

39. 昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の 統計的調査

地震研究所 { 岸 上 冬 彦
永 田 武
宮 村 攝 三

(昭和 16 年 9 月 18 日 発表—昭和 16 年 9 月 20 日 受理)

長野地方に弘化 4 年 3 月 24 日 (西暦 1847 年 5 月 8 日)、善光寺地震と稱へられてゐる大地震があつたことは改めて申す迄もなからう。昭和 16 年 7 月 15 日の地震は善光寺地震に比べては遙かに小さいもので、長野市の北東數個村が激震地域で死者 5 重傷者 5 を出し、全壊 142 戸、半壊 538 戸を數へた。

此の地震の前、明治 30 年 1 月 17 日に上高井郡及び上水内郡東部に地震があり、土藏の傾斜、墓石の顛倒、泥砂の噴出等を生じた。同年 4 月 30 日にも上高井郡及び下高井郡の一部に強震があり二度共多くの餘震が伴つた。又昭和 16 年 3 月 7 日に、下高井郡中野町附近に中震があり、穂波村及び夜間瀬村で岩石、土砂の崩壊があつた。7 月 15 日 21 時 45 分に長野市に於て弱震を感じ、その 2 時間後 23 時 45 分に起つた強震が以上の災害を起したのであつた。東京市本郷の東京帝國大學内の記録によれば、發震時は 23 時 45 分 55.5 秒であつた。

此の地震區域に最も近い地震研究所所屬の觀測所は、淺間山火山觀測所及び沓掛にある地震觀測所である。そこで長野地方の地震について觀測した結果は第 I 表の通りである。

第 I 表

時 刻	沓 掛		峯の茶屋	時 刻	沓 掛		峯の茶屋		
	東 西	南 北			東 西	南 北			
	d h m	sec	sec		d h m	sec	sec		
前震 {	15 21 30	6.1	6.4	7.1	餘震 {	17 13 20	—	6.4	6.9
	15 22 30	6.2	6.3	7.3		18 1	—	不明	5.9
餘震 {	16 3	—	(4 回)	—	19 2 10	6.1	6.2	6.5	
	16 9 10	6.3	6.7	—	19 11 30	5.2	5.9	6.1	
	16 9 30	—	>6.0	6.8	19 12 15	5.4	4.6	6.1	
	16 19 40	—	6.3	6.6	25 22 30	—	不明	6.8	
	16 23	—	6.5	7.0	27 9 30	—	6.8	6.9	
					27 11 50	—	6.6	76.8	

殆ど總ての大地震について、常時觀測の地震計が震原地に近くその周圍に適當に配置してゐることは無く、たとへ一、二個所あつても近くの最も震原位置を決定するに役立つ可き地震計は其の記録針が外れ、餘震は地震計觀測が出来ても、本震については家屋の被害や墓石の顛倒から調査する外はない場合が多い。此の種の調査は方法として今日においても考究の餘地がある様に考へられるので、家屋の被害に關する調査は他の研究に托すこととし、墓石の顛倒に就き従來とは變つた見方をした。

又地震調査表といふ名稱で調査用紙を印刷し、長野縣下の國民學校に配り、その回答を得、其についての結果も述べる。此の調査事項は(1)振子時計の止つたもの又は止らなかつたものの文字板の向き、(2)井戸水の水量・色の變化、(3)地鳴の音色及び聞えた方向、(4)地震の際の光り物の形・色及び見えた時刻、(5)地割れの生じた場所や水や砂の噴出の有無、(6)家屋の傾斜方向又は屋根瓦の落ちた方向、(7)水田の灌漑の地震前後による難易の差、(8)其の他、地震に關した事といふ8項目に分けて回答を求めた。此の調査表を縣下各地の國民學校に分配し更に報告を集めるについて、

第 II 表

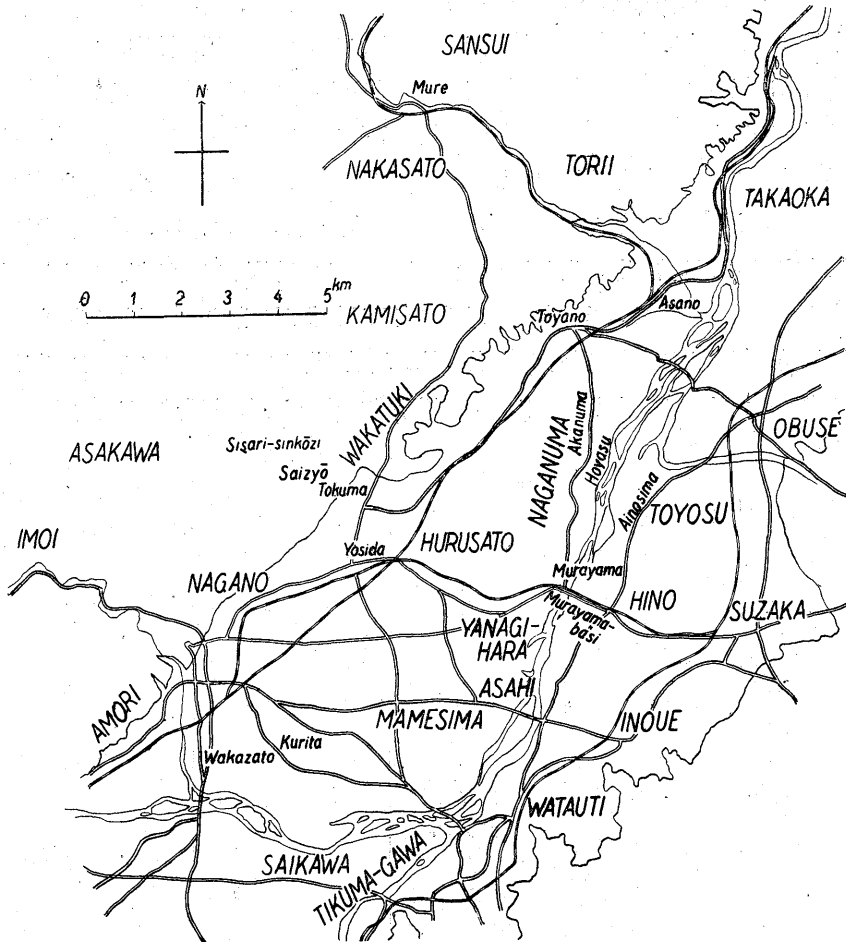
郡	調査表數	調査戸數	光りものに関する報告數	地鳴に関する報告數
諏訪	59	1346	4	104
南佐久	29	89	1	34
北佐久	29	459	0	38
東筑摩	37	747	0	110
南安曇	14	83	0	32
北安曇	24	470	0	9
小縣	41	227	1	62
更級	206	3616	113	854
埴科	150	1299	65	285
長野	125	387	65	163
上水内	337	8139	574	1142
下水内	82	1058	38	72
上高井	163	1209	128	441
下高井	136	1359	90	206
計	1432	20488	1079	3552

