地震に關する二三の統計

松　本　政　次*

緒　言

地震發現の偶發性，持續性等に關しては以前より確率論に依る諸家の研究があるが，私はこれ等の中三通りの方法を選び，横濱測候所の資料を用ひて結果を確めた．始めに一ヶ月の有感覺地震回數分布を偶然の場合のポアツソンの式と比較し，次に地震から地震迄の時間を採り上げて，偶然の場合と對照し，最後に持續係數を用ひて地震の有無の續く回數を計算し，實測と比較して見た．

1.　一箇月の地震回數分布に就て

竹花氏[1]は本邦各地に於ける月別有感覺地震の統計から地震回數の少ない地では其分布狀態がポアツソンの式で表はされることを指摘される．即ち其思想は次の如くである．

N 個の事象があり，その中 n 個がアタリになる樣な實驗を繰返へし，夫々の n を $n_1, n_2, n_3, \cdots\cdots, n_k$ とする時，k を充分大きくとればこれらの平均は一定の値になる．之を ν とすると

$$\nu = pN$$

が成立つ．p はアタリの出る確率である．

N が非常に大きく p が極めて小さい場合には，n 個アタリの出る確率 $w(n)$ は次式で表はされる．

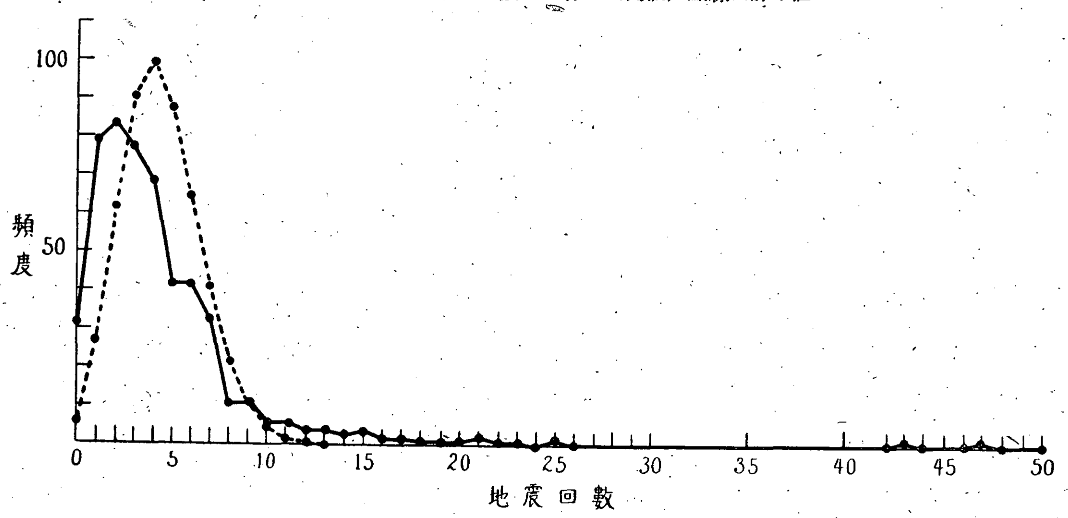
$$w(n) = \frac{e^{-\nu}\nu^n}{n!}$$

地表が全く偶然に起り，其の地に起り得べきものが充分多く，而も起る確率 p が小さい場合にはこの式が當てはまる筈である．次に横濱測候所の統計から ν を計算し（明治 33 年より昭和 15 年迄 44 年間の統計で，ν は一ヶ月の平均地震回數である．但し大正 12 年は關大震災のため後半の記錄がないから全部の月の數は 522 である），ポアッソンの式に入れて實測と比較して見ると第 1 圖の樣になり，可成り喰違ひが出來る．これは前述の條件が滿されない爲である．曲線を眺めると地震の發現が全く偶然に起るものではなく，群發性を有することが考へられる．即ち地震回數が 1 回とか 2 回とか云ふ平穩な狀態が起るとそこに執着し，發生の多い時には平均を超えた所に執着する傾向のあることである．これに就ては即に竹花氏も述べて居られる．

次に n が變る割合を考える．月別地震回數を次々配列した一系列に就て n が變る割合，即ち彷徨偏倚の速度は次の樣に定義される．

* 横濱測候所

第 1 圖　月別有感地震回數　實線は實測値，點線は計算値



$$\Delta_n = n_i - n_{i+1}$$

これを計算するために第1表を作つた.

