

8. 地震と脈動 (豫報)

地震研究所 井上宇胤

(昭和六年七月七日發表——昭和六年十二月二十日受理)

1. 大森博士¹⁾は遠地地震の東京測観(一橋と本郷)に於ける各相位中に於ける主要な振動週期を驗測されました。其れに依ると、第一初期微動に於ける主要週期は $P_1=4.6$ 秒と $P_2=8.3$ 秒であり、第二初期微動に於けるものは $P_2=8.3$ 秒であつて、東京に於ける脈動の $Q_1=4.4$ 秒及び $Q_2=8.0$ 秒のものと同じものであると結論されました。即ち遠地地震に於ける初期微動は地震に依つて土地の自己振動が生起されたものとされて次の様な興味深い事を云はれて居ります。

“The disturbance at the commencement of the 1st preliminary tremor, which has a transit velocity of some 14 km. per. sec., must travel along a layer at some distance below the earth's surface.

These would constitute a progressive source of disturbance and would communicate a sort of stress to the superimposed surface layer of the earth's crust in the region about a given station; the latter being, in consequence, thrown into its own proper oscillations, just as the waters of seas are thrown, by great sub-marine earthquakes or by atmospheric disturbances, into destructive waves, whose periods are the same as those of the waves existing at ordinary times and are constant at each given sea-coast place.”

次に松澤博士²⁾は地震の東京觀測(本郷)に於て、近地地震に於ても、脈動に相當するゆつくりした波が交つて來る事を指てきされました。即ち相模に發生した地震と澗沼に發生した地震に於ては 2 秒週期の波が現はれて居て q 型の脈動が誘發された事を示し、鹿島灘と襟裳崎の地震に於ては 4 秒週期の波が現はれて居て、 Q_1 型に相當して居る事を示されました。尙 1922 年 1 月から 6 月迄の筑波山に於ける地震觀測の記象には、しばしば最初からのろい波が交つて居つて、其の週期は筑波山で觀測される脈動と同程度であつた事を指てきされて居ります。

1) F. OMORI, *Pub. E. I. C.*, 13 (1903), 85.

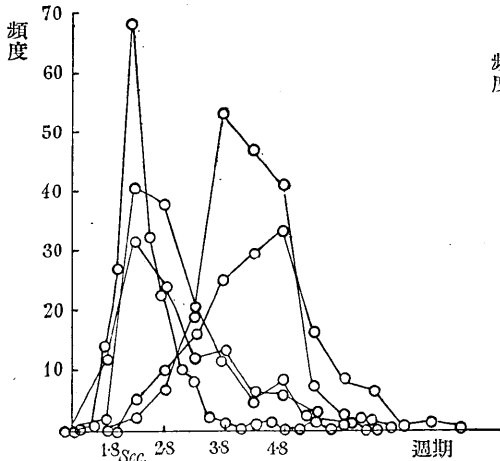
2) T. MATUZAWA, *Journ. Fac. Sci., T. I. U.*, 2 (1927).

さて私は次に、筑波山に於ける此の問題を取扱つて見る事に致しました。

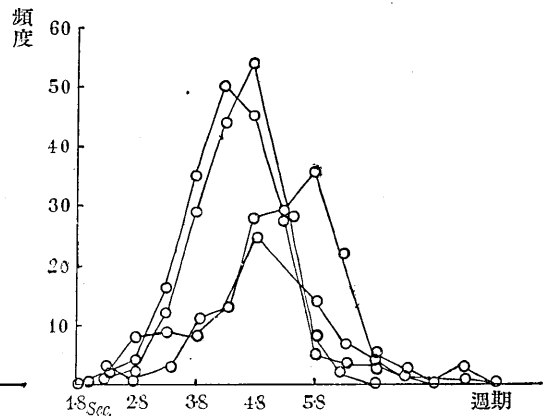
2. 筑波山に於ては大森式の微動計二臺に依つて地震観測をして居りますが、その重りの目方は夫々 35 斤、週期は 18 秒、倍率は 120 倍のもであります。此等の器械に依つて地震を N. E.—S. W. 向きの動きと N. W.—S. E. 向きの動きとに分解して書かせて居りますが、此の N. W.—S. E. の向きは山の傾斜にそつた向きであり、N. E.—S. W. の向きはそれに直角の向きに當つて居ります。

此等の器械に依つて観測しますと、筑波山に於ては平常時には殆ど動脈が観測されませんが、著しい低氣壓が東方の太平洋上を通過する様な際には脈動が観測されます。夫等は殆ど皆最大振幅が $2, 3\mu$ 程度のもので、週期は $q=2$ 秒 \sim 3 秒及び $Q_1=4$ 秒 \sim 5 秒程度のレギュラー型のものであります。其の一例を第一圖に示してあります。即ち大きさは浅間山で観測される脈動³⁾と同程度で、東京で観測される大きさの $\frac{1}{10}$ から $\frac{1}{20}$ 程度のものであります。

