

雲仙岳周辺の地盤変動*

(1993年2月～1993年10月)

Ground Deformation around Unzen Volcano

(February 1993 – October 1993)

京都大学防災研究所
附属桜島火山観測所

Sakurajima Volcanological Observatory, Disaster
Prevention Research Institute, Kyoto University

1. はじめに

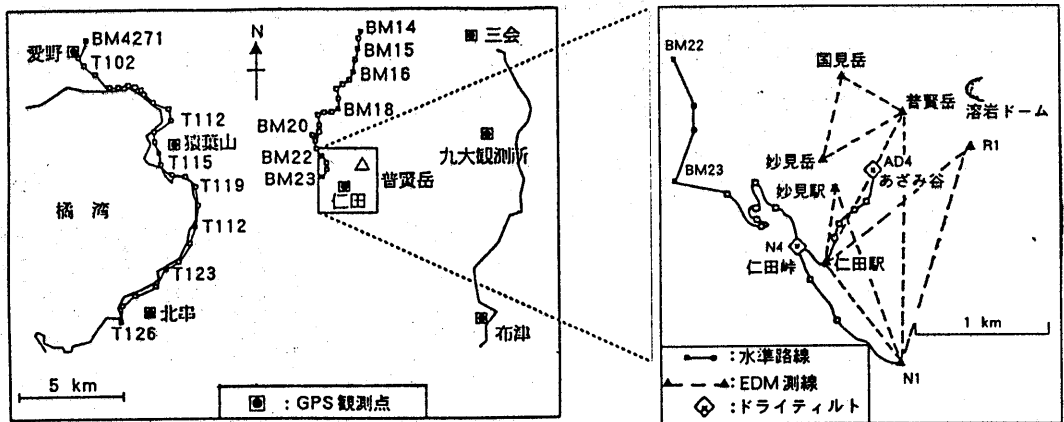
これまでに1986年11月から1993年2月までの地盤変動について報告^{1), 2), 3), 4)}した。国立大学火山観測機関合同観測班・測地グループは、その後、1993年7月～8月に水準測量とあざみ谷ドライティルトの再測をおこない、同年10月にGPSと光波測量の再測を実施した。これらの測量は、北海道大学理学部附属有珠火山観測所、名古屋大学理学部附属地震火山観測地域センター、九州大学理学部附属島原地震火山観測所、京都大学理学部附属火山研究施設および京都大学防災研究所附属桜島火山観測所のメンバーで編成された測量班によって実施された。

本稿は、主として1993年2月から1993年10月までの雲仙岳周辺の地盤変動について報告する。

2. 水準測量結果

測地グループが測量を実施している雲仙岳周辺および島原半島西海岸の水準路線、GPS観測点、ドライティルト測定点および光波測量測線網を第1図に示した。1993年7～8月の水準測量は、前回と同様に2チームの測量班を編成して実施した。島原半島西海岸路線を分担した班は、デジタル水準儀(NA3000)とバーコードのインバール標尺を、雲仙岳周辺の路線を分担した班は、自動水準儀(NAK2)と、通常のインバール標尺を使用した。

* Received 16 Dec., 1993



第1図 雲仙岳周辺における水準路線，GPS観測点，ドライティルトおよび光波測量測線網の位置

Fig. 1 The locations of leveling routes, GPS stations, dry-tilt stations and EDM networks in Shimabara Peninsula and near Fugen-dake, Unzen Volcano.

