三宅島山頂の陥没地形の計測
Caldera Subsidence Measurement at Miyakejima Summit

地理地殻活動研究センター　長谷川裕之・村上　亮・政春尋志
Geography and Crustal Dynamics Research Center
Hiroyuki HASEGAWA, Makoto MURAKAMI and Hiroshi MASAHARU
測図部　松尾　馨・小荒井衛
Topographic Department Kaoru MATSUO, Mamoru KOARAI

要　旨

2000年６月に始まった三宅島の火山活動では，山腹噴火と溶岩流の流出が主体であった過去数回の噴火と異なり，山頂部の陥没から山頂噴火，カルデラ形成を経て火口 から大量のSO_2を放出するようになり現在に至っている。この陥没によるカルデラ形成という出来事はこれまでに詳細な研究はなされておらず，どのような過程を経るのかよく分かっていない。従って陥没の進行状況を定量的に計測することは火山活動への理解を深める上で非常に意義があると考えられる。GPS，傾斜計，重力計などによる観測は火山の活動を高精度に捉えることができるが，よほど高密度の観測網を構築しない限りはカルデラの形成過程を理解する上で必要な空間的な解像度に欠けている。そこで国土地理院では，航空写真のステレオマッチングデータ，SAR画像のシングルパス干渉データなどを用いて数時期のDTMを作成し陥没カルデラの地形を定量的に計測し，時系列的な変化を調べた。その結果，陥没体積は開始時から少なくとも８月初めまで一日1,500 万m^3の割合で直線的に増加していることが分かった。９月以降は陥没の進行はほぼ停止しており，大きな変化は生じていないことが分かった。

1. 三宅島の概要と過去の火山活動

日本の第四紀火山カタログなどによると，三宅島は東京から南へ約180kmの伊豆小笠原弧に位置する面積55.9 km^2，直径９kmでほぼ円形の第四紀成層火山である。三宅島には新旧二つのカルデラがあり，標高330m付近に広がる直径４kmの旧期（桑木平）カルデラは7000年以上前の火山活動により形成されたものと考えられている。また標高700m付近には，2500年前に形成されたと考えられている直径1.7kmの新期（八丁平）カルデラが存在する（津久井・鈴木，1998)。中央火口丘である雄山は新期カルデラ内部に形成された成層火山であり，新期カルデラ面からの高さは120mである。三宅島の噴火は，側火口からの噴火，山腹割れ目噴火，水蒸気爆発，溶岩流，山頂火口からの噴火，火山灰・スコリアなどの放出で特徴づけられる。特に，三宅島には多くの側火口が発達し，山腹割れ目噴火による列状に並んだ火口が確認できる。また海岸近くにはマグマ水蒸気爆発で生じたマールがいくつか確認できる。歴史時代の三宅島の噴火は14回記録されている。近年はほぼ20年周期で噴火が起きていて，直近の噴火は1983年に発生している。この時は，火山性地震の後山腹割れ目噴火が発生し，流れ出た溶岩流が海まで到達した。また新澪池周辺では激しいマグマ水蒸気爆発が生じた（国土庁，1987)。

2. 2000年三宅島火山の活動経過

気象庁発表の火山活動に関する資料などによる2000年三宅島の活動状況を以下に示す。

三宅島では2000年６月26日から地震活動が活発になり，気象庁から臨時火山情報や緊急火山情報が出され，島南部での噴火の可能性が指摘された。翌27日には地震活動域は三宅島西方に移動し，西方沖で海水の変色域が確認された。後になって行われた東京大学地震研究所による潜水艇調査などにより海底の割れ目やクレーターが確認され，この時海底噴火が起きていた可能性が高いとされている。その後，地震活動や地殻変動データから，マグマ活動の中心は西方海域に移動していると判断された結果，６月終わりには山頂付近での噴火の可能性はないという噴火予知連絡会長コメントが出され，GPS観測などでは地殻変動が継続して観測されていたものの，今回の火山活動はこれで収束するかと思われた。

しかし７月４日から山頂直下を震源とする地震活動が発生し始め，７月８日には活動が一段と激しくなって，同日夕刻には振幅の大きな地震が起きると同時に山頂付近で煙が上がっているのが観察された。翌９日には，山頂部で直径１kmほどの巨大な陥没が生じていることが確認された。陥没体積は時間とともに拡大し，８月中旬頃に拡大が停止したとされている。８月18日には山頂火口で最大規模の噴火が起き，８月29日の噴火で発生した火砕流は海まで到達した。９月には，SO_2の放出量が急増して，世界の活動的な火山と比較しても非常に高い値を保ち続けているとされている。大量の火山ガス放出は2001年に入っても継続していて原稿執筆時点では火山活動収束に関する見通しは未だに立っていない。

3. 陥没地形計測

(1) DTM作成手法

DTM作成の手法としては，複数航空写真によるデジタル写真測量を採用した。作成するデータの解像度にもよるが，作成に要する時間，データ取得の容易さ，圧倒的な経済性を考慮すると，写真測量はDTM作成手法として最適であると考えられる。また，9月以降山頂部からの噴煙が増大して航空写真ではカルデラ内部の状況が観察しにくくなったため，SARシングルパス干渉データから作成されたDTMも使用している。

