11-1 世界の地震活動(2016年5月~10月)

Seismic Activity in the World (May – October 2016)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間,世界でM6.0以上の地震は59回,M7.0以上の地震6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).このうち最大のものは,2016年7月30日(日本時間)にマリアナ諸島で発生したMw7.7の地震であった.

2016年5月~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) マリアナ諸島の地震 (Mw7.7, 第3図(a)~(c))

2016年7月30日06時18分に、マリアナ諸島の深さ233kmでMw7.7(気象庁マグニチュード7.7)の地震が発生した。発震機構(CMT解)は、太平洋プレートの沈み込む方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。この地震により、日本国内で最大震度2を観測した。

(2) イタリア中央部の地震 (Mw6.2, Mw6.6, 第6図(a)~(h))

2016年8月24日10時36分に、イタリア中央部の深さ5kmでMw6.2の地震が発生した。この地震は、ユーラシアプレート内部で発生した。発震機構(USGSによるCMT解)は、東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型である。この地震により、多数の建物が崩壊し、少なくとも死者292人、負傷者およそ400人等の被害が生じた。イタリア付近は、アフリカプレートとユーラシアプレートが衝突し、互いに押し合っている地域で、テクトニクス的にも地質学的にも複雑な地域であり、地震活動が活発にみられる。この地震が発生したアペニン山脈付近では、局所的に東西方向に伸張する力が主に働くことによって、地震が発生している領域である。

また,この地震とほぼ同じ場所で,2016年10月30日15時40分にMw6.6の地震が発生した.発震機構(CMT解)は,東北東一西南西方向に張力軸を持つ正断層型である.この地震により,少なくとも負傷者20人等の被害が生じた.

(3) ニュージーランド, 北島東方沖の地震 (Mw7.1, 第8図(a), (b))

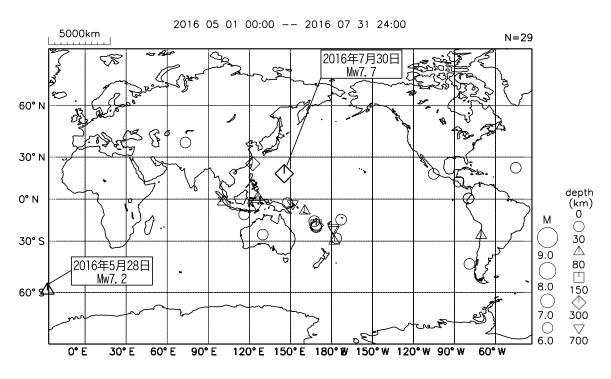
2016年9月2日01時37分に、ニュージーランド、北島東方沖の深さ19kmでMw7.1の地震が発生した。発震機構 (CMT解) は、西北西ー東南東方向に張力軸を持つ型である。この地震は、インド・オーストラリアプレートに沈み込む太平洋プレート内部で発生したと考えられる。この地震により、ニュージーランドのイーストケープで0.21mの津波が観測された。

(4) その他の地震活動

		地震の	震源の	地震の	
発生年月日	震央地名	規模	深さ(km)	発生場所	
2016年					
5月28日	サウスサンドウィッチ諸島	Mw7.2	73 南	アメリカプレート内部	(第2図(a)~(c))
8月12日	ローヤリティー諸島南東方	Mw7.2	16		(第4図(a)~(c))
8月19日	サウスジョージア島	Mw7.5	10		(第5図(a)~(c))
8月29日	アセンション島北方	Mw7.1	10 大	西洋中央海嶺付近	(第7図(a), (b))

世界の地震活動(2016年5月~7月、M≥6.0)

震源は米国地質調査所 (USGS、2016年11月4日現在)、Mw (モーメントマグニチュード) は気象庁による。

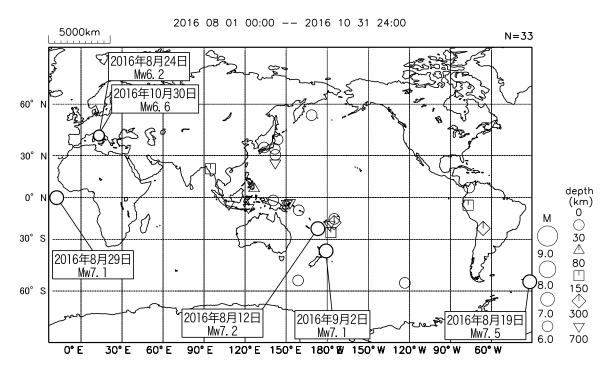


第1図(a) 世界の地震活動(2016年5月~7月, M≥6.0, 深さ≦700km)

Fig.1(a) Seismic activity in the World (May – July 2016, $M \ge 6.0$, depth ≤ 700 km).

世界の地震活動(2016年8月~10月、M≥6.0)

震源は米国地質調査所(USGS、2016年11月4日現在)、Mw (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 (2016年8月~10月, M≥6.0, 深さ≦700km)

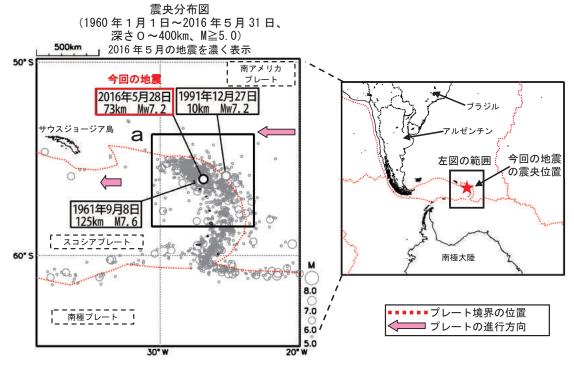
Fig.1(b) Continued (August – October 2016, M≥6.0, depth≤700 km).

5月28日 サウスサンドウィッチ諸島の地震

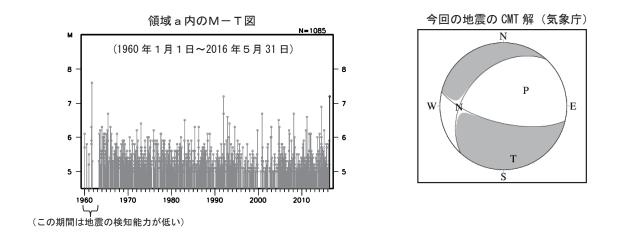
2016年5月28日18時46分(日本時間、以下同じ)にサウスサンドウィッチ諸島の深さ73kmでMw7.2の地震が発生した。この地震は、スコシアプレートの下に沈み込む南アメリカプレート内部で発生した。発震機構(気象庁によるCMT解)は、南北方向に張力軸を持つ型であった。

気象庁は、28 日 19 時 21 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震による日本への津波の影響はありません。」)を発表した。

1960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、M 6 を超える地震が度々発生していて、M 7 を超える地震も今回の地震を含め3回発生している。



プレートの進行方向は、南極プレートを固定した場合の相対的な方向である。



[※]本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。震源要素とその他の地震の Mw は米国地質調査所 (USGS) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

第2図(a) 2016年5月28日 サウスサンドウィッチ諸島の地震 (Mw7.2)

Fig.2(a) The earthquake in the South Sandwich Islands region (Mw7.2) on May 28, 2016.

