

32. 今市地震余震の栃木縣船生村^{フニユウ} における観測について

地震研究所 { 宮村 攝三
秋間 哲夫

(昭和 25 年 2 月 18 日發表—昭和 25 年 9 月 30 日受理)

1. はしがき 餘震の計測的研究は那須信治¹⁾による丹後地震等にもなつた餘震の観測²⁾をはじめ、最近では萩原尊禮、水上武、表俊一郎、等によつて、機會あるごとにおこなわれて、徐々に計器、方法等もすすんできた。しかし、大體において、餘震發生の時間的消長をしらべ、 $P-S$ 時間によつて震源をさだめ、その空間的分布、乃至時間的推移を論じ、大森常數をくらべ、あるいは $P-S$ 時間の頻度をみる、といったような程度のことがおこなわれていただけである。たゞ、最近になつて、萩原尊禮³⁾が、各餘震の發震機構を同一と假定したときの初動分布をもとめ、表俊一郎⁴⁾は福井地震餘震において、はじめて、とにかく發震時をえて走時を論ずるなど、ようやくあたらしい面があらわれるにいたつた。なおこのほか、餘震の比較観測によつて、水上武、佐久間修三⁵⁾が種々の地盤の震動性質の差違をしらべたことも、別の面でのあたらしい成果であつた。とにかく、餘震の計測的研究は、餘震そのものの研究としてはもちろん、それによつて地震動、地震波についての研究、地殻構造、發震機構にいたる種々の問題の有力な手がかりを提供し、とくに震央にごくちかいところの地震動を観測できるために、普通の観測ではめつたにえられないような材料を豊富にあたえる機會になるのである。しかしながら、従來の程度の観測では、數百の餘震を苦心して観測しても、けつして充分の利用にたえるものすくなかつたことも、また經驗者すべての知るところであり、したがつて、えられた結果もかぎられたものとならざるをえなかつたのは當然であつた。筆者らはこ

1) 那須信治、震研彙報 6 (1928), 7 (1929), 13 (1935), *NASU, N. Journ. Fac. Sci. Tokyo. Univ. Sec. II. Vol. III* (1929) [丹後地震], 那須信治 震研彙報別冊 3 號 (1936) [臺灣地震].

2) 萩原尊禮・表俊一郎 震研彙報 15 (1937) [新島地震].

萩原尊禮 同上 18 (1940) [男鹿地震].

表俊一郎 同上 22 (1944) [鳥取地震].

表俊一郎 同上 24 (1946) [東海道地震, 三河地震].

水上武 同上 24 (1946) [東海道地震, 三河地震].

OMOTE, *S. Report of the Special Committee for the Study of the Fukui Earthq.* (1950).

[福井地震]

3) 萩原尊禮・他 震研研究速報 5 (1947). [南海道地震].

4) 表俊一郎 地震學會第 5 回講演會 (1950, VI), 震研談話會 (1950, VII).

5) 水上武・震研彙報 22 (1944).

水上武・佐久間修三 同上 26 (1948).

佐久間修三 同上 26 (1948).

これらの點をいくらかでも改良して、豊富に餘震観測を利用できるようにするために、とりあえずつぎの數點を考慮して観測計畫を準備していた。すなわち、

(1) 震動を完全に記録するために、よく検定された水平動2上下動1の3成分の地震計を使用する。(これは、のちにのべるように、 P, S のはじまりを決定するためだけにでも必要であり、1成分では $P-S$ 時間さえたゞしい値がえられない危険がおゝいと考へなければならぬ。)

(2) 時刻精度を向上するために、精密な記録装置を採用する。

(3) 時刻精度向上と精密な震動分析とにたえるようにするために、記録紙のはやさをます。(震源のちかい餘震の震動には短週期のものがおゝいので、従来、記録線がはつきりたどれるような記象のえられないことが、特に加速度計ではおゝかつた。位相の決定にもこれは大きな誤差の原因となつていた。)

(4) 時刻精度を向上するために、刻時信號を、ある程度頻繁に、またできれば各観測點に同一の時計であたえる。

等であり、これらによつて、餘震の計測的研究は相當現状から前進しうるとかんがえた。

さて、このような計畫の具體的な準備をはじめようやく1-2年のときに、今回の今市地震がおこつた。上下動地震計は組立てまえ、刻時法は實驗中というところであつたが、無理をして、餘震観測網の1點だけをうけもち、今市北東約10kmの船生村において観測をおこなつた。準備不十分のためと、観測位置が餘震々央からはなれすぎていたゝめに、大した結果がえられなかつたが、あたらしいこゝろみもあり、簡単に概略を報告しておくことにした。なお一般の餘震報告⁶⁾にも船生村観測の結果はふくまれているので、重複する點はすべてはぶいた。

2. 観測器械および方法 うえにのべた計畫にもとづいて實施した、今回の観測の器械および方法についてのべる。

(1) 地震計 まづ、上下動地震計の便利につかえるものというところ、どうしても短週期のものになる。3成分は同一の常數のものをもちたい。なお現状としてすゝがきをとるのが種々の理由で適當である。これらの點をかかんがえ、石本式加速度計⁷⁾の携帯用のものを3成分つくつた。これは100倍の小型携帯用⁸⁾に似た形で、おもりをその約2倍(15kg)にし、倍率も2倍にしたものである。自己週期は水平動、上下動ともに $T_0 = 0.08$ 秒、基本倍率は $V = 200$ 、になつている。

位相の點で、加速度計がもつともよいこと⁷⁾、震央近くで行う餘震観測では加速度が大きいから、加速度計によれば比較のおゝくの地震をつかまえること、などもこの採用の決定にあたり考慮したことである。さらに、われわれのつくつたねぢりふりこフィルター⁸⁾をもちいれば、眞の加速度記象からは、任意の常數の地震計がかいたであろう記象をうることもできるはずである。(もちろん、加速度として記録されてさえいればであるが)。そこで一應こうきめたわけである。

6) 地震研究所 今市地震余震観測報告 震研彙報 28 (1950), 387~392.

7) 中村左衛門太郎 學研天文地物邦文輯報 第1巻第2號 (1941).

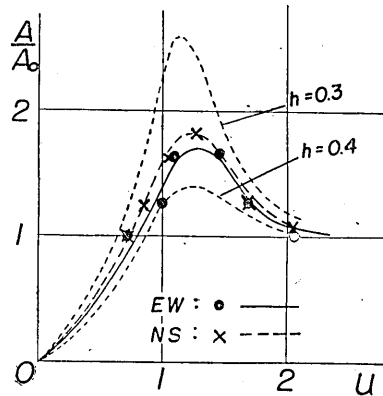
8) 秋間哲夫 震研彙報 26 (1948), 坪井忠二・宮村攝三・秋間哲夫 震研談話會昭和21年7月.

