

気象庁におけるALOSデータを用いた火山活動の把握について

目次

- 火山噴火予知連絡会の衛星解析グループの活動について
- 火山活動の把握のため気象庁で想定されるALOS-3の利用とだいち防災実証実験の成果
- ALOS-3に期待すること



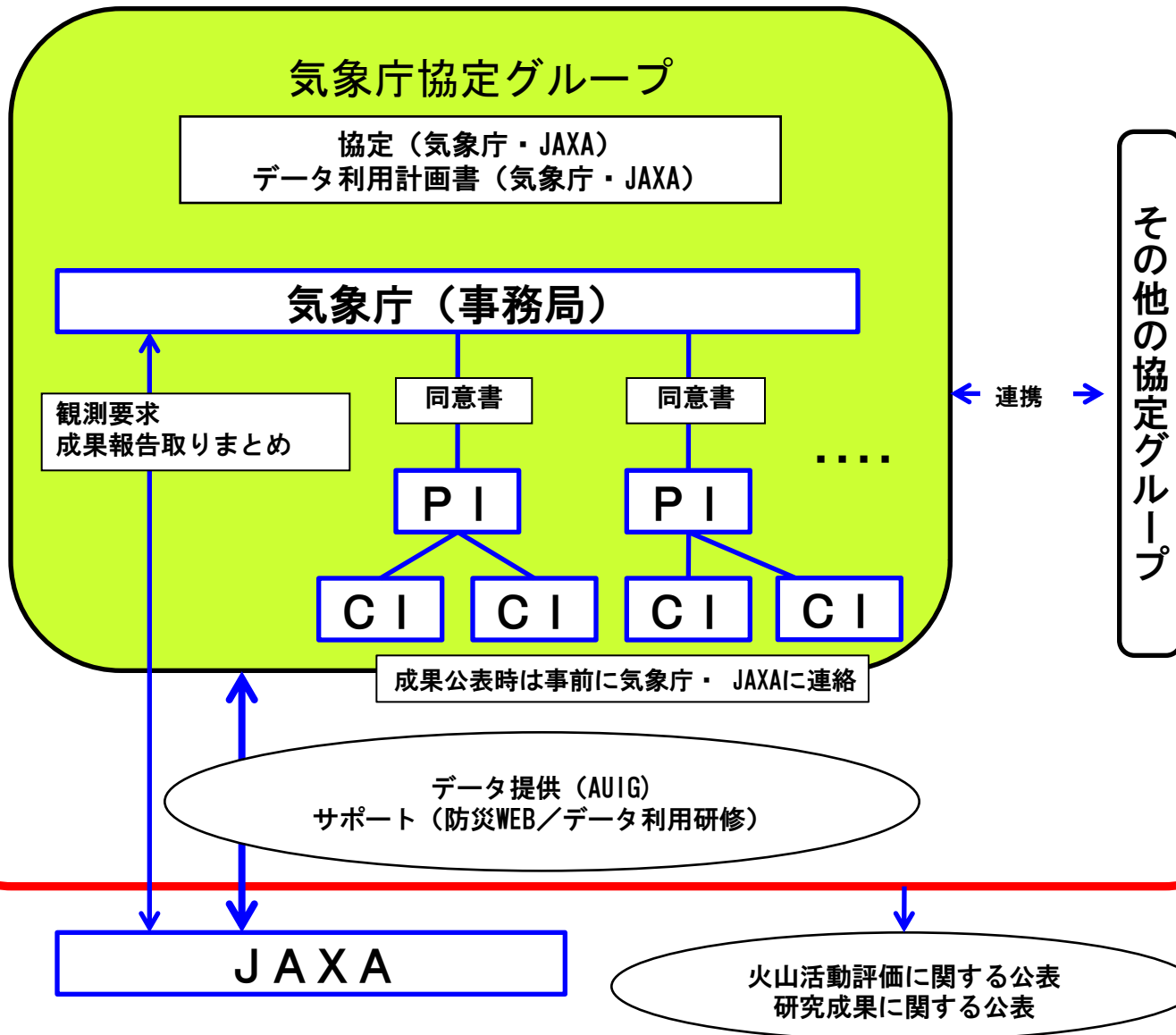
火山噴火予知連絡会の衛星解析グループ の活動について

火山噴火予知連絡会衛星解析グループ※の目的

- ①衛星観測データによる日本付近の主要活火山における火山活動の監視及び地殻変動等の検出手法の調査・検討
- ②衛星データによる噴火時の噴火の規模や影響の範囲の把握等についての有効性の調査・検討

※だいち防災利用実証実験における火山WG

火山噴火予知連絡会・衛星解析グループ



グループ内の研究

【平成22年度まで】

実験課題名称	参加機関	代表研究者	部 署
熱活動、噴気活動、噴出物調査及び地形変化検出のための基礎調査	気象庁	斎藤誠	地震火山部火山課
ALOSデータを用いた全国の活火山の地殻変動モニタリング	気象研究所	安藤 忍	地震火山研究部
地殻変動分布の評価への適用手法検討	国土地理院	今給黎哲郎	地理地殻活動研究センター
南方諸島海底火山の監視	海上保安庁	加藤幸弘	海洋情報部海洋調査課
ALOS画像による千島諸島南部に分布する火山活動の研究	北海道大学	中川光弘	理学部
測地観測との結合による火山性地殻変動解析および制約火山の火山活動評価	北海道大学	大島弘光	大学院理学研究院地震火山観測研究センター
ALOS画像による活火山地形・地質判読とその噴火解析への応用	東京大学	金子隆之	地震研究所
低緯度域の火山における火山活動の研究	名古屋大学	木股文昭	環境学研究科
火口湖等の色彩変化モニタリングに関する基礎研究	京都大学	鍵山恒臣	理学研究科附属地球熱学研究施設・火山研究センター
多偏波SARの火山災害情報抽出への有用性調査	広島工業大学	大倉 博	環境学部地球環境学科
合成開口レーダーを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出	防災科学技術研究所	小澤 拓	火山防災研究部
衛星リモートセンシングによる地形変化抽出および海底火山の観測に関する研究	産業技術総合研究所	浦井 稔	地質情報研究部門
衛星画像による火山噴火時土砂災害緊急調査技術の検討	土木研究所	山越隆雄	土砂管理研究グループ火山・土石流チーム
ALOSデータを用いた全国の活火山の噴気マッピングとモニタリング	気象研究所	福井 敬一	地震火山研究部
活動的火山における地殻変動及び地表変状モニタリング	JAXA	宮城洋介	地球観測研究センター
SAR干渉解析を用いた火山活動評価への利用の検討	気象庁	斎藤誠	地震火山部火山課

グループ内の研究

【平成23－25年度】

実験課題名称	参加機関	代表研究者	部 署
熱活動、噴気活動、噴出物調査及び地形変化検出のための基礎調査(北海道・東北・関東中部伊豆諸島・九州・鹿児島地方の火山毎)【5課題】	気象庁	舟崎 淳	地震火山部火山課
ALOSデータを用いた全国の活火山の地殻変動モニタリング	気象研究所	高木朗充	地震火山研究部
地殻変動分布の評価への適用手法検討	国土地理院	今給黎哲郎	地理地殻活動研究センター
南方諸島海底火山の監視	海上保安庁	加藤幸弘	海洋情報部海洋調査課
測地観測との結合による火山性地殻変動解析および制約火山の火山活動評価	北海道大学	大島弘光	大学院理学研究院地震火山観測研究センター
ALOS画像による活火山地形・地質判読とその噴火解析への応用	東京大学	金子隆之	地震研究所
低緯度域の火山における火山活動の研究	名古屋大学	木股文昭	環境学研究科
合成開口レーダーを用いた火山活動に伴う地殻変動の検出	防災科学技術研究所	小澤 拓	観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット
衛星リモートセンシングによる地形変化抽出および海底火山の観測に関する研究	産業技術総合研究所	浦井 稔	地質情報研究部門
衛星画像による火山噴火時土砂災害緊急調査技術の検討	土木研究所	山越隆雄	土砂管理研究グループ火山・土石流チーム
ALOSデータを用いた全国の活火山の噴気マッピングとモニタリング	気象研究所	高木朗充	地震火山研究部
活動的火山における地殻変動及び地表変状モニタリング	JAXA	宮城洋介	地球観測研究センター
SAR干渉解析を用いた火山活動評価への利用の検討(北海道・東北・関東中部伊豆諸島・九州・鹿児島地方の火山毎)【5課題】	気象庁	舟崎 淳	地震火山部火山課

今後の活動

○共同研究協定の継続

- ・現在の研究計画は25年度まで
- ・だいち運用停止後は、アーカイブデータを活用した研究活動を継続

○海外衛星の利用

JAXA等の関係機関と調整を行い、下記の枠組み等を活用し、海外衛星を利用したモニタリングを実施。

- ・災害時等には、センチネルアジア、国際災害チャータの枠組み
- ・ JAXA ・ 外国宇宙機関間の協定等の枠組み

主な研究成果（1）

○地殻変動

- ・ 干渉SARによる地殻変動の検出（**PALSAR**）

⇒隆起や沈降の面的な地殻変動の把握

アクセスが困難な場所の地殻変動の把握

全国の活火山の地殻変動の把握

地殻変動からの断層モデルの検証

GPS観測・水準測量から得られる地殻変動との比較

定常的な地殻変動監視とホームページでの公開

○火山噴出物

- ・ 降灰域および火砕流範囲の把握（**AVNIR-2, PRISM, PALSAR**）

主な研究成果（2）

○地形・地質

- 火口、噴出物、噴煙の状況や地形変化の把握（AVNIR-2, PRISM）
- 千島諸島南部の第四紀活火山の地質判読（AVNIR-2）
- 火山体の地表面状況の把握（PALSAR多偏波データ）

