

火山噴煙の三次元気象レーダデータ解析ツール(ANT3D)

Analytical Tools for Three-Dimensional Weather Radar Data of Eruption Clouds (ANT3D)



鹿児島大学地域防災教育研究センター

Research and Education Center for Natural Hazards
Kagoshima University

概要

OUTLINE

火山噴煙の三次元解析ツール (Analytical Tools for Three-Dimensional Weather Radar Data of Eruption Clouds : ANT3D) は火山噴火に伴い形成される噴煙柱と火山灰雲のレーダ観測データを解析するためのツール群です。ANT3Dの開発は、防災科学技術研究所において作成された積乱雲用の様々なアルゴリズムを火山噴煙用に改良することで、2013年に鹿児島大学で始められました。開発言語はFORTRANベースからMATLABベースに変更されました。

噴煙柱や火山灰雲の観測は気象衛星、監視カメラ、目視観測などの受動的な方法によりおこなわれています。これらの手法は晴天時には有効ですが、降水時や雲が火口上空にかかっている時、あるいは夜間には効果的ではありません。このため、降灰分布を予測する移流・拡散モデルの重要な初期値である噴煙柱高度を決定できない場合があります。

これらの問題点を解決する有力な手段の一つとして気象レーダがあります。気象レーダはマイクロ波を用いて、火砕物の量や動きを検出できます。二重偏波機能を持った気象レーダは、偏波パラメータから粒子の形状、粒径分布、均質度などの情報を抽出できる可能性があります。

Analytical Tools for Three-Dimensional Weather Radar Data of Eruption Clouds: ANT3D are MATLAB based function tools designed to analyze volcanic eruption columns and ash clouds. Under development by Kagoshima University since 2013, ANT3D is based on modified Fortran programs that were created to analyze convective precipitation.

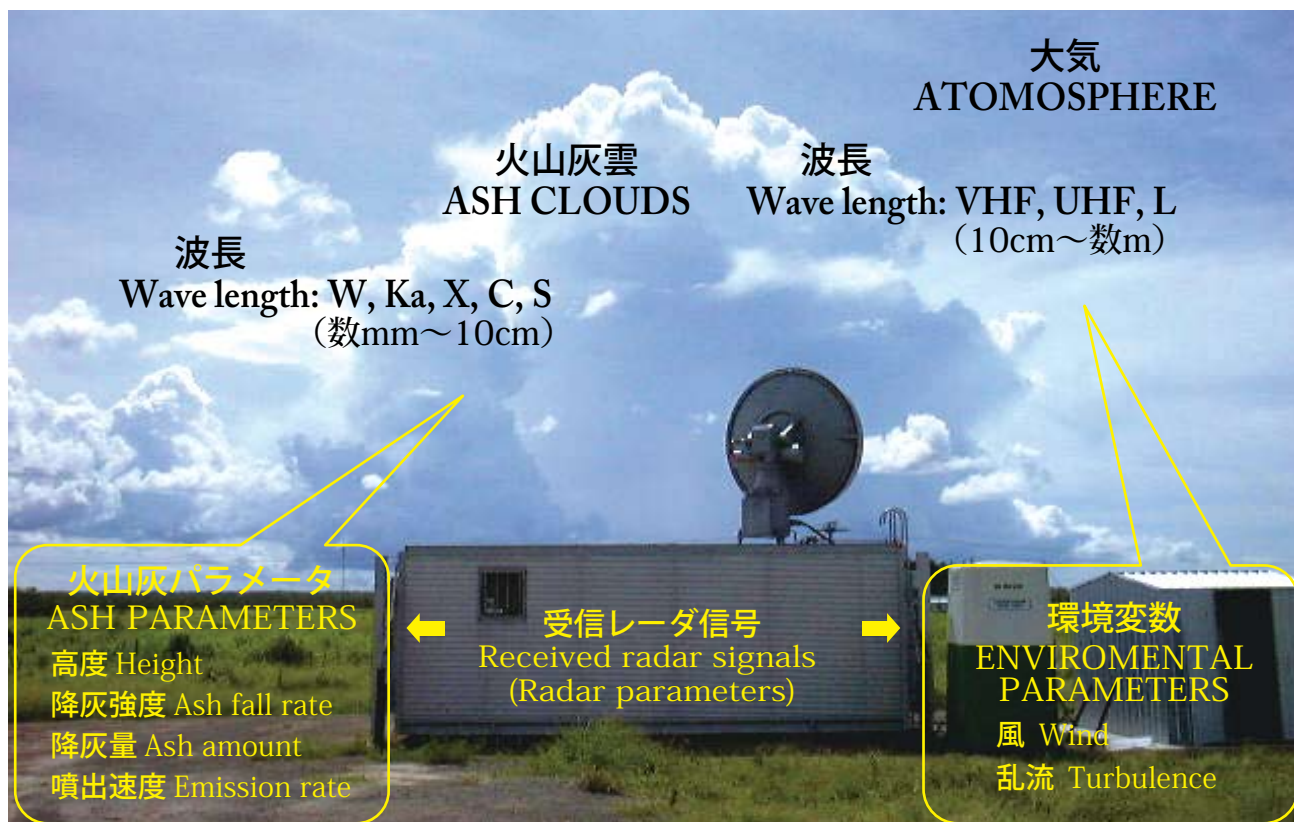
Passive sensors such as meteorological satellites, high-sensitivity cameras, and the human eye have been used to detect and monitor volcanic eruptions and ash clouds. Although these instruments are useful in fine weather conditions, they are of little use under precipitation conditions, when a volcanic crater is covered with clouds, or at night time. In such situations, it is difficult to estimate eruption column heights, which are one of essential initial conditions in numerical model forecasts of volcanic ash amounts.

