6. 地震回數の統計的研究(豫報)

地震研究所　井　上　宇　胤

(昭和六年二月十七日發表——昭和六年十二月二十日受理)

1. 岸上冬彦氏[1] と河角廣氏は大正二年に於ける淺間山の噴火に關し、その活動の長時間繼續せる期間の噴火回數の頻度を統計的に研究されました。其の結果に依ると、火山活動が盛んな時期の方が簡單な統計理論で考へられる場合と同樣な經過を取つて居り、勢力の小さい時期には複雜な經過を取つて居りました。此の事實は勢力の小さい時期には副原因の影響を蒙り易い事を暗示して居るものと解釋して居ります。

此の種の現象卽ち地震回數及び噴火回數の頻度或は一定の面積に落ちる雨滴及塵埃の數尙又或る場所を通過する人間の數等に應用される統計的理論は次の如きものであります。

一回の試みの內に非常に多くの事柄が含まれて居るとします。此の事柄が期待した事柄であると云ふ確率は非常に小さなものであるが一回の試みの內で此の期待した事柄の起る數は或る有限な數であると致します。すると一回の試みに依つて期待した事柄が x 回起る確率は次のポアツソン氏の數式に依つて與へられます。

$$W(x)=e^{-m}\frac{m^x}{x!} \qquad (1)$$

但し m は x の平均値であります。さて私は各種の地震活動に際して地震回數の頻度の消長の經過が上述の統計的理論と如何に一致し或は又如何に異なるかを研究致しました。其の結果として各種の活動とも其の活動中の時期に依つて活動の勢力に消長があるが、其の各々の時期內に於ては其の地震回數の頻度の消長は殆んど上述の統計的理論に依つて與へられるものと一致して居り、從つて一般に地震活動は各時期毎に異なる確率を持つて統計的に生起して居ると考へればよい事になりました。

2. さて此の比較研究の方法は次の如きものであります。

或る地震活動に於てある一定の期間內に y 回發生する割合を $W(y)$ とします。此れ

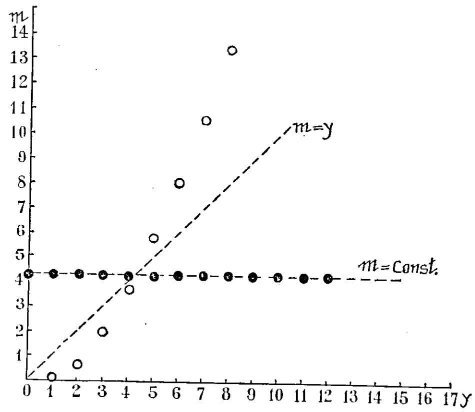
1) 岸上冬彥、河角廣　震研彙報, 4 (1928), 75-83.

は觀測の材料から既知のものであります。今假りに此の現象が統計的理論の示す如く生起して居るものと假定致しますと、其の時の地震發生回數の平均値 m は上述のポアツソン氏の數式に此等の價を代入した

$$W(y)=e^{-m}\frac{m^y}{y!}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

なる式を滿足する m に依つて與へられます。即ち此の式に於て y と $W(y)$ を既知の量として m を未知量として求めるのであります。所で此の式を滿足する m なる値は $y=0$ なる場合の外は二箇づゝあります。つまり此の式の右邊は y を常數とすると $y=0$ なる場合を除いて $m=y$ なる場合に最大の値を取りますからもしも $W(y)$ が $m=y$ の時の値卽ち $e^{-y}\frac{y^y}{y!}$ なる量より大きなものであれば上記の式は成立しないのでありますが、もし $W(y)$ が此の値より小さなものとすると上記の式を滿足する m の値は二つある事になります。實際の經驗に依ると一般に $W(y)$ は $e^{-y}\frac{y^y}{y!}$ より小さい値を取りますので上記の式を滿足する m なる量を求める事が出來ます。

