

第3章 阿蘇山

澤田可洋・田中康裕・中禮正明・古田美佐夫

3.1 はじめに

阿蘇山では有史時代に極めてひんぱんに噴火が発生している。最近の噴火は中岳の第1火口で起こっており、噴火形態はおもにストロンボリ式である。噴火による噴石は、遠方まで飛散することがほとんどないので、近年は火口周辺まで観光開発が進められており、火口近くでもAC電源を得ることができる。そこで、この火山においては、第1火口周辺の3地点にTM-1A型傾斜計を設置して、1975年12月から1977年1月までの約1年間観測を実施した。

3.2 観測点

図3.3.1に傾斜計を設置した3地点P, Q, Rを示してある。また、表3.3.1にはそれらの位置等を示してある。

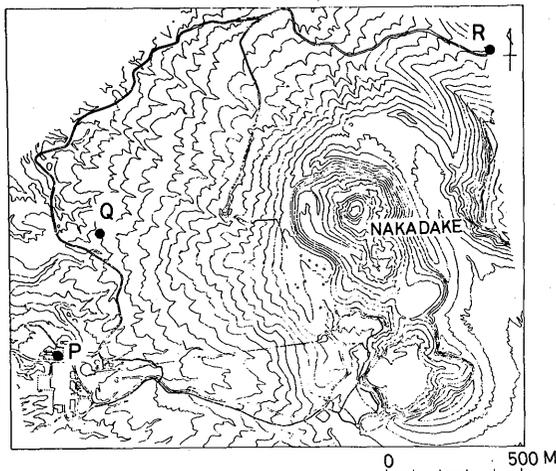


図3.3.1 阿蘇山の傾斜観測地点 (P, Q, R)

表3.3.1 阿蘇山の傾斜観測地点の位置と観測期間

地点名	北緯	東経	高度	火口からの距離・方位	観測期間
P (測候所)	N 32°52'36.978"	E 131°4'33.072"	m 1143.16	1.2km, S64W	1975年12月11日 ~1977年1月22日
Q (火口西側)	32°52'51.289"	131°4'39.080"	1151.38	0.9km, S85W	1975年12月11日 ~1977年1月15日
R (ロープウェイ東駅)	32°53'12.58"	131°5'34.25"	1270.4	0.8km, N39E	1976年2月1日 ~1976年12月31日

(R点の北緯, 東経, 高度は第1編の地形図による)

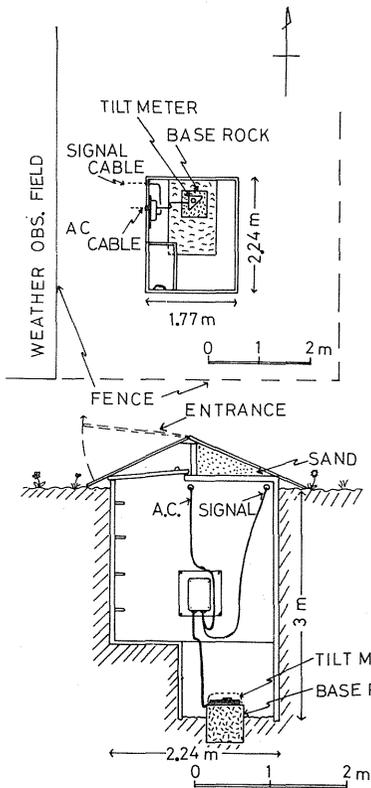


図 3.3.2 P 点観測坑の構造

P 点は阿蘇山測候所で、中岳第 1 火口の西南西約 1.2 km の距離にある。測候所の露場の脇に図 3.3.2 に示したような構造で 2.2 m × 1.7 m、深さ 3 m の穴を掘り、その底へ傾斜計を設置した。穴の壁はコンクリートブロックで固めてあり、底は土が露出している。底の一部に、しっかりした石を置き、傾斜計をのせる基台とした（第 1 章参照）。穴の天井は出入口を除き、コンクリートでふさぎ、その上に屋根をかぶせた（図 3.3.3）。