9) 萩原尊禮 振動測定 (寶文館).

この地震計の減衰は、知られているように、空気制振であるが、その使用時の値 h をしるには、たゞいてみるテストでは不充分である。今回、すでに諸所でおこなわれている、おもりに直接種々の周期の偏心廻轉の變位によるバネの力をあたえて、強制振動をさせる装置⁹⁾を、現場にもつてゆき、使用中の h を強制振動の倍率曲線をつくつてもとめた。東西、および南北に使用した地震計の現場における振動試験の結果は第1圖にしめすとおりであり、ほぼ $h=0.35$ で使用されていたわけである。これはたゞき試験で減衰比の目測をあやまつていたため制振がすこしよすぎたのである。

(2) 記録装置 3 成分を同一の圓筒に記録することは、各成分の刻時のどれかゞぬけたとき、各成分の精確な時間位置の對應をつけるのに必要である。3 成分用大型圓筒(圓周 600 mm 長さ 720 mm)をつかつた精密記録装置およびその駆動装置等は坪井忠二および著者の一人等によつて、すでに製作されてあつた。¹⁰⁾これに若干の變更をくわえ使用した。すなわち、廻轉は從來どおり坪井式二本吊振子制御直流モーター(俗稱ブルブル)とし、よこにすらす方は、精度はいらないので、ブルブルの負荷をかるくするため、普通の直流モーターをもちいた。電源は交流 100V を 6V 電池充電用のセレン整流器で整流した直流 6V を常用し、停電時の用意に、これとともに乾電池を並列につなぎ、蓄電池の浮遊充電使用と同様な方式をこゝろみた。これは平時にも一種の電壓調整として役立ち、廻轉の一樣性に好影響をあたえたようである。停電のとき放電した乾電池は、交流がくるとまた徐々に充電されて、ほぼ蓄電池のようなはたらきをした。半日以上停電では乾電池が放電してモーターがとまつたが、ふたゞび充電後の停電では同様にはたらき、観測期間中有効であつた。廻轉の精度は記録の秒刻時によつてしらべると、もつともわるいときでも 1/10 秒以下であつた。

(3) 記録紙速度 時間の精度を 0.1 秒として、從來の記録紙速度の 1 mm/sec. では、長さの 0.1 mm までよまなくてはならない。これは紙の伸縮、よみとりの誤差、位相決定の誤差等から無理である。一方圓筒の廻轉が、圓周 600 mm のものでは 10 分 1 回轉までにおとさなくてはならない。この終段の齒車に 240 枚のものをもちいても、1 秒が $240/600=10/25$ 齒、0.1 秒は $1/25$ 齒にしかあたらない。これでは齒車の齒のところの不規則な偶然誤差がひゞくわけで、銅ベルト等によつて改良するか、または 0.1 秒あたりの齒数をます、つまり廻轉をはやめる必要がある。しかしよこすりの線の間隔は



第1圖 使用加速度計の現場での振動試験による倍率曲線。

Fig. 1. Dynamische Vergrößerung der horizontalen Seismographen durch eine Prüfung an die Meßstelle.

10) 坪井忠二・宮村攝三・實川顯 地震 13 (1941), 267. 14 (1942), 209.

加速度計でも、そうこまかくはできないし、一日一回以上の記象紙のとりかえは無理である。そこで、その範囲で最大の記録紙速度をえるようにしたいと考えた。今回は、種々の都合で約 2.5 mm/sec, つまり 4 分 1 回轉ほどになった。これで、時間の精度と、震動記録の短週期振動に対する分解能が相當にました。はやい振動で眞白くなつて $P-S$ がよめるだけのよな記象からは解放された。

すゝがきにおいて記録紙速度をはやくすると、固體摩擦變化をきたす點が問題となるが、¹¹⁾ われわれの場合のように短週期の地震計ではその影響は考える必要はない。

(4) 刻時 今回は 1 點だけであつたので、クロノメーターによる秒刻時をいれた。坪井研究室の好意により、重力測定用の時計とサイラトロン・リレー等を借用した。分の刻時では萬一回轉が不調の場合精度がおちると思つたのと、分刻時のできる時計がもちだせなかつたために、すこし頻繁すぎたが秒刻時計を採用した。サイラトロンの電源は交流であつたので、停電時には刻時できなかつた。刻時を記入する方法は成案がなかつたが、臨時的に、電磁スピーカーのコーンのかわりに金屬棒をつけ、それで、地震計の擴大装置のむぎわらのねもとのコの字をたゞいた。これで記象寫眞(第 3 圖~第 8 圖)でみられるようにわづかに振動する秒刻時がえられた。刻時の振動する時間は長くても 0.2 秒位で、時刻はそのたちあがりであつて、0.1 秒よりよい精度がえられる。位相が刻時とかさなつた場合は 0.2 秒の誤差はさげられない。しかし、これはおくりののろい場合の従來の種々の刻時法よりは、はるかによいわけである。なおクロノメーターは 1 日 1 回ラヂオの時報を耳できいて、指針をよんで、すゝみをよみ、それによつて時刻の補正をおこなつた。

(5) 其他 すでに發表してあつた、すゝつけ装置、記録白紙まきつけ臺、等¹⁰⁾を携帯用として利用した。

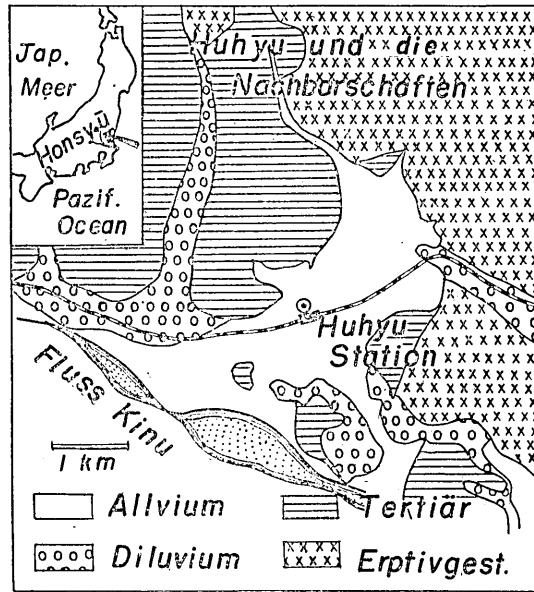
3. 觀測場所 栃木縣シオヤ フニユツ鹽谷郡船生村の驛前旅館の土間を利用した。同村は大體イマイチ 36°45' N, 139°47' E, 今市町の北東約 10 km の高原山の南麓タカハラヤマにあり、南 2 km には鬼怒川キヌガハながれている。驛附近は地質圖で沖積層になつてゐるが、水田をうめて、土盛したところで、特に地盤はよくない。もちろん、山がちかいので、沖積層のあつさは、それほどあついとはおもわれないが、觀測してみても意外に軟弱地盤なのでおどろいた。これについては、のちに地盤の性質としてのべる。(第 2 圖参照)

