

## 近赤外衛星画像立体表示による九州の第四紀火山地形

坂本昌弥<sup>1</sup>・木下紀正<sup>2</sup>・森脇 広<sup>3</sup>

Quaternary volcanic topographies in Kyushu observed by near-infrared satellite 3D images

Masaya SAKAMOTO<sup>1</sup>, Kisei KINOSHITA<sup>2</sup> and Hiroshi MORIWAKI<sup>3</sup>

キーワード：ランドサット，リモートセンシング，カルデラ，数値標高データ

### はじめに

日本には第四紀火山が数多く存在する。中でも九州地域には、多様で活発な噴火活動をしている火山が多く存在している。最近1万年の活動で定義される活火山の他にも、約250万年間の第四紀における活動による火山地形が各地に見られる（西来ほか，2012）。これらに関する研究は、火山に関する諸学問領域以外にも、現在、行政による地域防災や治山土木、農業、観光、資源開発等の分野からも大きく注目されている。

これまで火山学・火山地形学研究、および火山史研究は、フィールドワークに基づいた研究方法を基本として、地形図や航空写真、さまざまな古文書や文献等を用いて精力的に行われてきた。しかし近年、人工衛星を活用したリモートセンシング工学や宇宙情報工学が急速に発達し、そこに新たな可能性が開けてきた（例えば、浦井，2007）。インターネットの急速な普及に伴って、ユーザーは手軽に人工衛星画像を入手することができるようになり、それらを活用してさまざまな火山地形が理解できるようになってきた（Sakamoto and Kinoshita, 2010）。

人工衛星画像データは、非常に高価である場合が多いが、適当なウェブサイトを利用すれば、誰でも無料で高画質の人工衛星画像を得る道が開けている。そして人工衛星画像の中でも近赤外画像（Near Infrared ray images, 以下 NIR 画像）は、可視画像と比較すると、火山地形や断層地形などの理解に適しており（Kinoshita et al., 1997）、更にそれに数値標高データ（digital elevation model data, 以下 DEM data）と結合した3D画像を用いることによって、火山地形、断層地形、河岸段丘、海岸段丘等を検討する場合において、効果的に活用できることがわかっている（例えば Sakamoto et al., 2007）。

しかしこれまでの研究の中で、九州の第四紀火山

に関して、NIR 画像および NIR 3D 画像を用いた研究報告は限られている（坂本・木下，2010）。それゆえ本報告では、人工衛星画像、特に NIR 画像および NIR 3D 画像を活用して、可視画像との比較も行い、南北九州の代表的な第四紀火山地形を検討し、そこから火山地形研究の可能性について言及したい。また現在、充実しつつある教育現場の情報環境をより有効に活かし、児童・生徒の科学に関するリテラシーを向上させていくためには、今後効果的な地学教材を充実させていく必要がある。こうした観点からも本研究では、教育利用への可能性も追求する。

### 1 人工衛星画像の立体表示

#### (1) 地形立体表示のサイト

地形を調べる際、地形図や陰影図、航空写真、DEM データを基に作成されたカシミール 3D（杉本，2002）、衛星画像で立体表示を行う Google Earth（サイトアドレス：<http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>）などを利用することが多い。それぞれに優れた特長がある。カシミール 3D は DEM データによる地形立体表示が基本であり、衛星画像が準備されていない場合は特別の努力が必要である。Google Earth では、衛星画像や航空写真による広域から狭域の様々なスケールの可視画像の立体表示ができる。しかし、場所とスケールによっては、用意された画像が雲に覆われていたり、継ぎ目が目立つことがある。そうした中で、鹿児島大学 SiPSE グループが開発したソフトウェアである教育用衛星画像表示システム SiPSE（Satellite image Presentation System for Education）（戸越ほか，2000；木下ほか，2005）は、宇宙開発事業団（現宇宙航空研究開発機構）が受信した LANDSAT-5 の画像を、波長域ごとに処理する能力を持っている。

<sup>1</sup> 鹿児島県立博物館：〒 892-0853 鹿児島市城山町 1-1 TEL 099-223-6050

<sup>2</sup> 鹿児島大学教育学部附属教育実践総合センター

<sup>3</sup> 鹿児島大学法文学部

## (2) NIR 画像の特徴

SiPSE で用いている TM センサ 4 バンドの NIR 画像は、水面が NIR を吸収するために、水域と陸域の境界を明確に見分けることができる特長がある。また、植物のない裸地や都市域、海洋なども NIR の反射が少ないために黒く見え、その性質から植生の活力度などもはっきり理解することができる。更に地形の理解にも適しており、NIR 画像を活用すると、太陽光の陰影によって断層や段丘などの地形的特徴が明確になる利点がある。温度に感応する熱赤外線（遠赤外線 TIR）は、火山活動の観測には有効であるが、現在の SiPSE では扱わない。短波長赤外線 (SWIR) や TIR による鉱物の識別も重要な課題であるが、植生に覆われたり、多雨で風化の著しい日本の火山ではその適用が限られるため、SiPSE では扱われていない。

## (3) SiPSE による画像処理方法

鹿児島大学 SiPSE グループが開発した、デジタルコンテンツである SiPSE は、2000 年に一般公開された。これは、インターネットで簡単な登録をすれば誰でもパソコン上に SiPSE のフリーソフトをダウンロードすることができ、これを活用すれば、日本のほぼ全域から必要な人工衛星画像を入手することが可能である。