尚筑波山に於ける脈動は場合に依り一方の成分にのみ良く現はれる事があります。又兩成分に現はれる脈動の週期は低氣壓の位置の如何に依り異なつて居りますが、一般には N. W.—S. E. の成分即ち山の傾斜にそつた振動に於ては q 型と Q_1 型が現はれますが、q 型の方が現はれ易い。其れに反して N. E.—S. W. の成分即ち山の傾斜に直角の方向の振動に於ては、主として Q_1 型の脈動が観測され q 型は殆ど観測されません。第二圖と第三圖は夫々昭和六年に於ける數回の脈動の N. W.—S. E. 成分及び



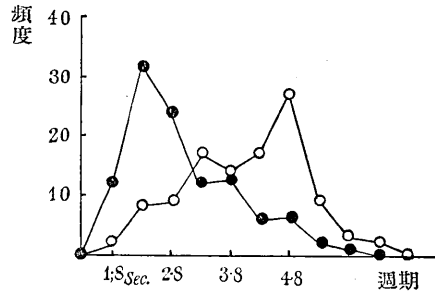
第二圖 Fig. 2.



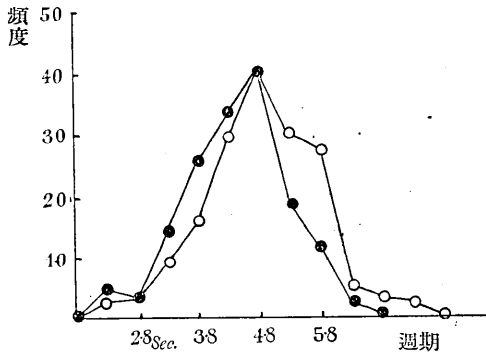
第三圖 Fig. 3.

3) F. OMORI, *Bull. E. I. C.*, 5 (1913).

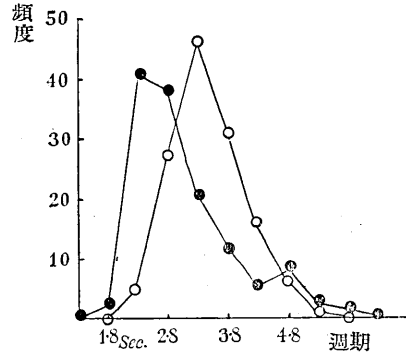
N. E.—S. W. 成分の週期の半時間内の頻度曲線であります。第四圖は昭和六年六月十二日午後六時前後に於ける脈動の半時間内の兩成分に現はれた週期の頻度曲線であります。此の時には 746 mm. の低氣壓が房總沖にあり、筑波山からの距離は 220 km. であります。第五圖は昭和六年三月廿四日午後六時の脈動に就いての同様な頻度曲線であります。此の際には筑波山の東北 770 km. の海中に 736 mm. の低氣壓がありました。



第四圖 Fig. 4.
白玉は N. E.—S. W. 成分
黒玉は N. W.—S. E. 成分



第五圖 Fig. 5.
白玉は N. E.—S. W. 成分
黒玉は N. W.—S. E. 成分



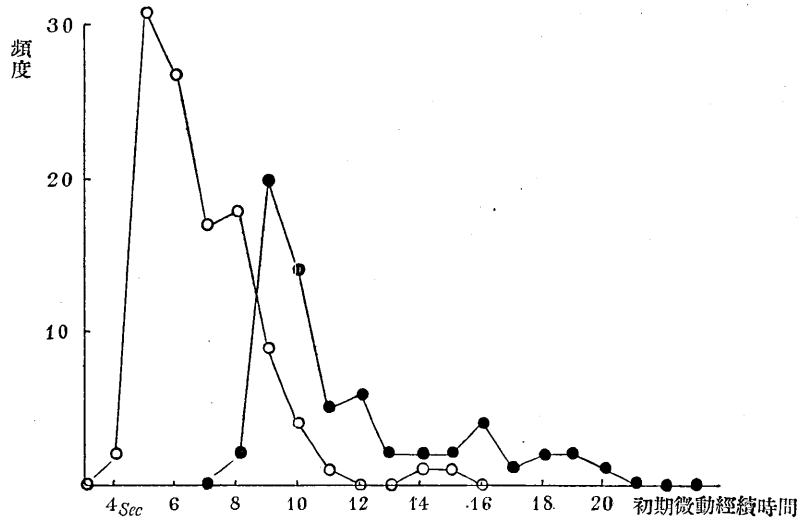
第六圖 Fig. 6.
白玉は N. E.—S. W. 成分
黒玉は N. W.—S. E. 成分