With its ability to provide quantitative ash amounts and the kinematic structures in ash clouds using micro-waves, weather radar is one of dominant methods for solving the above-mentioned problems. Further, polarimetric weather radar is able to provide additional information on ash particles, such as their shape and particle size distributions.

気象レーダ観測から得られる情報 AVAILABLE INFORMATION FROM WEATHER RADAR

気象レーダは様々な波長や偏波の電波を発射します。発射した電波が噴煙柱や火山灰雲に当たると一部はレーダ方向に帰ってきます。レーダはアンテナにより収集された受信信号から、噴煙柱や火山灰雲の位置や内部の構造に関する情報を求めることができます。長い波長のレーダからは火山灰に加えて大気の流れ状態も測定出来ます。短い波長のレーダは小さな火山灰や雲粒の分布を測ることができます。偏波レーダを用いると火山灰粒子の粒径分布や形状に関する情報を得ることが出来ます。これらの情報を利用することで降灰量の定量的な把握や予測が可能となり火山防災や減災に役立つと期待されています。

Weather radars transmit electromagnetic waves in a variety of wavelengths and polarizations, parts of which are reflected and scattered by volcanic ash columns and volcanic ash clouds. The returned signals are received by the weather radar antenna and are use to retrieve the locations and inner structures of volcanic eruption clouds. Longer wavelength radar can measure atmospheric turbulence in addition to volcanic ash particles, while shorter wavelength radar can measure smaller ash particles and cloud droplets which longer wavelength radar can not detect. In addition, polarimetric radar is able to obtain information on particle size distribution and particle shape. It is expected that the quantitative ash fall estimations developed, and the forecasts made with the information gained, will mitigate volcanic hazards.



