

(1) 実施機関名：

北海道大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

衝突帯における火山フロントでの地殻強度異常場のモデル化

(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

エ．地震活動と火山活動の相互作用

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

北海道東部の活動的火山の間には、東北地方と違って脊梁山脈や火山をつなぐような活断層が存在せず、内陸地震はカルデラ内部にのみに集中して発生するという特徴がある。このような特徴を生み出すメカニズムを、弟子屈・屈斜路カルデラ地域をテストフィールドとして高密度・高精度な震源分布・地殻構造・地殻変動・重力構造・地質地形・熱構造データから明らかにする。内陸部のひずみ蓄積過程に大きな影響を及ぼすと考えられる海溝域でのプレート間カップリングの不均質性やセグメンテーションについても検討するほか、対象地域が活動的なカルデラであることからマグマ蓄積過程と内陸地震の発生環境についても視野に入れたモデル化を目指す。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年においては、ひずみ蓄積マッピングを行うための GPS 観測を 6 点程度において開始する。また、既存地震観測点のうち 1 箇所を広帯域化するとともに、1938 年屈斜路地震断層を横切る測線で MT 探査を実施する。また、地震観測点の配置状況について検討し新たな観測点設置にむけた机上調査を実施する。

平成 22 年度においては、GPS 観測を継続するとともに、1938 年屈斜路地震断層の航空写真による変動地形調査および基本的な地表地質調査を実施する。新たな地震観測点設置に向けた現地調査を実施し、可能であれば設置作業を行う。

平成 23 年度においては、GPS 観測を継続するとともに、既存の重力・熱構造データに観測で得られたひずみ場や震源分布のデータを加味して地下構造の初期モデルを作成する。また、1938 年屈斜路地震の断層モデルの推定を行う。

平成 24 年度においては、GPS データの本解析を行うとともに、解析範囲を北海道東部の広域に拡大し、根室沖でのプレートカップリングを加味したひずみ蓄積モデルの構築を目指す。また、1938 年屈斜路地震地表面断層においてトレンチ調査を実施し、その断層パラメータについての情報を得る。

平成 25 年度においては、上記データを統合して、屈斜路地域に集中して地震が発生することを説明し得るモデルを作成する。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

屈斜路カルデラ周辺の詳細なひずみ場の時空間分布を明らかにするために、昨年度に引き続き 5 か所での GPS 連続観測を実施するとともに、19 か所で機動観測を実施してデータの蓄積を図った。また、老朽化しデータの取得が不安定になっていた連続観測点については、機器の更新を実施した。

GPS データの本解析を実施した。利用したソフトウェアは Bernese 5.0 で周辺の IGS 観測点の座標を ITRF2008 に強く拘束することで座標値を推定した。また、解析は国土地理院 GEONET 観測網のデータも併合して実施した。連続観測点については、日座標時系列を年周半年周直線関数に近似することで速度を推定し、機動観測点においては 2001 年と 2012 年の平均日毎座標値から速度を推定した。

連続観測点から得られた速度場からは、カルデラを中心とする収縮場が得られた。これは、昨年度までの広域的なデータ解析から得られた結果と調和的であり、地域スケール・カルデラスケール双方で収縮が卓越する場となっていることが確認された。また、アトサヌプリ火山周辺の観測点では、より大きな収縮を示す速度データが得られており、1994 年から観測された火山性膨張とそれに引き続く収縮現象（国土地理院、2005）に関連している可能性がある。

機動観測点を含めた速度場からは、カルデラ内部のより詳細な状況が明らかにされた。空間的な特徴として、屈斜路湖南東岸では収縮ひずみ場となっており、他の地域では伸長ひずみ場となっていた。これまで明らかにされてきた広域なひずみ場では、伸長ひずみは検出されておらず、カルデラ内部にひずみ場の不均質が存在していることが示唆される。機動観測点は空間的に不均質であり、今後、ひずみ場推定に用いた三角網の形状等を考慮した検討を行いつつ、機動観測を実施してデータの蓄積を図ることで、より詳細なひずみの空間的特徴の抽出が可能になると考えられる。

