論文 Memoirs

關東地方大地震の餘震研究(熊谷にて)

平 野 烈 介

An Investigation in After Shocks felt at Kumagai accompanying the
Great Kwanto Earthquake of September 1st, 1923.

by Retkai HIRANO.

大正十二年九月大震後本年一月末迄に、熊谷に於て、30 倍の微動計に現れたる地震の内、P 相繼續時間 30 秒未滿の者、即ち震源距離二度以内の者を、雜と皆餘震と見做せば 1689 回にして、之を日別に表掲せば、別表の熊谷餘震調査表中 X (九月一日よりの通日數) 及 Y (發震回數) の如し。但し日界は大震起時の正午を以てし、一日正午より二日正午迄を一日と名づけた。Y の九月一日分六百三回は其中に 270 回の推定補加數を含有す。此日は強震頻々として其大なる餘動間斷無かりしため、儀器の小震記象を妨げ、直接驗出の回數は、12—16 時迄に 55 回、16—20 時.....94 回、20—24 時.....67 回、0—4 時.....44 回、4—8 時 .. 42 回、8—12 時.....31 回、全日合計.....333 回の不自然少數なり。然れども實際の感じ、器械看視上の手ごたへ、並に記象紙上の發現配布概觀より推定するに、12—16 時には毎分一回以上 (約 260 回)、16—20 時には二分毎に一回以上 (約 130 回)、20—24 時には約三分毎に一回 (80)、0—4 時には約四分毎に一回 (60) は有りたりとする方實狀に相應はしく、四時以後は大體記象紙上の數と實狀と一致するが如し。而して此の目の子算當を用ふれば、四時の以前と以後の特別回數を連續的減少に導き得て甚だ都合よし。

次に、X, Y の對數關係は概略直線を以て表し得べきに付き、 $\log X$ と $\log Y$ を夫々前十日間平均すれば、表に掲ぐる $\log x$ と $\log y$ を得べし、而して x を日附に換算せしものを d とすれば、 $\log y$ は、 d 日を中央とする十日間の平均にして、従つて $\log y$ の眞數は、餘震回數の逐日變化を非常に滑らかしたるものとなる。但し茲では、其逐日變化の趨勢を、大森博士の如く、

$$y = \frac{k}{x+h} \dots\dots(y \text{ は回数, } x \text{ は日だち})$$

とせずして、

$$y = \frac{b}{(x+a)^c} \dots\dots\dots (1)$$

と考へたるなり。而して (1) 式の常數を、

$$a=0.0, \quad b=603, \quad c=1.6$$

とすれば、九月十九日迄は、推算と實際は日々少しも違はず経過せり。然るに十九日以後は頗る其趨向を革め、日だちの數 x に對し、回数 y が著しく過多を示し、(1) 式の常數を次の如く改むる必要を生ぜり。斯の如きは xy を XY に置換ふるも同様也。

$$a=4.0, \quad b=60, \quad c=0.8$$

斯く改むるも、唯之れ長期間の平均漸減傾向のみしか律する能はず、短期に關しては誤差甚だ大にして、到底簡單なる範式に當てはむる能はず。されど茲に注目すべきは、其誤差が決して不連續的のものに非ざる事なり。即ち表中の $\log y$ の値を追跡し見るに、肉太活字にて示したる如く

d の	IX. 1.0	IX. 21.0	X. 11.5	XI. 2.0	XI. 18.5	XII. 5.5	XII. 26.0	I. 14.5	即ち
x の	1.0	21.0	41.5	63.0	79.5	96.5	117.0	136.5	日目

