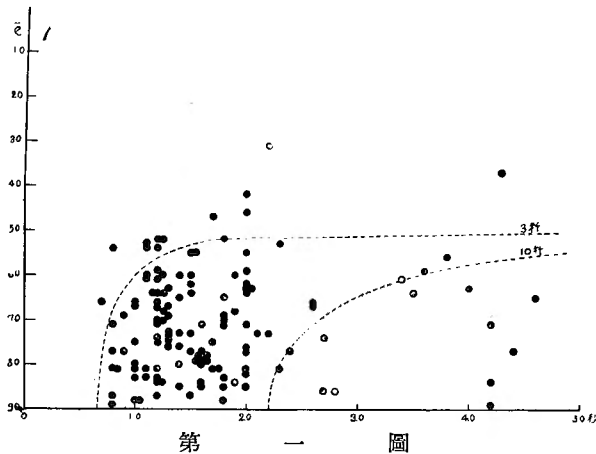


# 阿蘇火山地震震源の分布に就いて

理學博士 佐々憲三

**緒言** 昭和四年五月下旬阿蘇火山研究所にウェーヘルト千鈎水平動地震計及び千三百鈎上下動地震計を据置してから昨年末までに、阿蘇火山地域に發生した地震だけでも總數三千餘回に及ぶのである。こゝでは其の震源の分布のみに就いて概説し、他日稿を改めて火山噴火活動との關係や地震動傳播の様式等に関して、詳論する心組である。

**震源決定法** 大部分の地震が研究所唯一ヶ所でのみ觀測されてゐるに過ぎないから、震源の位置を正確に求めることは困難であるが、こゝでは大勢を見る爲に、地震波の傳播に



就いて、後に述べる様な地殻構造を考へて、初動方位、射出角、初期微動繼續時間の觀測値を使つて震源を決定した。

先づ初動の上下、水平、兩成分共に記録紙上一ミリメートル以上で、觀測誤差が僅少と考へられる地震のみに就いて見掛けの射出角と初期微動繼續時間との關係を圖にしたものが第一圖である。圖に明かな様に殆んど全部五十度以上である。即ち地表に近づくに従ひ傳播速度が非常に減少してゐる事を示すもので、其の變化の様式は連續的であるか不連續的であるか解らないが、こゝでは簡單の爲めに不連續的に變化してゐるものとする。併して不連續面の深さを、山上本堂觀測所と山麓研究所本所との二點で觀測し得た十數回の火山地震觀測結果から一桿と假定した。即ち地殻は深さ1

桿の不連續面の上、下の層では各々傳播速度が一樣であるが、其の境で $\frac{v_1}{v_2} = \sin 40^\circ = 0.64$ なる條件を満足する様に上層の速度が下層のものの0.64に減少する。この地殻で震源の深さ3桿及び10桿の地震の見掛けの射出角と初期微動繼續時間は第一圖に點線で示したものになり、觀測結果と調和してゐる。次に震源距離と初期微動繼續時間との關係は、山上本

阿蘇火山地震震源の分布に就いて

堂と研究所本所とで同時に記録し得た爆發地震及び現火口附近に發生した火山地震の觀測結果、並に本所の上下動地震計に數多く記録された爆發地震動と爆發氣壓波による地動との觀測結果から

$$\text{震源距離} = 4.5 \times (\text{初期微動繼續時間})$$

なる式で與へられる。上述の方式によつて山上本堂と研究所本所とで觀測し得た現火口附近以外に發生した火山地震について、兩所に於ける初動方位、射出角、初期微動繼續時間の觀測から各々獨立に決定した震源の位置が兩者満足すべき程度に一致することを確めた。



第二圖 震 央 分 布 圖

自昭和四年六月一日

至昭和十三年十二月三十一日

○は初動「引き」の地震  
●は初動「押し」

阿蘇火山地震震源の分布に就いて

震央分布 昭和四年六月以降十三年末までの間に初動各成分並に初期微動繼續時間を正確に観測し得た地震の震源の位置を上述の方式によつて決定し、其の全部の震央分布を示したのが第二圖である。圖に於て白圓は初動「引き」、黒圓は初動「押し」の地震を表はすのである。本圖に於て震央の大部分が現噴火口西方地域に集合してゐることは注目すべき顯

