

3. 3. 3 断層帯周辺における自然地震観測

(稠密アレー観測による微小地震のメカニズム、応力解析)

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層帯周辺における自然地震観測 (稠密アレー観測による微小地震のメカニズム、応力解析)

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門	グループ長	桑原保人
	主任研究員	今西 和俊
	研究員	長 郁夫

(c) 業務の目的

糸魚川－静岡構造線（以下、糸静線と呼ぶ）断層帯で発生する地震について、マグニチュード0程度までの極微小地震までを含めたメカニズム解を決定し、当該地域の応力場を明らかにする。

(d) 5カ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成17年度：

甲府盆地西縁部の反射法探査域で稠密地震観測を実施し、マグニチュード0程度までの地震のメカニズム解を決定した。

2) 平成18年度：

諏訪盆地周辺部での反射法探査域で稠密地震観測を実施し、マグニチュード0程度までの地震のメカニズム解を決定した。また、メカニズム解から断層帯に作用する主応力方位の空間変化を求めた。

3) 平成19年度：

18年度に引き続き諏訪盆地周辺で稠密地震観測を実施すると同時に、これまでの観測データを総合的に解析し、メカニズム解決定と糸静線の諏訪湖以南の領域の応力場の解明を目指す。

4) 平成20年度：

断層帯北部での反射法探査域で稠密地震観測を実施し、マグニチュード0程度までの地震のメカニズム解を決定する。メカニズム解から断層帯に作用する主応力方位の空間変化を求める。

5) 平成21年度：

断層帯の北部・中部で稠密地震観測を行うと同時に、前年度までのデータの統一的な処理・まとめを行う。糸静線断層帯に作用する主応力方位分布図を作成する。

(e) 平成 18 年度業務目的

諏訪盆地周辺での反射法測線周辺域に、東大地震研究所の臨時観測点や Hi-net 等の定常地震観測点と合わせて約 5 km 間隔になるよう臨時の観測点を展開する。産総研は 8 カ所設置し、地震メカニズム解明を目的としたデータの収集を行う。定常観測点のデータも含め、振幅値を用いたメカニズム解推定法を適用し、極微小地震のメカニズム解を推定する。また、平成 17 年度に設置した糸静線南部域のデータを追加解析し、とりまとめ、糸静線南部域の応力場を解明する。

(2) 平成 18 年度の成果

(a) 業務の要約

マグニチュード 0 程度までの極微小地震のメカニズム解を決定するために、臨時地震観測を継続して実施した。平成 17 年度に設置した糸静線南部域における臨時観測点(8カ所)は 7 月末まで継続し、データの蓄積を行った。8 月には諏訪湖周辺に観測点を移設し、現在もデータ収録を行っている。臨時観測点は、定常観測点や東大地震研究所による臨時観測点を含めた全観測点の分布が、約 5 km 間隔程度になるように配置した。

上記に糸静線南部域の臨時観測で得られたデータの解析を行った。メカニズム解決定には、P 波初動に加えて振幅値も利用した。これにより、およそ 10 ヶ月の期間で 300 個近い地震のメカニズム解の決定が可能となった。気象庁マグニチュードは 0.0 から 3.2 である。推定されたメカニズム解には横ずれタイプと逆断層タイプが混在しているが、その空間分布には地域性があることが明らかになった。つまり、糸静線南部セグメント周辺では逆断層タイプの地震が主であるのに対して、中央構造線周辺では横ずれタイプの地震がほとんどである。これは、地形・地質・トレンチ調査等から推定されている糸静線南部セグメントと中央構造線の運動センスとも調和的である。次に、得られたメカニズム解を用いて応力テンソルインバージョンの予備解析を実施した。中央構造線周辺では横ずれの応力場が、糸静線南部セグメント周辺では横ずれ成分を含んだ逆断層の応力場が推定された。一方、主応力軸の方位には空間的な変化は見られず、西北西-東南東であった。

