

昭和基地の地震検知率 (序報)

神沼克伊*

EARTHQUAKE DETECTION CAPABILITY OF SYOWA STATION, ANTARCTICA (Preliminary Reports)

Katsutada KAMINUMA*

Abstract

The seismological observation at Syowa Station has been carried out using the HES seismographs. We examined how many earthquakes reported in EDR of USCGS were detected as P or PKP phases at Syowa Station (SYO), Antarctica, during the period from March to December in 1967. The detection capability in connection with the magnitude and the epicentral distance was investigated.

The earthquake detection capability of Syowa Station is 7 percent in the winter season and 2 percent in the summer season. These values are the same order as those at the stations of DRV (Dumont d'Urville) and MIR (Mirny), but very low as compared with those of SPA (South Pole Station).

The further result will be published in the Bulletin of the Earthquake Research Institute.

1. は し が き

昭和基地の地震観測は、1959年 HES 地震計の Z 成分で観測を開始した。1961年には水平二成分を加え、三成分で観測を行なった。4年間の空白後、1966年の再開からも、同地震計による三成分観測を続けている。1967年からは、長周期地震計による三成分観測も開始した。

地震観測は行なわれていたが、記象の読みとりは、読みとり用マイクロリターが無かったため、現地ではできず、日本に持ち返って行なっていた。したがって、昭和基地の地震記象が研究に使われたことも少なかった。

1967年3月から1968年1月にかけて、昭和基地では初めて HES 地震計の記象の読みとりを行ない、その結果を南極の全地震観測基地と USCGS (アメリカ沿岸側地局) とに報告した。

* 東京大学地震研究所 Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Yayoi 1-chome, Bunkyo-ku, Tokyo

その読みとり結果にもとずき、昭和基地の地震検知率を求めた。昭和基地の地震計等は筆者等(1968)が別に報告しているように、地震計室としては最悪の条件下にあるが、その地震検知率は、南極の他の地震観測基地の検知率に比べて悪くはない。しかし観測所の少ない南極であるから、より良い条件の場所で観測を行ない、更に良い検知率にすることが望まれる。

2. 検 知 率

昭和基地の HES 型地震計は、振子および電流計の周期かともに 1.0 秒で、その倍率特性は図 1 に示す。南極大陸の沿岸の基地は、どこでもそうであるか (HATHERTON and ORR, 1959; MURPHY, 1961, MURAUCHI, 1962, SYTINSKII, 1964), 夏の間は非常に脈動が多くなり、地震計の倍率をあげることはできない。昭和基地でも、例年 1 月から 5 月頃までは、attenuation factor $\mu=1/5$ のアッテネーターを使い、周期 1 秒付近の倍率は約 4 万倍、6 月

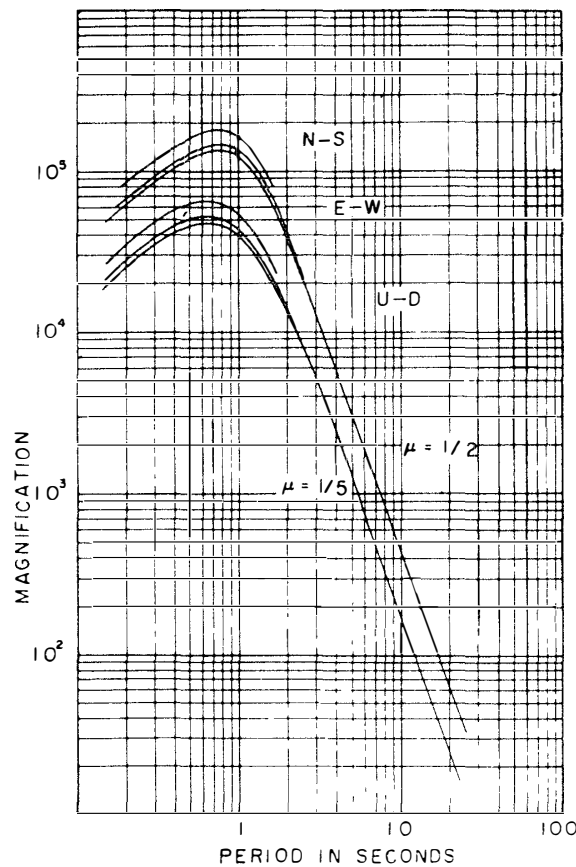


図 1 HES 地震計の倍率特性、アッテネーターは $\mu=1/2$ を冬期に、 $\mu=1/5$ を夏期に使用

Fig. 1 Magnification curves of HES seismographs. Attenuators of attenuation factor

$\mu=1/2$ were used in winter and $\mu=1/5$ were used in summer.

