

新規研究課題提案書

1. 研究課題名：新規研究課題名を記入

地形・地下構造を組み込んだ火山性地殻変動の力源推定に関する研究

2. 研究制度名

特別研究

3. 研究期間：平成 28 年 4 月 ～ 平成 31 年 3 月 （3 年間）

4. 課題分類

(4) 地球と国土を科学的に把握するための研究

5. 研究開発の背景・必要性

2014 年 9 月の長野県・御嶽山や 2015 年 5 月の口永良部島で発生した噴火、2015 年箱根山・大涌谷の火山活動の活発化等を受け、国内の火山噴火災害軽減へ向けた対策の必要性が迫られている。こうした噴火災害を軽減するためには、地下にあるマグマ等の火山性流体の状態（位置や挙動）を事前に正確に把握することが必要不可欠である。地殻変動は、マグマ等の挙動を直接的に反映する観測量であり、火山活動を評価する上で最も重要な要素の 1 つである。こうした地殻変動の情報を使い、地下のマグマ等の位置・挙動を正確に推定することは、火山活動の的確な評価につながり災害の軽減に資すると期待される。

地殻変動とその原因となる地下の力源の位置・膨張量は、ある関係式により結び付けられるため、地殻変動データから地下の状態を定量的に推定することができる。これまでの地殻変動の力源推定では、計算精度や速度の制約等から、地形や地下構造を単純化した理論式に基づく推定が行われてきた。しかし、近年の研究では、地形の起伏や地下構造の不均質性が地殻変動に影響することが指摘されており、より正確な推定のためには、これらを考慮した解析が不可避である。特に、火山のごく浅部にマグマが貫入するような緊迫した事態が発生した場合には、その位置を定量的に正確に把握することが重要な状況であるにもかかわらず、従来の手法では力源よりも低い位置にある観測点の地殻変動計算が不可能となる問題が顕在化する。GNSS や SAR 等の観測技術が高度化され、山頂域の変動も高い時空間分解能や計測精度で捉えられるようになってきた中、これら高度化された観測データの情報を生かして、より正確な力源の推定を可能とすることは喫緊の課題である。

課題の克服には、実地形・不均質な地下構造を組み込んだ解析が必須である。発生源の推定の際にはしばしば、解析解・差分法・境界要素法等で計算される地殻変動が用いられるが、これらの手法では上記の効果を全て組み込んだ計算は不可能である。このような背景の下、有限要素法は、計算対象が複雑な形状や物性を持っていても、計算可能であるという利点をもち、上記課題を解決する有効な手段である。連続体の変形の問題に強い特長を有しており、地殻変動のような静的な変形の計算に最適である。一方で、力源推定を含めた地殻変動解析への適用には、幾つかの技術的課題もある。有限要素法では、計算精度を上げるためには、細かい要素へと分割する必要があるが、要素分割から変形計算までの一連の処理には多大な労力及び計算コストを必要とする。また、有限要素法を用いた力源推定では、位置やサイズの多数の組み合わせ

せパターンから最適な解を探索していく必要があるが、位置やサイズを変える度ごとに領域全体の要素分割が必要になり、現状では計算効率の悪さが推定の大きな障害の1つとなっている。さらに、力源パラメータの推定は非線形性の強い逆問題であるが、有限要素法で計算した地殻変動データを利用しての解法は未だ発展途上である。地殻変動計算の精度を保ちつつも、現実的な時間で正確に力源パラメータを見積もることができる効率的な推定方法が求められる。

6. 研究開発の目的・目標

本研究では、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とする。そのために、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する。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。

7. 研究開発の内容

本研究では、初めに、有限要素法を用いた地殻変動計算システムの開発を実施する。続けて、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行う。これら開発した技術を用いて、数値シミュレーションによる地形・地下構造の影響評価、実際の観測データへの適用による過去の地殻変動解析の再評価を行う。実際の観測データへの適用・検証試験を通じて逐次改良を行い、システムを完成させる。詳細な実施内容は以下のとおり：

(1) 効率的かつ高精度な火山性地殻変動の力源推定のための技術開発と解析システムの構築

1) 有限要素法による地殻変動計算システムの開発

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、操作性の向上や計算コストの低減を図る。

2) 効率的かつ高精度な力源推定手法の開発

計算精度を確保しつつも計算コストを省力化した力源パラメータ推定の手法を開発する。力源パラメータ推定に適した順/逆解析的な解探索手法を開発し、システムに組み込む。また、力源位置を推定する際のモデル領域内のメッシュ再構築処理を効率化させるための新規技術を組み込み、その実用性評価を行う。

3) 実データを利用した検証と手法の調整

(2) 開発した解析システムの火山性地殻変動研究への適用

1) 数値シミュレーションによる地形及び地下構造の影響の定量的評価

標高、傾斜、火口地形、速度・密度構造、粘弾性構造等が地殻変動に及ぼす寄与を、数値シミュレーションにより定量的に評価する。

2) 過去の火山活動における地殻変動データを用いた力源の再推定と再評価

今後の解析や火山活動評価に本研究成果の知見を活かすことを目的に、既存の観測データの再解析を実施して、過去の火山性地殻変動解析結果の再評価を行う。

8. 研究開発の方法、実施体制

上記7. については、地殻変動データ解析やそれを基にした力源推定に関する研究を担当している地殻変動研究室の主任研究官が中心となって実施する。7. (1) に関しては、有限要素法計算部を含むシステム構築を外注で行うことにより、高度な技能を必要とする有限要素法の計算精度を確保し、効率的に実施する。