4. 觀測結果 はじめにことわつたように、準備不十分で強行した觀測であつて、従來どりの $P-S$ 時間などの觀測は別報⁹⁾のように一應できたが、あたらしいこゝろみによる成果は、期待したほどにあがらなかつた。つぎにおもな點について、のべる。

4.1 あたらしくこゝろみた上述の裝備と方法とで、記録された大部分の地震について 0.1 秒、すくなくとも 0.2 秒までの精度で初動の發震時をもとめることができた。そのうち、3 點乃至 4 點の $P-S$ 時間によつて震源をきめることができた 27 ヶの地震についての資料を第 I 表にのせた。發震時は 1 點のみではあまり役にたゝないが、こうしたことができたということは將來への足場として一應しるしておく必要がある。

初動はできるかぎり上下動によつてよんだ。第 3 圖~第 8 圖にしめた記録寫眞にもみられるように、上下動ではすべて P は明瞭であるが、水平動では (P) としたよ

11) 岸上冬彦 地震 15 (1943), 44.



第2圖 船生村附近の地質圖

Fig. 2. Geologische Karte in der Umgebung von Hunyu.

うに、對應する時刻にまつたくうごきのみえない場合もある (Fig. 6, 7). 震源が決定されていないのではつきりはいえないが、大體進行方向にちかい *EW* でや *P* がみえ、直角方向にちかい *NS* でほとんど *P* はみえないのが普通である. (Fig. 3, 4, 5)

一方 *S* は Fig. 4 の *NS* 成分, Fig. 7 の *EW* 成分のように非常に一義的にきまらるが、それらに直角の Fig. 4 の *EW*, Fig. 7 の *NS* では對應する位置に *S* をきめることが、非常に困難ではないが、まよいやすい場合もあり、Fig. 3, 5, 6 のように一應兩成分ともに對應してきめうる場合、まれには Fig. 8 のようないづれにおいても非常にむつかしい場合などさまざまである. とにかく *S* はどうしても水平2成分の一方だけではきめられないことは、たしかである. 上下動の *S* に對應する位置は Fig. 3, 5 のように、やはりある位相をしめすものと、Fig. 4, 7 のように不明瞭のもの、逆に Fig. 6 のようにあきらかに、ふれが急になる、つまり *Negativer Einsatz* (圖で \bar{S} でしめす) とでもいうべき場合などがある.

さらに *P* と *S* とのあいだ、また *S* 以後においても、おのの位相がみられる. これを X_1, X_2, \dots , および Y_1, Y_2, \dots でしめしたが、これはまつたく各地震ごとに別々に記號としてしめたので、Fig. 3 の X_1 と Fig. 4 の X_1 にはなんの對應もあるわけでない. Fig. 5, 6 はわれわれがきれいな、刻時いりの3成分記象をえたうちの、震源の決定されたたゞ2つの地震であり、震源位置はほぼひとしいが、記象もまたある程度にている. ことに X_1, X_2, X_3 などは、ほぼ對應しているように思える. しかし他の記象では大分かわつてくる. とにかく X_2, X_3 のようなはつきりした段を、すべての餘震

第 I 表 Tabelle I

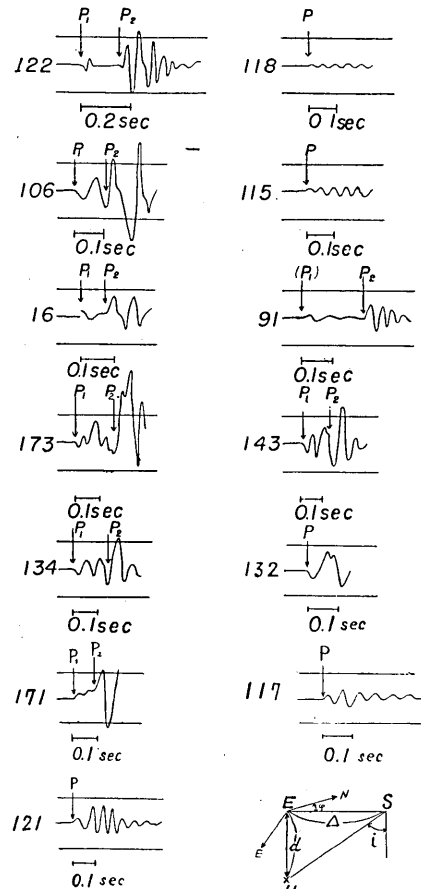
番号 Nr.	月日 Datum	初動發震時 P-Einsatzzeit	初期微動 P-S Zeit	震央距離 Epiz. Distanz	震源の深さ Herdtiefe	震央方位 Epiz. Azimuth
		h m s	sek.	km	km	
7	XII 29	00 35 29,1	2,2	15,6	0	S 43° W
9		01 09 2,-	2,2	14,5	6	40
10		01 35 4,-	3,1	21,4	5	34
38	30	18 18 50,0	1,9	13,8	5	70
41	31	00 44 03,0	2,6	17,0	5	48
65		18 51 07,3	2,2	14,2	0	53
66		18 53 47,8	2,3	15,2	5	49
69		20 47 47,3	2,3	18,0	0	37
91	I 1	12 38 50,7	1,8	13,0	5	77
95	2	00 24 53,2	2,6	18,5	0	45
98		01 39 26,5	2,9	18,1	10	41
106		06 09 36,6	1,8	13,7	3	60
115		18 55 07,-	1,8	13,1	4	70
117		19 19 40,8	2,0	13,0	3	76
118		19 53 14,2	1,2	13,0	0	39
121		23 32 22,2	2,9	14,0	0	43
122	I 3	00 01 32,2	2,0	14,2	0	56
132		15 38 43,2	1,6	11,8	4	67
134		15 46 00,-	1,9	14,4	5	63
143		23 38 50,5	2,5	18,6	4	44
163	I 4	08 33 43,8	1,5	10,8	0	67
170	I 7	18 02 10,9	1,8	14,0	7	70
171		18 28 54,2	2,8	17,7	0	40
173		03 37 01,-	2,6	17,4	8	55
183	I 10	06 00 18,5	1,7	11,0	0	65
184		06 07 40,8	1,5	11,5	2	70
209	I 14	12 17 45,6	3,3	18,5	0	63

