

CCTVカメラを用いた火山噴火位置推定の試み

国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所 光永健男・中戸真一・大西竜太*1・高橋麻里*2・久須美晨夫
 アジア航測株式会社 ○田中利昌・佐々木寿・野中秀樹・森貴章・江川香・杉下七海
 *1：中部地方整備局 *2：沼津河川国道事務所

1. はじめに

火山噴火時の砂防部局には、土砂災害防止法に基づく緊急調査や火山噴火緊急減災対策砂防計画による緊急減災対策(ハード・ソフト対策、リアルタイムハザードマップの提供など)といった役割がある。緊急減災対策を実行するために必要な情報の一つに「噴火位置の迅速な把握」がある。噴火位置は、緊急減災対策の対策溪流の選定やリアルタイムハザードマップでの数値シミュレーションにおける計算開始点の設定といった条件となるからである。ただし、現状、噴火後に緯度・経度等のような位置情報を付与した噴火位置を公表する役割が機関はない。そのため、噴火後に迅速に緊急減災対策を実行するためには砂防部局での火山観測も必要となってきている。

本研究では、富士山周辺に設置されたCCTVカメラで撮影されたカメラ画像と地図データ(位置情報を持つラスター)、地形データ(DEM・DSM)を用いて、配信されている映像から3次元座標を推定する手法について検討し、精度検証をおこなった。本発表では、その結果について報告する。

2. 噴火位置の推定手法

カメラ画像から噴火位置の推定は、次節に示す3つの手法を採用した。本研究では、各手法を用いてカメラ画像から3次元座標を取得できるプログラムを開発し、使用した。

2.1 手法1: 1台のCCTVカメラによる噴火位置の推定

1台のCCTVカメラによる噴火位置の推定は、3次元モデルから位置推定する手法を採用した。本手法は、カメラ画像が「どの位置」から「どのような向き」で撮影されたかという情報(カメラ標定情報、詳細は3.2参照)から、1つの画像から3次元座標が算出できる。

2.2 手法2: 2台のCCTVカメラによる噴火位置の推定

2台のCCTVカメラによる噴火位置の推定は、前方交会法によって3次元座標を取得する手法を採用した。前方交会法は、対象物座標を求めるため、2箇所以上の場所から対象物への方位角を計測し、その交点を求める手法である。前方交会法は視準方向が交わる点が目標の位置として定める特徴がある。その特徴から、カメラの組合せによって計測精度が異なる(図1)。

2.3 手法3: 3台以上のCCTVカメラによる噴火位置の推定

3台以上のCCTVカメラによる噴火位置の推定は、視体積交差法によって3次元座標を取得する手法を採用した。視体積交差法は、複数視点から撮影された物体

の「シルエット」を使用し、各視点を頂点、シルエットを断面とする錐体の共通部分を求めることで位置を推定する手法である。本研究では、カメラ画像に噴煙形状のイメージを作成しシルエットとした(図2)。本手法は、噴煙等で地表が見えない場合を想定して採用した。

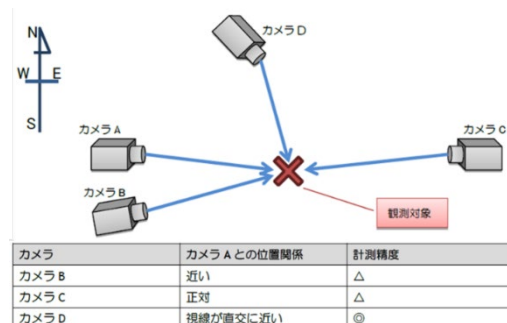


図1 カメラ位置関係の組み合わせイメージ(手法2)



図2 手法3で使用した画像例(富士市役所)

3. 検証対象カメラとデータ作成

3.1 検証対象カメラと使用データ

本研究では、国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所が管理する富士山南麓に配置されたCCTVカメラ(太郎坊・勢子辻・富士宮市役所・富士市役所)を対象とした(図3)。

使用データは、カメラの諸元、可視・熱画像、航空測量成果である。カメラ画像は、JPEG形式で可視画像は1360×765ピクセル、熱画像は1280×720ピクセルの解像度であった。



図3 検証に用いたCCTVカメラ

3.2 カメラ標定

カメラ画像（2次元）から3次元座標を取得するため、カメラ画像と3次元モデルの重ね合わせが必要となる（カメラ標定）。カメラ標定は、カメラの位置（緯度・経度・標高）、撮影方向（方位角・仰俯角・回転角）、画角（縦横ピクセルサイズ・視野角）を調整し、カメラ画像と3次元モデルが同じ景観となるデータを作成した（図 4）。各調整は、カメラ画像を地形データ（赤色立体地図）・地図データ（DSM）に取り込み、山体の重なり度合を確認しながら重ね合わせた。