頃から12月までは $\mu = 1/2$ のアッテネーターで、その倍率は約15万倍で観測を行なっていたが、夏期と冬期では当然検知率が違ってくる

ここでは検知率を次のように定表した

$$\text{検知率} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{USCGS で震源の決まった地震} \\ \text{て昭和基地で観測された地震数} \end{array} \right)}{\left(\text{USCGS で震源の決まった地震数} \right)} \times 100$$

一般に地震検知率を議論する場合に問題になることは脈動であるが、南極の場合はさらにフリザートを考えなければならない。日本では一年間にせいぜい数回しか現われない、台風に伴うような急激な気圧変化（たとえば 10mb/h の変化）が、昭和基地では月に何回もフリザードに伴い現われる。フリザードの時の記象の例を図 2 に示すが、この期間は地震の読みとりが困難になる

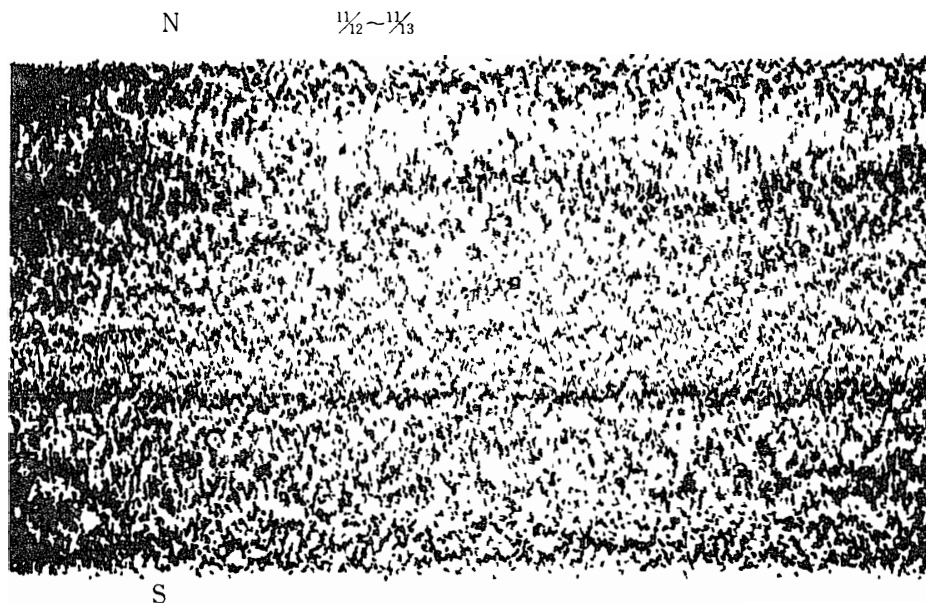


図 2 フリザードの時の地震記象

Fig 2 The seismogram during the period of blizzard.

検知率を“或る観測点の地震を検知できる能力”という意味から考えれば、当然フリザード期間を含めて議論すべきである。また“或る観測点で、或る地点に起こった地震を検知できる能力”という意味からは、フリザード期間を除いて考えるべきものである。後者の場合は、検知率というよりもむしろ検知能力（possible detection capability）とても云うべきであろう。ここではこの両方について議論する。

3 マグニチュード別の検知率

図3は、1967年3月から12月までの間に、昭和基地でPまたはPKPのphaseを観測してきた地震の震央分布図である。台湾から日本付近に起こった地震、アメリカのカリフォルニアの地震等は、昭和基地からはshadow zoneになるのて観測できない。

表1は、attenuation factor $\mu=1/5$ (3月~5月), $\mu=1/2$ (6月~12月), 両方の場合(3月~12月)のそれぞれについて、マグニチュード別検知率を求めたものであり、()内はいずれもフリサート期間を除いたものである。

マグニチュード6以上の地震で観測できなかったのは、shadow zoneに起こった地震である。マグニチュード5クラスの地震になると、検知率が落ちてくるのは仕方ないが、マグニチュード5.5を境に10数%と思くなる。さらにマグニチュード4より小さい地震では

