

34. 北美濃地震余震観測

—^{カハラ}勝原および蛭ヶ野における観測

地震研究所	}	表 俊 一 郎
		唐 鎌 郁 夫
		中 島 直 吉 夫
		斎 藤 貞 夫
東京大学大学院 地球物理専門課程		茅 野 一 郎

(昭和36年9月26日, 昭和36年10月24日発表—昭和36年10月31日受理)

1. 緒 言

1961年8月19日午後2時33分頃, 福井, 石川, 岐阜三県の県境に近いあたりにかなりの被害を伴った地震が発生した. 気象庁から発表された所によると, 発震時 1961 VIII 19 d 14 h 32 m 32 s 頃, 震央 36.0°N , 136.8°E , 深さ約 40 km, $M=7.2$ である. この地震の余震を観測するため, 主として経費の都合で, 地震研究所から余震観測班 2 班を派遣することが定められ, われわれはその一班を受持つて福井県大野市勝原において, 宮村その他¹⁾が他の一班を受持つて岐阜県郡上八幡において, それぞれ観測を行うこととなった. しかし今回の余震観測を行うにあたっては, 余震発生回数が比較的少ないことが本震直後の現地からの報告で知らされていたので感度の高い HES²⁾ 3 成分を携行することとし, 25日から勝原において観測が開始された. さて実際に観測を開始してみると, まだ日々相当数の余震が記録されることが判明したので, 少くとももう一点観測点を設置することが必要且つ可能であるとして蛭ヶ野に観測点を設置することとなり 9月13日から観測が開始された.

勝原観測点の余震観測は八幡観測点と同様 9月20日迄継続された. しかしこの間 9月17日台風 8 号がこの地方に来襲したため 2日間交流電源の供給が停止された. 勝原では直ちに停電対策装置が始動して観測が継続されたが, 停電の時間が長かつた為蓄電池の電圧降下により約 1 日間欠測を生じた. 蛭ヶ野観測点は上記台風のため, 観測を行っていた家屋が大被害をうけて 17日以降の観測は中止しなくてはならなかつた.

勝原観測点は唐鎌, 中島の両名で観測を始めた. 9月6日以降新たな観測点を増設するため唐鎌は蛭ヶ野へ移つた. 蛭ヶ野観測点の地震計設置には斎藤が協力した. 観測結果の解析には茅野, 表が当つた.

観測結果を読み取つて余震震央をきめるためには八幡観測班の協力を得た. すなわち八幡のモニター用地震計の記象から得られた全部の地震の発震時及び p-s 時を提供していただいた.

今回の地震に際して金井, 長田³⁾は地盤の振動特性を研究するため石徹白^{イッソ}で 8月25日

1) 宮村撰三, 堀実, 安芸敬一, 松本英照, 安藤誠一 地震研究所彙報 39 (1961), 895~908.

2) T. HAGIWARA, "HES" electromagnetic seismograph and its recording system, Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo., 1960.

3) K. KANAI and K. OSADA, Bull. Earthq. Res. Inst., 39 (1961), 943~951.

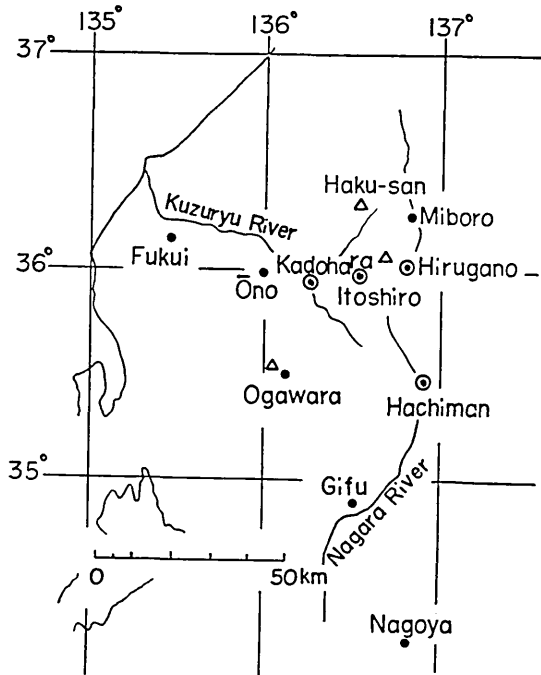


Fig. 1.

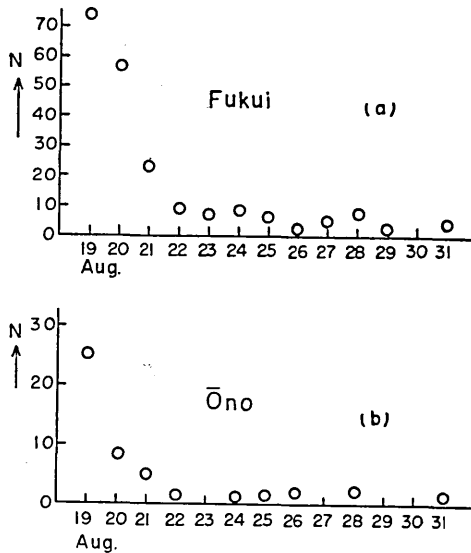


Fig. 2. (a) Daily number of aftershocks recorded on the seismograms at the Fukui observatory of J.M.A.

(b) Daily number of felt aftershocks at Ono. (By the courtesy of J.M.A.).

