

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

内陸地震発生域における応力蓄積状態の解明

(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

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア．列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究では、測地観測、地震観測、数値モデリング等の様々な手法を駆使して内陸地震の発生域における応力状態およびその時間的な変化の把握、さらには応力蓄積のメカニズムを解明することを目指す。測地観測では、中部地方に位置する、地震サイクル中のステージや変形様式の異なる複数の活断層の周囲で稠密 GPS 観測を実施し、それぞれの変形様式から応力蓄積過程の違いを明らかにする。地震観測では、内陸地震発生域におけるコーダ Q の時空間変化の検出を試み、その結果から応力状態およびその時間変化を推定する。また、GPS を用いた固体地球の潮汐応答により応力臨界状態の検出を試みる。最後に、これらの観測結果を総合して、内陸地震発生域における応力状態の把握を目指す。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

(a) 詳細な地殻変動分布から見る内陸地震発生域の応力蓄積過程

本課題では、約 400 年前に地震が発生した可能性のある養老-桑名-四日市断層（1586 年天正地震）および阿寺断層南部（1586 年天正地震）、約 150 年前に地震が発生した跡津川断層、顕著な地殻変形が見られる糸魚川-静岡構造線北部を対象として稠密なキャンペーン GPS 観測を実施し、詳細な地殻変動分布を得て、各断層の応力蓄積過程の解明を目指す。平成 21 年度は、阿寺断層周辺に稠密 GPS 観測網を構築し、観測を実施する。また、養老-桑名-四日市断層周辺で選点調査を実施し、観測の計画を立てる。

(b) 散乱構造から見る内陸地震発生域の応力状態とその時間変化

中部地方を中心にした領域で自然地震を利用したコーダ Q の解析をおこない、コーダ Q の空間分布を調べる。特に歪み集中帯に注目しながら、できるだけ観測時間幅を広くした解析をおこない、コーダ Q の時間変化や安定性を検討する。

(c) 活断層の地震サイクルと歪み集中帯の生成に関する物理モデル構築

下部地殻を構成する鉱物のレオロジーを考慮した内陸活断層の地震サイクルモデル構築を開始する。

平成 21 年度は、跡津川断層周辺で従来から継続してきた GPS 観測を実施するとともに、糸魚川 - 静岡構造線北部で観測網を構築し、観測を開始する。また、阿寺断層でも観測点調査を行う。散乱構造については手法の検討を行う。

平成 22 年度は、跡津川断層、糸魚川 - 静岡構造線北部での観測を実施するとともに、阿寺断層で観測網を構築し、観測を実施する。養老 - 桑名 - 断層で観測点調査を行う。散乱構造の解析手法を特定の地域に適用し、三次元的な構造の抽出を試みる。

平成 23 年度は、養老断層系に観測網を構築し、観測を実施するとともに、他の断層でも観測を行う。潮汐応答による応力状態のモニター手法の開発を行う。散乱構造の時間変化を検出する手法の検討を行う。

平成 24 年度は、各断層で観測を実施する。観測結果の暫定的なまとめを行う。特定の断層について、潮汐応答による応力状態モニターを試みる。散乱構造の時間変化に注目し、四次元的な構造変化の抽出を試みる。

平成 25 年度は、観測やデータ解析を継続するとともに研究全体のまとめを行い、内陸地震発生域の応力蓄積状態に関する知見を得る。

(7) 平成 22 年度成果の概要 :

(a) 詳細な地殻変動分布から見る内陸地震発生域の応力蓄積過程

従来の観測で、顕著な変形集中が生じている可能性が指摘されている糸魚川-静岡構造線北部の神城断層周辺で、GPS 連続観測(3 箇所)、GPS キャンペーン観測(4 箇所)、水準測量(2 路線)を実施し、データ解析を実施した。観測期間が短いため暫定的な結果であるが、GPS からは神城断層東側の HLND と西側の観測点の間で 3mm/年程度の短縮が生じている可能性が考えられる(図 1)。

