

(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：

断層面および断層周辺の不均質性に基づく断層への応力集中過程の解明

(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

(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

(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

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-2) 地震破壊過程と強震動

ア．断層面の不均質性と動的破壊特性

(4) 地震発生・火山噴火素過程

イ．地殻・上部マントルの物性の環境依存性

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究課題は、次期計画中の「地震準備過程」に関する研究課題のひとつとして位置づけることができる。特に、建議中にある「内陸地震に関しては、地震発生層である上部地殻と下部地殻・最上部マントルの不均質とその変形の空間分布を把握し、歪集中帯の形成・発達と地震発生に至る過程に関する定量的なモデルの構築を目指す」に沿った研究課題である。この研究課題の実施により、断層への応力集中を解明するための基礎的モデル構築に貢献する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21～23 年は主に各地域での手法開発の期間とし、島根県東部から鳥取県西部地域において応力集中過程の解明のため、満点システムによる微小地震観測を開始し必要なデータを取得する。また、新しい応力逆解析手法の開発も合わせて開発する。長野県西部地震および鳥取県西部地震の震源域における稠密地震観測データを用い、震源断層や破壊開始点、アスペリティの位置の推定手法の開発を行なう。また、鳥取県西部地域でこれまでに取得されたデータおよび補充観測によるデータをもとにさらに深部までの比抵抗構造を求め地震断層周辺の不均質性の把握を行う。一方、山崎断層で、歪計、臨時地震観測とハイドロフォンを使用した極微小地震の活動変化を解明するとともに、近畿地方北部のいくつかの活断層で地震波散乱解析による深部不均質構造の推定を行う。なお、山崎断層では断層の定常的な変位をモニターするため、断層をまたぐ伸縮計による歪み観測を実施する。また、平成 23 年からは上述の研究内容に加えて、花折断層・有馬高槻断層系、山崎断層系の地域をカバーする SAR データを入手し、他課題において開発される予定の InSAR 時系列解析を適用・拡張する。

平成 24～25 年は、平成 21～23 年の期間に実施した観測を必要に応じて継続するとともに、それまでに各地域で高度化されたそれぞれの手法をそれぞれ近畿地方中北部の断層（花折断層・有馬高槻断層系、山崎断層系）へ適用するとともに、地震波散乱解析により近畿地方北部の広い地域での地殻不均質構造の時空間分布特性の違いに着目して断層系への応力集中機構を解明するための特徴的な構造を抽出する。さらに、InSAR 時系列解析により地殻変動の詳細な時空間パターンをとらえ、花折断層・有馬高槻断層系、山崎断層系などでの応力集中機構のモデル化を図る。

（ 7 ）平成 23 年度成果の概要：

鳥根県東部，鳥取県西部，岡山県・広島県北部地域に，次世代型地震観測システム（満点システム）を合計 50 カ所設置し，下部地殻の不均質構造を推定するためのデータを取得している．当地域では，鳥取県西部で 2000 年鳥取県西部地震の余震が続いているほか，鳥根県東部から広島県北部にかけても活発な地震活動があり，2011 年 6 月 4 日には鳥根県東部で M5.2，2011 年 11 月 21 日には広島県北部で M5.4 の地震が発生した．

2009 年 11 月から 2011 年 2 月までの約 14 ヶ月のデータを手動で読み取り，地震メカニズム解の決定および応力逆解析により，M5 クラスの地震が頻発している鳥根県東部から広島県北部にかけての地域の応力場を推定した．図 1 に，P 軸の方位分布を示す．Kawanishi et al.(2009) で報告されているように，鳥取県西部地域では，南部において P 軸はほぼ東西だが，北部において西北西-東南東から北西-南東方向に回転しているように見える．これに対して，鳥根県東部から広島県北部にかけての地域では，ハッチをかけた領域で，周囲よりも西北西-東南東に回転している地震が多いように見える．そこで図 2 のように，上記のハッチの部分に対応する領域とその南北の領域，3 つの領域を設定し，応力逆解析を行った．その結果， σ_1 の方位の最適解は，南北の領域 A，C においては，中国地方の広域（Kawanishi et al., 2009 による W2 領域）において得られている方向に近いが，領域 B においては他の領域よりも西北西-東南東に回転していることが推定された．この結果は，日本海沿岸の地震帯直下の下部地殻の変形による応力場の回転という Kawanishi et al.(2009) による結果と調和的である．