第一表 第一種火山微動平均振幅 (單位ミクロン)

| 月<br>年 | 一<br>月 | 二<br>月 | 三<br>月 | 四<br>月 | 五<br>月 | 六<br>月 | 七<br>月 | 八<br>月 | 九<br>月 | 十<br>月 | 十一<br>月 | 十二<br>月 | 全<br>年 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 昭和4    |        |        |        |        |        | 3.02   | 3.00   | 3.07   | 3.03   | 1.52   | 0.95    | 0.40    | 2.14   |
| 5      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.03   | 0.49   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.04   |
| 6      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| 7      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.08   | 0.10   | 0.19    | 1.36    | 0.14   |
| 8      | 1.05   | 6.81   | 3.36   | 2.03   | 2.45   | 3.46   | 2.26   | 1.52   | 1.80   | 1.23   | 1.47    | 1.52    | 2.41   |
| 9      | 0.68   | 0.49   | 0.31   | 0.23   | 0.20   | 0.18   | 0.20   | 0.24   | 0.33   | 0.35   | 0.37    | 0.48    | 0.34   |
| 10     | 0.53   | 0.36   | 0.27   | 0.38   | 0.39   | 0.84   | 0.23   | 0.12   | 0.22   | 0.21   | 0.98    | 0.90    | 0.45   |
| 11     | 1.32   | 1.43   | 1.10   | 0.81   | 0.99   | 0.92   | 0.86   | 0.59   | 0.81   | 0.50   | 0.70    | 0.84    | 0.90   |
| 12     | 1.59   | 1.69   | 2.14   | 2.41   | 2.19   | 1.70   | 1.55   | 1.37   | 1.02   | 0.95   | 0.82    | 0.97    | 1.54   |
| 13     | 0.66   | 0.12   | 0.21   | 0.22   | 0.17   | 0.13   | 0.09   | 0.09   | 0.13   | 0.25   | 0.13    | 0.13    | 0.19   |

阿蘇火山地震回数

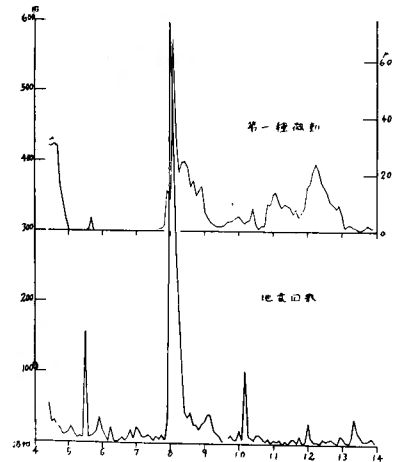
| 月<br>年 | 一<br>月 | 二<br>月 | 三<br>月 | 四<br>月 | 五<br>月 | 六<br>月 | 七<br>月 | 八<br>月 | 九<br>月 | 十<br>月 | 十一<br>月 | 十二<br>月 | 全<br>年 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 昭和4    |        |        |        |        |        | 56     | 27     | 31     | 22     | 19     | 10      | 12      | 177    |
| 5      | 14     | 22     | 12     | 6      | 8      | 6      | 158    | 7      | 9      | 11     | 15      | 36      | 304    |
| 6      | 18     | 9      | 2      | 22     | 3      | 2      | 3      | 8      | 3      | 8      | 20      | 6       | 140    |
| 7      | 23     | 16     | 8      | 7      | 11     | 8      | 3      | 9      | 4      | 12     | 4       | 39      | 104    |
| 8      | 590    | 472    | 280    | 193    | 113    | 43     | 35     | 42     | 25     | 26     | 19      | 27      | 1861   |
| 9      | 30     | 40     | 40     | 18     | 14     | 10     | 3      | 4      | 6      | 12     | 5       | 5       | 187    |
| 10     | 19     | 6      | 103    | 11     | 8      | 4      | 13     | 12     | 8      | 3      | 8       | 1       | 196    |
| 11     | 6      | 3      | 7      | 0      | 5      | 0      | 7      | 8      | 3      | 12     | 0       | 4       | 55     |
| 12     | 32     | 8      | 3      | 3      | 2      | 8      | 4      | 6      | 8      | 4      | 2       | 13      | 93     |
| 13     | 10     | 5      | 2      | 13     | 36     | 19     | 12     | 5      | 5      | 7      | 10      | 3       | 127    |