—31 日に至る間 石本式加速度計により余震観測を行った。その観測結果からも発震時と p-s 時とがわれわれのために提供せられたので、これらの貴重な資料を加えてここに余震の震央を求めることとした。これら観測点の位置は第 1 図に示されている。

2. 余震の数の消長

北美濃地震に伴う余震について、われわれの観測班が記録し得たものは 8 月 25 日以降のものである。従つて本震直後 4~5 日間の余震発生の有様はわれわれの観測からは知り得ないこととなるが、この期間の余震の数の消長は福井气象台⁴⁾が福井及び大野において得ている資料を引用することにより知ることが出来る。本震震央からほぼ 52 km の福井市において福井气象台の 14 年式簡単微動計 (自己周期約 2 秒、倍率約 55 倍) の記録から求められた毎日の余震回数は第 2-a 図に示す通りである。また震央から略々 28 km の所には福井气象台管下の大野通報所が置かれていて、本震直後人体感覚のあつた余震は、業務として忠実にその発震時が記録に止められていたので、1 日毎の有感覚地震の数は充分の信頼度をもつて知ることが出来た。その結果が第 2-b 図に示されている。第 2 図 a, b 共に各 1 日は暦の上で 0 時から 24 時までであるから 8 月 19 日の余震数は本震 (14 h 30 m

4) 三宅恒夫 oral communication.

頃) 後から 24 時まで約 9 時間の間の回数をあたえるものとなる。

本震の magnitude は JMA により 7.2 と発表せられている。この余震の発生回数を、 $M=7.3$ であった福井地震⁵⁾ (28, June, 1948) の場合と較べると今回の地震に伴つて発生した余震の数が著るしく少なかったことは特に注目に値する。また余震の減り方も極めて急激であつて震央から 28 km 位しか距つていない大野においてさえ大地震後僅か 4 日目にすでに有感覚余震の数が 1 日 1 回位となつてしまつていることには特に注意がひかれる。

われわれが勝原及び蛭ヶ野において観測した余震の 1 日毎の回数は第 3 図 a, b に示す通りである。なお比較のため大野における有感覚余震の数が同じ図に×印で記入されている。これらの図をもとめるにあつては p-s 時のよみとれなかつたような小さな地震は数えられていないが、われわれの観測点においては地震計の倍率をほぼ 1 万倍にして観測をしているので、本震後 8 日目にあたる 28 日においてもなお 1 日約 60 個の余震が記録せられたことが知られる。

3. p-s 時頻度分布

勝原で観測された余震の中 p-s 時が明らかに読みとられたものについて p-s 時頻度分布を求めた結果が第 4 図 a, b に示されている。a は観測を始めた 8 月 25 日から 31 日までの 7 日間、b は 9 月 1 日から観測の終つた 20 日までのものである。a, b に共通に見られる特徴として次のような点をあげることが出来るであろう。(1) p-s 時の頻度極大は 1.0 sec の所に見られる。(2) p-s 時の短い地震については、0.5 sec 位の余震が a, b いずれの期間についても 2-3 個宛は観測されている。(3) p-s 時の長い方のものについては、3 sec 位までの余震は非常に多いが 4 sec, 5 sec 位のものになると僅かに 1-2 個宛観測されているに過ぎない。

a, b 各期間の差違として目立つ点は、後の期間 (b) で p-s 時 1.8 sec あたりにもう一つ極大が現れてきている点である。本震後日数が経つにつれて p-s 時の長い地震が幾分多くなつたと考えられるようである。勝原から見て余震震源までの距離が遠いものが多

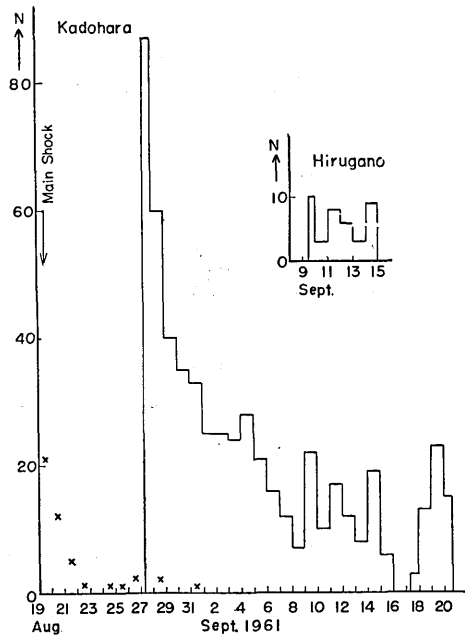


Fig. 3. Daily frequency of aftershocks recorded at Kadohara and Hirugano stations, and crosses indicate daily frequency of aftershock felt at Ono.

5) S. Omote et al., *The Fukui Earthquake of June 28, 1948* (1950), 37-78.