についてさがしてみると、このようななんらかの段が水平動においてはつきりみられるものは、はつきりした段のみられないものよりずつとすくない(小さい地震はみな段なしに分類されたから)。この段のある型と段のはつきりしない型とを $P-S$ 時間にわけた頻度分布をつくつてみても、はつきりした區別はない。震央距離とともに、方位をとり、さらに發震機構まで考えなくてはならないのであろう。 $P-X$ 時間、 $X-S$ 時間等と $P-S$ 時間の關係もきれいなものではない。つまり $X_1, X_2 \dots$ それぞれちがつたものであるから、それらをわけて考えられるようにもつと充分の材料をえなくては論ずることができないものと思われる。最後に上下動の初動であるが、これは第9圖にしめす

ように、するどい P_2 のまえに、かすかな微動 P_1 をともなうもの (A 型)、まったくするどい P が突然にはじまっているもの (B 型)、次第に大きくなる振動ではじまっているもの (C 型) が區別された。これは震源のきまつたものについてみると、大體深くて遠いものに A 型があり、深くて近いものが B 型、浅いものが C 型がおこいようであるから、震源のすぐ下の高速層をへた屈折波ともおもわれるが、量的にたしかめられてないので、今後の問題である。發震機巧によるものかもしれない。従來のろいおくりではこの A 型のはじめの微動はおそらくわからなかつたものとおもわれる。

4.2 記録された地震は約 200 でこれらの加速度 3 成分の最大振幅を合成し (多少の位相差は無視した)、地震の大體の大きさの目安として、發生の時間的推移をみると第 10 圖のようになる。これを時間の單位をかえてまとめると第 11 圖、第 12 圖のようになる。いくらか群發性がみられるようであるが、統計的吟味をしてみないとはいきりしたことはいえない。

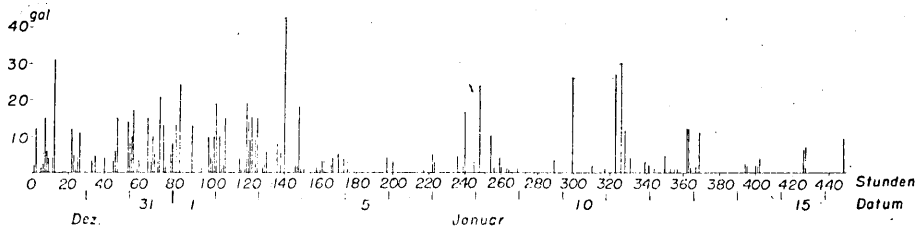
4.3 記象寫眞 (第 3 圖~第 8 圖) にもみられるように、晝間相當微動があり、特に EW -成分においていちぶるしい。これは、しらべてみると、附近の製材工場の動力によることがわかつた。鐵道は近いが、たまにとおる列車も大した微動はあたえなかつた。 EW -成分のみ大きいことは、水平成分の 2



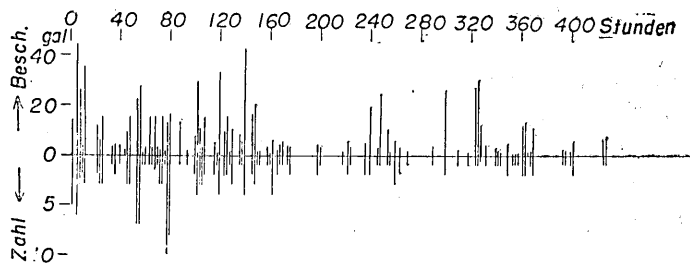
第 9 圖 上下成分初動の型 (順序不同) (下表参照)。

Fig. 9. Typen von ersten Bewegungen in Vertikalkomponente. E: Epizentrum. H: Hypozentrum. S: Station. Siehe untere Tabelle.

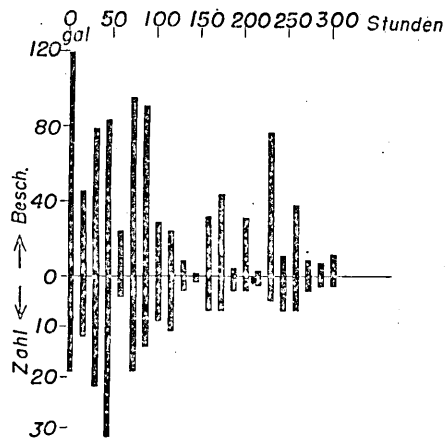
Nr.	122	106	16	173	134	171	121	118	115	91	143	132	117
Δ (km)	15.4	15.0	18.6	17.0	12.6	17.0	28.0	7.4	12.4	12.8	16.8	11.6	14.6
d(km)	10	9	10	8	6	5	0	3	5	5	6	4	0
i	56°	60°	61°	64°	65°	73°	90°	68°	68°	69°	70°	72°	90°
φ	60°	61°	35°	53°	70°	40°	40°	40°	70°	74°	40°	62°	62°
Typus	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A(B)?	A	B	C



第10圖 船生村にて観測せる余震とその最大加速度。
 Fig. 10. Zeitliche Folge der Nachbeben und ihrer maximalen Beschleunigungen beobachtet an Hunyu.



第11圖 船生村にて観測せる余震の数および最大加速度の和
 Fig. 11. Zahlen der Nachbeben und die Summe der maximalen Beschleunigungen.

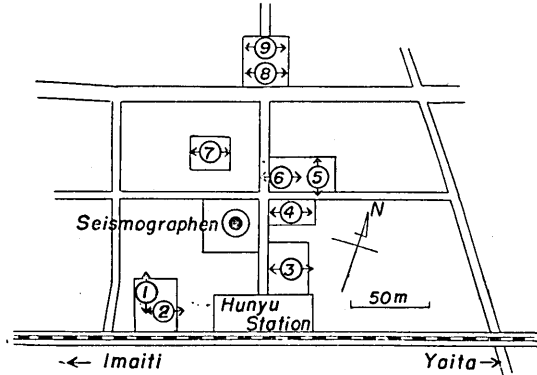


第12圖 船生村にて観測せる余震の数と最大加速度の和
 Fig. 12. Zahlen der Nachbeben und die Summe der maximalen Beschleunigungen.

