

## 近赤外カメラと衛星による火山島の地形と植生調査

木下紀正

鹿児島大学教育学部教育実践総合センター

## Topography and Vegetation of Volcanic Islands Studied by Near-Infrared Camera and Satellite Imagery

KINOSHITA Kisei

Center for Educational Research and Development, Faculty of Education,

Kagoshima University

**Abstract:** Volcanic topography and vegetation coverage of Iō-Torishima and Kuchinoerabujima in Nansei Islands, Japan, are studied by using Near-Infrared photography and satellite 3D imagery. Combined use of the photographs taken from the research vessel Nansei-maru and the SiPSE 3D imagery is found to be very effective for the study.

### はじめに

遠望する島影は古くから航海術の基礎的情報であった。衛星画像を数値標高データと合せた立体表示（3D衛星画像）では、水平方向からの島影を表示して様々な角度の視点と比較することが出来る。可視光による肉眼や普通のカメラ撮影と違って、近赤外光写真では地形の陰影が明瞭であり、植生の状態も容易に掴むことができる。ここでは南星丸調査で得られた硫黄島および・口永良部島の近赤外撮影の結果とSiPSEシステム（木下ほか2005）による近赤外3D衛星画像を比較して報告する。

### 硫黄島を巡る

1818年ベイジル・ホルの朝鮮・琉球航海記では、絶海の孤島硫黄島は重要な航路指標として記されている。この島の琉球王朝にとっての重要性や火山活動史など、長嶋ほか（2009）にまとめた。図1に示す近赤外衛星画像では、午前10時過ぎの南東からの日射の陰影によって島の地形の概要が読み取れる。この島は北部の硫黄岳（208m▲と火口I）と南部のグスク火山（偏平な溶岩ドームGと周囲の二重の火口壁）の2つの火山体が接合した活火山の島であり、南端には前岳Mが鋭く聳えている（火山地質については小林・中野2008参照）。珊瑚礁のリーフは東側に最も発達している。図1の中で南の上空から見た3D画像は地形の概略を表しているが、衛星画像と数値標高データとの位置合わせのズレが見られる。SiPSEシステムにおける位置合わせは東西180km余りの大画面の衛星画像データ（ピクセルサイズ28.5m）を基準に50mメッシュの数値標高デー

タを内挿したものであり、数個の指標位置のマッチングのため部分的な食違いは避け難い。なお、グーグルアースでは硫黄島は位置が示されているだけである（3D衛星画像の方式の比較については長嶋ほか2009, p.18参照）。

2007年の南星丸調査では6月19日早朝に到着以来、主に島の東方に停泊していたが、20日午前中に約2時間で島を北・西・南と反時計回りに一周する機会があった。この時に異なる方向から撮影した島の全景の幾つかを図2に示す。可視・近赤外撮影の比較やクローズアップなどはこの調査のwebサイトの中で公開している。

<http://cpi.kagoshima-u.ac.jp/iwo/kinoshita/iotori-k/iotoril.htm>

近赤外撮影はソニー DSC-V3のナイトショットモードでIR84フィルターを用い840nm以下をカットしたものである（金柿主税ほか2004, 長嶋ほか2009, p.241）。ズームは主に最広角の長辺画面角56°にしたが、図2のうちdだけは2枚の写真をPhotoshop Ver. 6のパノラマ合成機能を用いてマージしたものである。

図2 aは東からの全景で、南端の前岳（190m）Mに続く前原とグスク火山（131m）G周辺のかなり平坦な台地をはさみ北寄りの硫黄岳 I・最高峰（212m）のキーノイ山 Kが連なっている。台地の東端は100m程の海食崖をなし、かつて村落のあった前原へは端ノ浜 H Hからの急峻な崖道がある。前岳の崖錐に進出した植生や台地の草原などは近赤外光を良く反射して明るく、日陰と裸地になっている崖や硫黄岳・キーノイ山の砂原は暗く写っている。図2 bは北からの撮影で、東部の海食崖の上に広がる台地の草原と硫黄岳・キーノイ山の近景が見られる。北部の海食崖の上の急峻な斜面にも植生の進出が見られる。北西と西からの撮影による図2 cと dでは、北部と西部の海食崖は日陰となって植生状態は読み取れないが、崖地形は前後の撮影と合わせて頷ける。硫黄岳火口はcの中央とdの左寄りにあり、西側の火口壁に海食崖が迫っている。火口から薄い噴煙が上がっているほか、dでは前原西方の崖に2すじの噴気が認められる。南からみた図2 eではグスク火山の溶岩ドームが中央にあり、手前に台地の草原が、向こうに硫黄岳・キーノイ山の頂部が、左端に硫黄岳火口の西壁が見える。近くに屹立する前岳の根元では2つの崖錐が植生に覆われている。

