11-1 世界の地震活動(2014年11月~2015年4月) Seismic Activity in the World (November 2014 – April 2015)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間,世界でM6.0以上の地震は63回,M7.0以上の地震は5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,2015年4月25日 (日本時間)にネパールで発生したMw7.9の地震であった.

2014年11月~2015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)は気象庁に、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) モルッカ海の地震(最大Mw7.0, 第2図(a)~(c))

2014年11月15日11時31分に, モルッカ海の深さ35kmでMw7.0の地震が発生した. また, ほぼ同 じ場所で26日23時33分に深さ42kmでMw6.8の地震が発生した. これらの地震の発震機構(CMT解) は, 西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である.

(2) パプアニューギニア,ニューブリテンの地震 (Mw7.4, 第3図(a)~(d))

2015年3月30日08時48分に、パプアニューギニア、ニューブリテンの深さ41kmでMw7.4の地震 が発生した.この地震の発震機構(CMT解)は、南北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付近で発生した.この地震により、ソロモン諸 島のタロ島で3cmの津波を観測した.

(3) ネパールの地震 (Mw7.9, 第4図(a)~(e))

2015年4月25日15時11分に、ネパールの深さ15kmでMw7.9の地震が発生した.この地震の発震 機構(CMT解)は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型である.今回の地震の震央周辺はインド・オ ーストラリアプレートがユーラシアプレートに衝突し、沈み込んでいる地域で、大きな被害を伴 う地震が度々発生している場所である.



世界の地震活動(2014年11月~2015年1月、M≧6.0)

震源は米国地質調査所(USGS、2015年5月18日現在)、モーメントマグニチュードWwは気象庁による。

第1図(a) 世界の地震活動(2014年11月~2015年1月, M≧6.0, 深さ≦700km) Fig.1(a) Seismic activity in the World (November 2014 – January 2015, M≧6.0, depth≦700 km).

世界の地震活動(2015年2月~4月、M≧6.0)

震源は米国地質調査所(USGS、2015年5月18日現在)、モーメントマグニチュードWwは気象庁による。



第1図(b) つづき(2015年2月~4月, M≧6.0, 深さ≦700km) Fig.1(b) Continued (February – April 2015, M≧6.0, depth≦700 km).

11月15日、26日 モルッカ海の地震

2014年11月15日11時31分(日本時間、以下同じ)に、モルッカ海の深さ35kmでMw7.0の地震(今回の地震①)が発生した。また、ほぼ同じ場所で26日23時33分に深さ42kmでMw6.8の地震(今回の地震②)が発生した。これらの地震は、共に発震機構(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ある。

気象庁は15日11時31分の地震について、同日12時02分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、 「震源の近傍で津波発生の可能性があります。日本への津波の有無については現在調査中です。」)、 同日12時56分に同情報(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。また、26日23時33分の地震について、27日00時03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。

1980年1月以降の活動を見ると、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。2007年1月21日には Mw7.5の地震が発生し、死者4人、負傷者4人などの被害が生じた。



※本資料中、今回の地震の発震機構(CMT 解)と Mw は気象庁による。その他の地震の発震機構(CMT 解)と Mw は Global CMT による。 その他の震源要素及び被害は米国地質調査所(USGS)による(2014 年 12 月 1 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) 2014年11月15日,26日 モルッカ海の地震(Mw7.0, Mw6.8)

Fig.2(a) The earthquakes in the Molucca Sea (Mw7.0, Mw6.8) on November 15 and 26, 2014.

11月15日 モルッカ海の地震の発震機構解析

2014 年 11 月 15 日 11 時 31 分(日本時間)にモルッカ海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。



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)
7.0	4.40 \times 10 ¹⁹ Nm	45.8° / 43.6° / 116.7°	191. 0° \checkmark 52. 0° \checkmark 66. 8°

2. W-phase の解析 セントロイドは、北緯 1.8°、東経 126.5°、深さ 41km となった。

W P T E

W-phase の解析では、震央距離 10°~90°まで 46 観測点の上下成分、
 13 観測点の南北成分、12 観測点の東西成分を用い、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	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	5.68 $ imes$ 10 ¹⁹ Nm	38.9° /23.6° /107.1°	200. 3° ⁄67. 6° ∕82. 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 IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を 使用した。 また、解析には金森博士に頂いたプログラムを使用した。記し て感謝する。



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

11月26日 モルッカ海の地震の発震機構解析

2014年11月26日23時33分(日本時間)にモルッカ海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 2.5°、東経 127.0°、深さ 36km 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)
6.8	$1.70 \times 10^{19} \mathrm{Nm}$	37.8° / 39.7° / 103.2°	200. 9° \checkmark 51. 6° \checkmark 79. 3°

- 2. W-phase の解析
- 所 セントロイドは、北緯 1.9°、東経 126.5°、深さ 41km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10°~90°まで 49 観測点の上下成分、 12 観測点の南北成分、12 観測点の東西成分を用い、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	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)
6.8	$1.92 \times 10^{19} \mathrm{Nm}$	36.5° / 25.6° / 96.0°	209. 8° \checkmark 64. 6° \checkmark 87. 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 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.

