

18. 東京が震度 V 以上の地震に襲われる確率

地震研究所 宇佐美 龍 夫
気象庁 久本 壯 一

(昭和44年12月23日発表—昭和45年1月31日受理)

§1. はしがき

最近、房総半島の地盤に異常変動が見出され、近い将来に関東地方が大地震に見舞われるのではないかということが話題になっている。地震の予知には、現在地震予知研究計画の下に行なわれている微小地震・地殻変動・地磁気・活断層等の調査および観測が有効であることは言を俟たないが、本稿でのべる統計的な処理に基く確率予報も、一つの資料として役に立つであろう。

古い地震資料による予報では、河角(1961, 1969)の周期説が有名である。また、小河原(1955)は時系列の考えから確率予報を試みている。これは結果的には、地震の続発性に重点を置いたこととなっている。周期性も続発性もともに、科学的な事実であり、両者の一方のみを強調するのでは十分ではないであろう。本稿は、東京における資料をつかい、河角および小河原の方法の他に、両者の中間的方法も採用し、古い地震資料から統計的にどこまでのことがいいうるか試みた結果の報告である。

§2. 資 料

有史以来の資料(宇佐美(1966)、中央気象台(1955))から、東京で震度 V 以上と思われる地震45を選び出した。ただし1880年以降については気象庁の判断に従った。これと、河角及び小河原の使った地震をまとめたのが第1表である。河角(1961)による鎌倉で震度 V 以上の地震は32、小河原(1955)による東京で震度 V 以上の地震も32である。第1表には、鎌倉と東京における推定(1880以降は観測による)震度を示してある。同表の“採否”らんの○印は、(1)(2)(3)の各場合で採用したことを示す。(1)は河角の調査した鎌倉の場合、(2)は小河原の使ったもの、(3)は本稿で使ったもので震度の推定は(2)と独立に行ない、大地震の余震と思われるもののうち、大正12年の関東地震の直後におきた5つの余震を除いた。

本稿では(3)の地震のうち1592年以後のもののみを扱った場合(地震数36)、と全地震を扱った場合(地震数45)の二つについて計算した。前者をCase A、後者をCase Cと呼ぶことにする。1592年で区切つたのは江戸開府が1603年であり、この頃以後は、江戸で震度 V 以上の地震の記載漏れはないと考えられ、それ以前の地震と同列には論じられないと思われるからである。事実1592年以後の360年間に36の地震が数えられるに反し、それ以前の約800年間には9個の地震しか記録されていない。

第1図は1592年以降の震度 V 以上の地震を河角の鎌倉における場合、および本稿の場合についてならべたもので後者については約35年の周期が見られる。図の点線は818年を

