

(1) 実施機関名：

北海道大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

試掘探査を基軸とした有珠山における浅部噴火発生場の検証研究

(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

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

イ. 噴火の推移と多様性の把握

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-2) 火山噴火予測システム

ア. 噴火シナリオの作成

(5) 本課題の5か年の到達目標：

本計画の目標は、有珠 2000 年新山域を対象に、ボーリング探査を基軸として低高度稠密空中磁気測量や地盤変動などの多項目観測を行い、貫入マグマを示唆する構造や変動源、水蒸気爆発の発生場や噴火活動後に発達した熱水系の実体を検証し、デイサイト質マグマによるドーム形成噴火の理解を深め、その活動予測の高度化を進めることにある。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

2009 年度の計画概要： 次年度の各種観測・探査に先行して 2000 年新山横断水準測量を行い、2000 年新山で進行している沈降の現況把握を行う。また事前調査として、ボーリング探査データの解析に必要な基盤地質、地下温度、浅部の水環境などを知ることのできる孔井地質柱状図や検層データの収集を行う。さらにボーリング探査の成否を左右する 2000 年新山地域の地下浅部の温度を推定するために噴気温度など噴気諸量を測定する。

2010 年度の計画概要： これまでの観測研究や物理探査結果を参考に、低高度稠密空中磁気測量、地上全磁力観測、地盤変動観測（水準測量、精密重力測量、In-SAR 解析）を行い、2000 年新山直下の貫入マグマと考えられる帯磁源や圧力源の位置を再解析する。熱観測を実施し地下の温度分布を推定する。2000 年新山地域で実施された MT 探査・地震探査を参考にしながら、人工地震の補完探査を行い、反射面の水平方向への広がりを把握する。2 年間にわたって実施した観測・探査の解析結果を総合し、法的な規制などを考慮して、掘削地点を選定する。

2011 年度の計画概要： 火山噴出物の分布と熱水系の発達が想定される地表から深度 200 m までワイヤーライン工法により掘削する。その後、拡孔して検層を行い、その解析を実施する。また、ボーリングコアの火山地質学的・岩石学的解析から噴火履歴や噴火様式の時間変化について検討する。コア物性試験を実施し、必要に応じて観測から推定された構造の再解析を行う。

2012年度の計画概要： 掘削データやカッティングスの地質学的・岩石学的な鑑定に基づいてスポットコアを採取しながら深度 200 mから 500 mまで掘削し、掘削データや検層結果などに基づいて孔井仕上げを行う。検層と解析、コア・カッティングスの地質学・岩石学的分析、コア物性試験、必要に応じて観測から推定された構造の再解析を行う。

2013年度の計画概要： 揚水試験などの孔井内計測と、地層水・ガスの採取・分析を行う。多層同時仕上げを試行し、水位・水温観測を開始する。掘削データ、孔井地質、検層解析結果、揚水試験、地層水・ガスの分析結果を総合し、既存の孔井資料と合わせ、水蒸気爆発の発生や熱水系の発達に係る浅部水環境（透水層分布や透水係数等の水理定数）を把握し、噴火発生場の特性や貫入マグマの冷却過程を検討する。また、現地検討会による総括と取りまとめを行う。

(7) 平成 22 年度成果の概要：

●低高度稠密空中磁気測量

有人ヘリコプターによる低高度稠密空中磁気測量を 2010 年 9 月に実施した。今回は、空間エイリアシングの影響を最小限に抑えながら時間変化成分の抽出を可能とすることを目指して開発された拡張交点コントロール法を、理想的な条件下で適用する最初のフィールドでもあった。

セシウム磁力計と GPS を搭載した曳航バードはヘリコプターから約 50m 下に吊り下げ、10Hz でデータを取得した。飛行は可能な限り地形に沿って行い、バード対地高度は概ね 150m とした。今回は市街地や主要道路の上空を飛行することができなかったため、2000 年 6 月の測量と比べて調査範囲を限定せざるを得なかったが、過去の噴火地点である 2000 年噴火域、山頂火口原、昭和新山の 3 領域をカバーしている。将来の繰り返し測量に資するため、主測線間隔は前回よりも高密度の 100m とした。

