.6発生)
～2023年2月7日14時00分

○震央分布図中の吹き出しは矩形内のM7.0以上の地震及び2020年1月25日Mw6.8の地震。そのうち、震央分布図内の赤枠は30日以内に続発した地震(ただし、※印のペアは同じ地震の可能性がある)。

○震央分布図中の赤線は、プレート境界の位置(Bird, 2003)を示す。

○震源要素は、2019年以降は米国地質調査所(USGS)による(2023年2月7日14時現在)、1904年～2018年はISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue Version 9.1(1904-2018)、1903年以前は宇津の「世界の被害地震の表」による。ただし、今回の地震①及び②のMは気象庁CMT解によるモーメントマグニチュード、2020年1月25日の地震はGCMTによるモーメントマグニチュード。



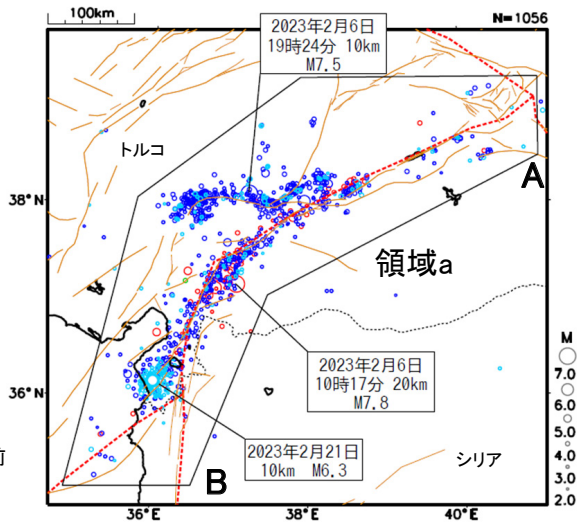
第 9 図 (d) つづき
Fig.9(d) Continued.

2月6日 トルコの地震(今回の地震活動)

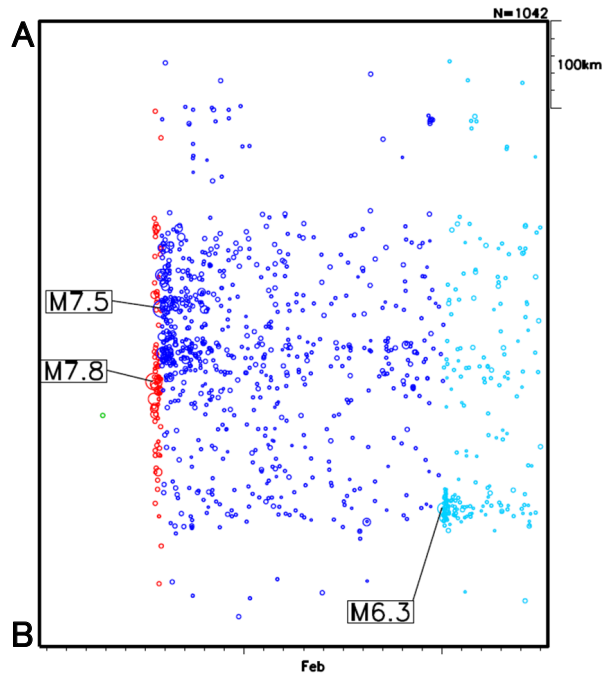
震央分布図 (2023年2月1日～25日、 Mすべて、 深さ0～50km)

- ・震源要素は、ヨーロッパ地中海地震学センター(EMSC)のWebサイト(<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>)による。
- ・震央分布図中の赤点線はプレート境界(Bird, 2003)、茶線は活断層(Styr on et al., 2020)を示す。

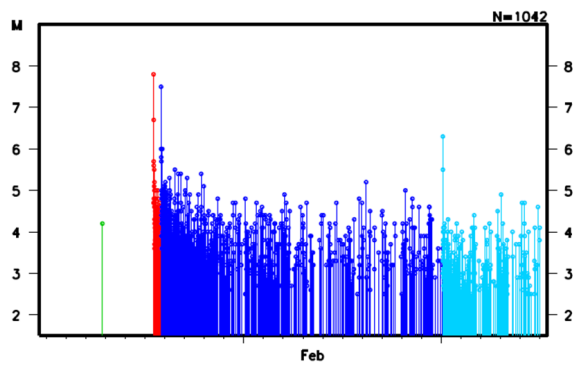
- 緑丸: 2月 6日 10時17分(M7.8発生)より前
- 赤丸: 2月 6日 10時17分(M7.8発生)～
- 青丸: 2月 6日 19時24分(M7.5発生)～
- 水丸: 2月 21日 02時04分(M6.3発生)～



領域a内の 時空間分布図(A-B投影)



領域a内の M-T図

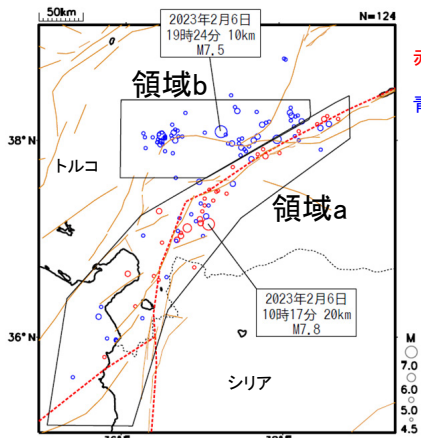


第 9 図 (e) つづき
Fig.9(e) Continued.

2月6日 トルコの地震(大森・宇津公式、G-R式、余震確率)

震央分布図

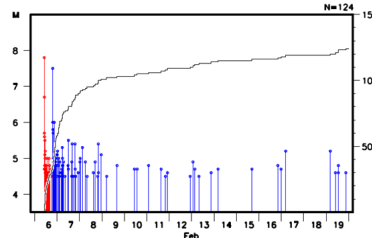
(2023年2月6日～19日、 $M \geq 4.5$ 、深さ0～50km)



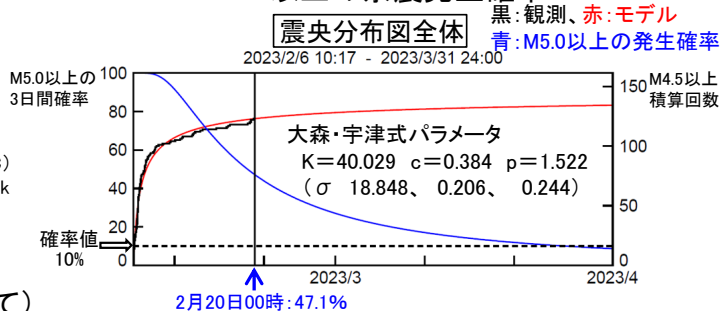
赤丸:
2月6日10時17分(M7.8発生)～
青丸:
2月6日19時24分(M7.5発生)～

・震源要素は、ヨーロッパ地中海地震学センター(EMSC)のWebサイト(<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>)による。
・震央分布図中の赤点線はプレート境界(Bird, 2003)、茶線は活断層(Styron et al., 2020)を示す。

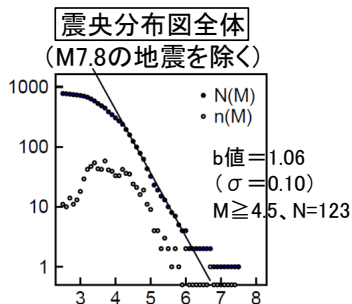
震央分布図全体のMT・回数積算図



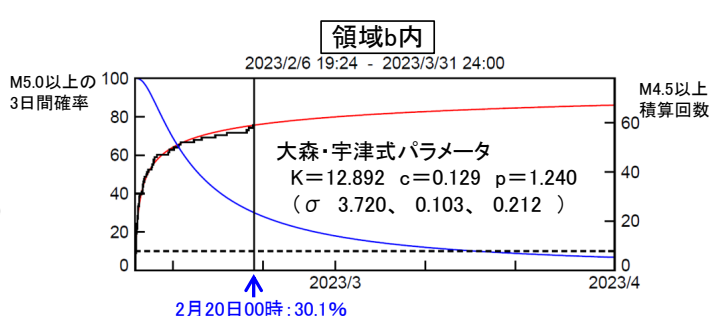
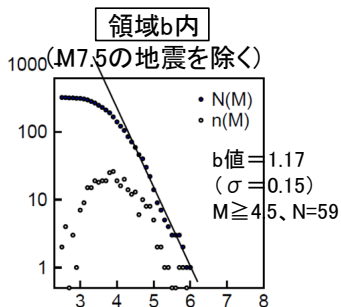
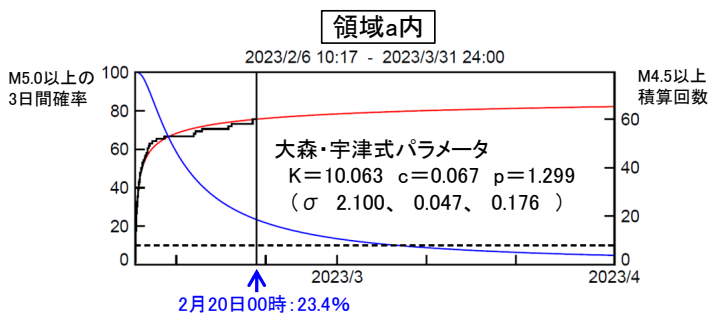
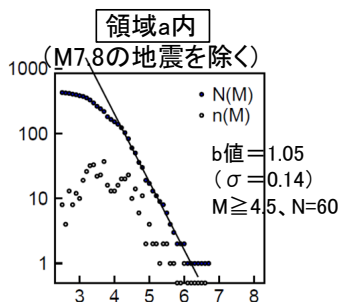
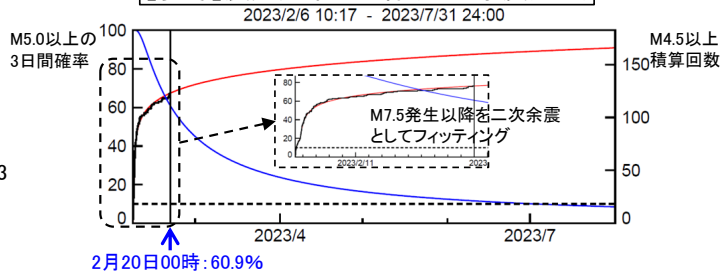
大森・宇津公式+G-R式($M \geq 4.5$)による M5.0以上の余震発生確率



M別度数分布・b値(Mすべて)