9. 研究開発の種類

(3)技術開発

10. 現在までの開発段階

(1)研究段階

11. 想定される成果と活用方針

想定される成果：

- ・実地形及び最新の地下構造の知見を組み込んだ火山性地殻変動を計算する技術が開発され、より正確なマグマの位置や挙動の推定が可能となる。
- ・複雑かつ計算コストのかかる有限要素法の処理を、簡便かつ統合的に実行可能とする解析システムの構築により、効率的に高精度な地殻変動計算及び力源推定が実施可能となる。
- ・従来の手法では解析困難なごく浅部へのマグマ貫入の際も、地殻変動の計算が可能となり、正確性を増した力源の位置推定等が可能となる。

想定される活用方針：

- ・火山噴火予知連絡会等の各専門機関での火山活動の評価や気象庁による情報発信の際の検討等に活用。
- ・マグマ蓄積の状態（東北地方太平洋沖地震後の地殻活動等）の推定に活用。

その他波及効果：

- ・火山監視のための観測網構築の際の、効果的な観測点配置の事前評価に利用。
- ・噴火準備/発生過程のメカニズムの理解の進展に貢献。

12. 研究に協力が見込まれる機関名

気象庁、気象研究所等

13. 関係部局等との調整

GNSS や SAR により火山監視を行っている測地観測センターや測地部宇宙測地課・機動観測課等の院内関係部署からの意見を汲み取りながら、監視業務や観測網の構築・整備等にとって有用なシステムとなるよう開発を実施する。

14. 備考

特になし。

15. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター地殻変動研究室
茨城県つくば市北郷1番

新規研究課題事前評価表

1. 研究課題名：地形・地下構造を組み込んだ火山性地殻変動の力源推定に関する研究

2. 研究制度名：
特別研究

3. 研究期間：平成 28 年 4 月 ～ 平成 31 年 3 月 （3 年間）

4. 研究開発の方向の妥当性

「国土地理院研究開発基本計画」のうち、重点課題(4) 地球と国土を科学的に把握するための研究①地殻活動の解明のための研究において、火山活動の準備・先行・推移過程における力源モデルの推定及びその推定手法の高度化に関する研究を行うことが謳われている。従って、本研究開発はそれらに該当するものであり妥当である。

5. 国内・国際的研究状況を踏まえての実施の妥当性

従来、火山学においては、火山における地殻変動解析への有限要素法の利用の重要性は認識されていながらも、有限要素法の取り扱いの難しさや計算精度の確保に高速計算機を必要とする等の理由から、当該研究は必ずしも活発ではなかった。しかし近年、利便性や操作性が向上した有限要素法の計算ソフトウェアの発展や計算機能力の向上を背景に研究が活発化しつつあり、力源推定のための技術開発に関する学術論文も散見されるようになってきた。これら技術開発要素を参考にしながら研究を進められる環境が次第に整いつつある。

国内ではこれまで、有限要素法に基づいた火山性地殻変動の研究を実施してきた例はあるものの、有限要素法の技術的扱いの困難さや高額な計算機資源・ソフトウェアの必要性等から、当該研究を実施する研究機関・研究者は国内ではほとんどない状態が続いている。特に、力源推定まで踏み込んだ技術開発は、未だ発展途上の技術水準といって過言ではない。

以上の通り、国内外の研究成果をみても、まだ開拓要素の多い研究開発分野である。国内外において当該技術の利活用が火山観測研究で十分進展していない中、本研究を実施することは妥当である。

6. 背景・必要性の妥当性

「活動火山対策特別措置法」第十九条第 2 項において、「国は、火山現象の予知に資する科学技術の振興を図るため必要な研究開発を推進し、その成果の普及に努めなければならない。」と定められており、本研究はそれに沿ったものである。

また、「災害の軽減に貢献するための地震火山研究計画の推進について（建議）」（平成 25 年 11 月科学技術・学術審議会）のうち、1. 地震・火山現象の解明のための研究（5）火山現象のモデル化において、国土地理院は、火山活動に伴う地殻変動源のモデル化の研究を行うことが謳われており、本研究はその趣旨に合致したものである。また、「御嶽山の噴火災害を踏まえた活火山の観測体制の強化に関する報告」（平成 27 年 3 月火山噴火予知連絡会）における 4. 今後速やかに対処すべき事項において、4-2. 観測データの品質向上のための技術開発の推進と新たな観測

技術の導入や 4-3. 調査研究の着実な推進が謳われている。本研究は、これらと深く関わるものである。さらに、東北地方太平洋沖地震後、日本列島内の応力状態は大きく変わり、国内の火山において噴火の誘発が懸念されている。実際に、地震後、国内の火山活動は活発で、地殻変動や地震活動に関する報告が多数なされている。そのような状況下で、地下のマグマ等の状態を正確に把握することは喫緊の課題であり、迅速に本研究課題に取り組むことが求められる。従って、背景・必要性は妥当である。