は、長野縣學務部が援助され、第 II 表に示す様に多くの報告を得たのは此の種の調査として先づ數量に於いて成功したといへよう。次に項を分けて記すこととする。

墓石の顛倒

墓石は我が國內では形も大きさも類似してゐて、震度分布を調べるに都合がよいもので

ある。併しその据えてある所は多く住家とは離れた山麓等で、その爲に家屋の被害と多少事情を異にすることと、墓石の大きさ形は略々一定してゐる爲に此によつて推定出来る震度の範囲が限定されることとは、此の方法の缺點である。

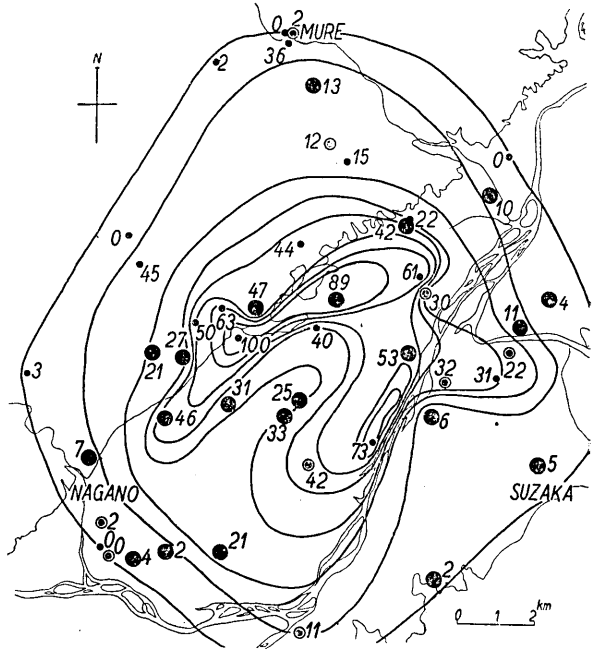


第 1 圖 震災地近傍略圖

従来は一個所の墓地の中、數個の代表的と思はれる墓石から震度を推定したが、同じ様な墓石が一つは倒れ他は倒れないといふ場合が多く、倒れたもので震度をきめることには疑問がある。そこで今回は、形や大きさには無關係に墓地にあるもの總べてを同様に見做し、各々の墓石の倒れた方向を約 5° の精度内で測つた。そしてその倒れた數は 30° 宛の扇形に括めた。但し餘り數の多い墓地では一部分を限つて調べた。此の事については、^{アサヒ}朝陽村石渡の長命寺に於て墓地の約 $1/3$ 分について出した顛倒率

は、墓地全部について求めた顛倒率と等しかつたから、此の假定は餘り不合理でないであらう。その結果は第3表に示した通り測つた墓石の總數は 9462 であつた。

顛倒を百分率を以て表はしたものが第2圖である。此の圖によると千曲川沿岸と、その西の第三紀層と沖積層との境とに率の大きい所があらはれた。但し牟禮(第III表29)の墓地は崖の眞上にあり、地盤の影響によつて率が大きくなつたと考へた。そのことは此の墓地でも崖の端から少し離れた所では、全く倒れてゐなかつたことから推定した。震央は以上の率の大きい2個所の中間にあり、此の2個所を兩端とする直徑 4 ~ 5 km の地域を震央と考へるべきであらう。中央氣象臺發行の「長野強震調査概報」中地震計観測の結果求められた震央



第2圖 墓石の顛倒率(大きい丸は墓石の數の多い所を示す)

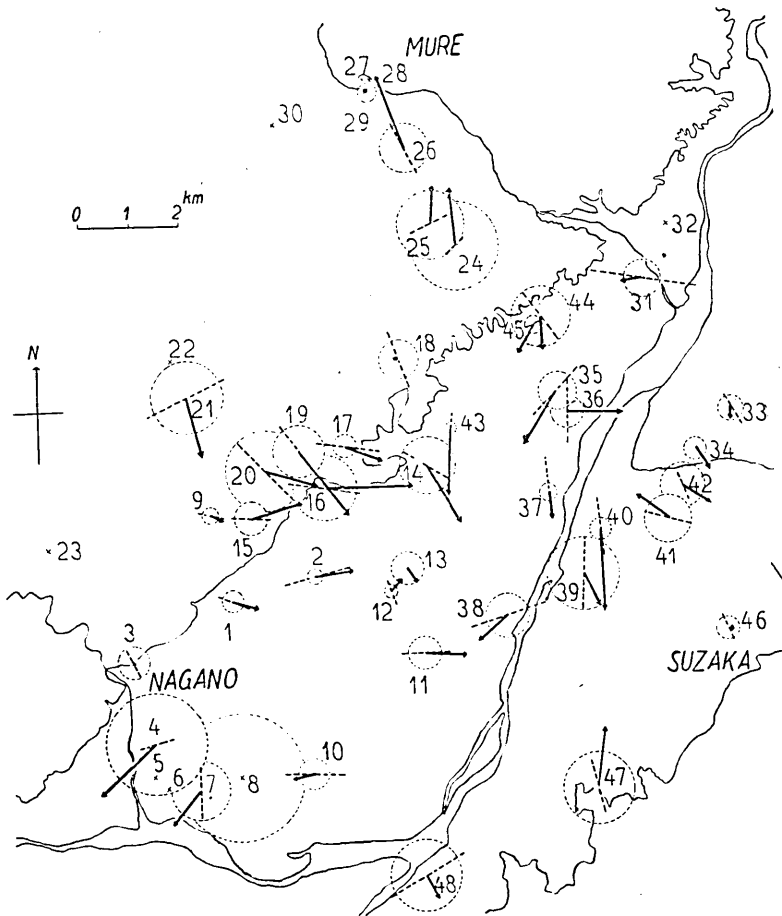
位置も此の地域にはいる様である。此をもし西の山麓にとれば山の方の率が餘り急激に減少し、又千曲川西岸長沼村にとれば、その東方の小布施・須坂の山麓が地質が違ふとはいへ西の山麓と大體顛倒率が似た値にならなければならないと考へられる。