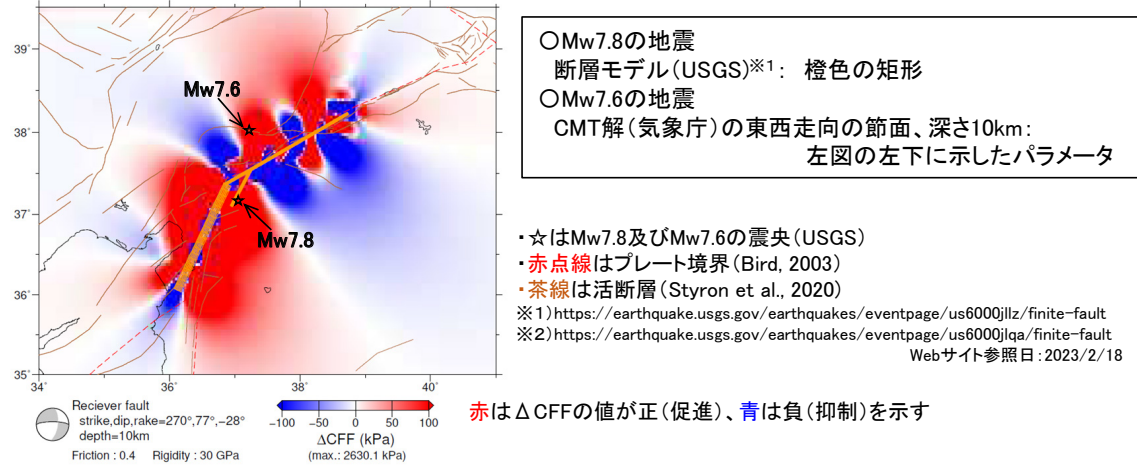
【参考】震央分布図全体(二次余震処理)



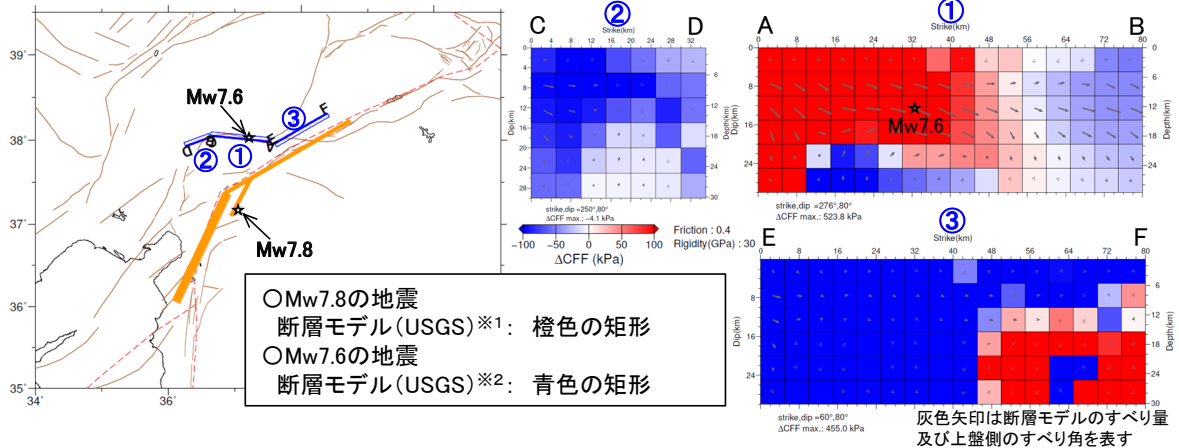
第 9 図 (f) つづき
Fig.9(f) Continued.

2月6日 トルコの地震(今回の地震による周辺の静的応力変化)

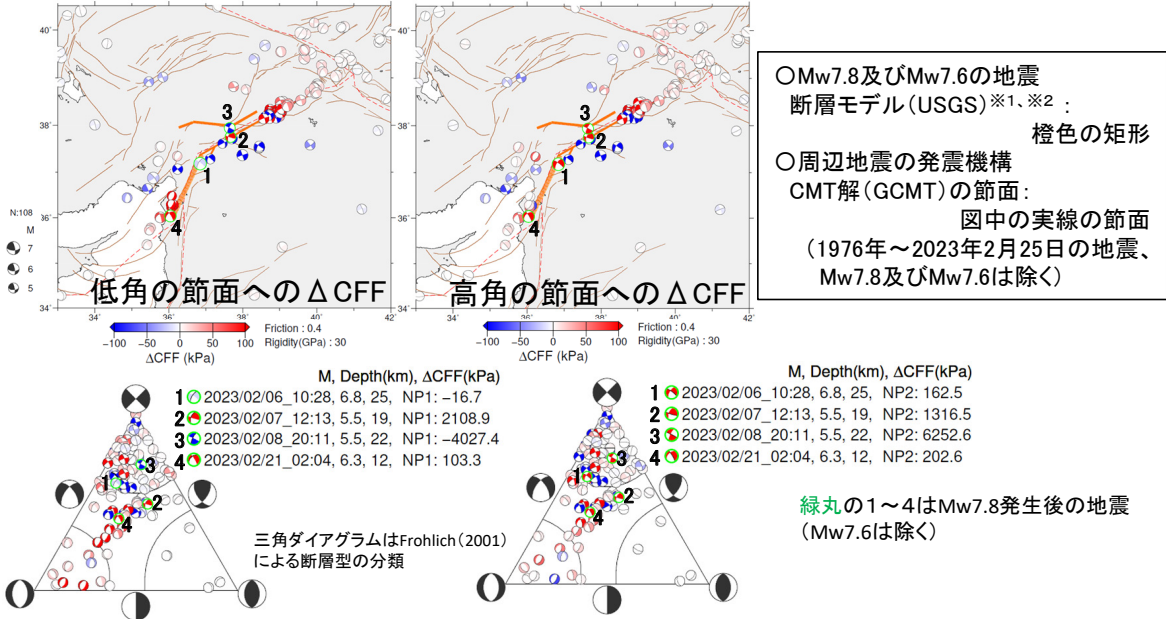
(1) Mw7.8の地震によるMw7.6の地震への影響<ΔCFFの水平分布>



(2) Mw7.8の地震によるMw7.6の地震への影響<Mw7.6の断層面におけるΔCFF分布>



(3) Mw7.8及びMw7.6の地震による、周辺地震の発震機構の節面へのΔCFF分布



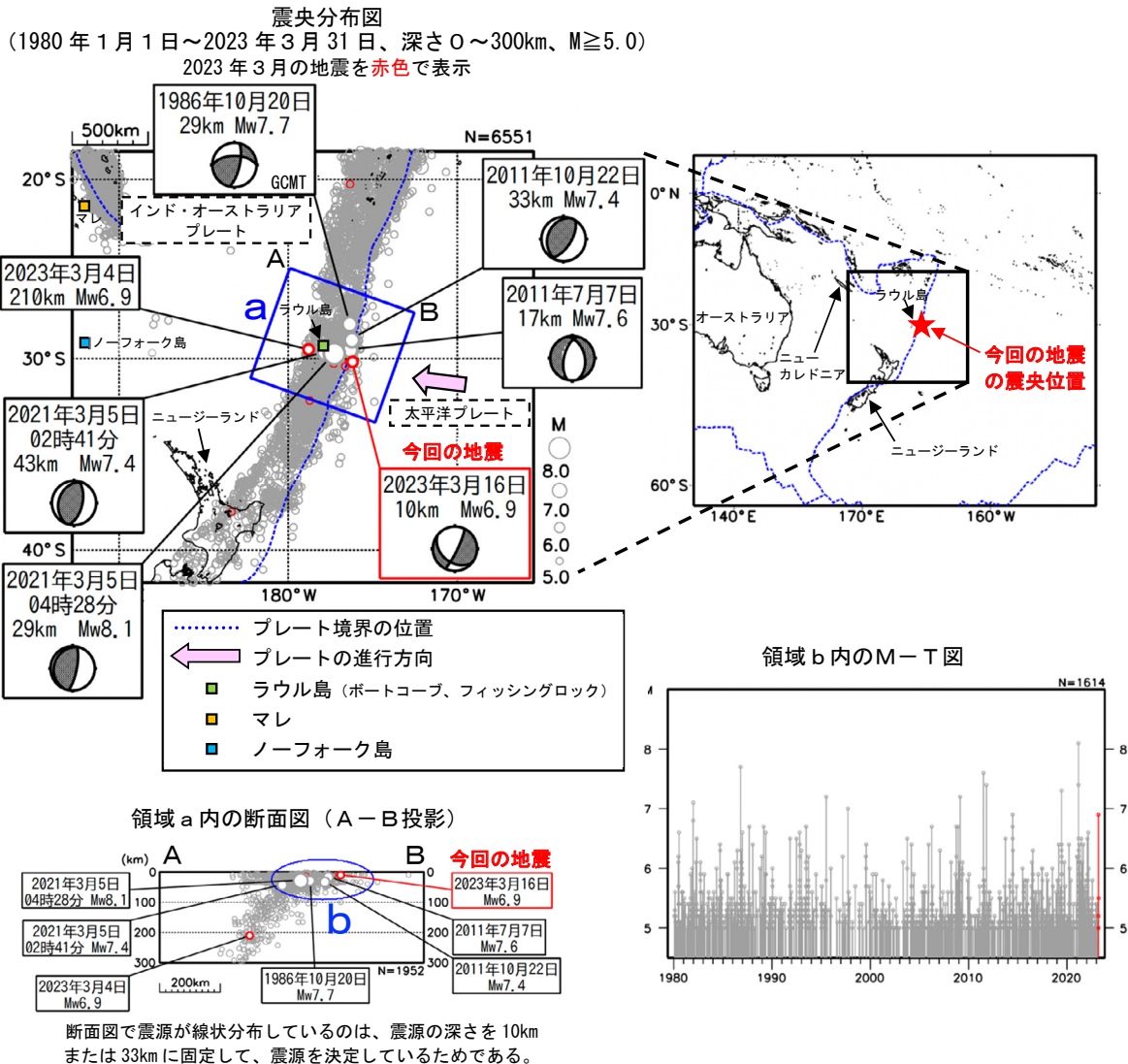
第9図(g) つづき
Fig.9(g) Continued.