7. 目標設定の妥当性

実地形や複雑な地下構造を組み込んだ地殻変動に基づく力源推定手法の計算技術が開発されれば、マグマ等の力源の位置や挙動を定量的に正確に把握可能となる。マグマが火山のごく浅部に貫入して観測点より高い位置にある緊迫した事態が発生した際にも、精度の高い地殻変動計算や力源推定が可能となり、活動の定量的な解釈やより正確な噴火の危険度評価が可能となる。従って、本研究の目標は妥当である。

8. 国土地理院が実施すべき妥当性

国土地理院は、国土の状態把握のための地盤変動監視において基盤的な役割を担っており、得られた地殻変動情報及びそれにより推定される地下の力源に関する情報を、火山噴火予知連絡会等の専門機関に提供している。よって、地殻活動の把握の高度化に関する研究は、国土地理院で実施することが妥当である。

また、国土地理院は、特別研究「正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究」、「干渉 SAR 時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究」、「GNSS による地殻変動推定における時間分解能向上のための技術開発」等の研究成果を通じて、SAR や GNSS による高精度な地殻変動データを取得可能であり、これらを用いたより正確な地下の状態推定を実施する環境が整っている。従って、本研究課題を国土地理院が実施することは妥当である。

9. 内容、方法、実施体制の妥当性

火山におけるマグマの位置や挙動を正確に把握し噴火危険度を知ることは、社会的ニーズである。しかし、地球物理学でしばしば発生源の推定に用いられる解析解・差分法・境界要素法等の解法では、実地形・不均質な地下構造の効果を全て組み込んだ計算は不可能である。このように、従来の力源推定手法には限界がある中、現実的な地形や地下構造を組み込むことが可能な有限要素法による解析手法が有効な手段として求められるが、実用性においては技術的課題が残されている。従って、この手法を、火山性地殻変動解析において実用性の高い技術として開発する本研究内容は妥当である。

上記のように、有限要素法は、複雑な地形や地下構造を組み込むことが可能な技術であり、本手法による地殻変動計算に基づいて、より正確な力源推定手法の技術を開発しようとする本研究の方法は妥当である。

本研究は、システム設計・開発、推定手法の開発、新規技術を用いた地殻変動研究等の一連の作業を、火山性地殻変動のデータ解析及びその力源推定作業の経験を豊富に有する地殻変動研究室主任研究官が中心となっていく。一方、高度な計算技術を必要とする有限要素法による計算部や GUI 操作部の開発は、外部に発注することで、解析システムの計算精度を確保しつつ効率的に本研究課題を実施するものである。従って、本研究開発の実施体制は妥当である。

10. 省内他部局等との調整の状況

技術開発は、GNSS や SAR 等による地殻変動解析や地震を対象とした有限要素計算の経験や知見を有する他の地殻変動研究室員の協力を得ることで、効率的に実施する予定である。GNSS や SAR により火山監視を行っている測地観測センターや測地部宇宙測地課・機動観測課等の院内関係部署からの意見を汲み取りながら、監視業務や観測網の構築・整備等にとって有用なシステムとなるよう開発を実施する。

11. 他省庁、異分野等との連携方針等

有限要素法による地殻変動解析の経験や知見を持つ気象研究所と情報交換等による連携を行い、効率的に研究開発を行う予定である。

12. 成果活用方針の妥当性

本研究で開発された手法及びシステムの成果は、地殻変動研究室の地殻変動解析作業及びマグマの位置推定等の作業に活用される。得られた地殻変動の力源に関する情報は、火山噴火予知連絡会等の各専門機関での火山活動の評価や気象庁による情報発信の際の検討等に活用される。また、開発されるシステムを利用することにより、様々なマグマ貫入パターンにおける地殻変動を正確に計算できることから、火山監視のための観測網構築・整備の際に、効果的な観測点配置を事前に評価するのに利用可能である。従って、成果活用方針は妥当である。

13. その他、課題内容に応じ必要な事項

特になし。

14. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター地殻変動研究室
茨城県つくば市北郷1番

地形・地下構造を組み込んだ 火山性地殻変動の力源推定に関する研究 (H28-30年度)

