

平成 21 年 9 月 30 日の「サモア諸島の地震」と 「スマトラ南部の地震」の発生メカニズム等について

平成 21 年 9 月 30 日に発生した「サモア諸島の地震」と「スマトラ南部の地震」について、CMT 解析、体積歪波形解析、遠地実体波を用いた震源過程解析を行った。
これらの結果は次のとおり。

○ サモア諸島の地震

発生日時	9 月 30 日 02 時 48 分頃(日本時間)
規模	Mw 7.9～8.0 (Mw:モーメントマグニチュード)
場所及び深さ	南緯 15 度 07 分、西経 172 度 02 分、深さ約 10 km
発震機構	北東－南西方向に張力軸をもつ正断層型
断層の長さ	約 200 km
断層のすべり量	最大約 8 m
海底上下変位量	最大 3～5 m 程度

○ スマトラ南部(インドネシア)の地震

発生日時：	9 月 30 日 19 時 16 分頃(日本時間)
規模	Mw 7.5～7.6 (Mw:モーメントマグニチュード)
場所及び深さ：	南緯 1 度 37 分、東経 99 度 15 分、深さ約 75 km
発震機構	北西－南東方向に圧力軸をもつ逆断層型
断層の長さ	約 30 km
断層のすべり量	最大約 10m
海底上下変位量	最大 0.1～0.4m 程度

(注：上記解析結果は、今後再解析を行うことにより変更されることがある。)

本件に関する問い合わせ先：

地震火山部地震予知情報課	評価解析官	03-3212-8341	(内線 4576)
	発震機構係 (CMT 解析関係)		(内線 4577)
	震源過程調査係 (震源過程解析関係)		(内線 4567)
	予知技術係 (体積歪波形解析関係)		(内線 4568)

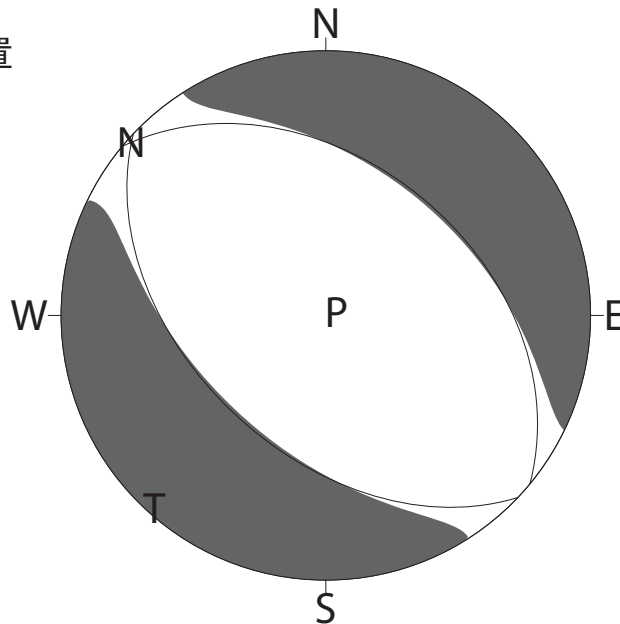
サモア諸島の地震のCMT解

2009/09/30 02:48頃（日本時間）

セントロイドの位置

南緯 15度07分
西経 172度02分
深さ 約10km

Mw: 7.9



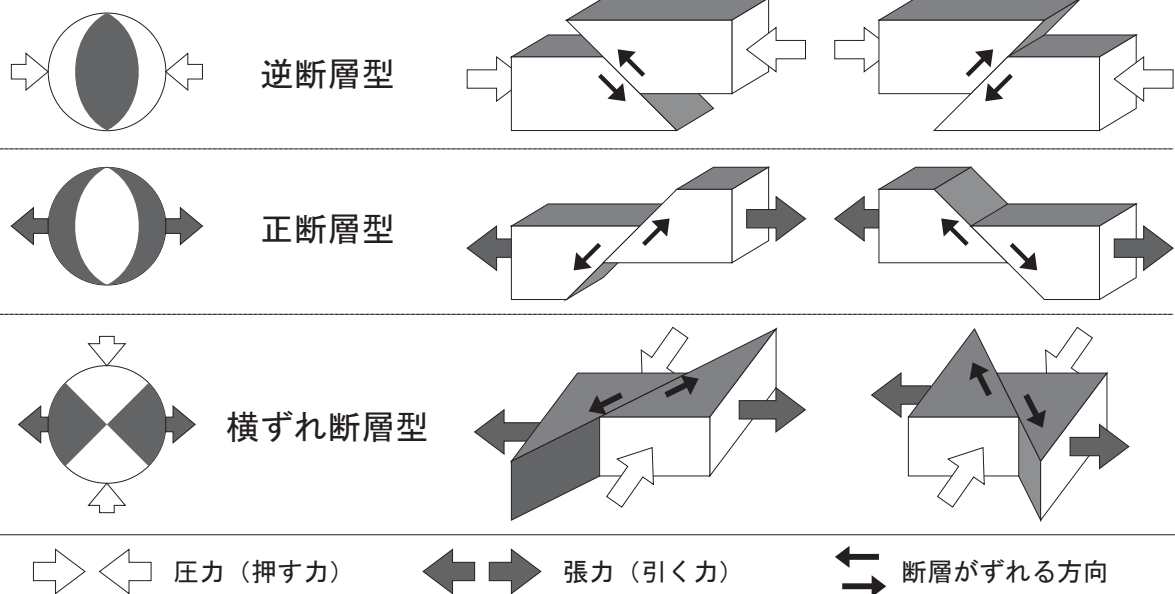
北東－南西方向に張力軸を持つ正断層型

※ Pは圧力軸、Tは張力軸の方向を示す。（下半球等積投影）

発震機構解 [CMT 解] について

地震波形には、地震時に働く力の特徴があらわれます。
また、地震時に働く力の向きは、断層の型により異なります。
CMT 解は、これらの性質を用いて地震波形から断層面を推定するものです。

以下に、発震機構解と断層の型の対応関係の典型的な例を示します。



解析には気象庁の他、IRIS-DMC、LISS、独）防災科学技術研究所のデータを使用

9月30日 サモア諸島の地震 — CMT 解から推定した海底上下変位量 —

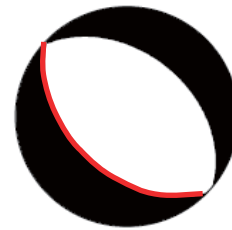
気象庁のCMT解の断層パラメータ、 M_w を用いて、震央付近の上下変位量を推定した。

断層端は USGS による震源の位置 (S15.558, W172.073) とし、断層の長さ、幅、平均すべり量は、標準的なパラメータ関係式 (宇津, 2001) により求めた。断層の上端の深さは 0km とした。

