

浅間山の火山活動の解析(第4報)*

(重相関法による火山活動の解析)

関 谷 溥**

551.21

An Analysis of Volcanic Activity of Mt. Asama (4 th paper)

(An Analysis of Volcanic Activity by the Method of the Multiple Correlation)

H. Sekiya

(Karuzawa Weather Station)

In the 3rd paper, the author discussed correlations between the eruptions and the sum of earthquakes and tremors originating from the volcano Asama and that between the eruptions and the quantity of smokes at Mt. Asama.

In this paper, in order to analyse these problems quantitatively and ascertain the relation more precisely, the state of eruptions was analysed in the following manner.

That is,

1. The relation between the eruptions and the sum of earthquakes and tremors originating from the volcano and that between the eruptions and the quantity of smokes observed during the period from January 1949 to October 1959 are statistically studied by the method of the multiple correlation and as a result the regression plane for the anticipation of the monthly probability of eruptions from the data of the same month is given by

$$Z = -0.028 + 0.0013x + 0.0031y \quad (14)$$

$$\gamma_{zx} = 0.87$$

$$\sigma_{zx} = 0.075$$

where

Z: probability of eruptions of a certain month.

x: monthly number of volcanic micro-earthquakes and tremors at Oiwake in the same month (magnification of seismograph is about 70-100).

y: monthly probability of occurrence of quantity of smokes of class 5 or more in the same month.

The anticipation of probability of eruptions in the next month can be calculated from x and y of a certain month by the next formula

$$Z' = -0.022 + 0.0004x + 0.0041y \quad (15)$$

$$\gamma_{E'xy} = 0.63$$

$$\sigma_{Z'xy} = 0.116$$

where

Z': probability of eruptions in the next month.

* Received Aug. 10, 1960.

** 軽井沢測候所

The regression plane for the anticipation of the sum of kinetic energies of the explosions in a month by the data of the same month is given by

$$\begin{aligned} E &= -0.093 + 0.0051x + 0.0069y & (16) \\ \gamma E_{xy} &= 0.70 \\ \sigma E_{xy} &= 0.426 \end{aligned}$$

where

E : sum of the kinetic energies of the explosions of a month.

For the anticipation of E' of the next month, the following equation is given

$$\begin{aligned} E' &= -0.087 + 0.0008x + 0.0127y & (17) \\ \gamma E'_{xy} &= 0.45 \\ \sigma E'_{xy} &= 0.538 \end{aligned}$$

where

E' : sum of the kinetic energies of the explosions in the next month.

Consequently, the multiple correlation coefficient of the monthly probability of eruptions is larger than that of the monthly sum of the kinetic energies of explosions and this relation is reverse for the standard error.

2. For the interval from January 1939 to July 1960 (from March 1945 to December 1948, date are absent), the volcanic activity anticipated by the expressions of regression plane (14)-(17) was compared with the actual phenomena, and as the results it is known the eruptions occurred scarcely at the domain of Z or $E=0$, but, at the domain in which Z or E is larger than zero markedly frequent eruptions were observed, as will be seen from Figs. 1-2, Figs. 5-6 and Figs. 11-12.

The relation between the occurrence of the eruptions and calculated value Z or E is clearer than the relation between the eruptions and the the sum of volcanic earthquakes and tremors and that between the eruptions and the quantity of smokes.

3. Though eruptions did not occur in several months preceding the great explosion of September 23 1950, yet Z and E was larger than other rest periods, as will be seen from Figs. 3 (a), 4 (a), 9 (a), 10 (a).

§ 1. まえがき

第3報では¹⁾、追分で観測した大森式 70~100 倍地震計による火山性地震ならびに微動の月合计数と、月ごとに計算した噴火日の確率や噴火の機械的エネルギーとの相関を求めた。これらの間には特徴ある現象として、火山活動の状態や期間のとり方によってその値は大きく変動するけれども、対応する同じ月の資料間の相関が最も大きく、噴火に続いて発生する余震の方が前震よりも顕著であるが、噴火に先行して地震が増加してくることもわかった。また、噴煙量は階級の 5 以上が火口付近の微小地震の増加と対応し、しかも、月別の噴煙量階級 5 以上の発生ひん度と噴火日の確率および噴火の機械的エネルギーとの相関は、前述の地震数と比べるといずれも噴火に先行して大きな正相関があることも認められた。

そこで、このような結果を使って噴火を量的に求める方法を考えてみよう。

§ 2. 月別の火山性地震数ならびに噴煙量階級 5 以上の発生ひん度から求めた噴火日の確率

一般に 3 次元空間において、点 (X_s, Y_t, Z_u) に度数 f_{stu} に比例する質量を与えて、全観測値を質点群で置換え、この質点の分布状況を考える場合に、点 $(X_s, Y_t, 0)$ を通って xy 平面に垂直な直線上にある質点の重心、すなわち、点 (X_s, Y_t, \bar{Z}_{st}) 、

$$\text{ただし } \bar{Z}_{st} = \frac{\sum_{u=1}^m f_{stu} Z_u}{\sum_{u=1}^m f_{stu}}$$

$$s=1, 2, \dots, k; t=1, 2, \dots, l$$

の空間における配置を考えるならば、この配置の有様によって質点の分布、したがって、度数分布の特性をとら

えることができる。もしこれらの点が一つの平面上にあるか、または一平面上にあると見なしてさしつかえないならば、

$$\varphi = \sum_{s=1}^k \sum_{t=1}^l \sum_{u=1}^m f_{stu} (Z_u - \beta_1 X_s - \beta_2 Y_t - \gamma)^2 \quad (1)$$

