

## 11 - 1 世界の地震活動 (2011 年 6 月～ 10 月) Seismic Activity in the World (June - October 2011)

気象庁  
Japan Meteorological Agency

今期間、世界で M6.0 以上の地震は 55 回、M7.0 以上の地震は 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、2011 年 7 月 7 日にケルマディック諸島で発生した Mw7.6 の地震であった。

2011 年 6 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。

### (1) ニュージーランド、南島の地震 (M6.0)

2011 年 6 月 13 日 11 時 20 分（日本時間）にニュージーランドの南島で M6.0（USGS による）の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震により、負傷者 45 人などの被害が発生した（USGS による）。この地震は、2011 年 2 月 22 日にクライストチャーチ付近で発生した地震（M6.0）の付近で発生している（第 2 図）。

### (2) アリューシャン列島フォックス諸島の地震 (Mw7.2, Mw6.8)

2011 年 6 月 24 日 12 時 09 分（日本時間）にアリューシャン列島（フォックス諸島付近）の深さ 59km で Mw7.2 の地震が発生した。この地震の発震機構は北北西－南南東方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレート内で発生したと考えられる。この地震により津波が発生し、フォックス諸島のニコルスキーで 10cm などの津波を観測した（米国海洋大気庁 [NOAA] による）（第 3 図 (a)）。また、9 月 2 日 19 時 55 分（日本時間）に深さ 32km で Mw6.8 の地震が発生した（震源要素は USGS, Mw は気象庁による）。この地震の発震機構（気象庁 CMT 解）は東西方向に圧力軸を持つ型であった。この地震は北米プレート内で発生した。この地震により津波が発生し、アトカ島で 6cm の津波を観測された（NOAA による）（第 3 図 (d)）。

6 月 24 日の Mw7.2 の地震について、米国地震学連合（IRIS）の広帯域地震波形記録を収集し、遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>1)</sup>を行った。その結果、主なすべりは初期破壊開始点付近と深い部分にあり、主な破壊継続時間は約 20 秒と求められた。断層長は約 70km、幅も約 70km であり、剛性率を 65GPa と仮定したときの最大のすべり量は約 1.3m であった。モーメントマグニチュードは 7.3 であった（第 3 図 (b)）。

また、6 月 24 日の Mw7.2 の地震について、W-phase を用いたメカニズム解析<sup>2)</sup>を行った。メカニズム、Mw とともに GlobalCMT3) 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（第 3 図 (c)）。

### (3) ケルマディック諸島の地震 (Mw7.6, Mw7.4)

2011 年 7 月 7 日 04 時 03 分（日本時間）にケルマディック諸島の深さ 20km で Mw7.6 の地震が発生した（震源要素は USGS, Mw は気象庁による）。この地震の発震機構（気象庁 CMT 解）は東西方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレート内で発生したと考えられる（第 4 図 (a)）。また、

10月22日02時57分（日本時間）に深さ33kmでMw7.4の地震が発生した（震源要素はUSGS, Mwは気象庁による）。この地震の発震機構（気象庁CMT解）は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震も太平洋プレート内で発生したと考えられる。この地震により津波が発生し、ケルマディック諸島のラウル島で17cmの津波が観測された（NOAAによる）（第4図(e)）。

7月7日のMw7.6の地震について、米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し、遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>1)</sup>を行った。その結果、主なすべりは初期破壊開始点付近と浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約30秒と求められた。また、破壊開始から40～50秒頃にも、破壊開始点の北方で小規模な破壊が推定された。断層長は約110km、幅は約40kmであり、剛性率を50GPaと仮定したときの最大のすべり量は約3.2mであった。モーメントマグニチュードは7.6であった（第4図(b)）。また、10月22日のMw7.4の地震についても同様に震源過程解析を行った。その結果、主なすべりは初期破壊開始点の北東の深い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒と求められた。断層長は約80km、幅は約60kmであり、剛性率を40GPaと仮定したときの最大のすべり量は約1.9mであった。モーメントマグニチュードは7.4であった（第4図(f)）。

また、7月7日のMw7.6の地震について、W-phaseを用いたメカニズム解析<sup>2)</sup>を行った。メカニズム、MwともGlobalCMT<sup>3)</sup>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（第4図(c)）。

さらに、7月7日のMw7.6の地震について、気象庁が東海地域に設置している体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較を行うことにより、Mwの推定を行った。理論波形はGlobalCMT<sup>3)</sup>解を用いて、一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>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。この結果、体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw7.7相当の場合であると推定された（第4図(d)）。また、10月22日のMw7.4の地震についても同様にMwの推定を行った。この結果、体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw7.4相当の場合であると推定された（第4図(g)）。

#### (4) バヌアツ諸島の地震（Mw7.1, Mw7.0, Mw7.0）

2011年8月21日01時55分（日本時間）にバヌアツ諸島でMw7.1の地震が、同日03時19分（日本時間）にはほぼ同じ場所でMw7.0の地震が発生した。これらの地震の発震機構（気象庁CMT解）は東北東－西南西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付近で発生した。01時55分の地震により津波が発生し、バヌアツ共和国のポートビラで20cmの津波が観測された（NOAAによる）（第5図(a)）。また、9月4日07時55分（日本時間）に深さ166kmでMw7.0の地震が発生した（震源要素はUSGS, Mwは気象庁による）。この地震の発震機構（気象庁CMT解）は東北東－西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震はインド-オーストラリアプレート内で発生した（第5図(e)）。

8月21日01時55分のMw7.1の地震について、米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し、遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>1)</sup>を行った。その結果、主なすべりは初期破壊開始点から見て南側の浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒と求められた。断層長は約50km、幅は約40kmであり、剛性率を30～40GPaと仮定したときの最大のすべり量は約1.0～1.3mであった。モーメントマグニチュードは7.1であった（第5図(b)）。8月21日03時19分のMw7.0の地震についても同様に震源過程解析を行った。その結果、主なすべりは初期破壊開始点から見て北側の浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒と求められた。断層長は約50km、幅は約30kmであり、剛性率を30～40GPaと仮定したときの最大のすべり量は約0.6～0.9mであった。モーメントマ

グニチュードは7.0であった(第5図(d)). 9月4日のMw7.0の地震についても同様に震源過程解析を行った. その結果, 主なすべりは初期破壊開始点付近とそれより深い場所にあり, 主な破壊継続時間は約15秒と求められた. 断層長は約20km, 幅は約25kmであり, 剛性率を70~80GPaと仮定したときの最大のすべり量は約1.6~1.8mであった. モーメントマグニチュードは7.0であった(第5図(f)).

また, 01時55分のMw7.1の地震について, 気象庁が東海地域に設置している体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較を行うことにより, Mwの推定を行った. 理論波形は気象庁CMT解を用いて, 一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>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. この結果, 体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw7.0相当の場合であると推定された(第5図(c)).

#### (5) フィジー諸島の地震 (Mw7.3)

2011年9月16日04時31分(日本時間)にフィジー諸島の深さ626kmでMw7.3の地震が発生した(震源要素はUSGS, Mwは気象庁による). この地震の発震機構は北北西-東南東方向に張力軸を持つ型で, 太平洋プレート内で発生した(第6図(a)).

この地震について, 米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し, 遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>1)</sup>を行った. その結果, 主なすべりは初期破壊開始点の南西側の深い部分にあり, 主な破壊継続時間は約20秒と求められた. 断層長は約60km, 幅は約50kmであり, 剛性率を120GPaと仮定したときの最大のすべり量は約0.5mであった. モーメントマグニチュードは7.3であった(第6図(b)).

また, 気象庁が東海地域に設置している体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較を行うことにより, Mwの推定を行った. 理論波形は気象庁CMT解を用いて, 一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>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. この結果, 体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw7.3相当の場合であると推定された(第6図(c)).

#### (6) インド, シッキム州の地震 (Mw6.9)

2011年9月18日21時40分(日本時間)にインド, シッキム州の深さ50kmでMw6.9の地震が発生した(震源要素はUSGS, Mwは気象庁による). この地震の発震機構(気象庁CMT解)は南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で, ユーラシアプレートとインド-オーストラリアプレートの境界付近で発生した. この地震により, インド及び周辺の国々では死者108人以上, 建物被害1万棟以上などの被害が発生した(USGSによる)(第7図(a)).

この地震について, 気象庁が東海地域に設置している体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較を行うことにより, Mwの推定を行った. 理論波形は気象庁CMT解を用いて, 一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>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. この結果, 体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw6.9相当の場合であると推定された(第7図(b)).

#### (5) トルコ東部の地震 (Mw7.2)

2011年10月23日19時41分(日本時間)にトルコ東部の深さ16kmでMw7.2の地震が発生し

た（震源要素は USGS, Mw は気象庁による）. この地震の発震機構（気象庁 CMT 解）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とアラビアプレートの境界付近で発生した. この地震により, 死者604人以上, 負傷者2,608人以上, 建物被害1万棟以上などの被害が発生した(USGS による) (第8図 (a)).

この地震について, 米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し, 遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>1)</sup>を行った. その結果, 主なすべりは初期破壊開始点の付近にあり, 主な破壊継続時間は約20秒と求められた. 断層の大きさは概ね20km四方であり, 剛性率を30GPaと仮定したときの最大のすべり量は約4.4mであった. モーメントマグニチュードは7.1であった(第8図 (b)).

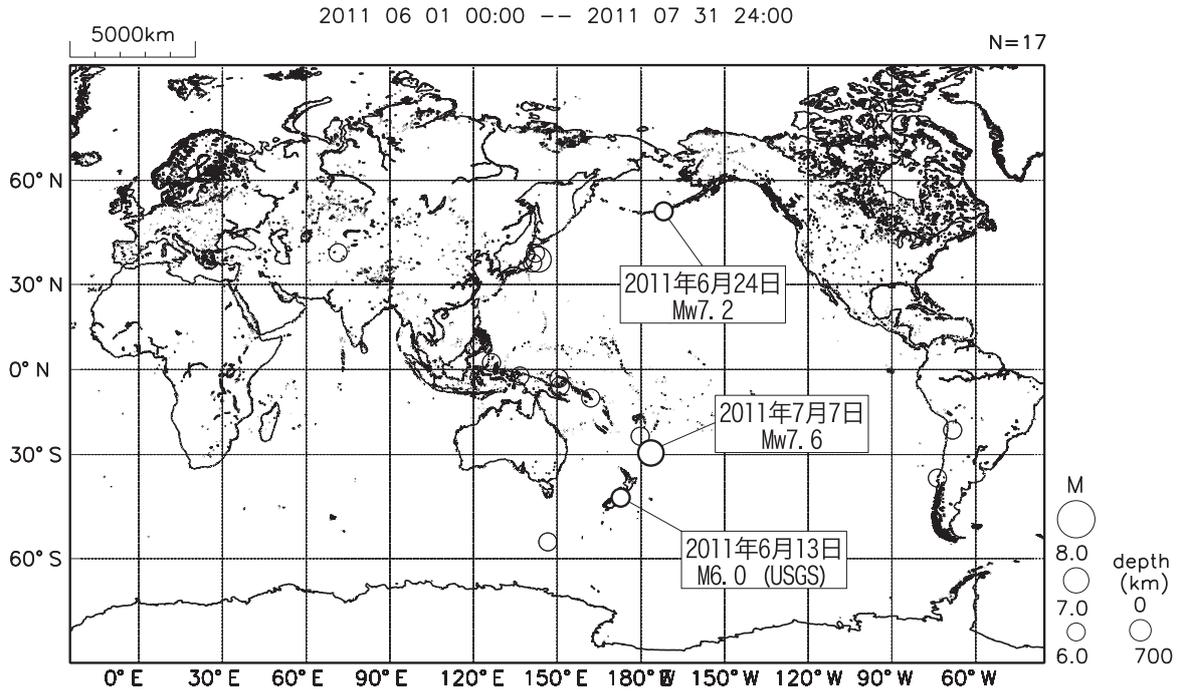
また, 気象庁が東海地域に設置している体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較を行うことにより, Mwの推定を行った. 理論波形は気象庁CMT解を用いて, 一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>の固有モード周期45秒~3300秒の重ね合わせにより計算した. この結果, 体積ひずみ計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのはMw7.2相当の場合であると推定された(第8図 (c)).

#### 参 考 文 献

- 1) M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
- 2) Kanamori, H and L. Rivera, *Geophys.J.Int.*, 175, 222-238 (2008) .
- 3) <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
- 4) Dziewonski, A.M. & Anderson, D.L, Preliminary reference Earth model, *Phys. Earth planet. Inter*, 25, 297 (1981) .

### 世界の地震活動 (2011年6月以降、M $\geq$ 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。

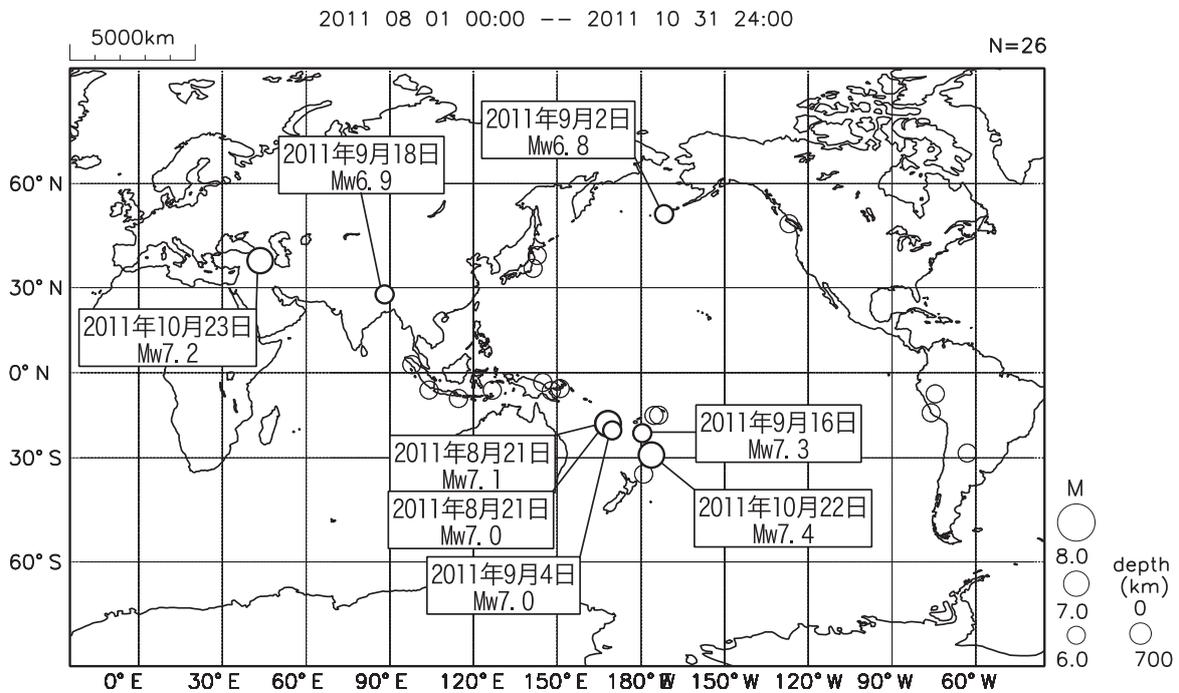


第1図 (a) 世界の地震活動 (2011年6月~7月, M $\geq$ 6.0, 深さ $\leq$ 700km)

Fig.1(a) Seismic activity in the World (June - July 2011, M $\geq$ 6.0, depth $\leq$ 700 km).

### 世界の地震活動 (2011年8月~10月、M $\geq$ 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 (b) つづき (2011年8月~10月, M $\geq$ 6.0, 深さ $\leq$ 700km)

Fig.1(b) Continued (August - October 2011, M $\geq$ 6.0, depth $\leq$ 700 km).