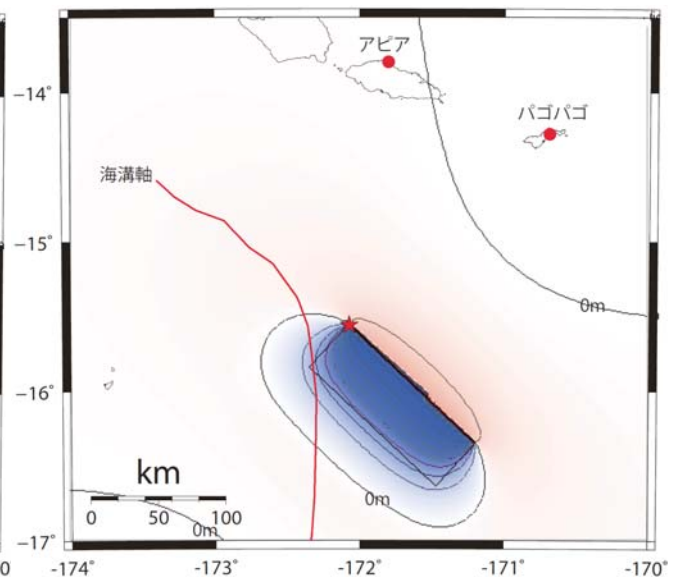
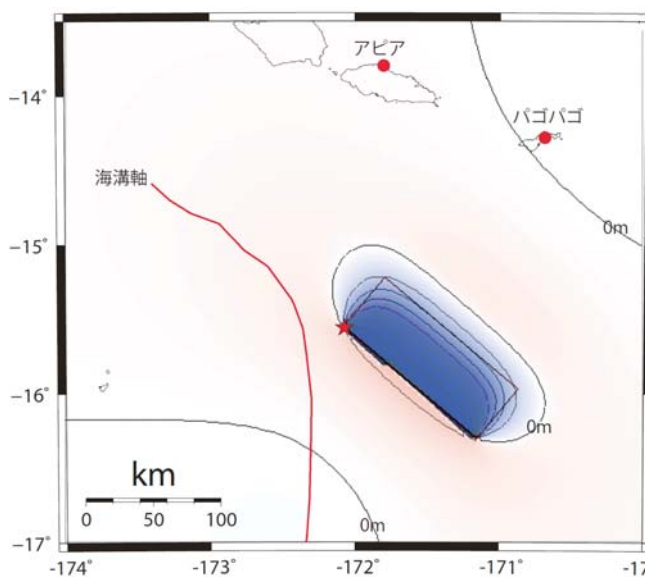
どちらの断層面の場合でも、断層の上端 (黒太線) で、最大で-5m 程度の上下変位量 (沈降) が見積もられた。



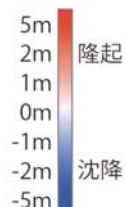
北東傾斜の断層を設定した場合
(走向 310°, 傾斜 42°, すべり角 -93°)



南西傾斜の断層を設定した場合
(走向 133°, 傾斜 48°, すべり角 -87°)



上下変位量

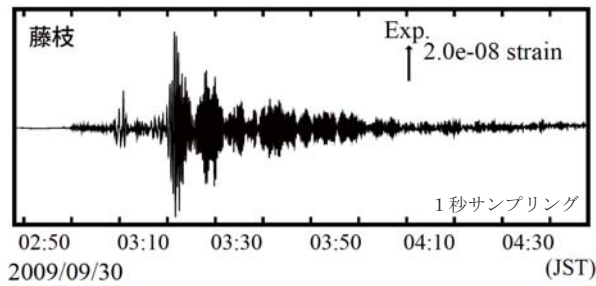


図中のコンターは 0.5m 毎に描いている。

(引用文献) 宇津徳治(2001) 地震学第3版, 376pp, 共立出版.

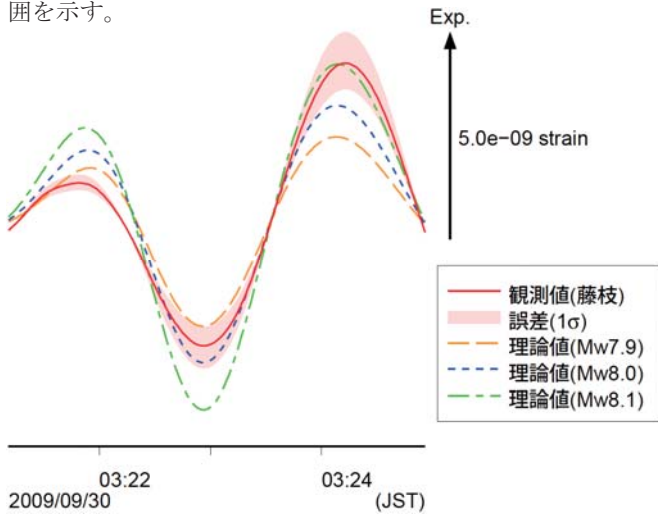
9月30日 サモア諸島の地震 — 体積歪計の波形記録から推定した Mw —

藤枝観測点で観測された体積歪波形



藤枝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 (1σ) の範囲を示す。

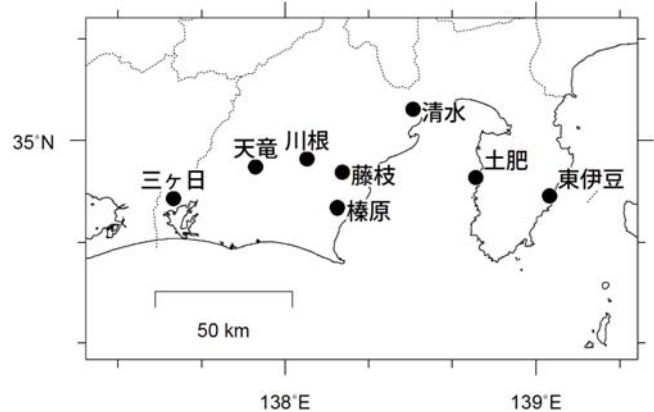


気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (M_w) の推定を行った。

理論体積歪は気象庁 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 7.9 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。

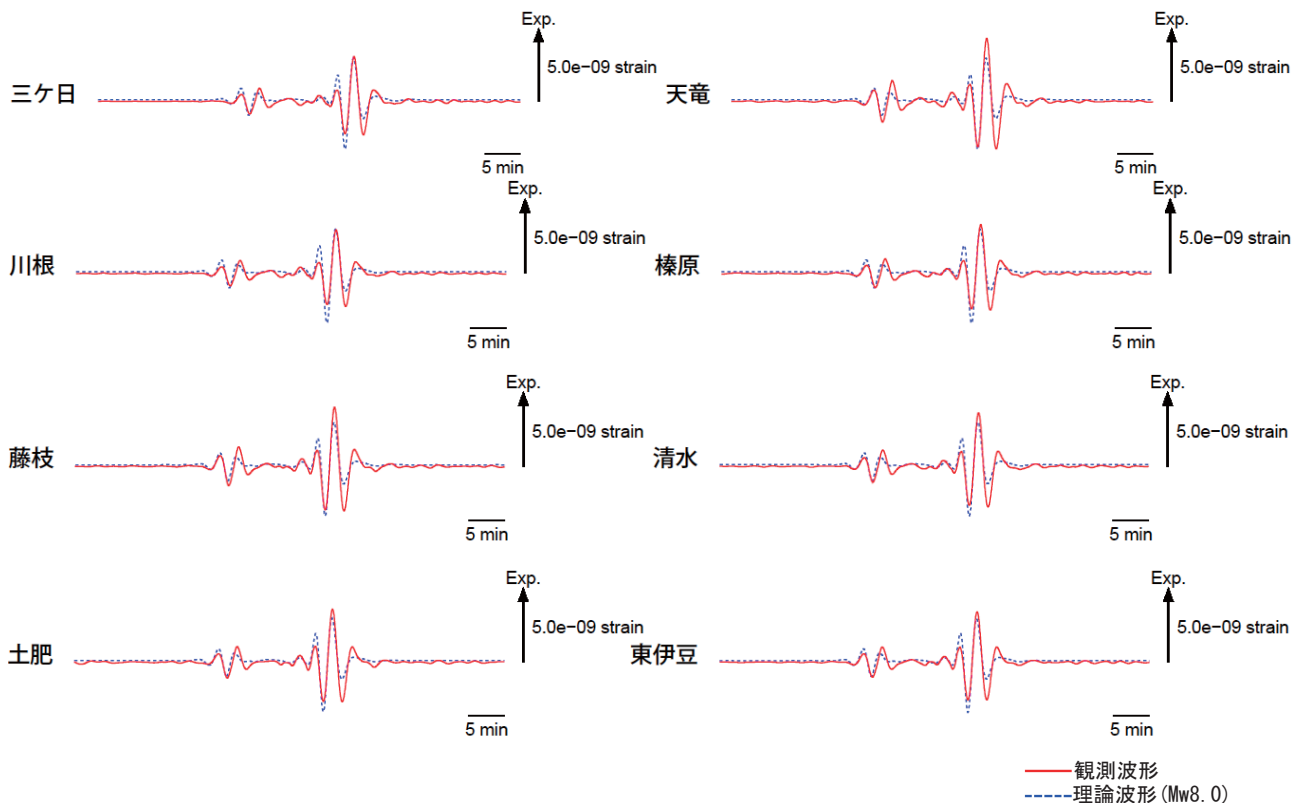
体積歪計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのは、 M_w 8.0 相当の場合であった。