○噴煙（噴気）

- 噴煙の高度の推定（PRISM）
- 噴煙の把握（AVNIR-2, PRISM）

○変色水

- 海底火山の変色海域の把握（AVNIR-2）

○火口湖

- 火口湖等の色彩変化モニタリング（AVNIR-2）



気象庁で想定されるALOS-3の利用 と だいち防災利用実証実験の成果

火山モニタリングへの利用(1)

<長所>

- 観測場所を選ばないため、アクセスが困難な火山や観測施設の設置が困難な火山の観測ができる。
- 火山活動が活発な火山でも危険を冒さずに観測ができる。
- 広範囲の均一な観測データが取得できる。
- 周期的に観測ができる。

<短所>

- 観測対象によっては、解像度が十分でない。
- 軌道により、観測時期と観測場所が制限される。
- 光学センサーは雲や太陽の影響を受ける。また、レーダーセンサーにおいても、電離層や大気圏での影響を受ける。

ALOS-3で想定される利用目的

- ①火山噴火災害時における噴石の飛散範囲や降灰の分布、火砕流の到達範囲の把握**
- ②海底火山の火山活動の観測**
- ③全国の活火山における噴気活動の把握**

①火山噴火災害時における噴石の飛散範囲や降灰の分布、火砕流の到達範囲の把握

- 現在の把握の方法

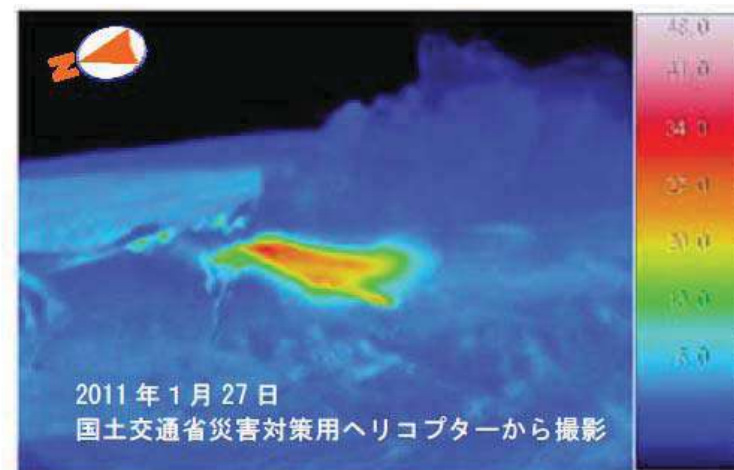
- 1) 遠望カメラ
- 2) 航空機からの観測
- 3) 現地調査
- 4) 自治体等への聞き取り調査

1月27日の霧島山新燃岳の例

1) 遠望カメラ



2) 航空機からの観測



<福岡管区気象台・鹿児島地方気象台 火山活動解説資料(霧島山)(1月27日)より>

1月27日の霧島山新燃岳の例

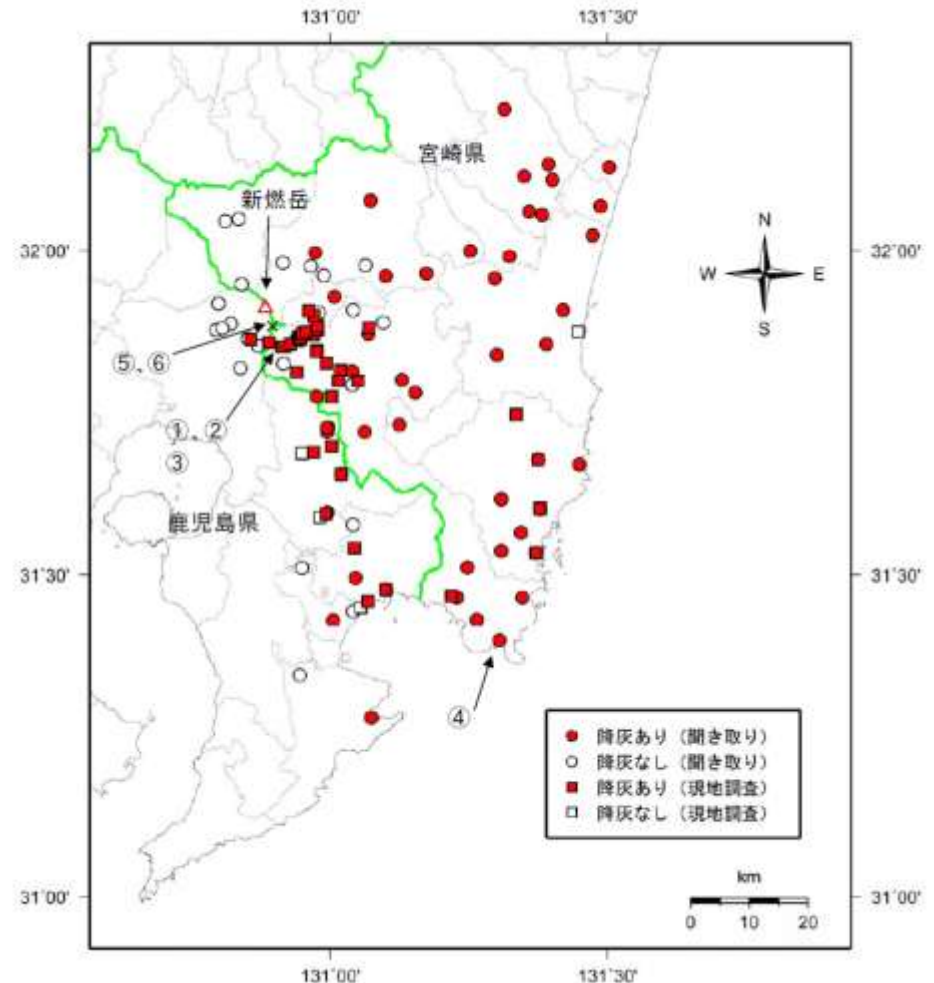
3) 現地観測・4) 聞き取り調査



②宮崎県都城市御池町(27日)
御池小学校で直径4~6cm(新燃岳火口から南東約7km)



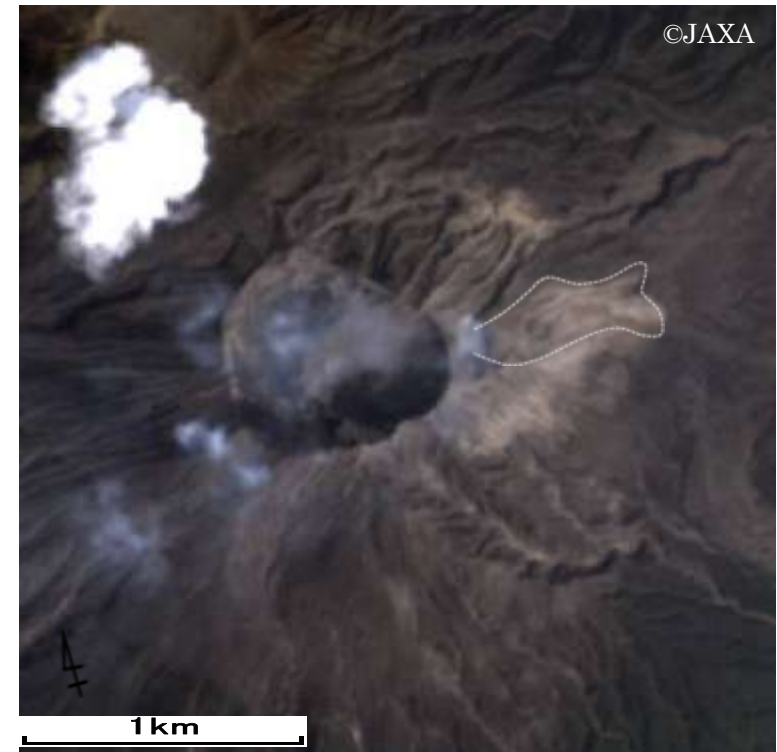
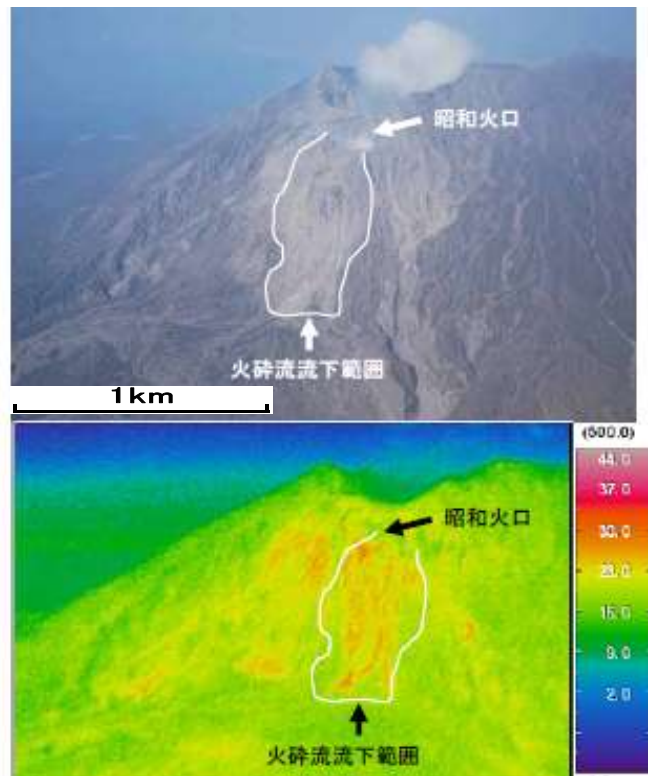
②宮崎県都城市御池町(27日)
御池小学校で直径4~6cmの小さな噴石(新燃岳火口から南東約7km)