(2.1) 島原半島西海岸水準路線

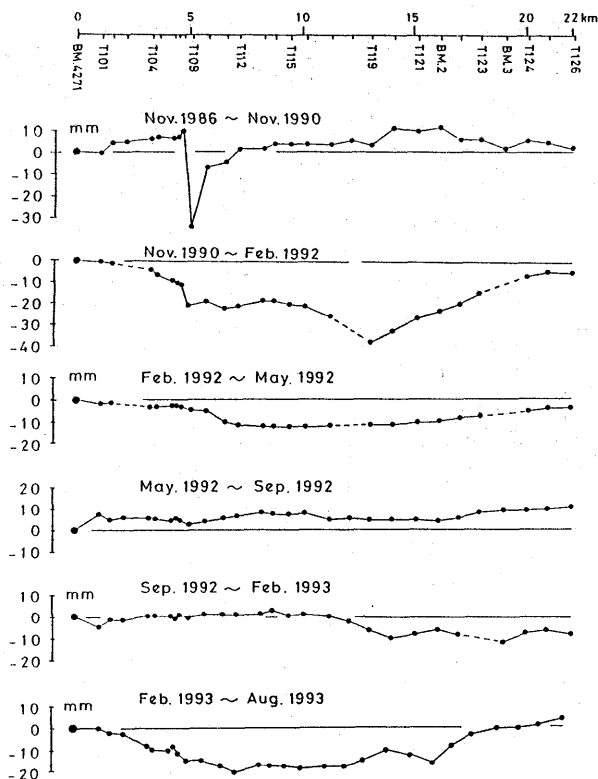
路線北端のBM. 4271（愛野町）を不動点として1993年2月から同年8月までの約6ヶ月間の上下変動量を，これまでに測定された各測量期間内の変動量と共に第2図に示した。なお，1990年11月と1992年5月の測量は国土地理院^{5) 6)}が実施した。1993年2月から同年8月までの上下変動の特徴は，1992年5月以降若干の隆起あるいは停滞状態にあった路線の中央部から北部の地域が再び沈降に転じたことである。猿葉山北部のT. 112から同南西部のT. 118にかけての地域は，約6ヶ月間に17mm～20mm沈降した。

1986年11月の測量値を基準とした各測量時期までの上下変動量を第3図に示した。局所的に顕著な沈降を示すT. 109（千々石）付近を除外すると，猿葉山西部のT. 113からT. 122（小浜町）に至る地域の沈降量が大きい。普賢岳の噴火が始まった1990年11月から1993年8月までの沈降量は約38mm～66mmであった。

(2.2) 普賢岳北山麓～仁田道路～あざみ谷水準路線

BM. 14（国見町百花台）を不動点として，雲仙岳北側山腹部（1991年3月以降）と普賢岳山頂部付近（1991年5月以降）の1993年2月から同年8月までの約6ヶ月間の上下変動量を，これまでに測定された各測量期間内の変動量と共に第4図に示した。このうち1991年3月と1992年6月の測量は国土地理院^{7) 8)}が実施した。1993年2月から同年8月までの上下変動の特徴は，1992年6月以降変動の停滞していた北山麓から普賢岳近傍の地盤が再び沈降に転じたことである。BM. 14からBM. 23（吹越）を經由して普賢岳山頂部に近づくにつれて沈降量が増加している。過去約6ヶ月間の沈降量は，BM. 23で10mm，N. 4（仁田峠）で15mm，AD. 4（あざみ谷）では20mmであった。山頂部に近い仁田峠付近は，1992年10月から1993年2月までに約10mm隆起していたが，同年8月までの間に沈降に転じている。

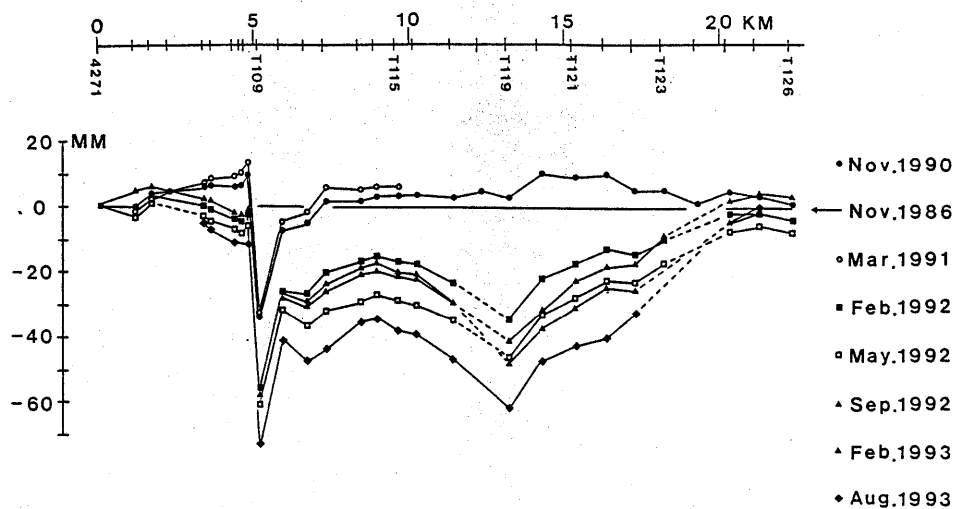
1991年8月の測量値を基準にして各測量時期までの上下変動量を第5図に示した。約2年間の沈降量は、BM. 23 (吹越) と N. 4 (仁田峠) で約50mm, 溶岩ドームに最も近い AD. 4 (あざみ谷) では約65mmであった。