この観測坑は測候所の建物から約 20m 離れているので、その間に AC 用送電線と信号送信用ケーブルとを地中埋設し、記録は測候所の建物内で得られるようにした。

Q 点は中岳第 1 火口の西約 0.9 km の傾斜地



図 3.3.3 P 点観測坑の外観

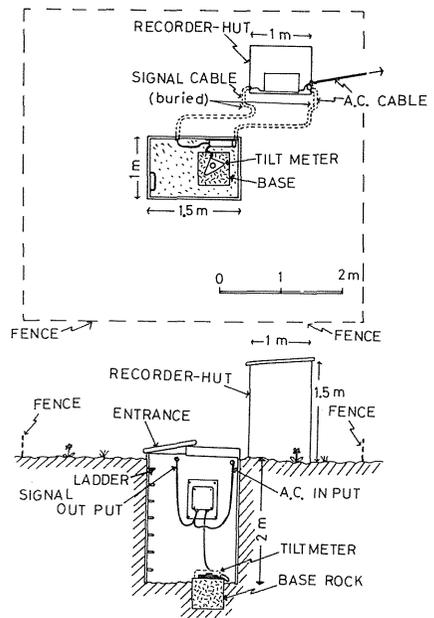


図 3.3.4 Q 点観測坑の構造



図 3.3.5 Q 点観測坑、基台に設置した傾斜計

にある。図3.3.4に示した構造で、1 m × 1.5 m、深さ2 mの穴を掘り、P点と同様な壁面構造とし、石の基台の上に傾斜計を設置した(図3.3.5)。また、この穴の近くの地上には1 m × 0.75 m、高さ1.5 mのコンクリートブロック製の小屋を建て、その中に記録器を設置した。

この地点は阿蘇山測候所の地震観測用A点のテレメータケーブルを張った電柱のそばにあるので、その電柱を利用して、測候所からQ点までの約450mの間をOV線を張ってAC電源を送った。電源電圧は約1.5割の電圧ドロップがあったので、Q点にスタビライザーを付けて電圧の安定化をはかった。

R点の中岳第1火口の北東約0.8 km、ロープウェー東駅の西約100mの位置にあり、まわりはほぼ平坦になっている。この地帯は溶岩流の跡で、観測点は、Q点とほぼ同様の構造で、固い溶岩に1 m × 1.5 m、深さ1 mの穴をあけ、底面の溶岩に傾斜計を設置した。穴のまわりにはコンクリートを張り、上面は木製の屋根をかぶせた。また、穴の近くの地上には、Q点と同じ仕様的小屋を建て、その中に記録器を設置した(図3.3.6)。



図3.3.6 R点観測坑の外観

電源はロープウェー東駅からVVR線を地中埋設して取り入れた。電源電圧には約1割の電圧ドロップがあったので、R点にはスタビライザーを付けて電圧を安定させた。

3.3 観測結果

各観測点の1年間の傾斜変化と、観測坑内の傾斜計周辺における気温(以下坑内温度と呼ぶ)の変化の状態を図3.3.7~図3.3.9に示す。各点の観測値は、第3編末尾の表(表3.3.2)にまとめて記載してある。

坑内温度は、観測を始めた時期と、約1年後の値とがほぼ同じで、各点とも冬期に低く夏期に高いという定常的な年変化が現われている。年間の温度変化の幅は、P点では15.2℃、Q点では24.5℃、R点では28.8℃であった。それらの値が各点で違うのは、

