

桜島爆発の時間的分布(その2)*

久本 壮一**

Time Distribution of the Occurrence of Sakurajima Explosions (Part II)*

Soichi Hisamoto
(Seismological Division, J.M.A.)

In the first paper, some statistical features of the Sakurajima explosions were reported. In this paper, the statistical features thus obtained are discussed from the theoretical viewpoint. The following are the main results of the present study:

- (1) For the frequency distribution of time intervals between two successive explosions, the following Normal distribution is derived:

$$\frac{1}{0.66\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.10}{0.66}\right)^2}$$

where $x = \log(\tau + 0.2)$ and τ is time interval between two successive explosions. This means that the frequency distribution of τ does not fit an exponential distribution.

- (2) Monthly numbers of Sakurajima explosions (1973~1982) show a distinct period of 24 months.

§ 1. はしがき

前報(久本, 1983)で述べたように, 地震でも火山爆発でも, その発生が時間的に定常で, かつランダムならば, 時間間隔の分布は指数分布となり, 回数分布はポアソン分布になるということがよく知られている。ここに, 時間間隔とは相次ぐ2つの地震(または火山爆発)の時間間隔のことであり, 回数とは一定の期間当りの地震(爆発)回数のことである。前報では桜島爆発の時間的分布を, 1973~1982(10年間)のデータについて調査し,

- (1) 10年間全体についてみると, 時間間隔の分布は指数分布にならないこと。
(2) 月別爆発回数には周期性が認められること。
等を報告した。

本稿では, 上記(1), (2)について理論的誘導を試みたので報告する。

§ 2 時間間隔

前報で述べたとおり, 桜島は1973~1982年(10年間)

* Received Sept. 20, 1983.

** 気象庁地震課, 現地地震観測所

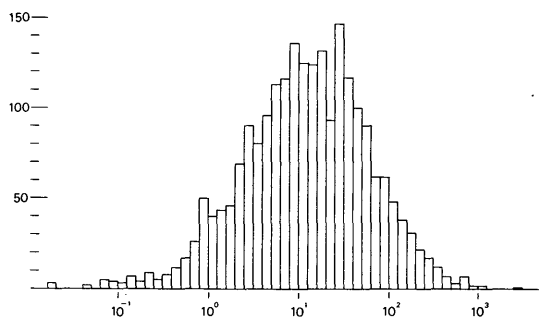


Fig.1 Frequency distribution of time intervals between two successive explosions (abscissa in logarithmic time scale in hour)

に2,227回爆発し, 相次ぐ2つの爆発の時間間隔2.226回はFig.1のように分布する。

Fig.1で, 例えば, 横軸 $10^{2.0} \sim 10^{2.1}$ の実時間幅は25.89時間で, この時間幅にはいる度数は48回であるから, この時間幅の間では, どの1時間にも $48/25.89$ 回ずつ度数が分布しているものと見做して, Fig.1を1時間当りの度数に書き改めるとFig.2が得られる。Fig.1, Fig.2は前報におけるFig.1, Fig.2の再掲である。

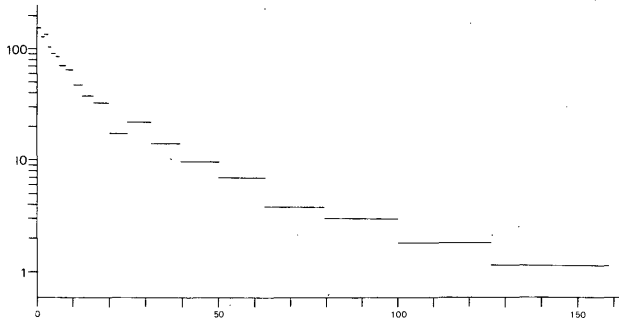


Fig.2 Averaged frequency distribution of time intervals between two successive explosions (per 1 hour)

前報では、Fig.2から、ただちに「分布は明らかに指数分布ではない」と論じた。これは、もちろん誤りではない。

しかし、Fig.1は一見して正規分布のように見える。もし、Fig.1が正規分布ならば、Fig.2は理論的に導かれ得る。

Fig.1は、相次ぐ2つの爆発の時間間隔を τ とするとき、 $\log \tau$ の分布である。

まず、Fig.1の分布はほんとうに正規分布なのかどうかを確かめる。Fig.1の度数を、正規確率紙にプロッ

トしてみると、Fig.3となる。すなわち、Fig.1は一見正規分布のように見えるが、Fig.3から明らかなように、到底、正規分布とは言い得ない。

そこで、よく行われるように、 $\log(\tau + \alpha)$ なるべく正規分布になるように常数 α を選んでみる。 α の選定は試行錯誤によるが、 $\alpha = 0.2$ くらいを適当とすることが分かる。いま、 α を0.2と定めて、 $x = \log(\tau + 0.2)$ の度数を正規確率紙にプロットするとFig.4となり、各点はほとんど一直線上にある。この直線から x の平均及び標準偏差を求めると、平均

