

これまでの研究・教育活動

1. 研究活動

○地震波速度構造探査

火山の形成過程を知るための手掛かりを得る、正確な震源決定に必要である等の理由により、火山体の地震波速度構造探査は重要である。たとえば、伊豆諸島・新島火山で実施した屈折法地震探査により、最も不均質性の強い浅部構造が明らかとなった。興味深いのは、過去に噴火した溶岩円頂丘の下では高速度層が盛り上がっていることである(図1)。

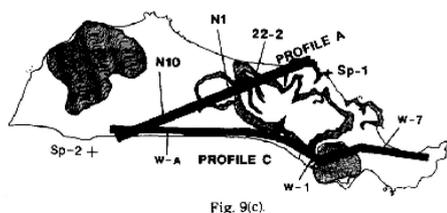
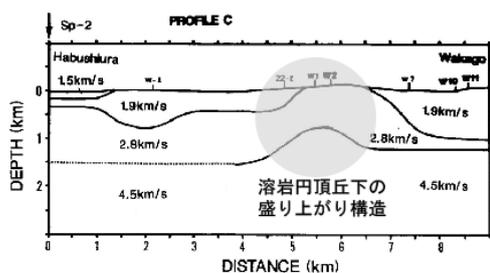


図1. 伊豆諸島・新島火山の地震波速度構造
下: 新島の流紋岩溶岩(陰影部)の分布と構造探査測線(測線Aと測線C)の位置, 上: 測線Cに沿ったP波速度構造断面. 陰影部は高速度層の盛り上がった構造を示す。

この盛り上がり構造の成因としては、太い1本の流紋岩質溶岩の貫入が考えられるが、2.8km/sという地震波速度は遅過ぎる。むしろ、低速度地盤内に、細く分岐した多数の経路を通して、流紋岩質溶岩が貫入したと考える方がよい。

また、自然地震を使った地下構造探査に

関する観測研究も実施した。例えば、飛騨山脈下を通過する地震波の異常減衰の問題である。

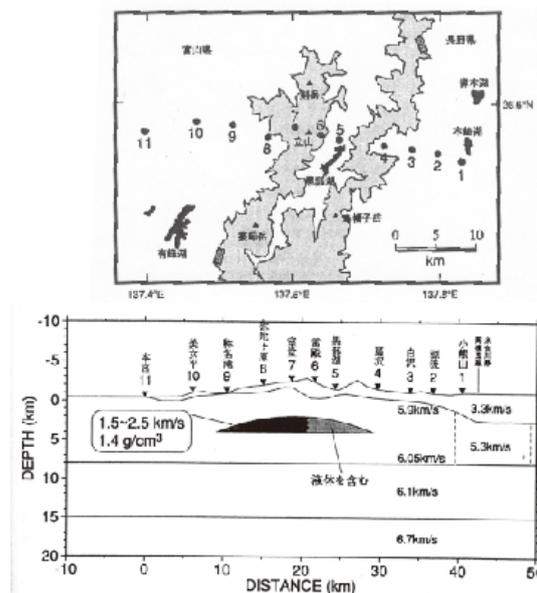


図2. 飛騨山脈の地震波異常減衰
上: 立山黒部アルペンルート沿いの地震観測点(1~11)の位置, 下: 脊梁部直下の低密度・低速度異常体モデル。

赤石山脈と木曾山脈はいずれも山脈の西側に発達する逆断層により隆起したと考えられるが、飛騨山脈の周囲には山脈を隆起させるような大活断層は存在しない。隆起の原因はいまだに不明であり、火山活動が関与しているという主張もある。地震波の異常減衰はマグマだまりが存在すれば説明可能なので、立山黒部アルペンルート沿いの東西約40kmに地震計を直線状に配置して、山脈直下の深発地震を観測した。そして、観測した地震波の走時の遅れ、P波初動部分の波形異常、S波の遮蔽現象、重力異常を统一的に説明するモデルを構築した(図2)。特徴としては、深さ5kmよりも浅い地殻内に、周囲に比べて地震波速度が非常に遅く、かつ低密度のレンズ状の薄い層が存在することである。この層の東半分はS波