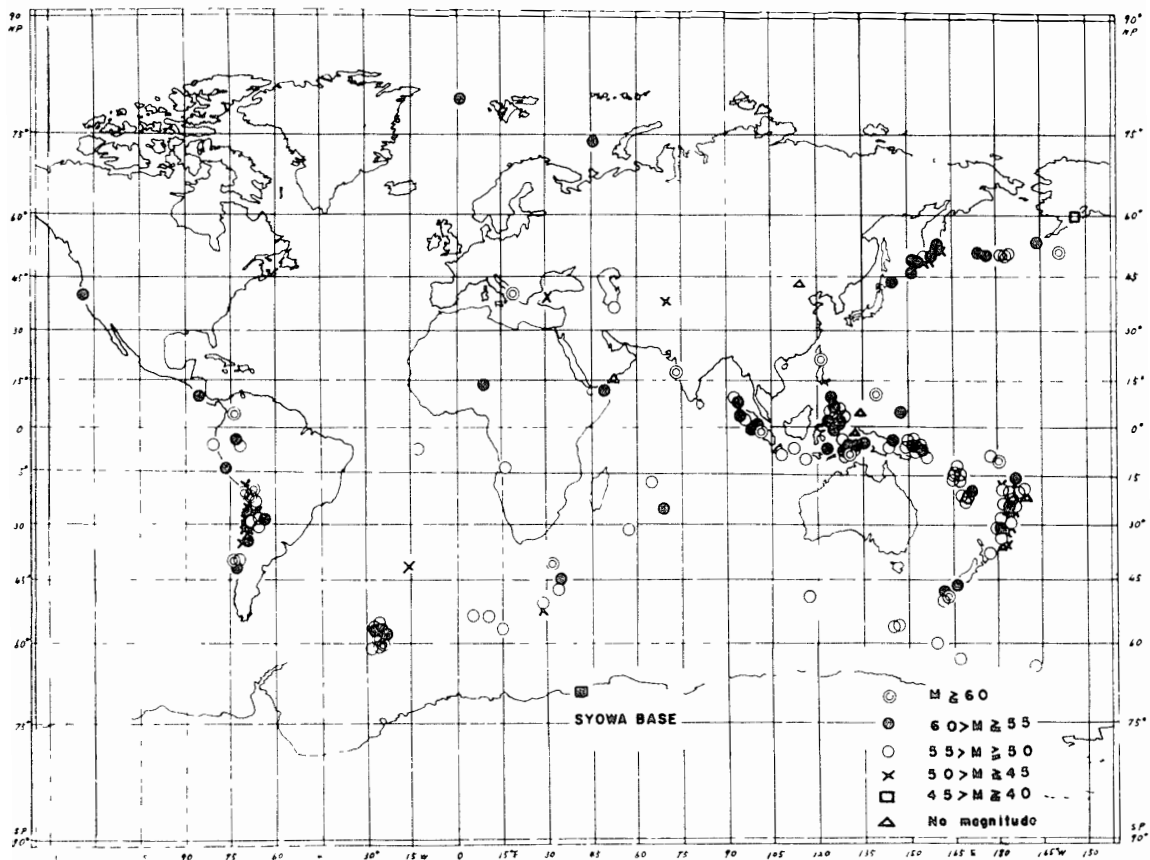


図3 1967年3月~12月に、USCGSで震源が決まった地震のうち、昭和基地で記録してきた地震の震央分布図

Fig. 3 Epicenters of earthquakes which were detected at SYO from March to December, 1967.

表1 昭和基地におけるマグニチュード別地震検知率

USCGS mag.	Mar-May, 1967			June-Dec, 1967			Mar-Dec, 1967		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
6.0~	10(6)	3	30(50)	21(18)	16	76(89)	31(24)	19	61(79)
5.5~5.9	57(41)	9	16(22)	112(94)	48	43(51)	169(135)	57	34(42)
5.0~5.4	224(138)	10	4(7)	524(428)	79	15(18)	748(566)	89	12(16)
~4.9	832(620)	5	0.6(0.8)	1824(1493)	42	2(3)	2656(2113)	47	2(2)
no mag	131(101)	1	0.8(1)	371(288)	11	3(4)	502(389)	12	2(3)
total	1254(906)	28	2(3)	2852(2321)	196	7(8)	4106(3227)	224	5(7)

a Number of earthquakes

b Number of earthquakes recorded at SYO

c Detection capability in percents

() Number of earthquakes and detection capability without during the period of blizzard

表2 昭和基地と筑波山(MTJ)の検知率の比較

USCGS mag	SYO		MTJ $\Delta \geq 16^\circ$
	June-Dec, 1967	Mar-Dec, 1967	
6.0~	76% (89)	61% (79)	81%
5.0~5.9	20 (24)	16 (21)	32

() Detection capability without during the period of blizzard.