をマキシムムとして漸昇降せるを見る。之は勿論 $\log y$ が前後十日の平均なるが故なれど、單に回数だけの増減ならば大抵十日間も平均すれば非常に滑かされてマキシムムなどは殆んど消滅すべき筈なり。然るに此場合は可成り顯著に残り居るは、此日附前後に於て、大震直屬の餘震とのみ斷ずべからざる者にして間接餘震又は誘發地震とも稱すべき顯著地震起りて夫れに伴ふ餘震の或數が此マキシムム中に伏在せるものと思はる。果して然らば第一回のマキシムムの親玉たる顯著地震は、大震のため新に生じたる歪力蓄積が起震力の重要素となり居り、其無理の徐々の戻りに要する期間は、大震と第一回誘發震との間隔日數に比例せざるべからず。而して其誘發が一度に行はれずとせば、無理の戻りが或程度に達したる頃又第二回の誘發行はるべきなり。果して然らば前記マキシムムは週期的に現れざるべからず。

斯く想像して、マキシマム日の通日數 n の次番差を平均せしに 19.4 日を得、隔番差の平均を二分すれば 19.3 日を得、更に四番差の平均を四分すれば、18.9 日を得たり。即ち平均十九日二分の可成り正しき週期あるを見る。而して該 n 日附近には皆顯著地震を突發的に有し居るなり。表中 n の行に肉太文字を以てしたるは其日に顯著地震ありしを示す。

本表以外なれども、二月二日には下總北西部の顯著震を感じ、同三日には鹿島灘の強震を感じ。之は一月十四日（日界を零時とせば十五日）の強震より十九日目に當る。次で又本稿に着手中二月二十二日にも下總北西部の顯著震を感じ。之亦十九日目に當り、夫等著發の間は甚だ静かなりき。

乃ち之にて毎十九日目の著發週期を十回繰返せり。固より此週期は永續すべき性質のものとは思はざれど、あまり執拗く十九日を墨守し居るを見て可笑しくなりたり。偶然事象として捨置き難し。學者の解案を待つまでに、觀測者としての輕き愚判を下し見度し。思ふに九月大震の變動ありたるため、其歪力發動の超過勢力が他の古斷層等の弱所を刺激して顯著震を誘發すべし。然るとき其誘發震源は大震のために無理を感じ始めしより發動までの時間と略等しき時間を費やして其能力を他に拂出すべし。之を受くる他の弱所は夫れと等時間後に無理が極點に達すべし。而して其無理に堪え得ざる弱所が其時發動すべし。之等の受拂に要する時間が 19 日に相當するにあらざるか。而して其受拂ひを取扱ひたる弱所の主要なる地方を、餘震々源の分布より察すれば、次の如しと認めざるを得ず。

(1) 甲斐東部	(2) 相州及其沿海	(3) 相模灘
(4) 上總北東部	(5) 下總北西部	(6) 房總常州沖

此内 (3) と (6) は、熊谷に取りて餘程遠きが故、こゝに起りし地震は、餘程大なる者も甚だ緩弱となりて顯著ならず、微震は勿論儀器にも感ぜず。

結局熊谷の餘震 1689 回の主成分は、(1) (2) (4) (5) に起りしものなり。此内 P 相の繼續時間を測り得ざりしもの 691 回あるも、内四百餘回は、M の振幅 20 ミクロン以内、週期 0.7 秒内外、極近地にもあらず又 100 キロを大きく超ゆるものにもあらず極小微動にして、P 相秒數は 5—15 ならんと推定さるゝものなり。

此外に初動時間 0 秒又は三・四秒の微小急動 108 回あり。武藏北部又は熊谷の直下に起りしものならん。以上の如きを除外したる殘部 900 回に就て P 相の秒別回數を表示せば次の如し。

P 相秒數	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20—29.9
觀測回數	19	44	39	93	106	83	128	66	91	69	41	34	19	12	10	46

即ち 11—11.9 秒 ($\Delta=85$ キロ内外) の者最も多く、9—9.9 秒 ($\Delta=90$ キロ内外) の者少いで多し。表には略したるも十月以後には 8 秒の者最多なり。

以上に依り震源の深さは斟酌して考ふるに、10—13.9 秒の者は前記主要弱所の (1) (2) に屬せしめ得べく、9—9.9 秒は (1) と (5) とに分屬せしめ得べく、9 秒以下の者は主として (5) に屬すべく。14—16.9 秒の者は (3) の此部と (4) に分屬し、17 秒以上は皆 (3) と (6) に屬せしめ得べし。然るとき地方別の觀測回數百分率は次の如く概算し得べし。