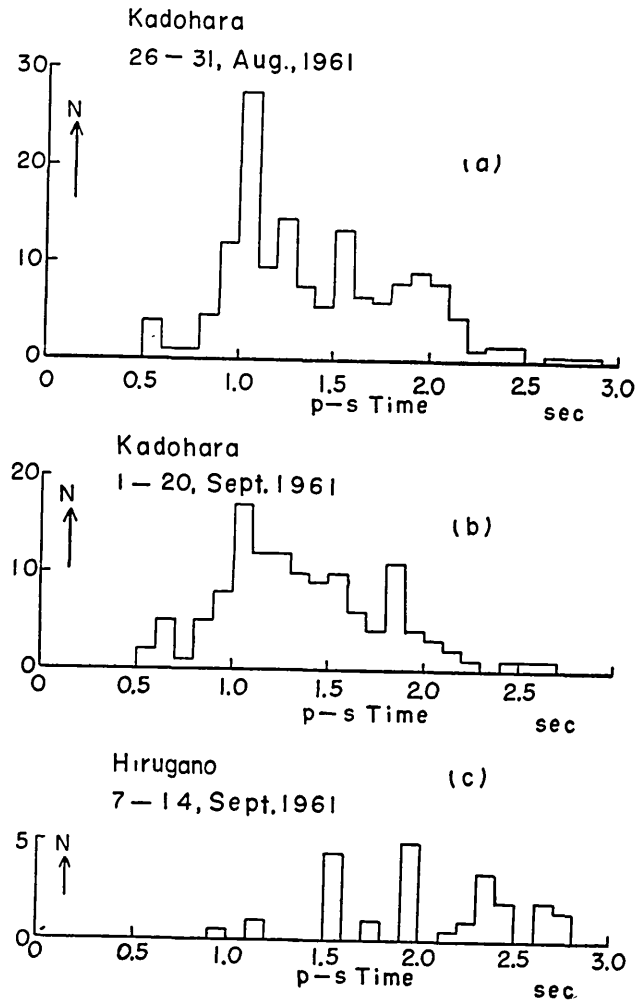


Fig. 4. Frequency diagram of the p-s duration times

くなつたことを意味する訳であるが震央距離が大きくなつたものであるか震源の深さが深い地震が多くなつたことによるものであるかはこの図からは明らかでない。

蛭ヶ野の観測から得られた p-s 時の頻度分布図が第 4 図 c に示されている。ここは観測期間が短かつたため p-s 時 頻度も統計的議論に耐える程充分な数に達していないが、勝原観測点に比べ p-s 時の長い地震が多いことは確かである。p-s 時の頻度極大は約 2 sec 位の所にあるといえるであろう。

勝原、蛭ヶ野の p-s 時と較べるため、八幡、石臼白の p-s 時頻度分布が第 5 図 a, b に示されている。これを見ると八幡では p-s 時 4~5 sec のものが非常に多いことが明らかに見られる。勝原で多く見られた様な 1 sec 位の短い p-s 時をもつ地震がほとんど観測

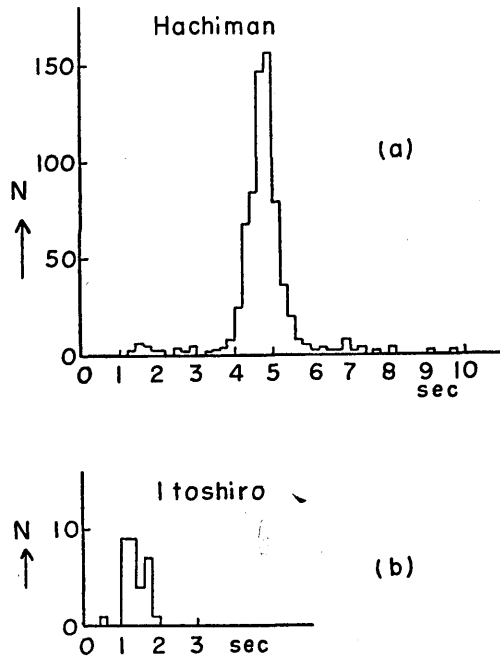


Fig. 5. Frequency diagram of p-s duration time
(a): after Miyamura et al.

されていないことは著るしいことである。これとは反対に石徹白の p-s 時頻度図は 1 sec 付近のものが大部分であつて八幡のものと著るしい対照をなしている。

4. k の 値

すでにのべたように、今回の余震観測に際しては、勝原及び蛭ヶ野においては HES 地震計により約 1 万倍の倍率で、八幡においては磁気テープ地震計により約 10 万倍の倍率で、また石徹白では短期間石本加速度計により約 150 倍の倍率で観測が行われた。これらの中、いずれか 3ヶ所の観測点で p-s 時が明瞭によみとられたものをひろい上げた結果が第 1 表に示されている。

第 1 表をみると、観測点相互の間に観測期間のズレがあるため 4 つの観測点で同時に観測されている余震はない。従つて 3 点で観測された p-s 時から震源を求めなくてはならないということになる。このためにはいわゆる大森係数 k の値を適当な仮定の下で推定なくてはならない。 k の値はすでに多くの余震の場合について求められていて一般には裏日本の地震の場合には比較的大きな値となることが特徴的であることが知られている。しかし場所々々でいくらかずつ異つた値を与えているので付近に起きた他の地震の場合の値をそのまま用いるという訳には行かない。

Table 1 Aftershocks observed at temporary stations: P-S time, distance between the station and focus, and depth of focus.

Earthq. No.	Station			Kadohara		Hirugano		Hachiman		Itoshiro				focal depth
	Origin time			P-S	Δ	P-S	Δ	P-S	Δ	P-S	Δ	P-S	Δ	
	VIII													
	d	h	m	sec.	km	sec.	km	sec.	km	sec.	km	sec.	km	km
1	27	19	26	1.65	14.7			4.4	38.2			1.0	8.9	7.6
2	28	20	22	1.7	15.1			4.62	40.1	1.0	8.9	1.05	9.4	7.6
3	"	21	31	1.3	11.6			4.75	41.3	1.1	9.8	1.0	8.9	5.1
4	29	00	49	1.2	10.7			4.44	38.5	1.0	8.5	1.2	10.7	6.7
5	"	02	13	1.2	10.7			4.77	41.4	1.3	11.6	1.3	11.6	6.7
6	"	09	33	1.9	16.9					1.0	8.9	1.0	8.9	9.0
	IX													
7	9	13	52	1.0	8.8	2.55	22.7	4.8	40.8					6.8
8	"	14	46	1.3	11.6	2.2	19.6	5.4	38.2					7.5
9	"	19	06	1.9	10.9	1.7	15.1	5.1	47.1					
10	10	00	25	1.5	13.4	2.2	19.6	4.9	42.6					2.3
11	"	23	51	1.7	15.1	2.1	18.8	4.7	40.8					7.9
12	11	01	40	2.25	20.0	1.8	16.0	3.8	32.8					12.0
13	"	09	47	1.15	10.2	2.25	20.0	4.4	38.2					6.7
14	"	13	10	1.5	13.4	2.1	18.8	4.5	39.0					6.1
15	12	04	57	1.5	13.4	2.4	21.4	4.8	41.7					9.0
16	"	05	16	0.9	8.0	2.1	18.8	4.6	40.0					0
17	"	14	05	1.0	8.9	2.0	17.8	4.4	38.2					0
18	"	17	45	1.3	11.6	2.9	25.8	4.3	37.3					10.0
19	"	17	48	1.1	9.8	2.6	23.2	4.4	38.2					8.3
20	13	12	48	1.1	9.8	2.5	22.2	4.9	42.9					5.4
21	14	02	30	1.2	10.7	2.2	19.6	4.9	42.6					0
22	"	16	04	1.3	11.6	2.1	18.7	4.3	37.3					6.9
23	"	20	51	1.6	14.2	2.4	21.4	4.25	31.8					11.4