を遮蔽するので、液体を多く含んでいるはずである。ただし、地震波速度が遅いので、マグマだまりである可能性は低い。

○地震直前過程に関する研究

海溝付近では M3~M5 程度の小地震の発生レートは、通常時間的に変化せず、ほぼ一定である。これは海洋プレートが陸のプレートの下にほぼ一定速度で沈み込んでいることに起因する。海溝付近のプレート境界では、固着したアスペリティに歪みが徐々に蓄積され、限界に達すると巨大地震が発生する。このアスペリティの固着状態は空間的に均質ではなく、縁辺部は中心部に比べて固着度が弱い。そのため歪みが限界に近づくと、まず深部の固着が弱まり、準静的な滑り、いわゆる、**slow slip event (SSE)**が発生する。数値シミュレーションによると、SSE は本震の数年前から開始する。この SSE の滑り量は、本震時の滑り量に比べると、1/10~1/100 とかなり小さいが、周辺の応力状態に影響を与え、M3~M5 の小地震の活動度を変化させる。したがって、小地震の活動度の時間変化から SSE の発生状況や縁辺部の固着度を推定することが可能である。

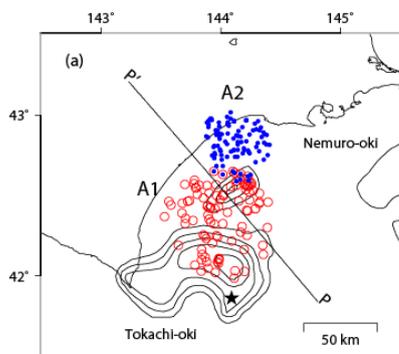


図 3. 2003 年十勝沖地震前の地震活動の静穏化。赤丸と青丸が静穏化領域内の地震の震央を示す。★は本震の震央、コンターは本震時の滑り量で間隔は 1m。

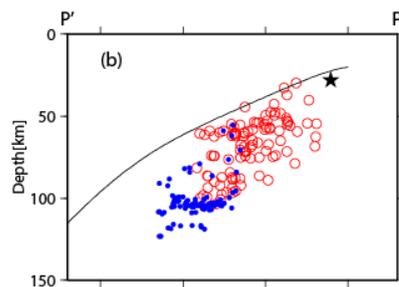


図 4. 図 3 の P-P'断面。実線は太平洋プレートの上面を示す。

たとえば、2003 年十勝沖地震 (M8.0) の例を示すと、図 3 と図 4 の赤丸と青丸の範囲の地震が本震の約 5 年前から発生レートが減少していた。断面図を見ると、主に太平洋プレート内部の地震が減少していたことが分かる。この静穏化現象を説明するモデルとして、図 5 に示すような SSE に伴う応力変化を考えた。プレート境界面上で準静的滑りが発生すると、プレート内部の

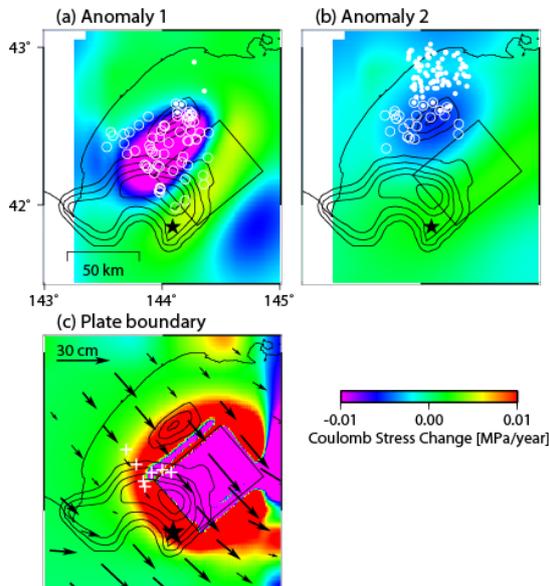


図 5. 2003 年十勝沖地震前に発生した slow slip event (SSE)に伴う Coulomb 応力変化。実線の長方形は SSE の断層(60km×50km)。本震と同じ低角逆断層型の準静的滑りが 3cm/y で 5 年間継続したと仮定。応力変化が正だと地震活動を促進し、負だと抑制する。(a)(b)はプレート内部、(c)はプレート境界の応力変化。(c)の白い+印は相似地震、矢印は余効変動を示す。

