

11-1 世界の地震活動（2018年5月～10月） Seismic Activity in the World (May - October 2018)

気象庁
Japan Meteorological Agency

今期間、世界でM6.0以上の地震は68回発生し、M7.0以上の地震は7回発生した（日本及びその周辺は気象庁、そのほかの地域は米国地質調査所[USGS]による）。このうち最大のもは、2018年8月19日（日本時間）にフィジー諸島の深さ600kmで発生したMw8.2（気象庁による）の地震であった。

2018年5月～2018年10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。また、時刻は日本時間である。

(1) インドネシア、スンバワの地震（Mw6.9、第2図(a)～(c)）

2018年8月5日20時46分にインドネシア、スンバワの深さ31kmでMw6.9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逆断層型で、ユーラシアプレート（スンダプレート）内部で発生した。この地震により少なくとも死者555人以上の被害が生じた。この地震の震央周辺では、同年7月29日からMw6.4(Global CMTによる)の地震が発生するなど地震活動が活発になり、今回の地震に続き8月19日にもMw6.9（Global CMTによる）の地震が発生した。

(2) ローヤリティー諸島南東方の地震（Mw7.1、第3図(a)～(c)）

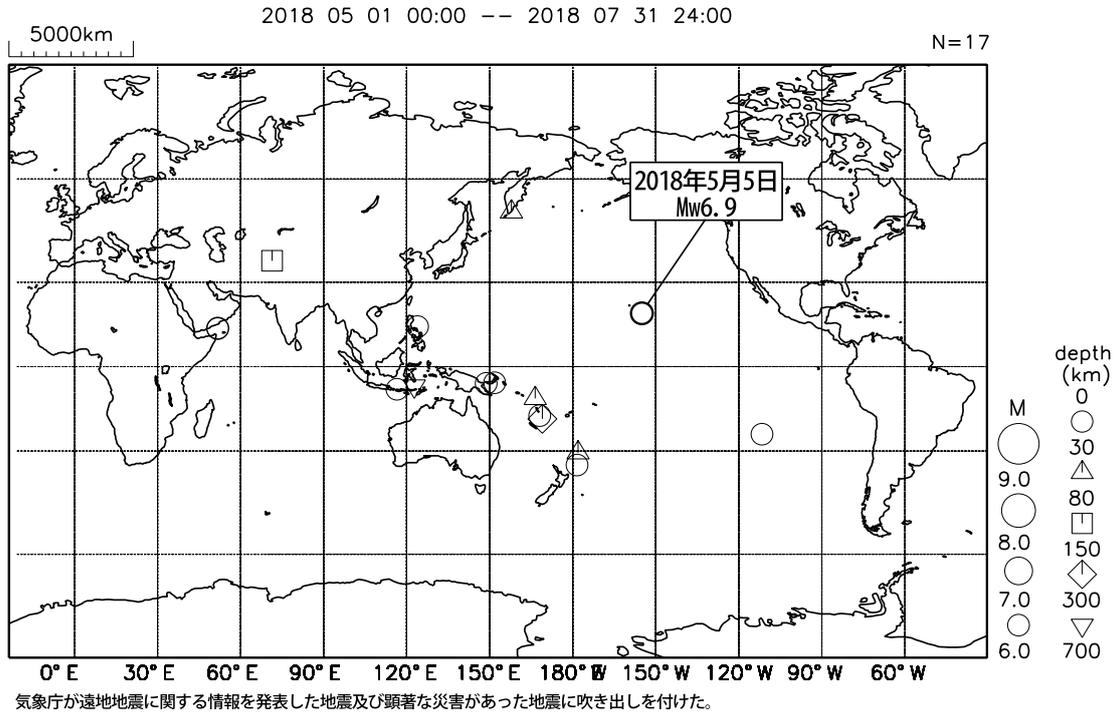
2018年8月29日12時51分にローヤリティー諸島南東方の深さ27kmでMw7.1の地震が発生した。この地震は、発震機構が北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、インド・オーストラリアプレートと太平洋プレートの境界で発生した。この地震によりタンナ島（バヌアツ）のレナケルで27cmの津波を観測した。遠地実体波による震源過程解析の結果では、破壊域が破壊の開始点から浅い領域に広がり、破壊時間が約70秒続いた。

(3) インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の地震（Mw7.5、第4図(a)～(d)）

2018年9月28日19時02分にインドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の深さ10kmでMw7.5の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。この付近にはモルッカ海プレートとユーラシアプレートとバンダ海プレートの境界がある。この地震により発生した津波などで、少なくとも死者2090人以上の被害が生じた。この地震に引き続いて発生したM4.0以上地震は、今回の地震の震央を中心に南北方向に分布しており、今回の地震の発震機構から推定される断層面の走向と概ね調和的である。

世界の地震活動 (2018年5月~7月、M \geq 6.0)

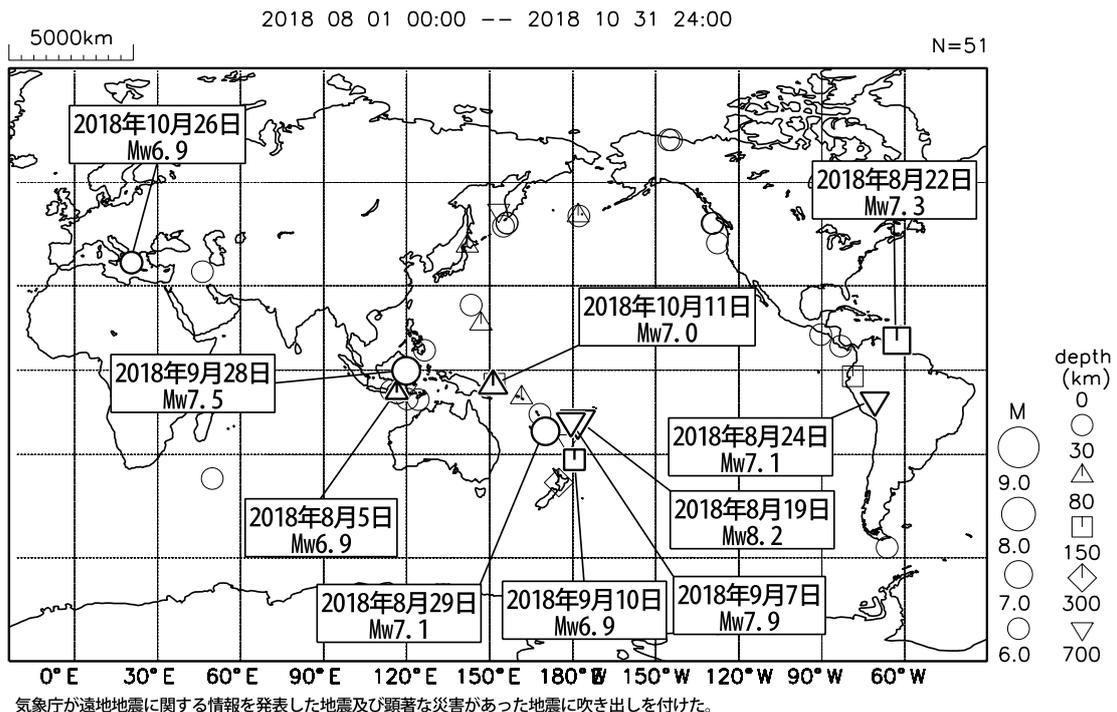
震源は米国地質調査所(USGS、2018年8月8日現在)、M_w (モーメントマグニチュード) は気象庁による。