3 月 16 日 ケルマデック諸島の地震

2023 年 3 月 16 日 09 時 56 分（日本時間、以下同じ）にケルマデック諸島の深さ 10km で Mw6.9 の地震（Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード）が発生した。この地震はインド・オーストラリアプレートに沈み込む太平洋プレート内部で発生した。発震機構（気象庁による CMT 解）は東西方向に張力軸を持つ型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 10 時 23 分に遠地地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。この地震により、ラウル島（ニュージーランド）のポートコーブで 0.11m、フィッシングロックで 0.1m の津波を観測した。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では M7.0 以上の地震が時々発生している。2021 年 3 月 5 日 04 時 28 分には Mw8.1 の地震が発生し、マレ（ニューカレドニア）で 1 m^{*1}、ノーフォーク島（オーストラリア）で 0.56m などの津波を観測した。また、日本国内でも、岩手県の久慈港や東京都の父島二見で最大 19cm の津波を観測したほか、北海道から千葉県にかけての太平洋沿岸で津波を観測した。また、この地震の約 1 時間 50 分前の 02 時 41 分には Mw7.4 の地震が発生し、ラウル島のフィッシングロックで 0.31m などの津波を観測した。

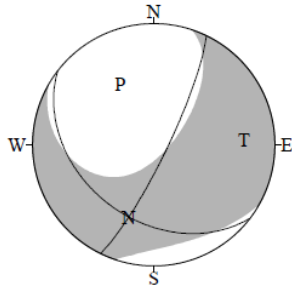


第 10 図 (a) 2023 年 3 月 16 日ケルマデック諸島の地震 (Mw6.9)
Fig.10(a) The Earthquake in the Kermadec Islands (Mw6.9) on March 16, 2023.

3 月 16 日 9 時 56 分 ケルマデック諸島の地震の発震機構解析

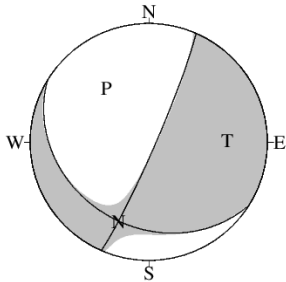
2023 年 3 月 16 日 9 時 56 分（日本時間）にケルマデック諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 30.4°、西経 176.2°、深さ 11km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
6.9	3.30 × 10 ¹⁹ Nm	25.9° / 80.8° / -52.5°	127.6° / 38.4° / -165.1°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 30.7°、西経 176.0°、深さ 12km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 15 観測点の上下成分、20 観測点の水平成分を用い、100~300 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

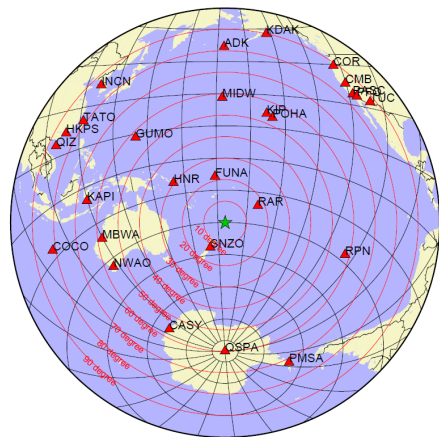
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	4.55 × 10 ¹⁹ Nm	23.5° / 85.4° / -60.5°	121.6° / 29.9° / -170.6°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 10 図 (b) つづき
Fig.10(b) Continued.

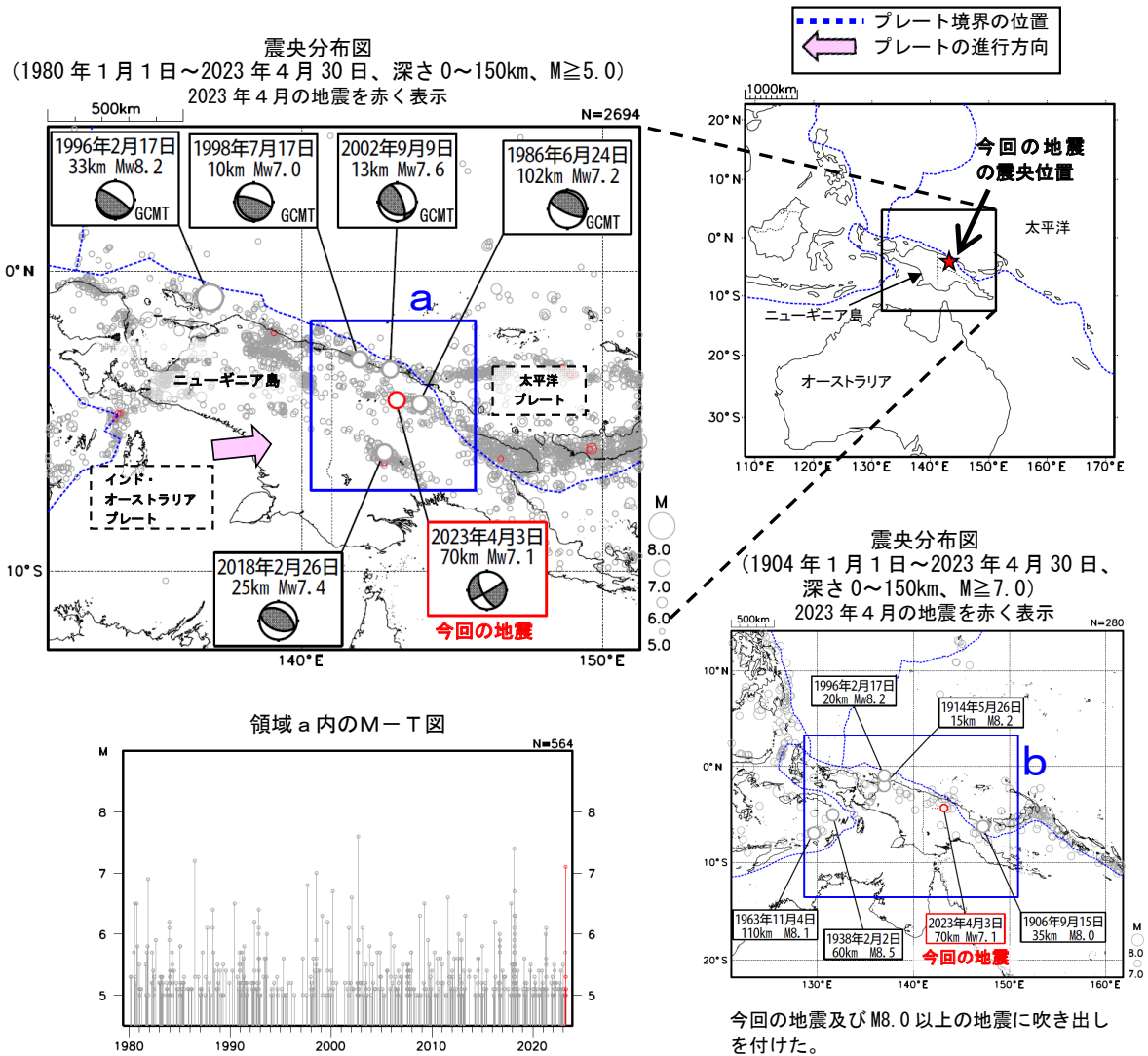
4 月 3 日 パプアニューギニア、ニューギニアの地震

2023 年 4 月 3 日 03 時 04 分 (日本時間、以下同じ) にパプアニューギニア、ニューギニアの深さ 70km で Mw7.1 の地震 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード) が発生した。この地震の発震機構 (気象庁による CMT 解) は、南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 03 時 31 分に遠地地震に関する情報 (津波の心配なし) を発表した。また、この地震により、死者 8 人、負傷者 11 人などの被害が生じた。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震央付近 (領域 a) では、M6.0 以上の地震が時々発生している。1998 年 7 月 17 日に Mw7.0 の地震が発生し、死者 2,700 人、負傷者数千人の被害が生じた。

1904 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域 b) では、M8.0 以上の地震が 5 回発生している。1996 年 2 月 17 日には Mw8.2 の地震が発生し、父島 (東京都) で 104cm、串本 (和歌山県) で 96cm (ともに平常潮位からの最大の高さ) など、日本でも津波を観測した。



※上図内の震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 5 月 9 日現在)。ただし、吹き出しのある地震のうち、「GCMT」が付いた地震の発震機構と Mw は Global CMT、その他の地震は気象庁による。プレート境界の位置は Bird (2003) *より引用。今回の地震の被害は、OCHA (UN Office for the Coordination Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2023 年 5 月 9 日現在) 右下図内の震源要素は、2019 年までは ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue Version 10 (1904-2019)、2020 年以降は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 5 月 9 日現在)。ただし Mw は、1996 年 2 月 17 日の地震は Global CMT、今回の地震は気象庁による。

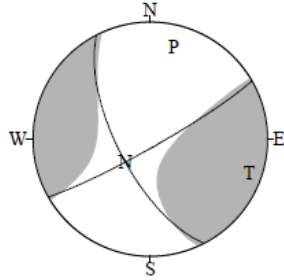
*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第 11 図 (a) 2023 年 4 月 3 日パプアニューギニア、ニューギニアの地震 (Mw7.1)
Fig.11(a) The Earthquake in New Guinea, Papua New Guinea (Mw7.1) on April 3, 2023.

4 月 3 日 パプアニューギニア、ニューギニアの地震の発震機構解析

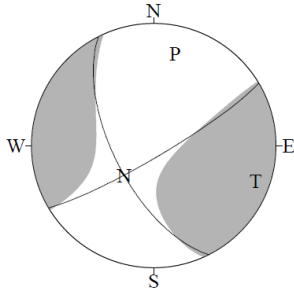
2023 年 4 月 3 日 03 時 04 分 (日本時間) にパプアニューギニア、ニューギニアで発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 4.4°、東経 143.2°、深さ 58km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.69 × 10 ¹⁹ Nm	60.3° / 84.3° / -22.9°	152.8° / 67.2° / -173.8°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 4.4°、東経 143.2°、深さ 71km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 27 観測点の上下成分、23 観測点の水平成分を用い、100~300 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

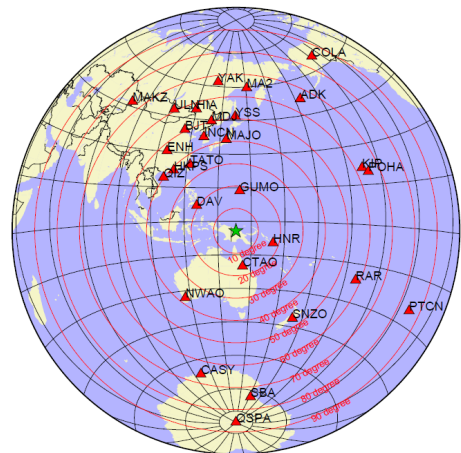
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.69 × 10 ¹⁹ Nm	59.3° / 82.6° / -27.0°	153.1° / 63.2° / -171.7°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 11 図 (b) つづき
Fig.11(b) Continued.

