

有限要素法による基礎的な圧力源モデルの計算 (第2報)

Calculations of fundamental pressure source models by FEM (Part2)

藤原 健治[1], 坂井 孝行[1], 山本 哲也[2], 福井 敬一[1], 高木 朗充[1], 中禮 正明[3]

Kenji Fujiwara[1], Takayuki Sakai[1], Tetsuya Yamamoto[2], Keiichi Fukui[1], Akimichi Takagi[1], Masaaki Churei[3]

[1] 気象研, [2] 気象研・地震火山, [3] 気象庁

[1] MRI, [2] Seismol. Volcanol. Res. Dep., Meteorol. Res. Inst., [3] JMA

火山における地殻変動モデルとしては従来, 山川 (1955) に基づく「茂木 - 山川モデル」が専ら用いられてきた。しかしながら山川 (1955) の解は, 半無限弾性体内の充分深い場所に充分小さな圧力球が存在するという非常に限定された条件の下での解析解であり, 圧力球の深さが浅い (= 圧力球の半径が大きい) 場合や, 低速度表層が存在する場合, 地表に地形が存在する場合, また圧力源の形状が球ではない場合など,

実際の火山現象においては常に存在し得る各種条件下における解を与えるものではない。そのような各種条件下での地殻変動の様子を知る一つの方法として, 有限要素法 (FEM) がある。

我々は, 実際の火山地域の地形や速度構造を取り入れた圧力源モデルの有限要素解析を行うことを最終目標に見据えつつ, その準備段階として, 上記のような各種条件がそれぞれ地殻変動に及ぼす影響を調べるため, 比較的単純な形状のモデルに様々な条件を設定しての有限要素解析を現在進めている。坂井他 (2002) において約 200 例の圧力源モデルについての計算結果から得られた主な成果を報告したが, 今回はその後の計算結果を中心に紹介する。

なお, 解析には ANSYS, Inc. の ANSYS Ver.5.7 を用いた。水平方向・深さ方向とも充分大きなモデル領域を設定することによって, その中央部では高い精度で茂木 - 山川モデルを再現することができることを確認している。

1. 圧力源の形状が円柱形(火道的)の場合

坂井他(2002)において, 深さ 10km の圧力円柱の縦横比が 1 に近い場合, 同じ圧力球深さの茂木 山川モデルに近い変位を示し, 縦横比が 1 より小さい場合(シル的な場合)は, 水平変位に比べて上下変位が大きくなること, 縦横比が 1 より大きな場合(火道的な場合)は, いずれもその逆となり, さらに縦横比が 5 程度になると上下変位は圧力源直上でなく圧力源から少し離れた地点で最大となることを確認した。

今回はさらに火道的な場合について圧力源中心の深さ及び圧力源半径の影響を詳細に調べた結果, 圧力源中心をより浅くした場合には, 上下変動が最大になる点が圧力源直上から離れた地点になるのは, 縦横比が 5 を越える場合(より細い圧力源)であることがわかった。

ここで注目すべきは, いずれの例でも水平変位が茂木 山川モデルのそれに非常に良く似た変化の様子を示すことである。このことは, 近年の GPS 観測で重視される水平変位だけからでは球状圧力源と円柱圧力源を判別することが困難であることを意味し, 上下変動も十分考慮に入れる事の重要性を示すものである。

2. 圧力球が2つ存在する場合

圧力球が2つ存在する場合, 互いの距離がある程度離れていれば, 重ね合わせが高い精度で成り立つ。例えば, 1つの圧力球(半径 1 km)が深さ 10 kmに存在し, そこから水平距離で 5 km離れた地点の深さ 5km にもうひとつの圧力球(半径 0.5km)が存在する場合の有限要素解析結果は, それぞれの圧力球について個別に有限要素解析を行った結果(これらは茂木 山川モデルに非常によく一致する)の重ね合わせと高い精度(0.2%以内)で一致する。一方, 圧力球間の距離が小さくなるにつれて, 単純な重ね合わせは成り立たなくなる。例えば, 1つの圧力球(半径 1km)が深さ 10km に存在し, そこから水平距離で 2 km 離れた地点の深さ 8km にもう一つの圧力球(半径 1km)が存在する場合の有限要素解析結果は, それぞれの圧力球について個別に有限要素解析を行った結果の重ね合わせと比較して最大 10%異なる。従って, 茂木 山川モデルの

重ね合わせは圧力球間の距離が十分大きい場合には差し支えないが, 圧力球間の距離が近い場合には注意が必要であることが結論される。