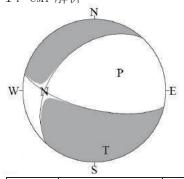
^{*}参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

5月28日 サウスサンドウィッチ諸島の地震の発震機構解析

2016 年 5 月 28 日 18 時 46 分(日本時間)にサウスサンドウィッチ諸島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

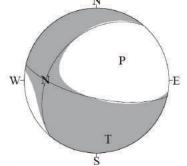
セントロイドは、南緯 56.3°、西経 26.7°、深さ 63km となった。



Mw	$M_{\rm O}$	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. 2	7. $43 \times 10^{19} \text{Nm}$	103. 2° /68. 4° /-56. 3°	222. 1° /39. 3° /-144. 4°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 56.1°、西経 26.5°、深さ 61km 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、28 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。

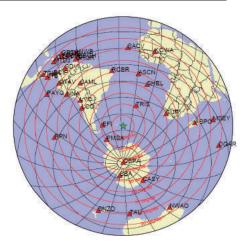
Mw	Mo	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7. 2	$8.22 \times 10^{19} \text{Nm}$	102.6° /70.4° /-57.5°	220.4° /37.4° /-146.4°

(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 IRIS-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(b) 発震機構解析

Fig.2(b) Moment tensor solution.

2016 年 5 月 28 日 サウスサンドウィッチ諸島の地震 ー 遠地実体波による震源過程解析(暫定)ー

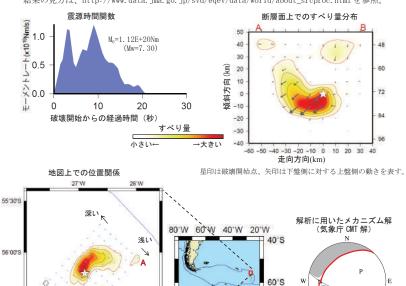
2016 年 5 月 28 日 18 時 46 分(日本時間)にサウスサンドウィッチ諸島で発生した地震について、米国地震学連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析(注 1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所 (USGS) による震源の位置 (56°12.1′S、26°53.5′W、深さ73km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、低角傾斜の節面 (走向222°、傾斜39°)を 仮定して解析した。最大破壊伝播速度は3.3km/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)。

- ・主なすべりは走向方向に約50km、傾斜方向に約50kmであった。
- ・主なすべりは破壊開始点から北側に広がり、最大すべり量は 2.4m 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 (Mw) は7.3 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、青い×印は解析に使用した小断層の中心位置 をそれぞれ示す。青線はプレート境界を示す。

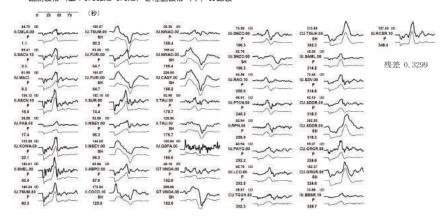
(注1)解析に使用したプログラム

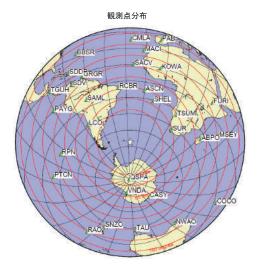
56'30'S

20 km

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: 0.002Hz-0.5Hz) と理論波形 (下) の比較





震央距離30°~100°⁶¹の31観測点⁶²(P波:29, SH波:12)を使用。 ※1:近寸ぎると理論的に扱いづらくなる波の計算があり、逆に遠寸ぎる 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.

第2図(c) 遠地実体波による震源過程解析

断層面の設定に用いた節面

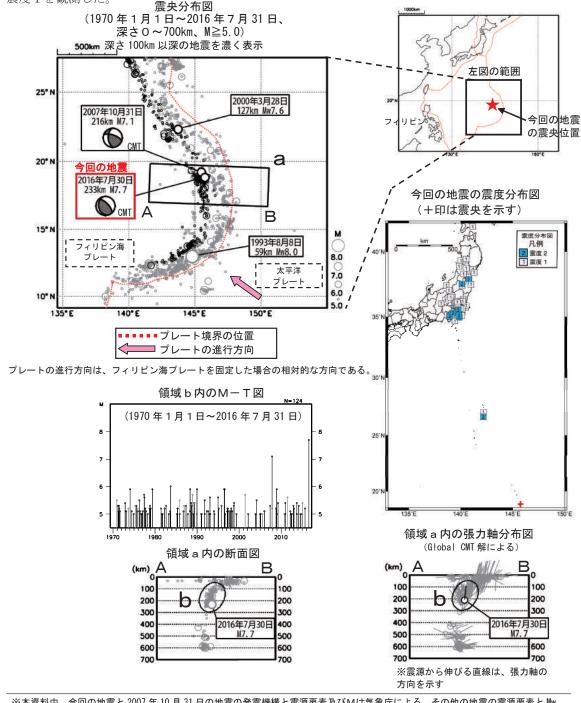
(走向 222°、傾斜 39°、すべり角-144°)を赤線で示す。

Fig.2(c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

7月30日 マリアナ諸島の地震

2016年7月30日06時18分(日本時間、以下同じ)にマリアナ諸島の深さ233kmでM7.7の地震が発生し、日本国内で最大震度2を観測した。この地震の発震機構(気象庁によるCMT解)は、太平洋プレートの沈み込む方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。マリアナ諸島付近では、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に高角で沈み込んでいる。

1970 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、M5 を超える地震が定常的に発生していて、M7 を超える地震は今回の地震を含め、2 回発生している。この周辺で発生する地震で、日本国内でも震度 1 以上を観測することがあり、2007 年 10 月 31 日に発生した M7.1 の地震では、最大震度 1 を観測した。



[※]本資料中、今回の地震と 2007 年 10 月 31 日の地震の発震機構と震源要素及びMは気象庁による。その他の地震の震源要素と Mw は米国地質調査所 (USGS) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

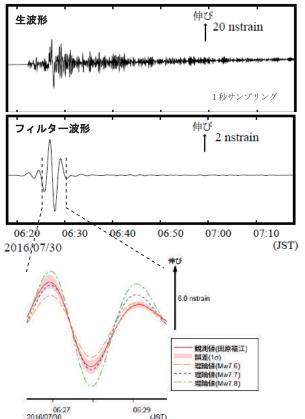
第3図(a) 2016年7月30日 マリアナ諸島の地震 (Mw7.7)

Fig.3(a) The earthquake in the Mariana Islands (Mw7.7) on July 30, 2016.

