

様式 7

平成24年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1. 共同利用種目 (該当種目にチェック)

- 特定共同研究(A) 特定共同研究(B) 特定共同研究(C) 一般共同研究
地震・火山噴火予知研究 研究集会 国際・学際共同研究 (D)
国際・学際研究集会 (E) 施設・実験装置・観測機器等の利用 データ・資料等の利用

2. 課題番号または共同利用コード 2012-D-02

3. プロジェクト名、研究課題、集会名、または利用施設・装置・機器・データ等の名称

和文: 散乱波解析による火山体の時間変化検出と変化領域決定の新手法に関する研究

英文: New method of detecting temporal changes of volcano edifices by analyzing scattered waves

4. 研究代表者所属・氏名 九州大学大学院理学研究院 金嶋 聰

(地震研究所担当教員名) 川勝 均

5. 利用者・参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	利用・参加内容または施設,装置,機器,データ	利用・参加期間	日数	旅費支給
金嶋 聰	九州大学大学院理学研究院・教授	データ解析手法の開発	9/6-9/22	17	有り
		観測機材準備と発送	11/1-11/2	1	有り
		観測点設置	11/19-11/23	5	有り
		観測点撤収	12/17-12/20	4	有り
山本 希	東北大学大学院理学研究科・助教	観測機材準備と発送	11/1-11/2	2	有り
		観測計画策定	11/5-11/12	8	有り
		観測点設置	11/19-11/24	6	有り
		観測点撤収	12/16-12/20	5	有り
大倉 敬宏	京都大学大学院理学研究科・准教授	観測点設置	11/19-11/24	6	無し
		観測点撤収	12/16-12/20	5	
Eric Larose	ISTerre, Univ. of Grenoble, CNRS Researcher	観測計画策定、データ解析	9/8-9/16	9	有り
George Helffrich	Univ. of Bristol, Professor	データ解析手法の開発	9/6-9/22	17	無し

6. 研究内容 (コンマ区切りで3つ以上のキーワードおよび400字程度の成果概要を記入)

キーワード：時間変化，地震波散乱，火山活動モニタリング，阿蘇山，火山性微動活動

火山体内部における構造時間変化の抽出・解明は，今後の火山・地震活動のモニタリングの高度化における重要なターゲットの一つであるが，本国際共同研究の共同申請者である Eric Larose 博士らフランスの研究グループによって近年提唱された LOCADIFF 法は，多重散乱レジームの地震波伝播の解析により時間的・空間的に変化のある領域を決定できる手法であり，火山活動のモニターに有効であるばかりか，火山活動変動プロセスの物理的理解にも強力な手段であり得ると考えられる。

そこで本研究では，日仏英の研究者の相互訪問・研究交流を行い，研究グループの国際化と交流を通して，火山モニターの斬新なアイデアを吸収し発展させた。また，より具体的な観測手法の策定に関しても議論も行き，これまでの我々の研究から火山性微動活動の急激かつ顕著な時間変化が時折起こる事が示されている阿蘇山火口周辺において手法の適用実験のための観測を実施した。この観測では，阿蘇山火口直下の流体運動によって発生すると考えられている 4Hz 以上の高周波微動の振動源変動を抽出することを念頭とし，その周波数帯域における地震波波長・散乱平均自由行程を基にした観測点配置の検討し，想定変動源から震源距離が約 1km 以内となる火口縁に全方位的に 9 点の臨時観測点を設置した。観測は，地震研究所・海半球センター管理下の広帯域地震観測機材を借用し，11 月 19 日から 12 月 20 日の約 1 か月間の臨時連続観測を行った。本観測記録は現在解析を進めているが，Eric Larose 博士をはじめ本国際共同研究の訪問交流によって新たに研究者とも手法の適用法・拡張性についてのメールを通じた議論なども続けられており，今後の継続的な研究交流により将来的な火山活動モニタリングの高度化に貢献していけるものと考えられる。

7. 研究実績報告（公表された成果のリスト^{*1}または 2000～3000 字の報告書）

(*1 論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無、ポイント数、電子ファイル添付のこと)

