

## 11 - 1 世界の地震活動 (2015 年 11 月～2016 年 4 月)

### Seismic Activity in the World (November 2015 – April 2016)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間、世界で M6.0 以上の地震は 77 回、M7.0 以上の地震は 11 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 3 月 2 日（日本時間）にインドネシア、スマトラ南西方で発生した Mw7.8 の地震及び 2016 年 4 月 17 日（日本時間）にエクアドル沿岸で発生した Mw7.8 の地震であった。

2015 年 11 月～2016 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) ペルー・ブラジル国境の地震（Mw7.5, 第 3 図 (a)～(c)）

2015 年 11 月 25 日 07 時 45 分に、ペルー・ブラジル国境の深さ 601 km で Mw7.5 の地震が発生した。また、同日 07 時 50 分にはほぼ同じ場所で、同規模の地震が発生しており、これらの地震は南米プレートの下に沈み込むナスカプレート内部で発生した。07 時 45 分に発生した地震の発震機構（CMT 解）は、ナスカプレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

#### (2) インドネシア、スマトラ南西方の地震（Mw7.8, 第 8 図 (a)～(d)）

2016 年 3 月 2 日 21 時 49 分に、インドネシア、スマトラ南西方の深さ 24 km で Mw7.8 の地震が発生した。この地震は、ユーラシアプレートの下に沈み込む前のインド・オーストラリアプレート内部で発生した。発震機構（CMT 解）は、北東－南西方向に張力軸を持つ横ずれ断層型である。この地震により、オーストラリアのココス諸島、クリスマス島で微弱な津波が観測された。今回の地震の震央周辺では、2004 年 12 月 26 日に Mw9.1 のインドネシア、スマトラ島北部西方沖の地震が発生しており、それ以降、M7.0 以上の地震や被害が生じた地震が時々発生している。今回の地震は、海溝軸の外側で発生しており、プレート境界で発生した Mw9.1 のインドネシア、スマトラ島北部西方沖の地震の一連の活動とは異なる。

#### (3) エクアドル沿岸の地震（Mw7.8, 第 10 図 (a)～(d)）

2016 年 4 月 17 日 08 時 58 分に、エクアドル沿岸の深さ 21 km で Mw7.8 の地震が発生した。この地震は、発震機構（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。この地震により、エクアドルのリベルタッドで微弱な津波を観測した。

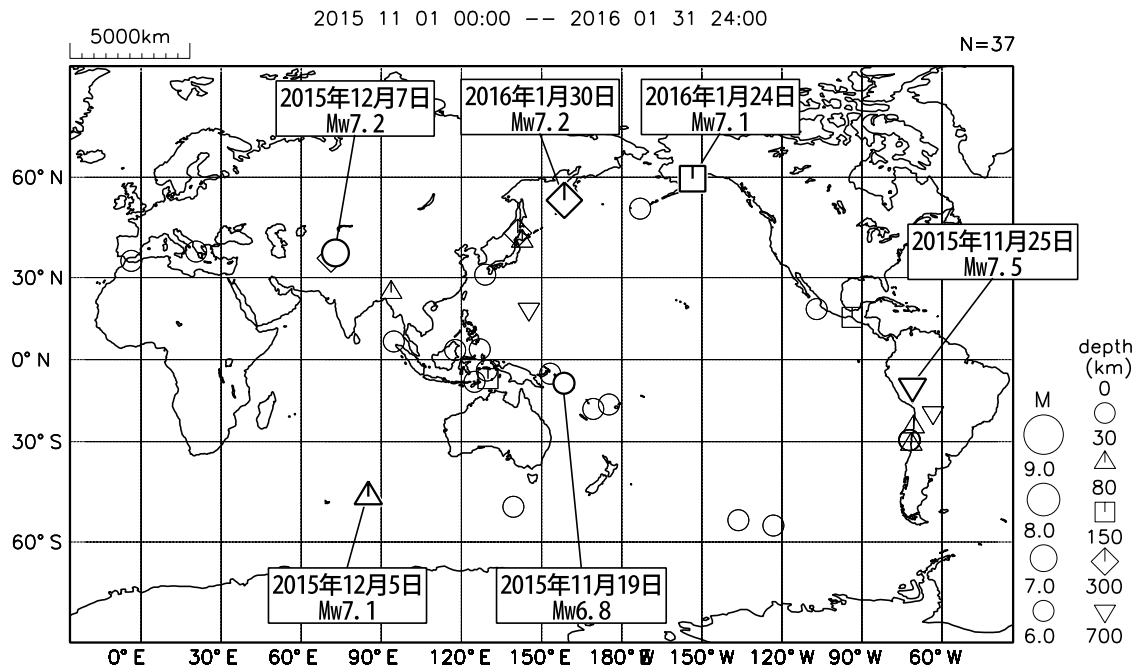
#### (4) その他の地震活動

| 発生年月日     | 震央地名   | 地震の<br>規模 | 震源の<br>深さ (km) | 地震の<br>発生場所                  |
|-----------|--------|-----------|----------------|------------------------------|
| 2015 年    |        |           |                |                              |
| 11 月 19 日 | ソロモン諸島 | Mw6.8     | 13             | 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 |

|          |              |       |     |                              |                   |
|----------|--------------|-------|-----|------------------------------|-------------------|
|          |              |       |     |                              | (第 2 図 (a), (b))  |
| 12 月 5 日 | 南東インド洋海嶺     | Mw7.1 | 35  | 南極プレート内                      | (第 4 図 (a) ~ (c)) |
| 12 月 7 日 | タジキスタン       | Mw7.2 | 22  | ユーラシアプレート内                   | (第 5 図 (a), (b))  |
| 2016 年   |              |       |     |                              |                   |
| 1 月 24 日 | 米国、アラスカ州南部   | Mw7.1 | 129 | 太平洋プレート内                     | (第 6 図 (a) ~ (c)) |
| 1 月 30 日 | ロシア、カムチャツカ半島 | Mw7.2 | 177 | 太平洋プレート内                     | (第 7 図 (a) ~ (c)) |
| 4 月 3 日  | バヌアツ諸島       | Mw6.9 | 26  | 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 | (第 9 図 (a), (b))  |
| 4 月 29 日 | バヌアツ諸島       | Mw7.0 | 27  | 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 | (第 9 図 (a), (c))  |

## 世界の地震活動（2015年11月～2016年1月、 $M \geq 6.0$ ）

震源は米国地質調査所(USGS、2016年5月20日現在)、 $M_w$ （モーメントマグニチュード）は気象庁による。

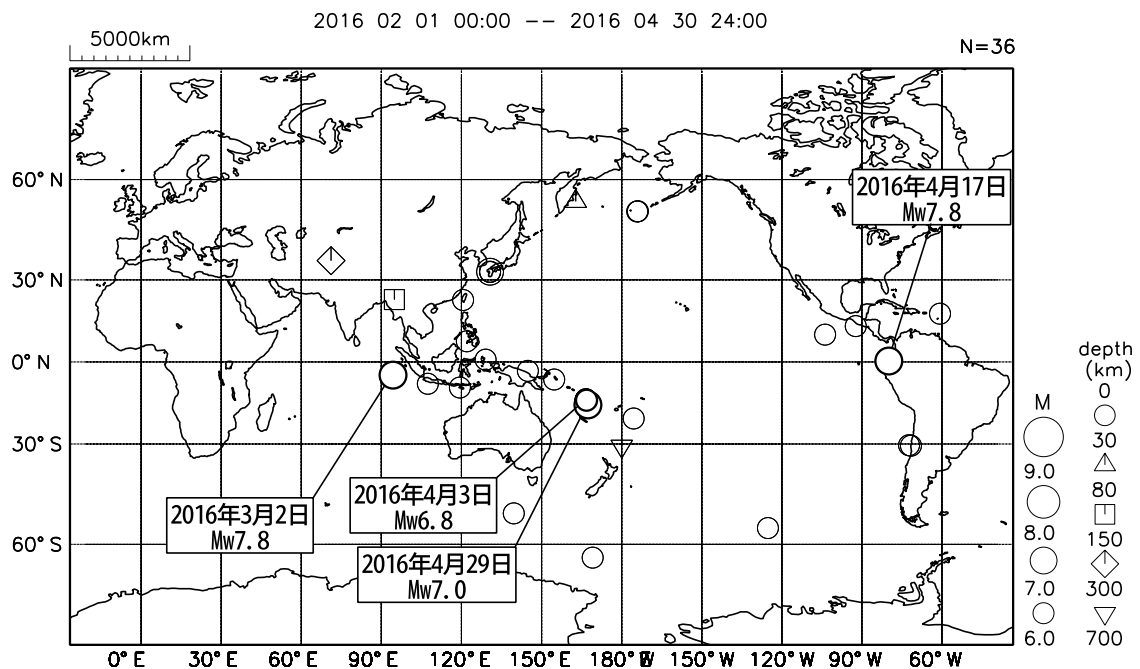


第1図(a) 世界の地震活動（2015年11月～2016年1月、 $M \geq 6.0$ 、深さ $\leq 700$ km）

Fig.1(a) Seismic activity in the World (November 2015 – January 2016,  $M \geq 6.0$ , depth  $\leq 700$  km).

## 世界の地震活動（2016年2月～4月、 $M \geq 6.0$ ）

震源は米国地質調査所(USGS、2016年5月20日現在)、 $M_w$ （モーメントマグニチュード）は気象庁による。



第1図(b) つづき（2016年2月～4月、 $M \geq 6.0$ 、深さ $\leq 700$ km）

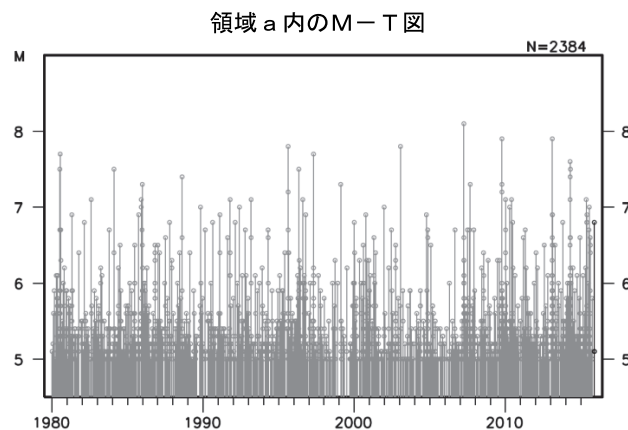
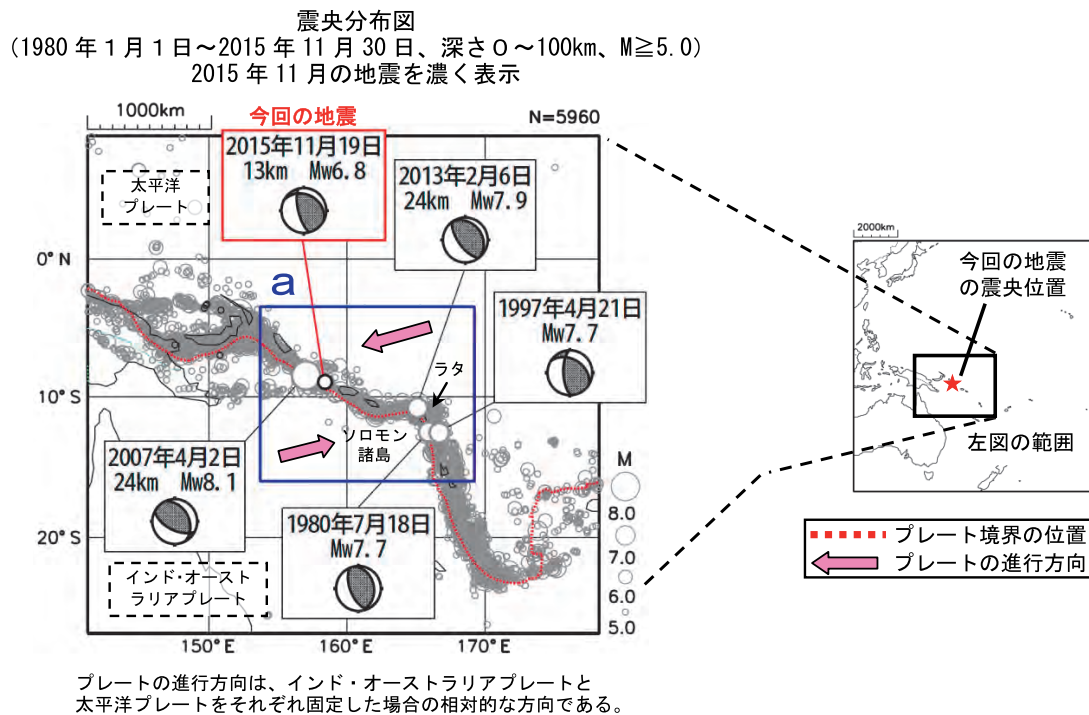
Fig.1 (b) Continued (February – April 2016,  $M \geq 6.0$ , depth  $\leq 700$  km).

## 11月19日 ソロモン諸島の地震

2015 年 11 月 19 日 03 時 31 分（日本時間、以下同じ）に、ソロモン諸島の深さ 13km で Mw6.8 の地震が発生した。発震機構（気象庁による CMT 解）は北東－南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

1980 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 を超える規模の地震が度々発生している。2007 年 4 月 2 日には Mw8.1 の地震が発生した。この地震により津波が発生し、ソロモン諸島で死者 54 人の被害を生じた。2013 年 2 月 6 日には、Mw7.9 の地震が発生し、ソロモン諸島のラタで 104cm などの津波を観測した。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ている。

なお、気象庁は同日 04 時 03 分に遠地地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。



※本資料中、今回の地震及び2009年以降の地震の発震機構とMwは気象庁による。その他の地震の発震機構とMwはGlobal CMTによる。震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2015年12月2日現在)。過去の被害は、宇津及び国立研究開発法人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。

\* 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) 2015年11月19日 ソロモン諸島の地震 (Mw6.8)

Fig.2 (a) The earthquake in the Solomon islands (Mw6.8) on November 19, 2015.

