

はじめに

桜島の噴煙は、通常は爆発噴煙で 1000m~4000m、連続的に放出される噴煙で 500m~1000m の上昇する。噴煙の動きは風向き、強さに大きく左右される。

本研究で使用した Visual Basic による噴煙解析プログラムでは火山の噴煙流のシミュレーション[輪郭概形, や格子目盛]を様々な条件を与えて設定し、実際の撮影画像と重ね、比べることにより、より正確な噴煙流の読み取りに用いることが出来る。

図1のように噴煙流始点を原点とし、風下方向を x_A 軸 とする直交座標系 (A系とする) で、噴煙軸は水平な直線であるとし、下流 x では煙流の断面は長円であるとして、

$$\frac{y^2}{R_y^2} + \frac{z^2}{R_z^2} = 1 \quad (3.3)$$

$$R_y(x) = ax^p + c, \quad R_z(x) = bx^q + c \quad (3.4)$$

を用いて煙流の輪郭を表す。

$x=0$ の時は火口の真上で、そこで噴煙流の初期広がりとして、断面を半径 c の円とする。これは上昇過程における強い乱流拡散によって生じる。

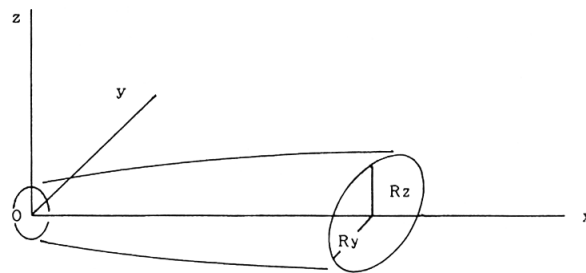


図1. 水平噴煙流軸を x 軸とする座標系での噴煙流の表現.

断面を水平半径 R_y , 鉛直半径 R_z の長円で表す.

透視変換

フィルム面は y_V 軸に垂直である。そこに結ばれる倒立実像の代わりに、焦点距離 f のレンズを投影中心に、 $y_V = f$ 面への平面投影として正立の透視図を求める。観測者の前方 ($y_V > 0$) の点 (x_V, y_V, z_V) は、この面上の点 (x_T, z_T) に図7の様に次の関係で射影される。

$$\begin{aligned} x_T &= (x_V / y_V) f \\ z_T &= (z_V / y_V) f \end{aligned} \quad (3.9)$$

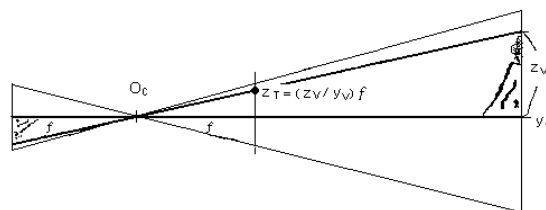


図7

撮影範囲として、(x_T, z_T) は 35mm フィルムの画面サイズ $36\text{mm} \times 24\text{mm}$ の枠内になければならない [デジタルカメラでは縦 24mm に換算するか、撮像素子対応で]。

噴煙流の透視図は数 km おきの断面を内接多角形で近似し、それを直線的につなぐものとする。

撮影条件のうち、カメラの回転角 θ_H と θ_V は得られた写真上の桜島と水平線との位置から求める。桜島が画面の外にある場合、 θ_H は桜島が画面内にある写真とのつながりから幾何学的に計算するか、開聞岳の位置から求める。これらのために噴煙図形とともに桜島南岳・北岳と海岸線の代表点数個をつなぐ線や無限遠の水平線を描くとともに、開聞岳山頂の位置も表せるようにする。そのために北岳と南岳 2 つのピークの高さとその距離、南岳を中心として北端・南端までの距離、西端も実際の位置関係を計測した。[稜線フィッティング,小堀ほか, 2019 では、数値標高データから撮影地点の稜線を作成し、写真の地形とフィッティングしてカメラパラメータを決定]

