

3. 1. 1. 2 首都圏南西部での地震発生過程の解明

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

首都圏南西部の MeSO-net を維持し、観測データを蓄積する。特に、フィリピン海プレートの沈み込み口である相模湾から、本州との衝突帯である丹沢にかけてのプレート構造と地震活動の解明を目的として、定常的な地震活動に加え、周辺で発生した中小規模の地震や低周波地震などの発震機構解の推定、詳細な震源分布などについての解析を行う。

(b) 平成 24 年度業務目的

- 1) 首都圏地震観測網(MeSO-net)のうち、神奈川県内に整備された10点について、設備を維持管理し、自然地震観測を行う。必要に応じて、老朽化した一部設備の補修や移設を行う。
- 2) 東大より送信されるMeSO-netのデータと、温泉地学研究所および温泉地学研究所で監視している他機関の地震データの統合処理を行う。
- 3) 首都圏南西部のプレート構造モデルの精度向上に資するため、2)で処理されたデータを用いて震源及びメカニズム解の決定を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
神奈川県温泉地学研究所	所長	吉田明夫	
	研究課長	宮岡一樹	
	技師	本多亮	
	技師	行竹洋平	
	技師	原田昌武	

(2) 平成 24 年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 首都圏地震観測網(MeSO-net)のうち、神奈川県内に整備された10点について、設備を維持管理し、自然地震観測を行った。必要に応じて、老朽化した一部設備の補修や移設を行った。
- 2) 東大より送信されるMeSO-netのデータと、温泉地学研究所および温泉地学研究所で監視している他機関の地震データの統合処理を行った。
- 3) 首都圏南西部のプレート構造モデルの精度向上に資するため、2)で処理されたデータを用いて震源及びメカニズム解の決定を行った。

(b) 業務の成果

1) 首都圏地震観測網(MeSO-net)による自然地震観測

温泉地学研究所が維持管理を行う MeSO-net 10 観測点（表 1、P.35）のうち、4 観測点（津久井中央小学校・青野原小学校・青根中学校・平戸小学校）について、老朽化したバッテリーを交換し、内部機器（コントローラ、電源制御装置、ルーター、温度センサー、避雷器、AC 端子台等）の動作確認、商用電源確認、電源出力確認、バッテリー電圧確認を行った。また、

青野原小学校については、観測波形に異常が見られたため、センサーの修理を行い、正常な波形が記録されることを確認した。

2) 地震データの統合処理

東大より送信されている MeSO-net データは、温泉地学研究所および温泉地学研究所で監視している他機関の地震データと統合処理され、震源決定に使用されている。通常発生する微小地震については、この処理によって初動押し引きによるメカニズム解のチェックが行われた。M4 程度以上の中規模地震について、その詳細な発生メカニズムの解明のために、統合処理されたデータを用いて、より詳細な震源分布やメカニズム解の推定を行った。

3) データ解析

2012 年 1 月 28 日 7 時 43 分、山梨県東部の深さ 20km 付近において発生した、気象庁マグニチュード (Mjma) 5.4 の地震 (以下、本震と呼ぶ) について、詳細な余震の震源分布およびメカニズム解の解析を行った (図 1、P.36)。この地震により山梨県東部・富士五湖で震度 5 弱が、関東・中部地方の広い範囲で震度 4 が観測された。本震が発生する 4 分前に本震震源の近傍で Mjma 4.9 の地震 (以下、前震と呼ぶ) が発生し、さらに翌日 1 月 29 日 16 時 46 分には本震震源のやや北側で Mjma 4.7 の地震が発生した。この地震発生域は丹沢山地直下であり、伊豆衝突帯北縁部に位置する。同地域は丹沢地塊、伊豆地塊と本州側のプレートが多重に衝突する地殻構造が複雑な場所で (例えば、Arai *et al.*, 2009¹⁾; Taira *et al.*, 1998²⁾)、常時地震活動が高い。吉田(1990)³⁾及び Yukutake *et al.*, (2012)⁴⁾は丹沢山地域で定常的に発生する地震活動を詳細に調べ、地震活動域が東西 2 つの領域に分かれること、さらに今回の活動があった西側の領域で発生する地震は伊豆地塊と本州側のプレートの衝突の影響を強く受けて発生している可能性があることを指摘した。