第1表 東京および鎌倉で震度 V 以上の地震

理科 年表 番号	年月日 (和暦)		緯度		規模	震度		採否			記 事
	年月日 (西暦)		経度			鎌倉	東京	(1)	(2)	(3)	
29	弘仁 9 VII 818		35.2 139.3		7.9	VII	VII	○	○		関東諸国. 百姓死多数, 山崩・津波あり
33	承和 8 IV 841		35.1 138.9		7.0	V		○			伊豆. 里落完からず, 人或いは傷つき, 或は圧没された
42	元慶 2 IX 29 878 XI 1		35.3 139.3		7.4	VI+	VI	○	○	○	関東諸国. 地陥没し, 家屋破壊し, 死者多数
61	永長 1 XI 24 1096 XII 17		34.2 137.3		8.4	V	V	○	○	○	近畿・東海道諸国. 津波, 伊勢・駿河を襲う
69	建保 1 V 21 1213 VI 18				6.4	VI		○			鎌倉. 山崩れ, 地裂け, 舎屋破壊す
71	安貞 1 III 7 1227 IV 1				6.2	V		○			鎌倉. 地裂け, 所々の門扉築垣転倒
74	仁治 1 II 22 1240 III 24				6.4	VI		○			鎌倉. 鶴岡神宮寺倒れ, 北山崩る
76	仁治 2 IV 3 1241 V 22		35.1 139.4		7.0	V	V	○	○	○	鎌倉. 津波あり, 由比ヶ浜大鳥居内拝殿流出し, 舟10艘破損
81	正嘉 1 VIII 23 1257 X 9		35.2 140.9		7.0	VI	V+	○	○	○	鎌倉の神社仏閣, 一字として全きものなし. 山崩・地割れ, 湧水あり
84	永仁 1 IV 13 1293 V 27				7.1	VI	V	○	○		鎌倉. 寿福寺つぶれ, 建長寺炎上, 死数千 (あるいは23024人) という
110	永亨 5 IX 16 1433 XI 7		34.9 139.5		7.1	VI	V	○	○	○	相模大山仁王の首落つ, 鎌倉で社寺の被害多く, 利根川の水逆流す
130	明応 7 VIII 25 1498 IX 20		34.1 138.2		8.6	V	V	○	○	○	紀伊・房総一体. 津波が同地域を襲う, 鎌倉大仏殿に津波が達し, そのため死200
143	大永 5 VIII 23 1525 IX 20					V	V	○	○		鎌倉. 由比ヶ浜の川, 入江, 沼埋つて平地となる
162	文祿 1 IX 3 1592 X 18				6.7		V		○		下総. 江戸で多少の被害
172	慶長 9 XII 16 1605 I 31		34.3 140.4		7.9	V	V-	○	○	○	東海道全般. 津波あり, 房総東岸で3000アール干潟となる. 三浦三崎で溺死153
176	元和 1 VI 1 1615 VI 26		35.7 139.7		6.4		VI	○	○		江戸. 家屋倒壊多く, 地割れを生じ, 死傷者多し
180	寛永 5 VII 11 1628 VIII 10				6.1		V		○		江戸城の石垣, 所々崩る
181	寛永 7 VI 24 1630 VIII 2				6.7		V		○		江戸城の石垣, 堀など崩る
182	寛永 10 I 21 1633 III 1		35.2 139.2		7.1	V	V	○	○		小田原で最も強く, 城の石壁等破壊し, 同市内の民家倒壊多く, 熱海に津波あり
184	寛永 12 I 23 1635 III 12				6.1		V		○		江戸. 長屋の堀など破損, 増上寺の石燈籠ほとんど倒れる
190	寛永 20 X 26 1643 XII 6				6.2		V		○		江戸. 屋根落ち, 壁崩る
194	正保 4 V 14 1647 VI 16				6.4	V-	V	○	○		江戸城の石垣・堀, 大名屋敷・民家破損, 死少なからず
195	慶安 1 IV 22 1648 VI 12		35.1 139.3		7.1	V	V	○	○	○	小田原城破損, 江戸で武家屋敷, 町屋の瓦落ち, 土蔵, 練堀砕け倒る

(つづく)

(つづき)