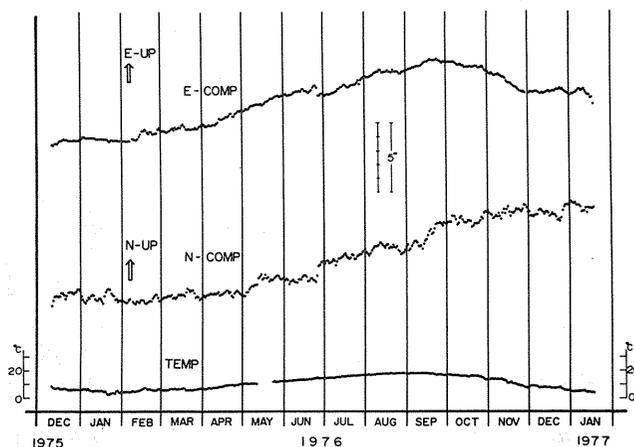


図3.3.7 P点における傾斜(N-COMPとE-COMP)および坑内温度(TEMP)の日別変化。矢印は上側が北側上昇または東側上昇を示す。

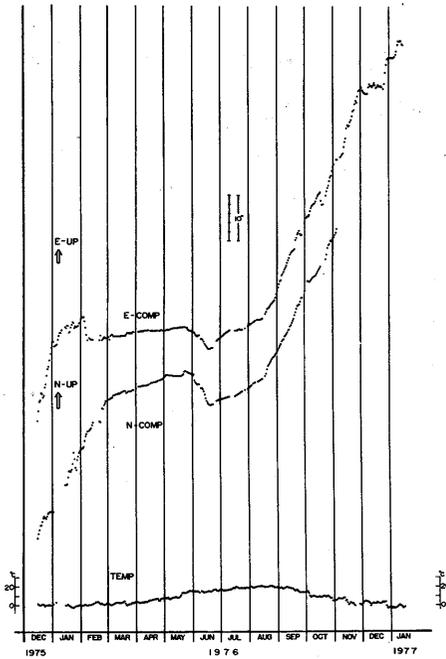


図 3.3.8 Q点における傾斜および坑内温度の日別変化。矢印等は図 3.3.7に同じ。

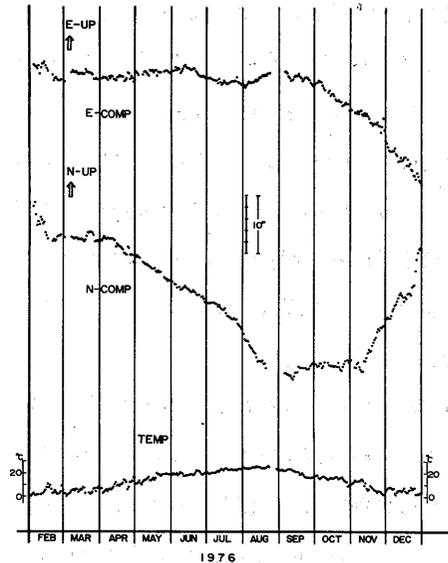


図 3.3.9 R点における傾斜および坑内温度の日別変化。矢印等は図 3.3.7に同じ。

観測点の高度や観測坑の構造、深さなどに影響されているためだと考えられる。

一方、傾斜の変化は、観測を始めた時期と、それ

から1年後では両者の値はかなりずれていて、坑内温度の変化のような明瞭な年変化はみられない。すなわち、1年間の傾斜変化量は、

P点では

N-S成分： 753mV (約 7.5 秒角)

E-W成分： 615mV (約 6.2 秒角)

Q点では

N-S成分： 8089mV (約 80.9 秒角)

E-W成分： 6762mV (約 67.6 秒角)

R点では

N-S成分： 3053mV (約 30.5 秒角)

E-W成分： 2055mV (約 20.6 秒角)

であった。この変化量は、一般の地殻変動観測で得られるものと比べて著しく大きく、季節変化によって生じる傾斜の変化量をもはるかに越えていると考えられる。また、火口に近いQ点とR点の傾斜変化量が、火口から遠いP点の値と比べてはるかに大きいので、この傾斜変化の源が火口付近にあるらしいことを示唆している。

各観測点における傾斜値について、N-S成分とE-W成分とを組み合わせで作った傾斜のベクトル変

化は図 3.3.10～図 3.3.12 のようになる。すなわち、

P点では、観測開始直後の1975年12月～1976年1月は南側上昇であったが、2月ころからは北東側上昇の傾向になり、さらに9月後半～10月から北西側上昇の動きに変わった。

Q点では、1976年1月以降北側上昇の動きを示したが、5～6月にかけてその方向が逆転し、7月以降は北東側上昇の動きが続いた。10月後半からは、傾斜の方向がやゝ変って東側（火口の方向）上昇の動きが続いた。

R点では、傾斜計設置直後の1976年2月後半～4月前半にかけて傾斜方向の逆転がみられたが、その後はほぼ火口の東側に当る南側上昇の動きが続いた。しかし、9月ころから10月末までは西側上昇の動きとなり、さらに、11月以降は北西側上昇の動きが続いた。

このように、3地点とも、活動火口である中岳第1火口、あるいはその北部方向が顕著な上昇を示していること、P点とR点では9～10月ころに大きく動きの方向が変化していることなど、傾斜変化には共通した内容が見られた。

