

( 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關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めざす。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關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關係を明らかにし、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、通年の観測をめざす。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あら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。

[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。

[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。

[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。

[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、および、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 23 年度成果の概要:

長野県西部地域においては、地殻の不均質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を解明することが目的である。今年度は、地震活動の時間変化を詳細に検討し、3 次元地震波速度構造との関係を考察した。特に、地震波トモグラフィーで捉えられた、浅部の顕著な低速度異常域とその周辺の領域に着目して解析を行った。

1995-2007 年に発生した地震約 3 万個の再処理震源を用いて、震源分布の時間的な変化を明らかにした。当地域では 10kHz サンプリングの地震観測が 1995 年から現在まで行われており、1996 年秋頃から精度良い震源分布が得られている。図 1 に、この中の特徴的な 2 つの期間の震源分布を比較した。1997-1998 年の分布では、深さ 1-2km にも多数の地震が発生しているが、2003-2007 年ではこの深さの活動は非常に少なくなっていることがよく分かる。図 2 に、浅部の低速度域周辺の 1996-2007 年の震源分布を、4 つの期間に分けて示した。深さ 1-2km には緑や赤の震源はほとんど無く、2000 年以降に、震源が深くなっていることがよく分かる。

長野県西部地域では 1979 年に御嶽山が噴火、1984 年に長野県西部地震が発生し、その後長期間にわたって地震活動は活発だったが、より詳しく見ると、1992 年頃までは余震活動は順調に減衰していた。図 3 に JMA カタログによる長期間の地震活動の時系列を示したが、1993 年 4 月 23 日 M5.1 の頃から地震活動は活発化し、1995~2000 年頃に最も活発化した後、徐々に減衰しているように見える。一方、温泉水の同位対比の測定により、1995 年頃から 2000 年にかけて、群発地震の発生域内にある温泉からのサンプルにおいてマントル起源の流体の割合が増加していることが報告されている(Takahata et al., 2003)。これらのことは、1990 年代に入って、マントルからの流体の上昇が活発化しその後半には地表まで達したことで、それに伴って地震活動も活発化した可能性を示唆している。

そこで、3 次元速度構造の時間変化に関する予察的な解析を行った。1995 年~2005 年の期間において、関口・他(2004)の手法を用いて、各グリッドにおいて速度が線形に変化すると仮定して 4 次元インバージョンを行った。その結果、深さ 2km においては、上記の低速度異常域周辺で速度増加が推定

された。このことは、水が徐々に上方へ抜けていることを示唆しているのかも知れない。

長野県西部地震の震源断層北東端付近において、電位差の長基線モニタリングを継続している。3次元比抵抗モデルと自然電位マッピングならびに長基線電位差測定、それぞれについて対応関係の検討を開始した。

立山および焼岳周辺での臨時観測を継続するとともに、既存観測点のデータを使用して、短周期イベント、低周波イベント等の震源分布等の解析を継続したほか、焼岳周辺の連続記録データを使用した地下構造の時間変化検出の解析を行った。

飛騨山脈脊梁部では後立山連峰から乗鞍岳にかけては、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の本震発生直後より、広範囲で地震活動の活発化が見られたので、以下において、焼岳火山周辺の活動について報告する。図4に今回報告する対象地域と当地域の微小地震観測点の配置を示す。図4の枠内を右に拡大して示した地域が今回の対象地域である。ここでは、本計画の中で2010年秋より運用中であった、現地収録方式の臨時観測点のデータを国交省北陸地方整備局の運用するテレメータ点を含む既存点データに併合して処理を行っていたところであり、今回の群発地震活動の消長を発生当初から詳細にとらえることができた。図5に、3月11日から4月10日までの、図4右側枠内の地域の震源分布、図6に同地域の同期間の震源の時空間分布を示す。東北地方太平洋沖地震の本震発生後約10分の3月11日14時57分に、M4.7(JMAマグニチュード、以下同じ)の地震が焼岳近傍で発生した。地震活動活発化直後の活動域は、焼岳北方と焼岳～乗鞍岳の間付近の2か所に主たる中心があった。後者の焼岳～乗鞍岳中間付近の活動は、3月20日頃までにはほぼ鎮静化し、その後は焼岳近傍の活動が継続した。地震発生数は消長を繰り返しながら順調に減少していたが、3月21日13時15分に、再び焼岳近傍でM4.8の地震が発生し、一時、地震発生数が増加したが、その後は地震発生数は順調に減少し、4月上旬までにはほぼ鎮静化するにいたった。図7には、この期間に発生した、主にM3程度以上の地震の、初動極性による発震機構解を示す。期間を通じて、ほぼ北西～南東方向の圧縮軸を持つ発震機構解が求められており、当地域の広域応力場に整合的である。なお、図7の発震機構解に付したマグニチュードは再決定震源によるものである。