2023 年 4 月 3 日 パプアニューギニア、ニューギニアの地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

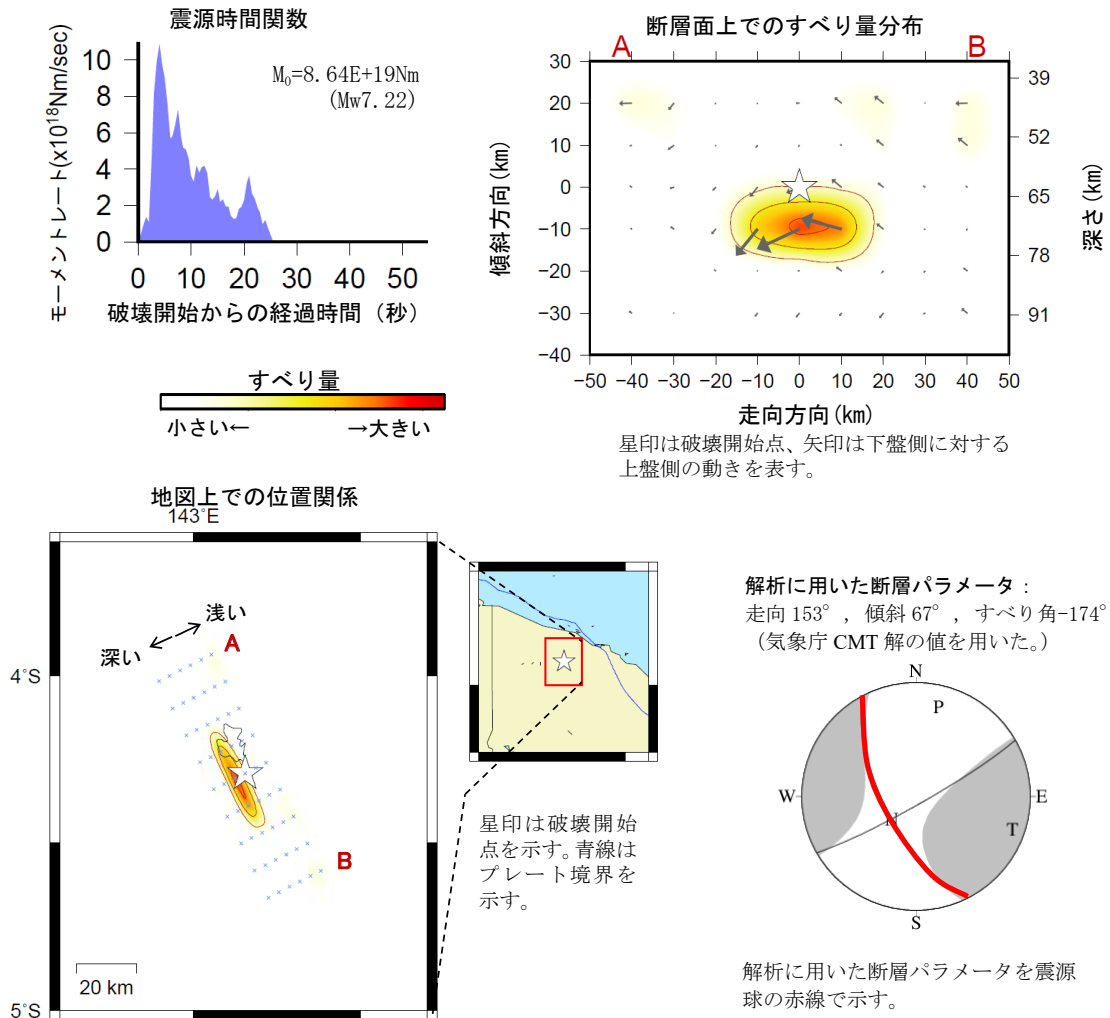
2023 年 4 月 3 日 03 時 04 分（日本時間）にパプアニューギニア、ニューギニアで発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $4^{\circ} 17.5' S$ 、 $143^{\circ} 9.3' E$ 、深さ 63km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、北北西-南南東走向の節面（走向 153° 、傾斜 67° 、すべり角 -174° ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.6km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0 (Bassin et al., 2000) および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・主な破壊領域は走向方向に約 40km、傾斜方向に約 20km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点からやや深い領域に広がり、最大すべり量は 1.6m であった（周辺の構造から剛性率を 70GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 10 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (M_w) は 7.2 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



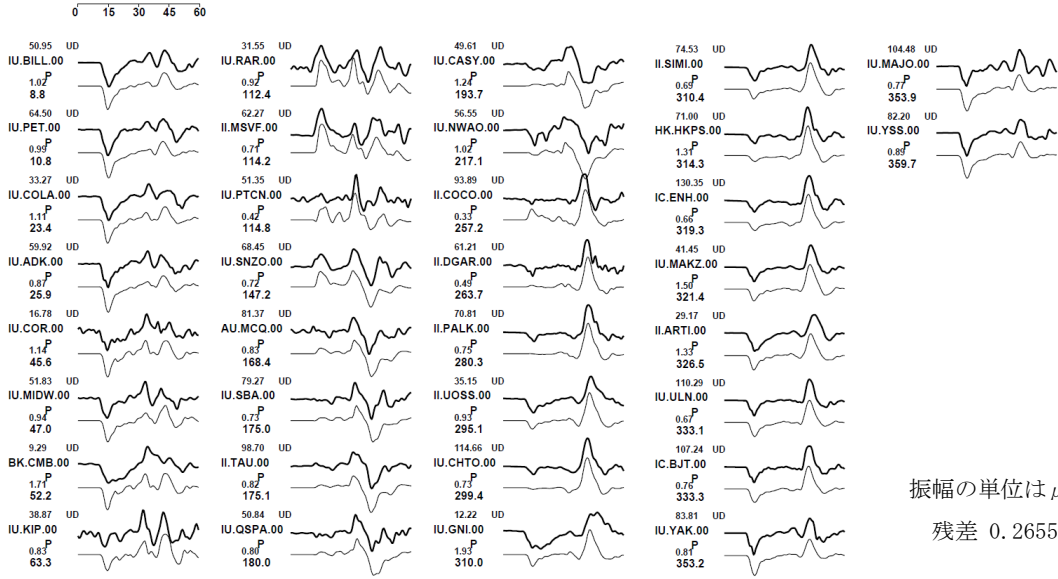
(注 1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

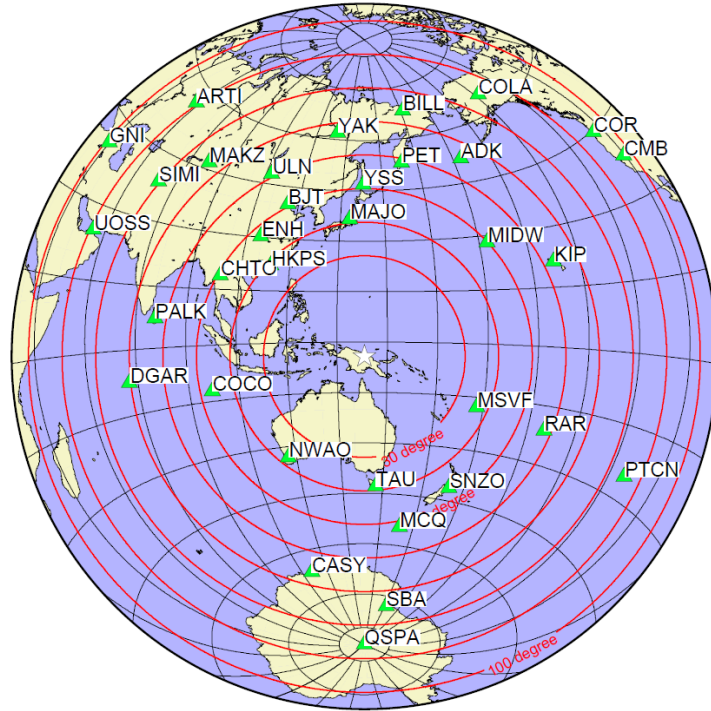
作成日：2023/05/01

第 11 図 (c) つづき
Fig.11(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較
 (秒)



観測点分布



震央距離 30° ~100° ※1 の 34 観測点※2 (P 波 : 34, SH 波 : 0) を使用。
 ※1 : 近すぎると理論的に扱いつらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2023/05/01

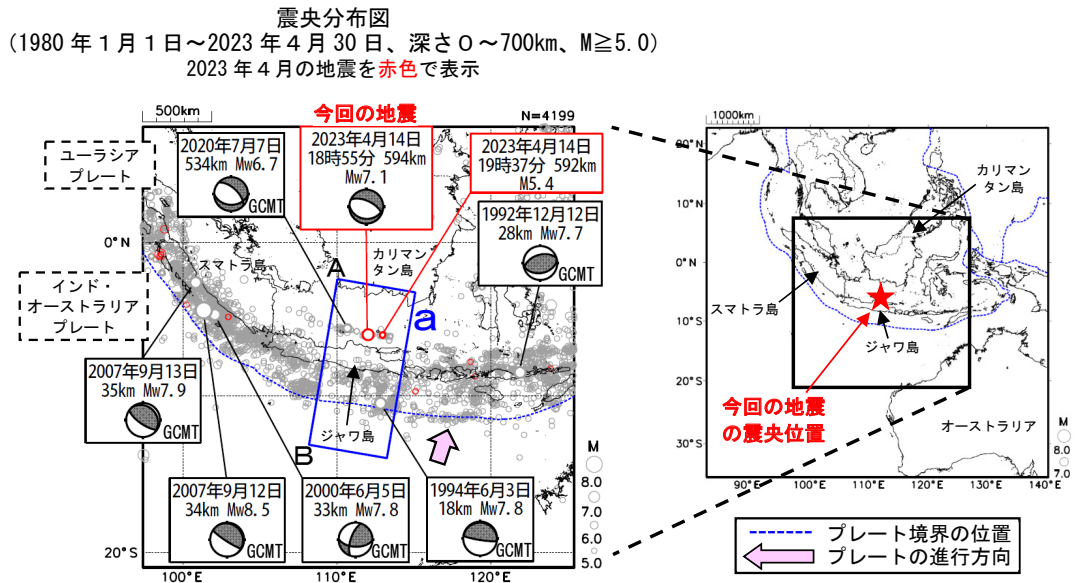
第 11 図 (d) つづき
 Fig.11(d) Continued.