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

7月30日06時18分のマリアナ諸島の地震 - 体積ひずみ計の記録から推定されるMw -

田原福江観測点で観測された体積ひずみ波形

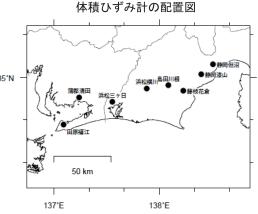


田原福江観測点の観測波形と理論波形の振幅比較(上図) データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両 方向にかけている。網掛けは誤差(1σ)の範囲を示す。

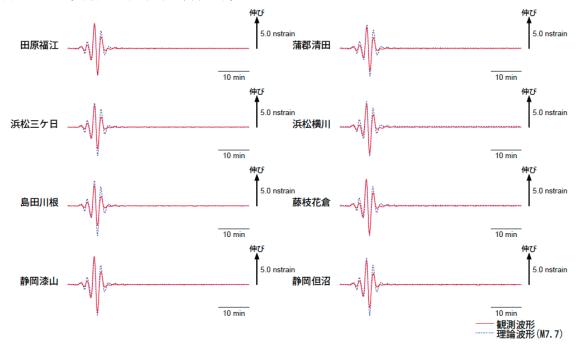
気象庁が東海地域に設置している埋込式体積 ひずみ計で観測された今回の地震の波形と理論 波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニ チュード (Mw) の推定を行った。

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Mw7.4相当から8.0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。



理論波形と体積ひずみ観測点8ヵ所の観測波形との比較(下図) 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。



第3図(b) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

Fig.3(b) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.

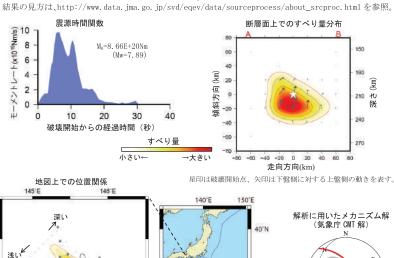
2016年7月30日 マリアナ諸島の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)-

2016 年7月30日06時18分(日本時間)にマリアナ諸島で発生した地震について、米国地震学連合 (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(18°32.6'N、145°32.4'E、深さ208km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、高角傾斜の節面(走向 316°、傾斜 65°)を仮定 して解析した。最大破壊伝播速度は3.3km/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)。

- ・断層の大きさは走向方向に約100km、傾斜方向に約80km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 4.0m であった (周辺の構造から剛性率を 75GPa 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 (Mw) は7.9であった。



30°N

20°N

星印は破壊開始点を、青い×印は解析に使用した小断層の中心位置 をそれぞれ示す。また、灰色の丸は本震発生後7日以内の余震の震 央を示す (M4.0以上、USGSによる) 青線はプレート境界を示す。

● 7.0

. 60

. 5.0

- 4.0

(注1)解析に使用したプログラム

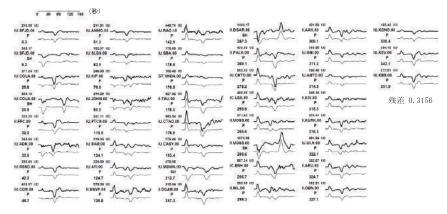
19'N

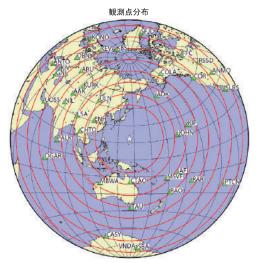
18'N

20 km

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:0.002Hz-0.5Hz) と理論波形 (下) の比較





震央距離 30°~100°^{*1}の 39 観測点^{*2} (P 波:38、SH 波:5)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.

第3図(c) 遠地実体波による震源過程解析

断層面の設定に用いた節面

(走向 316°、傾斜 65°、す

べり角75°)を赤線で示す。

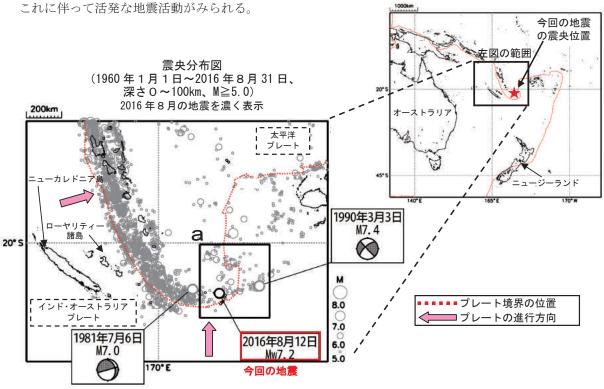
Fig.3(c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

8月12日 ローヤリティー諸島南東方の地震

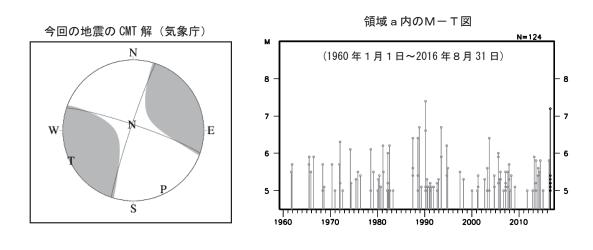
2016 年 8 月 12 日 10 時 26 分 (日本時間、以下同じ) にローヤリティー諸島南東方の深さ 16km で Mw7.2 の地震が発生した。この地震の発震機構(気象庁による CMT 解)は、北北西 - 南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。

気象庁は、12 日 10 時 53 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「日本への津波の有無については現在調査中です。」)を、同日 11 時 30 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震による日本への津波の影響はありません。」)を発表した。

1960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、M6.0以上の地震が時々発生している。今回の地震の北西側では、インド・オーストラリアプレートが太平洋プレートに沈み込んでいて、



プレートの進行方向は、太平洋プレートを固定した場合の相対的な方向である。



[※]本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。震源要素とその他の地震の Mw は米国地質調査所 (USGS) による。その他の地震の発震機構は 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。

第4図(a) 2016年8月12日 ローヤリティー諸島南東方の地震(Mw7.2)

Fig.4(a) The earthquake southeast of the Loyalty Islands (Mw7.2) on August 12, 2016.

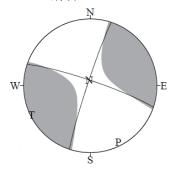
^{*}参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

8月12日 ローヤリティー諸島南東方の地震の発震機構解析

2016 年 8 月 12 日 10 時 26 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 を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

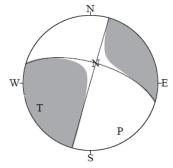
セントロイドは、南緯 22.3°、東経 173.1°、深さ 20km となった。



M	[w	$M_{\rm O}$	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.	. 2	$6.80 \times 10^{19} \text{Nm}$	288. 7° /83. 6° /-176. 4°	198. 3° /86. 4° /-6. 4°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 22.6°、東経 173.1°、深さ 16km となった。



W-phase の解析では、震央距離 $10^\circ \sim 90^\circ$ までの 33 観測点の上下成分、27 観測点の水平成分を用い、 $100\sim 300$ 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。

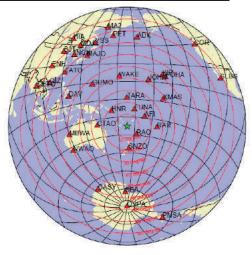
Mw	Mo	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.2	$7.17 \times 10^{19} \text{Nm}$	286. 1° /65. 2° /-179. 6°	196. 0° /89. 6° /-24. 8°

(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4図(b) 発震機構解析

Fig.4(b) Moment tensor solution.