降灰分布の状況

<福岡管区気象台・鹿児島地方気象台 火山活動解説資料(霧島山)(1月28日)より>

だいち防災利用実証実験の成果



4月10日に鹿児島県の協力により東側上空から撮影した昭和火口周辺の様子（上段）と赤外熱映像（下段）。

火口付近のAVNIR-2画像(入射角=24度)
(2009/4/10)

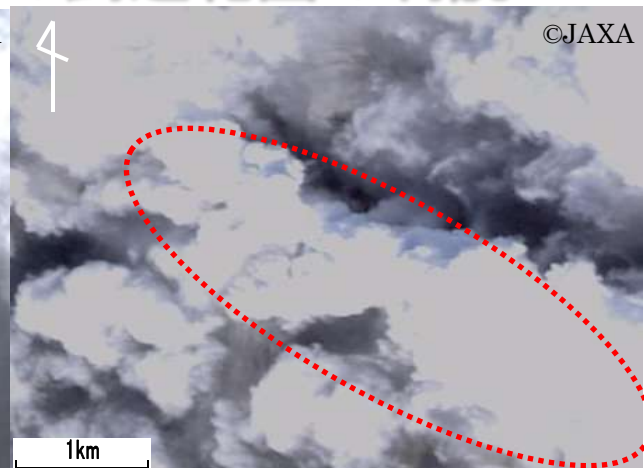
霧島山新燃岳の噴火活動における噴出物の到達範囲の判読



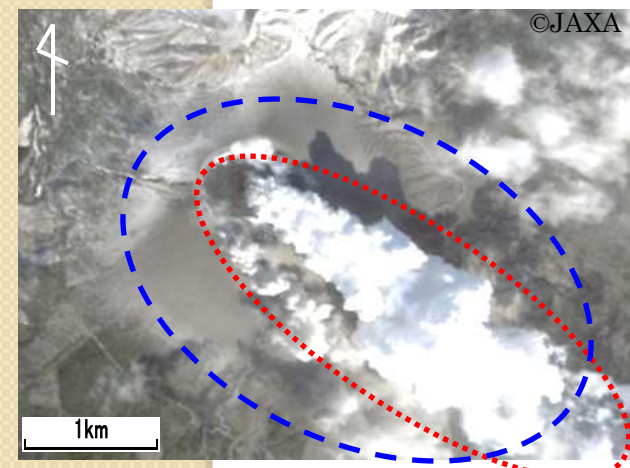
AVNIR-2画像(ポインティング角=0度)
(2008/11/13 11:06JST頃)
噴火発生前の霧島山(新燃岳)の様子。



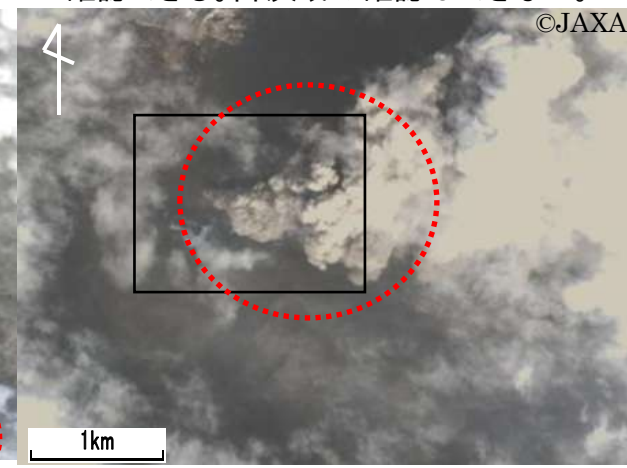
AVNIR-2画像(ポインティング角=-14度)
(2011/1/28 10:56JST頃)
雲の隙間から山頂からの噴煙(赤点線)
が確認できる。降灰域の確認はできない。



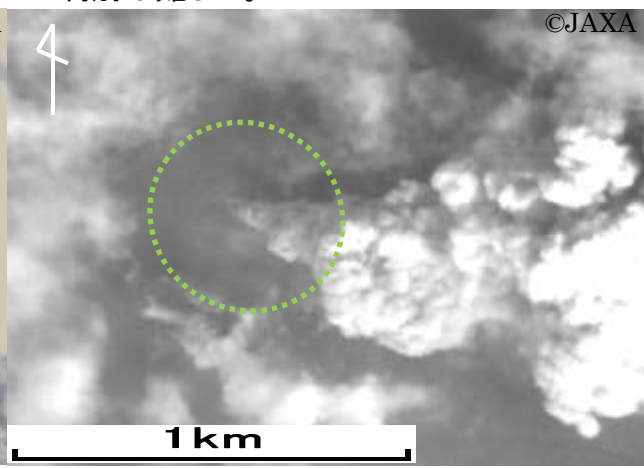
AVNIR-2画像(ポインティング角= - 38.5度)
(2011/1/30 10:39JST頃)
雲に覆われているため、雲と噴煙(赤破線)
の判別は難しい。



AVNIR-2画像(ポインティング角=27度)
(2011/1/31 11:19JST頃)
火口中央から白色の噴煙が噴出し、南縁から
灰色の噴煙が噴出している(赤破線)。火口周
辺と南東方向を中心に降灰領域が広がってい
る(青点線)。



AVNIR-2画像(ポインティング角=0度)
(2011/2/2 11:02JST頃)
噴煙は確認できるが雲との判別は難しい
(赤破線)。黒枠は右図の画像範囲を示す。

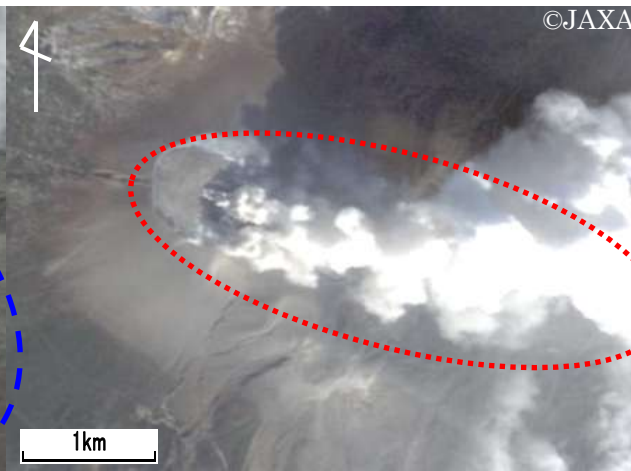


PRISM画像
(2011/2/2 11:02JST頃)
火口内(緑破線)の溶岩中央から噴煙が
噴出している。

霧島山新燃岳の噴火活動における噴出物の到達範囲の判読



©JAXA



©JAXA



©JAXA

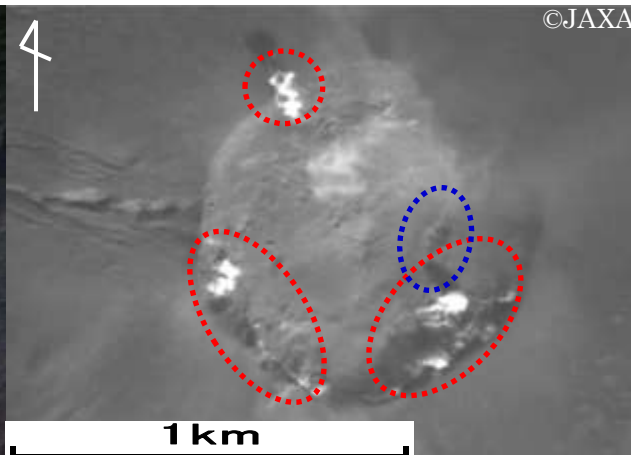
AVNIR-2画像(ポインティング角=31度)
(2011/2/4 10:45JST頃)
火口内の溶岩(緑破線)が確認できる。南東
方向へ降灰による灰色の領域が広がっている(青点線)。

AVNIR-2画像(ポインティング角=35度)
(2011/2/5 11:25JST頃)
火口内に蓄積した溶岩の中央部と南縁付近
から灰色の噴煙(赤破線)が噴出している。

AVNIR-2画像(ポインティング角=10度)
(2011/2/7 11:08JST頃)
火口からの噴煙の噴出は薄い噴煙のみで
あった。



©JAXA



©JAXA



©JAXA

AVNIR-2画像(ポインティング角=0度)
(2011/2/19 11:04JST頃)
火口の3か所から噴煙が噴出している。白枠
は右の2つの図の画像範囲を示す。

PRISM画像(2011/2/19 11:04JST頃)
火口内に蓄積された溶岩の東側、西側、北
側の亀裂及び縁辺から噴煙(赤破線)が噴
出している。火口内の溶岩の東側表面には
亀裂(青破線)が確認できる。