数%しか観測できない

冬期間は、夏期に比して倍率の違い以上に良い検知率を示している。これは、冬期は脈動が非常に少なく、phaseの識別が容易なことに原因している。

この検知率を萩原と岩田(1965)によって調べられた地震研究所筑波山支所(MTJ)の同じHES 1-1型地震計(最大倍率 周期0.6秒付近で約33000倍)の結果と比較する。

昭和基地から一番近い所に起こった地震でも Δ (震央距離) $>15^\circ$ であるので、萩原と岩田のtableより $\Delta \geq 16^\circ$ の地震を選び、昭和基地の結果と比較したのが表2である。

マグニチュード6以上の地震については、昭和基地も筑波も大体同じ値を示している。この事実は、この程度の大きさの地震になると、shadow zoneで起こったとか、ブリスアードなと天候が悪かったとかいうことかない限り、HES地震計で記録できることを示している。

マグニチュード5クラスの地震では、昭和基地の検知率は筑波よりも劣る。筑波の場合、記録した地震の70%が $16^\circ \leq \Delta \leq 60^\circ$ の震央距離で起こっているのに対し、昭和基地では、後述するように、大部分が $\Delta > 60^\circ$ である。この観測点に対する震央分布の違いが、検知率で約

10%の差になったと考えられる

4 他の基地の検知率

南極の他の地震観測基地と昭和基地の検知率を比較してみる。比較する観測所は、USCGSの標準地震計観測所の例として SPA (South Pole Station), それぞれ別の地震計を使っている MIR (Mirny), DRV (Dumont d'Urville) の3点である

これら3観測所の地震の読みとり結果は、昭和基地にも電報で報告されているが、不正確なことがあるので、すべて USCGS より発行されている“Antarctic Seismological Bulletin”に基づいて、1967年1月から6月について調べた。各基地のフリサート期間が不明のため、この項では、すべてフリーサート期間を含めた場合について述べる

各基地の地震計の常数は表3に示す。それぞれの倍率は不明である

表4は各基地のマグニチュード別の検知率である。SPA が全部の地震に対し、41%とい

表3 各地の地震計の種類とその諸常数

Country, station and station abbreviation	Position		Instruments and components	T ₀ (seconds)	T _g (seconds)
	Latitude	Longitude			
Japan					
Syowa (SYO)	69°00'20.0"S	39°35'42.0"E	HES Z	1.0	1.0
			HES N	1.0	1.0
			HES E	1.0	1.0
France					
Dumont d'Urville (DRV)	66°39'54"S	140°00'31"E	APX Z	1.38	0.53
			APX N	1.38	0.53
			APX E	1.38	0.52
USSR					
Mirny (MIR)	66°33'S	93°00'E	SVKM Z	2.5	1.0
			SGK N	12.5	1.1
			SGK E	12.5	1.1
U S A					
South Pole (SPA)	90°S	0°	Benioff Z	1.0	0.75
			Benioff N	1.0	0.75
			Benioff E	1.0	0.75
			Sprengnether Z	15.0	100.0
			Sprengnether N	15.0	100.0
			Sprengnether E	15.0	100.0

表4 観測点別の地震検知率

USCGS mag	Jan-June, 1967							June-Dec, 1967		
	a	SPA		MIR		DRV		a	SYO	
		b	c	b	c	b	c		b	c
6.0~	21	18	86(%)	8	38(%)	7	33(%)	21	16	76(%)
5.5~5.9	112	79	71	29	26	26	23	112	48	43
5.0~5.4	441	281	64	61	14	49	1	524	79	15
~4.9	1676	633	38	20	1	8	0.5	1824	42	2
no mag	245	83	34	5	2	1	0.4	371	11	3
total	2495	1094	44	123	5	91	4	2852	196	7

a Number of earthquakes

b Number of earthquakes recorded at each station

c Detection capability

う検知率は驚異的である。これに対し他の基地では4~5%と非常に低い値である。SPAは内陸の基地のため、脈動が小さく、倍率を高くすることが容易であるのに対し、他の基地は大陸周辺にあるため、前述のごとく、夏期の脈動が大きく低倍率で観測せざるをえないからである。この事実は、SCB (Scott Base) か同じUSCGSの観測点でありながら、SPAに比して地震の読みとり報告が非常に少ないことから明らかである。

