

雲仙, 普賢岳の光波測距

斎藤英二¹⁾・渡辺和明¹⁾・須藤 茂²⁾・星住英夫³⁾・遠藤秀典²⁾・風早康平²⁾
川邊禎久²⁾・高田 亮²⁾・阪口圭一⁴⁾・宝田晋治⁴⁾・山元孝広⁵⁾

1. はじめに

長崎県の雲仙, 普賢岳^{ふげん}では昨年11月以来噴火活動が続いている。地質調査所では、地質ニュース7月号で報告したように(斎藤ほか, 1991), 普賢岳南斜面で光波測距儀による距離測定を実施してきた。本稿執筆時(7月上旬)にも噴火活動は継続中であるので、その経過は稿を改めて報告することにし、ここでは主に光波測距の結果を中間報告する。

今回の普賢岳の一連の活動は、テレビ・新聞等を通じてかなり詳しく報道されている。溶岩噴出以前の活動は次のような経過をたどった。

1989年11月に島原半島西方の橘湾で群発し始めた地震は、翌1990年7月には雲仙岳西方の島原半島内で発生するようになった(太田, 1991)。そして、11月17日に普賢岳山頂東方の地獄跡火口内と九十九島火口の東縁より噴煙が立ち上がった。1991年2月12日には、新たに屏風岩火口からも噴煙活動が始まった。3月29日にはこれらの3火口が同時に噴煙を出した。4月下旬からは地獄跡火口の活動が活発になり、爆発的噴火を伴うようになった。

太田(1991)は、震源域が普賢岳付近へ移動すれば、溶岩噴出の可能性が高まることを指摘した。地質調査所では、溶岩噴出の前兆現象としての山体の変化を観測するため、1991年2月から雲仙, 普賢岳の距離測定を開始した。以下に測定の経過及び結果について記す。

2. 光波測距

光波測距(Electro-optical Distance Measuring)とは、文字通り光波によって2点間の距離を測定する測量のことである。その原理は、発射した光波が反射鏡に当たって返って来るまでの時間差(実際には信号周波数の位相差)を精密に測定し距離を求めるもので、そのための装置が光波測距儀である。反射鏡は、立方体ガラスの隅の部分

切り取ったプリズム型の特殊な鏡で、入射方向に平行な反射光が得られるようになっている。

測距方法は、反射鏡を視準後に測距スイッチを押すだけという非常に簡単なものである。光波測距の場合に気配りが必要なのは測定時の気象条件(とくに気温と気圧)である。気象条件が測定値にどのくらい影響するか、いかにえれば、必要とする測距精度にどの程度利いてくるか、によって気象補正の方法を選択しなければならない。通常、光波測距儀から発射された光波の通路上の気象データは得られないので、器械点と反射点で気象補正要素の測定を行って、その平均値を基に補正する。しかしながら、今回の測定では、観測点のみの気象補正要素の測定とした。その理由は、反射点が火口近くにあり危険なこと、一旦山体が動き始めれば気象補正を上回る大きな変動が予想されること、2点間の絶対的な距離より相対的な変化が重要なこと、等を考慮したからである。

観測に用いた光波測距儀は、ジオジメータ422LR、トプコンGTS5及びウイルドDI20である。ジオジメータ422LRとトプコンGTS5は、光波測距儀に角度測定の機能とマイクロコンピュータを内蔵したいわゆるトータルステーションと呼ばれるものである。測距精度はそれぞれ $\pm(5\text{mm}+5\text{ppm})$ 、 $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$ である^{注1)}。ウイルドDI20は光波測距儀単体であり、角度の測定は別の経緯儀に据え替えて行う。測距精度は $\pm(3\text{mm}+1\text{ppm})$ である。

各機種の使用期間は、5月10日以前および5月19日～27日がジオジメータ422LR、5月13日～19日がトプコンGTS5、6月1日以降はウイルドDI20を用いている。