カルデラ形成前のDTMとしては，昭和56年測量，昭和58年修正の火山基本図「三宅島」(縮尺1／5,000）から作成された10m間隔のDTMを使用した。

DTM作成にはカルデラ形成後に撮影された6時期の航空写真を使用した。使用した写真の一覧を表1に示す。この中には国土地理院が撮影を計画したものだけではなく，他機関が独自に撮影したものも含まれているため，計画縮尺は同一ではない。またこの写真はすべて真下を撮影した写真であり，斜め写真は含まれていない。

使用した航空写真自体はカラー撮影であるが，今回使用した機材でDTMを作成する場合には，複数カラーバンドのデータがあっても，データ量が増大して計算時間が余分にかかる。また色ずれ等の問題が生じることもあり精度の向上はほとんど見込めないため，パンクロポジフィルムを使用した。但し後続作業で地形判読などを行う場合には，必要に応じてカラー写真を参考にしている。プロセッサスピード，メモリ搭載量，ハードディスク容量，描画性能などは飛躍的に進歩し続けているので，ディスプレイ上で判読や図化を行うことなどを考えると，将来的にはカラーポジフィルムを使用し，DTM作成はモノクロ化したデータで，図化等はカラーデータで行った方が全体の作業効率が向上すると考えられる。

表－1　DTM作成に使用した航空写真の撮影日，縮尺，および使用枚数。

撮影日時	計画縮尺	使用写真数	撮影会社
7月9日	1／10,000	2枚	朝日航洋(株)
7月22日	1／ 8,000	5枚	アジア航測(株)
8月2日	1／ 8,000	7枚	アジア航測(株)
10月6日	1／10,000	11枚	朝日航洋(株)
11月8日	1／20,000	8枚	朝日航洋(株)
11月30日	1／20,000	8枚	朝日航洋(株)

表－2　SAR画像取得時の諸元。国土地理院SARは，同時観測可能なアンテナを2基搭載していて，シングルパス干渉データが取得可能である。

周波数	9.555GHz(Xband)
偏波	HH
地上分解能	1.5m
撮影日	9月28日
観測高度	4,250m
オフナディア角	55度
火口からの水平距離	4km

パンクロポジフィルムを測図部写真測量技術開発室所有のフィルムスキャナDSW200にかけ，内部標定と輝度・コントラストの調整を行い，デジタル画像として取り込んだ。最終的に必要とされるDTM分解能，対象地域には人工物がない点やデータ量などを考慮して取り込み時の解像度は，20μmとした。これは1／10,000縮尺で地上分解能20cmに相当する。

取り込まれた画像をLH Systems社のデジタル写真測量用ソフトウェア DPW（Digital Photogrammetric Workstation）にインポートし，外部標定作業等を行った。三宅島での現地調査を行うのは困難であること，三宅島の火山活動の把握を行うためになるべく早くデータを出すことを求められていたため，外部標定のための地上基準点としては，国土地理院発行1／5,000火山基本図と画像を比較して登山道・道路の交わる点など明確に対応付けを行える点を用いた。山頂部近辺のみでは基準点として使える場所が限られており，また広範囲から基準点を取得した方が外部標定精度が向上するため，写真がある場合は海岸部付近の周回道路などを基準点として使用した。基準点の平面座標はマップデジタイジング，標高は等高線の読みとりや独立標高点の値を使用した。従って基準点誤差として水平位置で3.5m程度，標高で5m程度の誤差が存在すると推定される。

外部標定されたステレオ画像から，DTMを作成した。今回使用する画像では，建物や道路など特徴点が少なく，また対象地域が火山灰で覆われているためマッチングがうまくいかない場合が生じると予想されたため，カルデラ縁やカルデラ底など重要な特徴点は，オペレーターがブレークラインと呼ばれる参照ラインを図化してあらかじめ指示しておくことにより，DTM精度の向上を図った。自動作成されたDTM（TINデータ）は，オペレーターが再度チェックして修正・変更を適宜行った。DTM作成の主目的がカルデラの時系列変化把握であったため，DTMのグリッド間隔は火山基本図DTMと同一の10mとした。今回の作業では，フィルムのスキャニングからDTMの出力まで最短2日程度で可能であった。

また，9月28日には，国土地理院，日本電気株式会社，本田航空株式会社の3者によって国土地理院所有の航空機搭載型SARを用いたデータ取得が行われている（小荒井ほか，2000)。使用周波数はXバンドであり，分解能の高いデータを得ることができる。また，水蒸気などを透過してデータを取得することができるので，噴火活動の状態にあまり影響されずにカルデラ内部の様子を観測することが可能である。SARデータ取得時の諸元を表2に示す。東西南北4方向から取得したデータから，シング

ルパス干渉を利用して各方向ごとにDTMデータを作成し，最後に４方向からのデータの平均を取ることによって倒れ込みによるカルデラ壁の陰がなるべく少なくなるデータを作成した。このDTMのグリッドサイズは５ｍである。