さてある一定の期間內に y_1 回發生した割合は $W(y_1)$ であり、y_2 回發生した割合は $W(y_2)$、y_3 回發生した割合は $W(y_3)$ であると云ふ樣にすべての y に就いて其の割合 $W(y)$ が求められたならば此等の各組に就いて上記の樣な m 卽ち $m_1, m_2, m_3\cdots\cdots$ 等を求めます。もし此の現象が統計的に發生して居るならばかくして求められた m_1, m_2, m_3 等は皆一定の m なる値卽ち y の平均の値と云ふ一箇の常數になる筈でありますが、もし統計的に生起して居るのでなければ此等の値は一定では無く y の函數として表はされます。但し前記の如く此の m なる値は一般に二箇求められますから統計的に發生して居る場合でも常數の組と然らざる組とに分れます。其の一例とし $m=4{\cdot}3$ の場合に就いて上記の樣な m を求めました。



第 一 圖

卽ち此の場合の確率函數は

$$W(y)=e^{-4\cdot3}\frac{4{\cdot}3^y}{y!}$$

でありますから、此れを (2) の式に代入した

$$e^{-m}\frac{m^y}{y!}=e^{-4\cdot3}\frac{4{\cdot}3^y}{y!}$$

なる式を滿足する m を求め此の m を y の函數として第一圖に圖示してあります。此の m を求めるには Pearson[2] の統計表の Table LI. を使用しました。

3. 次に各々の期間毎に現象發生の確率が異なつて居つた、即ち各期間毎に平均値が異なつて居つたとします。もし地震活動であるとすると各期間毎に共の勢力が異なつて居つた樣な場合にあたります。それで此の全期間中の $\frac{1}{n_1}$ の間は此の現象の發生回數が m_1 なる平均値の附近で變化して居り、$\frac{1}{n_2}$ の間は m_2 なる平均値を有して居り、次々に共の樣に成つて居つたと致しますと、此等を全部一緒にして見た時の確率函數は次の樣なものであります。

$$W(y)=\frac{1}{n_1}e^{-m_1}\frac{m_1^{\,y}}{y\,!}+\frac{1}{n_2}e^{-m_2}\frac{m_2^{\,y}}{y\,!}+\ldots\ldots+\frac{1}{n_n}e^{-m_n}\frac{m_n^{\,y}}{y\,!}\quad\ldots\ldots(3)$$

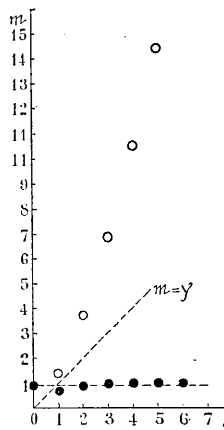
此れを (2) の式の $W(y)$ に代入して、それを滿足する m をしらべて見ました。

A) まづ地震活動の或る時期に、一時活動の勢力が減退した場合の一例に就いて調べて見ました。

即ち全期間の大部分は $m=1{\cdot}0$ なる平均値を有して居つたのが共の $\frac{1}{11}$ の期間だけ $m=0{\cdot}1$ であつたと致しますと確率函數は

$$W(y)=\frac{10}{11}e^{-1\cdot0}\frac{1{\cdot}0^y}{y\,!}+\frac{1}{10}e^{-0\cdot1}\frac{0{\cdot}1^y}{y\,!}$$