4 月 14 日 インドネシア、ジャワの地震

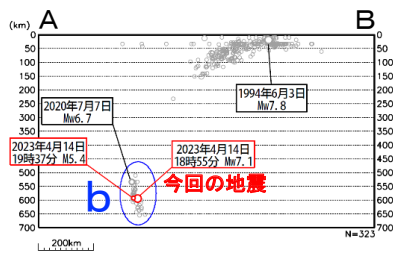
2023 年 4 月 14 日 18 時 55 分（日本時間、以下同じ）にインドネシア、ジャワの深さ 594km で Mw7.1 の地震（Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード）が発生した。この地震は、ユーラシアプレートに沈み込むインド・オーストラリアプレート内部で発生した。発震機構（気象庁による CMT 解）は概ね鉛直方向に圧力軸を持つ型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 19 時 21 分に遠地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。この地震により、死者 1 人などの被害が生じた。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では M6 程度の地震が時々発生しており、M7.0 以上の地震は発生していなかった。

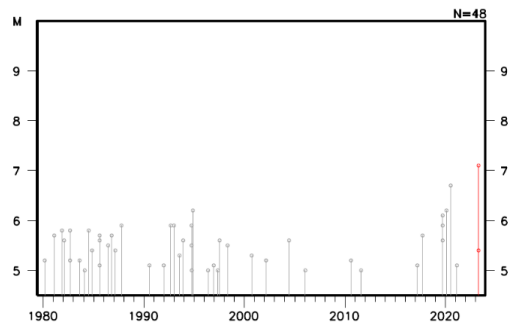


領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



断面図で震源が線状分布しているのは、震源の深さを 10km または 33km に固定して、震源を決定しているためである。

領域 b 内の M-T 図



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 5 月 9 日現在)。ただし、発震機構と Mw は、吹き出しのある地震のうち、「GCMT」が付いた地震は Global CMT、その他の地震は気象庁による。今回の地震の被害は、OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所、2023 年 5 月 9 日現在) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

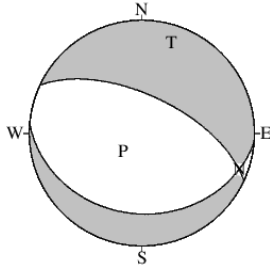
第 12 図 (a) 2023 年 4 月 14 日インドネシア、ジャワの地震 (Mw7.1)

Fig.12(a) The Earthquake in Java, Indonesia (Mw7.1) on April 14, 2023.

4 月 14 日 インドネシア、ジャワの地震の発震機構解析

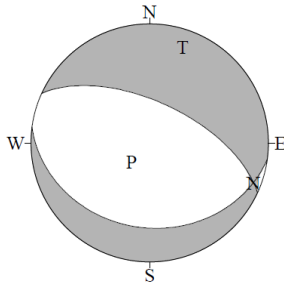
2023 年 4 月 14 日 18 時 55 分（日本時間）にインドネシア、ジャワで発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 6.3°、東経 112.1°、深さ 601km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.01 × 10 ¹⁹ Nm	94.9° / 29.1° / -107.8°	295.0° / 62.5° / -80.4°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 6.3°、東経 112.2°、深さ 611km となった。

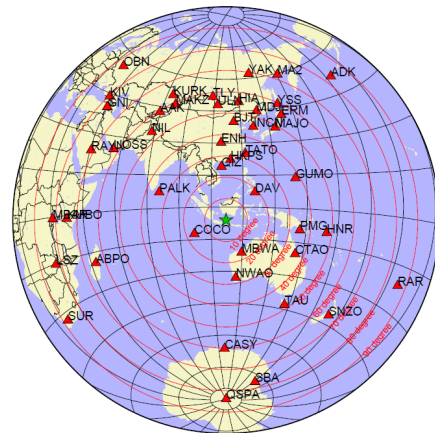


W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 47 観測点の上下成分、23 観測点の水平成分を用い、100~500 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.13 × 10 ¹⁹ Nm	97.8° / 29.6° / -104.9°	294.7° / 61.5° / -81.7°

(W-phase に関する参考文献)
Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。
また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 12 図 (b) つづき
Fig.12(b) Continued.

2023 年 4 月 14 日 インドネシア、ジャワの地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定）—

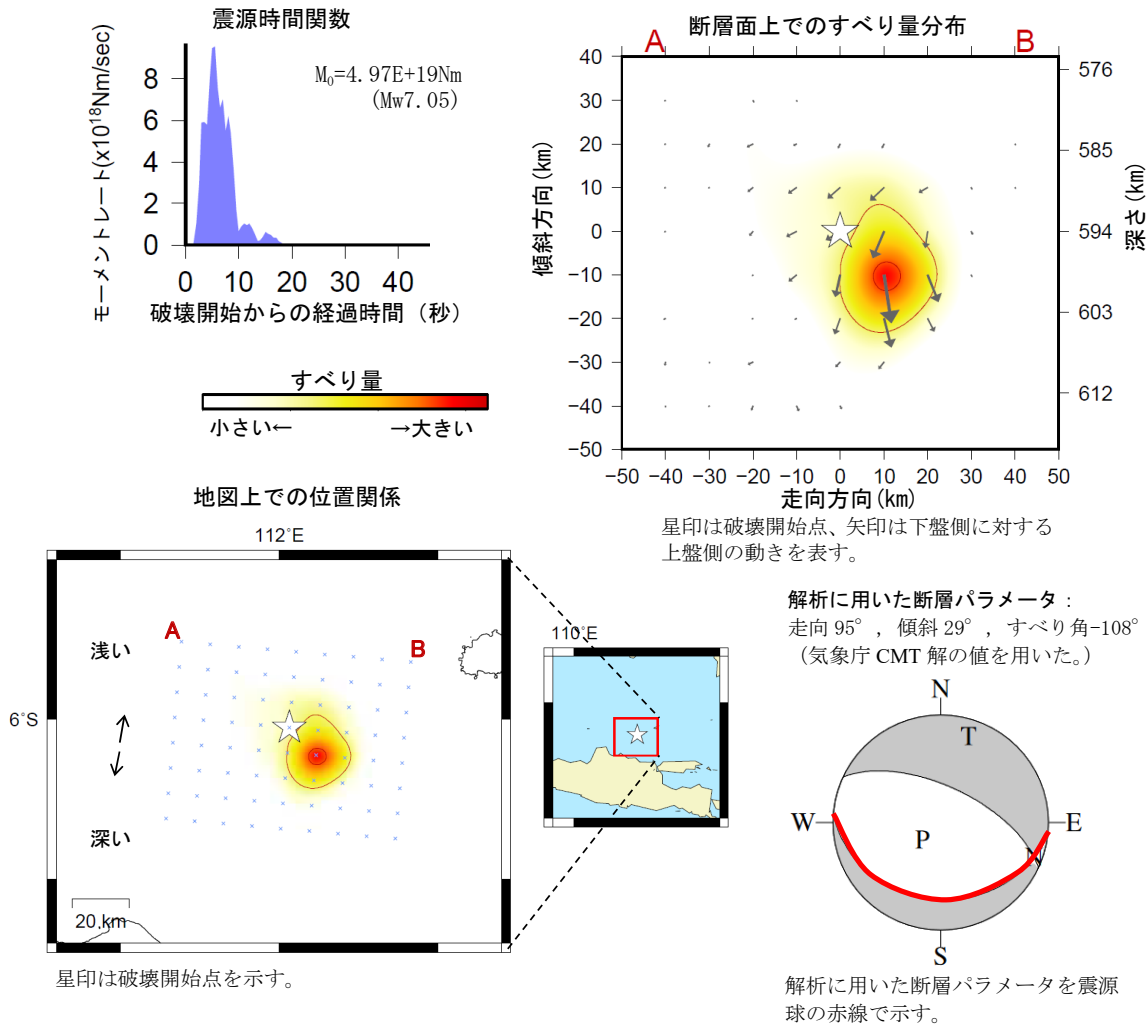
2023 年 4 月 14 日 18 時 55 分（日本時間）にインドネシア、ジャワで発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $6^{\circ} 1.5' S$ 、 $112^{\circ} 1.9' E$ 、深さ 594km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、東西走向の節面（走向 95° 、傾斜 29° 、すべり角 -108° ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 3.9km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0 (Bassin et al., 2000) および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・ 主な破壊領域は走向方向に約 20km、傾斜方向に約 20km であった。
- ・ 主なすべりは破壊開始点からやや深い領域に広がり、最大すべり量は 0.4m であった（周辺の構造から剛性率を 120GPa として計算）。
- ・ 主な破壊継続時間は約 10 秒であった。
- ・ モーメントマグニチュード (M_w) は 7.1 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_sreproc.html を参照。



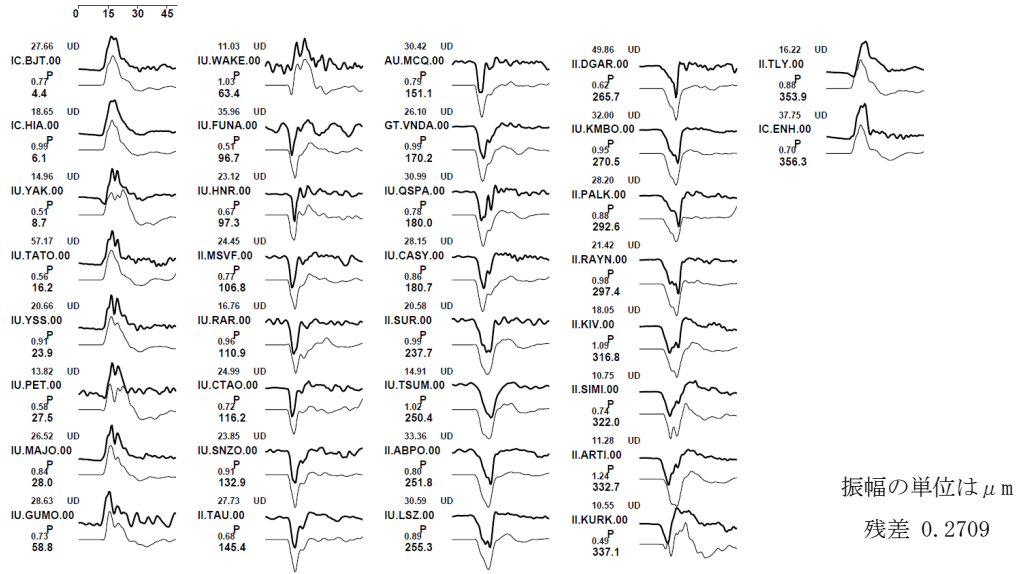
(注 1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