## 6月13日 ニュージーランド、南島の地震

2月22日 M6.0の地震付近、横ずれ断層型、M6.0 (USGS)

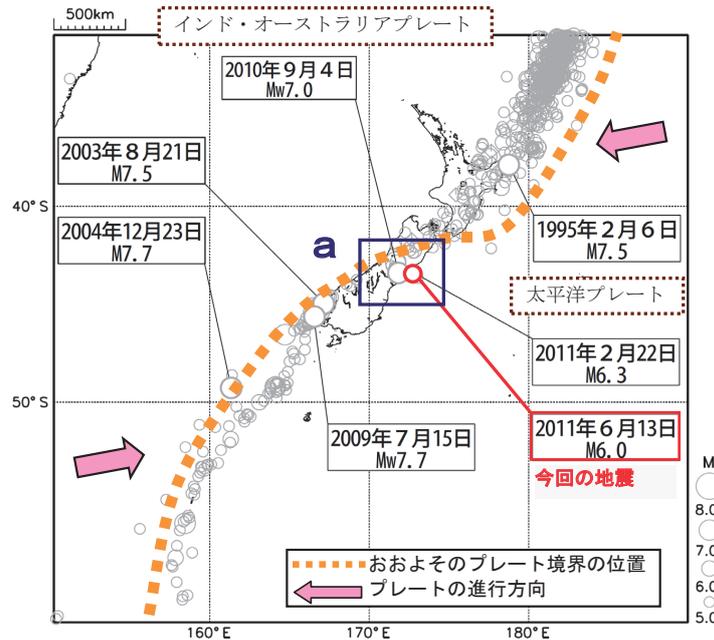
2011年6月13日 11時20分 (日本時間)、ニュージーランドの南島でM6.0 (米国地質調査所[USGS]による)の地震が発生した。今回の地震の発震機構は、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震により、負傷者45人などの被害がでている (2011年6月26日現在、米国地質調査所[USGS]による)。

今回の地震の震源はインド・オーストラリアプレートと太平洋プレートの境界の南側に位置し、2010年9月4日のMw7.0 (Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード)の地震の余震域の東端あたりで発生している。

今回の地震の震央付近では、2011年2月22日にクライストチャーチ付近で起きた地震 (M6.0) により死者166人以上、行方不明者240人以上、建物被害約100,000棟などの被害が生じた (米国地質調査所[USGS]の資料より引用)。

震央分布図 (1990年1月1日~2011年6月30日、深さ0~100km、M≥5.0)

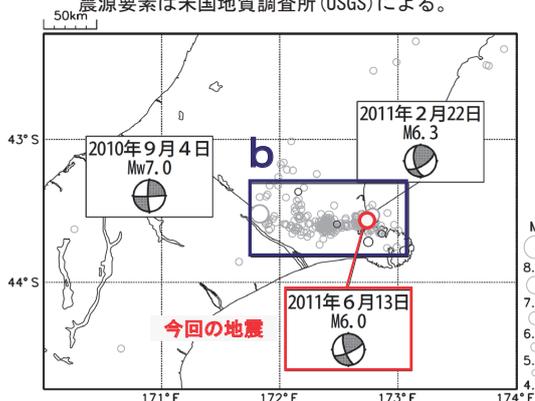
※ 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。2009年7月15日及び2010年9月4日の地震のMwは気象庁による。



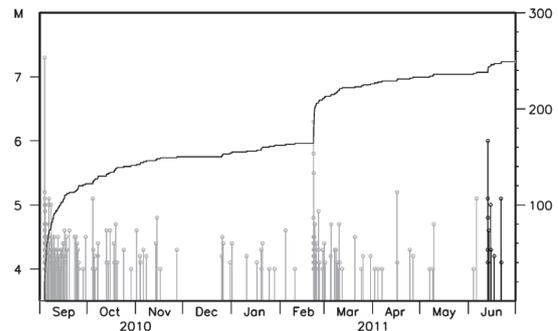
領域a内の震央分布図

(2010年9月1日~2011年6月30日、深さ0~100km、M≥4.0)

※ 2011年6月13日以降を濃く表示。  
震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。



領域b内の地震活動経過図及び回数積算図



第2図 2011年6月13日 ニュージーランド、南島の地震 (M6.0) について  
Fig.2 The Earthquake in South Island of New Zealand (M6.0) on June 13, 2011

## 6月24日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震

太平洋プレート内、Mw7.2、現地で10 cmの津波観測

2011年6月24日12時09分(日本時間)、アリューシャン列島(フォックス諸島付近)の深さ59kmでM7.2(震源要素はUSGS)の地震が発生した。この地震について気象庁は、下記の旨の「遠地地震に関する情報」を発表した。

- ・12時33分 「日本への津波の有無について調査中」
- ・14時05分 「日本への津波の心配なし」

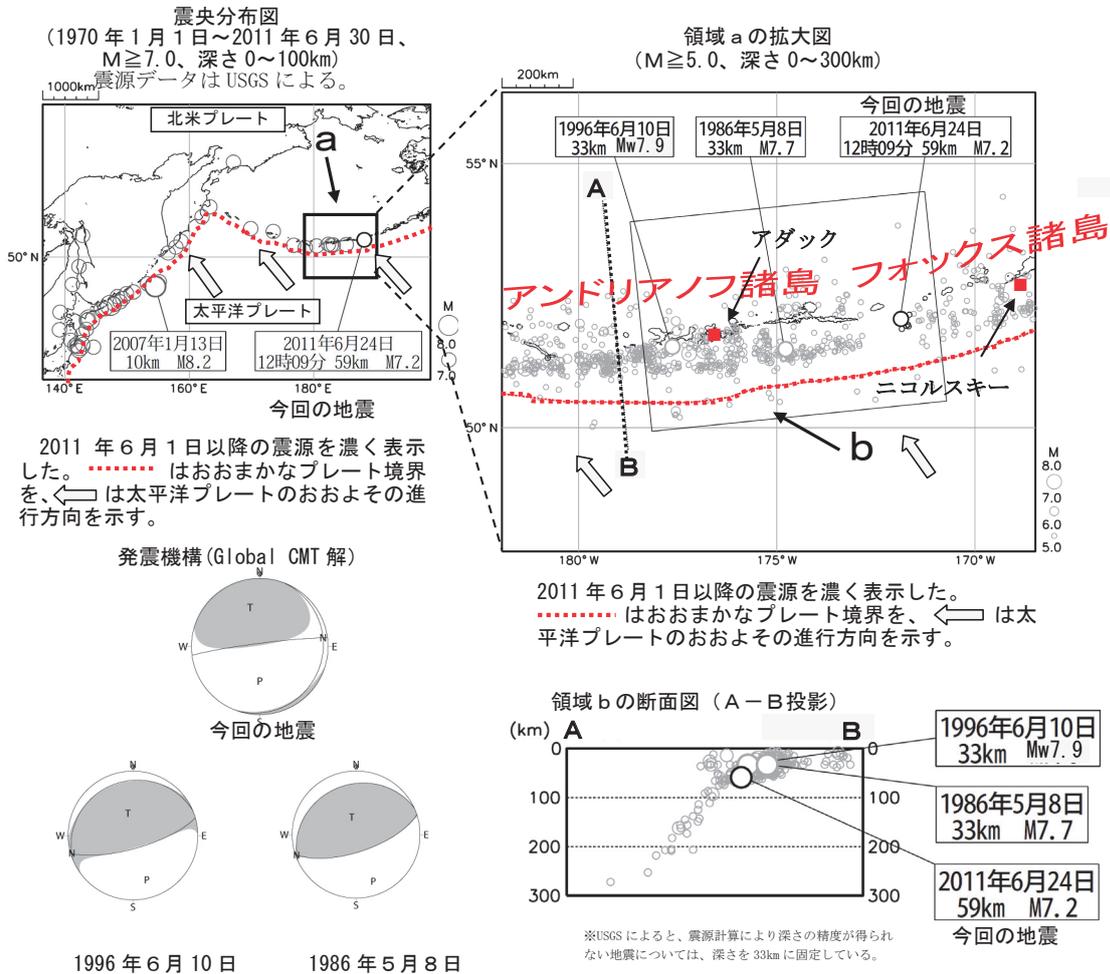
この地震による被害の報告はない(2011年6月27日現在、USGSによる)が、この地震により津波が発生し、フォックス諸島のニコルスキーで10cm、アンドリアノフ諸島のアダックで6cmの津波を観測した(米国海洋大気庁による)。国内では津波は観測されていない。

この地震の発震機構は北北西-南南東方向に張力軸を持つ型であった。

今回の地震の震源付近は太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込んでいるところで、今回の地震は太平洋プレート内で発生した地震と考えられる。

この地震の震源付近では、1986年5月8日にM7.7及び1996年6月10日にMw7.9の地震が発生し、共に北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、太平洋プレートと北米プレートの境界で発生した地震と考えられる。

今回の震源付近は地震活動が活発なところで、1996年6月10日にはMw7.9の地震が発生している。また、この地震により津波が発生し、アンドリアノフ諸島のアダックで18cmの津波を観測した(米国海洋大気庁による)。国内では父島二見で14cmの津波を観測するなど、北海道から近畿地方にかけての太平洋沿岸と小笠原諸島で弱い津波を観測した。



第3図(a) 2011年6月24日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震(Mw7.2)について  
Fig.3(a) The Earthquake near Fox Islands, Aleutian Islands (Mw7.2) on June 24, 2011

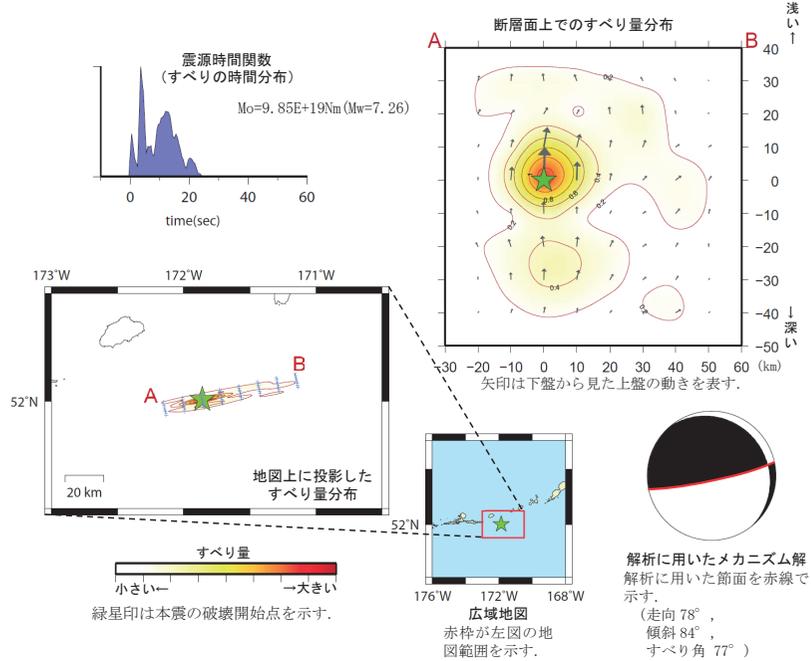
6月24日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震  
 - 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) -

2011年6月24日12時09分(日本時間)にアリューシャン列島のフォックス諸島付近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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置(N52.008°, W171.860°, 深さ62km)とした。断層面は、P波部分を用いて解析したメカニズム解の高角側の節面(走向78°, 傾斜84°)を用いた(この解析では2枚の断層面のうち、どちらが破壊した断層面かを特定しづらいが、気象庁CMT解のセントロイドの深さが98kmと深く求まっていることを考慮し、高角側の節面を破壊した断層面と仮定して解析した結果を以下に示す)。

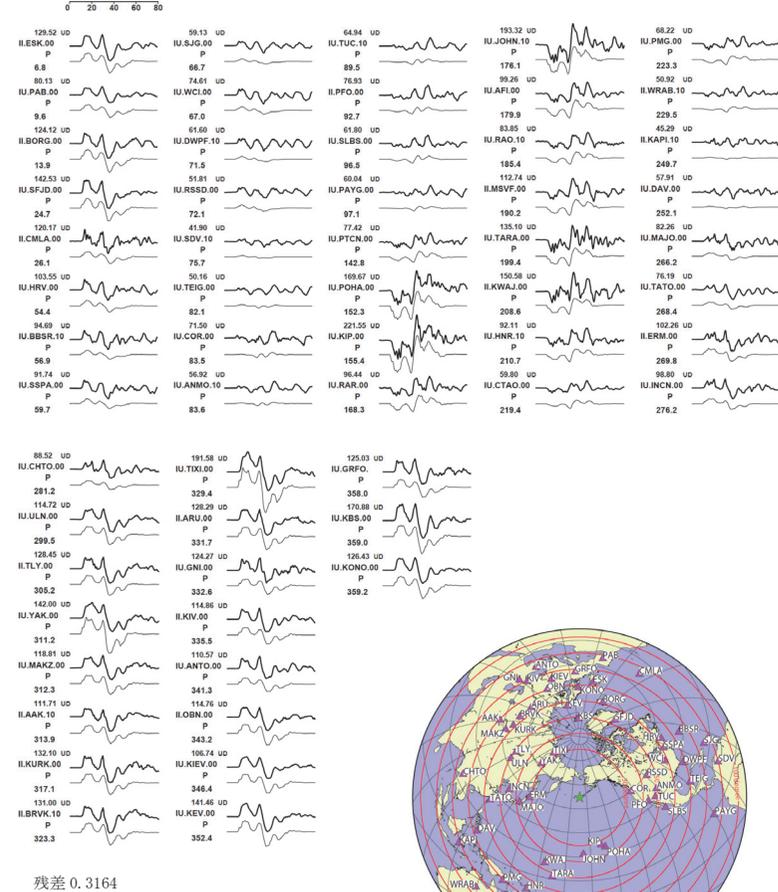
主な結果は以下のとおり。

- 主なすべりは初期破壊開始点付近と深い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒間であった。
- 断層の大きさは長さ約70km、幅約70km(最大破壊伝播速度を3.5km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約1.3m(剛性率を65GPaと仮定した場合)。
- モーメントマグニチュードは7.3であった。



(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/>  
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

観測波形(上:0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較

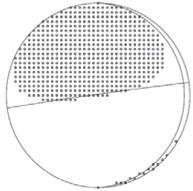


※1: 近すぎると理論的に扱いきれない波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。  
 ※2: IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

第3図(b) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.3(b) Source rupture process analysis by far field body-wave.

6月24日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震  
(W-phaseを用いたメカニズム解析)

W-phaseによる解

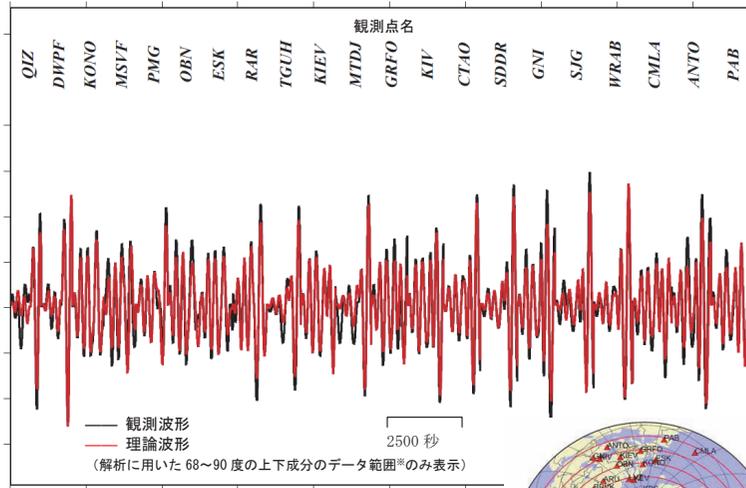


2011年6月24日12時09分(日本時間)にアリューシャン列島フォックス諸島で発生した地震についてW-phaseを用いたメカニズム解析を行った。メカニズム、Mwとも、Global CMTなどの他機関の解析結果とほぼ同様であり、Mwは7.3であった。なお、最適位置はN51.8°, W171.5°となった(深さはUSGSによる62.6kmを使用した)。

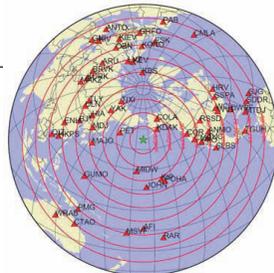
W-phaseの解析では、震央距離10°~90°までの58観測点の上下成分、5観測点の東西成分、10観測点の南北成分を用い、200~500秒のフィルターを使用した。

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 7.3 (7.29)



※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。



解析に使用した観測点配置

(W-phaseに関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera (2008): Geophys. J. Int., 175, 222-238.

IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用した。また、解析に使用したプログラムは金森博士に頂いたものを使用した。記して感謝する。

第3図(c) W-phaseを用いたメカニズム解析  
Fig.3(c) W-phase moment tensor solution.

