

地球観測衛星から見たインドネシア, メラピ火山の2006年噴火

浦井 稔¹⁾

1. はじめに

インドネシアは、日本同様に活火山の多い国として知られている。その中で、ジャワ島中部に位置するメラピ火山は2006年に噴火し、2万人以上が避難し2名の犠牲者が出た。この噴火の様子は地球観測衛星からも観測された。また、筆者は2006年9月にメラピ火山を訪れる機会があった。以下に地球観測衛星から撮影されたメラピ火山の画像と現地の様子を紹介したい。

2. メラピ火山2006年噴火の経緯

メラピ火山はインドネシアのジャワ島中部に位置す

る標高2,968mの安山岩質成層火山である(第1図)。また、メラピ火山はインドネシアで最も活動的な火山の一つであり、1548年以降70回以上の噴火が記録されている。メラピ火山の南30kmには人口35万人のジョグジャカルタ市があり、メラピ火山の周辺にも多くの人々が定住しており、火山災害の危険が高い地域である。近年の噴火では地下からマグマが押し出され、これが溶岩ドームを形成し、溶岩ドームが崩壊して火砕流が頻発している。火砕流は谷沿いを流れて堆積し、さらに豪雨によって土石流となって人家や耕作地を襲う。1930年にはメラピ火山の噴火によって1,300人が死亡した。このような火砕流は「メラピ型火砕流」と呼ばれ、1991年には雲仙普賢岳でも発生し、43名が死亡した。

5S, 105E

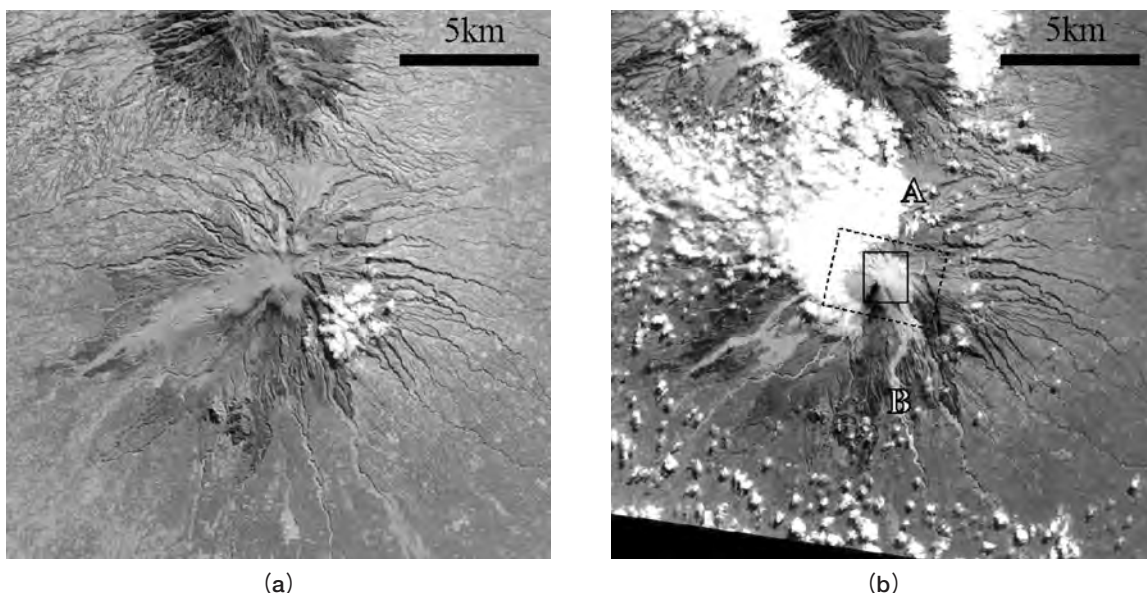


10S, 115E

第1図 インドネシア中央部の地図。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 地球観測衛星, メラピ火山, リモートセンシング, 温度異常, 火砕流, ASTER, Ikonos, PRISM



