平成24年度年次報告

課題番号：1806

（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：

飛騨山脈における地殻流体の動きの解明

（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

（1） 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

（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：

地殻における局所的な非弾性変形が，周辺に応力集中を発生させ，地震活動を引き起こすと考えられている．局所的な非弾性変形には地殻流体が関与している可能性が高いと推定される．本研究は，水やマグマなど地殻流体と地震活動の関係を明らかにすることを目指す．飛騨山脈では，立山と白山の間の跡津川断層，御嶽山山麓の長野県西部地震など，火山と地震活動に密接な地理的関係があるように見え，火山活動に関連した地殻流体が地震活動を引き起こしている可能性がある．跡津川断層では，断層周辺の浅い地震活動と，地殻流体の動きを反映していると考えられる飛騨山脈深部の地震活動の関連を明らかにし，併せてマグマ供給系の解明も目指す．これにより，断層の両端部の非弾性変形と断層への応力集中過程の関係の理解が進むと期待される．長野県西部地域では，精細な地震波速度構造と地震活動との関係を明らかにし，地震波速度構造等の時間変化から地殻流体の動きの解明を目指す．さらに，地殻流体の流動形態に時間変化が生じれば、地表面における自然電位異常の変化が期待されることから、地表における地電位差連続観測網による流体流動のモニタリングを試みる．

（６）本課題の５か年計画の概要：

[平成21年度]

跡津川断層と飛騨山脈に位置する立山火山周辺においては、既往研究で行われた地震観測との継続性を保ちながら、通年の観測を目指す。同じく飛騨山脈の焼岳火山周辺においては山体近傍での新たな臨時地震観測点の選定を行う。跡津川断層西端の白山火山周辺での臨時地震観測の可能性の検討を行う。長野県西部地域では，高サンプリング高密度の稠密地震観測を継続するとともに，既存データの解析を進める．長年蓄積されているデータを同一のアルゴリズムで再処理・再読み取りして，均質なデータセットを作成する．これらのデータを用いて，低速度異常域を精細にマッピングするとともに，その周辺の応力場の不均質性を，応力インバージョンや波形解析から推定する．実施済みの電磁

気探査データ (広帯域 MT、AMT、ネットワーク MT など) の収集・コンパイルをし、比較的浅部 (5km 深程度まで) の 3 次元比抵抗イメージングを行う。

[平成 22 年度]

立山周辺での臨時地震観測の継続と、焼岳周辺での通年観測の開始。双方における短周期イベント、低周波イベントの詳細な震源分布や発震機構の解析。前年の検討結果に基づく白山周辺での地震観測。長野県西部地域では，高サンプリング高密度の稠密地震観測を継続するとともに，既存データの解析・処理を進める．低速度異常と周辺の応力場の空間的な不均質性を，より高分解能でマッピングするとともに，それらの時間変化の検出を試みる．浅部比抵抗構造・地震波速度構造を参照し、電位差モニタリングに最適な電位差観測点を選定・設置し，観測を開始する。

[平成 23 年度]

立山、焼岳、白山周辺での地震観測の継続と、詳細な震源分布や発震機構の推移の解析を行う。長野県西部地域では，地震波速度構造や応力場の時間変化の検出を行うとともに，電位差観測網データを長基線電場データとして利用し、深部 (10 数 km 深まで) の比抵抗イメージの高度化を行う。

[平成 24 年度]

立山、焼岳、白山周辺での地震観測の継続と、詳細な震源分布や発震機構の推移の解析を行う。長野県西部地域では，地震波速度構造や応力場の時間変化の検出を継続するとともに，電位差モニタリングを継続し、電位異常の有無を確認するとともに、ソースの推定・発生メカニズムについてのモデル化を行う。

[平成 25 年度]

立山、焼岳、白山周辺での地震観測の継続と、詳細な震源分布や発震機構の推移の解析，及び，これらと、跡津川断層の地殻活動の関係の検討を行う。長野県西部地域では，地震波速度・比抵抗の統合モデリングにより，地殻流体の動きの解明を行う．