ANT3Dの構成

ANT3Dは機能面から、データ入力、噴火自動検出、三次元データ作成、三次元解析、火山防災に分類されます(図1)。

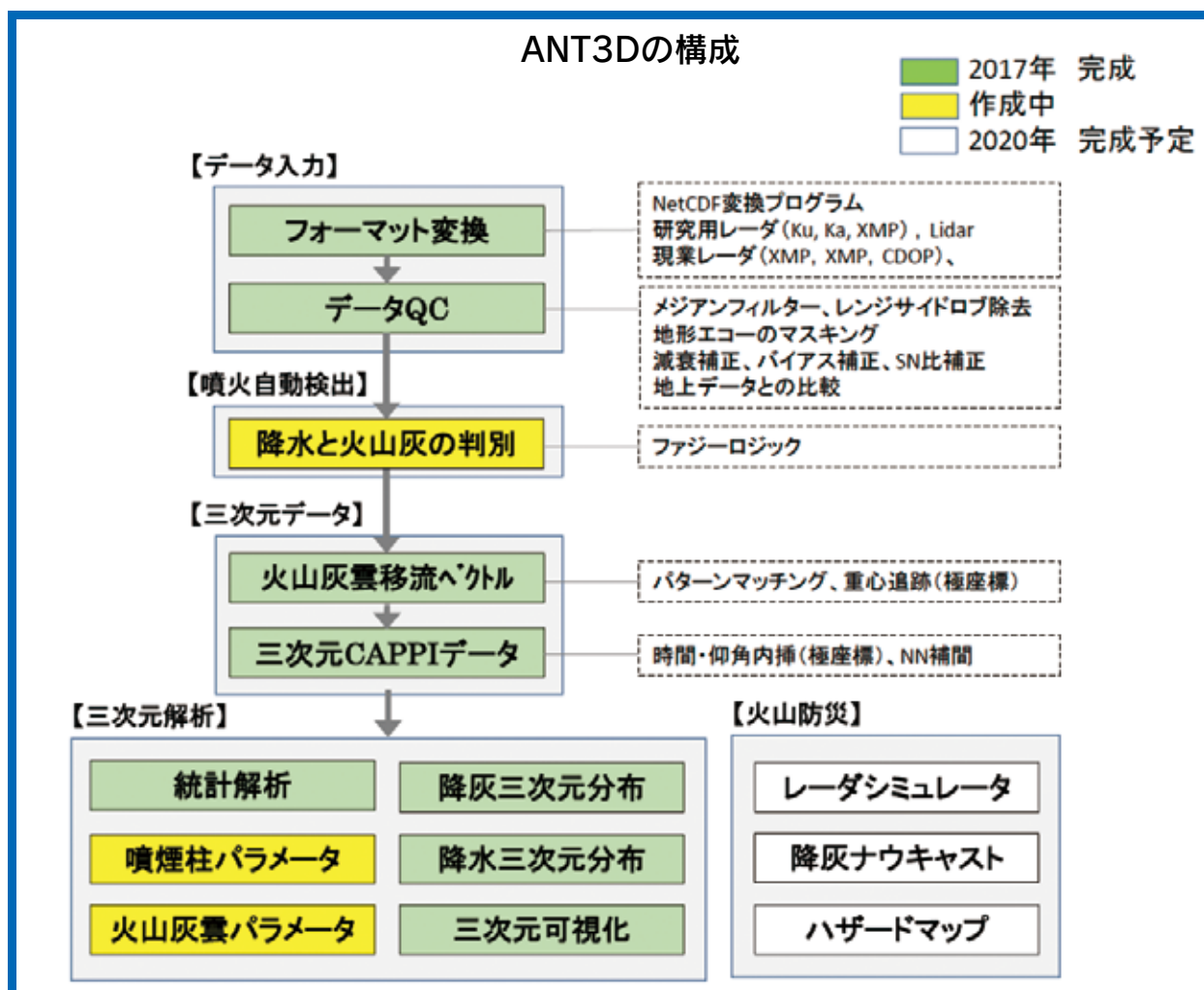
【データ入力】ANT3Dは様々な気象レーダのデータを扱えるように、NetCDFを標準データフォーマットにしています。品質管理(データQC)では、通常の補正アルゴリズムに加えて、噴煙柱によるレンジサイドロブの除去フィルタが用いられています。

【噴火自動検出】レンジサイドロブの有無、ドップラー速度、ドップラー速度スペクトル幅などの情報から噴火の自動検出を行います。

【三次元データ作成】ANT3Dの核心部分です。特に移動ベクトルの推定精度は三次元CAPPIデータの品質やその後の三次元解析の精度に影響します。ANT3Dでは極座標上でパターンマッチングと重心追跡法の二通りの方法を用いて移動ベクトルを求めています。

【三次元解析】三次元CAPPIデータを扱う解析ツールには基本的な統計解析や噴煙柱・火山灰雲のパラメータ推定、降灰・降水の三次元分布推定があります。これらの結果は三次元可視化ツールにより効果的に表示することができます。

【火山防災】レーダシミュレータ、降灰ナウキャスト、ハザードマップがありこれらは今後、開発する予定です。



ANT3D COMPOSITION

ANT3D is divided into the following five components, according to their functions:

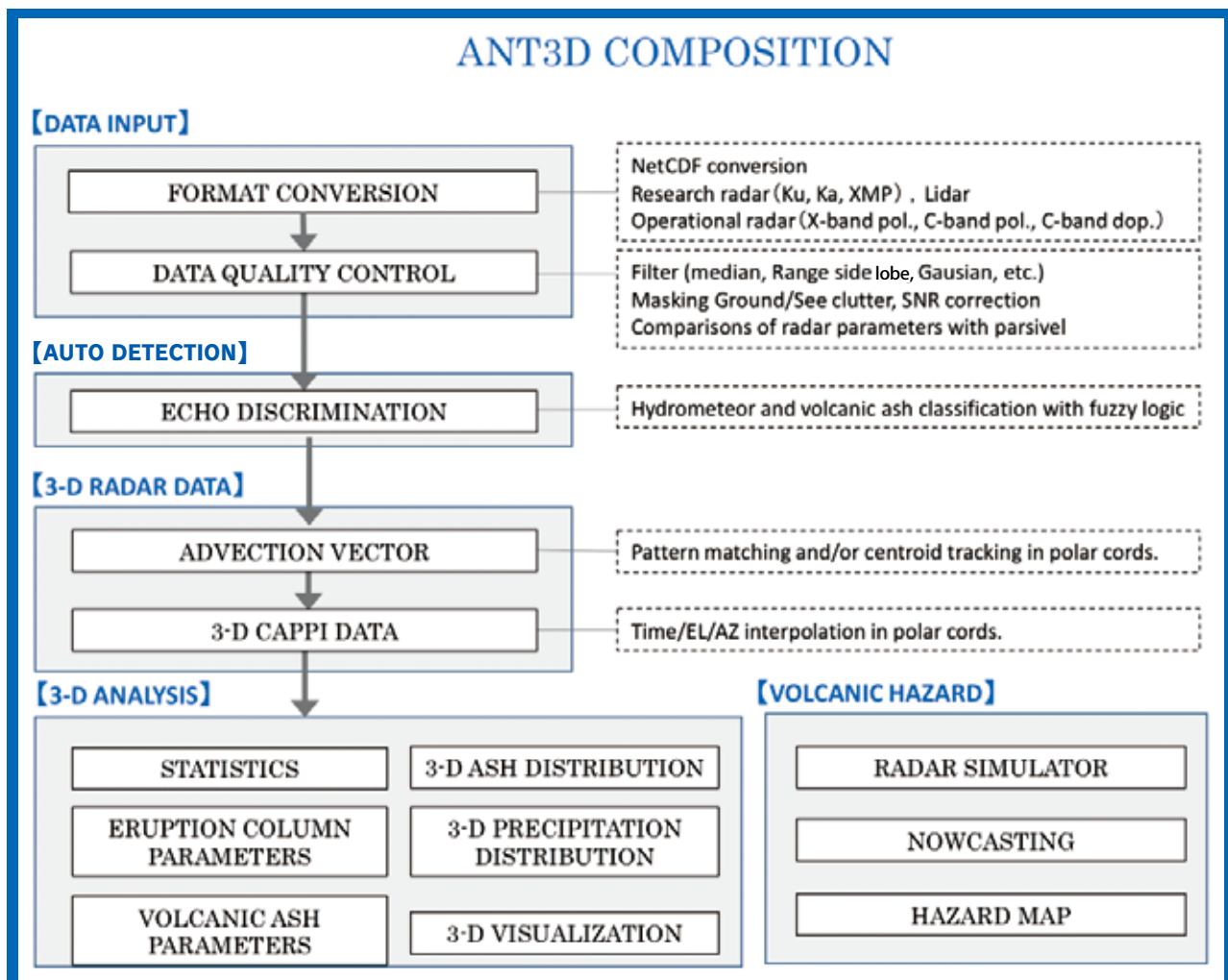
[DATA INPUT] ANT3D has a data format conversion program that can read a variety of weather radar data and convert them into NetCDF. The data quality control measures adopted by ANT3D include rain attenuation, range correction, ground clutter masking, median filter, and range-side lobe filter.

[AUTO DETECTION] Eruptions are automatically detected using range-side lobe, Doppler velocity, and Doppler spectrum width information. The classification of ash particles and hydrometeors is under development.

[3-D RADAR DATA] This component is a core part of ANT3D. The accuracy of advection vector estimation is essential for the construction of three-dimensional CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) data. ANT3D adopts the pattern matching and centroid position-tracking methods to estimate the advection vectors of ash cloud echoes at polar-coordinates.

[3-D ANALYSIS] This component consists of a variety of application programs: Basic statistical analysis, eruption column parameter retrieval, ash cloud parameter retrieval, threedimensional distributions of ash fall and precipitation. This information can be shown effectively by three-dimensional visualization methods.

[VOLCANIC HAZARD] Radar simulator, ash fall nowcasting, and dynamic hazard map of volcanic eruption, are planned for development.