6月19日にはハシケで南よりの端ノ浜海岸の栈橋に上陸し、崖道を上って前原台地の深いススキをかき分け、グスク火山の東側を通って硫黄岳火口まで踏査した。その折に撮影した近赤外写真をマージしてパノラマ化したものを図3に示す。aでは硫黄岳火口の上部とキーノイ山・硫黄岳の植生の乏しい山頂部が見られる。足元の火砕物の砂礫に点在する白いものは乾燥地に進出しつつある植物である。bはこの近くから覗き込んだ

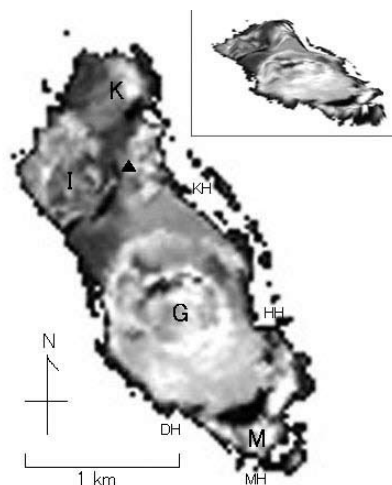


図1. Landsat TM4 による硫黄島の近赤外画像と SiPSE3D 表示（南の上空から）。陸上では K：キーノイ山、I：硫黄岳火口、▲：硫黄岳山頂、G：グスク火山溶岩ドーム、M：前岳、海岸部では KH：車浜、HH：端ノ浜、MH：前ノ浜、DH：段ノ浜。地名は沖縄県史資料編 13 硫黄島による



図2. 南星丸周回調査における船上近赤外撮影による硫黄鳥島の全景。島に対する撮影位置は、a：東、b：北、c：北西、d：西、e：南



図3. 硫黄鳥島の地上近赤外撮影によるパノラマ。a：硫黄岳火口南東の外側から、b：火口内部を火口縁から、c：グスク火山の東縁から。それぞれ3、4、6枚をマージし、aでは下部をかなりカットした

火口全景で、白い噴煙の薄れた時に撮影した。肉眼や可視光撮影では青白く見える火口湖が近赤外では黒く写り、砂浜や火口壁の下部が硫黄で還元されて白っぽく写っている。噴煙は二酸化硫黄の臭気があり、火口底は熱い所が多く、岩石に混じって析出した硫黄があり、琉球王朝の時代から大戦後まで硫黄採掘がなされたことが偲ばれる。図3cでは左から右にかけて、南の前岳と前原台地、中央左寄りのグスク火山溶岩ドーム、溶岩ドームを取り巻く深い陥没地形、さらに裸地化した火口壁と北東方向の海まで、ほぼ240°の展望である。溶岩ドームと南側に見える火口壁は低い樹木やススキ等に覆われているが、北側の裸地は図2aでも良く見れば認められる。北側の火口壁には噴気口があり、そこには析出した硫黄のチムニーが見られた。なお、この火口壁の外側にもう一段の火口壁があるのは、図1から読み取れる。

### 口永良部島の近赤外3D画像と船上撮影

九州の南の火山島で最大の口永良部島は、東西2つの島が結合したひょうたん型をしている(図4)。島の西側はおよそ20万年前まで活動した番屋ヶ峰火山で、侵食が進んでいる。東側には活発な火山活動を続けている新岳と隣接する古岳を中心にして、南北に鉢窪・野池、東に高堂森・カシ峯という火山体が並んでいる。東端の城ヶ鼻と北側の後境は海食崖に露出した火山体で、約50万年より前に形成された最も古いものである。中央の南北に並ぶ稜線部の火山体は最近約15,000年以内に形成された(火山地質は小林ほか2002, 下司・小林2006, 下司2006)。図4の近赤外画像では、新岳・古岳の山頂周辺が裸地化して黒くなり、日射の陰影によって新岳・野池の火口やそれぞれの火山体の地形が読み取れる。平坦な岬のニシマザキとその南・平床鼻・メガ崎は流出した溶岩の台地である。この様な火山地形は、視点を変えた3D表示によって一層明瞭になる。図5は南の水平線上や上空からの近赤外3D画像である。

