

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関心の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-1) 地震発生先行過程

イ. 先行現象の発生機構の解明

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

既往の研究により、近畿地方北部の地殻活動には、地震発生帯周辺に存在する流体が大きく関与していると予想される。地震学的な 3 次元速度構造・反射・散乱解析等に加え、電磁気学的な比抵抗構造解析によって地下流体の分布とその挙動を明らかにする。また、微小地震の発震機構、GPS・SAR の解析により詳細な応力場とその時間変化を把握する。それらの結果と実際に観測されている微小地震活動や地殻変動に見られる変化との相関関係の解析から、当該地域における地殻活動変化をもたらすメカニズムの解明をめざす。異常地殻活動のみならず、本研究により丹波山地における定常的な地震活動の原因、すなわち地震活動の地域性は何によるものかといった長年の疑問に対しても一定の答えが得られるものと期待される。同時に、間隙水圧測定等により地殻応力をモニターする方法の確立をめざす。本計画で得られる知見は、近畿地方内陸部の地殻活動の基本的な理解だけでなく、南海トラフ巨大地震の発生予測や関連する内陸地震活動の予測研究にも重要であると考えられる。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

[21 年度]

・近畿地方中北部において次世代型地震・火山観測システムを用いる 10 点程度の観測点を選定し、観測に着手する。これを定常観測網や別途実施されている臨時観測のデータと統合し解析する体制を構築する。

・これまで蓄積された地震データおよび稠密観測データを用いた反射波・散乱波解析により、近畿地方北部における地殻内の詳細な不均質構造の推定を行う。

・近畿地方北部山地において多点の MT 観測を行う。

・地殻変動連続観測による歪み変化のモニターと、過去とくに兵庫県南部地震前後の地殻変動データの検討。

- ・地殻変動連続観測点（逢坂山，阿武山，屯鶴峯）における歪と地下水（水位，湧水量）の観測値を比較対照し，地殻歪の観測値への地下水変化の影響の大きさを見積る。
- ・神岡鉱山での間隙水圧測定を継続する。流量モニターのデータ取得を行う。

[22 年度]

- ・次世代型地震・火山観測システムによる臨時観測点を約 30 箇所追加設置し観測を継続する。発震機構、反射・散乱構造の解析を行う。
- ・比抵抗観測（広帯域 MT、長周期 MT）および比抵抗構造の推定を行う。
- ・1995 年兵庫県南部地震に至る地震・地殻変動データの収集を継続。データの再解析に着手する。
- ・神岡鉱山での間隙水圧測定・流量モニターを継続する。近畿の過去の地殻変動・地下水観測のデータ整理を行う。

[23 年度]

- ・次世代型地震・火山観測システムによる地震観測・解析を継続する。トモグラフィ解析に着手する。
- ・比抵抗の補充調査および比抵抗モデルの高度化。3 次元的比抵抗構造を把握する。
- ・1995 年兵庫県南部地震前後の地殻活動変化のモデリング。
- ・神岡鉱山での間隙水圧測定・流量モニターを継続する。神岡鉱山・近畿の地殻変動・地下水観測の間隙弾性論による先行現象抽出手法の開発を行う。

[24 年度]

- ・次世代型地震・火山観測システムによる地震観測・解析を継続する。レシーバ関数解析に着手する。地震関係解析結果をまとめる。
- ・地震・電磁気等多項目の観測結果の統合解析。
- ・神岡鉱山での間隙水圧測定・流量モニターを継続する。近畿地方で間隙水圧観測を開始する。神岡鉱山・近畿の地殻変動・地下水観測の間隙弾性論による先行現象抽出手法の開発を継続する。

[25 年度]

- ・次世代型地震・火山観測システムによる地震観測・解析を継続する。
- ・現在進行中並びに 1995 年兵庫県南部地震前後の地殻活動変化の統一的なモデル化
- ・近畿地方神岡鉱山での間隙水圧測定・流量モニターを継続する。先行現象抽出手法のリアルタイム化を進める。