第六圖は昭和六年四月廿二日午後六時の脈動に就いての同様な頻度曲線であります。此の際には低氣壓が北海道方面に過ぎ去つたあとでありました。此等に依ると、場合に依つて兩成分に於ける週期が或は一致し、或は異なる状が見えて居ります。此の事に依つても筑波山に於ける脈動は此の土地の自己振動が低氣壓或は其れに依つて起された波浪等に依る刺戟に依つて誘發されたものであり、其の刺戟の如何に依つて土地の自己振動のモードが異なる事が知られます。

〔3. 次に澤松博士の指てきされた如く筑波山に於ては、しばしば地震の最初から此の脈動が誘發されて居りますが、其れに就いて少しくわしく調査して見ませう。

1) 初期微動繼續時間が 20 秒以内の近地地震。

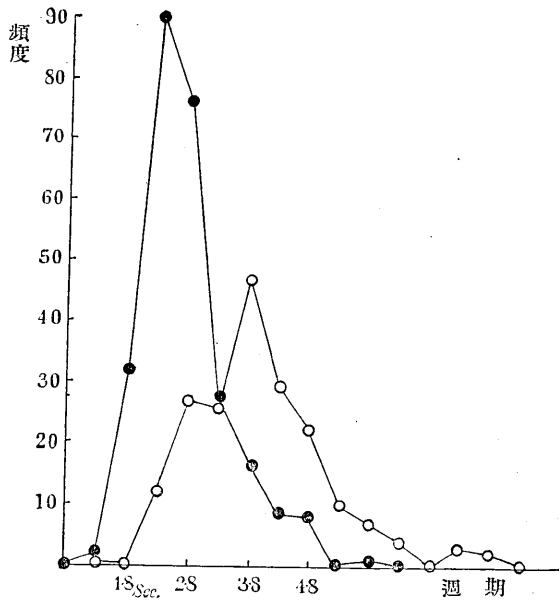
昭和四年一月から昭和六年四月迄の近地地震に於ける誘發された脈動に就いて調査しました。此等の地震を内陸地震と海底地震の二組に分類致しましたが、採用した地



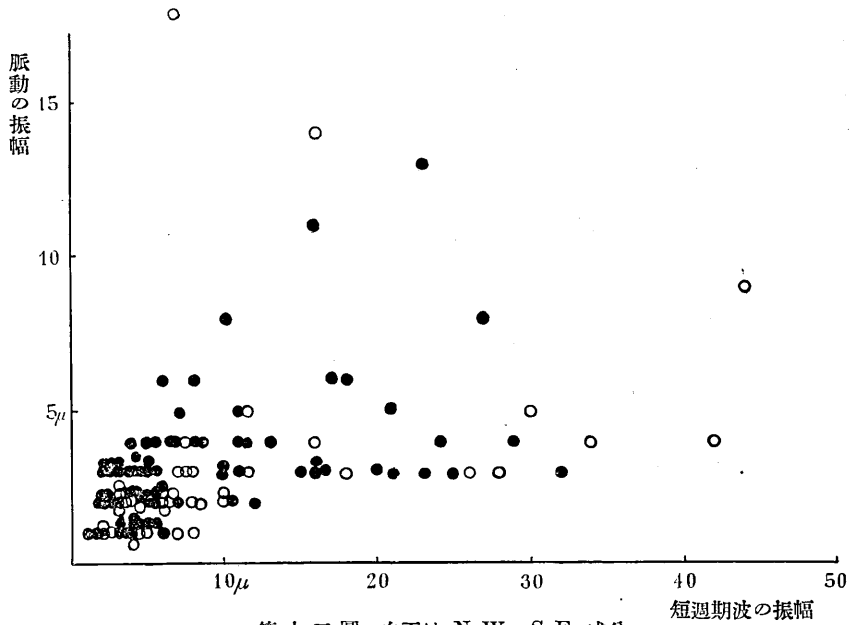
第七圖 白玉は内陸地震
Fig. 7. 黒玉は海底地震

震の初期微動継続時間の頻度曲線を第七圖に掲げてあります。内陸地震及び海底地震のいずれの場合でも、脈動が誘發されて居りますが、其の波動の数は十個前後が普通であります。此等の實例を第八圖、乃至第十一圖に示してあります。

先づ内陸地震に就いて、此の誘發された脈動の兩成分の週期の頻度曲線を求め第十二圖に示してあります。これに依ると、N. W.—S. E. 成分に於ては普段の脈動の際に此の成分に現はれ易い q 型の脈動が誘發されて居ります。同様に N. E.—S. W. 成分に於ては普段の脈動の際に此の成分に現はれ易い Q_1 型の脈動が誘發されて居ります。