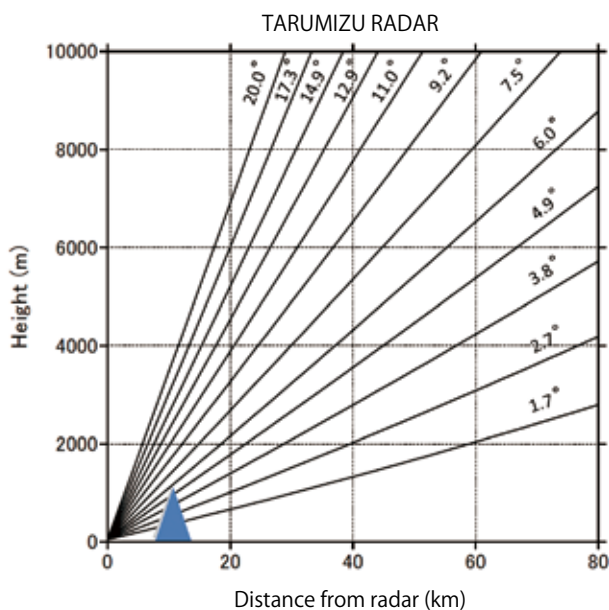
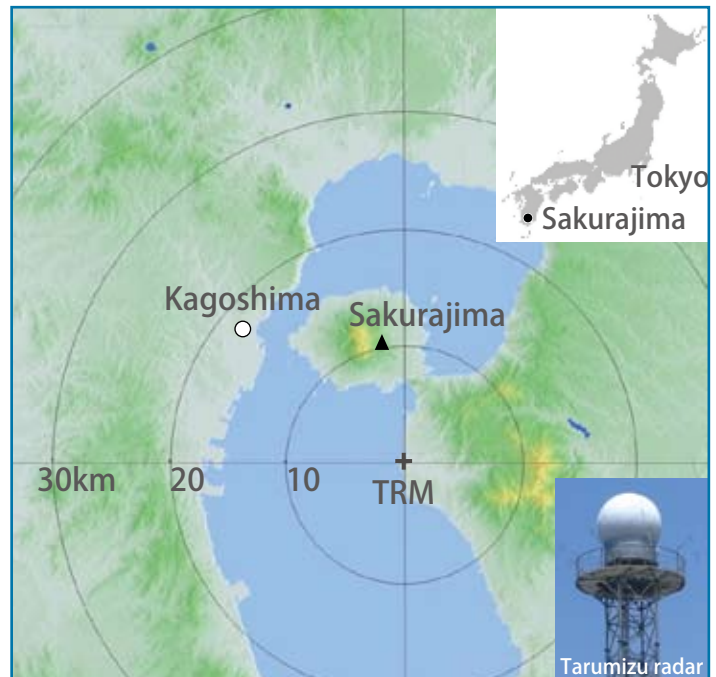
Xバンド MP レーダ X-BAND POLARIMETRIC RADAR

国土交通省垂水 X バンド MP レーダ

MLIT X-BAND POLARIMETRIC RADAR

桜島(▲)と垂水XバンドMPレーダ(TRM)の位置。

Location of Sakurajima (▲) and Tarumizu operational X-band polarimetric radars (TRM).



アンテナスキャンモード ANTENNA SCAN MODE

国土交通省垂水XバンドMPレーダのアンテナ仰角
(左図). 三角は桜島. アンテナスキャンの時間スケ
ジュール(下図).

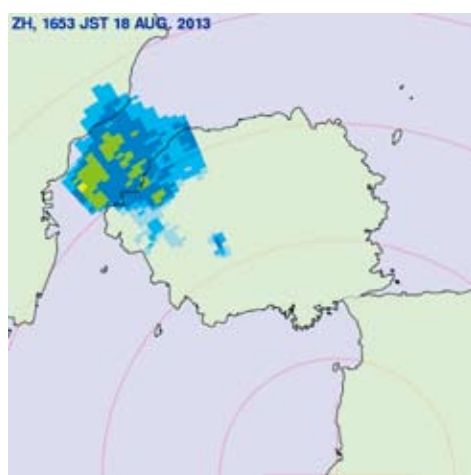
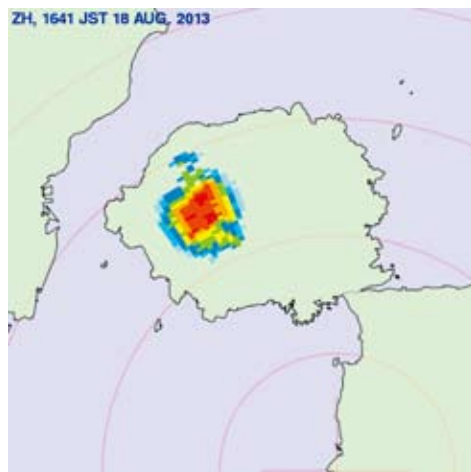
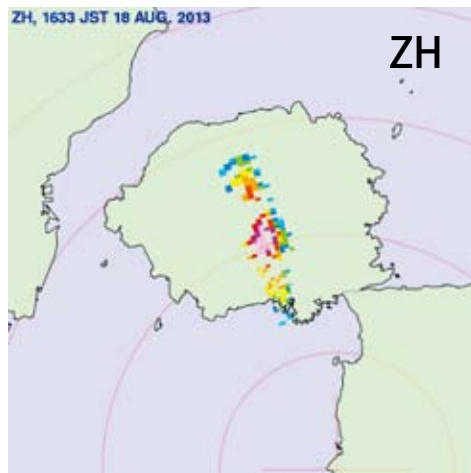
Left: Antenna elevation angles of the MLIT
Tarumizu X-band polarimetric radar. Sakurajima
is shown schematically by the blue triangle.
Below: Time schedule of antenna scans.