地質に對する關係は、沖積層の方が顛倒率が他に比べて大きい様であるが、後で述べる振子時計に於ける關係程明瞭でない。

顛倒方向は 360° を 30° 宛に分けたが、その中で1方向に極大になるものは、急激な地震動によつて倒れたと考へ、 180° の差を以て2方向に極大になるものは土地の往復運動によつて何れかの方向に倒れたと考へた。此の二つの倒れ方を分析しようとして、第II表の12方位の顛倒數を調和分析し、一つの極大を第1調和項で表はし、二つの極大を生ずる振動は第2項で示されるものと假定した。

その結果は第3圖に示した。圖中點線の圓は第1項の信用度を示さうと、分析した振幅即ち矢の長さを統計學上の期待値と比べる爲に、期待値を示したもので、破線で圖示した第2項については第1項の場合の長さの單位を2分の1にしたから、破線の

全長を圓の半徑と比べて見なければならぬ。以後矢の端が圓の中にはいるものは偶然な場合とみなして、圓より外に矢が出てゐるものについてのみ考究を進める。第2圖の黒丸の大きいものが信用度も大きいことを示す。



第3圖 墓石の顛倒方向(圓は第一調和項に對する期待値を示す)

第1項と第2項との間の角は 30° 以上になるものは大層少く、前述の様に分析に用ひた材料が 30° を單位にしてゐることを考へれば其等の方向は等しいといつてもよい。此のことは從來明かでなかつた墓石の顛倒方向の地震動の進行方向に平行であることを示すものであらう。

その様に考へると、第1項を示す矢をその方向に延長して、その交點の分布を調べれば、震央に於て交點の数が最も密になると推測される。そこで圖によつて交點をつくり、圖上で一邊 2.5 km に當る正方形内の交點数を數へた。その總數 155 となり、

正方形の綱目の内の交点数の最も多い所は 27 となつて、その綱目の位置は大體顛倒率からきめた震央と一致する。此の交点の総数を、矢が全く偶然な方向を向いた場合と比較して見る。

矢の数を m 個とすると、一つの交点は二つの矢によつてつくられるのであるから、交点の総数 N は m 個の中 2 個の組合せで求められる。即ち

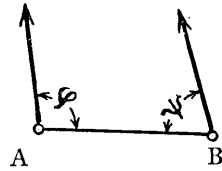
$$N = \binom{m}{2} = \frac{m(m-1)}{2}$$

併し矢は一方にのみ延長されるのであるから次の条件を要する。今第 4 圖の様に A、B 二点からの矢の AB となす方向を夫々 φ, ψ とすれば、

$$\psi \leq \pi - \varphi$$

でなければ矢は交はらない。此を ψ について平均すれば、交点をつくる確率 p は

$$p = \frac{\pi - \varphi}{2\pi} = \frac{\pi - \pi/2}{2\pi} = \frac{1}{4}.$$



第 4 圖

交点の出来ない場合の確率 q は

$$q = 1 - p = \frac{3}{4}.$$

故に n 個の交点の出来る確率は

$$W(n) = \binom{N}{n} p^n q^{N-n}$$

測定から求めた交点の数だけの交点の出来る確率即ち期待値は

$$E = \int_{\delta_0}^{\infty} W(\delta) d\delta = \int_{\delta_0}^{\infty} \sqrt{\frac{\nu}{2\pi q}} e^{-\frac{\nu}{2q} \delta^2} d\delta$$