を最小ならしめるように定めた β_1, β_2, γ の値 $\beta_1', \beta_2', \gamma'$ を用いて定義された平面

$$Z = \beta_1' x + \beta_2' y + \gamma' \quad (2)$$

は Z の XY への回帰平面である²⁾。

そこで $\beta_1', \beta_2', \gamma'$ を求めると次のようになる。これらの値は φ を最小ならしめるのであるから

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \beta_1} = 0 = \sum \sum \sum f_{stu} X_s (Z_u - \beta_1 X_s - \beta_2 Y_t - \gamma) \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \beta_2} = 0 = \sum \sum \sum f_{stu} Y_t (Z_u - \beta_1 X_s - \beta_2 Y_t - \gamma) \quad (4)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma} = 0 = \sum \sum \sum f_{stu} (Z_u - \beta_1 X_s - \beta_2 Y_t - \gamma) \quad (5)$$

を満足させる。

$$(5) \text{ から } \gamma = \bar{z} - \beta_1 \bar{x} - \beta_2 \bar{y} \quad (6)$$

これを (3) (4) に代入すれば

$$\sum \sum \sum f_{stu} (X_s - \bar{x}) \{ (Z_u - \bar{z}) - \beta_1 (X_s - \bar{x}) - \beta_2 (Y_t - \bar{y}) \} = 0 \quad (7)$$

$$\sum \sum \sum f_{stu} (Y_t - \bar{y}) \{ (Z_u - \bar{z}) - \beta_1 (X_s - \bar{x}) - \beta_2 (Y_t - \bar{y}) \} = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \sum \sum \sum f_{stu} (X_s - \bar{x})^2 &= N \sigma_x^2 \\ \sum \sum \sum f_{stu} (Y_t - \bar{y})^2 &= N \sigma_y^2 \\ \sum \sum \sum f_{stu} (Z_u - \bar{z})^2 &= N \sigma_z^2 \\ \sum \sum \sum f_{stu} (X_s - \bar{x}) (Y_t - \bar{y}) &= N \gamma_{xy} \sigma_x \sigma_y \\ \sum \sum \sum f_{stu} (Y_t - \bar{y}) (Z_u - \bar{z}) &= N \gamma_{yz} \sigma_y \sigma_z \\ \sum \sum \sum f_{stu} (Z_u - \bar{z}) (X_s - \bar{x}) &= N \gamma_{zx} \sigma_z \sigma_x \end{aligned}$$

を (7), (8) に代入してせいとんすると

$$\beta_1 \sigma_x + \beta_2 \gamma_{xy} \sigma_y = \gamma_{zx} \sigma_z \quad (9)$$

$$\beta_1 \gamma_{xy} \sigma_x + \beta_2 \sigma_y = \gamma_{yz} \sigma_z \quad (10)$$

となり、これを β_1, β_2 に関して解くと

$$\beta_1 = \frac{\gamma_{zx} - \gamma_{xy} \gamma_{yz}}{1 - \gamma_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_x} \quad (11)$$

$$\beta_2 = \frac{\gamma_{yz} - \gamma_{yx} \gamma_{zx}}{1 - \gamma_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y} \quad (12)$$

(11), (12) を (6) に代入すれば、 γ の値は定まるから、これで φ を最小ならしめる β_1, β_2, γ の値が皆求められたことになる。

すなわち、 Z の XY への回帰平面は次の式で与えられる。

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\gamma_{zx} - \gamma_{xy} \gamma_{yz}}{1 - \gamma_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_x} (x - \bar{x}) \\ &+ \frac{\gamma_{yz} - \gamma_{yx} \gamma_{zx}}{1 - \gamma_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y} (y - \bar{y}) + \bar{z} \end{aligned} \quad (13)$$

そこで、大森式 70—100 倍地震計で観測した火山性地

震ならびに微動の月合計数を x 、月ごとに求めた噴煙量階級*5以上の発生ひん度を y 、月ごとに求めた噴火日の確率を z とし、全期間を通じて同じ条件で観測されている 1949 年 1 月より 1959 年 10 月までの、対応する同じ月の観測資料でこれらの関係を求めてみると次のようになる。

すなわち、算術平均をそれぞれ $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ 、標準偏差を $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ 、 x と y の相関を γ_{xy} 、 y と z の相関を γ_{yz} 、 z と x の相関を γ_{zx} とすると

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 27.48 & \bar{y} &= 19.25 & \bar{z} &= 0.068 \\ \sigma_x &= 67.50 & \sigma_y &= 18.76 & \sigma_z &= 0.15 \\ \gamma_{xy} &= +0.52 & \gamma_{yz} &= +0.80 & \gamma_{zx} &= +0.70 \end{aligned}$$

となるから、この値を (13) 式に代入すると

$$Z = -0.028 + 0.0013 x + 0.0031 y \quad (14)$$

となる。

また、重相関係数は

$$\gamma_{zxy} = \frac{\sqrt{\gamma_{zx}(\gamma_{zx} - \gamma_{zy}\gamma_{yx}) + \gamma_{zy}(\gamma_{zy} - \gamma_{zx}\gamma_{yz})}}{\sqrt{1 - \gamma_{xy}^2}}$$