台の地震計を交換してみても同様であつたので、地震計のせいではないことはたしかめられた。これらの工場は第13圖にしめす①から⑨までの9ヶ所で、矢印が動力モーターにかけたベルトの方向（モーターの軸に直角）であつて、大部分が東西をむいていることは、EW-成分の微動の大きいことに相應している。（第14圖 A, B）村役場および製材業者の厚意により、1つ1つのモーターを別々にうごかして、他をすべてとめてみた。この實驗では⑥のモーターだけが特に大きいEW-成分微動をあたえた（第14圖 C, D）。他のものは1ヶでは、みわけられるほどの微動をあたえない。この微動は特に大きい場合は第14圖のように、うなりの形をしめす。個々の週期（どこでもほとんど一定、5ヶ所はかつてすべて0.13秒）、うなりの週期（2.5~2.7秒）とモーターの廻轉（週期0.06秒のモーターをベルトで0.36秒の廻轉におとじている）とは直接の關係がみられない。つまりこれは土地に個有のもののである。また南北にベルトのかゝつてゐる①、⑥の2ヶだけを動かした場合も、やはりNS-成分よりもEW-成分の方が大きい微動をしめた。これで、あきらかにこの土地は異方性をもつてゐることがたしかめられた。

このような微動は地震の記録のさまたけになるから、観測點決定にあたり、充分注意してさけるべきであつたので、観測上の失敗であるが、土地の振動性の異方性についての一例をえたことはおもしろいと思う。

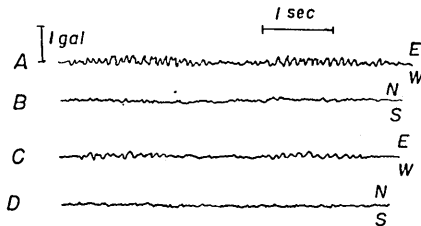
4.4 表土の性質が地震動に影響すること、特に震害にそれが關係することはうたがない。この場所はうえにのべたように、微動において異方性をしめすが、強制的振動についてはどうか。これらの問題を考え、表土の性質をしるため、簡単な實驗をおこなつた。



第13圖 船生村観測點(●)および附近の製材工場モーターの位置(①~⑨、矢印はベルトの方向)

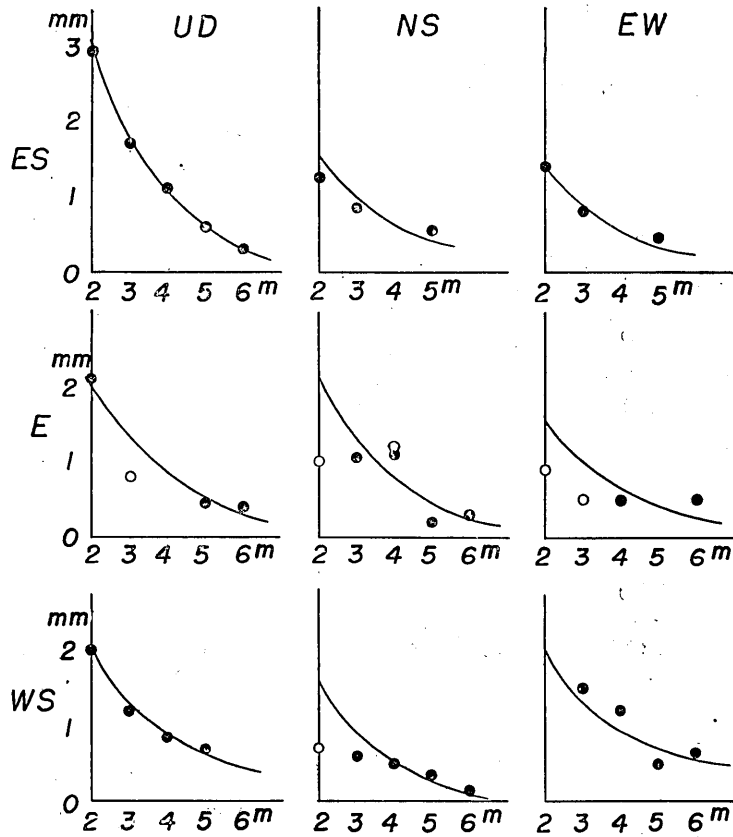
註. モーターの馬力. ① 20H.P. ② 30H.P. ③ 5H.P.
 ④ 4H.P. ⑤ 15H.P. ⑥ 10H.P.
 ⑦ 2H.P. ⑧ 5H.P. ⑨ 3H.P.
 モーターの回轉數. ①, ②, ⑤, ⑥; 950~1150 R.P.
 M; ③, ⑧, ⑨: 1430~1700 R.P.M.; ④, ⑦: ?

Fig. 13. Beobachtungsort am Huhuyu (●) und die Position der Sägemühlen (①~⑨). Pfeile sind die Richtung der Belt).



第14圖 モーターによる微動の一例.

A, B: すべてのモーターがうごいてゐる.
 C, D: ⑥のモーターだけがうごいてゐる.
 Fig. 14. Eine Beispiel der Bodenschwingung durch Motor.
 A, B: Alle Motoren.
 C, D: Nur ⑥ allein.



第 16 圖 砲丸落下による振動の距離による減衰 (曲線は目のこでひいたものである).
 Fig. 16. Amplitudenverkleinerung der Bodenschwingung vom Kugelfall mit der Herddistanz.

第 II 表 Tabelle II

地震計成分 Komponenten	上 下 動 U-D		南 北 動 N-S		東 西 動 E-W	
	n	k(m ⁻¹)	n	k(m ⁻¹)	n	k(m ⁻¹)
南 東 (ES)	0,726 ±,006	0,251 ±,004	1,32	0,11	1,18	0,10
東 (E)	0,81	0,17	1,09 ± 42	0,17 ±,30	—	—
南 西 (WS)	0,67 ±,31	0,12 ±,24	0,29 ±,18	0,09 ±,06	0,69 ±,47	0,10 ±,33

$y = Ax^{-n}e^{-kx}$; y : Amplitude, x : Herddistanz.

12 ポンド (約5.44 kg) の砲丸を 1 m の高さからおとす。地震計から、場所のゆるす範囲で南東, 東, 南西, の三方向に 2 m~6 m はなれて, 震源をとつた場合地震計のふれをみる。上下動記録の一例をしめすと第 15 圖のようである。Hubert¹²⁾ の實驗によつても, このような場合でる波の週期は 1/20 秒程度以下であるから, この地震計はこゝでは變位計とみられる。記録紙のおくりがこの週期に對してはのろいので第 15 圖のようにほとんど最大振幅がよみとれるだけである。それも針さきがかすれて, よみにくいこともある。最大振幅の距離によるへりを圖示すれば第 16 圖のようになる。圖の左側の *ES, E, WS* は砲丸をおとした點の地震計からみた方位, 上の *UD, NS, EW* は地震計の成分である。