となります。此れを (2) 式に代入して求めた m は第二圖に示してあります。此れに依ると回數の少ない所は統計的の場合より起りにくくなつて居ります。



第　二　圖

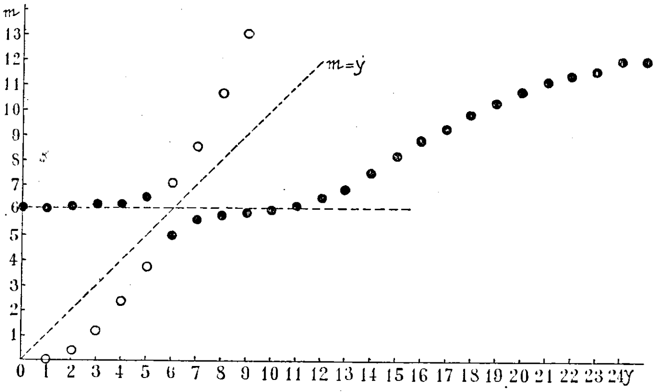
B) 次に地震活動の或る時期に、一時活動の勢力が增大した場合に就いて調べて見ました。例へば全期間の大部分は $m=6{\cdot}0$ であつたが、$\frac{1}{11}$ の期間だけ $m=15{\cdot}0$ であつたと致しますと共の確率函數は

$$W(y)=\frac{10}{11}e^{-6\cdot0}\frac{6{\cdot}0^y}{y\,!}+\frac{1}{10}e^{-15\cdot0}\frac{15{\cdot}0^y}{y\,!}$$

となります。

此れを (2) 式に代入して求めた m は第三圖に示してあります。此れに依ると回數の少ない所は統計的な場合より起り難くなつて居り、回數の多い方は共の反對に起り易くなつて居ります。同樣に全期間の $\frac{19}{20}$ の間は $m=1{\cdot}0$ であり $\frac{1}{20}$ の間は $m=7{\cdot}0$ で

2) K. Pearson, "Tables for Statisticians and Biometricians", Part 1.

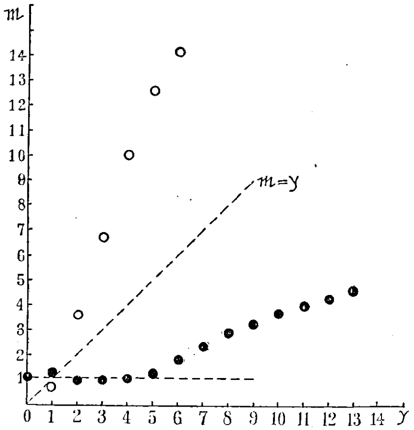


第 三 圖

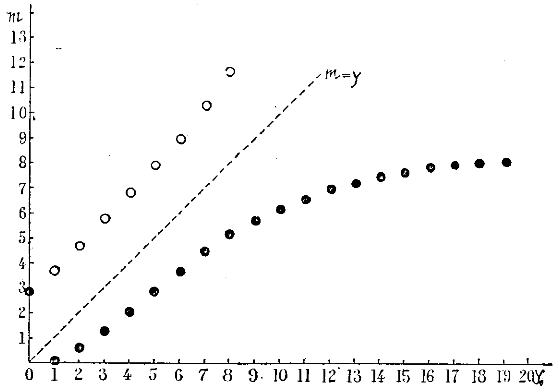
あつた場合は第四圖に示してあります。

C) 次に地震活動の勢力が直線的に増減した場合に就いて調べて見ました。

例へば全期間を 10 ケに等分した場合に各期間の m が夫々 1, 2, 3, ‥‥ 10 であつたとした場合に就いて y の函數として得られた m の値は第五圖に示してあります。



第 四 圖



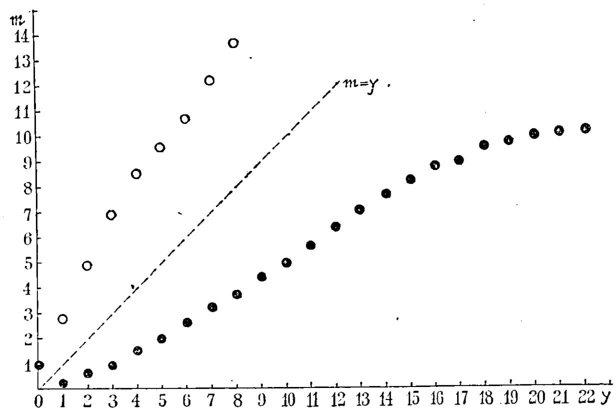
第 五 圖

此れによると回數の少ない所は統計的な場合より生起し難くなつて居りますが、回數の多い方は著しく起り易く成つて居ります。

D) 次に活動の勢力が指數函數的に急に增減した場合の例に就て調べて見ました。

例へば全期間を八ケに等分して各々の期間に於ける m が夫々 0·1, 0·2, 0·4, 0·8, 1·6, 3·2, 6·4, 12·8 であつた場合の y の函數として得られた m の値は第六圖に示してあり