第十二圖 白玉は N. E.—S. W. 成分
Fig. 12. 黒玉は N. W.—S. E. 成分



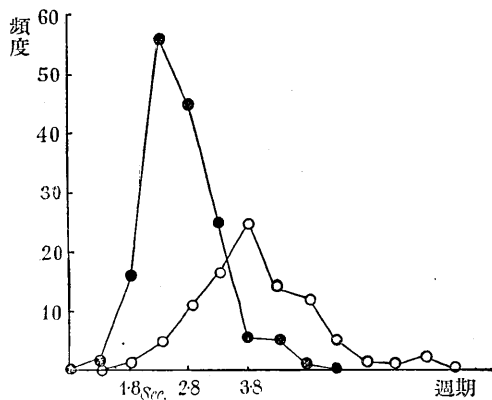
第十三圖 白玉は N. W.—S. E. 成分
Fig. 13. 黒玉は N. E.—S. W. 成分

次に此等の地震に於て其の地震動中の短周期の波動の最大振幅と、此等の地震に依つて誘發された脈動の振幅とを比較して第十三圖に示してあります。此れに依ると N. E.—S. W. 成分の方、即ち Q_1 型の脈動が誘發され易い事が知れます。

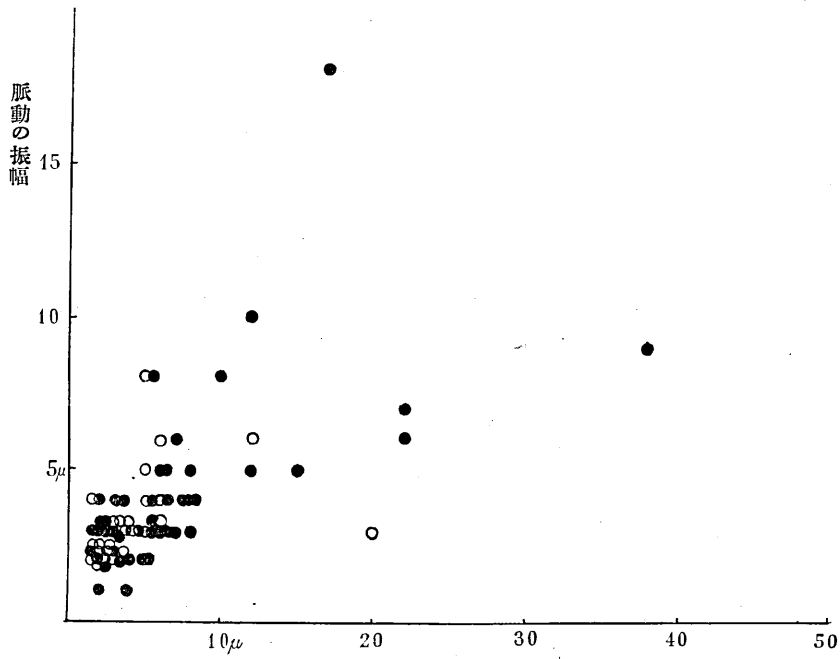
次に海底地震に就いて、誘發された脈動の兩成分に於ける週期の頻度曲線を求めて第十四圖に示してあります。此れに依ると内陸地震の場合と全く同様に N. E.—S. W. 成分には主として q 型の脈動、N. W.—S. E. 成分には、主として Q_1 型の脈動が誘發されてをります。