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室

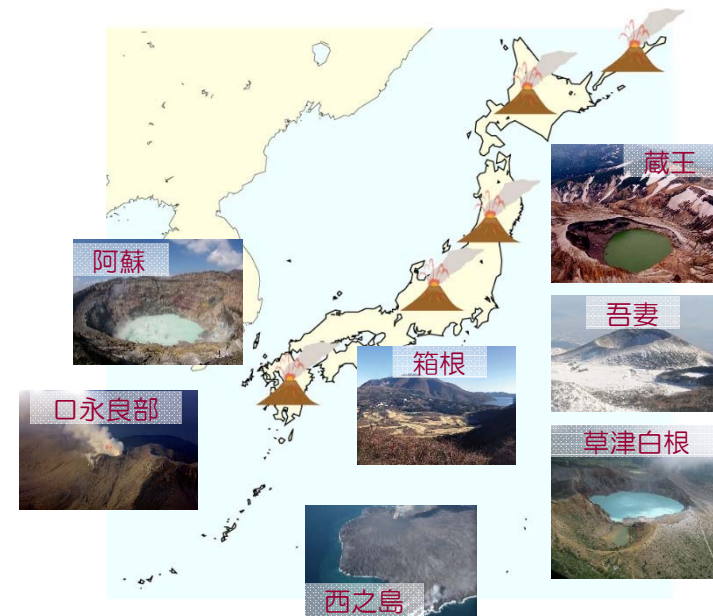
＜安全・安心な社会の実現のためのニーズ＞ 噴火発生危険度を知りたい！

2014年御嶽山噴火



火山活動の活性化

東北地方太平洋沖地震以降、
日本列島下の応力状態が大きく変化



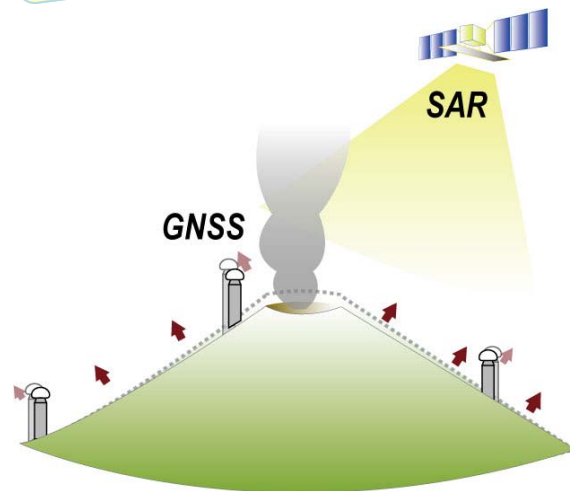
国内の火山噴火災害軽減へ向けた対策の必要性が迫られている

本研究の背景

正確な火山活動評価には，観測と解析の双方の発展が必須

観測

地表の動きを計測



地殻変動
データ

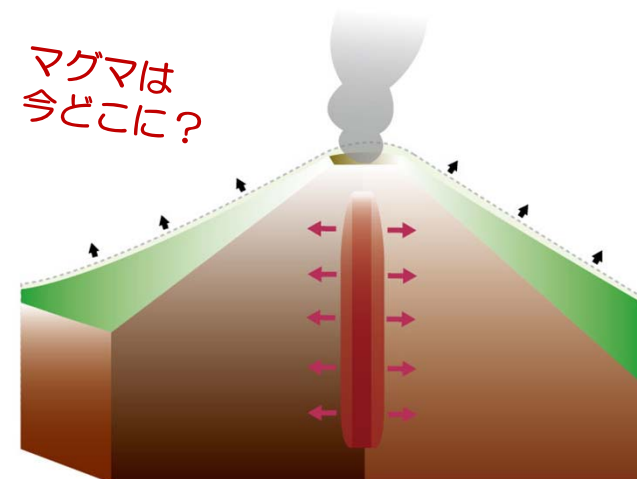
解析

地殻変動力源の推定



$$u_r = \frac{(1-v)\Delta V}{\pi} \frac{r}{R^3}$$

マグマは
今どこに？



評価

- 活動度の把握
- 噴火の危険度の評価



活動評価

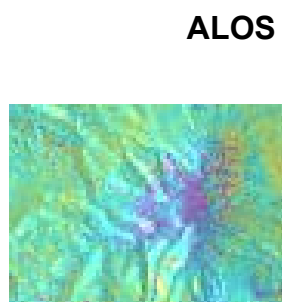
地下の
状態を
監視

↑ 本研究のターゲット

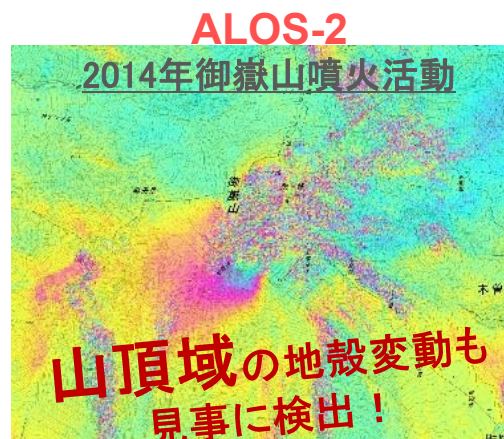
観測の高度化

■新しいSAR(合成開口レーダー)衛星

陸域観測技術衛星2号(ALOS-2) 2014年～



分解能
の向上

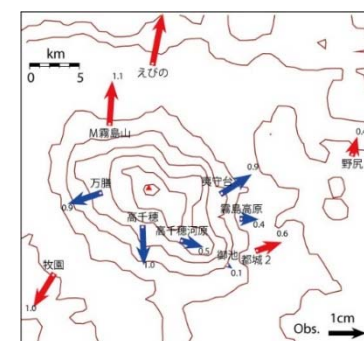


■山頂域の稠密GNSS観測

火山 GPS 統合解析
国土地理院 (GEONET)
+
他機関 (火山近傍GPS点)