2016 年 8 月 12 日 ローヤリティー諸島南東方の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)ー

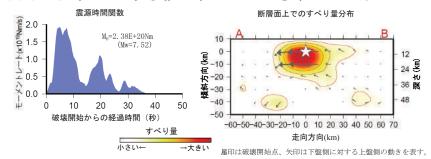
2016 年 8 月 12 日 10 時 26 分 (日本時間) にローヤリティー諸島南東方で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析 (注 1) を行った。

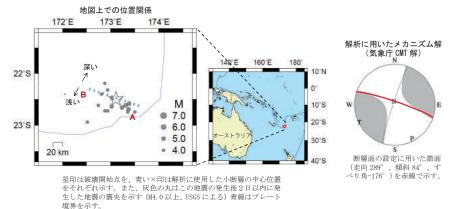
破壊開始点は、米国地質調査所 (USGS) による震源の位置 (22°29.7′S, 173°6.6′E、深さ 10km) とした。断層面は、気象庁 (MT 解の 2 枚の節面のうち、西北西 – 東南東方向の節面 (走向 289°、傾斜 84°)を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.6km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0 (Bassin et al., 2000) および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) の地下構造モデルを用いた。

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)。

- ・主なすべり域は走向方向に約70km、傾斜方向に約30km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 4.7m 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25秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は7.5 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。

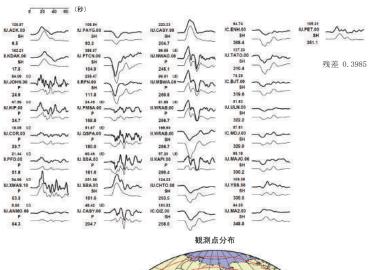


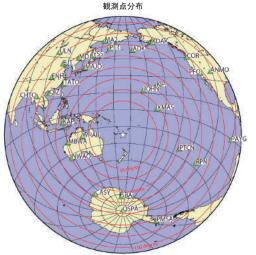


(注1)解析に使用したプログラム

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: 0.002Hz-0.5Hz) と理論波形 (下) の比較





震央距離 30° ~100° **1の30 観測点*2 (P 波:14、SH 波:19) を使用。 ※1:近寸ぎると理論的に扱いづらくなる波の計算があり、逆に遠寸ぎる 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、 評価しや寸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.

第4図(c) 遠地実体波による震源過程解析

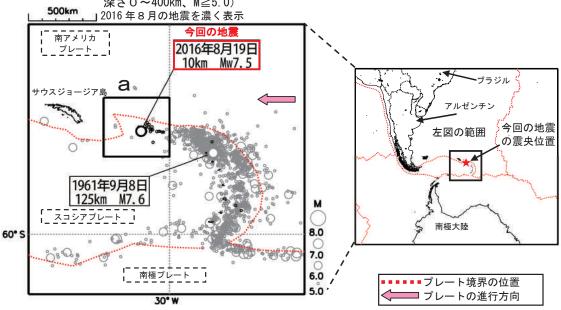
Fig.4(c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

8月19日 サウスジョージア島の地震

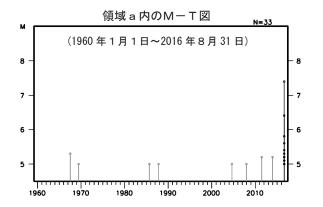
2016 年 8 月 19 日 16 時 32 分 (日本時間、以下同じ) にサウスジョージア島の深さ 10km で Mw7.5 の地震が発生した。発震機構(気象庁による CMT 解) は、北東ー南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。 気象庁は、19 日 16 時 59 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震による日本への津波の影響はありません。」) を発表した。

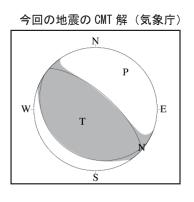
1960年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域 a)では、M5.0以上の地震が数回発生しているが、M7を超える地震は今回が初めてである。今回の地震の南東側では、スコシアプレートの下に南アメリカプレートが沈み込んでいて、これに伴って、地震活動が活発になっている。この領域では、M6.0以上の地震が度々発生していて、そのうち最大規模の地震は、1961年9月8日に発生したM7.6の地震である。 震央分布図

(1960年1月1日~2016年8月31日、 深さ0~400km、M≥5.0)



プレートの進行方向は、南極プレートとスコシアプレートを固定した場合の相対的な方向である。





第5図(a) 2016年8月19日 サウスジョージア島の地震 (Mw7.5)

Fig.5(a) The earthquake in the South Georgia Island region (Mw7.5) on August 19, 2016.

[※]本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。震源要素とその他の地震の Mw は米国地質調査所(USGS)による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

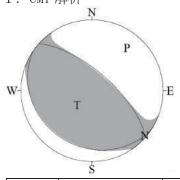
^{*}参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

8月19日 サウスジョージア島の地震の発震機構解析

2016 年 8 月 19 日 16 時 32 分(日本時間)にサウスジョージア島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

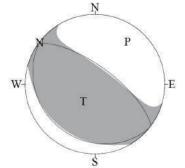
セントロイドは、南緯 55.1°、西経 31.5°、深さ 18km となった。



	Mw	Mo	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	$1.93 \times 10^{20} \text{Nm}$	123. 5° /21. 7° /82. 8°	311. 3° /68. 5° /92. 9°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 55.3°、西経 31.3°、深さ 16km となった。



W-phase の解析では、震央距離 $10^\circ \sim 90^\circ$ までの 32 観測点の上下成分、32 観測点の水平成分を用い、 $100\sim 300$ 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。

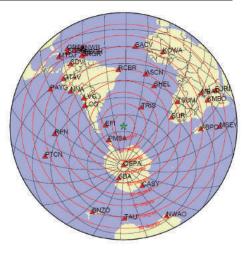
Mw	Mo	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7. 5	$2.16 \times 10^{20} \text{Nm}$	$128.6^{\circ} / 20.9^{\circ} / 92.2^{\circ}$	306. 3° /69. 1° /89. 2°

(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5図(b) 発震機構解析

Fig.5(b) Moment tensor solution.