（ 7 ）平成 22 年度成果の概要：

大阪府北部から京都府中部にかけての丹波山地、さらに琵琶湖西岸に至る地域は定常的に微小地震活動が活発である。地震発生レートは中期的には極めて安定しているが、過去に活動度が大きく変化した例が知られており、応力場に敏感に反応する側面もあると考えられている。また近年においても、2003 年以降地震活動の低下が指摘されている。特定の活断層に沿わず面的広がりを持つ定常的な地震活動は日本列島においてもあまり類例のない特異なものと考えられるが、地震活動の原因は自体はほとんど分かっていない。これまでの多くの研究により示唆されている丹波山地下の地下流体の存在が、定常活動の成因とその活動変化に大きく影響しているものと考えられるが、その解明のためには詳細な地下構造に関する情報が必要である。本研究では、従来の観測密度をはるかに凌駕する多項目の観測を実施することにより、高解像度で地下構造の把握し、この地域の地震活動の原因およびその時間変化の要因をさぐることを目的としている。本研究は、当初の計画概要にほぼ準拠した形で進行している。

Hi-net 等基盤観測網の整備により、平均約 20km 間隔で地震観測点が全国をカバーするようになったが、内陸地震の原因究明のため十分な解像度を得るためには、さらに稠密な臨時地震観測を行う必要がある。2008 年末より文科省のひずみ集中帯重点観測の一環として、琵琶湖西岸から丹波山地にかけて 4 5 点の臨時観測点を設けて観測を行っていたが、今年度本研究によりさらに 37 点の臨時観測点を増設し観測を継続している（図 1）。観測地域中央部における観測点間隔はほぼ 2 ~ 3 km となっており、基盤観測網より一桁高い観測点密度を実現したと言える。観測機材としては「次世代型の地

震・火山観測システム」(通称満点システム)を用いてオフラインで行っており、回収された地震波形連続データは既存の定常観測点データと統合してデータベース化されている。今年度前半には基本的なハード/ソフトの整備およびいくつかの初期的な不具合の調整等を経て、波形データベースの運用は順調に進むようになった。現時点ではほぼ2年間にわたる膨大な連続データの取得に成功している。

昨年度までの地震データに基づき解析を進めている。地震の発震機構は、地殻応力を知るための貴重な情報であるが、定常観測網ではマグニチュード(M)2程度より大きなものでなければメカニズム決定は困難であり、ルーチ的な解析も行われていない。本研究の稠密観測網を用いると、丹波山地においてM0.5クラスのものでもP波初動極性による発震機構推定が可能であることがわかった(図2)。これはこの地域における気象庁一元化震源データにおける検知能力の下限にほぼ一致するもので、それ以上の大多数の地震について発震機構を求めることができると期待される。図3は、本研究で決定された発震機構解の一部を示すものであるが、約1.5ヶ月間という短い期間にも関わらず、300個の発震機構解を得ることができた。また、これらは丹波山地では東西圧縮の横ずれ断層と逆断層が混在することや、琵琶湖西岸域では逆断層が卓越することなど、10年以上のデータを基にした既往の研究と調和的な結果を得ている。今後、空間的にも時間的にも高分解能の発震機構・応力場解析が可能となるであろう。

また、地震波形データに基づく反射波ならびにレシーバファンクション法による地下構造解析が行われた。反射波解析では、従来から知られていた下部地殻のS波反射面が北摂地域の下に存在することが確認されたが、丹波山地全域では観測されず地域的に限定されたものであることが示唆された。また、遠地震を用いたレシーバファンクション解析では、モホ面深度の詳細なマッピングを行い、琵琶湖南部地域においてモホ面が浅くなっていることがわかった(図4)。また、丹波山地の下へフィリピン海プレートが東方から急角度で沈み込んでいる様子を捉えた(図5)。これらの結果は、従来は定常観測点の密度が稀薄なためはっきりしたイメージを得られなかったものを、本研究の高密度観測によって鮮明な「像」を結ばせることに成功したと言えるものである。

