

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

衛星赤外画像による噴火推移の観測と類型化に関する研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

イ. リモートセンシング技術

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

イ. 噴火の推移と多様性の把握

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

MODIS, MTSAT 等の高頻度型の衛星赤外画像を利用して, 東アジア地域に分布する火山の観測を行い, 噴火推移に関するデータを収集する. 得られたデータの比較分析や他衛星データ・地上観測データとの統合的解析を行い, 噴火推移の解析や類型化, その違いを生むプロセスの解明研究を実施する.

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21~22 年度は, 2007 年~2010 年にかけて MODIS, MTSAT によって収集された噴火データの整理と現地情報のコンパイルにあたる.

平成 23~24 年度は, MODIS と MTSAT との比較分析を実施し, 熱異常の時間変化と噴火発生の関係等を検討する. また, 高分解能画像等のデータを併せた検討を行い, 噴火推移の分析, 類型化を試みる.

平成 25 年度は, 国内噴火を対象に, 衛星と地上観測データの統合的な解析を行い, 噴火推移の解析や, その違いを生むプロセスの解明に取り組む.

(7) 計画期間中(平成 21 年度~25 年度)の成果の概要：

本課題は, 衛星赤外画像(MODIS, MTSAT)による火山観測システムの開発とそれを用いた東アジア活火山の観測・研究に取り組むものである. 本研究には 2 つの目的がある. 第一は「噴火推移の多様性の把握とその類型化に関する研究」を進めることである. すなわち, 衛星赤外画像を用いて, 東アジアの広い地域から効率的に噴火データを収集・データベース化, 熱異常や噴火イベント発生等に着目し, 噴火推移の比較分析や系統的な整理・類型化を進める. 火山の熱的状態は, 噴火活動の特徴や噴火状況を反映しており, その時間変化パターンという独自の視点に基づいた噴火推移分析が可能となる. 第二の目的は「アジアの火山防災に向けたリアルタイム活動情報の発信」である. 東アジアには多数の活火山が分布するが, 観測体制は必ずしも十分ではない. 火山の活動状況をリアルタイ

ムでインターネット上に公開することにより、地域の火山防災に大きく貢献できると考えられる。また、得られた観測結果を、防災情報としてより効果的に活用する方法の検討や開発を行う。ここに挙げた2つの目的の達成には、従来から運用している衛星観測・解析システムの高度化を図る必要がある。この高度化を、解析方法の改良、新衛星の導入、関連ルーチンの追加といった技術開発に基づいて進める。

1. 衛星観測・解析システムの高度化

(1) パラレルタイムラインチャートを用いた解析の考案と開発

衛星観測・解析システムの高度化を図るために、パラレルタイムラインチャートを用いた解析を考案した。従来は、単独のインデックスによって活動の観測が行なわれることが多かったが、同じ衛星データの場合も含めて、異なる性質をもつ複数のインデックスを設定しそれらを同一タイムライン上に配列し(パラレルタイムラインチャート)比較することにより、より詳細な噴火状況を推定することが可能となる。例えば、熱異常の時間変化と噴煙の発生状況を同じタイムライン上に並べ比較することにより、溶岩流の噴出が中心の静穏な噴出的噴火であるのか、規模の大きい噴煙を絶え間なく発生する爆発的噴火であるのかを区別することができる。パラレルタイムラインチャートに用いる熱異常のインデックスの吟味と処理システムの開発についても検討を行った。

(2) SGLIの赤外画像による火砕流識別アルゴリズムの開発

2016年にJAXAから新衛星GCOM-C1が打ち上げられる。この衛星のSGLI画像は、分解能250m、観測頻度1-2日毎、リアルタイム性能6時間と、高い分解能により噴火の細かい状況を捉えることができる。雲仙溶岩ドーム活動の一連のランドサットTM画像から、SGLIのシミュレーション画像を作成し、1.6 μ mと11 μ m赤外画像上の熱異常域の面積の比等に基づいて、火砕流の有無やその拡大状況を観測できることを示した。このアルゴリズムを観測システムに組込むことで、リアルタイムで火砕流発生状況の変化を監視することが可能になると期待される。

(3) SGLI赤外画像の溶岩流観測能力の検討

溶岩流の数値モデルを用いて、SGLIの観測能力の評価とその利用法についての検討を行った。ここでSGLIは打上前のため、溶岩流がどのように捉えられるか、実際の画像を用いて検証することはできない。そこで、溶岩流の数値モデルを使って計算機の中で溶岩流を再現し、流出に伴ってその被覆域と表面温度がどのように変化し、それがSGLI画像でどのように観測されるかを検証した。この結果、SGLIの250mの分解能があれば、溶岩流の噴出点や拡大状況を知ることが可能であることがわかった。また、溶岩流の噴出率を変えたシミュレーションの結果から、1.6 μ m画像上の高温域(> 900)の面積をインデックスにとることで、噴出率の変動をモニターすることが可能であることがわかった。