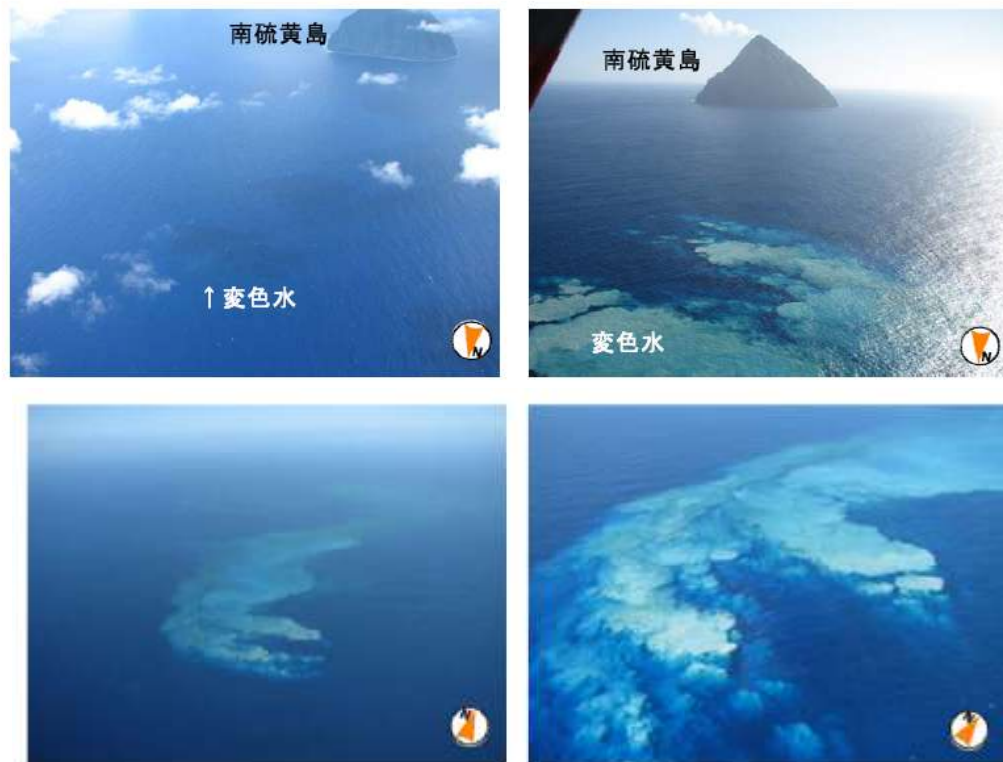
パンシャープン画像(2011/2/19 11:04JST頃)
PRISM画像よりもパンシャープン画像のほう
が火口内に蓄積された溶岩の表面が把握し
やすい。

②海底火山の火山活動の観測

- 現在の把握の方法

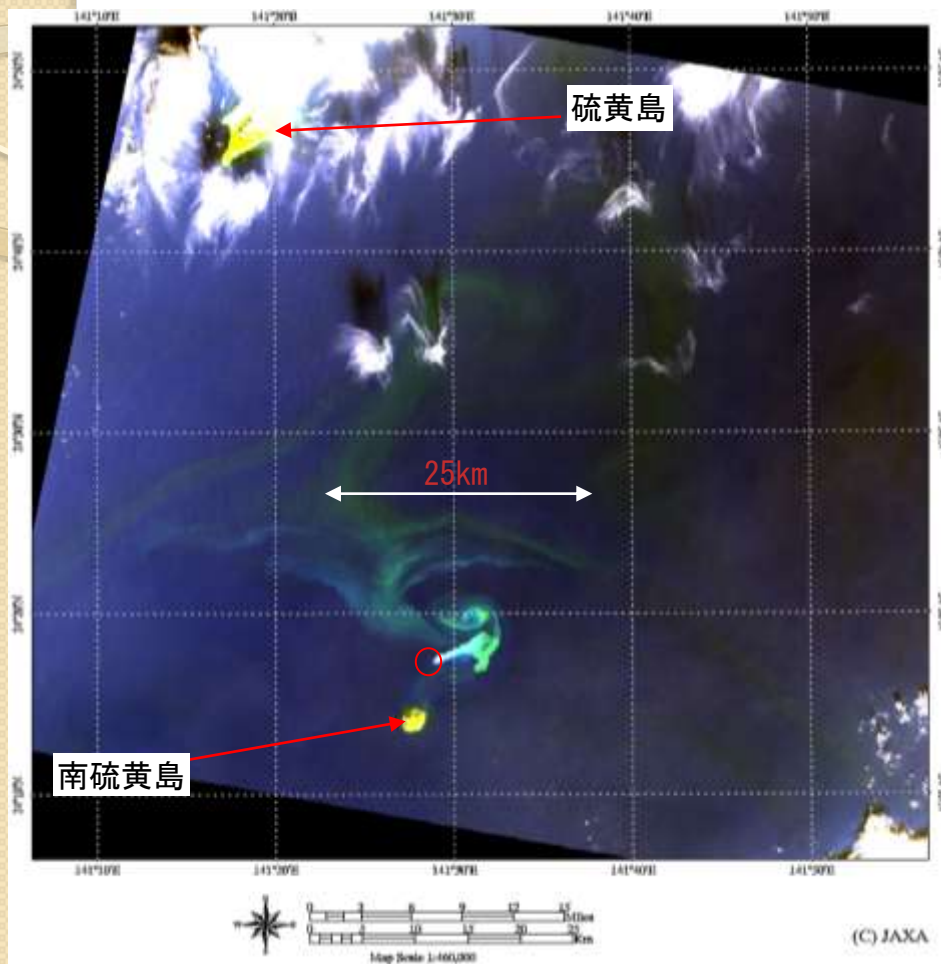
航空機からの観測（海上保安庁殿より報告や機動観測）

福徳岡ノ場の実績では2010年ではそれぞれ8回と2回



2010年2月12日福徳岡ノ場 機動観測の写真(海上自衛隊の協力による)

だいち防災利用実証実験の成果



福徳岡ノ場周辺海域のAVNIR-2画像 (Angle=-25.0度)
(2010/2/12) この画像は変色域が明瞭になるように色調調整



図9: 福徳岡ノ場の位置

南硫黄島から硫黄島にかけての広い範囲で変色域が解析でき、南硫黄島の北北東約4.5kmの地点(赤丸)に変色水の湧出点が見られる。

AVNIR-2 PRISM画像の解析から

- 桜島、および霧島山（新燃岳）の噴火において、降灰域、火砕流痕を確認。
- 福德岡ノ場において、変色水域を確認
- このほか、サリチェフピーク（千島列島）、エイヤフィヤトラヨークトル（アイスランド）、AVNIR-2、PRISM画像の解析から降灰域、火砕流痕あるいは溶岩流痕を確認。

③全国の活火山における噴気活動の把握

- 現在の把握の方法

- 1) 遠望カメラ(連続監視の火山47火山のみ)
- 2) 航空機からの観測(一部の活火山のみ)
- 3) 現地調査(一部の活火山のみ)
- 4) 自治体等からの聞き取り調査

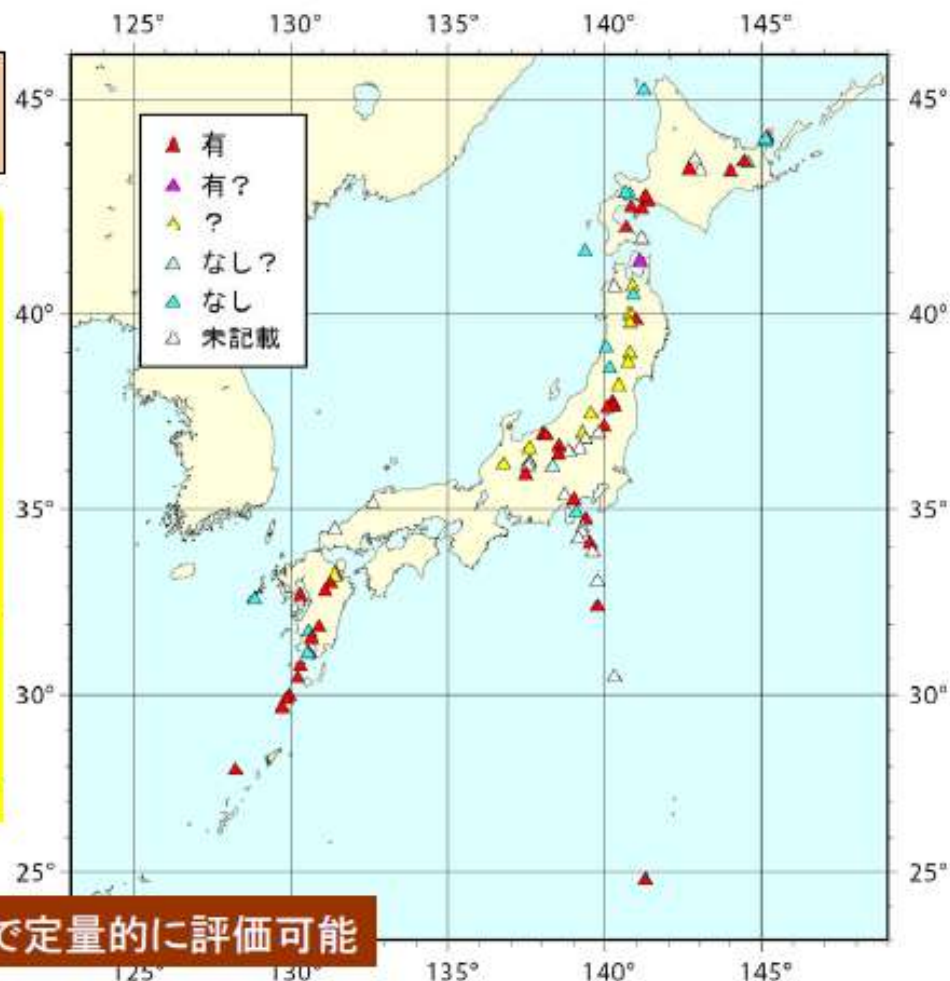
第112回(2009年2月18日)火山噴火
予知連絡会での噴気についての報告

噴気有	35火山	} 評価があいまいな 火山
有?	3	
?	11	
なし?	2	
なし	15	
記載なし	18	
合計	84	

評価があいまいな火山+記載され
ていない火山=34火山
(北方領土, 海底火山を除いた4割)