9月2日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震

北米プレート内部、Mw6.8、現地で6cmの津波

2011年9月2日19時55分(日本時間)、アリューシャン列島(フォックス諸島付近)の深さ32kmでMw6.8(震源要素は米国地質調査所、Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード。以下、6月24日の地震や図中のデータも同じ)の地震が発生した。この地震について気象庁は、以下の旨の「遠地地震に関する情報」を発表した。

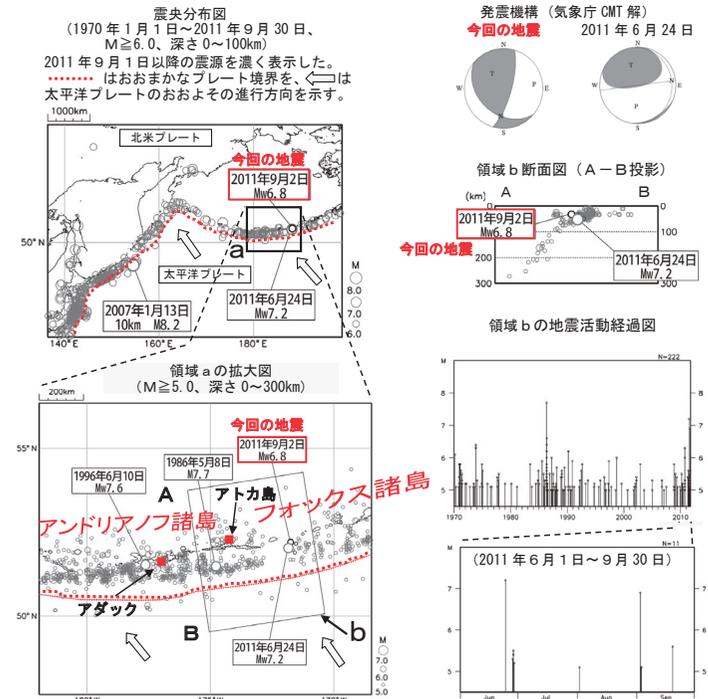
- ・20時22分 「日本への津波の有無について調査中」
- ・20時45分 「日本への津波の心配なし」

この地震は北米プレート内部で発生した地震である。発震機構(気象庁CMT解)は東西方向に圧力軸を持つ型である。

この地震による被害の報告はない(9月30日現在、米国地質調査所[USGS]による)が、この地震により津波が発生し、アトカ島で6cmの津波を観測した(米国海洋大気庁[NOAA]による)。国内では津波は観測されていない。

今回の地震の震源付近では、2011年6月24日にもMw7.2(深さ59km)の地震が発生しており、発震機構は北北西-南南東方向に張力軸を持つ型であった。この地震は太平洋プレート内で発生した地震と考えられる。

1970年1月以降の活動を見ると、今回の震源付近はM6.0以上の地震が時々発生しており、1986年5月8日にはM7.7の地震が発生している。この地震により津波が発生し、アンドリアノフ諸島のアダックで88cmの津波を観測した(米国海洋大気庁[NOAA]による)。国内では石巻市鮎川で15cm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と小笠原諸島で弱い津波を観測した。



第3図(d) 2011年9月2日 アリューシャン列島フォックス諸島の地震 (Mw6.8) について  
Fig.3(d) The Earthquake near Fox Islands, Aleutian Islands (mw6.8) on September 2, 2011

## 7月7日 ケルマデック諸島の地震

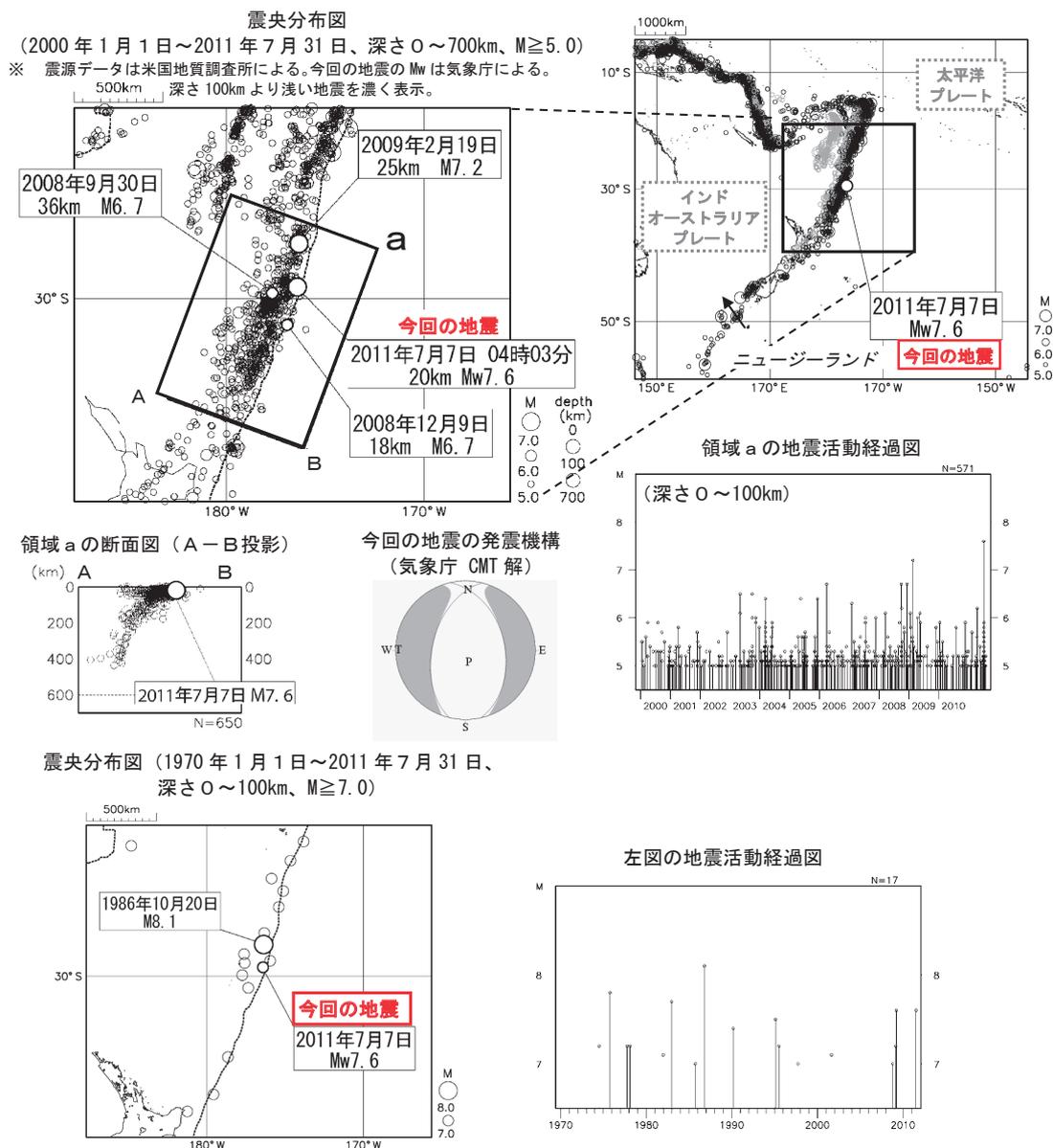
太平洋プレート内、正断層型、Mw7.6、現地で1.2mの津波観測

2011年7月7日04時03分、ケルマデック諸島の深さ20kmでMw7.6の地震が発生した（震源要素は米国地質調査所、Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード）。

気象庁は、同日04時29分（日本への津波の有無について調査中）と07時44分（日本への津波の影響なし）に遠地震に関する情報を発表した。今回の地震の東約160kmにあるケルマデック諸島のラウル島では1.2mの津波が観測された（米国海洋大気庁による）。この地震による被害の報告はない。

ケルマデック諸島周辺（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。今回の地震の発震機構は東西方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレート内で発生したと考えられる。この地震の後、31日までにM5.0以上の余震が40回観測された。

1970年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺ではM7.0以上の地震が度々発生し、1986年10月20日にM8.1の地震が発生している。



第4図 (a) 2011年7月7日 ケルマディック諸島の地震 (Mw7.6) について  
Fig.4(a) The Earthquake near Kermadec Islands region (Mw7.6) on June 24, 2011

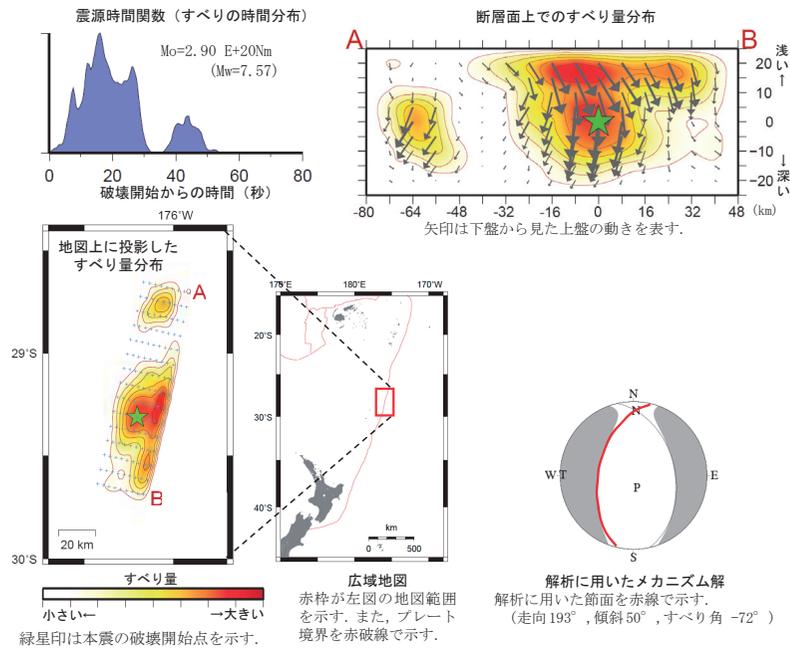
7月7日 ケルマデック諸島の地震  
 — 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) —

2011年7月7日04時03分(日本時間)にケルマデック諸島付近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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置(S29.312°, W176.204°, 深さ20km)(速報解)とした。断層面は、気象庁CMT解を用いた。2枚の節面のうち、東傾斜(走向347°)よりも西傾斜(走向193°)の節面を仮定したほうが、わずかながら観測波形をよく説明できることから、ここでは西傾斜の節面(走向193°, 傾斜50°)を仮定して解析した。

主な結果は以下のとおり。

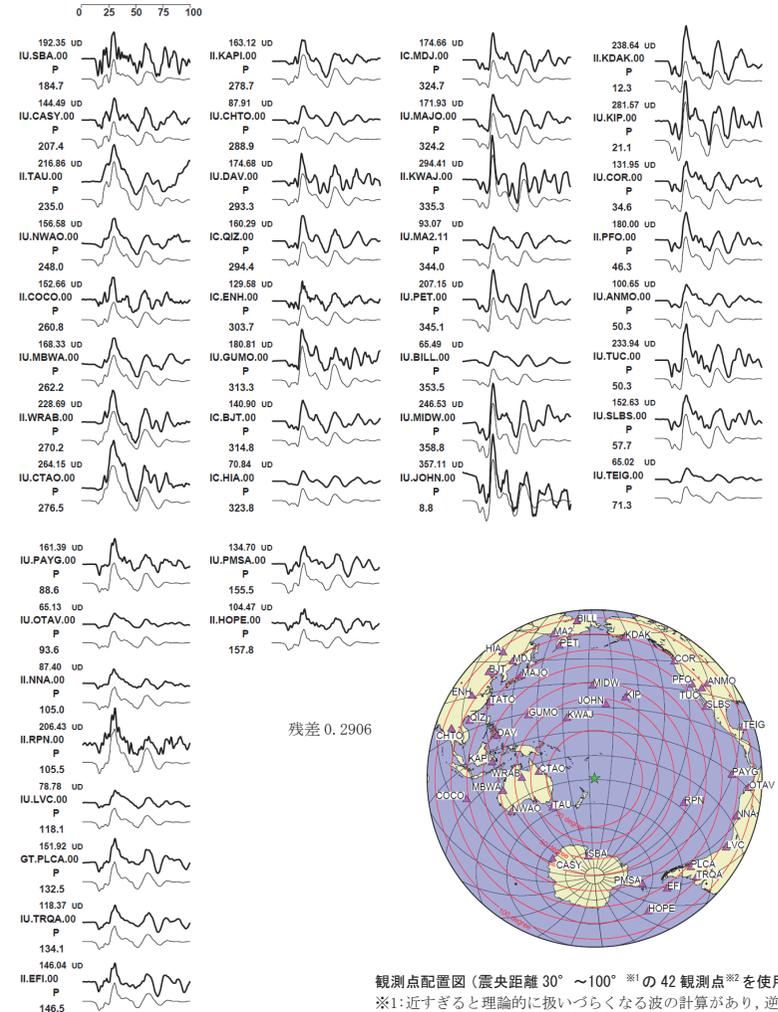
- 主なすべりは初期破壊開始点付近と浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約30秒間であった。また、破壊開始から40~50秒頃にも、破壊開始点の北方で小規模な破壊があった。
- 断層の大きさは長さ約110km、幅約40km(最大破壊伝播速度を2.2km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約3.2m(剛性率を50GPaと仮定した場合)。
- モーメントマグニチュードは7.6であった。



(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/>  
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

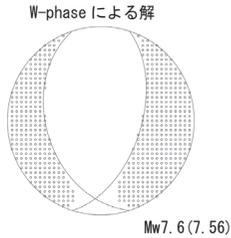
第4図(b) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.4(b) Source rupture process analysis by far field body-wave.

観測波形(上: 0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



観測点配置図(震央距離30°~100°<sup>※1</sup>の42観測点<sup>※2</sup>を使用)  
 ※1: 近すぎると理論的に扱いきれない波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。  
 ※2: IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

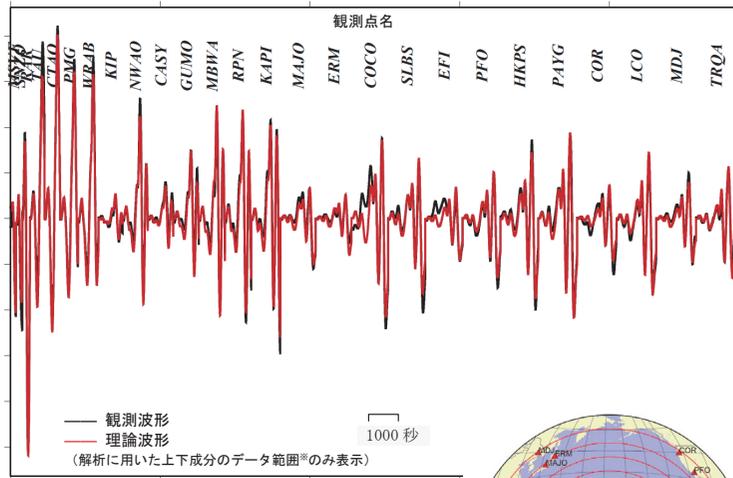
7月7日 ケルマデック諸島の地震  
(W-phaseを用いたメカニズム解析)



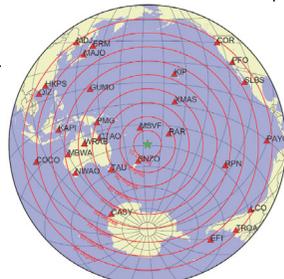
2011年7月7日04時03分(日本時間)にケルマデック諸島で発生した地震についてW-phaseを用いたメカニズム解析を行った。メカニズム、Mwとも、Global CMTなどの他機関の解析結果とほぼ同様であり、Mwは7.6であった。なお、W-phaseの解析で求めた震源はS29.3°, W176.0°となった(深さはUSGSによる20.0kmを使用した)。

W-phaseの解析では、震央距離10°~90°までの26観測点の上下成分、2観測点の東西成分、4観測点の南北成分を用い、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。



※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)

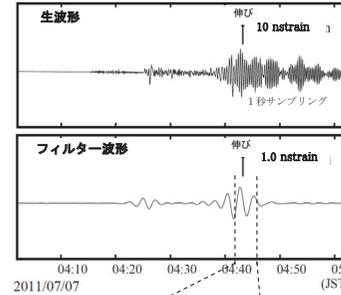
Kanamori, H and L. Rivera (2008): Geophys. J. Int., 175, 222-238.

IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用した。また、解析に使用したプログラムは金森博士に頂いたものを使用した。記して感謝する。

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

7月7日04時03分 ケルマデック諸島の地震  
— 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

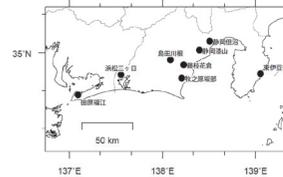


気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード(Mw)の推定を行った。

理論体積ひずみはGlobalCMT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。

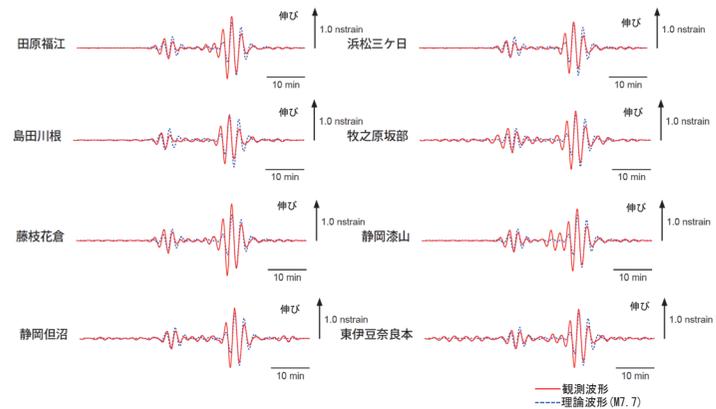
体積歪計の観測波形と理論波形の整合は良くないが、最大振幅で合わせると、Mw7.7相当となった。

体積ひずみ計の配置図



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120~210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。

理論波形と体積ひずみ観測点8カ所の観測波形との比較(下図) データには周期120~210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4図(d) 体積ひずみ計の記録から推定されるMw  
Fig.4(d) The moment magnitude estimated from strain recorded of the borehole volume strainmeters.

