

15. 大地震と太陽黒點との關係に就て

地震研究所 高山 威雄
地震學室教 鈴木 武夫

(昭和五年二月十八日發表——昭和五年六月二十日受理)

太陽黒點の消長が氣象的現象に重大なる影響を及ぼすことは、從來の多くの研究により明らかにされつつある。地震も地殻内に起る地球物理的現象である以上太陽黒點と何等かの關係がありはしないかと思はれる。この問題に就ては著者の知る範圍内では、我が國に於ては殆ど論じられなかつた様に思ふ。外國に於ては A. Poëy¹⁾ がメキシコ及びアンチル地方に起りたる地震に就て、地震が黒點の極大極小の頃に同じ程度に多く起ることを見出して居る。著者は日本に起つた大地震と太陽黒點との關係の統計的調査を試みた。又地震の頻度の時間的分布についても調べて見た。

I. 大地震と太陽黒點との關係

ここに取り扱つた大地震は、著者の一人(高山)が作成した地震の表(印刷未了)から採つたもので破壊的大地震のみを選んだ。即ち表中の◎(大震被害甚大)及び○(大震被害あり)なる記號にて表はされたるものを選んだもので、此の調査に必要な部分だけを Fig. 1 に表はした。太陽黒點としては、毎年の「ウォルフ」黒點數を用ひた。「ウォルフ」黒點數の知れているのは 1749 年(以下年代は西曆を以つて表はす)以後で、それ以前は理科年表に太陽黒點の極大及び極小の年代が出ているのでそれを用ひた。又これらの大地震は火山の爆發に伴つて起つた地震(温泉岳爆發及び櫻島爆發の際の地震)を除いたもので、全部が所謂構造成地震(tectonic earthquake)と考へ得られるものばかりである。かくして或る

1) A. Poëy, "Rapports entre les taches solaires, les tremblements de terre aux Antilles et au Mexique et les éruptions volcaniques sur tout le globe," C. R., 78 (Paris 1874), 51-55.

期間に於て黒点極大の年を中心として前後1年以内の間に起りたる地震回数を算へ、同様に黒点極小の年を中心として前後1年以内に起りたる

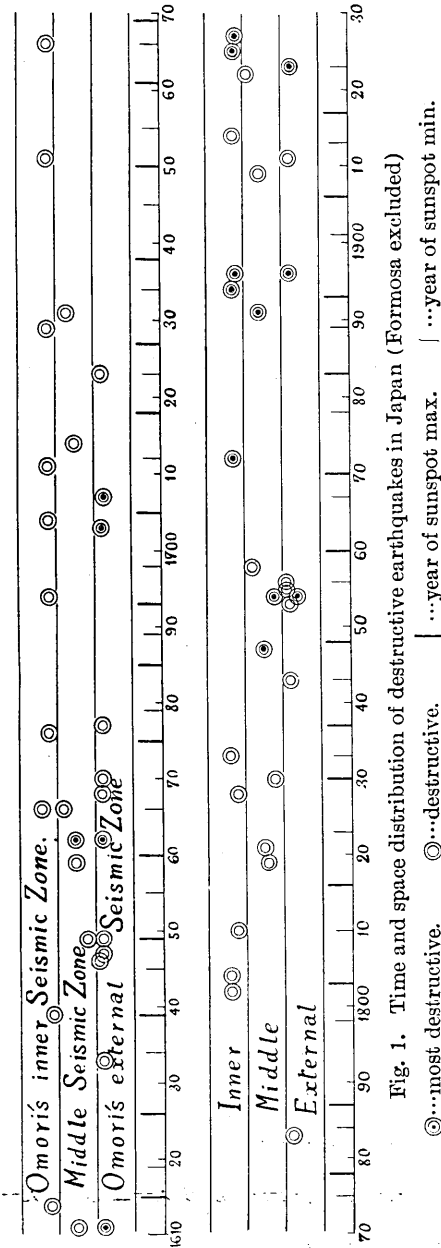


Fig. 1. Time and space distribution of destructive earthquakes in Japan (Formosa excluded)