で求められるから、これから $\gamma_{zxy} = 0.87$

標準偏差は $\sigma_{zxy}^2 = \sigma_z^2 (1 - \gamma_{zxy}^2)$

であるから $\sigma_{zxy} = 0.075$ となる。

また、同じ期間の資料で、ある月の月ごとの火山性地震数と噴煙量階級 5 以上の発生ひん度から翌月の噴火日の確率 Z' を求めてみると

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 27.48 & \bar{y} &= 19.25 & \bar{z}' &= 0.068 \\ \sigma_x &= 67.50 & \sigma_y &= 18.76 & \sigma_{z'} &= 0.15 \\ \gamma_{xy} &= +0.52 & \gamma_{yz}' &= +0.61 & \gamma_{z'x} &= +0.46 \end{aligned}$$

から $Z' = -0.022 + 0.0004 x + 0.0041 y$ (15)

$$\gamma_{z'xy} = 0.63$$

$$\sigma_{z'xy} = 0.116$$

となる。

すなわち、月ごとの火山性地震数や、噴煙量階級 5 以上の発生ひん度がわかると、噴火日の確率が対応する同じ月の資料の間では (14) 式、ある月の資料から翌月の値は (15) 式で求められる。

しかし、ここで問題なのは z や z' の推定値としての信頼性のことであるが、 $\sigma_{z'xy}$ は σ_{zxy} に比べてかなり

* : ここでいう噴煙量とは第 1, 2, 3 報と同じであるが、火口から南東水平距離 9.1 km にある軽井沢測候所から観測した時に目視し得る噴煙の容積で第 3 報の写真のように 0 をも含めて 7 階級に分類し、常時観測による 1 日の最大量をその日の噴煙量としている。したがって噴煙量と噴火との関係は気象観測の雲量と雨の関係と同じようなものである。

大きく、その分布についても検討する必要がある。そこで、このような計算値と実測値とが、過去の噴火の場合にどのように異なって現われているかを調べてみよう。

Fig. 1 は (14) 式で求めた対応する同じ月の資料による計算値を実測値との比較で、Fig. 2 はある月の地震や噴煙量から (15) 式で翌月の噴火日の確率を計算し、それと実況とを比較したものである。

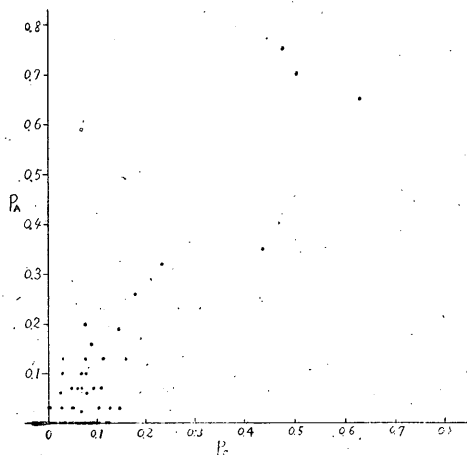


Fig. 1 Relation between the probability of eruptions for every month calculated by the expression of regression plane (14), (P_c) and the probability of actual eruptions (P_A)

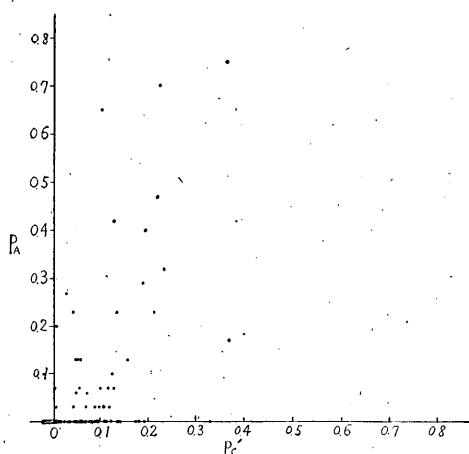


Fig. 2 Relation between the probability of eruptions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (15), (P'_c) and the probability of actual eruptions (P_A)

これによると重相関係数が両者で違うことから推定できるように、Fig. 1 は Fig. 2 に比べて実測値との差異が少ない。そして両者の間で共通していることは、 Z や Z' の計算値が 0 または負の領域では実際の噴火日の確率がほとんど 0 であるが、 Z や Z' が大きくなるにしたがって噴火を始め、同時に計算値と実測値との差が大きくなる。すなわち、 σ_{zxy} や $\sigma_{z'xy}$ が大きいのは Z や Z' の大きな領域での変動が大ききいということができる。

そして現象的には噴火は地震数や噴煙量が Fig. 1 や Fig. 2 に示すような、ある状態に達しないと起りにくいものであるが、ある限界を超えるといろいろの噴火がやや不規則に起りやすいものであることを示している。

また、Fig. 3 (a) と Fig. 4 (a) は (14) 式と (15) 式を使って、1949 年 1 月以後 1960 年 7 月までの各月の Z や Z' を計算し、それと実測値とを比較して、その変化の状態を調べたものである。

これによると図から明りようのように、最近 10 数年間の噴火ではその開始の前に計算値の Z や Z' が急増加してくること、1950 年 9 月 23 日の大爆發は 10 か月あまり噴火を休んで突然爆發したものであるが、計算上の Z や Z' の値が噴火の前に連続的に大きく、他の噴火をしない中休みの状態とは明らかに違っていたことを示している。