# 10月22日 ケルマデック諸島の地震

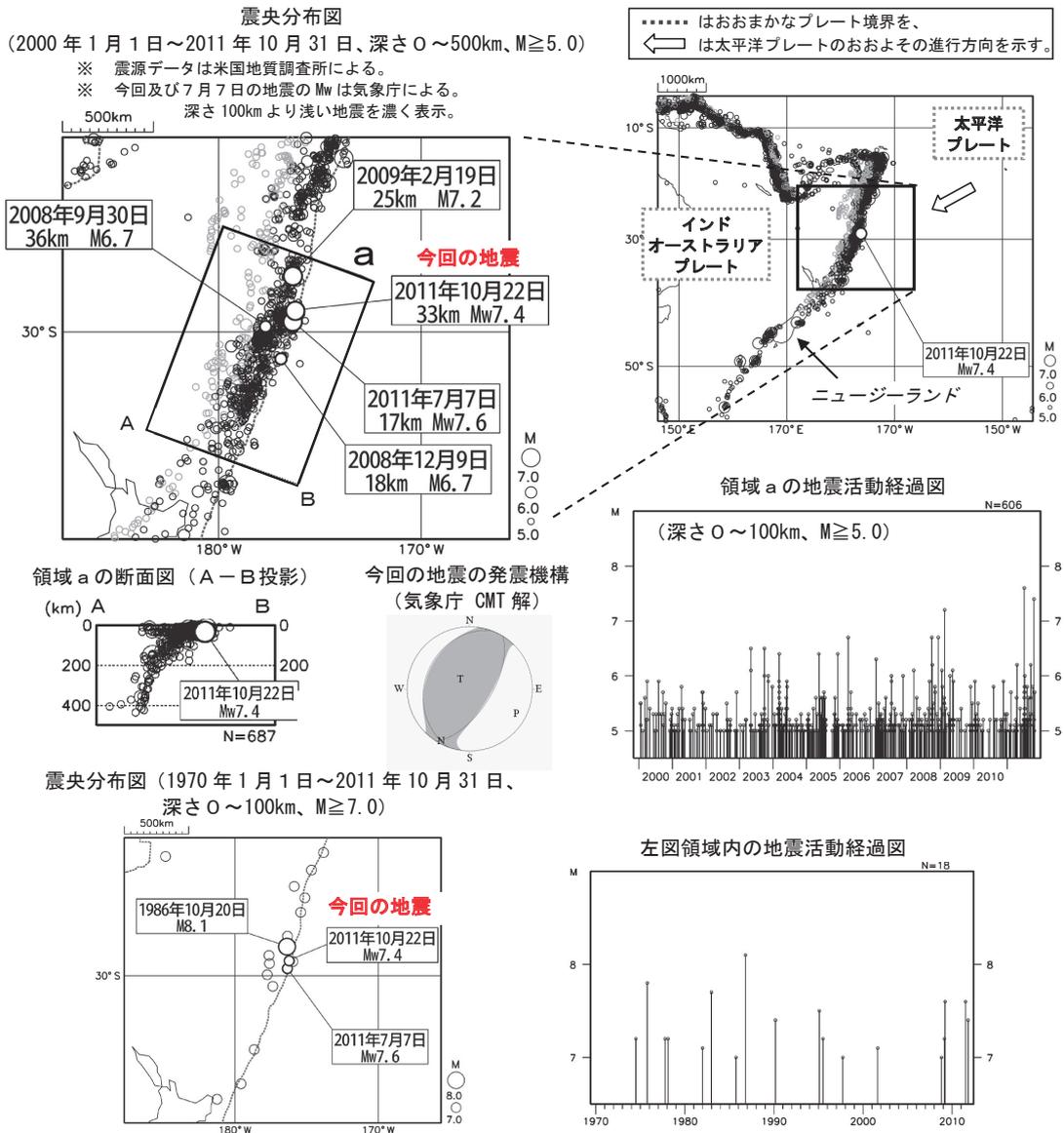
太平洋プレート内、逆断層型、Mw7.4、現地で17cmの津波

2011年10月22日02時57分(日本時間)、ケルマデック諸島の深さ33kmでMw7.4の地震が発生した(震源要素は米国地質調査所、今回と7月7日の地震のMwは気象庁によるモーメントマグニチュード)。気象庁は、同日03時27分(日本への津波の有無について調査中)と04時17分(日本への津波の影響なし)に遠地地震に関する情報を発表した。今回の地震の震央から西約170kmにあるケルマデック諸島のラウル島では17cmの津波が観測された(米国海洋大気庁[NOAA]による)。

ケルマデック諸島周辺(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。今回の地震の発震機構(気象庁CMT解)は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。太平洋プレート内で発生した地震であると考えられる。

この地震の震源付近では、2011年7月7日にもMw7.6の地震が発生している。

1970年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺ではM7.0以上の地震が度々発生し、1986年10月20日にM8.1の地震が発生している。



第4図(e) 2011年10月22日 ケルマディック諸島の地震 (Mw7.4) について  
Fig.4(e) The Earthquake near Kermadec Islands region (Mw7.4) on October 22, 2011

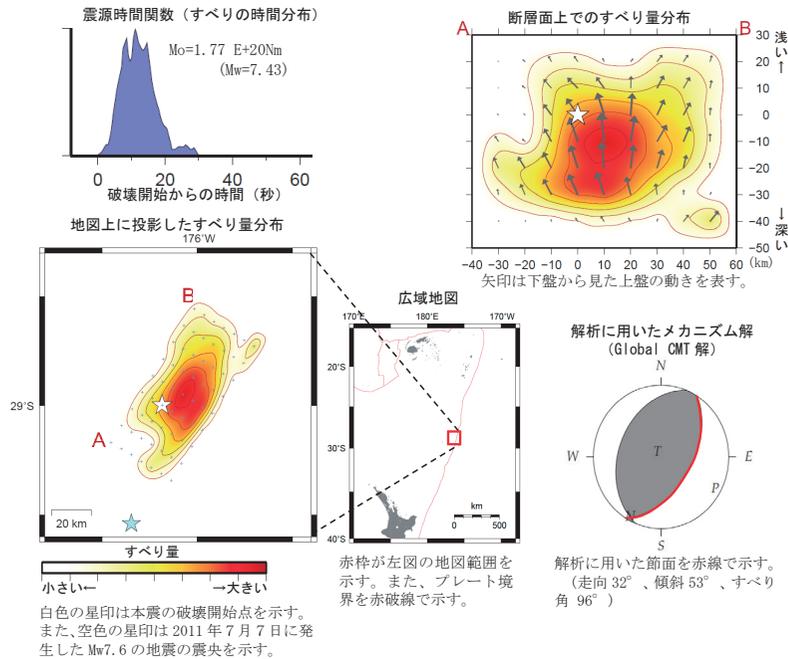
10月22日 ケルマデック諸島の地震  
 — 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) —

2011年10月22日02時57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)より広帯域地震波記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置(S28.998°, W176.183°, 深さ33km)(速報解)とした。断層面は、Global CMT 解を用いた。2枚の節面のうち、西傾斜(走向203°)よりも東傾斜(走向32°)の節面を仮定したほうが、わずかながら観測波形をよく説明できることから、ここでは東傾斜の節面(走向32°, 傾斜53°)を仮定して解析した。

主な結果は以下のとおり(この解析結果は暫定であり、今後修正することがある)。

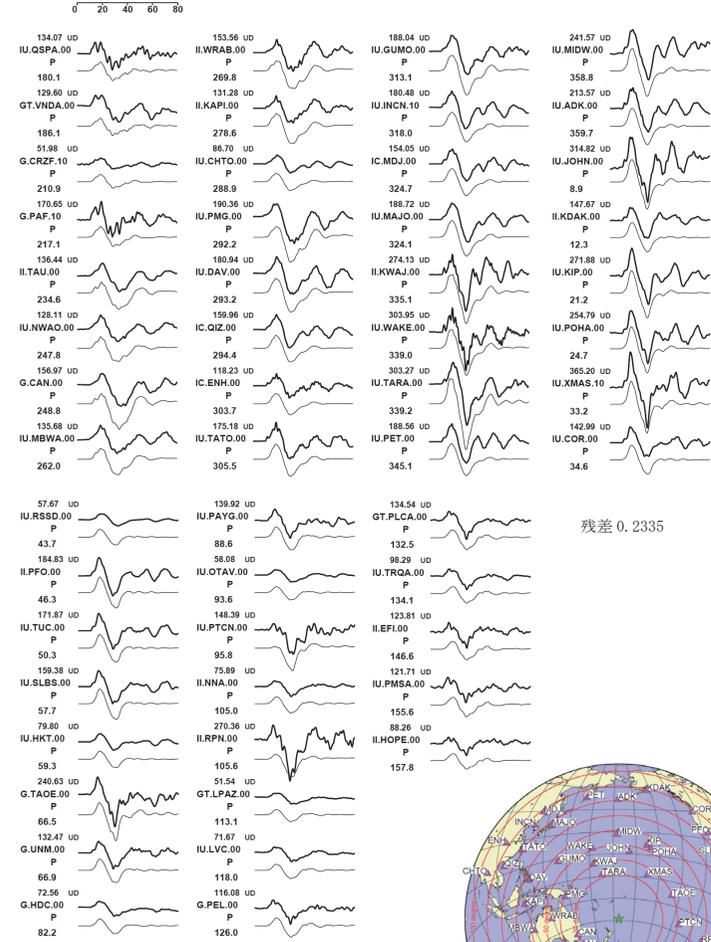
- 主なすべりは初期破壊開始点の北東の深い部分にあった。主な破壊継続時間は約20秒間であった。
- 断層の大きさは長さ約80km、幅約60km(最大破壊伝播速度を3.0km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約1.9m(剛性率を40GPaと仮定した場合)。
- モーメントマグニチュードは7.4であった。



(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/>

第4図(f) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.4(f) Source rupture process analysis by far field body-wave.

観測波形(上: 0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較

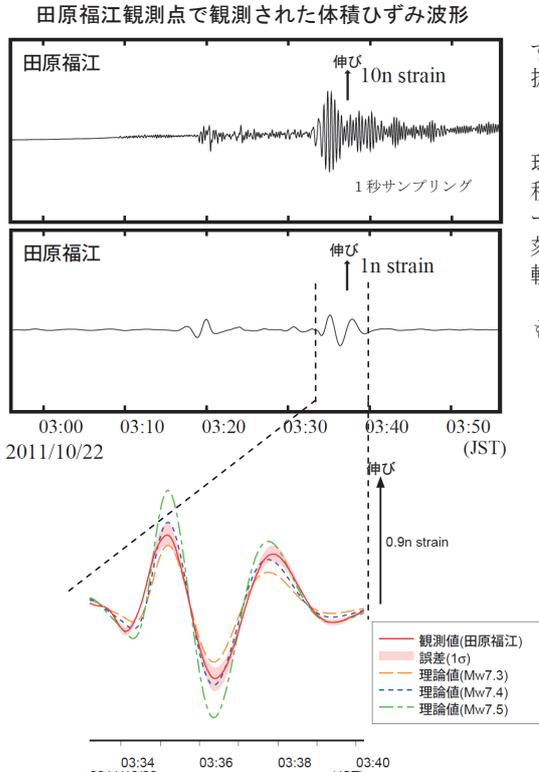


観測点配置図(震央距離30°~100°<sup>※1</sup>の53観測点<sup>※2</sup>を使用)

※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ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。

※2: IRIS-DMCより取得した広帯域地震波記録を使用。

# 10月22日02時57分 ケルマデック諸島の地震 — 体積ひずみ計の記録から推定される Mw —

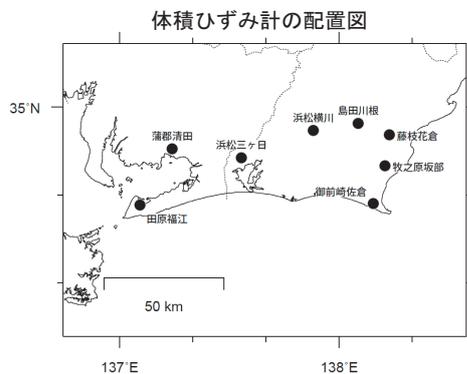


田原福江観測点の観測波形と理論波形の振幅比較 (上図)  
データには周期 120~333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛は誤差 (1σ) の範囲を示す。

気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計の今回の地震による波形記録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の整合が最もよく整合するのは、Mw7.4 相当の場合であった。



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 (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 4 図 (g) 体積ひずみ計の記録から推定される Mw

Fig.4(g) The moment magnitude estimated from strain recorded of the borehole volume strainmeters.

## 8月21日 バヌアツ諸島の地震

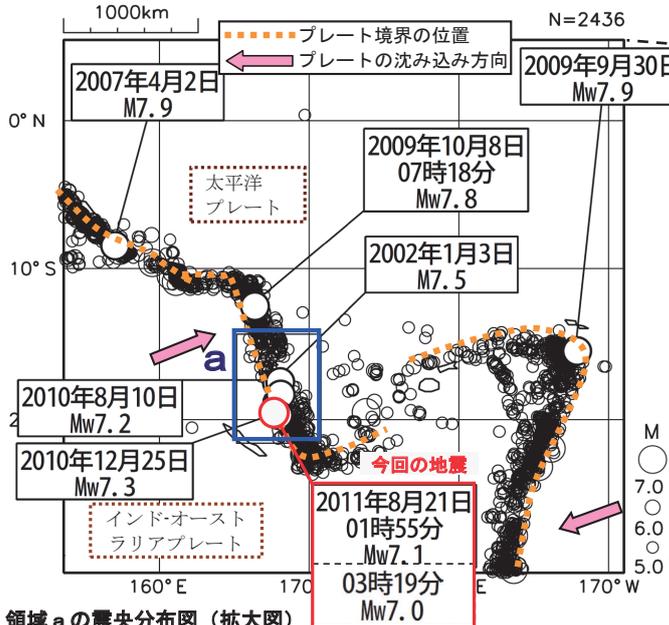
太平洋プレート-インド-オーストラリアプレート境界付近、逆断層、Mw7.1、現地で20cmの津波

2011年08月21日01時55分(日本時間)、バヌアツ諸島でMw7.1の地震が発生した。また、同日03時19分にもほぼ同じ場所でMw7.0の地震が発生した。これらのMwは気象庁によるモーメントマグニチュードである。これらの地震の発震機構(気象庁CMT解)は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。これらの地震は太平洋プレートとインド-オーストラリアプレートのプレート境界付近で発生した。01時55分の地震により、地震の震央から約80km離れたバヌアツ共和国のポートビラでは20cmの津波が観測された(米国海洋大気庁[NOAA]による)。

気象庁は、同日02時33分、03時54分及び05時35分に「遠地地震に関する情報」を発表した。今回の地震の震央周辺(領域a)では、M7.0以上の地震が度々発生している。

**震央分布図** (2000年1月1日~2011年8月31日、深さ0~100km、M≥5.0)

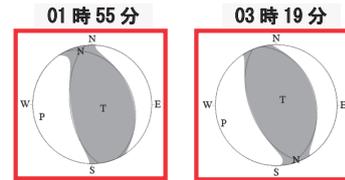
※ 震源要素は米国地質調査所による。  
今回の地震及び2009年9月30日、10月8日、2010年8月10日、12月25日の地震のMwは気象庁による。



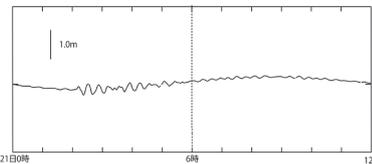
今回の地震の震央位置



今回の地震の発震機構(気象庁によるCMT解)

