11-1 世界の地震活動(2013年11月~2014年4月) Seismic Activity in the World (November 2013 – April 2014)

気象庁 Japan Meteorological Agency

今期間,世界でM6.0以上の地震は74回,M7.0以上の地震は9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,2014年4月2日 (日本時間)にチリ北部沿岸で発生したMw8.1の地震であった.

2013年11月~2014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) スコシア海の地震(第2図(a), (b))

2013年11月17日18時04分に、スコシア海の深さ10kmでMw7.7の地震が発生した.この地震は、 発震機構が東北東-西南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、スコシアプレートと南極プレートの境界付近で発生した.

(2) マリアナ諸島の地震(第3図)

2013年12月18日08時38分に、マリアナ諸島のごく浅い場所でM6.6 (Mw6.2)の地震が発生した. この地震の発震機構は、北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型である、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沈み込んでおり、今回の地震の震源はその境界に あたる海溝軸付近に位置している.

※Mは気象庁による.

(3) チリ北部沿岸の地震(第4図(a)~(h))

2014年4月2日08時46分にチリ北部沿岸の深さ20kmでMw8.1の地震が発生した.この地震は,発 震機構が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で,ナスカプレートと南米プレートの境界で発生した. この地震により,チリのピサグアで212cmの津波を観測するなど太平洋の広い範囲で津波を観測 した(2014年4月30日現在,NOAAによる).また,日本国内でも北海道から九州地方にかけての 太平洋沿岸,沖縄県,伊豆・小笠原諸島で津波を観測した.

この地震の震源付近では、この地震の発生前には、3月17日にMw6.7の地震が発生するなど、3 月17日~25日にかけてM5.0以上の地震が24回発生した.また、この地震の発生後には、4月3日11 時43分にMw7.7の地震が発生するなど、4月21日までにM5.0以上の地震が58回発生した.

南米中西部では、今回の地震の南側で1995年7月30日にMw8.0,北側で2001年6月24日にMw8.4 など、M8クラスの地震が発生している.

(4) ソロモン諸島の地震(第5図(a)~(c))

2014年4月11日16時07分にソロモン諸島(下記(5)4月13日の地震の北西約1000km)でMw7.1 の地震が,また,ほぼ同じ場所で19日22時27分にMw7.5の地震が発生した.これらの地震は,共

に発震機構が北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であり,沈み込むインド・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と考えられる.

(5) ソロモン諸島の地震(第6図(a)~(c))

2014年4月13日05時14分にソロモン諸島(上記(4)4月11日,19日の地震の南東約1000km)の 深さ29kmでMw7.6の地震が発生した.この地震の発震機構は、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ 型である.さらに同日21時36分にもソロモン諸島の深さ35kmでMw7.4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あった.05時14分の地震により、ソロモン諸 島のラタとバヌアツのルーガンビルでともに3cmの津波を観測した.また、21時36分の地震では、 ニューカレドニアのリフー島で16cm、バヌアツのルーガンビルで8cmの津波を観測した.

(6) メキシコ, ゲレロ州の地震(第7図(a), (b))

2014年4月18日23時27分に、メキシコのゲレロ州の深さ24kmでMw7.3の地震が発生した.この 地震は、発震機構が北北東-南南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、ココスプレートと北米プレ ートの境界で発生した.この地震により津波が発生し、メキシコのアカプルコで最大46cmの津波 を観測した.

世界の地震活動(2013年11月~2014年1月、M≧6.0)

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



第1図(a) 世界の地震活動(2013年11月~2014年1月, M≧6.0, 深さ≦700km) Fig.1(a) Seismic activity in the World (November 2013 - January 2014, M≧6.0, depth≦700 km).