理科 年表 番号	年月日 (和暦)		緯度	規模	震度		採否			記 事
	年月日 (西暦)	経度			鎌倉	東京	(1)	(2)	(3)	
197	慶安 2 VI 21 1649 VII 30	36.1 139.7	7.1		VI		○	○	江戸城の石垣・塀破損, 町屋破損, 庄死多く, 上野東照宮大仏の頭落つ	
198	慶安 2 VII 25 1649 IX 1	35.5 139.6	6.4	V	V		○	○	川崎の民屋140~150軒, 寺7宇崩壊, 江戸城平川口腰掛及び御春屋破損	
223	寛文 10 VI 5 1670 VII 21	35.4 139.2	6.4	V			○		相模大住郡で民家破壊100余, 植田約2万アール無田となる	
235	天和 3 V 24 1683 VI 18	36.8 139.7	7.3		V		○		日光で石垣, 燈籠倒る, 江戸城内の築屋少し崩る	
247	元禄 10 X 12 1697 XI 25	35.8 139.5	6.9	VI	VI		○	○	鎌倉鶴ヶ岡八幡の鳥居倒れ, 壊家あり, 江戸城の石垣崩る	
251	元禄 16 XI 23 1703 XII 31	34.7 139.8	8.2	VII	VI		○	○	関東諸国. 小田原で被害大きく, 死2291, 江戸本所辺で壊家多く, 津波あり	
	宝永 3 IX 15 1706 X 21				V		○		江戸城の石垣, 塀多少破損	
254	宝永 4 X 4 1707 X 28	33.2 135.9	8.4		V-		○		東海道全域で被害大. 津波は九州から房総を襲う	
284	延享 3 III 23 1746 V 14		6.9		V-		○		江戸で家屋少々破損, 日光東照宮の石矢来倒れる	
308	天明 2 VII 15 1782 VIII 23	35.2 139.2	7.3	VI	V		○	○	小田原城破損, 民家倒壊1000, 津波あり, 江戸で屋根瓦落ち, 壁損じ, 地裂け, 壊家, 死あり	
310	天明 4 VII 14 1784 VIII 29		6.1		V		○		江戸. 傾いた家, 瓦の落ちた家多し	
326	文化 9 XI 4 1812 XII 7	35.4 139.6	6.6	V	V		○	○	神奈川・保土ヶ谷・品川ではげしく家つぶれ死多し, 江戸で土蔵など崩る	
351	天保 14 II 9 1843 II 21		6.3		V		○		小田原城破損, 江戸で天水桶の水こぼる	
359	嘉永 6 II 2 1853 III 11	35.3 139.1	6.5	V			○		小田原. 天守の瓦壁落ち, 侍屋敷全半壊259, 江戸有感	
363	安政 1 XI 4 1854 XII 23	34.1 137.8	8.4	V+	V		○	○	東海・東山・南海道, 津波あり, 江戸城石垣崩れ, 長屋つぶれる	
367	安政 2 X 2 1855 XI 11	35.8 139.8	6.9	V	VII		○	○	江戸. 壊焼屋14346, 壊土蔵1404, 町人の死4293 (又は3895)	
369	安政 3 X 7 1856 XI 4				V		○		江戸. 壁の剝落, その他の被害あり	
387	明治 13 II 22 1880		5.9		V		○	○	横浜. 煙突倒壊, 壁の亀裂あり	
	明治 17 X 15 1884				V		○	○	東京で壁の亀裂, 屋根瓦落下, 土蔵の鉢巻の落下あり	
	明治 22 II 18 1889	35°25' 139°40'	6.2		V		○	○	東京湾周辺で壁に亀裂が入り, 物が倒れたりした	
	明治 25 VI 3 1892	35.9 140.5	6.7		V		○	○	東京で家屋破損5, 土蔵破損24, その他小被害	
400	明治 27 VI 20 1894	35.7 139.9	7.5		VI		○	○	東京で死24, 傷157, 全半壊90, 破損家屋4922, とくに下町で被害が大きかった	
401	明治 27 X 7 1894	36. 139.	7.5		V		○	○	東京で壁の剝落あり, 近県でも小被害	

(つづく)

(つづき)

理科年表番号	年月日 (和暦)			緯度		規模	震度		採否			記事
	年月日 (西暦)			経度			鎌倉	東京	(1)	(2)	(3)	
402	明治 28 1895	I	18	35.9 140.4	7.3		V		○	○	利根川沿岸で被害大, 東京で死傷 32, 家屋破損数百, 震災地を通じて死傷 74, 全半壊 114	
423	明治 38 1905	VI	7	34.8 139.2	7.0	V-			○		伊豆大島, 家屋の被害あり	
	明治 39 1906	II	24	35°30' 139°50'	7.7		V		○	○	土蔵の壁が落ち, 煉瓦塀に亀裂, 山手で震動大, その他東京湾周辺で小被害	
426	明治 42 1909	III	13	35.3 140.9	7.7		V		○		強震 2 回あり, 横浜で煙突, 煉瓦壁の崩壊あり	
449	大正 11 1922	IV	26	35.7 139.7	6.9	V	V		○	○	東京湾沿岸で, 家屋・土蔵の破損多く, 土地の陥没, 亀裂あり	
453	大正 12 1923	IX	1	35.2 139.3	7.9	VII	VI		○	○	関東大地震, 死 99331, 傷 103733, 不明 43476, 家屋被害 70 万戸, 大規模な地変あり	
454	大正 13 1924	I	15	35.5 139.2	6.9	VI-	V		○	○	神奈川県. 死 19, 傷 638, 東京で振幅 2 寸弱で小被害あり	
460	昭和 5 1930	XI	26	35.1 139.0	7.0		V		○		北伊豆地震. 死 272, 傷 572, 家屋全半壊 7681, 地変が著しく丹那断層が出来た	
	昭和 6 1931	VI	17	35.8 139.3	6.3		V		○	○	東京で振幅約 20mm	
462	昭和 6 1931	IX	21	36.1 139.2	7.0		V		○	○	西埼玉地震. 荒川流域で被害大, 死 16, 傷 146, 家屋全半壊 491	

起点として数えて, 河角の周期である 69 年目ごとに当る年である.

§ 3. 河角の方法

河角の方法は, 概略次のようなものと理解される.