本研究の解析期間と同じ期間内で気象庁により決定された P 波初動解は 2 個のみである。このことから、臨時地震観測と振幅値を用いたメカニズム解推定法により、従来の 100 倍近い数のメカニズム解を決定できることが分かった。

(b) 業務の実施方法

2005 年 9 月から 2006 年 7 月末に実施した糸静線南部域の臨時観測データを用いて応力場推定を行った。震源決定およびメカニズム解決定に際して、データセットを 2 つに分けた。データセット I は地震研究所の測線アレーがある時期で、2005 年 9 月 17 日から 2005 年 12 月 13 日に発生した地震である。データセット II は 2005 年 9 月 10 日から 2006 年 7 月 23 日の期間のうち、データセット I の期間を除いた期間に発生した地震である。解析イベントの総数は、前者が 120、後者が 316 である、図 1 に観測点分布と解析に使用した震源分布を示す、解析では、まず、データセット I を用いて震源決定とメカニズム解決定を行った。解析手順は昨年度の報告書と同じである。次に、得られた走時と振幅の観測点補正值を用い

て、データセットⅡの地震の震源決定およびメカニズム解決定を行った。メカニズム解決定では、初動の極性データが10観測点以上ある地震について行い、マグニチュード0.0から3.2の278個を決定した。

観測では、2006年8月から諏訪湖周辺の8カ所において臨時地震観測点を設置した。

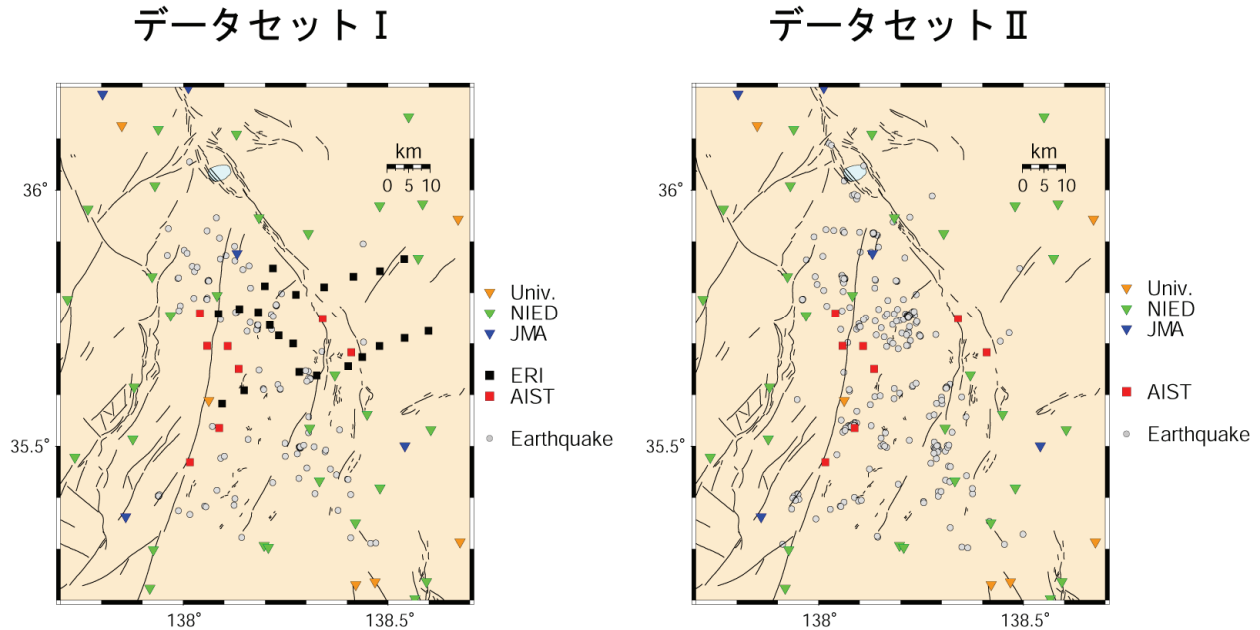


図1 糸静線南部域における臨時観測点分布(赤と黒の四角)と解析に使用した地震(灰色の丸)。解析では地震研の測線アレーがある時期とない時期の2つのデータセットに分けた。