2011 年 2 月現在、データ処理はまだ進行中であるが、暫定的な処理結果によれば、2000 年 6 月の測量結果と比較して、2000 年新山と山頂火口原、昭和新山の 3 領域に、明瞭な全磁力変化が抽出され、対地高度約 200m のリダクション面における磁場変化の主要部分は、検出誤差レベルの数倍以上に達しており有意な変化と言える。これらの領域では従来から地上で繰り返し全磁力測量を行っており、いずれも冷却帯磁を示唆する磁場変化を捉えている。

2000 年新山地域について、地上磁場変化から推定されている球状源モデルから求めた対地高度 200m 面の全磁力変化 (図 1 A) は、今回抽出された空中の磁場変化と概ね一致する。

空中磁気測量の繰り返しによって時間変化を抽出し、かつ地上観測との対比から有意性を確認した事例は、九重山に続き 2 例目となり、この手法の有効性・実用性がさらに確実なものとなった。

一方、2000 年新山地域の全磁力変化にはゆっくりとした鈍化傾向が認められる。この冷却帯磁傾向の開始時を特定することは活動推移予測の観点から重要な情報になると思われるが、問題は必ずしも単純ではない。今後、逆帯磁岩体の存在や地盤変動・地磁気永年変化の影響も含め、2011 年度から始まる掘削調査結果とあわせて検討したい。

●測地観測

水準測量により追跡されてきた沈降の広がり把握するために、陸域観測技術衛星「だいち」搭載の PALSAR 画像を用いた干渉 SAR 解析を行った。使用したデータはパス 58 (ディセンディング軌道) の 2006 年から 2010 年に観測された 5 ペアである。各ペアとも干渉画像には有珠山山頂部および 2000 年新山地域に視線距離増加のパターンが認められた。変動源の位置が不動で、変動速度も一定と仮定し、スタッキングにより求めた 1 年あたりの変動速度分布 (図) は NB 火口周辺を中心に北西-南東に延び、視線距離増加域はレーザー測量でとらえられた隆起域に概ね一致する。

変位が鉛直成分のみであると仮定して求めた水準路線に沿う沈降量のプロファイルは、最大沈降量が水準測量結果に較べてやや小さいが、水準測量による比高変化と類似のパターンを示す。水準測量による比高変化と同様に、このプロファイルは NB 火口付近の深度 400 ないし 500m に中心をもつ球状収縮源で説明される。

また、2010年5月22～23日に旧有珠火山観測所において絶対重力測定を実施した。今回の測定で得られた重力値は、有珠山頂部を中心とした有珠山全域にわたる沈降を反映して

980422648.16 ± 0.11 μ gal(使用重力計:FG5#109, 落下回数:18465, dg/dz=-2.80)と、前回の2006年6月22～25日の測定値に較べて、11.2 μ galの重力増加となった。

同様に11月2～5日に行った3台のLaCosete重力計を用いた相対精密重力でも、沈降が進行している2000年新山および有珠山頂部では2006年6月に較べて重力が増加していることを確認した。しかし、2000年新山地域の比高変化に対する重力変化は大きく、dg/dzは-0.82mgal/mにも達した。この原因として、重力測定の精度やdg/dz異常が考えられるが、重力点直下の地下水面低下を反映しているのかもしれない。

●熱観測

NB火口の噴気温度や地中温度が低下し、図3Cに示すように氷熱流計による定点観測でも熱放出率の減少が続く2000年新山全地域の熱活動を把握するために、空中赤外熱映像観測を9月24日にかけて実施した。

図3Bの赤外熱映像から推定された噴気地からの熱放出率は5.6MWと、他の観測結果と同様に、2006年9月の9.2MWの約60%にまで減少している。また、2006年9月には沼面からの異常放熱率が2MWと見積もられたKB火口内の湯沼は消滅し、2006年9月に8MWと推定されたNB火口の噴気も2010年9月には目視できない程度にまで衰退していた。この結果、2006年9月には噴気地と湯沼、噴気をあわせて20MWと推定された総放熱率は、2010年9月では5.6MWと4年間で1/4となった。