但し

$$\delta = \frac{n - \nu}{\nu}, \quad \nu = pN.$$

となる。墓石について E を求めると、

$$m = 23, n = 155, N = 253,$$

であるから

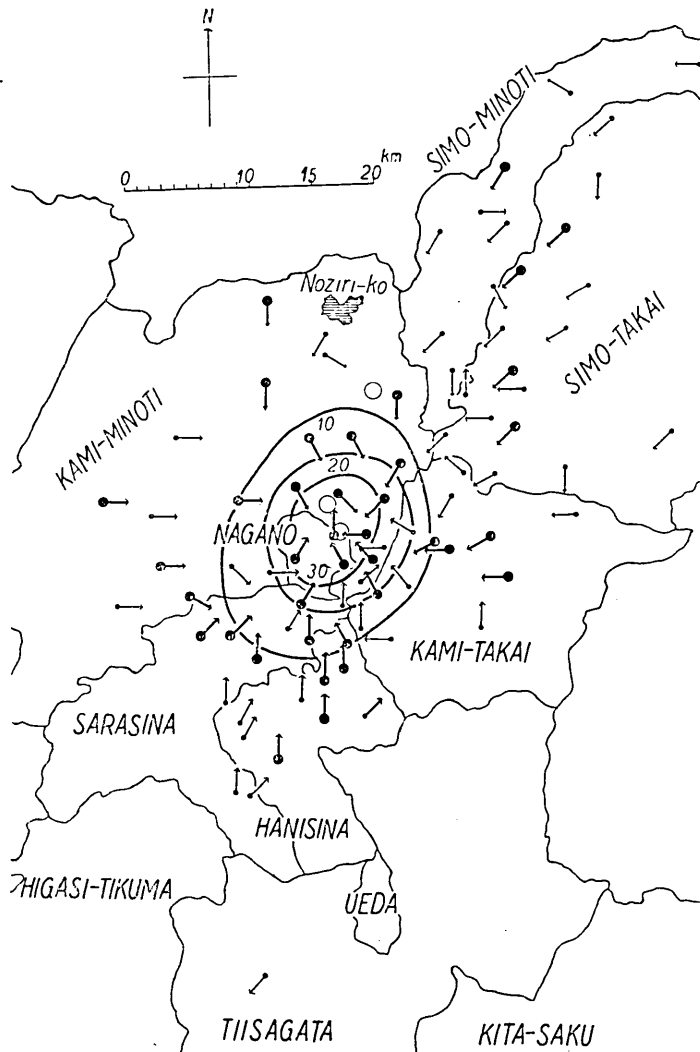
$$E \approx O(10^{-10})$$

となる。故に測定して得た交点数は信用度の高いものである。

此の結果震央に近い所の矢は震央に向くことがわかり、数 km 離れた所では矢の外側を向くものもあつて、遠くの矢の分布は中央氣象臺発行の「昭和 16 年 7 月 15 日長野強震調査概報」中の P 波初動分布に一致するのは興味をひく。

地震調査表

我々のつくつた地震調査表は縣學務部が各地の國民學校へ記入依頼状と共に配布するといふ便宜を與へられ、各町村の字毎に1枚宛の報告が書かれる様にした。記入者は多く高等科の二年生であつた。此の表によつて得られた結果は前の表に示した。



第5圖 光り物の見えた方向(3個の白丸は33KVの送電線の斷線箇所)

此の表の中、調査戸数は主として振り時計の數から推定したもので戸數と時計の數とのわかつてゐる所で比較して見ると殆ど等しかつた。戸數が調査表の枚數より多いの

は1枚の中に統計的に調べた結果が括められたものが多かつた爲である。

光り物 大地震の時に起る光り物については武者金吉氏¹⁾の著書にそれまでの文献と共によく調べられてゐるが、地震に伴つて必ずあるものではない様である。今回の地震には各地で多数の人々の見たことは第2表からもわかる通りである。見た人の数の多い村のみをとつて、各村に於いて光り物の見えた方向と見た人数とについてベクトル和を作り、その方向のみを圖示すれば第5圖の様になる。墓石の時とは違つて調和分析はしなかつたが、此の中観測数の多いベクトルを延長して得た交點の数を5km平方の綱目の中にわけてかぞへ、前の通りに計算して見ると次の様になる。

$$m=38, n=292, N=705$$

$$E \approx O(10^{-6})$$

交點数は矢の向きが偶然の場合よりも遙かに多く、その結果は信用出来る。綱目の隅にある交點数を更に4つ宛平均し、その値を正方形の綱の中心に記した上で数の等しい線をひくと第5圖の通りで、楕圓形をなし、その中心は長野市の北東、吉田町に當る。光り物は如何にして生ずるかは寺田寅彦、清水武雄の二氏の説明されたものがある²⁾が、今回のものは高壓線の斷線によるものではないかと思ふ。長野電気株式会社^{シヅカ}の調査によると、淺川村^{シヅカ}同去眞光寺・長野市吉田町に於て33KVの送電線が切斷され發光が見られたことは確かである。又同じ電壓の送電線の斷線が三水村字田中にもあつたが發光は確かでない。交點の数の方から求めた中心は前の二個所と大體一致するから、光り物は電光を見たとして説明がつく。三水村のは此の様にして説明は出来ないが、こゝに記載を略した字別の調査材料を見ると字田中で光を見た人の数が特に多いことは此處でも發光したと考へてもよいと思ふ。

尙調査表によつて光の色を見ると、色に關する報告數1047の中青白が49%、赤31%、黄16%で、他に青、綠、橙以外に黄赤、黄茶、青赤、青黄といふ複雑な色が報告された。光の形について報告數937の中電光が71%、火柱18%、火の玉9%、他に火事、極光、星、花火等と記したものが少數であつた。時刻については地震後が最も多く52.5%、同時か地震前に見た人の數は19%となる。長沼附近で直接聞いた話でも電光の様だつたといふのが多く、或ひは星が二つ見えたとも云ふ。光の目撃者の報告の代表として8月22日に長野市西長野の牛木辰一郎氏の報ぜられたものを掲げる。「……激震の止みたるを幸、家族と共に庭(南側)に避難したる時は電燈は消え手探りにて出でし所暗夜に善光寺(E 20° N)の方にあたり青白色の光芒¹ 間位立

1) 武者金吉 地震に伴ふ發光現象の研究及び資料(昭和7年)

2) 前掲1)を参照

上り、幅も 2 米を出ず、さてと思ひ居るうちに消えて間もなく 2 回目の光芒、不思議と思ひ居るうちに消えて最初の強烈なる餘震を受け家の甚しく動揺するを見受けました。月はなく電気も消え、それでも變壓器の故障かと思ひました。地電氣の放電個所は震央地の方向なるも地形の方から震央地では遠過ぎるやうに思はれ、目撃個所よりはもつと近い所ではないかと思はれます。有様は放電の際の遠くで見るものの如く、家並や庭園の木々の縁邊に幅 2 米位、高さは之より高いやうに見受けられました。色は放電の際の淡きもの、兎も角も地震に際して光現象を望みたるは最初の經驗、其後餘震はしきりにあるも光現象なく、小雨となり屋内に入る。右は参考までに御報告致します……」

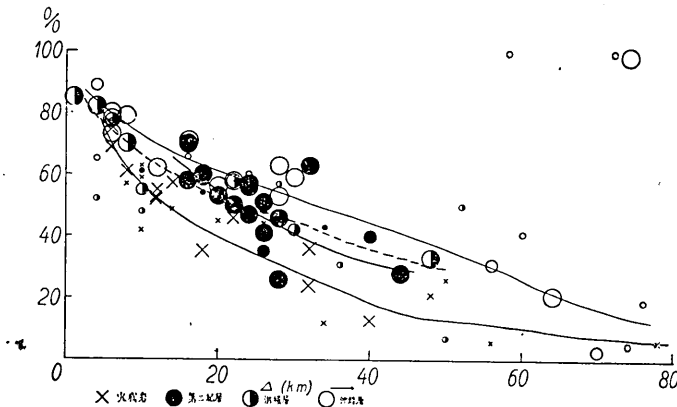
當時雨模様であつたが、近くに雷はなかつたので、吉田の送電線の斷線の際の電光と見ればよいのであらう。但し、雨模様の雲の低い場合として觀測された距離が遠過ぎる様にも思はれる。