特別研究
「GPS 統合解析技術の
高度化(H21-23年度)」

2010年霧島山噴火活動



■観測データの高度化に関する研究

- 正確な計測のためのSAR技術開発 (位相連続化)
- 計測精度の向上のためのSAR技術開発 (時系列解析)
- 細かい時間分解能のためのGNSS技術開発 (リアルタイムGNSS) 等々

特別研究

「正確・迅速な地盤変動把握のための合成開口レーダー干渉画像の高度利用に関する研究(H20-22年度)」

「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究(H26-30年度)」

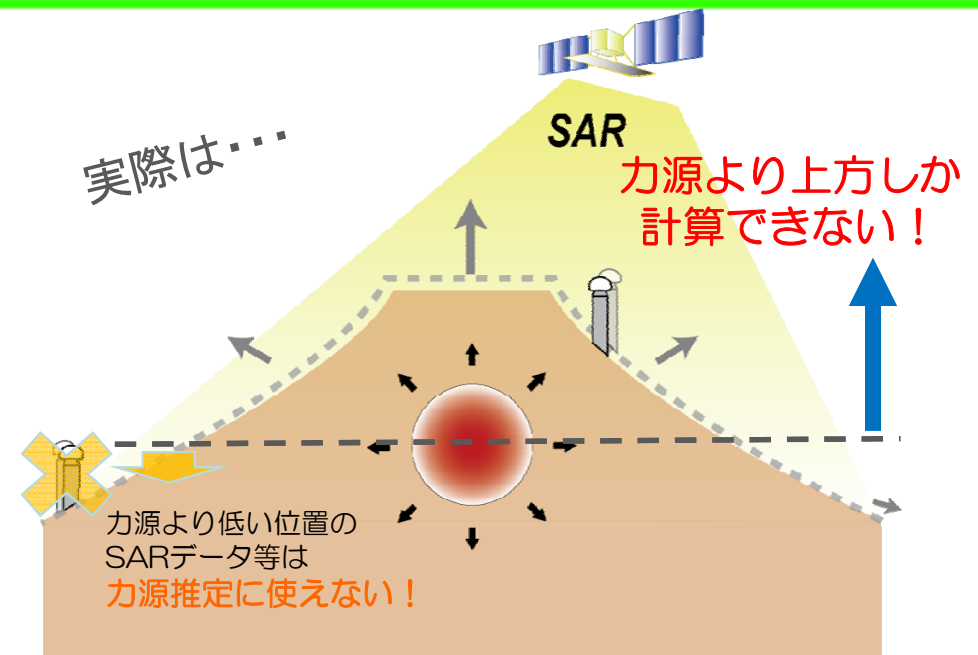
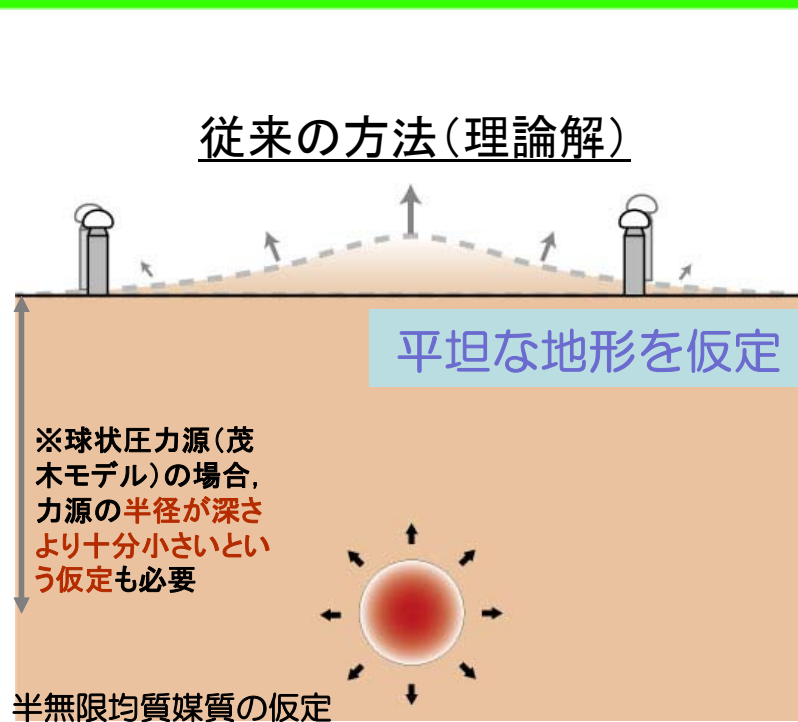
「GNSSによる地殻変動推定における時間分解能向上のための技術開発(H26-28年度)」

■観測体制強化

「御嶽山の噴火災害を踏まえた活火山の観測
体制の強化に関する報告」(H27年3月)

- 4-2. 観測データの品質向上のための技術開発の推進と新たな観測技術の導入
- 4-3. 調査研究の着実な推進

観測能力の向上を受けて、
マグマの位置等を推定する解析技術の発展も必要

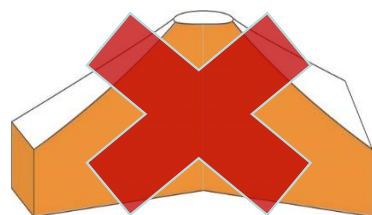


力源が浅くなるほど、地形の影響が大きい
(観測点から力源までの距離やソースサイズの有限性等)
→ 推定に誤差が含まれる.