第　1　表

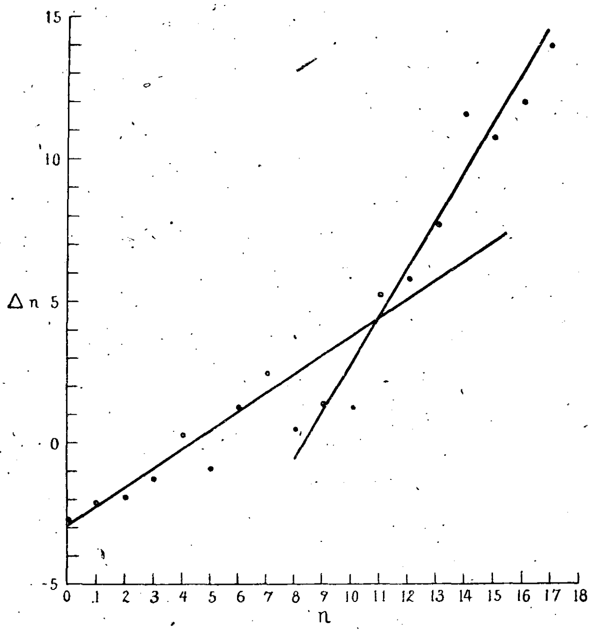
n_2 \ n_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	43	47
0	1	7	7	8	4	2		1					1															
1	8	20	17	8	13	4	3		1						2	1						1		1				
2	10	12	13	13	12	6	7	6	1		1	1					1				1					1		
3	5	17	12	8	8	7	5	8	1	2		1		1				2										
4	3	9	9	11	11	4	7	6	2			2	1	2		1				1								
5	1	4	7	8	6	2	7	4		1					1	1												
6	2	2	7	6	5	5	4	3	3	2	1						1											
7		3	5	5	7	3	2	2	1	1	1	1	1			1												
8			3	1		2	1	1		2	1																	
9				4	2	2	1	1		1																		
10	1	1		2		1					1			1														
11			1				2	1			1																1	
12						2																	1					
13		1						1		1												1						
14		1										1	1															
15			3	1																								
16		1								1																		
17				1			1																					
18											1																	
19					1																							
20				1																								
21								1																				1
22								1																				
23						1																						
24																												
25			1																									
43						1																						
47																												

表は横の n_1 に對し縦の n_2 が續いた回數を拾つたものである．表を用ひて Δ_n の平均を求めて圖示すると第 2 圖の樣になり，n が平均 ν から離れる程速度が大きく，夫等の間には次の樣な關係がある．

$$\Delta_n = P(n-\nu)$$

玆に P は始めにアタリだつたものが次の實驗ではハズレになる樣な確率を示す．即ち履歴效果の程度を表はす數で，履歴效果の全くない場合には $P=1$ となり，他の場合には $P<1$ となる．Δ_n と n の圖は直線となり，之が n 軸となす角は前者では 45 度となり，後者では 45 度以下となるべきである．第 2 圖について見ると Δ_n が 8 附近で不連續になり直線が 2 本引ける．8 以上のものは理論的に考へた範圍外に速度の變化が大きいことになる．又回數も少ないので n が 7 以下の場合について最小二乘法により直線を決定し，P を求めた所 0.657 と云ふ尤もらしい値が得られた．これに依れば n が 7 以下と云ふ樣な比較的平常な場合には理論的に考へたものとよく一致し，履歴效果のあることが認められる．この P を用ひ Δ_n を計算し，實測によるものと比較して見ると次の樣になり可成り近い．