作成日: 2023/04/26

第 12 図 (c) つづき
 Fig.12(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較
（秒）



観測点分布



震央距離 30° ~100° ※1 の 34 観測点※2 (P 波 : 34, SH 波 : 0) を使用。
 ※1 : 近すぎると理論的に扱いつらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2023/04/26

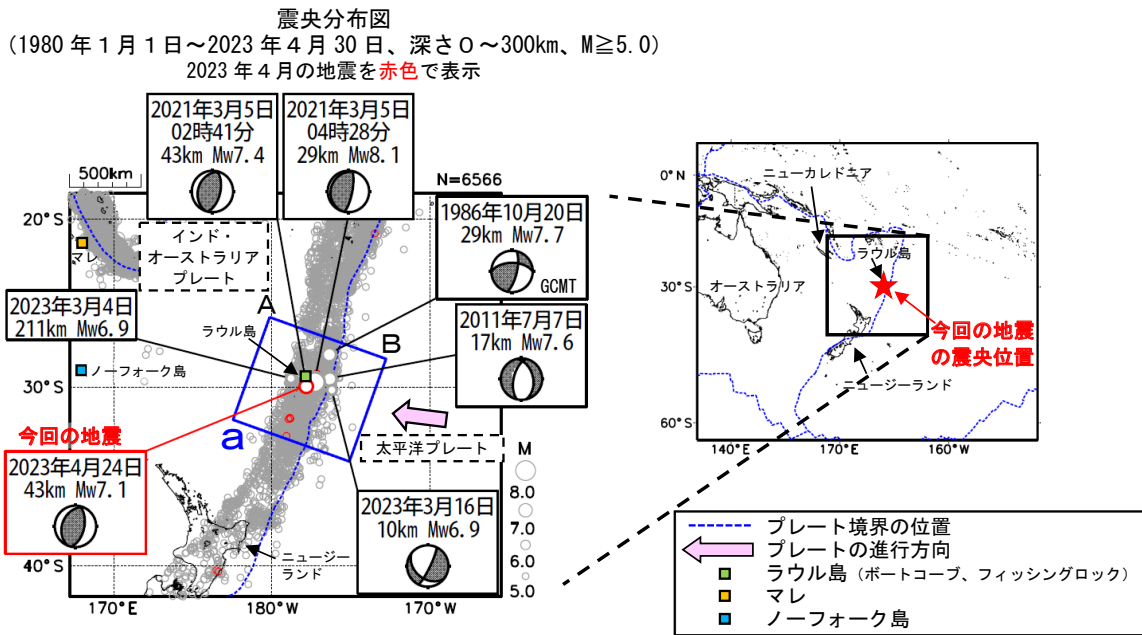
第 12 図 (d) つづき
Fig.12(d) Continued.

4 月 24 日 ケルマデック諸島の地震

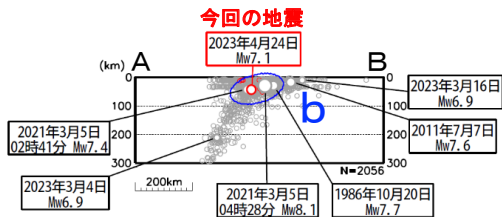
2023 年 4 月 24 日 09 時 41 分（日本時間、以下同じ）にケルマデック諸島の深さ 43km で Mw7.1 の地震（Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード）が発生した。この地震は、発震機構（気象庁による CMT 解）が西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとインド・オーストラリアプレートの境界で発生した。

気象庁は、この地震に対して、同日 10 時 03 分に遠地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。この地震により、ラウル島（ニュージーランド）のフィッシングロックで 0.11m、ボートコーブで 0.09m などの津波を観測した。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では Mw7.0 以上の地震が時々発生している。2021 年 3 月 5 日 04 時 28 分には Mw8.1 の地震が発生し、マレ（ニューカレドニア）で 1 m^{*1}、ノーフォーク島（オーストラリア）で 0.56m などの津波を観測した。また、日本国内でも、岩手県の久慈港や東京都の父島二見で最大 19cm の津波を観測したほか、北海道から千葉県にかけての太平洋沿岸で津波を観測した。また、この地震の約 1 時間 50 分前の 02 時 41 分には Mw7.4 の地震が発生し、ラウル島のフィッシングロックで 0.31m などの津波を観測した。今回の地震の震源周辺（領域 a）では、最近では、2023 年 3 月 16 日に Mw6.9 の地震が発生し、ラウル島（ニュージーランド）のボートコーブで 0.11m などの津波を観測した。

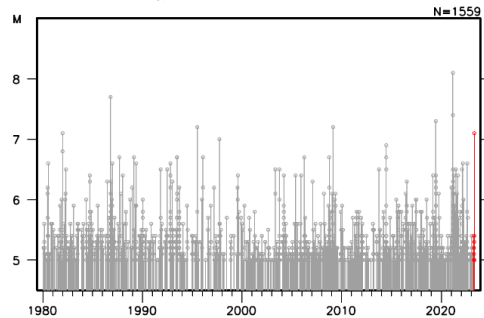


領域 a 内の断面図（A－B 投影）



断面図で震源が線状分布しているのは、震源の深さを 10km または 33km に固定して、震源を決定しているためである。

領域 b 内の M－T 図



※震源要素は米国地質調査所（USGS）による（2023 年 5 月 9 日現在）。ただし、発震機構と Mw は、1986 年 10 月 20 日の地震及び 2023 年 3 月 4 日の地震は Global CMT、その他の地震は気象庁による。津波の高さは米国海洋大気庁（NOAA）による（2023 年 5 月 9 日現在）。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) ^{*2} より引用。

^{*1} マレの津波の高さは目視による。

^{*2} 参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

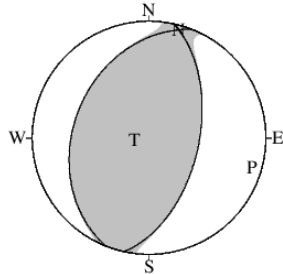
第 13 図 (a) 2023 年 4 月 24 日ケルマデック諸島の地震 (Mw7.1)

Fig.13(a) The Earthquake in the Kermadec Islands (Mw7.1) on April 24, 2023.

4 月 24 日 ケルマデック諸島の地震の発震機構解析

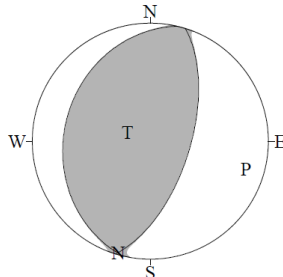
2023 年 4 月 24 日 09 時 41 分（日本時間）にケルマデック諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、南緯 29.7°、西経 177.4°、深さ 49km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.39×10 ¹⁹ Nm	12.2° / 54.8° / 84.6°	201.6° / 35.6° / 97.7°

2. W-phase の解析 セントロイドは、南緯 29.9°、西経 177.5°、深さ 46km となった。

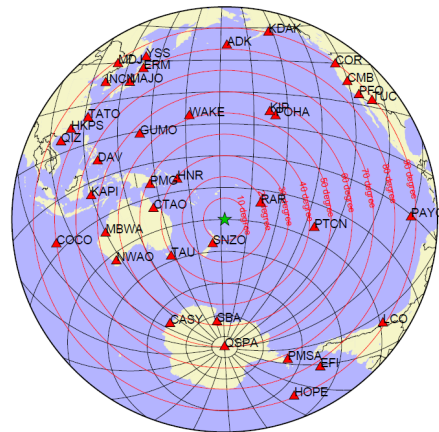


W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 36 観測点の上下成分、21 観測点の水平成分を用い、100~500 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	6.08×10 ¹⁹ Nm	17.3° / 62.4° / 91.9°	193.1° / 27.6° / 86.3°

(W-phase に関する参考文献)
Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。
また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 13 図 (b) つづき
Fig.13(b) Continued.

2023 年 4 月 24 日 ケルマデック諸島の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

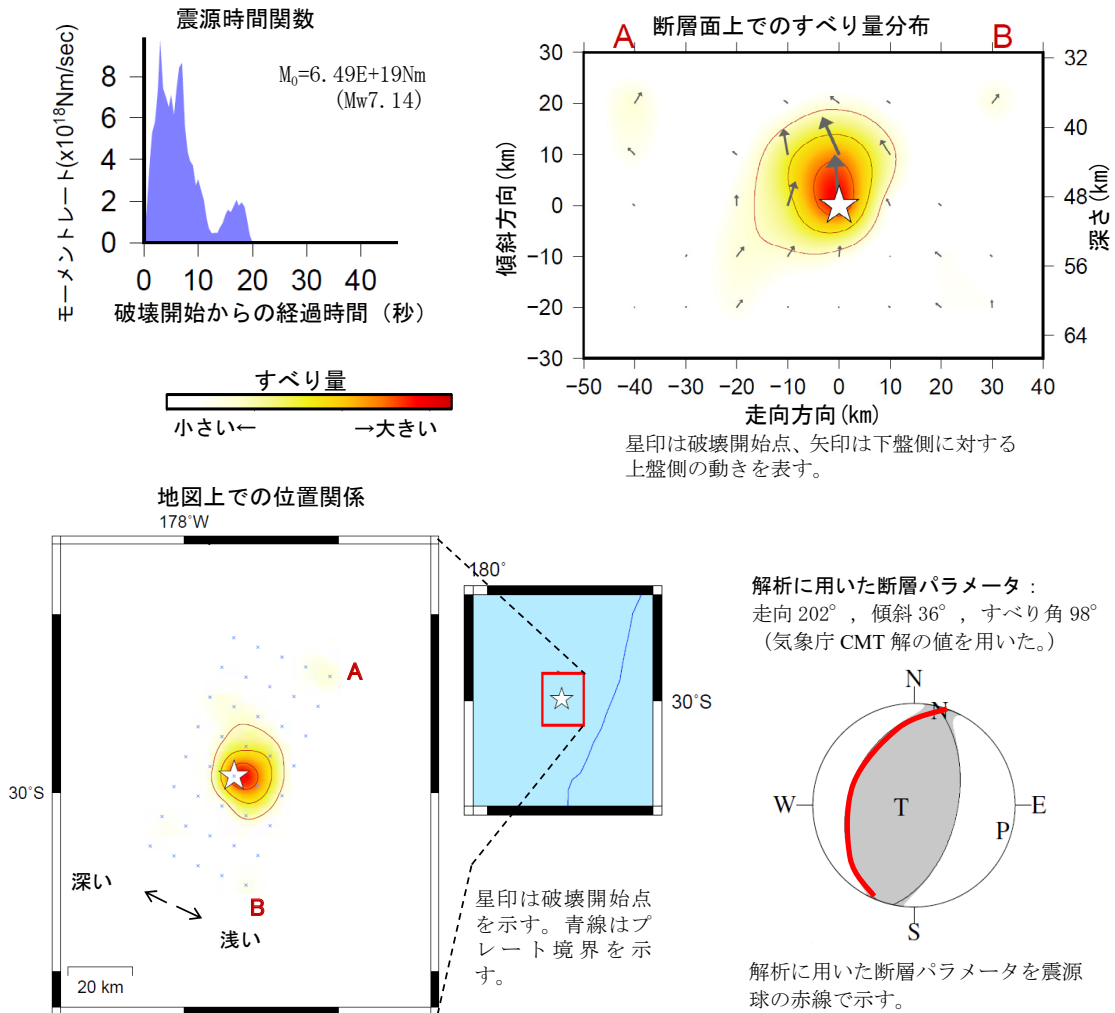
2023 年 4 月 24 日 09 時 42 分（日本時間）にケルマデック諸島で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（29° 57.2′ S、177° 50.2′ W、深さ 49km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、北北東-南南西走向の節面（走向 202°、傾斜 36°、すべり角 98°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 3.0km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0（Bassin et al., 2000）および IASP91（Kennett and Engdahl, 1991）の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・主な破壊領域は走向方向に約 20km、傾斜方向に約 20km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺に広がり、最大すべり量は 1.4m であった（周辺の構造から剛性率を 70GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 10 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（ M_w ）は 7.1 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