k の値はその場所の地下構造と p 波及び s 波の速度とが知られば直ちに求めることが出来る。幸にして、今回の地震域は御母衣大爆破が行われた際に爆破地震動研究グループ⁶⁾により観測が行われた地域に当たっているため波の伝播速度については充分信頼の置ける値が得られているばかりでなく、大爆破観測のときの観測点、石徹白、大河原、岐阜等は第 1 図にみるようにわれわれの余震観測網の付近に分布しているため余震観測地域の地下構造についてもかなり確かな推定を行うことが出来ることとなる。爆破地震動観測

6) The Research Group for Explosion Seismology, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **39** (1961), 285-326.

T. MIKUMO, M. OTSUKA, T. UTSU, T. TERASHIMA and A. OKADA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **39** (1961), 327-349.

の結果によると、概略的にいえばこのあたりでは表面に薄い 5.5 km/sec の層がありその下に 6.0 km/sec の比較的厚い層がみられる。ことに御母衣の近くでは 5.5 km/sec の第 1 層の厚さは極めて薄くて、石徹白では略々 1 km、大河原ではこの層はなくなつていて 6.0 km/sec の層が直接地表まで出ていると考えられている。従つてわれわれの場合においても勝原、蛭ヶ野などでは 5.5 km/sec の第 1 層はなくなつていて 6.0 km/sec の層が直接地表にまで出ているものと考えることとする。この p に対する s の速度として、先ず始め

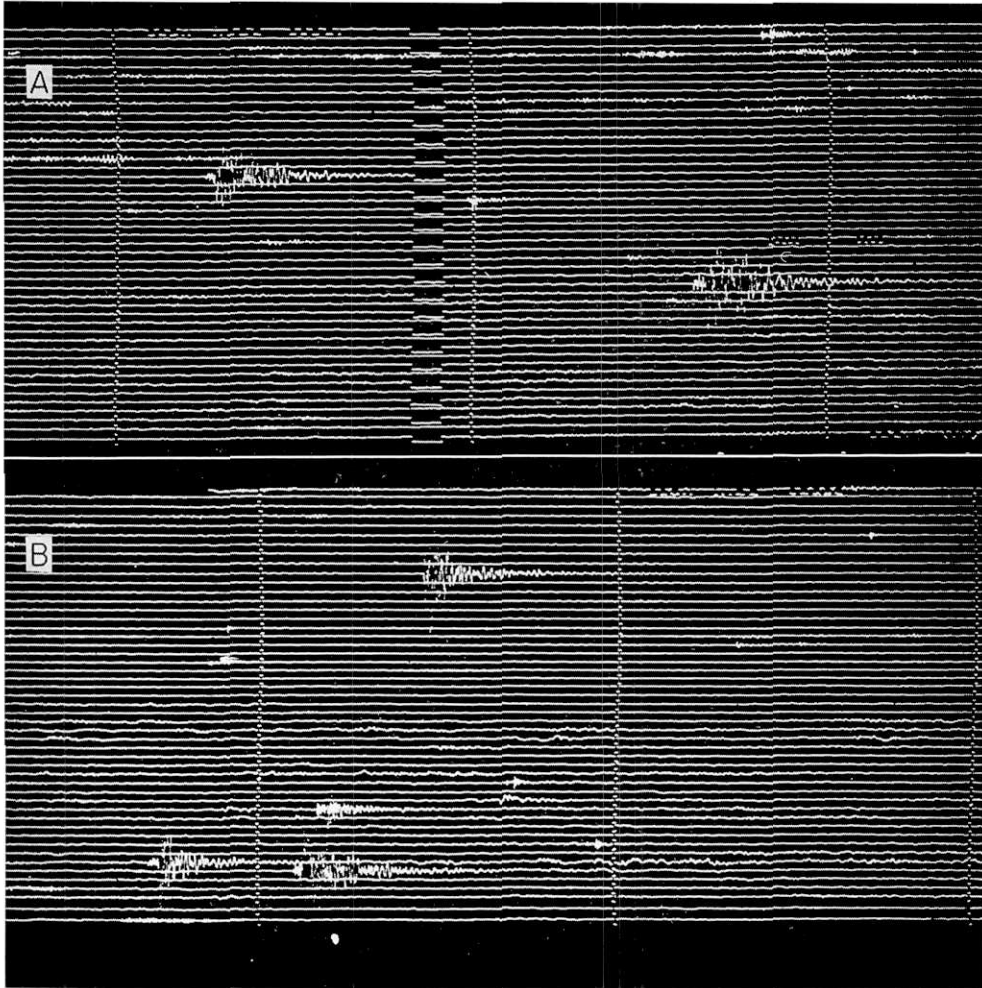


Fig. 6. Seismograms of aftershocks of the Kita Mino Earthquake recorded at Kadohara by the seismograph HES 1-1 (N-S)
 (T_1 : 1.0 sec, T_2 : 1.0 sec, h_1 : 1.0, h_2 : 1.0)
 A) 29-30 August, 1961.
 B) 30-31 August, 1961.