第2図 メラピ火山のASTER VNIR(可視近赤外)画像。

(a)は2003年6月30日に、(b)は2006年7月8日に撮影された。白く見えるのは雲、灰色は裸地。Aはメラピ火山への登山口(南緯7度30分57秒、東経110度27分9.5秒)、Bは火砕流の被害を受けたKaliadem(南緯7度34分58.6秒、東経110度26分56.4秒)。実線の四角はIkonos画像(第4図)の範囲、点線の四角はPRISM画像(第5図)の範囲。

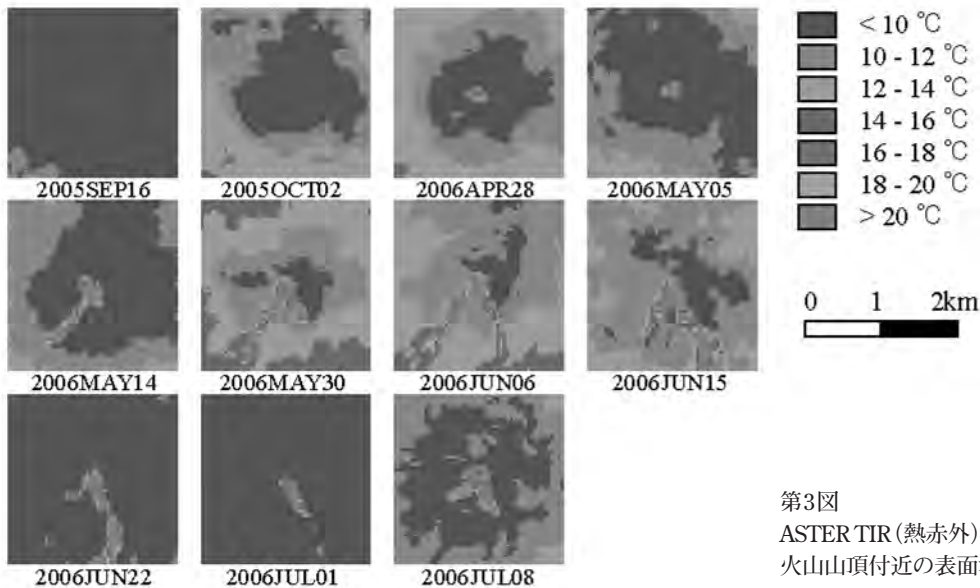
2002年以降比較的静穏であったメラピ火山は2006年3月の地震活動から火山活動を活性化した。山頂に溶岩ドームが成長し、4月には南西方向に、5月以降には南東方向に火砕流が発生した。6月14日には火砕流が山頂から約7km南のKaliademの集落を襲った。Kaliademの住民は避難していたが、住民の避難を手伝っていた2名が犠牲となった。

3. メラピ火山の地球観測衛星画像

1999年に日本政府が開発し米国宇宙局(NASA)と協力して打ち上げたASTERは地下資源の開発や地球環境を観測するための衛星搭載型センサーであるが、災害低減を目的として世界中の火山を定期的に観測している。メラピ火山は最も活動的な火山としてこれまでに100回以上観測されている。第2図aは2003年6月30日にASTERが撮影したメラピ火山の画像である。これは2006年の噴火前の画像であるが、山頂部は度重なる火山活動によって植物が生育していないため、灰色に見える。南西側の斜面も灰色に見えるが、これは火砕流と土石流の跡である。第2図bは2006年7月に撮影された画像であるが、第2図aと比

較して南斜面にも火砕流または土石流が発生したことがわかる。ASTERは地表温度を観測する機能もある。産業技術総合研究所は資源・環境観測解析センターと協力してASTERによるメラピ火山の緊急観測を2006年4月から8月まで実施した。第3図にASTERで観測したメラピ火山の山頂付近の表面温度の変化を示す。山頂部分の温度が上昇し、5月14日の観測では高温部分が山頂から南西方向拡大し、その後、南東または南方向に高温部分が拡大していった様子が見える。これらの高温部分の拡大は火砕流の発生に対応すると考えられる。産業技術総合研究所は5月18日にメラピ火山の山頂の表面温度が上昇し噴火の危険が迫っていることを新聞発表した。