尙普通の高壓線の斷線が吉田營業所管内で 2、柳原で 2、低壓線は吉田 3、長沼 18、柏原 1 であつた。

要する此の地震の際の光り物は高壓線の斷線によつて説明出来る様である。

振り時計 地震調査表によつて振り時計が地震で止つたか否かを、文字盤の方向に關して調べた。1 村につき 10 個以上の時計を調べた村の数が 124、20 個以上が 93 あつた。この 93 の村の結果 (第 IV 表) から、止つた時計の百分率をとつてその値の等しい所を結んで見ると第 7 圖の様になる。村落の分布が限られてゐることが影響してゐるかも知れないが、千曲川・犀川に沿うて時計を止めるに有効な地震動が強いと云へる。又野尻・諏訪の湖畔特に後者が異常であることは著しい事實である。

震央には假りに中央氣象臺の概報に記された位置を採り、震央距離 Δ と時計の止つ



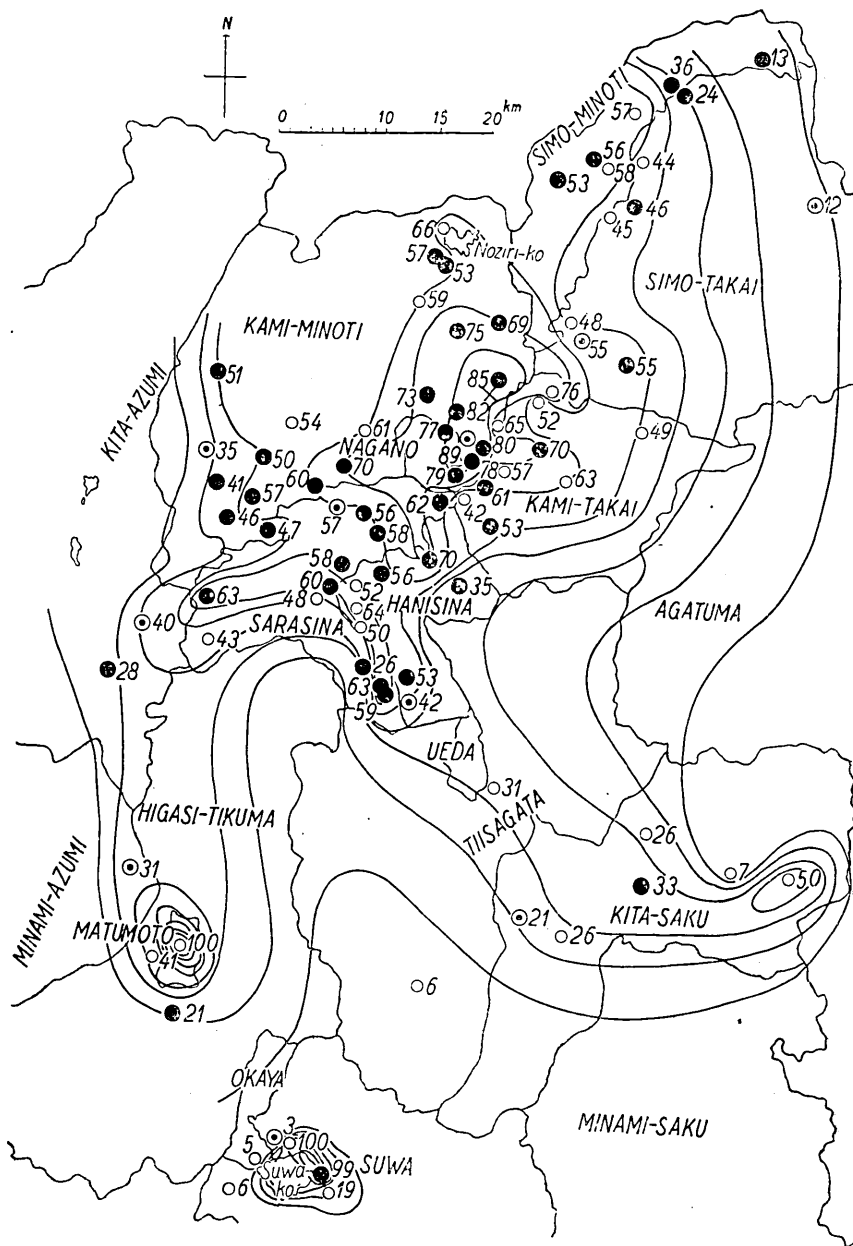
第 6 圖 振り時計の止つた率と距離及び地質との關係

第 IV 表

番 號	郡	村	震央距離 (km)	止つた率 (%)	地 質	番 號	郡	村	震央距離 (km)	止つた率 (%)	地 質			
1	諏訪郡	長上川下四岡	70	3	沖積層	46	上	若槻濃大三	4	82	洪積層			
2			74	99		47			16	66		沖積層		
3			78	6		48			8	79				
4			72	100		49			6	69				
5			76	19		50			14	57			火成岩	
6			74	5		51			6	75				
7	北佐久郡	岡里倉和賀田	48	33	洪積層	水	中北朝七	6	75	第三紀層				
8			44	26				52	26		41			
9			52	50				53	26		35			
10			50	29				54	6		78			
11			50	7				55	18		60			
12			48	21				56	6		73	沖積層		
13	東筑摩郡	島立	60	41	沖積層	内	水	6	80	第三紀層				
14			64	21				58	24		47			
15			58	100				59	1		85			
16	南安郡	豊科	56	31	"	61	内	10	59	第三紀層				
17	北安郡	八坂	40	40	第三紀層	62	63	4	65	54	沖積層			
18			44	28								64	16	70
19	小縣郡	川田	36	31	洪積層	65	66	4	10	89	沖積層			
20			56	6								67	12	61
21	更級郡	鹽真村信牧篠桑稻大石山和	22	58	沖積層	67	68	26	28	51	第三紀層			
22			12	62								69	28	46
23			30	59								70	24	57
24			18	57								71	20	53
25			32	63								72	24	56
26			16	58								73	32	36
27			26	48								74	28	57
28			24	60								75	40	13
29			34	43								76	22	58
30			28	63								77	8	70
31			28	26								78	8	61
32			16	58								79	12	53
33	埴科郡	坂代榮代加生縣條	28	53	沖積層	上	高	井	8	70	火成岩			
34			16	70								80	14	49
35			18	35								81	4	52
36			22	52								82	10	63
37			26	50								83	10	42
38			24	60								84	8	57
39			20	56								85	6	76
40			30	42								86	26	44
41	長野市	吉田	6	77	" " " " "	下	高	井	22	12	火成岩			
42			38	87								34	12	24
43			60	88								32	24	46
44			62	89								22	12	55
45			55	90								12	10	55
			91	10	45									
			92	20	45									
			93	10	48									