そして、これらの関係が (14), (15) 式を求めるのに使った資料に関係のない期間である軽井沢測候所創立以来の 1939 年から 1945 年について検討してみると、Fig. 3 (b) や Fig. 4 (b) となる。ただしこの場合は噴煙量の観測が気象観測と同じ定時観測のもので、現在のような常時観測のものと異なり、また 1944 年—1945 年の地震観測は簡単微動計 50 倍のもので、観測地も軽井沢測候所となっている。

その他第 3 報でも述べたように、この期間は噴火と地震数との相関が小さい浅間山のやや活発な活動期が一部含まれているので、Fig. 3 (a), Fig. 4 (a) の場合とかなり異なっているが、 Z の計算値が 0 または負の領域で実際の噴火日の確率がほとんど 0 で、 Z や Z' が大きくなるにしたがって噴火を始め、同時に計算値と実測値との差が大きくなることは、絶対値が違うだけで定性的には同じような関係である。Fig. 5 と Fig. 6 は、前報で地震数や噴煙量の各々の観測値から直接噴火との関係を求めたと同じように、計算値の Z や Z' を 0, ~ 0.02 , ~ 0.04 , ……のような階級に分けて、それぞれの回数を求め、その値で各々の階級で実際に噴火した場合の回数

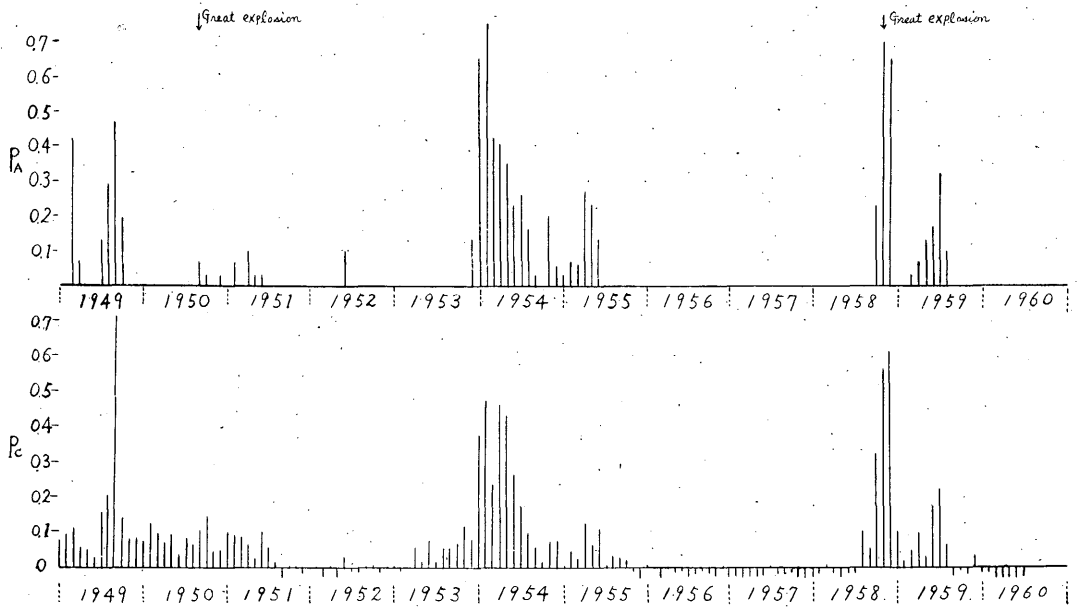


Fig. 3(a) The monthly probability of eruptions calculated by the expression of regression plane (14), (P_C) and the probability of actual eruptions (P_A)

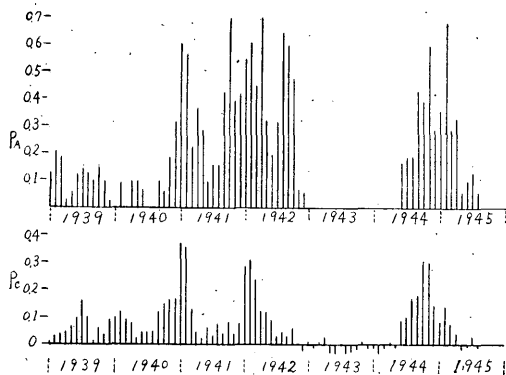


Fig. 3(b) The monthly probability of eruptions calculated by the expression of regression plane (14); (P_C) and the probability of actual eruptions (P_A)

を割って、各階級での噴火の危険率を求めたものである。このようにすると第3報の地震数や噴煙量の各々で噴火との関係を別々に求めたものよりも、噴火の危険率の領域を明りょうに分離することができる。そして Fig. 5, Fig. 6 と (14), (15) 式を組み合わせると、地震数や噴煙量から直接噴火の危険率を求める図表を作ることができる (Fig. 7, Fig. 8)。

§ 3. 月別の火山性地震や微動数と噴煙量階級 5 以上の発生ひん度から求めた噴火の機械的エネルギー

§2, で噴火日の確率を求めたと同じ1949年1月—1959年10月の観測資料から、(13) 式を使って噴火の機械的エネルギーを求めてみると次のようになる。

ただし x : 大森式 70—100 倍地震計で観測した火山性地震と微動の月合計数

y : 月ごとに求めた噴煙量階級 5 以上の発生ひん度

E : 月ごとに求めた噴火の機械的エネルギーの合計

そして対応する同じ月の資料の間では

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 27.48 & \bar{y} &= 19.25 & \bar{E} &= 0.178 \\ \sigma_x &= 67.50 & \sigma_y &= 18.76 & \sigma_z &= 0.601 \\ \gamma_{xy} &= +0.52 & \gamma_{xE} &= +0.68 & \gamma_{yE} &= +0.51 \end{aligned}$$