世界の地震活動(2014年2月~4月、M≧6.0)

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





11月17日 スコシア海の地震

2013年11月17日18時04分(日本時間、以下同じ)に、スコシア海の深さ10kmでMw7.7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)が東北東-西南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、スコシアプレートと南極プレートの境界付近で発生した。

気象庁は、この地震について同日 18 時 31 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。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。

今回の地震の発生前の11月14日と16日に、ともに今回の地震の震央の西約40kmの深さ10kmで、 M6.1とM6.8の地震が発生していた。また、今回の地震の発生後は、今回の地震の震央周辺でM5.7の 地震を最大規模とする余震活動があった。これらの地震の震央は、概ねスコシアプレートと南極プレ ートの境界付近に沿って東西方向に約300kmの範囲に分布している。

1963 年1月以降の地震活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域 a) では、2003 年8月4日に今回の地震の震央の東約150kmの深さ10kmで Mw7.6の地震が発生した他は、M6.0を超える地震は発生していなかった。



※本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁、2003 年 8 月 4 日の地震の発震機構と Mw は Global CMT Project (米国のコロン ビア大学とハーバード大学によるプロジェクト)による。その他の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2013 年 12 月 3 日 現在。ただし、2013 年 9 月 25 日以降に未処理のデータがある)。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(a) 2013年11月17日 スコシア海の地震(Mw7.7)

Fig.2(a) The earthquake in the Scotia Sea (Mw7.7) on November 17, 2013.

2013年11月17日スコシア海の地震 遠地実体波による震源過程解析(暫定)ー

2013年11月17日18時04分(日本時間)にスコシア海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)による震央の位置(60°16.4′S、46°24.0′W)とし た。深さはUSGSによる震源(10km)よりも深い15kmとした。断層面は、気象庁CMT解の2枚の節面 のうち、余震分布に整合的な東西走向の節面(走向101°、傾斜62°)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)。

・断層の大きさは長さ約280km、幅約60kmであった。

- ・主なすべりは初期破壊開始点の東方にあり、最大すべり量は 2.1m であった(周辺の構造から剛 性率を 65GPa として計算)
- ・破壊継続時間は約100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。

結果の見方は、http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/sourceprocess/about_srcproc.html を参照。



前までの地震、濃い灰色の丸は本震発生後1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。

(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

o¹35 70 105 (秒)



観測点分布



震央距離 30°~100°^{*1}の 31 観測点^{**2} (P波: 30、SH波: 7)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

156.57 UD

IU.SAML.00

P

339.0 95.40 UD

340.9 400.41 IU.SJG.00

SH

56.02 UD

344.6

345.0

132.90 UD

340.9

ILL BBSR 00

IU.SJG.00

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:2013/11/28

第2図(b) 遠地実体波による震源過程解析

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

12月18日 マリアナ諸島の地震

2013年12月18日08時38分(日本時間、以下同じ)に、マリアナ諸島のごく浅い場所でM6.6 の地震(国内で震度1以上の観測なし)が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、北東-南 西方向に張力軸を持つ正断層型である。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 レートの下に沈み込んでおり、今回の地震の震源はその境界にあたる海溝軸付近に位置している。 1970年1月以降の地震活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域 a)の深さ100km以浅では、 M6.0以上の地震が今回の地震を含め5回発生している。また、父島付近からグアム島付近にかけて の海溝軸周辺(下の震央分布図の範囲)の深さ100km以浅では、M6.0以上の地震がしばしば発生し、 2010年12月22日に父島近海で発生した M7.8の地震(国内最大震度4)では八丈島八重根で高さ 0.5mの津波を観測した。



[※]本資料中、今回の地震および 2010 年 12 月 22 日の父島近海の地震(M7.8)の震源要素と CMT 解は気象庁による。その他の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2014 年 1 月 7 日現在。ただし、2013 年 9 月 25 日以降に未処理のデータがある)。プレート境界の位置と進行方向は Bird(2003) *より引用。

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

- 第3図 2013年12月18日 マリアナ諸島の地震(M6.6, Mw6.2)
- Fig.3 The earthquake in the Mariana Islands region (M6.6, Mw6.2) on December 18, 2013.