丹波山地における定常的な微小地震活動の成因に構造視点から迫るために、地震波速度構造などの他の物理量と比較することを目指して、本計画では比抵抗構造の3次元マッピングを課題として挙げている。京都府北部・滋賀西部(琵琶湖西岸域)・福井南部の40km四方の領域において、面的な広帯域MT観測網を設定している。昨年度は、研究対象領域において比較的ノイズレベルの低いと思われる北部地域において、20点の広帯域MT観測を実施したが、今年度は引き続きMT観測の信号源となる太陽活動度が低かったため、次年度(23年度)に備え、対象領域南部での観測候補地の選定を行った。また、昨年度に取得した北部域の電磁場データの時系列を精査し、直流電車からのノイズの傾向、および影響範囲について検討を行った。加えて、比抵抗変化モニタリングの可能性を検証するために、野島断層において、AMT観測による基礎実験に着手した。現在取得したデータの解析中である。

神岡鉱山でのボアホール歪計と間隙水圧観測を継続するとともに(図6)、レーザー伸縮計、超伝導重力計のデータを収集した。間隙水圧の自然のじょう乱(大気圧変化や地球潮汐による岩盤の変形)に対する応答を調べることで、断層破砕帯の透水性の推定を行なった。水頭拡散率の推定値は $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ であった。この結果を孔井による水理試験の結果と比較し、手法の適用限界や、異なる手法による測定結果のスケール依存性について検討した。

- (8)平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物(論文・報告書等):
- 三浦勉・飯尾能久・片尾浩,ほか(2010):近畿地方中北部における臨時地震観測,京都大学防災研究所年報,53,B,203-212.
 - Katsumata, K., M. Kosuga, H. Katao and the Japanese Group of the Joint Seismic Observation at NKTZ (2010): Focal mechanisms and stress field in the Atotsugawa fault area, central Honshu, Japan, Earth Planets Space, 62, 367-380.
 - 青木裕晃・片尾浩・飯尾能久ほか(2010):稠密地震観測による近畿地方北部におけるメカニズム解と応力場,日本地震学会秋季大会, P1-56.

- 片尾浩 (2010): 四半世紀にわたる近畿地方北部の応力空間分布と時間変化、日本地震学会秋季大会、P1-57.
- 吉村令慧・大志万直人・藤田安良 (2010): 近畿北部における比抵抗構造調査の目的と現状, CA 研究会.
- 加納靖之・伊藤久男・木下正高 (2010): 神岡鉦山内南東部断層での水理試験, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, MIS007-10.
- 佐々木裕樹 (2011): 近畿地方北部の微小地震活動域直下の地殻構造の推定 S 波反射法とレシーバ関数解析による、京都大学理学研究科修士論文.

(9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

- ・既設の稠密地震観測網のオフライン観測を維持継続し、地震波形データを蓄積し、データベースを整備する。地震波形の解析を進め、精密震源決定、トモグラフィ、メカニズム解および応力逆解析等の解析を行う。
- ・今年度選定した観測点において、比抵抗構造探査を実施する。複数の測線において 2 次元解析を行うことにより、3 次元解析の前段として、研究対象領域の構造の特徴を把握する。。
- ・地殻変動連続観測、GPS 観測のデータを総合し、過去および現在進行形の変動の成因を考察する。粘弾性モデル計算により東海スロースリップが丹波山地の地震活動に与える影響を評価する。
- ・神岡鉦山での間隙水圧測定・流量モニターを継続する。神岡鉦山・近畿の地殻変動・地下水観測の間隙弾性論による先行現象抽出手法の開発を行う。地殻変動連続観測点 (逢坂山, 阿武山, 屯鶴峯) における歪と地下水 (水位, 湧水量) の観測値を比較対照し、地殻歪の観測値への地下水変化の影響の大きさを見積る。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