この熱放出率の減少は浅部熱水系の衰退を意味し、2010年度のN-B火口における噴気観測や温度検層データから掘削によって蒸気を激しく噴出するような熱水系は2000年新山の浅部に存在していないという想定を支持する。

一方、2000年新山地域における急速な熱放出率の減少は1977年噴火後の山頂部における熱活動の推移と大きく異なる。この要因として貫入マグマの量の違いなどが考えられ、2011年度から始まる掘削調査の結果が待たれる。

●人工地震探査

2000年新山地域は遊歩道などが整備され、多数の来訪者があることから、積雪期以外に地元の理解が得られない。また作業効率の上から厳冬期を避けて、3月に実施することとした。探査測線は、これまでの観測・探査結果を参考に、2000年、2001年と同一とした。

●観測・探査結果のまとめ

これまでに実施した観測・探査結果は、2000年新山地域の沈降や冷却帯磁傾向、熱活動の衰退が本課題着手後も継続していることを示した。また実体解明を目指した収縮源や帯磁源の位置についても大きな変化が認められなかった。

掘削地点は、当初の計画とおり、NB火口から北側に150mほど離れた旧国道230号線上を第一候補地に、NB火口から北西側に約250m離れた北西-南東に延びた隆起域の縁辺部を第二候補地とし、可能な限り新山頂部に近づくことにする。

(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) :

寺田暁彦, 2010, 火山における熱観測, 火山, 55, 155-163.

大島弘光, 2010, 有珠山の1910年と2000年の噴火活動, 日本火山学会2010年秋季大会予稿集.

橋本武志・宇津木充・中塚 正・大熊茂雄・小山崇夫・神田 径・鈴木敦生, 2010, 繰り返し空中磁気測量で検出された有珠山の全磁力変化, Conductivity Anomaly 研究会2010年度講演会予稿集.

大熊茂雄・中塚 正・駒澤正夫, 2011, 産総研における空中物理探査の 10 年間 (2000~2009) 一有珠から有珠へ, 地質ニュース, 677, 9-15.
宇津木充, 2011, 京都大学における空中磁場観測への取り組み, 地質ニュース, 677, 34-39.

(9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

火山噴出物の分布と熱水系の発達が想定される地表から深度 200 m までコア採取掘削を行い、拡孔後に検層を実施する。ボーリングコアの火山地質学的・岩石学的記載および解析を行い、噴火履歴や噴火様式の時間変化について検討する。必要に応じて、コア物性試験と観測から推定された構造の再解析を行う。

当初、ワイヤーライン工法によるコア採取を計画していたが、未固結な火山噴出物の採取率を高めるために、地質状況に応じたコアバーレルによる普通工法を用いることにした。

また、2000 年新山地域は遊歩道などが整備され、多数の来訪者があることから、掘削は地元の理解が得られる遊歩道が閉鎖される 11 月中旬以降に着手する。このため、地質の状況によっては予定深度までの掘削が完了するのは年度をまたぐ可能性がある。

(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 大島弘光・橋本武志・青山 裕・森 濟・村上 亮・池田隆司・中川光弘・吉本充宏

他機関との共同研究の有無 : 有

秋田大学工学資源学部 筒井智樹 (代表者)
東北大学大学院理学研究科 植木貞人 (")
東京大学地震研究所 中田節也 (")
東京工業大学火山流体研究センター 野上健治 (")
京都大学大学院理学研究科 鍵山恒臣 (")
九州大学大学院理学研究院 松本 聡 (")
京都大学防災研究所 井口正人 (")
鹿児島大学大学院理工学研究科 小林哲夫 (")
研究協力機関
室蘭工業大学大学院工学研究科 後藤芳彦 (")
産業技術総合研究所 松島喜雄 (")
北海道立地質研究所 岡崎紀俊 (")

(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 : 0142-66-4011/011-706-4677
e-mail : oshima@uvo.hokudai.ac.jp / hasimoto@mail.sci.hokudai.ac.jp
URL :