体積歪計の配置図



理論波形と体積歪観測点 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。



9月30日 サモア諸島の地震

— 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

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（※1）を行った。

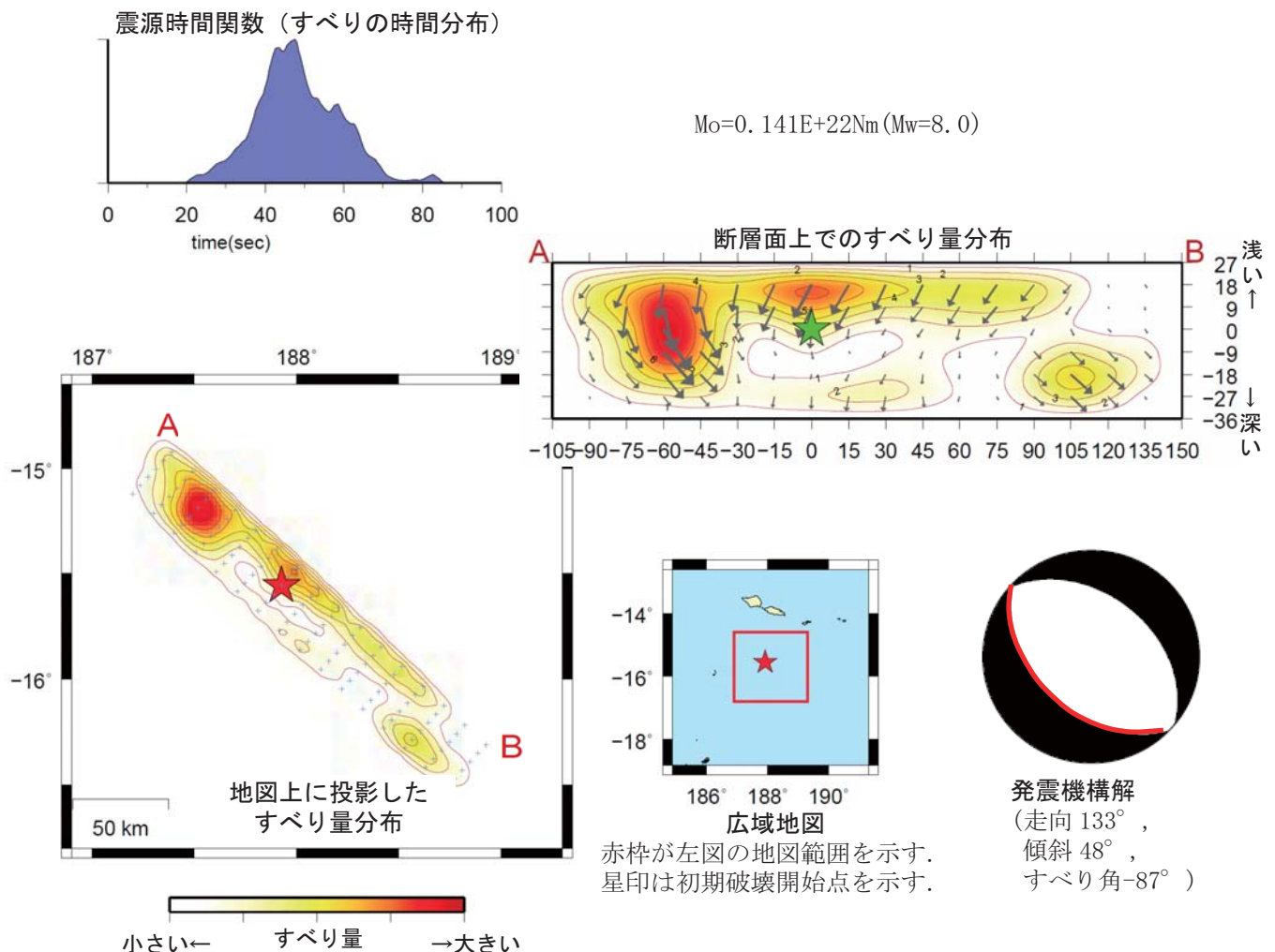
破壊開始点はUSGSによる震源の位置（S15.558, W172.073, 深さ18km）とした。

断層面には、海外のデータを用いた気象庁のCMT解の南西傾斜の節面を用いた（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できないので、南西傾斜の断層面を破壊した面と仮定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から見て浅い場所と北西側にある。
- ・ 断層の長さは約200kmであり、最大のすべり量は約8m（剛性率の仮定次第ですべり量の絶対値は変化する。前述の値は剛性率を50GPaと仮定した場合のもの）であった。
- ・ モーメントマグニチュードは8.0であった。

※この周辺は海溝軸の走向が変わっている場所であるため、走向を変化させた複数の断層面を設定して解析した方が良いと思われる。



（※1）解析に使用したプログラム

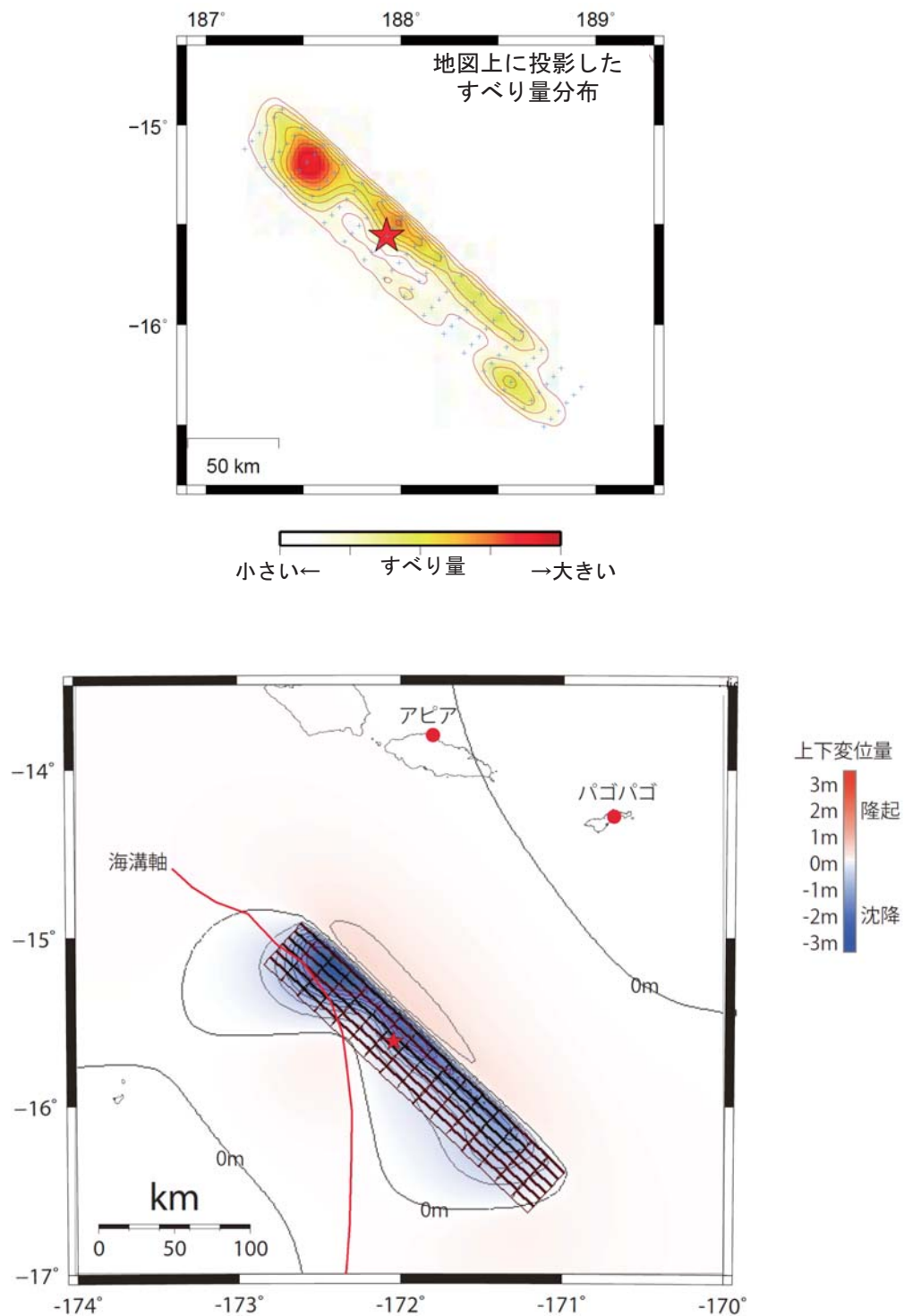
M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,