別 府 附 近 地 震 回 數

| 月<br>年 | 一<br>月 | 二<br>月 | 三<br>月 | 四<br>月 | 五<br>月 | 六<br>月 | 七<br>月 | 八<br>月 | 九<br>月 | 十<br>月 | 十一<br>月 | 十二<br>月 | 全<br>年 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 昭和4    | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 2      | 2      | 0      | 5      | 0      | 1       | 0       | 11     |
| 5      | 27     | 3      | 1      | 225    | 25     | 3      | 21     | 0      | 0      | 1      | 4       | 13      | 323    |
| 6      | 9      | 10     | 6      | 36     | 4      | 19     | 13     | 0      | 1      | 2      | 6       | 5       | 111    |
| 7      | 2      | 10     | 2      | 2      | 0      | 9      | 0      | 0      | 1      | 0      | 0       | 0       | 26     |
| 8      | 0      | 4      | 3      | 0      | 0      | 2      | 12     | 0      | 7      | 1      | 1       | 2       | 32     |
| 9      | 1      | 3      | 4      | 5      | 4      | 0      | 0      | 1      | 19     | 0      | 5       | 1       | 43     |
| 10     | 0      | 14     | 16     | 1      | 7      | 11     | 2      | 67     | 4      | 3      | 8       | 5       | 138    |
| 11     | 5      | 1      | 4      | 2      | 1      | 6      | 5      | 11     | 16     | 5      | 14      | 2       | 72     |
| 12     | 9      | 2      | 2      | 1      | 18     | 4      | 3      | 1      | 3      | 3      | 2       | 8       | 56     |
| 13     | 6      | 2      | 0      | 1      | 12     | 0      | 1      | 9      | 2      | 1      | 6       | 0       | 40     |

著な事實である。勿論観測點の近くに發生した地震は微少なものでも、より遠いところに發生したものより、振幅も大きく従つて初動を正確に観測し得る機會が多いから比較的多く圖に記入されてゐる事實は考慮に入れなければならない。併し乍らこの内數十個の地震は東北約 60 軒離れた別府研究所のウェーヘルト地震計に記録されてゐる程度の強さであるが、夫等の大部分はやはり火口西方地域に發生した地震である。又昭和八年に山上本堂観測室での観測でも火口東方地域に發生した地震は全くなかつた。即ちこの特異な震央分布は観測點の位置に起因するものでなくて、現今阿蘇山に於ける火山地震活動の中心は現噴火口西方地域に存在すると推論されるのである。之は西方地域の火山丘群が東方地域のものに比べて後期噴出であることや、温泉が東方に全くなく、西方地域にのみ豊富に湧出してゐる事實からも豫想されることである。尙ほこの問題は震央分布の有様が噴火活動の種々の時季によつて如何に變るかを調べて見ると益々明になる。

**噴火活動と震源分布** 噴火活動の消長を示すもの



第三圖

第一種火山微動と火山地震との關係

として、それより多少先行するけれども、大體變動様式が平行するところの第一種火山微動振幅の變動を採用し、今其の月平均値と火山地震毎月回数とを第一表に記載し、それを圖示したのが第三圖である。地震活動が噴火活動より先行することは圖に明かであるが、噴火活動上昇期、即ち傾斜計觀測によると火口附近地盤隆起進行期である昭和七年十二月から翌八年一月末までに發生した地震の震源分布を第四圖(甲)に示した。圖中記入の數字は深さを籽で示したものである。殆んど全部が中央火口丘群西方斜面下に密集してゐる。之に比べて第四圖(乙)で示された、噴火活動最盛期、即ち火口附近地盤隆起極大保持期である昭和八年一月末より二月末に至る期間のものは遙かに廣い地域に分散してゐる。次に噴火活動老衰期、火口附近地盤沈降進行期なる三月初めから同年末までの期間の震源分布