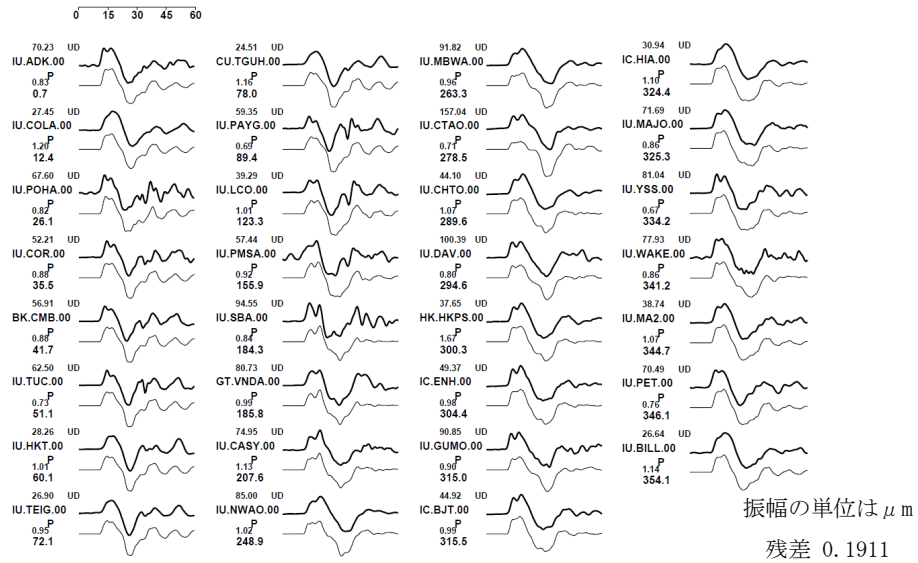
（注 1）解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

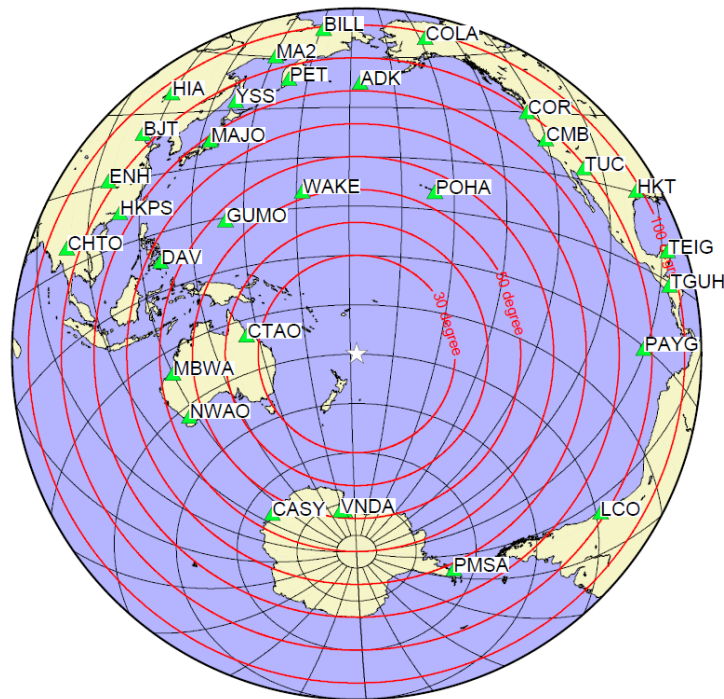
作成日：2023/04/26

第 13 図 (c) つづき
Fig.13(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較
(秒)



観測点分布



震央距離 $30^\circ \sim 100^\circ$ ※¹の31観測点※² (P波: 31、SH波: 0) を使用。
 ※¹: 近すぎると理論的に扱えなくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※²: IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.

Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日: 2023/04/26

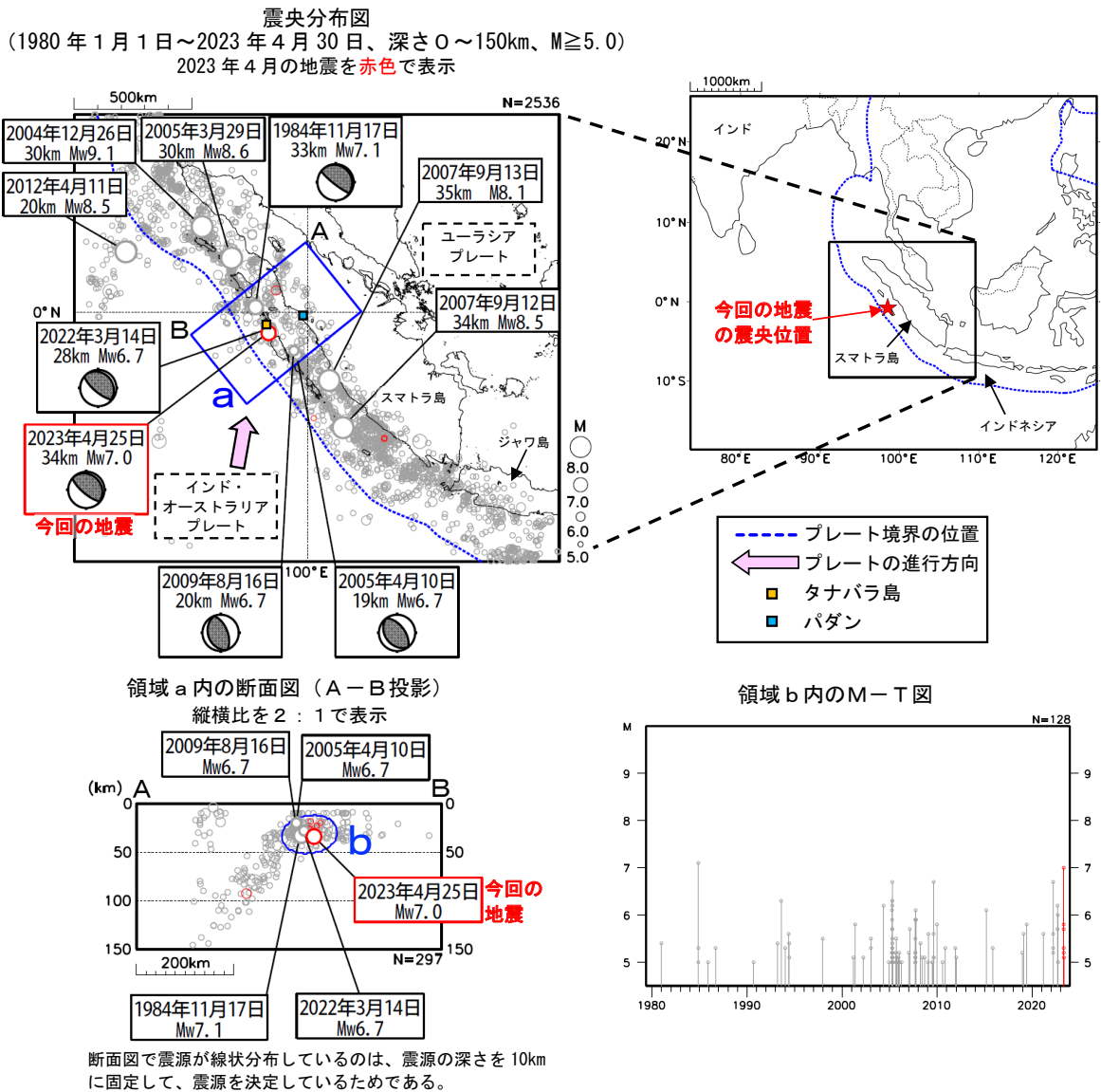
第 13 図 (d) つづき
Fig.13(d) Continued.

4 月 25 日 インドネシア、スマトラ南部の地震

2023 年 4 月 25 日 05 時 00 分 (日本時間、以下同じ) にインドネシア、スマトラ南部の深さ 34km で Mw7.0 の地震 (Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード) が発生した。発震機構 (気象庁による CMT 解) は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

気象庁は、この地震に対して、同日 05 時 32 分に遠地地震に関する情報 (日本への津波の影響なし) を発表した。この地震により、タナバラ島 (インドネシア) で 0.1m の津波を観測した。

1980 年以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域 b) では M6.0 以上の地震が時々発生している。2009 年 8 月 16 日には Mw6.7 の地震が発生し、負傷者 9 人などの被害が生じたほか、パダン (インドネシア) で 0.18m の津波を観測した。また、今回の地震の震央から北西へ約 600km 離れたところでは 2004 年 12 月 26 日に Mw9.1 の地震の地震が発生し、死者 283,000 人以上などの甚大な被害が生じた。



※震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2023 年 5 月 9 日現在)。ただし、発震機構と Mw は、2004 年 12 月 26 日の地震は USGS、今回の地震は気象庁、その他の地震は Global CMT による。地震の被害は宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。津波の高さは米国海洋大気庁 (NOAA) による (2023 年 5 月 9 日現在)。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4 (3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第 14 図 (a) 2023 年 4 月 25 日インドネシア、スマトラ南部の地震 (Mw7.0)

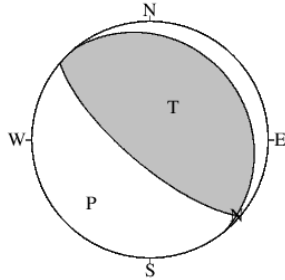
Fig.14(a) The Earthquake in the southern part of Sumatra, Indonesia (Mw7.0) on April 25, 2023.

