

(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) 平成 22 年度成果の概要：

MODIS, MTSAT 用いたリアルタイム観測システムにより，東アジアに分布する活火山の観測と噴火データ収集を進めると共に，いくつかの噴火事例について噴火推移の解析を試みた．また，2014 年度の打ち上げが予定されている GCOM-C1 搭載の SGLI データの本リアルタイムシステムへの導入について検討を行った．

2010 年度は，本リアルタイム観測システムにより，以下の火山で噴火と推定される熱異常が検出された「カムチャツカ半島」 シヴェルチ，クリュチェフスコイ，ベズミアニ，カリムスキー，ゴレリー，「千島諸島」なし，「北海道・本州」なし，「九州」 霧島，桜島，諏訪瀬島，「マリアナ」なし，「フィリピン」 なし，「スマトラ」なし，「ジャワ」 クラカタウ，メラピ，

スメル、テンジャー - カルデラ、「インドネシア東部」 リンジャニ、カラングタン、「パプアニューギニア」 マナム、バガナ。例年同様、カムチャツカ半島とインドネシア - ジャワ島での噴火が多く見られた。この中で、比較的規模の大きかった霧島火山の噴火について簡単な解析を行った。

霧島火山 2011 年噴火の解析

2011 年 1 月 19 日に、新燃岳で突然噴火が始まり、同月 26 日～27 日にかけて準プリニー式の激しい噴火が発生した。この噴火により東側の地域に軽石を主体とする火山灰が厚く堆積した。また、27 日には火口内に小さな溶岩ドームが生じていることが見つかった。この後、この溶岩ドームは急速に拡大し、2 月 3 日頃には直径 600 m に達し、火口内を広く埋めるに至った。噴火様式も、この溶岩ドームの一部を吹き飛ばすようなブルカノ式噴火へと移行した。溶岩ドームは 2 月 3 日頃からほとんど変化が見られなくなった。この後も、時折ブルカノ式噴火を繰り返すような活動が続いている。

1) MTSAT 赤外画像による観測

MTSAT 赤外画像は 4km と分解能が低い、観測頻度が 30 分高く（本システムではハードの制限により 60 分）、噴煙の発生等、短時間で変化する火山現象の検出に適している。今回の噴火は高温のマグマ物質の大量噴出を伴うものであったため、熱異常は MTSAT でも検知可能なレベルのものとなった。

MTSAT 赤外画像により観測される「熱異常」と「噴煙」の発生状況に基づいて、活動の推移を 3 つのステージに分けることができる。

ステージ 1（高いレベルの熱異常と規模の大きい噴煙発生）：1 月 26 日～27 日にかけての期間は、新燃岳山頂部に高レベルの熱異常が継続的に見られた。これらの熱異常は火口周辺に厚く堆積した放出物によると推定される。噴火イベントについて見ると、26 日の 15 時から、噴煙の放出が始まり、26 日 16 時～18 時、26 日 23 時～27 日 4 時および 27 日 16 時～17 時の 3 回、規模の大きい噴煙の発生が認められる。本ステージは、準プリニー式噴火を伴う活発な活動を繰り返していた時期と一致する。

地表での観察では、26 日～27 日未明の間に生じた降下堆積物は上下 2 つにユニットに分けることができる。MTSAT 画像との比較により、これらはそれぞれ 26 日 16 時～18 時、26 日 23 時～27 日 4 時の 2 回の噴火イベントに対応していると考えらる。MTSAT 画像と地層観察結果を比較検討することにより、それぞれのユニットが、いつ、どのような噴火によって形成されたかを知ることができる。

ステージ 2（高いレベルの熱異常と規模の小さい噴煙発生）：1 月 30 日頃から 2 月 2 日頃にかけて、山頂部に比較的大きな熱異常が継続的に認められる。一方噴煙は、時折爆発的噴火によって海上まで達するものが見られるものの、ステージ 1 のような規模の大きい噴煙の発生は認められない。本期間は、27 日に出現した溶岩ドームが急速な拡大を行っていた時期に相当し、熱異常はこの溶岩ドームの成長に伴って発生していたものと推定される。

ステージ 3（低いレベルの熱異常と規模の小さい噴煙発生）：2 月 3 日以降から現在（2 月 18 日）に至る期間は、熱異常、噴煙発生とも低調になっている。熱異常は、ブルカノ式噴火の発生と同時に発生し、数時間で消えることが多い。継続的な熱異常が認められないのは、溶岩ドームの成長が停止し、表面に高温部が定常的に存在しなくなったためと推定される。

このように MTSAT のデータは熱異常と噴煙の発生状況を同時かつ高頻度で捉えることができるため、噴火推移の推定に有効であることが確認された。

2) MODIS 赤外画像による観測

MODIS は、観測頻度は 1～2 日毎と MTSAT に比べて低い、分解能が高く、中～長期的な熱異常の時間変化を精度よく捉えるのに適している。

最初に噴火画像が得られたのは 27 日である。これは激しい噴火の時期（ステージ 1）にあたる。天候が悪く、1 月 19 日の最初の噴火は、解析に利用できる画像は得られていない。27 日以降、2 月 2 日まで熱異常のレベルが非常に高い状態が続いた。これは、この時期に急速に成長していた溶岩ドームによると解釈される。2 月 3 日頃から熱異常のレベルが急低下した。この低下は、火口内の溶岩ドームの成長停止時期とほぼ一致している。