第2図 島原半島西海岸路線における各測量期間内の上下変動量 (BM. 4271基準)。

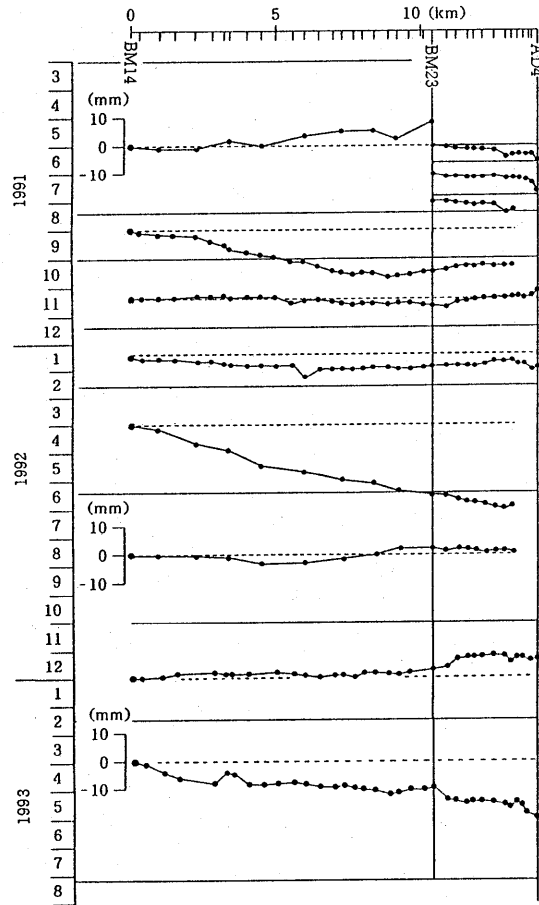
1990年11月と1992年5月の水準測量は国土地理院による。

Fig. 2 Vertical displacements referred to BM. 4271 along the western coast of Shimabara Peninsula during each period. Precise levelings in November 1990 and May 1992 were conducted by Geographical Survey Institute.



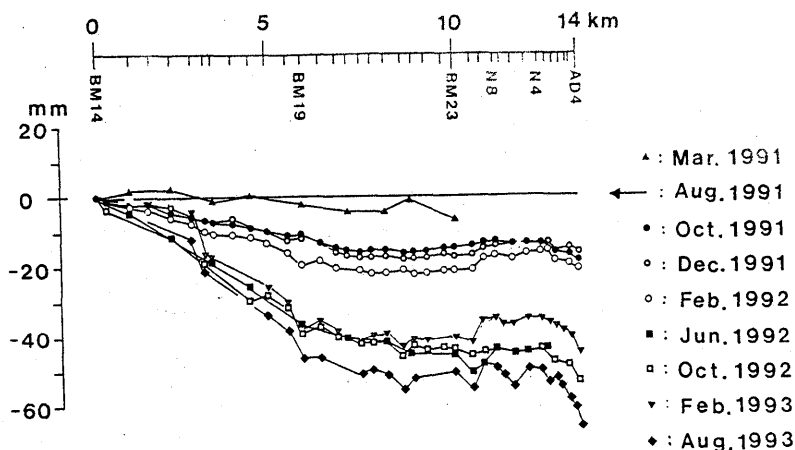
第3図 島原半島西海岸路線における1986年11月の測量値を基準とした各測量時期までの上下変動量 (BM. 4271 基準)

Fig. 3 Vertical displacements referred to BM. 4271 along the western coast of Shimabara Peninsula during the period from November 1986 to each survey time.