No	deg	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16	t17	t18	t19	t20	t21	t22	t23	t24	t25	t26	t27	t28	t29	t30
el12	20.0																															
el11	17.9																															
el10	14.9																															
el09	12.9																															
el08	11.0																															
el07	9.2																															
el06	7.5																															
el02	6.0																															
el05	4.9																															
el04	3.8																															
el03	2.7																															
el01	1.7																															

出力例 OUTPUT EXAMPLES

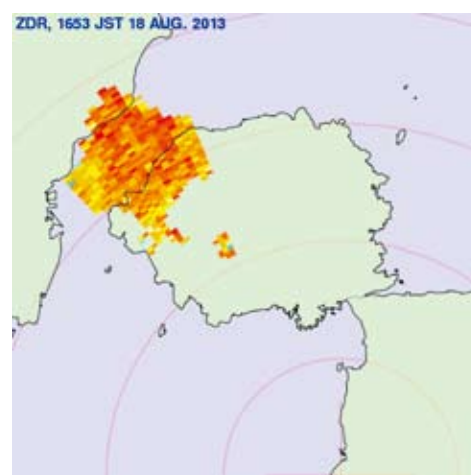
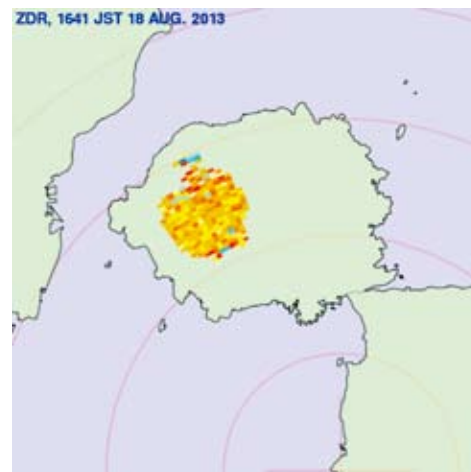
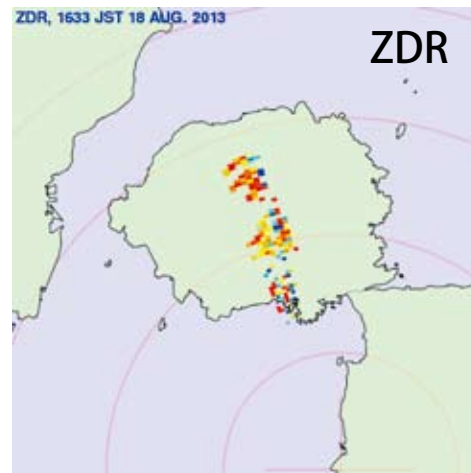
レーダ反射因子のPPI画像