担当者 : 片尾浩

参加者 : 飯尾能久、澁谷拓郎、西上欽也、大志万直人、吉村令慧、大谷文夫、森井互、加納靖之、福島洋、柳谷俊ほか (京都大学防災研究所) 約 1 2 名

他機関との共同研究の有無 : 無

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 京都大学 防災研究所 地震予知研究センター

電話 : 0774-38-4194

e-mail :

URL : <http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/>

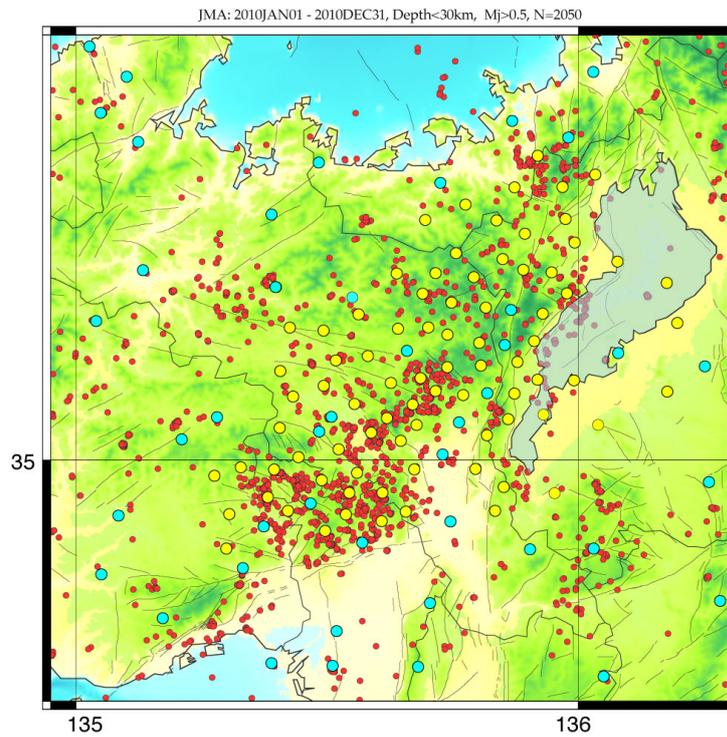


図1 . 近畿地方北部における地震観測点と地震分布

水色の円が定常観測点、黄色の円は「ひずみ集中帯」重点観測および本研究による臨時観測点。赤い小円は2010年に発生した浅い地震の震央。

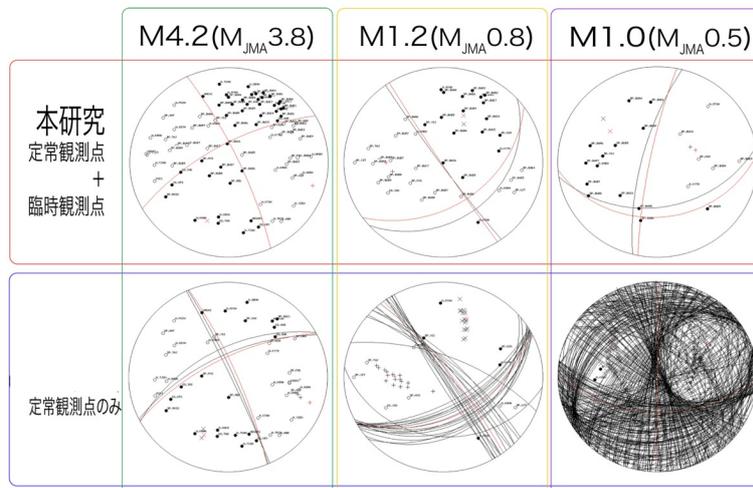


図2 . 発震機構決定に及ぼす稠密観測の効果

上段が本研究の稠密観測による決定。下段は同じ地震を定常観測点のみで決定した結果。押し引きを説明可能な節面のペアをすべてプロットしたもの。(青木、2010)