Landsat が搭載している光学センサは、さまざまな機能を持っているが、SiPSE は、Landsat 4～7 号搭載の TM センサ (Thematic Mapper Sensor) の 7 つのバンドのうち、可視光から近赤外線領域の 1～4 のバンドによって撮影された画像データを変換処理している (富岡・木下, 1997)。また、SiPSE によって作成することができる立体視 (以下 3D) 画像に必要な標高データは、国土地理院発行の数値地図 50m メッシュを用いており、これを衛星画像データ (28.5m メッシュ) と組み合わせて表示している (戸越ほか, 2000)。このような画像データと標高データを一体化した広域の SiPSE データは、サーバに用意されており、ユーザーはホームページ (<http://www.sipse.ddo.jp/sipse/>) から必要な範囲を切り出しダウンロードして使用することができる。そこで得られる画像の標準サイズは、512 ピクセル (1 辺約 15km) と 1024 ピクセル (1 辺約 30km) の画像であり、用途に応じて使い分けることができる。さらに、広域を 6 倍までの間引きによって扱うことができる。切り出した SiPSE データは、ホームページからダウンロードできるソフトウェアである SiPSE ビューアによって処理され、平面画像のままバンドの組み合わせを変えることや、書き込みなどの操作が可能

である。また 3D 表示において、利用者が求める視点の移動や動画としての取り扱いも可能である。3D 表示では、標高差と水平距離の比率である縦比を 2 倍まで変化させ、高さを強調することもでき、表示倍率の異なる 3D 画像を簡単に作成することができる操作性を有する。SiPSE で作成した NIR 画像は Joint Photographic Experts Group (JPEG) 形式であり、さまざまな加工がしやすく、画像上にラインを入れる作業は容易にできる特長を有する。

## 2 九州の代表的な火山地形の検討

### (1) 北部九州の第四紀火山地形 - 可視画像との比較

九州の北部に活火山は少ないが、大規模な第四紀火山地形が多く見られる。ここでは代表的な例として国東半島の両子山火山群と九州北西部の多良岳火山群を検討する。

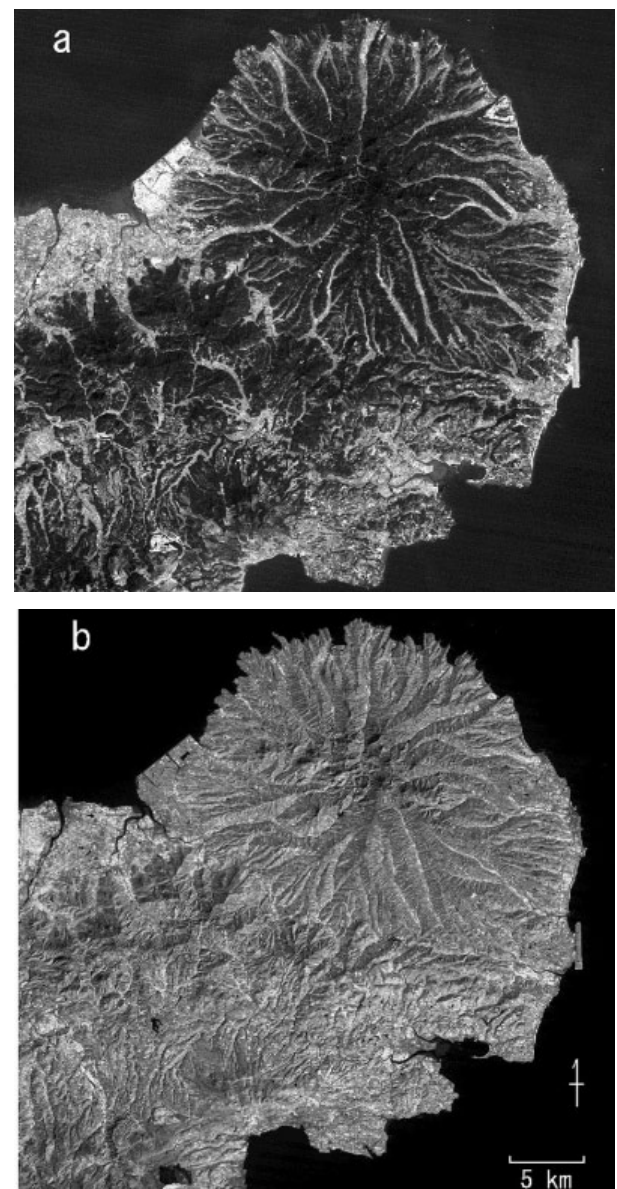


図1 国東半島の両子火山群 (a) 可視画像, (b) NIR 画像

### ① 両子山火山群

図 1 に、国東半島両子山火山群の可視画像（図 1a）と NIR 画像（図 1b）を示す。国東半島は、別府湾の北側に位置する半径約 30km の円形状をした半島である。溶岩ドーム群と火砕流台地、および火山麓扇状地からなる（松本・成重,1985;鎌田ほか,1988;伊藤ほか,1997）。