SPA, MIR, DRVとも地震計設置場所が地表面より下(つまり地下室がある)であるのに、昭和基地はすべて露出している。この悪条件下でも、MIR, DRVより高い検知率であることは誇ってよいであろう。

5. いろいろな地域の検知率

地球上の地震発生域のうちから、図4に示すA(30°-60°S, 0°-60°E), B(50°-65°S, 20°-30°W), C(15°-45°S, 60°-75°W), D(15°-45°S, 178°E-180°-165°W), E(15°N-0°-15°S, 90°-160°E), F(20°-45°N, 120°-150°E), G(45°-60°N, 150°E-180°-150°W)の7地域を選び、それぞれの地域の検知率を求めた。

表5は6月から12月までの各地域の検知率である。A地域の地震はほとんど観測されるのに比べ、B地域の地震(South Sandwich Is. region)の検知率が、その震央距離が約30°と近いにもかかわらず低い。たとえばマグニチュード5.0~5.4の地震は、26(23)個のうち7個しか観測できなかった。観測されなかった地震のうち、3個は脈動の大きな時であったので、

表 5 昭和基地における地域別の地震検知率

J from SYO	A			B			C			D			E			F			G		
	9°~45°			23°~37°			51°~84°			62°~94°			63°~112°			107°~137°			137°~177°		
USCGS mag	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
6.0~				1		100	3		100	1		100	2		100	2		50			
				(1)		(100)	(3)		(100)	(1)		(100)	(2)		(100)	(2)		(50)			
5.5~5.9	1	1	100	3	2	67	7	5	72	5	4	80	30	13	43	12	1	8	11	6	55
	(1)	(1)	(100)	(2)	(2)	(100)	(7)	(5)	(72)	(4)	(4)	(100)	(25)	(13)	(52)	(10)	(1)	(10)	(10)	(6)	(60)
5.0~5.4	5	5	100	26	7	27	16	6	38	42	12	29	152	20	13	30	0	0	32	3	9
	(5)	(5)	(100)	(23)	(7)	(30)	(14)	(6)	(43)	(40)	(12)	(30)	(129)	(20)	(16)	(28)	(0)	(0)	(28)	(3)	(11)
4.0~4.9	2	2	100	12	1	8	152	12	8	141	15	11	184	1	0.5	184	0	0	145	5	3
	(2)	(2)	(100)	(8)	(1)	(13)	(122)	(12)	(10)	(128)	(15)	(12)	(151)	(1)	(0.7)	(142)	(0)	(0)	(129)	(5)	(4)
~3.9							27	0	0	10	0	0				33	0	0	14	0	0
							(18)	(0)	(0)	(9)	(0)	(0)				(30)	(0)	(0)	(14)	(0)	(0)
no mag	1	0	0	3	0	0	4	1	25	12	2	17	125	3	2	15	0	0	4	1	25
	(1)	(0)	(0)	(2)	(0)	(0)	(4)	(1)	(25)	(10)	(2)	(20)	(97)	(3)	(3)	(13)	(0)	(0)	(4)	(1)	(25)
total	9	8	89	45	11	24	209	27	13	211	34	16	493	39	8	276	0	0.7	206	15	7
	(9)	(8)	(89)	(36)	(11)	(31)	(168)	(27)	(16)	(192)	(34)	(18)	(404)	(39)	(10)	(225)	(0)	(0.9)	(181)	(15)	(8)

a Number of earthquakes of each region

b Number of earthquakes recorded at SYO

c Detection capability in percents

() Number of earthquakes and detection capability without during the period of blizzard