第4図 雲仙岳北山麓～仁田道路～あざみ谷路線の上下変動量 (BM. 14 基準)。
1991年3月と1992年6月の水準測量は国土地理院による。

Fig. 4 Vertical displacements referred to BM. 14 on the northern slope of Unzen Volcano and near the summit of Fugendake during each period.
Precise levelings in March 1991 and June 1992 were conducted by Geographical Survey Institute.



第5図 雲仙岳北山麓～仁田道路～あざみ谷路線における1991年8月の測量値を基準にした各測量時期までの上下変動量 (BM.14基準)

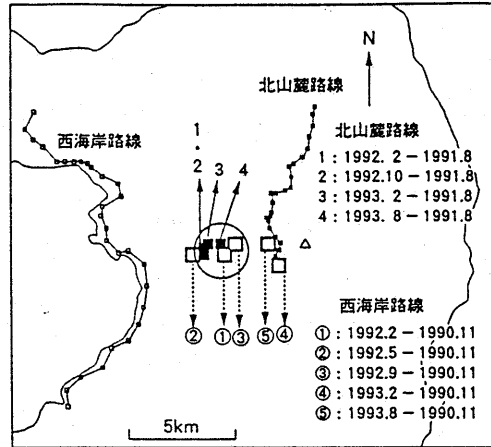
Fig. 5 Vertical displacements referred to BM.14 on the northern slope of Unzen Volcano and near the summit of Fugen-dake during the period from August 1991 to each survey time.

(2.3) 圧力源位置の推定および溶岩噴出活動と地盤変動との関係

地盤の上下変動を惹起した圧力源の位置については既に報告した³⁾ところであるが、これまでに西海岸水準路線と北山麓路線において測定された上下変動量に茂木モデルを適用して、圧力源の位置を再検討した。西海岸路線では1990年11月から各測量時期迄の変動量を用い、北山麓路線では1991年8月から各測量時期迄の変動量を用いて圧力源の位置を推定した。その結果を第6図に示した。推定された圧力源の位置は、時期によって若干異なるが、普賢岳と西海岸のほぼ中央に求められた。

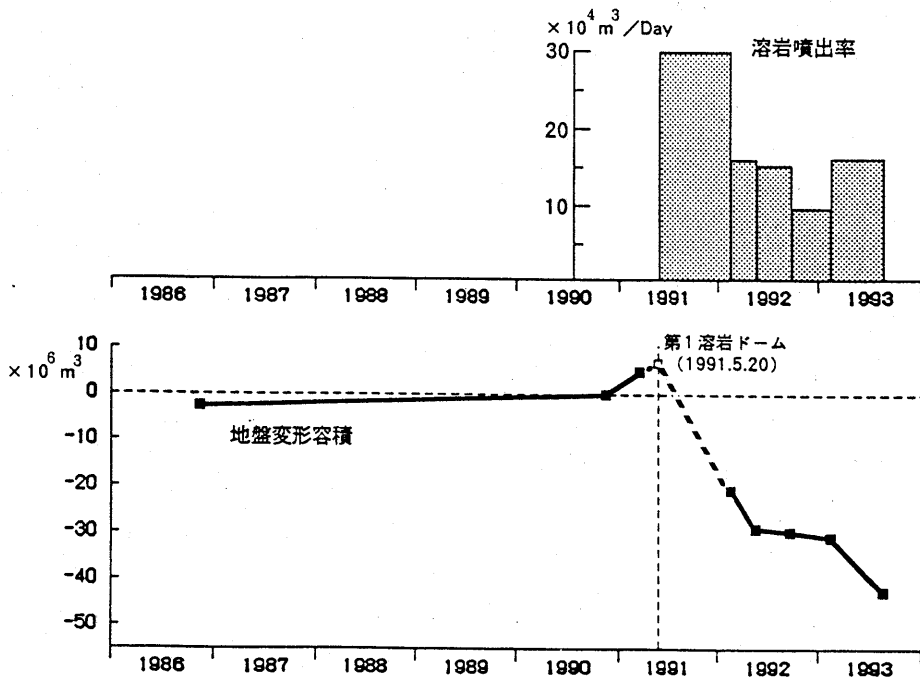
平均的な位置として図中の円の中心 (普賢岳の西方約4 km、深さ7.5 km) に圧力源を固定して、測量期間毎に西海岸路線の上下変動から地表面の変形容積を求め、溶岩噴出活動との関係を調べた。