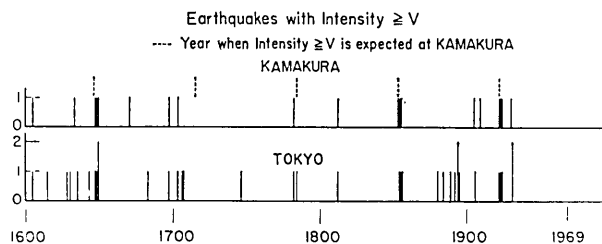
(I) 現象の周期性とその周期を確める. これには, (1): 周期分析をして得られたフーリエスペクトルの振幅 $Y(\omega)$

を求め現象が全く出鱈目に生じた場合にそれと同じ振幅が得られる確率を考慮して, ある周期の存在の確からしさを判断する方法及び (2): 過去の地震から任意の 2 つの組合せをすべてとり, その時間間隔の頻度分布を, 現象が全く偶然におこるとき期待される頻度分布と比べる, という 2 つの方法が併用される.

(II) 現象が与えられた周期に当る年から ξ だけずれて生ずる確率を

$$p(\xi)d\xi = \frac{1}{T_0} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{T_0} \xi \right) d\xi, \quad T_0: \text{周期}$$

と考えて, これから期待されるフーリエ振幅 $Y(\omega)$ と $\sqrt{\xi^2}$ を実測値と比較して $p(\xi)$ の



第 1 図 東京と鎌倉における震度 V 以上の地震数. 点線は鎌倉で震度 V の地震が期待される年 (河角による)

函数型を確める。

我々の資料をつかい、Case A と C に河角の方法を適用した。しかし、周期性を確めるという意味からは、前記 (I) の (1) と (2) に大差はないと考え、(2) の方法は試みなかった。

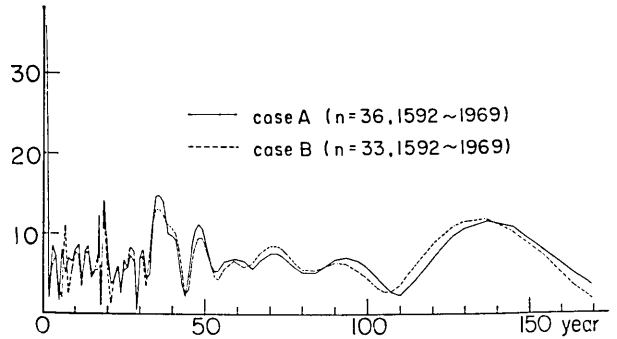
まず、周期分析の結果を第 2 図 (a), (b) に示してある。横軸は年単位の周期である。(a)

図の Case B は Case A の地震のうち、震度が IV と疑われる地震 3 つを除いた場合であるが、両者に差はないと見なせる。何れの場合にも 36 年周期と 19 年周期が大きく出ている。(b) 図は Case C についての結果で、やはり 36 年周期が著しい。この図の点線は河角が鎌倉の資料で行った計算を追試したもので、69 年周期が顕著である。また太い実線は 818 年を起点として河角の周期である 69 年目ごととに当る年の近くのうち、956, 1025, 1163, 1370, 1577 年の近くに地震がないので、この年に地震があつたとして計算したもので 69 年周期の振幅は増加するが、その整数倍の約 138 年, 215 年の振幅はかえつて減少する。これは定性的には図の点線で 138, 215 年にある山が 69 年周期の存在の傍証にはならないということを意味している。河角の説の解説者が、往々にして思い違いをする点である。

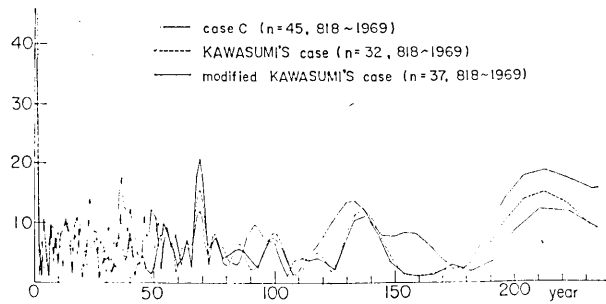
現象が偶然の場合に、第 2 図のスペクトルの山が生ずる確率は第 2 表のようになり、Case A も C も 36 年周期が卓越している。そこで $T_0=36$ 年とし、その周期に当る年から ξ 年ずれて地震が生ずる確率を河角に従つて

$$p(\xi) = \frac{1}{T_0} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{T_0} \xi \right) \quad (1)$$