(2) 各時期ごとの陥没地形計測結果と地形の特徴

各時期ごとの標高段彩図を図１～図８に示す。

図１は国土地理院発行の１:5,000火山基本図（昭和56年測量，昭和58年修正）から作成された10mグリッドDTM（段彩は50m間隔）である。噴火前の山頂には，八丁平と呼ばれるなだらかな斜面が広がっていた。この八丁平は小規模なカルデラと考えられている(津久井・鈴木，1998)。国土地理院火山土地条件図に記載された八丁平カルデラ縁は，紫線で表されているが，西部－北西部－北東部にかけてはカルデラ縁が急斜面を伴う一連のピークとして明瞭に残されている。東部－南部－西南部にかけては噴出物で覆われていて等高線ではカルデラ縁がそれほど明瞭ではないが，傾斜度を用いると傾斜が17度から７～９度に変化する一連の傾斜変換線として認識できる(田中ほか，1985)。八丁平カルデラのほぼ中央部には比高120m強の中央火口丘（雄山）が存在していた。中央火口内部には大小４つの火口が存在していて，西部には1940年の噴火によるスコリア丘が形成されていた。八丁平内でもっとも標高の低い部分は，北部に存在する小凹地内の697mである。

図２は，７月９日のDTM（10mグリッド）上に噴火前の地形を表す等高線（25m間隔）を重ね合わせたものである。陥没カルデラの東側は厚い火山灰に覆われていて灰色になっている。それ以外の方向では降灰が少なく元の植生が確認できる。陥没カルデラの最大直径は北西－南東方向で985mである。陥没した面の平面形は，円形に近いが，南東部がやや窄まっている。カルデラ最外壁は，比高50m以上，傾斜60度以上の崩壊壁となっている。その基部には高さ20m（西部）から80m（東南部）程度の崩壊堆積物もしくは崖錐堆積物が存在している。カルデラ壁東部は元の中央火口丘に存在した大穴火口の東壁と水平位置が対応していて，直線的に切れ落ち，直線的な亀裂も確認できる。大穴火口は，崩壊堆積物に覆われており元の地形を確認することができない。西側の一部には，後になって形成されたと思われる地滑り土塊が存在する。西側の比較的小さな土塊上には噴火前の植生が残っていて，傾斜は約10度，後方の滑落崖の傾斜は36度～40度である。南西側斜面では，滑落崖の下に崖錐が特に大きく広がっている。崖錐の傾斜は33度～36度，比高は20～50mである。崖錐の内側には傾斜数度の平坦な面が存在する。カルデラ北西部では，幅550m長さ200mほどの広さの地滑り地が認められる。地表には陥没以前の植生がそのまま残されていて，遊歩道も認められることから，この部分は東側で陥没が生じて不安定になったため，後から地すべり状に移動したものと考えられる。遊歩道を目印に水平移動量を計測したところ，南東方向に約50mであった。また複数列の副次滑落崖が存在する。内部には多数の横断亀裂が確認できる。最下端にも複数列の亀裂が認められるが，これは地すべり先端が後述する一段深い陥没面に落ち込んでいるため生じたものと考えられる。1940年スコリア丘を含む中央火口丘西側部分は，一段深く陥没している。この陥没面は650m×330mの北東－南西方向に長い角の取れた長方形で，北側を取り囲む崩壊壁の比高は30～50m，傾斜は35度～45度となっている。下部には崩壊堆積物や崖錐堆積物が見られる。南側には急崖が見られず，周囲から崩壊してきた堆積物に覆われている。内部には，火山灰に厚く覆われているものの元の地形が残っている。深い陥没孔北部には，三日月型のやや深くくぼんだ部分が存在する。このくぼみは，八丁平北部に元々存在した小凹地とは位置（水平位置で70m）や形が異なっているため，陥没時に形成されたものかも知れない。陥没したカルデラ内の最低標高点（564m）は，このくぼみ内にある。くぼみの南側には，元の中央火口丘に存在していた尾根（150mほど落ち込んで標高約650m）と，大穴火口に落ち込む急崖が元の形状をとどめている。水平位置はほぼ変わらない。1940年スコリア丘も元の形状をほぼとどめているが，標高は620mと，約130mほど落ち込んでいる。スコリア丘北東には，大きく窪んだ場所があり，今回の活動で生じたものと考えられる。この穴の南側には新鮮な崩壊壁が形成されていて，南東外側斜面には大きく３本の亀裂が走っている。以上をまとめると，カルデラ内部の陥没は２段階生じており，深い方の陥没は大きさが約330m×650m，陥没の深さは130m～150mで，浅い方の陥没面は，深さが50m程度である。陥没孔内には元の地形がそのまま残っていることから，既に述べられているようにカルデラが爆発で内部の物質が吹き飛んで生じたのではなくストンと落ち込むような陥没により生じたことを示唆している（早川,2000)。