図2は、産総研の臨時観測点、Hi-netや大学等の定常観測点を示してある。産総研の設置点は、定常観測点の配置を含めた観測点の分布が約5km間隔程度になるように配置し、可能な限り、強固な岩盤が露出している場所を選定した。地震計はMark Products社製L22E3成分を使用した。データ収録は、白山工業社製LS7000を用い、サンプリング周波数200Hzで連続収録とし、時刻管理はGPS時計によった。観測は現在も継続中で、既に100イベントほどのメカニズム解を決定できる地震が蓄積されている。

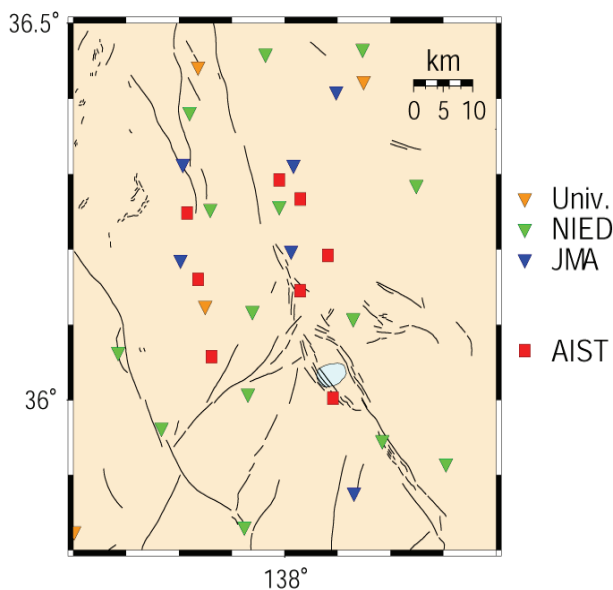


図2 諏訪湖周辺の臨時観測点を赤色の四角で示す。

(c) 業務の成果

メカニズム解の空間分布の特徴を見るために、推定されたメカニズム解のうち代表的なものを震源の深さ 3 km ごとに分けて、図 3 に示す。ここでは、メカニズム解のタイプを視覚的に判断しやすくするために Flohlich(1992)の三角ダイアグラムを使い、逆断層成分、正断層成分、横ずれ成分のそれぞれの比率に応じて色分けを行った。図 3 を見ると、横ずれタイプや逆断層タイプの地震は空間的にランダムに発生しているのではなく、地域性があることが伺える。研究対象地域の東側では逆断層タイプの地震が、西側では横ずれタイプの地震が卓越して発生していることがわかる。図 4 に全ての地震の P 軸方位分布を示す。前述のようにメカニズム解には逆断層タイプと横ずれタイプが混在しているが、P 軸の方位は比較的ばらつきが少なく、北西-南東から西北西-東南東に分布している、この方位は広域応力場（塚原・小林、1991）とも概ね一致している。