第7図に示したように、地盤の変形容積と公表されている噴出率^{9), 10)}とを対照すると、溶岩噴出率が高い時期 (1991年5月～1992年5月、1993年2月～8月) には地盤が沈降し、溶岩噴出率が小さい時期 (1992年5月～1993年2月) には停滞している。変動が停滞している時期の溶岩噴出率は10万～15万 $\text{m}^3/\text{日}$ である。ここでは推定した圧力源の圧力の増減が、圧力源に蓄積されたマグマの増減によって生じるのであれば、変動が停滞していることは、マグマの流入がバランスしていることを意味する。普賢岳西方約4 kmの地下には、溶岩噴出率約10万 $\text{m}^3/\text{日}$ に相当する割合で、深部からマグマの供給が続いているとみるべきであろう。



第 6 図 水準測量結果から推定される圧力源の位置

Fig. 6 Location of the pressure source beneath Unzen volcano estimated from the Mogi's model using vertical displacements.



第 7 図 溶岩噴出率と地盤の変形容積の時間変化

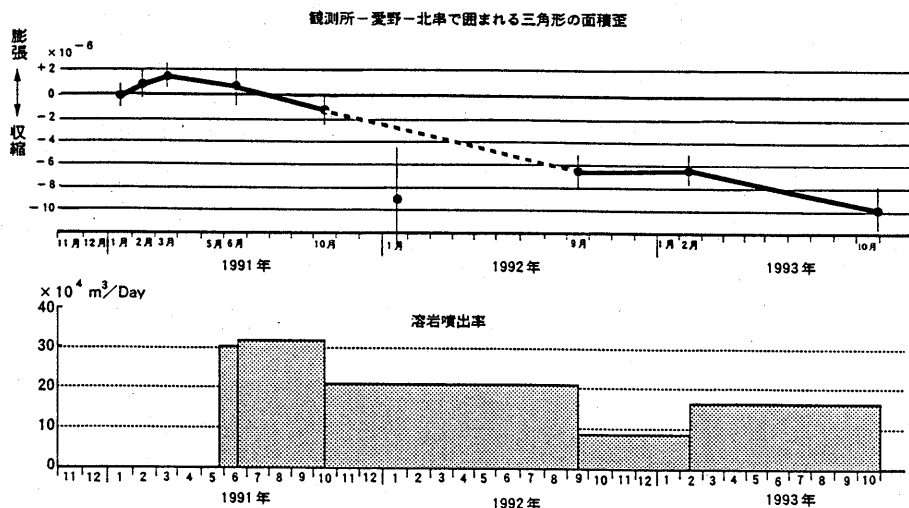
Fig. 7 Effusion rate of lava and deformation volume of the ground surface.

3. GPS 測量結果

1993年2月の測量²⁾から8ヶ月後の同年10月に、島原半島のGPS再測量を実施した。全体的な変動の趨勢をみるため、半島西側の愛野と北串、東側の九州大学島原観測所を結ぶ三角形の面積歪の時間変化を、溶岩噴出率の日平均値と共に第8図に示した。