Coulomb 応力変化が負になり、地震発生が抑制される。静穏化がプレート内部で起きていた観測事実をうまく説明できる。一方、プレート境界面で相似地震の発生数がプレート内部の静穏化と同時に増大したことも、SSE の存在を支持している。この SSE の断層面付近は、本震後の余効変動が最も大きかった場所なので、プレート境界面の状態がゆっくりとした滑りを起こしやすい条件になっているのかも知れない。

○地震の野外観測

現在、Hi-net が整備され微小地震の観測条件は向上しており、震源情報や波形データを WEB サイトから簡単に入手できる。しかしながら、高精度な震源決定や震源メカニズム解の決定、空間的に高分解能な速度構造の推定には、より稠密な臨時地震観測が必要である。以下に、今までに私が参加した主な臨時観測を列挙する。

1993 年インド洋航海、海底地震観測

1995 年兵庫県南部地震の余震観測

1995 年サハリン北部ネフチェゴルスク

地震、日ロ共同余震観測

2000 年鳥取県西部地震の余震観測

大学合同臨時微小地震観測

1997～1999 年東北地方

1999～2001 年日高山脈周辺

2002～2004 年西南日本（鳥取県西部）

2004～2008 年跡津川断層周辺

2009～2013 年濃尾断層周辺

上記以外にも火山での地震観測も実施した。たとえば、1997 年夏に行った十勝岳の観測である（図 6）。十勝岳が 1962 年に噴火した際に形成された 62-2 火口の周辺に 22 か所の地震計を設置し、約 2 週間観測し