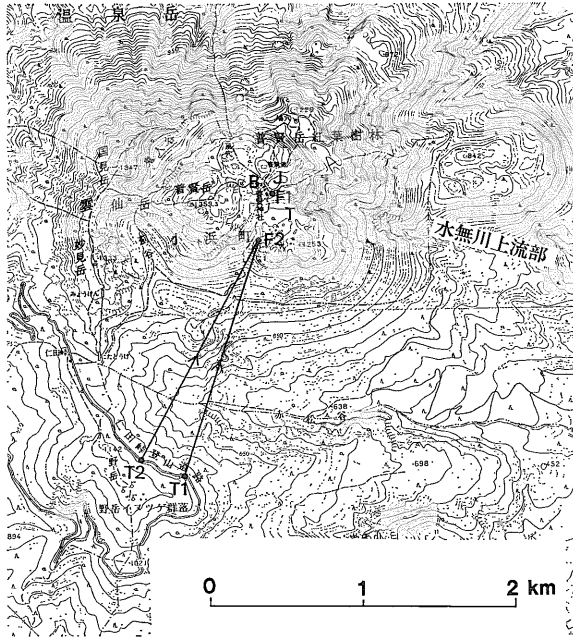
光波測距による観測は、測地測量の分野で置き換わりつつあるGPS(Global Positioning System)測量と比べ、視通確保の点で不利である。しかし、安価で電源がいらぬ反射鏡を火口近傍に設置できることのメリットは、今回のような火山体の観測ではGPSよりはるかに大きい。

3. 測線の位置

普賢岳における地質調査所の光波測距測線を第1図に

1) 地質調査所 地質情報センター 2) 地質調査所 環境地質部 3) 地質調査所 九州地域地質センター 4) 地質調査所 地殻熱部 5) 地質調査所 地質部

キーワード: 雲仙, 普賢岳, 光波測距, 噴火予知



第1図 普賢岳南斜面の光波測距測線配置図。
 T1, T2 : 光波測距儀設置点 (測定時のみ設置)
 F1, F2 : 反射鏡設置点
 J : 地獄跡火口, B : 屏風岩火口, T : 九十九島火口
 国土地理院発行の2.5万分の1地形図「島原」及び「雲仙」を使用

示した。T1点は、仁田峠へ通じる有料道路上に金属釘を打って測点としたもので、2月8日に造標した。この時に設置した反射点はF1点である。

普賢岳を含めた雲仙地域は、雲仙天草国立公園に指定されており、山頂まで緑豊かな樹木に覆われている。樹木の伐採や景観を損ねる建造物もむやみに作れない。しかし、火山活動に伴う変動を検出する狙いがあるため、火口から離れてしまっただけでは意味がない。光波測距は、視通の確保なしに観測できないので、これらは厳しい条件になる。

2月8～9日、普賢神社の南東約30mの露岩上によく絶好のポイントを発見し、矩形の反射鏡2素子をモルタルで直接露岩に取り付けF1点とした。この日の普賢岳は、11月の噴火以来、山麓からも確認できるほどの白煙を上げていた九十九島火口からの噴煙がほとんど止って、異様な静けさがあった。反射鏡取り付け後から雲が増えだして天候が急に悪化し、夕方には雨が降りだした。翌10日、11日も視界不良のため測定できず、2月12日を迎えた。

快晴のこの日8時30分には仁田峠第二展望台に至り、屏風岩付近より灰白色の噴煙を上げているのを確認す

る。有料道路上の光波測距観測点T1に到着し、さらに詳しく観察したが、屏風岩付近に新しい火口ができたらしいこと、3日前に取り付けたF1点付近は折からの北西風の風下側で火山灰と噴煙のため観測不能と判断し、火山灰採取等の作業に移った。

結局T1—F1間の距離が測定できたのは3月13日と15日の2回のみであった。F1地点の反射鏡は、その後、地獄跡火口から噴出した大量の火山灰や噴石によって埋没したものと推定される。