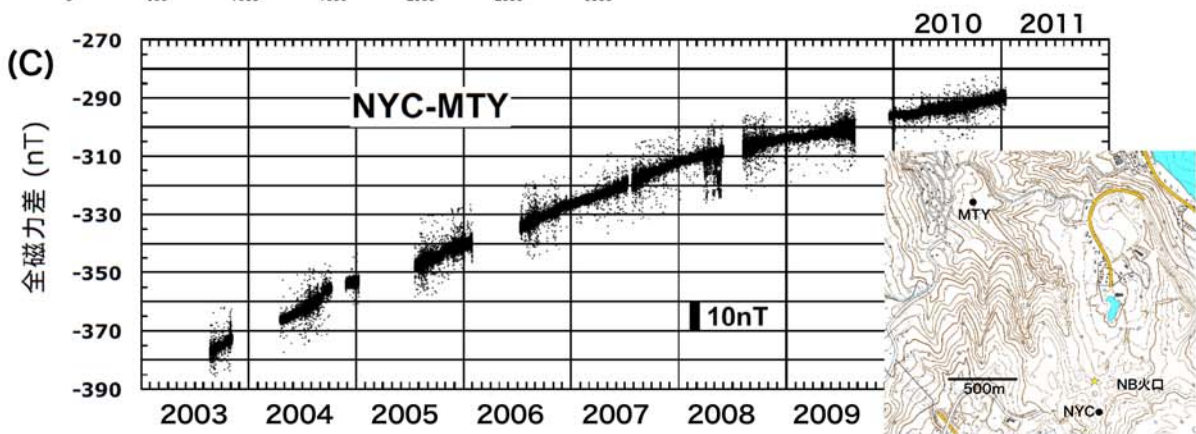
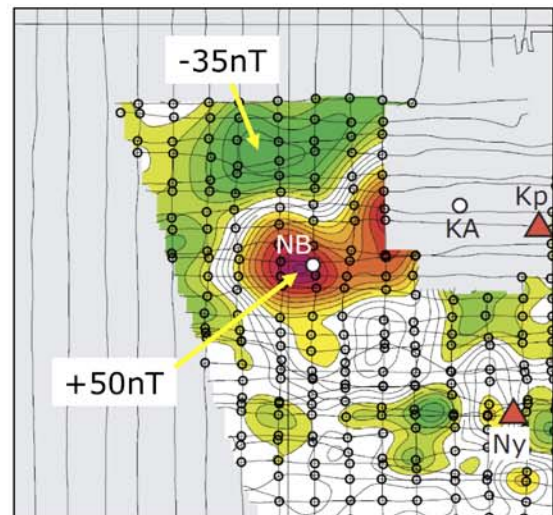