4 月 25 日 インドネシア、スマトラ南部の地震の発震機構解析

2023 年 4 月 25 日 05 時 00 分（日本時間）にインドネシア、スマトラ南部で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。

1. CMT 解析

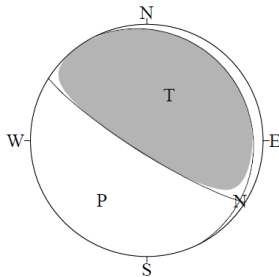
セントロイドは、南緯 1.1°、東経 98.4°、深さ 23km となった。



Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	3.53×10 ¹⁹ Nm	130.4° / 73.0° / 87.0°	320.6° / 17.2° / 99.7°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 0.4°、東経 98.5°、深さ 16km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 25 観測点の上下成分、27 観測点の水平成分を用い、100~300 秒のフィルターを使用した。

注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

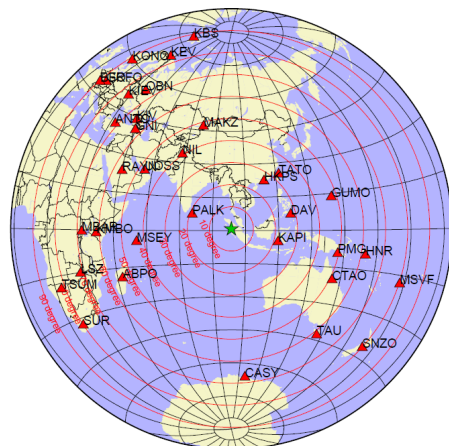
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	6.02×10 ¹⁹ Nm	122.3° / 81.2° / 84.6°	333.9° / 10.3° / 121.2°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第 14 図 (b) つづき
Fig.14(b) Continued.

2023 年 4 月 25 日 インドネシア、スマトラ南部の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

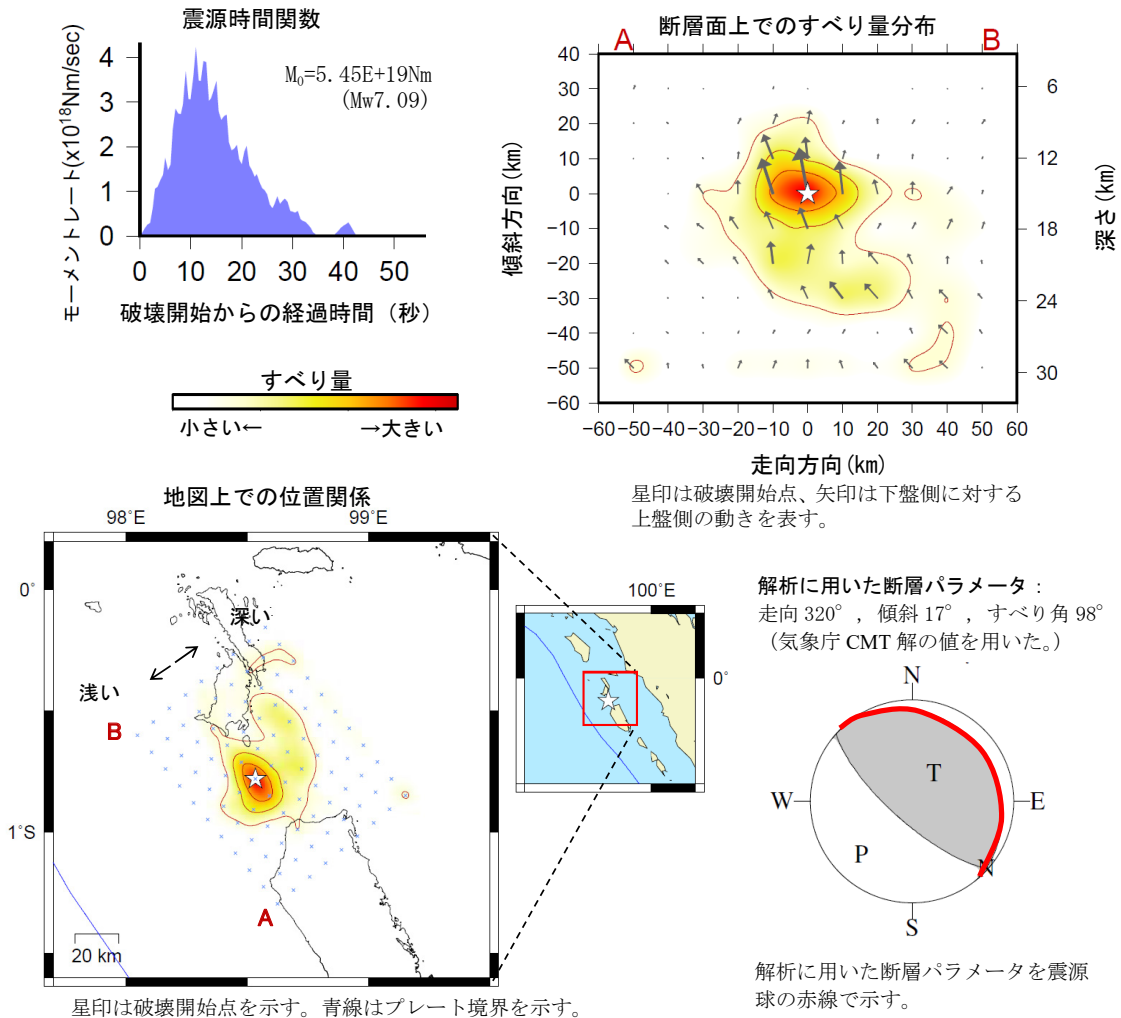
2023 年 4 月 25 日 05 時 00 分（日本時間）にインドネシア、スマトラ南部で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $0^{\circ} 46.8' S$ 、 $98^{\circ} 32.0' E$ 、深さ 15km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、北西-南東走向の節面（走向 320° 、傾斜 17° 、すべり角 98° ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.6km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0 (Bassin et al., 2000) および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・主な破壊領域は走向方向に約 40km、傾斜方向に約 40km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺に広がり、最大すべり量は 0.8m であった（周辺の構造から剛性率を 40GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 20 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (M_w) は 7.1 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



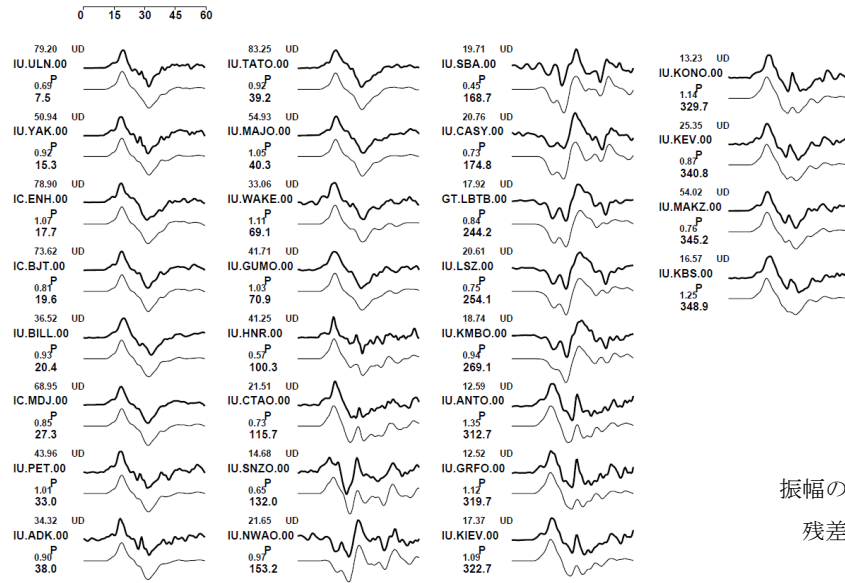
(注 1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

作成日: 2023/04/27

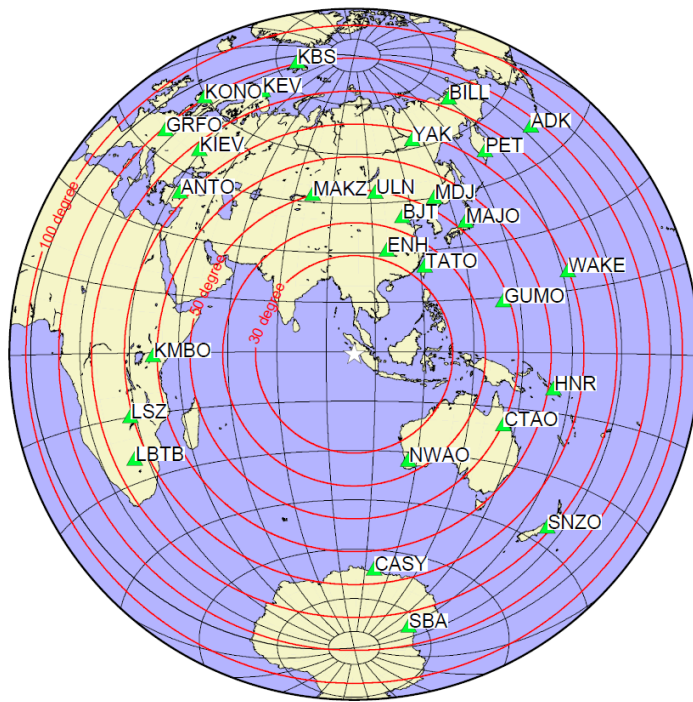
第 14 図 (c) つづき
 Fig.14(c) Continued.

観測波形（上：0.01Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較
 (秒)



振幅の単位は μm
 残差 0.1046

観測点分布



震央距離 $30^\circ \sim 100^\circ$ ※1 の 28 観測点※2 (P 波 : 28, SH 波 : 0) を使用。
 ※1 : 近すぎると理論的に扱えなくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2 : IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.
 Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

作成日 : 2023/04/27

第 14 図 (d) つづき
 Fig.14(d) Continued.