た百分率との關係をみると、率の距離と共に減ることは明瞭である。更に此等の點を地質調査所の 40 萬分の 1 の地質圖によつて、火成岩・第三紀層・洪積層・沖積層

にわけ、更に率の信用度を區別する爲に報告された時計の数が 100 以上のもの、20 以上のもの、その中間のものとの三つに分けて印の大きさに區別した圖（第 6 圖）を



第 7 圖 振り時計の止つた率

つくと、地質の影響がはつきりと見られる。即ち、火成岩の上にある村のを結ぶ曲

線は第三紀層及び洪積層の線の下に、沖積層のものはその上にある。第三紀層と洪積層とはつきり分れないが、結論として地質の差が時計に關する地震動に影響することが統計的に立證される。

止つた時計の文字盤の方向に關しては、長野市内各地では著しい結果であつたので、縣下一帯にまで調査を擴げたが、思つた程の結果は得られなかつた。東西南北の方向に分け、其の最大の率と最小の率との差を以て方向性の度合を示すものとしてこれと止つた率との關係をしらべたところ、30~40%の率の所が最も方向性をもつてゐると言へる様である。此以外は將來の調査にまつこととする。

地鳴 此の地震は音を伴つたので、我々の實地踏査以外の土地の狀況も知らうと、調査表に記入を依頼した。音は殆ど總べてドン又はゴーンと形容された。方向性については、光り物と同様にして調べ、矢の延長の交はる點の數から中心を求めると、墓石の顛倒方向から求めた震央に大體一致した。(第8圖) 併し交點數を數へる網目が6 km毎であり、用ひた地圖も前者は5萬分の1、後者は20萬分の1であるから餘り詳しいことは云へない。此の場合の統計の結果を次に記して此の問題は止める。

$$m=42, \quad n=267, \quad N=86,$$

$$N=O(10^{-4})$$

地割れ i) 激震區域の各地で地割れが見られた。次に代表的のものを記す。千曲川兩岸の堤には小さい割れ目が無數にあり、堤の内側の數十年前から畑となつてゐる所にも30~40 mの長さの割れ目を東岸では日野村村山、西岸では長沼村穂保、津野附近で見た。そして所々水と砂とを噴出した跡の砂が残つてゐた。

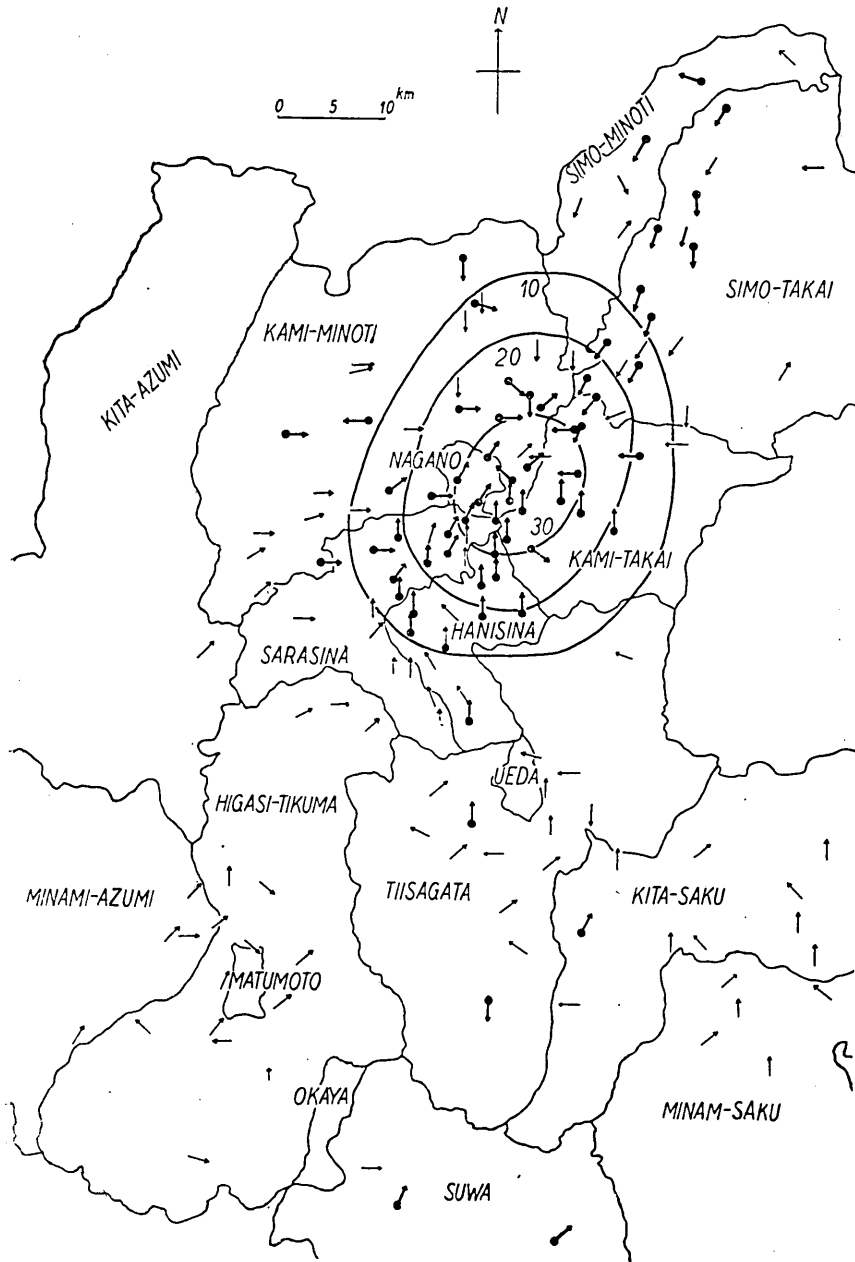
ii) 朝陽村北長池の南外れ野菜畑の中に N 30° N の方向で300 m 位小川を越して續いたものがあつた。(第9圖) 割れ目の深さは160 cm 以上の所があつた。此の割れ目の線は言傳へによる犀川の岸であつたといふ。