^{*} 参考文献

4月2日、3日 チリ北部沿岸の地震

(1) 概要

2014年4月2日08時46分(日本時間、以下同じ)にチリ北部沿岸の深さ20kmでMw8.1(情報発表 に用いた値は Mw8.2)の地震が発生した(今回の地震①)。この地震は、発震機構(気象庁による CMT 解)が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、ナスカプレートと南米プレートの境界で発生した。

気象庁はこの地震により、3日03時00分に北海道、東北地方、関東地方(茨城県、千葉県九十九 里・外房)の太平洋沿岸、伊豆・小笠原諸島に津波注意報を発表し、同日18時00分に全て解除した。 この地震に伴い、北海道から九州地方にかけての太平洋沿岸、沖縄県、伊豆・小笠原諸島で津波を観 測した。また、太平洋の広い範囲で津波を観測した。

また、4月3日11時43分に今回の地震①の震央の南南東約100kmの深さ31kmでMw7.7の地震が発 生した(今回の地震2)。この地震は、発震機構(気象庁による CMT 解)が東西方向に圧力軸を持つ 逆断層型で、ナスカプレートと南米プレートの境界で発生した。気象庁は、この地震について3日12 時18分に遠地地震に関する情報(日本国内向け、「この地震により、日本の沿岸では若干の海面変動 があるかもしれませんが、被害の心配はありません」)を発表した。

今回の地震①の震源付近(領域b)では、今回の地震①の発生前には、3月17日にMw6.7の地震が 発生するなど、3月17日から25日にかけてM5.0以上の地震が24回発生した。また、今回の地震① の発生後には、今回の地震②をはじめ、4月21日までにM5.0以上の地震が58回発生した。

また、南米中西部では、今回の地震の南側で 1995 年 7 月 30 日に Mw8.0、北側で 2001 年 6 月 24 日 に Mw8.4 など、M8クラスの地震が発生している。



日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。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.

(2)過去の地震活動

チリからペルーにかけての沿岸では、ナスカプレートが南米プレートの下に沈み込んでおり、M8.0以 上の地震が繰り返し発生している場所である。過去には、チリ沿岸付近で発生した地震により、日本で も津波による被害が生じている。

1868 年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域 c) では、1868年8月14日にM8.5、 1877年5月10日にM8.3の地震が発生した。これらの地震により発生した津波は、共に太平洋沿岸全域に 及んでいる。日本沿岸でも前者の地震により北海道の函館で2m^{*1}、後者の地震により岩手県の釜石で 3 m*1の津波を観測している(津波の高さは、遡上高と思われる)。

また、領域 c の南端では、1960年にチリ地震(Mw9.5)が発生した。この地震の際に発生した津波に より、日本で死者、行方不明者142人など大きな被害が生じた。



の地震を追加した。1900年~1962年の震源要素は国際地震センター(ISC)による。その他の震源要素は米国地質調査所(USGS) による。プレート境界の位置と進行方向はBird (2003) *2より引用。

*1:日本被害津波総覧による。

*2 : Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/20016C000252

第4図(a) 2014年4月2日, 3日 チリ北部沿岸の地震 Fig.4(a) The earthquakes of Near Coast of Northern Chile Region on April 2 and 3, 2014.

(3) 津波の観測状況

気象庁はこの地震により、4月3日03時00分に北海道、東北地方、関東地方(茨城県、千葉県九十 九里・外房)の太平洋沿岸、伊豆・小笠原諸島に津波注意報を発表した(同日18時00分解除)。また、 津波注意報発表と同時に、西日本の太平洋沿岸、南西諸島などに津波子報(若干の海面変動)を発表し た。この地震に伴い、日本では、岩手県久慈港(国土交通省港湾局)で55cmの津波を観測するなど、北 海道から九州地方にかけての太平洋沿岸、南西諸島、伊豆・小笠原諸島で津波を観測した。また、震源 に近いチリのピサグアで212cm、米国ハワイ州のヒロで57cmの津波を観測するなど、太平洋の広い範囲 で津波を観測した。



港)浦河

100cm

第4図(b) 2014年4月2日チリ北部沿岸の地震による津波 Fig.4(b) The observed tsunami by the earthquake of Near Coast of Northern Chile Region on April 2, 2014.

