

桜島噴煙映像を用いた風向・風速算出の試み

川越知明¹・○飯野直子¹・福原稔¹・片野田洋¹・木下紀正¹・金柿主税^{1,2}

¹鹿児島大学 ²天草市立御所浦北中学校

1. はじめに

世界の活火山の約10%を有し、離島火山も多く抱えるわが国にとって、活発に活動する火山から放出される高温型火山ガスや火山灰煙による災害を防止するための研究は重要である。火山からの二酸化硫黄 (SO₂) 放出量の測定は、これまでヘリなどからCOSPEC (相関スペクトロメータ) を用いた観測によって行われてきた。最近では、DOAS法を用いた小型SO₂観測システムの開発、実利用が始まっている[1]。

われわれの研究の最終目標は離島火山から放出される SO₂ の遠隔自動観測法の開発である。火山ガスの放出量を算出する際に必要となる風速情報を、連続自動観測した噴煙映像より粒子画像速度計測法 (PIV) を用いて算出する。ただし、噴煙の流向は一方向から撮影した噴煙映像のみから目視によって判断することは困難である。そこで本研究では噴煙の平面投影プログラム[2]を用いて噴煙の流向を求め、PIV によって算出した流速を換算することによって、噴煙の移流高度における風速を求める。ここでは、2006年10月24日13時26分00秒から13時33分30秒に撮影した桜島噴煙映像を用いて解析した結果を報告する。

2. 撮影システム

桜島噴煙活動を観測するために、2006年10月18日より垂水市役所 (図1) に Windows XP 搭載のノート PC に Web カメラを接続したシステムを設置した (図2)。Web カメラは 130 万画素 CMOS センサ搭載の Logicool QVX-13N を使用した。

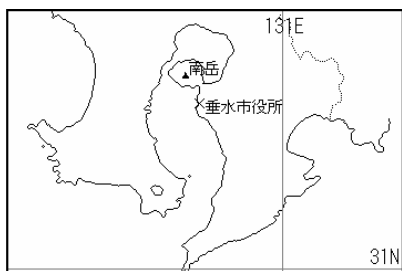


図1 南岳,垂水市役所,鹿児島地方気象台の位置

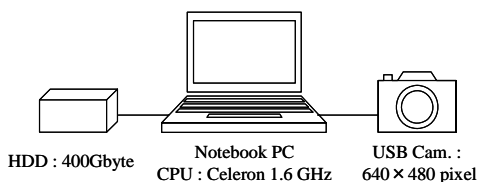


図2 観測システム概要

画像サイズは 640 × 480 pixel、RGB24bit フルカラーである。撮影及び画像の保存には定点観測用ソフトウェア ListCam (フリーソフトウェア) を使用した[3]。撮影間隔は 30 秒とし、画像劣化のない BMP 形式で外付けハードディスクに保存した。

3. PIV による噴煙移流速度の算出

PIV 計測はライブラリー社の流体画像解析ソフト Flow-vec32 を用いた。画像に示される濃度むらパターンを時間的に追跡する方法により、流れのベクトル解析を行うものである[4]。カラー画像からグレースケール画像への変換はソフトウェアによって自動的に行われる。パラメータは以下の通り設定した。輝度むらパターンを捉える基準サイズを 21 ピクセル (約 290 m)、計測点の移動を探索する追跡サイズを 121 ピクセル (約 1660 m)、計測対象とする輝度範囲を 30~180、平均輝度下限を 50 とした。

4. 平面投影プログラムによる風向の算出

噴煙流の輪郭は、噴煙流始点を原点とし、風下方向を x_1 軸とする直交座標系で、噴煙軸は水平な直線、下流 x では噴煙流の断面は長円であるとして、次の式で表される。

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

$$R_y(x) = a x^p + c, R_z(x) = b x^q + c \quad (2)$$

ここで、 R_y, R_z は下流 における噴煙の断面の水平半径、鉛直半径である。(1)、(2)式を基本とし、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、噴煙流の透視図を描画する平面投影のプログラム[2]を Visual Basic を使用して作成する。噴煙流軸の海拔高度、噴煙の流向、観測点からの距離をパラメータとして入力し、噴煙流の輪郭を表す3次元図形の透視図を描き、観測映像にスーパーインポーズして照合することによって噴煙の移流高度や流向を求めることができる。ここで設定したパラメータは、噴煙流軸の海拔高度が 1200 m、噴煙の流向が 355°、観測点からの距離が 9 km である。