(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)：  
京都大学防災研究所附属地震予知研究センター上宝観測所(文責 大見士朗)(2011), 東北地方太平洋沖地震後の飛騨山脈脊梁部の地震活動, 地震予知連絡会会報, 86, 480-485.

(9) 平成24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。

(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

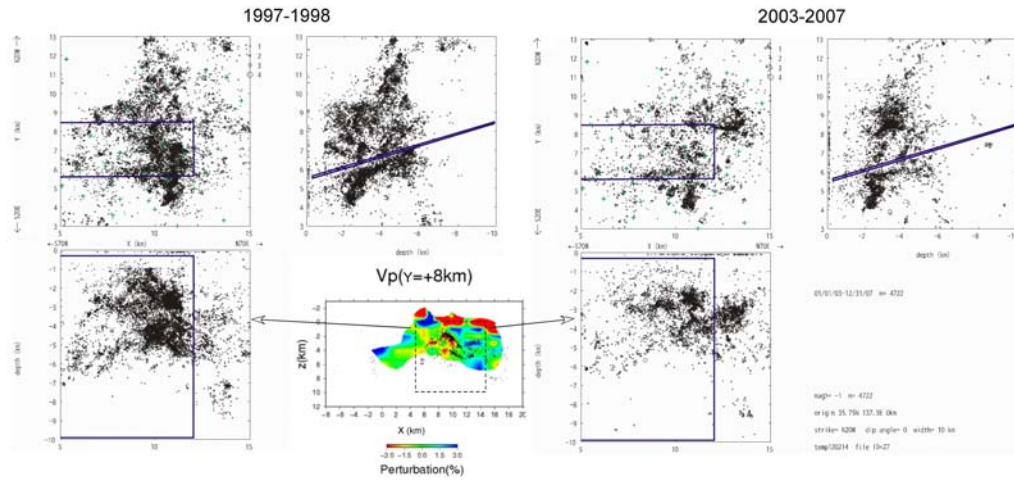


図1  
 長野県西部地域における震源分布の時間変化. 左:1997-1998年,右:2003-2007年・青実線はYoshida & Koketsu(1990)による推定断層面を水平面に投影したもの(実際の断層面は約1km南と推定される).まん中はY=8kmにおけるP波速度偏差の断面図.点線で囲った範囲の震源分布が左右のパネルに示されている.