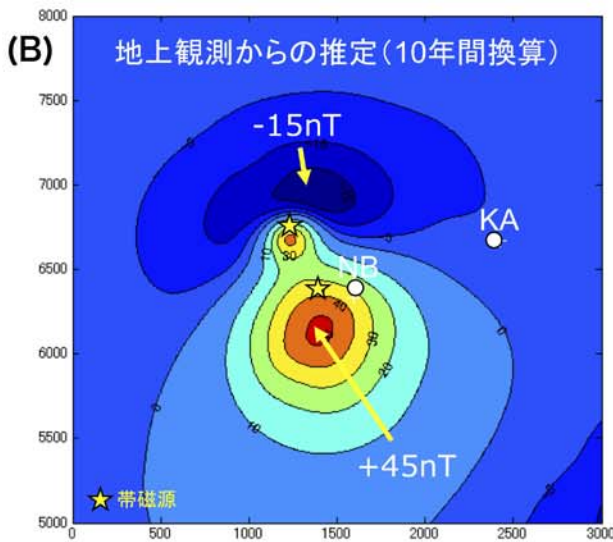
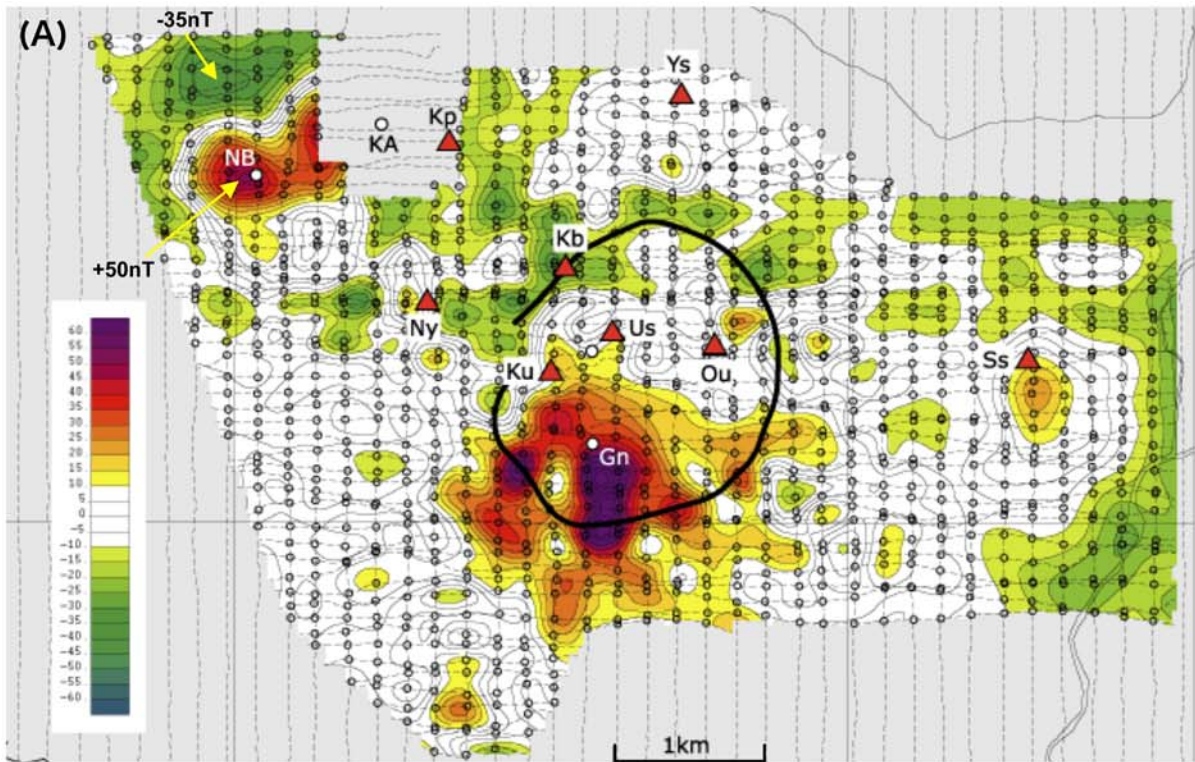