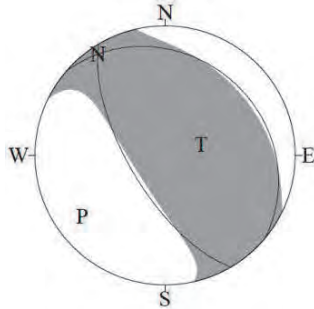


## 11 月 19 日 ソロモン諸島の地震の発震機構解析

2015 年 11 月 19 日 03 時 31 分 (日本時間) にソロモン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

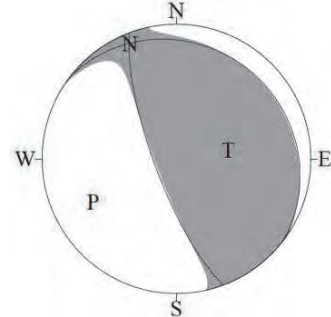
セントロイドは、南緯  $9.0^{\circ}$  、東経  $158.4^{\circ}$  、深さ 22km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $2.25 \times 10^{19} \text{Nm}$ | $310.4^{\circ} / 23.8^{\circ} / 72.4^{\circ}$ | $149.4^{\circ} / 67.4^{\circ} / 97.6^{\circ}$ |

### 2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯  $8.8^{\circ}$  、東経  $158.4^{\circ}$  、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 34 観測点の上下成分、27 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。

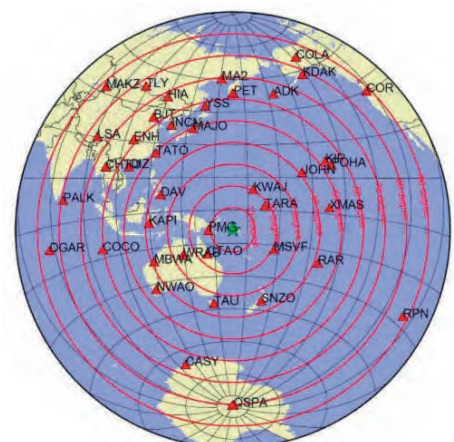
| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)                           | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)                           |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 6.9 | $3.32 \times 10^{19} \text{Nm}$ | $307.6^{\circ} / 15.7^{\circ} / 59.1^{\circ}$ | $159.5^{\circ} / 76.6^{\circ} / 98.2^{\circ}$ |

(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 2 図 (b) 発震機構解析

Fig.2 (b) Moment tensor solution.

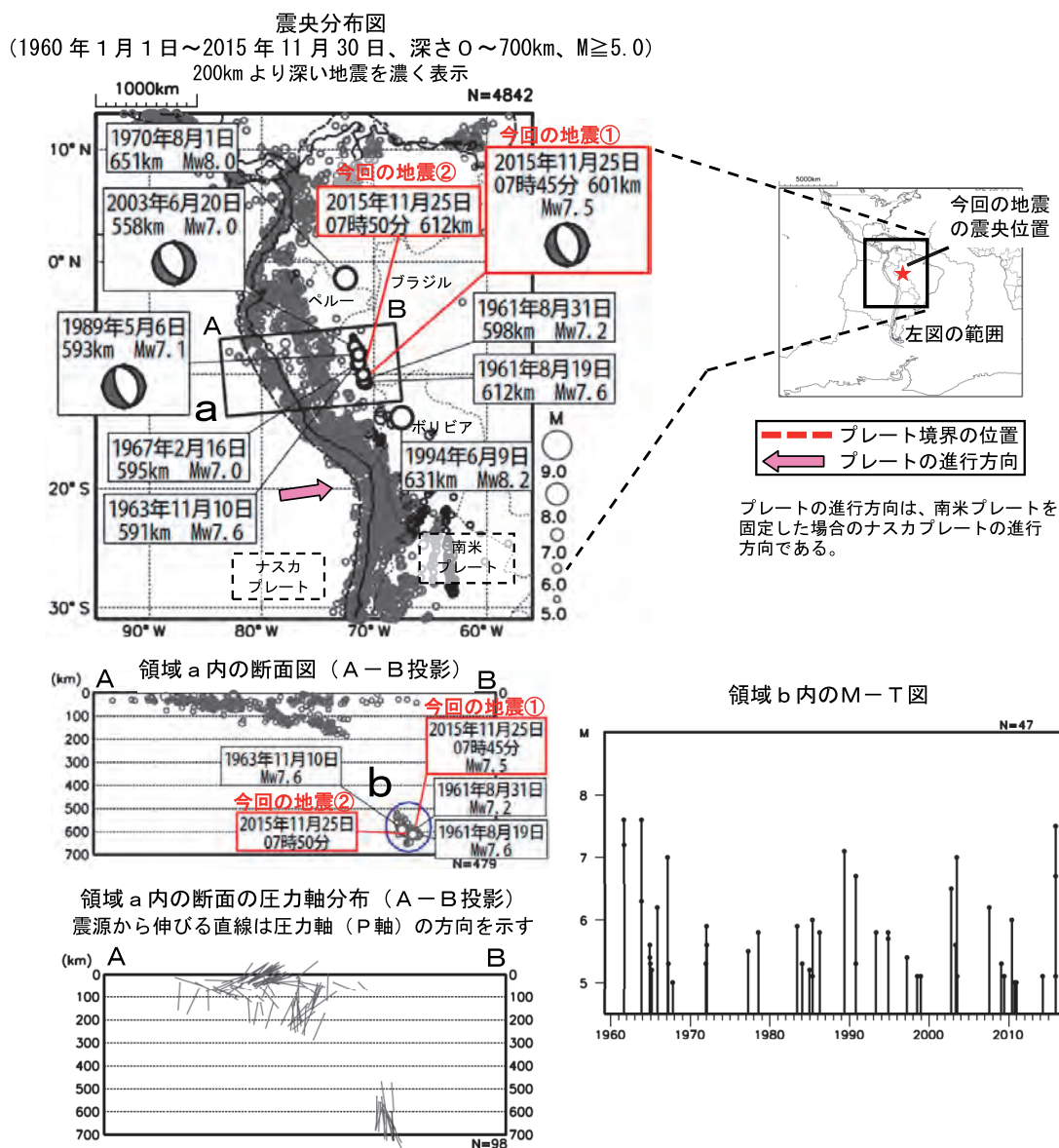
# 11月25日 ペルー・ブラジル国境の地震

2015 年 11 月 25 日 07 時 45 分 (日本時間、以下同じ) に、ペルー・ブラジル国境の深さ 601km で Mw7.5 の地震①が、同日 07 時 50 分にほぼ同じ場所で、同規模の地震②が発生した。これらの地震は、南米プレートの下に沈み込むナスカプレート内部で発生した。今回の地震①の発震機構 (気象庁による CMT 解) はナスカプレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

1960 年以降の活動を見ると、今回の地震①、②の震源周辺（領域 b）では、M6.0 を超える地震がたびたび発生している。今回の地震の震源付近では、1961 年 8 月 19 日に深さ 612km で Mw7.6、同年 8 月 31 日に Mw7.2 の地震が、ほぼ同じ場所で続けて発生している。

近隣のボリビアでは、1994 年 6 月 9 日に深さ 631km で Mw8.2 の地震が発生し、死者 10 人の被害を生じた。

なお、気象庁は同日 08 時 19 分に遠地地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。



※本資料中、今回の地震①の発震機構と Mw は気象庁による。1960 年～1963 年の地震の震源要素及び 1960 年～1975 年の地震の Mw は国際地震センター（ISC）による。1976 年以降で今回の地震①以外の地震の発震機構と Mw は GlobalCMT による。その他の震源要素は米国地質調査所（USGS）による（2015 年 12 月 2 日現在）。過去の被害は、宇津及び国立研究開発法人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。

\*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11月25日ペルー／ブラジル国境の地震 (Mw7.5)

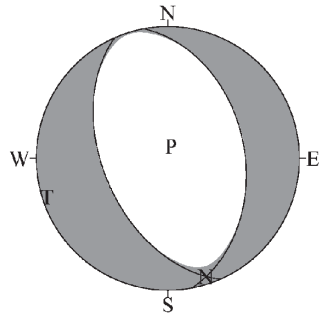
Fig.3 (a) The earthquake in the Peru-Brazil border region (Mw7.5) on November 25, 2015.

## 11 月 25 日 ペルー・ブラジル国境の地震の発震機構解析

2015 年 11 月 25 日 07 時 45 分（日本時間）にペルー・ブラジル国境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

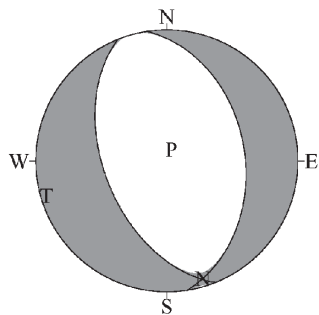
セントロイドは、南緯 10.5°、西経 71.0°、深さ 601km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $2.37 \times 10^{20} \text{Nm}$ | 349.5° / 41.2° / -80.0° | 156.3° / 49.6° / -98.7° |

### 2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 10.5°、西経 71.0°、深さ 601km 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、9 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。

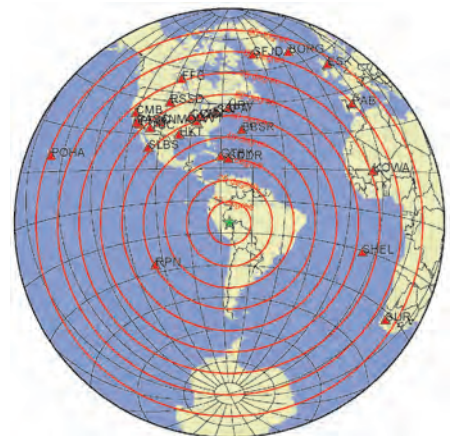
| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)     | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)     |
|-----|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7.5 | $2.39 \times 10^{20} \text{Nm}$ | 351.3° / 40.1° / -79.8° | 158.1° / 50.6° / -98.5° |

(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 11 月 25 日 ペルー／ブラジル国境の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

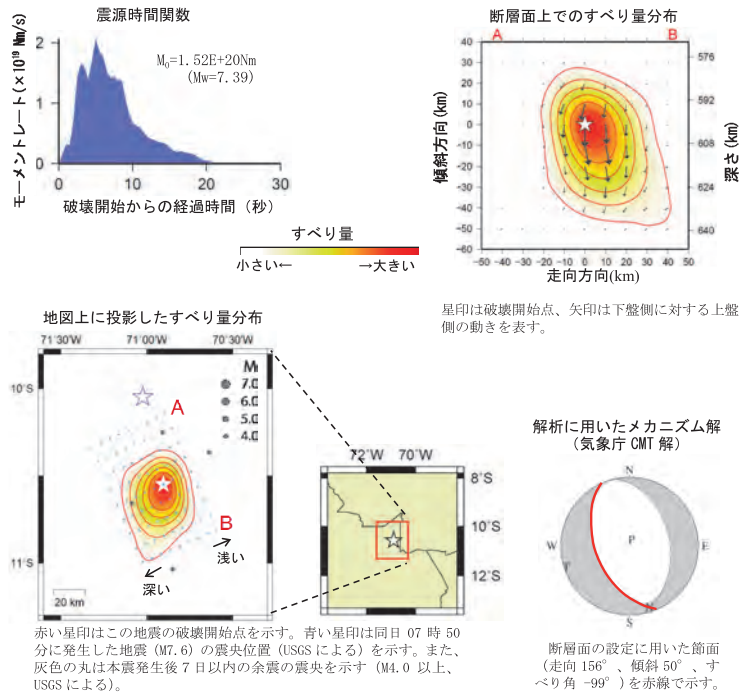
2015 年 11 月 25 日 07 時 45 分（日本時間）にペルー／ブラジル国境で発生した地震について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（ $10^{\circ} 32.8' \text{ S}$ 、 $70^{\circ} 54.2' \text{ W}$ 、深さ 601km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、西南西傾斜の節面（走向  $156^{\circ}$ 、傾斜  $50^{\circ}$ ）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は  $3.8 \text{ km/s}$  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 60km、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あり、最大すべり量は 0.7m であった（周辺の構造から剛性率を  $120 \text{ GPa}$  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（ $M_w$ ）は 7.4 であった。

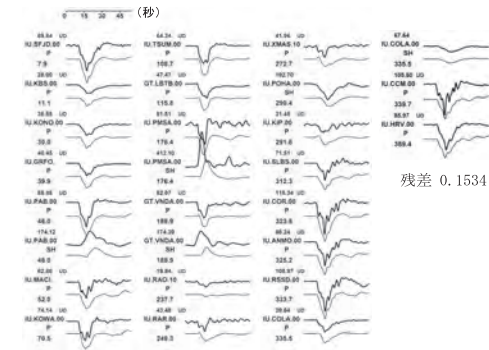
結果の見方は、[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about\\_srcproc.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html) を参照。



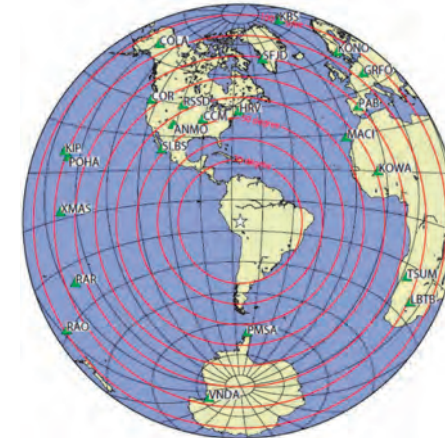
（注 1）解析に使用したプログラム

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



観測点分布



震央距離  $30^{\circ} \sim 100^{\circ}$  の 23 観測点<sup>※1</sup>（P 波：22、SH 波：5）を使用。  
<sup>※1</sup>：近すぎる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。  
<sup>※2</sup>：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

