

様式 6

平成 19 年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1. 研究種目名 一般共同研究
2. 課題番号または共同利用コード 2007-G-05
3. 研究課題(集会)名  
和文：3次元写真測量を用いた阿蘇中岳火口周辺の精密地形計測  
英文：3D Modeling of Topography around the Nakadake Crater of Mt. Aso using Digital Photogrammetry
4. 研究期間 平成 19年 4月 1日 ~ 平成 20年 4月 30日
5. 研究場所 九州東海大学、阿蘇中岳周辺
6. 研究代表者所属・氏名 東海大学産業工学部環境保全学科・小林 茂樹  
(地震研究所担当教員名) 大久保修平
7. 共同研究者・参加者名(別紙可)

共同研究者名	所属・職名	備考
大倉 敬宏	京都大学・火山研究センター	
奥田 隆	名古屋大学・地震火山・防災研究センター	

8. 研究実績報告(成果)(別紙にて約 1,000 字 A4 版(縦長)横書)(別紙に作成)
10. 成果公表の方法(投稿予定の論文タイトル、雑誌名、学会講演、談話会、広報等)

- 備考
- ・研究成果を論文等で発表される場合、以下の形式の文章を謝辞等に記載して下さい。  
(英語)This study was supported by the Earthquake Research Institute cooperative research program.  
(和文)本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。
  - ・特定共同研究 B については、プロジェクト終了年度に冊子による報告書の提出が必要です。
  - ・研究成果について、本所の談話会、セミナー、「広報」での発表を歓迎いたします。

## 8. 研究実績報告（成果）

研究課題： 3次元写真測量を用いた阿蘇中岳火口周辺の精密地形計測

### 1. はじめに

一般用デジタルカメラを用いた3次元写真測量技術の火山測地学への応用について検討した。

ステレオビジョンによる3次元計測の理論式を理解し、共面条件式を用いて対応点の3次元座標を算出する（逐一近似法による）最小2乗法のプログラムを作成した。

計測に用いた一般用デジタルカメラのレンズの内部歪をキャリブレーションし、焦点距離や歪係数などのパラメーターを精密に求めた。

実験室で（ピンを用いた）モデル撮影を行い、平行ステレオとそうでない場合とで、の3次元座標計算アルゴリズムにおける（カメラ視線の光軸の角度に関する）解の数値的収束過程を調べた。

野外でステレオ撮影を行い、（画像処理に有利な）マニュアル撮影のノウハウを蓄積した。撮影地域は（A）立野溶岩露頭（柱状節理群）（B）阿蘇中岳火口壁（水蒸気の影響のない第3，4火口）など。

PI-3000ソフトウェアによる3次元モデル作成法を修得した。主に対応点のマッチングアルゴリズムとその精度の評価、2枚及び3枚以上のステレオ写真を用いた解析手法の修得を行った。立体地形モデルを用いた室内計測を行った。

中岳火口のステレオ写真を用いた3次元地形モデルの作成、および、座標計測誤差の評価を行った。

### 2. データ解析成果

上記 から のうち、重要な成果について報告する。

（レンズの内部歪のキャリブレーション）

補正式は次の通り。  $dx = x_0 + x(k_1 r^2 + k_2 r^4) + p_1 (r^2 + 2x^2) + 2p_2 xy$

$dy = y_0 + y(k_1 r^2 + k_2 r^4) + p_2 (r^2 + 2y^2) + 2p_1 xy$

7個のパラメーター（f:焦点距離 6.038mm、 $x_0, y_0$ :主点位置ずれ、 $k_1, k_2$ :放射方向レンズ歪係数、 $p_1, p_2$ :接線方向レンズ歪係数）を計測し、画像分解能 2.2  $\mu\text{m}$ 、補正前の歪が最大で約 6.1%であることが分かった（カメラ：Panasonic Lumix DMC-FZ20、500万画素、レンズ：ライカ社製）。これらのパラメーターに基づいて、平行ステレオ撮影時における撮影距離と撮影基線長、座標計測精度、画角度とラップサイズ、画像サイズなどの関係を理論的に見積もった。

（室内地形モデルを用いた3次元座標計測）

20cm～1m 程度の地形の立体模型を使った室内撮影とモデル計算を行った。対応点のマッチング法として、十字線の交点を求める手法と、円形ターゲットの中心を求める手法を比較し、後者の方が高精度であるが、ピンボケ画像では精度（0.1-0.2 画素）を確保できないことなどが分かった。

（阿蘇中岳第3，4火口の3次元モデル）

（水蒸気の影響のない）阿蘇中岳第3，4

火口周辺の遊歩道を使ってステレオ写真

群を取得し、3次元計測を行った。右の図

は2枚の写真を用いた解析結果（3次元モ

デル）である。写真の画素数 2560×1920、

撮影距離約 200m、基線長約 100m、（理

論的な）奥行き方向の計測精度 15cm、横

方向 7cm である。カルデラ壁に人工ター

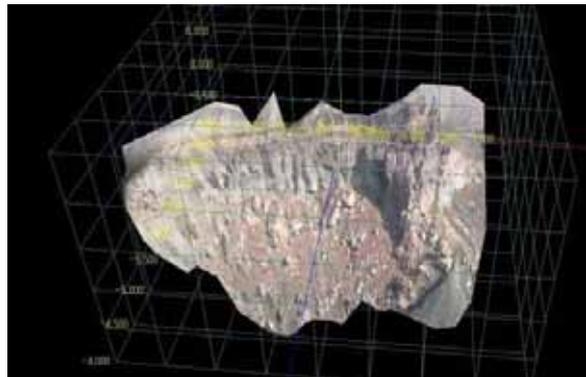
ゲットを貼り付けられないので、自然の構

造・パターンを目視で選び、自動マッチ

ング（有限サイズの画像パッチ内の相関係数

を用いる手法）により対応点を同定した。

マッチング精度（RMS）は 0.30 ピクセルであった。



### 3. まとめと今後の課題

2 - の理論的な考察によると、焦点距離が長く（例えば 15mm）解像度の高いカメラを使えば、阿蘇中岳第一火口壁を1対のステレオ写真で測量するのに、撮影距離 500m、基線長 250m の撮影条件に対し、座標計測精度を奥行き方向 10cm、横方向は 5cm 程度にまで高められる。さらに、火口を 360 度囲むようにマルチステレオビジョン撮影をすればモデル化の精度が向上することが期待される。現時点では、基線長を 1 とするスケールの座標が得られるが、GPS を用いて各カメラ位置を（2-3cm の誤差で）測量できれば、画像処理で得られるモデル座標を測地座標に変換できる。