ます。此れによると回數の少ない所は統計的な場合より生起し難くなつて居りますが回數の多い方は著しく起り易くなつて居ります。

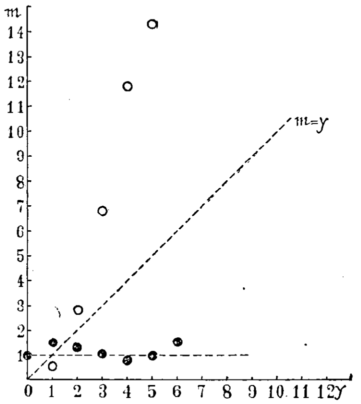


第　六　圖

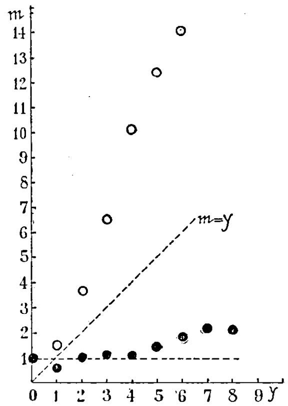
4. 次に實際の地震活動に就いて、以上と同樣に m を地震回數 y の函數として求めた結果に就いて述べる事に致します。

1) 廣範圍の地震活動。

昭和四年の理科年表に依り 1900 年から 1927 年の間の世界大地震の一月毎の頻度に就いて調べたものが第七圖に示してあります。此れに依ると殆ど統計的に發生して居りますがその間に活動の勢力が衰へた時期が介在して居る事が推察されます。