解析には震源域周辺の、MeSO-net、温泉地学研究所、防災科研 Hi-net、東大地震研、気象庁の観測点データを使用した。震源決定には、Double Difference 法(Waldhauser and Ellsworth, 2000⁵⁾)を用い、メカニズム解の決定には精度を高めるため、P 波初動極性データに加えて、P 波並びに SH 波の振幅情報も合わせて用いた。本震のメカニズム解は北西-南東方向に P 軸を持つ逆断層タイプであり、防災科研 F-net の CMT カタログのものと概ね一致する。本震震源近傍で発生した余震は南東方向に高角に傾斜する面上に集中して分布していることが分かった。余震の震源分布と本震メカニズム解の南東傾斜の節面がほぼ一致することから、本震の震源断層は南東方向に高角に傾斜していたことが示唆される。また、本震に先行して発生した前震のメカニズム解も、本震とほぼ同タイプのものが得られている。

1 月 29 日 Mjma 4.7 の地震は本震から北に約 5km 離れた場所で発生した。一連の地震活動は、前震及び本震の震源近傍と、1 月 29 日の地震の震源近傍の 2 つのクラスターに明瞭に分かれる。1 月 29 日の地震の震源近くで発生した余震の震源は、東西走向で北へ高角に傾斜する面上に集中して分布する。この地震のメカニズム解は、P 軸が鉛直に近く、やや正断層・横ずれ成分を含んでいて、本震のメカニズム解とは特徴が異なる (図 2、P.37)。メカニズム解の空間分布に着目すると、本震周辺のクラスターでは逆断層タイプの余震が卓越して発生しているのに対して、1 月 29 日の地震周辺のクラスターではやや正断層や横ずれ成分を含む余震も発生していることが分かった。応力逆解析法 (Horiuchi *et al.*, 1995⁶⁾) を用いて、2 つのクラスター領域での応力状態を定量的に推定したところ、本震周辺では σ_1 軸が水平で σ_3 軸が鉛直方向の逆断層型の応力場であるの

に対して、1 月 29 日の地震周辺では σ_1 軸がほぼ鉛直に近い正断層型の応力場という結果が得られた。

過去のこの地域の地震活動の震源分布 (Yukutake *et al.*, 2012⁴⁾) と比較すると、今回の地震活動は、東西に分かれる地震活動のうち西側の領域で発生した。Yukutake *et al.*, (2012)⁴⁾は、丹沢山地西側の領域では、伊豆地塊と本州側のプレートの衝突の影響で破碎度の高い領域が存在し、定常の地震活動はこうした構造を利用して発生している可能性を指摘している。前震および本震周辺の余震分布は南東に高角に傾斜する形状を持つことから、プレート境界上での活動とは考えにくく、伊豆地塊の衝突に起因する破碎構造の中に存在する断層上で発生したと解釈するのが妥当であろう。また、本震周辺と 1 月 29 日の地震の 2 つのクラスター間での応力場の特徴の違いは、伊豆衝突帯北端に形成された応力場の不均質を反映したものかもしれない。今回の地震活動は、もともと地震活動度の高い地域で発生し、前震および 1 月 29 日の地震も含めてメカニズム解もこれまでの傾向から大きく外れるものではない。また、前震を伴っていることも、この地域でみられる特徴の一つであり、通常地震活動の延長上で発生した地震であると考えられる。

(c) 結論ならびに今後の課題

MeSO-net 観測点の維持管理およびデータの送信については、当初の予定通り東京大学地震研究所および温泉地学研究所に正常に送信を行うことができた。センサーが故障した青野原小学校についても、修理後には正常な波形が送られていることを確認した。温泉地学研究所における波形の統合処理についても、特に問題は見られなかった。

