

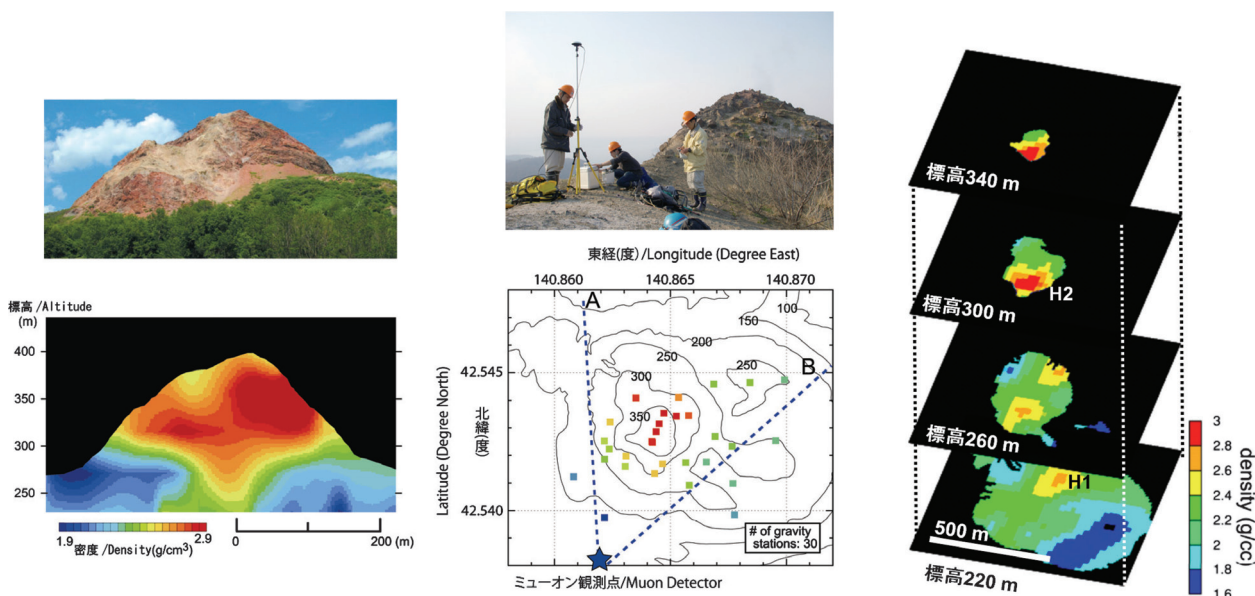
宇宙線ミュオンと重力による，火山内部の 3D 透視観測

Research Highlights

Cosmic-ray radiography combined with classical gravimetry for 3D imaging of a volcano

2006 年ごろに登場した宇宙線ラジオグラフィーの進展により，宇宙線に含まれる高エネルギー素粒子であるミュオンを使って，火山などの平均密度（ミュオンの飛来経路に沿った平均）を，測定することができるようになった．この技術によって，北海道昭和新山の 2 次元断面図が作成された．いわば火山のレントゲン写真のようなものである．これにより，火山の詳細な構造がわかるようになったが，そこには解決すべき課題も残されていた．すなわち 1 枚の断面図からは，密度の高い領域の存在が示せても，それが山の中心付近にあるのか，それとも観測点寄り，あるいは観測点からみて山の裏側にあるのかが不明なのである．この問題を解決するために，ミュオン観測同様に，密度変化に敏感に反応する重力を，山頂を含む約 30 地点で測定し，そのデータを組み合わせた解析を行った．その結果，高密度物質領域が，標高 260 m 付近から芯のように上方へ延びていることや，芯の位置が山の中心より手前側（南側）に偏っていることなどが，火山体を解剖したように明らかにされた．このような高い解像度の 3 次元解剖図は，重力データ単独でも得ることはできないし，宇宙線ラジオグラフィーからだけでも得ることはできなかったものである．意外にも，ニュートン以来の古典的物理（重力）と，最先端の素粒子物理とが互いに補い合うことによって，強力な解析が可能となったのである．

A novel imaging technique of cosmic-ray muon radiography provides us with a cross section through an object parallel to the plane of the detector, on which the average density along all the muon paths is projected, somewhat like X-ray radiography. A good example can be seen in the 2D density profile of Showa-Shinzan volcano, Hokkaido, Japan. To our regret, however, we cannot say whether the density anomaly is located closer to the muon detector or further away from the center. To identify the 3D coordinates of the anomaly (i.e. 3D imaging of density anomaly), we employed gravity data for our 3D imaging because gravity is sensitive to density variation as muon radiography. Integrated inversion of both muon radiography data and 30 points gravity anomaly data, enables us to make an “anatomy” of Showa-Shinzan volcano. In particular, we can see a high density spine extending from 260 meters above sealevel to the top. If gravity data or muon radiography data were analyzed separately, it would be almost impossible to create the high resolution 3D image of a volcano. Lastly but not the least, it is interesting that the most classical physical tool (i.e. gravity) and the most advanced particle physics complement each other in the powerful 3D imaging.



昭和新山の外観（左上）と，宇宙線ミュオンラジオグラフィーによる 2 次元断面図（左下）．中央上の写真は，3 次元解剖図を作るために行なった重力観測風景（山頂），中央下は測定点分布図．右図は，昭和新山の 3 次元密度分布図（立体解剖図）．

View of Showa-shinzan volcano (top left) and its cross section from 2D cosmic-ray imaging. The cosmic ray data combined with gravity data (measurement scene in the central photo, and gravity points in the map) enable us to make integrated inversion for 3D density distribution (right). A high density spine can be seen extending from 260 meter above MSL to the top.