尙内陸地震の場合と同様に、地震動中の短周期の波の最大振幅と誘發された脈動の振幅とを比較して第十五圖に掲げてあります。

此れに依ると此度は兩成分が、即



第十四圖 白玉は N. E.—S. W. 成分
Fig. 14. 黒玉は N. W.—S. E. 成分



第十五圖 白玉は N. W.—S. E. 成分
Fig. 15. 黒玉は N. E.—S. W. 成分

ち q 型と Q_1 型とが殆ど同程度に誘發される事が知られます。

2) 中距離地震。

昭和六年の一月から四月中の初期微動繼續時間が一分前後の中距離地震八個に就いて、誘發された脈動に就いて調査しました。

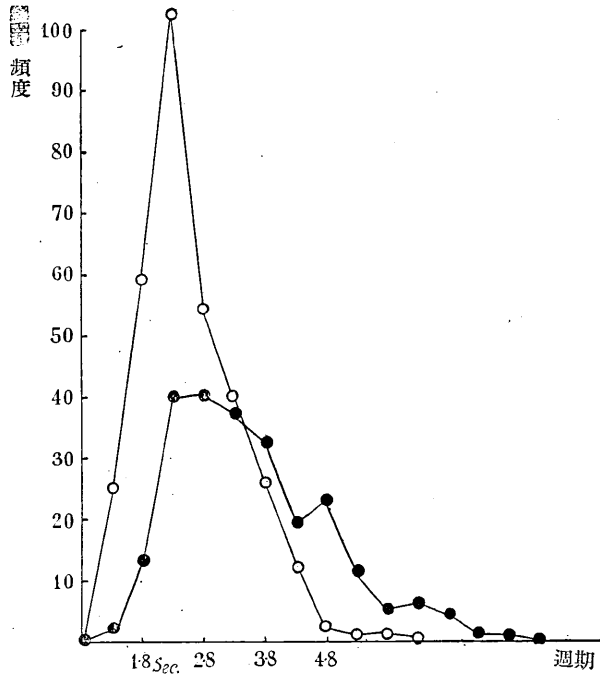
此の際も殆ど地震動の最初から此の脈動が現はれて居ります。

此等の誘發された脈動の週期の兩成分に於ける頻度曲線を第十六圖に示してあります。此れに依ると此度は兩成分とも q 型の脈動が主であります。

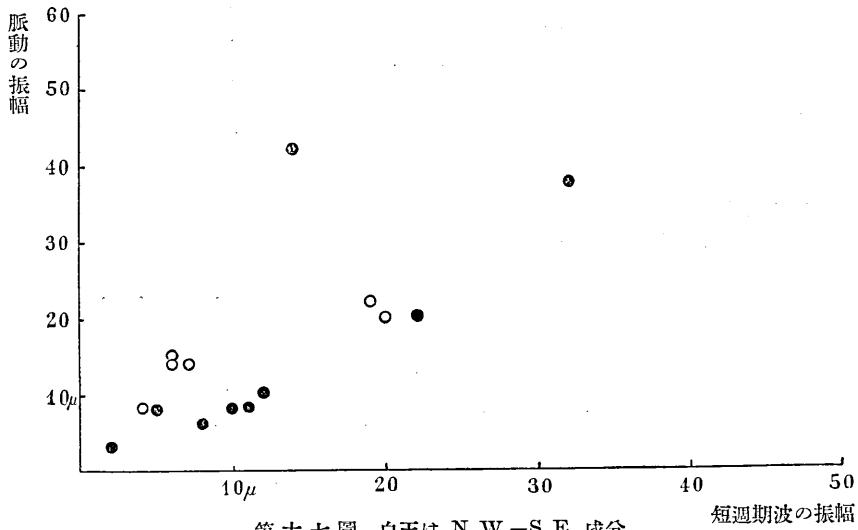
次に地震動中の短週期の波の最大振幅と誘發された脈動の振幅との比較を第十七圖に示してあります。此れに依ると、普通の脈動の際に主として q 型が觀測される N. W.—S. E 成分の方が幾分誘發され易い傾向が見えて居ります。

3) 遠地地震。

昭和五年内の初期微動繼續時間が $6^m 45^s$ から $29^m 55^s$ 迄の四個の遠地地震に就いて第一初期微動及び第二初期微動の波動の週期の頻度曲線を求めて第十八圖及び第十九圖に示してあります。此れに依ると兩成分とも第一初期微動に於ては q 型と Q_1 型