3月30日 パプアニューギニア、ニューブリテンの地震

2015 年 3 月 30 日 08 時 48 分(日本時間、以下同じ)にパプアニューギニア、ニューブリテンの深さ 41km で Mw7.4 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、南北方向に圧力軸を 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付近で発生した。

気象庁は、同日 09 時 14 分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「太平洋で津波発生の可能性があ ります。日本への津波の有無については現在調査中です。」)を、同日 10 時 22 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。この地震により、 ソロモン諸島のタロ島で 3 cm の津波を観測した。

2000年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域 a)では、2000年11月16日に Mw8.0、Mw7.8、11月18日に Mw7.8の地震が連続して発生し、11月16日の Mw8.0の地震では、死者2人、住家被害多数の被害を生じている。

1970年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(左下震央分布図内)では、M7.0以上の地震が頻繁に発生している。



ボーダイト、「ロジルを使うた後にはこか」を使うため、そのためたないた後には、「中国」ないないないではなったない。 調査所(USGS)による。過去の被害は、宇津及び(独)建築研究所国際地震工学センターによる「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。海外の津波観測施設の観測値は米国海洋大気庁 (NOAA) による (2015 年4月2日現在)。 *参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027,

*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) 2015年3月30日 パプアニューギニア, ニューブリテンの地震 (Mw7.4) Fig.3(a) The earthquake in New Britain, Papua New Guinea (Mw7.4) on March 30, 2015.

3月30日 パプアニューギニア、ニューブリテンの地震の発震機構解析

2015 年 3 月 30 日 08 時 48 分(日本時間)にパプアニューギニア、ニューブリテンで発生した地震に 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





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)
7.4	$1.52 \times 10^{20} \text{Nm}$	257.2° / 32.9° / 87.8°	79.9° $/57.2^{\circ}$ /91.4°

2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 5.0°、東経 152.4°、深さ 36km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10°~90°まで 41 観測点の上下成分、 17 観測点の南北成分、14 観測点の東西成分を用い、200~1000 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	2.48 \times 10 ²⁰ Nm	265. 3° \checkmark 20. 0° \checkmark 99. 7°	75. 1° $/$ 70. 3° $/$ 86. 5°

(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.

2015 年 3 月 30 日 パプアニューギニア、ニューブリテンの地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)-

2015年3月30日08時48分(日本時間)にパプアニューギニア、ニューブリテンで発生した地震 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。

初期破壊開始点は、米国地質調査所(USGS)による震源の位置(4°45.7′S、152°33.6′E)とした。深さはUSGSによる震源(41km)よりも深い50kmとした。断層面は、気象庁CMT 解の2枚の節面のうち、北北西傾斜の節面(走向257°、傾斜33°)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)。
- ・主なすべり域の大きさは走向方向に約90km、傾斜方向に約60kmであった。
- ・主なすべりは初期破壊開始より南東方向の浅い領域にあり、最大すべり量は 2.0m であった(周辺の構造から剛性率を 30GPa として計算)。
- ・主な破壊継続時間は約40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。





星印は初期破壊開始点を示す。灰色の丸は本震の発生後3日以内の余震の震 央を示す(M4.5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:0.002Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較



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 257°、傾斜 33°、す

べり角 88°)を赤線で示す。

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

3月30日08時48分頃のパプアニューギニア、ニューブリテン付近の地震 体積ひずみ計の記録から推定される Mw



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 Mw7.2 相当から 7.6 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、Mw7.4相当の場合であった。

体積ひずみ計の配置図







第3図(d) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

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

2015 年 4 月 25 日のネパールの地震

(1) 概要

2015 年 4 月 25 日 15 時 11 分(日本時間、以下同じ)にネパールの深さ 15km で Mw7.9 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)は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

気象庁は、今回の地震について4月25日15時47分(日本への津波の心配なし)と16時46分(震源要素の更新)に遠地地震に関する情報を発表した。

余震は、今回の地震の震央から東南東方向へ約 200km にわたり発生している。最大の余震は、4月 26日 16時 09 分に発生した M6.7 の地震である(4月 30日現在)。