これら火山の噴気活動も一様な基準で定量的に評価可能

(但し, うち16火山はこれまで噴気活動の記録なし)

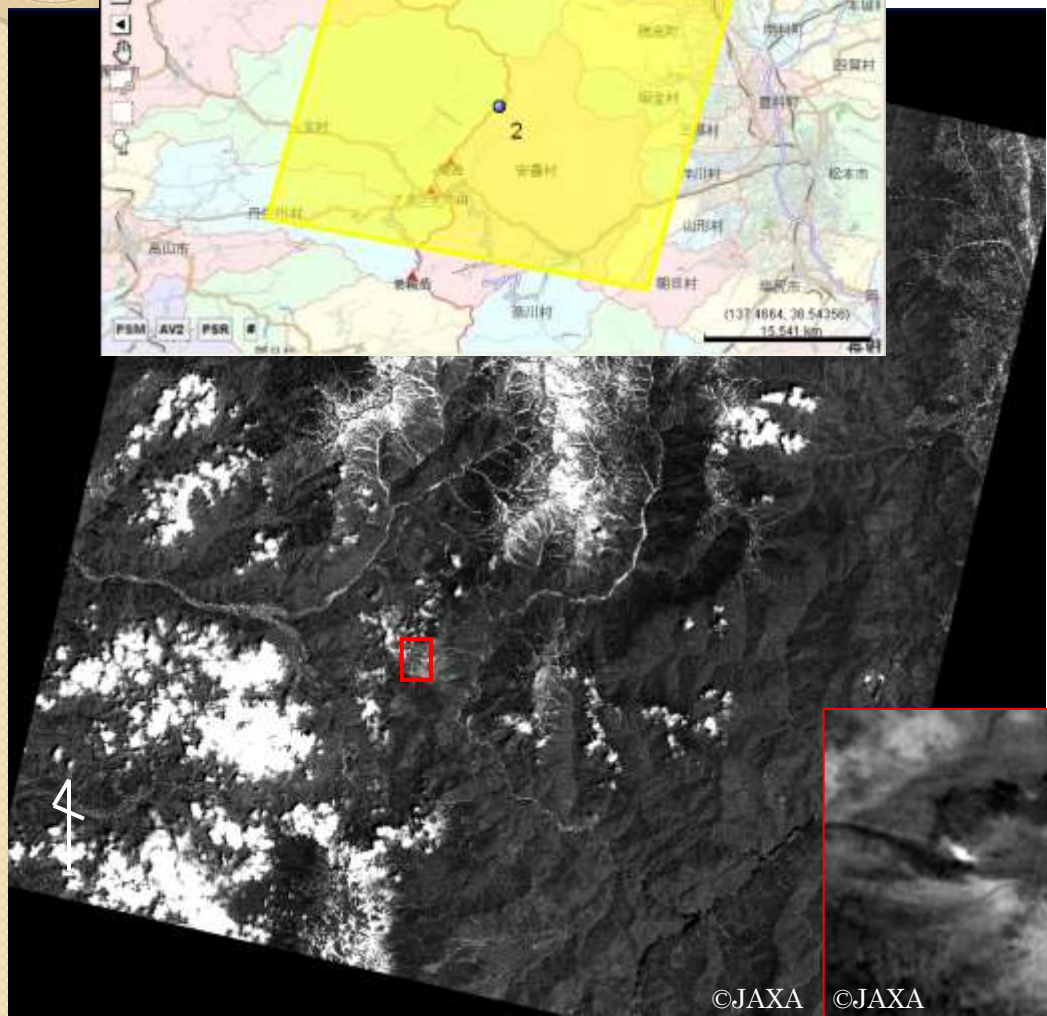
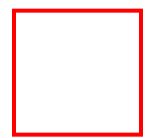


だいち防災利用実証実験の成果

PRISM画像から噴気の抽出例（焼岳）

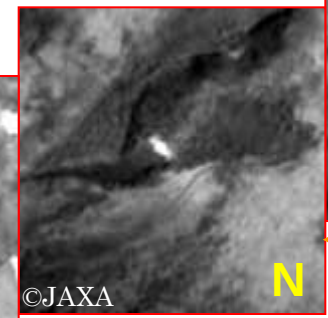


4
1275m

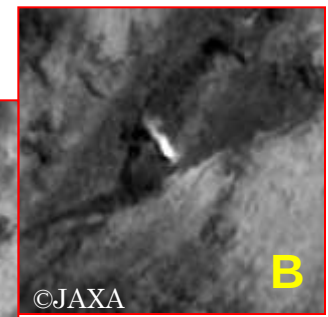


4

©JAXA ©JAXA



©JAXA



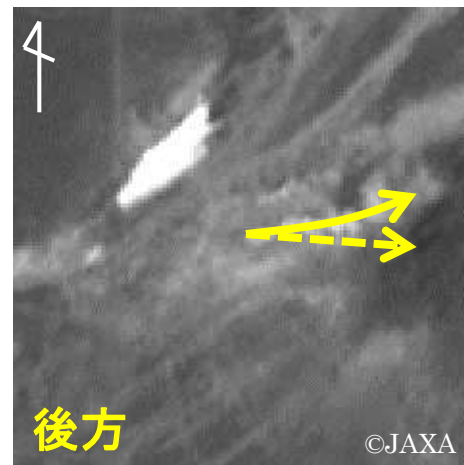
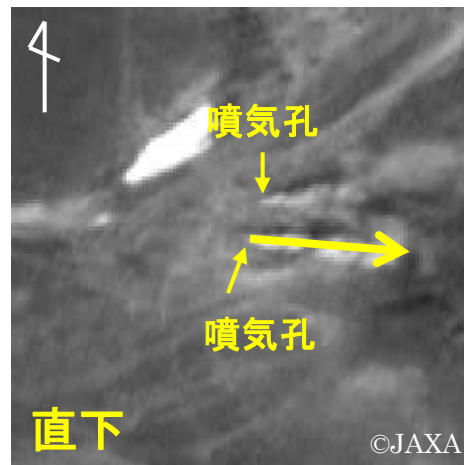
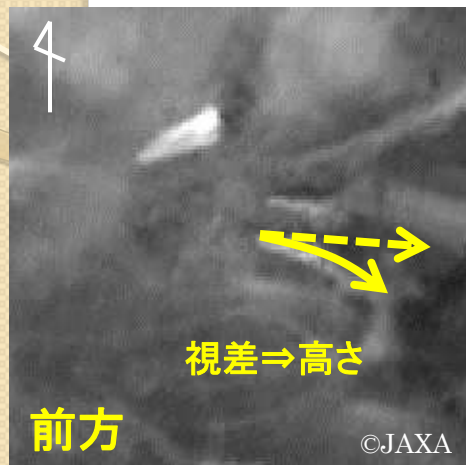
©JAXA

312.5m

F

噴煙高度の推定

那須岳 2007/5/3

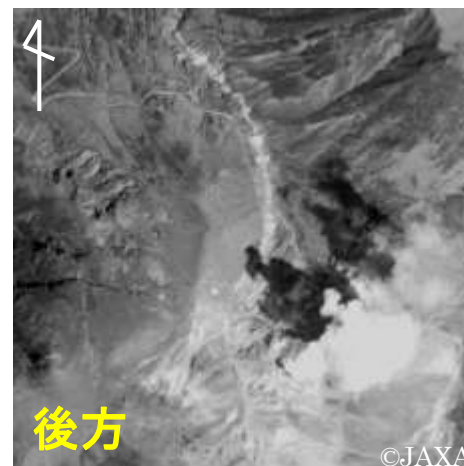
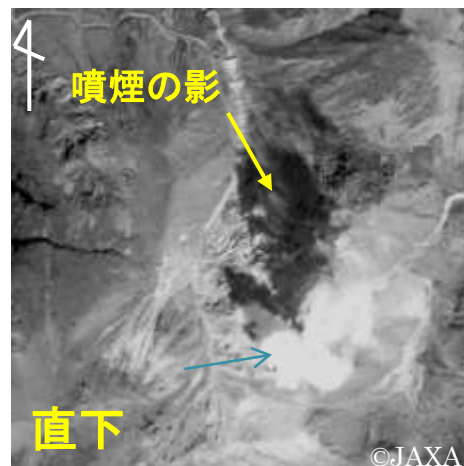
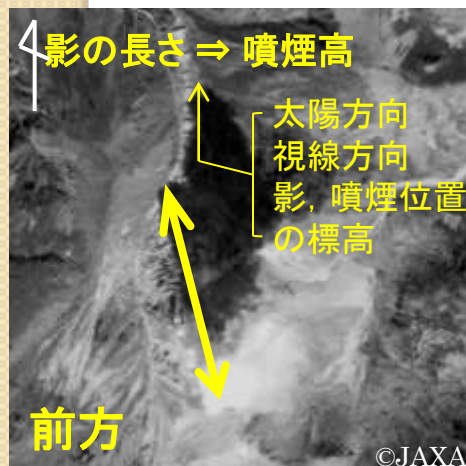