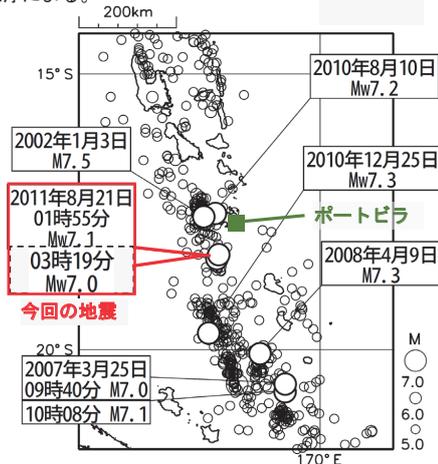


ポートビラの津波波形

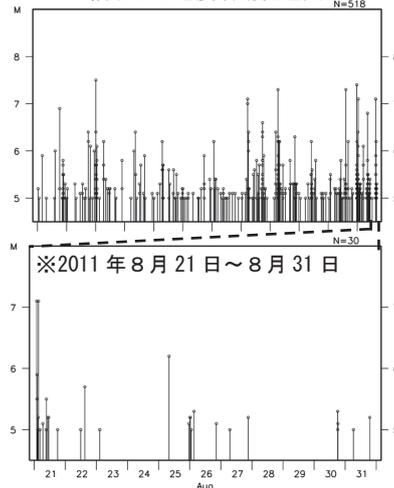


**領域aの震央分布図(拡大図)**

※ 震源要素は米国地質調査所による。  
今回の地震と2010年8月10日、12月25日の地震のMwは気象庁による。



領域aの地震活動経過図



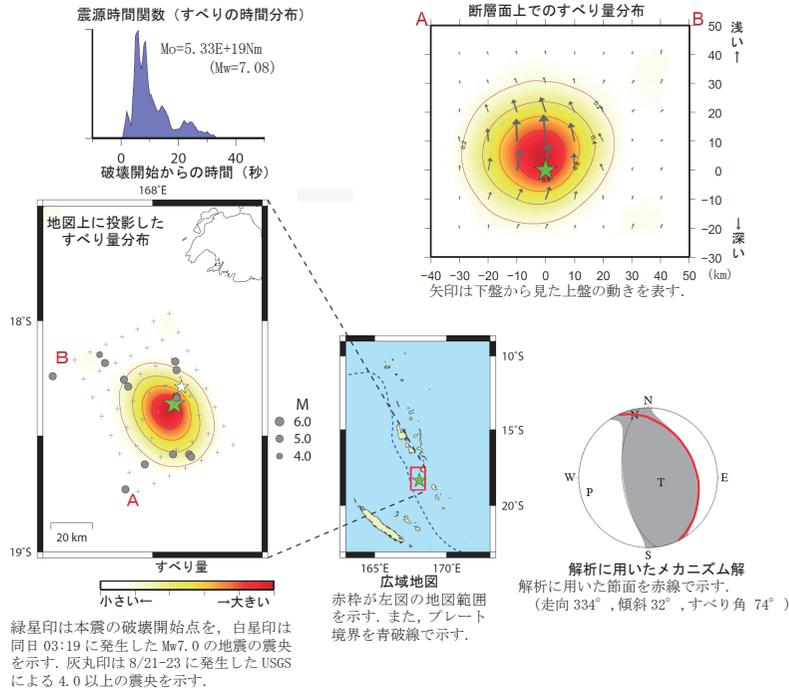
第5図(a) 2011年8月21日 バヌアツ諸島の地震 (Mw7.1, Mw7.0) について  
 Fig.5(a) The Earthquakes near Vanuatu Islands (Mw7.1, Mw7.0) on August 21, 2011

8月21日01時55分 バヌアツ諸島の地震  
 — 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) —

2011年8月21日01時55分(日本時間)にバヌアツ諸島付近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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

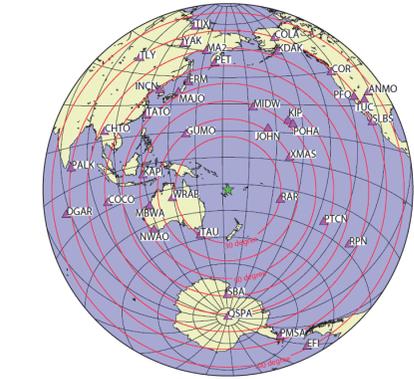
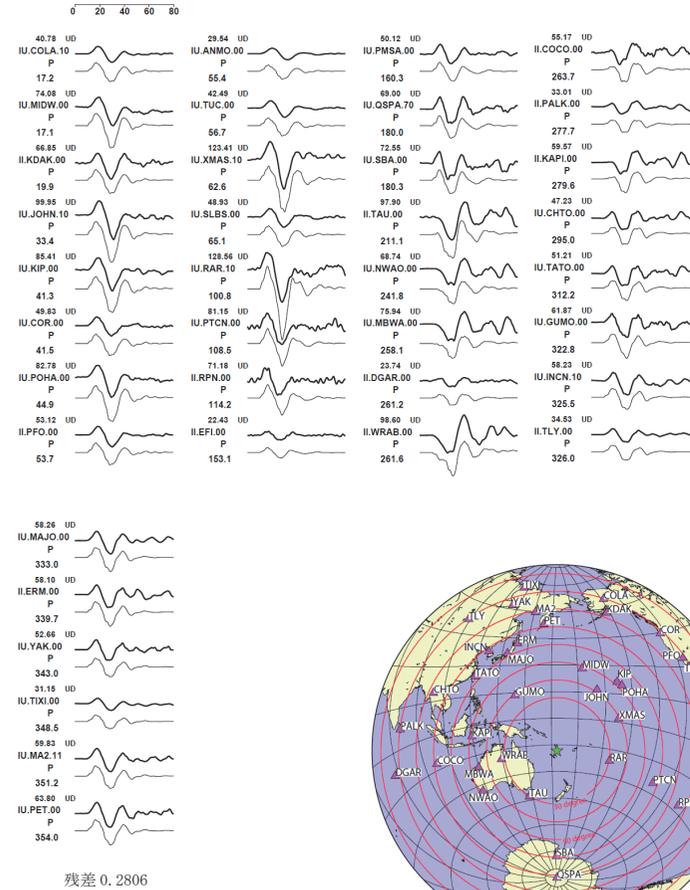
破壊開始点はUSGSによる震源の位置(S18.361°, E168.098°, 深さ32km)とした。  
 断層面は、気象庁CMT解を用いた。2枚の節面のうち、西傾斜(走向173°)よりも東傾斜(走向334°)の節面を仮定したほうが、観測波形をよく説明できることから、ここでは東傾斜の節面(走向334°, 傾斜32°)を仮定して解析した。

- 主な結果は以下のとおり。
- ・ 主なすべりは初期破壊開始点から見て、南側の浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒間であった。
  - ・ 断層の大きさは長さ約50km、幅約40km(最大破壊伝播速度を3.4km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約1.0~1.3m(剛性率を30~40GPaと仮定した場合)。
  - ・ モーメントマグニチュードは7.1であった。



(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/>  
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

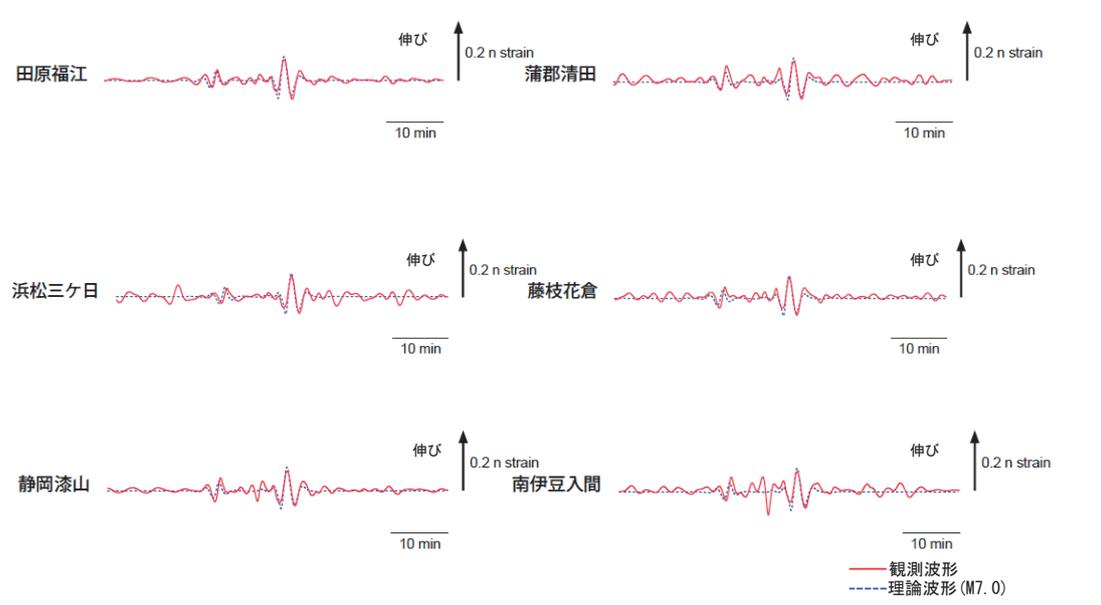
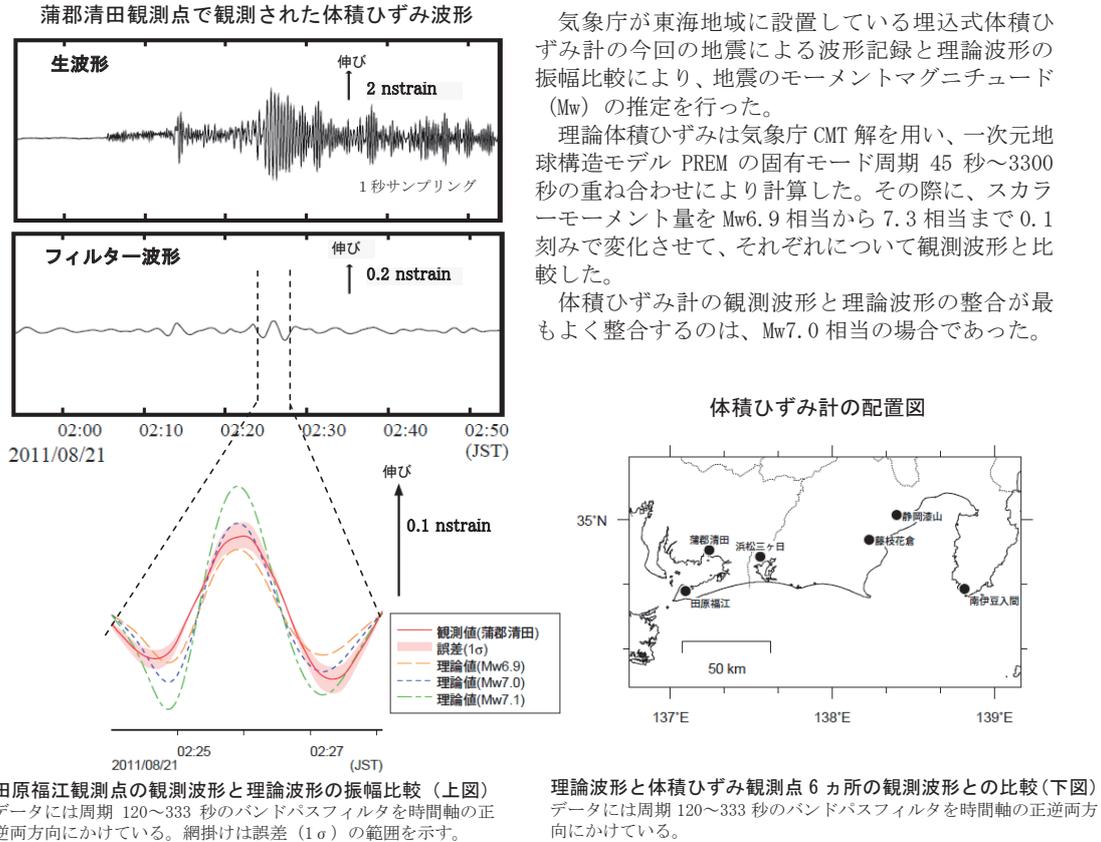
観測波形(上:0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



※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ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。  
 ※2:IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

第5図(b) Mw7.1の地震に関する遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.5(b) Source rupture process analysis of Mw7.1 earthquake by far field body-wave.

## 8月21日01時55分 バヌアツ諸島の地震 — 体積ひずみ計の記録から推定される Mw —



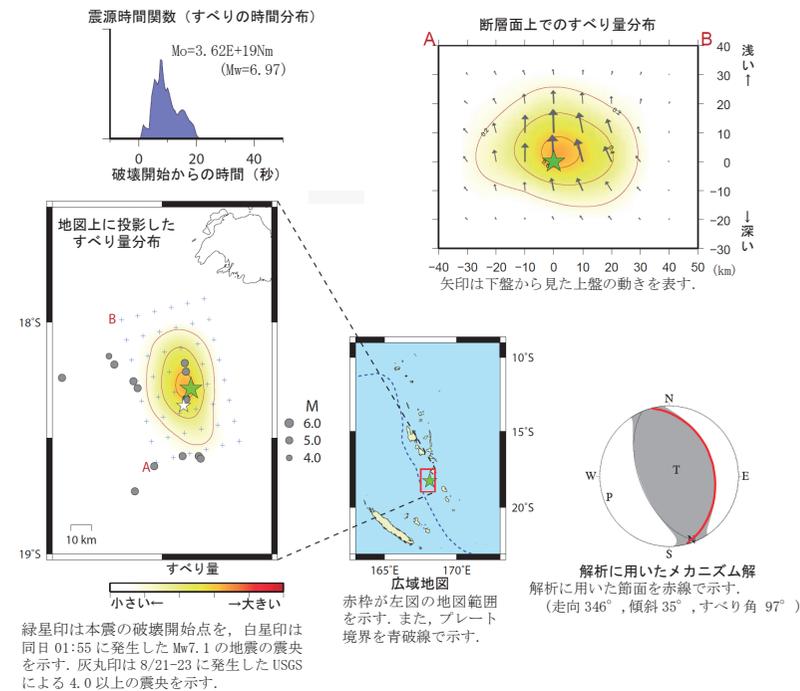
第5図(c) Mw7.1 の地震に関する体積ひずみ計の記録から推定される Mw  
Fig.5(c) The moment magnitude of Mw7.1 earthquake estimated from strain seismograms recorded by the borehole volume strainmeters.

8月21日03時19分 バヌアツ諸島の地震  
 — 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) —

2011年8月21日03時19分(日本時間)にバヌアツ諸島付近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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置(S18.287°, E168.132°, 深さ28km)とした。  
 断層面は、気象庁CMT解を用いた。2枚の節面のうち、西傾斜(走向157°)よりも東傾斜(走向346°)の節面を仮定したほうが、わずかながら観測波形をよく説明できることから、ここでは東傾斜の節面(走向346°, 傾斜35°)を仮定して解析した。

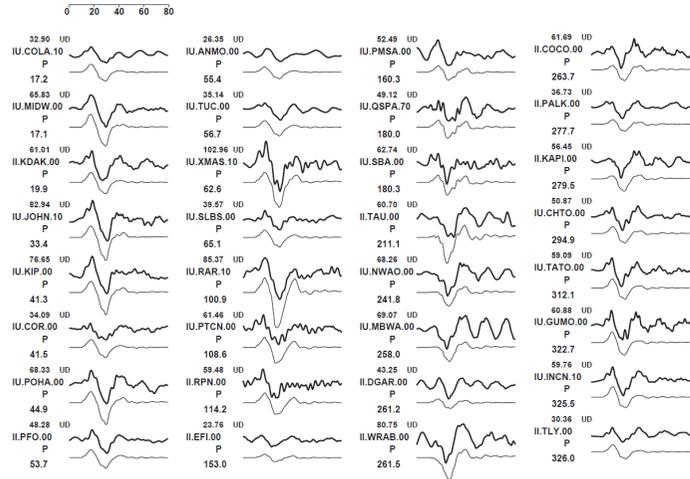
- 主な結果は以下のとおり。
- ・ 主なすべりは初期破壊開始点から見て、北側の浅い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒間であった。
  - ・ 断層の大きさは長さ約50km、幅約30km(最大破壊伝播速度を3.4km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約0.6~0.9m(剛性率を30~40GPaと仮定した場合)。
  - ・ モーメントマグニチュードは7.0であった。



(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/>  
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

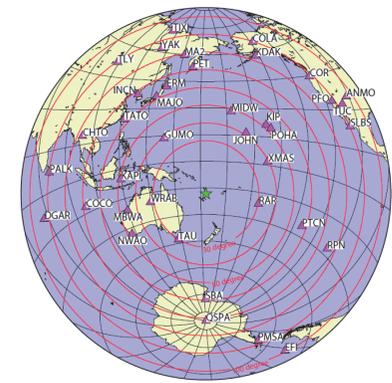
第5図(d) Mw7.0の地震に関する遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.5(d) Source rupture process analysis of Mw7.0 earthquake by far field body-wave.