にこの地域に完全弾性体の仮定が成り立つと考えてポアソン比 σ を $\sigma=1/4$ とおいて s 波の速度 V_s をもとめ

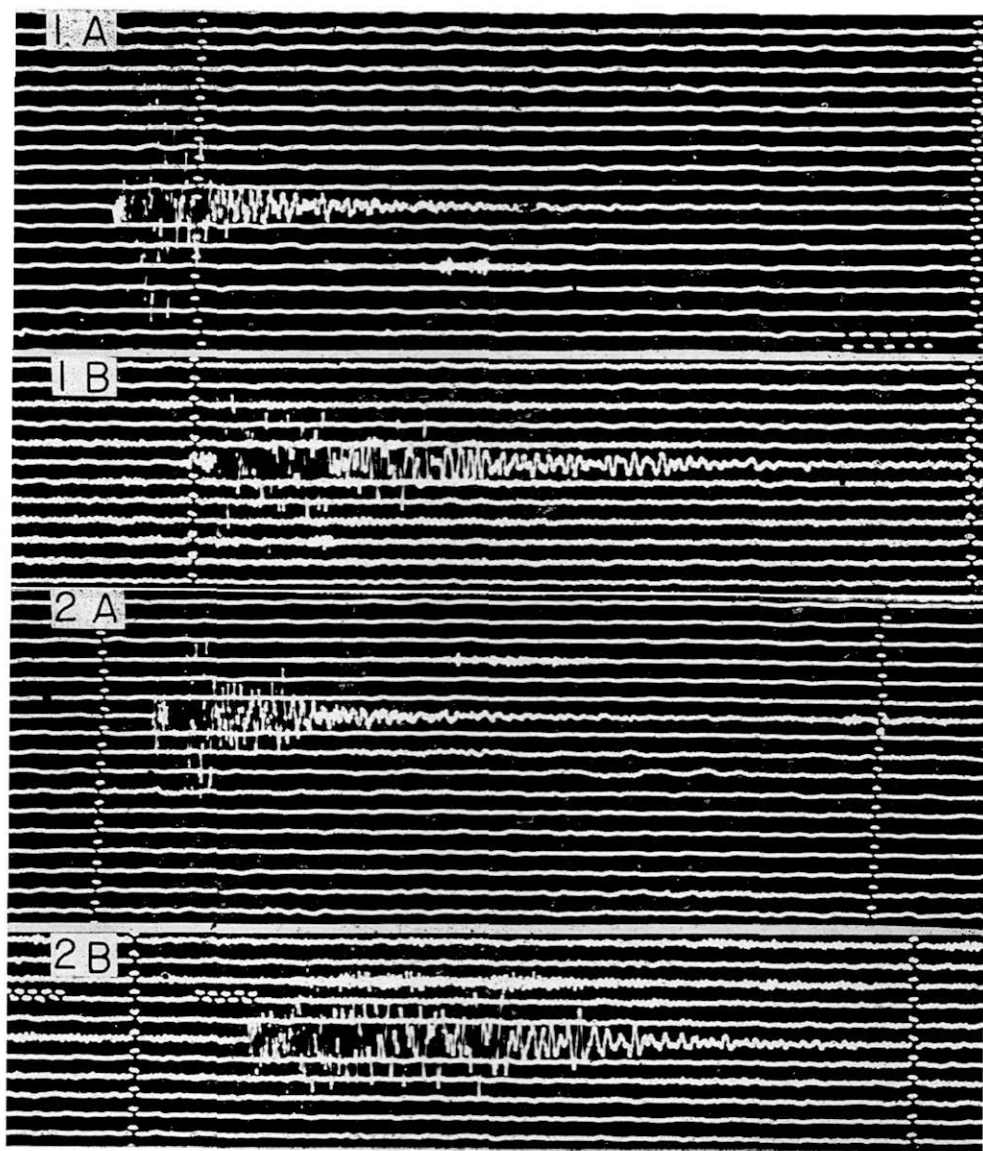


Fig. 7. Seismograms of the aftershocks recorded at Kadohara (A) and Hirugano (B).
1) 05 h 16 m JST, 12 September, 1961
2) 17 h 48 m JST, 12 September, 1961

$$V_s = 3.5 \text{ km/sec}$$

と考え、この2つの速度を組合せて k の値を求めれば

$$k = 8.24$$

となる。さてこの k を用いて震央距離を求めようとしたのであつたが、例えば第1表No. 16の地震についてみると、勝原の p-s 時 0.9 sec, 蛭ヶ野の p-s 時 2.1 sec となつていて両者の和は僅かに 3.0 sec にしかならない。これに対して勝原、蛭ヶ野間の直距離は 26.4 km であるので、上に求めた k の値をとることは、少くともこの地震に関しては不合理なこととなる。しかし第7図 a の写真に見るようにこの地震の p, s は極めて明瞭であるので、p-s 時として別の値を与えることは困難である。更に No. 17 の地震についてもこれと同様なことが認められる。従つてこのような矛盾を取り去るためには、どうしてももう少し大きな k の値を与えなくてはならないこととなる。しかし p の値はこれを変更する根拠に乏しいので上に仮定した s の値を再び検討しよう。上において s の値を推定するにあつては $\sigma = 1/4$ と仮定している。地表近い岩石でこの仮定をおくことが無理であることはすでに多くの著者が指摘しているところである。例へば吉山⁷⁾ は近畿地方の浅い地震を調べた際に V_p/V_s の値として、完全弾性体の場合に期待される値 1.73 よりは相当に小さい値が得られることを報告していて、その際に得られた値として $V_p/V_s = 1.67$ を与えている。今われわれもこの値を借用して $V_p = 6.0 \text{ km/sec}$ に対する V_s の値を求めると