2012 年 1 月 28 日に丹沢で発生した Mjma 5.4 の地震について、詳細な余震の震源分布およびメカニズム解の推定を行ったところ、この地震の震源は伊豆地塊と本州側のプレートの衝突の影響で破碎度の高い領域が存在する丹沢山塊の西側の領域に位置し、破碎構造の中に存在する南東方向に傾斜する断層上で発生したことが分かった。

首都圏南西部の地震発生メカニズムを解明するために、今後は 1990 年代以降に発生した中規模地震や金時山直下の深さ 20km 付近で発生する低周波地震などについても解析を進め、プレート構造モデルの精度向上を進める必要があると考えられる。

(d) 引用文献

- 1) Arai, R., T. Iwasaki, H. Sato, S. Abe, and N. Hirata: Collision and subduction structure of the Izu-Bonin arc, central Japan, revealed by refraction/wide-angle reflection analysis, *Tectonophysics*, 475, 438-453, 2009.
- 2) Taira, A., S. Saito, K. Aoike, S. Morita, H. Tokuyama, K. Suyehiro, N. Takahashi, M. Shinohara, S. Kiyakawa, J. Naka, and A. Klaus: Nature and growth rate of the Northern Izu-Bonin (Ogasawara) arc crust and their implications for continental crust formation, *Isl. Arc*, 7, 395-407, 1998.
- 3) 吉田明夫：神奈川県西部及びその周辺の地震活動とテクトニクス，*地学雑誌*，102，407-417，1983.
- 4) Yukutake, Y., T. Takeda, R. Honda, and A. Yoshida: Seismotectonics in the Tanzawa Mountains area in the Izu-Honshu collision zone of central Japan, as revealed by precisely determined hypocenters and focal mechanisms, *Earth Planets Space*, 64, 269-277, 2012.

- 5) Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth: A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward fault, Bull. Seismol. Soc. Am., 90, 1352-1368, 2000.
- 6) Horiuchi, S., G. Rocco, and A. Hasegawa: Discrimination of fault planes from auxiliary planes based on simultaneous determination of stress tensor and a large number of fault plane solutions, J. Geophys. Res., 100, 8327-8338, doi:10.1029/94JB03284, 1995.
- 7) Frohlich, C.: Triangle diagrams: ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol.75, pp.193-198, 1992.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
複数のアレイを用いたセンブランス解析による2011年東北地震の大振幅パルスの波源の推定（口頭）	本多亮・行竹洋平・原田昌武・伊東博・宮岡一樹・吉田明夫（温地研） 酒井慎一・中川茂樹・平田直・小原一成（地震研） ・木村尚紀・松原誠（防災科研）	北海道函館市（2012年地震学会秋季大会）	2012年10月	国内
東北地方太平洋沖地震の表面波通過時の箱根火山における地震活動と動的応力変化との関係（口頭）	行竹洋平・本多亮・原田昌武・伊東博・吉田明夫（温地研）・宮澤理稔（京大防災研）・坂上実・瀧澤一（東大地震研）	北海道函館市（2012年地震学会秋季大会）	2012年10月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
Rupture process of the largest aftershock of the M9 Tohoku-oki earthquake obtained from back-projection approach using the MeSO-net data	Ryou Honda, Yohei Yukutake, Hiroshi Ito, Masatake Harada, Tamotsu Aketagawa, Akio Yoshida, Shin'ichi	Earth Planets Space	In press.	国際

	Sakai, Shigeki Nakagawa, Naoshi Hirata, Kazushige Obara, Makoto Matsubara and Hisanori Kimura			
--	--	--	--	--

マスコミ等における報道・掲載
なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 25 年度業務計画案

- 1) 首都圏地震観測網(MeSO-net)のうち、神奈川県内に整備された 10 点について、設備を維持・管理し、引き続き自然地震観測を行う。必要に応じて、老朽化した一部設備の補修や移設を行う。
- 2) 東大より送信される MeSO-net のデータと、温泉地学研究所および温泉地学研究所で監視している他機関の地震データの統合処理を行い、震源及びメカニズム解の決定を行う。
- 3) 首都圏南西部およびその周辺で発生した中小規模の地震について詳細な解析を行い、既存の速度構造モデルなども参照しつつ、そのテクトニックな意味を検討し、プレート構造モデルの精度向上を図る。