となり、これらの値を (13) 式に代入して噴火の機械的エネルギーを求めてみると

$$E = -0.093 + 0.0051 x + 0.0069 y \quad (16)$$

となる。

そして

$$\begin{aligned} \gamma_{Exy} &= 0.70 \\ \sigma_{Exy} &= 0.426 \end{aligned}$$

も同様に求めることができる。

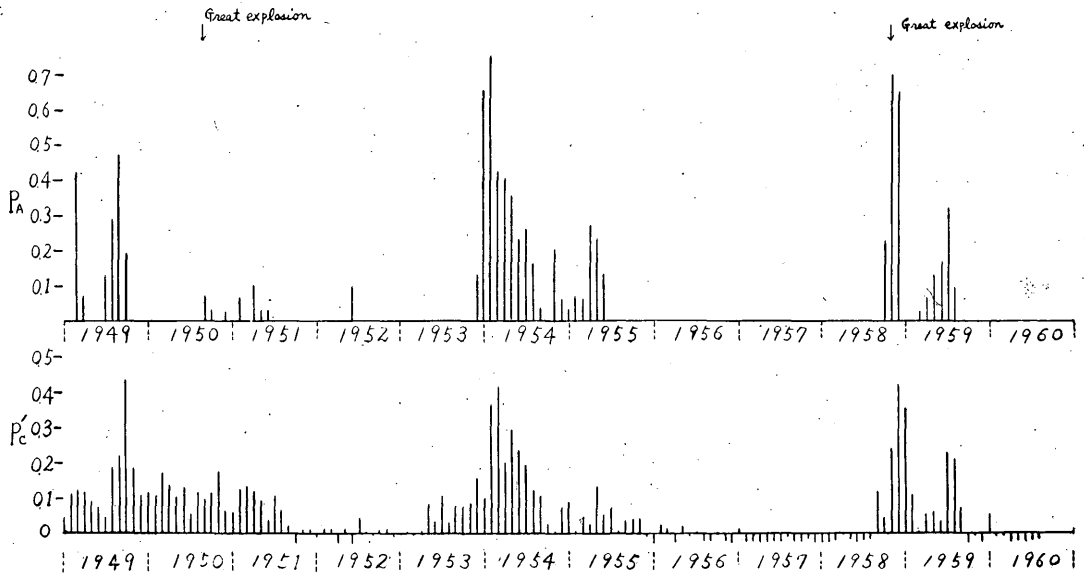


Fig. 4(a) The probability of eruptions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (15), (P_c') and the probability of actual eruptions (P_A)

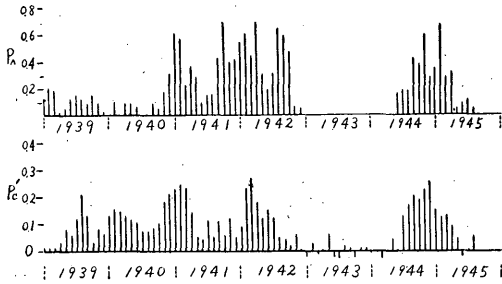


Fig. 4(b) The probability of eruptions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (15), P_c' and the probability of actual eruptions (P_A)

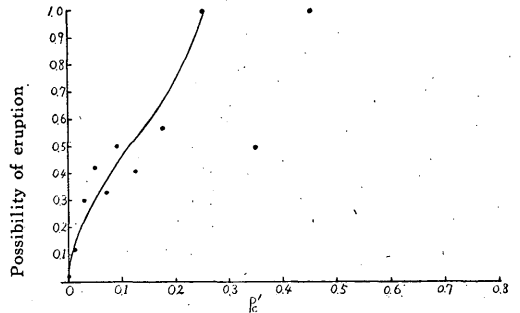


Fig. 6 Relation between the eruptions and the probability of eruptions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (15), (P_c')

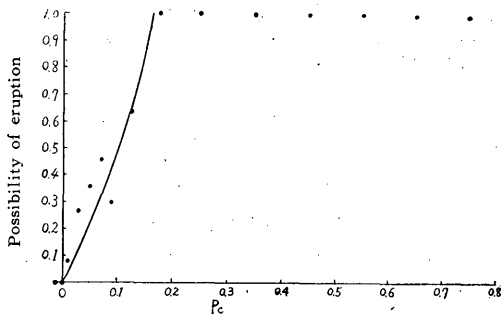


Fig. 5 Relation between the eruptions and the probability of eruptions for every month calculated by the expression of regression plane (14), (P_c)

また、同じ期間の資料で、ある月の月ごとの火山性地震や微動数と噴煙量階級 5 以上の発生ひん度から翌月の噴火の機械的エネルギー E' を求めてみると

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 27.48 & \bar{y} &= 19.25 & \bar{E}' &= 0.178 \\ \sigma_x &= 67.50 & \sigma_y &= 18.76 & \sigma_{E'} &= 0.601 \\ \gamma_{xy} &= +0.52 & \gamma_{yE'} &= +0.44 & \gamma_{yE'x} &= +0.29 \end{aligned}$$