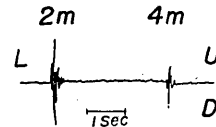
記象紙上の振幅を $y^{(mm)}$, 距離を $x^{(m)}$ とし, $y = Ax^{-n} e^{-kx}$ とおき, n, k をきめてみると, 第 II 表のようになる。一番信用のおける *UD*-成分の各方位では大體 $n = -0.7 \sim -0.8$ であり, 表面傳播の場合の $n = -1$, 立體傳播の場合の $n = -0.5$ の丁度中間となつていて, 大體表面波にちかいが, 下の方にもいくらかエネルギーがゆくといいう表面波と實體波の中間の形の傳播をすることがわかる。水平成分はふれが小さく,

ばらつきも大きい。*ES, E* の二方位では精度がおちるが n が 1 にちかく, *WS* 方位ではすこし小さい。しかしとにかく微動のようないぢるしい異方性はみられない。 k は $0.1 \sim 0.2 m^{-1}$ であつて, かなり大きい。もつとも, 火薬爆發の波によつて福井平野でもとめられた値は, $n = 1$ と假定して $k = 0.06$ から $k = 0.93$ におよんでいる。¹³⁾ しかし Mintrop などは第 4 期層で週期 0.02 秒の波について $k = 0.0023 m^{-1}$ としている。なお長週期の地震波では $k = 10^{-6}$ 以下であることは周知のとおりである。

5. **むすび** おわりに本観測はすべて本所千喜良利雄君の獻身的な熱意によつておこなわれたものであることを記し, こゝに心からの感謝のこゝばをのべる。

またクロノメーター-其他の使用をゆるされた坪井忠二教授, 終始御援助をえた坪井研究室實川顯氏, 田島廣一氏にも感謝しなければならない。

さらに観測地滞在中種々の便宜をあたえられた船生村のかたがたに特に御禮を申しのべたい。(本研究の費用の一部は文部省科學研究費によるものである。)



第 15 圖 砲丸落下による上下動の例。
Fig. 15. Ein Beispiel der Vertikalbewegung von Kugelfall.

12) HUBERT, F., Zeitschr. f. Geophys. (1924/25).

13) 吉川宗治 防災研究所報告 2 (1949).

32. Über die Beobachtung der Nachbeben des Imaichi- bebens am Dorfe Hunyu, Provinz Totigi.

Von Setumi MIYAMURA und Tetuo AKIMA.

Institut für Erdbebenforschung.

Nach dem letzten starken Lokalbeben vom 27. Dezember 1949 bei der Stadt Imaichi (139°42' E, 36°42' N) wurde wie gewöhnlich eine Expedition unseres Institutes für die Nachbebenbeobachtungen nach dem epizentralen Gebiet gesandt, und eine Zweigstation derselben am Dorfe Hunyu (159° 47' E, 36°45' N) (s. Fig. 2) wurde den Verfassern aufgetragen. Die dabei verwendeten neuen Verbesserungen in Ausrüstung und Methode für Nachbebenbeobachtung im Felde waren wie folgt:

- 1) Gebrauch von Dreikomponentenseismographen mit gleichen Konstanten, $T_0=0.08$, $V=200$, für jede Komponente.
 - 2) Konstantenbestimmung an der Messtelle durch dynamische Prüfung. (s. Fig. 1)
 - 3) Verwendung von einem Präzisions-registrierapparat, die eine grosse Trommel ($d=195.5$ mm, $l=740$ mm) für drei-komponenten Registrierung hat und durch einen von Bifilarpendingel regulierten Gleichstrommotor betrieben wird.
 - 4) Vergrößerung von Papiergeschwindigkeit der Registrierung. (d. h. ca. 2.5 mm/sec)
 - 5) Sekundenzeitmarkierung durch einen mit Radiosignal verglichenen Chronometer.
- u. s. w.

Folglich wurden die exakten Einsatzzeiten von P bis auf 1/10 Sekunde beinahe zum ersten Mal in Feldbeobachtung der Nachbeben bestimmt. In Tabelle I ist ein Teil der Daten von 27 Beben zusammengestellt, deren Herdlagen durch P - S -Zeiten an 3 oder 4 Stationen bestimmt werden konnten. Einige Reproduktionen der Seismogrammen sind in Fig. 3~8 gezeigt.

Zwar man die näheren seismometrischen Studien nicht aus der Beobachtung von dieser einzigen Station (da andere Zweigstationen keine Zeitmarkierung und genügend schnelle Papiergeschwindigkeit hatten) durchführen kann, können wir doch für jetzt nur sagen, dass

- 1) P , S , und andere Einsätze aus einer einzigen Komponente nicht sicher bestimmt werden können,
- 2) bei gewissen Beben viele Phasen zwischen P und S bald in eine bald in andere Komponente klar festgestellt werden können, während bei anderen Beben keine solchen Einsätze klar gefunden werden,
- 3) in gewissen Beben kurz vor dem scharfen P in Vertikalkomponente eine leichte Bewegung getroffen wird. (s. Fig. 9) Leider finden diese Tatsachen 1)~3) für jetzt noch keine genügende Erklärung.

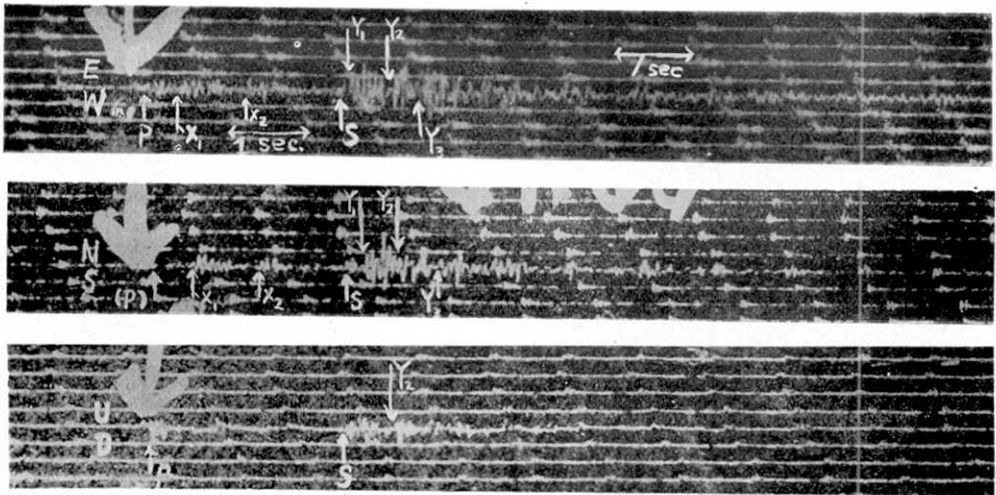


Fig. 3. Nachbeben Nr. 181 (Hunyu); 1950. I. 9; 00m19h 24.s 1 $t_{p-s}=2.8$ sec.