７月22日になると，カルデラの直径は1250m（南北）に拡大している（図３）。カルデラ内部には元の地形面は残っていない。北側と西側では，陥没部分は八丁平カルデラ外縁部とほぼ一致している。スオウ穴には陥没は及んでいない。南西側では陥没は駐車場まで60mまで迫っている。南東縁は，元の中央火口の縁と一致している。カルデラ壁上部は，傾斜60度－70度で比高250－400mの崩壊壁となっている。下部は傾斜約40度の崖錐に覆われている。北部には大きな崩壊地も見られる。崖錐堆積物には，径10mほどの巨礫も含まれている。カルデラ底は北東－南西方向に伸びた楕円形で，南西部がやや高くなっている。水は溜まっていない。カルデラ底の傾斜は緩く数度～10度である。カルデラ内には元地形は認められず，カルデラ壁の崩壊等の原因によって埋められてしまったと考えられる。もっとも標高の低い点（254m）は，ほとんど平坦なカルデラ底の北東部にある。

８月２日には，カルデラの大きさはさらに拡大して140

0m（東北東－西南西）となった（図４）。カルデラ壁の傾斜は55度～70度で，400mより下部には崩落堆もしくは崖錐が発達している。カルデラ底は南西方向に緩やかに傾斜していて，最低標高は245mと，７月22日に比較するとやや低くなっている。カルデラ北東部には，斜面に細かい筋状の模様が見られる。この模様は，斜面上に堆積した火山灰が彫り込まれて生じたガリーであると思われる。

９月28日（図５）・10月６日（図６）には，カルデラはほぼ円形で，直径は1640m（南北方向）に達している。８月２日と比べると，南東方向に大きく拡大している。カルデラ壁は傾斜57度～70度の急崖をなしている。噴気を激しく上げている火口は，カルデラ南壁に近い場所に存在し，周囲には噴出物による火砕丘が形成されている。火口部の大きさは約300mであり，北西側の火砕丘が相対的に低くなっている。ここからカルデラ底北西部の低くなった部分に土石流が流れ出している。カルデラ内の北東から南南東部にかけては，北西方向に平均傾斜30度ほどで傾斜する崖錐が存在する。崖錐上には幅10mを越える深くて大きなガリーがいくつか存在する。北西部の崖錐の下には，頂部での傾斜20度かそれ以上，中央部での傾斜が15度程度，先端部は約２度程度の扇状地もしくは沖積錐が存在する。この表面には浅いリル・ガリーが頂部から放射状に走っている。カルデラ底北部からスオウ穴付近では崖錐が見られず，切り立ったカルデラ壁がカルデラ底に直接落ち込んでいる。落ち込んだ部分には扇形に