2016 年8月19日 サウスジョージア島の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)-

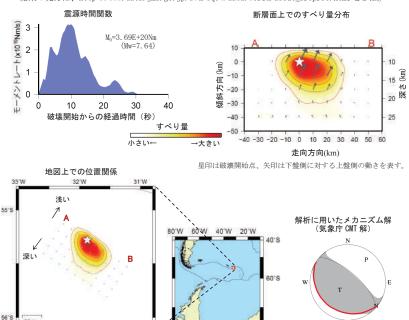
2016年8月19日16時32分(日本時間)にサウスジョージア島で発生した地震について、米国大学間地震学研究連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所 (USGS) による震源の位置 (55° 16.7′ S, 31° 52.4′ W、深さ 10km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、低角傾斜の節面 (走向 124°、傾斜 22°) 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)。

- ・断層の大きさは走向方向に約50km、傾斜方向に約40kmであった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺に広がり、最大すべり量は 7.5m であった (周辺の構造から剛性率を 456Pa として計算)。
- ・主な破壊継続時間は約30秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は7.6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。



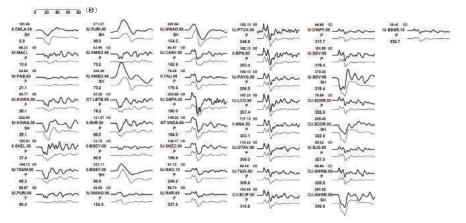
(注1)解析に使用したプログラム

をそれぞれ示す。青線はプレート境界を示す。

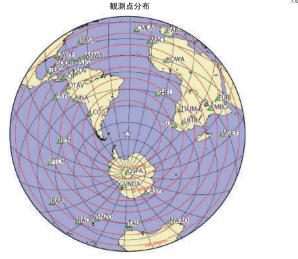
20 km

星印は破壊開始点を、青い×印は解析に使用した小断層の中心位置

観測波形 (上: 0.002Hz-0.5Hz) と理論波形 (下) の比較



残差 0.4084



農央距離 30°~100° *10 33 観測点*2 (P 波: 32、SH 波: 9) を使用。 ※1: 近すぎると理論的に扱いづらくなる彼の計算があり、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

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

第5図(c) 遠地実体波による震源過程解析

断層面の設定に用いた節面

(走向 124°、傾斜 22°、す

べり角83°)を赤線で示す。

Fig.5(c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

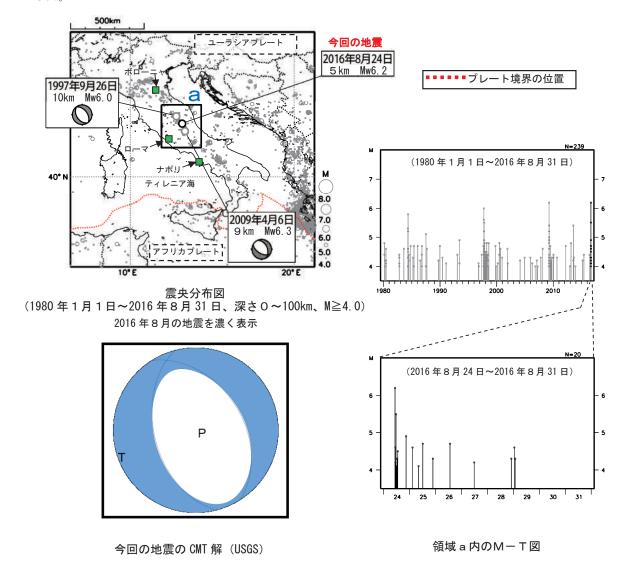
2016 年 8 月 24 日 イタリア中央部の地震

(1) 概要

2016 年8月24日10時36分(日本時間、以下同じ)にイタリア中央部(首都ローマの北東約100km)の深さ5kmでMw6.2の地震が発生した。この地震は、ユーラシアプレート内部で発生した。この地震の発震機構(米国地質調査所によるCMT解)は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。この地震の発生後、今回の地震を含め、M4.0以上の地震が20回発生している(8月31日現在)。

今回の地震の震源付近では、多数の建物が崩壊し、少なくとも死者 292 人、負傷者およそ 400 人等の被害が生じた。また、ローマやボローニャ、ナポリなどでも揺れが観測された。

最近の地震活動をみると、今回の地震の震源付近(領域 a)では、M6.0以上の地震が時々発生しており、2009年4月6日には、今回の地震から南へ数十km離れた場所で発生したイタリア中央部の地震 (Mw6.3)により、震源に近いラクイラ周辺で、死者 295人以上、負傷者 1,000人以上等の被害が生じた。



※本資料中、震源要素とMw及び今回の地震の発震機構はUSGSによる。そのほかの地震の発震機構はGlobal CMT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 of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所)による (2016年8月31日現在)。また、2009年4月6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。

第6図(a) 2016年8月24日 イタリア中央部の地震 (Mw6.2)

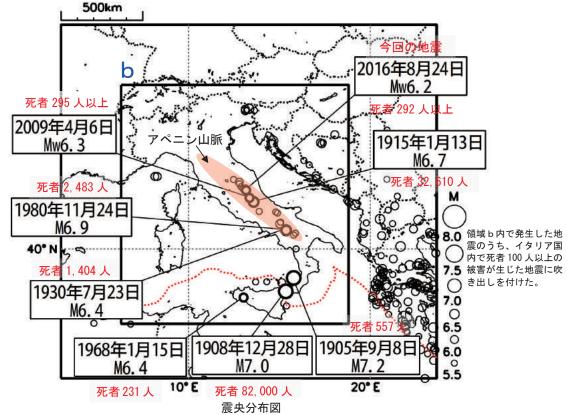
Fig.6(a) The earthquake in the central part of Italy (Mw6.2) on August 24, 2016.

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

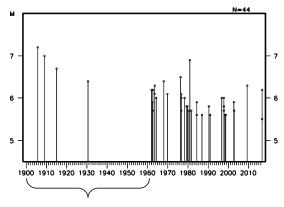
(2)過去の地震活動

イタリア付近は、アフリカプレートとユーラシアプレートが衝突し、互いに押し合っている地域で、テクトニクス的にも地質学的にも複雑な地域であり、地震活動が活発にみられる。今回の地震が発生したアペニン山脈付近では、局所的に東西方向に伸張する力が主に働くことによって、地震が発生している領域である。

1900 年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域 b) では、M6.0以上の地震がしばしば発生しており、100人以上の死者を伴っている。イタリア国内では、過去に死者が数万人に及んだ地震も発生しており、1915年1月13日に今回の地震から南東へおよそ100km離れた場所で発生したM6.7の地震では、死者32,610人の被害が生じた。



(1900年1月1日~2016年8月31日、深さ0~100km、M≥5.5)



(この期間は地震の検知能力が低い)

領域b内のM-T図

第6図(b) 過去の地震活動

Fig.6(b) Seismic activity of the past.