地震回数を算へる。残りの場合即ち黒点の極大極小の中間に於て起りたる地震回数を算へる。この様にすれば、極大及び極小の近傍の3ヶ年を取ることとなる。例へば1796年より1886年迄(91年間)では黒点の極大の数が8個、極小の数が8個ある。故に $8 \times 3 = 24$ 年が夫々極大及び極小の近くの年数を表はし、残りの $91 - 48 = 43$ 年は極大及び極小の中間の年数を表はす。この間に起つた地震回数を算へ、それを或る共通の年数(例へば30年)のものに引き直したのである。而る後に地震回数に就き%を求めた。この%が太陽黒点の消長と地震頻度即ち地震活動との関係を数量的に示すものと考へ得られるであらう。次ぎに同様に極大及び極小の年を中心として前後2年以内に起りたる地震回数及びそれ以外の年に起りたる地震回数を算へ、それをある共通の年数のものに引き直して%を求めた。此の場合は極大及び極小の近傍の5ヶ年を取ることとなる。例へば上と同じ期間に於ては、 $8 \times 5 = 40$ 年が夫々極大及び極小の近くの年数を表はすが、この期間で重なる年即ち二重に算へる年が合計6年あるからそれを3年づつ両方から減

じて、極大及び極小の近くの年数として、37年を、極大及び極小の中間の年数として17年を得る。上の二つの場合の%の平均を以つて真に近い%と見做したのである。

さて大地震の記録は660年頃から知れてゐるが、黒點の極大及び極小の知れているのは1610年からであるから、ここに行つた統計は1608年から1925年までの318年間のものである。先づ最初に内側、外側、中部²⁾の地震帯の區別をつけずに全國に就き調べて見た。臺灣には別に獨立した臺灣地震帯³⁾が存在するから、臺灣の地震は計算には加へなかつた。

(1) 全國に就ての統計——別に全國に起つた地震につきその頻度の時間的分布の圖 (Fig. 3) を作つて見ると、それは quasi-periodic の變化を呈するが、この圖から1608年から1925年迄を、比較的頻度の大きな期間及び小なる期間について四期間に分けた場合、黒點數の知れている1749年以後とそれ以前との二期間に分けた場合及び全期間を通じての場合と種々の場合に就き統計を取つた。その結果は Table I に表はされた如くなる。

Table I.

Age	Interval in years	A	B	C
1608-1700	93	47%	34%	19%
1701-1795	95	29	44	27
1796-1886	91	32	40	28
1887-1925	39	14	34	52
1608-1747	140	43	34	23
1748-1925	178	25	42	33
1608-1925	318	33	39	28

A...Percentage of earthquake frequency in the vicinity of sunspot maximum.
 B... " " " " " " " " " " minimum.
 C... " " " " " " " " " " intermediate part of the sunspot cycle.

2) 内側と外側の中間の本州内陸に存在する地震帯を一括して便宜上ここでは中部地震帯と名づけた。これらの地震帯に就ては大森、今村兩博士の御調査がある。

大森房吉 震災豫防調査會報告 第六十八號 (乙)

今村明恒 震災豫防調査會報告 第五十三號、第七十號、第七十七號、第九十二號、第九十五號

3) 大森房吉 震災豫防調査會報告 第五十四號、第八十八號 (乙)

表に於て A は黒點極大の近くに地震の起る%を、B は黒點極小の近くに地震の起る%を、C は黒點の極大極小の中間に地震の起る%を表はす。四期間に分けた場合では、第一、の期間では最大の%は黒點極大の近くにあり、第二、第三の期間では極小の近くに移る。第四の期間では極大極小の中間の方に移つてゐる。尤も第四の期間は統計年數が短かく、従つて%の數値も左程信用の置けるものではない。二期間に分けた場合でも同じ様な傾向が見へる。即ち黒點との關係は何時も同一に規則正しくはなつてゐない。時とともに變つてゐる。又全期間の場合では、極大極小の方は%は殆ど等しく、中間の方はこれに較べて小さく小さき値を示す。推測を許すならば、ある年代では黒點極大の近くに地震が多く起り、次の年代では逆に黒點極小の近くに多く起り、その次の年代には極大極小の中間に多く起ると云ふが如き輪廻的の變化をなすとも言はれるかも知れないが、假りにその様なことが存在するとしても 300 年位の統計では決して斷言出來ない。第一表だけの結果からは、太陽黒點と地震とは全國的に見る時は著しい關係は存在しないと云ふ方が寧ろ至當であると思ふ。次に各地震帶別に調べて見た。

(2) 各地震帶に就ての統計——内側、外側、中部の各地震帶について別々に統計した結果は次の如くなる。Table II, III, IV は夫々内側、中部、外側の統計の結果を表はす。

Table II.

Age	Interval in years	A	B	C
1608-1700	93	82%	18%	0%
1701-1795	95	49	45	6
1796-1886	91	54	35	11
1887-1925	39	28	28	44
1608-1747	140	72	24	4
1748-1925	178	42	38	20
1608-1925	318	54	32	14

Table III.