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

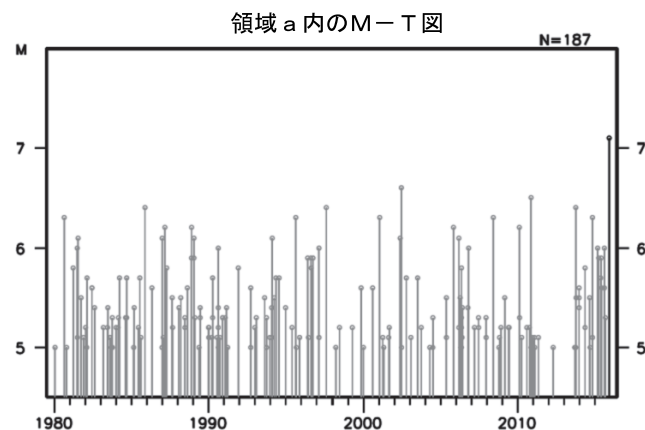
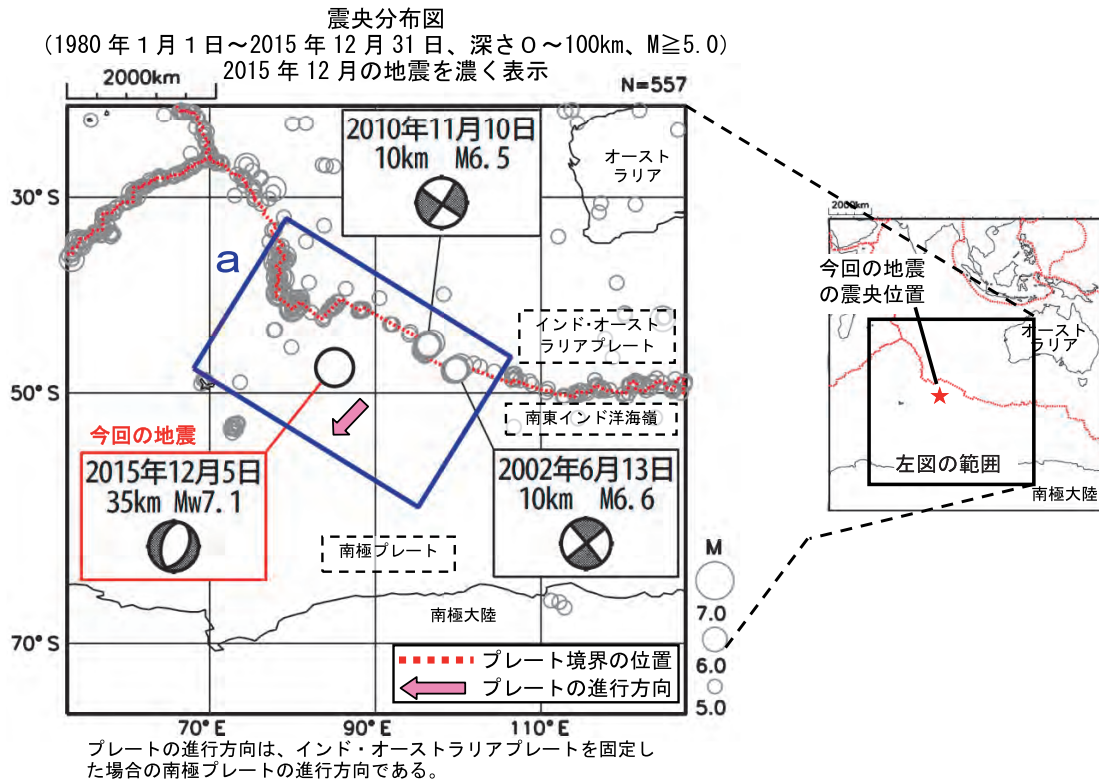


## 12月5日 南東インド洋海嶺の地震

2015年12月5日07時25分（日本時間、以下同じ）に、南東インド洋海嶺の深さ35kmでMw7.1の地震が発生した。この地震は、南極プレートとインド・オーストラリアプレートの境界から南西へ約700km離れた場所の南極プレート内で発生した。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正断層型である。

1980年以降の活動を見ると、南極プレートとインド・オーストラリアプレートの境界付近では、M6.0以上の地震は時々発生しているが、プレート境界から離れた今回の地震の震央付近では、M5.0以上の地震もなく、M7を超える地震は今回が初めてである。

なお、気象庁は同日07時54分に遠地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。



本資料中、今回の地震の発震機構とMwは気象庁による。その他の震源要素と発震機構は米国地質調査所（USGS）による（2016年1月5日現在）。プレート境界の位置はBird（2003）\*、進行方向はUSGS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(a) 2015年12月5日南東インド洋海嶺の地震(Mw7.1)

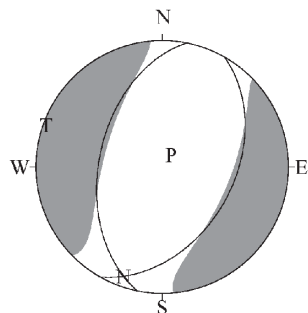
Fig.4(a) The earthquake in Southeast Indian Ridge (Mw7.1) on December 5, 2015.

## 12月5日 南東インド洋海嶺の地震の発震機構解析

2015 年 12 月 5 日 07 時 25 分（日本時間）に南東インド洋海嶺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

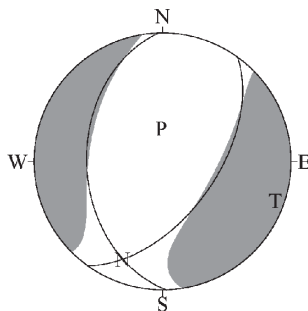
セントロイドは、南緯  $47.3^{\circ}$ 、東経  $85.3^{\circ}$ 、深さ 31km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $5.31 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 29.5° / 43.0° / -76.4° | 191.2° / 48.5° / -102.4° |

## 2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯  $47.6^{\circ}$ 、東経  $85.2^{\circ}$ 、深さ 24km となった。



W-phase の解析では、震央距離  $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$  までの 28 観測点の上下成分、26 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。

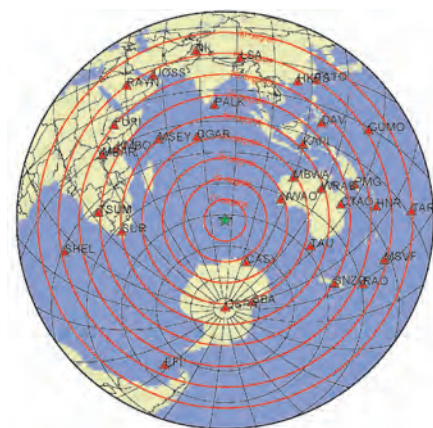
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $5.78 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 35.8° / 55.7° / -66.6° | 178.3° / 40.6° / -120.2° |

(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 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 (b) 発震機構解析

Fig.4 (b) Moment tensor solution.



## 2015 年 12 月 5 日 南東インド洋海嶺の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定）—

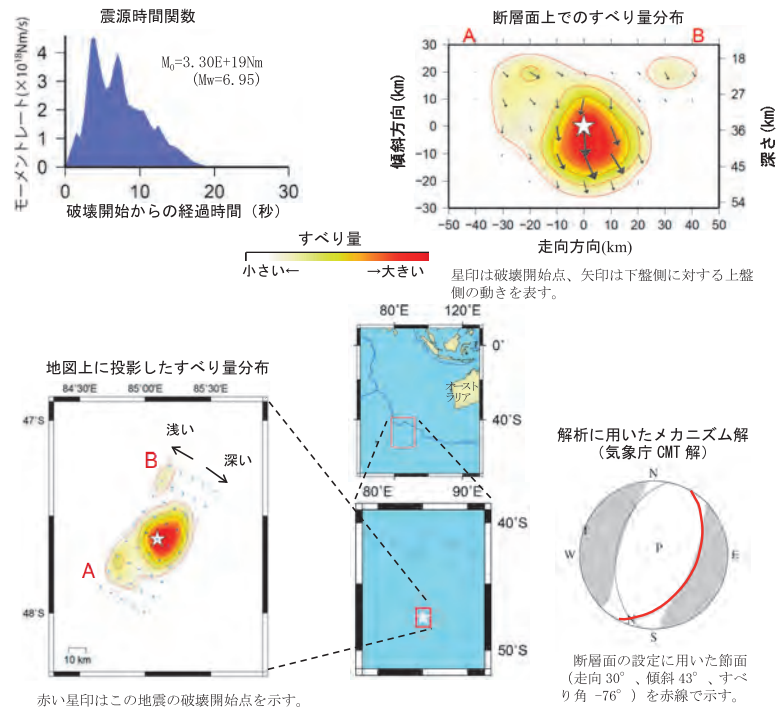
2015 年 12 月 5 日 07 時 25 分（日本時間）に南東インド洋海嶺で発生した地震について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（47° 37.0' S、85° 5.4' E、深さ 35km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、東南東傾斜の節面（走向 30°、傾斜 43°）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）。

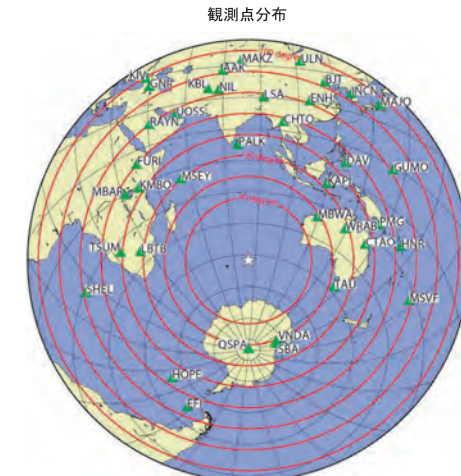
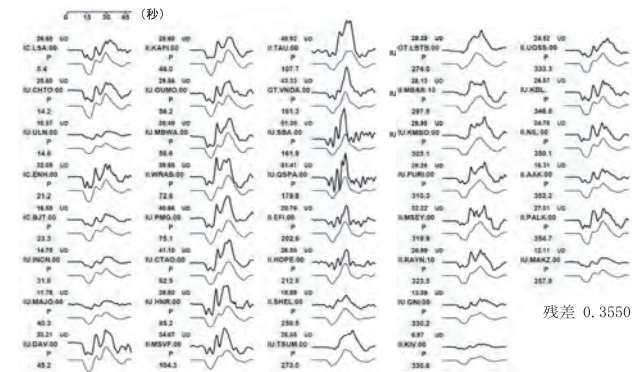
- ・主なすべり域は走向方向に約 50km、傾斜方向に約 40km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺にあり、最大すべり量は 1.2m であった（周辺の構造から剛性率を 25GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 20 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（ $M_w$ ）は 7.0 であった。

結果の見方は、[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about\\_srcproc.html](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 38 観測点 \*2 (P 波 : 38, SH 波 : 0) 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 (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.

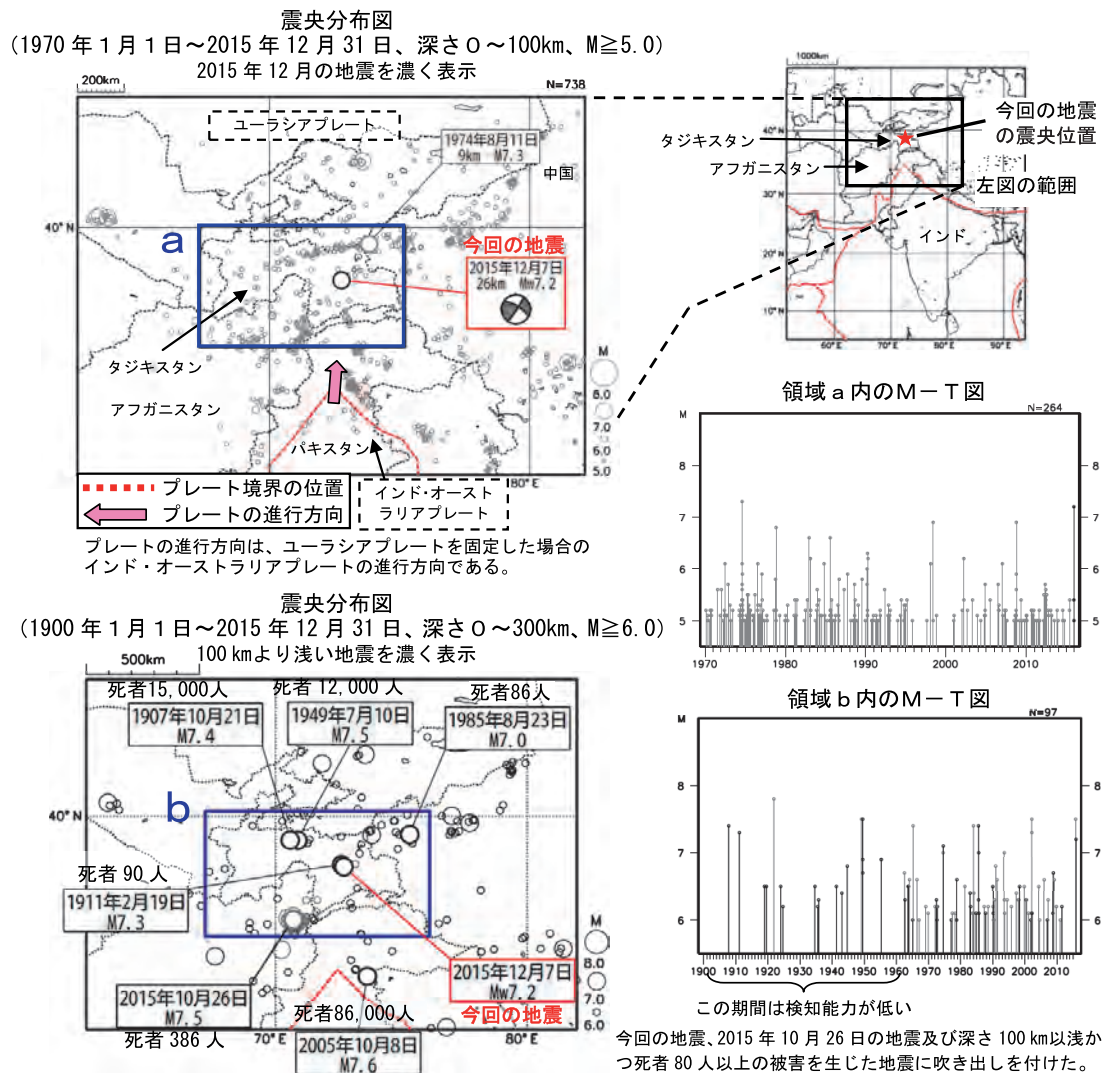
## 12月7日 タジキスタンの地震

2015年12月7日16時50分（日本時間、以下同じ）に、タジキスタンの深さ22kmでMw7.2の地震が発生した。この地震はユーラシアプレートの地殻内で発生した。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る。今回の地震によりタジキスタン国内で、死者2人、負傷者14人などの被害が生じた。今回の地震は、インド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界から北に約400km離れた場所で発生した。今回の地震の震央周辺は、この二つのプレートの衝突の影響で、大きな被害を伴う地震がたびたび発生している。

1970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、タジキスタンの北東部から中国の西部にかけて地震活動が活発で、1974年にM7.3の地震が発生した。

1900年以降の活動を見ると、1911年に今回の地震とほぼ同じ場所でM7.3の地震が発生している。この地震により、死者90人の被害が生じたほか、地すべりが発生し川がせき止められ、湖が形成された。また、今回の地震の震央から北西に約200km離れたタジキスタン中央北部で1907年にM7.4、1949年にM7.5の地震が発生し、それぞれ死者15,000人、12,000人と大きな被害が生じた。

なお、気象庁は同日17時19分に遠地地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。



本資料中、今回の地震の発震機構とMwは気象庁による。上の震央分布図中の、地震の震源要素は米国地質調査所（USGS）による（2016年1月5日現在）。下の震央分布図中の、1900年～2009年の地震の震源要素は国際地震センター（ISC）、2010年以降の地震の震源要素はUSGSによる。被害等は、USGS、OCHA（UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs：国連人道問題調整事務所）、理科年表及び宇津及び国立研究開発法人建築研究所国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」による。プレート境界の位置はBird（2003）\*、進行方向はUSGS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5図(a) 2015年12月7日タジキスタンの地震（Mw7.2）

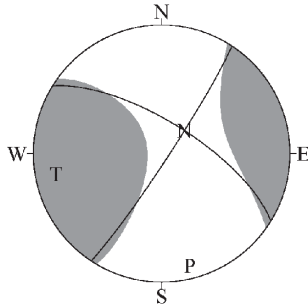
Fig.5 (a) The earthquake in Tajikistan (Mw7.2) on December 7, 2015.