第 2 圖



n	(觀測) Δ_n	(計算) Δ_n	n	(觀測) Δ_n	(計算) Δ_n	n	(觀測) Δ_n	(計算) Δ_n	n	(觀測) Δ_n	(計算) Δ_n
0	− 2.65	− 2.90	5	− 0.91	+ 0.40	10	+ 1.28	—	15	+10.75	—
1	− 2.04	− 2.24	6	+ 1.28	+ 1.06	11	+ 5.33	—	16	+12.00	—
2	− 1.90	− 1.58	7	+ 2.50	+ 1.72	12	+ 5.75	—	17	+14.00	—
3	− 1.27	− 0.92	8	+ 0.50	—	13	+ 7.75	—			
4	+ 0.36	− 0.26	9	+ 1.36	—	14	+11.67	—			

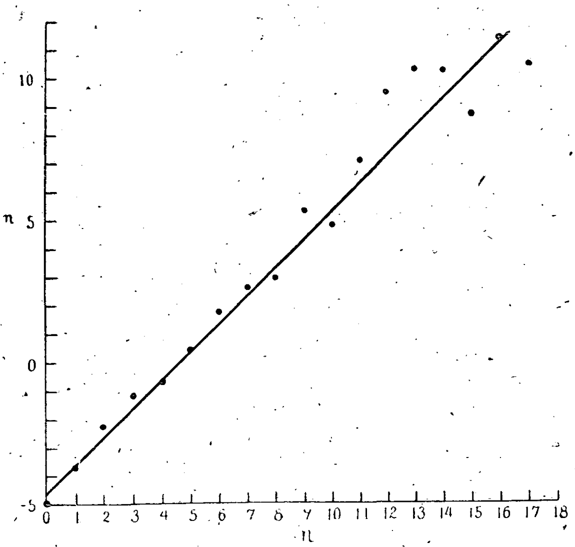
更にこの結果を檢證する爲に地震回數の配列をくづして，でたらめな順に並べ變へて見た．手續きは Fürth が行つたと同樣に每月の地震回數を夫々小紙片に書きぬいて箱に入れ充分に振り，一枚づつ取り出して並べた．これを前の場合と同樣に n_1, n_2 の表とし，Δ_n の平均を求め圖示すると

第2表及び第3圖となる.

第　3　表

n_2 \ n_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	43	47
0	3	2	6	8	4	2	3	2																1				
1	7	13	15	10	9	5	5	7		2		1	1							1		1						
2	2	9	17	16	7	4	7	4	4	4	2		2	3	1	1		1	1									
3	2	11	14	13	11	6	6	5	2	2	1	3				1	1						1				1	
4	6	14	9	10	10	7	4	2		1					1							1				1		
5	3	7	5	5	6	4	1	3	1	1	1		1	1	1						1							
6	1	4	3	5	10	3	3	3	1	1	2	1				1	1											
7	2	8	5	2	4	1	6	1	1	1	1	1																
8		3	2	2	1		2		1																			
9	2	1		1	1	4	1	2		1																		
10	1	1		1	1		1	2			1																	
11			1		1	2			1									1										
12			1	1		1		1																				
13		1	1	1		1																						
14		1	1													1												
15	1		1	1				1																				
16		1	1																									
17	1			1																								
18					1																							
19			1																									
20			1																									
21			1																									1
22							1																					
23					1																							
24																												
25					1																							
43				1																								
47		1																										

第　3　圖



今度は直線が n 軸となす角度は 45 度となり履歴効果が除かれた事が分る. $P=1$ として Δ_n を計算し實測と比較すると, 次表の様になり可成り良く合ふ. (次頁)