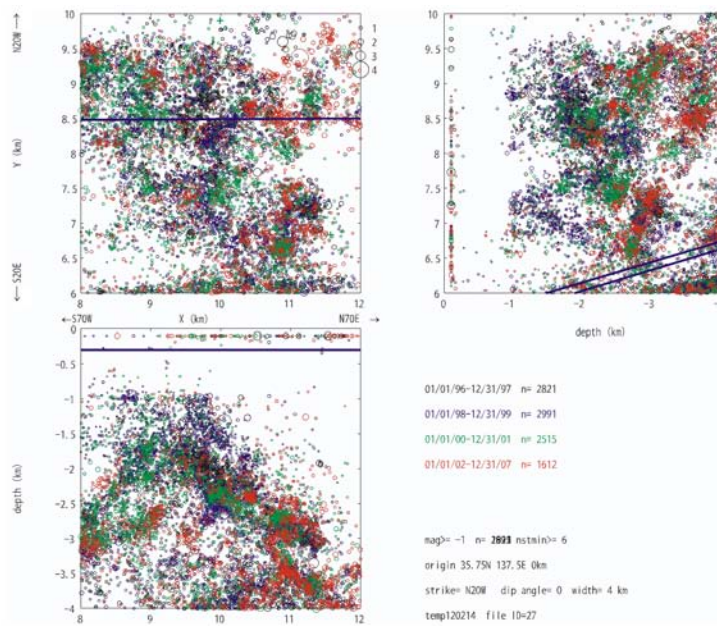


図2  
 浅部の低速度域周辺の震源分布の時間変化. 黒:1996-1997,青:1998-1999,緑:2000-2002,赤:2003-2007.