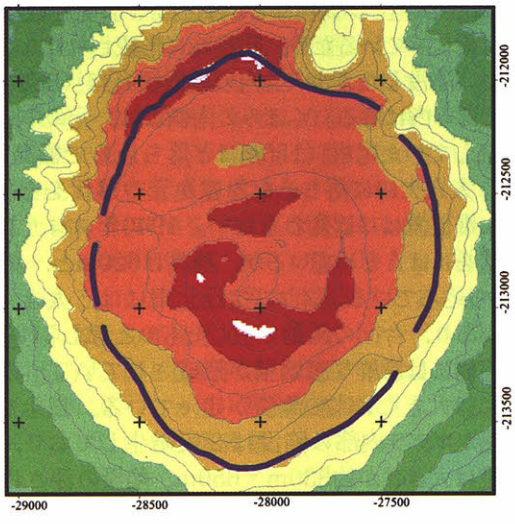

図-１　火山基本図DTM段彩図。十字マークは500m間隔。等高線は25m間隔。紫色の線は八丁平カルデラ縁（火山土地条件図よりデジタイズ）。

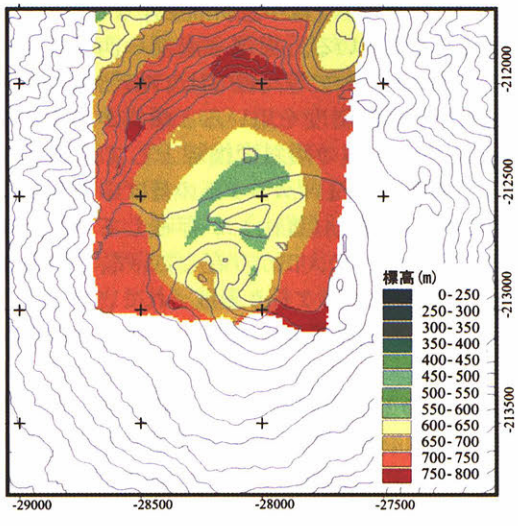

図-２　７月９日DTM段彩図。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

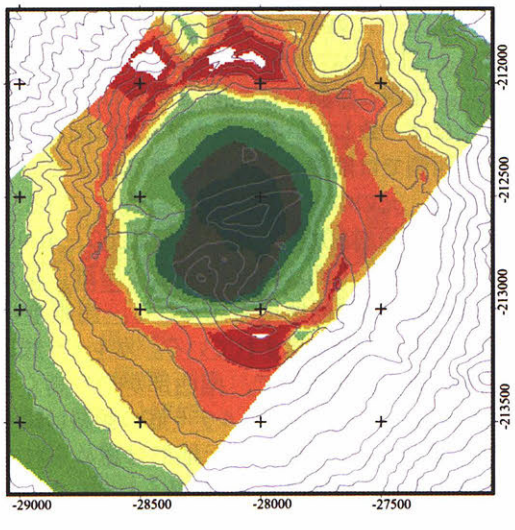

図-３　７月22日DTM段彩図。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

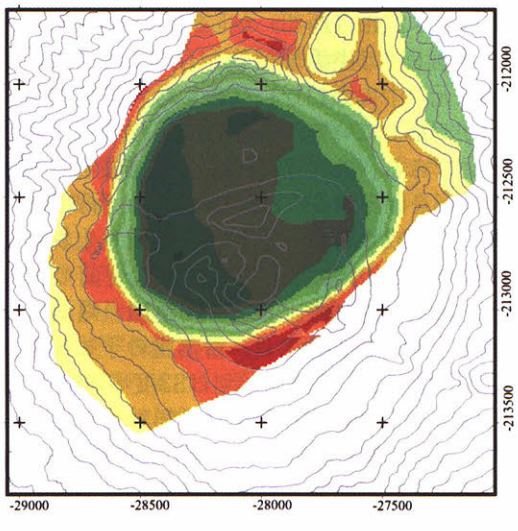

図-４　８月２日DTM段彩図。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

茶色水がたまっている。水面の面積は6.4ha，標高は233mである。その南側にも茶色水がたまった三角形の部分がある。

この２つの水域は元は１つの広い水域であったが，周囲からの堆積物によって埋め立てられ分離したと考えられる。堆積物表面の傾斜は２度程度で，中には崩壊堆積物も見られるが，流れ込んでくる砂泥で埋積され始めている。

西部には，最高標高288m，周囲との比高30m，長径280m短径220mのマウンド上の盛り上がりが見られる。土石流堆積物あるいは火砕丘とも考えられるが，土石流堆積物だとすると形が円形で流下方向を決定する形状が見られない。また火砕物を放出した跡も認められず，成因は不明である。この盛り上がりの南側には，緑色の水がたまった部分がある。

11月８日（図７）の写真は，カルデラ全体が薄い噴煙で覆われていたため，カルデラ内部の様子はほとんど分からなかった。但し，視認できる範囲ではカルデラの大きさはあまり変化していない。11月30日（図８）にも，カルデラの大きさにはほとんど変化が見られない。カルデラ北部には水がたまった部分が引き続き存在しているが，９月28日に比べると主として東側と南側が埋め立てられて水面の広さが3.0haに縮小している。また水面の高さも250mと約17m上昇しており，カルデラ底で２次的な堆積が続いていることを示している。９月28日，10月６日に見られたマウンド上の盛り上がりも存在している。南部の噴

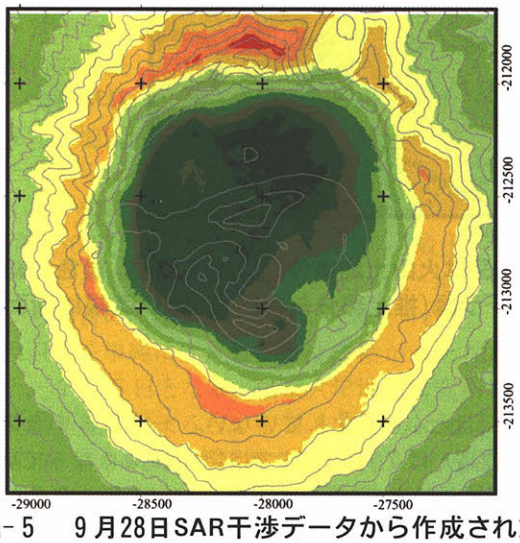

図-５　９月28日SAR干渉データから作成されたDTM段彩図。DTMグリッドは５m。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

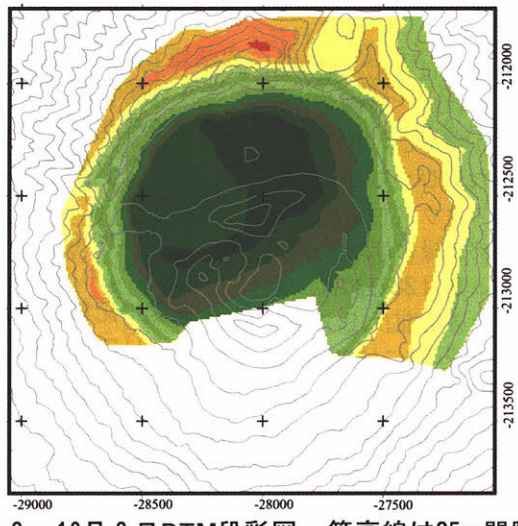

図-６　10月６日DTM段彩図。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

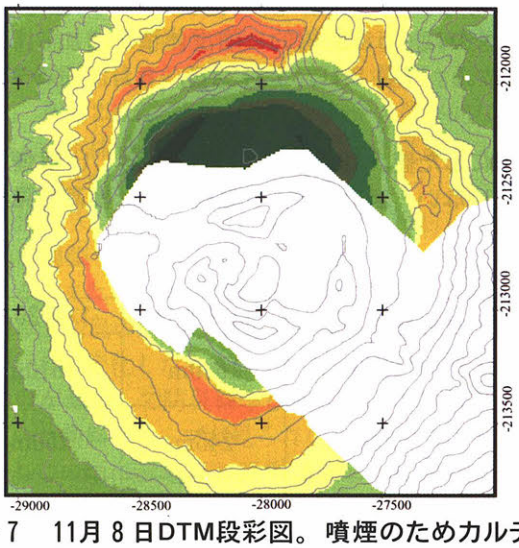

図-７　11月８日DTM段彩図。噴煙のためカルデラ内南側と火山体南東方向は計測できなかった。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

