

地形・地下構造を考慮した地殻変動の分析に関する研究（第3年次）

実施期間 平成 28 年度～平成 31 年度
地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室 小林 知勝 山田 晋也

1. はじめに

本研究課題は、数値シミュレーションによる火山性地殻変動計算手法を高度化し、より正確にマグマ等の位置や挙動を推定可能とすることで、噴火の危険度評価に貢献することを目的に、実地形や不均質な地下構造を組み込んだ地殻変動計算を基にした効率的かつ高精度な力源推定技術を開発し、実利用可能な解析システムを構築することを目標とした特別研究課題である。

技術開発は主として、1) 有限要素法を用いた地殻変動計算システムの開発、2) 力源の位置や膨張/開口量を推定するための最適技術の開発を中心に行う。さらに、開発したシステムを用いて、地形や地下構造が及ぼす影響の定量的評価や過去の火山活動の際に得られた観測データへ適用して地殻活動の再評価を行うことも目標とする。

2. 研究内容

有限要素法により実地形や不均質な地下構造を組み込んだ地殻変動計算を可能とするシステムを開発する。自動メッシュ生成機能や無限要素等を取り込んだ計算機能を実装させて操作性の向上や計算コストの低減を図り、効率的かつ高精度な火山性地殻変動計算及び力源推定のための技術開発と解析システムの構築を行う。平成30年度は、平成29年度に開発した地殻変動解析システムの改造を実施した。また、2014年の御嶽山の噴火活動に伴い観測された地殻変動の計算における地形の効果を調べた。

3. 得られた成果

3.1 解析システムの改造

有限要素法により実地形や不均質な地下構造を組み込んだ地殻変動計算をGUI操作で行うシステムの改造を実施した。主な改造項目は以下の通りである。1) グリッドサーチによる解探索の機能の強化を行った。具体的には、解探索の計算時間を低減することを目的に、グリッドサーチによる解探索のうち、力源パラメータが地表変位と線形の関係にあるパラメータ（圧力変化量及び開口量）を逆推定により求める機能を実装した（図-1）。例えば球状圧力源の場合、変数は中心位置、半径、圧力変化であるが、このうち圧力変化は地表変位と線形の関係にあることから、単位圧力における地表変位を基に圧力変化量を逆推定する。さらにこれとは別に、グリッドサーチにより得られた最適解のパラメータ近傍での詳細な解探索を目的として、準ニュートン法（L-BFGS-B法）を用いた非線形最小二乗法による推定機能も実装した。2) 解析解の計算手法の追加を行った。半無限弾性体における解析解計算機能に、回転楕円体状圧力源（Yang et al., 1988）及び薄層クラック（Fialko et al., 2001）による地表変位計算機能を追加した。3) 解探索の計算時間を低減することを目的に、重合メッシュによる地殻変動計算を並列化処理で実行可能とした。4) 推定された圧力変化量及び開口量を体積変化量に換算する機能を追加した。

