

31. 筑波山で観測された 1962年4月30日 宮城県北部地震の余震

地震研究所 { 萩原 尊 礼
 { 岩田 孝 行
 { 前田 良 弘
 { 茅野 一 郎
東京大学大学院
地球物理専門課程

(昭和37年6月26日発表—昭和37年6月30日受理)

1962年4月30日11時26分(J. S. T.)頃、宮城県北部に破壊的地震が起つた。仙台管区気象台の発表¹⁾によると、震央は 38.7°N , 141.1°E 、震源の深さは約10 km であり、マグニチュードは、仙台管区気象台によれば約6.4、われわれの見積もりによれば約6.2である。

この地震に際して、地震研究所では特に余震の出張観測は行わなかつたが、筑波山支所における常時観測の結果から、余震に関するデータを取急ぎまとめたので、ここに報告する。

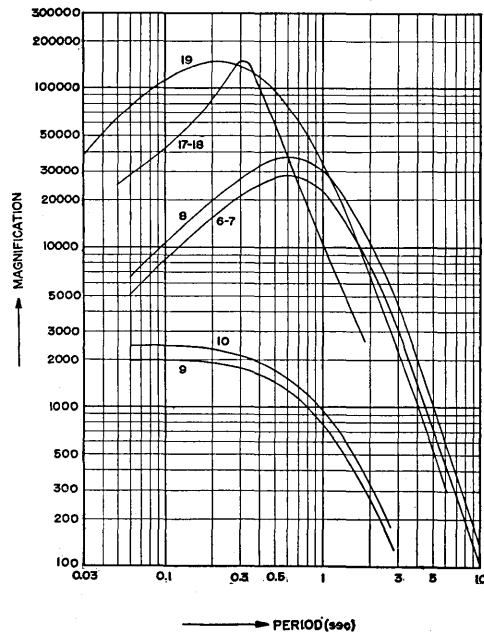


Fig. 1. Magnification curves of the "HES 1-1", "HES 1-0.2" and Anderson-Wood Seismographs at the Mt. Tsukuba Station ($140^{\circ}06'36''\text{E}$, $36^{\circ}12'39''\text{N}$). Mar. 24th, 1959~Aug. 24th, 1962.

1) 仙台管区気象台 昭和37年4月30日宮城県北部地震調査概報 1962.

Table 1. Constants of seismographs at the Mt. Tsukuba Station.

No.	Name	V_{max}	T_1	T_2	h_1	h_2	σ
6.*	HES 1-1** (EW)	29000	1.00	1.16	1.0	1.0	0.1
7.*	Ditto (NS)	29000	0.98	1.10	1.0	1.0	0.1
8.*	Ditto (UD)	37000	0.97	1.26	0.8	1.0	0.1
9.*	Anderson-Wood Type Torsion seismograph (EW)	2000	0.80		0.8		
10.*	Ditto (NS)	2400	0.80		0.8		
17.*	HES 1-0.2** (EW)	144000	1.0	0.24	1.0	0.5	1.0
18.*	Ditto (NS)	144000	1.0	0.24	1.0	0.5	1.0
19.*	Ditto (UD)	150000	1.0	0.24	1.0	1.0	0.5

V_{max} : Maximum magnification on the film reader ($\times 8$).

T_1 : Period of pendulum.

T_2 : Period of galvanometer.

h_1 : Damping constant of pendulum when the galvanometer is clamped.

h_2 : Damping constant of galvanometer when the pendulum is clamped.

σ : Coupling factor.

* : Precise film recording system is adopted.

** : Annexed numbers indicate the approximate period in second of pendulum and galvanometer.

第2図は、地震計“HES 1-0.2”²⁾の記録上最大全振巾4mm以上の地震の日々の個数を、第3図は、地震計“HES 1-1”³⁾の記録上認められる総ての地震の日々の個数を示している。4月12日に、著しく数が増しているのは、4月12日9時53分頃の金華山沖の地震($M=6.8$ (J. M. A.))³⁾の余震のためと考えられる。この余震活動は、4月30日までに、小区域地震以上のものが5個報告³⁾されており、筑波山におけるp-s分布からも、4月末まで若干続いていると考えられる。

4月30日にここにいう宮城県北部地震が起つた。この余震がかなり多数記録されていることは、第2図から判断される。5月5日から個数が増しているのは、5日8時42分の余震($M=5.0$)の影響も考えられるが、5日20時12分頃の三宅島付近の地震(やや顕著)⁴⁾の余震の影響が加わっていると思われる。

余震数の消長をもう少し詳しく見るために4月30日から5月2日までに“HES 1-0.2”および“HES 1-1”で観測された一時間毎の地震数を第4(a)図および第5(a)図に、細かい変動を除くために3時間毎にまとめたものを第4(b)図および第5(b)図に示す。

以上のグラフは、筑波山で観測された地震の総数を示しているが、4月30日から5月3日までの間、この数に著しい影響をおよぼすような、多数の余震を伴うと考えられる地

2) Hagiwara Electromagnetic Seismograph. Annexed numbers indicate the approximate period in second of pendulum and of galvanometer.

3) 気象庁地震課 地震速報 1962年4月.

4) 気象庁地震課 地震速報 1962年5月.