国東半島を可視画像（図 1a）で俯瞰すると、両子山火山（標高 720.5m）を中心に両子山火山群が広がり、その周辺には発達したガリーが、両子山を中心として放射状に伸びていることが識別できる。NIR 画像（図 1b）では、植物が与える画像への影響が、可視画像と比較して小さいために、より鮮明に放射状に広がるガリーが俯瞰でき、また溶岩ドームや火山麓扇状地も鮮明に認識することができる。この両子山火山の活動時期は、前期更新世の 1.2-1.5Ma 前（鎌田ほか,1988;伊藤ほか,1997）であることから、第四紀火山の中では、比較的形成年代が新しくない。それゆえ他の第四紀火山と比較して、開析した地形が明確に確認できる。こうした画像は、教育的な利用も可能であり、学校教育への利用研究も始まっている（坂本, 2007;坂本・木下, 2010）。また防災や防災教育への活用も可能であり、火山防災等への活用研究が始まっている（坂本, 2006;坂本ほか, 2006）。

### ② 多良岳火山群

図 2 に示す多良岳火山群は、九州の北西部、大村湾と有明海の間に存在し、小形（1989）、小形・高岡（1991）によって、約 0.4Ma-1.0Ma 前に活動していた成層火山であることがわかっている。山麓には溶岩ドームやスコリア丘などの側火山も多くみられる。多良岳（標高 983m）、経ヶ岳（1075m）、五家原岳（1057m）を中心に、多良岳火山群を NIR 画像（図 2b）で俯瞰すると、国東半島の両子火山群同様、著しく下方への開析が進み、放射状にガリーが発達していることが日射の陰影でわかる。しかし両子山火山群と比較すると、形成年代が若いために、開析が進行しておらず、ガリーの谷底が狭い。それゆえ図 2a の可視画像で俯瞰すると、ガリーの認識が限定される。NIR 画像では、植生に影響されることが小さく、ガリーが鮮明に認識できる。これにより NIR 画像が地形観察に適していることが理解できる。

## (2) NIR 画像で俯瞰する活火山の地形

### ① 鶴見・由布火山群と九重火山群

阿蘇山の北東 25km に位置する九重火山群を中心に、両子山火山群、鶴見岳火山、由布岳火山、阿蘇カルデラ及びその中央火口丘を NIR 画像で俯瞰したもの

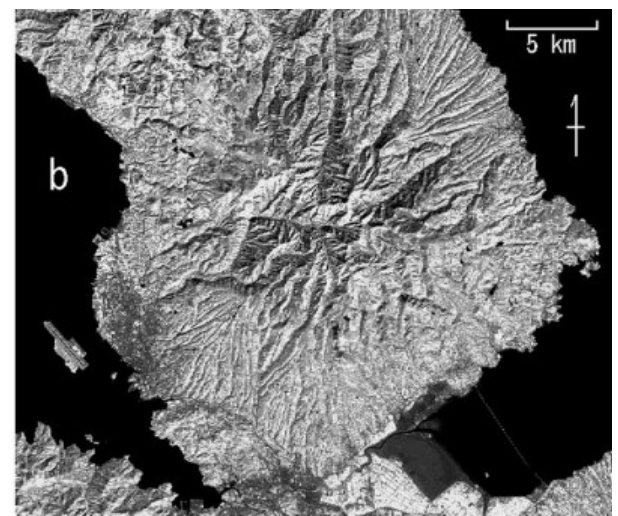


図 2 多良岳火山群 (a)可視画像, (b)NIR 画像

が、図 3 である。ここでも両子山火山群や多良岳火山群同様に、画像に対する植生の影響が小さいために、火山地形を鮮明に俯瞰することができる。図 3 では、別府湾北方の両子山火山群から南西方向に向けて、鶴見・由布火山群、九重火山群、および阿蘇カルデラが一系列に並んでいることが認識できる。由布岳・鶴見岳、九重火山、阿蘇火山、そして雲仙岳と続く別府-島原地溝帯（松本, 1979）は、九州北部を島原半島に向け、幅 30km 程度の地溝状の陥没地帯であり、低重力地域として特徴づけられるが、NIR 画像を用いてそれを表すことができる。九重火山群は、豊肥火山群の中で新しい火山群であり、E-W 方向に 15km に分布する 20 以上の火山の集合体として、猪牟田カルデラの中に存在する（鎌田ほか, 1988）。図 4 の NIR 画像で九重火山群を俯瞰すると、久住山の南方の高原に火砕流がつくった平坦面の上に重なる火砕流堆積物や泥流の堆積物が認

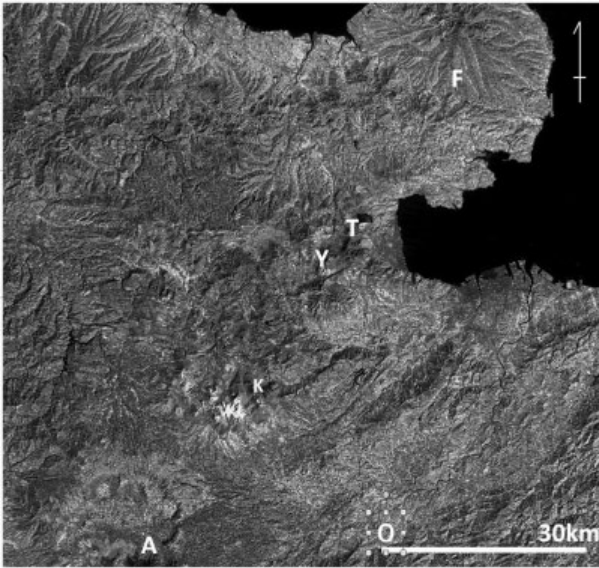


図3 両子山火山群，九重火山群，及び阿蘇カルデラの NIR 画像 F：両子山火山群，T：鶴見岳火山，Y：由布岳火山，K：九重火山群，A：阿蘇カルデラおよび中央火口丘