- (A) 甲斐東部と相州及其沿海..... 47 %
- (B) 下總北西部..... 28 %
- (C) 上總北東部..... 8 %
- (D) 相模灘及房總常州沖..... 17 %

部域の割に過少甚しきは (D) の海中なり。之れ遠き爲めとのみ云ひ能はず。震力受拂弱所としての資格低きためにあらざるか。而して、前記 (1) (2) (3) は連ねて一帯と見做し得べく、(4) (5) も連ねて一帯と見做し得べし。然るとき、19 日週期の顯著突發は此兩帶の呼應的掛合ひならんかとも想像さる。斯く想像する心裡には、關東大地震の「源」は相模灘にも甲相州にもあらず兩總州にもあらず、又一局部の團塊にもあらずして、何等根幹無き關聯部署より成る關東全部の地殻のカラクリに在りとの考へ潛み居る事勿論なり。此カラクリに口火を切るクリチカルポイントは各所に在るべきを以て何れより切始むるも相呼應すべし。之れ顯著餘震の週期には非ざるか。

以上は呼應場所とか餘震々度とかを考入したるとき得たるものなるが、次に之等を慮外に置き、カラクリ活動の總和として單に回數の増減狀態を、前の前く十

日平均を用ひずして、日々に重きを置きて觀察せしが又茲に頗る面白き現象を見出した。

即ち先づ九月一日以後毎日回数の漸減を (1) 式即ち、 $603/(X+0)^{1.6}=Y$ を以て律し得るものとし此式より算出したる Y の値を η とし、 $Y-\eta=n_0$ とし η 及び $Y-\eta$ の毎日の値を「熊谷餘震調査表」に掲ぐ。同表中の「 n 」は次の式より出でしものにて、名づければ増發數の平滑値とも云ふべし。

$$n=(6n_0+4n_{-1}+4n_{+1}+n_{-2}+n_{+2})/16$$

こゝに n_{-1} は前日の $n_0, \dots, n_{+2}$ は翌々日の n_0

n の連日變化を表に就て追跡すべし。然るとき餘震回數は、或期日毎に特別著しき異常増加を示し其期日に於て甚だ著明なるマキシマムを顯すことは表中の肉太文字によりても知り得べし。即ち此のマキシマムを頻發期日と名づけ記號を M とすれば M の番號と日附及び X との關係次の如し。

M の番號	1	2	3	4	5	6	7	8
日 附	5,IX	9,IX	16,IX	26,IX	12,X	2.5XI	3,XII	15,I
通 日 (X)	5	9	16	26	42	63.5	94	137

今 M の番號を m とすれば、 X と m との間に次の式が成立つ如し。

$$X=1+\left(\frac{m+5}{4.416}\right)^{\frac{1}{0.22}} \dots\dots\dots (2)$$

本式を用ひ一番より十番までの M の日附を推算して實際と比較せば次の如し。

M 番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
實現日	5IX	9IX	16IX	26IX	12X	2.5XI	3XII	15I	未知	未知
推算日	5.0	9.1	15.9	26.5	42.1	63.4	93.1	144	8.6III	175.5V
差	0.0	0.1	0.1	0.5	0.1	0.9	0.1	0.6		
推算 X	5.03	9.12	15.90	26.45	42.18	64.36	95.09	136.38	190.57	260.48