（７）平成 24 年度成果の概要：

長野県西部地域においては，10kHz サンプリングの地震観測データの特長を生かして，詳細な P 波速度構造と地震活動や応力場との関係を調べ，地殻流体の地震活動に関する役割の解明を進めてきた．昨年度までの研究により，大規模な低速度域においては地震活動が低いこと，高速度域内の局所的な低速度域の近傍で地震が多い傾向にあること，低速度異常域の端付近で応力場が局所的に乱れていることを推定した．しかしながら，最も地震活動の活発な領域 (図 1 の region A) では，P 波速度が非常に小さく推定されており，全体的な傾向と必ずしも調和的でなかった．これまでは，地震活動と速度構造の関係を詳細に比較するために，構造の分解能を上げることを優先して，精度 1ms 以上という P 波の読み取りデータから得られた P 波速度構造に着目し，S 波速度構造を重視していなかったが，地殻流体の存在の有無は Vp/Vs 比に敏感に現れるため，分解能を多少犠牲にしても S 波速度構造を推定することは非常に重要である．

図 1 に，これまでより分解能を落とした 1.5km のグリッドにおける Vp,Vs の速度偏差，Vp/Vs 比の結果を示す．断層に直交する２つの断面における推定値が示されている．特徴的な領域について見てみると，Region A では地震活動が活発で，Vp が小，Vs は大，Vp/Vs は非常に小さくなっているが，Region C では地震活動がほとんど無く，Vp がやや大，Vs は普通，Vp/Vs はやや大となっている．地震活動は，地震波速度が遅いところでは少なく速いところで多い傾向があるが，Vp/Vs の方がより相関が良く，Vp/Vs の小さなところに震源が集中しているように見える．定量的に検討するために，図２に，各グリッドの Vp/Vs 値と地震数の関係を示した．(b) に Vp/Vs 値とその値をとるグリッドの数との関係を示したが，Vp/Vs が 1.75 以上の値をとるグリッド数は全体の半分近くある．一方，(a) の Vp/Vs 値毎の地震数の関係を見ると，Vp/Vs が 1.75 以上の値をとるグリッドでは地震はほとんど発生していないことがよく分かる．このように，長野県西部地域においては，地震活動と Vp/Vs 比の関係が非常に良いことが分かった．

長野県西部地域では，竹田・他 (1999) によりクラックのない岩石本体の速度が求められており，こ

こで推定された速度はいずれも岩石本体の速度より小さいため，クラックとその中の流体の有無で解釈可能である．Vp/Vs の大きな領域では，薄いクラックを満たした水の効果により，非地震・非弾性変形が進行して，地震が起こりにくいものと推定される．

標準的な応力逆解析手法により推定された応力場の空間変化を図３に示した．本震の断層に直交する断面に投影した最大圧縮応力および及び最小圧縮応力軸の方位及び応力比が示されている．1km グリッドを半グリッドづつずらして推定値が得られている．図 1 において 2km 以浅の領域及び本震断層近傍以外で Vp/Vs 比が大きいのは，(a)X=8.5, Y=10, Z=4 付近と，(b)X=11.5, Y=8-12, Z=2-4 の Region C であるが，それに隣接する領域における応力場を見ると，図 3 の X=8.5(km) 及び 9.0(km) の断面において，Y=10, Z=4 の上方のいくつかのグリッドで，主応力軸が傾いていることが分かる．それより上方のグリッドでは最大圧縮応力はほぼ水平，最小圧縮応力軸はほぼ鉛直であるので，この主応力軸の回転は推定誤差によるものではないと推定されるが，残念ながら，これまでの解析ではその違いは 95%の信頼区間を越えて有意ではない．X=11.5 及び 12(km) の断面において，Y=8-12, Z=2-4 付近のグリッドでも主応力軸が傾いていることが分かる．これらは，隣接する Vp/Vs 比が大きい領域で非弾性変形が進行してそれによる応力集中が発生したためであると推定される．

立山，焼岳，白山周辺での地震観測を継続し，詳細な震源分布や発震機構の推移の解析を行った．電位差モニタリングを継続し，電位異常の有無を確認するとともに，3 次元比抵抗モデルの高度化を行った．

（８）平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

大見士朗・和田博夫・濱田勇樹，飛騨山脈焼岳火山周辺における東北地方太平洋沖地震後の群発地震活動，地震２，65，85-94，2012.