<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。

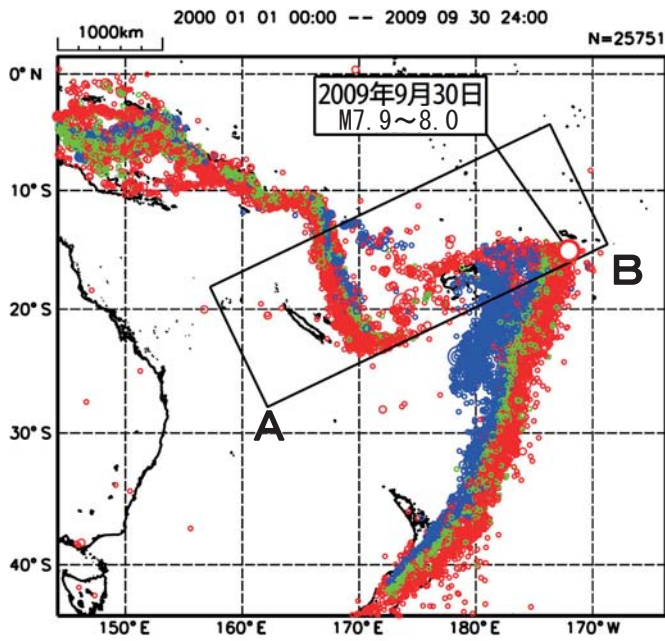
9月30日 サモア諸島の地震 — 震源過程解析結果から推定した海底上下変位量 —

遠地実体波を用いた震源過程解析結果から、震央付近の上下変位量を推定した。
断層の上端（黒太線）で、最大で-3m程度の上下変位量（沈降）が見積もられた。

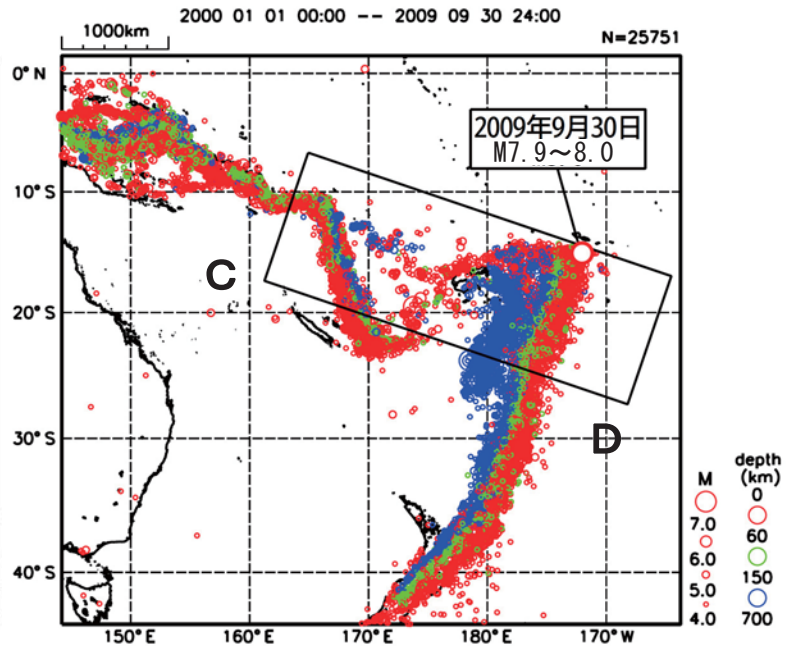
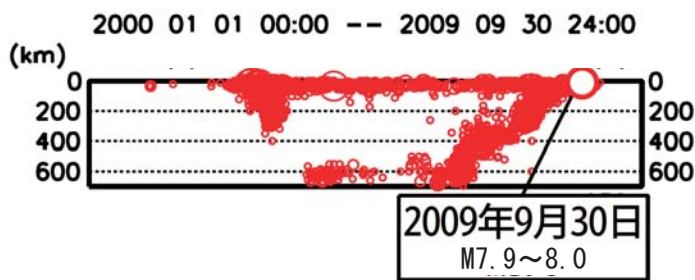


図中のコンターは0.25m 毎に描いている。

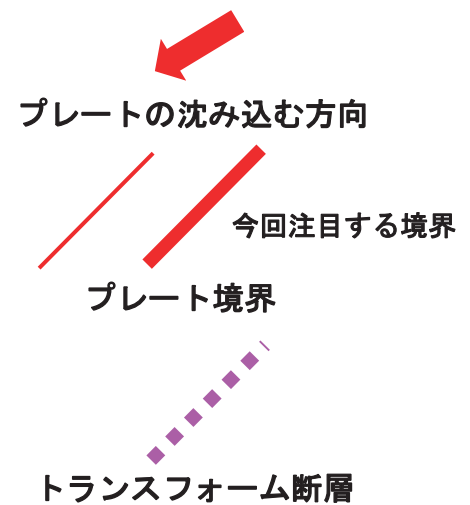
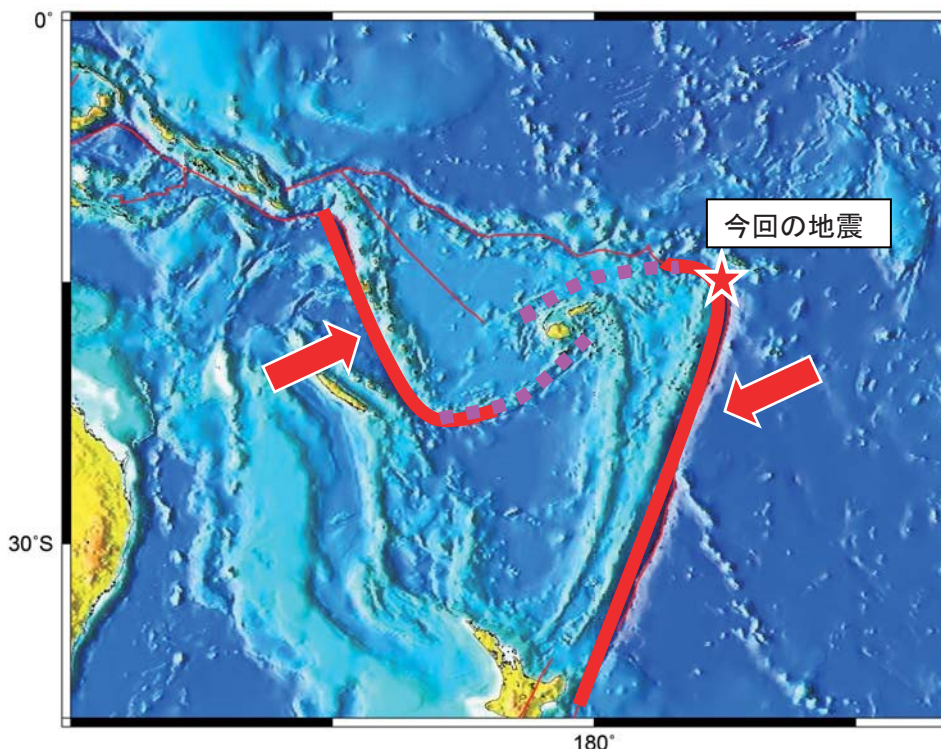
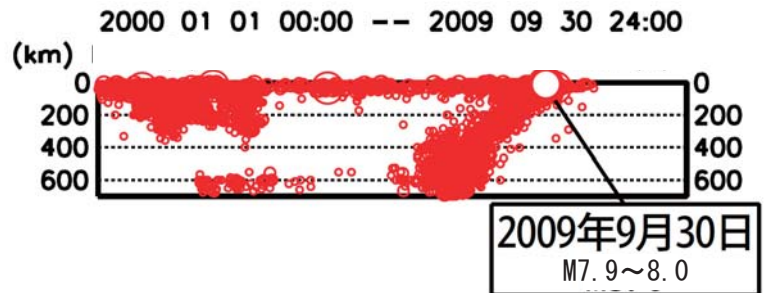
サモア諸島の地震 周辺のテクトニクス概要