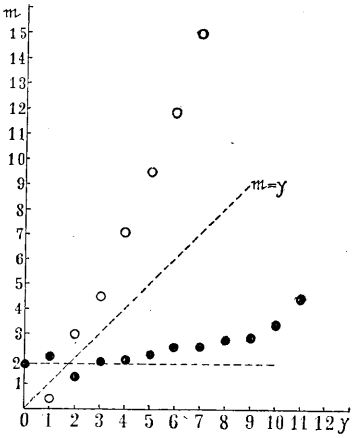
第　七　圖



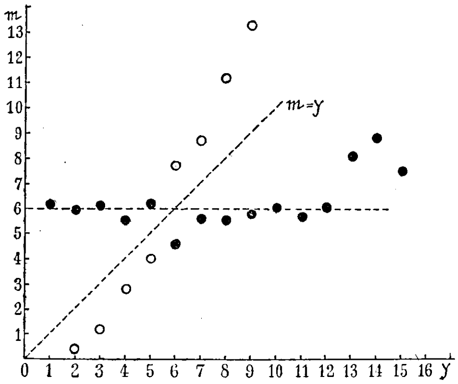
第　八　圖

次に驗震時報第二卷第三號に依り大正元年から大正十四年に至る本邦顯著地震の五日毎、十日毎、及び一月毎の頻度に就いて調べたものが第八、第九と第十圖に示して

あります。此等に依ると殆ど統計的に發生して居りますが、其の間に活動の勢力が増大した時期が介在して居る事が推量されます。



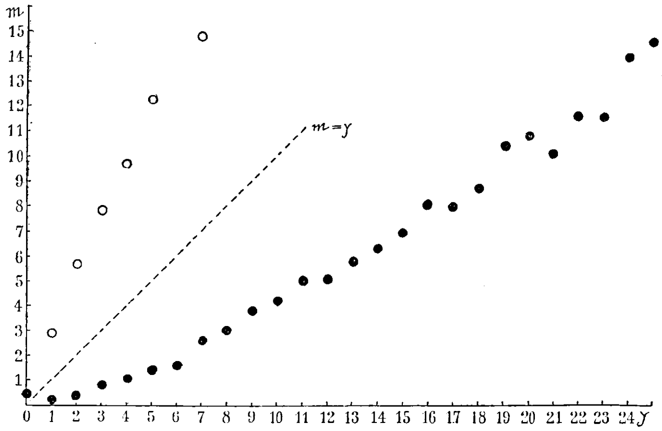
第 九 圖



第 十 圖

2) 或る特定の場所に發生した地震群。

昭和五年二月十四日から四月十日迄の伊東地震群[3]の前期の活動を三崎で觀測した一時間毎の頻度に就いて調べたものが第十一圖に示してあります。

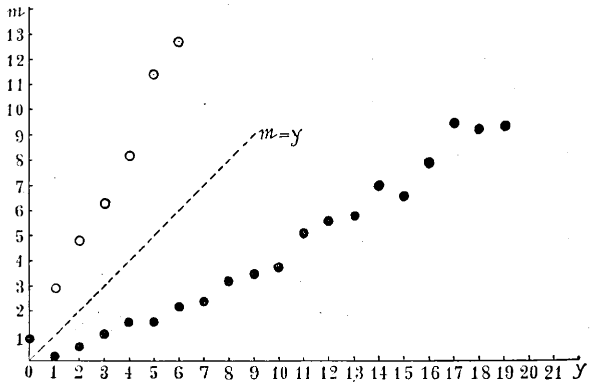


第 十 一 圖

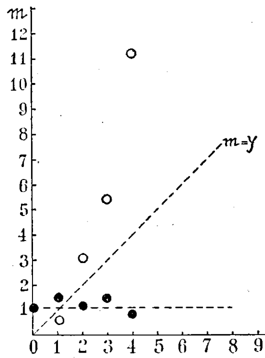
此れに依ると此の期間中に活動の勢力が指數的に著しく增減があつた事がうかゞはれます。次に昭和五年十一月二十六日に發生した伊豆地方の烈震前十一月七日から同

3) 地震, 第二卷 (昭和五年).

月二十六日迄に發生した前震群[4]の一時間毎の頻度に就いて同様の調査を行つた結果が第十二圖に示してあります。此れによると伊東地震群と同樣に活動の勢力に著しく增減があつた事が知られます。

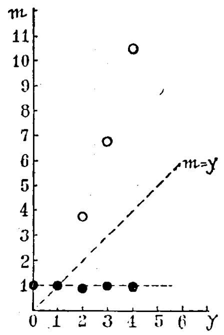


第十二圖

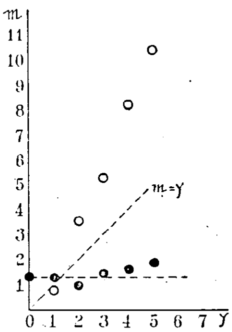


第十三圖

此の前震群の各期間に於ける活動を細かく調べる爲めに氣象要覽に依り經續的に地震が發生して居る十一月十五日十六時五十分から十八時三十分の間の一分毎の頻度及び十六日八時六分から十時二十四分の間の一分毎の頻度及び二十日十九時零分から二十二日十二時迄の間の二分毎の頻度に就いて調べたものが第十三乃至第十五圖に示し



第十四圖



第十五圖

てあります。此等に依ると此の樣に短かい期間中の活動では地震が殆ど統計的な場合と同樣に生起して居る事が知られますが、尙よく見ると、十五日の時は幾分勢力の弱まつた時期が介在して居る傾向が見えるに對し、十六日の際は殆ど一樣な勢力であつたが、二十日の時には幾分活動の勢力が增加した期間が介在して居る傾向が現はれて

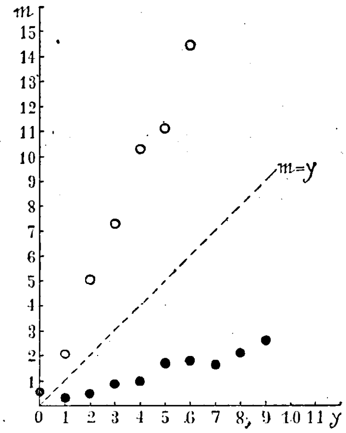
4) N. Nasu, F. Kishinouye and T. Kodaira, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1931), 32.