## 12月7日 タジキスタンの地震の発震機構解析

2015年12月7日16時50分(日本時間)にタジキスタ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

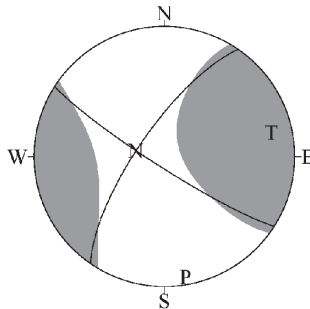
セントロイドは、北緯  $38.5^{\circ}$ 、東経  $72.7^{\circ}$ 、深さ 10km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $8.14 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 33.2° / 85.7° / 20.1° | 301.7° / 69.9° / 175.4° |

## 2. W-phase の解析

セントロイドは、北緯  $38.5^{\circ}$ 、東経  $72.6^{\circ}$ 、深さ 24km となった。



W-phase の解析では、震央距離  $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$  までの 47 観測点の上下成分、53 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。

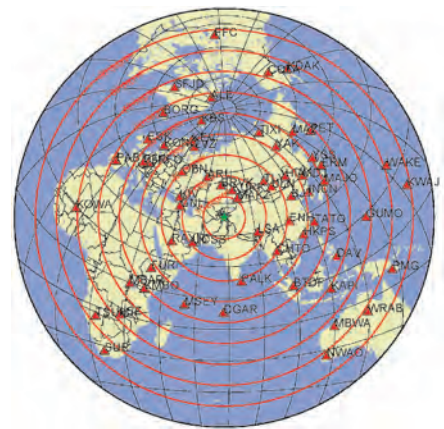
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $7.74 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 214.5° / 73.3° / 6.9° | 122.6° / 83.4° / 163.2° |

(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 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) 発震機構解析

Fig.5 (b) Moment tensor solution.



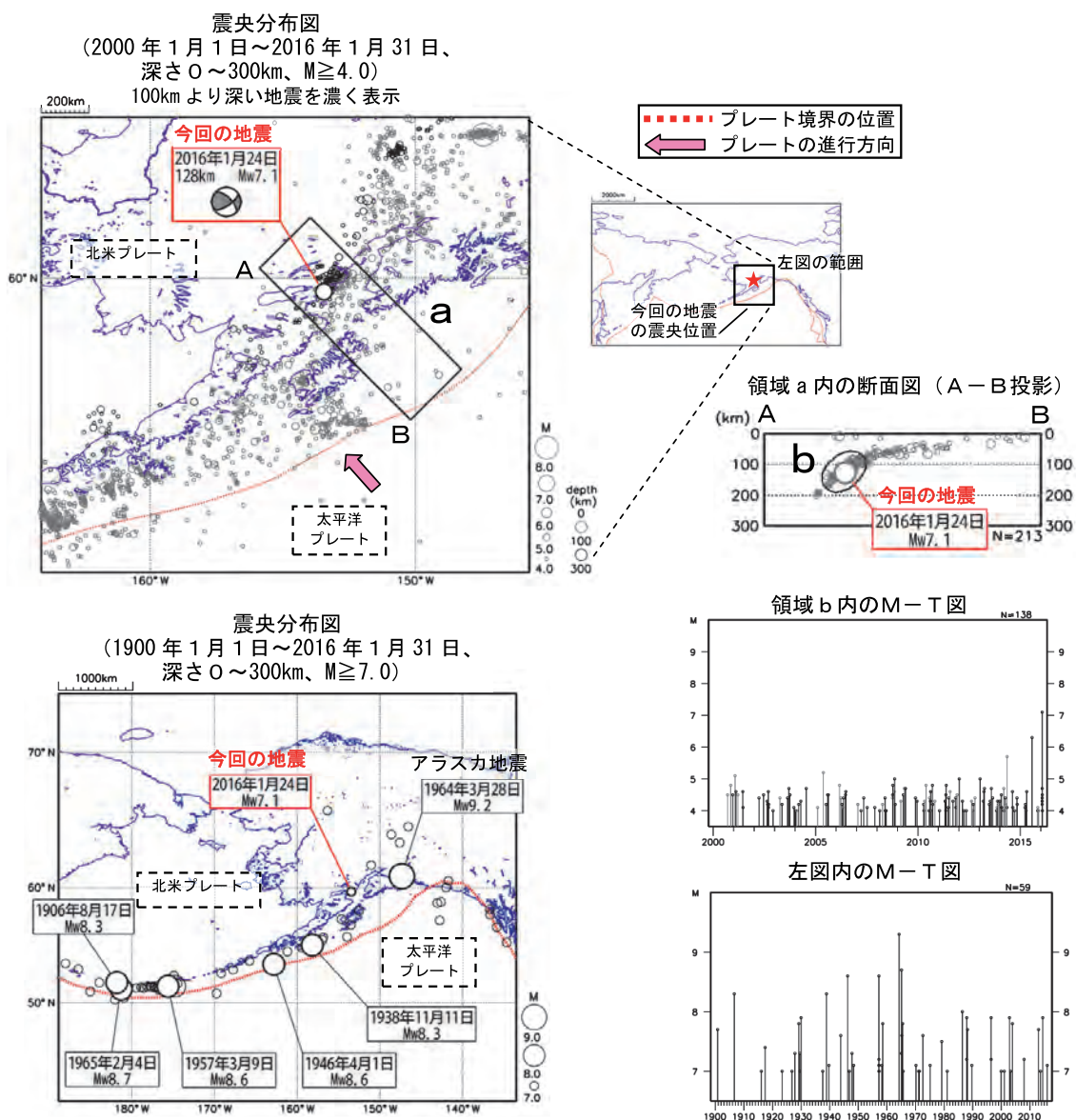
## 1月24日 米国、アラスカ州南部の地震

2016年1月24日19時30分（日本時間）に、米国、アラスカ州南部の深さ129kmでMw7.1の地震が発生した。この地震は北米プレートの下に沈み込む太平洋プレート内部で発生した。発震機構（気象庁によるCMT解）は南北方向に圧力軸を持つ型である。

2000年以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺（領域b）では、Mw4.0～5.0程度の地震が度々発生しているが、Mw7.0を超えるものは今回が初めてである。

1900年以降の活動を見ると、太平洋プレートの沈み込みに沿ってMw8.0を超える地震が時々発生している。1964年3月28日にMw9.2のアラスカ地震が発生し、死者131人の被害が生じた。また、この地震に伴い、日本では大船渡で75cmの津波（観測値は「日本被害津波総覧」による）を観測するなど、太平洋沿岸の広い範囲で津波を観測した。

なお、気象庁は、今回の地震について、同日19時58分に遠地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。



本資料中、今回の地震の発震機構とMwは気象庁による。震央分布図中の、1900年1月～2009年12月の震源要素は国際地震センター(ISC)、2010年1月～2016年1月の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2016年2月2日現在)。ただし、1964年3月28日の地震のマグニチュードは理科年表による。プレート境界の位置はBird(2003)\*より引用。プレートの進行方向と被害は、USGS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(a) 2016年1月24日米国、アラスカ州南部(Mw7.1)

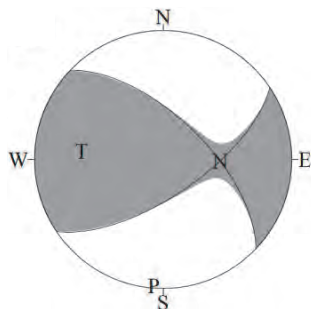
Fig.6(a) The earthquake in Southern Alaska, United States (Mw7.1) on January 24, 2016.

## 1 月 24 日 米国、アラスカ州南部の地震の発震機構解析

2016 年 1 月 24 日 19 時 30 分（日本時間）に米国、アラスカ州南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

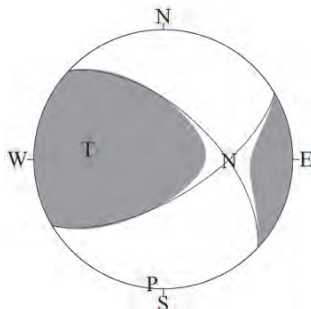
セントロイドは、北緯  $59.5^{\circ}$ 、西経  $153.3^{\circ}$ 、深さ 102km となった。



| Mw  | $M_0$                           | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)                          | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)                            |
|-----|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 7.1 | $5.26 \times 10^{19} \text{Nm}$ | $56.1^{\circ} / 66.8^{\circ} / 29.1^{\circ}$ | $313.8^{\circ} / 63.4^{\circ} / 153.9^{\circ}$ |

### 2. W-phase の解析

セントロイドは、北緯  $59.9^{\circ}$ 、西経  $153.5^{\circ}$ 、深さ 111km となった。



W-phase の解析では、震央距離  $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$  までの 69 観測点の上下成分、54 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。

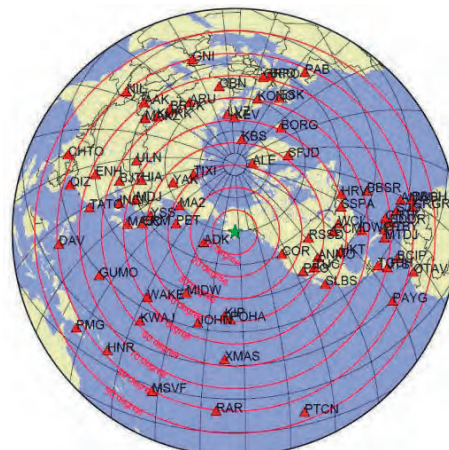
| Mw  | $M_0$                           | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)                          | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)                            |
|-----|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 7.1 | $6.09 \times 10^{19} \text{Nm}$ | $59.3^{\circ} / 65.1^{\circ} / 34.6^{\circ}$ | $313.1^{\circ} / 59.0^{\circ} / 150.5^{\circ}$ |

(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、解析には金森博士および 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 (b) 発震機構解析

Fig.6 (b) Moment tensor solution.



## 2016 年 1 月 24 日 米国、アラスカ州南部の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定）—

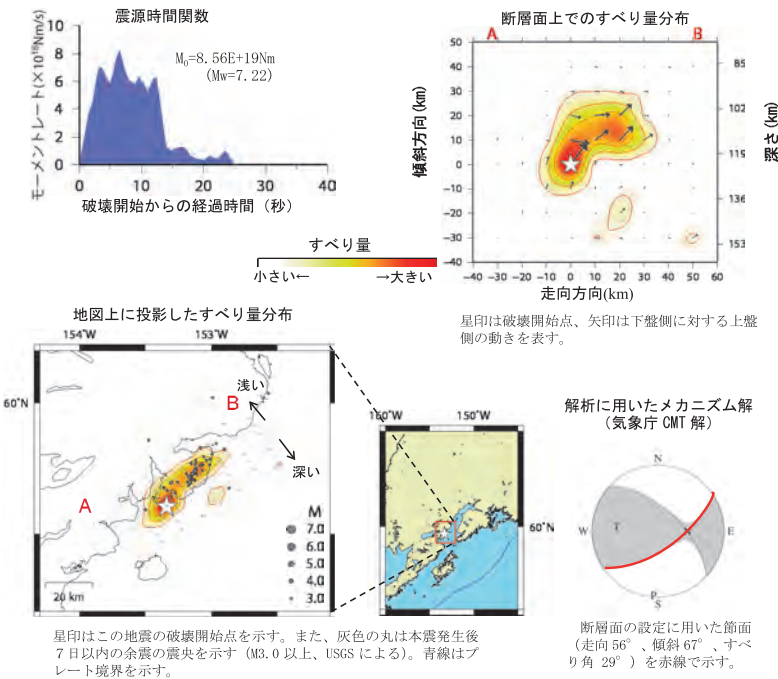
2016 年 1 月 24 日 19 時 30 分（日本時間）に米国、アラスカ州南部で発生した地震について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（59° 36.3′ N、153° 20.4′ W、深さ 123km）とした。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、南東傾斜の節面（走向 56°、傾斜 67°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 3.2km/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 40km、傾斜方向に約 40km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点から北東方向に広がり、最大すべり量は 1.2m であった（周辺の構造から剛性率を 70GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 15 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（Mw）は 7.2 であった。