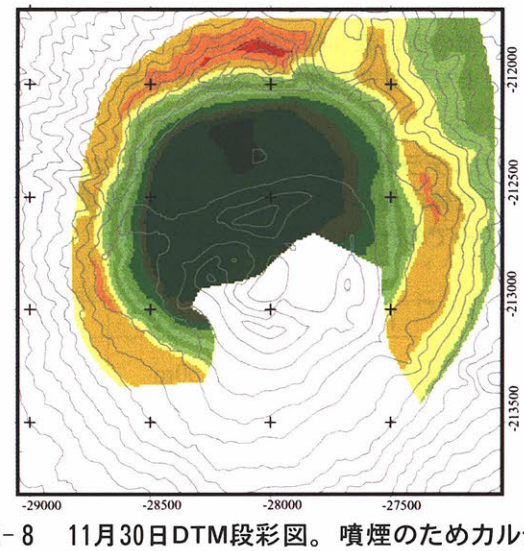

図-８　11月30日DTM段彩図。噴煙のためカルデラ内南西側は計測できなかった。等高線は25m間隔で噴火前の地形をしめす。

火口付近は，噴煙のため観察することができない。

(3) 地形変化の特徴

カルデラの大きさの変化を図9に示す。7月9日には1940年スコリア丘と八丁平北部の小凹地のみを含む大きさだったものが，7月22日には同心円上に拡大し，北西部では八丁平カルデラ縁に達して798.2mの表示がある三角点を飲み込んでいる。また中央火口丘内の火口穴は全体が飲み込まれている。8月2日には，西側ではほとんど拡大が生じていないが，東側では大きく300m拡大し，北西にやや広がったいびつな形になっている。スオウ穴付近でも八丁平カルデラ縁に崩壊が到達している。9月28日には，西部にはほとんど拡大していないが，南東方向には300m拡大し1535年噴火で形成された小火口のいくつかを飲み込んでいる。また，スオウ穴の南側1／3ほどはカルデラ内に崩落している。

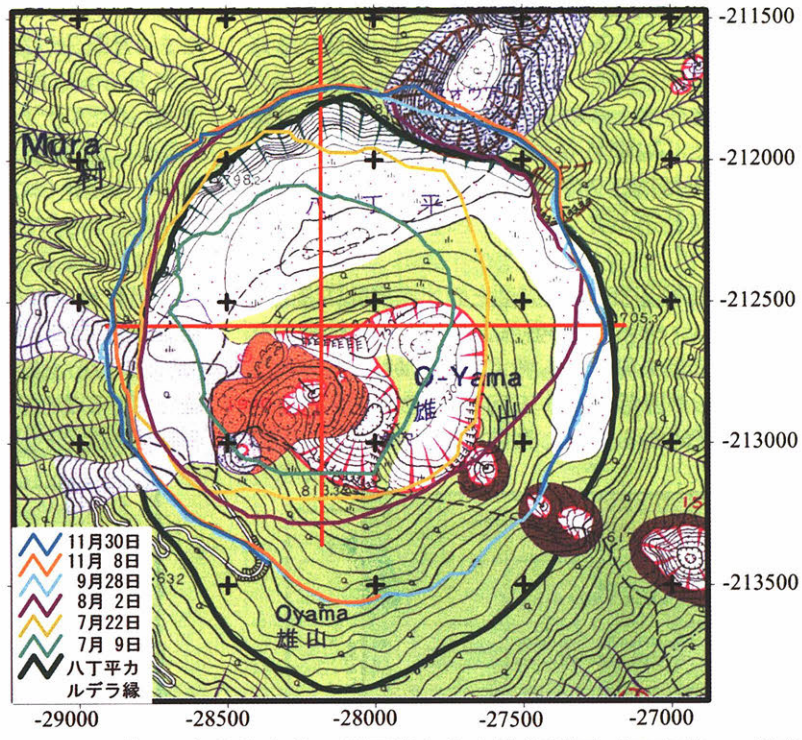

図-9　カルデラの大きさ変化。基図は火山土地条件図「三宅島」。緑色の線は同図に記載されている八丁平カルデラ縁(推定部分も含む)。赤い直線は断面図の切り口を示す。

11月8日，11月30日には，カルデラ壁の崩落等の原因によって大きく変化した場所はなく，カルデラの拡大は停止している。

表3に，カルデラの最大径，最低標高，陥没体積の一覧を示す。但し，10月6日以降は噴煙の影響によりカルデラのすべてを数値化することができなかったため数値は見える部分でのみ計測された値である。カルデラ最大径は，少なくとも8月2日まで単調に増加しているが，9月28日以降ほとんど変化していない。一方カルデラの深さ（最低標高）は7月22日までは急激に深くなっているが，それ以降はほとんど深くなっていない。いずれの時期においても崩壊地の平均的傾斜が約66度で一定であることを考えると，斜面高が限界に達したことによって陥没の進行によるカルデラ底の低下とカルデラ壁の崩壊によるカルデラ底の上昇が釣り合っている結果と考えられる。図10に，陥没体積と陥没開始からの経過時間の関係を示す。8月2日までは，ほぼ直線的に陥没体積が増加していることがわかる。7月9日，7月22日，8月2日のデータ