以上, 自然のまゝのものと履歴効果を除いたものを較べて見ると, Δ_n が前者は何れも小さく, n が變りづらいことを示して居る. 尚細かく見ると, n が 0.1 及び 8〜13 迄は著しく小さく, それ以上では急に大きくなる. 之は前述の様に群發性を有するためであらう. 又大地震等で多數の地震が起つた後では急劇に回數が減少して平常値に復歸し易い事を示す

n	實測 Δ^u	計算 Δ_n	n	實測 Δ_n	計算 Δ_n	n	實測 Δ_n	計算 Δ_n	n	實測 Δ_n	計算 Δ_n
0	− 5.02	− 4	5	+ 0.43	+ 1	10	+ 4.88	+ 6	15	+ 8.75	—
1	− 3.72	− 3	6	+ 1.75	+ 2	11	+ 7.17	+ 7	16	+11.50	—
2	− 2.26	− 2	7	+ 2.67	+ 3	12	+ 9.50	—	17	+10.50	—
3	− 1.17	− 1	8	+ 3.00	+ 4	13	+10.25	—			
4	− 0.66	0	9	+ 5.38	+ 5	14	+10.33	—			

ものと云へよう.

2. 再來時間に就て

1 に於ては 1 ケ月の地震回數に就て調べたが, 此期間を短くした極限を考へ, 地震があつてそれから次の地震迄の時間を問題とすると Fürth の步行者の場合の一つにあてはまる.

今 θ を平均再來時間とし, 或る特定の再來時間が 2 つの時刻 t_1 と t_2 との間にある確率は

$$\int_{t_1}^{t_2} \psi(t)dt = e^{-\frac{1}{\theta}t_1} - e^{-\frac{1}{\theta}t_2}$$

を以て表はされる.

次に大正 13 年より昭和 15 年に至る有感覺地震の時間的分布を示す. (日附により區別したので多少不安はあるが今の目的には差支えないと思ふ.)

t	0日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
回數	158	97	69	40	25	26	24	26	21	18	22	15	16	9	7	11	7	9	10	10	7	7

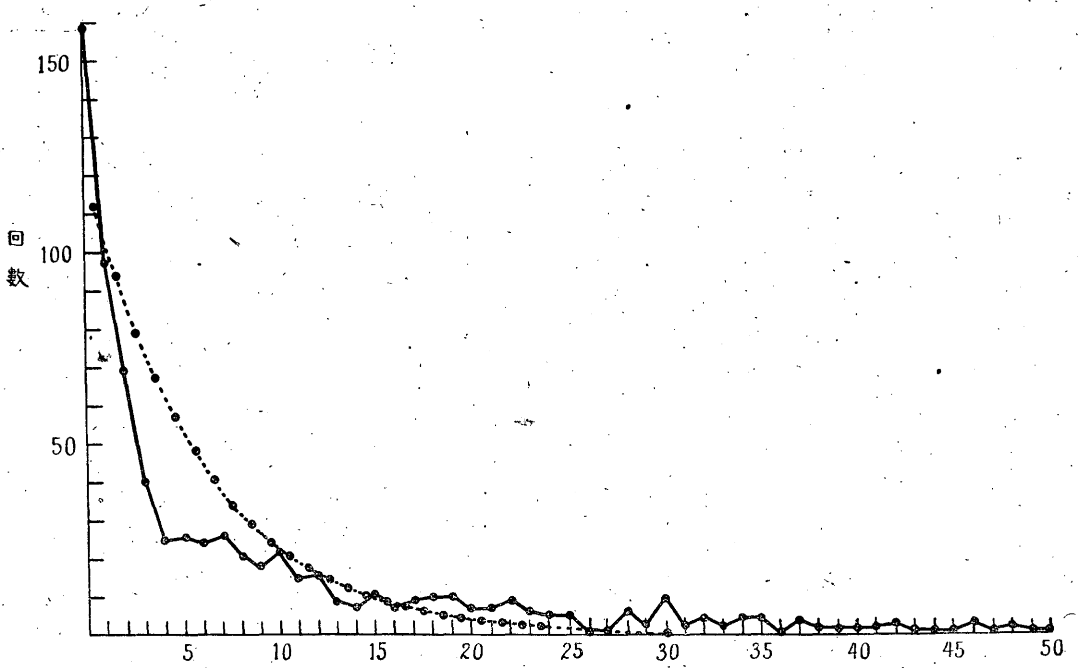
t	22日	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
回數	9	6	5	5	1	1	6	2	9	2	4	2	4	4	—	3	1	1	1	1	2	2

t	44日	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	64	66	63	82	96
回數	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表から θ を求めて式に入れ實測と比較して見ると第 4 圖の樣になる. 但し θ を求めるのに再來時間が 0 のものには 3 倍の重みをつけて平均した.