$$V_s = 3.6 \text{ km/sec}$$

を得る。これらから k を求めれば

$$k = 8.9$$

となる。われわれはこの k の値を用いて震源を作図的に求めることとした。

しかし第1表の地震について、それぞれの観測点で求められている p-s 時にこの k の値を乗じて震源距離を算出し震央を作図してみると、 k の値が大きくなつたため、八幡からの震源距離が増大して勝原及び蛭ヶ野をそれぞれ中心としてそれぞれの震源距離を半径とする2つの円が交わることによつて出来る弦が、八幡を中心とする円と交わらないという場合がいくつも生じてくるのが見られた。

このようなことが生じた原因としてむろんいろいろの理由が考えられるであろう。その1つとして、われわれが p-s 時として読み取つているものが各観測点について同一の位相であるか否かの問題がある。しかし現在の資料からはこれ以上に立ち入ることは難かしいので p のあとの大きな明瞭な位相の始めを s の始めと考えることとした。p-s 時をこのように定義する限りにおいては、観測された p-s 時から八幡の震源距離を算出するにあつては、勝原、蛭ヶ野の場合に仮定したような簡単な地下構造では都合が悪いと考えるのが至当であると思われる。しかし、御母衣大爆破の観測点は御母衣—八幡の方向には配置せられていないのでその結果から直接八幡の地下構造を知ることは出来ないが、八幡から南々西約 40 km の岐阜では御母衣爆破の観測が行われていて 5.5 km/sec の層が 9.9 km の厚さを持つていることが知られている。またこの地域の一般的な傾向として、すでに前に

7) R. Yoshiyama, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **35** (1957), 627-640.

もふれたように 5.5 km/sec の第 1 層は御母衣に近い所では極めて薄いかまたは所によつては全然ない位であるが南に下るに従つて次第に厚くなつていようである。八幡も長良川の川筋に当つているのでここに 5.5 km/sec の層が適当な厚さで存在していると考えことは無理な推察ではないと考えられるであろう。

今八幡において一樣な厚さ H をもつ第 1 層があるとき、ほぼ同じ位の深さの所で起つた地震を観測した場合を考えてみよう。この時の p 波の走時を T_p とすれば T_p は次のようにかくことが出来る。

$$T_p = d/V_{p2} + D_{vp1, vp2} \quad (1)$$

ここに

d : 震央距離

V_{p1} : 第 1 層の p 波速度

V_{p2} : 第 2 層の p 波速度

$D_{vp1, vp2}$: H なる厚さで V_{p1} の速度をもつ平行層が V_{p2} なる層の上に存在していることに基く p 波による delay time.

同様に s 波についての走時を T_s とすれば上の p 波の記号を s で置きかへたと考へれば T_s は次のようにかくことが出来る。

$$T_s = d/V_{s2} + D_{rs1, rs2} \quad (2)$$

八幡における p - s 時を τ とおけば (1), (2) を組合はせることによつて

$$\tau - (D_{rs1, rs2} - D_{vp1, vp2}) = d/k \quad (3)$$

すなわち

$$\tau - H \cdot \cos i (1/V_{p1} - 1/V_{p2}) = d/k$$

ここに

$$\sin i = V_{p1}/V_{p2} = V_{s1}/V_{s2}$$

$$k = 1/(1/V_{p2} - 1/V_{s2})$$

(3) の左辺括弧の中は、第 1, 2 層の p , s の速度及び層の厚さ H により定まる常数である。 V_{p2} , V_{s2} に対してはすでにのべた 6.0, 3.6 km/sec の値を用いることとし、第 1 層の s の速度 V_{s1} に対しては、 $V_{p1} = 5.5$ km/sec, $V_{p1}/V_{s1} = 1.67$ によりきまる値を用いるとすれば、 $V_{s1} = 3.3$ km/sec を得る。 H としてどのような値を採用するのが最も適当であるかについてはわれわれは何等の資料をもつていない。いずれ八幡観測点の解析が宮村研究室において行われるであろうから、converted wave の計測またはその他の方法で第 1 層の厚さについて何等かの根拠ある推論が得られることを期待するものであるが、現在の所は八幡から約 40 km 南々西にある岐阜で第 1 層の厚さ 9.5 km ということが知られているだけにすぎないので、ここには仮りにその半分の厚さ $H = 5$ km と仮定して (3) 式の括弧の中の数値を計算することとした。このようにして補正量として求められた値は

$$(D_{rs1, rs2} - D_{vp1, vp2}) = 0.25 \text{ sec}$$

となつた。

すなわち八幡観測点で得られている p-s 時については上に述べたような仮定を許す限りにおいては、観測値から 0.25 sec を差引くことにより表面層の影響を取除いて考えてよいこととなつた訳である。