第1図(a) 世界の地震活動 (2018年5月~7月, M \geq 6.0, 深さ \leq 700km)
 Fig. 1(a) Seismic activity in the World (May – July 2018, M \geq 6.0, depth \leq 700 km).

世界の地震活動 (2018年8月~10月、M \geq 6.0)

震源は米国地質調査所(USGS、2018年11月6日現在)、M_w (モーメントマグニチュード) は気象庁による。



第1図(b) つづき (2018年8月~10月, M \geq 6.0, 深さ \leq 700km)
 Fig. 1(b) Continued (August – October 2018, M \geq 6.0, depth \leq 700 km).

2018年8月5日 インドネシア、スンバワの地震

(1) 概要

2018年8月5日20時46分（日本時間、以下同じ）にインドネシア、スンバワの深さ31kmでMw6.9の地震が発生した。この付近には、インド・オーストラリアプレートとユーラシアプレート（スンダプレート）の境界があるが、この地震は沈み込みに伴う地震ではなくスンダプレートの内部で発生した地震である。この地震は発震機構（気象庁によるCMT解）が南北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21時19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、少なくとも死者555人の被害が生じた。今回の震央付近（領域a）では、同年7月29日にもMw6.4の地震が発生し、死者17人以上の被害が生じた。7月29日の地震の発生以降、地震活動が活発になり、今回の地震に続き、8月19日にもMw6.9の地震が発生し、死者10人の被害が生じた。

（8月29日現在、被害は国際連合人道問題調整事務所（OCHA）による）

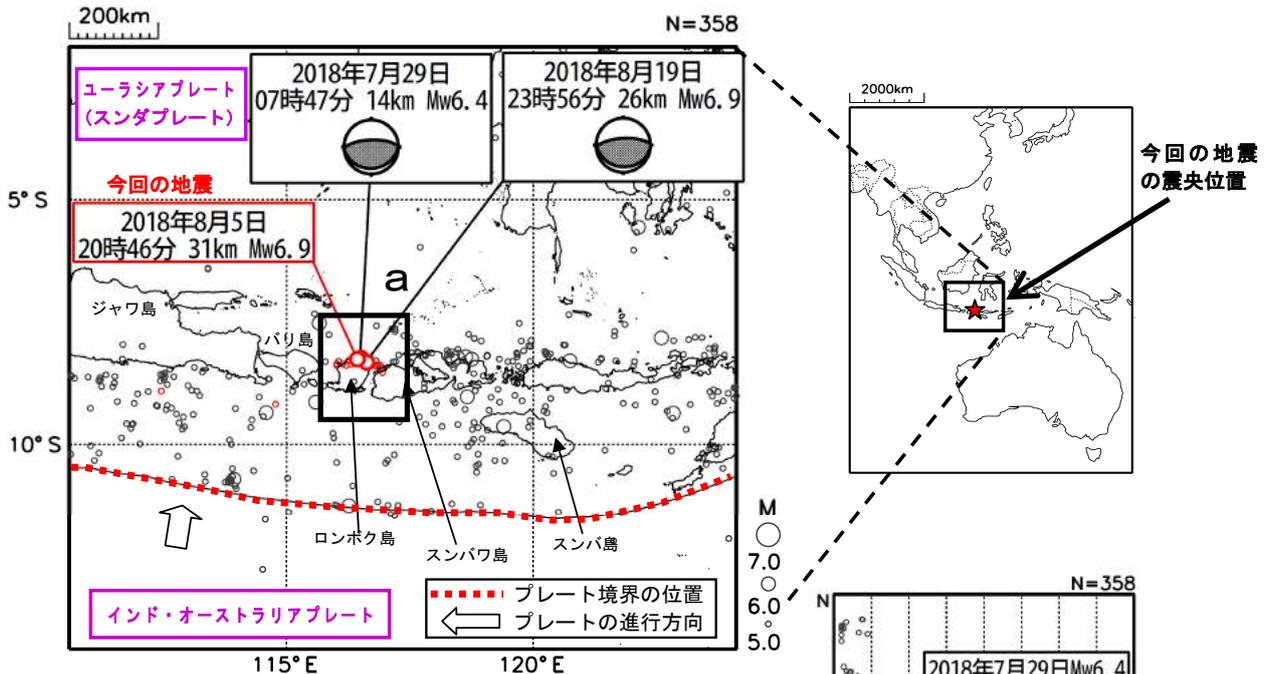


図1-1 震央分布図
 (2000年1月1日～2018年8月31日、深さ0～400km、M \geq 5.0)
 2018年7月29日以降の地震を赤く表示

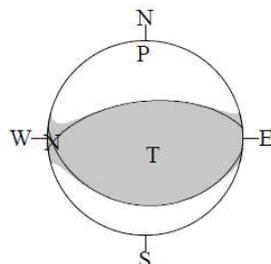


図1-3 今回の地震の発震機構
 (気象庁によるCMT解)