連休明けの5月9日にF1に代る反射点を設置するため登山した。選点に際しては、樹木伐採の必要がないことももちろんのこと、F1点の教訓から火山灰による埋没や噴石による破壊を避けられること、活発な地獄跡火口付近を中心とする地形の変動をよく捉えられることなどについて考慮した。九州大学島原地震火山観測所の清水 洋氏からは、それまでの地獄跡火口からの噴石の最大飛距離が約300mであるとの情報を得ていたので、地獄跡火口から約400m離れたF2地点を選定した。ここは東側にオーバーハングした溶岩の壁があり、西側にも急崖がある凹地であり、付近の登山道からは全く見ることができない。広くはないが樹木のない平坦地であり、この地点に三脚を立て、その上に反射鏡を取り付けた。反射鏡は当初2素子を設置したがその後4素子に増やした。三脚の各接地点は超速乾モルタルで岩石とよく接着するようにした。また、反射鏡の上方に木製の屋根を付け、火山灰や雨滴が反射鏡に付着しないようにした(写真1)。

5月22日には測定点T2を増設しT2—F2間の測距も開始した。

4. 測定結果と対応

F2地点に反射鏡を設置した翌日の5月10日から、T



写真1 F2地点に設置した反射鏡。

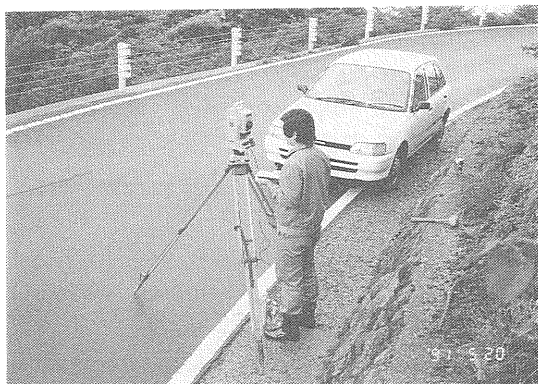


写真2 T1地点での光波測距作業。

1地点からの光波測距を開始した(写真2)。この日は朝8時32分から夕方6時43分まで18回にわたって繰り返して測距を行った。その結果は全て機器の測定誤差の範囲内に取り、F2地点は変動していないものと判断して測距を終えた。

次の測距は5月13日に行った。得られた結果は前回の10日の測定値と比べて8cm短くなっていた。これは機器の測定誤差をはるかに超える縮みである。この結果は15日に、気象庁火山室に設置されている火山噴火予知連絡会事務局にコメント付きで送付された。翌16日朝には13日夕方と比べて28cmの縮み、さらに同日夕方までに4cmの縮みとその変化量が非常に大きい状態が続いていることが確かめられた(第2図)。5月16日までの測距結果は以下のようなコメント付きで気象庁火山室に送られた。「変動の解釈として、①F2地点付近では南へ押し出されるような地殻変動が起きている。山頂部の極く浅いところまで圧力源が上昇した、あるいはその圧力が大きくなっている。②反射鏡が地震等の原因で移動し