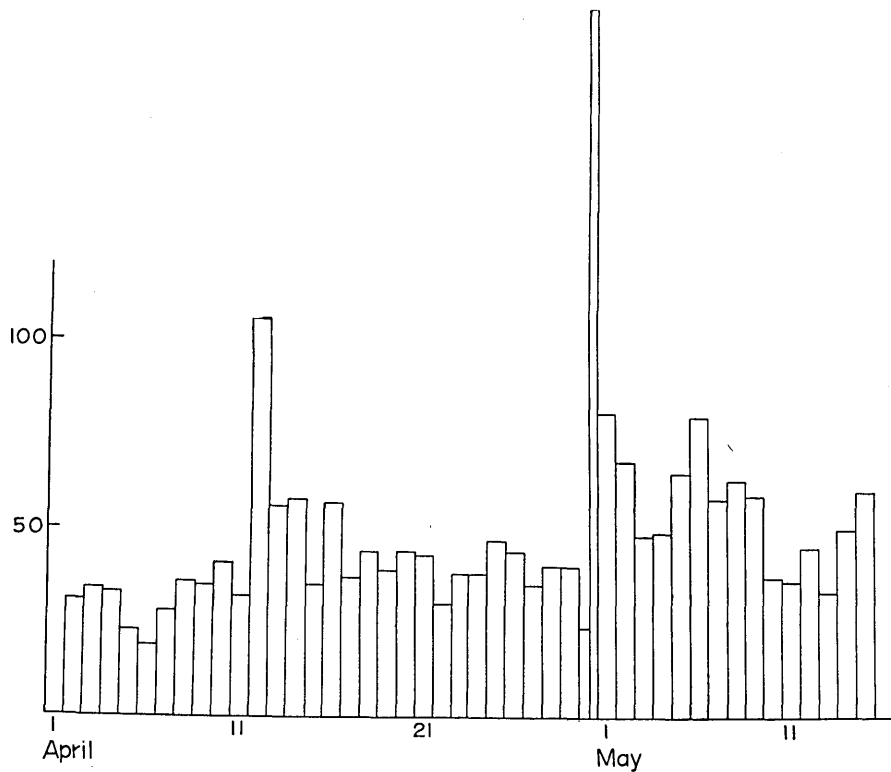


Fig. 2. Daily numbers of earthquakes having maximum trace amplitudes larger than 4 mm (double amplitude) on the "HES 1-0.2" seismogram at the Mt. Tsukuba Station.

The numbers in the figure include those due to the aftershocks caused by other large earthquakes:

April 12th, 9 h 53 m JST., 37.9°N , 142.8°E , $d=40$ km, $M=6.8$, $\Delta=300$ km.

May 5th, 20 h 12 m JST., 34.1°N , 139.4°E , $d=20$ km, $\Delta=240$ km.

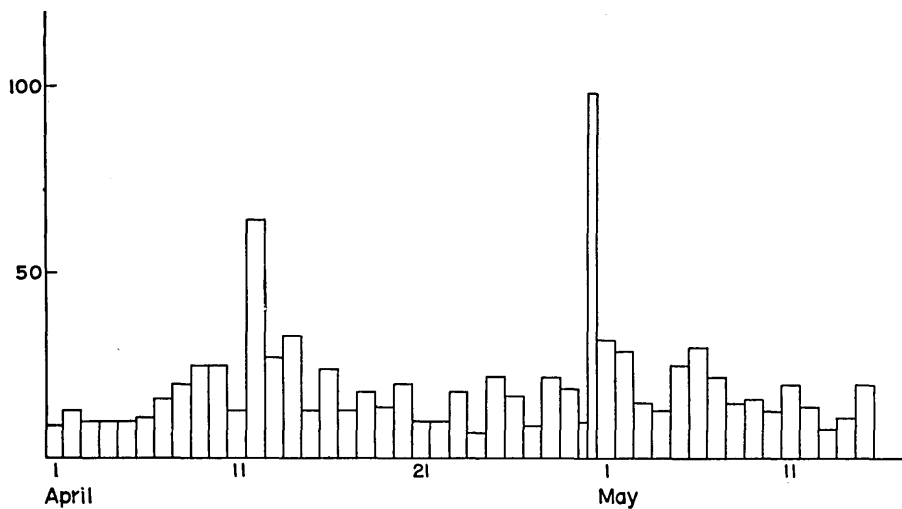


Fig. 3. Daily numbers of earthquakes recorded with the "HES 1-1" seismograph at the Mt. Tsukuba Station.