iii) 豊洲村相之島の道路は道に平行な割目が無數に出來て、方々から砂をまぜた水が噴出し足をぬらし、そのために地震を千曲川の氾濫と間違へた人さへあつたといふ。

iv) 此の地震で最も著しかつたのは長沼村赤沼東組のものであらう。無數の割れ目が道路にも家屋の下にも通つてゐた。その主なものをあげれば次の通りである。(第10圖)

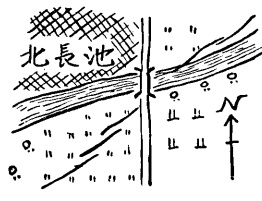
- a) N 20 m の割れ目が北端から N 25° W に向きを變へて數 m 續いてゐるもの
- b) N 10° W から N 45° W に變り數十 m 續いたもの (第22~23圖)
- c) 方向 N、長さ約 10 m のもの

- d) 方向 $N 30^{\circ}E$ のもの
- e) 割れ目 d の北のりんご畑にはいと、道を横切つて N に向つた小さな割れ目が無数にあつた。

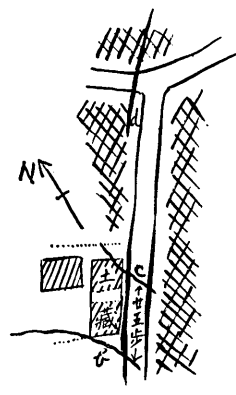


第 8 圖 地鳴の聞えた方向。楕圓は矢の交點の數の等しい所を結んだもの

V) 赤沼東組の北, 豊野から小布施に行く道の南約 500 m の所に今度の地震で生じた最も大きい割れ目が 7 月 18 日 我々が此處に着いた少し前に見出された。全長約 250 m で第 11 圖の A と記した割目がその中でも大きく, 地震斷層かと思はれる程であつた。簡単な測量を行つた結果は第 11 圖に示すとほりであつて兩端のかけをつけたところには水と砂とをふきだしたあとがあつた。(第 18~19 圖) A の附近に殆ど東西及び南北の畝がつくれ豆が植えられてゐたので, 割目の兩側の變位が認められた。そこで一方の畝の上に紐を張り他方まで延長して横ずれを測定した。そして割れ目の兩端に横ずれがあるか否かを見ようと考へた。東西のずれを 6 個



第 9 圖

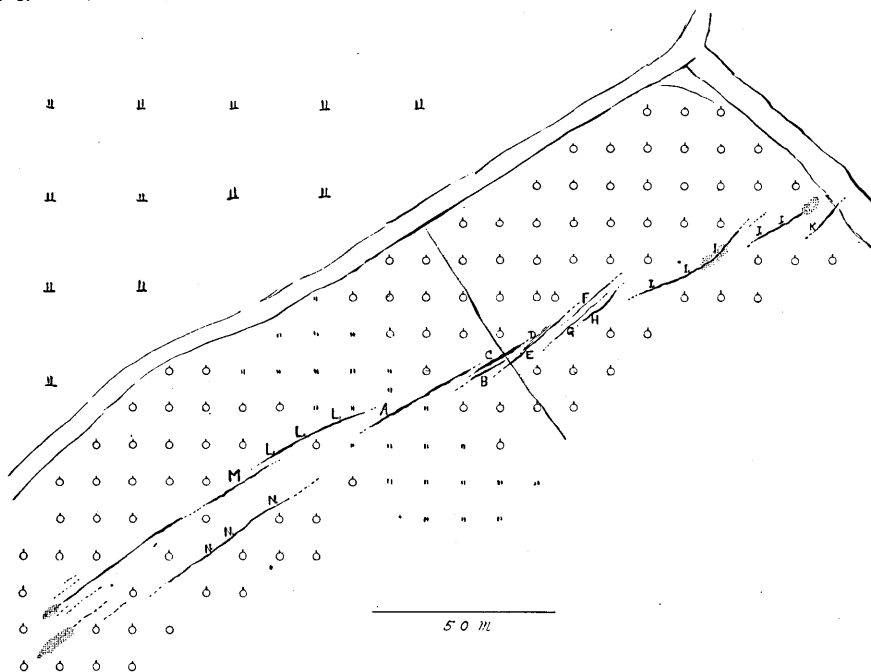


第 10 圖

所南北 5 個所測つた結果, 此の割れ目では

東西のずれ	13.2 ± 1.9 cm
南北のずれ	15.0 ± 1.7 cm

となつて, 此を合成すると割れ目の向きに垂直に 20 cm 程水平移動であつたことがわ



第 11 圖

かつた。それ故、この割れ目は引離されたもので振れは無いと考へられる。そして此の變位は、割れ目に殆んど平行して北方に、以前は沼で現在は田になつてゐる低地があるので、その方に土地がすり落ちた結果地割れを生じたとすれば一應の説明はつく。

尙赤沼では地割れの多い土地より、南の部分の地割れの無い土地の方が家屋の被害は多かつたことが目についた。

鐵道の被害 省線では吉田驛の北 6 km の所では線路が左右に 70 mm、上下に 50 mm のずれがあり、そこから南 2.1 km 所に 2 箇所少し變動があつたが別に測定はされなかつたといふ。長野電鐵では村山橋の東約 100 m の附近が 30 cm 程沈下したが、交通には支障りはなかつた。村山橋は電車と人や車の通路とがな並んだ鐵橋であるが中央を固定して兩端に橋桁のずれが増し、その量が對稱であつたことが見られた。

