

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | 自然信号および人工制御信号を用いた草津白根火山の電磁探査研究 |
| Title(English) | Electromagnetic induction study of Kusatsu-Shirane volcano, Japan, using natural and controlled sources |
| 著者(和文) | TSENGKuo-Hsuan |
| Author(English) | Kuo-Hsuan Tseng |
| 出典(和文) | 学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11670号, 授与年月日:2020年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小川 康雄,神田 径,中島 淳一,上野 雄一郎,中本 泰史 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11670号, Conferred date:2020/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | TSENG Kuo-Hsuan | | |
|-------------|--------|-------|---------|-----------------|-------|----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 小川 康雄 | 教授 | 審査員 | 中本 泰史 | 教授 |
| | 審査員 | 神田 径 | 准教授 | | | |
| | | 中島 淳一 | 教授 | | | |
| | 上野 雄一郎 | 教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Electromagnetic induction study of Kusatsu-Shirane volcano, Japan, using natural and controlled sources”というタイトルであり、5章から成り立っている。

第1章“Introduction”では、電磁探査によって解明される比抵抗について、その火山熱水系の研究における重要性をレビューした。ついで、電磁探査手法に関してレビューし、自然信号および人工制御信号を用いた観測方法の長所と短所を示した。さらに電磁探査の技術的問題点である“データのノイズの問題”、“観測点周辺の局所的な構造の影響の問題”について言及した。本研究の目的は、自然信号および人工制御信号を用いた電磁探査によって、草津白根火山の3次元構造とその時間変動を捉えることである。

第2章“Geological Setting”では、草津白根火山でこれまでに行われてきた地質学的研究、地球化学的研究、地球物理学的研究についてレビューし、これまでの研究成果が火山熱水系の概念的なモデルの提起に留まり、3次元熱水貯留構造の解明およびその時間変動の検出が十分ではないことを指摘している。

第3章“Magnetotelluric Sounding Method”では、自然電磁場を用いる magnetotelluric (MT) 法について、その基礎的な理論を概観した。次いで2001-2005年に取得された草津白根火山山頂域のデータを、地形を考慮した3次元構造解析コードにて解析し、(1)標高1400-2000mでは、湯釜火口の東400mを中心とする釣鐘型の低比抵抗粘土キャップ構造が存在すること、(2)その直下に広がるガス溜まりと解釈された高比抵抗異常が解析され、過去の水蒸気噴火列の位置に相当すること、(3)標高1000m以深には湯釜火口から北西に向かう高塩濃度流体リザーバーがあることを解明した。高塩濃度流体リザーバー上面から粘土キャップ下面に至る鉛直状の地震発生域があり、リザーバーから放出された流体がその経路に沿って間隙圧を高め地震をトリガーしていると解釈した。また2014年の火山活動期に観測された等方膨張圧力源や、過去のいくつかの地磁気変動源を説明する磁気ダイポールソースが、粘土キャップの下面に位置することを見いだした。以上のように、深部リザーバーから出た流体が、釣鐘型粘土キャップに流体が吹き込まれることで一連の火山現象を説明することに成功している。

草津白根火山は2014年以降、火山活動が高まった状態になっている。そこで2017-2018年に取得したデータについて同様に3次元構造解析を進め、活動に伴う比抵抗構造変化について検討した。構造の時間変動はデータ自体の比較からも確認できた。構造解析結果を比較すると、火山活動の活発化によって、高塩濃度流体リザーバー上面のシールが破壊され、天水が流入することによってリザーバーの比抵抗は上昇し、さらにリザーバーから放出された流体がその上方の高比抵抗ガス溜まりの比抵抗を下げ、さらに浅部の釣鐘型粘土キャップを破断させたと推定している。

第4章“Electromagnetic Accurately Controlled Routinely Operated Signal System (EM-ACROSS)”では、接地電流ダイポールを用いた人工制御電磁探査法について定式化し、地表の局所浅部構造に依存しないテンソル電場応答関数を提案している。次いで、新たなテンソル電磁探査システムの開発について述べた。2系統の接地電流ダイポールを用い、それぞれ複数のラインスペクトルからなる信号を高精度に制御し、長期間にわたり同じ波形を繰り返し発信し、2系統の信号系列はわずかに周波数が異なるため、受信点での電場計測では混信せずに常時テンソルで応答を受信することができるシステムである。これを草津白根火山に設置した。0.01-5Hz帯域のラインスペクトルを含む100秒の繰り返し信号を、1月間にわたり送信することで、人工ノイズレベルの高い受信点でも、多段階のロバストスタッキング処理法によって、十分な精度で信号を取り出すことができた。

観測データの評価には、地形を含めた3次元不均質構造計算が必須であり、4面体を使った辺要素有限要素法計算コードによる順モデリングを行った。草津白根火山において2017-2018年に行われた実験のデータについて、テンソル電場応答関数を求め、それを、第3章で得られた2つの比抵抗モデル(2001-2005モデルと2017-2018モデル)から期待される応答と比較した。観測されたテンソル電場応答関数は、自然電磁場から求めた2017-2018モデルから期待される応答とは調和的であるが、2001-2005モデルからは有意に外れることがわかり、比抵抗構造の時間変動を検証することができた。

第5章“Conclusion”では、以上を取りまとめ、深部熱水リザーバーのシールが破れ、その流体が上昇することによって、熱水系が活発化し、浅部の釣鐘型粘土キャップブロック直下の温度・圧力上昇を起し、さらにキャップブロックが一部破断したとする一連の火山活動の説明を与えた。

以上の通り、本論文は草津白根火山における稠密な自然電磁場変動データを用いた3次元比抵抗構造解析とその時間変化を火山活動と

関連づけて議論し、また、EM-ACROSS 人工制御信号を用いたテンソル電磁探査システムを新たに開発し、今後の火山体の比抵抗構造モニター研究への基礎を築いた。よって博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。