図1. 対地高度約200mのリダクション面における2000年6月から2010年9月の間の空中全磁力変化(A)、2000年山地域で地上観測から推定されている球状帯磁源が作るリダクション面での全磁力変化(B左)と測量結果の比較(B右)、およびNB火口南側の磁気点NYCにおけるMTYを参照点とした毎5分単純差の経年変化(C)。(B)および(C)において黄色星は推定されている球状帯磁源の位置を示す。

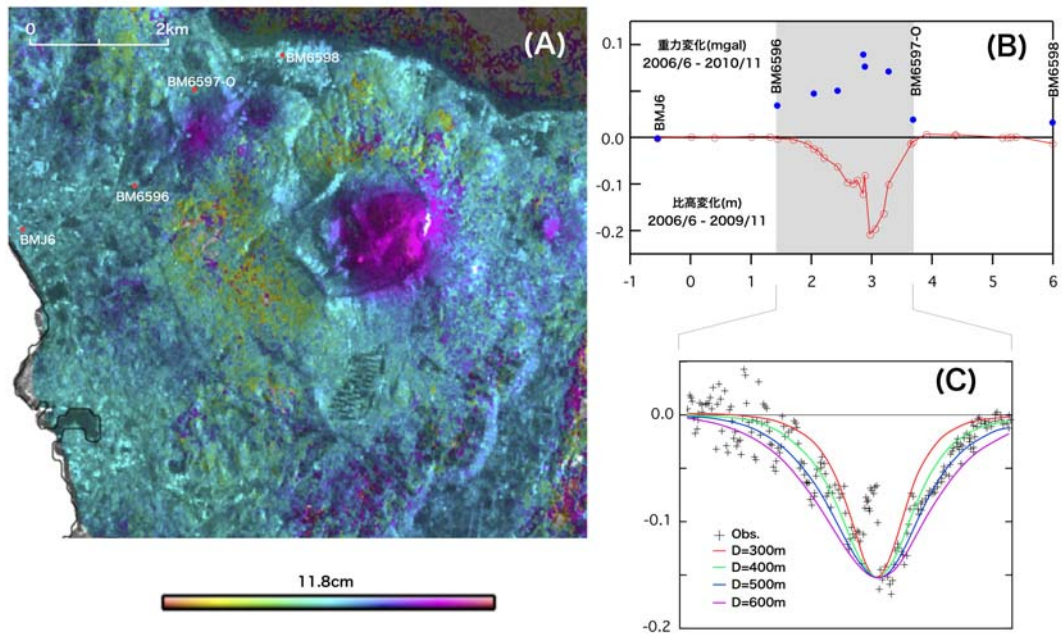


図2. 2006年から2010年の間に観測されたパス58（ディセンディング軌道）の5ペアの干渉画像をスタッキングした1年あたりの変動速度分布（図A）、2000年新山を横断する水準路線の比高変化と重力変化（図B）、およびスタッキング結果から求めた水準路線上の沈降水量プロフィール（図C）と球状収縮源モデル（中心位置は 140.802E, 42.554N）による沈降水量. スタッキングにあたっては変動源の位置が不変、変動速度一定を仮定.

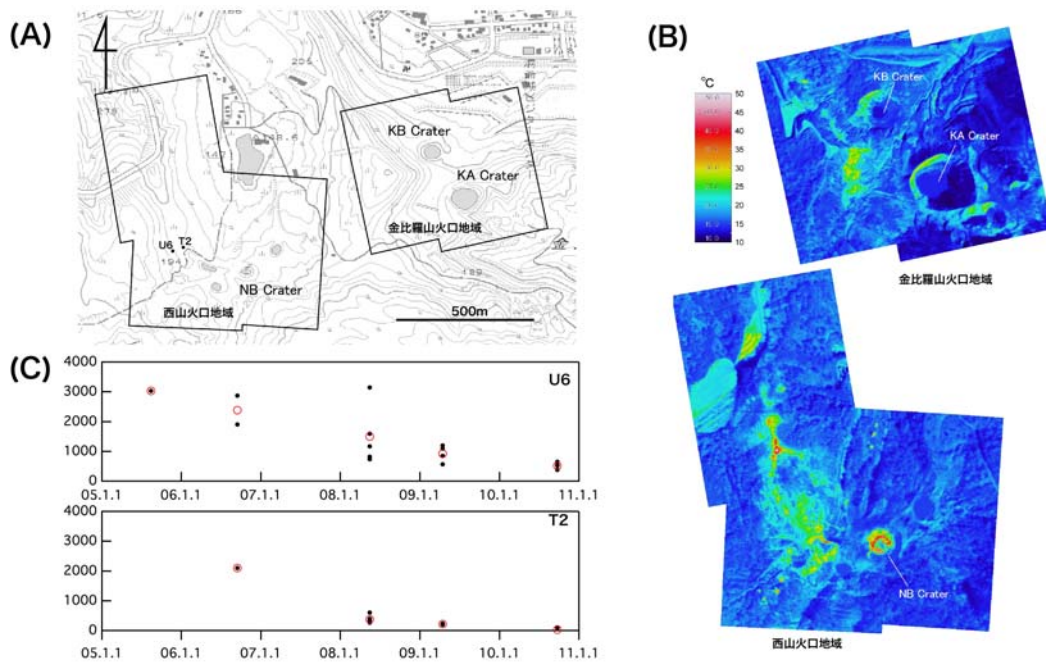


図3. 空中赤外熱映像の解析領域(A)、金比羅山および西山火口地域の赤外熱映像(B)、および定点(図Aの黒丸)における氷熱流計で見積もられた熱放出率の経年変化(C). 図Cの黒丸は観測値、赤白丸は平均値である.