断層面を用いた標準的な応力逆解析手法（例えば，Gephart and Forsyth, 1984）を改良して，新たな応力場の推定手法の開発を行った．せん断応力が小さい場合，断層面の走向・傾斜の少しの誤差のために理論的なすべり方向に大きな誤差が生じる場合がある．そこで，せん断応力が小さい断層面については，理論的なすべり方向と観測から得られたそれとの差（ミスフィット角）の重みを小さくすることで応力場の推定精度の向上を図った．テストデータによるチェックにより，標準的な手法に比べて推定精度が向上していることが分かった．この新手法を 2000 年鳥取県西部合同観測データに適用した．断層近傍で発生した地震のうち，精度の良い 1536 個の地震メカニズム解を使用し，本震によるすべり量が大きい領域の応力場を推定した．その結果，岩田・関口（2002）による大すべり域（G2，H1，H2，I3，I4）では本震による静的な応力変化の空間分布（白細線）と σ_1 の方位が一致しないが，その周辺（G4，G6，I1，I2）ではよく一致するという結果が得られた．この結果は，アスペリティは強度が大きいことで解釈可能である．アスペリティ周辺の強度が弱い領域において本震発生前に応力緩和が発生し，アスペリティに応力集中が発生して，大きなすべりが発生した可能性が考えられる．

山陰地域の海岸線にほぼ平行して存在している帯状の地震分布ほぼ直下に存在する低比抵抗領域の日本海側への広がり及びその領域の下限を明らかにするため，東経 134.3 度付近を通る南北測線上で，日本海で取得した海域データおよび陸域データを統合した予察的 2 次元比抵抗モデルの構築を行った．まだ，すべての陸域の観測データを取り込んでいないため，確定的なイメージングは完了していないが，低比抵抗領域が，沖合 100km 付近まで伸びている可能性もあり，かつその下部は深さ 30～60km に達する可能性もある．

微小地震活動が活発な山崎断層において，臨時地震観測点 3 点による観測を継続した（図 4）．これらを含む地震観測網によって得られた地震データに対して波形の相互相関を用いた震源再決定をおこない，微小地震の高精度の震源分布を求めた．また，安富観測井でのハイドロフォン観測およびイベント検出を継続した．断層の定常的な変位をモニターするため，断層をまたぐ伸縮計によるひずみ

観測を継続した。なお、東北地方太平洋沖地震後、山崎断層周辺では明瞭な地震活動の変化はみられなかった。

琵琶湖西岸地域の活断層周辺における歪集中について探るため、InSAR 時系列解析を行い、平均速度場を求めた(図5)。データとしては、2006年12月から2010年10月に北行軌道から撮られた21枚のALOS/PALSAR画像を用いた。琵琶湖西岸断層帯においては、断層の両側において平均速度の明瞭な違いは得られず、歪集中を示す結果とならなかった。花折断層帯においては、今後ノイズ削減やGPSとの比較などの検討が必要なものの、断層両側で1cm/year(視線方向:西南西上空)程度の速度差があるように見える(西側のほうが濃い青が多い)。このような速度差は、右横ずれすべりを起こす花折断層の運動と調和的で、断層深部ですべりあるいは局在化した流動があるという考えと矛盾しない。

(8)平成23年度の成果に関連の深いもので、平成23年度に公表された主な成果物(論文・報告書等):
なし

(9)平成24年度実施計画の概要:

島根県東部、鳥取県西部、岡山県・広島県北部地域の満点システムによる微小地震観測を継続するとともに、近地・遠地のデータを解析して、下部地殻の不均質構造を推定する。特に、応力場の回転と不均質構造との関係の解明を試みる。長野県西部地震および鳥取県西部地震の震源域における稠密地震観測データを用いて、地震データから震源断層の正確な位置を推定する手法の開発を継続する。また、新しい応力逆解析手法の開発も継続する。また、山陰地域での比抵抗構造推定による地震断層周辺の不均質性の把握も継続する。その際必要に応じて長周期帯MT観測等の補充観測を実施する。一方、微小地震活動が活発な山崎断層において、臨時地震観測点3点による観測を継続し、これを含む地震観測網によって、微小地震の高精度の震源分布を求める。発震機構解析やb値の推定を行ない、断層トレースの形状と対比しながら、断層構造の不均質について継続して調べる。また、安富観測井でのハイドロフォン観測は観測点を追加し、より小さな地震の発生状況と断層の状態(地震活動)の相関について調べる。さらに、断層の定常的な変位をモニターするため、断層をまたぐ伸縮計によるひずみ観測を継続し、データの評価を行なう。さらにこれらの手法を近畿中北部の他の断層へ適用できるかどうかの検討を行う。InSAR時系列解析に関しては、花折断層・有馬高槻断層系、山崎断層系の地域をカバーするSAR画像データを基にした解析を継続する。

(10)実施機関の参加者氏名または部署等名:

担当者:大志万直人

参加者:飯尾能久、片尾浩、澁谷拓郎、西上欽也、加納靖之、James MORI、吉村令慧、徐培亮、橋本学、福島洋、中尾節郎、西村和浩、他:計約14名

他機関との共同研究の有無:有

鳥取大学、神戸大学、高知大学との共同研究(参加人数 約4名)

(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:

e-mail:

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

(12)この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名:大志万直人

所属:京都大学防災研究所 地震防災研究部門

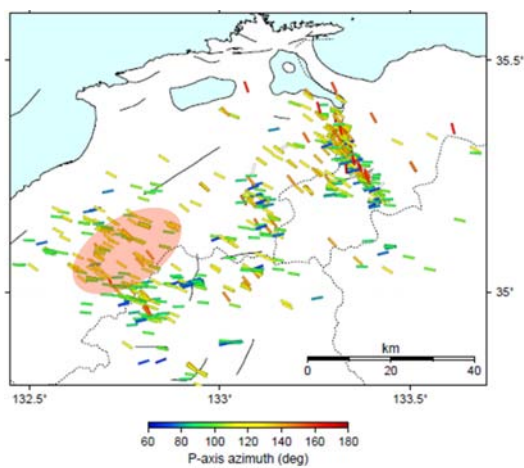


図1 島根県東部，鳥取県西部，岡山県・広島県北部地域におけるP軸の方位分布方位によって色分けをしている(南北に近いほど赤，東西に近いほど青)。

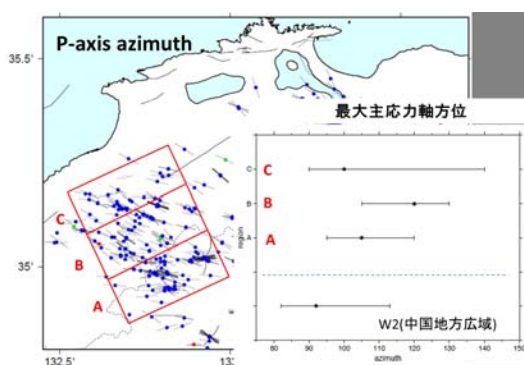


図2 応力逆解析結果

1の方位の最適解(黒丸)と95%信頼区間を示す。領域Bは図1のハッチの領域に対応。W2はKawanishi et al.(2009)による中国地方広域。

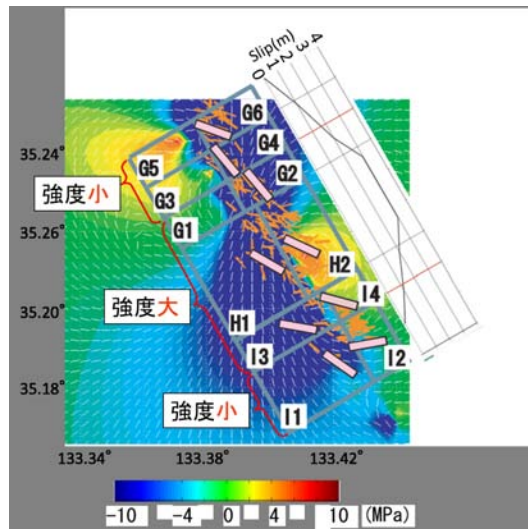


図3 応力逆解析によって推定された、鳥取県西部地震の大すべり域近傍 ((深さ 5-10km) における σ_1 の方位分布 (ピンクの太線)
 深さ 7km における本震による静的応力の空間変化 (白細線) と比較している。オレンジ線は同じ深さにおける P 軸の方位分布。すべり分布は岩田・関口 (2002) による。

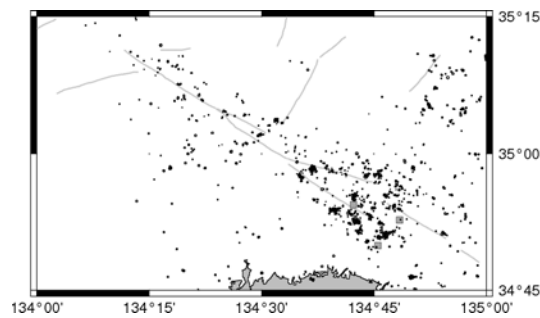


図4 臨時観測点をふくむ観測網で決定した山崎断層系周辺の震央分布 (2011 年 1 月 ~ 2012 年 2 月)。

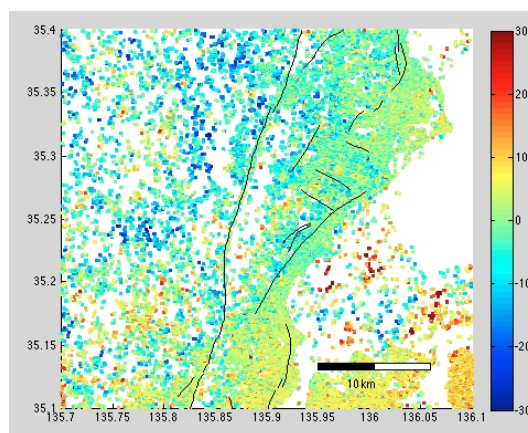


図5 InSAR 時系列解析により求めた琵琶湖西岸地域の活断層周辺における歪平均速度場
 図中のカラーバーの単位は mm/year で、時系列データとしては、2006 年 12 月から 2010 年 10 月に北行軌道から撮られた 21 枚の ALOS/PALSAR 画像を用いている。