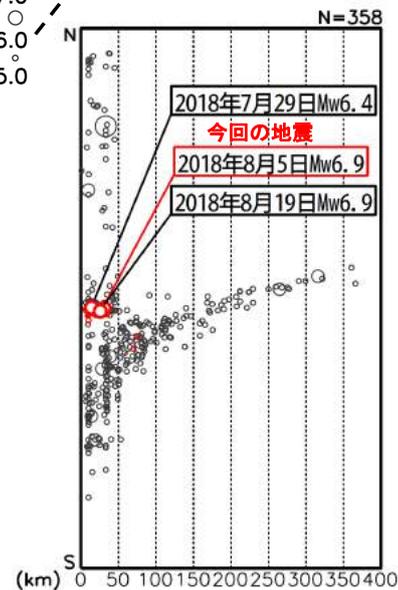


図1-2 図1-1の全領域の断面図
 (南北投影)
 縦横比を1:2として表示

※本資料中、今回の地震の発震機構及びMwは気象庁、その他の地震の発震機構及びMwはGlobal CMTによる。また、1970年以降の地震のM及び震源要素は米国地質調査所（USGS）による（2018年8月31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2図(a) 2018年8月5日インドネシア、スンバワの地震 (Mw6.9)

Fig. 2(a) The earthquake in the Indonesia, Sumbawa (Mw6.9) on August 5, 2018.

(2) 地震活動

ア. 今回の地震の発生場所の詳細と余震の発生状況

図2-1 領域a内の震央分布図
(2000年1月1日~2018年8月31日、
深さ0~100km、 $M \geq 3.0$)
2018年7月29日以降の地震を赤く表示
青色の▲は活火山を示す

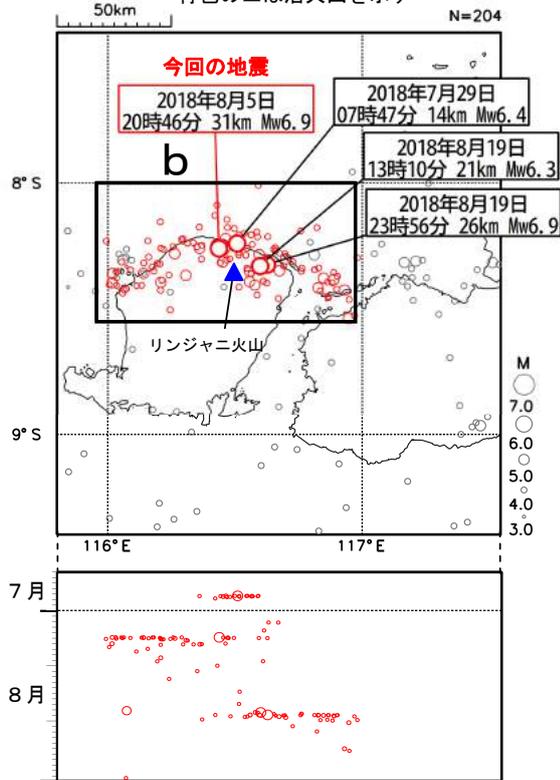


図2-2 領域a内の時空間分布図
(2018年7月25日~8月31日)

今回の地震の震央は、インドネシア中部の小スンダ列島ロンボク島北部にある。震央の南側にはリンジャニ火山がある。今回の地震のすぐ東側で、同年7月29日に Mw6.4 の地震が発生していた。さらに東側では8月19日に Mw6.0 以上の地震が2回発生した。

7月29日の Mw6.4 の地震の発生以降、8月31日までに発生した M3.0 以上の地震は、概ね今回の地震の震央を中心に東西方向に長さ約100km、幅約50kmの範囲に分布しており、今回の地震の発震機構(CMT解)から推定される断層面の走向と概ね調和的である。

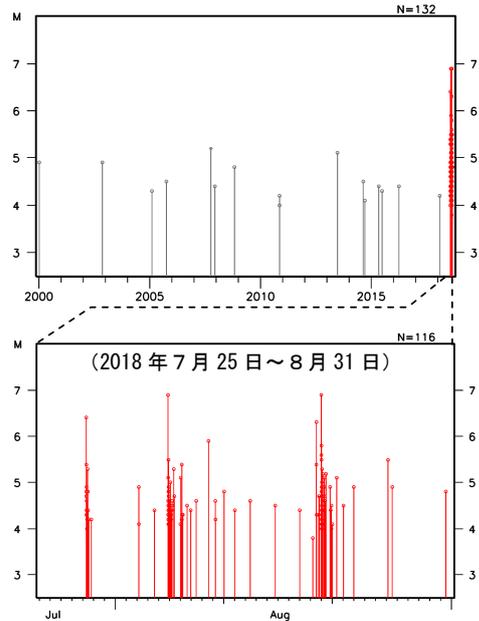


図2-3 領域b内のM-T図

イ. 過去に周辺で発生した主な地震

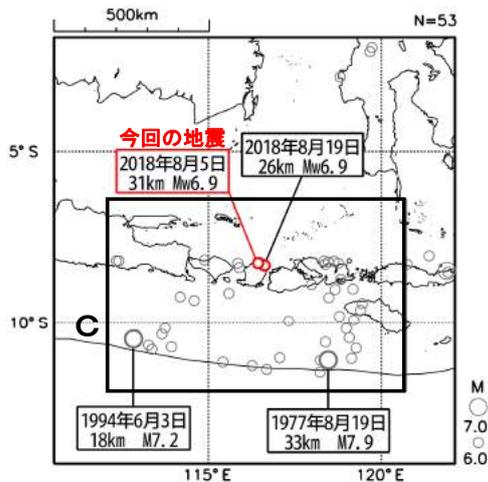
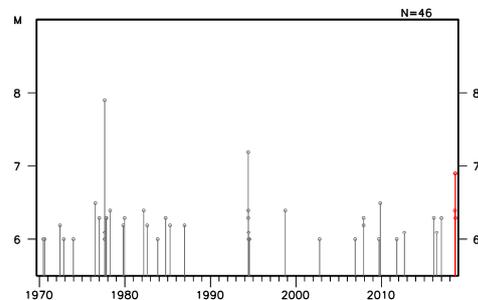


図2-3 震央分布図
(1970年1月1日~2018年8月31日、
深さ0~100km、 $M \geq 6.0$)
2018年7月29日以降の地震を赤く表示

1970年以降の活動をみると、今回の地震の震央付近(領域c)では、M6.0以上の地震が度々発生している。1977年8月19日に M7.9 の地震が発生し、現地で死者189人の被害が生じた。また1994年6月3日には M7.2 の地震が発生し、死者277人の被害が発生した。