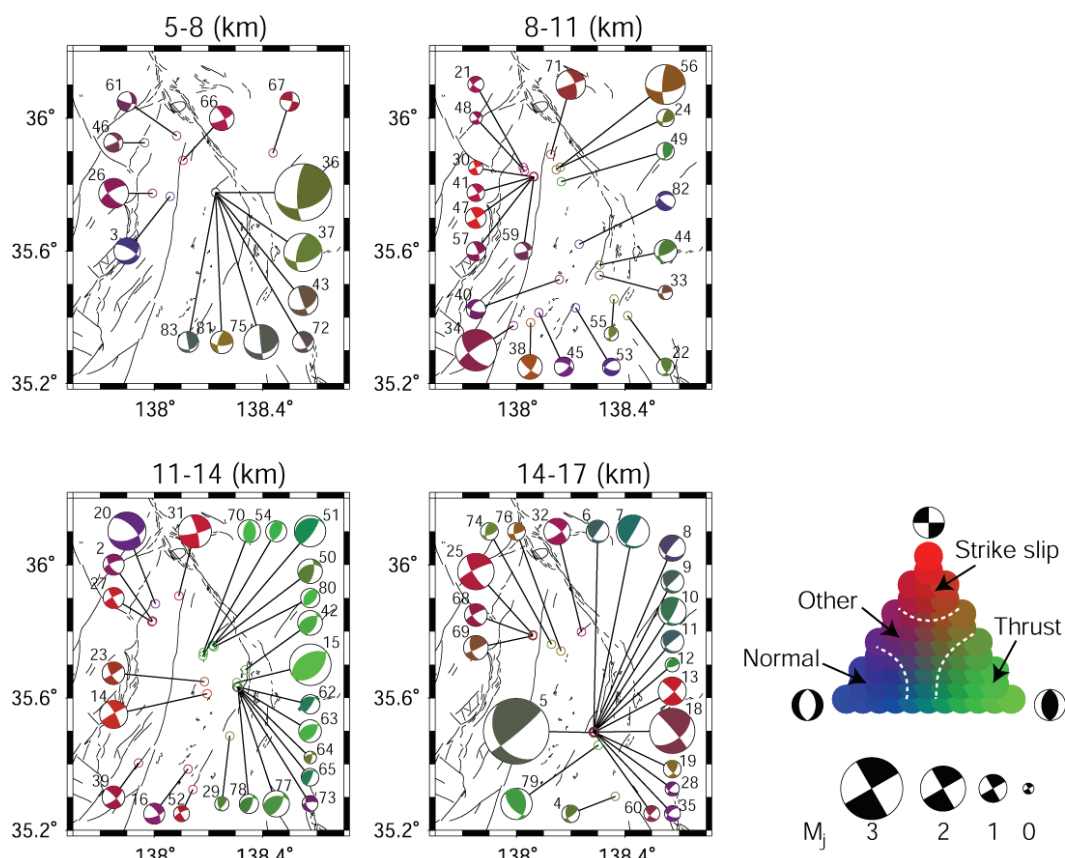


図 3 メカニズム解の空間分布。代表的な地震のみ示す。逆断層成分、正断層成分、横ずれ成分のそれぞれの比率に応じて色分けを行っている。

推定された微小地震のメカニズム解を周辺の活断層の運動様式と比較してみる。中央構造線は北緯 35.5 度以南では右横ずれの活断層と認定されている（活断層研究会、1991）。図 3 をみると、中央構造線周辺で発生している微小地震の発震機構解は横ずれ型がほとんどであり、北緯 35.5 度以南の運動センスと調和的である。糸静南部セグメントは西傾斜の断層群で構成されているが（活断層研究会、1991）、周辺で発生している微小地震の発震

機構解は逆断層型がほとんどであり、この領域の断層群の運動センスとやはり一致している。このように、現在の微小地震活動が第四紀以降の地質学的時間スケールで見られる比較的大規模な運動様式と調和的であることは注目に値する。

