

# ワイドレンジ傾斜計の開発と火山噴火予知観測への応用 : ( その 1 ) 潮汐解析による分解能試験

## Development of the wide-range tiltmeter for volcanic deformation monitoring: Part 1. Resolution test by tidal analysis

# 佐藤 峰司[1]; 立花 憲司[2]; 若松 剛[3]; 小田井 貞雄[3]

# Minemori Sato[1]; Kenji Tachibana[2]; Takeshi Wakamatsu[3]; Sadao Odai[3]

[1] 東北大・理・予知セ; [2] 東北大・院・理・予知センター; [3] 神鋼電機

[1] Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku Univ; [2] RCPEV, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [3] Shinko Electric

<http://aob-new.aob.geophys.tohoku.ac.jp/~minemori/>

### 1. はじめに

近年, GPS や SAR など人工衛星の活用により, 火山活動に伴う地殻変動が面的に捉えられ, 変動源の複雑なメカニズムを論じられるようになった. しかしながら 変動源モデルのユニーク性を高め, 火山内部のマグマの位置, 形状や供給量の推定精度を向上するためには, GPS や SAR など地表変位のデータ数を増やすだけではなく, 変位データとは異なるパターンを示す傾斜計や歪計による多種の地殻変動観測が重要である. 火山活動の静穏期にポアホール型計器などを用いた高感度地殻変動観測網を整備することが最も望ましいが, 予測された時期より早く火山活動が始まってしまった際には, 地表設置型計器による臨時観測が必要とされる. マグマが浅部に上昇し噴火が差し迫ったときや噴火活動中の危険な状況下で計器を設置する場合には, できるだけ短時間で容易に設置が完了できる傾斜計が相応しい. そのため, 火山噴火予知観測への適用を目指し, 設置時の水平調整が不要な測定レンジの広い傾斜計を開発することが本研究の目的である.

### 2. 高精度サーボ傾斜センサー

神鋼電機の高精度サーボ傾斜センサーは水平振子式サーボ型の小型(55mm×63mm×49mm)・軽量(400g)・省電力(0.54W)な1軸傾斜センサー(以降, 傾斜センサーと呼ぶ)である. その最大の特徴は, 最高±90°のワイドな測定レンジ(±1°~±90°の8タイプあり)と, 1500G という高耐衝撃性である. 従来の高感度計器の常識を覆すこれらの性能は, 水平振子を支持するトートバンドにより実現される. トートバンドは主に電流計などの指針支持に使われ, 摩擦や磨耗がなく長寿命で衝撃に強いという性質がある. また, 温度補償回路の内蔵により, -18~+71 という広い温度範囲にわたり使用することが可能である.

### 3. 試験観測概要

今回は, 測定レンジが±1°の傾斜センサー2台を用い, 最小分解能の試験観測を行った. 観測は, 東北大学気仙沼観測点の横坑奥の観測室(入り口から約40m, かぶり30m)において, 2003年11月26日~12月22日の約一ヶ月間行った. 傾斜センサーは既存の水管傾斜計直交2成分と平行な方位にとり, 真鍮板に固定しコンクリート台にアンカーボルトで設置した. 傾斜センサーの近傍においては, Pinnacle Technologies社のポアホール型傾斜計 Series 5500(分解能1nano radian, 測定レンジ±10°)と, 白金温度計による気温と水晶温度計による地温の臨時観測が行われている(立花・三浦, 2003). サーボ型傾斜計のデータは現地において白山工業のデータロガー LS-8000WD(24bit A/D)により20Hzサンプリングで高感度収録すると同時に, テレメータ(16bit A/D)で送信し東北大学においてリアルタイムモニタした.

### 4. 理論潮汐・既存計器との比較

傾斜センサーの分解能はメーカー側から1秒角(約5μradian)以下と示されているが, 今回, 実効分解能を調べるため, 0.1μradian(0.01秒角)オーダーの潮汐解析による検定を試みた. 検定は, 観測データに含まれる潮汐成分を理論潮汐や既存傾斜計との比較をすることにより行われた. 観測されたデータに含まれる潮汐成分は, 潮汐解析プログラム BAYTAP-G(Tamura et al., 1991)と傾斜センサー近傍の気温データを用い, 温度応答成分や観測ノイズと分離・抽出された. 理論潮汐の計算には, 地球潮汐・海洋荷重潮汐計算プログラム GOTIC2(Matsumoto et al., 2001)を用いた.

解析の結果, (1)傾斜センサーの潮汐成分は理論潮汐と相関係数が0.84~0.95と比較的良好な相関を示すこと, (2)傾斜センサーは温度変化に対して線形回帰モデルで補正できること, が判明した. この結果から, 今回使用した傾斜センサーが潮汐を検知できることを示し, 0.001μradian(0.001秒角)程度の実効分解能を有することが明らかにされた. ただし, 振幅や位相に理論潮汐との若干の差異が見受けられた. 坑内温度(0.1程度)に対する応答が潮汐と同程度の振幅だったことから, 潮汐成分と温度応答とのトレードオフにより理論潮汐との差異が生じた可能性が考えられる.

## 5. まとめ

横坑式の観測点において新型の水平振子式サーボ型傾斜センサーの試験観測を行った。解析の結果、(1)傾斜センサーが潮汐を検出することが可能な  $0.001 \mu \text{radian}$  の高分解能を有すること、(2)傾斜センサーは温度変化に対して線形回帰モデルで補正できること、が判明した。

今後、水管傾斜計やボアホール型傾斜計の並行観測データとの精度や温度応答特性、ドリフトレートなどの比較検討と、より測定レンジの広い傾斜センサー、高精度温度計と耐圧容器を使った火山噴火予知観測に適した実用機で野外観測を行う予定である。