← 第四圖 震源分布圖

十 研究所の位置

火口形が火口の位置

○ は初動「引き」の地震。

● は初動「押し」の地震

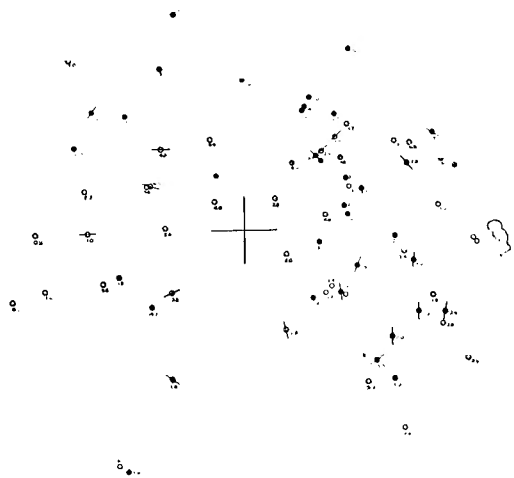
數字は深さを籽で表はす。

直線は裂罅の方向を示す。

甲 自昭和七年十二月二十八日

至 八年一月二十八日

↓ 第四圖 乙



は第四圖(丙)で示される様に、前の期間のもの(第四圖, 乙)と殆んど同様であるが、地震初動の「押し」「引き」の割合が著しく異なる。

即ち第一期では「引き」が「押し」の二倍、

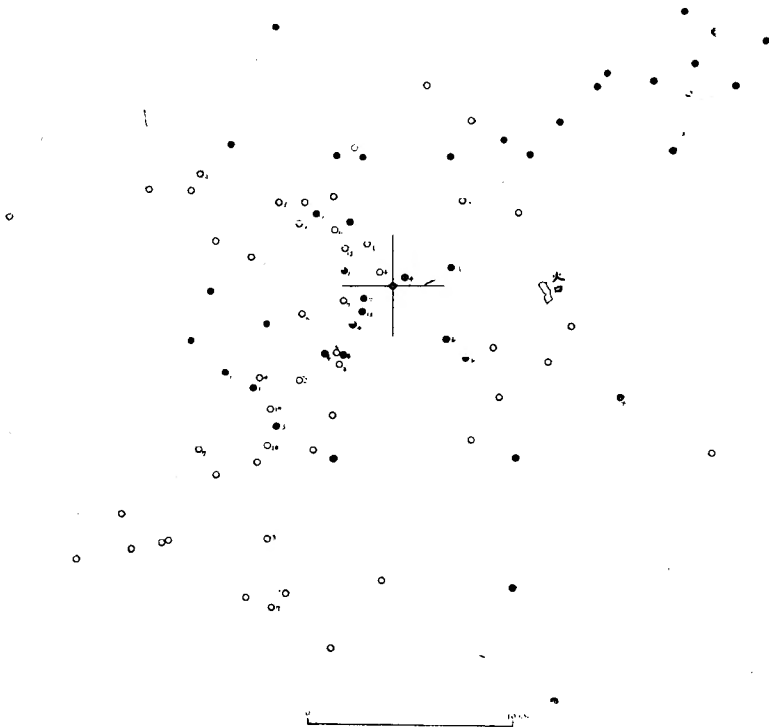
第二期では「引き」と「押し」がほぼ同数、

第三期では「引き」が「押し」の $\frac{1}{2}$ にな

阿蘇火山地震震源の分布に就いて



第四圖 丙



第五圖 震源分布圖(記入方式第四圖と同様)