から

$$E' = -0.087 + 0.0008x + 0.0127y \quad (17)$$

$$\gamma_{E'xy} = 0.45$$

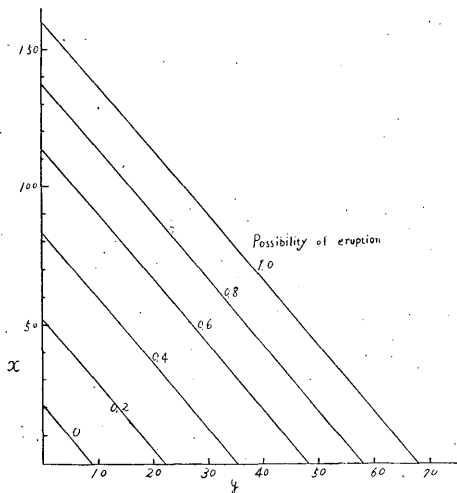


Fig. 7 Relation between the monthly possibility of eruptions and the sum of the volcanic micro earthquakes and tremors (x) and the monthly probability of occurrence of class 5 or more of quantity of smoke for every month (y)

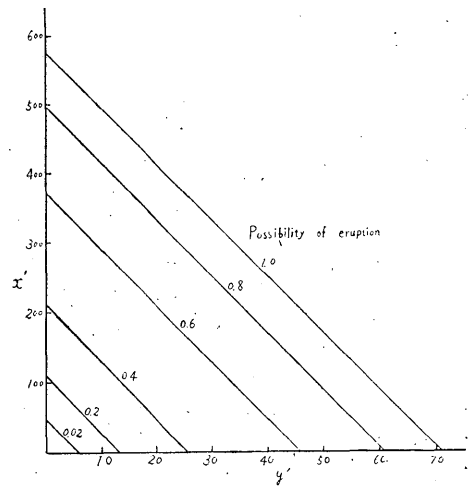


Fig. 8 Relation between the possibility of eruptions of a certain month and the sum of the volcanic micro-earthquakes and tremors of the preceding month (x') and the probability of occurrence of class 5 or more of quantity of smokes of the preceding month (y')

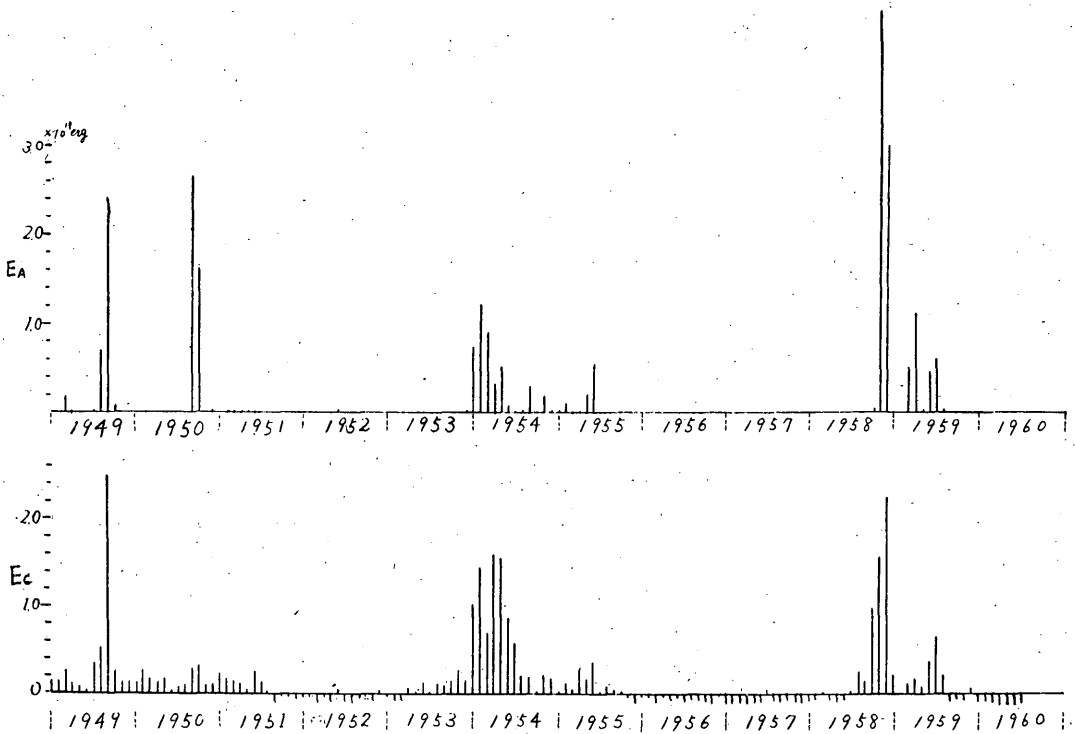


Fig. 9(a) The sum of the kinetic energies of the explosions for every month calculated by the expression of regression plane (16), (E_c) and the sum of the actual explosion energies for every month (E_A)

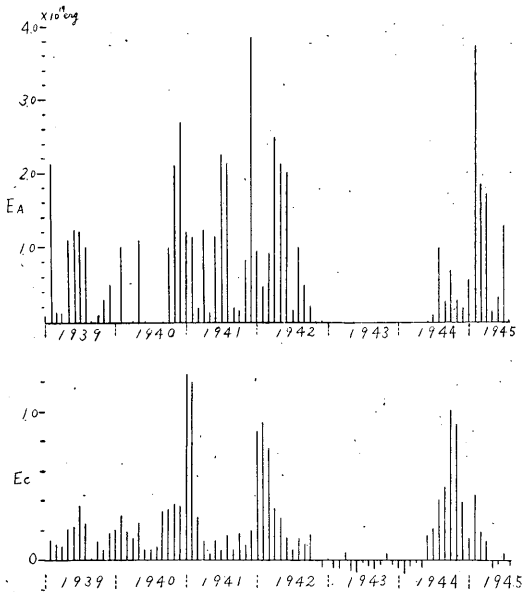


Fig. 9(b) The sum of the kinetic energies of the explosions for every month calculated by the expression of regression plane (16), (E_c) and the sum of the actual explosion energies for every month (E_A).