Age	Interval in years	A	B	C
1608-1700	93	54%	39%	7%
1701-1795	95	0	14	86
1796-1886	91	41	17	42
1887-1925	39	6	36	58
1608-1747	140	38	35	27
1748-1925	178	28	25	47
1608-1925	318	32	29	39

Table IV.

Age	Interval in years	A	B	C
1608-1700	93	22%	42%	36%
1701-1795	95	23	59	18
1796-1886	91	0	68	32
1887-1925	39	0	41	59
1608-1747	140	25	43	32
1748-1925	178	0	64	36
1608-1925	318	13	53	34

内側、中部、外側の地震帯なるものに判然たる境界があるわけではない、従つていづれの地震帯に屬せしむべきか決定に困難な地震も多少はあるが、その爲めに結論を誤る様なことはないと信ずる。

内側地震帯 (Table II) に就て考ふれば、全期間の統計では A が最大で、二期間に分けた場合では何れの期間に於ても A が最大で、更に四期

間に分けた場合では、最大の%は A, A, A, C の順序である。四期間に分けた場合は各期間の年数が短かく、又地震回数も少いから（特に最後の期間の 1887-1925 年はそうである）A, B, C 等の%の数値も fluctuation が大きくなり、従つてそれらの数値の持つ物理的の意味も薄いわけである。二期間に分けた場合の方が、それらの数値の持つ物理的の意味も大なりと考へることが出来るから、大勢がら察すれば A が常に最大なりと言つて差支へないであらう。換言すれば内側地震帯では黒點極大の頃により多く地震が起ると云ふことが出来る。Table II から年代を横軸に、A B C 等の値を縦軸にとつて圖に表はしたのが、Fig. 2 の (a) である。

中部地震帯 (Table III) に就て考ふれば、全期間の統計では A, B 共に殆ど等しく 30% で、二期間に分けた場合では、最初の期間では A が最大で次の期間では C が最大となつている。又四期間に分けた場合では最大の%は A, C, C, C の順序になつている。即ち或る時代には黒點極大の近くに地震が多く起り、他の時代には極大極小の中間の頃に多く地震が起ると云ふ状態で、常に規則正しさが保たれていない。故に中部地震帯に起る地震と黒點との間には相關はないと云ふことになる。Table III から年代を横軸に、A B C 等の数値を縦軸にとつて圖に表はしたのが Fig. 2 の (b) である。

外測地震帯 (Table IV) に就て考ふれば、これは内側地震帯に就ての場合と同様の考察によりて、外側ではいつも黒點極小の近傍に地震が多く起るといふ結果になる。前と同様に圖に表はしたのが、Fig. 2 の (c) である。

(1) に於て全國に就き統計をとつた際に黒點の消長と何等著しい關係を認める事が出来なかつたのは、實は見掛けの上のことで各地震帯に分けて考へることによつて黒點と地震活動との間の關係を知ることが出来たのである。Table I, II, III の何れに於ても表はれてゐることであるが、C 即ち極大極小の中間に地震の起る%が 1700 年頃から徐々に増加している。これも 300 年間位の統計ではどうなるか全く知ることが出来ないが、これはどの地震帯でも略ぼ共通に表はれてゐることであるから内側と外側とにつき上に得られた結果には大した影響はない。内側に於ては黒點極大の時に地震が多く起り、外側では極小の時に多く起るとい