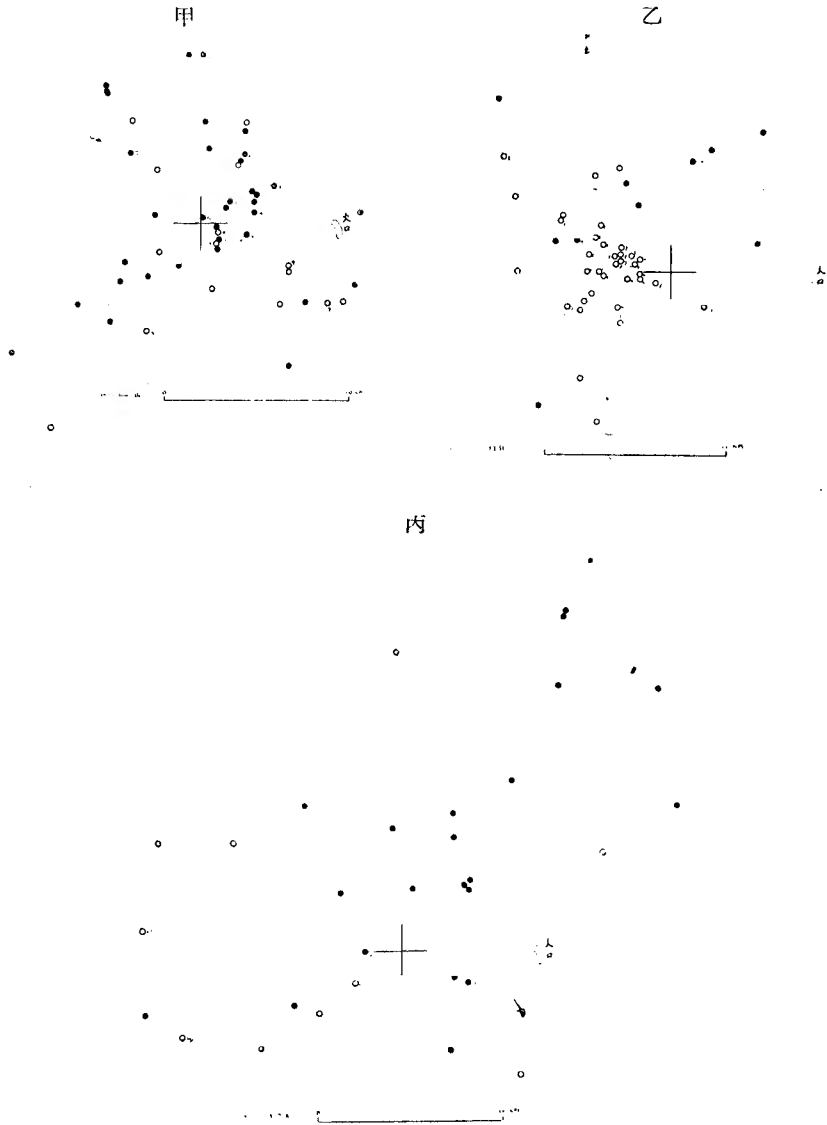
自 昭和九年一月一日

至 昭和十三年十二月三十一日

つてゐる。發震機巧は一點觀測では適當な假定を與へない限り決定出來ないがこの事實は非常に興味あることで他日尚ほ多くの調査觀測を経て詳論する心組である。

次に噴火活動益々衰へた昭和九年から十三年末迄の期間の震源分布が第五圖で示され、震央が益々廣大な地域に擴散分布してゐることが注目に價するのである。

阿蘇火山地震震源の分布に就いて



第六圖 震源分布圖

(記入方式第四圖と同様)