領域c内のM-T図

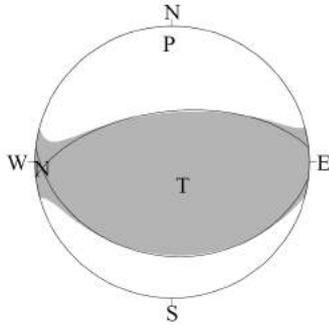
※本資料中、1977年8月19日の地震及び1994年6月3日の地震の被害は宇津の「世界の被害地震の表」による。

8月5日 インドネシア、スンバワの地震の発震機構解析

2018年8月5日20時46分(日本時間)にインドネシア、スンバ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

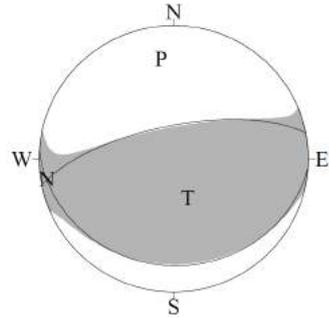
セントロイドは、南緯8.4°、東経116.4°、深さ17kmとなった。



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	2.45×10 ¹⁹ Nm	96.5° / 31.5° / 100.8°	263.9° / 59.1° / 83.5°

2. W-phaseの解析

セントロイドは、南緯8.5°、東経116.4°、深さ36kmとなった。



W-phaseの解析では、震央距離10°~90°までの56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。

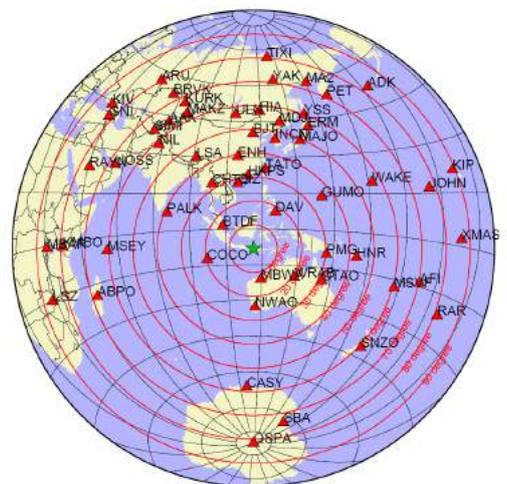
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
6.9	3.21×10 ¹⁹ Nm	93.8° / 21.0° / 104.2°	258.6° / 69.7° / 84.6°

(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。



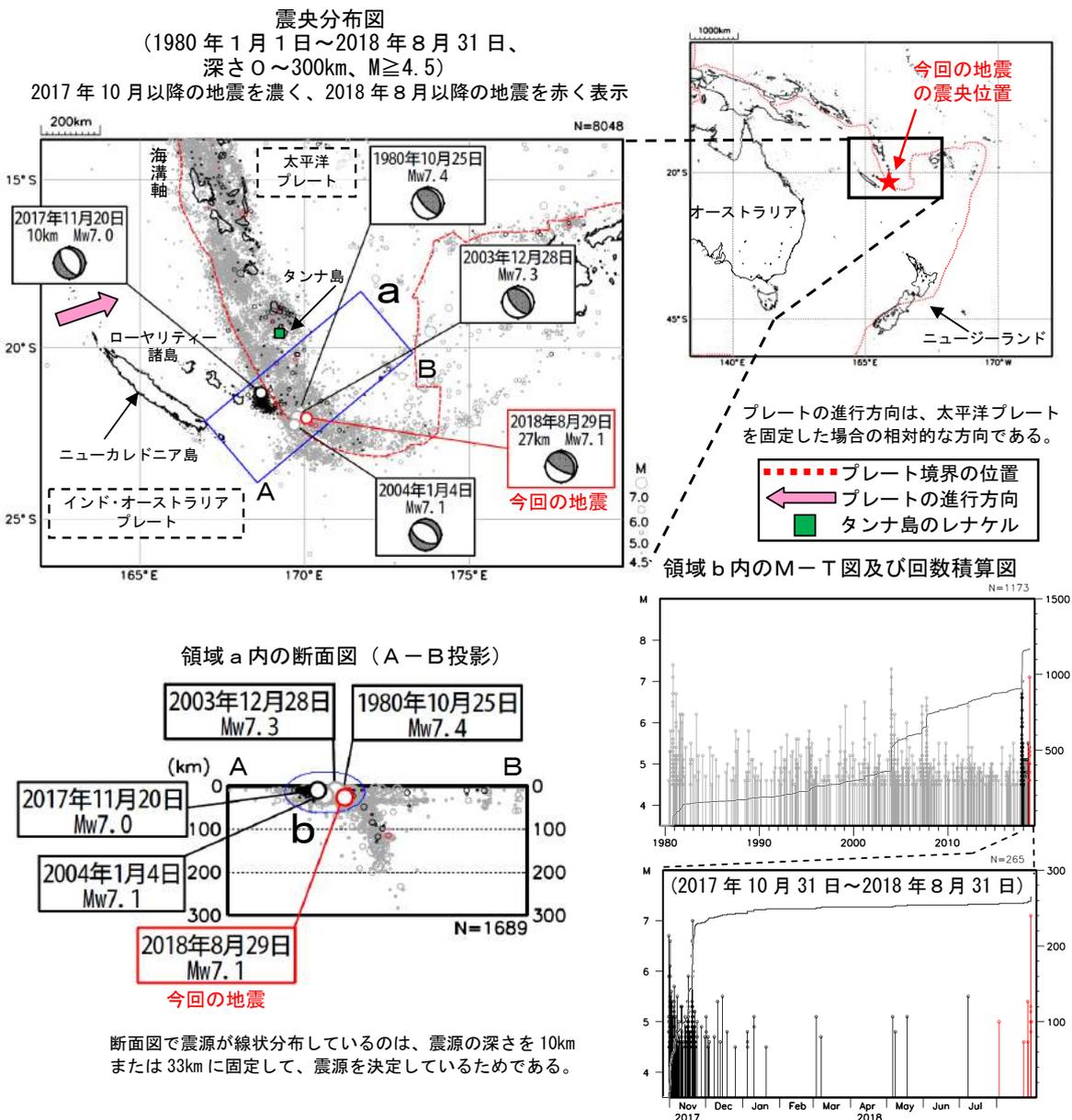
解析に使用した観測点配置

第2図(c) 発震機構解析
Fig. 2(c) Moment tensor solution.