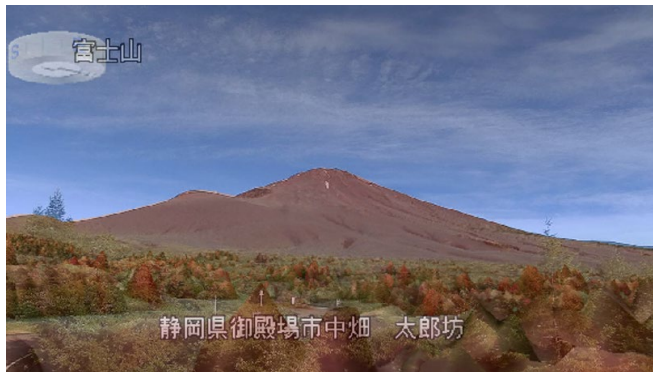


図 4 カメラ画像と3次元モデルの重ね合わせ(太郎坊)

4. 精度検証

開発したプログラムおよびカメラ標定した3次元モデルを用いて、設定した検証位置までの直線距離を算出（推定距離）した。検証位置は、対象CCTVカメラで視認できる宝永火口縁とした（図 3 赤丸）。検証位置の選択は、カメラ標定した3次元画像とカメラ画像を見比べ手動で行った。精度は、CCTVカメラと検証位置までの実距離と推定距離の差（誤差）を算出することで評価した（表 1～表 3）。精度検証位置とカメラ位置との距離は、太郎坊：約4km、勢子辻：約11km、富士宮市役所：約18km、富士市役所：約21kmである。

表 1 手法1(1台のCCTVカメラ)での精度検証結果

No	CCTV カメラ	誤差(m)
1	太郎坊	49.8
2	勢子辻	39.3
3	勢子辻(熱)	144.4
4	富士宮市役所	192.6
5	富士市役所	179.2

表 2 手法2(2台のCCTVカメラ)での精度検証結果

No	CCTV カメラ組み合わせ	誤差(m)
1	勢子辻・富士宮市役所	8.3
2	勢子辻・富士市役所	89.2
3	勢子辻・太郎坊	39.6
4	太郎坊・富士宮市役所	32.5
5	太郎坊・富士市役所	51.7
6	富士宮市役所・富士市役所	207.3

表 3 手法3(複数台のCCTVカメラ)での精度検証結果

No	CCTV カメラ組み合わせ	誤差(m)
1	太郎坊・富士宮市役所 富士宮市役所・勢子辻	88.4

5. 考察

5.1 手法1について

手法1での誤差の幅は、39.3～192.6mとなった。そのうち、精度検証位置とカメラ位置の距離が比較的近いカメラの誤差は39.3m～49.8m（太郎坊、勢子辻）、比較的遠いカメラの誤差は179.2m～192.6m（富士宮市役所、富士市役所）であった。つまり、検証位置までの距離が長くなるほど精度が下がる。

これは、距離が遠くなるほどカメラ画像から検証位置を選択することが難しくなるためと考える。本検証では、ズームはしないで一定画角のカメラ画像から検証位置を選択し推定距離を算出した。そのため、距離が遠くなるほどカメラ画像内の検証位置は小さくなる。よって手動での選択にズレが生じやすくなる。同様に、熱画像は、検証位置の選択の難しさから同一地点の可視画像よりも精度が低くなったと考えられる。

5.2 手法2について

手法2での誤差の幅は、8.3m～207.3mとなった。採用した前方交会法は、カメラ組み合わせにより計測精度に差がでる（2.2 節参照）。「勢子辻・富士市役所」と「富士宮市役所・富士市役所」のカメラの組み合わせは、カメラ位置関係が近接しており、前方交会法に適しておらず、差が大きくなったと考える。前述の2つを除く組み合わせでは、誤差が8.3m～51.7mとなる。

5.3 手法3について

手法3での誤差は、88.4mであった。視体積交差法は、設定したシルエットを基とするため、手法1・2に比べると誤差が大きくなる傾向にある。

5.4 精度向上について

3つの手法における誤差は8.3m～207.3mであり、数10mオーダーの誤差が生じた。誤差の要因の1つに、カメラ画像の解像度があると考えられる。使用したカメラ画像は、サイズ圧縮されており1ピクセルあたり約12.5mの精度であった。そのため、カメラ標定作業の正確さや検証位置の選択（画面クリック位置）の判断に影響がでてきたと考えられる。今後、精度向上のため高解像度カメラ画像の取り込みが必要である。

さらに、必要な精度を担保するため、カメラ設置位置の検討も必要である。

6. まとめ

本研究を以下にまとめる。

- カメラ画像から複数の手法で3次元座標を推定するプログラムを開発し、噴火位置の推定を想定した精度検証を実施した
- 精度検証の結果、各手法により求めた3次元座標に大きな差はなかった
- 各手法の最適な結果（手法1の距離が遠いカメラの結果、手法2の前方交会法に適していないカメラの結果を除く）では、誤差が8.3m～88.4mとなった
- 今後は高解像度画像での検証や砂防部局で必要とする推定精度の検討等が必要