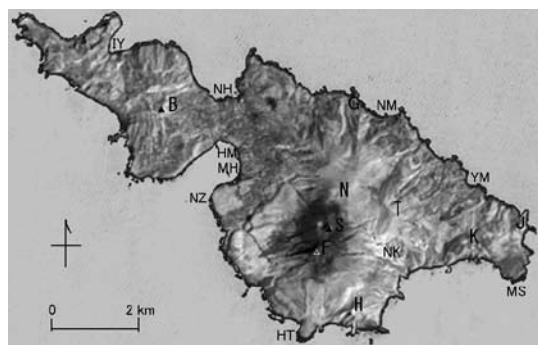


図4. Landsat TM4 による口永良部島の近赤外画像。1文字で記した陸上の火山体は、北西から南東へ、B:番屋ヶ峰(291 m)、G:後境、N:野池(570 m)、S:新岳(626 m)、F:古岳(657 m)、T:高堂森(470 m)、H:鉢窪、K:カシ峯、J:城ヶ鼻。陸上のNK:七釜は1933 - 34年噴火で壊滅した集落跡。海岸部の2文字に対応する集落や地形などの地名は、北から時計回りにIY:岩屋泊、NH:西ノ湯、NM:寝待温泉、YM:湯向温泉、MS:メガ崎、HT:平床鼻、NZ:ニシマザキ、MH:向江浜、HM:本村

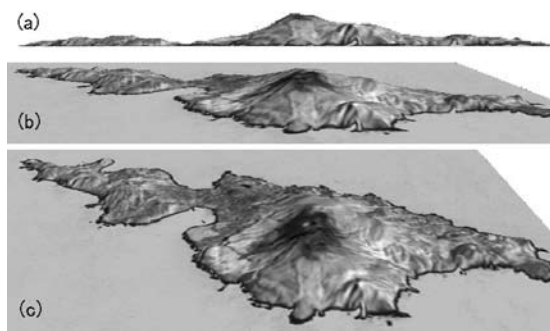


図5. 南の水平線上(a)と上空(b, c)から見た口永良部島の近赤外3D画像

2009年5月の南星丸による調査では、11日午後には口永良部島の東側を回り、ひょうたんのくびれにある南側の本村港に停泊した。この日は快晴ながら大陸性気団の汚染気塊に覆われたためか視界が悪く、途中竹島の東から20 kmほど離れた薩摩硫黄島が殆ど見えない状態であった。ここでは島の東から南に回る航路での船上撮影を3D画像と比較検討する。硫黄島島へ向かう途中の2007年6月18日午後、沖合から撮影したものも参照する。

図6に島の東を過ぎて南に向かう船上での近赤外撮影をパノラマ化した写真をa, c, dに示す。bは2007年航海での可視光撮影で、aより少し南寄りの角度で全景が1枚に収まるほど遠方からであるが、噴煙のシルエットがわかるほど空気は清澄であった。2009年の場合、可視光撮影では島の遠くが白くかすんで見えないほどであった。図6 aで左側が白っぽいのは、日射に含まれる近赤外光が大気エアロゾルで小角度散乱される影響である。



図6. 口永良部島の東から南にかけての船上撮影。a, c, d: それぞれ2, 3, 3枚の近赤外写真をマージ (2009年5月11日午後)。b: 2007年6月18日午後、遠方からの可視光撮影

図6 a - cでは鉢窪火山の海食崖が左手からだんだんと中央に近付き、dでは正面に大きく見える。さらに西側下方に平床鼻溶岩が張り出しているのがbからdにかけて見られる。右端では城ヶ鼻の高まりがaからbにかけて遠ざかり、代わってメガ崎の溶岩原がcとdの右端を占める。船の航行に伴うこのような見え方の変化は、図4・図5や南東上