[※]本資料中、1900 年~2012 年の震源要素は国際地震センター (ISC) による。2012 年以降の震源要素は USGS 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 0CHA による (8月31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。

10月30日 イタリア中央部の地震

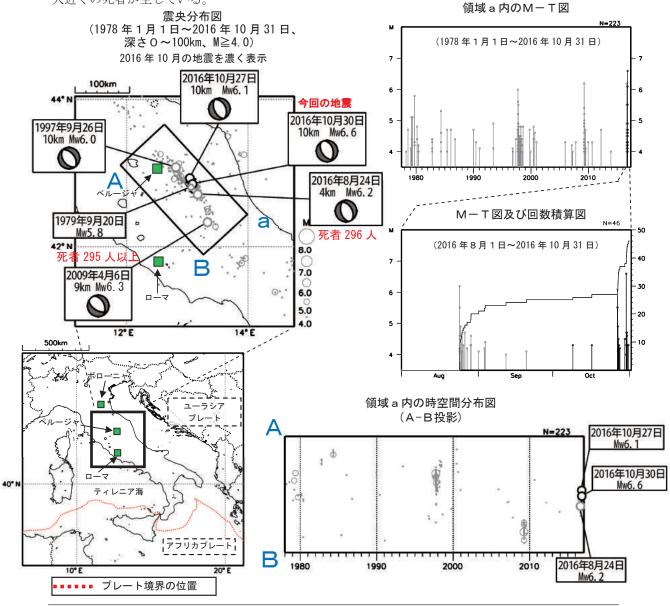
2016年10月30日15時40分(日本時間、以下同じ)にイタリア中央部(首都ローマの北東約160km)の深さ10kmでMw6.6の地震が発生した。この地震は、ユーラシアプレート内部で発生した。この地震の発震機構(気象庁によるCMT解)は東北東一西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。

気象庁は、この地震に対して、30 日 16 時 20 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震による津波の心配はありません。」)を発表した。

今回の地震の震源付近では、地震発生前の 2016 年8月24日に Mw6.2 の地震、10月27日に Mw6.1 の地震が発生していた。今回の地震は、8月24日の地震の震源の北西約20km で発生した地震で、いずれの地震も局所的に東西方向に伸張する力が主に働くことによって発生している。

今回の地震で、少なくとも負傷者20人等の被害が生じた。

1978年以降の地震活動をみると、今回の地震の震源付近(領域 a) では、M 6程度の地震が時々発生しており、2009年4月6日の地震(Mw6.3)や2016年8月24日の地震(Mw6.2)では、いずれも300人近くの死者が生じている。



※本資料中、今回の地震のMwと発震機構は気象庁による。震源要素とそのほかの地震のMw及び2016年8月24日、2016年10月27日の発 震機構はUSGSによる。そのほかの地震の発震機構はGlobal CMTによる。プレート境界の位置はBird (2003) *より引用。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(2016年10月31日現在)。また、 2009年4月6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。

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

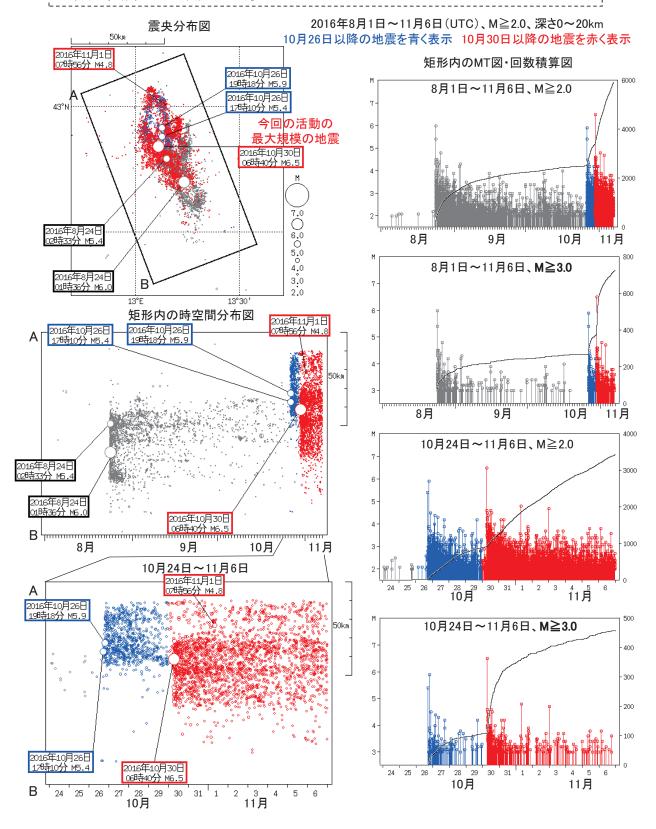
第6図(c) 2016年10月30日 イタリア中央部の地震 (Mw6.6)

Fig.6(c) The earthquake in the central part of Italy (Mw6.6) on October 30, 2016.

10月26日、30日(UTC) イタリアの地震

8月24日以降の活動経過

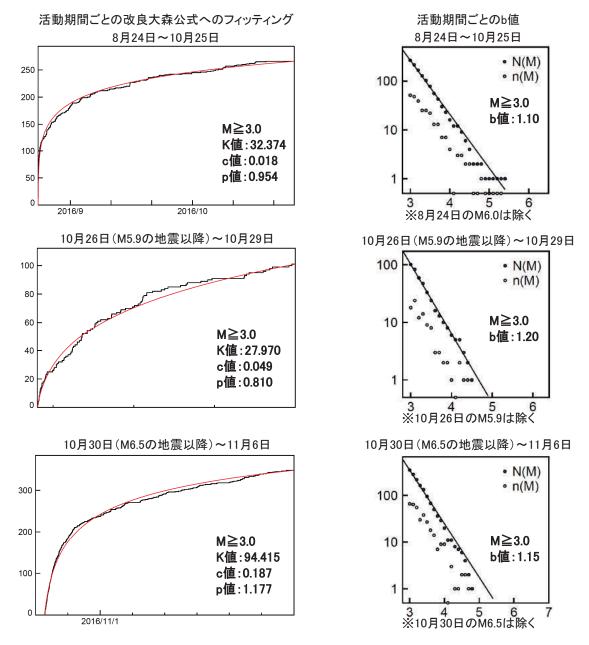
※震源データは「イタリア国立地球物理学火山学研究所(INGV)」による。 http://www.ingv.it/en/ ※表示している震源要素はINGVによるものであるため、USGS等の震源要素とは異なる。 ※年月日、時刻はUTCで表記している。



第6図(d) つづき Fig.6(d) Continued.