2. 防災システムの強化

(1) リアルタイム観測・リアルタイムシミュレーションの実現に向けた開発

従来のMODIS画像を用いた観測では、分解能が1kmと低いため、溶岩流の噴出状況を詳しく捉えることはできない。しかし、SGLIは分解能が250mと高く、リアルタイムで噴出地点、分布、拡大状況が可能となると見込まれる。Web上にシミュレーションツールを用意すれば、得られたSGLIの観測情報を基に、状況の変化に応じて即座に被災域の予測を行うことが可能となる。このようなリアルタイム観測・リアルタイムシミュレーションの実現に向け、Webベースのシミュレーションツール(火砕流、溶岩流)の開発を行った。

(2) 噴火予知に利用可能と思われる予兆的現象の収集と利用研究

これまでの衛星観測システムの運用等の中で、噴火予知に利用可能と思われる予兆的現象がいくつか見つかっている。例えば、「噴火に先行(2-3週間程度)して熱異常が発生するケース」、「熱異常の低下に伴って噴火が発生することが繰返されるケース」、「連発プリニー式噴火ステージに先行して小噴火が発生するケース」等である。将来、噴火推移データベースにデータの蓄積が進めば、このような予兆的現象に留意しつつ、観測している火山の噴火推移を、過去の噴火推移の特徴等と比較検討することにより、次の噴火の可能性を検知するが可能となるかもしれない。例えば、先の2番目に挙げた「熱異常の低下に伴って噴火が発生することが繰返されるケース」では、衛星によるリアルタイム

観測により、熱異常の低下が検出されれば、次の噴火の発生が近いことが予見される。

3. 噴火の事例研究

研究期間中に観測対象域内で発生した噴火について、他の情報等とも併せ詳しい噴火推移解析を行った。このような事例研究を積重ねることは、噴火推移の類型化研究を進める上で重要と考えられる。

(1) サリチェフ 2009 年噴火

サリチェフ火山は、千島諸島中部マツワ島に位置する標高 1497m、底経 6km × 16km の活火山で、千島弧の中でも最も活発な火山の 1 つである。2009 年 6 月 11 日 20 年ぶりに噴火が発生した。

・高分解能画像による 2009 年噴出物分布状況の判読

ALOS-PRISM 等の高分解能画像を用いて、2009 年噴出物の分布状況を解析した。今回の噴火により、島の北東側は火砕流堆積物に完全に埋め尽くされた。堆積物が泥流となり、谷に沿って海岸まで流れ下り、多数の扇状地をつくっているのが確認された。活動の最後のステージに主火口脇から 2 本の溶岩流が北東および北西側に流下した。

・MTSAT による活動推移の観測

MTSAT は時間単位の高頻度観測が可能であり、次々と発生した傘型噴煙を漏れなく捉えることができた。MTSAT 等の画像解析から、6 月 11 日（日本標準時）に最初の噴火が起き、12 日から 15 日かけて、直径数 10～100km に近い傘型領域をもつ巨大な噴煙が、日に 2 回程度のペースで発生したことがわかった。この間、14 日から 15 日にかけては、拡大しつつある噴煙の下から、新しい噴煙が発生し、例のない二重の傘型噴煙が形成されたことも観測された。この後、16 日 2 時 30 頃発生した噴火を最後に、噴煙が細長く連続的に放出されるようになり、20 日頃にはほぼ活動は終息した。6 月 13 日に発生した傘型噴煙の 1 つが、国際宇宙ステーションから撮影されたが、これは直径約 6km と一連の傘型噴煙の中でとりわけ小型のものであった。

・MODIS による熱異常の時系列観測

MODIS の夜間赤外画像の解析から、サリチェフ火山では熱異常のない静穏な状態が長く続いていたが、2009 年 6 月 11 日から噴火と共に突然高い熱異常を示すようになったことがわかった。2004 年の浅間火山の噴火で見られたような噴火に先行する熱異常（金子・他、2006）は、観測されなかった。熱異常は活動の終了と同期して徐々に低下し、数週間でバックグラウンドに近いレベルとなった。今回の活動は、短期間にきわめて高い熱異常を示すという特徴的な噴火であった。

(2) 浅間 2009 年噴火

浅間火山は 2009 年 2 月 2 日に噴火し、噴煙が火口縁から高さ 2000m まで上がった。この噴火の規模は、きわめて小さかったが、東京に降灰があり、世間の関心を集めた。

噴火によって発生した噴煙の移動状況を MTSAT 熱赤外チャンネルの差分画像を用いて解析した。この差分画像により、浅間で発生した噴煙が時間と共に南東方向に移動する様子を詳しく捉えることができた。これらをまとめて見ると、噴煙は、浅間-東京-勝浦を結ぶライン上を移動しており、同時に、移動方向に伸長し長くなっている。各時刻における噴煙の先端と末端の浅間からの距離をプロットすると、両者はそれぞれ直線上にのる。この関係から、先端は時速約 135km、末端は 51km の速度で移動したことがわかる。もし、箱根で同様の事態が発生したとすると、30 分足らずで羽田空港まで達することになる。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
安田敦・金子隆之・新堀賢志・藤井敏嗣（2013）：インターフェイスを改良した溶岩流シミュレーションシステムとその防災上の意義．火山．58，379-385．

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所・金子隆之

” 安田 敦

他機関との共同研究の有無：有

ロンドン大学キングスカレッジ，東京大学生産技術研究所

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所

電話：03-5841-5666

e-mail：

URL：<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/Jhome.html>

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：金子隆之

所属：東京大学地震研究所