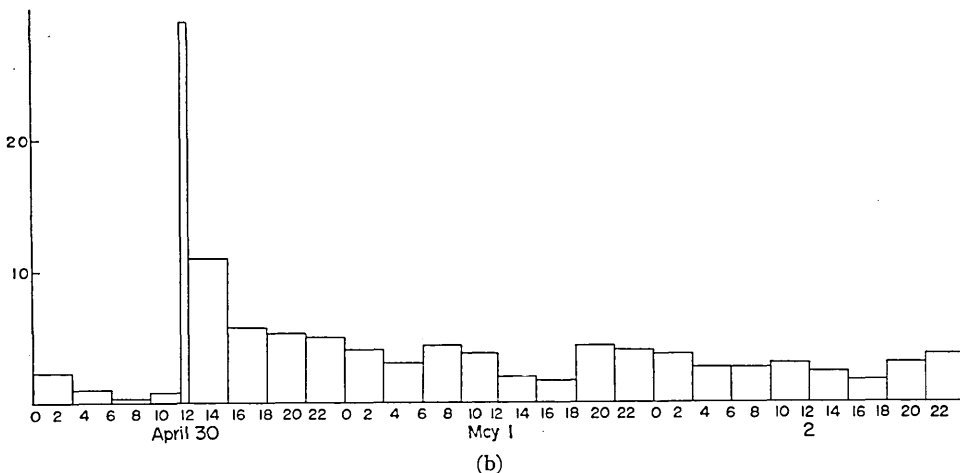
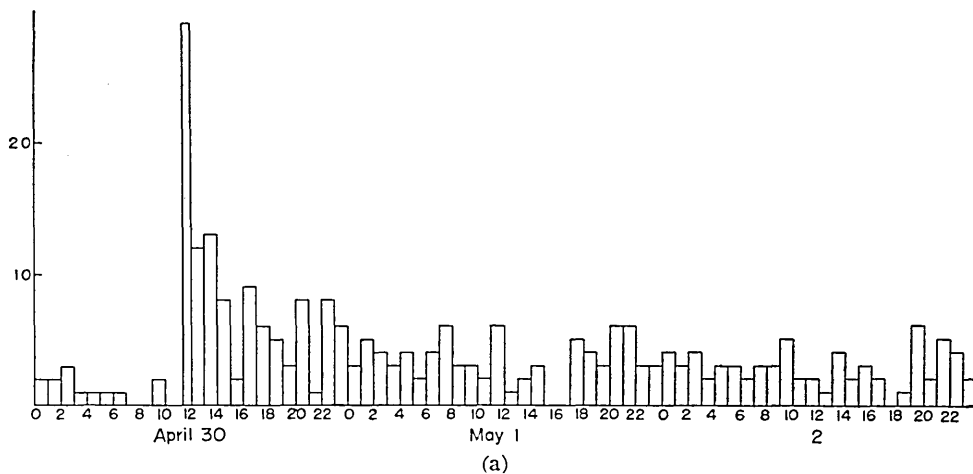


Fig. 4. (a) hourly and (b) three-hourly numbers of earthquakes having maximum trace amplitudes larger than 4mm (double amplitude) on the "HES 1-0.2" seismogram.

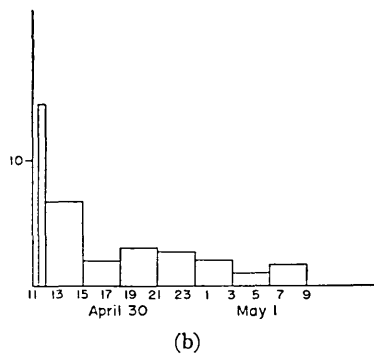
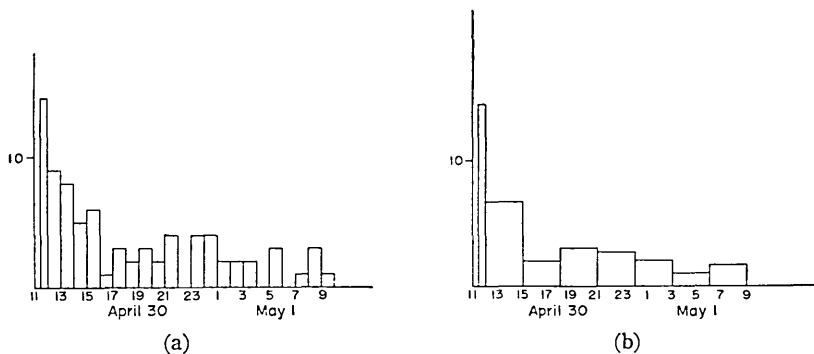


Fig. 5. (a) hourly and (b) three-hourly numbers of earthquakes recorded with the "HES 1-1" seismograph.

震は他に報告されていないから、少くともこの間の地震数の、平常の平均レベルからの増加は宮城県北部地震の余震とみなして差支えないであろう。

以上のように考えると、筑波山で“HES 1-0.2”によつて観測されている余震の総和は数百個に達すると考えられるが、それらをすべて取扱うことにはいろいろ困難がある。そこで、“HES 1-1”の記録上、最大全振巾が約 1 mm 以上で、記象の明瞭な、余震と思われるものを拾い出したのが第 2 表の地震である。

これらの地震を拾い出すに当つては、第一に p-s 時を目安にしたが、前述の金華山沖地震の余震もほぼ同じ p-s 時を持つので、記象型を参照して、ごく疑わしいものは除いてある。従つて、宮城県北部地震の余震でないものを含む可能性もないではないが、それは比較的小さいと考える。余震中、大きなものについては、その後得られた諸資料について確認されていて、マグニチュード 4 以上のものについては拾い残しはない。疑わしいものは保留するという方針をとつているから、小さい余震については、ある程度拾い残しはあるであろう。実際、第 2 表中の 4 個は、保留中のものから、築館の震度 II, III を考慮して補充したもので、Remarks の欄に * を付してある。

第 2 表に掲げられた地震の p-s 時分布を第 6 図に示す。

次に、これらの余震のマグニチュードを決めることを試みた。筑波山支所には Anderson-Wood 地震計が置いてあるから、これで完全な記録が得られたものについては、マグニチュードを直接決めることができる。

Richter, Gutenberg によれば、標準の Anderson-Wood 振れ地震計 ($V=2800$, $T=0.8\text{sec}$, $h=0.8$) で得られた記録の最大振巾を a (ミクロン)、震央距離を Δ (km) とすれば、マグニチュード M は

$$M = \log a + 3 \log \Delta - 6.37 \quad (1)$$

で決められる。筑波山で用いられている Anderson-Wood 地震計の倍率は、E-W 成分 2000 倍、N-S 成分 2400 倍であるから、それを補正すると

$$M = \log a + 3 \log \Delta - 6.22 \quad (\text{E-W}) \quad (2)$$

$$-6.30 \quad (\text{N-S}) \quad (3)$$

となる。別に、Pasadena または Berkeley でマグニチュードが決められている地震の、

5) C. F. RICHTER, "An Instrumental Earthquake Magnitude Scale," *B.S.S.A.*, **25** (1935), 32.