（９）平成 25 年度実施計画の概要：

立山，焼岳，白山周辺での地震観測の継続と，詳細な震源分布や発震機構の推移の解析，及び，これらと，跡津川断層の地殻活動の関係の検討を行う．長野県西部地域では，地震波速度・比抵抗の統合的な解釈を行う．

（10）実施機関の参加者氏名または部署等名：

飯尾能久，大見士朗，吉村令慧，大志万直人，西上欽也 (京都大学防災研究所)

他機関との共同研究の有無：有

笠谷貴史 (JAMSTEC)，久保篤規 (高知大学)，松本　聡 (九州大学)，桑原保人 (産総研)，堀　貞喜
関口渉次 (防災科研)

（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
電話：0774-38-3348
e-mail：
URL：

（12）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：飯尾能久
所属：京都大学防災研究所 地震予知研究センター

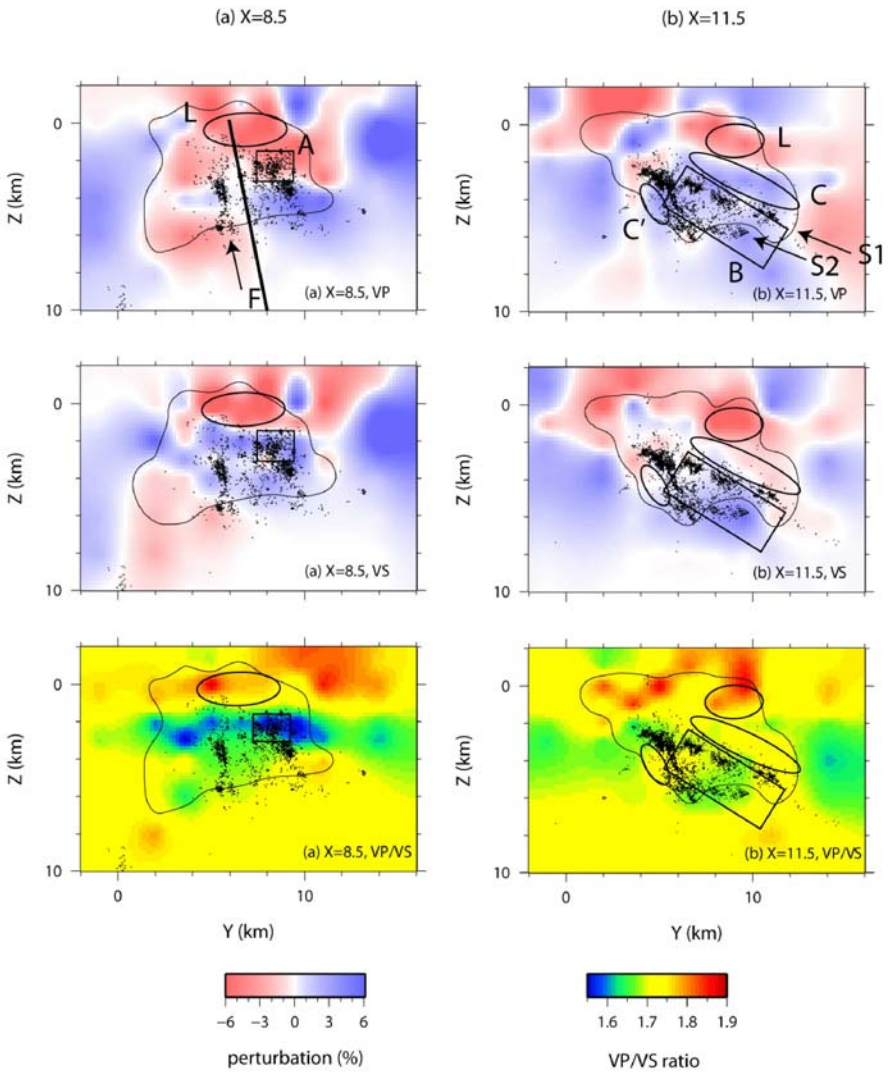

図１　長野県西部地域における地震波速度構造．1.5km のグリッドにおける Vp,Vs の速度偏差，Vp/Vs 比の結果を示す．断層に直交する２つの断面における推定値が示されている．F の近くの実線が Yoshida and Koketsu(1990) による本震の推定断層面.