5. 風速の算出

図3に垂水市役所と桜島南岳の位置関係及び、撮影面と実際の噴煙の移流方向の位置関係を示

す。垂水市役所から見て南岳は方位角 332° にある。図 3 に示す幾何学的関係より、実際の風速は以下の(3)式で求められる。

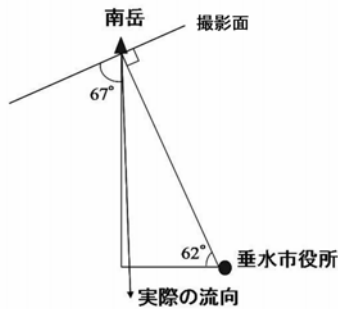


図 3 位置関係

$$\text{実際の風速} = \frac{\text{PIVにより求めた噴煙移流速度}}{\cos 67^\circ} \quad (3)$$

6. 結果と考察

図 4 に PIV による解析結果を示す。2006 年 10 月 24 日 13 時 26 分 00 秒から 13 時 33 分 30 秒の平均ベクトルを示している。噴煙移流速度は 0.171~1.282 m/s と算出された。図 5 に平面投影プログラムによるシミュレーション結果を示す。噴煙の移流高度は 1200 m、噴煙の流向は 355° とわかった。これらの結果から(3)式によって実際の風速に換算する。解析により算出した風向風速と高層風データとの比較を表 1 に示す。高層風データは鹿児島地方気象台で同日 9 時に観測された高度 1068m のデータである[5]。

映像から求めた風向と高層風観測の風向はよく一致している。風速に関しては、算出した風速は 0.97~9.06 m/s と広範囲にわたっている。図 4 からわかるように、青空を背景とする噴煙部分はほぼ妥当な結果が得られているのに対して、雲と重なっている部分は風速が小さく算出されている。映像に示される濃度値は行路長の積分値であるため、雲の影響を受けている可能性が考えられる。

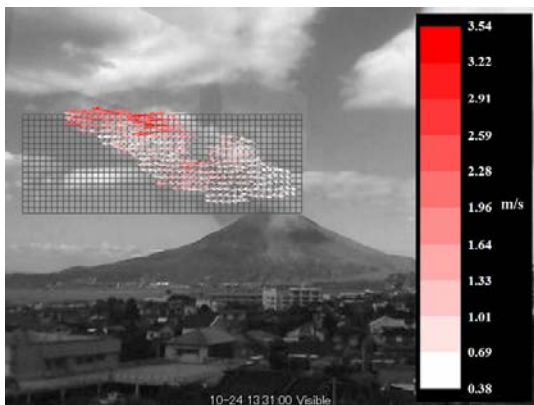


図 4 PIV 解析結果



図 5 平面投影プログラムによる透視図のスーパーインポーズ画面

表 1 算出した結果と高層風との比較

	風向 (°)	風速 (m/s)
求めたデータ	355	0.97~9.06
高層風データ	357	13

また、噴煙映像の撮影時刻と高層風観測時刻に約 4 時間の開きがあることが影響している可能性もある。今後、高層風の観測時刻に近い時刻の晴天時のデータを得るために噴煙観測を継続し、さらなる検討を行う必要がある。

7. おわりに

PIV と平面投影プログラムとを組み合わせることにより、連続自動噴煙観測映像から風向及び風速を求めることができた。風向はよく一致したが、風速に関しては PIV 計測における雲の影響が示唆された。噴煙観測の継続とさらなる検討を行う予定である。

謝辞

噴煙観測システムの設置に便宜を図っていただきました鹿児島県の垂水市役所に深く感謝いたします。本研究は文部科学省科学研究補助金若手(B)18710152 から助成をうけました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] GSJ ニュースレター No.6, 2005.3 (<http://www.gsj.jp/gsjnl/html/nl6/03.html>). [2] 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，pp.1-19，1990. [3] ListCam インターネット Web カメラ定点観測画像記録システム (http://www.clavis.ne.jp/~listcam/index_j.ssi). [4] 加賀他，気流分布の画像計測のためのパターン追跡アルゴリズム，可視化情報 14(53)，pp.108-115，1994. [5] University of Wyoming, Dept. Atmospheric Science; <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.