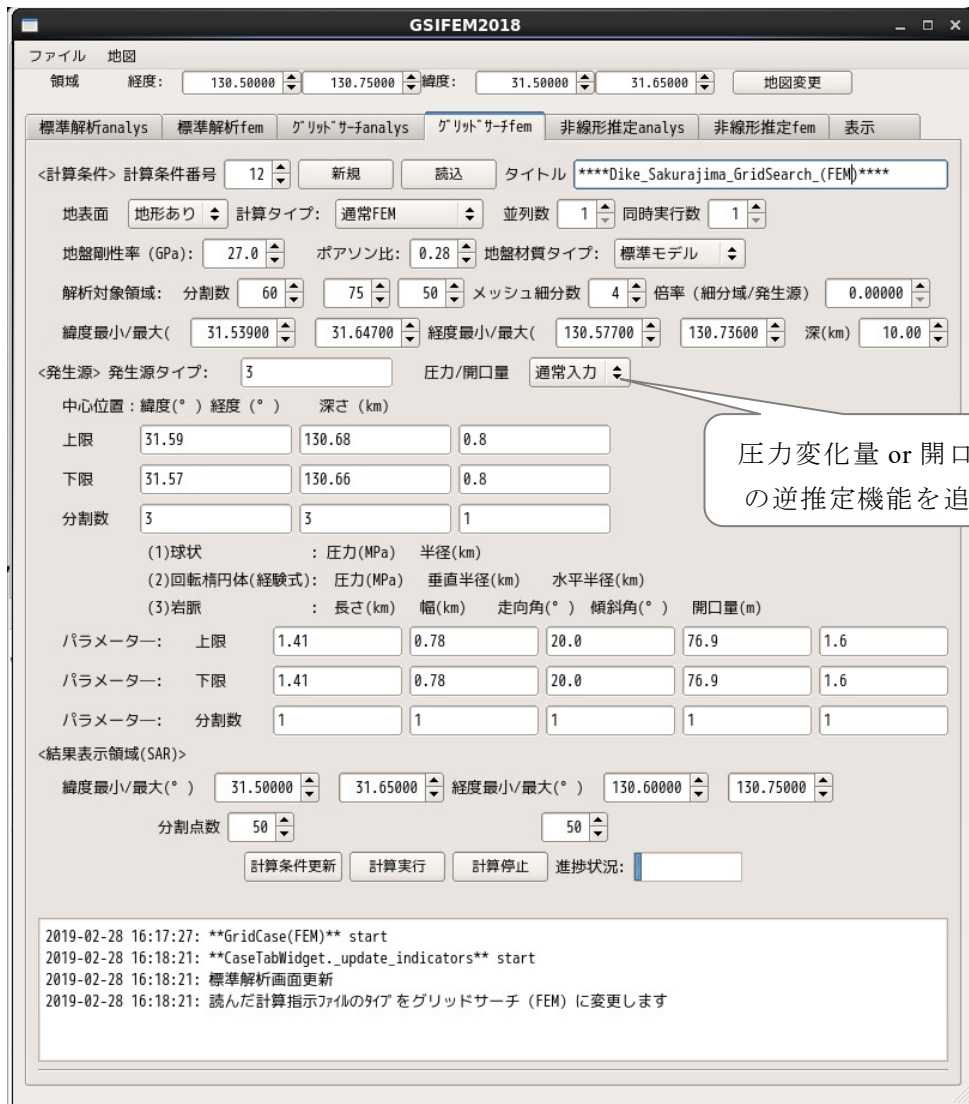


図-1 解探索機能の GUI 操作部の画面例.

3.2 2014年御嶽山の噴火活動で観測された地殻変動計算

2014年の御嶽山の噴火後、ALOS-2データを用いた干渉解析により地殻変動が検出された(山田・他, 2015). この地殻変動の原因を考察するため、山田・他(2015)では半無限弾性体の仮定を基に矩形のクラックを圧力源とし、モデルの推定を行っている. 本研究においてシステムの改造を行ったことにより、地形を組み込んだ地殻変動計算が可能になったことから、山田・他(2015)で推定されたモデルを用いて改めて地殻変動の計算を行った. 有限要素法により、従来の半無限弾性体の下で計算を行った結果を図-2(a)に、地形を組み込んで計算を行った結果を図-2(b)に示す. 地形を組み込んだ計算では、半無限弾性体の計算と同じように、ダイクの上端が火口から深さ約100mの位置になるよう調整した(図-3). 図-2(c)はALOS-2による観測結果である. 従来の半無限弾性体で行った計算も地形を組み込んだ計算も、変動の中心の位置や変動が見られた場所の範囲について観測結果と概ね調和的である. 一方で、詳細に比較すると、変動の大きさや広がり方、変動の中心の位置には差異が認められる. このような差は地形の効果によって生じていると考えられ、力源が地表近傍にある場合には地形の影響を十分考慮する必要があることを示唆している. また、表-1は地形を組み込んだ地殻変動計算について、気象庁の傾斜計(田の原)における変動を当時の観測結果と比較したものである.

