

学 位 論 文 題 名

Coincidental Subsidence During Magmatic Intrusion
-A Case Study of Dacite Cryptodome Formation of Mt.Usu

(溶岩ドーム生成活動に伴う沈降現象)

学位論文内容の要旨

地殻変動から地下のマグマの動きを推定する試みは、火山学の重要課題の一つであり、とくに活火山の噴火予知や活動推移予測において有力なツールである。マグマ粘性の高いデイサイト質や安山岩質の火山では、マグマの浅部貫入活動あるいは溶岩ドーム形成活動による地盤の隆起現象がしばしば知られているが、最近 2 回の有珠山の噴火活動(1977-82 年および 2000 年)では、こうしたマグマ貫入による地盤の隆起とともに火山周辺部や山体のある特定領域で絶対的な沈降現象も観測された。マグマ貫入現象の全体像を総合的に明らかにするには、隆起だけではなく沈降を含めた測地データについて統一的な解析が不可欠である。しかしながら、これまでそのような視点で地殻変動の全体場を議論した研究は少ない。本論文は、デイサイト質火山の一典型である有珠山を例に、マグマの貫入活動中に見られる 2 種類の沈降現象について調べ、それぞれ、広範な測地データセットと精密な DEM(数値地形モデル)を用いた地殻変動解析から、それらを引き起こす地下のマグマプロセスについて論じた。

2000 年有珠山噴火に伴う全山規模の地殻変動の全体像を把握するため、①利用可能な測地データのコンパイル、②広域 GPS データの解析、③新しい測地データの追加を行い、従来のどの研究でもなされなかった多種多様な総合的なデータセットを構築した。上下変位は、山頂部西部を中心とするほぼ同心円的な変動パターンを示し、山頂部での数 m の隆起と火山遠方での数 cm の沈降によって特徴付けられる。データ全体に対するモデルの適用を考える場合、変位量の大きい力源近傍のデータにモデルは大きく依存する。深部を含めたマグマ供給系の全体像を議論するためには変位量の小さい遠方の精密データがモデル評価の上で特に重要である。そのため、変位量と距離について両対数適合評価法を採用し圧力源モデルの推定を行った。その結果、体積変化量が互いにほぼ等価な、浅部膨張源と深部収縮源の重ね合せによる複合圧力源モデルを提案した。また、有珠山の過去の噴火(1910 年、1943-45 年、および 1977-82 年)に関する水準測量データに対して 2000 年と同様のモデルを適用した結果、いずれの噴火も浅部膨張・深部収縮モデルによってデータが解釈可能であることが明らかになった。特に、前兆やドーム形成に強い類似性のある 2000 年と 1910 年のモデル相互に強い類似性が見られた。このような圧力源モデルの類似

性は、有珠山におけるデイサイトマグマの貫入様式が過去の噴火活動でも相互に共通した物理プロセスであることを示唆し、有珠山の 20 世紀の 4 回の噴火活動は、深部から山頂下浅部へほぼ垂直に 10^8 m^3 オーダーのマグマの移動を伴う活動であったと結論付けられる。

地殻浅部へ移動した有珠山のマグマはさらに浅所での溶岩ドーム形成活動に発展する傾向がある。本研究では、1977-82 年の有珠新山潜在ドームの生成活動に伴う山頂部の地殻変動を面的に調べるために DEM (数値標高モデル) を利用した地形変動解析を行った。活動前後の DEM の比較から、有珠新山の隆起は、山頂部の大有珠、小有珠、オガリ山の 3 つの古い溶岩ドーム群に囲まれた領域に生じ、隣接する溶岩ドームの領域は絶対的な沈降を示すことがわかった。有珠新山のブロック的な隆起パターンは北東開きの U 字型断層によって特徴づけられ、U 字型断層境界部には graben (地溝) が形成された。ドーム部の沈降過程をより詳しく調べるために、活動前後と活動中の 5 時期について、大縮尺地形図 (縮尺: 1/5,000~1/2,500) から精密な DEM (1 m grid) を新たに作成した。解析の結果、小有珠溶岩ドームの沈降は、その頂部を中心とするほぼ円形領域で生じ、graben とドームの内部構造に影響されながら段階的に進行したことがわかった。活動前後での沈降量は約 230 万 m^3 であり、この沈降の大半は小有珠直下の群発地震の発生時期、すなわちマグマ貫入活動の初期に発生した。こうしたマグマ貫入に伴う山体の隆起と溶岩ドームの沈降現象は、Mt.St.Helens の 1980 年の活動でも報告されている。両者の地殻変動場を定量的に比較するために、Mt.St.Helens についても有珠山と同様の手法で DEM を作成し、同様の解析を行った。bulge や graben の形成、溶岩ドームの沈降パターン、活発な群発地震活動の同伴など、両者の地殻変動には非常に強い類似性が認められ、いずれも 10^8 m^3 オーダーの cryptodome の浅部貫入とその横成長という共通の物理プロセスが示唆された。