$$\sigma_{E'xy} = 0.538$$

を求めることができる。

これらの値は §2 の噴火日の確率と比べると同じ月の場合も、ある月の資料から翌月の噴火の機械的エネルギーを求める場合も、共に γ_{Exy} や $\gamma_{E'xy}$ が小さく、それに反して σ_{Exy} や $\sigma_{E'xy}$ が大きくなっている。これは統計的には計算値 E や E' の推定値としての信頼性が前者に比べて小さいことであり、現象としては単に噴火の起りやすさを求めることよりも、どの程度の大きさの噴火が起こるかという予則の方がこのような方法で求めるのにはよりむづかしいということである。

また、計算値と実測値とがどのように分布し変化しているか、1949年1月—1960年7月の毎月の値に応用して調べてみると Fig. 9(a), Fig. 10(a) となる。すなわち、図からもわかるように定性的には噴火日の確率を求めたと同じように、計算値 E や E' の0または負の領域では噴火がほとんど起こらず、 E , E' が大きくなると噴火が始まる。1950年9月23日の大爆発の場合は前の噴火日の確率を求めたときと同じように、他の中休みの状態と異なって爆発の前に連続的に計算値 E , E' が大きく出ている、10か月あまり噴火を休んでから突然大爆発を起こしている。

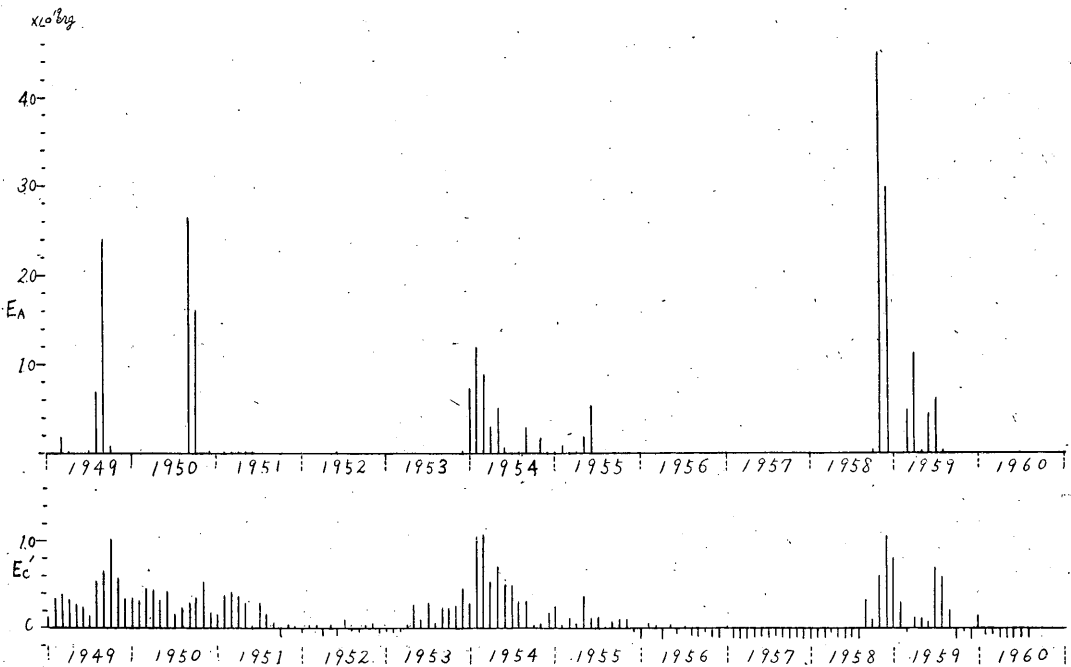


Fig. 10(a) The sum of the kinetic energies of the explosions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (17), (E_c') and the sum of the actual explosions energies for every month (E_A).

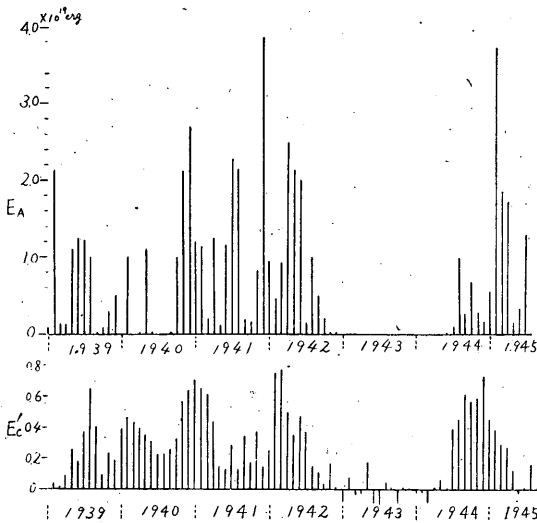


Fig. 10(b) The sum of the kinetic energies of the explosions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (17), (E_c') and the sum of the actual explosion energies for every month (E_A)