観測波形(上:0.01Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



※同日01:55のMw7.1の地震の後続波の影響が出ており、解析の精度は低くなっている。

残差 0.3019



観測点配置図(震央距離30°~100°<sup>※1</sup>の38観測点<sup>※2</sup>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ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみ用いている。  
 ※2:IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

## 9月4日 バヌアツ諸島の地震

インド-オーストラリアプレート内部、Mw7.0

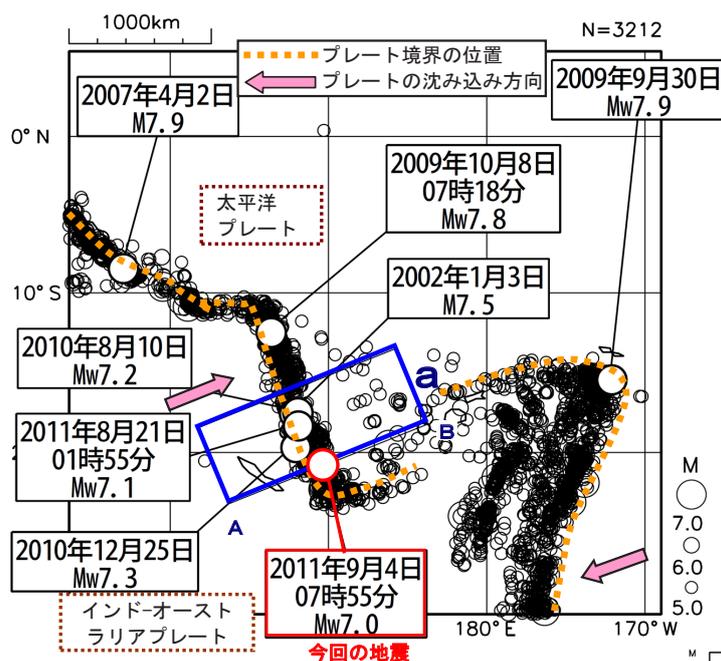
2011年9月4日07時55分（日本時間）、バヌアツ諸島の深さ166kmでMw7.0（Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震が発生した。この地震はインド-オーストラリアプレート内部で発生した。この地震の発震機構（気象庁CMT解）は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ型であった。

気象庁は、同日08時25分に「遠地地震に関する情報」（日本国内向け、日本への津波の影響なし）を発表した。

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いる。

震央分布図（2000年1月1日～2011年9月30日、深さ0～700km、 $M \geq 5.0$ ）

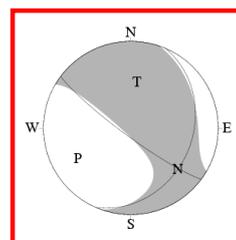
※ 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。今回の地震の震央位置は USGS に、モーメントマグニチュード (Mw) は気象庁による。



今回の地震の震央位置

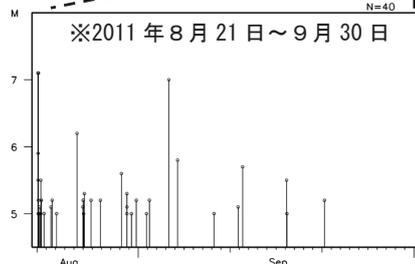
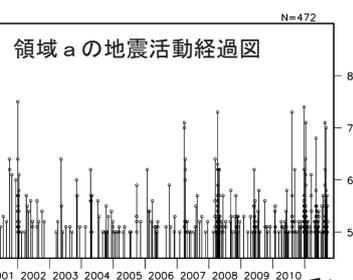
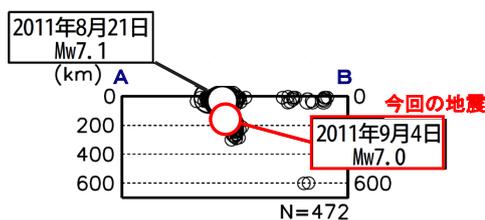


今回の地震の発震機構 (気象庁による CMT 解)



領域 a 内の断面図 (A-B 投影)

※ 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。今回の地震の震央位置は USGS に、モーメントマグニチュード (Mw) は気象庁による。



第5図(e) 2011年9月4日 バヌアツ諸島の地震 (Mw7.0) について  
Fig.5(e) The Earthquake of Mw7.0 Vanuatu on September 4, 2011

9月4日07時55分 バヌアツ諸島の地震  
 ー 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) ー

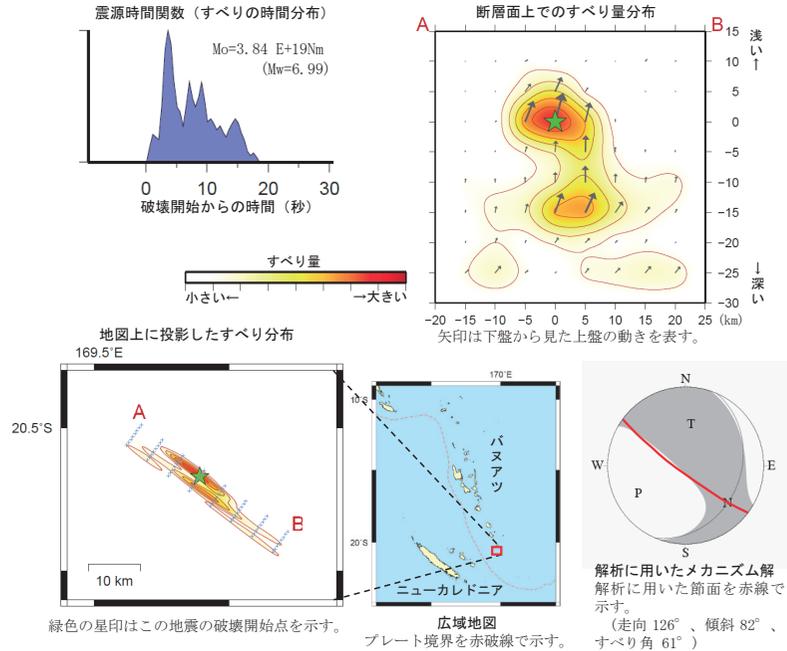
2011年9月4日07時55分(日本時間)にバヌアツ諸島付近で発生した地震について、米国地震学連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は米国地質調査所による震央の位置(S20.585°、E169.696°)(速報解)とした。深さは米国地質調査所による震源(132km)よりも10km深い142kmとした。

断層面は、気象庁CMT解を用いた。2枚の節面のうち、低角の節面(走向23°)よりも高角の節面(走向126°)の節面を仮定したほうが、観測波形をよく説明できることから、ここでは高角の節面(走向126°、傾斜82°)を仮定して解析した。

主な結果は以下のとおり(解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある)。

- ・ 主なすべりは初期破壊開始点付近と、それより深い場所にあった。主な破壊継続時間は約15秒間であった。
- ・ 断層の大きさは長さ約20km、幅約25km(最大破壊伝播速度を2.6km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約1.6~1.8m(剛性率を70~80GPaと仮定した場合)。
- ・ モーメントマグニチュードは7.0であった。



緑色の星印はこの地震の破壊開始点を示す。

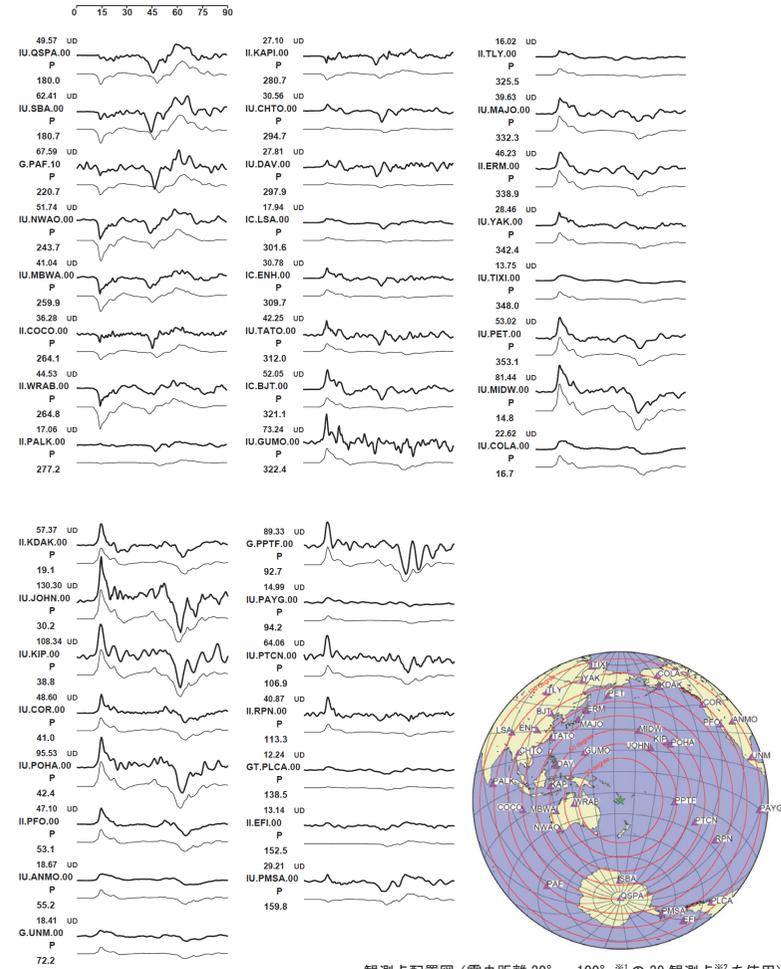
プレート境界を赤破線で示す。

解析に用いたメカニズム解  
 解析に用いた節面を赤線で示す。  
 (走向126°、傾斜82°、すべり角61°)

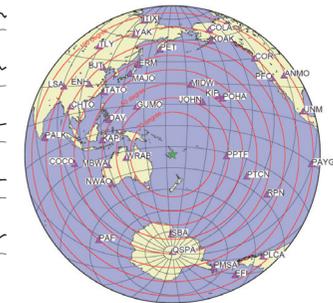
(注1) 解析に使用したプログラム

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:0.004Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



残差 0.3301



観測点配置図(震央距離30°~100°<sup>※1</sup>の39観測点<sup>※2</sup>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ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。

※2:IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

第5図(f) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.5(f) Source rupture process analysis by far field body-wave.

# 9月16日 フィジー諸島の地震

太平洋プレート内部、Mw7.3

2011年9月16日4時31分(日本時間)にフィジー諸島の深さ626km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。この地震は太平洋プレート内部で発生した。この地震の発震機構(気象庁CMT解)は北北西-南南東方向に張力軸を持つ型であった。

同日4時53分に気象庁は「遠地地震に関する情報」(日本国内向け、日本への津波の影響なし)を発表した。

今回の地震の震央周辺の浅い場所では、プレート境界付近でM7.0以上の地震がたびたび発生している。一方、今回の地震の震央周辺の深さ200km以深でもM5.0以上の地震がたびたび発生している。

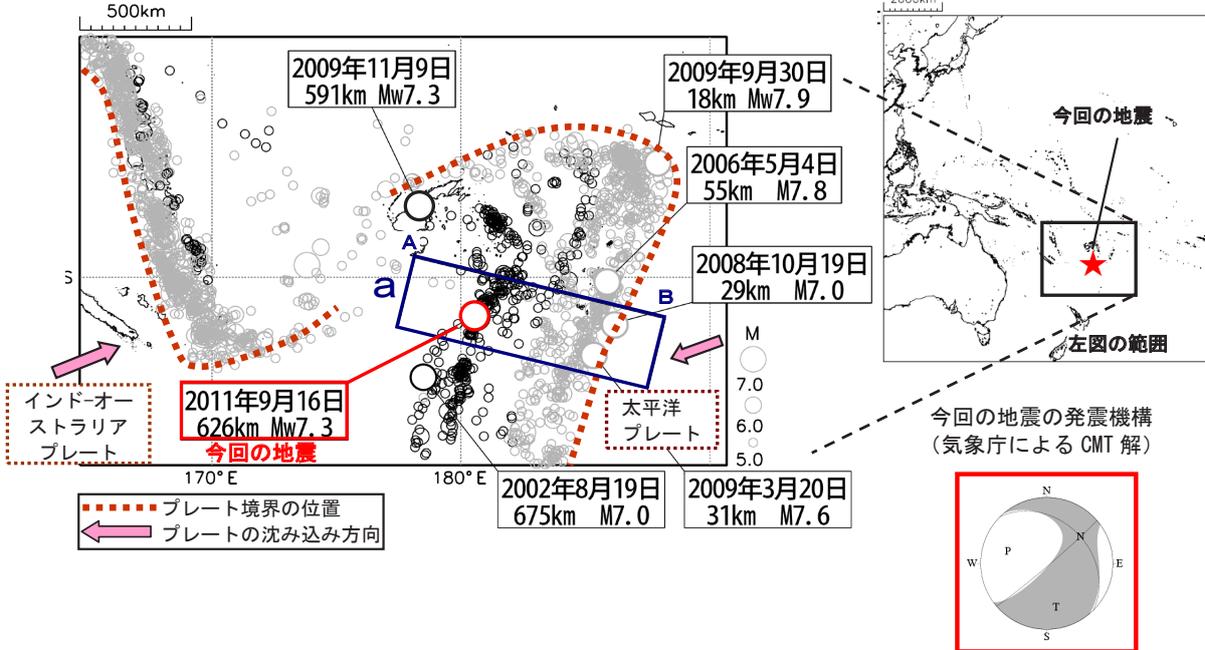
2009年11月9日には、今回の地震の震央から約500km北北西の深さ591kmでMw7.3(Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード)の地震が発生している。

世界的には深さ500km以深で地震が発生する場所は限られるが、フィジー諸島周辺の深さ500km以深では、Mw7.0以上の地震がたびたび発生している。

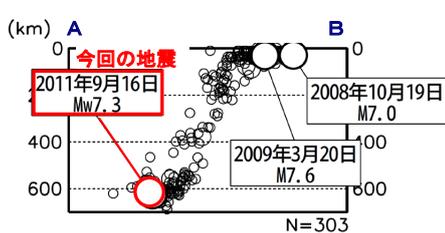
震央分布図(2000年1月1日~2011年9月30日、深さ0~700km、M≥5.0)

※ 震源要素は米国地質調査所(USGS)による。今回の地震の震央位置はUSGSに、モーメントマグニチュード(Mw)は気象庁による

※ 200km以深の地震の震央を濃く表示

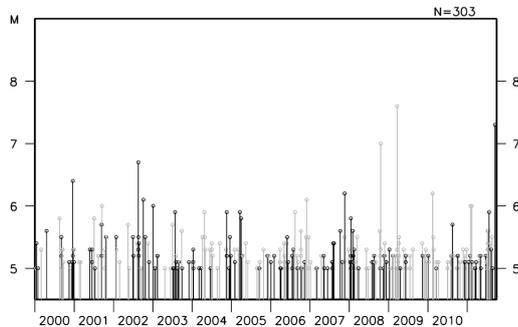


領域a内の断面図(A-B投影)



領域a内の地震活動経過図

※ 200km以深の地震の震央を濃く表示



第6図(a) 2011年9月16日 フィジー諸島の地震(Mw7.3)について

Fig.6(a) The Earthquake near Fiji Islands (Mw7.3) on September 16, 2011

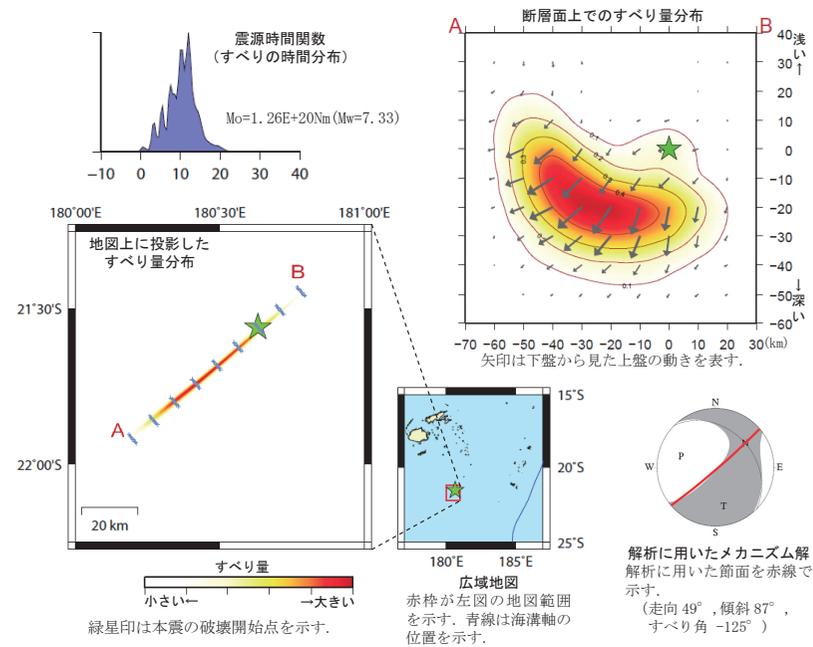
9月16日 フィジー諸島の地震  
 ー 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) ー