上図矩形内の断面図（A－B投影）



上図矩形内の断面図（C－D投影）



瀬野「プレートテクトニクスの基礎」を参考に加筆

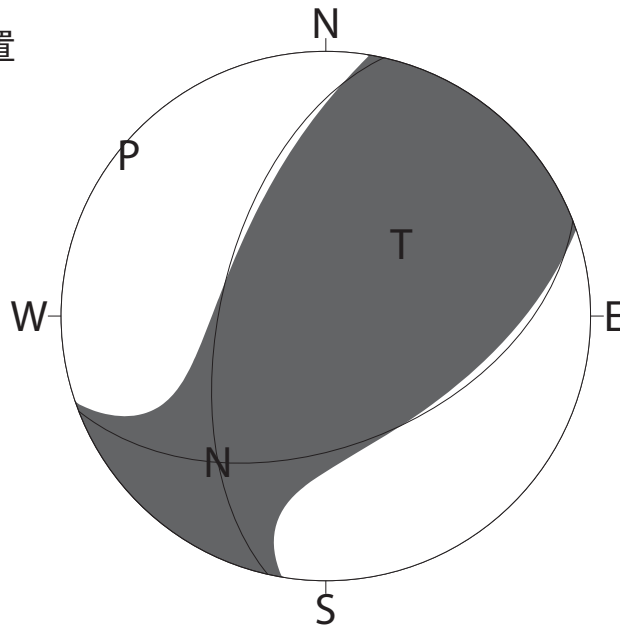
スマトラ南部（インドネシア）の地震のCMT解

2009/09/30 19:16頃（日本時間）

セントロイドの位置

南緯 1度37分
東経 99度15分
深さ 約75km

Mw: 7.5



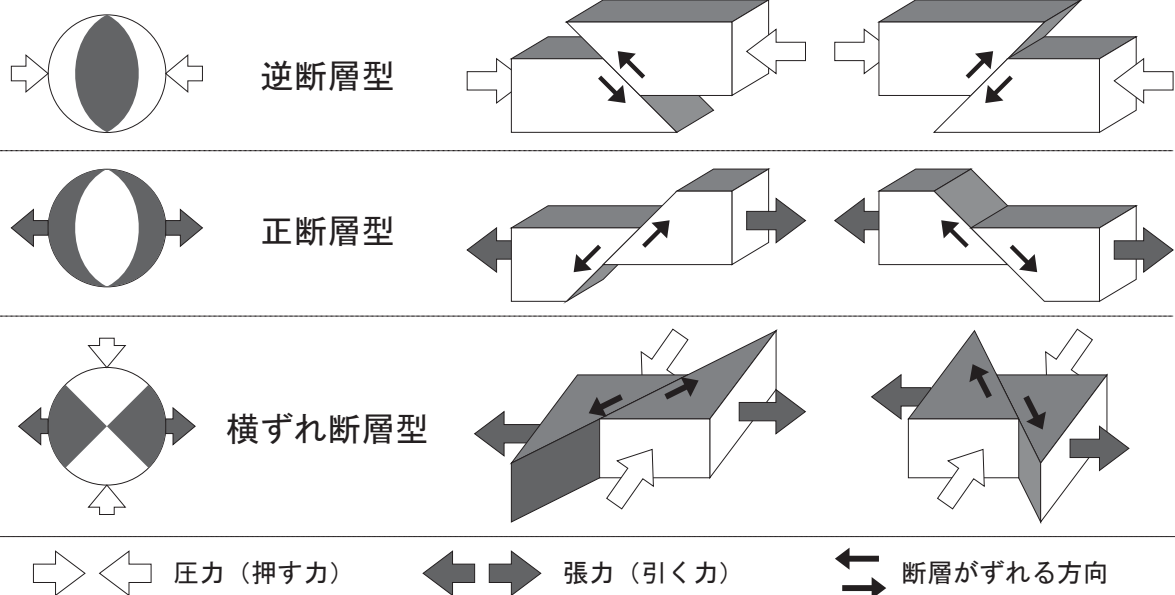
北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

※ Pは圧力軸、Tは張力軸の方向を示す。（下半球等積投影）

発震機構解 [CMT 解] について

地震波形には、地震時に働く力の特徴があらわれます。
また、地震時に働く力の向きは、断層の型により異なります。
CMT 解は、これらの性質を用いて地震波形から断層面を推定するものです。

以下に、発震機構解と断層の型の対応関係の典型的な例を示します。



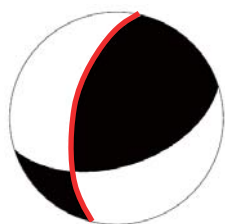
解析には気象庁の他、IRIS-DMC、LISS、独）防災科学技術研究所のデータを使用

9月30日 スマトラ南部（インドネシア）の地震 — CMT 解から推定した海底上下変位量 —

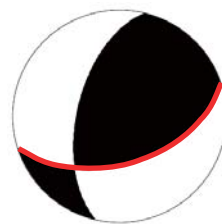
気象庁のCMT解の断層パラメータ， M_w を用いて，震央付近の上下変位量を推定した．

断層端は USGS による震源の位置 (S0.789, E99.961) とし，断層の長さ，幅，平均すべり量は，標準的なパラメータ関係式 (宇津, 2001) により求めた．

