東大地震研共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」2015.12.21

桜島爆発噴煙の動態解析

木下紀正 鹿児島大学 教育学部 教育実践総合センター



桜島爆発噴煙の諸問題 a.噴煙放出の諸形態 - 中間まとめ

- 色: 灰煙、白煙、灰白煙
- 基本的形態:爆発噴煙、定常噴煙、 断続噴煙
- 爆発後は数時間の灰煙続く(定常的、脈動的あり)
- 爆発噴煙の脈動・多重爆発・断続
- 単発のパフは非常に稀
- 穏やかに始まる連続的灰煙あり
 (1995)阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物。
- 灰煙継続中の爆発あり

3. 爆発噴煙映像から見る噴煙放出過程 in 木下・坂本, 桜島2013年の噴煙活動と鹿 児島の大気環境, 研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」2013.12.19-20

b. 噴煙上昇の写真計測 ホ下・戸高, 鹿大教育学部研究紀要自然科学編,46, 15, 1994 ->ホ下,爆発噴煙の映像観測とアーカイブ,火山シミュレーション研究集会, 07.11.29

c. レーダーデータとカメラ映像との比較 鹿大・熊大 噴煙研究グ ループ,光学・レーダー観測と衛星画像による火山爆発噴煙の解析, 17CEReS環境リモセンシンポ, 2015.2

定常噴煙の拡散形態

木下紀正・吉田潔、桜島噴煙流の写真解析、鹿大 教育学部研究紀要自然科学編,42,1,1990 木下,火山噴煙の映像観測と解析,1998.2 Report

煙流軸が水平な直線 x軸とし、y, z軸を図3の様に取り、煙流の輪郭を断面が

 $Ry(x) = ax^{p} + c, Rz(x) = bx^{q} + c,$ (1)

の長径, 短径の長円となる錐形で表す



拡散パラメーターは図7と同じ。



3次元の座標変換の組み合わせとフィルム面への 2次元射影変換により求め、写真・ビデオデータと 比較



図7. 細い煙流の例. A点より 89.11.2, 6:23 の写真(f=21mm) 2枚を張り合わせて上下は カットしたものに対応する煙流輪郭図. 式(1)で初期拡散項c=200, 水平拡散係数(a, p)=(0.4, 0.8), 鉛直拡散係数(b, q)=(0.05, 0.7) としたもの. 煙流の5 km おきの断面を内接する 8角形で表し、それを点線でつなぐ. 横の直線は水平線. この2時間後に NOAA-10 の衛星画像が 得られ、細い煙流が薩摩半島を越え東シナ海に達していることが判った(VI. 3参照)。

図8. 大角度拡散の例. 89.11.21, 10:53, 重富より f=21mmの写真に対応. 煙流断面は2.5 km おき. 拡散パラメータは c=200, (a, p) = (1.0, 0.9), (b, q) = (0.1, 0.7). この42 分前に LANDSAT-5 (VI. 2, Fig. 2)、5分後に MOS-1の同様な衛星画像が得られている。



b. 噴煙上昇の写真計測

焦点距離とカメラの向きによる上すぼまり・倒れこみ効果を評価



図2. 桜島南岳から風下に向かう鉛直面のメッシュ図形の例. 格子間隔は鉛直方向 200 m, 水平方向 1 km パラメータは風向 WD(), カメラの向き: 左右 ThLR(),上下 ThUD(), 有効焦点距離 f·Conv(mm)

爆発噴煙の高度評価は航空機の灰煙遭遇回避にも重要

桜島火山噴煙の多点映像観測

鹿大・熊大 噴煙研究グループ

http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/sakushowa/

- 南岳から約
- A:WSW11km(鹿大)
- B:WSW10km(鴨池港付近)
- <mark>K</mark>:SW17km(錦江台)

T:SSE10km(垂水市役所)





Web Volc

火山と噴煙の写真やビデオ映像のページ - Volc

http://wwwkav.mydns.jp/volc/ 21世紀の桜島火山噴煙 (英文)