表 1 平成 22 年度までに設置した観測点（10 箇所）

	所在地	学校名	住 所
1	川崎市	有馬小学校	神奈川県川崎市宮前区東有馬 5-12-1
2	横浜市	北方小学校	神奈川県横浜市中区諏訪町 29
3	横浜市	奈良小学校	神奈川県横浜市青葉区奈良町 1541-2
4	座間市	栗原小学校	神奈川県座間市栗原 6-8-1
5	相模原市	根小屋小学校	神奈川県相模原市緑区根小屋 1580
6	相模原市	青根中学校	神奈川県相模原市緑区青根 1926
7	相模原市	青野原小学校	神奈川県相模原市緑区青野原 1250-1
8	相模原市	二本松小学校	神奈川県相模原市緑区二本松 2-9-1
9	相模原市	津久井中央小学校	神奈川県相模原市緑区三ヶ木 39-7
10	横浜市	平戸小学校	神奈川県横浜市戸塚区平戸町 542

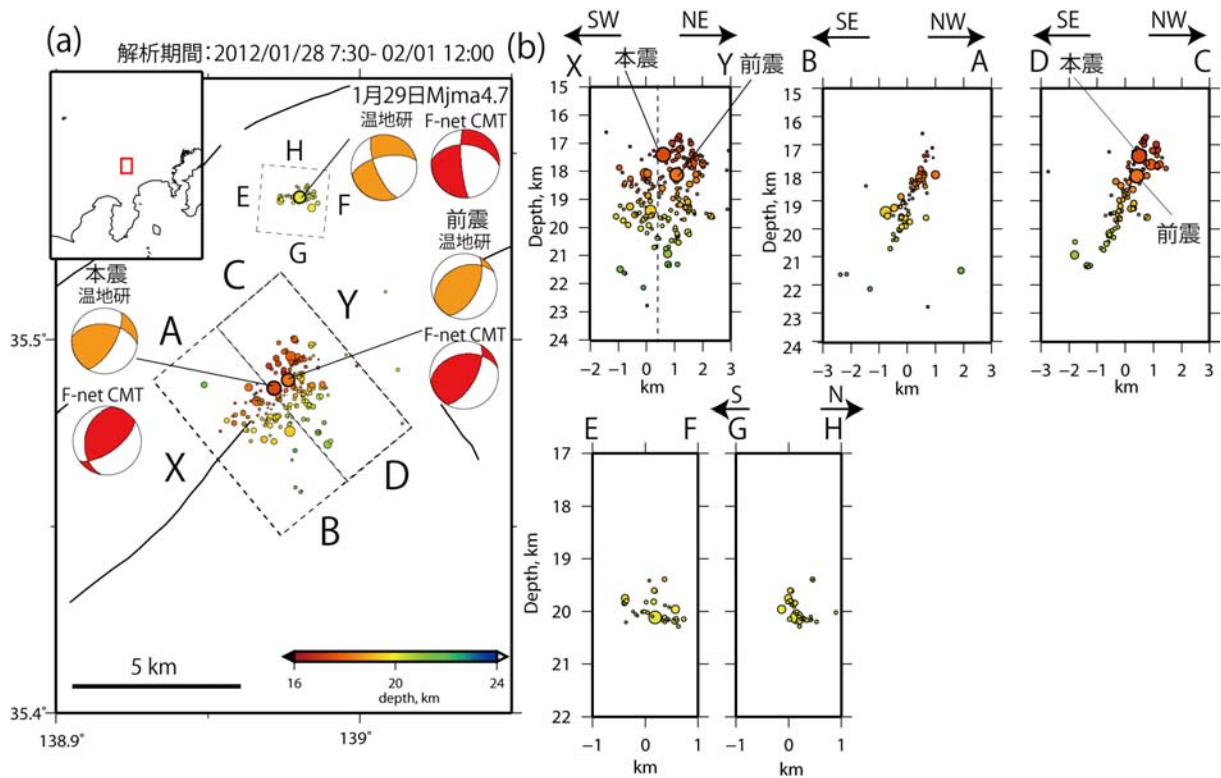