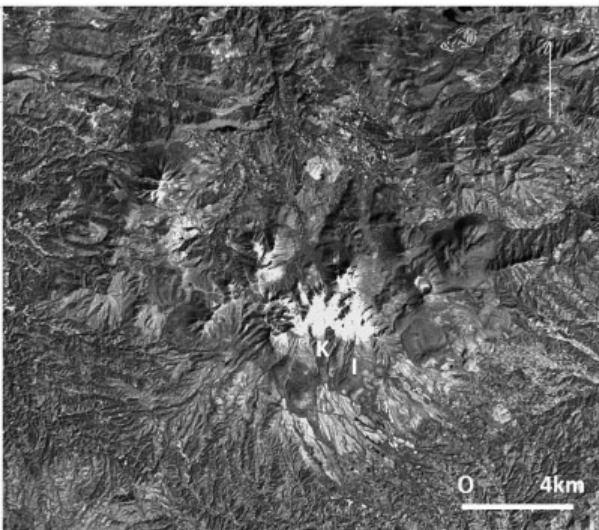


図4 九重火山群の NIR 画像 K：久住山，I：稲星山

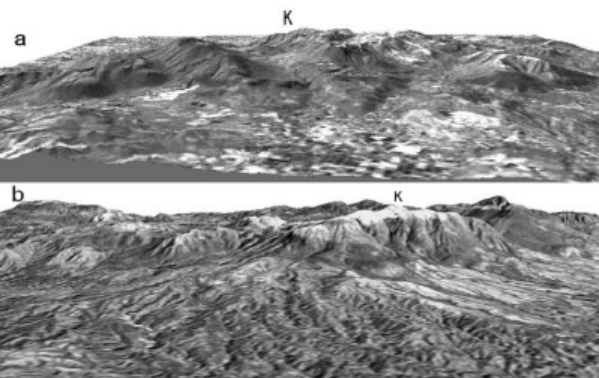


図5 九重火山群の NIR 3D 画像 (a) 北から南を俯瞰，(b) 南から北を俯瞰. K：久住山

識できる。

この久住山南方の飯田高原を，南から北に向けて俯瞰した NIR 3D 画像が図5である。これによって火砕流で形成された台地と，形成後下方への開析する様子が明瞭に認識できる。九重火山群の活動はおよそ0.14-0.15Maに活動を始めた(小野ほか，1977)ことから，第四紀火山中では比較的形成年代が若く，下方への開析が少ないことが認識できる。

## ② NIR 画像で俯瞰する始良カルデラと桜島火山

鹿児島湾北西部に竜ヶ水地域がある。この竜ヶ水は，1993年8月6日に日降水量350mm以上という大量の雨に見舞われ，ここで大規模な土石流災害が発生した。NIR 3D 画像で吉野台地と竜ヶ水を俯瞰する(図6)と，急崖であることが認識できる。

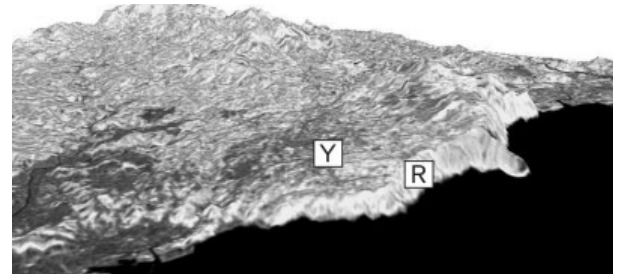


図6 鹿児島湾北西部の竜ヶ水(R)と吉野台地(Y)

始良カルデラは，鹿児島地溝の中部，鹿児島湾の北部に位置する，およそ20km四方の巨大カルデラである。

鹿児島湾を北方から俯瞰した NIR 3D 画像を図7に示す。これにより南北方向に伸びる鹿児島地溝(露木，1969)を概観することができる。そして東側の大隅半島の牛根地区にあるカルデラ急崖を識別することができる。このカルデラ急崖は高隈山地西縁部にあたり，NIR 画像では，それを明瞭に識別できる。始良カルデラは，現在から約2万9000年前(奥野，2002)に最新の大規模な火砕流噴火をした。この噴火によって南九州に広大な火砕流台地(シラス台地)が形成され，これに伴って飛散した降下火山灰は広く日本列島で認められている(町田・新井，1992)。シラス台地は，南九州を代表する火山地形であり，火砕流堆積物が非溶結であることから，崩壊・土石流災害等の原因の一つにもなっている。

桜島火山は，始良カルデラの南端に位置し，その南岳(1040m)および昭和火口から噴煙が出ている。2011年は996回，2012年は885回の爆発的噴火が発生している(気象庁，2012)。また小規模な火砕流も観測されており，火山防災の面からも大きく注目されている。桜島火山の NIR 画像(図8a)および NIR