■山頂域の地殻変動データが取得されるようになった現在、そのデータを十分に生かすには地形を考慮する必要.

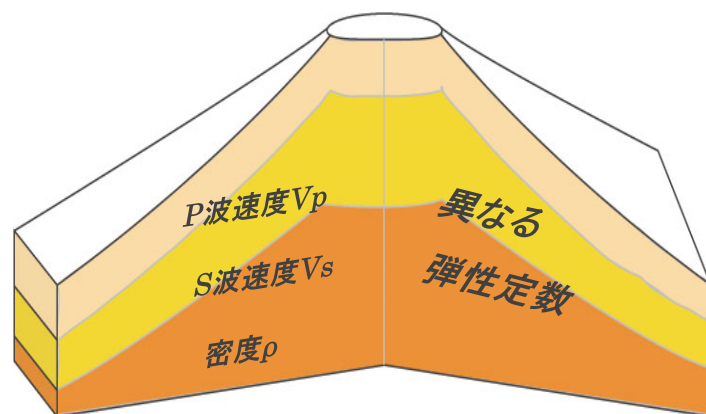
■従来の方法では、力源より低い位置の地表変位を計算不可能.

→ マグマがごく浅部に貫入するような場合に、マグマの位置等の定量的な把握が困難に.



均質媒質の仮定

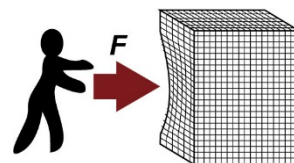
実際は・・・



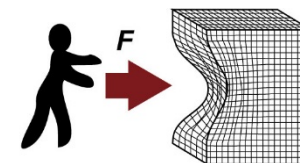
不均質な地下構造

たとえば・・・

硬い材質



軟らかい材質



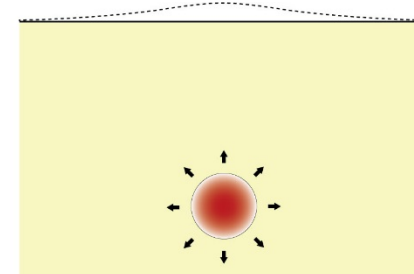
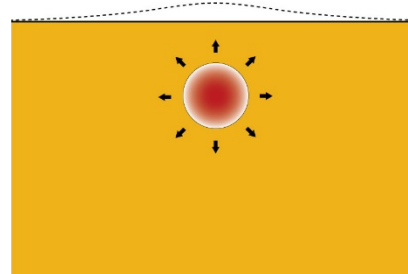
同じ力でも材質が異なれば変形量が違う

つまり、

地殻の性質が異なれば、同じ変形量を生む力源の場所とは異なる

※変位の空間的広がりも変わる

→ 地表の変形量から場所等を推定をする際、誤差を生む可能性



■ 火山体やその地下には不均質な地下構造が広がる。
高い精度・空間解像度で得られる地殻変動データを十分に生かすには、
均質媒質ではなく、不均質な地下構造を考慮する必要。

■代表的な解析手法の長所と短所

	解析解 (従来)	数値解	
		差分法	境界要素法
地形 (形状)	×	△ (※複雑な形状の解析に不向き)	○
地下構造 (媒質)	×	○	×
簡便さ・迅速さ	◎	×	×