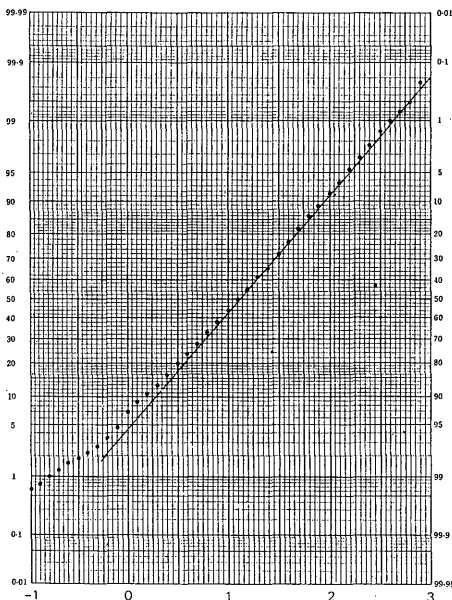


Fig.3 Cumulative frequency of $\log \tau$ on a probability paper, where τ is the time interval between two successive explosions.

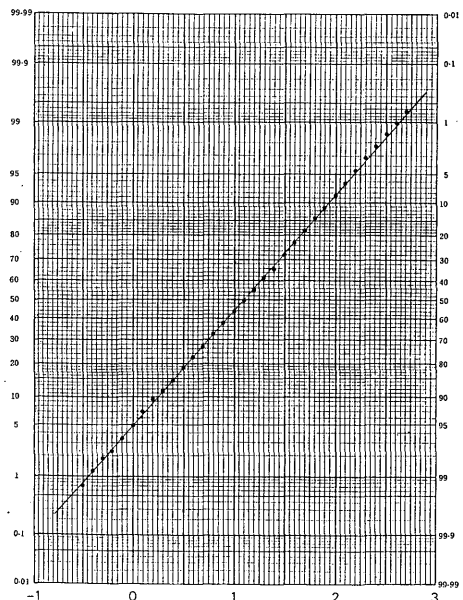


Fig.4 Cumulative frequency of $\log(\tau + 0.2)$ on a probability paper, where τ is the time interval between two successive explosions.

1.10, 標準偏差 0.66 と求める*.

Fig.4 を, 対比のため, Fig.1 と同じ形で画くと Fig.5 となる. ただし, 横軸は $x (= \log(\tau + 0.2))$ である.

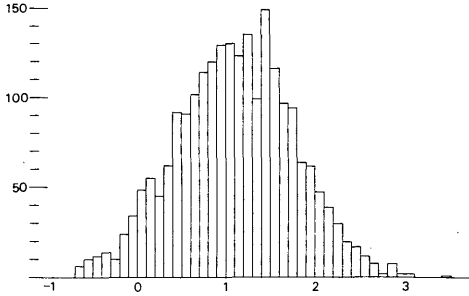


Fig.5 Frequency distribution of x , where $x = \log(\tau + 0.2)$.

Fig.5 について, 上記の平均及び標準偏差を用いて, χ^2 検定を行うと,

$$\chi^2 = 32.84 \quad (\text{自由度} = 32 - 2 - 1 = 29)$$

$$0.25 < Pr\{\chi^2 > 32.84\} < 0.50$$

となって, 「正規分布也」という仮説は棄却されない. こうして, x の分布は,

$$\frac{1}{0.66\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.10}{0.66}\right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

に従うことが認められる. このことが認められると, $x = \log(\tau + 0.2)$ であるから, 任意の τ について, (1)式を, τ から $\tau + 1$ まで ($\tau + 1$ は τ から 1 時間後

の意) 積分した値を知ることができ, その 1 時間の幅における理論頻度が求まる.

結果を, Fig.2 の上に重ねて示すと Fig.6 のとおりである.

§3 爆発回数

Fig.7 は, 10 年間の, 月別爆発回数を示した図で, 前報の再掲である. 前報では, この図から, ただちに「月別回数には, 明らかに, 周期性が認められる」と論じた.

本稿では, その周期解析を試みる. すなわち, Fig.7 における各観測値をフーリエ変換し, スペクトルを図示すると Fig.8 が得られる. 図の縦軸はフーリエ振幅, 横軸は周期で, 単位は月である.

Fig.8 から, 8 ヶ月周期, 24 ヶ月周期, 40 ヶ月周期の卓越を知る. 特に, 24 ヶ月周期の卓越が著しい.

もちろん, 月別回数といっても, 1 ヶ月には 28 日の月もあるし, 31 日の月もあって, 厳密な議論とはならないが, 概略の傾向は把握し得よう. また, いま着目している期間 (1973~1982 年) より以前・以後についても同じ値 (周期) になるという保証はないが, 1 つの指標とはなり得よう.

試みに, 24 ヶ月周期の成分波だけを, その位相も計算に入れて, Fig.7 の上に重ねてみると, Fig.9 のとおりである.