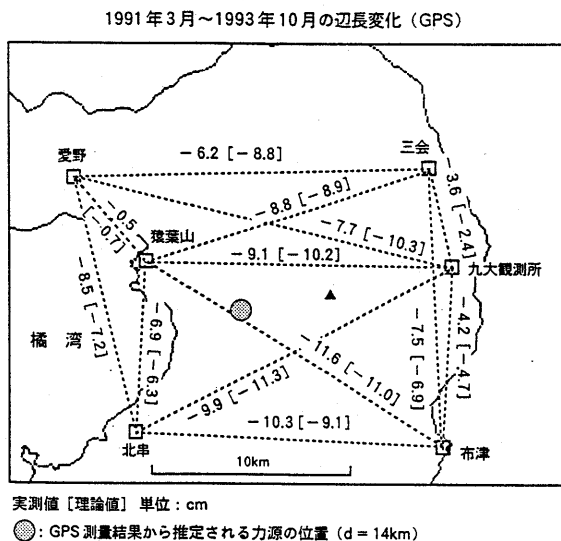
溶岩ドーム出現後の1991年6月から1992年9月迄に面積歪は約 8×10^{-6} の減少を示した後、1992年9月から1993年2月までの間は殆ど変化はなく停滞状態であった。その後、島原半島は再び収縮状態となり、今回の測量までの8ヶ月間に面積歪は約 3×10^{-6} 減少した。この傾向は、水準測量により明らかにされた地盤の沈降期間および沈降の停滞期間と良い一致を示している。上下変動と同様に、溶岩噴出率が約10万 m^3 /日であった1992年9月から1993年2月までの期間は収縮傾向が停止している。

GPS測量によって得られた1991年3月から1993年10月までの辺長変化量から、茂木モデルを用いて圧力源の位置を推定すると、活動火口の西南西約4.5kmの深さ14kmとなる(第9図)。圧力源の水平位置は、水準測量結果から求めた位置と約1kmの範囲で一致するが、深さは水準測量の結果より深くなる。GPSによる辺長変化量、推定した圧力源の位置および求めた圧力源より期待される辺長変化量の理論値を第9図に示した。



第8図 GPS測量による島原半島の面積歪と溶岩噴出率の時間変化

Fig. 8 Areal dilatation measured by GPS in Shimabara Peninsula and effusion rate of lava.

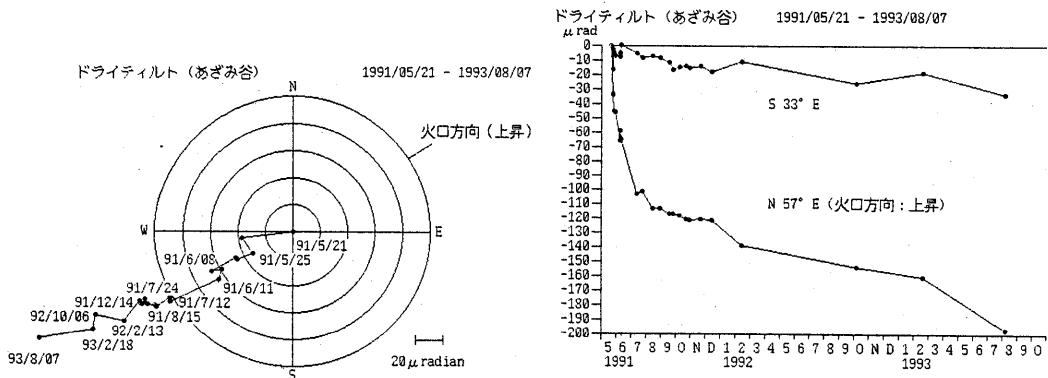


第9図 1991年3月から1993年10月迄のGPSによる辺長変化の実測値 [理論値] と推定された圧力源の位置

Fig. 9 Changes of distances in cm measured by GPS during the p e-riod from March 1991 to October 1993 and the estimated location of the pressure source. Numerals in brackets denot e distance changes in cm calculated theoretically by Mogi's model.

4. ドライティルトの測定結果

1993年8月にあざみ谷ドライティルトの再測をおこなった。1991年5月下旬からの傾斜ベクトルおよび火口方向と火口と直交方向のベクトル成分を第10図に示した。溶岩ドームが出現した1991年5月下旬に約 $50\mu\text{rad}$ の火口方向下がりの傾斜変化が測定され、その後1993年2月まで傾斜変動率は指数関数的に減少していた。1993年2月から同年8月までの間の傾斜量は約 $40\mu\text{rad}$ であり、同期間の火口方向が沈降を示す傾斜速度は、その前の1年間に比べて増加している。