問題点

複雑な地形・地下構造を全て組み込んで地殻変動を計算できない。



新たな地殻変動計算手法が必要

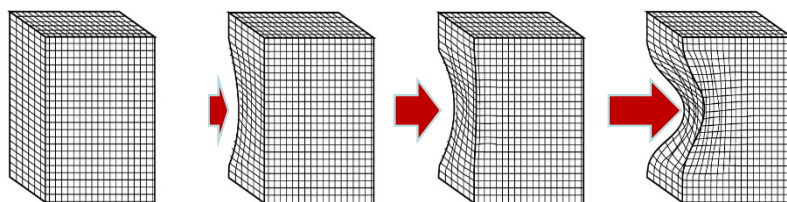
実地形 と 不均質な地下構造 の組み込み

- ・正しいマグマ位置と膨張/開口量の推定のために
- ・浅部のマグマ貫入イベントも定量的に評価するために

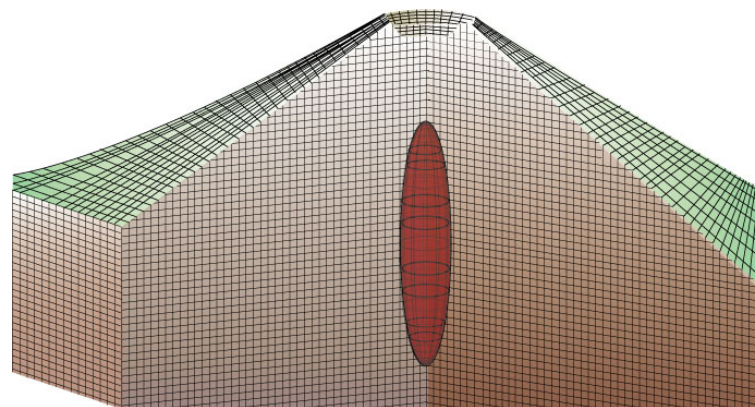
有限要素法の火山性地殻変動解析への適用

多数の要素に分割して火山を数値モデル化

複雑な形状を容易に表現可能 → 実地形の取り込み可能
材質(弾性定数etc)を自由に設定可能 → 不均質な地下構造の取り込み可能



連続体の変形の問題に威力を発揮



+α

力源(マグマ)の形状・大きさも自由に設定可能

複雑な地形・地下構造の情報を取り込んだ地殻変動計算が可能！！

実地形や不均質な地下構造を取り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

目標

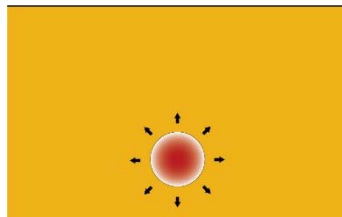
数値シミュレーションによる火山性地殻変動計算手法を高度化し、より正確にマグマ等の位置や挙動を推定可能とすることで、噴火の危険度評価に貢献することを目的とする。

(1) 効率的かつ高精度な火山性地殻変動の力源推定のための技術開発と解析システムの構築

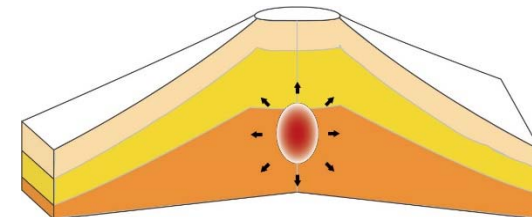
- 1-1) 有限要素法による地殻変動計算システムの開発
- 1-2) 効率的かつ高精度な力源推定手法の開発
- 1-3) 実データを利用した検証と手法の調整

(2) 開発した解析システムの火山性地殻変動研究への適用

- 2-1) 数値シミュレーションによる地形及び地下構造の影響の定量的評価
- 2-2) 過去の火山活動における地殻変動データを用いた力源の再推定と再評価



「平坦地形」
「均質媒質」
からの脱却



■有限要素法を用いた地殻変動計算・力源推定の技術的課題

非線形な問題となるため、力源の位置・サイズ等の多数の組み合わせパターンでそれぞれ地殻変動を計算し、そこから最適な解を探索する必要性。しかし・・・

○計算精度の確保には細かい要素分割が必要

→膨大な要素数となり計算時間が増大

○解探索には領域内の要素の再分割が必要

→手間のかかる非効率な作業

○効果的な非線形問題の解法が必要

→力源パラメータ推定手法は未だ発展途上

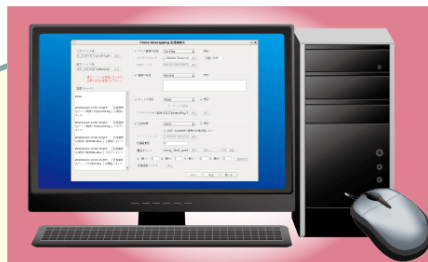
- 計算効率の向上
- 効果的な解探索手法の開発

が必要

高精度な力源推定を効率的に実施可能な解析手法の開発・改良を目指す

実地形や不均質な地下構造を組み込んだ 地殻変動計算及び力源推定を可能とする 火山性地殻変動解析システムの開発

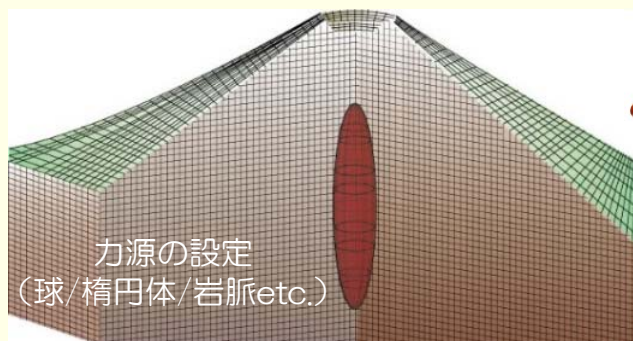
(H28-30年度)



- 地形・地下構造を組み込んだ地殻変動計算システムの開発
- 効率的な力源推定手法の開発
- GNSS, SAR, 傾斜データに対応した解析機能の実装
- 視認性や操作性に優れた簡便かつ効率的なシステムの開発
- 実データへの適用・検証（過去の解析結果の再評価）

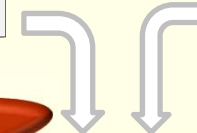
- 地形（DEMデータ）
- 地下構造
（速度、密度等）

有限要素法による
地殻変動計算



地殻変動データ
（計算）

地殻変動データ（観測）
SAR, GNSS 等



より高精度に

地殻変動の力源推定



マグマの位置等を正確に把握

【想定される成果】

- **実地形**及び最新の**地下構造**の知見を組み込んだ**火山性地殻変動**を計算する技術が開発され、より正確なマグマの位置や挙動の推定が可能となる。
- 複雑かつ計算コストのかかる有限要素法の処理を、**簡便**かつ**統合的**に実行可能とする**解析システム**の構築により、**効率的**に高精度な**地殻変動計算**及び**力源推定**が実施可能となる。
- 従来の手法では解析困難なごく浅部へのマグマ貫入の際も、地殻変動を計算可能となり、正確性を増した力源の位置推定等が可能となる。