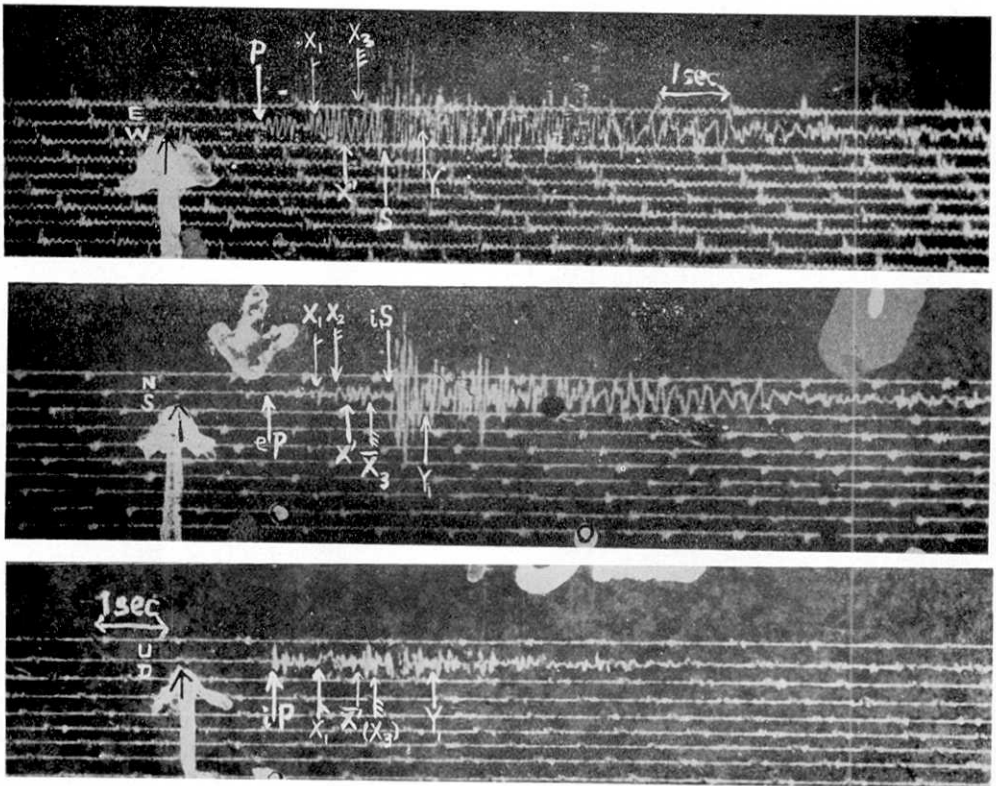


Fig. 4. Nachbeben Nr. 182 (Hunyu); 1950. I. 9; 20h 32m30.s 3 $t_{p-s}=1.6$ sec.
 N.B. (X): vermuteter Einsatz; \bar{X} : fehlender Einsatz (oder negativer Einsatz).

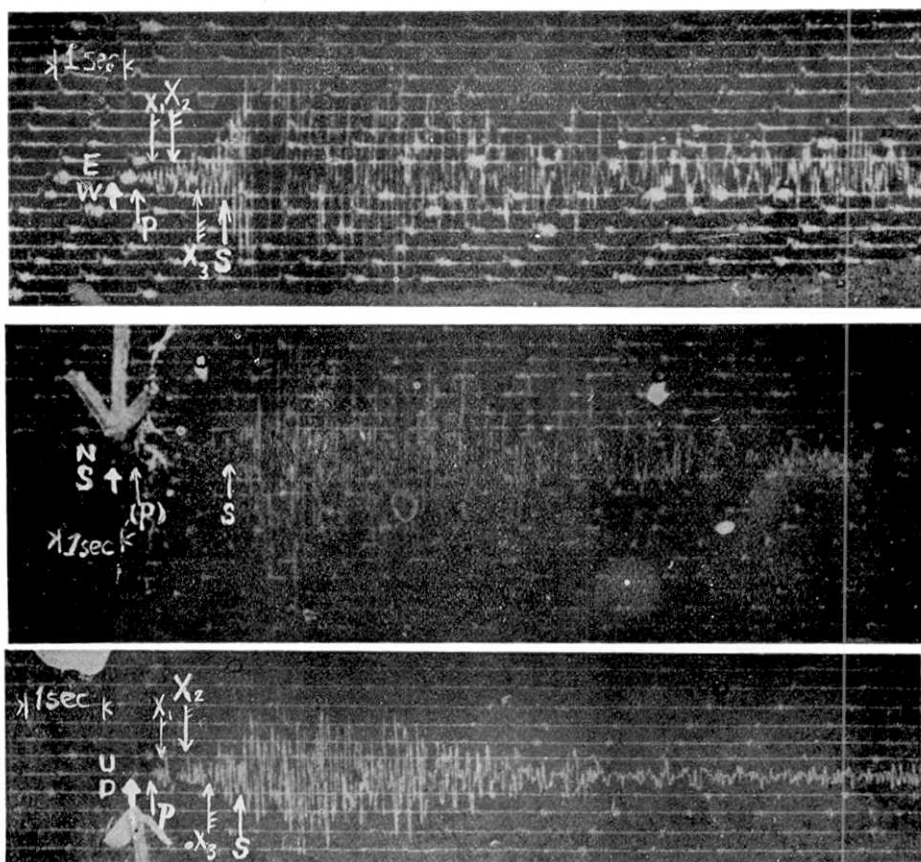


Fig. 5. Nachbeben Nr. 183 (Hunyu); 1950. I. 10; 0(h)00m18.s. $t_{p-s}=1.7\text{sec}$
 $\Delta=11.0\text{ km}$, $h=0\text{ km}$, $\varphi=S\ 65^\circ\ W$