PPI images of radar reflectivity factor



反射因子差のPPI画像

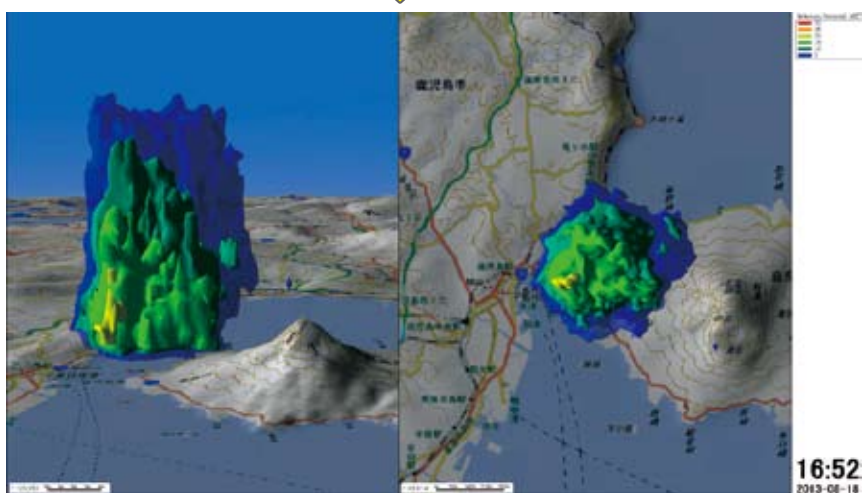
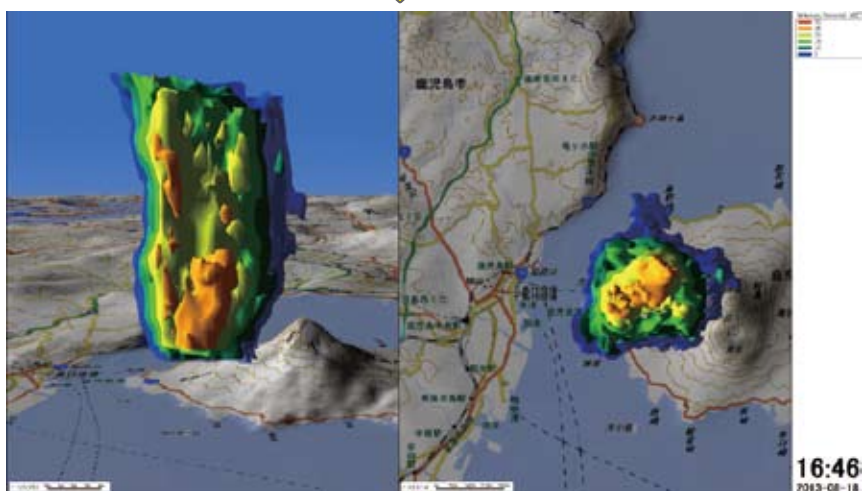
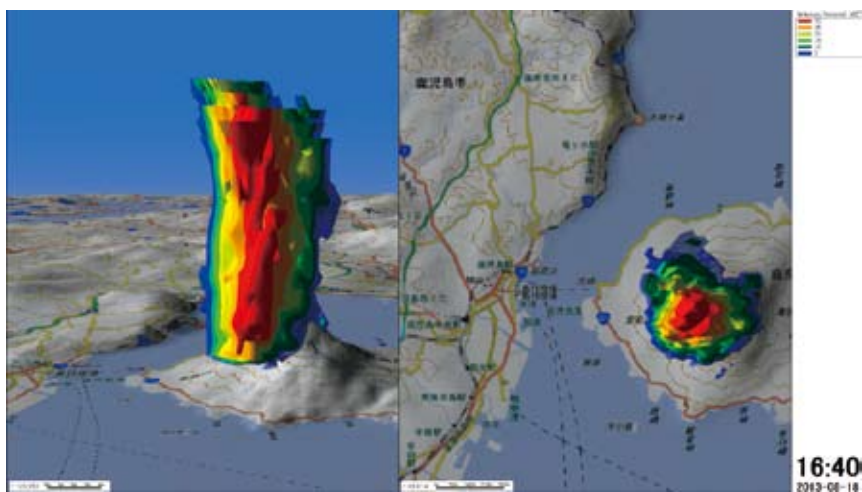
PPI images of differential reflectivity



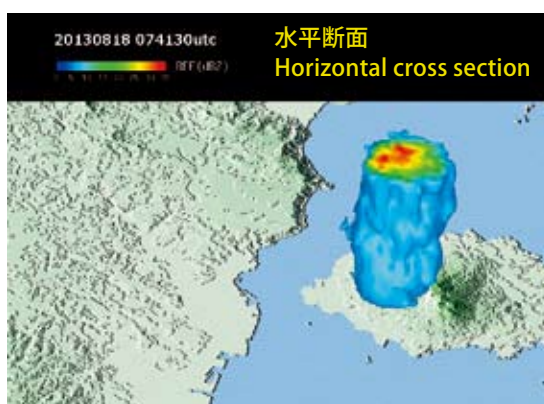
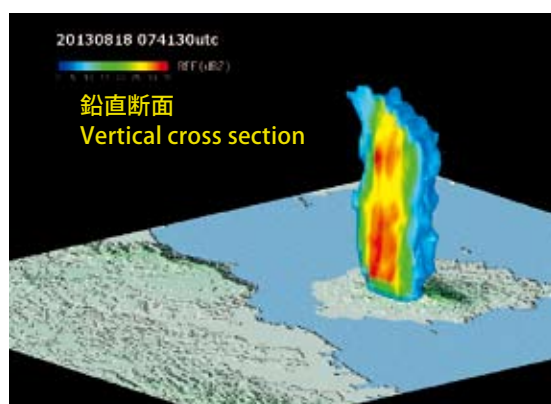
2013年8月18日の桜島噴火のレーダ画像(左:反射因子, 右:反射因子差)
Radar images of Sakurajima eruption on August 18, 2013.