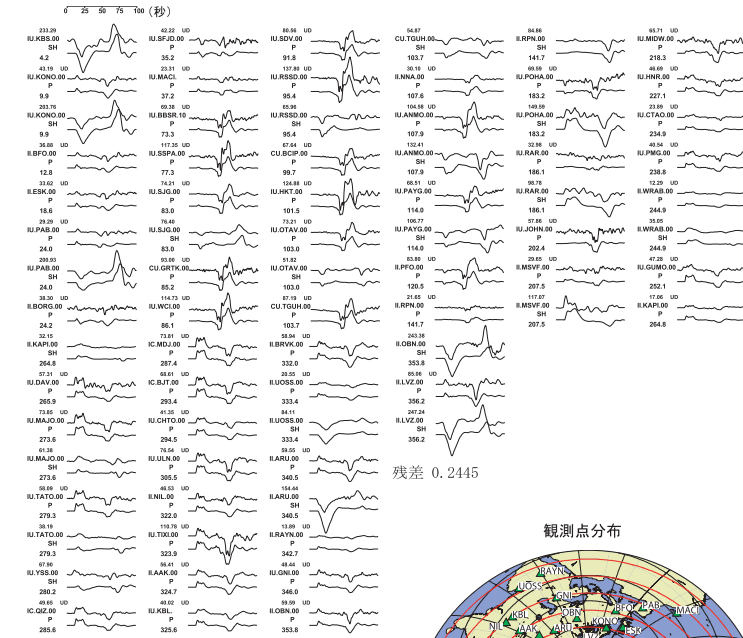
結果の見方は、[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about\\_srcproc.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html) を参照。



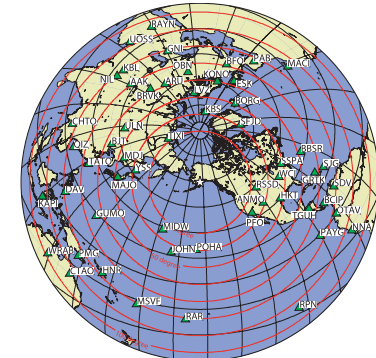
（注 1）解析に使用したプログラム

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



観測点分布



震央距離 30° ~ 100° ※1 の 55 観測点※2（P 波：53、SH 波 22）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 6 図 (c) 遠地実体波による震源過程解析

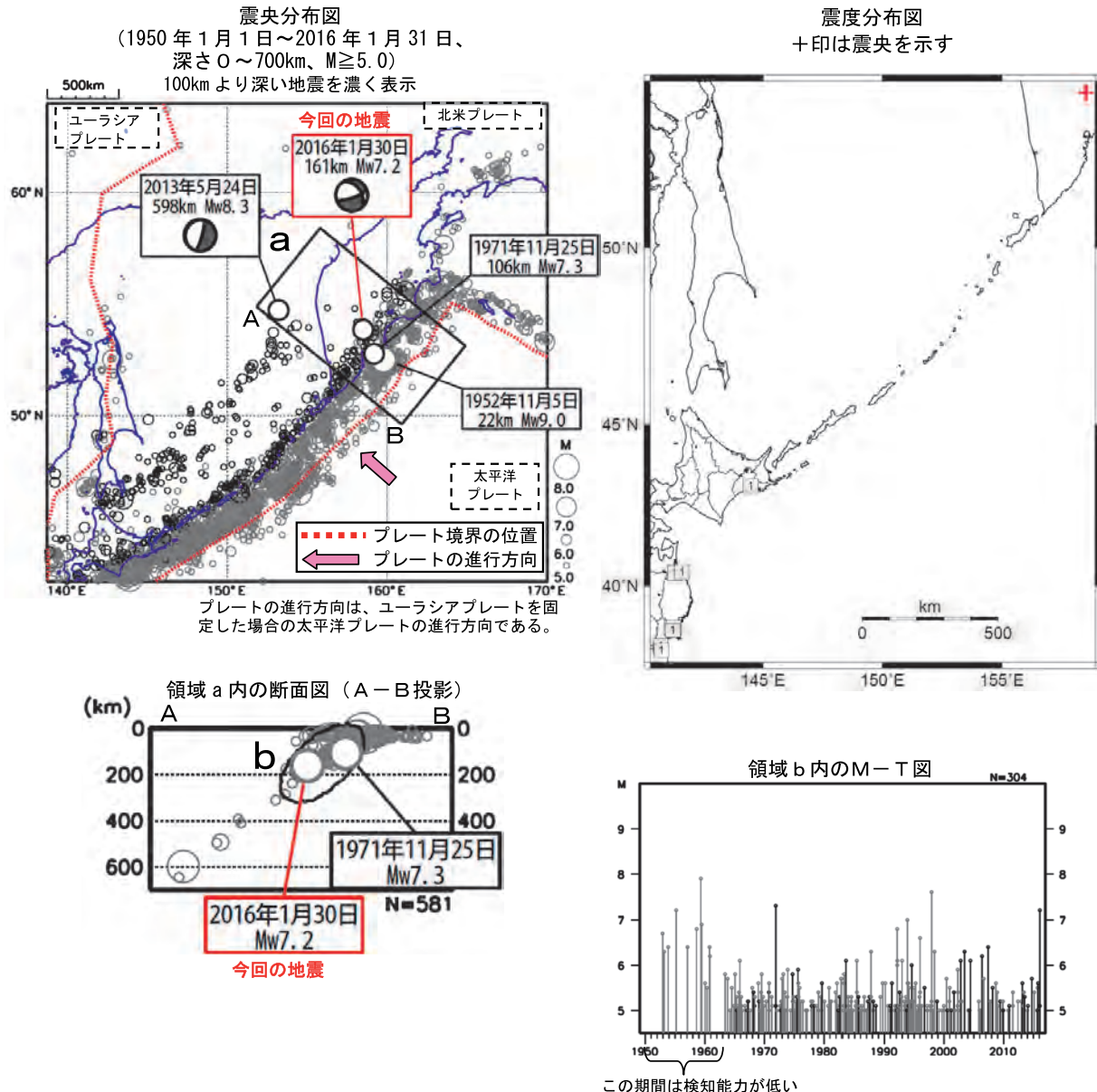
Fig.6 (c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

## 1月30日 ロシア、カムチャツカ半島の地震

2016年1月30日12時25分（日本時間）に、ロシア、カムチャツカ半島の深さ177kmでMw7.2の地震が発生した。この地震により、北海道、青森県、宮城県で震度1を観測した。この地震は北米プレートの下に沈み込む太平洋プレート内部で発生した。発震機構（気象庁によるCMT解）は北西―南東方向に圧力軸を持つ型であった。

1950年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺（領域b）では、Mw6.0以上の地震が時々発生しており、1952年11月5日にはMw9.0のカムチャツカ地震が発生し、北海道から九州の太平洋沿岸で津波を観測した。養殖施設や漁船・漁具の破損・流失等の被害を生じた（日本被害地震総覧による）。

なお、気象庁は、今回の地震について、同日12時52分に遠地震に関する情報（津波の心配なし）を発表した。



本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。1950年1月～1963年12月の震源要素は国際地震センター（ISC）、1964年1月～2016年1月の震源要素は米国地質調査所（USGS）による。（2016年2月1日現在）。1952年11月5日の地震の Mw は理科年表、1971年11月25日の地震の Mw は Global CMT プロジェクトによる。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.

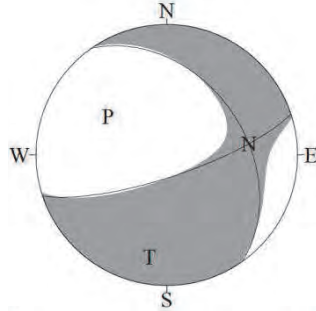
第7図(a) 2016年1月30日ロシア、カムチャツカ半島の地震 (Mw7.2)

Fig.7 (a) The earthquake in Kamchatka Peninsula, Russia (Mw7.2) on January 30, 2016.

## 1 月 30 日 ロシア、カムチャツカ半島の地震の発震機構解析

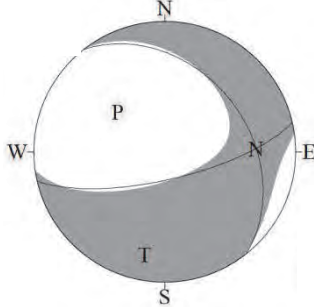
2016 年 1 月 30 日 12 時 25 分（日本時間）にロシア、カムチャツカ半島で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT 解析 セントロイドは、北緯 53.6°、東経 158.6°、深さ 174km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $7.87 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 71.7° / 76.3° / -128.0° | 324.8° / 40.0° / -21.6° |

2. W-phase の解析 セントロイドは、北緯 53.9°、東経 158.8°、深さ 171km 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、44 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。

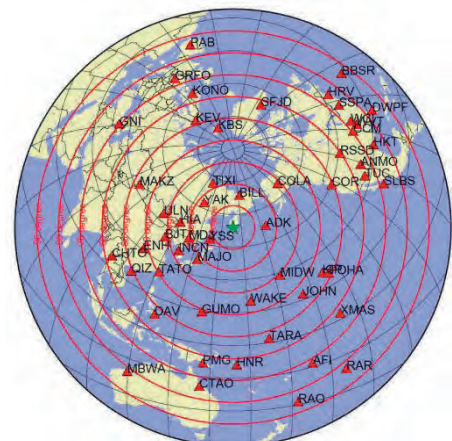
| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)     | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)     |
|-----|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7.2 | $8.51 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 77.1° / 72.7° / -122.3° | 321.9° / 36.2° / -30.3° |

(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、解析には金森博士および 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.



## 2016 年 1 月 30 日 ロシア、カムチャツカ半島の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

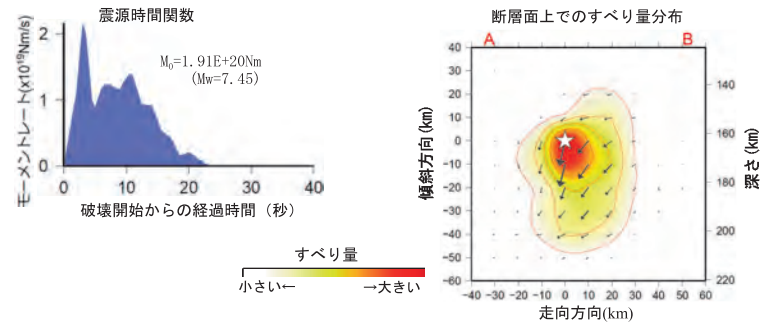
2016 年 1 月 30 日 12 時 25 分（日本時間）にロシア、カムチャツカ半島で発生した地震について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注 1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（54° 0.3′ N、158° 30.7′ E、深さ 163km）とした。断層面は、気象庁の W-phase による解の 2 枚の節面のうち、高角傾斜の節面（走向 77°、傾斜 73°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 3.2km/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。

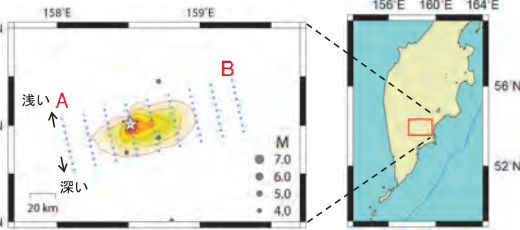
主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・断層の大きさは走向方向に約 50km、傾斜方向に約 70km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点周辺にあり、最大すべり量は 1.8m 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 ( $M_w$ ) 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](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html) を参照。

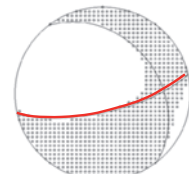


震源時間関数



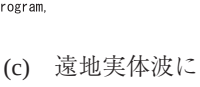
星印はこの地震の破壊開始点を示す。また、灰色の丸は本震発生後 7 日以内の余震の震央を示す ( $M_0$  以上、USGS による)。青線はプレート境界を示す。

断層面上でのすべり量分布



星印は破壊開始点、矢印は下盤側に対する上盤側の動きを表す。

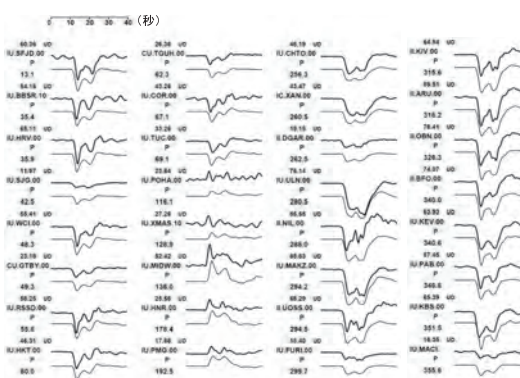
断層面上でのすべり量分布



解析に用いたメカニズム解（気象庁 W-phase による解）

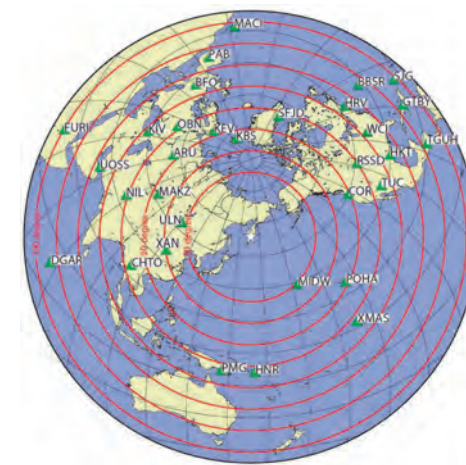


観測波形（上：0.002Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較



残差 0.1595

観測点分布



震央距離 30° ~ 100° の 32 観測点\*1 (P 波 : 32、SH 波 : 0) 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.