圖によると實測とは大分離れて大體の傾向が似て居る位であり, t が 4 附近では $\psi(t)$ の減り方が殊に急で, 後緩かになつて居るが, 此の急なあたりは顯著地震の餘震の影響に支配されてゐるものと思はれる. 間隔が 1 日に滿たないものについて更に細く時間を採つて見ると次の樣になり, 1 時間以內に起つてゐるものが群を拔いて居る.

第　4　圖



t	時 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
回數	59	14	12	13	4	5	5	6	3	5	1	1	3	2	7	3	1	—	3	1	2	—	—	—	—

θ の値を色々變へても適合する曲線は得られない. 之等の事情から t が 4 以下の場合には地震發現の時間的分布は全く偶然とは考へられず, 餘震が時間と共に減る關係を示して居るとも見られる. そして餘震の分布は地震が偶然に起るとした場合よりも著しく接近して起り, やがて急速に減少し, その影響する範圍は 4 日邊までであると推定される. t が 4 以上については θ の選び方により偶然として考へたものと大體一致する樣である.

3. 地震有無の確率に就て

石井弘氏[2]は父島に於ける地震有無の持續性について論ぜられたが, 横濱に於てもこれと同樣な結果が得られた.

半日毎に地震があつた時アタリとし, 無い時をハズレとして昭和 11 年より昭和 15 年まで 5 ケ年間の回數を拾ふと次の樣になる.

總　回　數	N	3652
アタリの回數	n	2109
ハズレの回數	N_n	1543

地震が偶然に起るとすると，n 回アタリが續いて次がハズレになる回數は次式で表はされる．

$$F(n)=N(1-p)^2p^n$$

p は n/N でアタリの出る確率である．

履歴效果のある場合には

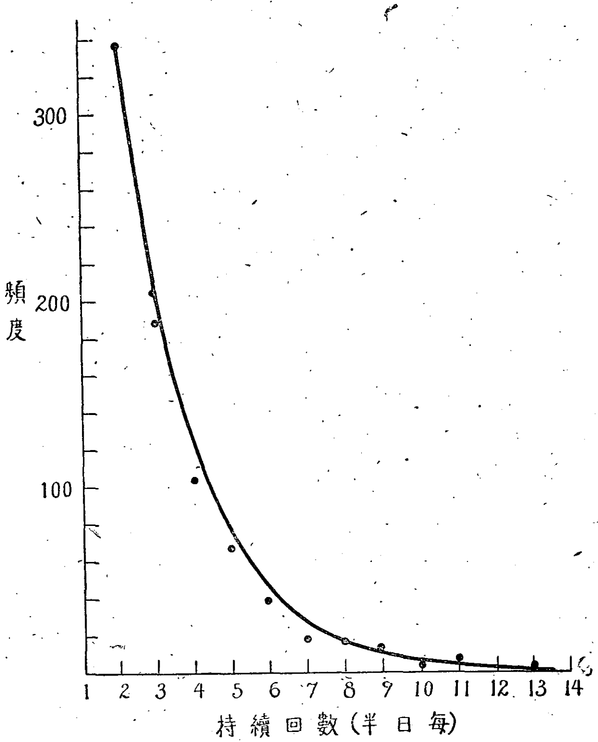
$$F(n)=N(1-p)\{1-f_2(1-p)\}(f_1p)^{n-1}(1-f_1p)$$