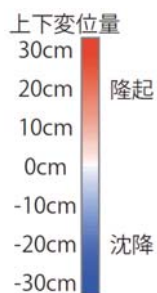
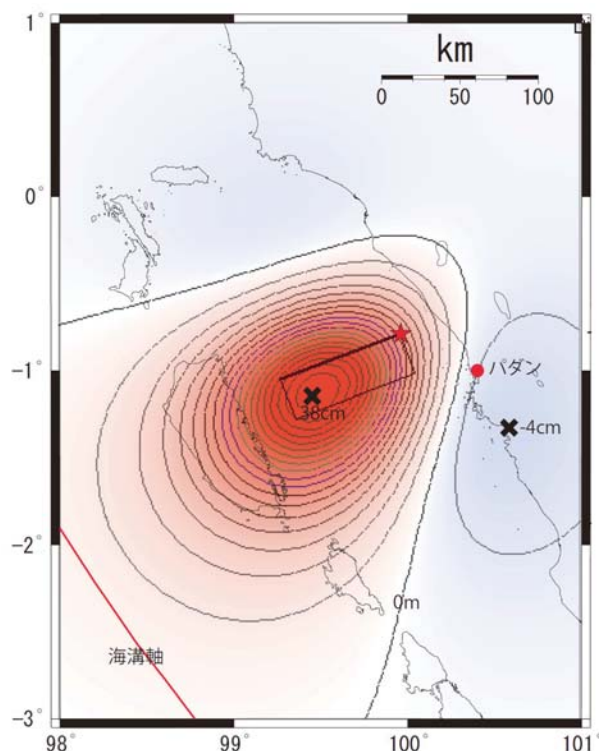
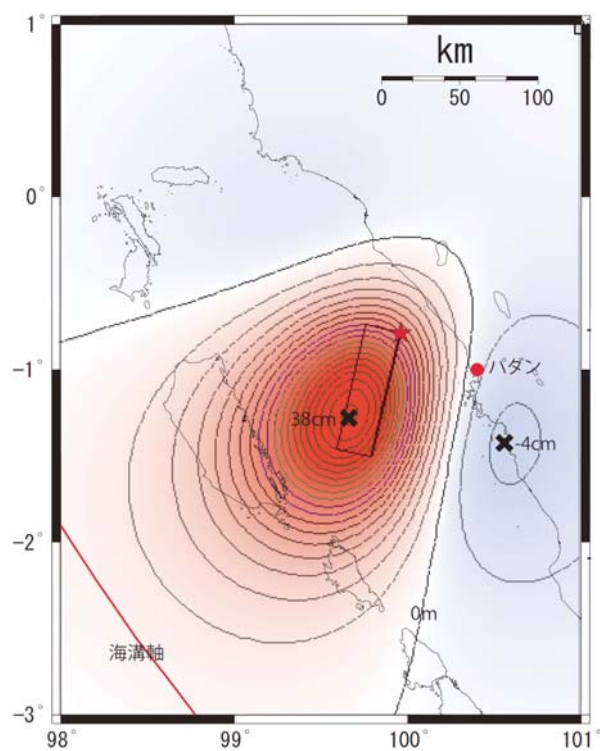
どちらの断層面の場合でも，最大で約+0.4m の上下変位量（隆起）が見積もられた．



ほぼ南北走向の断層を設定した場合
(走向 193° , 傾斜 57° , すべり角 51°)



ほぼ東西走向の断層を設定した場合
(走向 69° , 傾斜 49° , すべり角 134°)



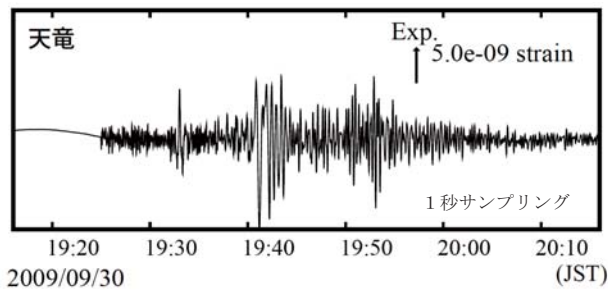
図中のコンターは 2cm 毎に描いている．

(引用文献) 宇津徳治(2001) 地震学第3版, 376pp, 共立出版.

9月30日 インドネシア、スマトラ南部の地震

— 体積歪計の波形記録から推定した Mw —

天竜観測点で観測された体積歪波形



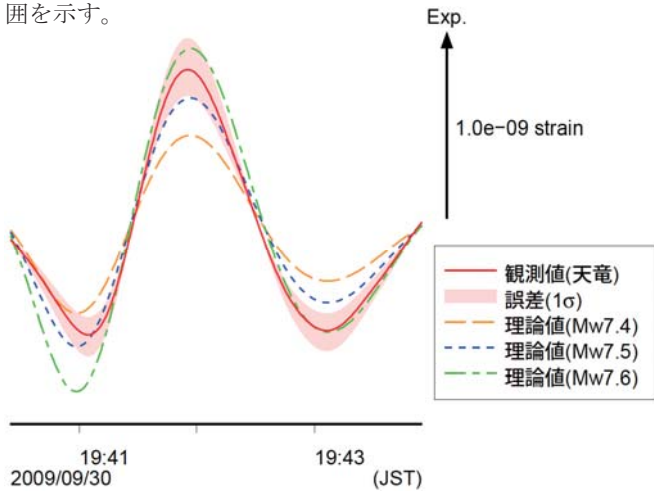
気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

理論体積歪は気象庁 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 7.6 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。

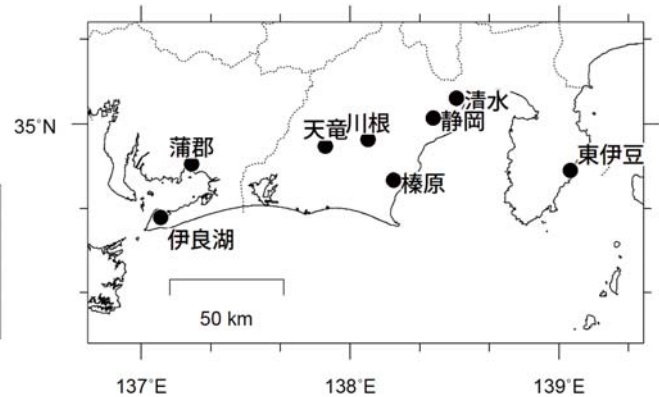
体積歪計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのは、Mw7.5～7.6 相当の場合であった。