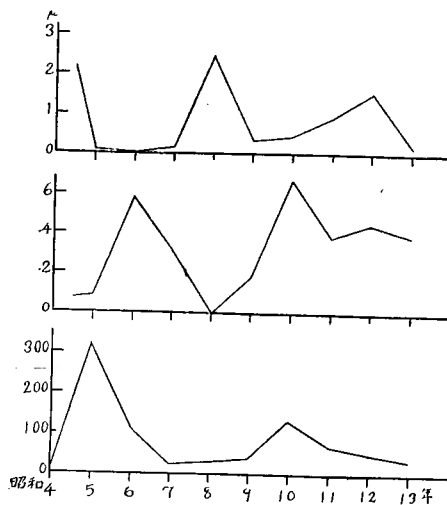
甲 自昭和四年 六月 一 日  
至 同 年十二月三十一日

乙 自昭和五年 一 月 一 日  
至 同 年十二月三十一日

丙 自昭和六年 一 月 一 日  
至 昭和七年九月一日

この関係は噴火活動の規模が上述のものに比べて遙かに小さい昭和二、三年の第四火口噴火活動の老衰期である、昭和四年六月一日から同年末(第六圖甲)、及び翌五年一杯(第六圖乙)の震源分布に比べて、活動休止期昭和六、七年(第六圖丙)には遙かに廣大な地域に散布してゐるのでも見られるのである。即ち噴火活動の消長に依つて地震活動の區域が移動することを示すものである。今各年について震央距離、研究所から10軒以上の地震回数の總回数に對する割合と第一種微動各年平均値とを圖に示したものが第七圖であるが震源が噴火活動開始期から最盛期にかけて、地震活動區域中心附近に密集し、噴火活動が衰へるに従つて次第に遠方へ擴散し、再び中心に向つて集合して來て次期の噴火活動が開始することを暗示してゐる様である。第七圖に別府附近地震の各年總回数をも併せ圖示して置いた。<sup>(1)</sup>既に谷貞夫氏に依つて指摘されたことであるが、別府地震が阿蘇噴火活動休止期にのみ頻發する事實が、單に偶然の一致に非ずして、前述震源移動の延長と考へることも出来るかとも思はれるが、この點は今後尚ほ多くの觀測事實を擷まなければ確かめられない。

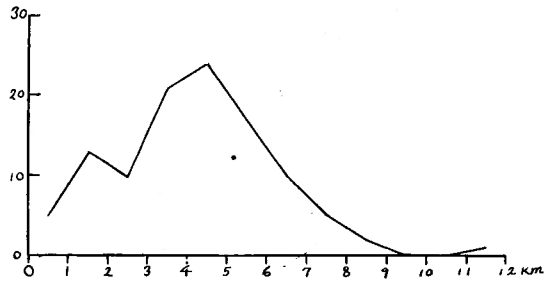
**震源の深さ** 震源の深さは一點觀測では正確を期し難いが、今初動振幅が記録紙上で一ミリメートル以上の地震のみに就いて、震源の深さの分布圖を作つて見ると第八圖の如く、



第七圖 火山噴火活動の消長と地震震源の移動

- 上 段 第一種微動年平均振幅  
 中 段 震央距離、研究所より十軒以上の地震回数の地震總數に對する割合  
 下 段 別府附近地震各年總回數

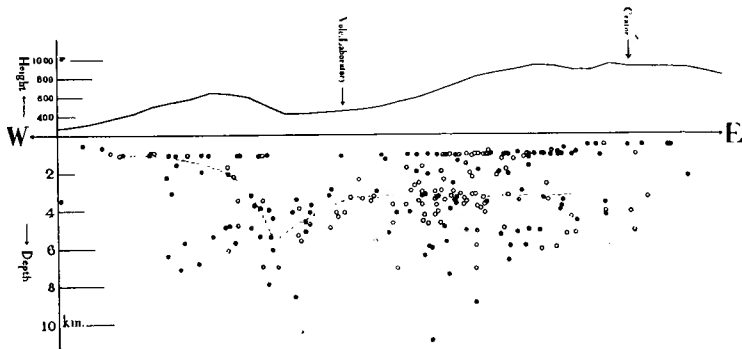




第八圖 震源の深さ

縦軸 地震回数

横軸 震源の深さ



第九圖 震源深さ分布圖

東西方向の垂直面に投影

上段の曲線は研究所を中心とする南北の幅十軒地域の平均海拔高度を示す

大體 4,5 軒の深さのものが最も多く夫れから離れるに従つて、深くても、浅くても徐々に数が減少し、深さ 10 軒を越えるものは甚だ僅少である。

第九圖に昭和八年中に起つた火山地震震源の深さの分布を東西方向の垂直面に投影したものを示した。震源分布圖第四、五、六圖で西方外輪山内壁附近に震央のある地震が他のものに比べて、震源が深くなつてゐることが目立つのであるが、そのことは本圖でも明に見られ平均約 3 軒程深くなつてゐる。

この事實は外輪山生成構巧を考究する上に甚だ意義あることと思はれる。

(1) 谷貞夫 本誌第 1 卷第 3 號