即ち異常頻發には整然たる定期ありしなり。(2) 式に依る推算日と實現日との差は殆んど無し。自ら怪まざるを得ず。而して一月十五日の強震が前記十九日二

分の週期日と此の頻發期日とピタリ合致せし日なる事も不思議なり。

次に注目すべきは、九月大震の餘震曲線が大森博士の等速雙曲線式に添はずして九月十九日までは (1) 式の對數雙曲線に添ひし事なり。十九日以後は又之に添はずなりしも之は呼應的誘發震のためと見做し若し誘發現象無かりせば (1) 式の儘に急減して、大正十二年九月大震の滿一年目には毎日 0.048 回の割、滿二年目には一日 0.016 回滿三年目には毎日 0.008 回の割で殆んど三年目に消滅して了ふが如し。之を濃尾地震などに比すれば實に雲泥の差なり。之に依て考ふれば、此大震の歪力蓄積期間は案外甚だ短かかりしには非ざるかと思はる。果して然らば本大震の因は兎も角として其縁は、潜火山とか、液狀層突起の移動とか、或は又移動性を有する地殻不連續線の襲來とかの如く著しく他働性を帯びたるものに非ざるか、されど勿論之非學者の空想にして茲に附記すべき性質のものにあらざるやも知らず。(大正十三年二月廿五日熊谷測候所にて)

熊谷餘震調査表

Frequency of after shocks felt at Kumagai.

X=date, Y=frequency

X	Y	logx	logy	d	η	$Y-\eta$	n	X	Y	logx	logy	d	η	$Y-\eta$	n
1, IX	603	0.00	2.78	1.0	602.6	0.4	0.1	32	1	1.44	0.69	27	2.3	-1.3	1.1
2	193	0.15	2.54	1.4	199.5	-1.5	0.4	33	5	1.45	0.76	28	2.2	-2.8	1.0
3	108	0.26	2.37	1.8	102.8	-5.2	0.5	34	2	1.47	0.67	29	2.2	-0.2	1.2
4	59	0.35	2.22	2.2	66.1	-7.1	1.5	35	4	1.48	0.66	30	2.1	1.9	1.3
5	56	0.42	2.13	2.6	45.7	-10.3	3.6	36	4	1.50	0.61	1, X	1.9	2.1	1.1
6	39	0.48	2.04	3.0	33.9	-5.1	3.5	37	1	1.51	0.54	2	1.9	-0.9	1.3
7	24	0.53	1.94	3.4	26.3	-2.3	1.7	38	4	1.52	0.50	3	1.8	2.2	2.7
8	21	0.58	1.86	3.8	21.9	-0.9	2.7	39	9	1.54	0.52	4	1.7	7.3	4.3
9	30	0.62	1.82	4.2	18.2	-11.8	5.3	40	5	1.55	0.51	5	1.7	3.3	5.0
10	20	0.66	1.77	4.6	15.1	-4.9	4.4	41	6	1.56	0.51	6	1.6	4.4	6.0
11	13	0.76	1.60	6	13.1	-0.0	0.6	42	13	1.57	0.62	7	1.5	11.5	6.7
12	6	0.84	1.45	7	11.3	-5.3	-2.1	43	4	1.58	0.61	8	1.5	2.5	6.1
13	9	0.90	1.34	8	10.1	-1.1	-2.1	44	8	1.59	0.67	9	1.4	6.6	5.3
14	7	0.96	1.25	9	8.7	-1.7	-0.6	45	6	1.61	0.69	10	1.4	4.6	4.9
15	9	1.00	1.17	10	7.8	1.2	1.2	46	6	1.62	0.71	11	1.3	4.7	4.0
16	12	1.05	1.12	11	7.3	4.8	2.1	47	4	1.63	0.77	12	1.3	2.7	2.5
17	6	1.08	1.06	12	6.8	-0.5	2.0	48	1	1.64	0.71	13	1.2	-0.2	1.2
18	9	1.12	1.02	13	5.8	3.2	2.0	49	2	1.65	0.65	14	1.3	0.8	1.1
19	7	1.15	0.96	14	5.4	1.6	2.3	50	3	1.66	0.63	15	1.2	1.9	2.3
20	8	1.18	0.92	15	5.0	3.0	2.3	51	5	1.67	0.62	16	1.1	3.9	3.5
21	7	1.21	0.89	16	4.7	2.3	1.5	52	6	1.68	0.58	17	1.1	4.9	4.1
22	4	1.24	0.88	17	4.3	-0.3	0.6	53	5	1.68	0.59	18	1.1	3.9	3.7
23	1	1.26	0.78	18	4.0	-3.0	1.6	54	4	1.69	0.56	19	1.0	3.0	2.7
24	14	1.29	0.81	19	3.7	10.3	4.2	55	2	1.70	0.51	20	1.0	1.0	1.6
25	5	1.31	0.79	20	3.5	1.5	6.0	56	1	1.71	0.44	21	1.0	0.0	1.3
26	15	1.33	0.80	21	3.3	11.7	6.4	57	4	1.72	0.44	22	0.9	3.1	1.6
27	5	1.35	0.79	22	3.1	1.9	5.6	58	2	1.73	0.47	23	0.9	1.1	1.9
28	10	1.37	0.79	23	2.9	7.1	4.5	59	3	1.74	0.48	24	0.9	2.1	2.0
29	4	1.39	0.77	24	2.8	1.2	3.6	60	3	1.74	0.48	25	0.9	2.2	2.6
30	7	1.40	0.76	25	2.6	4.4	2.9	61	4	1.75	0.47	26	0.8	3.2	3.7
1, X	5	1.42	0.75	26	2.5	2.5	2.0	1, XI	6	1.76	0.48	27	0.8	5.2	5.5