透視図を求めるためのパラメータ

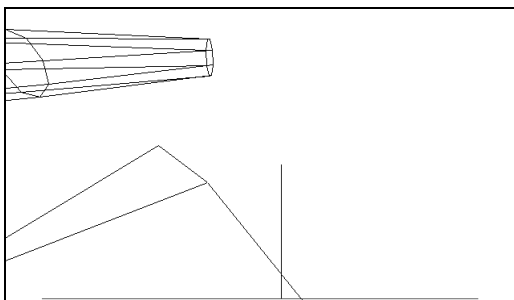
噴煙流の輪郭: c, a, p, b, q

噴煙流軸と観測始点の位置: $\theta_{WD}, L_H, L_D, \phi$ 、視点の海拔 H

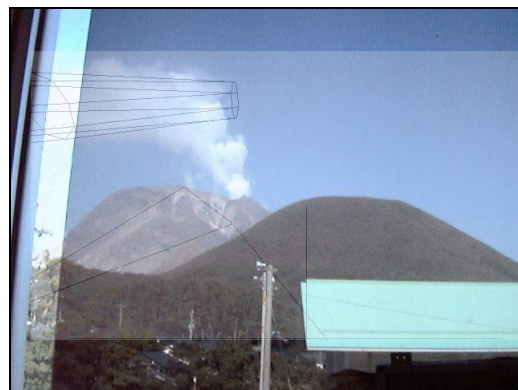
カメラの状態: f, θ_H, θ_V 、フレームの傾斜角、撮影日時

○その他の火山での噴煙解析

1. 薩摩硫黄島

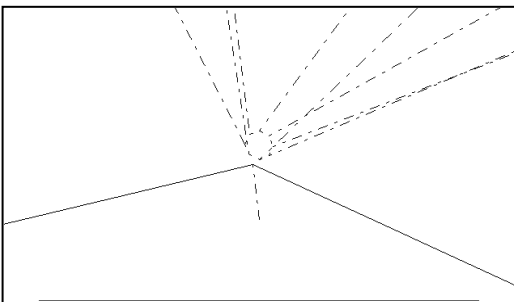


薩摩硫黄島の噴煙流シミュレーション



薩摩硫黄島:シミュレーションと実際の画像を重ねたもの

2. 諏訪之瀬島

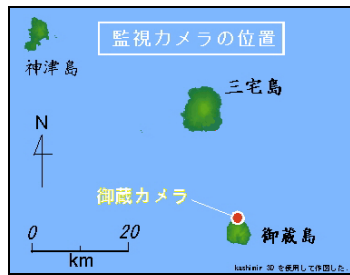


諏訪之瀬島噴煙流シミュレーション

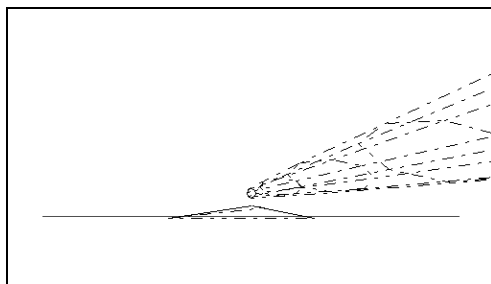


諏訪之瀬島:シミュレーションと実際の画像を重ねたもの

3. 三宅島



三宅島の観測点



三宅島の噴煙流シミュレーション [寺田暁彦氏提供の撮影画像について]



三宅島の火口と西方の端、間鼻・南方のツル根岬・北方の赤場暁の位置関係

[4. Mayon 火山 浜田修論, 2005]

おわりに

本研究において、桜島の噴煙流の Visual Basic によるシミュレーションを幾つかの問題点を改善しながら作成することができた。そして、そのプログラムを他の火山の噴煙流シミュレーションに利用できることもわかった。これを使い、実際のデジタルカメラで取られた噴煙流の画像と重ね合わせてみることによって、噴煙流について研究することもできる。しかし、実行画面のシミュレーションされた部分の縦横比の問題など、まだ改良の余地はある。最後に、本研究を行うにあたりご指導いただいた木下先生をはじめ、三仲先生や相談にのっていただいた大学院生・卒業生の方々、物理ホームの皆さん方に感謝の意を表したいと思います。ありがとうございました。

参考文献

- ・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
- ・「写真による三次元測定～応用写真測量～」日本写真測量学会編(1983.6.5)共立出版
- ・林 晴彦、「新 Visual Basic 入門～ビギナー編～」林 晴彦 (1998.10.30) ソフトバンク株式会社
- ・小牟田 央、薩摩硫黄島の噴煙観測と気象条件の解析、鹿児島大学教育学部卒業論文、2002
- ・井上 利洋、桜島噴煙の映像観測と動態の解析、鹿児島大学教育学部卒業論文、2002
- ・寺田暁彦・大湊隆雄・井田喜明・千木良康志・渡辺義宗、Windows マシンを用いた自動噴煙撮影システムの構築 —三宅島火山の噴煙観測—、噴煙と火山ガスの動態を探る —三宅島 2000 年噴火にあたって—、2001

[木下 紀正・戸高 聖子、桜島噴煙上昇の観測と解析、鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学篇 (46), p15-28, 1994 鉛直グリッドの格子目盛]