糸魚川 - 静岡構造線北部周辺の GPS 連続観測点のデータ(1997 年 ~ 2010 年)の統一的な再解析を実施した。その結果、従来の解析では不明瞭であった糸静線北部周辺の上下変動分布が明瞭に求めることができた(図 2)。その特徴は以下のようにまとめることができる。1) 飛騨山脈は最大 4-5mm/年程度で隆起している。隆起域の東縁は飛騨山脈と松本盆地の境界付近である。2) 松本盆地は東に下がりて傾動し、松本盆地東縁断層の西側では 1-2mm/年程度で沈降する。3) 松本盆地東縁断層と小谷 - 中山断層に挟まれた大峰帯では顕著な上下変動は見られない。4) 小谷 - 中山断層の東側の褶曲帯では 1-2mm/年程度の隆起が見られる。5) 中央隆起帯では顕著な上下変動は見られない。こうした地殻変動の特徴は地形・地質構造と整合的であり、飛騨山脈や松本盆地、犀川沿いの褶曲帯などを形成したテクトニックな運動が現在も継続していることを示唆する。松本盆地東縁断層を境として上下変動にコントラストが見られること、断層周辺に集中した水平短縮が見られることなどを勘案すると、松本盆地東縁断層においては、西北西 - 東南東方向の短縮運動が深部クリープなどの非弾性的なプロセスで賄われているように見える。ただし、松本盆地の沈降は堆積層の圧密により生じている可能性がある。また、筑摩山地の地殻変動も、副次的な断層の活動や褶曲運動を考慮したモデリングが必要である。

なお、阿寺断層の GPS 観測網について調査を実施したが、観測困難な場所が多数あることが判明したため、次年度に再調査を実施し、改めて設置の可能性を検討することにした。

(b) 散乱構造から見る内陸地震発生域の応力状態とその時間変化

本研究では地震波の散乱を利用して地下の不均質構造の時空間変動を捉え、断層運動の準備段階の応力変動などの検出を目指している。従来こうした目的に利用できる散乱波として、地震のコーダ波部分が利用されている。2010 年度もそうした解析を進める一方で、新たな解析手法の可能性を追究した。従来の地震観測ではノイズとされてきた常時微動を利用する方法である。もしこの手法が有効であれば、地震の発生を待つことなく散乱波信号を連続的に得ることができ、特に時空間変動を調べるのに有効であると期待される。

背景ノイズの相互相関関数によって弾性波のグリーン関数を求める手法を拡張して、ノイズの自己

相関関数から観測点近傍での後方散乱波群を得て、その時間減衰から従来のコーダ Q_c に相当する物理量を推定できる可能性を検討した。解析では、中部地方の観測点および伊豆大島の観測点の2地域のデータを使用した。

解析の結果、常時微動の自己相関関数から減衰を表すパラメータ Q_{acf} を得ることができることが分かった(図3)。ただし従来のコーダ波から得られる Q_c がS波の減衰を表すのに対して、 Q_{acf} は表面波の散乱及び減衰に関係した量であることが推定された。その結果 Q_c の空間分布とは異なったものを得ることになるが、 Q_{acf} は浅部の地下構造を反映していることがわかった。断層運動や火山活動の予測のためには地下のやや深部の情報が重要と考えられるので、 Q_{acf} は必ずしもこうした面では有効性は低いと想定されるが、 Q_c との併用でより細かい散乱構造の推定が可能となると期待できる。

(c) 活断層の地震サイクルと歪み集中帯の生成に関する物理モデル構築

跡津川断層系および糸魚川-静岡構造線中部~北部にかけて、GPSによる測地学的な変位速度と地質学的な変位速度の比較を行った。その結果、跡津川断層系では測地学的な変位速度が系統的に2~3倍程度大きいこと、糸魚川-静岡構造線北部の逆断層主体の領域においても測地学的な短縮速度が地質学的な変位速度に比較して数倍程度大きく、しかも断層近傍に集中した変形の見られることが分かった。これらのデータは、日本列島の上部地殻の変形を考える際に断層面および断層面外における非弾性変形の影響が無視できない影響を持っていることの現れと考えられ、内陸地震のサイクルを複雑にしている要因と考えることができる。

- (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)：
Ohzono, M., T. Sagiya, K. Hirahara, M. Hashimoto, A. Takeuchi, Y. Hoso, Y. Wada, K. Omoue, F. Ohya, and R. Doke, Strain accumulation process around the Atotsugawa fault system in the Niigata-Kobe Tectonic Zone, central Japan, *Geophys. J. Int.*, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04876.x, 2011.