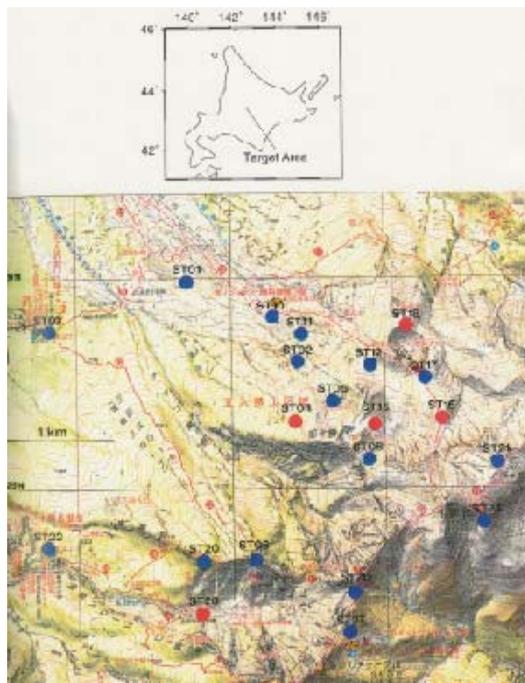


図 6. 1997 年十勝岳臨時地震観測点分布。青丸と赤丸はオフラインの臨時観測点を示す。

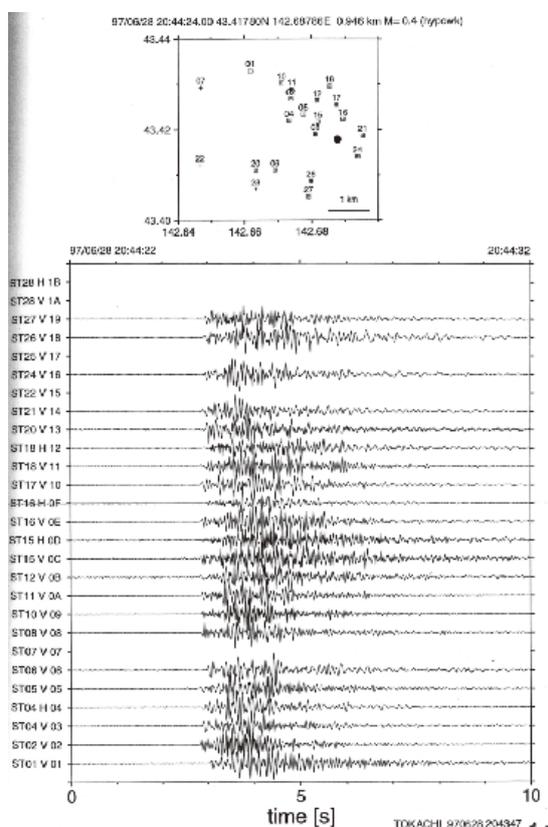


図 7. 観測された地震波形の一例。M0.4 と非常に小さい地震である。

た。十勝岳付近の既存の地震観測網では火口付近の微小地震はほとんど検知できなかったが、本観測では M0.5 以下の微小地震も検知可能であった (図 7)。さらに、62-2 火口付近に高密度で地震計を配置したので、震源を高精度で決定することができた。その結果、2 週間という短期間に 29 個の震源が決定され、その多くは深さが海拔 0m よりも浅く、火口直下の山体内部で発生していることが明らかとなった (図 8)。ただし、震源が決まらなかった地震を含めると、観測期間内に 100 個以上の地震が発生していた。十勝岳の火山活動は観測期間中、特に活発であったわけではなく、定常レベルであった。したがって、本観測で検知された地震活動は、普段定常的に発生している可能性がある。その原因は、62-2 火口が大量の水蒸気を放出し、かつ、地熱も高いことから、山体浅部の熱水循環に関連していると考えられる。

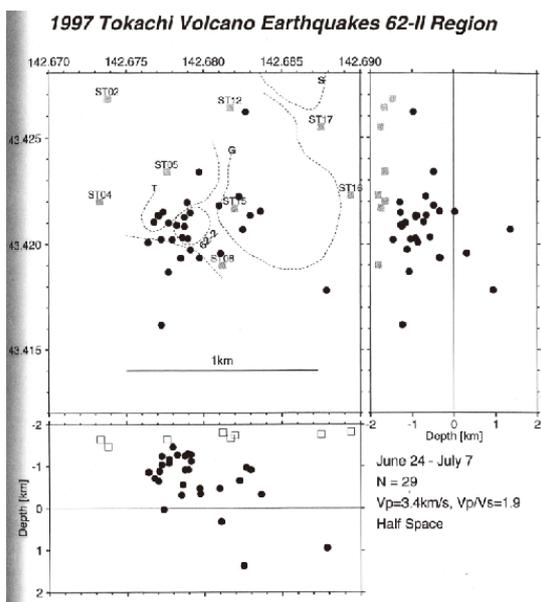


図 8. 1997 年十勝岳臨時地震観測で決定された 62-2 火口付近の震源分布。黒丸が震源、灰正方形が観測点、点線は火口縁を示す。

2. 教育活動

○「変動する大地」(学部 2 年後期)

主に、地震の物理に関して講義を行っている。地震の原因は断層運動であることを実際の地震時の映像やビデオ、数値シミュレーションを駆使して視覚的に分かりやすく見せる。断層運動を引き起こす力の源はプレート運動であるというプレートテクトニクスの考え方にも観測データを示しながら言及する。また、地面の揺れを記録するための装置、地震計の原理を解説し、地震計をどのように設置して観測を行うのか写真を見せながら具体的イメージを持ってもらうようにする。これには、海底に沈めて地震を観測する装置、海底地震計も含まれる。地震予知を実現するためには、前兆現象を捜すだけではなく、地震現象そのものの理解を深めることが重要であること、「30 年以内に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率」は政府から公表されているが、この確率をどう解釈し、防災対策に生かせば良いか、緊急地震速報の原理と利用上の注意点や限界等々を、例を示しながら説明する。また、地震波トモグラフィ法は地球内部の構造を知るための方法であるが、数学的には多元連立方程式を解くことに相当する。簡単な演習問題を授業中に手計算で学生に計算させて理解を深めてもらっている。

○「データ解析学」(学部 2 年後期)

MATLAB と FORTRAN の計算機実習を前半で行い、後半では検定などの統計学的処理やスペクトル解析などのプログラムの作成を行っている。

○「雑誌会」

「雑誌会」は通年で週 1 回、学部生・大学院生・教官が参加し、専門雑誌に発表さ

れた学術論文を紹介するセミナーである。1回当たり2名が担当し、学生は年間2回、教官は年間1回の発表義務がある。

○「**固体地球セミナー**」

同じく通年で週1回、学部生・大学院生・教官が参加し、現在自分が行っている研究に関して発表するセミナーである。1回当たり1名が担当し、学生も教官も年間1回程度発表を行う。

○「**地球惑星科学セミナー**」(学部2年前期)

地球科学科2年進級時の4月に1泊2日の合宿形式のセミナーを実施している。これは必修科目なので地球科学科約60名が全員参加する。私は教務係として同行している。