井戸 豊洲村では道路から水を噴出したことは前に述べたが、井戸水も噴出した所が多く水は濁つた。上水内郡若槻・朝陽・神郷の村々でも濁つたものが多かつた。

神郷村南郷村は家屋の被害の大きかつた所であるが、7 月 20 日に調査に行つたところ山麓の谷間に石油をとる目的で井戸を掘り、石油は出ないので鐵管を埋め残してあつた所から 7 月 17 日の夜以來水が流れ出してゐた。

何の郡でも井水の濁を報じてゐるが本年は雨が多く、此の地方より南方の松本市では道路の真中に割れ目が出来て水が涌き出した所があつたといふことであるから、以上は地震が一次的の作用をしたか否かは疑はしい。

温泉については諏訪で温泉調査數の 226 中 55 の溫度が騰つたと報告され、埴科郡寺尾の加賀井温泉でも地震前水量が増し濁り、地震後に水量はへり色は澄んだといふ。上高井郡高井の山田温泉では地震後量が増し溫度が上つたといふ。併し矢橋氏の調査によると、今度の地震による温泉の變化は確かとは云へない様である。

終りに臨み、此の調査は文部省科學研究費による所多く、地震調査表に就いては長野縣學務部の御援助によつて出来たものであつてこゝに御禮申上げる。其の他地震後の御多忙中種々調査に便宜を與へられた長野縣官民諸氏特に八木貞助氏には種々御力ぞへ下さり感謝に堪へない次第である。

2) 矢橋徳太郎 地震 13 (昭和 16), 267—271.

39. *A Statistical Investigation of the Strong Earthquake of July 15, 1941, near Nagano.*

By Fuyuhiko KISHINOUE, Takesi NAGATA,
and Setumi MIYAMURA,

Earthquake Research Institute,

Detailed investigation of phenomena that accompany earthquakes is fundamental work in seismology. Unfortunately, however, we have not yet advanced to that stage where we could predict earthquakes, while the means at our disposal at present for studying them the instant they arrive are inadequate, particularly, in the case of destructive shocks near their epicentres, all that we can do being to study the aftershocks that are recorded on seismographs, which data are nevertheless very valuable. But there is much information besides that pertaining directly to the main shock, and it is this knowledge that the writers sought to obtain.

In the case of the recent earthquake in the neighbourhood of the City of Nagano, they tried to investigate the main shock from phenomena that accompanied it.

Overturning of gravestones have often been taken as a dynamical indicator of the seismic intensity. Although a few gravestones that were regarded hitherto as typical for this purpose were examined, it was found that they are not typical in every respects, to circumvent which drawback we set ourselves to study the earthquake statistically.

Fifty churchyards and cemeteries were visited and the number of overturned gravestones counted, and the directions in which the stones fell were measured, ignoring the differences in their type, shape, and mode of setting. The results are shown in Table III and Figs. 2, 3. The rate of overturn was large in the village of Naganuma, lying the flood plain of the Tikuma-River, and on the hill side taluses in the villages of Kamisato and Wakatuki.

The total number of overturned gravestones was divided into twelve sectors, and the numbers in each of these sectors analysed in Fourier series, the first harmonics representing the number thrown down by the first shock and the second harmonics the number of those thrown down by the horizontal back and forth motions of the ground. The vectors of the first harmonics exceed the circles of their expectancy which, as shown by the dotted circles in Fig. 3, converge to Naganuma Village with a probability of 10^{-10} . The differences in the directions of the first and the second harmonics are small, as shown in Fig. 3.

We addressed questionnaires to the inhabitants of ten districts in Nagano Prefecture and received 1432 replies. Our questions concerned the effects of the earthquake motion on pendulum clocks; luminous phenomena and earthquake sounds that accompanied the earthquake, if any; earth fissures, and changes in the water of wells, as also in the ground level.

Isoseismal lines of the percentage of stopped clocks showed smaller values of seismic intensity than the isoseismal lines of the percentage of overturned gravestones (Fig. 6).

Luminous phenomena were seen. Many of the replies mentioned bluish white sparks having been seen immediately following the shock. The Electric Company informed us of three cases of short-circuiting of 33 kV power cables. The vectors of the directions in which the spark was seen converge to the place where the cables were broken. So we concluded that the main cause of the luminosity was the electric sparks (Fig. 5) due to short-circuiting.

The vectors of the direction in which the earthquake sounds were heard also converged to the epicentral region (Fig. 8).

In addition to the foregoing phenomena, many fissures were met with in the macroseismic

region, crossing roads and fields, especially in the villages of Naganuma, Toyosu, and Hino, the largest being the one that occurred in the apple orchard at Akanuma-Higasigumi, Naganuma. Its total length was about 250 m, the maximum width of the opening being about 20 cm. These fissures were probably the result of local land-slides of the alluvial deposits of the Tikuma-River.



第 12 圖 豊洲村別府 (No. 41)
顛倒率 31 % (15/48)



第 13 圖 神郷村南郷桃源院 (No. 43)
顛倒率 89 % (239/267)



第 14 圖 長野市吉田町 (No. 2)
顛倒率 31 % (147/474)



(矢橋徳太郎氏撮)
第 15 圖 日野村村山 (No. 39)
顛倒率 6 % (6/190)



第 16 圖 中郷村四ツ屋 (No. 26)
顛倒率 13 (14/105)



(矢橋徳太郎氏撮)
第 17 圖 長沼村穂保 (No. 37)
顛倒率 53 % (129/242)



第 18 圖 長沼村赤沼東組の地割れ



第 19 圖 赤沼東組の地割れの横ずれ測定



(永田康一氏撮)

第 20 圖 赤沼東組砂を噴出した地割れ



(永田康一氏撮)

第 21 圖 豊洲村相之島の地割れ

(震研彙報 第十九號 圖版 岸上・永田・宮村)



第 22 圖 赤沼東組の地割れ



第 23 圖 赤沼東組の地割れ第22圖の下の方