第十六圖 白玉は N. W.—S. E. 成分
Fig. 16. 黒玉は N. E.—S. W. 成分



第十七圖 白玉は N. W.—S. E. 成分
Fig. 17. 黒玉は N. E.—S. W. 成分

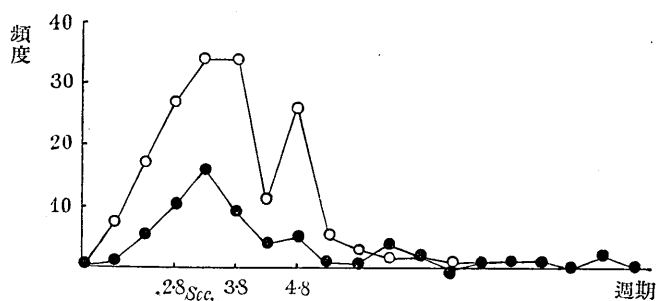


Fig. 18. 第十八圖 第一初期微動
白玉は N. W.—S. E. 成分
黒玉は N. E.—S. W. 成分

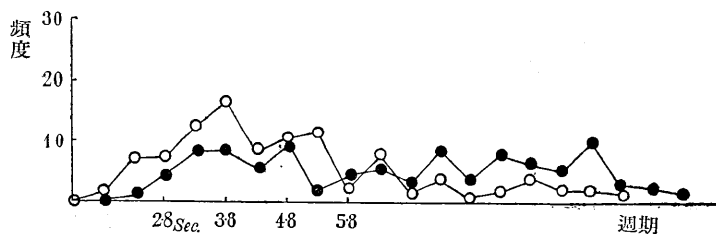


Fig. 19. 第十九圖 第二初期微動
白玉は N. W.—S. E. 成分
黒玉は N. E.—S. W. 成分

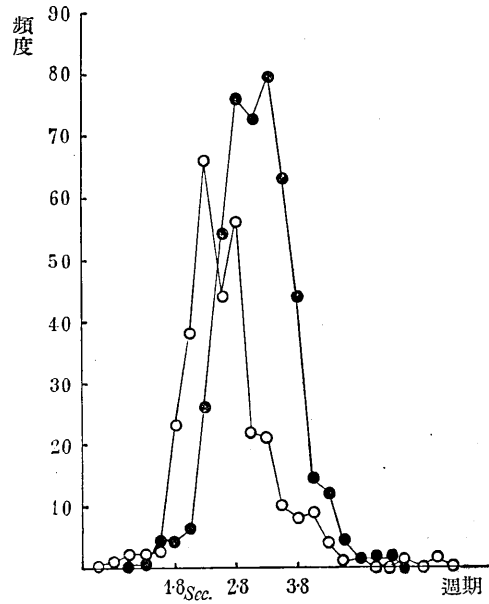
が誘發され、第二初期微動では Q_1 型が誘發されて居る事が見られます。

4) 昭和六年九月二十一日の埼玉地震の餘震。

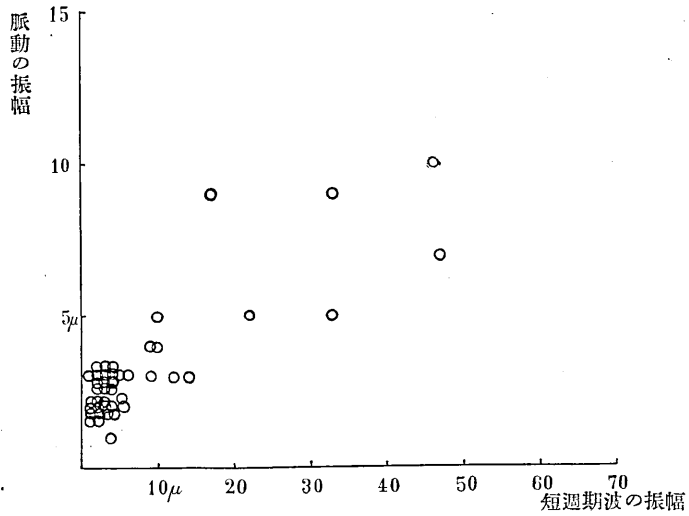
此等の地震の際にも脈動が誘發されて居ります。其の週期の兩成分に於ける頻度曲線を第二十圖に示してあります。此れに依ると、兩成分とも q 型を示して居りますが、N. E.—S. W. 成分の方が幾分週期が長く成つて居ります。

次に地震動中の短週期の波の最大振幅と此等の誘發された脈動の振幅とを比較して第二十一圖及び二十二圖に示してあります。此れに依ると N. E.—S. W. 方向の脈動の方が幾分誘發され易い事が知れます。所で此の方向は此等の地震群の震源地と筑波山とを結ぶ線にそうて居ります。結局、兩成分に於ける誘發された脈動は共に q 型であるが、震源地に向ふ成分の方が幾分週期も長く、且つ誘發され易い事を示して居ります。

4. さて筑波山に於ける地震動中の短週期の波の週期は約 0.1 秒~0.3 秒程度のものであつて、此の波の大部分もやはり地震動の刺戟に依つて起された土地の別種のモ



第二十圖 白玉は N. W.—S. E. 成分
Fig. 20. 黒玉は N. E.—S. W. 成分



第二十一圖 N. E.—S. W. 成分
Fig. 21.

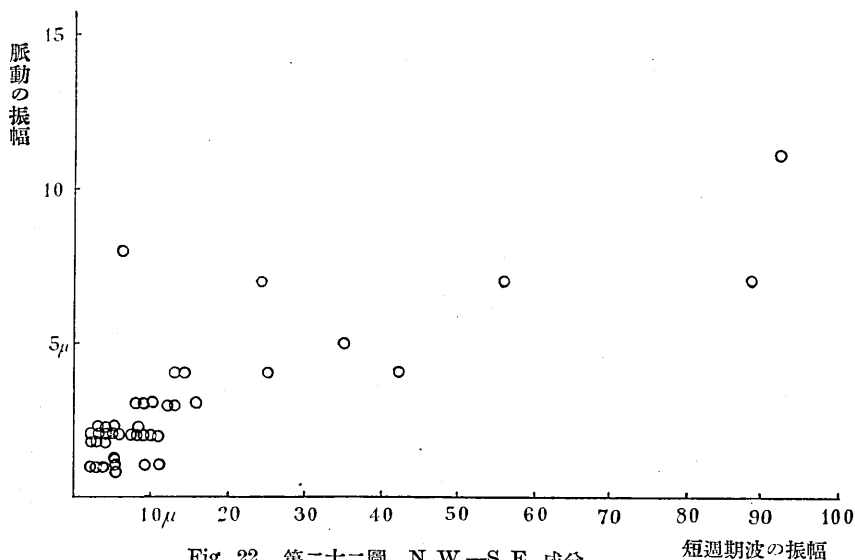


Fig. 22. 第二十二圖 N. W.—S. E. 成分

ードの自己振動でないかと思はれます。然し現在筑波山で使用して居る地震計に依つては、倍率が小さい爲と殊に記録の速度がおそい爲に此の點を明にする事が出来ないのは遺憾であります。