と考へて、フーリエスペクトル $Y(\omega)$ と $\sqrt{\xi^2}$ の期待値と実測値を求め、第 2 表に併記した。これによると、この両者とも河角の場合のような良い一致は示さない。表の括弧内の数字は理論値であり、括弧のないものは実測値で、河角の場合は $T_0=69$ 年としてある。また Case A, C ではフーリエスペクトルの位相を考慮して 811.5 年, 1602.5 年を起点として ξ , $\sqrt{\xi^2}$ の実測値を求めた。



(a)



(b)

第 2 図 周期分析の結果

第2表 河角の方法による計算結果

	河角 (鎌倉)				河角* (鎌倉)				Case A		Case C				
n	32				37				36		45				
周期(T_0)	69年	137	213		23	69	138	211	19	36	36	49	69	133	
確率(W)	0.0005	0.0089	0.00096		0.004	0.(5)1	0.038	0.018	0.0004	0.00025	0.0011	0.035	0.043	0.016	
$Y(\omega)**$	15.3 ^年 (16)								14.8	(18)	17.6	(22.5)			
$\sqrt{\xi^2}**$	13.2 (14.2)								7.04	(6.5)	7.30	(6.5)			
修正値	$Y(\omega)$									(14.8)		(17.6)			
	$\sqrt{\xi^2}$									(7.35)		(7.53)			
	q									0.178/ T_0		0.218/ T_0			

* 第2図 (b) の太い実線の場合

** 括弧内は理論値, 括弧のないものは観測値

そこで (1) 式の $p(\xi)$ の函数型を少しかえて $Y(\omega)$ と $\sqrt{\xi^2}$ の理論値と観測値を一致させられるかどうか考えてみた.

$$p'(\xi) = p(\xi) - \frac{q}{T_0} \cos \frac{2\pi}{T_0} \xi, \quad (2)$$

と考え, q に適当な値を入れると第2表の修正値の欄ようになる. 式 (2) は式 (1) の cosine 型の分布の山の高さを q だけ減じ, 谷の値を 0 から q にしたもので, これから求められる $Y(\omega)$ の理論値が実測値に一致するような q を採用した. この値から (2) の分布をとると Case A も C も観測をよく説明できる. また (2) 以外にも観測を説明できる分布を考えることは可能である. しかし, これらは ξ の有限の範囲 ($-T_0/2 < \xi < T_0/2$) 内の確率分布を与えているにすぎないので, 実際に 36 年以上に亘つて地震がない時に (第1表参照) どう解釈するかという問題が残される.

§4. 小河原の方法

この方法は概略次のようなものである.

(I) 隣り合う2つの地震の時間間隔を τ とし $x (= \log \tau)$ の分布が正規分布に従うかどうか確める. もし資料の質が一様とはみなし得ず全資料を使うことに問題があるようなときは棄却検定をして, 悪いデータがあればそれ以前の資料を捨てる.

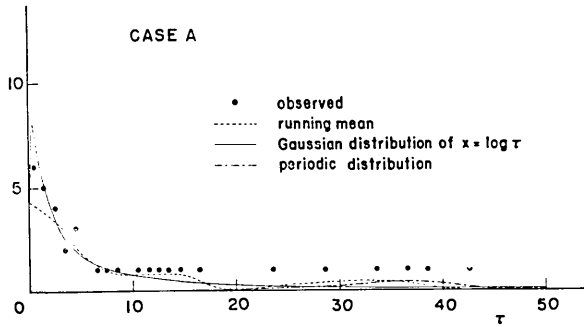
(II) x の時系列に長期にわたる傾向 (trend) があるかないかを調べる.

(III) 系列相関係数を計算して統計的モデルを選定し, 次の x の確率予報をする. x の予報を τ の予報に変換し, τ の累積分布函数 $F(\tau)$ を求める.