しかし $\gamma_{E_{xy}}$ や $\gamma_{E'_{xy}}$ が小さく、逆に $\sigma_{E_{xy}}$ や $\sigma_{E'_{xy}}$ が大きいことから推定されるように、 E や E' が大きくなると実測値と計算値とがかなり大きく違ってくるのがわかる。また、Fig. 3 (b), Fig. 4 (b) と同じように、(16), (17) 式を求めた資料と関係のない期間である1939年から1945年について(16), (17) 式を使って E , E' を求め、実測値と比較してみると Fig. 9 (b), Fig. 10 (b) となり、噴火日の確率を求めた場合と同じように Fig. 9 (a), Fig. 10 (a) とはかなり違っているが、絶対値が違うだけで定性的には同じような関係であることがわかった。

そして計算値 E , E' のそれぞれの階級で噴火の危険率を求めてみると Fig. 11, Fig. 12 となる。

§ 4. む す び

以上は軽井沢測候所と追分観測所が創立以来行ってきた大森式70—100倍の地震計による観測と、噴煙量の観測資料などに基づいて月ごとの噴火日の確率や、噴火の機械的エネルギーを重相関法によって量的に求める方法を試み、計算値と実測値とを比較検討してきた。

その結果

(1) 月ごとの噴火日の確率は(14), (15) 式、噴火の機械的エネルギーは(16), (17) 式で求められるが、地

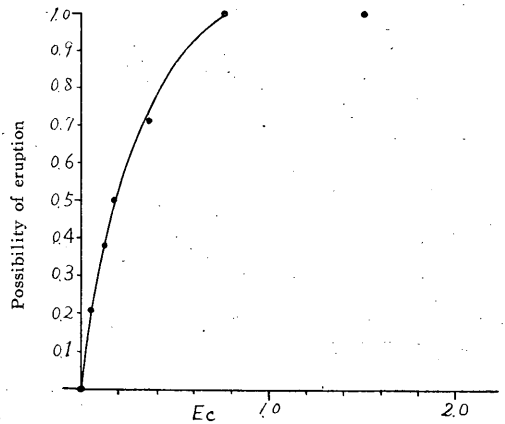


Fig. 11 Relation between the eruptions and the sum of the kinetic energies of the explosions for every month calculated by the expression of regression plane (16); (E_c)

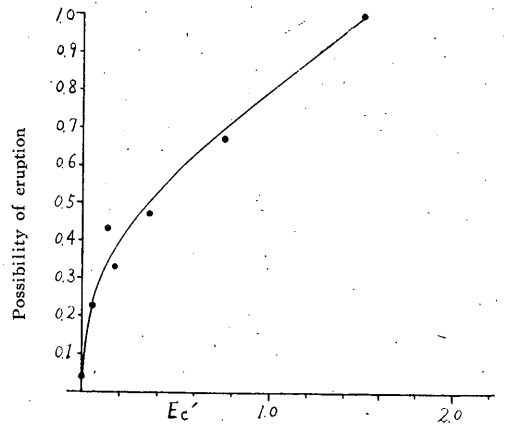


Fig. 12 Relation between the eruptions and the sum of the kinetic energies of the explosions of a certain month calculated from the data of the preceding month by the expression of regression plane (17), (E_c')

震や微動数ならびに噴煙量とこれらとの重相関係数は、噴火日の確率の方が噴火の機械的エネルギーよりも大きく、標準偏差は逆に後の方が大きくなっている。したがってこのような資料から解析すると、噴火の起こりやすさを求めることよりも噴火の強さを予測の方がよりむづかしい。

(2) 計算値と実測値を比較すると、噴火日の確率も噴火の機械的エネルギーも、共に計算値が0または負のときは噴火がほとんど起こっていないが、Figs. 1—2, Figs.

5—6, Figs. 11—12 のように大きくなると噴火しやすくなり、同時に計算値と実測値との違いが大きくなる。このようなことから噴火は地震数や噴煙量がある状態に達しないと起こりにくいものではあるが、限界を超えてしまうと、同じような状態で噴火日の確率も噴火の機械的エネルギーもやや不規則に変動するような性質をもっている。

(3) 1950年9月23日の大爆発は、10か月あまり中休み状態を続けて突然大爆発を起こした。浅間山の最近の噴火としては珍しいものではあるが、このような方法で解析してみると噴火前相当期間にわたって、計算値としての噴火日の確率や噴火の機械的エネルギーが大きく、他の中休みの状態とは明らかに異なっている。

なお、本稿の資料は軽井沢測候所と追分観測所の創立以来の所長や所員の努力と工夫によって残された観測値を整理したものであるが、地震観測資料は特に最近の高倍率地震計と比較して全部の記象紙を読み直し、地震月報、気象要覧、地震原簿等とも照合して全資料を詳細に

検討し、倍率が低いために地震と誤認されていたノイズ等を除外し、火山活動をなるべく客観的に表現できるように心がけた。

研究調査に対しては特に東京管区気象台長始め各部課長の格別の御配慮をいただき、宇佐美技官にはいろいろ御指示をいただき御世話になりました。長官、観測部長、地震課長、三浦技官、長野地方気象台長、地震課火山係、技術係の皆さんには激励と御指導をいただき、軽井沢測候所の中里、小山両技官、藤井正典君は、地震記象紙の再検討に努力されました。

これらの方々に深く敬意を表します。

参 考 文 献

- 1) 関谷 博：浅間山の火山活動の解析（第3報），験震時報，25（1960），73～80.
- 2) 佐藤良一郎：数理統計学概説，（1958）.
中山伊次郎編集：体系統計学辞典，（1959），189.