居ります。

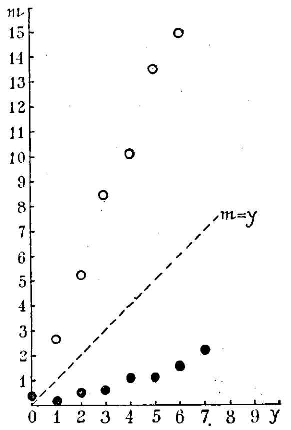
3)　大地震の餘震群。

大正十二年九月一日關東大地震の餘震の九月中の東京有感地震[5]の一時間毎の頻度に就いて調査したものを第十六圖に示してあります。又大正十四年五月二十三日の但馬大地震の餘震[6]の豐岡に於ける觀測に依つて其の一時間毎の頻度に就いて調査したものを第十七圖に揭げてあります。此等に依ると、共に地震の勢力が急激な變化をして居る、つまり大地震直後から其の勢力が急激に減退して居る事が推察されます。

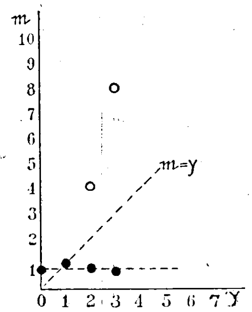
尙關東大地震の九月二日中の餘震に於ける 10 分毎の頻度に就いて調査したものを第十八圖に揭げてあります。此れに依ると殆ど全く統計的に發生して居た事が知れ、從つて大地震の餘震の際にも全體として見ると地震勢力の著しい變動が認められるが、夫々の短期間に於ては夫の時期の勢力を代表するある平均値の周りに殆ど統計的理論の示す如くに變化して居る事が知られます。



第十六圖



第十七圖

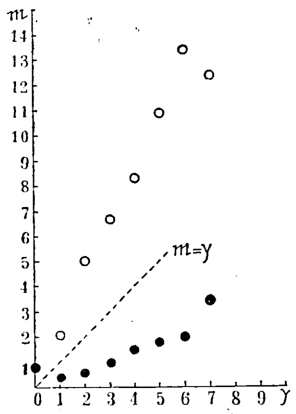


第十八圖

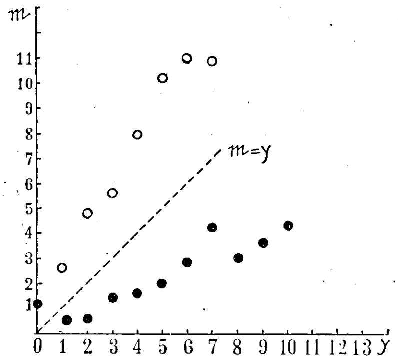
4)　淺間山の噴火及び其れに伴つた地震及び噴火に伴はぬ地震。

1904 年から 1914 年迄の淺間山の著しい噴火[7]の一月毎の頻度に就いて調査したものを第十九圖に示してありますが、此れに依ると勢力の著しい增減があつた事が推察されます。次に 1911 年の六月二十五日から十月二十日迄噴火に伴はぬ地震即ち大森博士の A 型の地震[8]の日々の頻度に就いて調査したものを第二十圖に示してあります。

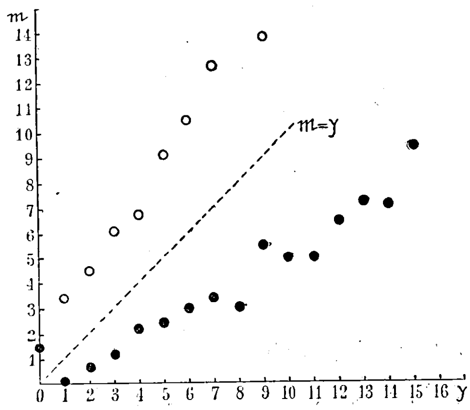
5)　A. Imamura and K. Hasegawa, *Bull. E. I. C.*, **11** (1928), 27.
6)　今村明恒, 震災豫防調查會報告, **101**, 18.
7)　F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **8**, 337.
8)　F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **6**, 243.