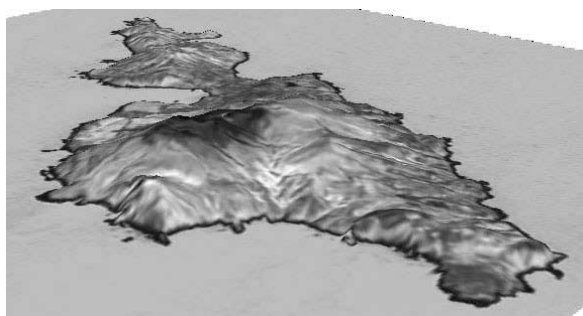


図7. 南東上空から見た口永良部島の近赤外3D画像



図8. 口永良部島の南側からの船上近赤外撮影。a : 2007年6月18日18時39分、南の遠方から。b : 2009年5月11日16時22分、鉢窪の西沖合からの3枚を合成。c : 2009年5月11日16時28分、古岳の西沖合からの4枚を合成

空からの図7と照合して一層よく判る。

図8 aは2007年航海で撮影した南の遠方からの島の全景で、日射の方向は別として図5 aと良く対応している。図8 bとcは図6 dに続き平床鼻を回りニシマザキ沖を経て本村港へと航行する途中である。島を西北西の上空から見た図9と照合すると、新岳・古岳の稜線と右端の鉢窪の形、湾の西側の海食崖の関係などから撮影位置が推測できる。正面は、新岳溶岩がニシマザキの南側の古岳山麓まで広がり海岸に達した地形である。さらに陸上も含めた可視・近赤外撮影の比較やクローズアップなどは、鹿児島大学／熊本大学噴煙研究グループの次のサイトで公開している。  
[http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/volcnews/kuchierb\\_k/kuerbl.htm](http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/volcnews/kuchierb_k/kuerbl.htm)

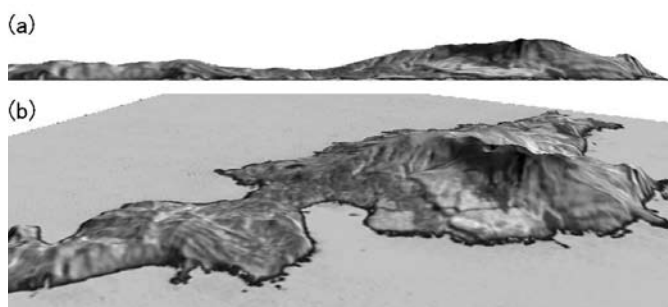


図9. 西南西から見た口永良部島の近赤3D画像。a : 水平線上から。b : 上空から

### おわりに

2007年の調査では竹島・薩摩硫黄島・横当島の遠望と与路島の上陸調査で可視・近赤外撮影の比較検討が出来た。その一部は硫黄島島のサイトで公開している。2009年の調査では汚染気塊による視界悪化の試練に直面したが、近赤外撮影はかなり有効であることを確認した。普通の定期航路ではそれぞれの島にアクセスする方向や時刻が限定されるが、南星丸調査ではまたとない機会が得られた。多島圏研究センター協力研究者としての調査団参加にご配慮を頂いた関係各位と、同行の方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 金柿主税・川野和昭・木下紀正 2004. ビデオカメラによる近赤外画像の利用研究, 鹿大教育学部研究紀要自然科学編, 55, 11-24.
- 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ー日本の自然を空から見る, 古今書院, 111pp.
- 下司信夫 2006, 火山地質図 口永良部島火山,  
[http://staff.aist.go.jp/geshi-nob/kuchinoerabu\\_web/](http://staff.aist.go.jp/geshi-nob/kuchinoerabu_web/)
- 下司信夫・小林哲夫 2006. 鹿児島県口永良部島火山最近3万年間の噴火活動. 火山, 51, 1-20.
- 小林哲夫・奥野 充・中村俊夫 2002. 口永良部火山の噴火史. 薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測, 169-184.
- 小林哲夫・中野俊 2008. 硫黄島島の火山地質, 日本火山学会2008年度秋季大会講演予稿集, p. 43.
- 長嶋俊介・福澄孝博・木下紀正・升屋正人 2009. 日本一長い村トカラ〜輝ける海道の島々〜, 梓書院, 268pp.