（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 7 図 (c) 遠地実体波による震源過程解析

Fig.7 (c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

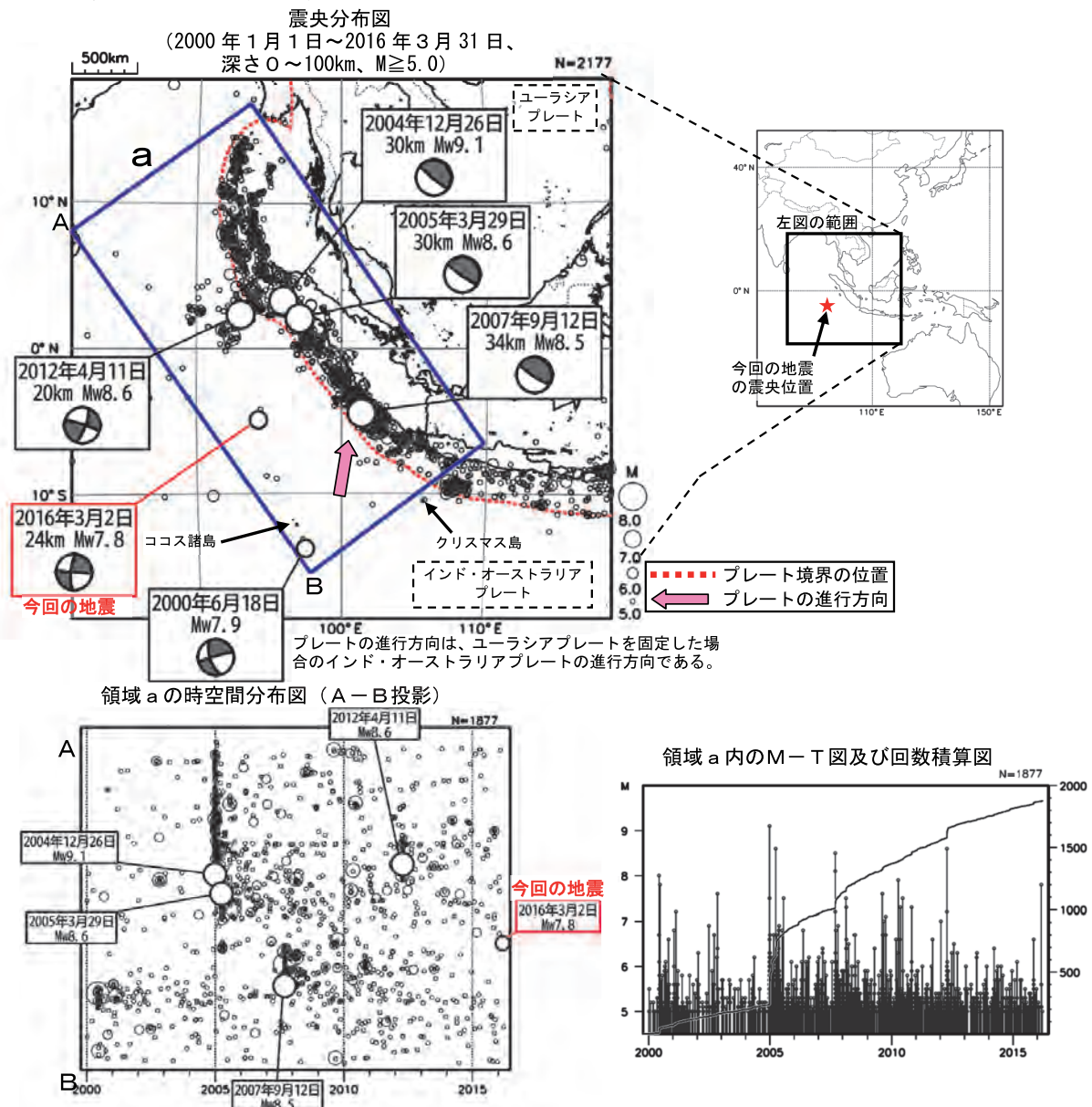


### 3月2日 インドネシア、スマトラ南西方の地震

2016年3月2日21時49分（日本時間）に、インドネシア、スマトラ南西方の深さ24kmでMw7.8の地震が発生した。この地震は、ユーラシアプレートの下に沈み込む前のインド・オーストラリアプレート内部で発生した。発震機構（気象庁によるCMT解）は、北東－南西方向に張力軸を持つ横ずれ断層型である。この地震により、オーストラリアのココス諸島、クリスマス島で微弱な津波が観測された。

領域aでは、2004年12月26日に発生したMw9.1のインドネシア、スマトラ島北部西方沖の地震以降、M7.0以上の地震や被害が生じた地震が時々発生している。今回の地震は、海溝軸の外側で発生しており、プレート境界で発生したMw9.1のインドネシア、スマトラ島北部西方沖の地震の一連の活動とは異なる。

なお、気象庁は、今回の地震について、同日22時21分に遠地震に関する情報（日本への津波の影響はなし）を発表した。



本資料中、今回の地震の発震機構とM<sub>w</sub>は気象庁による。2012年4月11日の地震(Mw8.6)のM<sub>w</sub>は気象庁、2004年12月26日の地震(Mw9.1)のM<sub>w</sub>は理科年表、その他の地震の吹き出しのM<sub>w</sub>はGlobalCMTプロジェクトによる。震源要素は米国地質調査所（USGS）による。（2016年3月28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8図(a) 2016年3月2日インドネシア、スマトラ南西方の地震（Mw7.8）

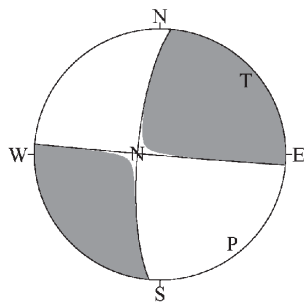
Fig.8 (a) The earthquake in Southwest of Sumatera, Indonesia (Mw7.8) on March 2, 2016.

### 3月2日 インドネシア、スマトラ南西方の地震の発震機構解析

2016年3月2日 21時49分（日本時間）にインドネシア、スマトラ南西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

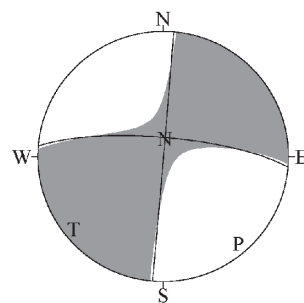
セントロイドは、南緯 4.9°、東経 94.4°、深さ 37km となった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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)    |
|-----|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 7.8 | $5.96 \times 10^{20} \text{Nm}$ | 185.0° / 75.4° / 0.6° | 94.8° / 89.4° / 165.4° |

#### 2. W-phase の解析

セントロイドは、南緯 4.6°、東経 94.4°、深さ 22km となった。



W-phase の解析では、震央距離 10° ～ 90° までの 48 観測点の上下成分、48 観測点の水平成分を用い、200～600 秒のフィルターを使用した。

注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

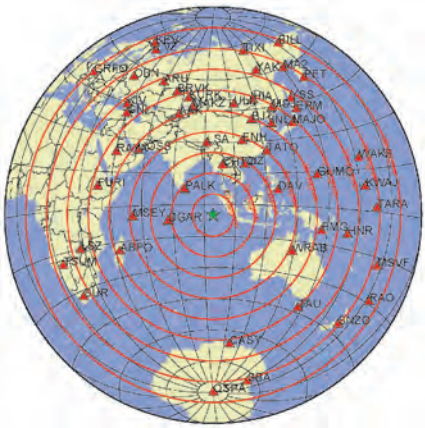
| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)  | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)     |
|-----|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 7.8 | $6.28 \times 10^{20} \text{Nm}$ | 4.9° / 89.7° / 12.5° | 274.8° / 77.5° / 179.7° |

(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.

2016 年 3 月 2 日 インドネシア、スマトラ南西方の地震  
— 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

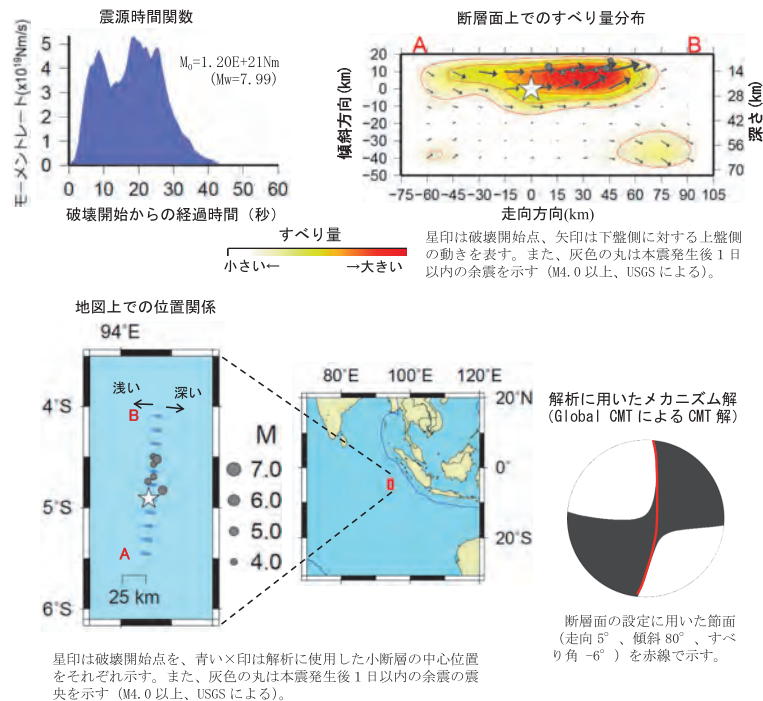
2016年3月2日21時49分(日本時間)にインドネシア、スマトラ南西方で発生した地震について、米国地震学連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所 (USGS) による震源の位置 ( $4^{\circ} 54.4' S$ ,  $94^{\circ} 16.5' E$ 、深さ 24km) とした。断面面は、Global CMT による CMT 解の 2 枚の節面のうち、余震分布に整合的な南北走向の節面 (走向  $5^{\circ}$ 、傾斜  $80^{\circ}$ ) を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は  $3.2 \text{ km/s}$  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 120km、傾斜方向に約 30km であった。
- ・主なすべりは破壊開始点を含む浅い領域に広がり、最大すべり量は 14m であった（周辺の構造から剛性率を 35GPa 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 ( $M_w$ ) は 8.0 であった。

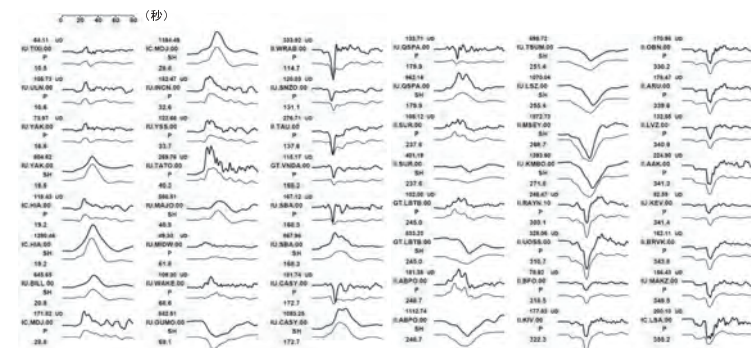
結果の見方は、[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about\\_srcproc.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html) を参照。



(注1) 解析に使用したプログラム

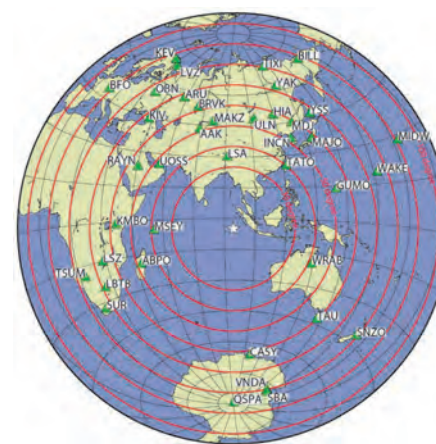
M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,  
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

観測波形（上：0.002Hz-0.5Hz）と理論波形（下）の比較



残差 0.3099

観測点分布

震央距離  $30^{\circ} \sim 100^{\circ}$  ※<sup>1</sup> の 39 観測点※<sup>2</sup> (P 波 : 32、SH 波 : 16) を使用。

※1：近すぎると理論的に扱いつらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。

※2: IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用。

## 参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000. The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America. *EOS Trans AGU*, 81, F897.

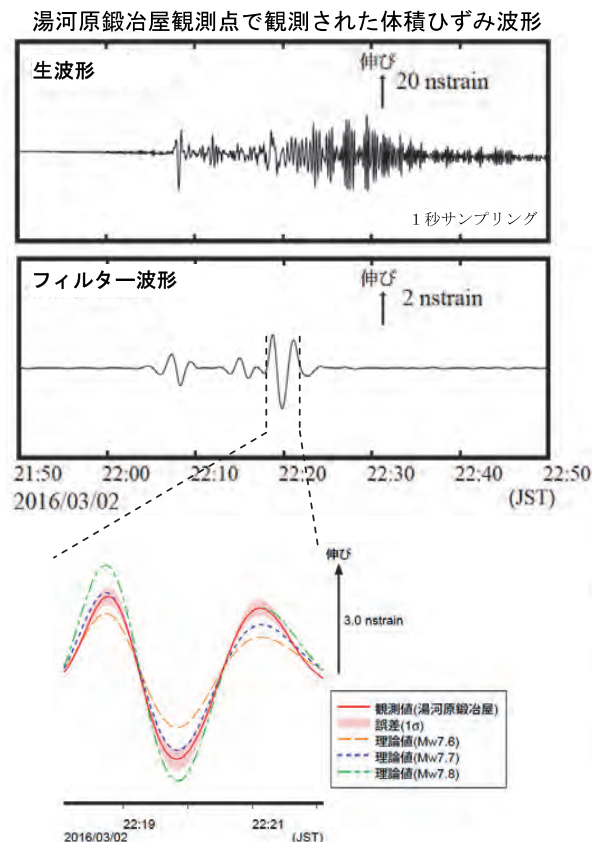
Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, *Geophys. J. Int.*, 105, 429-465.

第 8 図 (c) 遠地実体波による震源過程解析

Fig.8 (c) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.