8月29日 ローヤリティー諸島南東方の地震

2018年8月29日12時51分(日本時間、以下同じ)にローヤリティー諸島南東方の深さ27kmでMw7.1の地震が発生した。この地震は発震機構(気象庁によるCMT解)が北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、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。気象庁は、この地震に対して29日13時11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。この地震によりタンナ島(バヌアツ)のレナケルで27cmの津波を観測した。

1980年以降の活動をみると、今回の地震の震源周辺(領域b)では、インド・オーストラリアプレートの太平洋プレートへの沈み込みに伴い、M6.0以上の地震が時々発生するなど活発な地震活動がみられている。過去の活動をみると、2003年12月28日の地震(Mw7.3)前後で、海溝軸付近でまとまった地震活動がみられた。最近では、今回の地震の北西側で2017年11月20日にMw7.0の地震が発生するなど、10月終わりから11月にかけて地震活動が活発となった。



※本資料中、今回の地震及び2017年11月20日の地震の発震機構とMwは気象庁、その他の地震の発震機構とMwはGlobal CMTによる。その他の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2018年8月31日現在)。津波の高さは、米国海洋大気庁(NOAA)による(2018年8月31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.

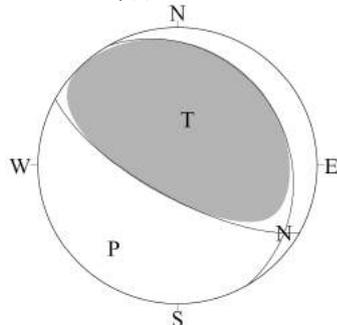
第3図(a) 2018年8月29日 ローヤリティー諸島の地震(Mw7.1)
Fig. 3(a) The earthquake in the Loyalty Islands (Mw7.1) on August 29, 2018.

8月29日 ローヤリティー諸島南東方の地震の発震機構解析

2018年8月29日12時51分（日本時間）にローヤリティー諸島南東方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

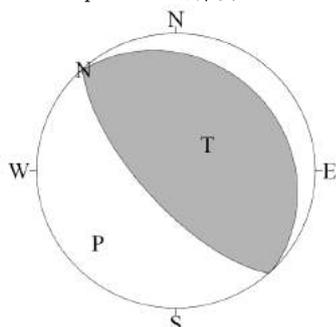
セントロイドは、南緯 22.1°、東経 170.0°、深さ 25km となった。



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	6.12×10 ¹⁹ Nm	330.4° / 21.5° / 119.7°	118.9° / 71.5° / 79.0°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 22.4°、東経 170.1°、深さ 26km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 30 観測点の上下成分、16 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。

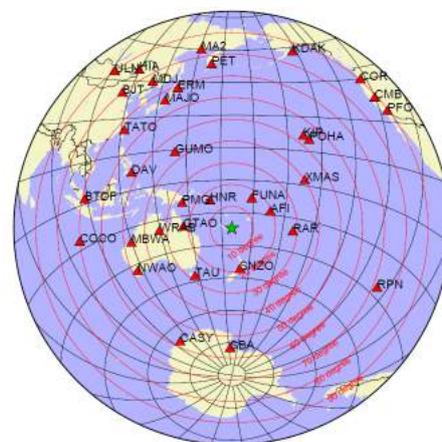
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.1	5.13×10 ¹⁹ Nm	315.8° / 20.6° / 87.8°	138.1° / 69.5° / 90.8°

(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3図(b) 発震機構解析
Fig. 3(b) Moment tensor solution.

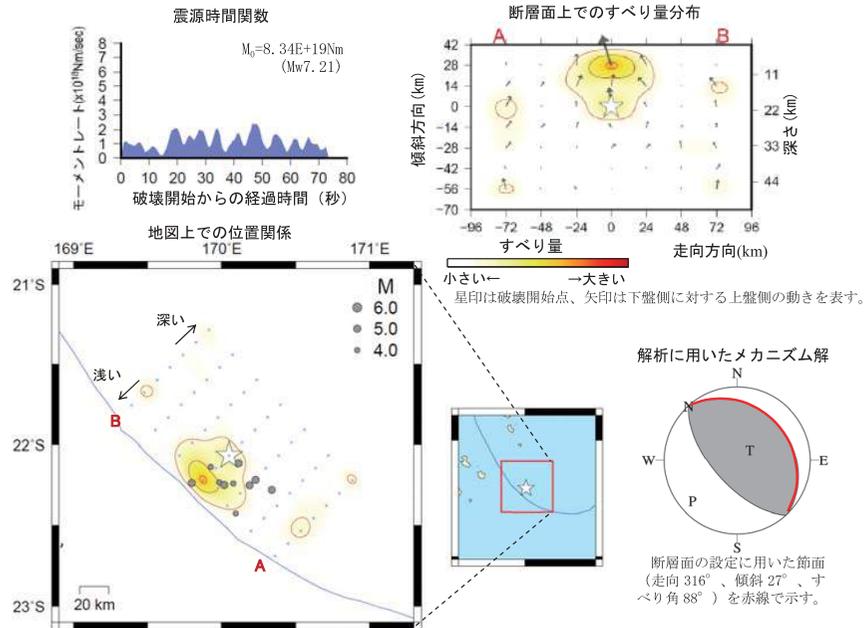
2018年08月29日 ローヤリティー諸島南東方の地震
 ー 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) ー

2018年08月29日12時51分(日本時間)にローヤリティー諸島南東方で発生した地震について、米国大学間地震学研究会(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)による震央の位置(22°03.9'S, 170°03.0'E)、深さはプレート境界面(Hayes et al., 2012)の21kmとした。断層面はプレート境界面(走向316°、傾斜27°)(Hayes et al., 2012)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50km、傾斜方向に約40kmであった。
- ・主なすべりは破壊開始点から浅い領域に広がり、最大すべり量は0.5mであった(周辺の構造から剛性率を46GPaとして計算)。
- ・主な破壊継続時間は約70秒であった。
- ・モーメントマグニチュード(Mw)は7.2であった。