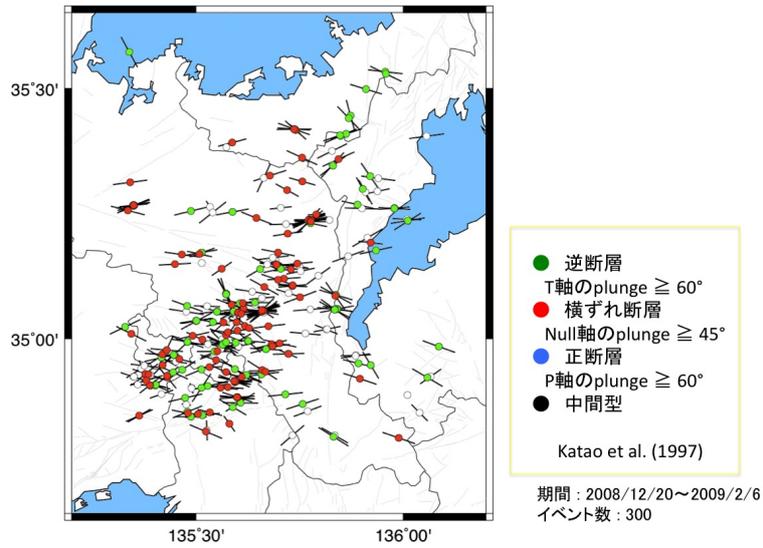


図3 . 近畿地方北部における発震機構の分布

震央に円をプロットし、断層型によって色を塗ったもの。震央を貫く「棒」はP軸の方位を表す。

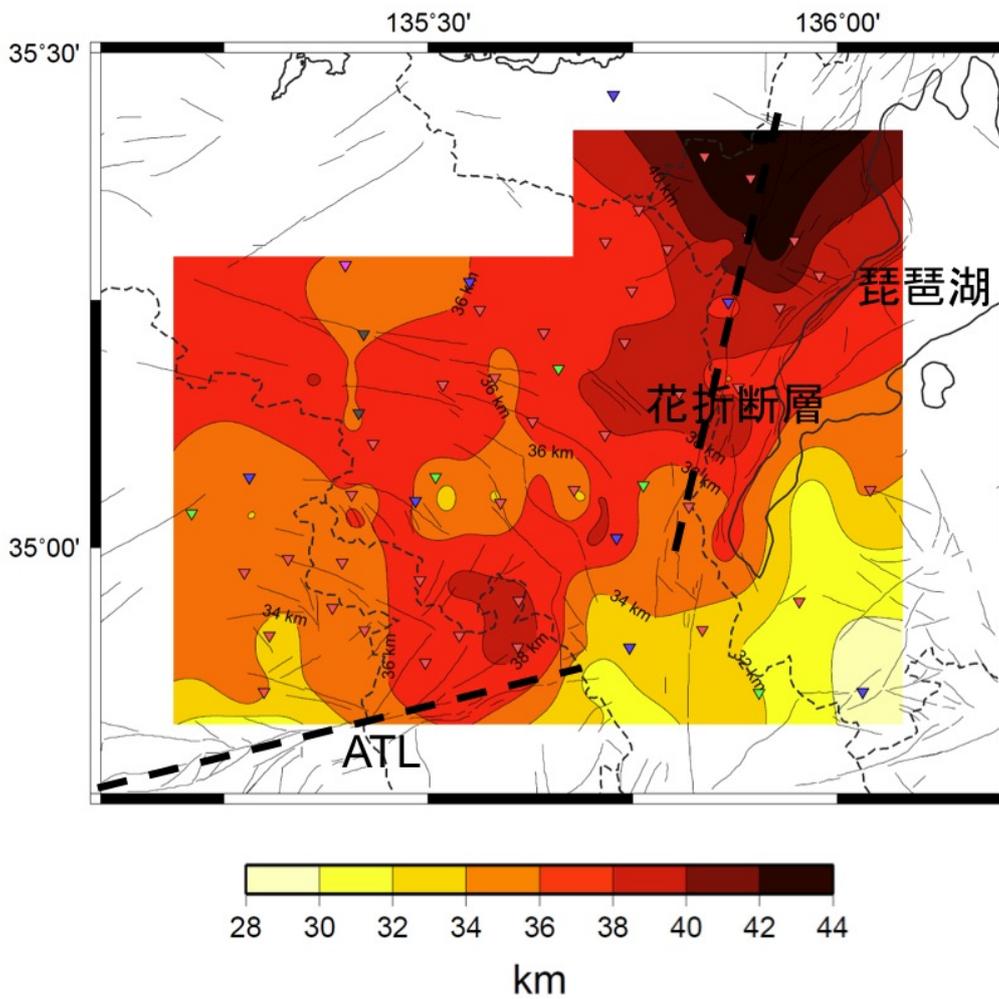


図4 . レシーバファンクション解析によって得られた近畿地方北部のモホ面の深度
ひずみ集中帯重点観測データに基づく (佐々木, 2011)。