ひずみ集中機構のモデリングに向けた屈斜路カルデラ周辺の地下構造のプロトタイプを作成するためカルデラ基盤地質構造の調査を実施した。地表地質踏査に加え、NEDO により深層ボーリング資料（新エネルギー総合開発機構、1985）、独自に収集した多数の温泉開発ボーリング資料に基づき、松波・八幡（1989）や八幡（1989）に基づいた層序区分に基づいて構造を推定した。その結果、新第三系堆積物の陥没構造の空間的分布や、それらを切る貫入岩帯の分布など、深さ 1000 m 程度までの地質構造の不均質構造が明らかになった。

昨年度までに実施した熱構造調査から得られた温度勾配等データに基づいた温度構造のモデリングに向け、深部水理構造や広域地下水流動の把握を目的とした同位体分析を実施した。屈斜路カルデラ周辺で温泉・湧水・河川水をサンプリングし、水素・酸素同位体比を分析することでその起源や流動系に関する予察的知見を得た。アトサヌプリや川湯温泉などの一部のサンプルは、天水よりも高い 18O を示し火山ガスの混入が推定される。一方、和琴温泉や屈斜路温泉の一部では、天水起源同位体の傾向を示すものの、カルデラ内部の河川・湧水よりも水素・酸素同位体比が低いことから、カルデラの外側より流入している可能性が示唆された。この結果は、カルデラ内部の深部水理系が広域流動の一部である可能性を示しており、ボーリング井から得られた温度勾配に基づいた熱構造の推定において検討を要する課題である。なお、本年度計画していたトレンチ調査は、昨年度までの地質踏査や空中写真判読・地下レーダー等の総合的な研究結果から、明瞭な断層地形の判読が困難であることが明らかになったため実施を見送った。

この地域の地震発生に関連する構造を更に詳しく調べるために、本課題において重力観測や MT 法による比抵抗構造観測を実施してきた。23 年度までに得られた弟子屈地域から屈斜路地域北側までのブーゲー異常（本多，他，2011）や 2 次元比抵抗構造（本多，他，2011）を基に、今年度はこのような広範囲の 3 次元構造を作成する際の問題点について検討した。カルデラに伴う構造は基本的に 3 次

元構造であり、それがデータにどのように反映されているのか調べておくことは3次元インバージョンのための準備作業として重要である。弟子屈地域のMTデータには異常位相と言われる特異な構造により現れる現象が観測されており（Ichihara and Mogi, 2009）、これを3次元インバージョンにより再現できるのかをまず検討した。その結果、インバージョンの際の計算条件をうまく調整する必要があることが分かった。また、データに現われている3次元性についても検討を加えたところ、アトサヌプリ火山周辺では構造の3次元性が高いことが分かった。

- (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）：
秋田藤夫・岡崎紀俊・高橋浩晃，屈斜路カルデラの地下温度構造，日本温泉科学会2012年秋季大会講演予稿集，2012。
大園真子・高橋浩晃・一柳昌義・山口照寛・眞城亮成・篠原大地・湊宏司，屈斜路カルデラ周辺における稠密GPS観測，日本測地学会2012年秋季大会，2012。

- (9) 平成25年度実施計画の概要：
連続GPS観測を継続するとともに，必要に応じて機動GPS観測を実施する。
GPSデータの解析を実施し，ひずみ分布の時空間的特徴を抽出する。
地下水流動系に関する分析を継続し，温度構造に深部水理構造が与える影響を検討する。
三次元性も考慮した不均質地下構造モデルを作成する。
ひずみ集中の概念的モデルを作成する。

- (10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：
北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター 高橋浩晃，茂木透，谷岡勇市郎，勝俣啓，橋本武志，青山裕，村上亮
他機関との共同研究の有無：有
北海道立地質研究所 田近淳ほか7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：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
電話：011-706-3212
e-mail：isv-web@mail.sci.hokudai.ac.jp
URL：http://www.sci.hokudai.ac.jp/grp/isv/isv-web/

- (12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者
氏名：高橋浩晃
所属：北海道大学大学院理学研究院