(9) 平成23年度実施計画の概要：

糸魚川-静岡構造線北部において、GPS観測と水準測量を実施する。また、跡津川断層周辺におけるGPS観測を継続し、地殻変動データの高精度化を図る。また阿寺断層周辺では平成22年度にGPS観測網の設置に至らなかったため、23年度に観測網を構築し、観測を実施する。さらに、養老断層周辺で観測点調査を実施する。さらに、跡津川断層や糸魚川-静岡構造線周辺の地殻変動観測結果に基づいて、変形モデルの構築を行う。

22年度と同様に、中部地方を中心に展開されている観測点記録を利用して、コーダ波及び常時微動などから地下の散乱構造の推定及びその手法の改良・開発を進める。このようにして得られる Q_c や Q_{acf} などの空間分布と他の地殻活動の空間分布を比較して、地下の不均質構造とテクトニクスの関係を調べる。また、コーダ波を利用して、断層破砕帯などの非線形弾性を調べる手法を検討する予定である。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

名古屋大学大学院環境学研究科：鷺谷威，古本宗充

他機関との共同研究の有無：有

金沢大学理工研究域自然システム学系：平松良浩

(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：名古屋大学大学院環境学研究科

電話：052-789-3046

e-mail：web-master@seis.nagoya-u.ac.jp

URL：http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/

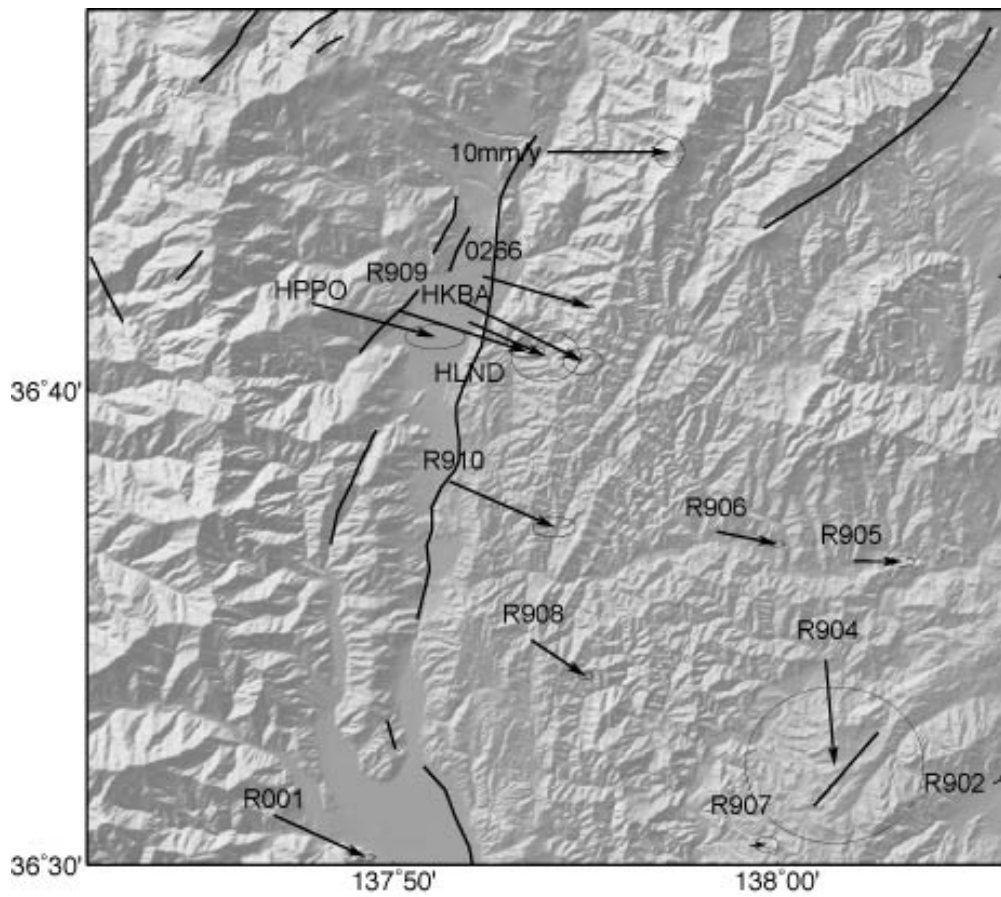


図1 白马周辺のGPS速度分布(2002年~2010年のデータに基づく)。基準点は和田(950271)である。

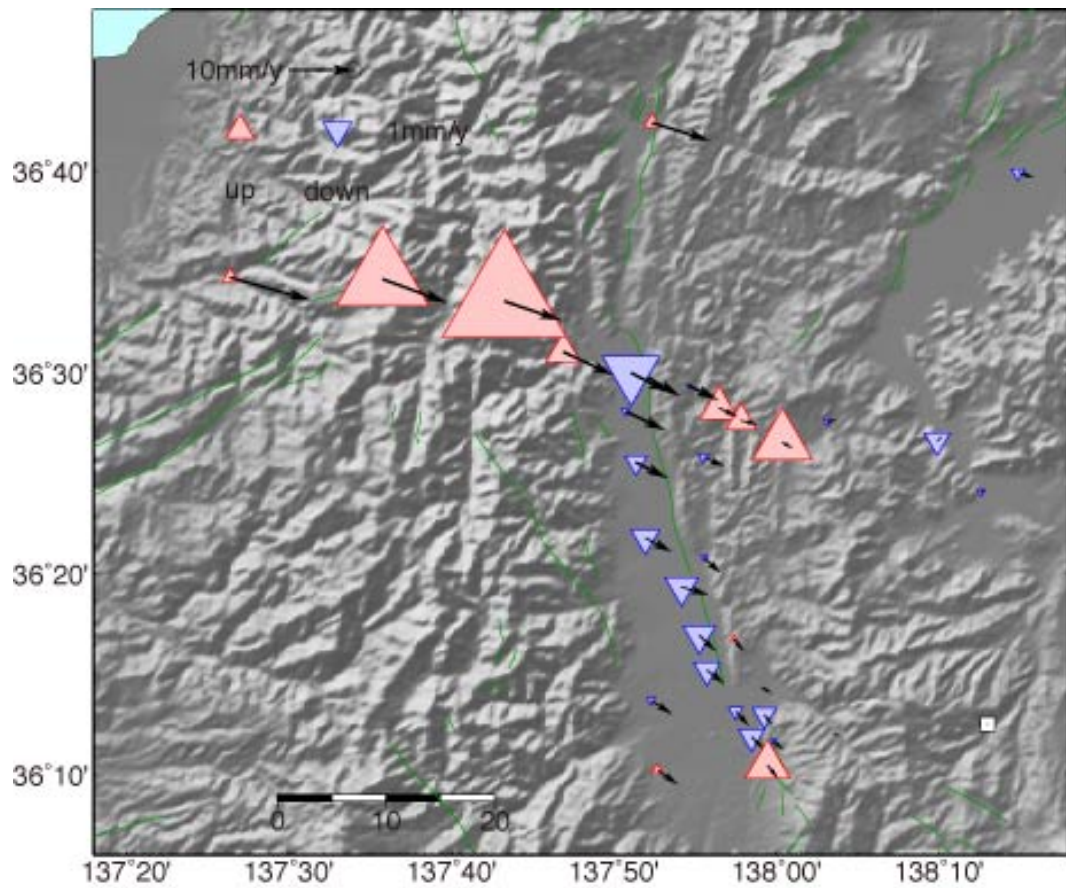


図2 糸静線北部周辺の地殻変動速度分布。
赤三角は隆起を、青三角は沈降を表す。

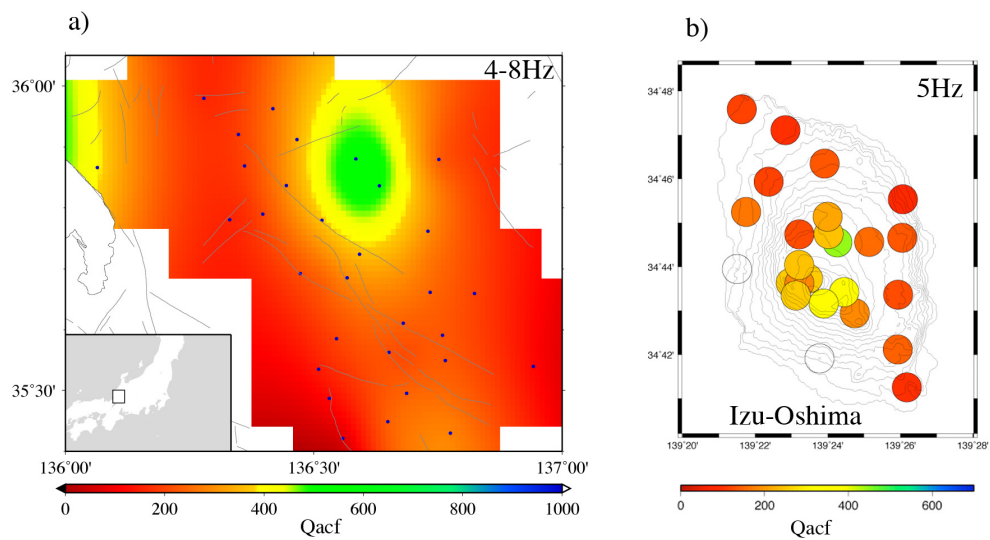


図3 推定した Qacf の分布
a) 根尾谷断層系付近の Qacf 分布．周波数帯は 4 - 8 Hz ．
b) 伊豆大島の Qacf 分布．周波数帯は 4 - 6 Hz ．