4月2日 チリ北部沿岸の地震に先行した地震活動、及び余震活動

2014年4月2日08時46分(日本時間)にチリ北部沿岸(南緯19.8度、西経70.8度)で発生した Mw8.1の地震に先行して M5~M6級の地震活動が2回発生し、本震発生後には活発な余震活動が発生した。

本震に先行した2回の地震活動(3月17日~19日及び3月22~25日)のb値はいずれも0.8 程度と、通常の値の範囲内である(下表参照)。

本震後の余震活動は大森-宇津公式によく適合している。p値は1.37とやや高めである。

本資料中の Mw は気象庁 CMT 解によるモーメントマグニチュードの値であり、その他の震源要素は USGS による。 発震機構解は気象庁 CMT 解による。



第4図(c) 2014年4月2日チリ北部沿岸の地震に先行した地震活動,及び余震活動 Fig.4(c) The earthquakes preceded the earthquake of Near Coast of Northern Chile Region on April 2, 2014, and its aftershocks.

4月2日 チリ北部沿岸の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)



2014 年 4 月 2 日 08 時 46 分(日本時間)にチリ北部沿岸で発 生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mw は 8.1 であった。なお、W-phase の解析で求 めた震源は S19.8°、W70.6°、深さ 31km 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、23 観測点の南北成分、20 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。



※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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(d) W-phaseを用いたメカニズム解析 Fig.4(d) W-phase moment tensor solution.

4月3日 チリ北部沿岸の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)



2014年4月3日11時43分(日本時間)にチリ北部沿岸で発 生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mwとも、Global CMT などの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mw は 7.7 であった。なお、W-phase の解析で求 めた震源は S20.5°、 W70.5°、 深さ 24km となった。 W-phase の解析では、震央距離 10°~90°までの 37 観測点の 上下成分、15 観測点の南北成分、18 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。



※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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

3月17日 チリ北部沿岸の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

W-phase による解



2014年3月17日06時16分(日本時間)にチリ北部沿岸で発 生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mw は 6.7 であった。なお、W-phase の解析で求 めた震源はS20.0°、W70.5°、深さ12km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、5観測点の南北成分、3観測点の東西成分を用い、 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。



※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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(e) W-phaseを用いたメカニズム解析 Fig.4(e) W-phase moment tensor solution.

4月2日08時46分頃のチリ北部沿岸の地震 - 体積ひずみ計の記録から推定される Mw -



4月3日11時43分頃のチリ北部沿岸の地震 - 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Mw7.5相当から7.9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、Mw7.7~7.8 相当の場合であっ た。

体積ひずみ計の配置図









方向にかけている。網掛けは誤差(1σ)の範囲を示す。

12:27

12:25 2014/04/03

田原福江

浜松横川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

向にかけている。

第4図(f) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

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

2014 年 4 月 2 日 チリ北部沿岸の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)-

2014年4月2日08時46分(日本時間)にチリ北部沿岸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(19°38.5′S、70°49.0′W、深さ20km)とした。断層面は、気象庁(AIT 解の2枚の節面のうち、低角傾斜の節面(走向346°、傾斜14°) を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は2.4km/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80km、傾斜方向に約150kmであった。
- ・主なすべりは初期破壊開始点の南方にあり、最大すべり量は 10.2m 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50秒であった。

・モーメントマグニチュード (Mw) は8.1 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/

作成日:2014/05/08 更新日:2014/05/14 観測波形(上:0.002Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較

0 30 60 90 120 (秒)



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(g) 遠地実体波による震源過程解析

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

2014 年 4 月 3 日 チリ北部沿岸の地震 遠地実体波による震源過程解析(暫定)ー

2014 年4月3日11時43分(日本時間)にチリ北部沿岸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(20°31.0'S、70°29.8'W、深さ 31km)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 352°、傾斜 14°) 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)。