天竜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 (1σ) の範囲を示す。

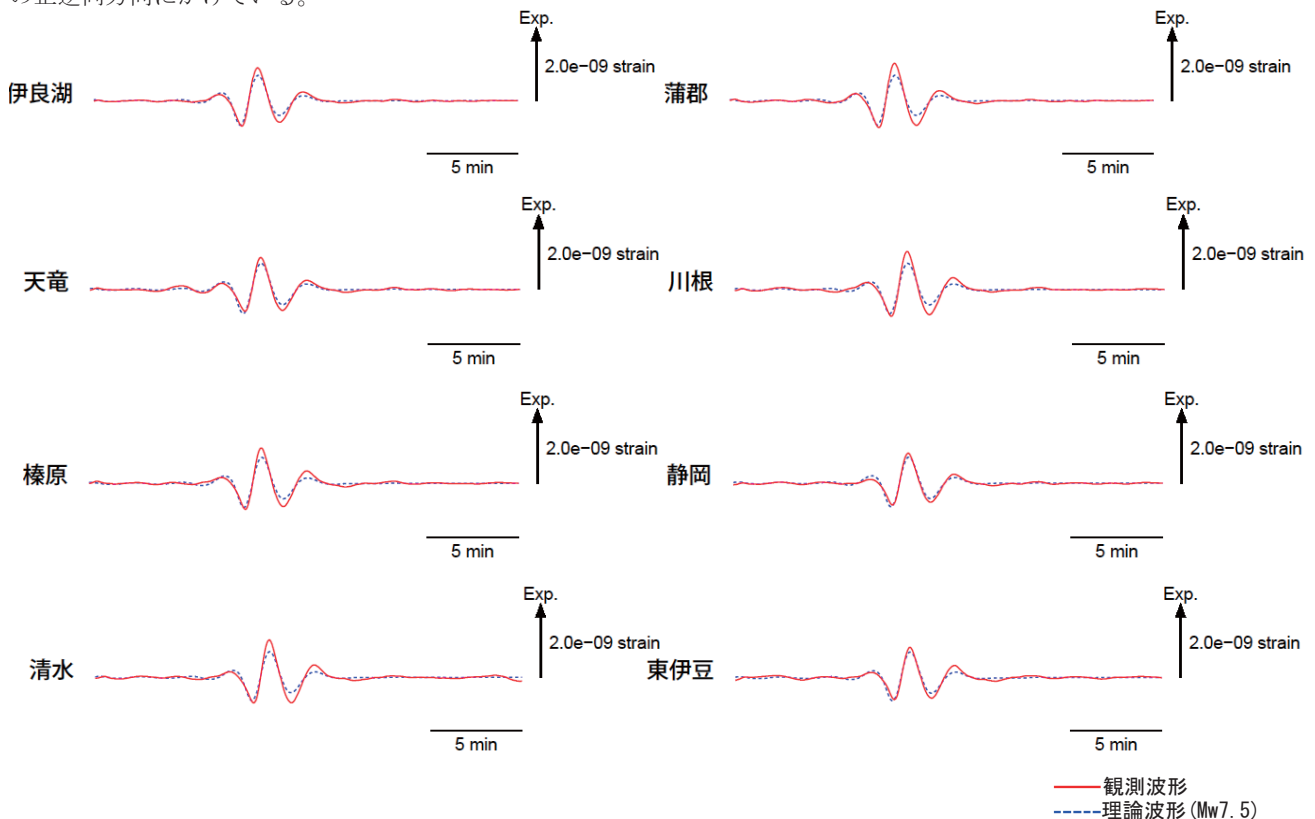


体積歪計の配置図



理論波形と体積歪観測点 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。



9月30日 スマトラ南部（インドネシア）の地震 － 遠地実体波による震源過程解析（暫定）－

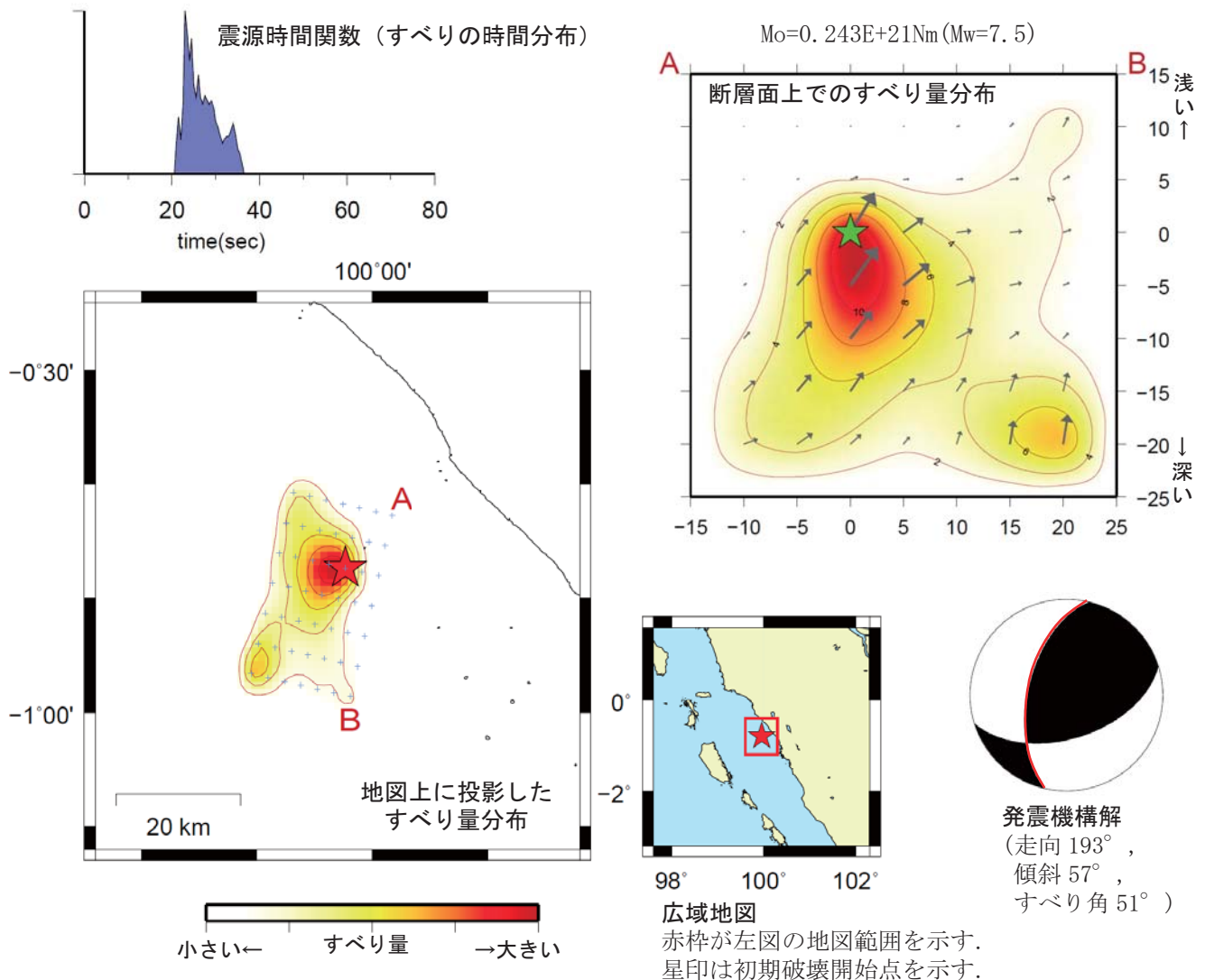
米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析（※1）を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置（S0.789, E99.961, 深さ80km）とした。

断層面には、海外のデータを用いた気象庁のCMT解の高角側のほぼ南北走向の節面を用いた（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できないので、南北走向の断層面を破壊した断層面と仮定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より少し深い部分にある（主な破壊は深い方向に進行した）。
- ・ 主なすべりは10秒で終わっており、短周期が卓越した地震であった。
- ・ 断層の長さは約30kmであり、最大のすべり量は約10m（剛性率の仮定次第ですべり量の絶対値は変化する。剛性率を50～70GPaと仮定した場合、最大のすべり量は9m～13m）であった。
- ・ モーメントマグニチュードは7.5であった。