上述の傾斜変化は異常であり、あるいは噴火に結びつくかもしれないという危機感があった。しかし、一

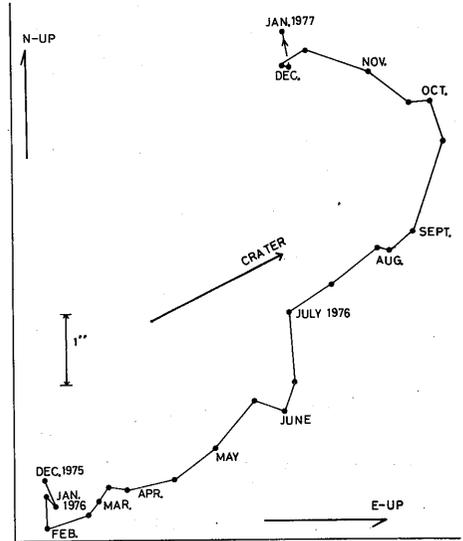


図 3.3.10 P点における半月ごとの傾斜のベクトル変化。縦軸、横軸の矢印は北側上昇、東または西側上昇を示す。図中の矢印は中岳第1火口方向を示す。

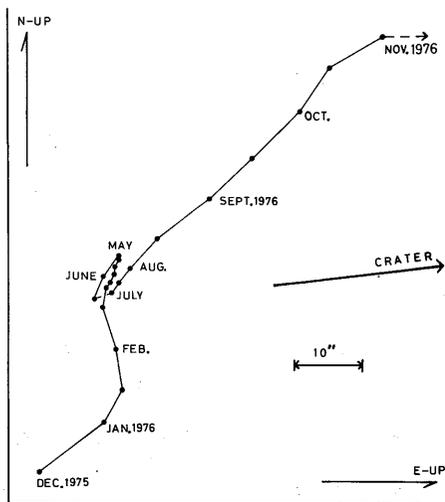


図 3.3.11 Q点における半月ごとの傾斜のベクトル変化。矢印等は図 3.3.10に同じ。

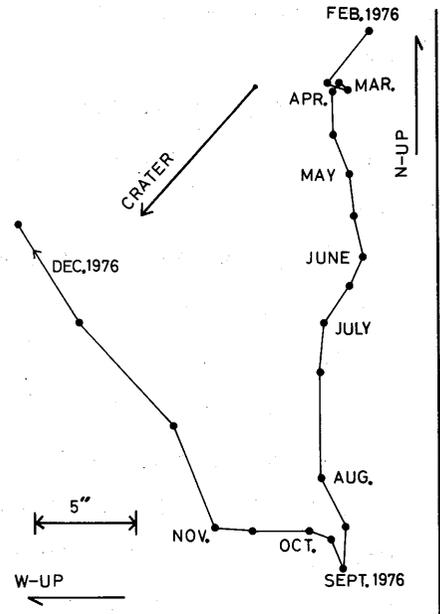


図 3.3.12 R点における半月ごとの傾斜のベクトル変化。矢印等は図 3.3.10に同じ。

連の年次計画にもとづく特別研究を遂行する必要上、この状況を関係気象官署へ知らせた上で阿蘇山での研究観測を終了させ、次の研究対象火山である伊豆大島へ傾斜計を移設した。そして、観測を終了して3ヶ月を経過した1977年4～7月にかけて、中岳第1火口は噴火した。

3.4 傾斜変化と気温変化

傾斜観測においては、気温の変化が著しい障害となっていることは良く知られている。そこで、一般には、傾斜計は深い孔の中や、深い壕の中に設置して気温変化の影響をさけている。

各点の1日あたりの傾斜変化状況を見ると、測候所の露場における気温（以下気温と呼ぶ）に最高、最低が現われた時刻か、またはそれより若干遅れて傾斜値の極値が記録されていることが多かった。また、坑内温度の1日の変化状況は、気温の場合と比べて著しく小さくなっているが、1日の気温の変化に対応する変動がみられることもあった。

こうしたことから、阿蘇山のP、Q、R点に掘った程度の観測坑では、地表における気温変化に伴う傾斜への妨害を完全に除去することができないことがわかる。

図3.3.13は、1976年7月6～7日におけるP点のN-S、E-W 2成分の傾斜値、坑内温度、気温を比較したものであって、傾斜の1日の変化が、極値の現われる時刻や変化の形態においてある程度のタイムラグをもって、気温の変化状況と対応づけられる例である。また、図3.3.14は、1976年9月9～10日のQ点の場合であって、両日とも雨天であったので、1日の気温変化が比較的小さく、かつ傾斜変化にも極大、極小が現われていない例である。