2011年9月16日04時31分にフィジー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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置(S21.559°, W179.368°, 深さ626km)を用いた。断層面は、海外のデータを用いた気象庁のCMT解の高角側の節面を用いた(この解析では2枚の断層面のうち、どちらが破壊した断層面かを特定しづらいが、低角側の節面(傾斜35°)より高角側の節面(傾斜87°)を仮定した方が、観測波形を説明しやすいため、高角側の節面を破壊した断層面と仮定して解析した結果を以下に示す)。

主な結果は以下のとおり。

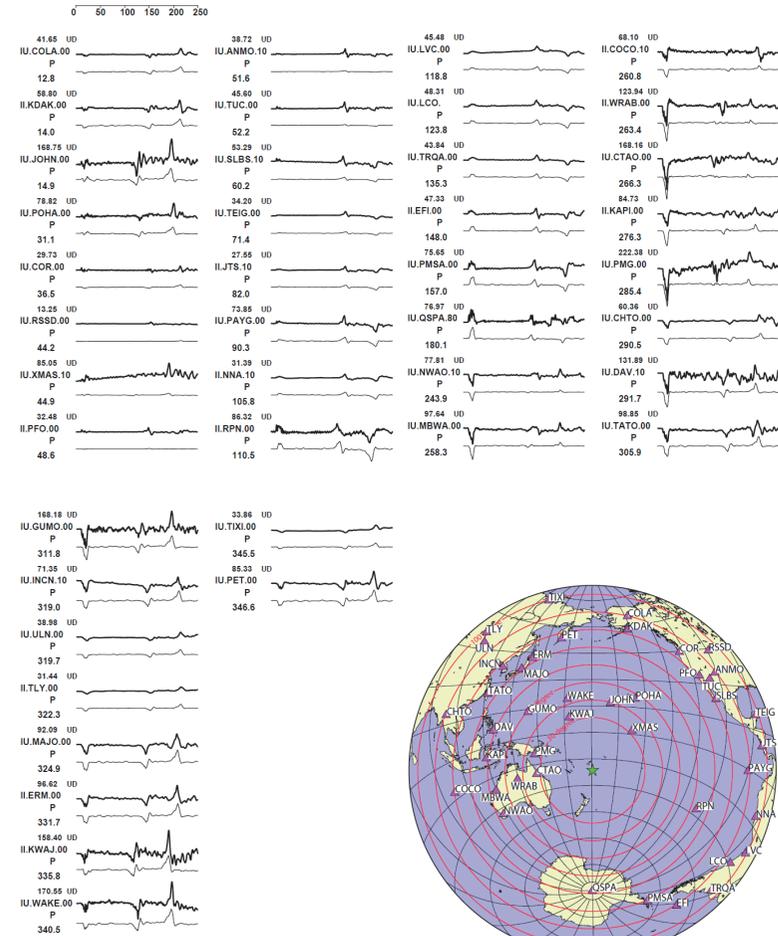
- ・ 主なすべりは初期破壊開始点の南西側の深い部分にあり、主な破壊継続時間は約20秒間であった。
- ・ 断層の大きさは長さ約60km、幅約50km(最大破壊伝播速度を4.4km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約0.5m(剛性率を120GPaと仮定した場合)。
- ・ モーメントマグニチュードは7.3であった。



(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/>  
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

第6図(b) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.6(b) Source rupture process analysis by far field body-wave.

観測波形(上: 0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



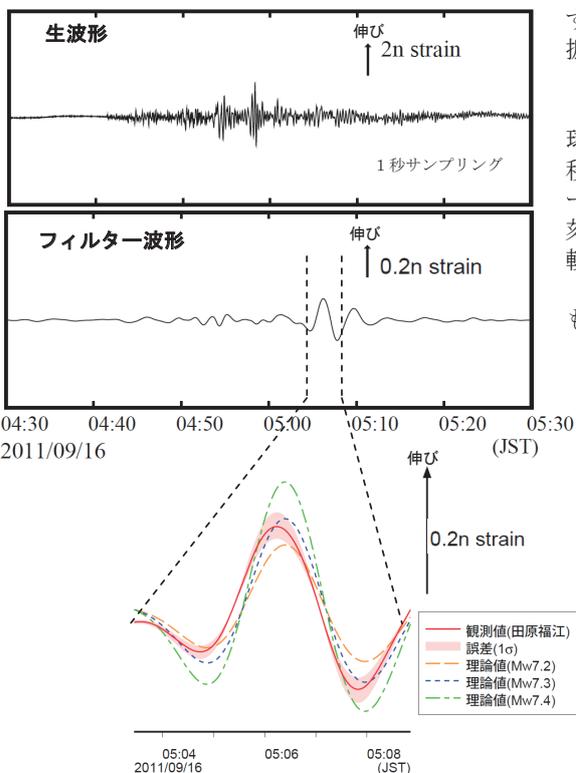
観測点配置図(震央距離30°~100°<sup>※1</sup>の42観測点<sup>※2</sup>を使用)

※1: 近すぎると理論的に扱いきれない波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。

※2: IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

## 9月16日04時31分 フィジー諸島の地震 — 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

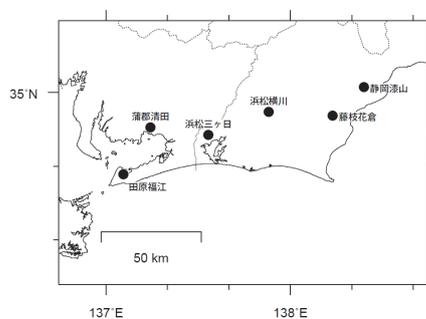


気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

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 Mw7.1 相当から 7.5 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。

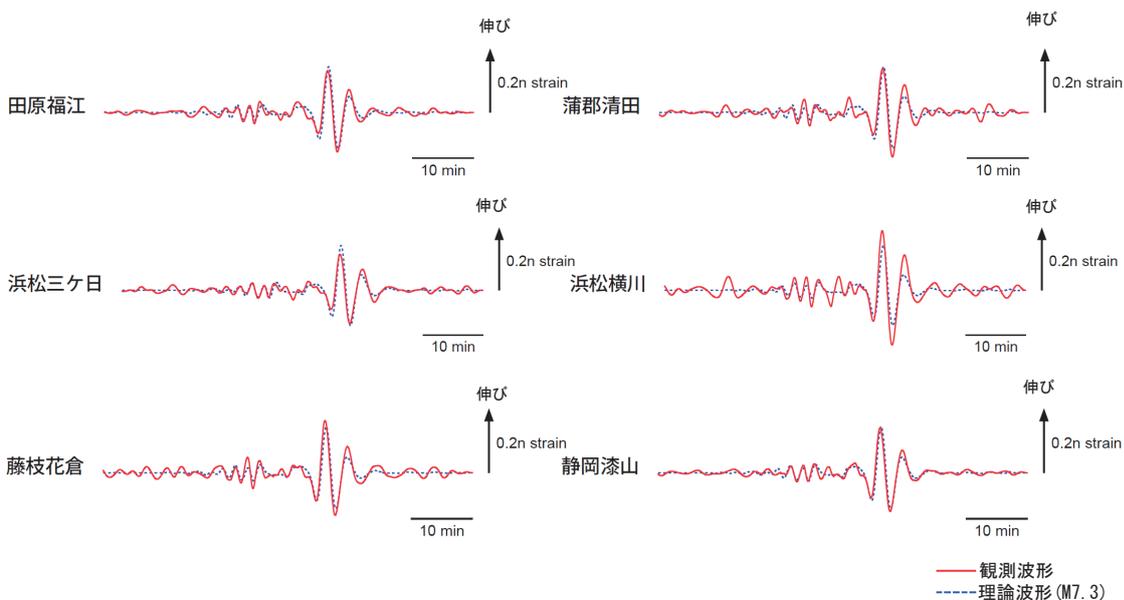
体積ひずみ計の観測波形と理論波形の整合が最もよく整合するのは、Mw7.3 相当の場合であった。

体積ひずみ計の配置図



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。

理論波形と体積ひずみ観測点 6 ヶ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 strain recorded of the borehole volume strainmeters.

## 9月18日 インド、シッキム州の地震

インド-オーストラリアプレート-ユーラシアプレート境界付近、横ずれ、Mw6.9、大きな被害

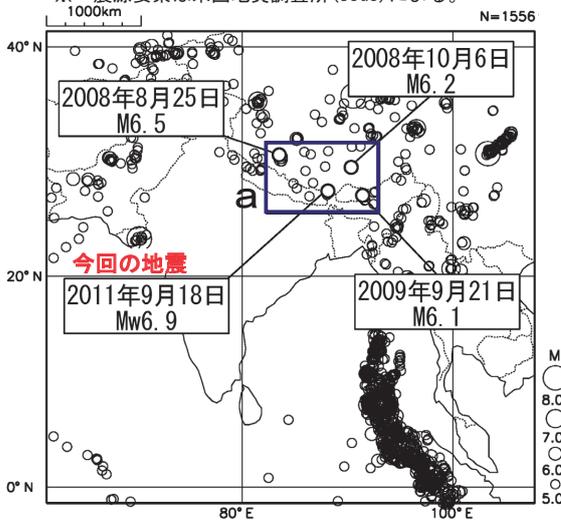
2011年9月18日21時40分（日本時間）、インド、シッキム州の深さ50kmでMw6.9（Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震が発生した。この地震の発震機構（気象庁CMT解）は南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。

この地震により、同国および周辺の国では少なくとも108人が死亡し、建物被害は1万棟以上に及んでいる（米国地質調査所の資料による）。

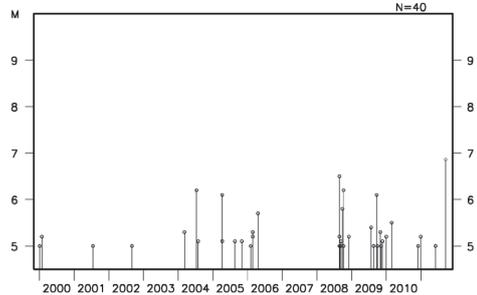
今回の地震は、ユーラシアプレートとインド-オーストラリアプレートの境界付近で発生した。今回の地震の震源の約600km西方の、インドとネパールの国境付近では、1934年1月15日にM8.3の地震が発生して10,700人が死亡したほか、1988年8月21日にもM6.6の地震により1,450人が死亡した。（「宇津の世界の被害地震の表」による）。

震央分布図（2000年1月1日～2011年9月30日、深さ0～100km、M≥5.0）

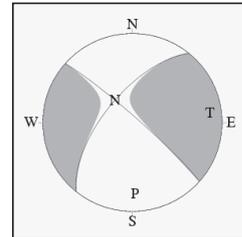
※ 震源要素は米国地質調査所(USGS)による。



領域 a 内の地震活動経過図



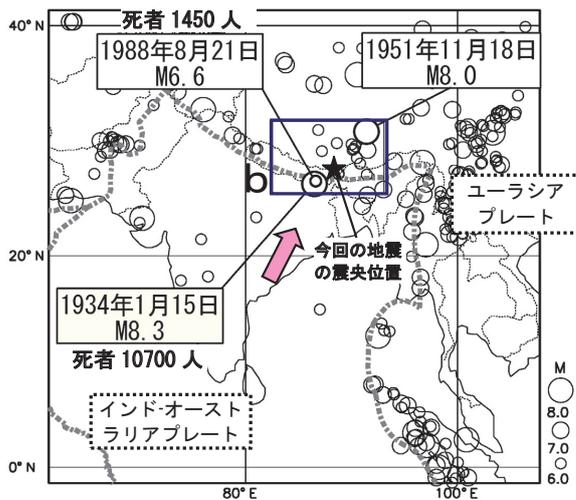
今回の地震の発震機構（気象庁 CMT 解）



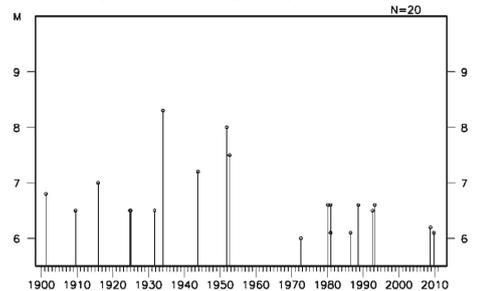
被害を伴った地震の震央分布図

（1900年1月1日～2009年8月30日、深さ0～100km、M≥6.0）

※ 震源要素及び被害は、2007年12月31日までは宇津および国際地震工学センターによる「宇津の世界の被害地震の表」に、2008年1月1日以降はUSGSによる。



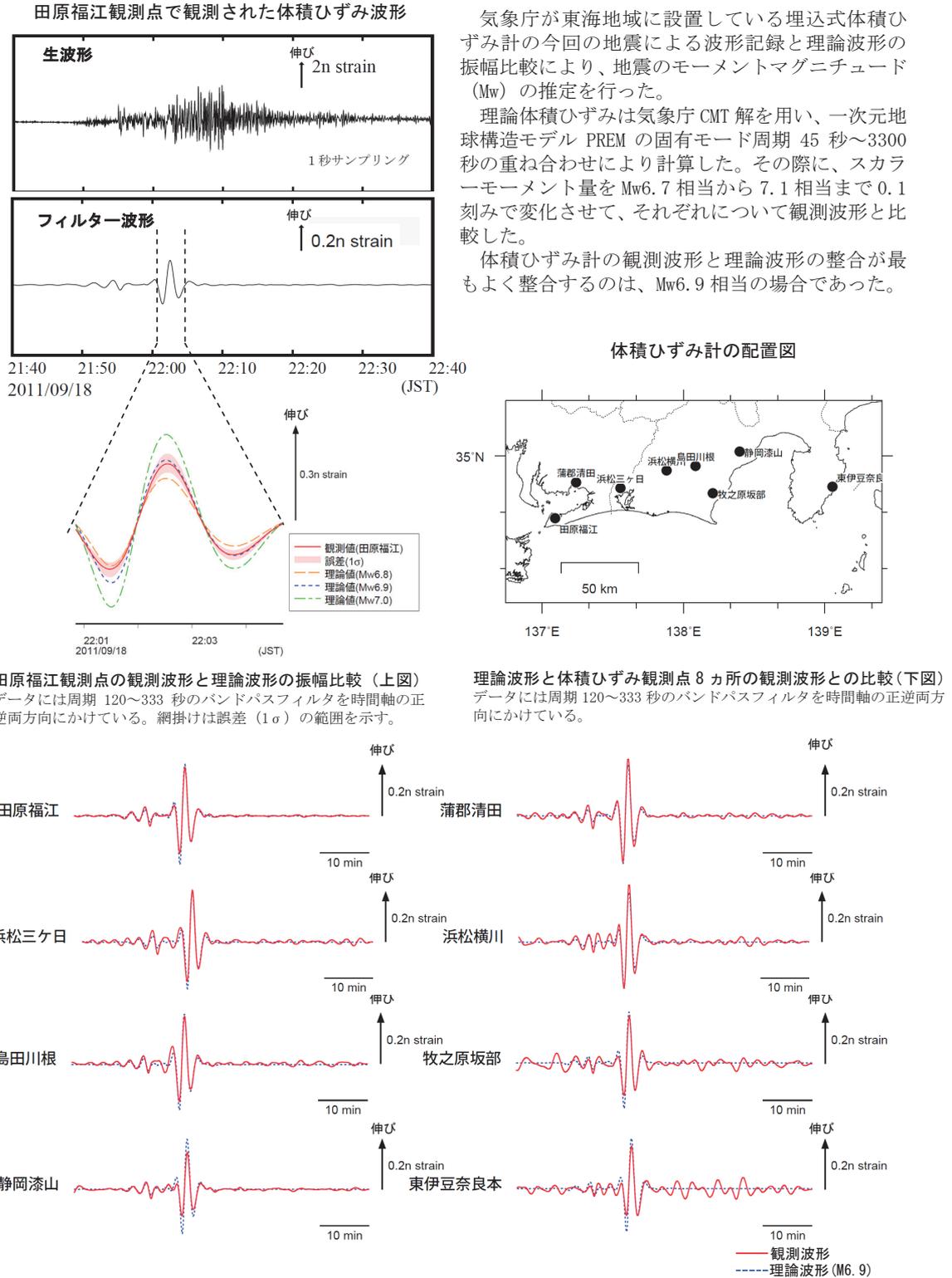
領域 b 内の地震活動経過図



■ プレート境界の位置  
← プレートの進行方向

第7図 (a) 2011年9月18日 インド、シッキム州の地震 (Mw6.9) について  
Fig.7(a) The Earthquake in India-Nepal border region (Mw6.9) on September 18, 2011

## 9月18日21時40分 インド、シッキム州の地震 — 体積ひずみ計の記録から推定される Mw —



第7図 (b) 体積ひずみ計の記録から推定される Mw  
Fig.7(b) The moment magnitude estimated from strain recorded of the borehole volume strainmeters.