衛星進行方向



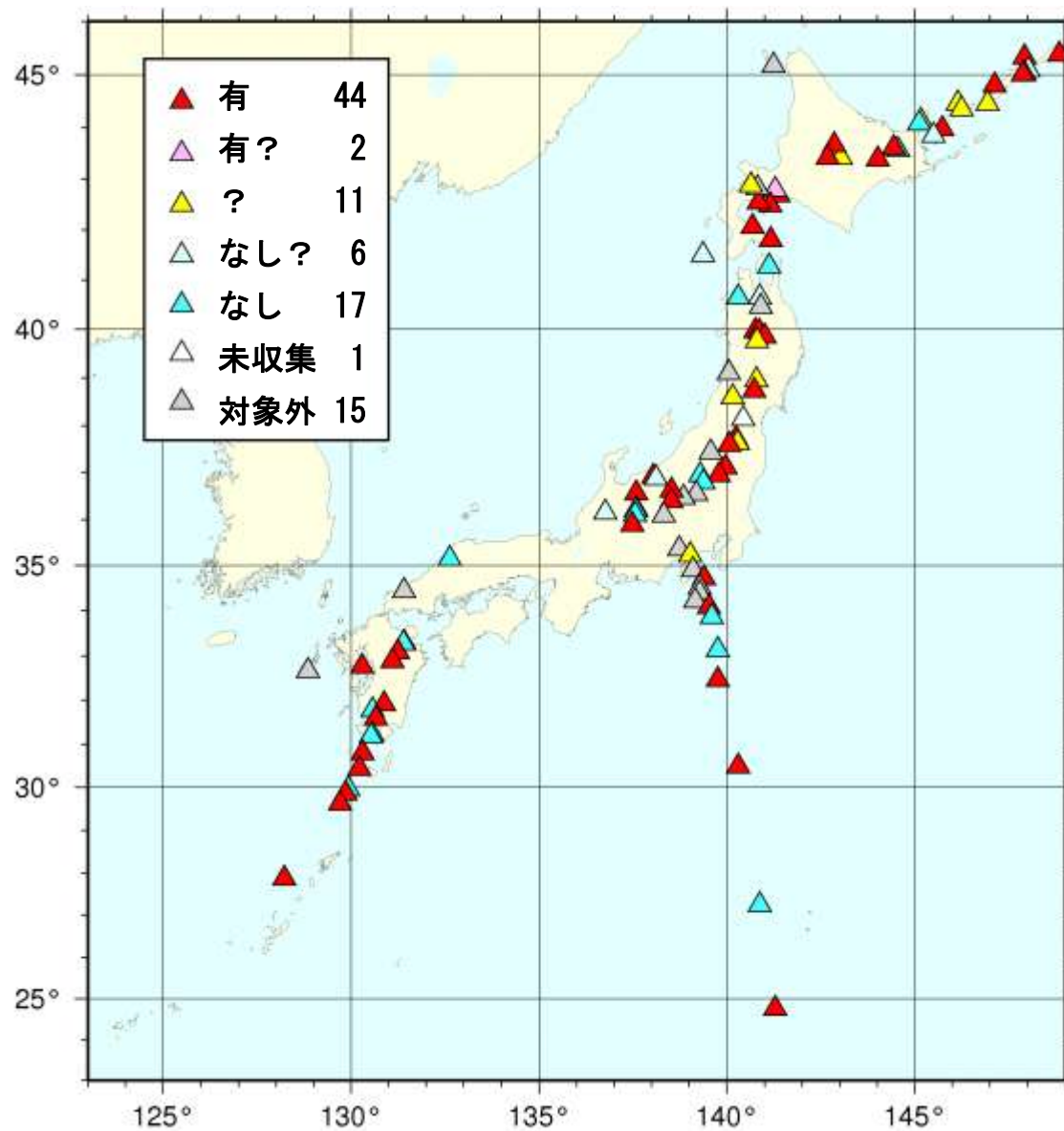
312.5m

九重山 2007/3/9



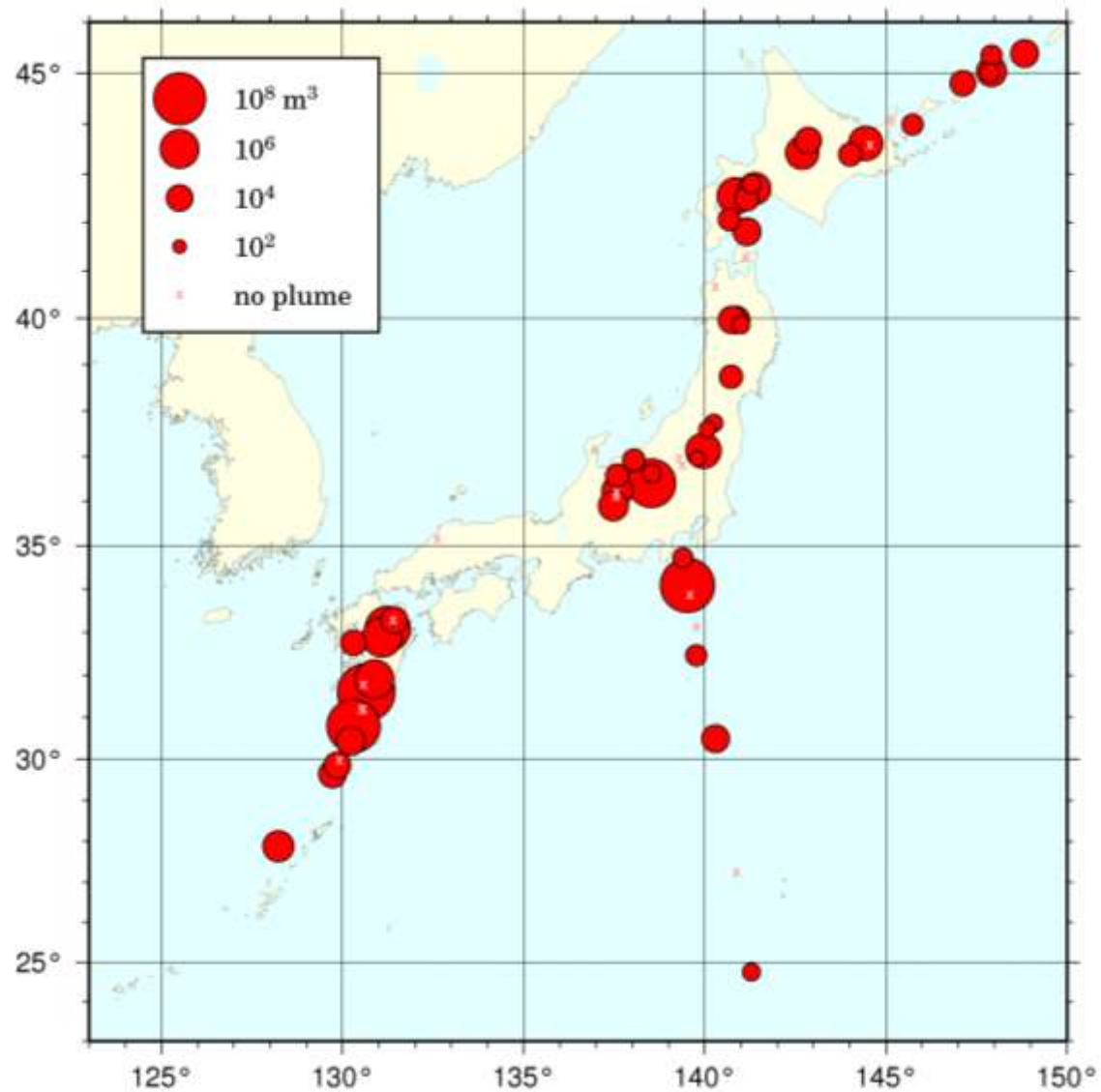
1250m

PRISMデータ収集, 判読結果

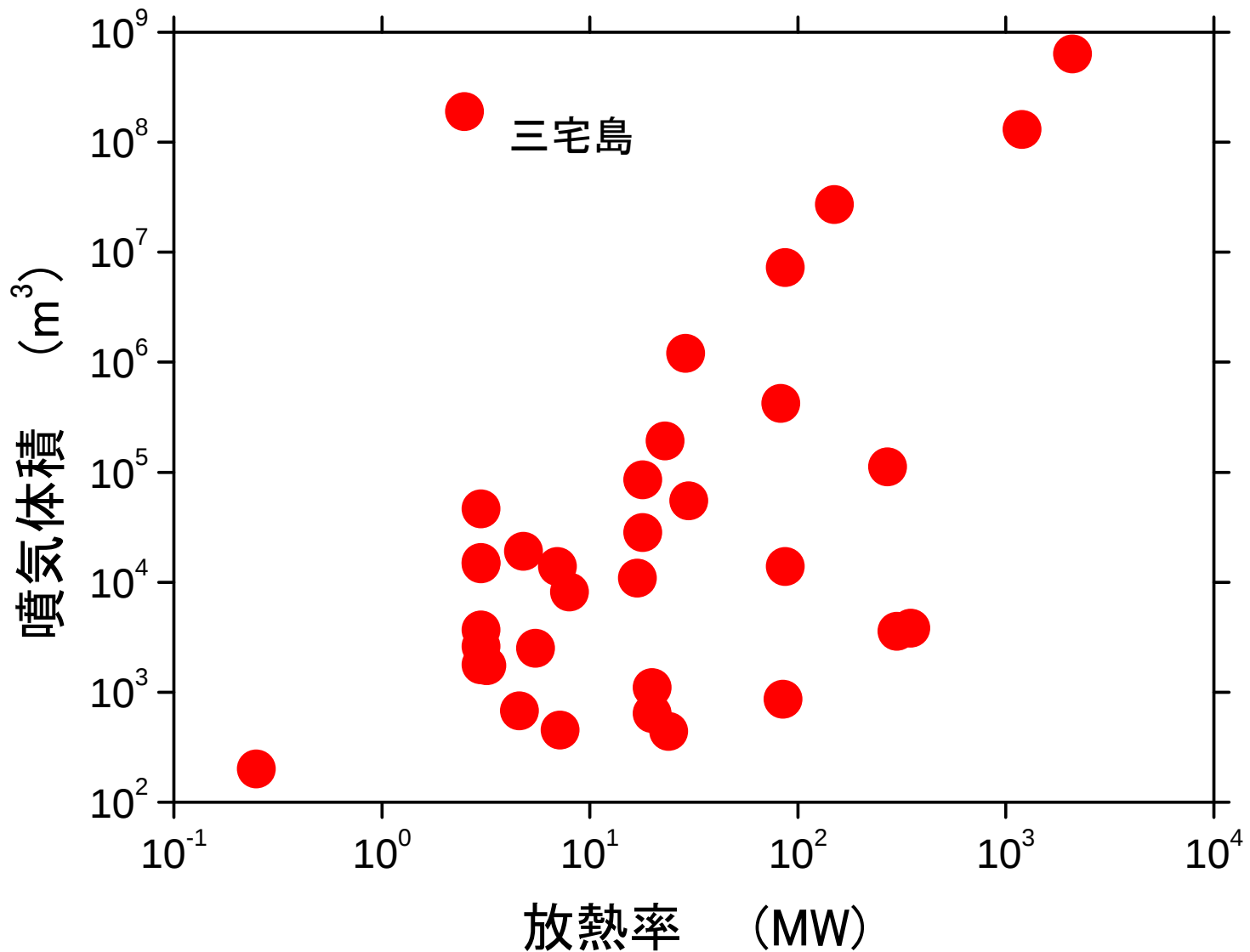


2011年3月末現在

PRISMで求めた噴気体積



主要活火山からの 放熱率（鍵山，2008）と噴気体積との関係



- **ALOS/PRISMによって北方領土を含む全国活火山の噴気活動の規模を評価した。**
- **気象庁等によって噴気活動の評価がなされていない火山のうち約7割について新たに噴気活動の規模を評価できた。**
- **過去に調査された非噴火時の火山からの放出熱エネルギーと今回求められた噴気の体積は良い相関にあり、PRISMデータによって火山の熱的活動を評価できることが分かった。**

①火山噴火災害時における噴石の飛散範囲や降灰の分布、火砕流の到達範囲の把握のために

- センサーの空間分解能の向上（地形・地質、火山噴出物、噴煙・噴気、変色域等の識別のため）
- 広い観測幅（広域にわたる降灰領域の把握のため）
- 熱センサー（火口の温度上昇等の熱異常の検知のため）
- マルチバンドセンサの高分解能化とPRISMとの並行運用

<運用面>

- 夜間の観測（近赤外センサーでの高温域の検知のため）
- 積雪期の観測や噴煙の観測では、ダイナミックレンジの変更や拡大が望まれる