第4図はNASAのホームページ(http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=20637)に掲載されたIkonosの画像の山頂部分である(第2図の実線の四角の範囲)。新しい溶岩ドームが黒く見え、その大きさは長径200m、短径150m程度であることがわかる。溶岩ドームにしわが付いていることや、噴煙が上がっていることもわかる。Ikonosの解像度(4m)はASTER(15m)に比較して高いため、詳細な情報を得ることができる。この画像は、大規模な溶岩ドームの崩壊(6



第3図
ASTER TIR(熱赤外)で観測したメラピ火山山頂付近の表面温度分布の変化。

月14日)以前の、2006年5月11日に撮影された。

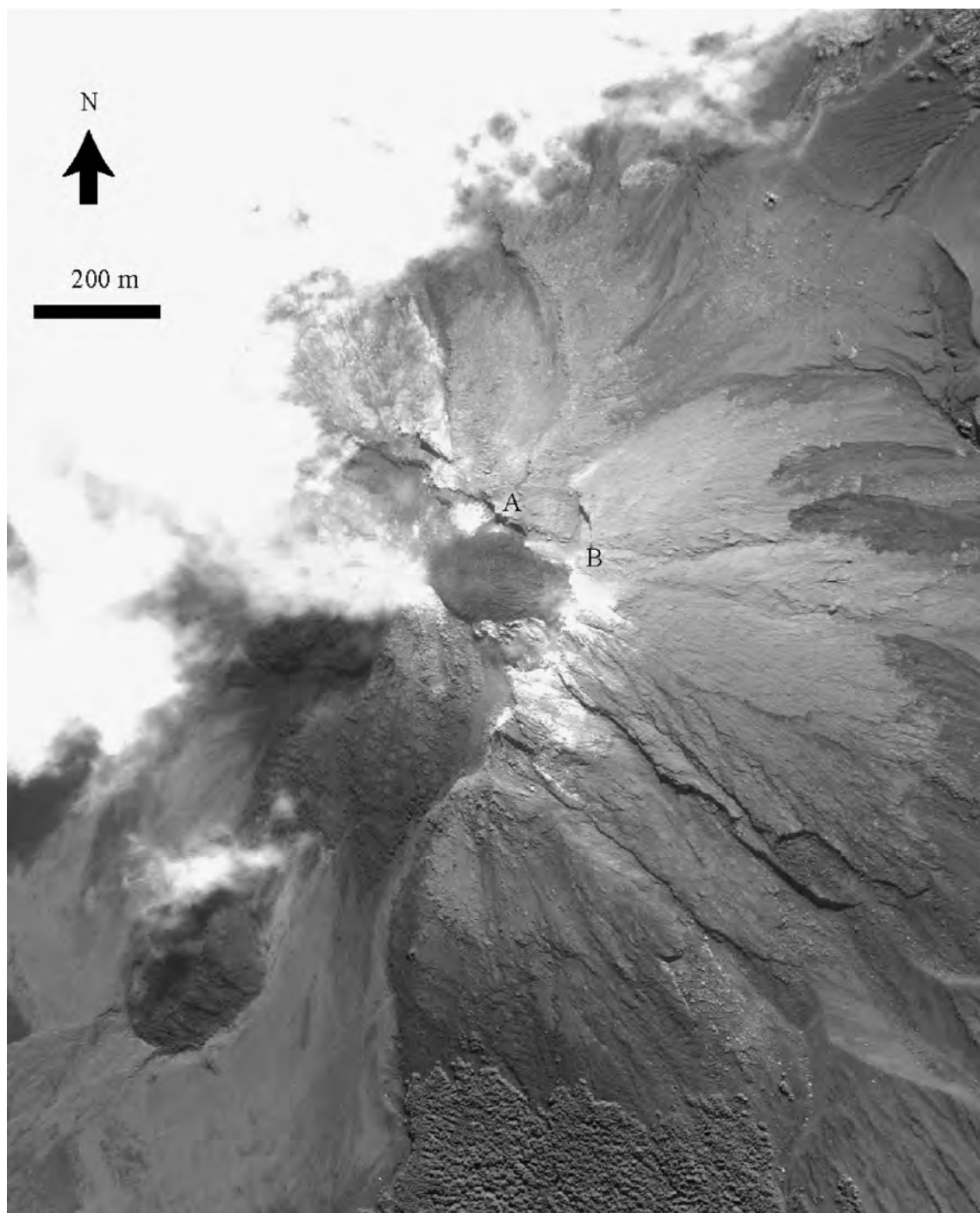
宇宙航空研究開発機構は2006年1月に陸域観測技術衛星「だいち」を打ち上げた。宇宙航空研究開発機構は「だいち」に搭載されたPRISMによって何回かメラピ火山を観測したが、雲が多く、良好な画像はなかなか取得できなかつた。第5図aはPRISMによって2006年9月12日に撮影されたメラピ火山の山頂部の画像である(第2図bの点線の四角の範囲)。PRISMの解像度(2.5m)はIkonosと同等であり詳細な情報を得ることができる。第4図のIkonos画像と比較すると、溶岩ドームが南東方向に大きく崩壊したことがわかる。PRISMは直下視のほか、前方視と後方視の画像も撮影できるので、これらを組み合わせると立体視することができる。メラピ火山は起伏が激しいので、前方視-後方視よりも前方視-直下視または直下視-後方視の方が立体視しやすかった。第5図bに前方視画像を示すので第5図aの直下視と組み合わせると立体視に挑戦していただきたい。立体視することによって崩壊した溶岩ドームが南東に傾斜していることや、溶岩ドームの北側にいくつもの崖が存在することが容易に認識できる。