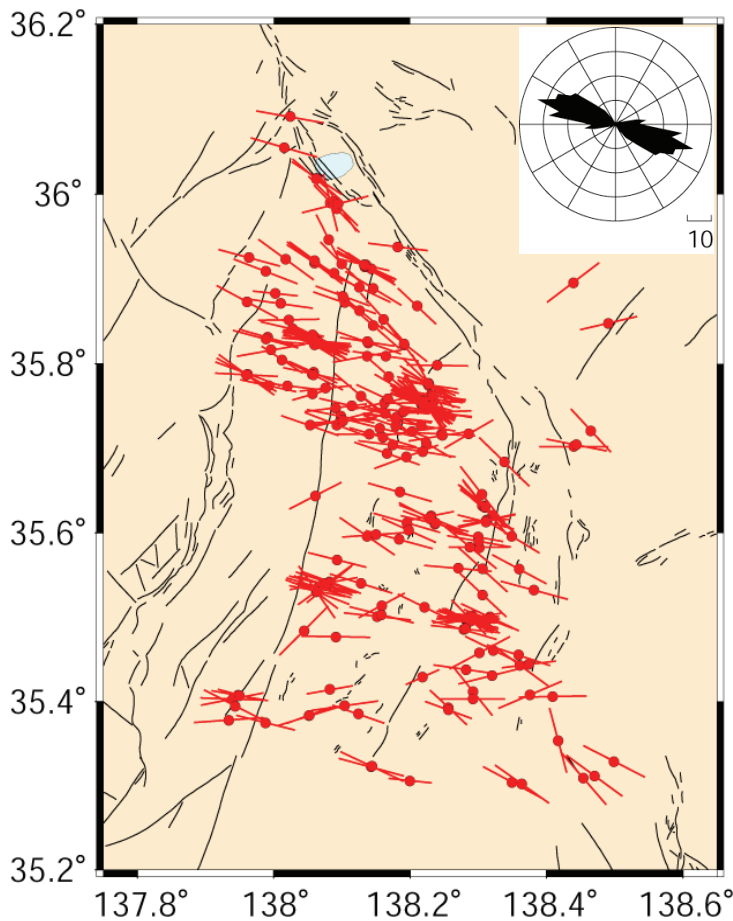


図4 全ての地震のP軸方分布。

次に、得られたメカニズム解を用いて応力テンソルインバージョンの予備解析を実施し、主応力方位と応力比の推定を試みた。最大、中間、最小主応力をそれぞれ S_1 , S_2 , S_3 とすると、応力比は、 $(S_2 - S_3) / (S_1 - S_3)$ で表現される。本研究では、地震学でよく使われている Michael (1984) の手法を用いた。応力テンソルインバージョン法には、対象としている領域の応力場は均質であるという仮定が必要である。そこで、我々は逆断層が卓越する糸静線南部域と横ずれが卓越する中央構造線周辺の2つの領域に分けて解析を行った。図5に推定結果を示す。中央構造線周辺では横ずれの応力場が、糸静線南部セグメント周辺では横ずれ成分を含んだ逆断層の応力場が推定された。一方、主応力軸の方位には空間的な変化は見られず、西北西-東南東であった。応力比は中央構造線周辺が 0.60、糸静南部域が 0.36 と推定された。現在、我々は、この結果と数値シミュレーションにより得られた応力場 (Hashimoto and Matsu'ura, 2006) を比較し、断層への応力蓄積過程について調査し始めたところである。