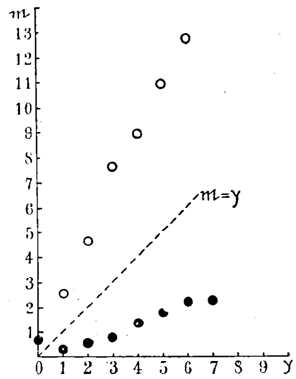
第十九圖



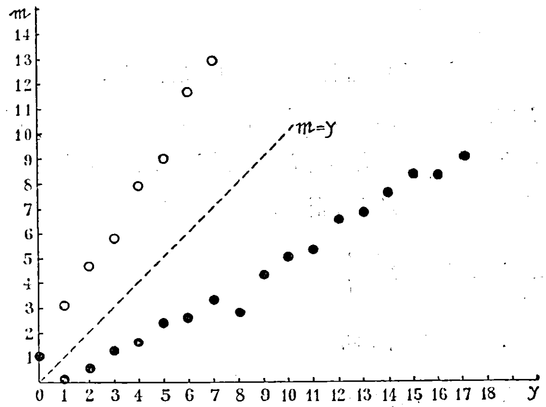
第二十圖



第二十一圖



第二十二圖

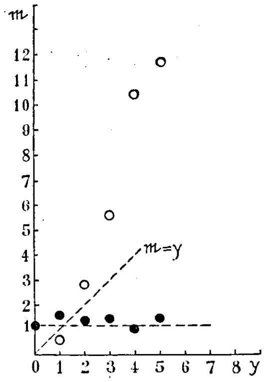


第二十三圖

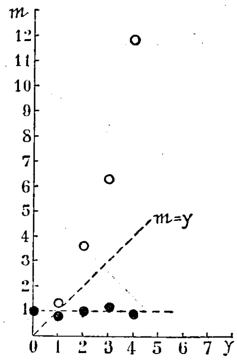
又同期間内の噴火に伴つた地震即ち大森博士のB型の地震[9]に就いての同様の調査の結果を第二十一圖に掲げてあります。

次に1912年の五月十六日から十月三十一日迄のA型の地震[10]に關する同様の調査を第二十二圖にB型の地震[11]に關するものを第二十三圖に示してあります。此等によると活動の勢力は殆ど指數的に増減して居つた事が知られます。

次に湯の平で觀測した1912年七月十六日のA型地震群[12]の $4^h 45^m$ から $9^h 55^m$ 迄一分毎の頻度に就いて調査したものを第二十四圖に、同年十月五日のB型地震群[13]の $3^h 42^m$ から $6^h 28^m$ 迄の地震に關する同様の調査に關するものを第二十五圖に示して



第二十四圖



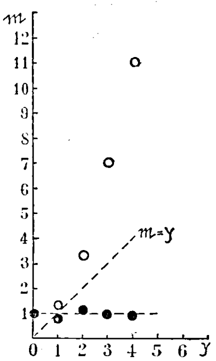
第二十五圖

あります。尚1913年七月五日と六日のB型地震群[14]の5日 $13^h 29^m$ から6日 $13^h 53^m$ 迄の地震に關する同様な調査の結果を第二十六圖に、及び八月二十七日と二十八日のB型地震群[15]の二十七日 $19^h 07^m$ から二十八日 $5^h 41^m$ 迄の地震に關するものを第二十七圖に示してあります。