ボリュームレンダリングと時間変化 VOLUME RENDERING & TIME CHANGE

桜島噴火 2013年8月18日16時31分 噴煙高度:5000m
SAKURAJIMA ERUPTION 2013/08/18/16:31 JST - Ash column height: 5000m

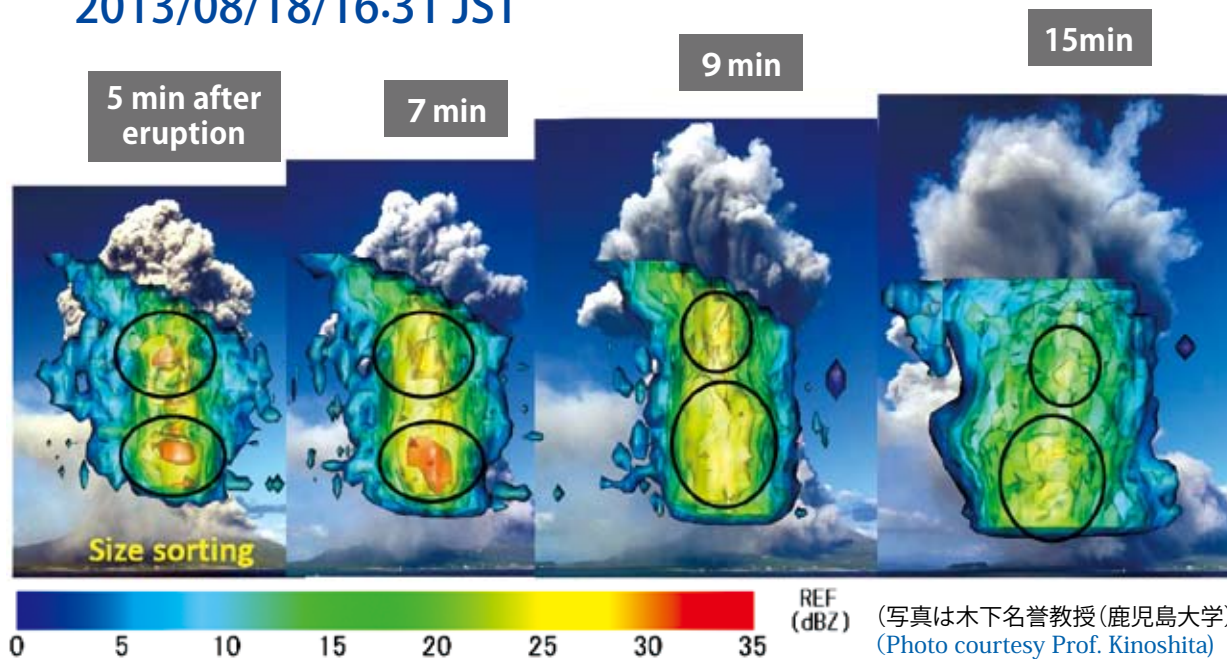


水平・鉛直断面 HORIZONTAL and VERTICAL CROSS SECTIONS



写真との合成 PHOTO COMPOSITION

2013/08/18/16:31 JST



レーダ観測風景 RADAR OBSERVATIONS



国土交通省X-MPレーダ(垂水)
MLIT X-band MP radar
(Tarumizu)



鹿児島大学火山観測用Kuバンド高速スキャンレーダ(桜島)
Kagoshima University Ku-band rapid scan radar
(Sakurajima)



昭和火口の噴火観測(桜島)
Ka-band radar observation
(Sakurajima)



パーシベルによる降灰粒観測準備(鹿大郡元キャンパス)
Preparation of Parsivel measurements of volcanic ash
particles (kagoshima Univ.)



キャンパス越しに眺めた桜島
Sakurajima from Korimoto, Kagoshima University



鹿児島大学メインキャンパス
Kagoshima University main campus

— ACCESS —



鹿児島大学地域防災教育研究センター Research and Education Center for Natural Hazards

TEL: 099-285-7234

FAX: 099-285-8495

〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40

(産学官連携推進センター棟 1 階)

Kagoshima universitycity innovation center 1F

1-21-40, Korimoto, Kagoshima-shi, Kagoshima, 890-0065, Japan