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

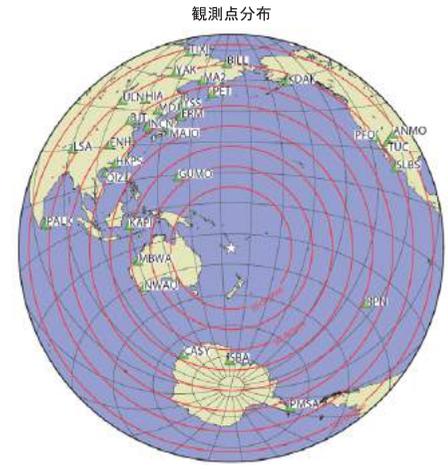
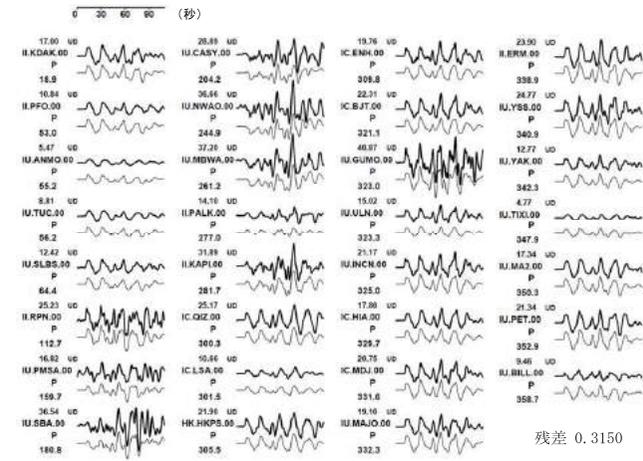


星印は破壊開始点を示す。灰色の丸は地震発生後3日以内の地震の震央を示す(M4.0以上、USGSによる)。青線はプレート境界を示す。

(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/>

観測波形(上: 0.01Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較



震央距離30°~100°*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, Travel times for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.
 Hayes, G. P., D. J. Wald, and R. L. Johnson (2012), Slab1.0: A three-dimensional model of global subduction zone geometrics, J. Geophys. Res., 117, B01302, doi:10.1029/2011JB008524.

第3図(c) 遠地実体波による震源過程解析
 Fig. 3(c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

2018年9月28日 インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の地震

(1) 概要

2018年9月28日19時02分(日本時間、以下同じ)にインドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の深さ10kmでMw7.5の地震が発生した。この付近ではモルッカ海プレートとユーラシアプレートとバンダ海プレートの境界がある。この地震の発震機構(気象庁によるCMT解)は北西-南東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36分に遠地地震に関する情報(津波の心配なし)を発表した。インドネシア気象気候地球物理庁(「BMKG」)は、同日19時07分にスラウェシ島沿岸に津波警報を発表した。この地震により、スラウェシ島の州都パルを中心に少なくとも死者2090人以上の被害が生じた(10月12日現在、インドネシア国家防災庁による)。

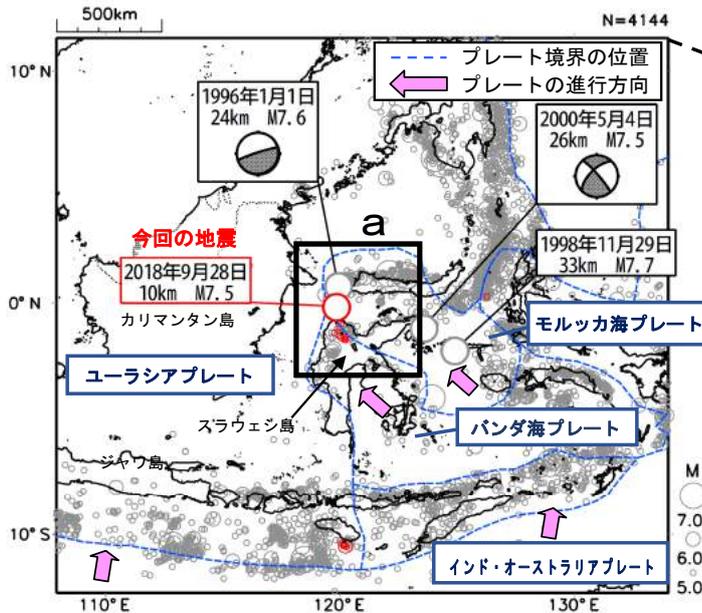


図1-1 震央分布図

(1970年1月1日~2018年10月8日、深さ0~50km、 $M \geq 5.0$)
2018年9月28日以降の地震を赤く表示

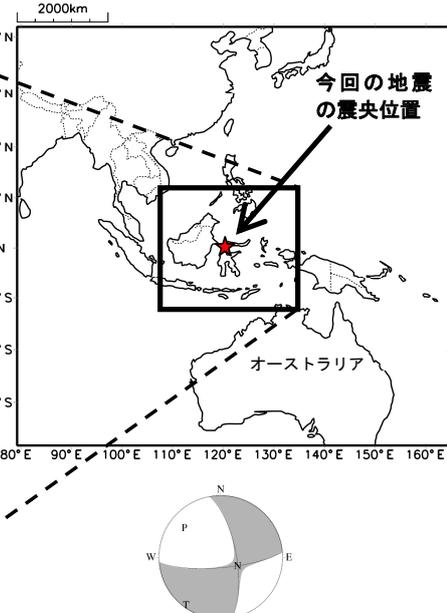


図1-2 今回の地震の発震機構
(気象庁によるCMT解)

(2) 地震活動

ア. 今回の地震の発生場所の詳細と地震の発生状況

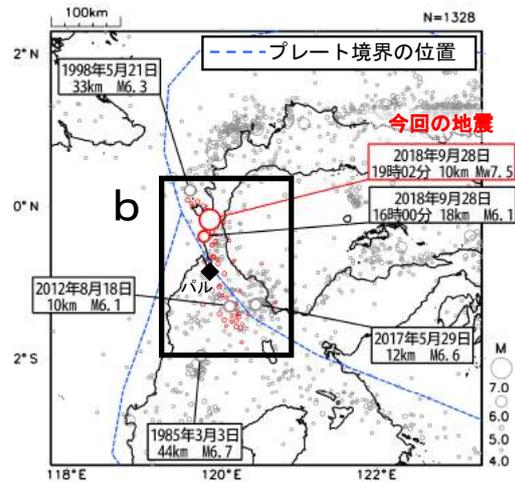


図2-1 領域a内の震央分布図

(1970年1月1日~2018年10月8日、深さ0~50km、 $M \geq 4.0$)