一方、1日の気温変化が大きくても、傾斜変化が著しいため、気温の影響が傾斜記録に現われず、一方向へ傾斜変化が進行しているようにみえる場合もある。

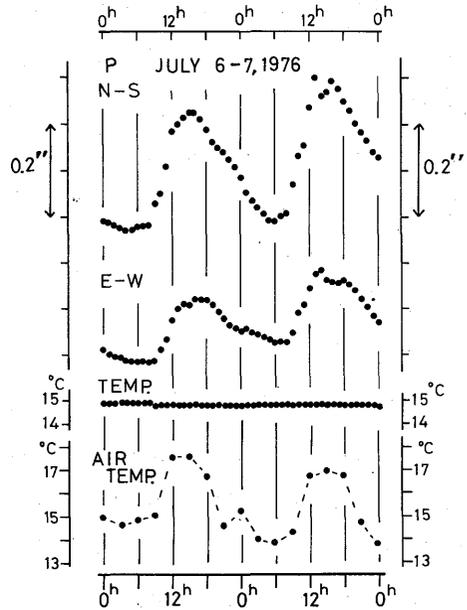


図3.3.13 P点における1日の傾斜（N-S、E-W）、坑内温度（TEMP）、気温（AIR TEMP）の変化の状況（1976年7月6～7日）。

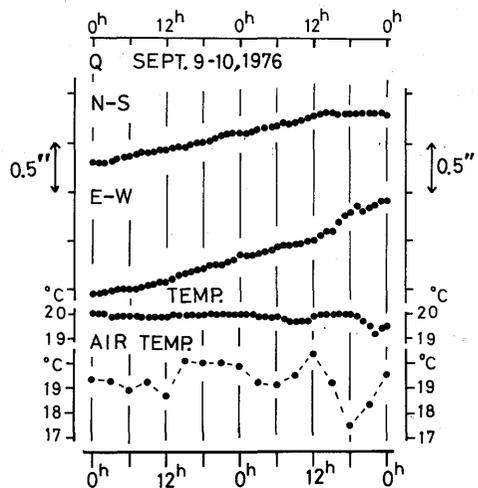


図3.3.14 Q点における1日の傾斜、坑内温度、気温の変化の状況。記号は図3.3.13に同じ（1976年9月9～10日）。

これらのケースも含め、気温変化が傾斜値に及ぼす影響の程度や、その現われ方には種々の形態があるので、気温変化による傾斜値への影響を除去することは単純ではない。

なお、傾斜および坑内温度の1日あたりの変化量(最大値と最小値との差。以下、日変化量と呼ぶ)の観測期間全体の平均は、

P点：0.2～0.3秒角，0.4℃

Q点：0.4～0.5秒角，1.5℃

R点：0.7秒角，2.3℃

であり、観測孔の深さが深いほど日変化量は小さく、値のバラつきも小さい。

図3.3.15は、各点の傾斜と坑内温度の日変化量の月平均を示したものである。傾斜の日変化量は、P点でははっきりした傾向はみられないが、Q点、R点では3～8月(あるいは9月)にかけて小さい。坑内温度は11月ごろQ点、R点で大きく、4月ごろR点で大きい。

図3.3.16は、気温と坑内温度との相関を月毎に求めたものであるが、両者は大勢としては良い関係にある。このことは、観測坑内でも坑内の気温は地表とほぼ同じように変動していることを示す。