となる．玆に f は持續係數で，f_1 は $\dfrac{(n\cdot n)}{N\cdot p^2}$ で與へられる．$(n\cdot n)$ は續いてアタリの出た回數である．f_2 は $\dfrac{(N_n\cdot N_n)}{N\cdot(1-p)^2}$ で $(N_n\cdot N_n)$ は續いてハズレの出た回數である．之等の常數は

$$f_1 = 1.0644$$
$$f_2 = 1.0492$$
$$p = 0.5775$$

である事が分つたから，頻度を計算し圖示すると第5圖の樣になり，實測とよく一致する．同樣にして n 回ハズレが續いて次にアタリとなる場合を第6圖に示した．何れも持續係數が1より大きく，僅かではあるが持續性のあることを示してゐる．

第 5 圖



既に n 回のアタリが續いて次がハズレになる確率を

$$\frac{p_n}{p_n+p_{n'}} \quad (3)$$

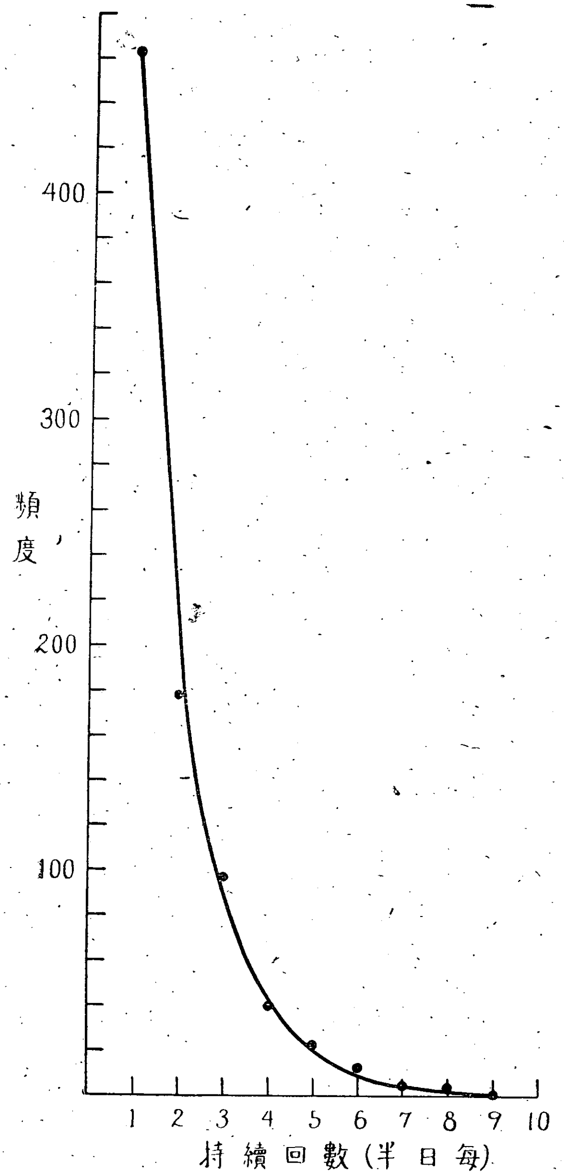
によつて計算して見ると，

續いた回數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
有より無しへ	0.450	0.409	0.372	0.384	0.358	0.250	0.314	0.343	0.174	0.368	0.160	0.300	0.429
無しより有へ	0.550	0.551	0.548	0.553	0.559	0.553	0.571	0.667	1.000	—	—	—	—

の如くで，有より無しへ變る確率は續いた回數が增える程小さくなり，變りにくくなることが分る．無しより有りへは n が增えても變化が無く，偶然の場合より小さいが殆ど一定である．

× × ×

第　6　圖



以上統計年數も少なく，方法も雑で甚だ不充分であるが，横濱に於ける地震について一瞥した，多少でも大方の參考になれば幸である．

終りに臨み御指導を戴いた櫻庭所長及び代讀下さつた本間(正)技師に厚く御禮申上げ，併せてお手傳ひ下さつた松本美智子孃に感謝致します．

參考文獻

福島　浩，物理學に於ける統計現象
(1) 驗震時報，第10卷第1號，95頁
(2) 天氣と氣候，第5卷第3號，16頁
(3) 岡田武松，氣象學(下卷)，188頁