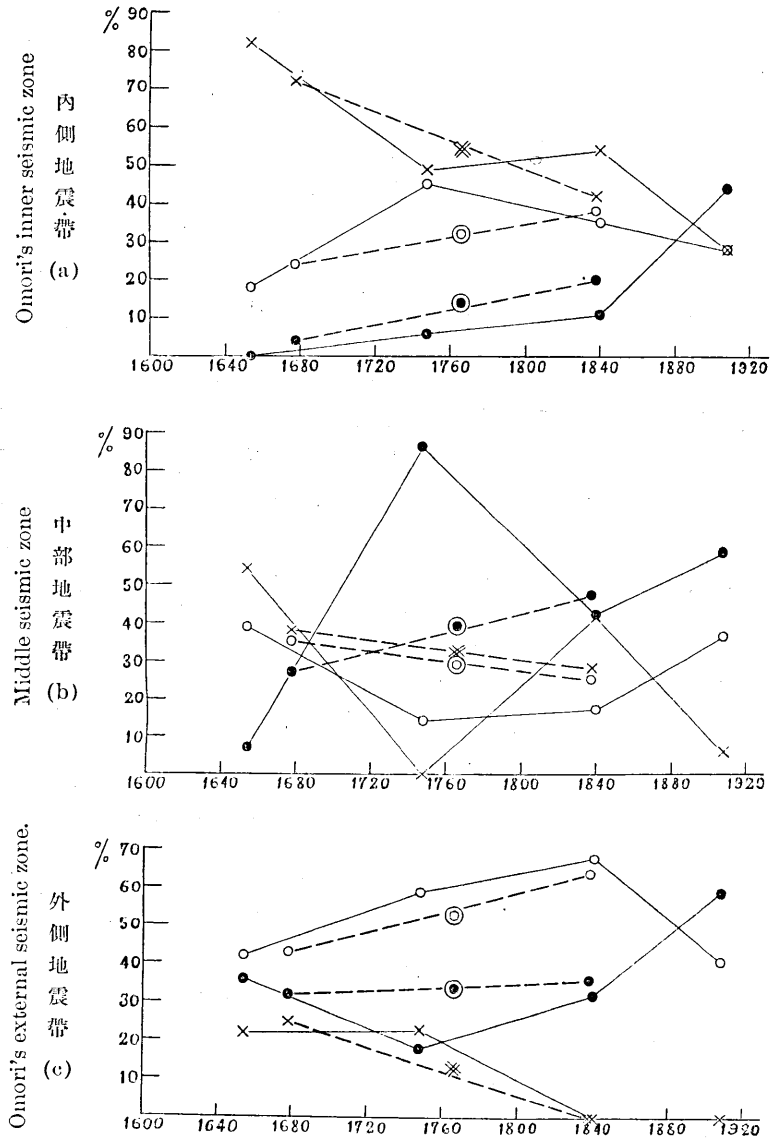


Fig. 2. (a. b. c.)

× shows A. 太陽黒點極大の近傍に地震のおこる百分率 復號：全期間の場合
 ○ " B. 太陽黒點極小の近傍に地震のおこる百分率 實線：四期間に分けた場合
 ● " C. 太陽黒點極大と極小との中間に地震のおこる百分率 點線：二期間に分けた場合

The double symbols express the % in the whole period.

The full line expresses the % when the whole interval is divided into 4.

The broken line expresses the % when the whole interval is divided into 2.

ふ結果は、黒點極大の時には高氣壓帯が高緯度に移動し極小の時には低緯度に移動するといふ事實との間の何等かの關係を暗示するのではないかと思はれる。併しこれは唯注意するに留めておく。

II. 大地震の時間的分布

大地震の時間的分布に於て週期とも稱すべきものが存在するや否やの問題に就ては、夙に大森博士⁴⁾の研究せられた所で、同博士は六世紀頃からの我が國に起りたる大地震の時分布より 200 年程の週期の存在するらしきことを認められ、又江戸の地震回数につきて平均 34 年の週期が存在する様であると述べられてある。著者はここに用ひたる地震の表から、大地震に就き頻度の時間的分布を調べて見た。time-interval の單位を 20 年、23 年、25 年等と採り、又 1570 年以後は材料がそれ以前よりも増加しているので、間隔の單位を 10 年に採つたのも調べて見た。地震回数が少ない故に内側、中部、外側の地震帯に分けずに全國につき地震回数を算へた。Fig. 3 は 60 年間毎の地震回数を表はしたのである。

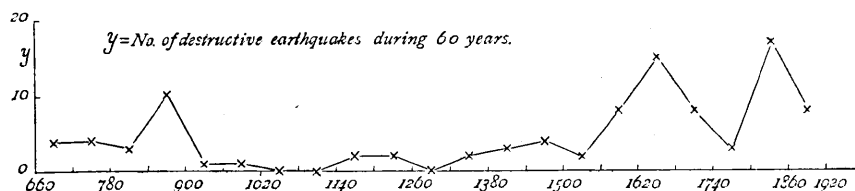


Fig. 3.

現在に近づくに従ひ地震回数が徐々に増加してあるのは、地震記録が段々と豊富になつて來たと考へることが出来る。この様な圖から cycle 又は見掛けの週期とも云ふべきもの即ち頻度の極大から次の極大まで、及び極小から次の極小までの時間を測りその平均を以つて cycle としたのである。Table V に於て第三行及び第五行は cycle を表はし、第四行及び第六行に考へた time-interval とその cycle との比を記した。

4) 大森房吉 震災豫防調査會報告 第二十六號、第五十七號、第六十八號 (乙)

Table V.

time interval taken	No. of Cycles	Cycle (max.-max.)	Cycle/time interval	Cycle (min.-min.)	Cycle/time interval
20 years	14	81 years	4.0	81 years	4.0
23	12	97	4.2	97	4.2
25	11, 12	103	4.1	97	3.9
40	7	154	3.8	149	3.7
46	5	184	4.0	202	4.4
50	5	200	4.0	190	3.8
60	4	240	4.0	240	4.0
10	9	34	3.4	33	3.3