X	Y	logx	logy	d	η	Y- η	n	X	Y	logx	logy	d	η	Y- η	n
63	9	1.77	0.51	28	0.8	8.2	7.0	109	2	2.02	0.17	13	0.3	1.7	1.2
64	9	1.78	0.54	29	0.8	8.2	7.0	110	2	2.02	0.15	14	0.3	1.7	1.0
65	6	1.78	0.59	30	0.8	5.2	5.4	111	0	2.03	0.15	15	0.3	-0.3	0.5
66	4	1.79	0.65	31	0.7	3.3	3.3	112	0	2.03	0.12	16	0.3	-0.3	0.5
67	1	1.80	0.59	1, XI	0.7	0.3	2.4	113	2	2.04	0.12	17	0.3	1.7	1.4
68	4	1.80	0.62	2	0.7	3.3	3.0	114	3	2.04	0.17	18	0.3	2.7	2.1
69	6	1.81	0.65	3	0.7	5.3	3.5	115	3	2.05	0.19	19	0.3	2.7	1.8
70	3	1.82	0.65	4	0.7	2.3	2.5	116	0	2.05	0.19	20	0.3	-0.3	1.2
71	1	1.82	0.59	5	0.7	0.3	0.9	117	1	2.05	0.19	21	0.3	0.7	1.3
72	0	1.83	0.51	6	0.6	-0.6	0.2	118	4	2.06	0.25	22	0.3	3.7	1.7
73	1	1.84	0.42	7	0.6	0.4	0.4	119	0	2.06	0.22	23	0.3	-0.3	1.9
74	2	1.84	0.35	8	0.6	1.4	0.8	120	3	2.06	0.23	24	0.3	2.7	2.5
75	1	1.85	0.28	9	0.6	0.4	0.9	121	5	2.07	0.30	25	0.3	4.7	3.0
76	2	1.85	0.25	10	0.6	1.4	1.0	122	2	2.07	0.33	26	0.3	1.7	2.5
77	1	1.86	0.25	11	0.6	0.4	1.3	1, I	2	2.07	0.33	27	0.3	1.7	1.8
78	3	1.87	0.23	12	0.6	2.4	1.5	124	1	2.08	0.29	28	0.3	0.7	1.5
79	2	1.87	0.19	13	0.6	1.5	1.2	125	3	2.08	0.29	29	0.3	2.7	1.4
80	0	1.88	0.14	14	0.6	-0.6	0.9	126	0	2.08	0.29	30	0.3	-0.3	1.2
81	2	1.88	0.17	15	0.5	1.5	1.2	127	2	2.09	0.32	31	0.3	1.7	1.4
82	3	1.89	0.22	16	0.5	2.5	1.6	128	2	2.09	0.29	1, I	0.3	1.8	1.9
83	2	1.89	0.25	17	0.5	1.5	1.2	129	3	2.09	0.33	2	0.3	2.8	2.2
84	0	1.90	0.22	18	0.5	-0.5	0.5	130	2	2.10	0.32	3	0.3	1.8	2.4
85	1	1.91	0.22	19	0.5	0.5	0.1	131	3	2.10	0.29	4	0.2	2.8	2.7
86	0	1.91	0.19	20	0.5	-0.5	0.1	132	3	2.10	0.31	5	0.2	2.8	3.1