以上、マグマ貫入時に見られる 2 種類の沈降現象について考察した。火山の遠方で生じる全山規模の沈降は深部から浅部へのマグマの移動であること、また、溶岩ドーム生成活動域で生じる局所的な溶岩ドームの沈降は浅所での cryptodome の貫入とその非対称的な横成長によって生じることが明らかになった。

学位論文審査の要旨

主査	教授	笠原	稔
副査	教授	日置	幸介
副査	助教授	新井田	清信
副査	助教授	大島	弘光

学位論文題名

Coincidental Subsidence During Magmatic Intrusion -A Case Study of Dacite Cryptodome Formation of Mt. Usu

(溶岩ドーム生成活動に伴う沈降現象)

本研究は、顕著な隆起に特徴付けられる有珠山の火山活動の深部での変動を探るために、同時に進行していた量的には 3-4 桁小さい沈降現象に焦点を当て、総合的なマグマ供給系の議論を可能にしたものである。

最近 2 回の有珠山の噴火活動(1977-82 年および 2000 年)では、マグマ貫入による地盤の隆起とともに火山周辺部や山体のある特定領域で絶対的な沈降現象も観測された。これまで、沈降を含む地殻変動の全体場を議論した研究は少ない。本論文は、デイサイト質火山の一典型である有珠山を例に、マグマの貫入活動中に見られる 2 種類の沈降現象について調べ、それぞれ、広範な測地データセットと精密な DEM(数値地形モデル)を用いた地殻変動解析から、それらを引き起こす地下のマグマプロセスについて論じた。そのために、①利用可能な測地データのコンパイル、②広域 GPS データの解析、③新しい測地データの追加を行い、総合的なデータセットを構築した。さらに、変位量の小さい遠方の精密データをモデル評価に生かすため、変位量と距離について両対数適合評価法を採用し圧力源モデルの推定を行った。その結果、体積変化量が互いにほぼ等価な、浅部膨張源と深部収縮源の重ね合せによる複合圧力源モデルを提案した。また、有珠山の過去の噴火(1910 年、1943-45 年、および 1977-82 年)に関する水準測量データに対して 2000 年と同様のモデルを適用した結果、いずれの噴火も浅部膨張・深部収縮モデルによってデータが解釈可能であることが明らかになった。有珠山の 20 世紀の 4 回の噴火活動は、深部から山頂下浅部へほぼ垂直に 10^8 m^3 オーダーのマグマの移動を伴う活動であったと結論付けられる。さらに、同種の現象として有名なイタリアの Campi Flegrei カルデラで起きた隆起を、今回提案の方法で検討すると、浅部膨張・深部収縮モデルで、観測データはよりよく説明でき、大きな隆起とともに、深部での収縮、つまりマグマの浅部への移動が同時に進行したものであることを、明らかにした。

本研究では、1977-82 年の有珠新山潜在ドームの生成活動に伴う山頂部の地殻変動を面的に調べるために、航空写真測量により得られた大縮尺の地形図から、新たに DEM（数値標高モデル）を作成し、それに基づいた 4 次元地形変動解析を行い、ドームの上昇に関連して、その周辺部が graben 状に沈降することとその時間発展も明らかにした。同様の手法を Mt.St.Helens の 1980 年の活動についても適用し、両者の地殻変動には非常に強い類似性が認められ、いずれも 10^8 m^3 オーダーの cryptodome の浅部貫入とその横成長という共通の物理プロセスが示唆された。

以上、マグマ貫入時に見られる 2 種類の沈降現象について考察し、火山の遠方域で生じる全山規模の沈降は深部から浅部へのマグマの移動であること、また、溶岩ドーム生成活動域で生じる局所的な溶岩ドームの沈降は浅所での cryptodome の貫入とその非対称的な横成長によって生じることを明らかにした。それぞれの方法を、海外の火山にも適用し、石英安山岩質の火山に類似する現象として、その特徴を明らかにした。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。