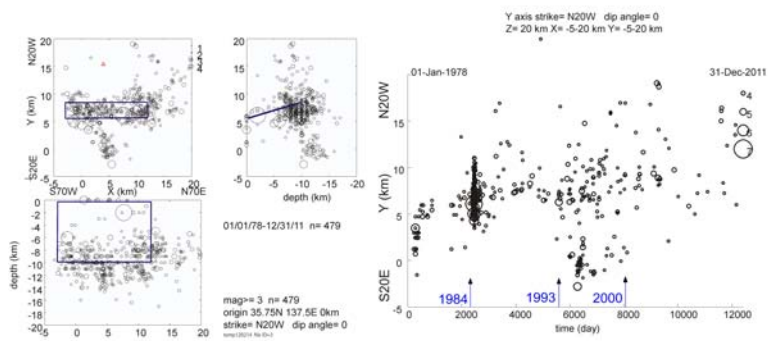


図 3  
 JMA カタログによる長期間の地震活動の時系列

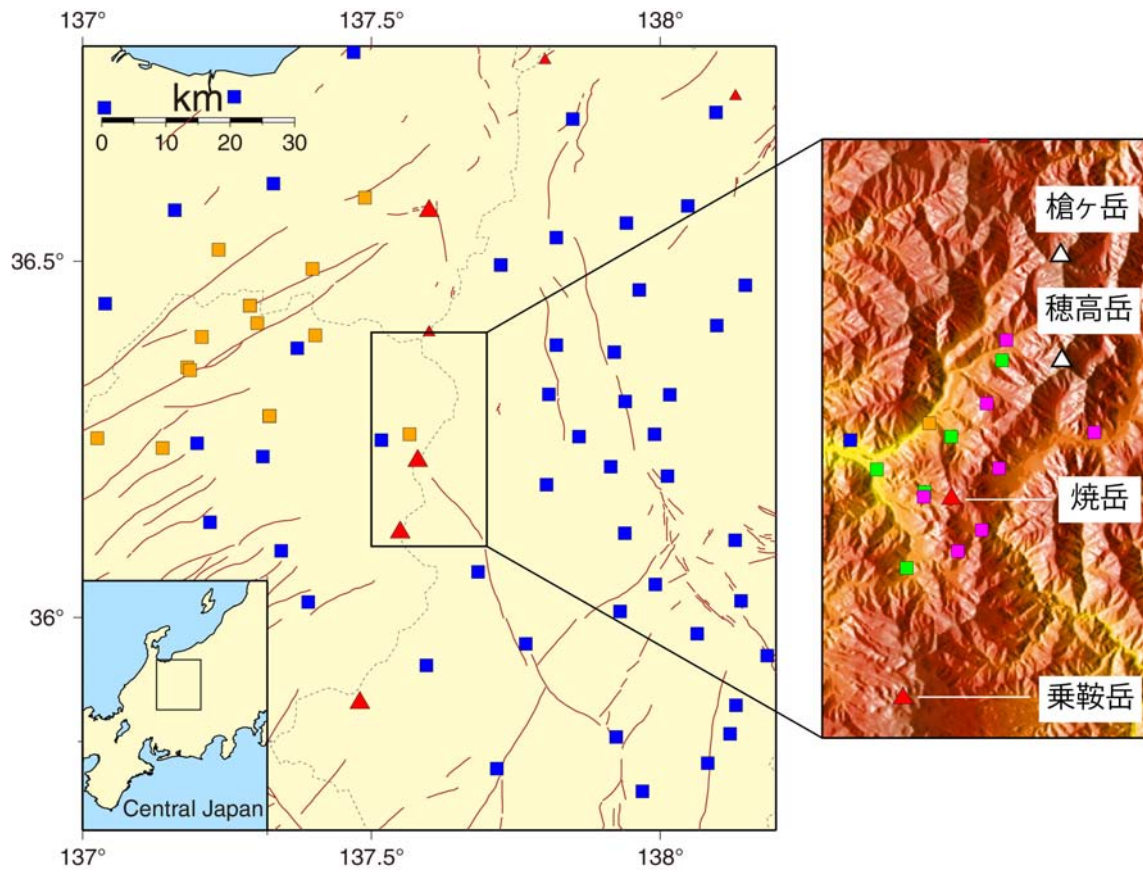


図 4

今回報告する対象地域と当地域の微小地震観測点の配置．現地収録方式の臨時観測点（緑四角），国交省北陸地方整備局の運用するテレメータ点（桃四角）。

2011/03/11 00:00 - 2011/04/30 00:00  
(N = 9643)