上の計算を行うに当つては、八幡の地下構造として第 1 層が水平成層であること、震源の深さが第 1 層の厚さと殆ど同じ位であることを仮定している。実際の場合においては、上の仮定が正確に充たされている訳ではないであろうが、第 1 層と第 2 層との境界面が多少の傾斜をなしている程度ではこの補正量に大きな影響をあたえることはない。又この境界面の傾斜が特に急であると推定される理由は全くないので今の場合水平成層を仮定しても差支えないであろう。震源の深さについては、後にのべるように、今回の余震では震源の深いものでも 15 km 位であるので余震域からほぼ 50 km 位距つている八幡観測点の補正量をもとめる場合には震源の深さが変化しても補正量はほとんど影響をうけないと考えてよいであろう。従つて全ての余震について八幡の p-s 時には上にのべた補正量を加えることとした。この補正を加えたものに k を乗じたものが第 1 表に八幡の震源距離として示されている。

5. 震 源 分 布

このようにして第 1 表に各観測点毎に求められている震源距離に基いて、作図的に求められた震央が第 8 図に示されている。第 8 図において震央を示す印の肩の所にある数字はその余震の震源の深さを示すものである。三角の印は正確には 3 つの円が交わらなかつたものであり震央位置の誤差も丸印のものに較べ大きいと考えられると同時に震源も非常に浅いと考えなくてはならない。第 1 表最後の欄震源の深さを示す所で深さ 0 km と記されているのは多くはこの種の地震である。

×印は勝原、蛭ヶ野、八幡から求められた震央、+印は石徹白の記象を参照して求められた震央である。石徹白の観測は別の観測を主目的としたものであつたので紙送り速度も 2 mm/sec であり倍率も他に較べて低かつたため p-s 時の精度も幾分劣ると考えねばならないであろうから、他のものと区別するため+印で示されている。本震の震央は大きい×印で示されている

これらの震央分布図を見て気付かれる主な点を次に列記することとする。ただし 3 点観測を行ひ得た期間が短かつたので第 8 図に見られるものが余震全体の傾向を示すか否かについては疑問がある。特に余震域の問題を考える際にこれだけで充分な資料であるとはいひ得ない恨みがある。しかし大体の傾向はこの図にあらわれていると考えられるので主な点を以下に考察することとしよう。

i) 余震の震央は北西は打波川、北東は小池、石徹白を結ぶ線、南は勝原、石徹白の線で囲まれる地域の中にほとんど集つている。この地域は本震による震害が最も大きかつた地域に当つている。しかし本震による被害の著るしかつた地域は更に北にのびて白山南麓もその中に含まれていたようであるが、われわれの観測からは白山南麓には余震は起つてい

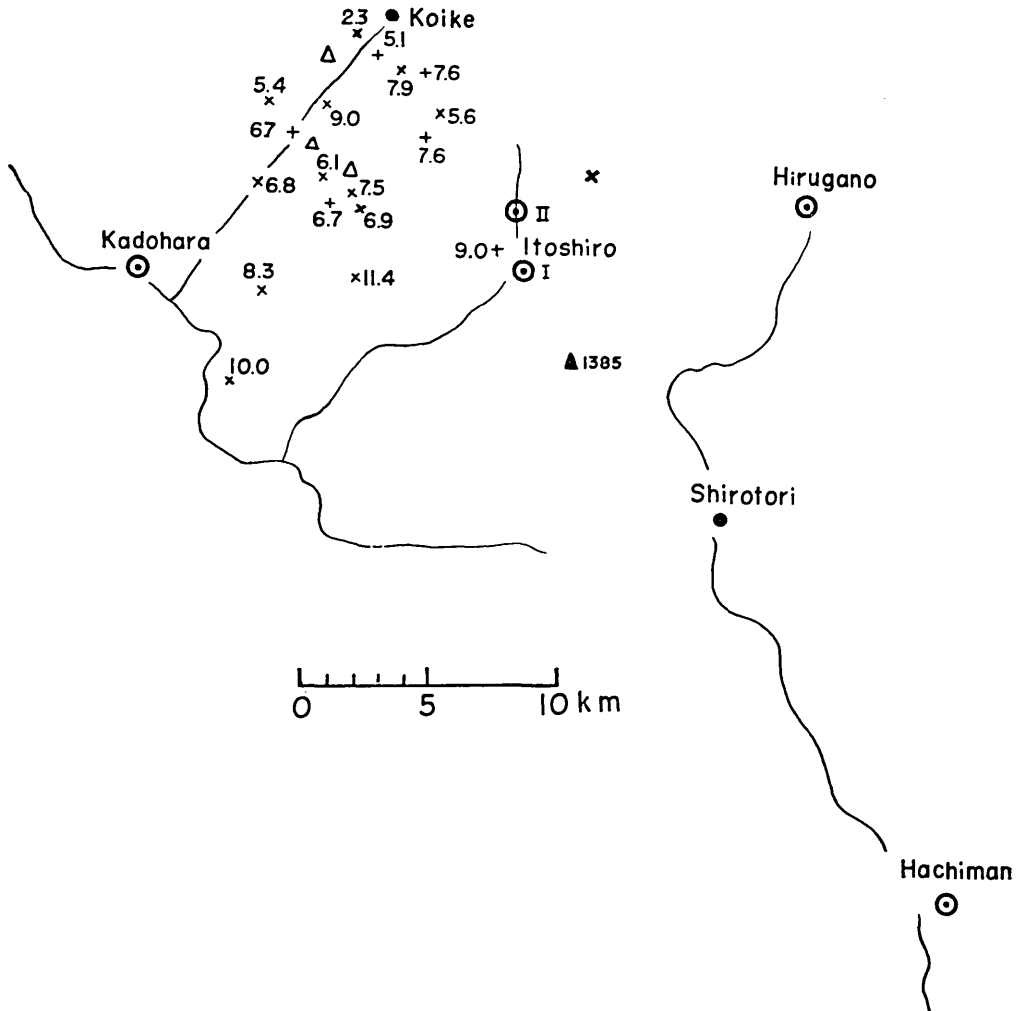


Fig. 8. Epicentres of aftershocks

- × Epicentres determined from the stations Kadohara, Hirugano, Hachiman.
 - + Epicentres determined from the stations Kadohara, Hachiman and Itoshiro.
- Thick cross represents the epicentre of the main shock.
 Figures attached to the marks indicate the focal depth in km.