# 3月2日 21時49分のインドネシア、スマトラ南西方の地震 — 体積ひずみ計の記録から推定される $M_w$ —



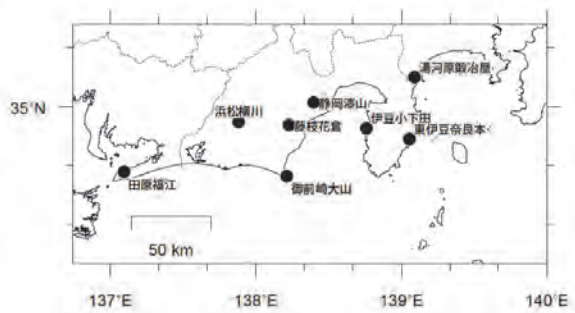
湯河原鍛冶屋観測点の観測波形と理論波形の振幅比較 (上図)  
 データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差 ( $1\sigma$ ) の範囲を示す。

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 ( $M_w$ ) の推定を行った。

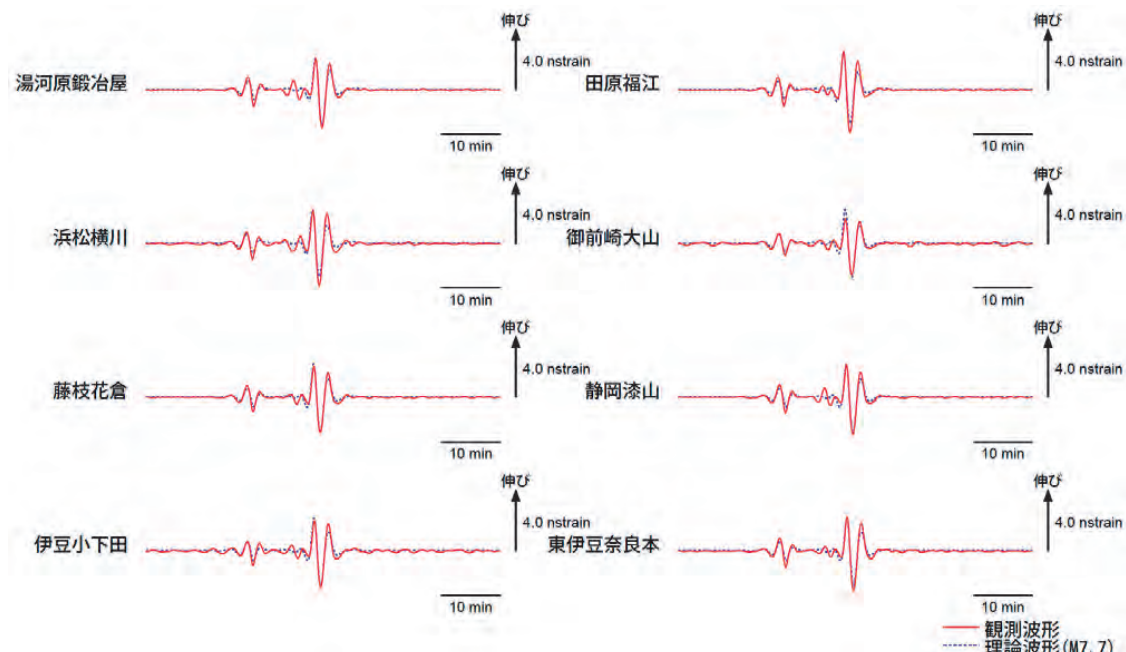
理論体積ひずみは気象庁 CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒～3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を  $M_w 7.5$  相当から 8.1 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それぞれについて観測波形と比較した。

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、 $M_w 7.7$  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 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 (d) 体積ひずみ計の記録から推定される  $M_w$

Fig.8 (d) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.

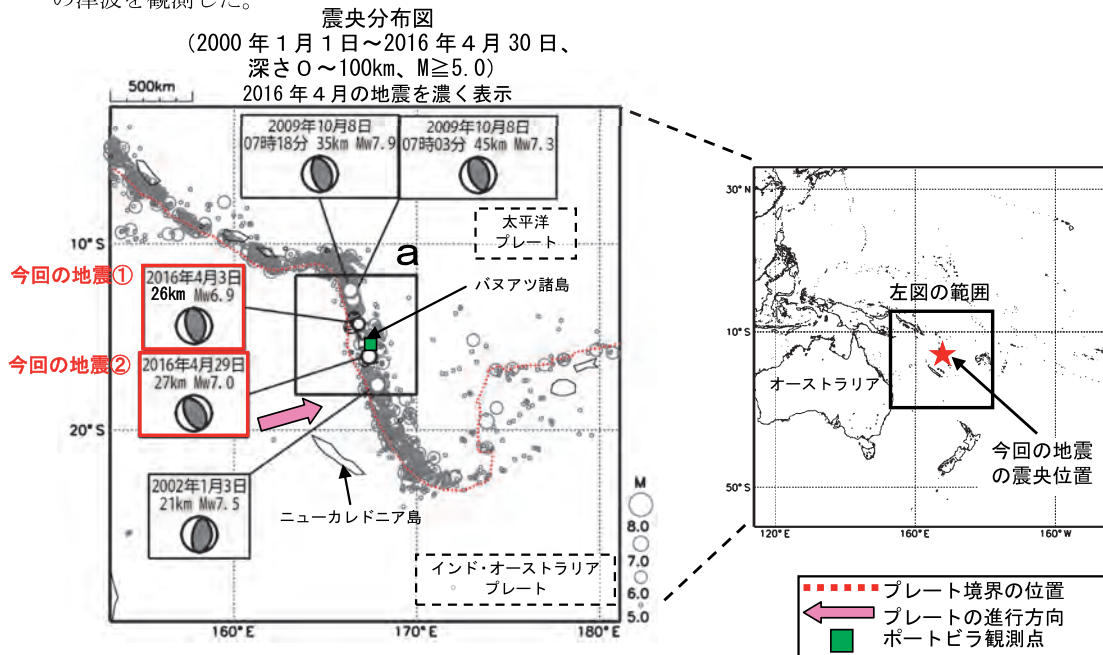


## 4月3日、29日 バヌアツ諸島の地震

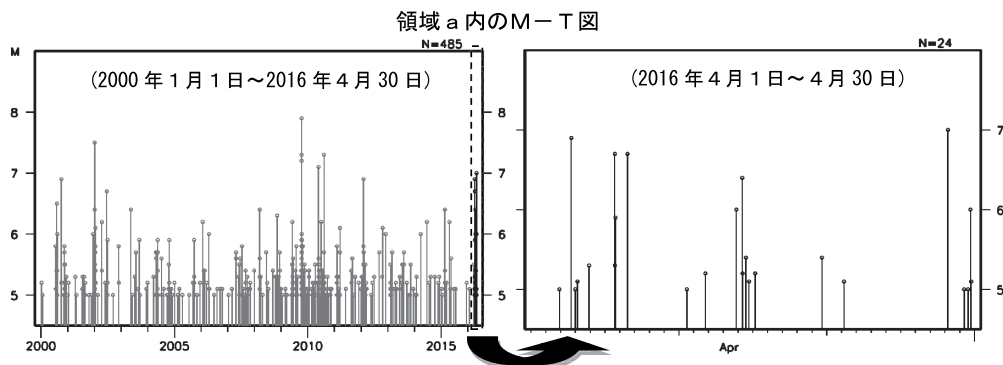
2016年4月3日17時24分（日本時間、以下同じ）にバヌアツ諸島の深さ26kmでMw6.9（気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震（今回の地震①）が発生した。この地震の発震機構（気象庁によるCMT解）は、東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、インド・オーストラリアプレートと太平洋プレートの境界付近で発生した。その後、4月29日04時33分には、今回の地震①の近傍でMw7.0（気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震（今回の地震②）が発生するなど地震活動が活発になっている。

気象庁は、3日17時52分に遠地震に関する情報（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18時53分に遠地震に関する情報（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、今回の地震②について、29日04時58分に遠地震に関する情報（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。

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、M7を超える地震も時々発生しており、2009年10月8日には、Mw7.3、Mw7.9の地震が連続して発生し、バヌアツのポートビラで約0.3mの津波を観測した。



プレートの進行方向は、インド・オーストラリアプレートと太平洋プレートをそれぞれ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①、②の発震機構とMwは気象庁による。その他の地震の発震機構はGlobalCMTによる。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。津波の高さは米国海洋大気庁（NOAA）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.

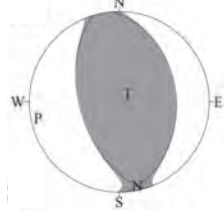
第9図(a) 2016年4月3日、29日バヌアツ諸島の地震（Mw6.9, Mw7.0）

Fig.9 (a) The earthquakes in the Vanuatu islands (Mw6.9, Mw7.0) on April 3 and 29, 2016.

#### 4月3日 バヌアツ諸島の地震の発震機構解析

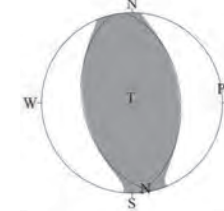
2016年4月3日17時23分(日本時間)にバヌアツ諸島で発生した地震についてCMT解析及びW-phaseを用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT解析 セントロイドは、南緯14.3°、東経166.7°、深さ38kmとなった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $2.37 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 355.7° / 36.6° / 99.8° | 163.5° / 54.0° / 82.8° |

2. W-phaseの解析 セントロイドは、南緯14.4°、東経166.6°、深さ41kmとなった。



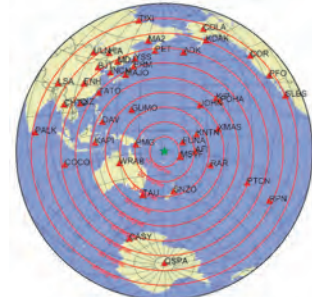
W-phaseの解析では、震央距離10°～90°までの41観測点の上下成分、28観測点の水平成分を用い、100～300秒のフィルターを使用した。  
注) W-phaseとはP波からS波付近までの長周期の実体波を指す。

| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $2.32 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 355.9° / 45.3° / 96.4° | 166.9° / 45.1° / 83.6° |

(W-phaseに関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データにはIRIS-DMCより取得した広帯域地震波記録を使用した。  
また、解析には金森博士および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

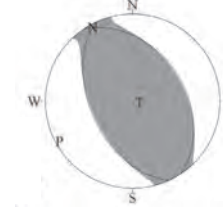
第9図(b) 発震機構解析(4月3日の地震)

Fig.9(b) Moment tensor solution (The earthquake on April 3).

#### 4月29日 バヌアツ諸島の地震の発震機構解析

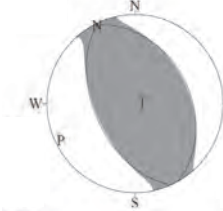
2016年4月29日04時33分(日本時間)にバヌアツ諸島で発生した地震についてCMT解析及びW-phaseを用いたメカニズム解析を行った。

1. CMT解析 セントロイドは、南緯15.9°、東経167.4°、深さ36kmとなった。



| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $3.81 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 326.5° / 40.2° / 83.2° | 155.3° / 50.1° / 95.7° |

2. W-phaseの解析 セントロイドは、南緯16.1°、東経167.2°、深さ41kmとなった。



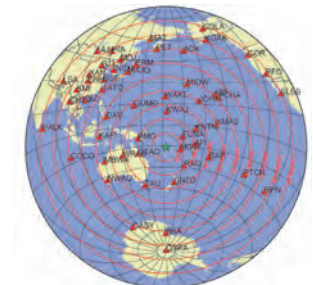
W-phaseの解析では、震央距離10°～90°までの52観測点の上下成分、41観測点の水平成分を用い、100～300秒のフィルターを使用した。  
注) W-phaseとはP波からS波付近までの長周期の実体波を指す。

| Mw  | M <sub>0</sub>                  | 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 | $3.77 \times 10^{19} \text{Nm}$ | 331.3° / 38.0° / 86.8° | 155.4° / 52.0° / 92.5° |

(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9図(c) 発震機構解析(4月29日の地震)

Fig.9(c) Moment tensor solution (The earthquake on April 29).

## 2016 年 4 月 17 日 エクアドル沿岸の地震

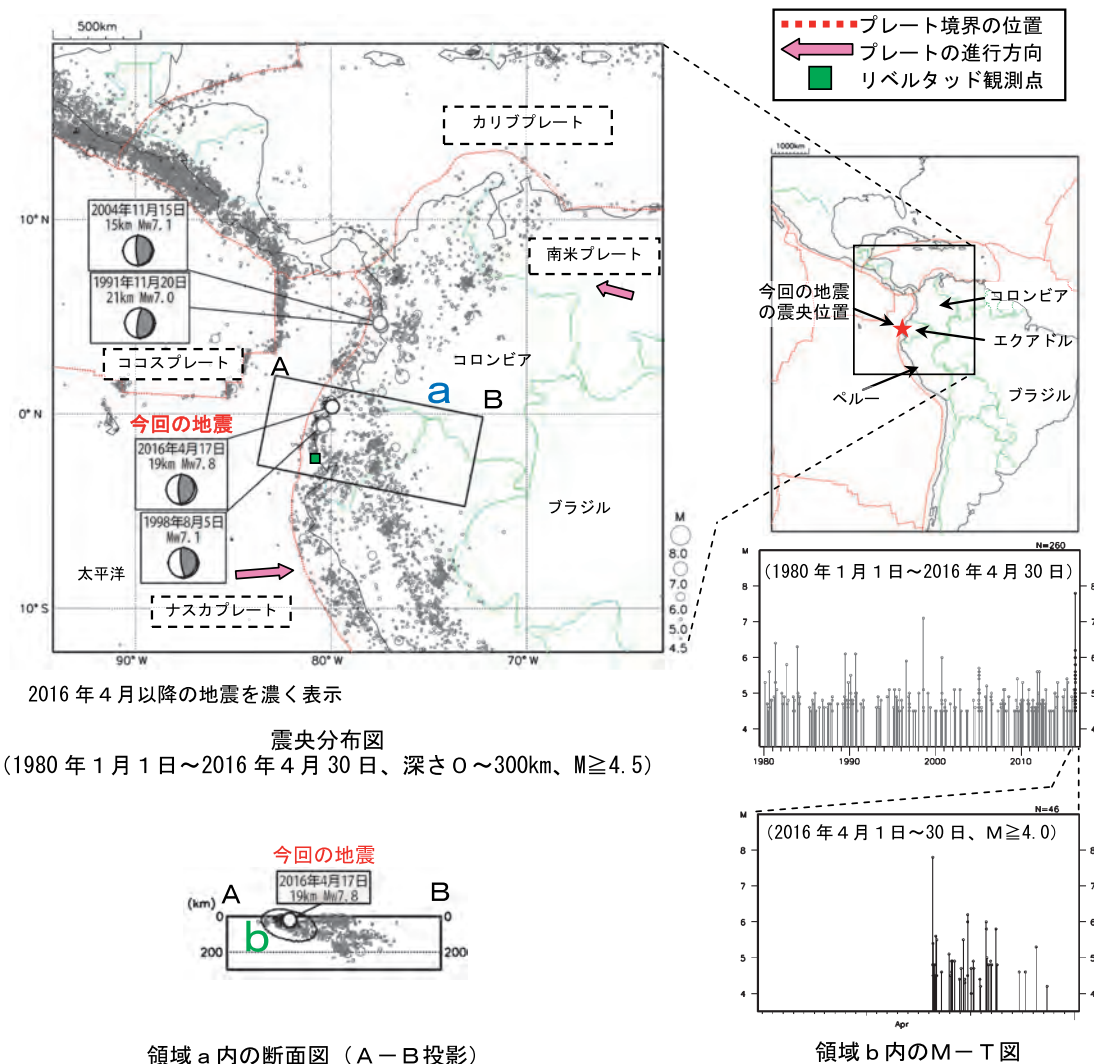
### ・概要

2016 年 4 月 17 日 08 時 58 分（日本時間、以下同じ）にエクアドル沿岸の深さ 21km で Mw7.8 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、同日 09 時 17 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 09 時 49 分に遠地地震に関する情報（日本国内向け、「太平洋で津波の可能性あります。日本への津波の有無については調査中です。」）を、同日 11 時 54 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、死者 660 人、行方不明者 23 人、負傷者 51,376 人等の被害が生じた。なお、エクアドルのリベルタッドで微弱な津波を観測した。