- ・断層の大きさは長さ約 120km、幅約 100km であった。
- ・主なすべりは初期破壊開始点付近にあり、最大すべり量は 2.0m であった(周辺の構造から剛性 率を 40GPa として計算)。
- 主な破壊継続時間は約50秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は7.7 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。

初期破壊開始点を示す。白色の丸は3月16日から本震発生前まで の地震、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。

(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:2014/05/08

観測波形(上:0.002Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較

0 25 50 75 100 (秒)

観測点分布

震央距離 30°~100°^{※1}の 25 観測点^{※2}(P波:23、SH波:6)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(h) 遠地実体波による震源過程解析

(mg 28

+10

ßK

35

42

べり角 92°)を赤線で示す。

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

4月11日、19日 ソロモン諸島の地震

2014年4月11日16時07分(日本時間、以下同じ)にソロモン諸島でMw7.1の地震が、また、11日 16時07分の地震とほぼ同じ場所で19日22時27分にMw7.5の地震が発生した。これらの地震は、共に 発震機構(気象庁によるCMT解)が北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、沈み込むインド・ 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と考えられる。

気象庁は11日16時07分の地震について、同日16時38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。また、19日22時27分の地震について、同日22時55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。」)、同日23時25分に同情報(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。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。

1963年以降の活動を見ると、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。

1900年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(右下震央分布図内)では、M7.0以上の地震が頻繁に発生し、2000年11月16日にM8.2、M7.8の地震、11月18日にM8.0の地震が発生するなど、M8.0 前後の地震が連続して発生することがある。

※本資料中、発震機構とMwは気象庁による。1900年~1962年の震源要素は国際地震センター(ISC)による。その他の震源要素は 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.

第5図(a) 2014年4月11日, 19日 ソロモン諸島の地震(最大Mw7.5) Fig.5(a) The earthquakes in the Solomon Islands region (maximum Mw7.5) on April 11 and 19, 2014.

4月11日 ソロモン諸島の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

2014 年 4 月 11 日 16 時 07 分(日本時間)にソロモン諸島で発生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mwとも、Global CMT などの他機関の解析結果とほぼ同様であり、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析結果とほぼ同様であり、Mw は 7.1 であった。なお、W-phase の解析で求めた震源は S6.6°、E155.1°、深さ 46km となった。 W-phase の解析では、震央距離 10°~90°までの 42 観測点の 上下成分、10 観測点の南北成分、9 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)
7.1	5.83 $ imes$ 10 ¹⁹ Nm	307.7° /33.3° /83.0°	136. 1° $\checkmark 57.0^{\circ}$ $\checkmark 94.6^{\circ}$

※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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

4月19日 ソロモン諸島の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

W-phase による解

2014 年 4 月 19 日 22 時 27 分(日本時間)にソロモン諸島で発 生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mw は 7.5 であった。なお、W-phase の解析で求 めた震源は S6.7°、E154.6°、深さ 41km となった。

W-phase の解析では、震央距離 10° ~90° までの 39 観測点の 上下成分、18 観測点の南北成分、18 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。

※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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5図(b) W-phaseを用いたメカニズム解析 Fig.5(b) W-phase moment tensor solution.

4月 19 日 22 時 27 分頃のソロモン諸島の地震 - 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Mw7.3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、Mw7.4~7.5 相当の場合であっ た。

体積ひずみ計の配置図

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5図(c) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

Fig.5(c) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.