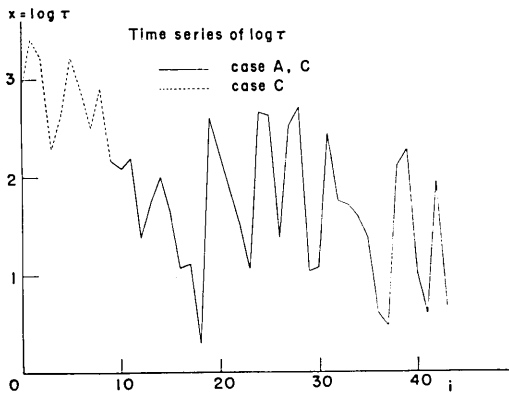
(IV) 最後の地震後すでに τ_0 年経ち, この間地震がおこらなかつたという条件のもとに, これからさき τ' 年以内に地震のおこる確率 $G(\tau_0, \tau')$ は

$$G(\tau_0, \tau') = \frac{\int_{\tau_0}^{\tau_0+\tau'} f(\tau) d\tau}{\int_{\tau_0}^{\infty} f(\tau) d\tau} = \frac{F(\tau_0+\tau') - F(\tau_0)}{1 - F(\tau_0)}, \quad (3)$$

($f(\tau)$ は $F(\tau)$ の密度函数)



第3図 隣り合う地震の時間間隔 τ の分布 観測値(黒丸)と推定確率密度分布曲線



第4図 $\log \tau$ (τ は隣り合う地震の時間間隔) の時系列

で計算される。

Case A について、上述の方法によつて計算をすると、 $n=35, m=1.6492, \sigma=0.6824$ となる。第3図の実線は、この x に関する正規分布を τ に変換したものであり、黒丸は観測値である。 x の区間を5つにわけて、正規分布への適合度を χ^2 テストで試してみると、 $\chi^2=1.158$ となり自由

度 2 (=区間数 - 1 - パラメーター数) に対する 5% 点の $\chi^2_{0.05}=5.991$ より小さいので、正規分布とみなすことが出来る。また、どの x_i も棄却されないことが容易にわかる。第4図は x_i の時系列であり、実線は Case A を示し、Case C の時には、それに点線の部分を加える。この図から Case A の時には顕著な傾向 (trend) はないと考えられる。このことは系列相関係数からもいえる。系列相関係数 r_k を、近似式

$$r_k = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x_i \cdot x_{i+k} - \bar{x}^2) / S^2, \quad (4)$$

\bar{x} は x の平均、 S^2 は分散。

から求めると $r_1=0.134, r_2=-0.211, r_3=0.065, r_4=0.076, r_5=-0.02$ となる。一方これは $N=35$ の時の危険率 5% の有意水準 0.27 より小さいので、時系列は独立であると考えられる。したがつて、 x は定常確率過程と考えられ、小河原の方法に従つて $G(\tau_0, \tau')$ が計算できる。これが第5図(a)である。この計算はすべて月を単位として行つた。

なお第3図を見ると、河角の方法で得られた周期 $T_0=36$ 年の近くで、黒丸の密度が大きくなつているし、実線と黒丸は $\tau \geq 10$ 年で一致しなくなるので、周期分析の結果も考え $T_0=36$ 年を中心とし、 $\tau = T_0/2 \sim (3/2)T_0$ の間で(1)式の河角の分布を考え、その振幅は $\tau=36$ 年で 0.3 とした。それが図の鎖線である。この鎖線と実線の和を $f(\tau)$ の分布と考へて、 $G(\tau_0, \tau')$ を求めたものが第5図(b)である。

小河原の方法では、母集団における $f(\tau)$ が分れば、第(3)式から $G(\tau_0, \tau')$ が求められる。これに対し我々は唯一の標本例しか持ち合わせていないが、かりに、この標本が母集団の性質を十分良く示していると考え、第3図の黒丸を移動平均したもの(第3図の点線)を母集団における分布と考へて、 $G(\tau_0, \tau')$ を求めたものが第5図(c)である。

河角の分布(1)を小河原の $f(\tau)$ に翻訳することは当を得ているとはいいいがたいが、仮り

に、(1)式に $\xi = \tau - T_0$ という変換をほどこして

$$p(\xi) \rightarrow f(\tau),$$

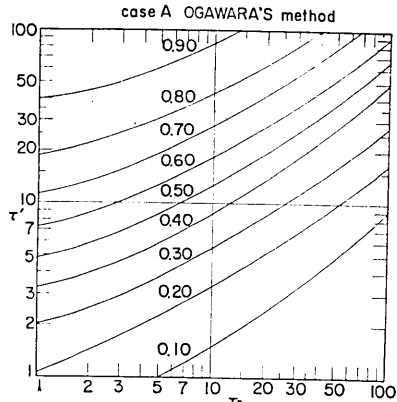
但し $\tau = T_0/2 \sim (3/2)T_0$ でのみ値をもつ。