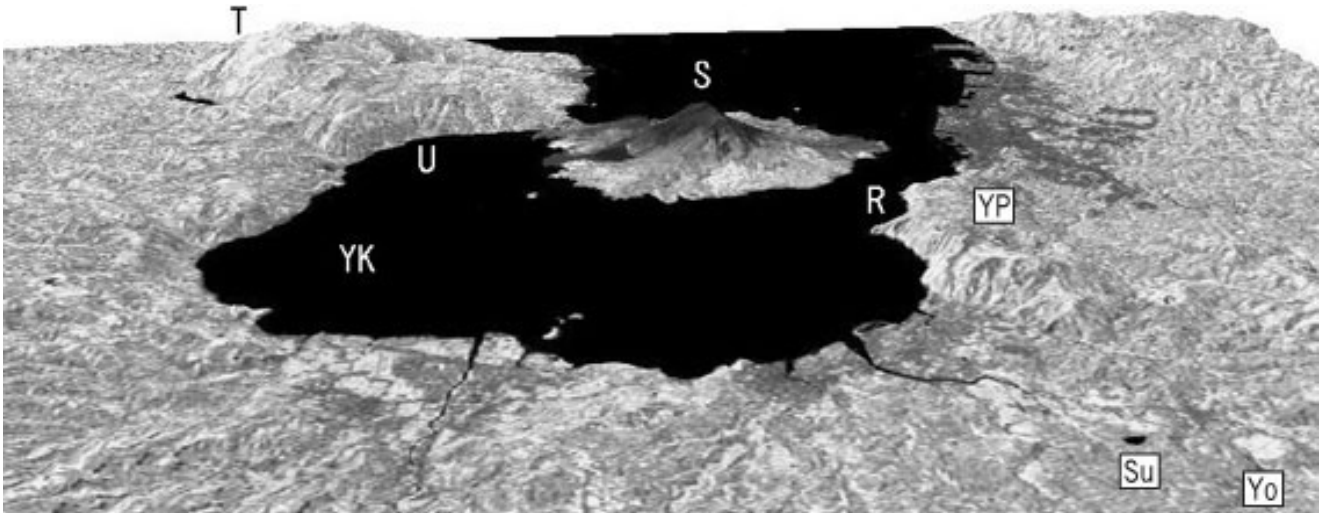


図7 北から南に向けて始良カルデラおよび鹿児島湾を俯瞰。T: 高隈山, U: 牛根, YK: 若尊, S: 桜島火山, R: 竜ヶ水, YP: 吉野台地, Su: 住吉マール, Yo: 米丸マール

3D 画像 (図 8b) を示す。NIR 画像では、植生のある場所は白く、植生のない場所は黒く識別できる。図 8a を見ると、周囲の火山噴出物が窪地に体積したデルタ状の地獄河原 (J) では、植生がほとんどないことがわかる。また桜島火山南部に位置する溶岩原 (T) はグレー色になっており、植生が回復してきていることが認識できる。また桜島火山の山頂付近は、降灰や高濃度の火山ガスの影響等によって植生がなく、画像では黒色になっている (坂本・木下, 2006)。

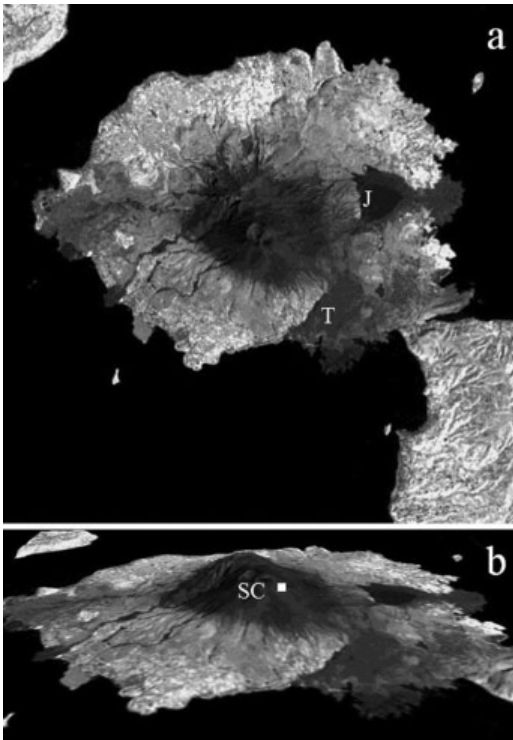


図8 桜島火山の NIR 画像 (a), 南方向から見た NIR3D 画像 (b)。J: 地獄河原, T: 桜島火山南部の溶岩原, SC: 昭和火口

### ③ 阿多カルデラと指宿火山群

阿多カルデラは鹿児島地溝の南端に位置し、様々なタイプの火山が集まっている (MATUMOTO, 1943: 宇井, 1967)。この阿多カルデラには2つのカルデラ (A, B) が存在し、阿多北部カルデラ、阿多南部カルデラと呼ばれる場合がある (図 9) (町田ほか, 2007)。阿多南部カルデラの急崖は、池田湖の西側に認められる (図 10)。その外側には阿多火砕流堆積物が大量に堆積している。このような地形とその内部に様々な単成火山があることから阿多カルデラが提唱された (MATUMOTO, 1943)。

阿多カルデラ内の西端にある池田湖は、周囲 15km のカルデラ湖であり、最深部は 230m を超える。池田カルデラは 6,400 年前に噴火した (奥野, 2002)。この時、体積 5 km<sup>3</sup> ほどの火砕流が生じ (宇井, 1967: 成尾・小林, 1983), 火砕流台地が形成された。NIR 画像では、池田カルデラ周辺の火砕流台地や、このカルデラから南東方向に直線的に続くマールがよく認められる (図 10)。