第10図 あざみ谷のドライティルトによる傾斜変動

(左)：傾斜ベクトルの時間変化

(右)：火口方向およびそれに直交するベクトル成分の時間変化

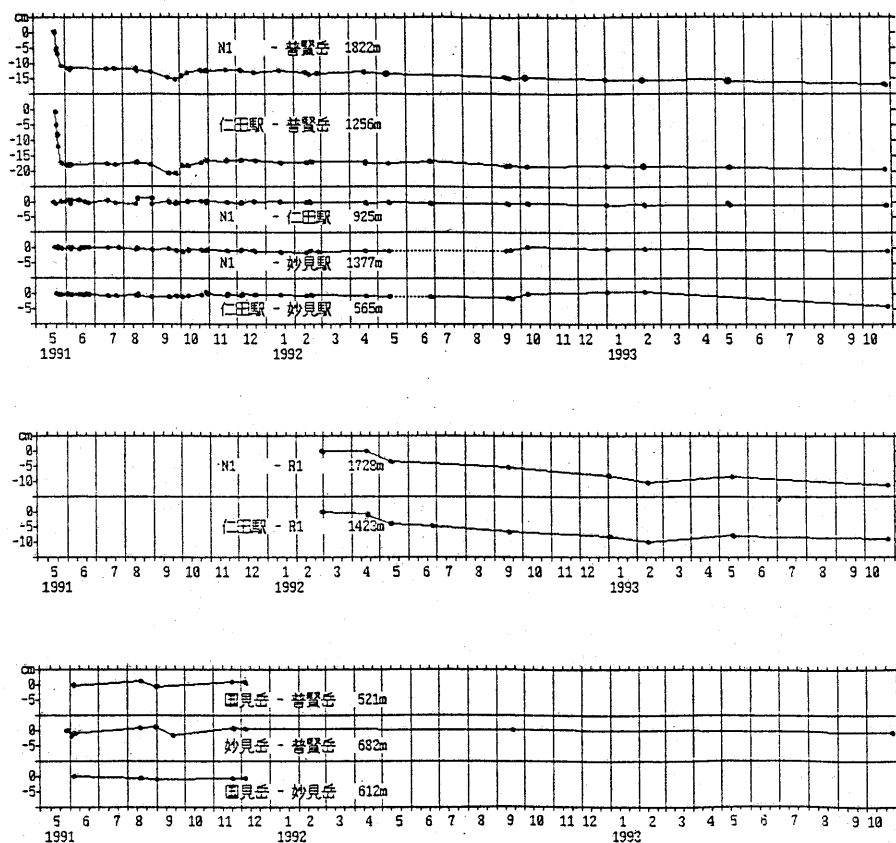
Fig. 10 Ground tilt measured by dry-tilt at Azami-dani near the foot of Fugen-dake.

(Left) : Changes of tilt vector.

(Right) : Changes of two components of tilt vector.