また、今回の地震により、ネパール国内で死者7,675人、負傷者16,392人の被害を生じた。

今回の地震の震央周辺はインド・オーストラリアプレートがユーラシアプレートに衝突し、沈み込 んでいる地域で、大きな被害を伴う地震が度々発生している場所である。



[※]本資料中、震源要素は米国地質調査所(USGS)による(5月5日時現在)。ただし、今回の地震の発震機構とMwは気象庁による。 プレート境界の位置と進行方向は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(2015年5月6日現在)。

- Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.
- 第4図(a) 2015年4月25日 ネパールの地震(Mw7.9)
- Fig.4(a) The earthquake in Nepal (Mw7.9) on April 25, 2015.

^{*} 参考文献

(2)地震活動

ア. 余震の発生状況と今回の地震の発生場所の詳細

今回の地震(25日15時11分、深さ15km、Mw7.9)の発生後、28日頃にかけてまとまった余震活動が見られた。このうち、最大の余震は、26日16時09分に今回の地震の震央の東南東約200kmの深さ17kmで発生したM6.7の地震であった(4月30日現在)。

余震は、今回の地震の震央から東南東方向に長さ約 200km、幅約 80km の範囲に分布しており、この地域のプレート境界に平行に分布している。

今回の地震の震央周辺は、北側にユーラシアプレート、南側にインド・オーストラリアプレートが 位置し、ユーラシアプレートに対しインド・オーストラリアプレートが南南西方向から衝突し、沈み 込む地域となっている。



図2-1 震央分布図 (2015年4月25日~4月30日、深さ0~60km、M≧4.0) (地形に陰影をつけて表示した)



イ.過去に周辺で発生した主な地震

1900 年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では、M7.5 以上の地震がしばしば発生している。このうち、最大の規模の地震は、1950 年 8 月 15 日に発生した M8.6 の地震である。また、最大の被害(死者 86,000 人以上)を生じた地震は、2005 年 10 月 8 日に発生した Mw7.6 の地震である。



(1900 年 1 月 1 日~2015 年 4 月 30 日、深さ 0~100km、Mw≧6.5)

※※本資料中、1900年~2009年の震源要素は国際地震センター(ISC)による。2010年以降の震源要素はUSGSによる(2015年5月5日現在)。1976年以降のWikit GCMT、今回の地震のWikit 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0CHA(2015年5月6日現在)による。その他の地震の被害は、理科年表、宇津及び国際地震工学センターの「世界の被害地震の気」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(b) つづき Fig.4(b) Continued.

4月25日 ネパールの地震の発震機構解析

2015 年 4 月 25 日 15 時 11 分(日本時間) にネパール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。



 Mw
 M₀
 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)

 7.9
 8.54×10²⁰Nm
 299.1°/6.3°/111.7°
 97.3°/84.2°/87.7°

2. W-phase の解析

N T W P S

セントロイドは、北緯 27.4°、東経 85.4°、深さ 26km となった。

W-phaseの解析では、震央距離10°~90°までの22観測点の上下成分、 12観測点の南北成分、11観測点の東西成分を用い、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	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)
7.9	7.96 $ imes$ 10 ²⁰ Nm	291. 9° \checkmark 6. 6° \checkmark 106. 0°	95. 9° $/ 83. 7^{\circ} / 88. 2^{\circ}$

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

2015 年4月25日 ネパールの地震 遠地実体波による震源過程解析(暫定)ー

2015年4月25日15時11分(日本時間)にネパール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。

初期破壞開始点は、米国地質調査所(USGS)による震源の位置(28°08.8'N、84°82.4'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、北北東傾斜の節面(走向299°、傾斜 6°)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)。

- ・主なすべり域の大きさは走向方向に約120km、傾斜方向に約160kmであった。
- ・主なすべりは初期破壊開始点より南東方向にあり、最大すべり量は 5.3m であった(周辺の構造 から剛性率を 30GPa として計算)。
- ・主な破壊継続時間は約55秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は8.0 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

0 30 60 90 120 (\$\frac{1}{2}\)

U.KEV.0

ILL KEV 0

347.6





震央距離 30°~100°*1の 44 観測点*2(P波:43、SH波:9)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4図(d) 遠地実体波による震源過程解析

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

4月25日15時11分頃のネパールの地震 - 体積ひずみ計の記録から推定されるMw -



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 Mw7.7 相当から8.1 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、Mw7.9相当の場合であった。

35[°]N 3









第4図(e) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

Fig.4 (e) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.