図3.3.17は、坑内温度および傾斜値のそれぞれの日変化量の相関を月毎に求めたものである。相関

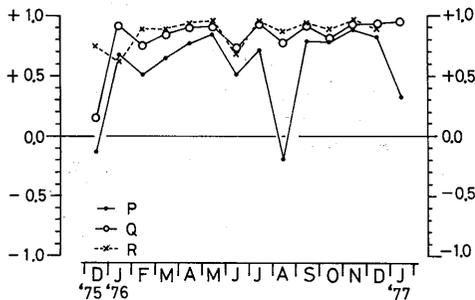


図3.3.16 測候所における気温と、各点における坑内温度との相関係数の月別変化。

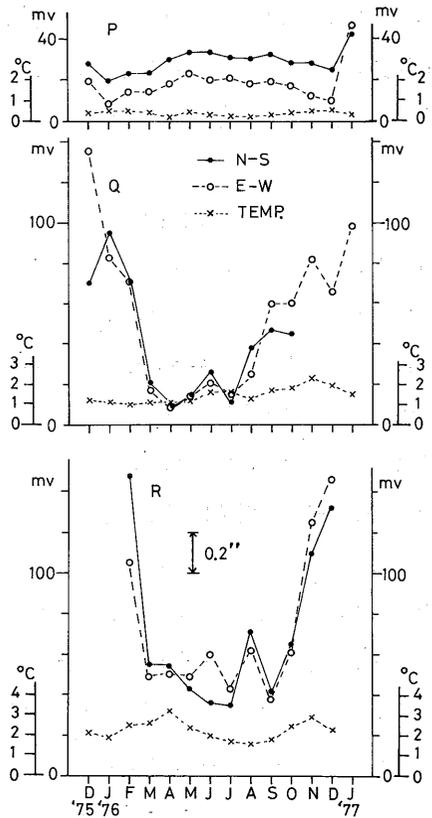


図3.3.15 各点(上からP, Q, R点)における傾斜(黒丸はN-S, 白丸はE-W成分)および坑内温度(×印)の日変化量の月別変化。

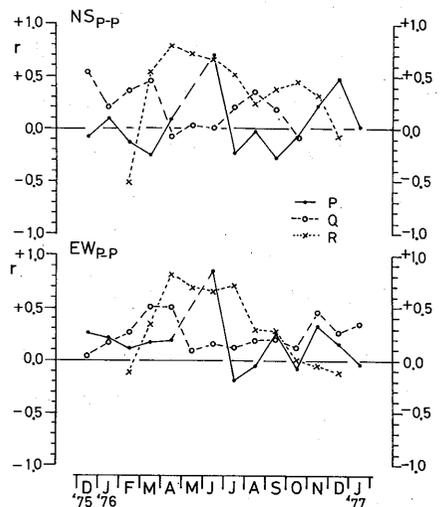


図3.3.17 各点における傾斜の日変化量と坑内温度の日変化量との相関係数の月別変化。

係数は正、負の領域にかなり分散しており、季節的变化は認められない。このことは、傾斜変化は気温の変化だけに左右されているのではなく、多分、火山活動によって生じたものであることを示唆する。

なお、傾斜観測を海岸近くで行うと海洋潮汐の影響を受けるが、阿蘇山のような内陸ではその心配はない。また、地球潮汐については該当するものを記録させる程、傾斜計の感度を上げてないので、考慮しなかった。

3.5 降雨および日照の影響

図 3.3.18 は、1日の雨量と傾斜の日変化量の相関を月毎に求めたものである。5～9月には月の雨量が300mmをこえ、6月には600mmをこえているが、両者の間には良い相関はみられない。これは、降雨が傾斜の変化に著しく影響を及ぼすことがなかったためだと考えられる。