【活用方針】

- 火山噴火予知連絡会等の各専門機関での火山活動の評価や気象庁による情報発信の際の検討等に活用。
- マグマ蓄積の状態(東北地方太平洋沖地震後の地殻活動等)の推定に活用。



噴火の発生危険度の評価に貢献

【波及効果】

- 火山監視のための観測網構築の際の、効果的な観測点配置の事前評価に利用。
- 噴火準備/発生過程のメカニズムの理解の進展に貢献。



より効果的な観測網の構築・整備へ
火山学の発展に貢献

以下，参考

■有限要素法

数値解析の手法の1つで、計算対象を微小な要素に分割してモデル化し、要素ごとの解析を行うことで全体の挙動の近似値を求める手法。計算対象が複雑な形状や物性を持っていても適用可能。構造体の解析をはじめとして、流体、電磁場にも応用でき、その利用分野は幅広い（飛行機の衝突シミュレーション（航空）、橋梁の疲労シミュレーション（建築）、インプラントの強度評価（医療）等）

■差分法

計算対象を規則的な格子に分割して計算する手法。数学的表現が比較的簡単。形状が複雑な場合や計算領域の形状が変形するような問題は計算困難。

■境界要素法

計算対象領域の境界を線要素に分割して計算する手法。一般的に数学的な取り扱いが難しい。形状が複雑でも対応しやすいが、均質な媒質を仮定した計算のみに対応。

■理論解 その1(茂木モデル)

地殻内の球状圧力源の(圧力)変化とそれに伴う地殻変動を定量的に関連付けたモデル。火山学では、地殻変動データから力源を推定するために広く利用されている。半無限均質弾性体における変形問題が対象である。また、力源の大きさが、深さに対して十分深いことが仮定されるなど、その適用範囲には制約がある。

■理論解 その2(開口モデル(岡田モデル))

地殻内の亀裂開口とそれに伴う地殻変動を定量的に関連付けたモデル。火山学では、地殻変動データから岩脈の開口量等を推定するために広く利用されている。半無限均質弾性体を仮定している。

地形・地下構造を組み込んだ火山性地殻変動の 力源推定に関する研究

資料 1 - 4

研究背景

噴火発生の危険度を知りたい！

2014年御嶽山噴火



東北地方太平洋沖地震後



地殻変動
データ

活動評価

地下の
状態を
監視

マグマは
今どこに？

地殻変動力源推定



$$u_r = \frac{(1-\nu)\Delta V}{\pi} \frac{r}{R^3}$$

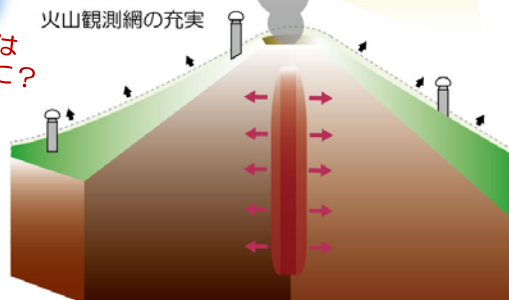
地殻変動
データ

GNSS

火山観測網の充実



SAR
分解能の向上



より正確な
活動評価へ

従来の地殻変動解析の課題

○ 実地形や地下構造の不均質性を
考慮していない

○ 力源（マグマ）が観測点より高
い場合、地殻変動計算が不可能

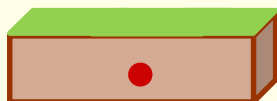
⇒ マグマの位置等の正確な推定・
定量的な解釈が困難

地形や地下構造の影響を考慮した
解析技術確立の必要性

研究内容

実地形や不均質な地下構造を組み込んだ地殻変動計算及び力源推定を可能とする
火山性地殻変動解析システムの開発 (H28-30年度)

・半無限均質媒質



■ 地形・地下構造を組み込んだ地殻変動計算システムの開発 (H28-30)

■ 効率的な力源推定手法の開発 (H29-30)

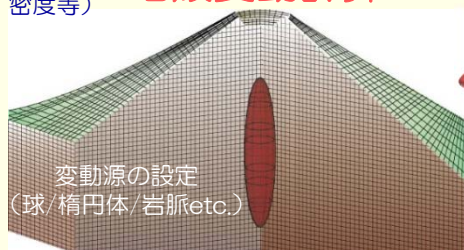
■ 実データへの適用・検証（過去の解析結果の再評価） (H30)

・地形（DEMデータ）

・地下構造

（地震波速度、密度等）

有限要素法による
地殻変動計算



変動源の設定
（球/楕円体/岩脈etc.）

地殻変動データ
（計算）

地殻変動データ（観測）

SAR, GNSS 等

より高精度に

地殻変動源推定

マグマの位置等を正確に把握

研究成果

地形・地下構造の影響を組み込
んだ火山性地殻変動の計算技術
が開発され、より正確な地殻変動
力源の推定が可能に



- ・ マグマ位置等の推定の高精度化に貢献
- ・ 噴火の危険度評価に貢献
- ・ 効果的な観測点配置の事前評価に利用可能