東京に於ては、大森博士⁴⁾が本郷に於て microtremor の際及び地震の際に 0.29 秒と云ふ自己振動が現はれる事を指てきされました。尙一橋に於ける自己振動は 0.7~0.8 秒大阪に於ては 0.8 秒である事を示された。

次に末廣博士⁵⁾も地震動の分解器に依つて本郷臺に 0.3 秒の自己震動がある事を示された。尙今村博士⁶⁾が昭和五年六月三日の深發地震の際の各地の地震記象の御研究に依つて認められた各地の土地の自己振動の週期は次の如きものであります。

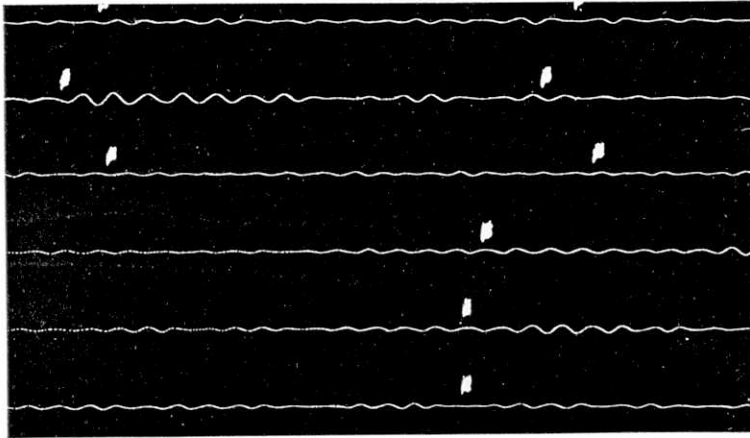
即ち紀伊半島の目方では 0.55 秒であり、關東では表土が 0.2~0.3 秒、洪積地が 0.4 秒、第三紀層が 0.6 秒であります。

それで、筑波山に於ても此の程度の波動、即ち 0.1~0.3 秒程度の短週期の波も土地の自己振動としますと、此の振動と脈動の週期に相當する比較的長週期の自己振動とは或る聯立系(カップルド・システム)を成して居るものと考へられます。それで、此の聯立系が地震動(上述の大森博士の意見と同様にインパルスの性質をおびたもの

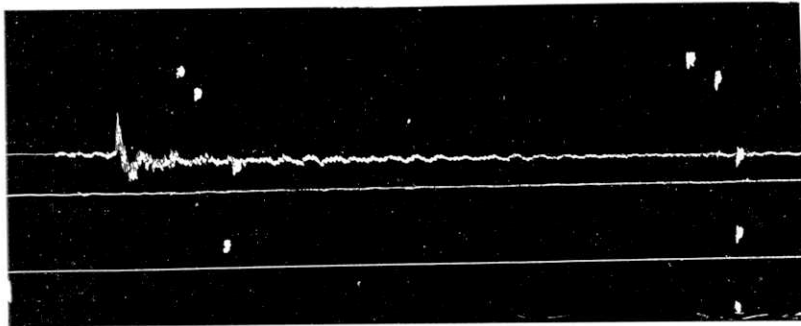
4) F. OMORI, *Bull. E. I. C.*, 2 (1908).

5) K. SUYEHRO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 7 (1929).

6) 今村明恒、地震研究所彙報 第七號。

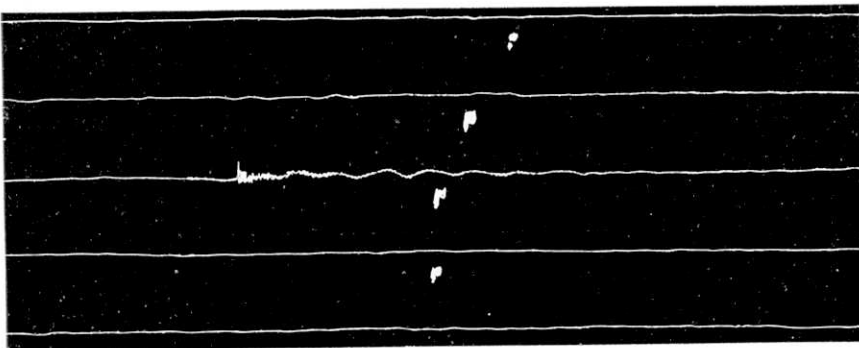


第一圖 脈動の一例
Fig. 1. An example of the pulsatory movements
observed at Mt. Tukuba.