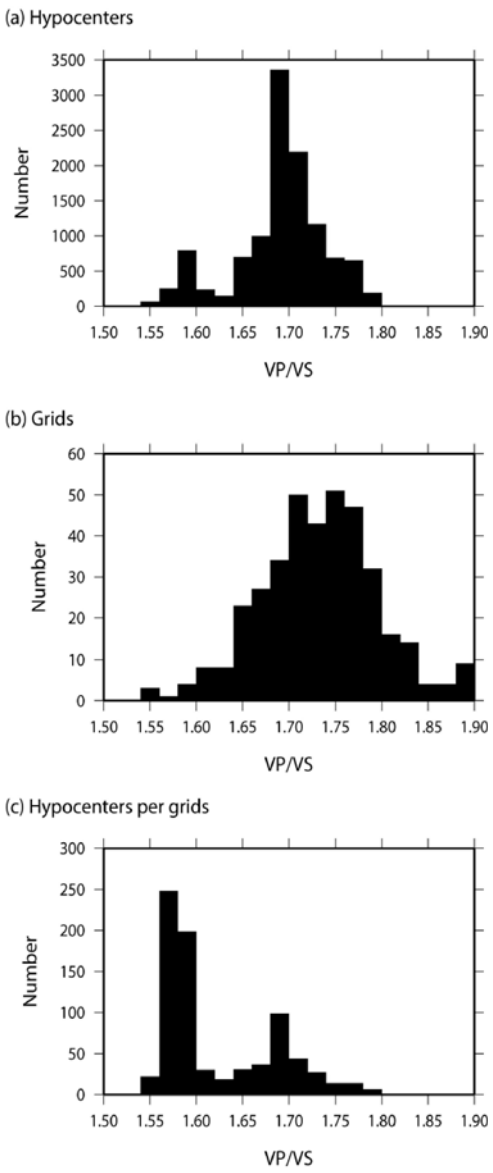

図２　グリッド毎の Vp/Vs 値と地震数の関係．(a)：Vp/Vs 値とその値を取るグリッド内で発生した地震の総数の関係．(b)：Vp/Vs 値とその値をとるグリッドの数との関係．(c)：Vp/Vs 値とその値を取るグリッド内で発生したグリッドあたりの平均の地震数の関係.

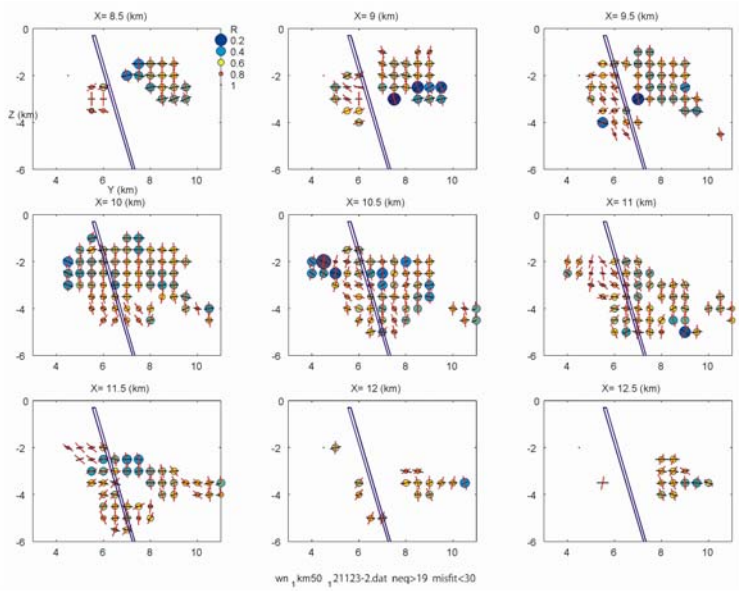

図３　応力逆解析により推定された本震の断層に直交する断面に投影した最大圧縮応力及び最小圧縮応力軸の方位及び応力比．細四角は Yoshida and Koketsu(1990) による本震の推定断層面.