http://www.av.mydns.jp/volc/sa21c/sa-menu.htm 桜島噴煙の4点映像観測 2009-2014-

桜島噴煙 2014 A. Notable Eruptions and Flows

鹿児島大学-熊本大学 噴煙研究グループ

- Jan. : <u>1.22(erups 10:16, 14:35)</u>; Feb. : <u>2.2(</u>erup 15:49), <u>2.20(</u>erup 17:39); Mar. : <u>3.4(</u>erup 10:38), <u>3.23</u>, <u>3.28</u>; Apr. : <u>4.26(</u>small erup 8:06)
- May : 5.10(Erups 13:07, 16:14, 16:31, 16:49), 5.23(erup 11:28), 5.31; June : 6.6(Erup 13:06), 6.19(Erup 8:17); July : -
- Aug.: 8.31(Erups 14:51, 15:07); Sep.: 9.7, 9.8, 9.27, 9.28(Erup 15:23); Oct.: 10.7, 10.10, 10.16(erup 15:09), 10.19, 10.24(Erup 12:02)
- Nov. : <u>11.4(erup 15:58)</u>, <u>11.5(small erups 9:45, 17:04)</u>, <u>11.6</u>, <u>11.7(Erups 8:01,13:54, 14:43)</u>, <u>11.29(erup 16:11)</u>
- Dec. : <u>12.15(</u>small erup 8:42), <u>12.26(</u>stationary)
- ***** Observation sites and links ******
- A: <u>桜島の今</u> 鹿児島大学教育学部 / <u>比較的最近の桜島画像一覧</u>(2014-)
- B: <u>Panoramic view</u>, <u>21世紀の桜島火山噴煙</u>(-2013), BN: NIR web-camera, b: Manual Sony DSC-HX50V by Y.K.
- K: <u>錦江台から見た桜島</u> 2005.08.27 2015.01.10 (熊本大学)
- T: <u>垂水市役所から見た桜島</u> 2007.12.04 2014.11.24 (熊本大学)
- K, T: Movies of the eruptions 5.10_13:07, 16:32, 6.6_13:11 in <u>Notable Eruptions</u> (熊本大学)
- Z: <u>全天画像力メラ</u> at A : Splended scenes in <u>3.4</u>, <u>4.26</u>, <u>5.31</u>, <u>11.4</u>, <u>11.5</u>,
- レーダ観測: 火山噴火 in 鹿児島大学地域防災教育研究センター「極端現象の監視と予測に関する研究」

c. レーダーデータとカメラ映像との比較

垂水レーダ画像 Xバンド(3 cm) 仰角6度 走査2分毎 2013年 噴煙高度が3000m以上 計31事例 (-夜3例 = 昼28例) [Cf. 顕著な噴火動画 昼25例: 熊本大Web]

南日本新聞のwebカメラ、レーダ反射強度、 反射因子差、ドップラー速度、相関係数の動画、 レーダ反射因子の積算値分布 1枚のPPTファイル

真木雅之、気象レーダで検出可能な噴煙の最小反射強度について 地震研共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」2013.12.19





Views around 16:40 at different sites

2013-08-18 16:40:00 Tarumizu



K(SW17km) 16:40

Accumulated Reflectivity(mm^6/m^3),dt=2



T(SSE10km) 16:40

Height of eruption column 16:35



16:36





桜島爆発噴煙 2014.5.10_13:07



B 14510_13: 14.06v

T 13:13



BN 2014.5.10 13:07-18 1 min 1/3



510_1308





510_1313

510_1314





THE PARTY OF

510_1307

510_1312





510_1314



510_1315



510_1316



510_1317

510_1318

510_1319

510_1320

510_1325





Kaバンドレーダ(8 mm) 防災科学技術研究所 黒神 (昭和火口から約3.6km E) 2014.3.29-6.8

真木雅之他、気象レーダによる桜島火山噴煙の観測,火山学会,2014.10

爆発噴煙の上昇後2014.5.10_13:16-20



510 1316

510 1317

510 1318

510 1320



Kaバンドドップラーレーダの観測モード



空間分解能:レンジ方向 75m, 方位角・仰角方向0.3° 観測時間 :鉛直断面を10秒程度で観測 (Cf. 垂水X-MPレーダ :ボリュームスキャンに約5分)

小爆発と上昇2014.5.10_16:14-30-45

Kaバンドレーダによる断面図との比較



Eruption in coincidence with Landsat



噴煙上昇の平均的振舞い



実線と点線は[表1の]爆発噴煙の#31事例(Erup/Sel),全52事例(Erup/All) それぞれのa, c = Hmaxの平均値、破線は定常噴煙13事例の平均値を用いて $h(t) = -a(t-t0)^2 + c$ を計算. (1990.1-1993.12)

喧煙上昇ハフメーター	音煙_	上昇	パラメ	—タ—
------------	-----	----	-----	-----

木下·戸高(1994)

表2. 噴煙上昇パラメーターの統計量.				
		Erup/All	Erup/Sel	Stationary
Samples		52	31	13
	Av.	2139	2265	925
Hmax	S.D.	802	816	128
m	Max.	4400	4400	1100
	Min.	1050	1200	700
	Av.	19.3	20.2	9.4
v _i	S.D.	7.8	6.4	2.7
m/s	Max.	36.0	36.0	12.9
	Min	3.1	7.6	4.7
	Av.	0. 0501	0.0498	0.0252
a	S.D.	0.0361	0.0334	0.0108
m/s^2	Max.	0.2066	0.2066	0.0389
-	Min.	0.0016	0.0115	0.0079

表3	. 噴	煙上昇	パラン	メータ	一の相関係数
-					

	H_{max} , v_i	a, v _i	$\mathrm{H}_{\mathrm{max}}$, a
Erup/All	0.62	0.78	0.08
Erup/Sel	0.64	0.69	-0.04
Stationary	0.76	0.98	0.63

ご静聴有難とうございました.

謝辞

この報告は鹿大・熊大噴煙研究グループの成果に基づいています。メンバーの方々に深く感謝致します。

レーダー解析結果の使用について、真木雅之教授と共同研究者の方々に深く感謝致します。

参考URLと解説

火山と噴煙のページ http://wwwkav.mydns.jp/volc/ 衛星画像ネットワーク鹿児島 http://wwwkav.mydns.jp/sing/

木下、火山活動と噴出物の動態、大気環境学会誌50(2015), A48-57:入門講座「火山噴火と大気環境」第一講.