今回の地震の震央は、スラウェシ島の州都パルの北側約80kmにある。今回の地震の発生前には同日16時00分にM6.1の地震が発生し、その後地震活動が活発になった。

今回の地震の発生以降、10月8日までに発生したM4.0以上の地震は、今回の地震の震央を中心に南北方向に分布しており、今回の地震の発震機構から推定される断層面の走向と概ね調和的である。

今回の地震の発生以降、地震活動は減衰しつつも、活発な状態が続いている。

1970年以降でみると、今回の地震の震央付近(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生している。

※本資料中、今回の地震の発震機構及びMwは気象庁、その他の地震の発震機構及びMwはGlobal CMTによる。また、1969年までの地震の震源要素はISC-GEM、1970年以降の地震の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2018年10月8日現在)。プレート境界の位置と進行方向はBird(2003)より引用。気象庁が発表する「北西太平洋津波情報」については、いずれも発表対象領域外での地震であったため、発表されていない。

*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) 2018年9月28日 インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の地震(Mw7.5)

Fig. 4(a) The earthquake in the Indonesia, Sulawesi, Minahassa Peninsula (Mw7.5) on September 28, 2018.

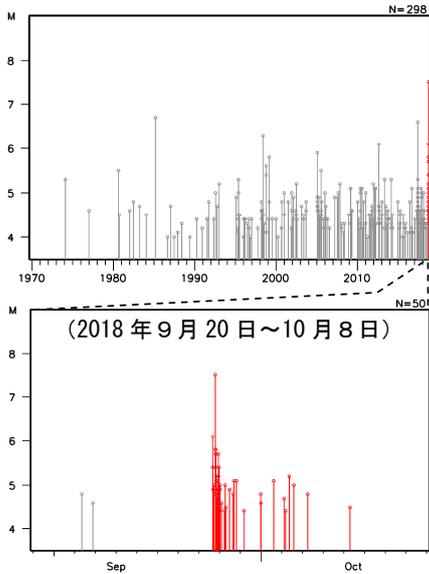


図 2-2 領域 b 内の M-T 図

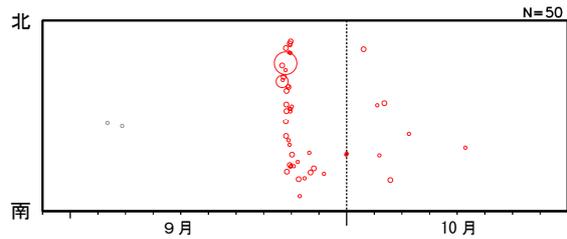


図 2-3 領域 b 内の時空間分布図 (南北投影)
(2018 年 9 月 20 日～10 月 8 日)

イ. 過去の地震活動

スラウェシ島を含むインドネシア、マレーシアやフィリピンの島々の周辺では、M7 を超える地震が時々発生しており、地震による津波の被害も発生している。1976 年 8 月 17 日にミンダナオ島近海で M8.0 の地震が発生し、津波により死者 8000 人の被害が生じた。また 2004 年 12 月 26 日にはスマトラ島西方沖で M9.1 の地震が発生し、インド洋沿岸諸国で合計 20 万人以上の死者が出るなど甚大な被害が生じた。

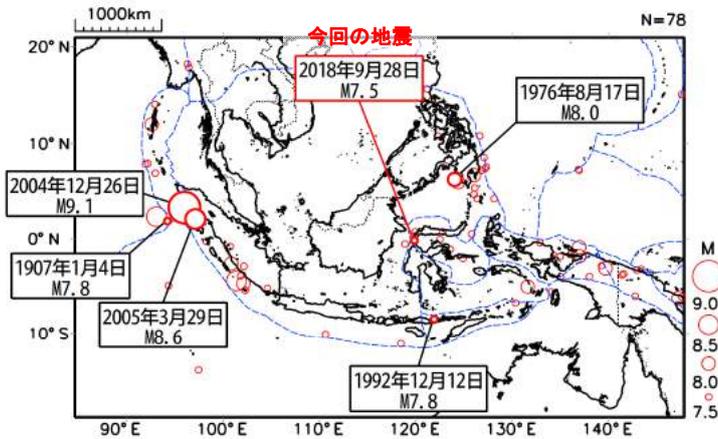


図 2-4 震央分布図
(1900 年 1 月 1 日～2018 年 10 月 8 日、深さ 0～100km、M≥7.5)

発生年月日	深さ (km)	M	津波	死者
1907/01/04	15	7.8	あり	400
1976/08/17	20	8.0	あり	8000
1992/12/12	28	7.8	あり	1740
2004/12/26	30	9.1	あり	20 万以上
2005/03/29	30	8.6	あり	1303
2018/09/28	10	7.5	あり	832

表 2-1 図 2-4 内で死者 400 人以上の被害が生じた地震

※本資料中、2004 年 12 月 26 日のスマトラ島西方沖の地震の被害は米国地質調査所 (USGS)、今回の地震以外のその他の地震の被害は宇津の「世界の被害地震の表」による。

(3) 体積ひずみ計の記録から推定されるモーメントマグニチュード (Mw)

蒲郡清田観測点で観測された体積ひずみ波形

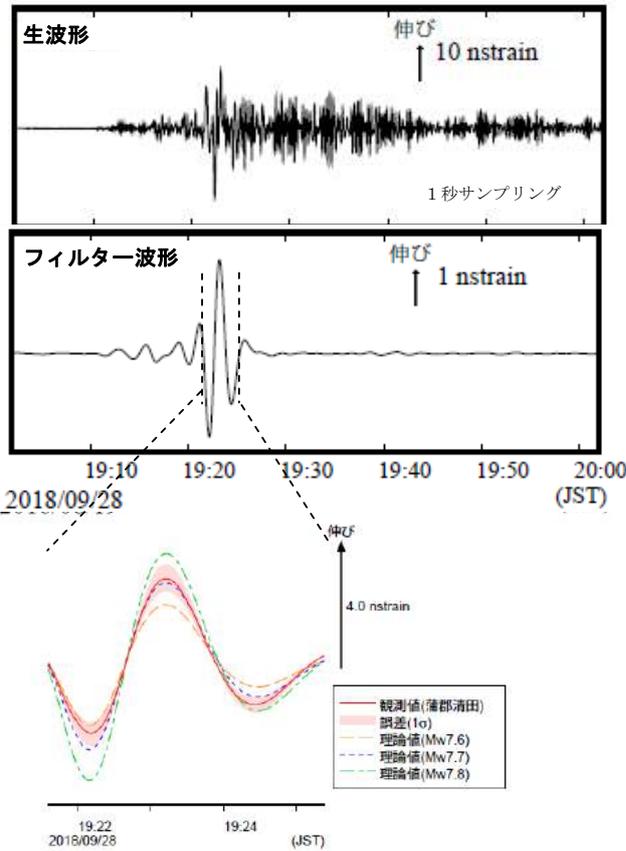


図3-1 蒲郡清田観測点の観測波形と理論波形の振幅比較

データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差 (1σ) の範囲を示す。

気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計で観測された今回の地震の波形と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