4. メラピ火山巡検

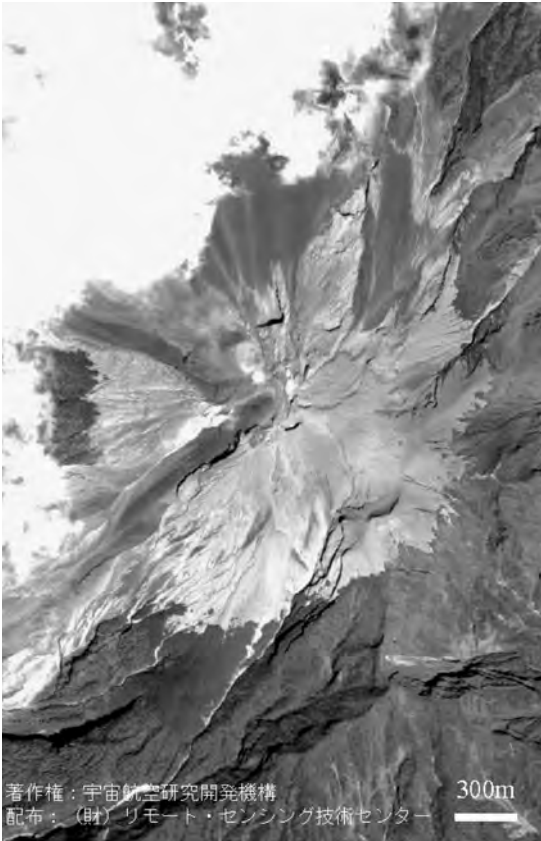
2006年9月6-8日にメラピ火山に関する国際ワーク

ショップ「The International Merapi Workshop 2006」がインドネシアのジョグジャカルタで開催された。筆者はこれに参加するとともに、これに先立つ9月5日にメラピ火山の巡検(見学会)に参加した。昼間は暑いので夜中に登山するとのことで、午前0時にジョグジャカルタ市内のホテルに集合して、マイクロバスで登山口であるメラピ火山の北側のSelo(第2図bのA地点)へ向かった。巡検には米国、フランス、ロシア、アイルランド、日本から1人ずつ、合計5人が参加したが、その内3人が女性だった。われわれを案内してくれたのはメラピ火山技術研究所のSubandriyo氏であった。この時は2006年メラピ火山噴火もほぼ終息し、メラピ火山の頂上付近まで登山できるようになっていた。Seloから頂上まで約3km、標高差は約1,200m、3-5時間で行けるとのことだった。

登山口であるSelo(第2図bのA地点)に午前2時頃に到着し、懐中電灯を手に歩き始めた。月明かりが明るく歩きやすい道を快調に高度を稼いでいくと、地平線の下にはSeloの町の明かりが見える。その上には満天の星空が広がる。夜の登山は懐中電灯で照らされる範囲に限られるため、道を間違える可能性が高い。筆者も登りで道を間違えた。午前5時頃になると空が明るくなり始め、懐中電灯なしでも歩けるようになる。明るくなるに従ってメラピ火山の噴煙が朝日に照らされて見えるようになってきた。5時40分頃