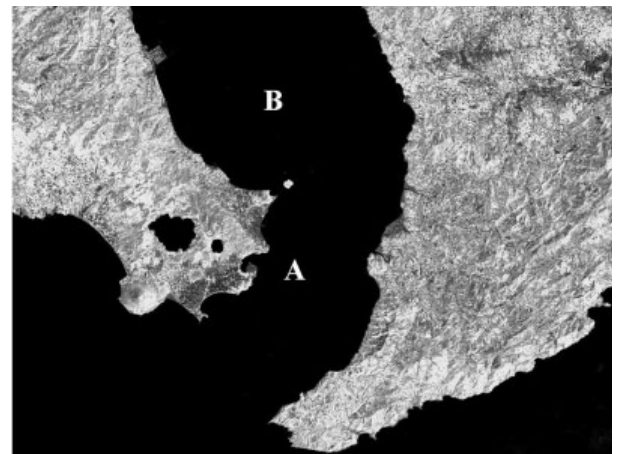


図9 阿多カルデラ周辺の NIR 画像 阿多南部カルデラ付近 (A), 阿多北部カルデラ付近 (B)

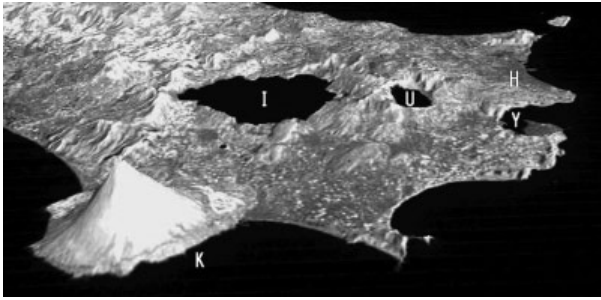


図 10 指宿火山群を南から俯瞰した NIR 3D 画像

I:池田湖, Y:山川港, K:開聞岳, H:橋牟礼川遺跡,  
U:鰻池

阿多カルデラの南西に位置する開聞岳は、海拔922mの標高を持つ成層火山である。溶岩とスコリアによって形成され、頂上部には溶岩ドームが存在する(藤野・小林, 1997)。開聞岳北東に位置する橋牟礼川遺跡は、縄文時代と弥生時代の新旧関係を証明した遺跡として有名であり、また噴火によって当時の人間生活の様子を保存したことで知られている(成尾ほか, 1997)。最近の噴火は885年の仁和噴火である。

図 11 で示すように、大隅半島側において MATUMOTO (1943) の認めたカルデラ壁が認識できる。後期更新世初期に噴出した阿多火砕流は、薩摩・大隅両半島に広く分布し、その総量は200km<sup>3</sup>以上と推定されている(町田・新井, 2003)。その供給源は、MATUMOTO (1943) によって認定された指宿を中心とするカルデラ(阿多南部カルデラ図9のA)よりも北側の鹿児島湾央(阿多北部カルデラ, 図9のB)とされる(荒牧・宇井, 1965)。

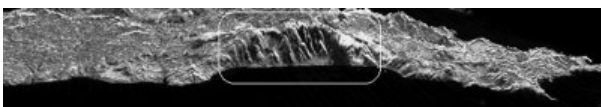


図 11 大隅半島を西から俯瞰した NIR 3D 画像 枠線内が規模の大きいカルデラ壁。

### (3) 火山噴煙画像

NIR 画像を用いて、桜島火山の噴煙を直上から俯瞰したものを図 12 として示す。近年、爆発回数が著しく増加している桜島火山であるが、その噴煙を衛星画像によって認識すると、その噴煙の運動を明瞭に俯瞰することができる場合がある。

2011年1月27日2時に、新燃岳火山が大気中に放出した噴煙の衛星画像を図 13 に、地上からの撮影画像を図 14 に示す。新燃岳火山は、2011年1月19日以降、空振や降灰を伴った噴火活動が再開し始め、1月26日18時、噴火警戒レベルが3に引き上げられた(福

岡管区気象台・鹿児島地方気象台, 2011)。

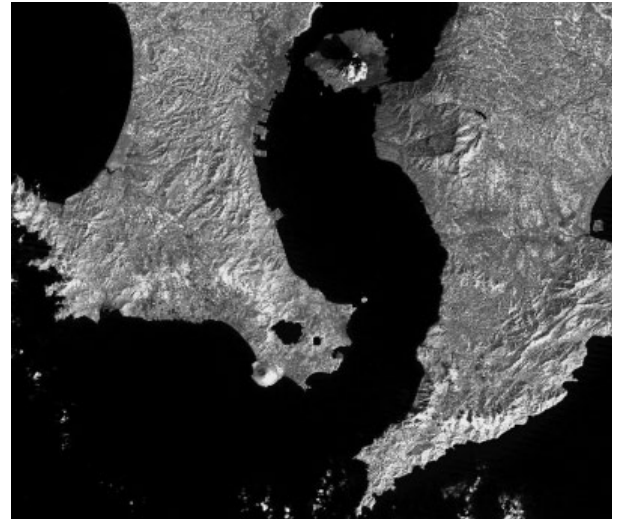


図 12 桜島火山の爆発を直上から俯瞰した NIR 画像

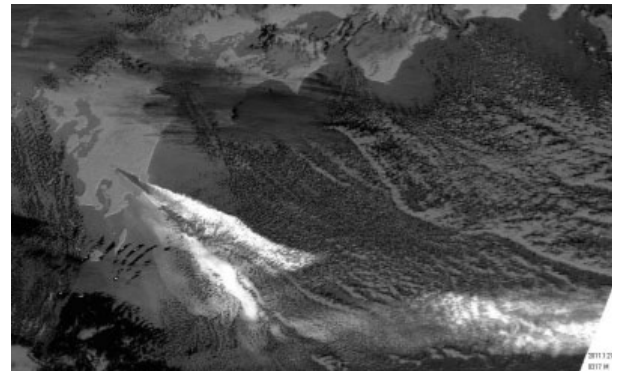


図 13 2011年1月27日2時の新燃岳噴火 NIR 画像  
(木下ほか, 2011)