4月13日 ソロモン諸島の地震

2014年4月13日05時14分(日本時間、以下同じ)にソロモン諸島の深さ29kmでMw7.6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、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ型であった。 さらに同日21時36分にもソロモン諸島の深さ35kmでMw7.4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った。

気象庁は 05 時 14 分の地震について、同日 07 時 19 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。また、21 時 36 分の地震について、同日 23 時 31 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。05時14分の地震により、ソロモン諸島のラタとバヌアツのルーガンビルでともに 3 cm の津波を観測した。また、21 時 36 分の地震では、ニューカレドニアのリフー島で 16 cm、バヌアツ のルーガンビルで8cmの津波を観測した。

1963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、M7.0以上の地震が時々発生して いる。

1900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 繁に発生しており、2000 年 11 月 16 日に M8.2、M7.8 の地震、11 月 18 日に M8.0 の地震が発生するなど、 M8.0前後の地震が連続して発生することがある。

震央分布図

*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) 2014年4月13日 ソロモン諸島の地震(最大Mw7.6) Fig.6(a) The earthquakes in the Solomon Islands region (maximum Mw7.6) on April 13, 2014.

4月13日 ソロモン諸島の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

2014 年 4 月 13 日 05 時 14 分(日本時間)にソロモン諸島で発 生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mwとも、Global CMT などの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mwは 7.6 であった。なお、W-phase の解析で求 めた震源は S11.5°、E162.1°、深さ 22km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、31 観測点の南北成分、27 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。

※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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

4月13日 ソロモン諸島の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

W-phase による解

2014年4月13日21時36分(日本時間)にソロモン諸島で発 生した地震についてW-phaseを用いたメカニズム解析を行った。 メカニズム、Mwとも、Global CMTなどの他機関の解析結果とほ ぼ同様であり、Mwは7.4であった。なお、W-phaseの解析で求 めた震源はS11.4°、E162.2°、深さ41kmとなった。

W-phase の解析では、震央距離 10° ~90° までの 54 観測点の 上下成分、32 観測点の南北成分、37 観測点の東西成分を用い、 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。

※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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6図(b) W-phaseを用いたメカニズム解析 Fig.6(b) W-phase moment tensor solution.

4月 13 日 05 時 14 分頃のソロモン諸島の地震 - 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Mw7.4相当から7.8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、Mw7.6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6図(c) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw

Fig.6(c) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.

4月18日 メキシコ、ゲレロ州の地震

2014年4月18日23時27分(日本時間、以下同じ)に、メキシコのゲレロ州の深さ24kmでMw7.3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)が北北東-南南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、ココスプレートと北米プレートの境界で発生した。

気象庁は、この地震について同日23時58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。」)を、また、翌19日00時38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。

今回の地震により津波が発生し、メキシコのアカプルコで最大46cmの津波を観測した。

1980 年1月以降の地震活動を見ると、今回の地震の震央付近(領域 a) では M7.0 を超える地震が 時々発生している。1985 年 9 月 19 日には、M8.1 の地震が発生し、死者約 9500 人などの被害が生じて いる。この地震では、震央から約 400km 離れたメキシコシティでも長周期地震動により多くの建物が 倒壊・損傷するなどの被害が生じた。

※本資料中、今回の地震の発震機構と Mw、2012 年3月21日、9月5日の地震の Mw は気象庁による。その他の地震の震源要素及び 被害は米国地質調査所(USGS)による(2014 年5月1日現在)。また、津波の高さは米国海洋大気庁(NOAA)による(2014 年5月 14 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7図(a) 2014年4月18日 メキシコ,ゲレロ州の地震(Mw7.3) Fig.7(a) The earthquake in Guerrero, Mexico (Mw7.3) on April 18, 2014.

4月18日 メキシコ、ゲレロ州の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

W-phase による解

2014年4月18日23時27分(日本時間)にメキシコ、ゲレロ 州で発生した地震について W-phase を用いたメカニズム解析を 行った。メカニズム、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析 結果とほぼ同様であり、Mw は 7.3 であった。なお、W-phase の 解析で求めた震源はN17.5°、W100.9°、深さ18km となった。 W-phase の解析では、震央距離10°~90°までの50 観測点の 上下成分、21 観測点の南北成分、25 観測点の東西成分を用い、 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。

※解析に用いたデータの範囲は15秒×震央距離(度)としており、 各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。

(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7図(b) W-phaseを用いたメカニズム解析 Fig.7(b) W-phase moment tensor solution.