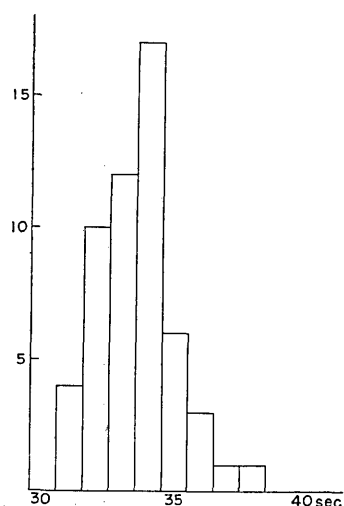


Fig. 6. Frequency distribution of p-s time of earthquakes listed in Table 2.

Table

Arrival Time				Time from the Main Shock	p-s	A _{max}					
						"HES 1-1"			Anderson-Wood		
						Z mm	E mm	N mm	E mm	N mm	
month	d	h	m	min.	sec						
IV	30	11	27	0	34						137
			43	16	34	11.8	22.7	13.05	1.55	0.95	
			12	01	34	35	1.9	2.8	1.35	0.19*	0.13*
				18	51	32	18.9	43.55	17.85	1.85	0.95
		24		57	34	1.05	1.75	0.6	0.12*	0.06*	
		13	54	87	33	1.75	2.5	1.6	0.17*	0.15*	
			06	99	32	5.65	10.5	5.0	0.7	0.6	
			07	100		2.0	2.2	1.5	0.15*	0.14*	
			16	109	37	12.75	47.45	24.5	3.5	3.0	
			26	119	35	11.5	15.85	16.6	2.0	1.5	
			14	14	167	35	2.6	3.5	3.1	0.24*	0.30*
		35		188	34	4.85	10.9	5.1	0.85	0.9	
		15	04	217	34	2.15	2.7	2.0	0.19*	0.19*	
		16	13	286	32	0.85	1.95	1.0	0.14*	0.10*	
			56	329	32	54	76	43	5.0	3.75	
		18	54	447	31	0.8	1.5	0.5	0.10*	0.05*	
			19	39	492	35	3.6	3.8	2.0	0.26*	0.19*
			22	47	680	33	10.4	14.4	9.4	0.85	1.0
			56	689	32	2.65	3.15	2.25	0.22*	0.22*	
			23	13	706	34	3.1	4.7	3.35	0.33*	0.32*
19	2		58	32	0.95	1.75	0.85	0.12*	0.08*		
	7		42	34	21.0	30.5	(16.5)	3.5	3.0		
11	08		1421	38	0.9	1.8	0.6	0.12*	0.06*		
14	14	1607	33	1.9	2.15	1.35	0.15*	0.13*			
20	27	1980	34	1.65	3.45	1.8	0.24*	0.17*			
22	42	1995	33	7.65	9.2	5.0	0.85	0.5			
	31	2104	34	2.35	5.0	2.6	0.34*	0.25*			
23	17	2150	32	1.55	3.2	1.55	0.22*	0.15*			
2	1	32	34	1.9	4.95	2.35	0.34*	0.22*			
	2	29	33	0.65	1.2	0.5	0.08*	0.05*			
3	39	2352	34	15.0	19.25	8.2	1.34*	0.79*			
	43	2356	31	1.9	1.0		0.07*	0.12*			
2	5	24	34	72.5	89	51	7.0	5.75			
	11	13	32	3.75	7.9	8.3	0.55*	0.40*			
13	49	3022	32	3.8	7.0	4.5	0.48*	0.43*			
16	25	3178	36	1.35	2.5	1.85	0.17*	0.18*			
	02	3395	36	2.05	2.5	1.3	0.17*	0.12*			
22	53	3566	33	3.5	6.9	2.9	0.5	0.4			
22	54	5007	34	1.1	1.65	1.05	0.12*	0.10*			
5	4	09	35	14.5	14.4	12.5	1.35	1.0			
8	8	42	33	6975	20.5	24.5	20.0	6.85	4.65		
	18	40	31	10453	2.15	3.0	2.85	0.21*	0.27*		
20	00	10533	34	7.4	11.35	9.45	1.0	0.7			
	21	03	34	10596	1.25	1.85	1.25	0.13*	0.12*		
8	04	16	33	11029	3.0	0.75	3.7	0.05*	0.35*		
	17	15	33	11808	2.2	3.4	2.15	0.24*	0.21*		
25	25	11818	36	4.75	8.65	4.8	0.65	0.5			
	07	54	35	12687	0.7	2.5	1.55	0.18*	0.15*		
21	10	13483	34	5.85	14.0	5.65	0.97*	0.54*			
	00	08	34	17981	1.35	1.8	1.6	0.13*	0.15*		
13	18	59	33	19112	5.6	5.1	4.0	0.45	0.3		
14	03	48	31	19641	52	85	35	6.3	6.2		
	04	12	33	19665	8.8	14.7	7.15	1.02*	0.69*		
09	35	19988	33	7.0	13.6	8.65	1.3	0.85			
15	17	53	32	21926	1.25	3.2	1.85	0.22*	0.18*		

2.