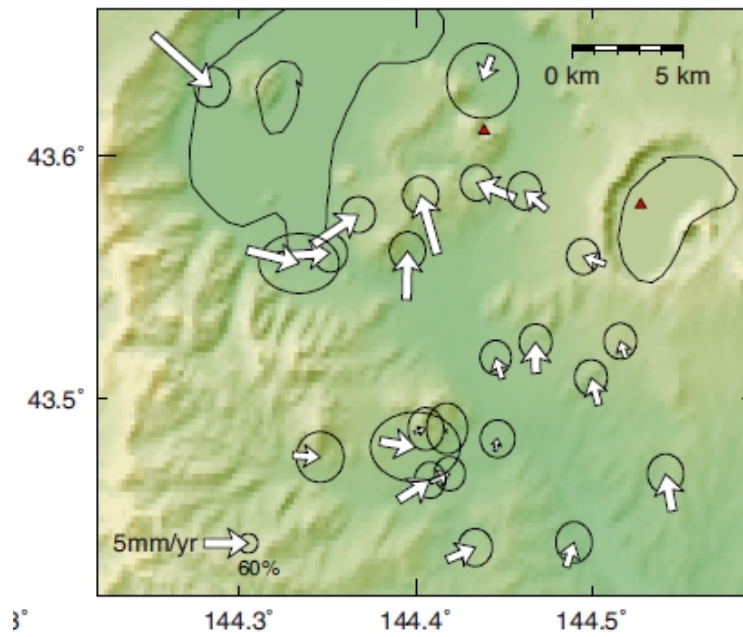


図1
GPS観測の結果明らかになった屈斜路カルデラの速度場。

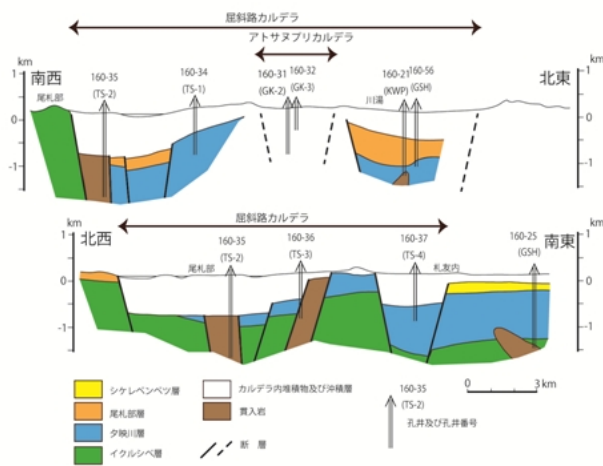


図2
屈斜路カルデラの基盤地質断面図。

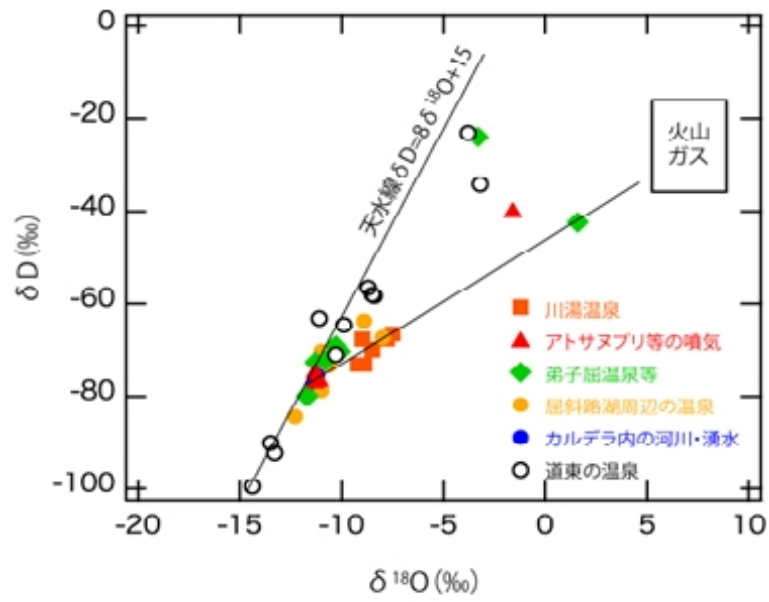


図 3
屈斜路カルデラ内部でサンプリングされた水の水素・酸素同位体比。