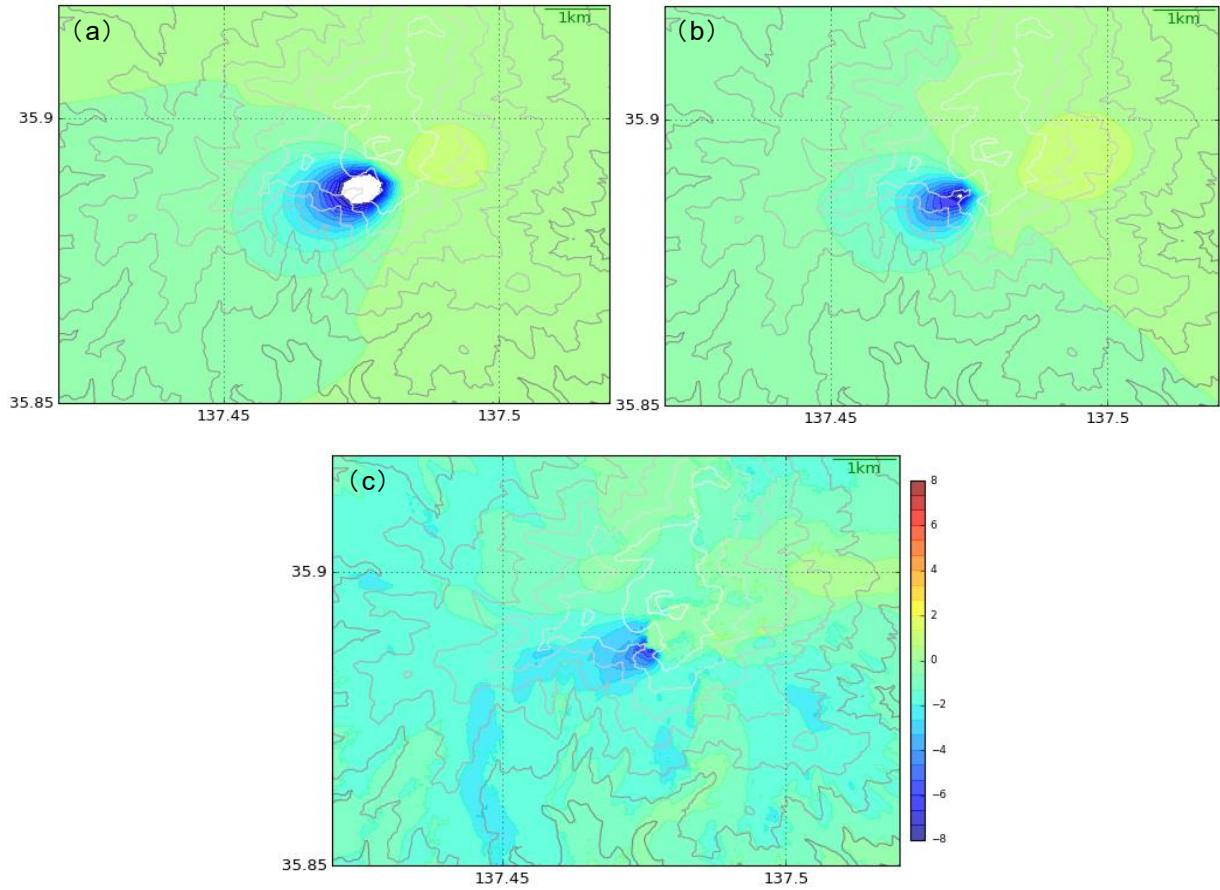


図-2 (a) 山田・他 (2015) のモデルから計算される地殻変動. 半無限弾性体を仮定した場合の計算結果. (b) 地形を考慮した場合の計算結果. (c) ALOS-2による観測結果.

表-1 傾斜計 (田の原) におけるモデル計算と観測量の比較

	EW [μ rad]	NS [μ rad]
モデル計算結果	-0.33	0.124
観測値	-1.11	0.46

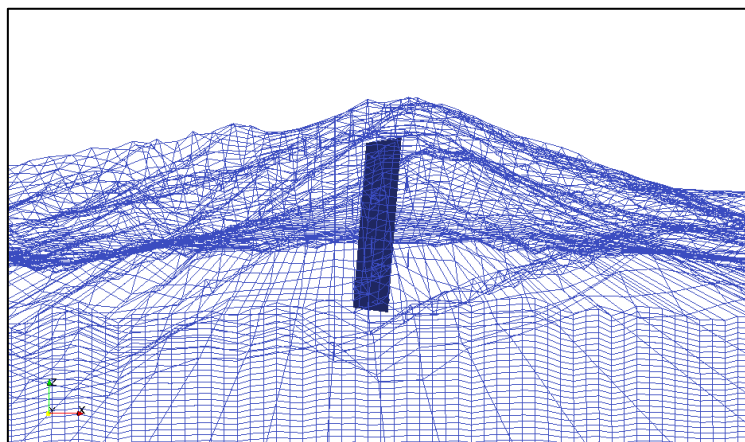


図-3 御嶽山の解析で得られたダイクモデルのメッシュ.

傾斜の方向については観測結果と調和的であった。山田・他（2015）で推定されたクラックモデルは、地形を組み込んだ地殻変動計算においても概ね調和的であったが、今後は地形を再現した有限要素モデルの下でグリッドサーチによる解探索を行い、クラックモデルのパラメータの最適解を検証していく予定である。

4. 結論

平成29年度に開発した地殻変動解析システムに、グリッドサーチによる解探索機能の一部として圧力変化量もしくは開口量の線形逆推定機能を追加する等の改造を施した。また、2014年御嶽山の噴火に伴って観測された地殻変動の計算における地形の影響を調べた。平成31年度も、引き続き地殻変動解析システムの改造等を実施する予定である。

謝辞

本研究で用いたALOS-2データは、火山噴火予知連絡会衛星解析グループ（火山WG）を通じて、（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）から提供を受けた。原初データの所有権はJAXAにある。

参考文献

- FIALKO, Y., Y. KHAZAN and M. SAIMONS (2001) : Deformation due to a pressurized horizontal circular crack in an elastic half-space, with applications to volcano geodesy, *Geophys. J. Int.*, 146, 181-190.
- 山田晋也, 森下遊, 和田弘人, 吉川忠男, 山中雅之, 藤原智, 飛田幹男, 矢来博司, 小林知勝 (2015) : だいち2号SAR干渉解析による御嶽山噴火に伴う変動の検出, *国土地理院時報*, 第127集, 11-15.
- YANG, X.-M., P.M. DAVIS and J.H. DIETERICH (1988) : Deformation from inflation of a dipping finite prolate spheroid in an elastic half-space as a model for volcanic stressing, *J. Geophys. Res.*, 93, 4249-4257.