霧島では、噴火前に 1 年以上に渡って熱異常は全く認められておらず、噴火の前兆となる熱異常が

現れることなく、1月下旬に突如噴火が始まった。浅間 2004 年の噴火では、噴火前 2 週間頃から熱異常が現れ、徐々にレベルが上がり噴火に至った。このような違いは、新燃岳では、18 世紀以降大きな噴火がなく、火道が閉塞した状態にあったためかもしれない。

MODIS の熱異常の時間変化に基づいて、霧島と同じ安山岩質火山の噴火推移を見ると、異なる噴火の様式は、それぞれ異なる特徴的パターンを示すように見える。代表的なものとして、高ピーク型：

熱異常がバックグラウンドのレベルから急激に上昇し、高レベルが 1 週間前後続いた後、急低下、低いレベルが尾を引くように数ヶ月程度続くタイプ（サリチェフ 2009 年噴火／プリニー式噴火）、釣鐘型：熱異常のレベルが徐々に上がり、ピークをとった後、徐々に低下し全体として緩やかなピークを示すタイプ（メラピ 2006 年噴火／溶岩ドームの成長と崩壊）、スパイク型：熱異常がバックグラウンドのレベルから突如立ち上がり、数日～1 週間程度でバックグラウンドまで急低下するもの。熱異常のレベルは様々であるが、しばしば、このようなスパイク型の熱異常の発生が繰り返される（ベズミアニ 2010 年噴火／ブルカノ式）。霧島の今回の噴火活動がどのようなパターンをとるのかは、観測期間が短く、不明である。立ち上がりパターンで見ると、高ピーク型、あるいはスパイク型に似ている。噴火様式としては、スパイク型を示すブルカノ式に近い形態を示す。霧島の活動がスパイク型に似た推移パターンをとるとすると、再活発化の可能性も十分考えられる。

GCOM-C1 SGLI の導入に向けた準備

GCOM-C1（Global Change Observation Mission ? Climate, 地球環境変動観測ミッション - 気候変動観測衛星）は、JAXA が 2014 年度に打ち上げを予定している衛星である。本衛星には SGLI（Second generation GLocal Imager）と呼ばれるセンサーが搭載されている。SGLI は、MODIS に似た中分解のセンサーであるが、短波長赤外の $1.6 \mu\text{m}$ チャンネル、熱赤外の $11 \mu\text{m}$ と $12 \mu\text{m}$ チャンネルの分解能が 250m と MODIS の 1km に比べ格段に高くなっている。このような高い分解能により、これまで難しかった熱源の識別等の観測ができる可能性がある。また、受信・データ分配システムの高速化が図られることになっており、東アジア地域では画像撮影後、およそ 6 時間以内には利用者がデータにアクセスできる見込みとなっている。MODIS では、直接受信できない地域のデータはダウンロードまでに 3～4 日を要するため、噴火に先行する熱異常を検知したとしても、防災情報としては十分な活用ができないという大きな欠陥があった。SGLI をシステムに取り込むことにより、リアルタイム性の大幅な改善が図られ、防災システムとしての実用性も十分確保できると期待される。本年度は GCOM-C1 SGLI の導入に向け、熱源の識別、小規模熱源の観測手法について検討を進めた。

- (8) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
金子隆之・田 寛之・高崎健二・安田 敦・前野 深・小山悦郎・中田節也（2010）：MTSAT で捉えた浅間山 2009 年 2 月 2 日噴火に伴う噴煙、火山，55，119-128。

- (9) 平成 23 年度実施計画の概要：

- ・東アジアの活火山のリアルタイム観測を継続して行い、噴火データを収集する。
- ・MODIS の熱異常の時間変化パターンと噴火推移に関するデータベースの構築を進める。
- ・GCOM - C1 SGLI データの利用方法の高度化に向けて以下の検討を行う。

(1) 熱源の識別：現在の MODIS は分解能が 1km であるため、熱源域は多くの場合 1 画素より小さい場合が多い。SGLI は 250m と分解能が高いため、規模の大きい熱源であれば、複数の画素で捉えることができる。このため、熱源内の温度分布のパターンの違いに基づいて噴気域、マグマ湧き出し域等熱源を識別できる可能性がある。ASTER, Landsat TM 画像を使って 250m 分解能の画像を作成し、検討を進める。

(2) 小熱源の観測：火山の周辺には、火口域以外にも小規模な熱源（主に噴気域）が分布することがある。これまで、このような熱源は規模が小さいため観測が困難であったが、SGLI の 250m の分解能があれば、観測対象となり得る可能性がある。このためには、それぞれの火山にどのような小規模熱源が存在するかを知る必要がある。ASTER 等の赤外画像を使って各火山の調査を行う。

(10) 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

(11) 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>