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の直後、阿蘇山周辺においても大きな地震動が生じ、2011 年初来比較的低調であった長周期微動の活動が、地震後から発生頻度・振幅ともに急増し高活動レベルをおよそ 10 日間維持した。短周期微動の活動はこの間大きな変化を示さなかったが、長周期微動の活動低下後に短周期微動の振幅が徐々に増え、5 月中旬の微噴火直前まで振幅が増大し続けた。この活動変化の間いずれの微動にも、卓越周期に顕著な変化は見られなかった。長周期微動の振幅・発生頻度の極大が表面波通過時といった本震直後ではなく、時間遅れをもって本震の数日後日に現れたことが、この活動変化の特徴的な点の一つである。これまで、遠地震による遠隔誘発現象の成因として流体中の気泡成長や *rectified diffusion* 等と、それに伴う間隙水圧の変化などが提唱されている。高温水蒸気の系では、気泡成長に加え気化の影響により大きな擾乱を生じ得る。従って、東北地方太平洋沖地震の長い継続時間の地震動によりマグマ中の気泡成長が促進され、長周期微動源として働く亀裂状火道中の火山ガス流量の増加が微動発生頻度の増加を引き起こした可能性がある。しかし一方で、微動振幅を支配する火道内圧力擾乱の大きさが流体流量とは直接的には結び付いているとは考えにくい。また卓越周期・スペクトルピークの振幅比といった長周期微動のスペクトル形状に変化はほぼ見られない事実を考え合わせて、ガス組成や微動励起位置には変化が無かった事が示唆された。これらの観測事実に基づいて、微動活動度の変化が火道内部の変化のみに依るものではなく火道周辺岩体中の間隙水圧に影響されたと考えて、流体亀裂振動のモデリングに飽和多孔質媒質におけるグリーン関数を適用することにより、亀裂振動に与える影響を検討した結果、飽和度の違いにより亀裂面におけるカップリング率が変化し、放射効率・励起強度の両面から微動振幅の増大を説明できる可能性が明らかにされた。また、約 10 日という活動変化の比較的長い継続時間も間隙水圧の拡散による緩和により説明可能である。

上記の我々の研究結果からも、阿蘇火口周辺では微動活動の急激かつ顕著な時間変化が時折起こる事が明らかである。そこで、それらの変化の物理過程解明のための手法の整備が本国際共同研究のタ

ターゲットである。本国際共同研究では、共同申請者である Eric Larose らフランスの研究グループによって近年提唱された、近年の波動論の進展を踏まえた LOCADIFF と呼ばれる従来とは異なる切り口から構造変化を抽出し波動源を特定する手法を、今後の火山・地震活動のモニタリングの高度化に向けてテストした。火山体内部における構造時間変化の抽出・解明は、今後の火山・地震活動のモニタリングの高度化における重要なターゲットの一つであるが、LOCADIFF 法は、多重散乱レジームの地震波伝播の回析により時間的・空間的に変化のある領域を決定できる手法であり、火山活動のモニターに有効であるばかりか、火山活動変動プロセスの物理的理解にも強力な手段と考えられる。

LOCADIFF は室内実験でその有効性が検証されており、多重散乱レジームの手法であることから、短波長不均質性に富む火山に特に適していると考えられる。時間的・空間的に変化のある領域を決定できる手法であり、本研究を発展させる事により実際の火山における観測によりその有効性を本研究で実証し、一般共同利用研究で行っている観測網構築及び物理モデル作成を補完する事ができる。本研究の実施を通して、火山活動モニターに新展開を図り、同時に研究グループの国際化と交流を通して、火山モニターの斬新なアイデアを吸収し発展させるという、主要なねらいの一つも達成されたと考える。

本研究では、日仏英の研究者の相互訪問・研究交流を行い、研究グループの国際化と交流を通して、火山モニターの斬新なアイデアを吸収し発展させることができた。また、より具体的な観測手法の策定に関しても突っ込んだ議論を行い、これまでの我々の研究から火山性微動活動の急激かつ顕著な時間変化が時折起こる事が示されている阿蘇山火口周辺において手法の適用実験のために観測を実施した。まず金嶋が9月上旬から中旬かけて渡英し、ブリストル大学の Helffrich と共同して地震波アレイ解析ソフトの準備を行い、それにより特に mini-max 走時を示す地震波の相をアレイ解析する手段を整備することができた。阿蘇火山におけるより具体的な観測解析計画の策定を行うため、9月中旬に Larose がフランスから仙台を来訪し山本と共同して LOCADIFF の具体的適用方法を検討した。

これらの準備を踏まえて、2012年11月から12月にかけて阿蘇山火口周辺で臨時観測を実施した。観測に当たっては、阿蘇山火口直下の流体運動によって発生すると考えられている卓越周波数4 Hz以上の高周波微動の振動源変動を抽出することを念頭とし、その周波数帯域における地震波波長・散乱平均自由行程を基にした観測源変動を抽出することを念頭とし、その周波数源から震源距離が約1 km以内となる火口縁に、全方位的に9点の臨時観測点を設置した。火口を至近距離で取り囲む広帯域地震計の観測網は例が無い。観測には、地震研究所・海半球センター管理下の広帯域地震観測機材を借用した。また実際の観測に際しては、一般共同利用の補助を受けて整備している定常的広帯域地震観測システムやバッテリー等の消耗品等も併せて用いた。実際の測定期間は11月19日から12月20日での約1か月間である。本観測記録の本格的解析は現在進められているが、Eric Larose 博士をはじめ本国際共同研究の訪問交流によって新たに研究社とも手法の適用法・拡張性についてのメールを通じた議論なども続けられており、今後の継続的な研究交流により将来的な火山活動モニタリングの高度化に貢献していけるものと考えられている。