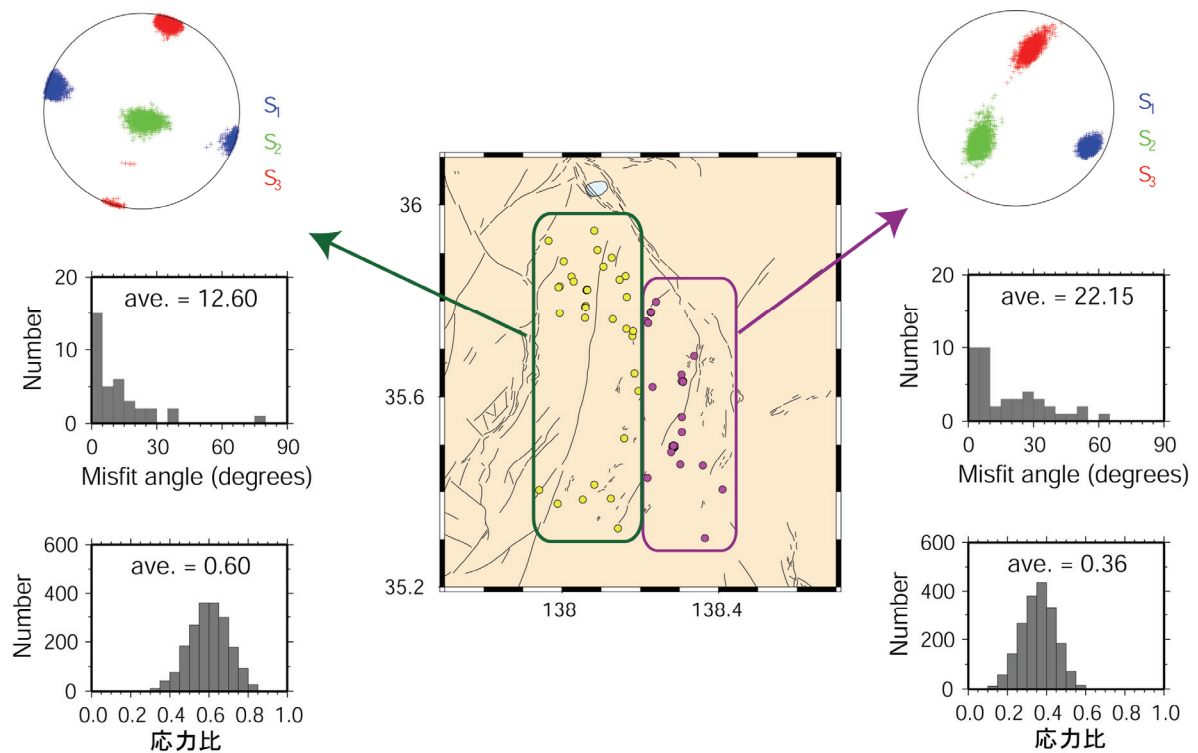


図5 応力テンソルインバージョン結果

(d) 結論ならびに今後の課題

糸静線周辺で発生している地震の多くはマグニチュード1以下の極微小地震であり、臨時観測データを加えても、P波初動の押し引きデータのみでは一意に解を決定することが困難である場合がほとんどであった。我々は振幅値の情報も加味することにより、10カ月ほどの間に糸静線南部域で記録された436個の地震のうち278個についてメカニズム解を推定することができた、最小および最大のマグニチュードは0.0および3.2である。同じ期間内で気象庁により決定されたP波初動解は2個のみである。このことから、従来の100倍程度の数の地震メカニズム解が決定できることが分かり、詳細な応力場推定を行うことが可能になったといえる。

今後、同手法を用いて諏訪湖周辺の応力場を明らかにするとともに、数値シミュレーションによる応力場との比較から、断層への応力蓄積過程の解明も行っていく。

(e) 引用文献

- 1) Flohlich, C., 1992, Triangle diagrams: ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanism, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 75, 193-198.
- 2) Hashimoto, C. and Matsu'ura, 2006, 3-D simulation of tectonic loading at convergent plate boundary zones: internal stress fields in northeast Japan,

Pure Appl. Geophys., 163, 1803-1817.

- 3) 活断層研究会, 1991, 新編「日本の活断層—分布と資料—」, 東京大学出版会, 437pp.
- 4) Michael, A. J., 1984, Determination of stress from slip data: faults and folds, *J. Geophys. Res.*, 89, 11, 517-11, 526.
- 5) 塚原弘昭・小林洋二, 1991, 中・西部日本の地殻応力, 地震 2, 44, 221-231.

(3) 平成 19 年度業務計画案

平成 18 年度に設置した諏訪湖周辺での臨時観測点を継続して維持し、データの蓄積を行う。平成 18 年度と同様な手法により、諏訪湖周辺で発生しているマグニチュード 0 程度の極微小地震までメカニズム解を決定する。これまでの観測データを総合的に解析し、糸静線の諏訪湖以南の領域の応力場の解明を目指す。