とすると、これから $G(\tau_0, \tau')$ が求められる。それが第5図(d)で、ここでは $T_0 = 36$ 年としてある。この分布型は T_0 に関係がないので、第5図(d)の両軸を T_0 を単位として書きかえれば、どんな T_0 にも使える。

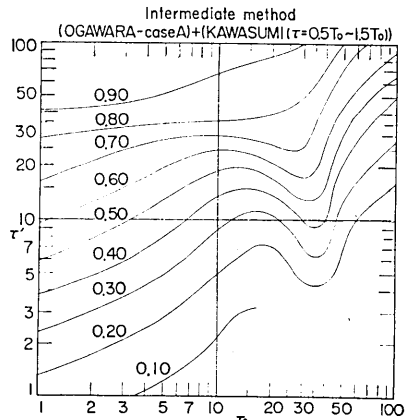
Case C についても小河原の方法を試みてみた。 $n=44$ で $m=1.9023$, $\sigma=0.8026$ となる。区間数を6とすると $\chi^2=3.367$ となり、自由度3に対する5%点 $\chi_{0.05}^2=7.815$ より小さいので正規分布の仮定は認められる。また、どの x_i も棄却されないことは Case A と同様である。

次に第4図をみると、容易に trend が認められる。この trend の第一近似として第4図から右下りの直線が考えられるが、これは時代が新らしくなるとともに、隣り合う地震の間隔が小さくなることを意味し、地震学的には到底うけ入れがたい。また、地震系列は一般に余震を除けば定常ランダムであるという(宇津(1969))考えとも矛盾する。また、trend として、 $i=10$ くらいまでは右下りとなり、それ以後は水平になるような指数関数的なものも考えられる。しかし、このような trend が認められるのも、第4図の点線部分が加わったためであり、この部分は16世紀以前の部分で震度 V 以上の地震のすべてを古記録から拾い出しているとは、いい難い。もし、失われた地震があり、それをうめるとすれば、点線部分の x は小さくなり定性的には trend は認めがたくなると考えられる。その上今回のような小数例では trend をみとめることが、却つて、予報精度を落すことも考えられる(小河原(1955)) ので、Case C については、これ以上の計算を行なわなかつた。

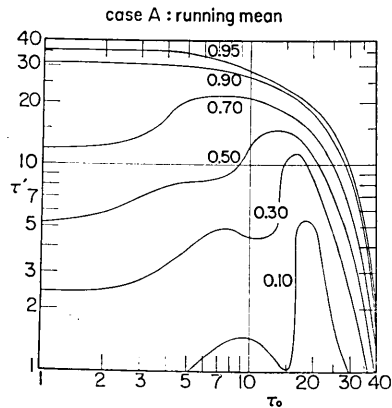
第5図から、将来の $G(\tau_0, \tau')$ を求めると第3表のようになる。 τ_0 は昭和6年以来今日までで38年である。 τ' として23年と36年をとつた。前者は関東地震以来69年目に当る年であり、後者はその後13年、つまり河角による



(a) 第3図の実線に相当する

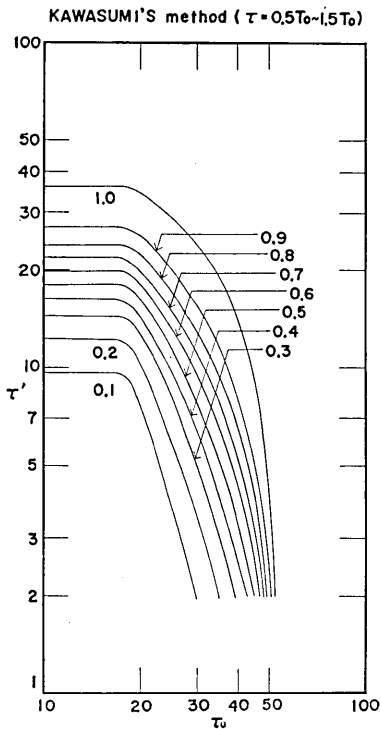


(b) 第3図の実線と鎖線の和から求めたもの



(c) 第3図の点線から求めたもの

後者はその後13年、つまり河角による



(d) 河角の分布 (1) 式の $p(\xi)$ を小河原流に翻訳した場合

第5図 地震後既に τ_0 年たち、この間に地震がなかったという仮定の下に、今後 τ' 年の間に地震のおきる確率

危険期の終りの時点である。第3図の移動平均の場合のように、 $f(\tau)$ が0でない値をもつ τ の値に上限があるときには第3表の第3,4列目のように確率が1となつてしまう。一般に第3図