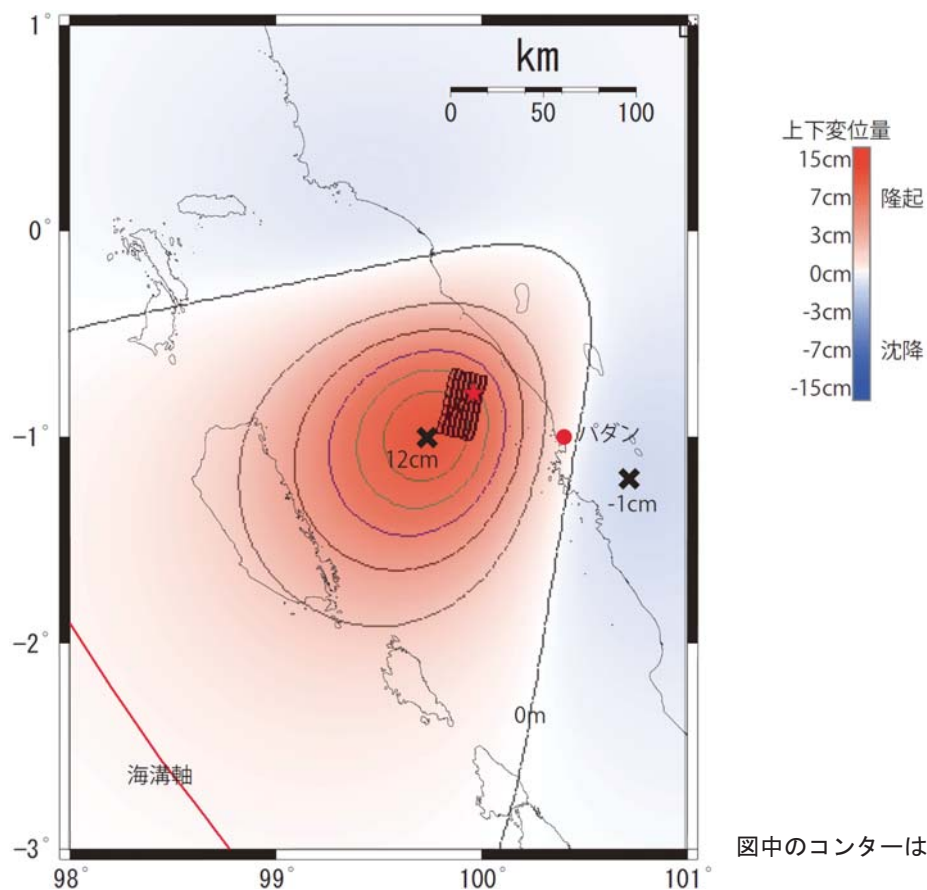
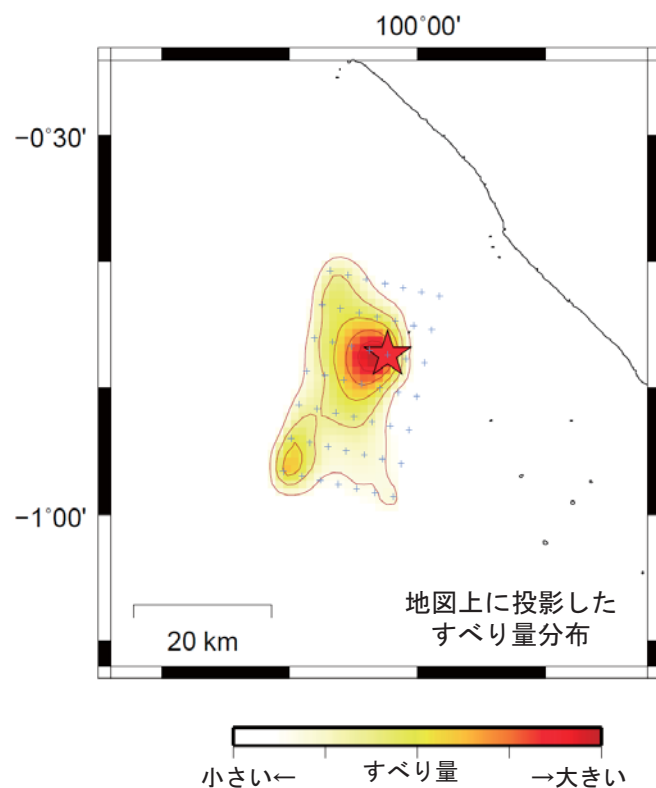
（※1）解析に使用したプログラム

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

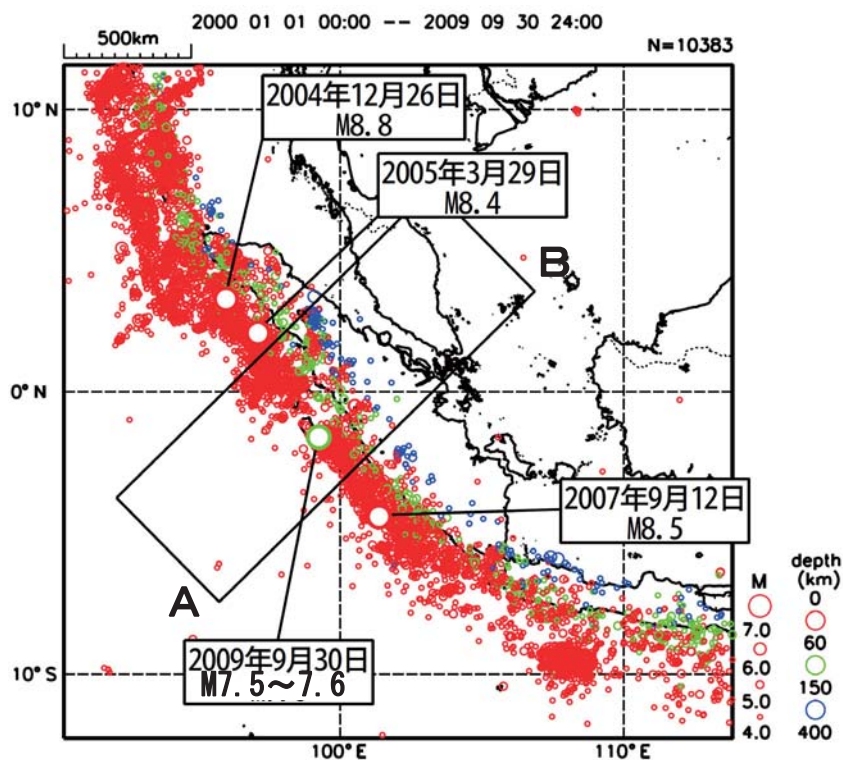
※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

9月30日 スマトラ南部（インドネシア）の地震 — 震源過程解析結果から推定した海底上下変位置量 —

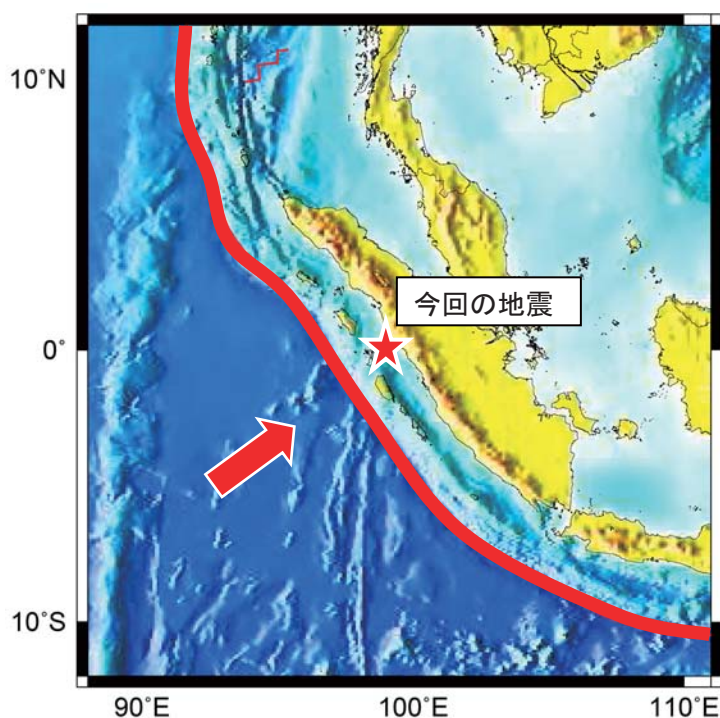
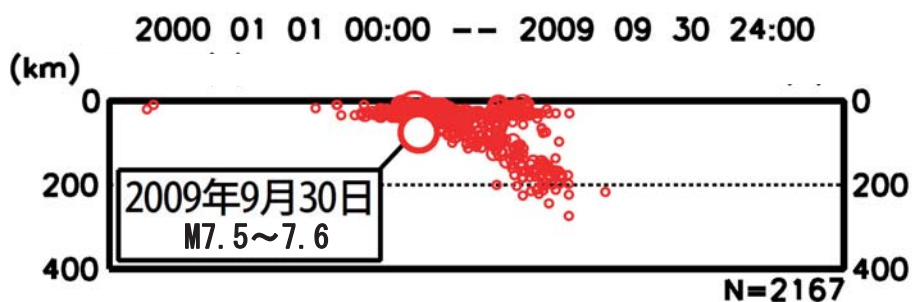
遠地実体波を用いた震源過程解析結果から、震央付近の上下変位置量を推定した。
 断層の南西側で、最大で 12cm 程度の上下変位置量（隆起）が見積もられた。



スマトラ南部（インドネシア）の地震 周辺のテクトニクス概要



上図矩形内の断面図（A－B投影）



プレートの沈み込む方向

今回注目する境界

プレート境界

瀬野「プレートテクトニクスの基礎」を参考に加筆