- 火山噴火の前兆があった場合も利用
- 観測頻度の増大（全ての火山の画像データベースがあることが望ましい）

②海底火山の火山活動監視のために

- 観測位置情報の精度向上（海底火山の変色域の観測（目標物のない海域の観測のため））
- 広い観測幅（50km程度）（変色水域の広がり把握するため）

③全国の活火山における噴気活動の把握のために

- ・ 三方向視（すくなくとも2方向）センサの継続とさらなる高分解能（<1m）
- ・ 三方向視（すくなくとも2方向）による運用頻度の拡大

謝辞

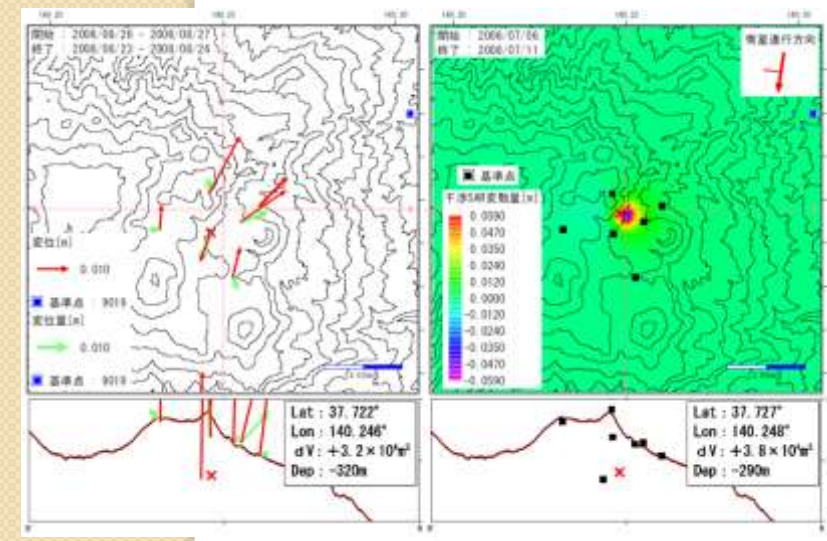
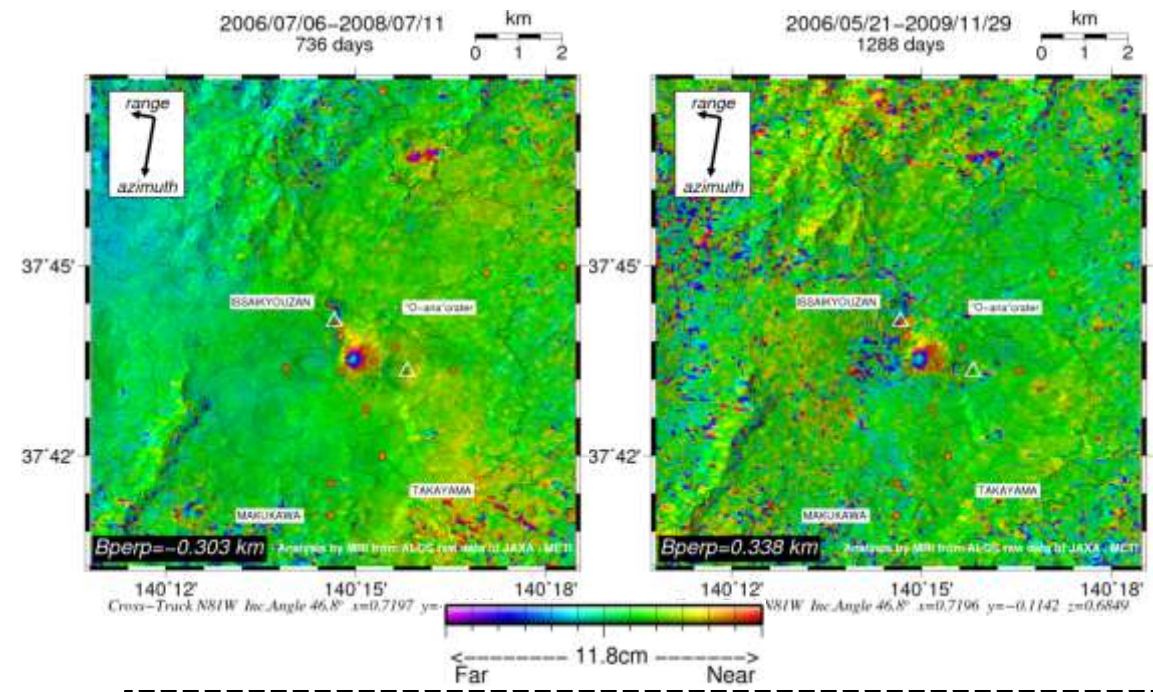
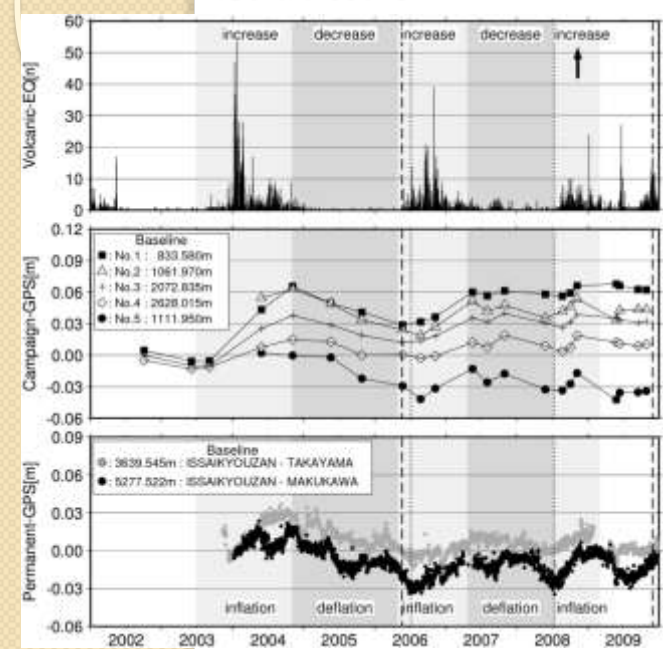
- 本研究で用いたAVNIR-2及びPRISMデータは火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通じて、気象庁と（独）宇宙航空研究開発機構JAXAとの共同研究（「陸域観測技術衛星データによる火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究」）の一環として、JAXAより提供されたものであり、原初データの所有権はJAXAにあります。
- 緊急観測や解析支援等の支援をいただいたJAXA及びRESTECの関係者の皆様に感謝いたします。