ME	MN	M	E	ΣE	Remarks
			$\times 10^{16}$ erg	$\times 10^{16}$ erg	
	6.20	>6.2	125100		
4.33	4.04	4.3	177.8	177.8	Ishinomaki: I
3.42	3.17	3.4	7.9	185.7	
4.41	4.04	4.4	251.2	436.9	
3.22	2.84	3.2	4.0	440.9	
3.37	3.24	3.4	7.9	448.8	
3.99	3.84	4.0	63.1	511.9	
3.32	3.21	3.3	5.6	517.5	
4.68	4.54	4.7	708.0	1225.5	Ishinomaki: I
4.44	4.24	4.4	251.2	1476.7	Ishinomaki: I
3.52	3.54	3.5	12.2	1488.9	
4.07	4.01	4.1	89.1	1578.0	Miyako: I
3.42	3.34	3.4	7.9	1585.9	
3.29	3.06	3.3	5.6	1591.5	
4.84	4.63	4.8	1000.0	2591.5	Ishinomaki: II
3.14	2.76	3.1	2.8	2594.3	
3.56	3.34	3.6	15.9	2610.2	
4.07	4.06	4.1	89.1	2699.3	Ishinomaki: I
3.48	3.40	3.5	12.2	2711.5	
3.66	3.57	3.7	22.4	2733.9	
3.22	2.96	3.2	4.0	2737.9	
4.68	4.54	4.7	708.0	3445.9	Ishinomaki: I
3.24	2.82	3.2	4.0	3449.9	Hosokura: Felt
3.32	3.16	3.3	5.6	3455.5	
3.52	3.28	3.5	12.2	3467.7	Hosokura: Felt
4.07	3.74	4.1	89.1	3556.8	Hosokura: Felt
3.68	3.44	3.7	22.4	3579.2	Hosokura: Felt
3.48	3.22	3.5	12.2	3591.4	Hosokura: Felt
3.68	3.39	3.7	22.4	3613.8	Hosokura: Felt
3.07	2.74	3.1	2.8	3616.6	Hosokura: Felt
4.27	3.94	4.3	177.8	3794.4	Sendai: I
2.99	3.12	3.1	2.8	3797.2	Hosokura: Felt
4.99	4.80	5.0	1996.0	5793.2	Ishinomaki: II
3.92	3.64	3.9	44.7	5837.9	
3.83	3.68	3.8	31.6	5869.5	Ishinomaki: I
3.38	3.30	3.4	7.9	5877.4	Hosokura: Felt
3.38	3.14	3.4	7.9	5885.3	
3.84	3.64	3.8	31.6	5916.9	Hosokura: Felt
3.22	3.06	3.2	4.0	5920.9	Hosokura: Felt
4.27	4.04	4.3	177.8	6098.7	Ishinomaki: I
4.98	4.71	5.0	1996.0	8094.7	Ishinomaki: I
3.46	3.49	3.5	12.2	8106.9	
4.14	3.91	4.1	89.1	8196.0	*Ishinomaki: I
3.25	3.14	3.3	5.6	8201.6	Tsukidate: I
2.84	3.60	3.6	15.9	8217.5	Tsukidate: II
3.52	3.39	3.5	12.2	8229.7	Tsukidate: I
3.95	3.76	4.0	63.1	8292.8	Tsukidate: III
3.40	3.24	3.4	7.9	8300.7	*Tsukidate: II
4.13	3.79	4.1	89.1	8389.8	Tsukidate: II
3.25	3.24	3.3	5.6	8395.4	*Tsukidate: II
3.79	3.54	3.8	31.6	8427.0	Tsukidate: II
4.94	4.85	4.9	1410.0	9837.0	Ishinomaki: II
4.15	3.90	4.2	125.9	9962.9	Tsukidate: III
4.25	3.99	4.3	177.8	10140.7	Tsukidate: III
3.48	3.32	3.5	12.2	10152.9	Tsukidate: II

筑波山における Anderson-Wood 地震計の記象の最大振幅から松本が求めた

$$M = \log a + 3 \log A - 6.65 \quad (4)$$

という関係式⁶⁾もあるが、ここでは (2) (3) 式を用いた。

これらの余震の震央は、大部分まだ決められていないが、震央距離 280~290 km とみなして差支えないと思われるから、一応すべて 285 km として

$$\begin{aligned} M &= \log a + 3 \log 285 - 6.22 \\ & \quad - 6.30 \\ &= \log a + 1.14 \quad (\text{E-W}) \quad (5) \end{aligned}$$

$$+ 1.06 \quad (\text{N-S}) \quad (6)$$

によつてマグニチュードを決めた。

こうして、E-W 成分、N-S 成分から求めたマグニチュードが第 2 表 ME, MN の欄にそれぞれ記入してある。この両者の内、大きい方を、小数点以下第二位を四捨五入して得た値をその地震のマグニチュードとして採ることとし、M の欄に記入してある。マグニチュードが 4 以上のものはゴジックで記入してある。

さて、Anderson-Wood 地震計で記象が得られなかつた小さい地震については、“HES 1-1”で得られた記象からマグニチュードを決めることを試みなければならない。そこで、Anderson-Wood 地震計と“HES 1-1”と両方で最大振幅の読めている 17 個の地震の対応する最大振幅を記入したのが第 7 図の黒点である。両地震計の最大振幅の間の関係を求めるには、厳密には周期特性をも考慮に入れなければなるまいが、ここでは、第一近似として、比例関係が成り立っているものと仮定して、第 7 図の直線をもつてその関係を示す