表－3　カルデラ地形の計測結果。陥没量は火山基本図DTMを基準にした値。10月6日以降は，激しい噴煙のためカルデラ全体の地形を計測することができず，陥没量は求められていない。またカルデラ直径と最低標高も見えている部分のみでの計測結果である。

日　付	7月9日	7月22日	8月2日	9月28日	10月6日	11月8日	11月30日
カルデラ直径（最大径）	985m	1250m	1390m	1640m	1600m	1640m	1610m
カルデラ内最低標高	564m	254m	245m	233m	238m	245m	250m
陥没前との標高変化量の最大値	180m	530m	530m	550m	550m	530m	530m
陥没量	5.6千万m^3	26.5千万m^3	42.6千万m^3	60.0千万m^3	－	－	－

から回帰直線を求めると，陥没体積と経過時間の関係は以下のようになる。

$$v = 1544d + 4318$$

v：陥没体積（万㎥）
d：陥没開始（7月8日）以来の経過日数（day）

従って，三宅島山頂部から1日あたり約1,500万㎥の物質がどこかへ減少していることになるが，これは，GPS連続観測によって三宅島の縮小・沈下がカルデラ形成期間中一定の割合で継続していたという観測結果と調和する。

また，地表面陥没が最初に発生したと考えられる時間から一日しか経過していない7月9日時点での陥没体積が5600万m³と大きく，山頂部から放出された火山灰や土砂のみでは説明できないことから，地下では陥没以前から物質の流出が進んでいたと考えられる。上で求められた直線を単純に延長して陥没体積が0となる日を求めると，7月5日となる。東京大学地震研究所による重力変化解析結果によると，7月6日までに山頂部で約140μGalの重力の減少が観測されている。また，気象庁地震火山部によると，山頂直下での地震は7月4日朝に始まり，7月5日には一時間あたり5回を越える地震が観測されている。以上の観測結果を総合的に考えると，山頂部での物質の流出が陥没孔形成前の地震活動再開時から始まっていた可能性が高いと推定される。

一方，カルデラ形成の停止時期に関しては，航空機からの目視・ビデオ画像などによって8月終わりまでにカルデラの成長はほぼ停止していたことが観察されている。そこで，9月28日に計測された6億㎥を最終的な陥没体積とし，一定体積の減少が陥没終了まで継続していたと仮定すると，陥没が停止する時期は，8月13日となる。気象庁地震火山部によると，8月10,13,14日に山頂部での活動が観測され，8月18日には最大規模の噴火が発生している。また東京大学地震研究所によると，8月10日ごろから三宅島の活動は山頂陥没期から爆発期へと活動のステージが変化したとされていて，18日の噴火を境に地震頻度が減少して防災科学技術研究所の傾斜計で観測されていた傾斜ステップが見られなくなったとされている。つまりこの頃に三宅島の活動に何らかの変化が起こった可能性が高く，カルデラ陥没も活動変化に関連してほぼ同じ時期に停止していたと考えられるが，この時期の陥没体積を推定できるデータが不足しているため現在の所は推測の域を出ない。

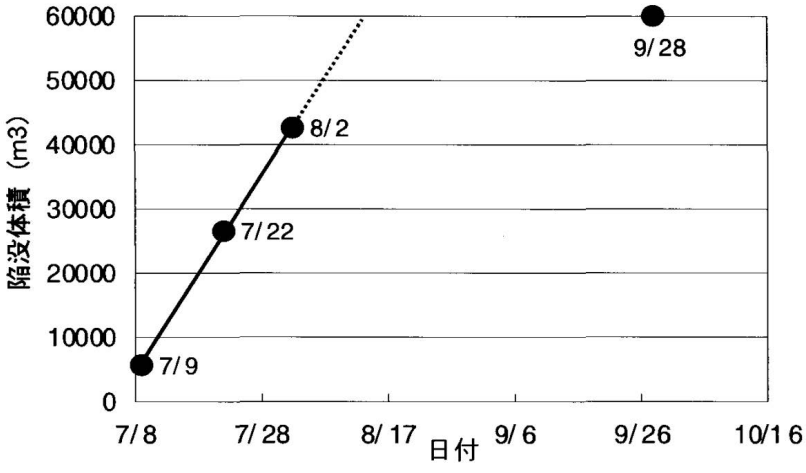

図-10　カルデラ陥没体積の直線近似結果。毎日一定量の陥没が起きていたと仮定すると、7月8日の陥没孔形成時には，既に山頂下では空洞が生じていたと考えられる。また8月13日には陥没体積が9月28日における値に達していたことになる。