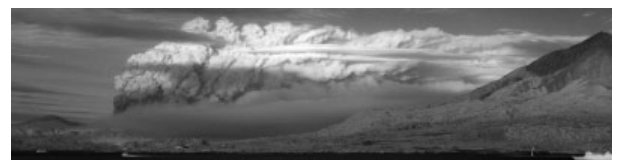


図 14 2011年1月27日17時21分の新燃岳噴火の地上観測 NIR 画像

### 3 まとめと課題

東北地方太平洋沖地震とその津波による災害、また爆発回数が増加している桜島火山や新燃岳の例を挙げるまでもなく、今後も大きな自然災害の発生が懸念される日本において、地球科学に関する市民の関心は高くなってきている。また九州には火山をテーマにした島原半島ジオパークや霧島ジオパークがあり、今後、更にいくつかのジオパーク構想が存在する。こうした地質遺産やさまざまな自然景観が市民に与える恩恵は、非常に大きいものがある。こうした観

点からも、火山地形に関する市民のリテラシーの向上は重要であろう。

この市民の意識変化の中で、野外観察をすることが少ない小・中・高校の教育環境の現状には、改善すべき問題点が提起されている(宮下, 1999: 三次, 2008)。こうした問題点を補完する意味においても、情報機器を活用した地学教材の開発とその利用法の研究は急務である。また優れたソフトウェアやシステムが開発され、そこに新しい可能性が開けても、専門知識を踏まえた適用例の蓄積がなければ、大きく普及することは困難である。こうした例を蓄積していくことも必要である。

衛星画像立体表示によって俯瞰した火山地形に関する研究は、まだ歴史が浅く、活用の方法等も含め、今後大いに研究されていくべき分野である。本研究によって考察してきたように、NIR 画像は、水面が NIR を吸収するために、水域と陸域の境界線を明確に見分けることができる。また植物のない裸地や都市域、海洋なども NIR の反射が少ないために黒く見え、その性質から植生もはっきり認識することができる。加えて火山地形は、火砕流堆積物などで形成されることが多く、三次元的な浸食が、他の地質よりも著しい場合が多いが、NIR 画像は、こうした開析を認識しやすく、この特徴によってユーザーが地形の特徴を捉えやすい利点がある。

本研究では、九州の主な火山地形を例に、NIR 画像・NIR 3D 画像でその利用法を検討したが、このような成果を教育関係者などの間で共有し、データベース化していくことが今後の課題である。さらに、本研究で進めた NIR 画像の利用法は、火山地形だけでなく段丘などの地形を明確に表現することができ、多くの学習に波及する可能性を持っている。それゆえ火山地形外においてもその適用例の蓄積とデータベース化が重要である。防災的な面から見ると、近年の桜島火山の昭和火口の活発な活動や 2011 年の新燃岳火山の噴火などをいかに素早く画像に反映することも課題である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、鹿児島大学 SiPSE グループには、画像の提供および多くのご協力をいただきました。記して深甚の謝意を表します。

## 引用文献

福岡管区気象台・鹿児島地方気象台(2011):霧島山(新燃岳)噴火関連情報(2011年1月~). 気象庁 HP, [http://](http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/kirishimayama2011.html)

[www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/kirishimayama2011.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/kirishimayama2011.html) (最終閲覧日 2013 年 1 月 17 日).

- 藤野直樹・小林哲夫(1997):開聞岳火山の噴火史. 火山, 42: 195-211.
- 伊藤順一・星住英夫・巖谷敏光(1997):姫島地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 74p.
- 鹿児島地方気象台(2013):桜島の月別の爆発回数. 鹿児島地方気象台 HP, [http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr\\_exp\\_num.html](http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_exp_num.html) (最終閲覧日 2013 年 1 月 17 日).
- 鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博(1988):中部九州-中国地方西部の火山フロントの形成年代. 月刊地球, 10: 568-574.
- Kamata,H.(1989): Shishimuta caldera, the buried source of the Yabakei pyroclastic flow in the Hohi volcanic zone, Japan. Bull. Volcanol., 51: 41-50.
- 木下紀正・飯野直子・金柿主税・原田一平・朴 鍾杰・坂本昌弥(2011):霧島新燃岳爆発噴煙の映像観測と衛星画像解析. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会「霧島山(新燃岳)噴火緊急セッション」SVC070-P16.
- 木下紀正・富岡乃夫也・戸越浩嗣(2005): SiPSE による 3D 衛星画像の作り方と読み方. 古今書院, 126pp. 東京.
- Kinoshita, K., Ikebe S., Isogai, K., (1997): Satellite Observation of volcanic Phenomena in Kyushu, Japan. Bull. Fac. Ed., Kagoshima Univ., Natural Sci. 48: 37-63.
- 町田 洋・新井房夫(1992):『火山灰アトラス-日本列島その周辺』. 276pp. 東京大学出版: 276pp.
- 町田 洋・太田陽子・河名俊男・森脇 広・長岡信治(2007):日本の地形7,九州・南西諸島. 355pp. 東京大学出版会, 東京.
- 松本征夫(1979):九州における火山活動と陥没構造に関する諸問題. 地質学論集, 16: 127-139.
- 松本幡郎・成重欽也(1985):大分県国東半島の火山地質. 熊本大学教養部紀要(自然科学編), 20: 61-76.
- 三次徳二(2008):小・中学校理科における地層の野外観察の実態. 地質学雑誌, 114(4): 149-156.
- 宮下 治(1999):地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて - 東京都公立学校の実態調査から -. 地学教育, 52: 63-71.
- MATUMOTO, T. (1943): The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. Japan. Jour. Geol. Geogr., 19: 1-57.
- Moriwaki, H., Lowe, D.J.(ed). (2010): Intra-