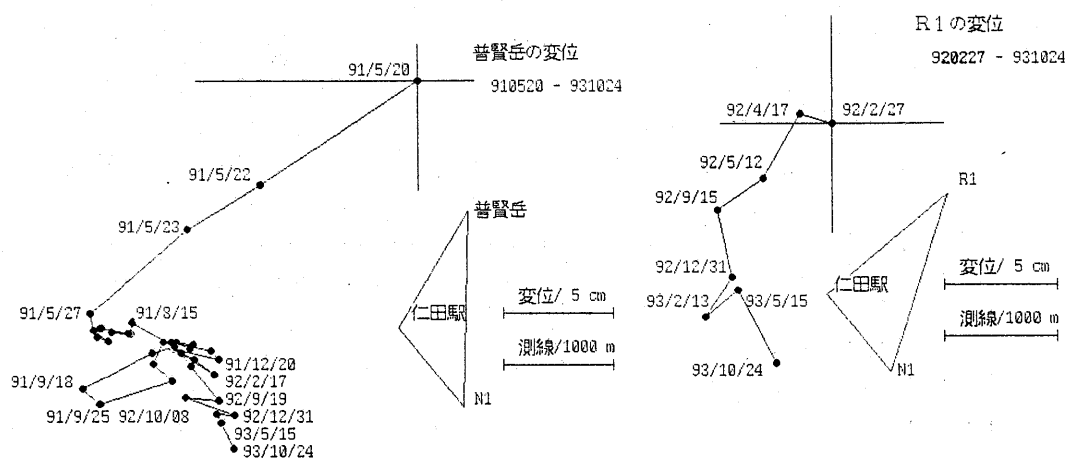
5. 光波測量結果

普賢岳近傍に設置した光波測量測線網について、1991年5月下旬から1993年10月下旬までの各測線長の変化を第11図に、普賢岳山頂および溶岩ドーム南側のR1基点（龍ノ馬場）の水平変動を第12図に示した。顕著な辺長変化は溶岩ドームが出現した1991年5月20日前後から6月上旬にかけて生じており、この間に普賢岳山頂は南西方向へ約20cm水平変動した。その後の約2年半の間は南東方向へ約8cm変動している。1992年2月下旬に溶岩ドームの南方約400mに新設したR1基点は、この1年8ヶ月間に南南西方向へ約11cm水平変動している。



第11図 光波測量による普賢岳近傍の辺長変化

Fig. 11 Changes of slope distances measured by EDM near Fugen-dake.



第12図 普賢岳山頂部の普賢基点とR1基点の水平変位

Fig. 12 Horizontal displacements of the targets at Fugen and R1 near the summit of Fugen-dake.

6. おわりに

今回の調査によって得られた雲仙岳周辺の地盤変動の特徴は次の通りである。

- (1) 1992年5月から1993年2月まで上下変動が停滞状態にあった島原半島西海岸路線は、1993年2月から同年8月までの間に中央部から北部の地域が再び沈降に転じた。1993年2月から約6ヶ月間の最大沈降量は、猿葉山南西部の約20mmであった。
- (2) 雲仙岳北山麓から普賢岳近傍の地盤は、西海岸路線と同様に1992年6月以降1993年2月まで上下変動が停滞していたが、1993年2月から同年8月までの間に再び沈降に転じた。1993年8月までの約6ヶ月間の最大沈降量は、AD.4（あざみ谷）の約20mmであった。
- (3) あざみ谷のドライティルトでは、1993年2月から1993年8月までの約6ヶ月間に、約40 μ radの火口方向の沈降を示す傾斜変化が測定された。
- (4) GPSによる島原半島の面積歪は、1992年9月から1993年2月まで停滞状態にあったが、1993年2月から同年10月までの約8ヶ月間に、約 3×10^{-6} 減少（収縮）した。
- (5) 雲仙岳周辺では、溶岩噴出率が大きい時期には地盤の沈降・収縮が生じ、溶岩噴出率が小さい時期（約10万～15万 $\text{m}^3/\text{日}$ ）には地盤変動が停滞する傾向を示す。普賢岳西方の地殻上部へは、溶岩噴出率約10万 $\text{m}^3/\text{日}$ に相当する割合で、深部からマグマの供給が続いていると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 京都大学防災研究所附属桜島火山観測所（1991）：雲仙岳周辺の地盤変動（1991年），噴火予知連会報，51，74-79。
- 2) 京都大学防災研究所附属桜島火山観測所（1992）：雲仙岳周辺の地盤変動（1986年11月～1992年2月），噴火予知連会報，53，51-57。
- 3) 国立大学火山観測機関合同観測班測地グループ（代表：京都大学防災研究所加茂幸介）（1993）：雲仙岳の火山活動に伴う地盤変動，雲仙岳溶岩流出の予知に関する観測研究，平成3年度総合研究（A）研究成果報告書，29-42。
- 4) 京都大学防災研究所附属桜島火山観測所（1993）：雲仙岳周辺の地盤変動（1992年2月～1993年2月），噴火予知連会報，55，72-81。
- 5) 建設省国土地理院（1991）：愛野町～南串山町間の上下変動，第57回火山噴火予知連絡会資料。
- 6) 建設省国土地理院（1992）：雲仙岳周辺の地殻変動，噴火予知連会報，53，46-50。
- 7) 建設省国土地理院（1991）：島原市～小浜町間の上下変動，第57回火山予知連絡会資料。
- 8) 建設省国土地理院（1992）：島原市～小浜町間の上下変動，第61回火山噴火予知連絡会資料。
- 9) 1993年4月6日，国土地理院発表資料。
- 10) 九州大学理学部附属島原地震火山観測所・東京大学地震研究所（1993）：第64回火山噴火予知連絡会資料。