4. まとめ

航空写真のデジタル図化，SARシングルパス干渉データから三宅島山頂カルデラ周辺のDTMを作成し，カルデラの変化を計測した。その結果，カルデラは山頂部の物質が吹き飛ばされたのではなく山頂部がピストン状に落ち込むようにして形成されたことが確認された。また，陥没体積はほぼ直線的に増加しており，カルデラ形成中地下での物質欠損が定常的に進行していたことを示唆している。陥没の進行は，遅くとも　9月28日までにはほぼ停止しており，三宅島の活動変化と対応して8月中旬頃に停止していた可能性が高いことが推定できた。国土地理院では，2001年にもSARデータ取得や写真撮影を予定しているので，今後のカルデラの変化も記録できると期待している。また，カルデラ陥没の進行停止時期については，レーザスキャナによるDTM，空撮ビデオなどの情報を入手して，更に確実な時期を特定したいと考えている。

謝　辞

気象庁地震火山部には，7月22日，および8月2日撮影のカラー航空写真，パンクロポジフィルムを提供していただき解析に使用しました。特にここに記して感謝します。

参考文献

第四紀火山カタログ委員会（2000）：日本の第四紀火山カタログ，http：／／www.geo.chs.nihon-u.ac.jp／tchiba／volcano／index.htm

長谷川裕之・ 村上亮・松尾馨・政春尋志（2000）：写真測量による三宅島雄山火口の陥没量計測，日本写真測量学会平成12年度秋季学術講演会発表論文集，161-162

早川由紀夫（2000）：三宅島火道の漸進的ピストン沈降モデル，日本火山学会2000年秋季大会予稿集，20

小荒井衛・渡辺信之・村田稔・宮脇正典・矢野正昭（2000）：航空機SARにより観測した三宅島雄山火口の状況，（社）日本リモートセンシング学会第29回学術講演会論文集，265-266

国土地理院（1995）：火山土地条件図　三宅島

国土庁土地局国土調査課（1987）：1：25,000土地保全図三宅島地区

村上 亮・小沢慎三郎・西村卓也・鷺谷威・矢来博司・今給黎哲郎・多田堯・小牧和雄・海津優（2000）：2000年三宅島噴火にともなうマグマモデル，GPS連続観測を主とする地殻変動データによる推定，日本火山学会2000年秋季大会予稿集，9

西脇誠（2000）：三宅島2000年火山活動の概要，日本火山学会2000年秋季大会予稿集，12

田中耕平・幾志新吉・熊谷貞治（1985）：三宅島の傾斜分布図，国立防災科学技術センター研究速報，69：17-27

東京大学地震研究所（2000）：三宅島火山，神津島，新島地震活動情報，http：／／www.eri.u-tokyo.ac.jp／topics／MIYAKE／index.html

津久井雅志（2000）：2000年三宅島火山活動は過去の噴火とどう違うか，日本火山学会2000年秋季大会予稿集，1

津久井雅志・鈴木裕一（1998）：三宅島火山最近7000年間の噴火史，火山，43（3）：149-166

海野芳聖・石川弘美・三浦一彦（1995）：火山土地条件図「三宅島」について，国土地理院時報，84：33-49

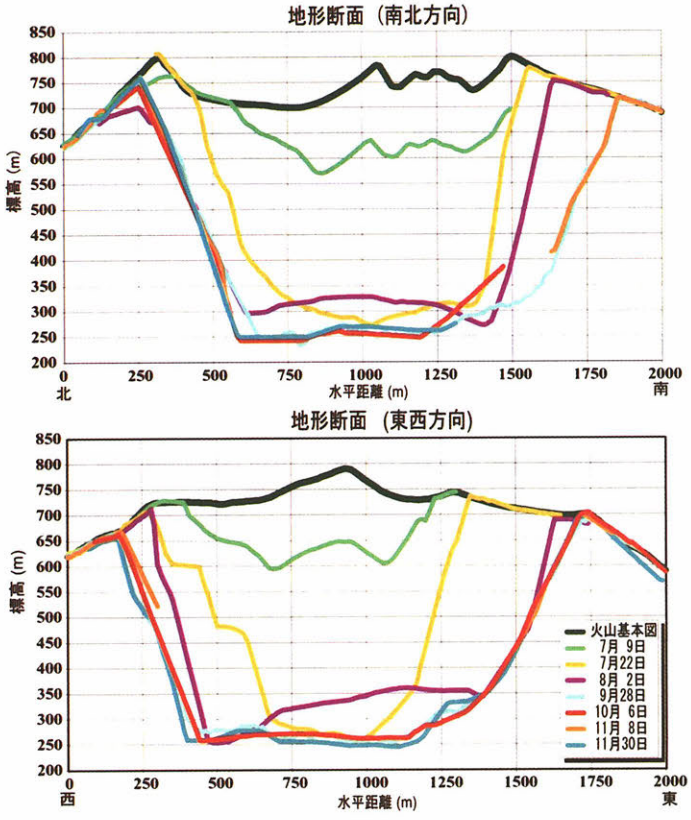

図-11　カルデラの縦断面図。断面の位置は図9を参照。9月28日以降は大きな変化は見られない。