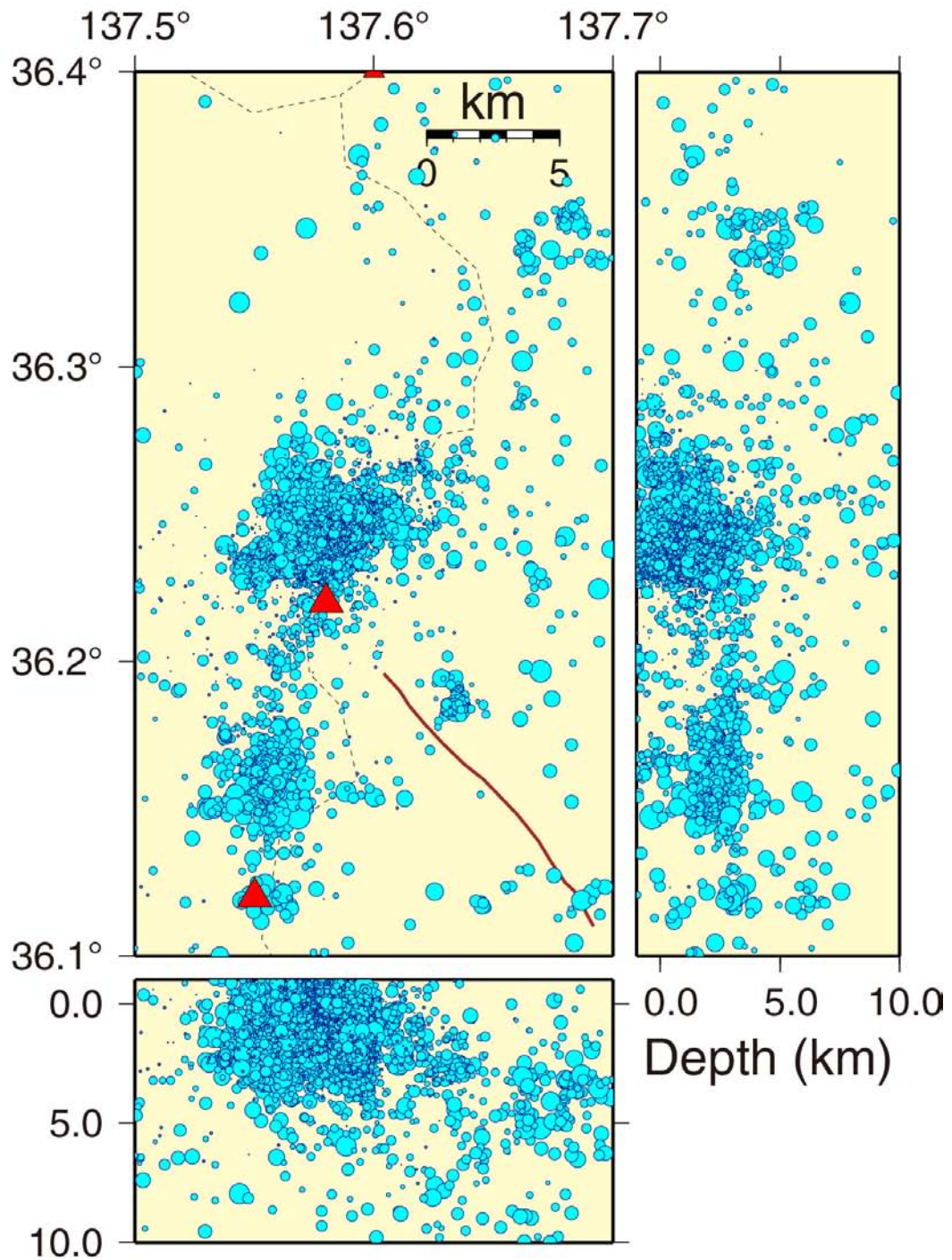


図5

3月11日から4月10日までの、図4右側枠内の地域の震源分布

2011/03/11 00:00 - 2011/04/30 00:00  
(N = 9643 )

