

九重火山における複数の地球物理学的手法を用いた同時連続観測

Simultaneous Geophysical Observations at Kuju Volcano, Central Kyshu, Japan

福岡 晃一郎[1]; 江原 幸雄[1]; 藤光 康宏[1]; 西島 潤[1]

Koichiro Fukuoka[1]; Sachio Ehara[1]; Yasuhiro Fujimitsu[1]; Jun Nishijima[1]

[1] 九大院・工・地球資源

[1] Earth Resources Eng., Kyushu Univ.

九州大学地球熱システム学研究室では、1980年代の半ばから九重火山の中心部にある通称九重硫黄山において、放熱量測定、微小地震観測、噴気温度観測を行ってきた。また、1995年の水蒸気爆発以降ではこれらの観測に加えて重力変動観測、地磁気変動観測といった地球物理学的な観測の他、GPSと孔内傾斜計を用いた地盤変動と応力状態のモニタリングを実施している。

これら複数の観測データは、個々の観測結果の解釈はなされているがサンプリング間隔が一定でないことや欠測期間の違い等の理由により、総合的な解釈を与えることが難しかった。また、連続観測が難しい観測項目については、年に数回の観測を行って、ごく短時間での変化の平均値をもって代表値として扱い、長期間にわたる代表値の変化を解釈していた。しかしながら、例えば噴気放出量が一日あるいはもっと短い時間内にも変動していることは目視観測で確認でき、火山活動は一日以下の短い時間にも大きく変動していることは想像に難くない。この変動を捕らえるためには、複数の観測項目のサンプリング間隔を密にした同時観測が有効であると考えられる。そこで、九重硫黄山において、従来実施してきた観測項目を5分ないし10分の間隔で同時に行い、これら複数のデータから火山活動のごく短周期の変動を捉えることを目的とした同時連続を実施した。

観測項目は、噴気温度（4箇所）、自然電位（11点）、重力変動（1点）、傾斜計観測（3点）、線強度測定（1点）、気象観測（1点）である。このうち自然電位は観測時間内にほとんど変動が見られなかったため、以降の解析には用いなかった。

取得された6種類の異なるデータから、どのデータとどのデータに相関があるかを調べることにした。相関の検出にあたっては、通常用いられる相関係数（パラメトリック相関係数）のほか、帰無仮説の下でのデータの発生確率を求めることにした。すなわち、「観測量Aと観測量Bは全く相関がない」という帰無仮説の下で、実際に観測されたデータが取得される確率を計算し、95%の有意水準で帰無仮説が棄却されるとすれば、95%の有意さをもって「観測量Aと観測量Bには相関がある」と統計的に結論することができる。相関にも強弱があり、強い相関であれば ± 1 に近い相関係数となり、弱い相関であれば0に近い相関係数となる。

パラメトリック相関係数は、観測値の個数が十分大きいという制約があるが、今回取得したデータには十分なデータ量にならないものもある。そこで、パラメトリック相関で必要とされる条件の制約を受けない、順位相関検定（ノンパラメトリック相関係数とその有意確率の算出）も併せて行った。今回はノンパラメトリック相関の中で広く用いられているSpearmanの順位相関係数とKendallの順位相関係数を用いた。順位相関はパラメトリック相関に比べると検出能力がやや劣るという短所を持つが、パラメトリック相関解析よりも頑健であり、データの予期せぬ欠陥に対して強いという長所を持つ。さらに、順位相関解析を行って有意な相関であると結論された関連は、必ず存在する。したがって小さな相関係数が求められたとしても、有意確率が小さければ、2つの観測量には確実に関連があると結論してよい。

相関解析の結果、以下のような結果が得られた。

噴気温度の変動は、相関の強弱と正負の違いはあるものの、互いに数百m離れていても有意に相関があるという結果になった。これは、各々の噴気孔に供給される地下流体は共通のものに起因していることを示している。そして噴気が地下から空中へ放出されるまでの過程の違いを反映して相関の正負が逆転したり、噴気の経路によって位相遅れを伴った変化を生じるような現象を示しているものと考えられる。いずれの噴気温度の変動も有意確率はほとんど0であった。

傾斜計のデータは噴気温度と強い相関を示し、噴気地域から1000m以上離れた地点であってもほとんど相関係数が1となり、有意確率が0となった。このことは地下の応力状態の変化と噴気温度の変化が密接に関連していることを示唆している。1000m以上離れた地点間で傾斜変動がきわめて高い相関を示すことは興味深いことである。

また、重力変動と噴気温度には弱い負の相関が見られた。これは地下に存在する流体質量の変動が生じている可能性がある。

上記以外の各種のデータにも、弱い有意な相関があるものがあつた。また、相関が期待されたがほとんど相関の見られないものもあつた。現時点では各観測量の相関を統計的に検討を始めた段階であり、興味ある結果が見出されているが、今後さらに解析を進めたいと考える。今回は測定器から直接出力されるデータのみを扱ったが、データ取得後各種の処理が必要なものにもこのような解析を適用していきたいと考える。