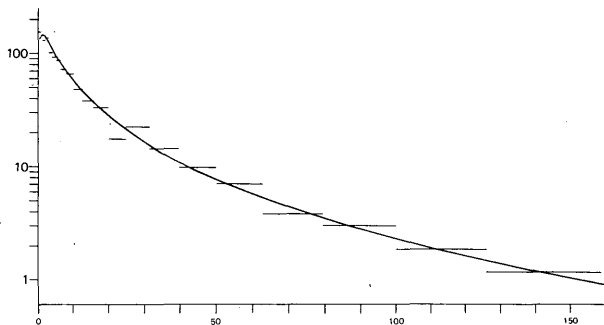


Fig.6 Theoretical curve of frequency distribution of time intervals superposed on Fig.2

* 求め方は, 図の直線を, 実際の縦座標を Y として, $Y = ax + b$ とするとき, $1/a$ が母標準偏差の推定量で, $-b/a$ が母平均の推定量である.(例えば, 統計科学研究会編, 新編統計数値表, p.48)

Fig.4 の場合, 50%点 ($Y = 0.00$) で $x = 1.10$, 1%点 ($Y = -2.33$) で $x = 0.44$ と読みとれる. こうして図から求めた平均, 標準偏差は, かなり正確で, 念のため, 正式に計算した値とよく一致する.

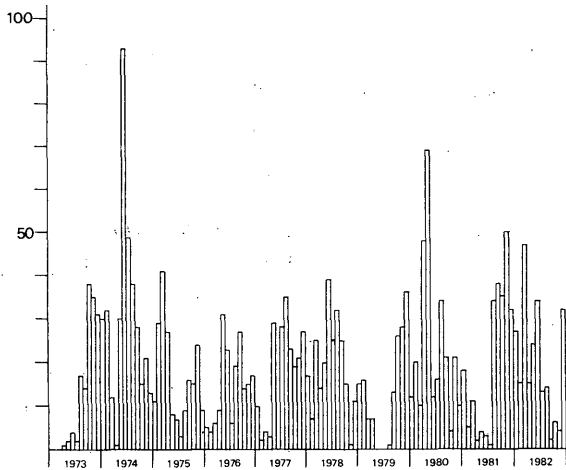


Fig.7 Monthly numbers of Sakurajima explosions (1973~1982)

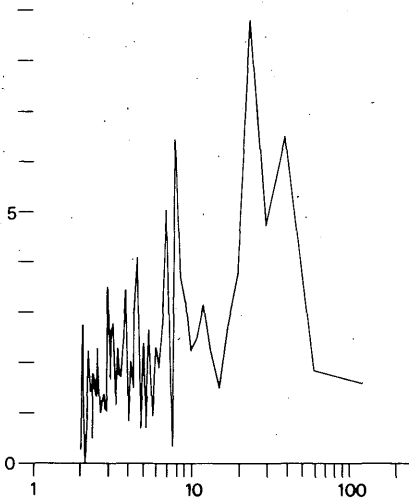


Fig.8 Spectral analysis of monthly numbers of Sakurajima explosions (1973~1982) (abscissa in monthly scale)

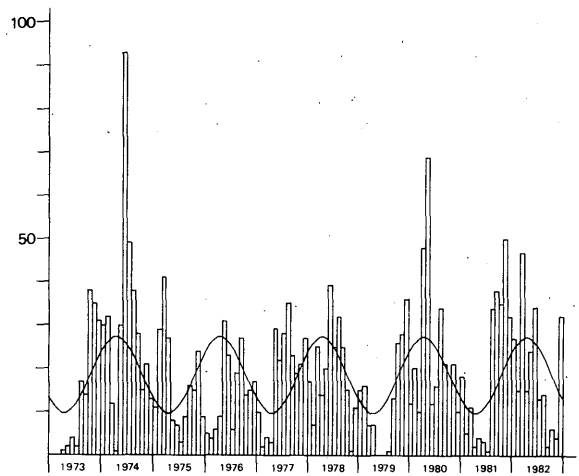


Fig.9 Curve of Fourier spectrum component of the 24-month period superposed on Fig.7

§ 4. まとめ

前報におけると同じ観測資料を用いて、若干の数理的考察を試みた。

- (1) 相次ぐ2つの爆発の時間間隔を τ とするととき、 $x = \log(\tau + 0.2)$ は正規分布

$$\frac{1}{0.66 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-1.10}{0.66} \right)^2}$$

に従う。従って、 τ の分布は指数分布とならない。

- (2) 調査対象期間 (1973~1982年) における月別爆発

回数には周期性があって、24ヶ月周期の卓越が顕著である。

謝 辞

前報にひきつづき、御指導いただいた地震課長 山川博士に御礼申し上げます。

参考文献

- 久本壮一 (1983) : 桜島爆発の時間的分布, 験震時報 47, 117-121.