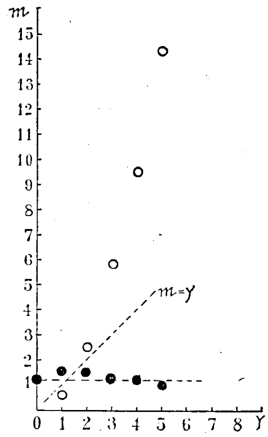
此等によると此等の地震は殆ど統計的に發生して居るが、ある場合には一時勢力が減退した傾向を示して居る事が知られます。結局此等の地震活動も長い期間に亘る活動を全體として見ると各時期で勢力が著しく増減して居るが繼續して活動して居る比較的短かい期間を取つて見ると殆ど統計的理論に示された經過を取つて居る事が分り

9) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **6**, 243.
10) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **6**, 244.
11) Ditto.
12) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **6**, 180,
13) Ditto.
14) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **7**, 219.
15) Ditto.

ます。



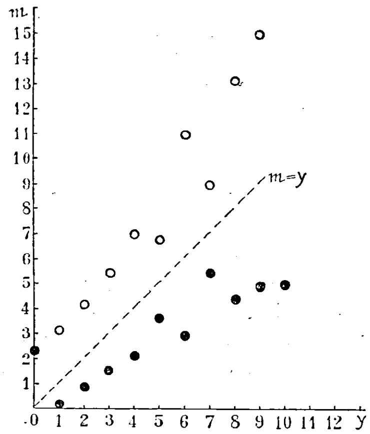
第二十六圖



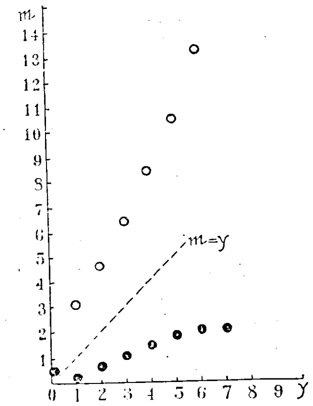
第二十七圖

5) 櫻島前震群。

大正三年一月十二日午前十時の櫻島噴火前十一日から十二日にかけて鹿兒島測候所で觀測せる前震群[16]に於ける二十分毎の頻度に就いて調査せる結果が第二十八圖に示してあります。此れに依ると活動の勢力が殆ど直線的に增減した事が見られます。



第二十八圖



第二十九圖

6) 有珠山前震群。

1910 年の七月二十五日午後十時の有珠山噴火前七月二十一日から札幌で觀測された前震群[17]の一時間毎の頻度に關する調査結果を第二十九圖に示してあります。此れ

16) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **8**, 360.
17) F. Omori, *Bull. E. I. C.*, **5**, 11.

に依つても活動の勢力が著しく増減した事が知られます。

4. 結 論

一般にある限られたる範圍内に於ける地震活動の長期間に亘る活動に於ては期間に依り地震回數の平均數或は活動の勢力に消長があるが各期間内では夫の期間内の平均數の周りに殆ど統計的に變化して居る事が分ります。

それで此種の現象に於いてある豫期せる事柄の生起する確率函數は(3)式の型によつて現はされます。

或は又以上の諸圖表に依つて知られる如く m は y の函數として表はされ得ますからその函數を $f(y)$ としますと、

$$W(y)=e^{-f(y)}\frac{f(y)^y}{y!} \quad \cdots\cdots(4)$$

で表はす事が出來ます。一般には此の $f(y)$ なる函數は複雑でありますが或る場合には割に簡單に表はされます。

6. *Statistical Investigations on Earthquake Numbers.*

By Win INOUYE,

Earthquake Research Institute.

The author compared actual earthquake frequencies with the Poisson's formula in statistics.

By this investigation, the author noticed that, if we confine our attention to the seismic activity in a somewhat short period, the seismic frequencies, in general, agree with the statistical theory fairly well, whereas they differ from the latter somewhat greatly, if the whole duration of activity of long period was taken into consideration.

Further, it was shown that the probability functions of the seismic frequencies were generally expressed by the formulas (3) and (4).