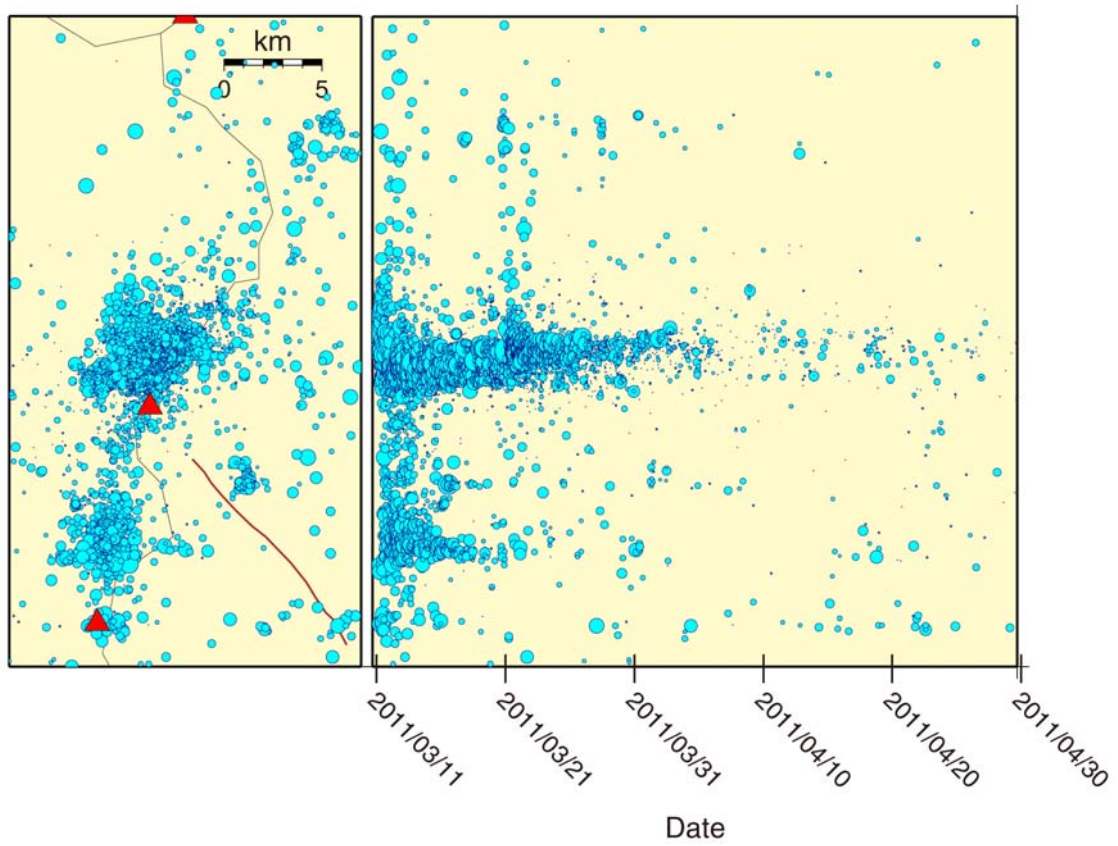


図 6  
同地域の同期間の震源の時空間分布



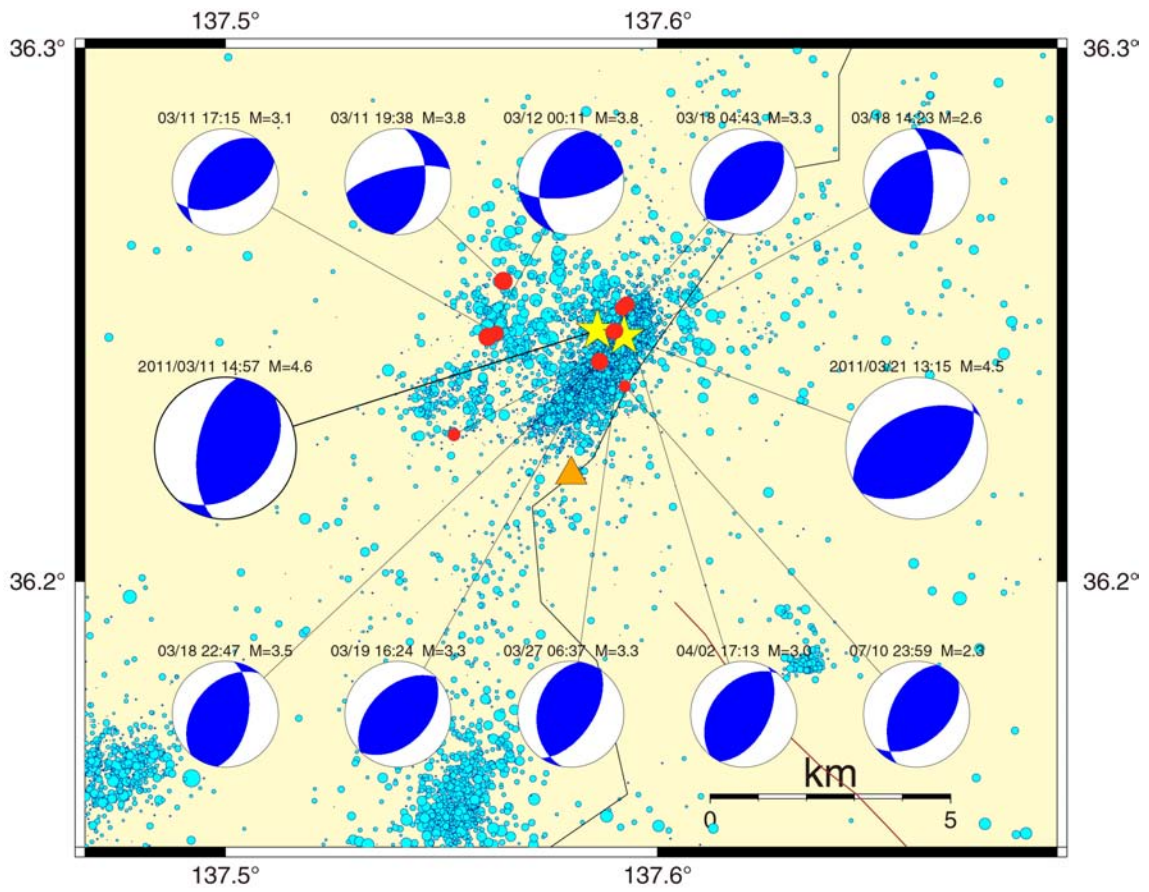


図7  
発震機構解