最近の地震活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では、M6.0 以上の地震が時々発生しており、1998 年 8 月 5 日には、エクアドル沿岸付近で発生した M7.1 の地震により、死者 3 人、負傷者 40 人等の被害が生じた。



※本資料中、今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。また、その他の発震機構は Global CMT による。その他の震源要素と 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。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 5 月 2 日現在)。1997 年 8 月 5 日の地震の被害は、USGS による。

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

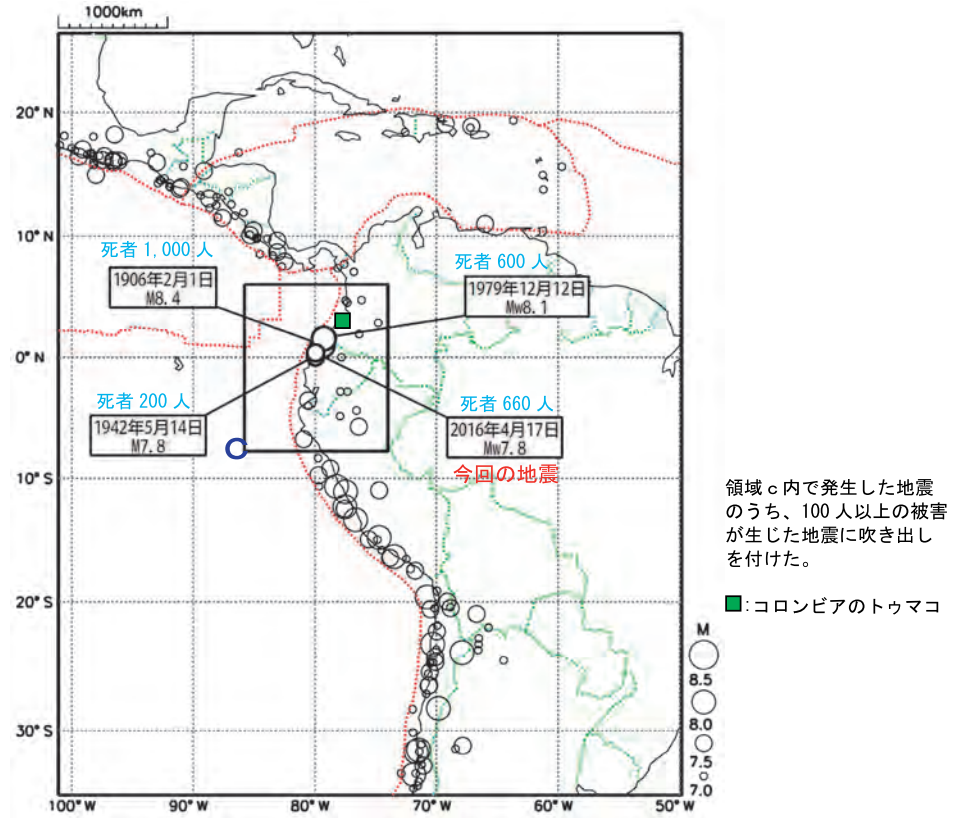
第 10 図 (a) 2016 年 4 月 17 日 エクアドル沿岸の地震 (Mw7.8)

Fig.10 (a) The earthquake of Near Coast of Ecuador (Mw7.8) on April 17, 2016.

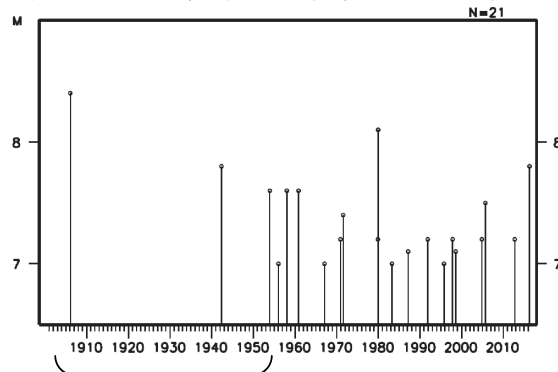
### ・過去の地震活動

エクアドルの沿岸では、ナスカプレートが南米プレートの下に沈み込んでおり、M7.0 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、エクアドル沿岸付近で発生した地震により、日本でも津波を観測している。

1900 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、M8 を超える地震が 2 回発生していて、1906 年 2 月 1 日に発生した M8.4 の地震では、死者 1,000 人の被害が生じた。また、この地震によりコロンビアのトゥマコでは、5 m の津波を観測した。日本沿岸の太平洋側でも津波を観測しており、和歌山県串本で、48cm の津波を観測している（津波の高さは全振幅）。



震央分布図  
(1900 年 1 月 1 日～2016 年 4 月 30 日、深さ 0～300km、M ≥ 7.0)



(この期間は地震の検知能力が低い)  
領域 c 内の M-T 図

※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。1976 年～2009 年の Mw は Global CMT、2009 年以降の地震の Mw は気象庁による。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 OCHA (2016 年 5 月 2 日現在) による。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。1906 年 2 月 1 日の地震による津波の高さは、米国海洋大気庁 (NOAA) 及び日本被害津波総覧による。

第 10 図 (b) 過去の地震活動

Fig.10 (b) Seismic activity of the past.

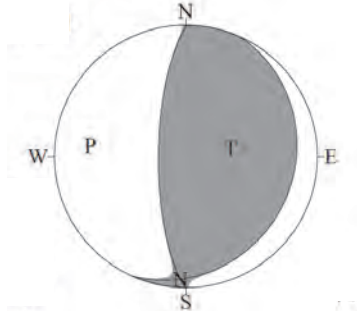


## 4月17日 エクアドル沿岸の地震の発震機構解析

2016年4月17日08時58分（日本時間）にエクアドル沿岸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

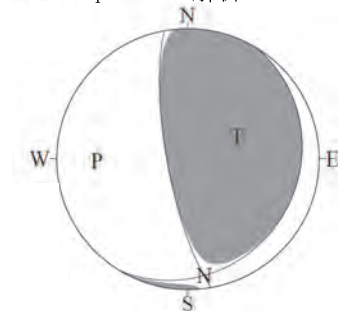
セントロイドは、南緯  $0.1^{\circ}$ 、西経  $79.9^{\circ}$ 、深さ 28km となった。



| 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)                           |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 7.8 | $5.52 \times 10^{20} \text{Nm}$ | $24.5^{\circ} / 18.6^{\circ} / 113.0^{\circ}$ | $180.4^{\circ} / 72.9^{\circ} / 82.5^{\circ}$ |

### 2. W-phase の解析

セントロイドは、北緯  $0.2^{\circ}$ 、西経  $80.1^{\circ}$ 、深さ 26km となった。



W-phase の解析では、震央距離  $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$  までの 52 観測点の上下成分、44 観測点の水平成分を用い、200~600 秒のフィルターを使用した。

注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

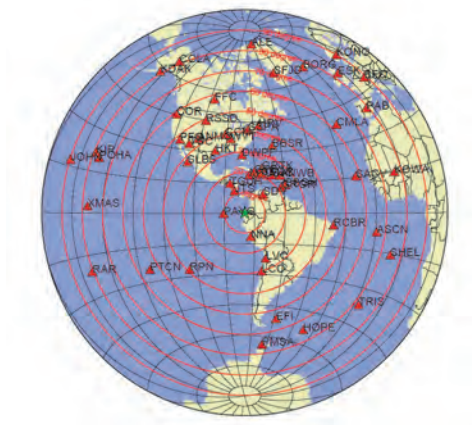
| Mw  | $M_0$                           | 断層面解 1 (走向／傾斜／すべり角)                           | 断層面解 2 (走向／傾斜／すべり角)                           |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 7.8 | $7.39 \times 10^{20} \text{Nm}$ | $31.9^{\circ} / 17.0^{\circ} / 130.9^{\circ}$ | $169.7^{\circ} / 77.2^{\circ} / 78.6^{\circ}$ |

(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。

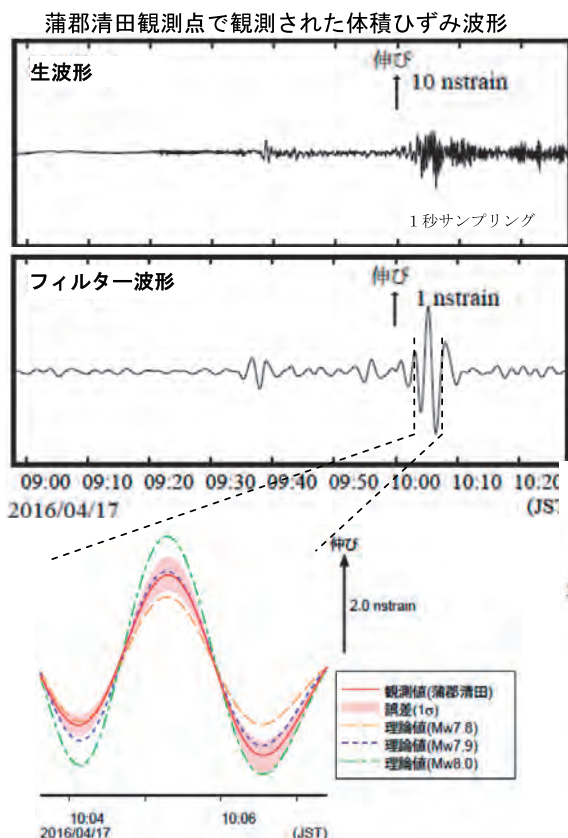


解析に使用した観測点配置

第 10 図 (c) 発震機構解析

Fig.10 (c) Moment tensor solution.

・体積ひずみ計の記録から推定されるモーメントマグニチュード (Mw)

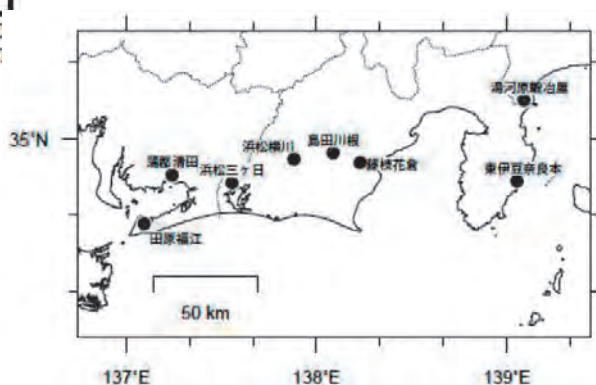


蒲郡清田観測点の観測波形と理論波形の振幅比較  
データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差 (1 $\sigma$ ) の範囲を示す。

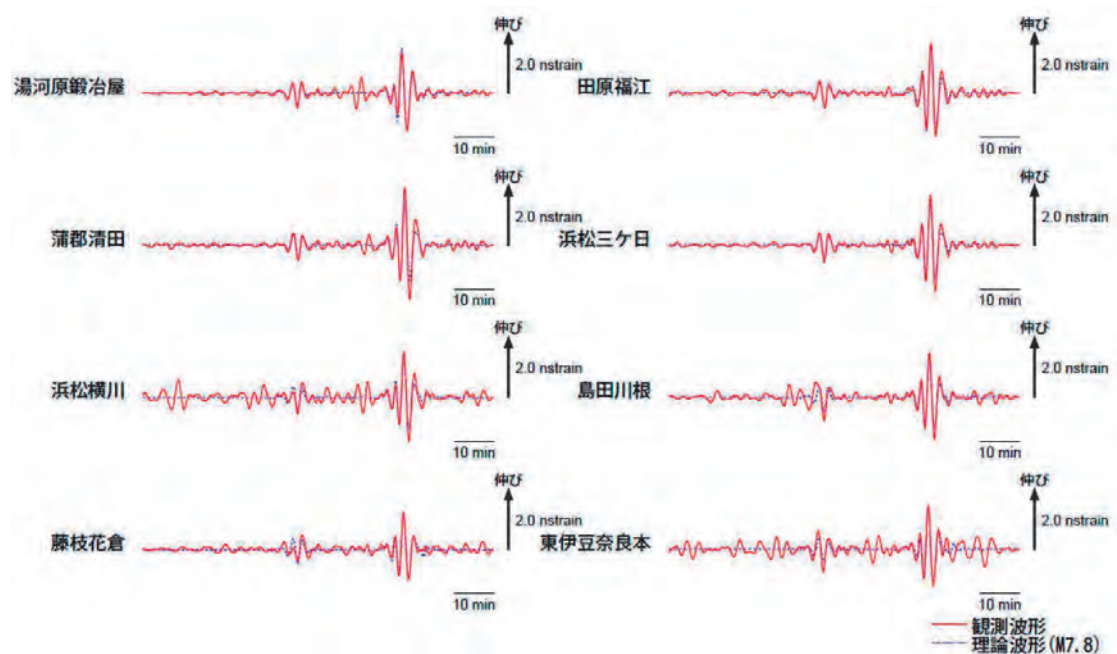
気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計で観測された今回の地震の波形と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

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 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、Mw7.8 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 カ所の観測波形との比較  
データには周期 120-333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。

第 10 図 (d) 体積ひずみ計の記録から推定される Mw

Fig.10 (d) The moment magnitude estimated from data of the borehole volume strainmeters.