気象庁におけるALOSデータを用いた火山活動の把握について (ALOS/PALSARの利用事例)

【謝辞】本解析で用いたPALSARデータの一部は、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（火山WG）に基づいて観測・提供されたものです。また、一部はPIXELで共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものです。PALSARに関する原初データの所有権は経済産業省およびJAXAにあります。解析には、宇宙航空研究開発機構の島田政信氏により開発されたSIGMA-SARを使用させていただきました。記してお礼申し上げます。

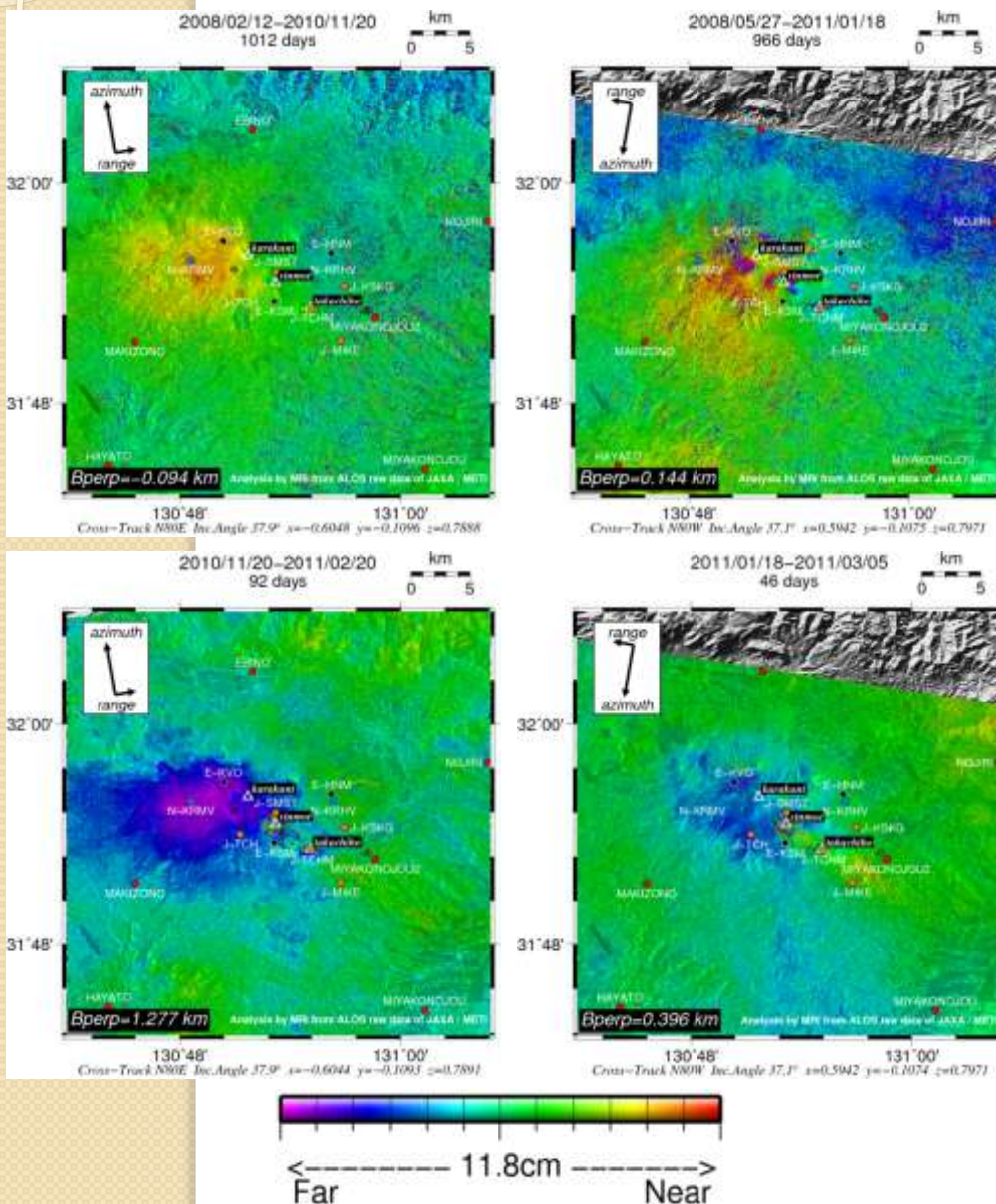
なお、干渉処理などの過程で国内火山については国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ（標高）」を、北方領土と一部離島については「SRTM3（90mメッシュ）」をそれぞれ使用し、地図の作成にはWessel and Smith（1995）によるGMTを使用した。また、描画方法などについて北海道大学の奥山哲氏、JAXAの宮城洋介氏から多くの助言を頂きました。お礼申し上げます。

吾妻山の解析結果



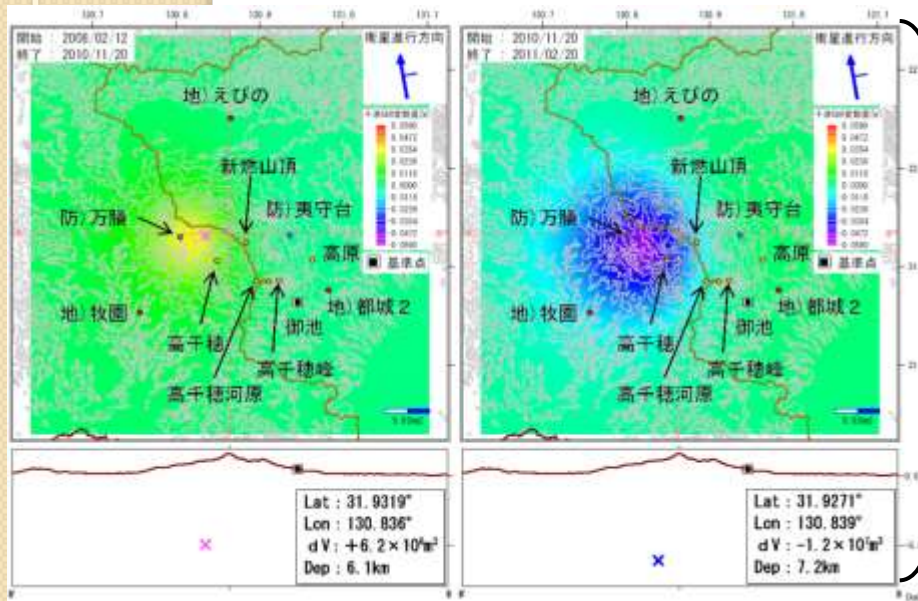
2008年11月11日に大穴火口付近において白色噴気が噴出した。このイベント直前には地震活動がやや活発化し、繰り返しGPS観測結果においても大穴火口を挟む測線に置いて基線長の伸びが観測されるなど各データに火山活動に伴う兆候が表れていた(左上図)。一方、2006. 7-2008. 7および2006. 5-2009. 11の干渉画像において、大穴火口を中心とした局所的な衛星に近づく方向の位相差が検出された(上図)。MaGCAP-V(福井ほか, 2010)を用いた球状圧力源を仮定した計算では、繰り返しGPS観測から計算された圧力源(深さ320m, $+3.2 \times 10^4 \text{ m}^3$)とSAR干渉解析から推定された圧力源(深さ290m, $+3.8 \times 10^4 \text{ m}^3$)はどちらも大穴火口直下に求まり、調和的な結果が得られた(左図)。

霧島山の解析結果



2011年1月19日に発生した小規模噴火は、26日には本格的なマグマ噴火となり多量の火山灰等を放出するなど活発な噴火活動に移行した。これら一連の噴火前および噴火前後のペアにおいてSAR干渉解析による地殻変動検出を試みた。その結果、噴火前のペアでは、アセンディング・ディセンディングの両軌道ともに、韓国岳の西南西約5 kmの場所（防災科学研究所のGPS観測点「万膳」付近）を中心に最大4～5 cm程度の衛星に近づく方向の位相差が認められた（左図上段）。また、噴火前後のペアでは、アセンディング・ディセンディングの両軌道ともに、やはり韓国岳の西南西5 kmの場所を中心とした最大5～6 cm程度の衛星から遠ざかる方向の位相差が認められた（左図下段）。

霧島山の解析結果



MaGCAP-Vを用いた球状圧力源および減圧減の推定では、それぞれ、韓国岳の西南西約5kmの場所において、深さ約6km, $6.2 \times 10^6 \text{m}^3$ の体積増加量と深さ約7km, $1.2 \times 10^7 \text{m}^3$ の体積減少量で干渉縞が説明可能なことがわかった

「だいち」/PALSARは雲や噴煙を透過して直接対象物を観測することが可能である。この特徴を生かして、噴火中の霧島山新燃岳火口内の変化について解析を行った。噴火前の2010年11月20日には火口内に湖が存在しているが(左図①)、本格的マグマ噴火後の2011年1月27日には火口内に溶岩ドームが形成され(左図②)、その後溶岩の蓄積が進み(左図③)、2月1日には火口内が溶岩でほぼ満たされる状況が詳細に把握できた(左図④)。また、この時期爆発的噴火が繰り返し発生していたが、3日の時点でも火口内の状況に特段の変化はないことがわかった(左図⑤)。なお、これらの解析などにより、1月31日には噴火警戒レベルが切替られ警戒範囲を2kmから3kmに拡大された。