理論体積ひずみは気象庁 CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒～3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を Mw7.3 相当から 7.7 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それぞれについて観測波形と比較した。

体積ひずみ計の観測波形と理論波形が最もよく整合するのは、Mw7.7 相当の場合であった。

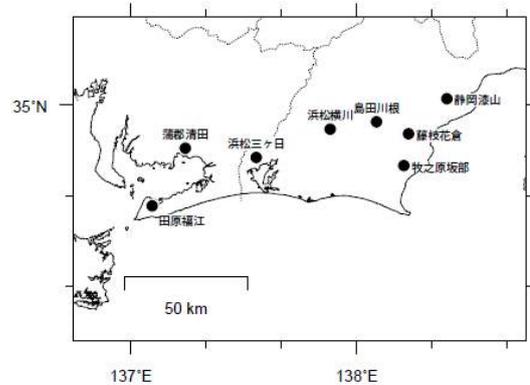


図3-2 体積ひずみ計の配置図

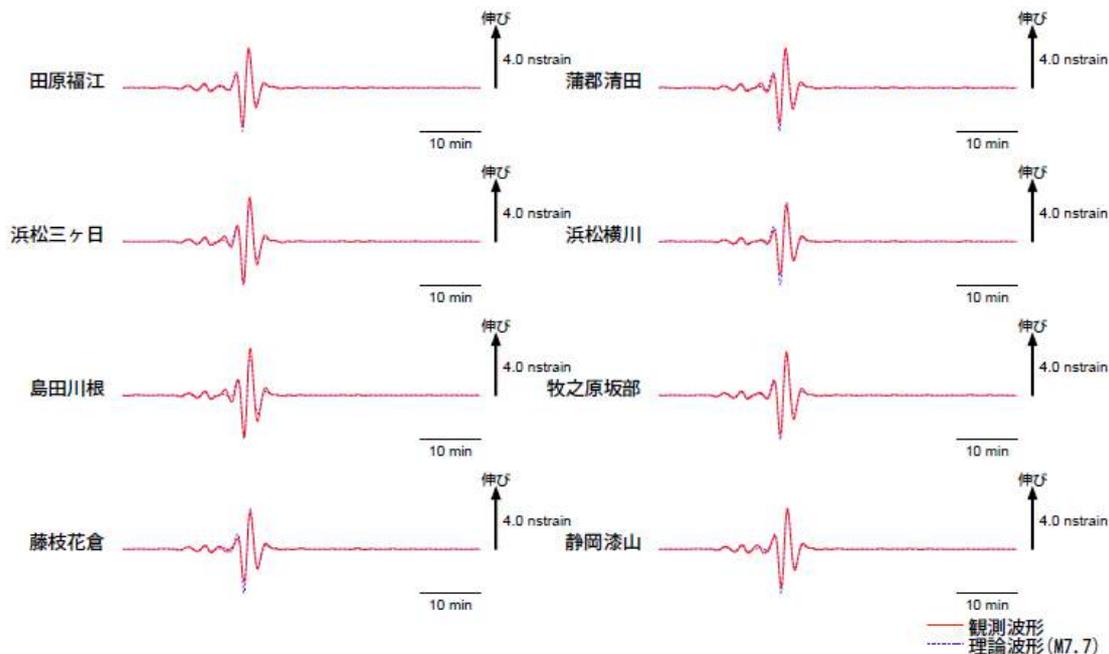


図3-2 理論波形と体積ひずみ観測点 8 ヲ所の観測波形との比較

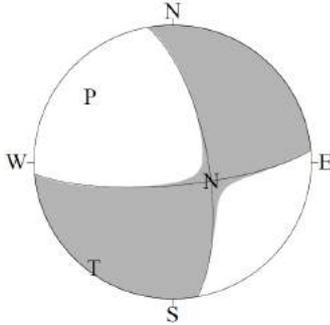
データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。

9月28日 インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島の地震の発震機構解析

2018年9月28日 19時02分（日本時間）にインドネシア、スラウェシ、ミナハサ半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

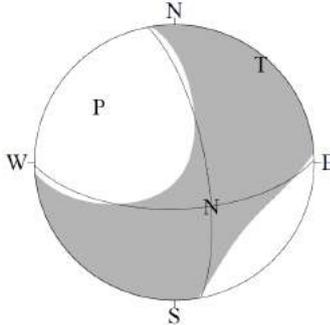
セントロイドは、南緯 1.0°、東経 119.9°、深さ 13km となった。



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)
7.5	2.23 × 10 ²⁰ Nm	85.1° / 76.1° / -158.7°	349.7° / 69.3° / -14.9°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 0.7°、東経 119.9°、深さ 16km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ~ 90° までの 34 観測点の上下成分、29 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。

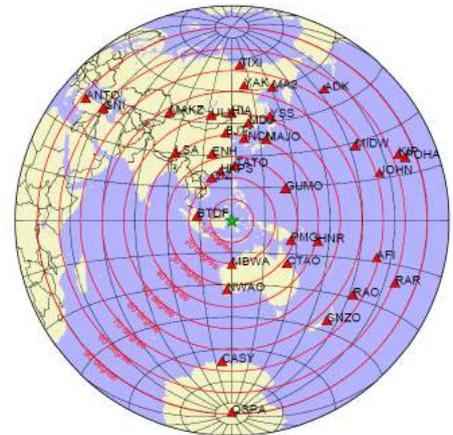
Mw	M ₀	断層面解 1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.6	2.73 × 10 ²⁰ Nm	88.8° / 62.4° / -159.7°	349.1° / 72.1° / -29.2°

(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4図(d) 発震機構解析
Fig. 4(d) Moment tensor solution.