87	1	1.92	0.19	21	0.5	0.5	0.3	133	5	2.11	0.35	6	0.2	4.8	2.8
88	1	1.92	0.14	22	0.5	0.5	0.5	134	0	2.11	0.35	7	0.2	-0.2	3.2
89	1	1.93	0.11	23	0.5	0.5	0.5	135	2	2.11	0.33	8	0.2	1.8	7.6
90	1	1.93	0.11	24	0.5	0.5	0.5	136	22	2.11	0.47	9	0.2	21.8	13.3
91	1	1.94	0.08	25	0.4	0.6	1.0	137	19	2.12	0.57	10	0.2	18.8	13.4
1, XII	1	1.94	0.03	26	0.4	0.6	2.6	138	5	2.12	0.61	11	0.2	4.8	8.5
93	7	1.95	0.06	27	0.4	6.6	4.8	139	4	2.12	0.62	12	0.2	3.8	4.0
94	8	1.95	0.18	28	0.4	7.6	5.3	140	0	2.13	0.59	13	0.2	-0.2	2.3
95	3	1.96	0.22	29	0.4	2.6	3.5	141	4	2.13	0.60	14	0.2	3.8	2.5
96	1	1.96	0.22	30	0.4	0.6	1.4	142	3	2.13	0.60	15	0.2	2.8	2.5
97	0	1.97	0.22	1, XII	0.4	-0.4	0.7	143	2	2.14	0.56	16	0.2	1.8	2.1
98	2	1.97	0.25	2	0.4	1.6	0.9	144	1	2.14	0.56	17	0.2	0.8	2.0
99	1	1.98	0.25	3	0.4	0.6	1.3	145	4	2.14	0.59	18	0.2	3.8	2.3
100	3	1.98	0.30	4	0.4	2.6	1.5	146	2	2.14	0.49	19	0.2	1.8	2.5
101	1	1.98	0.30	5	0.4	0.6	1.5	147	1	2.15	0.36	20	0.2	0.8	3.4
102	2	1.99	0.33	6	0.4	1.6	1.3	148	9	2.15	0.38	21	0.2	8.8	4.1
103	2	1.99	0.28	7	0.4	1.6	1.1	149	2	2.15	0.35	22	0.2	1.8	3.1
104	0	2.00	0.19	8	0.4	-0.4	0.9	150	0	2.15	0.35	23	0.2	-0.2	2.8
105	2	2.00	0.17	9	0.4	1.7	0.8	151	3	2.16	0.34	24	0.2	2.8	2.4
106	1	2.01	0.17	10	0.3	0.7	0.6	152	5	2.16	0.36	25	0.2	4.8	
107	0	2.01	0.17	11	0.3	-0.3	0.5	153	0	2.16	0.33	26	0.2	-0.2	
108	1	2.02	0.14	12	0.3	0.7	0.8	1, II	...				0.2	...	

大震當日の積雲に就て

菊 地 常 武

On Cumulus clouds appeared on the days of the Great Earthquake.

by Tameake KIKUTI.

1. 緒言。大正十二年九月一日の烈震に依つて大火災と共に東京横濱の上空には美事な積雲が現出しました。當時立川飛行場から小田曹長小林上等兵が撮影した九枚の寫眞に據つて雲の高さを算出して見ました。