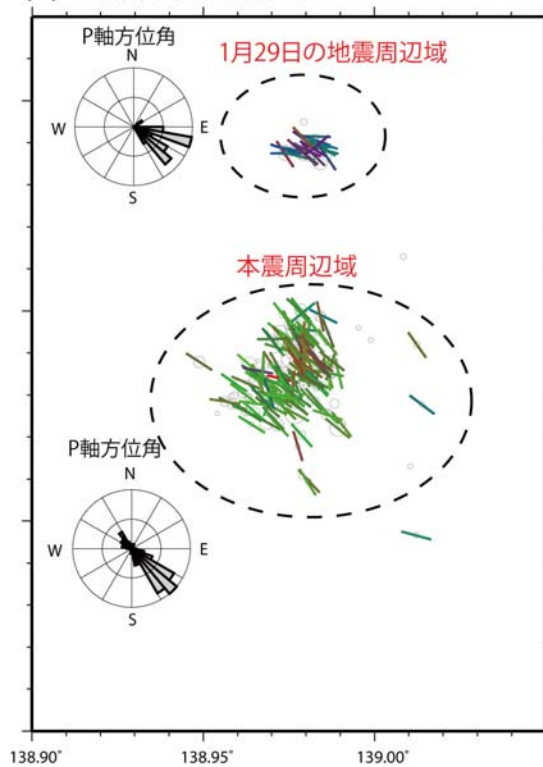
図1 1月28日山梨県東部の地震活動域の拡大図。震源位置はDD法を用いて決定。

(a)震央分布図、(b)図1(a)の各矩形領域内の震源深さ分布。

プロットの色は震源の深さに対応する。

図1(a)には、温地研および防災科研F-netによる、前震、本震および1月29日Mjma 4.7の地震のメカニズム解を示す。

(a) P軸方位角分布



(b)メカニズム解タイプ及び応力場

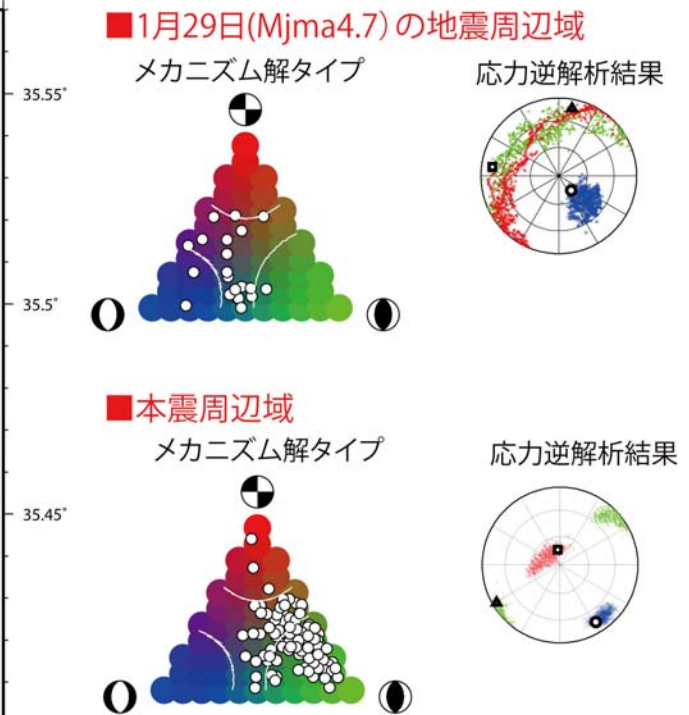


図2 (a)決定したメカニズム解のP軸分布。P軸カラーはFrohlich(1992)⁷⁾の定義によるメカニズム解タイプを表す(図2(b)三角ダイアグラムに対応)。

(b)本震周辺域及び1月29日の地震周辺域におけるメカニズム解タイプを示す三角ダイアグラムと応力逆解析結果(Horiuchi(1995)⁶⁾の手法を用いた)。