た。③F2地点の極く小範囲で地すべり等の変動が起った。」

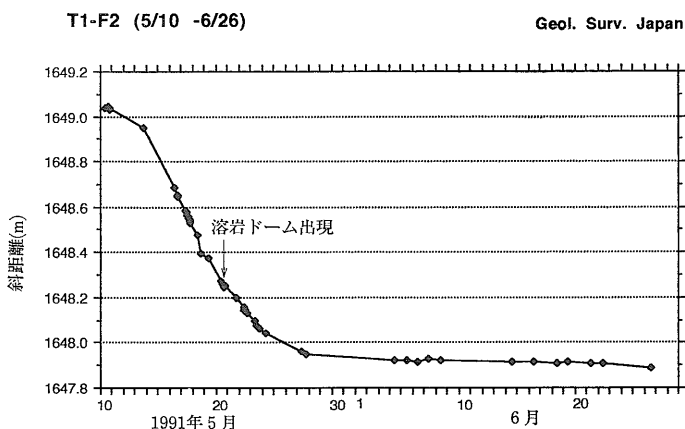
この光波測距の異常な測定結果が得られていたときに、普賢岳直下でもう一つ別な事件が起きていた。すなわち、5月13日未明から、それまでほとんど地震が起きていなかった山体直下で地震が群発したのである。5月16日23時20分に雲仙岳測候所から発表された臨時火山情報第22号には、群発地震が引き続いて発生していることのほかに「地質調査所からの情報によると地殻の変動も観測されるなど地下活動が活発な状態ですので、今後の火山活動に注意して下さい」と記されている。

T1—F2間の縮みの傾向は17日になっても変わらず、同日夕方には観測開始以来の総変化量が50cmを超えた。この測距結果および火口直下の群発地震活動などの情報から、気象庁は17日夕方に雲仙岳の火山活動に関する火山噴火予知連絡会会長コメントを発表した。それには、5月13日頃から観測され始めた現象から「マグマが浅いところまで上昇していると推定され……溶岩流出等を含め、今後の火山活動については警戒が必要」と記されている。

5月20日は、朝から夕方まで測距を続けた。地質調査所では、この日は最も多い4人が仕事に携わり、火口から約2km離れたT1測点での観測と火口から約400m離れたF2反射鏡点の確認、反射鏡増設の作業を行った。反射鏡は何の損傷も受けておらず、また設置地点付近には小規模な地すべり等の変動は起きていないことが確かめられた。この間、地震動、鳴動、噴気音、火山ガスの臭い等は一切感じなかった。しかしながら、新聞報道等によればこの日の朝、マグマはついに地表に顔を出し始めていた。我々が溶岩流出を知ったのは、その日の夜のテレビニュースによってであったが、この日の測距データがそれまでと違っていたことを話題にしたのは、T1測点での測距を終了した時だった。それまで一日に10cm以上あった縮み量が、日中の約9時間で2cmと小さくなっていたのである。これは変化のスピードが約半分に減ってしまったことを意味する。そしてこの傾向は5月24日頃まで続いた。

5月24日には初めて火砕流が発生したことが確認された。これ以降、普賢岳付近は視界不良日が続き、測距値が得られたのは5月27日、6月4日—8日であった。6月に入ってから本報告執筆時までの変化は、一日当たりわずか1mm程度の縮みとなった。

以上の光波測距結果から、5月13日頃か



第2図 T1—F2間の斜距離の変化。

らマグマは浅所に貫入して山体を押し広げて上昇し、20日に地表に顔を出した事、その後もしばらくは通路の拡張を続けたが、5月末にはマグマの上昇に必要な通路が確保され、山体の膨張がほとんど停止したことが推定できる。

5. 終りに

マグマが地下浅所まで上昇してくることを、山体の変動を測定することによって噴火前に捉えることは、原理的には単純なことであり、誰にでも考えられることである。方法としては光波測距だけではなく、水準測量や傾斜計などの機器が用いられ、既に技術的には確立されている。

今回、雲仙、普賢岳の光波測距結果が噴火予知にうまく結びついたことにはいくつかの好条件があった。自然現象としては、貫入してきたマグマの量、物性、上昇速度などが山体を適当量変位させる条件を満たしていたことがある。そして光波測距の測線は、ちょうどその変化を捉えられる位置に適当な時期に設置されたことである。

光波測距を用いた火山噴火の直前予知は、従来、地質調査所では取り組まなかった分野である。技術的には古い手法でも、うまく適用すれば良い結果が得られるとい

う教訓を得た。

今回の仕事を通じて、雲仙岳測候所及び九州大学島原地震火山観測所の地震のデータは大変参考になった。この間、気象庁火山室からは多くの資料を提供して頂いた。この観測の実施にあたっては、企画室をはじめとする地質調査所内の多くの方々にお世話になった。記して謝意を表する。