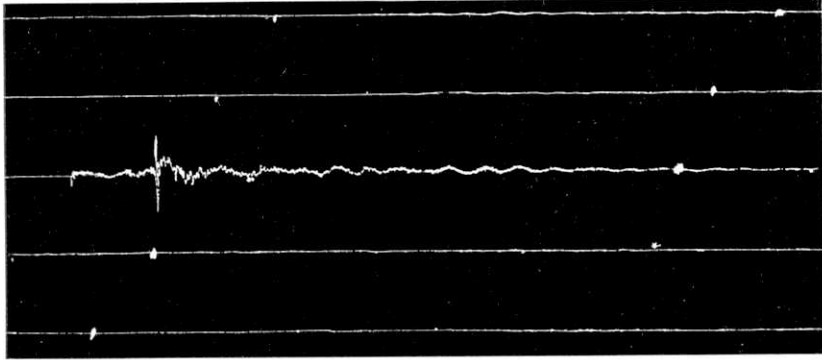


第八圖 内陸近地地震の一例
Fig. 8. An example of the near earthquake of
inland origin.

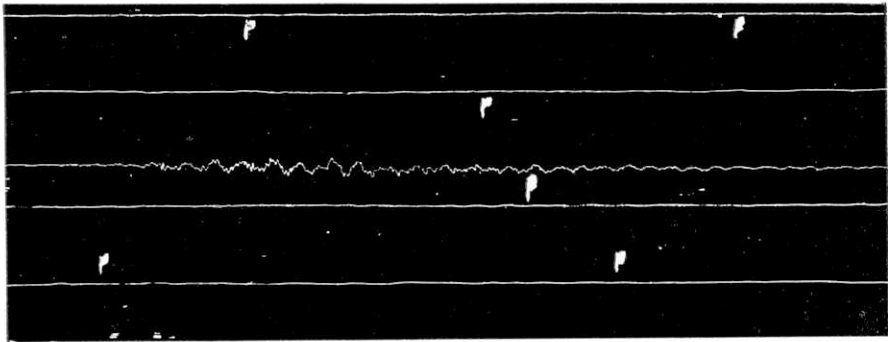
(震研彙報、第十號、圖版、井上)



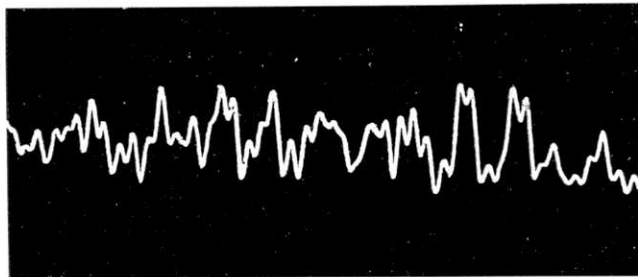
第九圖 内陸近地地震の一例
Fig. 9. Ditto.



第十圖 海底近地地震の一例
Fig. 10. An example of the near earthquake
of oceanic origin



第十一圖 海底近地地震の一例
Fig. 11. Ditto.



第二十三圖
Fig. 23.

(震研彙報、第十號、圖版、井上)

と考へます)の刺戟に依つて複雑な自己振動を起したものが地震計の記録に現はれるのであると考へられます。尙地震の際には、此の兩方の振動が起されますが、普通の脈動の際には短週期の方が現はれない事からして、短週期の振動が長週期の振動に及ぼすカップリングの係數の方が此の逆の場合のものよりも遙に大きいと考へられます。

それで、一つの模型として、二つの週期の異なる單振子をバネでカップルさせて、短週期の方に鋼鐵の球の群を傾斜した管から衝突させた場合の長週期の方の動きを記録したものを第二十三圖に示してあります。

此れに依ると幾分實際の地震記象に類似して居りますが、尙兩方の振子の慣性能率を加減したり、カップリングの種類を變へたりして見たいと思つて居ります。

8. *Earthquake and Pulsation.*

By Win INOUE,

Earthquake Research Institute.

The pulsatory movements observed at Mt. Tukuba are generally consisted of Omori's q - and Q_1 -types.

They appear in different manner in their intensities and periods in the two components; the one (N. W.-S. E.) being the component along the mountain slope there, while the other is that perpendicular to this direction; according to the characters of the barometric depressions. A few examples of the frequency distributions of the periods in two components respectively of the pulsations under different meteorological conditions are shown in Figs. 4, 5 and 6. The black and white circles respectively represent the N. W.-S. E. and N. E.-S. W. components.

Thus we may infer that they are some modes of the proper oscillations of the earth's crust about the mountain.

Moreover, in general, they are fairly excited by some earthquakes.

The author studied about this excited or induced pulsatory movements by some earthquakes. See Figs, 8, 9, 10 and 11.

The frequency distributions of the periods in two components respectively of the pulsatory movements excited by different earthquakes are shown in Figs. 12, 14, 16, 18 and 19.