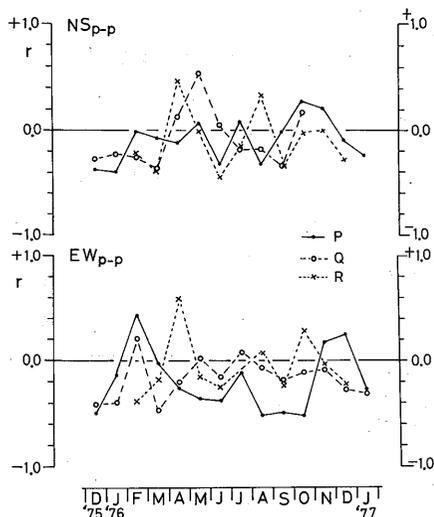


図 3.3.18 各点における傾斜の日変化量と、測候所における1日の雨量との相関係数の月別変化。

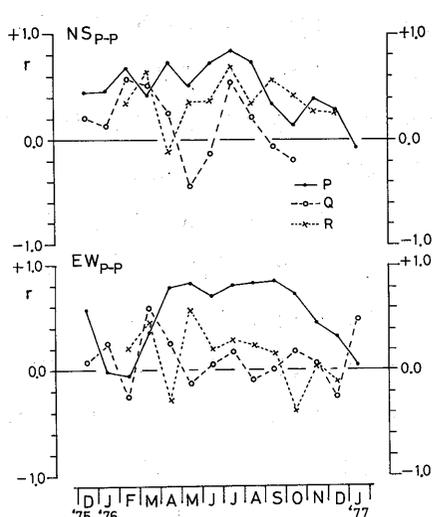


図 3.3.19 各点における傾斜の日変化量と、測候所における1日の日照時間との相関係数の月別変化。

図 3.3.19 は、1日の日照時間と傾斜の日変化量の相関を月毎に求めたものである。P点では、N-S成分は4月と6～8月、E-W成分では4～9月にかけて相関がやゝ良く、日照が傾斜の変化に影響を及ぼしたことを示すと考えられるが、Q点、R点では良い相関はみられない。

3.6 火山活動と傾斜との関係

観測期間中に噴火はなかったが、観測開始初期の1975年12月～1976年1月にかけては降灰を含む噴煙噴出があり、火山性地震発生の頻度もかなり多い時期であった。傾斜ベクトルの変化をみると、P点、Q点では1976年1月あるいは2月以降その方向がやゝ異なっているため、これは1976年1月以降噴煙噴出がおさまっていった時期と対応する現象かも知れない。

その後は有感の火山性地震が、4月、7月、9月に夫々1回発生した程度で、火山活動はおだやかであ

った。しかし、1976年8～9月ごろから各点で傾斜ベクトルの方向に変化が生じたり、あるいは傾斜変化が大きくなるという状態が生じた。この現象は10月ごろからさらに著しくなっていた。

図3.3.20は、3地点の傾斜ベクトルの変化を同一スケールで地図上に示してある。3点の傾斜変化と火口の位置との関係がわかり、傾斜ベクトルは火口の北側の地域を向く動きが著しい。

1976年10月以降は、傾斜変化が著しく、気温変化による影響が傾斜の記録にほとんど現われていない。この時期の傾斜の日変化量は1日の傾斜の変化量そのものを示すと考えてよい。図3.3.21には、1976年10月以降の傾斜の日変化量の10日毎の平均値が、各観測点の火口からの距離に対してプロットしてある。

3点を直接比較することに問題はあるが、火口に近い程値が大きくなっているため、火口付近に原因を有する火山性の傾斜変化を検出していたことを示すものであろう。

1976年秋以降の著しい傾斜変化は、3.3節で述べたように、1977年4～7月にかけて発生した中岳第1火口の噴火活動と密接に関連する現象であったと考えられる。

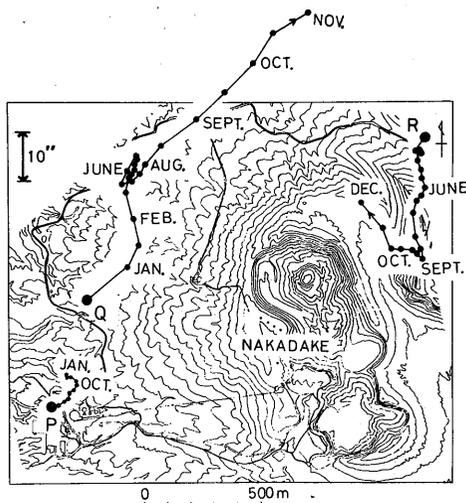


図3.3.20 傾斜ベクトルの変化

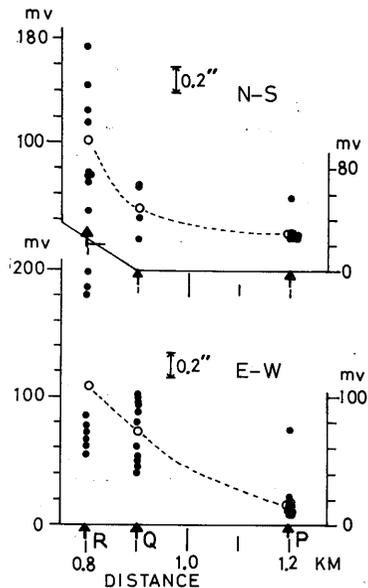


図3.3.21 1976年10月以降の、火口からの距離(横軸)に対する各観測点の傾斜の日変化量。白丸は平均値を示す。