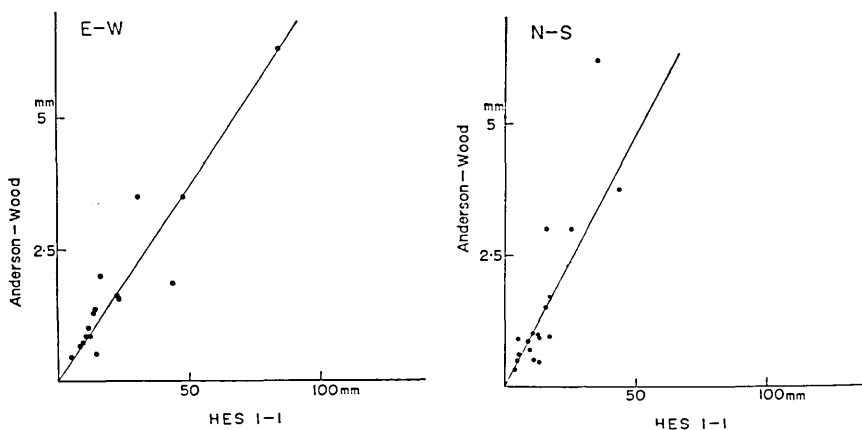


Fig. 7. Relations between the maximum trace amplitudes on the Anderson-Wood seismogram and on the “HES 1-1” seismogram.

6) T. MATUMOTO, In preparation.

ものであると見なすことにした。点はかなりばらついて
いるが、マグニチュードを決めるのには、さほど大きな
影響はない。しかし、マグニチュードからエネルギーを
求めようとする、その段階で小さくない誤差を生ずる
恐れはある。

こうして“HES 1-1”による記象の最大振巾から換算
して得られた Anderson-Wood 記象の最大振巾は、*を
付けて記入されている。また、それから得られたマグニ
チュードが *ME*, *MN*, *M* の欄にそれぞれ記入されて
いる。

ここに得られた結果を見ると、本震のマグニチュード
は N-S 成分から、6.2 と得られるが、E-W 成分はス
ケールアウトしているから、それよりもいくらか大きい
と考えてよいであろう。余震中最大のもは、*M*=5.0
のが 2 個あつて、それぞれ本震より、約 47 時間後、約
117 時間後に起つている。その他、*M*=4.5 のものが 4 個あり、マグニチュード別分布は
第 3 表の通りになる。

Table 3. Magnitude frequency
distribution of after-
shocks of the Northern
Miyagi Earthquake.

Magnitude	Frequency
5.0	2
4.8-4.9	2
4.6-4.7	2
4.4-4.5	2
4.2-4.3	5
4.0-4.1	7
3.8-3.9	4
3.6-3.7	5
3.4-3.5	13
3.2-3.3	10
3.0-3.1	4

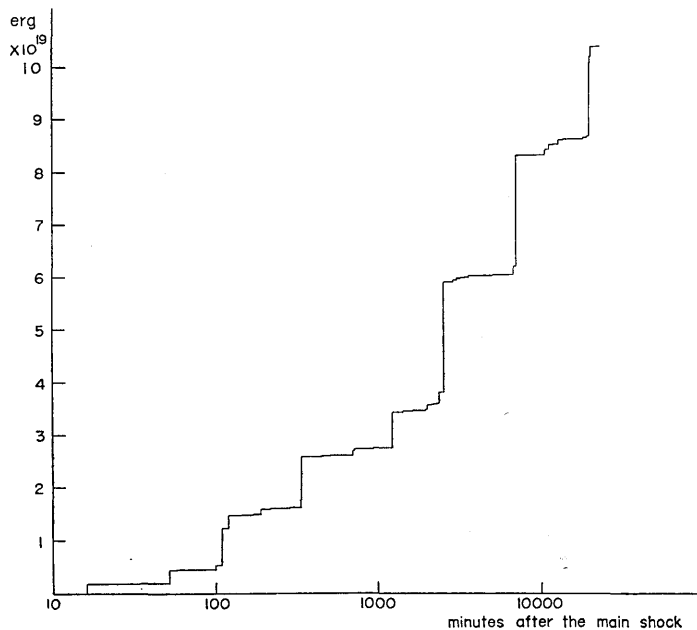


Fig. 8. Energy released by the aftershock sequence.

次の E 欄には

$$\log E = 11.8 + 1.5 M \quad (7)$$

の関係⁷⁾から求めたエネルギーを、その次の ΣE 欄にはエネルギー積算値を示してある。第8図はこうして得られた、本震からの時間と積算放出エネルギーとの間の関係を示している。

最後の欄には、三つの事項が記入してある。その一は、気象庁の常時観測網から得られた資料で、石巻で有感のものは石巻での震度を、石巻で無感でも、他で有感のものはその地点での震度を記入してある。第二には、仙台管区気象台築館通報所で得られた資料で、ここには築館での震度のみが記入してある。これから判るように、築館（震央距離 10～15 km）で震度 II 以上のものは、筑波山（震央距離 280～290 km）の“HES 1-1”に確実に記録されている。築館で震度 I の地震も、“HES 1-0.2”の記録には、少数の例外を除いてほとんどすべて見出される。また、築館で震度 III のものは、すべてマグニチュードが 4 より大きい。第三は細倉鉦山における有感地震の記録で、これは原則として日中は記録されていないし、記載もれも若干あると思われる。なお、4月30日の分は明瞭に時刻が示されていない。

本報告をまとめるに当り資料を提供して下さった気象庁地震課、仙台管区気象台、築館通報所、三菱金属鉦山株式会社細倉鉦業所、地震研究所岡田惇、音田功の諸氏に厚く御礼申し上げる。

7) B. GUTENBERG and C. F. RICHTER, "Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration (2nd paper)," *B. S. S. A.*, **46** (1956), 5-145.