寺田博士⁵⁾によれば、各 interval に起る事柄が全く他に独立の場合は、見掛けの週期として採つた間隔の約3倍餘のものが表はれ、連続的に起る事柄では4倍位のものが表はれると云ふことであるが、Table V から見れば殆どその通りになつている。週期又は cycle に就いてのこの判定法を以つてすれば、地震の頻度には週期又は cycle は上にとつた週期の範圍では殆どない様に思はれる。⁶⁾

終りに臨み此等の問題の調査中常に懇篤なる御指導と御教示とを賜はりし藤原先生に對し深く感謝の意を表する次第なり。

(附 記)

週期又は cycle として得られたものが、全く偶然的のものであるか或いは意味あるものであるかを見る一方法として寺田博士は次の様なことを御注意せられた。cycle として得られた各の値を n とし、その平均を ν とし、これが見掛けの週期に近い時に、若し cycle の各の値 n が ν の近くに normal distribution をなすならば、 $\overline{(n-\nu)^2} = 1/\nu$ なる關係式が成立する故に、 $\overline{(n-\nu)^2}$ (obs.) と $1/\nu$ (cal.) とが大體一致する場合は、全く偶然的のものであり、然らざれば、或る物理的の意味あるものと考へ得られるであらうと云ふことである。これの計算の結果は次の Table VI の通りである。

5) 寺田寅彦 東京數學物理學會記事 8 (1916), 492.

6) 附記参照

Table VI.

Cycle (max.-max.)	$\overline{n-v/v^2}$ (bos.)	$1/v$ (cal.)	Cycle (min.-min.)	$\overline{n-v/v^2}$ (obs.)	$1/v$ (cal.)
76	0.35	0.01	76	0.15	0.01
97	0.3	0.01	97	0.11	0.01
94	0.2	0.01	90	0.1	0.01
154	0.22	0.006	149	0.28	0.007
184	0.17	0.005	202	0.14	0.005
200	0.15	0.005	190	0.12	0.005
240	0.07	0.004	240	0.008	0.004
34	0.13	0.03	33	0.29	0.03

Table VI より知れる通り $\overline{n-v/v^2}$ は $1/v$ より著しく大である。即ち各の n は v の近くに normal distribution をして居ない。現在の所 data の数が僅少で充分にこの判定法を實行出来ないのは遺憾である。

15. *On the Relation between the Sunspot Number and the Destructive Earthquakes in Japan.*

By **Takeo TAKAYAMA**,
Earthquake Research Institute,
and
Takeo SUZUKI,
Seismological Institute.

The present investigation is a statistical study on the relation between the sunspot activity and the destructive earthquakes in Japan (Formosa excluded) for 318 years from 1608 to 1925 (Fig. 1). The method of this investigation is that, the number of destructive earthquakes which occurred for three years containing the year of sunspot maximum or minimum and the same in the other years, have been counted and reduced to the frequency in an equal duration, which at last were represented by the percentage frequency. Similarly, we calculated the earthquake percentage for five years of sunspot maximum or minimum

The values of percentage in Table I-IV in the text are the mean value of these two cases. We took statistics, dividing the whole time interval into two or four and also the space into three zones i.e., Omori's inner (Japan Sea side) and external (Pacific side) seismic zones and the inland zone of earthquakes which is aggregate of several local seismic zones between above two. The result obtained is summarized as follows;

1. We can not find any remarkable relation when we take statistics over the whole Japanese area. (Table I)

2. When, however, the three seismic zones are considered separately, there exist remarkable relations, that is, (i) in the inner seismic zone the earthquake occurs more frequently in the vicinity of the sunspot maximum (Fig. 2a), (ii) in the external seismic zone, on the contrary the earthquake occurs more frequently in the vicinity of the sunspot minimum (Fig. 2c), (iii) in the inland or middle seismic zone the relation is not remarkable (Fig. 2b). These facts suggest us some possible relation in connection with the shift of the zone of the atmospheric high pressure.

3. On the cyclicity of the destructive earthquakes in Japan for from 660 to 1925, the curves of fluctuation of the seismic frequency have been constructed by taking various time intervals as unit of time in which the frequency is counted.

Each curve showed the apparent cyclic nature with its own period, which is found to be 3 or 4 times as long as the assumed unit interval as shown in Table V. This clearly shows us that the apparent periodicity is not the real one but is subjected to the accidental phenomena completely investigated by Professor T. Terada.

In conclusion, the authors wish to express their most sincere thanks to Professor S. Fujiwhara for his kind guidance.