るのが見られなかつた。

ii) 次に注目されることはこの余震域が著しく狭いことである。先きにものべたようにここに得られている地域が余震域の全域を思っているとはいえないが大体の傾向はあらかずものと考えられるとするならば、JMA 発表による本震の magnitude 7.2 と考えあわせてこの余震域が著しく小さいことは注目に値する。

iii) 震源の深さについては、深い所に起つたものが見られなかつたことも特徴の一つである。本震の深さは 40 km と発表せられているが、われわれの観測した余震では 15 km 以上の深いものは見られなかつた。

iv) この余震分布で特に注目せられることは深さ数軒またはそれより浅いと考えられるような極めて浅い余震が多数発生していると考えられる点である。しかもこの浅い余震は余震域の中の北部すなわち小池—石徹白をむすぶ線に近い地域に多く南に行くに従つて浅い地震は発生しなくなるようである。なお北部には浅い地震と同時にやや深い余震も同時に発生していることも附言しておかなくてはならないであろう。

v) これらの余震の発震機構については別の機会にゆずりたいと思うが、勝原の記録については引波で始まつているものが多いことが気付かれた。

謝 辞

これらの観測を行うにあつて種々便宜を与へられた福井県大野市、岐阜県大野郡高鷲村の当局の各位に厚く御礼を申し上げる。余震回数資料を引用することを許された福井地方気象台三宅台長に御礼を申し上げる。HES の設置について御配慮をいただいた萩原教授に、余震震央をきめるために観測資料を提供して下さつた宮村撰三、安芸敬一氏を始め八幡観測点の観測員各位、並びに石徹白の観測結果を使用することを許された金井清、長田甲斐男両氏に、厚く御礼を申し上げる。蛭ヶ野観測点設置に協力された神沼克伊氏、記録の読み取りに協力された前田良弘氏にも厚く感謝する。

34. *Aftershocks of the Kita Mino Earthquake of August 19, 1961.*

—Observations at the Kadohara and the Hirugano stations—

By Syun'itiro OMOTE, Ikuo KARAKAMA, Naoyoshi NAKAJIMA,
Sadao SAITO,

Earthquake Research Institute,
and Ichiro KAYANO,

Graduate School, The University of Tokyo.

For the purpose of carrying out the observations for the aftershocks of the Kita-Mino earthquake of August 19, 1961, we set up two temporary stations at Kadohara and Hirugano. In cooperation with the Hachiman station which was also installed temporarily for the observation of the aftershocks by Miyamura et al, a net for the observation of the aftershocks began its operation on 25th August and closed its activity on 20th September. The locations of these stations will be seen in Fig. 1. Frequency diagrams of the p-s duration times for the shocks observed at these stations are shown in Figs. 4, 5 and 6. Maximum frequencies of the p-s duration times are 1.0, 1.2 and 4 sec for Kadohara, Hirugano and Hachiman respectively.

As there are only three stations that give the p-s duration times for each shock, difference

time methods are used for determining the focus of each shock. Now, the distance Δ between a station and the focus can be expressed by a simple formula $\Delta = kt$, where t represents the p-s duration time, k a constant value, which is usually named as the Omori constant. It is necessary to give the assumed numericals for the k , in order that we obtain the location of hypocentres from the observed times at three stations. Fortunately, the area of our seismic net was traversed by a line of observation stations for the large explosion at Miboro, so that the crustal structure of the area covered by our seismic net was partly known and the velocity of the P waves was given as 6.0 km/sec, whereas that of the S waves was not reported. While, the ratio of the P velocity V_p to the S velocity V_s is studied by Yoshiyama basing his studies on the observations of natural earthquakes that occurred in the central part of Japan. Referring to his paper, we assumed V_p/V_s would be 1.67, then it is apparent that the k is given as $k=8.9$. It may be seen that this value is somewhat larger compared with the values assessed in other earthquakes that occurred in the regions not far from the Kita Mino area. Smaller values of k , however, would give greater difficulty in providing explanations for the observed data shown in Table 1, especially for the lines of the earthquakes Nos. 16 and 17.

It was also necessary to make some estimations on the structure of the uppermost layer under the Hachiman station by which we may get reasonable locations for the epicentres. The p-s duration time observed at the Hachiman station is reduced by 0.25 sec in order that the effect of the surface layer be eliminated, and this reduced figure is multiplied by the k .

Under these reasonable assumptions, 25 shocks are located and the distribution of the foci is seen in Fig. 8. The period in which all the three stations operated at the same time was so short that it may be going too far to say that the epicentres in Fig. 8 cover the whole area in which the aftershocks has taken place, it would, however, be safe to say that the epicentres in Fig. 8 would represent the general trend on the distributions of the foci of the aftershocks that accompanied the Kita Mino earthquake. One of the most remarkable points to be noticed from this figure is that the area covered by the epicentres is limited in such a small area that it seems that the aftershock area of the Kita Mino earthquake will give a notable exception for application of the formula that defines the area of epicentres of aftershocks from the magnitude of the main shock. Another point to be noticed is that the depth of the foci of these aftershocks are so shallow and no shock seems to be located below the level of 15 km from the surface of the earth.