第4図 2006年5月11日に撮影されたIkonos画像 (http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=20679) の山頂部分.
(c) GeoEye



(a)



(b)

第5図 2006年9月12日に撮影されたメラピ火山のPRISM画像。

(a)は直下視画像，(b)は前方視画像。立体視を可能とするため、画像の右方向を北方向とした。



写真1 北側から見た2006年溶岩ドーム。

撮影地点は南緯7度32分25.3秒，東経110度26分47.5秒，2006年9月5日撮影。



写真2 2006年溶岩ドームの東端(右側)と1905年の溶岩ドーム(左側).
撮影地点は南緯7度32分28.14秒, 東経110度26分50.57秒.
2006年溶岩ドームの先端には巨石が転がる. 2006年9月5日撮影.



写真3 火砕流の被害を受けたKaliademの様子.
撮影地点は南緯7度34分58.6秒, 東経110度26分56.4秒. 破壊された建物の向こうに
噴煙を上げるメラピ火山が見える. 2006年9月7日撮影.

に太陽が昇るのを待って、最後の急傾斜を上った。午前6時30分頃に2006年の噴火によってできた溶岩ドームを間近に見ることができる地点(第4図のA)に達した。メラピ火山の頂上は2006年溶岩ドームの最高地点であるが、安全を考えて2006年溶岩ドームに立ち入ることは避けた。ここまで、涼しく眠気を感じることなく快調であった。

写真1は2006年溶岩ドームを北側から見た写真である。溶岩ドームは大規模な崩壊が起きた6月14日の直前に最も大きくなり、写真より20m以上高かったとのことであった。写真2は図4のB地点から2006年溶岩ドームの東端を見たものである。2006年溶岩ドームの東端から巨石が転がっている様子がわかる。2006年溶岩ドーム側からこちら側に風が吹いていたため、火山ガスのため目がしめたり咳き込んだりすることが多かった。

その後、写真を撮ったりしながらゆっくり下山した。今回の巡見の装備は帽子、長袖シャツ、ウインドブレーカー、タオル、懐中電灯、手袋、登山用ストック、水2.5リットル、軽登山靴、GPS受信機、タオル、朝食、チョコレート、カメラであった。

5. 火砕流に襲われたKaliadem

6月14日に大規模な溶岩ドームの崩壊が起こり、これが火砕流となってメラピ火山の南側約5kmに位置するKaliademの集落(第2図bのB地点)を襲った。ここ数十年、南側に火砕流が流下することがなかったため、メラピ火山南麓に多くの人々が定住している。その当時Kaliademには避難命令が出されていた

ため、犠牲者は住民の避難を手伝っていた2名にとどまったが、多くの家屋と耕作地が被害を受けた。写真3に筆者が9月7日に現地を訪れた際に撮影したKaliademの被害の様子を示す。このような地域は繰り返し被害を受ける可能性が高いことから、地元の火山防災担当者は住民をより安全な場所に移住させたいと考えているが、経済的な問題で進んでいないと話していた。

6. まとめ

筆者はASTERで得られた表面温度分布でメラピ火山の火山活動が刻々と拡大して行く様子を見て、地球観測衛星による火山観測の有効性を改めて実感した。また、筆者がメラピ火山に登ったのは9月はじめであったが、その時は、IkonosやPRISMの画像を見ていなかったため、2006年の溶岩ドームの近くに行ってもその全容を把握することは難しかった。しかし、帰国して、IkonosやPRISM画像から溶岩ドームの状況を判読できることに驚いた。メラピ火山は雲がかかりやすく、観測しにくい火山ではあるが、複数の異なる衛星を組み合わせることによって温度異常や地形の変化等を詳しく解析することができる。地球観測衛星による火山観測は、特に地上観測が難しい開発途上国等の火山観測にはきわめて有効であり、今後とも実用化に向けて研究を継続する必要がある。

URAI Minoru (2007) : The 2006 Merapi volcano eruption observed by earth observing satellites.

<受付：2007年1月15日>