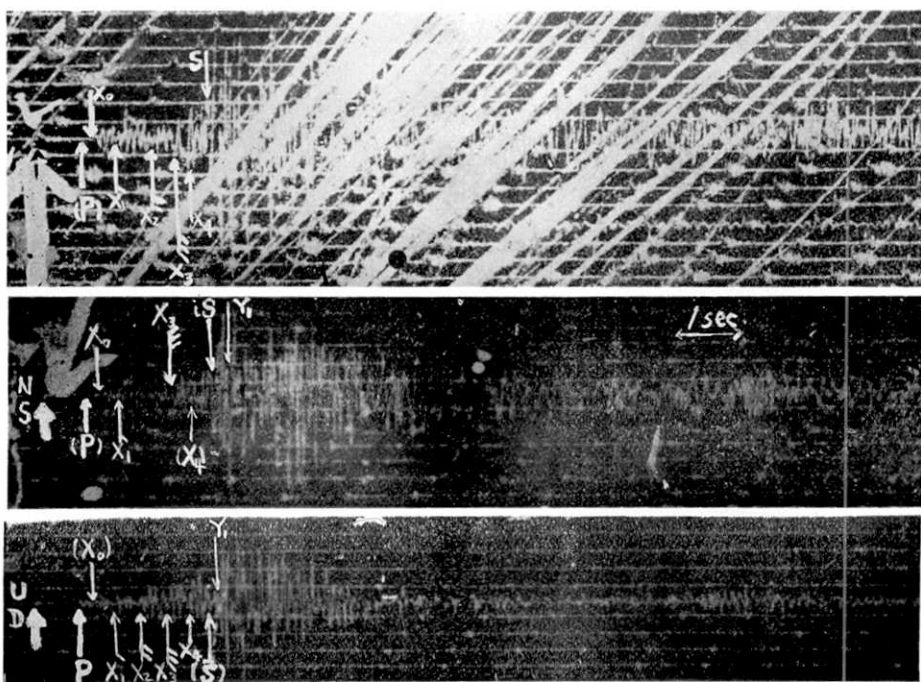


Fig. 6. Nachbeben Nr. 184 (Hunyu); 1950. I. 10; 06h07m40.s. $t_{p-s}=1.5\text{sec}$
 $\Delta=11.5\text{ km}$, $h=1.7\text{ km}$, $\varphi=S\ 70^\circ\ W$

(震研彙報 第二十八號 圖版 宮村・秋間)

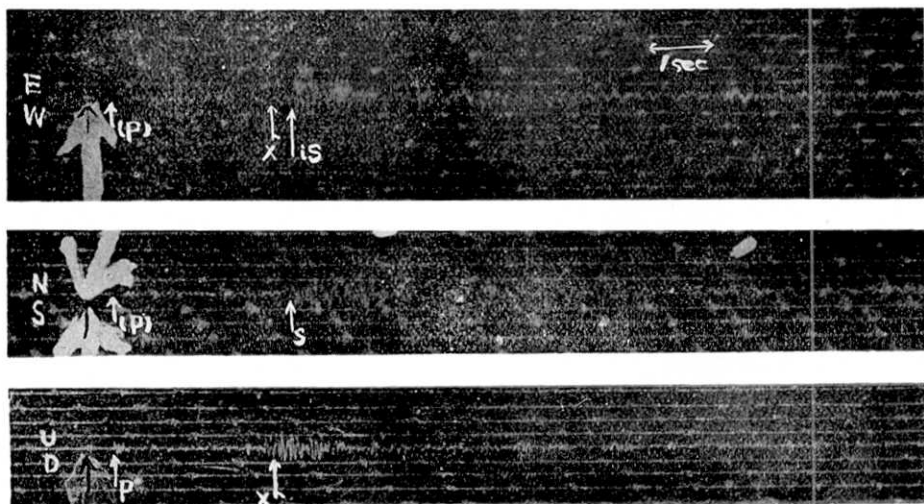


Fig. 7. Nachbeben Nr. 206 (Hunyu); 1950. I. 14; 05h09m34.85 $t_{p-s}=2.7$ sec

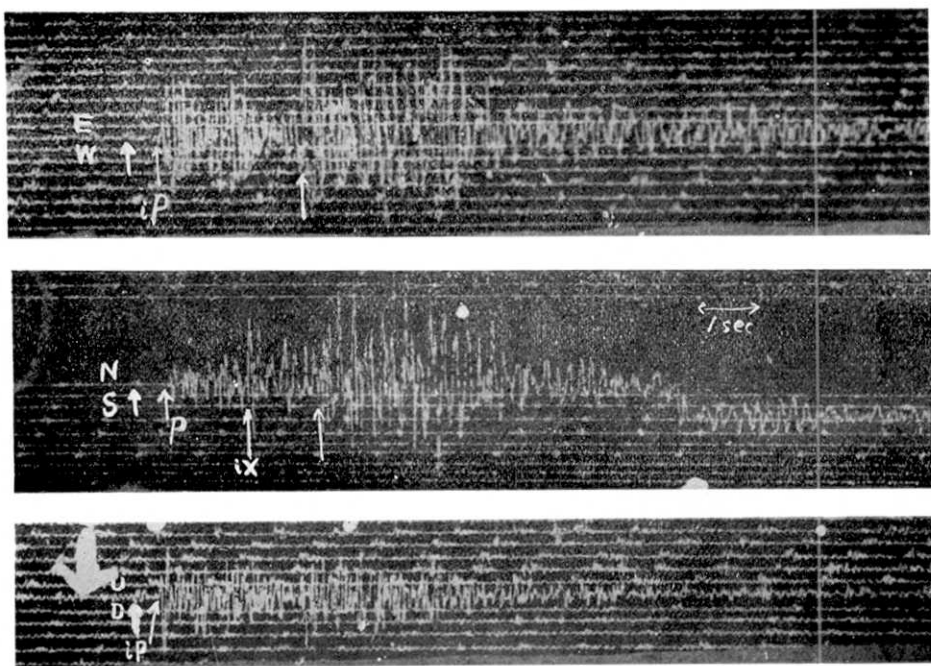


Fig. 8. Nachbeben Nr. 215 (Hunyu); 1950. I. 16; 12h19m0.9s4 $t_{p-s}=?$

Übrigens zeigten hier die Seismogrammen merkwürdige Bodenunruhe bei Tage besonders in *O-W*-Komponente. Zwar die Ursache dieser Bodenschwingung die umliegende Sägemühle (1-9 in Fig. 13) ist, gibt es keine direkte Relation zwischen der Periode der Bodenschwingungen und der der Motoren. Die Überwiegung in *O-W*-Komponente wurde auch von in *N-S* betriebenen Mühlen klar erzeugt, und daher müssen wir es zu einer Bodenanisotropie zuschreiben. (s. Fig. 14)

Freier Fall einer 12 Pfund Kugel von 1 m Höhe wurde auf den Boden in der Nähe 2~6 m von Seismographen versucht. (s. Fig. 15) Amplitudenverkleinerung mit der Herddistanz ist in Fig. 16 gezeigt und dort kann man keine obengenannte Anisotropie des Bodens finden. Wenn man die Amplitude y mit Herddistanz x in der Gleichung $y = Ax^{-n} e^{-kx}$ darstellen kann, kann man die Konstanten n und k aus diesem Experiment rechnen. (s. Tabelle II) Z.B. bei Vertikalbewegung sind n zwischen 1 und 1/2, und dies zeigt, dass die Wellenausbreitung wenigstens in diesem Fall sozusagen zwischen die der Oberflächenwellen und die der Raumwellen ist.