Conference Field Trip Guides. Intn'l Conf. Tephrochronology, Kirishima, Kyushu, Japan. (Active Tephra in Kyushu). 106pp.

成尾英仁・小林哲夫 (1983) : 鹿児島県指宿地域の火山活動史—阿多火砕流以降について. 地質学会第90年学術大会講演要旨集: 309.

成尾英仁・永山修一・下山覚 (1997) : 開聞岳の古墳時代噴火と平安時代噴火による災害—遺跡発掘と資料からの検討—. 月刊地球, 19: 215-222.

西来邦章・伊藤順一・上野龍之 (編) (2012) : 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース. 地質調査総合センター速報, 60. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 東京.

小形昌徳 (1989) : 九州西北部, 多良岳地域の火山地質. 地質学雑誌, 95: 755-768.

小形昌徳・高岡宣雄 (1991) : 多良岳地域の火山岩類のK-Ar年代. 火山, 36: 187-191.

奥野充・成尾英仁・中村俊夫・小林哲夫 (1996) : 南九州, 池田湖テフラ層に関連する資料の加速器<sup>14</sup>C年代. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 12: 49-55.

奥野 充 (2002) 南九州に分布する最近3万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, 41: 225-236.

小野晃司・松本征夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信伸 (1977) : 竹田地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 地質調査所: 156.

坂本昌弥 (2007) : SiPSE を活用した火山防災教育. 平成19年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第61回全国大会島根大会講演予稿集: 120-121.

坂本昌弥・木下紀正 (2006) : 最近の桜島火山活動と火山防災マップを活用した防災教育. 日本火山学会講演予稿集2006年度秋季大会: 106.

坂本昌弥・木下紀正・八田明夫・森脇広 (2006) : 桜島火山防災マップを活用した防災教育. 日本理科教育学会九州支部大会発表論文集, 34: 17-20.

坂本昌弥・木下紀正 (2010) : 3D衛星画像を教材とした高等学校地学教育. 平成22年度全国地学教育研究大会, 日本地学教育学会第64回全国大会鹿児島大会講演予稿集: 98-99.

Sakamoto, M., Kinoshita, K., Tomioka, N. and Togoshi, H. (2007): School Education for Volcainc Disaster Mitigation using 3D Satellite Image Presentaion System SiPSE. Cities on Volcaoes 5 Conference, Nov. 32-P-17.

Sakamoto, M., Kinoshita, K. (2010): Quaternary volcanoes in Kyushu viewed with near-infrared 3D satellite images. International

Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity. Active Tephra in Kyushu Kirishima. Poster session.

杉本智彦 (2002) : カシミール3D入門 山と風景を楽しむ地図ナビゲータ. 144pp. 実業之日本社, 東京.

戸越浩嗣・富岡乃夫也・木下紀正 (2000) : 数値標高モデルと衛星データを用いた教育用3次元動画画像表示提供システムの構築. 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要, 10, 85-92.

露木利貞 (1969) : 九州地方における温泉の地質学的研究 (第5報), 鹿児島地溝内の湧出する温泉, 特に温泉貯体について. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 2: 85-101.

宇井忠英 (1967) : 鹿児島県指宿地方の地質. 地質学雑誌, 73: 477-490.

浦井稔 (2007) : 衛星リモートセンシングによる火山活動評価. 産総研地質調査総合センター第9回シンポジウム, 地質学的手法による火山活動予測 ~火山災害の軽減を目指して~: 23-28.

#### Quaternary volcanic topographies in Kyushu observed by near-infrared satellite 3D images

Masaya SAKAMOTO<sup>1</sup>, Kisei KINOSHITA<sup>2</sup> and Hiroshi MORIWAKI<sup>3</sup>

#### Abstract

The volcanic landforms of Kyushu, Japan are prepared using a satellite image presentation system, which combines digital elevation model data with Landsat-5 satellite data of visible and near-infrared bands for 3D views. General perspectives of topographies of active volcanoes and the relics of Quaternary volcanic activities in the mainland Kyushu are presented by utilizing the system, and the structures of volcanic edifices at high resolution and calderas with wide fields of view are clarified.

**Keywords:** Landsat, remote sensing, caldera, DEM data.

<sup>1</sup>:Kagoshima Prefectural Museum, Kagoshima Japan  
<sup>2</sup>: Center for Educational Research and Development, Faculty of Education, Kagoshima University

<sup>3</sup>: Faculty of Law, Economics and Humanities, Kagoshima University