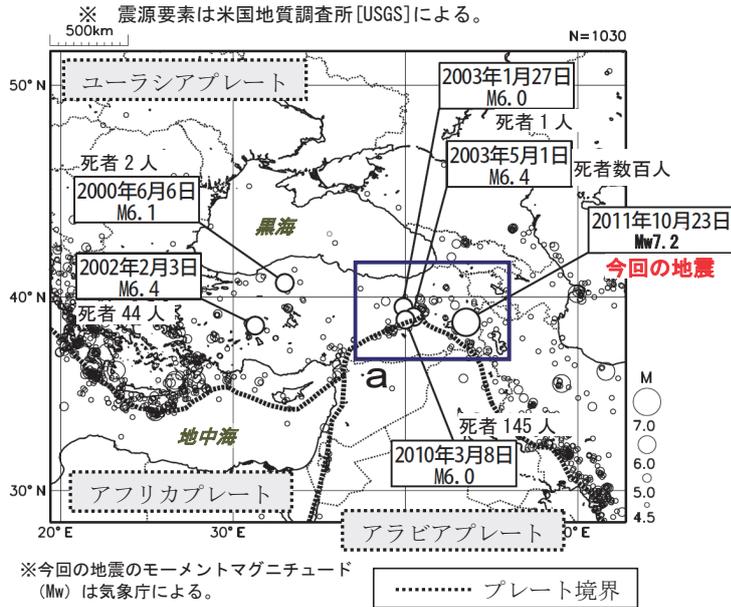
# 10月23日 トルコ東部の地震

ユーラシア-アラビアプレート境界付近、逆断層型、Mw7.2、大きな被害

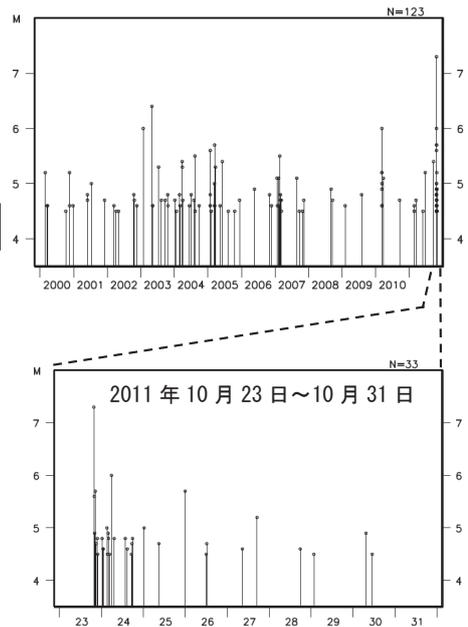
2011年10月23日19時41分(日本時間)、トルコ東部の深さ16kmでMw7.2(Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード)の地震が発生した。この地震の発震機構(気象庁 CMT 解)は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震により、同国では死者604人以上、負傷者2,608人以上、建物被害1万棟以上などの被害が発生した(11月29日現在、米国地質調査所による)。今回の地震は、ユーラシアプレートとアラビアプレートの境界付近で発生した。

気象庁は、同日20時09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。今回の地震の震源周辺では被害地震がたびたび発生している。最近では、2003年5月1日に発生したM6.4の地震により死者数百人などの被害が生じたほか、1976年11月24日に発生したM7.3の地震では、死者3,900人などの被害を生じた(「宇津の世界の被害地震の表」による)。

震央分布図(2000年1月1日~2011年10月31日、深さ0~90km、M≥4.5)



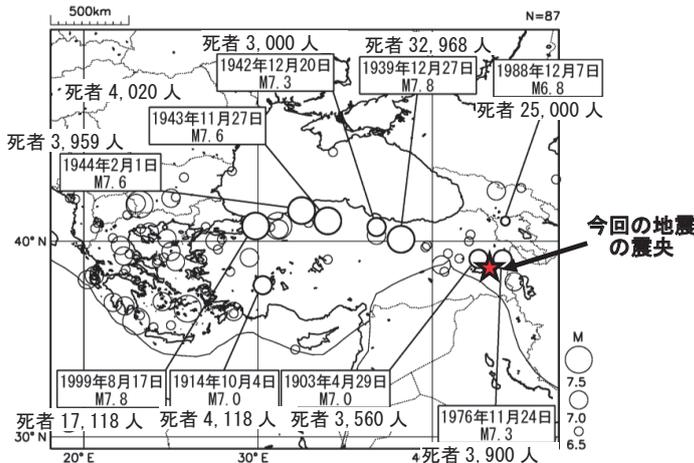
領域 a 内の地震活動経過図



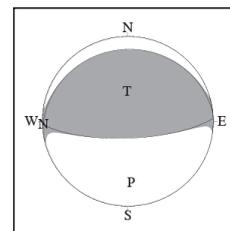
被害を伴った地震の震央分布図

(1900年1月1日~2010年12月31日 深さ90km以浅、M≥6.5)

※震源要素及び被害は、2007年12月31日までは宇津および国際地震工学センターによる「宇津の世界の被害地震の表」に、2008年1月1日以降はUSGSによる。



今回の地震の発震機構(気象庁 CMT 解)



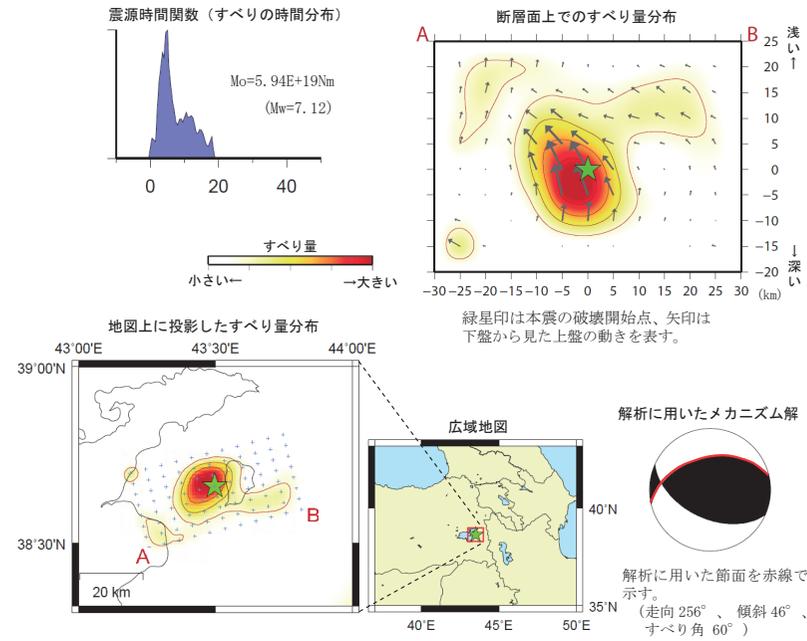
第8図(a) 2011年10月23日 トルコ東部の地震(Mw7.2)について  
Fig.8(a) The Earthquake in Eastern Turkey (Mw7.2) on October 23, 2011

10月23日 トルコ東部の地震  
 — 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) —

2011年10月23日19時41分(日本時間)にトルコ東部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、遠地実体波を利用した震源過程解析(注1)を行った。

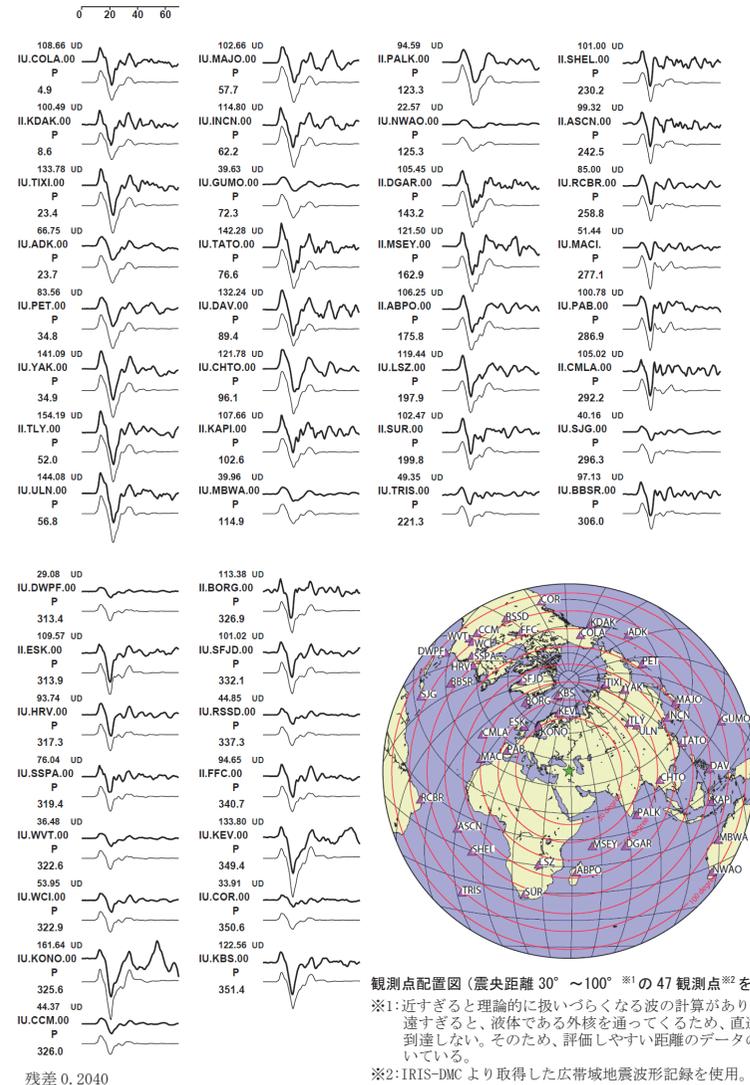
破壊開始点はUSGSによる震源の位置(N38.662°、E43.497°、深さ16km)を用いた。断層面は、P波部分を用いて解析したメカニズム解の北傾斜の節面(走向256°、傾斜46°)を用いた。震源過程解析では2枚の断層面のうち、どちらが破壊した断層面かを特定できないが、トルコのボアジチ大学カンディリ地震観測研究所(Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute)の余震分布を参考に、北傾斜の節面を破壊した断層面と仮定して解析した結果を以下に示す。

- 主な結果は以下のとおり(この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある)。
- 主なすべりは初期破壊開始点の付近にあり、主な破壊継続時間は約20秒間であった。
  - 断層の大きさは概ね20km四方(最大破壊伝播速度を2.5km/sと仮定した場合)、最大のすべり量は約4.4m(剛性率を30GPaと仮定した場合)。
  - モーメントマグニチュードは7.1であった。



(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/>

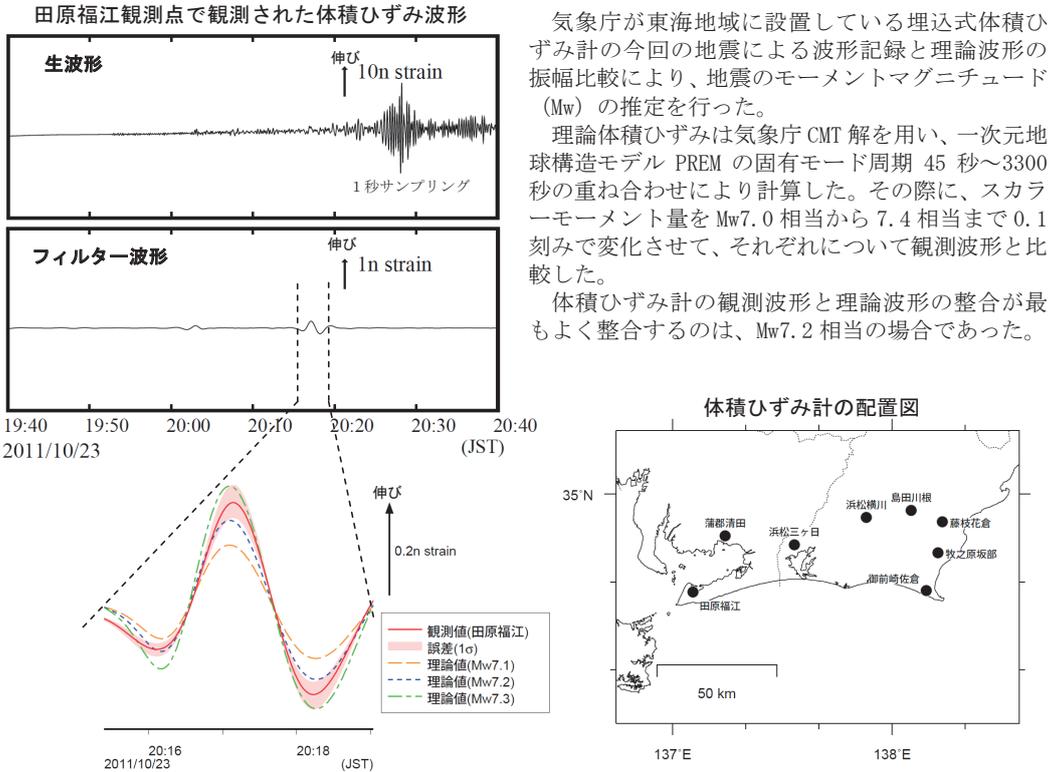
観測波形(上: 0.002Hz-1.0Hz)と理論波形(下)の比較



観測点配置図(震央距離 30°~100° \*1)の47観測点\*2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ってくるため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみを用いている。  
 ※2: IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

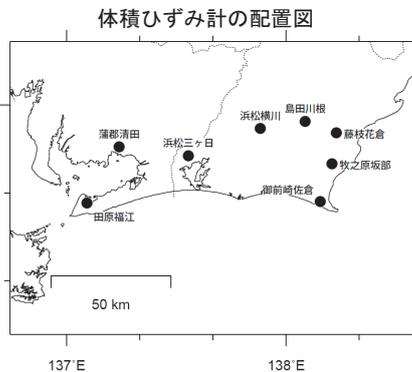
第8図(b) 遠地実体波による震源過程解析  
 Fig.8(b) Source rupture process analysis by far field body-wave.

# 10月23日19時41分 トルコの地震 — 体積ひずみ計の記録から推定される Mw —

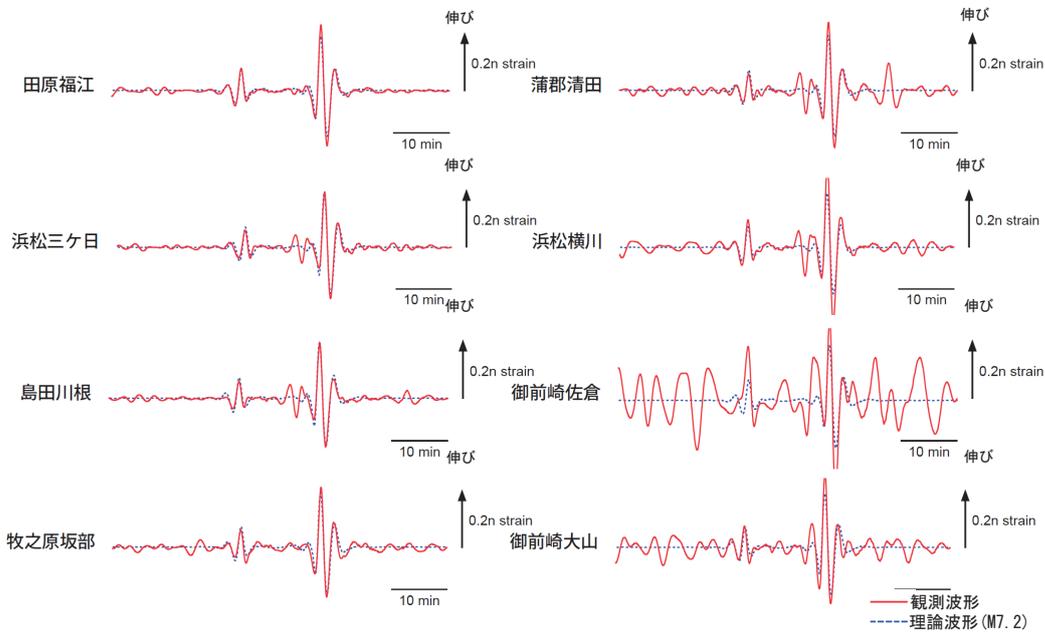


田原福江観測点の観測波形と理論波形の振幅比較（上図）  
データには周期 120～333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差（ $1\sigma$ ）の範囲を示す。

気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計の今回の地震による波形記録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 Mw7.0 相当から 7.4 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の整合が最もよく整合するのは、Mw7.2 相当の場合であった。



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（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 8 図 (c) 体積ひずみ計の記録から推定される Mw

Fig.8(c) The moment magnitude estimated from strain recorded of the borehole volume strainmeters