10月26日、30日(UTC) イタリアの地震

8月24日以降の活動経過



- •10月26日にM5.9の地震が発生した。
- ・この地震は、8月24日の地震(M6.0)の活動域の北西側で発生した。
- ・この地震の活動域は、8月24日の地震の活動域(余震域)と隣接する。一部重なるが、ほとんど重なっていない。
- ・M5.9の地震の前にM5.4の地震が発生した。M5.4の地震発生以前は、前震活動的な活動は検知されていない。
- •10月30日にM6.5の地震が発生した。
- ・この地震は、10月26日のM5.9の地震の約10km南側で発生した。
- ・この地震後の活動域は、10月26日の地震以降の活動域、8月24日の地震以降の活動域とも重なっている。
- ・主な活動域は、10月26日のM5.9の地震と8月24日のM6.0の地震の震源の間で発生している。
- ・10月26日のM5.9の地震後の活動は、順調に減衰していた。10月30日のM6.5の地震発生直前に顕著な前震活 動は見られなかった。
- ・10月30日のM6.5の地震発生以降の活動は減衰傾向が見られる。
- ・これらの地震活動の検知能力はM3.0~M3.5程度である。

第6図(e) つづき

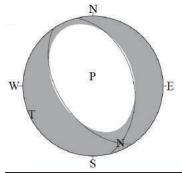
Fig.6(e) Continued.

10月30日 イタリア中央部の地震の発震機構解析

2016 年 10 月 30 日 15 時 40 分 (日本時間) にイタリア中央部で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

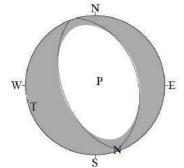
セントロイドは、北緯 43.0°、東経 13.1°、深さ 10km となった。



Mw	Mo	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. 6	$8.68 \times 10^{18} \text{Nm}$	346. 4° /41. 8° /-74. 1°	145. 5° /50. 1° /-103. 8°

2. W-phase の解析

セントロイドは、北緯 43.2°、東経 13.1°、深さ 12km となった。



W-phase の解析では、震央距離 $10^\circ \sim 90^\circ$ までの 50 観測点の上下成分、27 観測点の水平成分を用い、 $100\sim 300$ 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。

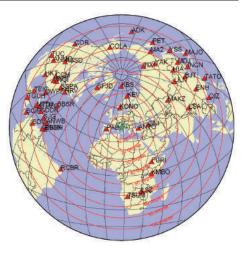
Mw	Mo	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
6. 5	$8.30 \times 10^{18} \text{Nm}$	344.7° /38.4° /-85.1°	158.5° /51.7° /-93.9°

(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(f) 発震機構解析

Fig.6(f) Moment tensor solution.

2016 年 10 月 26 日及び 30 日発生したイタリア中部の地震による地殻変動について - SAR 干渉解析による地殻変動検出結果 - (暫定)

2016 年 10 月 26 日 19 時 18 分(UTC)及び 10 月 30 日 06 時 40 分(UTC)にイタリア中部で発生した Mw6.1 及び Mw6.6 の地震に伴う地殻変動について、地球観測衛星「だいち 2 号」のデータを用いた SAR 干渉解析を行った。

なお、近傍では 2016 年 8 月 24 日 01 時 36 分(UTC)にも Mw6.2 の地震が発生しており、干渉ペアによっては、この地震も含む地殻変動結果となっていることに注意が必要である。10 月 30 日(Mw6.6)の地震に伴う地殻変動の範囲は、8 月 24 日(Mw6.2)と 10 月 26 日(M6.1)の地震で生じた地殻変動の間を埋めるように検出されたことが特徴的である。なお、図中の星印は震央位置を、震源球は G-CMT 解で求められたセントロイド位置を示す。また、図 1-4 については、8 月 24 日以降各観測日までの USGS 震源の結果(暫定)を白丸でプロットした。

表1 使用データ

パス	軌道	観測	データ 1	データ 2	震央付近で検出された位相変化 (最大)
	方向	方向	7-91	7-72	長犬竹 辺 く 便山 ひ 4 い に 位 相 多 化 (取 八)
					南側 (8/24 の地震) では, 震央の東側で約
100.050	北行	右向き	2015.07.10	2016.10.28	24cm 伸張。西側で約 4cm 短縮。
(図1)					北側(10/26 の地震)では,震央の東側で約
			2016.02.05	2016.10.28	24cm 伸張 (位相不連続あり)。西側で約 8cm
					短縮。
					北側(10/26 の地震)では、震央の東側で約
197-840 (図 2)	北行	右向き	2016.08.24	2016.11.02	24cm 伸張。南側(10/30 の地震)では,震
					央の東側で約 60cm 伸張。西側で約 24cm 短
					縮。

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データの一部は、国土地理院が中心となって進めている防災利用実証実験(地震 WG)に基づいて観測・提供されたものである。また、一部は PIXEL で共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。なお解析には、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用させていただいた。なお、干渉画像の処理過程においては、国土地理院発行の数値地図 10m メッシュ (標高)を元にした DEHM を使用し、地図の描画には GMT を用いた。関係者各位には、ここに記してお礼申し上げます。

第6図(g) ALOS-2の合成開口レーダーによる地殻変動

Fig.6(g) Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data.

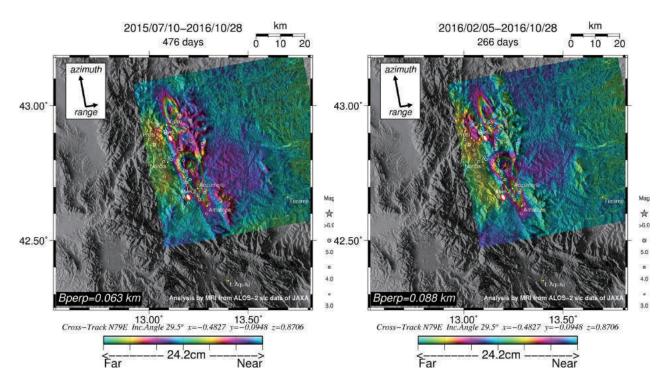


図 1 パス 196-850 における SAR 干渉解析結果(2015 年 7 月 10 日(左図),2016 年 2 月 5 日(右図)がマスター)

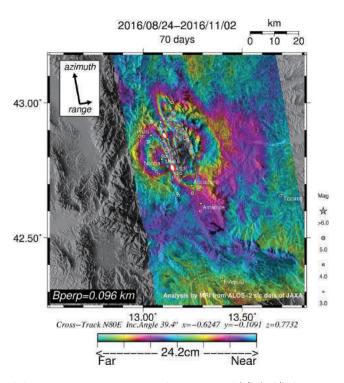


図 2 パス 197-840 における SAR 干渉解析結果

第6図(h) つづき

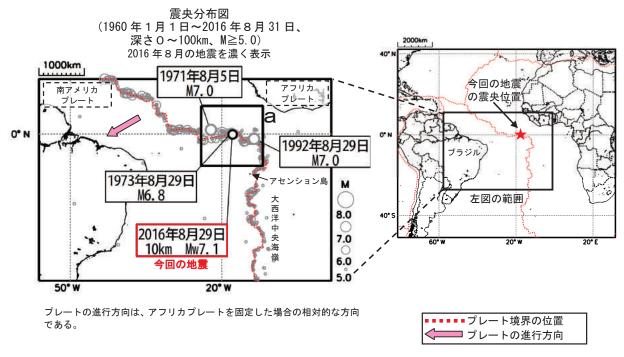
Fig.6(h) Continued.