8) S. Suyehiro, "Aftershock Sequence of the Izu Earthquake of August, 1956," *Papers in Meteorology and Geophysics*, **9** (1959), 193-203.

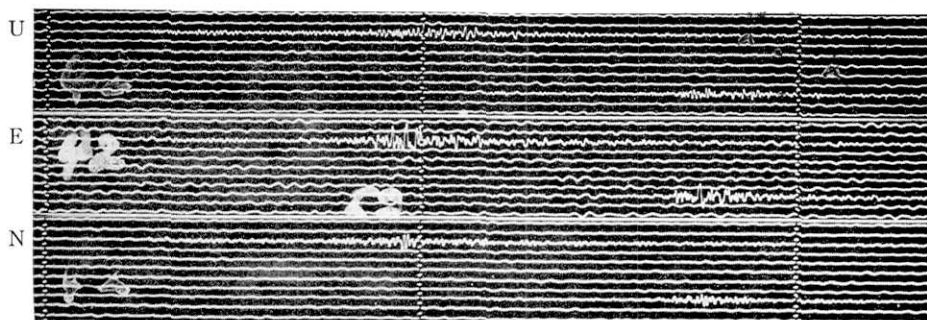


Fig. 9. "HES 1-1" seismograms of the Northern Miyagi aftershocks at 22 h 31 m JST, May 1 ($M=3.7$) and at 1 h 32 m JST, May 2 ($M=3.7$), 1962. ($2.5\times$ original film)

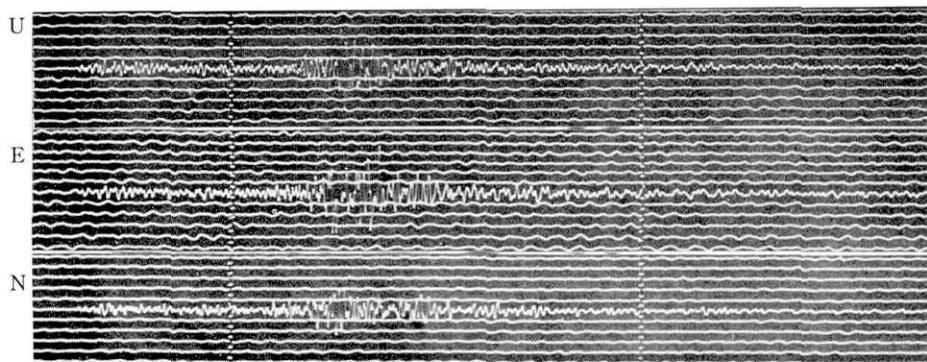


Fig. 10. "HES 1-1" seismogram of the Northern Miyagi aftershock at 2 h 09 m JST, May 2, 1962. ($M=4.3$) ($2.7\times$ original film)

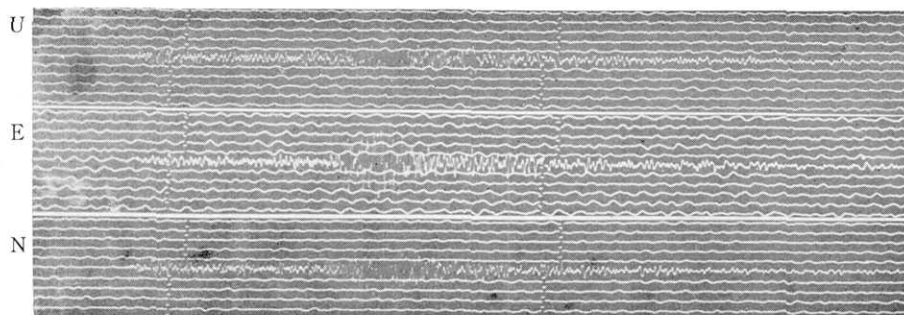


Fig. 11. "HES 1-1" seismogram of the Northern Miyagi aftershock at 4 h 09 m JST, May 5, 1962. ($M=4.3$) ($2.5\times$ original film)