注1) $\pm(Nmm+Mppm)$ の測距精度の器械でDkmの測距を行った場合、測定誤差は $\pm(N+MD)$ mmで表わされる。

文 献

齋藤英二・渡辺和明・遠藤秀典・須藤 茂・星住英夫(1991): 雲仙、普賢岳の光波測距(速報). 地質ニュース no.443, p.67
 太田一也(1991): 雲仙火山1990年噴火の状況一過去の事例との比較. 地球惑星関連学会合同大会日本火山学会固有セッション講演予稿集, 1991年度春季大会, p.1.

SAITO Eiji, WATANADE Kazuaki, SUTO Shigeru, HOSHIZUMI Hideo, ENDO Hidenori, KAZAHAYA Kohei, KAWANABE Yoshihisa, TAKADA Akira, SAKAGUCHI Keiichi, TAKARADA Shinji, and YAMAMOTO Takahiro (1991): Electro distance measurement on Fugendake, Unzen volcano.

<受付: 1991年7月8日>

地質標本館緊急特別展示

「雲仙火山～1991年噴火と活動史」

雲仙火山の活動は人命・財産にまで被害を及ぼしています。地質標本館では一般の方々の関心の深さに対応するため、これまで地質調査所で蓄積した同火山に関する研究試・資料と、今回の噴火の調査の内容とを合わせて特別展示を行っています。展示内容は正確かつ速報性をもたせるように心がけています。展示期間は1991年6月7日から(火山活動の終息をめぐとして) 当分の間です。

展示内容は雲仙岳噴火活動史; 光波測距による山体変化模式図; 衛星画像, 合成開口レーダー図; 雲仙岳地質図・噴火模式図; 噴火写真集, ビデオ(火砕流); 雲仙岳コンピュータグラフィックス; 火山岩・火山灰標本など。合わせて伊豆大島等火山関係の映画を随時上映しています。

地質標本館1階ホールにて。(月～土曜日開館, ただし第2, 第4土曜日休館) 問い合わせ Tel 0298-54-3750, 3751

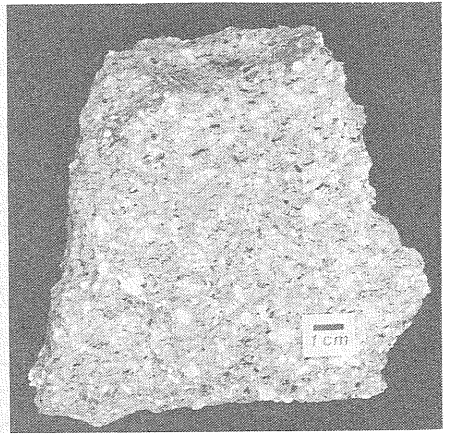
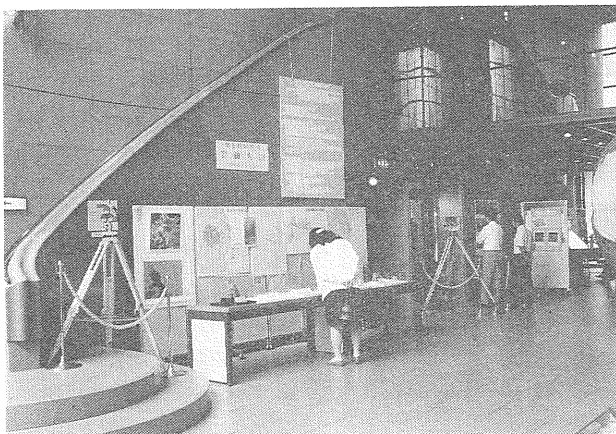


写真 地質標本館1階ホールでの展示風景(左)と展示中の1991年噴火の普賢岳溶岩ドームのデイスイト(右)