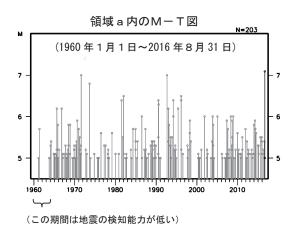
8月29日 アセンション島北方の地震

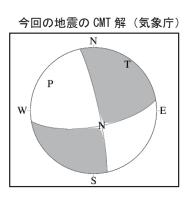
2016年8月29日13時29分(日本時間、以下同じ)にアセンション島北方の深さ10kmでMw7.1の地震が発生した。この地震は発震機構(気象庁によるCMT解)が、北東ー南西方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、大西洋中央海嶺付近で発生した。この付近は、海嶺が拡大することによって地震が発生している領域である。

気象庁は、29 日 13 時 53 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震による日本への津波の影響はありません。」)を発表した。

1960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、M6.0以上の地震が時々発生していて、M7.0の地震が2回発生している。







第7図(a) 2016年8月29日 アセンション島北方の地震 (Mw7.1)

Fig.7(a) The earthquake north of Ascension Island (Mw7.1) on August 29, 2016.

[※]本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。震源要素とその他の地震の Mw は米国地質調査所 (USGS) による。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

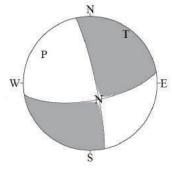
^{*}参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

8月29日 アセンション島北方の地震の発震機構解析

2016 年 8 月 29 日 13 時 29 分 (日本時間) にアセンション島北方で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

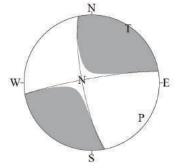
セントロイドは、北緯 0.1°、西経 17.7°、深さ 27km となった。



Mw	Mo	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	$5.96 \times 10^{19} \text{Nm}$	80. 2° /69. 0° /-172. 8°	347. 6° /83. 3° /-21. 2°

2. W-phase の解析

セントロイドは、北緯 0.2°、西経 17.8°、深さ 10km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10°~90° までの 52 観測点の上下成分、50 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。

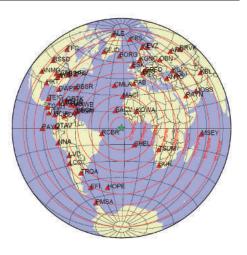
Mw	M_0	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7. 1	$5.84 \times 10^{19} \text{Nm}$	260. 0° /84. 7° /-169. 1°	169. 0° /79. 1° /-5. 4°

(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7図(b) 発震機構解析

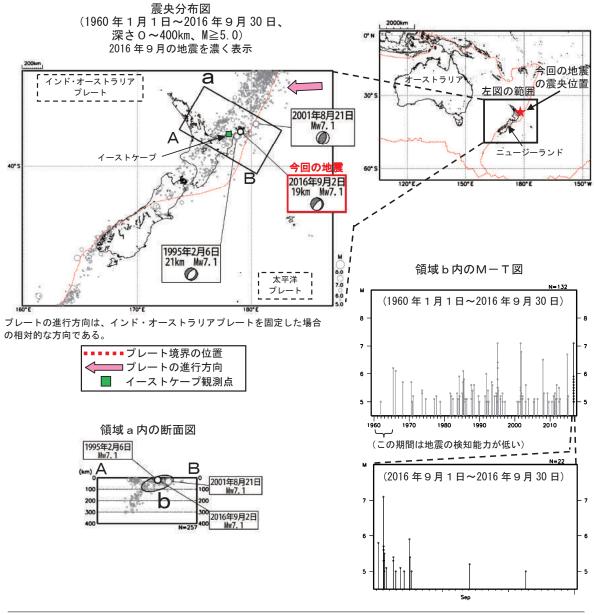
Fig.7(b) Moment tensor solution.

9月2日 ニュージーランド、北島東方沖の地震

2016 年 9 月 2 日 01 時 37 分(日本時間、以下同じ)にニュージーランド、北島東方沖の深さ 19km で Mw7.1 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、西北西-東南東方向に張力軸を持つ型であった。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で発生したと考えられる。 9 月中に今回の地震も含め M5.0 以上の地震が 22 回発生するなど、ややまとまった地震活動がみられた。

気象庁は、2日02時03分に遠地地震に関する情報第1号(日本国内向け、「この地震による津波の心配はありません。」)を、その後、太平洋津波警報センター(以下、PTWC)の震源要素の訂正及び津波観測を受けて、同日03時01分に遠地地震に関する情報第2号を発表した。今回の地震の震央付近のイーストケープ(ニュージーランド)では、0.21mの津波が観測された。

1960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、今回の地震を含め、M7を超える地震が3回発生している。今回の地震の震源付近では1995年2月6日にMw7.1の地震が発生している。



[※]本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。1995年2月6日の地震と 2001年8月21日の地震の発震機構及び Mw は、Global CMT による。震源要素とその他の地震の Mw は USGS による。津波の観測値は、PTWC による(9月4日現在)。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) *より引用。

第8図(a) 2016年9月2日 ニュージーランド, 北島東方沖の地震 (Mw7.1)

Fig.8(a) The earthquake east of North Island, New Zealand (Mw7.1) on September 2, 2016.

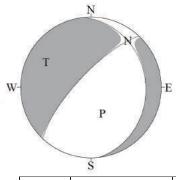
^{*}参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

9月2日 ニュージーランド、北島東方沖の地震の発震機構解析

2016 年 9 月 2 日 01 時 37 分(日本時間)にニュージーランド、北島東方沖で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析

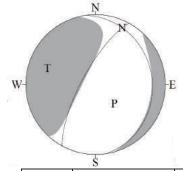
セントロイドは、南緯 37.0°、東経 179.0°、深さ 23km となった。



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	$4.55 \times 10^{19} \text{Nm}$	353.9° /23.1° /-136.9°	223. 2° /74. 5° /-72. 7°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 37.4°、東経 179.2°、深さ 31km となった。



W-phase の解析では、震央距離 $10^\circ \sim 90^\circ$ までの 22 観測点の上下成分、16 観測点の水平成分を用い、 $100\sim 300$ 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。

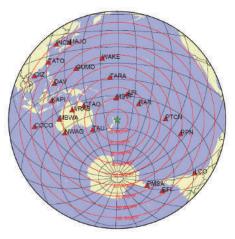
Mw	$M_{\rm O}$	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解 2 (走向/傾斜/すべり角)
7.0	$4.71 \times 10^{19} \text{Nm}$	352.0° /19.8° /-124.9°	208. 5° /73. 9° /-78. 4°

(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8図(b) 発震機構解析

Fig.8(b) Moment tensor solution.