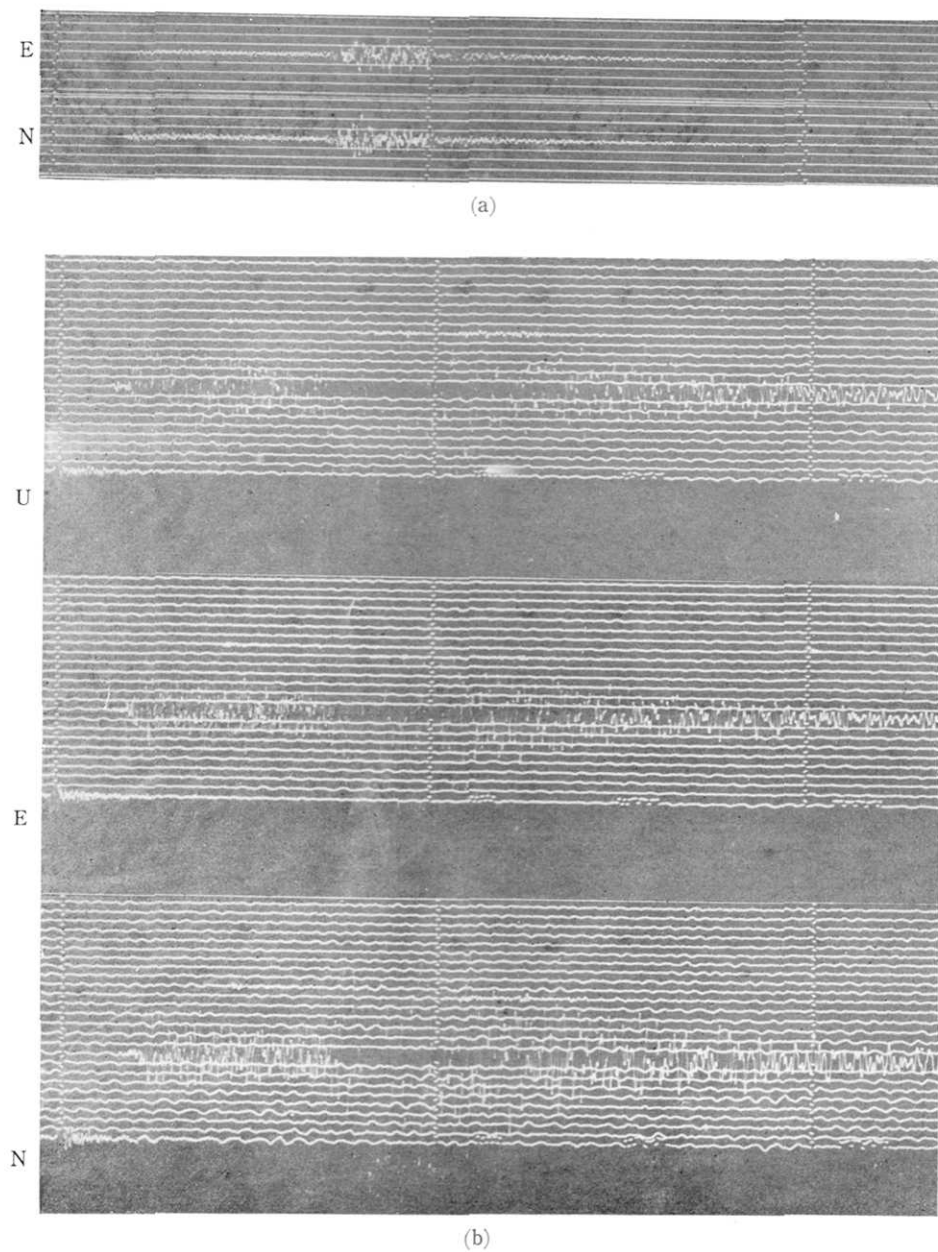


Fig. 12. Anderson-Wood seismogram (a) and the "HES 1-1" seismogram (b) of the Northern Miyagi aftershock at 5 h 24 m JST, May 2, 1962. (2.5×original film)

31. *Aftershocks of the Northern Miyagi Earthquake,
April 30, 1962, Observed at the Tsukuba Station.*

By

Takahiro HAGIWARA, Takayuki IWATA, Yoshihiro MAEDA,
Earthquake Research Institute,

and

Ichiro KAYANO,
Graduate School, University of Tokyo.

The Northern Miyagi Earthquake, which was slightly destructive around the epicentral region, occurred in the northern part of the Miyagi Prefecture, Northeastern Japan, at 02 h 26 m GMT, April 30th, 1962. The magnitude of the earthquake was estimated at 6.4 by the Sendai District Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency, and at 6.2 by the Earthquake Research Institute. Aftershocks of this earthquake were investigated on the basis of the observational data at the seismological station at Mt. Tsukuba of the Earthquake Research Institute, about 300 km distant from the epicentre.

Daily numbers of earthquakes observed with the "HES 1-1" seismograph ($V_{\max} \doteq 30,000$, $T_1 = 1.0$ sec, $T_2 = 1.0$ sec) and "HES 1-0.2" seismograph ($V_{\max} \doteq 150,000$, $T_1 = 1.0$ sec, $T_2 = 0.2$ sec) are shown in Figs. 3 and 4, respectively. Hourly numbers and three-hourly numbers of them are shown in Figs. 4 and 5, respectively. They indicate that these seismographs recorded several hundred aftershocks of the Northern Miyagi Earthquake in a few days after the main shock. The earthquakes which were recognized as the aftershocks on the basis of the p-s time and the configuration on the "HES 1-1" seismograms were selected in Table 2.

The magnitudes of larger aftershocks were determined directly from the Anderson-Wood seismograms. For determining the magnitude of smaller shocks which were not recorded on the Anderson-Wood seismograms, we extended the proportional relation between the two maximum trace amplitudes on the Anderson-Wood seismogram and on the "HES 1-1" seismogram for larger shocks.

The magnitude of the main shock was estimated at slightly larger than 6.2. The two larger aftershocks had magnitudes of 5 and four had magnitudes larger than 4.5. The magnitude frequency distribution of the aftershocks is shown in Table 3. The "HES 1-1" seismograph was able to obtain full seismograms of the aftershocks larger than $M=3.0$ and the "HES 1-0.2" recorded the aftershocks smaller than $M=3.0$ at the epicentral distance of about 300 km.