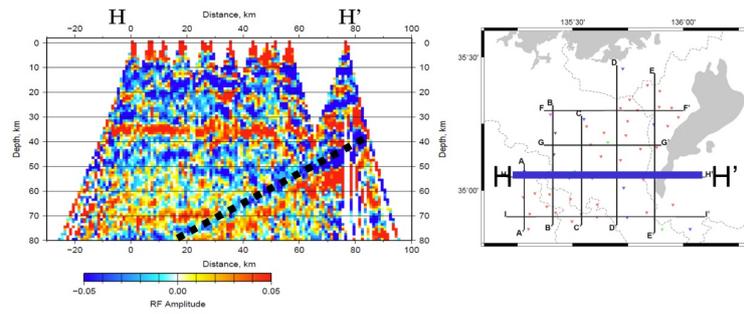


図5 . レシーバファンクション解析によって得られた近畿地方北部の構造断面

右図 H-H' に沿う断面。赤色は高速度層の上面を表し、モホ面等を示している。青色は低速度層の上面を表し、東から沈み込むフィリピン海プレートが認められる。

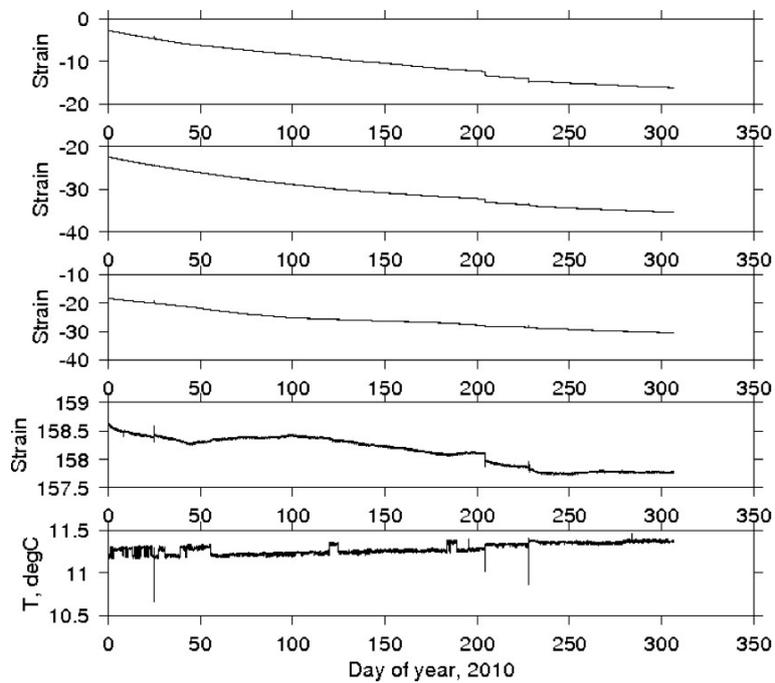


図6 . 神岡鉱山のひずみ

上から水平3成分と垂直成分、温度。ステップがあるのは、坑内の停電による。