第3表 昭和44年を起点としたとき ($\tau_0=38$ 年) の $G(\tau_0, \tau')$

τ'	23年 (昭和57年)	36年 (昭和70年)
第5図 (a) による	0.41	0.55
" (b) による	0.60	0.68
" (c) による	1.00	1.00
" (d) による*	1.00	1.00
" (d) による**	0.50	0.80

* $T_0=36$ 年としたとき

** $T_0=69$ 年としたとき

で観測された τ の最大値よりも τ_0 が大きくなると、確率の値は計算されても、精度の上で疑問が残る。たとえば τ が大きい所で $f(\tau)=C^{-\tau}$ ($C=$ 定数)、つまり地震がランダムに起きるとすると $G(\tau_0, \tau')$ は τ' のみの関数となり τ_0 によらなくなる。このように考えると第5図 (a), (b) の場合でも τ_0 が約45年より大きくなつた時点での予報では、その信頼性が問題となるであろう。

§5. 考 察

河角の方法に第(3)式を当嵌めるには、いろいろ問題がある。小河原の方法では、最近の大地震後、現在まで地震がなかったという歴史が考慮されているが、河角の方法ではこういう歴史は考えておらず、1周期ごとに同じ確率が繰返すと考えられる。Case A では1周期ごとの平均地震回数は約3.5であるから、1周期に亘つて地震がない場合どう考えるかが問題となるであろう。

河角の方法は周期性に、小河原の方法は続発性に重点をおいた考え方である。事実 Case A について第3図の資料から Watanabe (1933) の方法でしらべると、 $\tau < 6$ 年の部分では、地震のおこり方は偶発的ではないことが分る。今回しらべた資料についていえば、周期性も続発性もともに科学的事実と認められるし、調査によつては、この他の属性も見出されるかも知れない。こういう属性をすべて含む統計的モデルを考えることが将来の問題であろう。種々の属性のうちの一つをとり出すことは避ける方が望ましい。

また、本報告から、資料の選び方が大いに結果に影響することがわかる。古い地震によるある地点での震度を客観的に推定する方法を確立することも今後の問題である。本報告

のような結果が地震予知計画の何らかの資料になれば幸である。

文 献

- 中央気象台観測部, 1955, 最近 75 年間の東京の有感地震表 (震度 III 以上).
 河角広, 1961, 地震力の期待値について (特に鎌倉を対象として), 高徳院国宝銅造阿弥陀如来坐像修理工事報告書 (高徳院, 昭和 36 年), pp. 81-88.
 河角広, 1969, 地震災害, 季刊カラム, No. 31, 54-58.
 小河原正己, 1955, 東京における次の有感地震の確率, 験震時報, 20, 81-92.
 宇佐美龍夫, 1966, 日本付近のおもな被害地震の表, 地震研究所彙報, 44, 1571-1622.
 宇津徳治, 1969, 地震の時間的分布に関連する諸問題 (その 1) —地震の回数と時間間隔の分布について, 北大地球物理学研究報告, 22, 73-93.
 WATANABE, S., 1933, On the Theory of Durability, *Geophys. Mag.*, 7, 307-317.

18. *Future Probability of a Coming Earthquake with Intensity V or more in the Tokyo Area.*

By Tatsuo USAMI,
 Earthquake Research Institute,
 and Soichi HISAMOTO,
 Seismological Section, J.M.A.

Recent discussion on the abnormal crustal movement in the Bōsō-peninsula raised the fear of a coming earthquake in the Kwantō-area. The present study, stimulated by this phenomenon, aimed at finding the probability of a future earthquake with intensity V or more in Tokyo. Earthquakes from 818 to 1969 were used.

Kawasumi's method pertaining to the periodicity, and Ogawara's one which picks up the durability and the intermediate method were examined. A period of 36 years was found from Kawasumi's method. From the latter method, the probability of a coming earthquake within τ' years from the present, under the assumption that τ_0 years have elapsed after the last earthquake, is calculated and arranged in graphical forms.