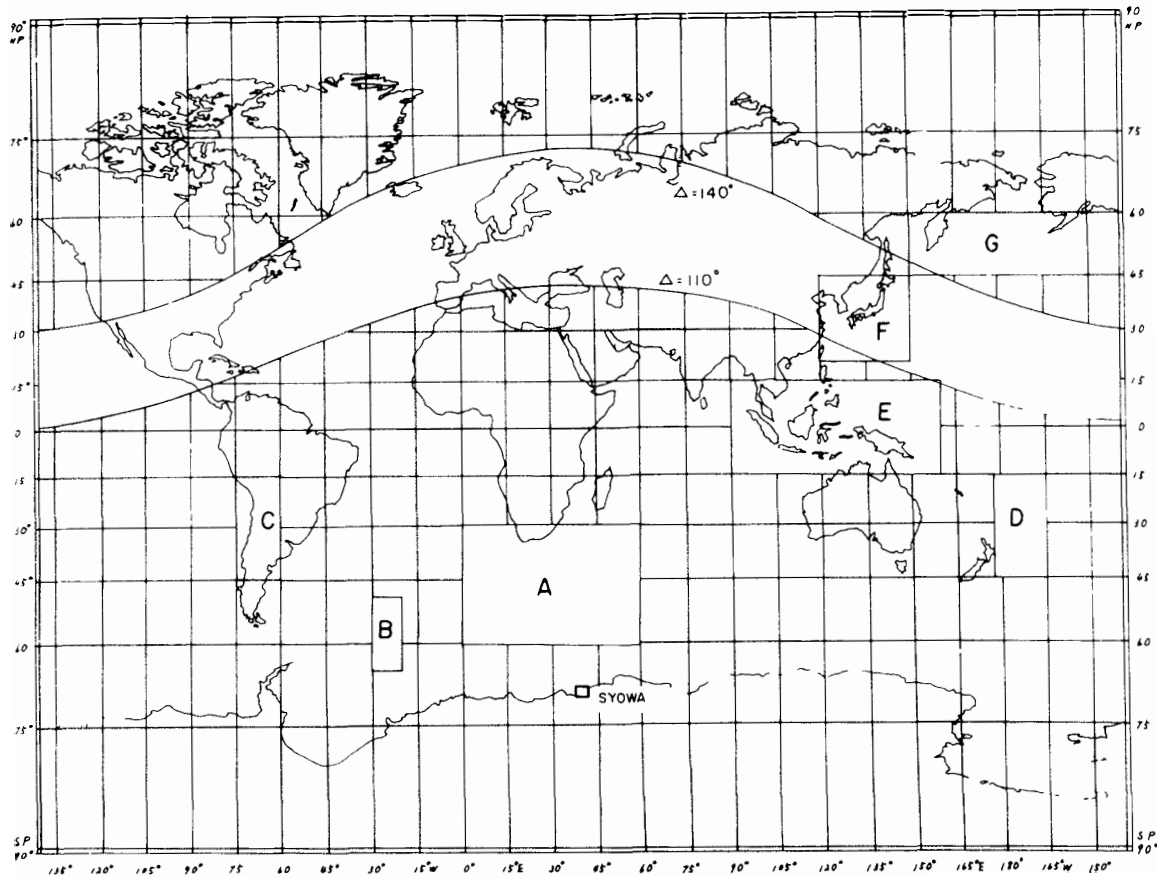


図4 地域別の地震検知率を求めた区分

Fig 4 The regions where detection capability was obtained

これを除いて考えても、検知率は30(35)%で、震央距離が 20° 以上も遠いC地域よりも劣るし、 30° 以上も遠いD地域と変わらない

これとは反対に、G地域では、マクニチュードが5.5~5.9の地震を50%以上も記録していることは特筆できる。ある程度以上大きな地震は、震央距離が $90^\circ \sim 110^\circ$ の地域よりも、coreを通り、shadow zoneを越えた地域の方が観測され易いことを示している

しかしこれらの低検知率、高検知率に有意差があるか否かを断定するには、もう少しデータの蓄積をまたねばならない

6. 結 語

昭和基地における地震観測のデータ整理の一環として、昭和基地の地震検知率を調べた。その結果、昭和基地の地震検知率は、日本の筑波山観測所や南極の他の観測所と比較しても、

勝るとも劣らないが、USCGSの標準地震計を備える観測所には及ばない

現在、日本隊が南極で使用している HES 1-1 型地震計は、観測所の条件さえ良ければ、標準地震計と同じような高倍率で観測することも可能である

昭和基地の地震計室は地上に露出していて、地震観測室としては最も条件が悪い。地下の地震計室を建設することにより、検知率は現在よりも少なくとも10%は良くなる。新しい地震計室の建設により、昭和基地が南極でも一級の地震観測基地になり得る

最後に、越冬中観測に協力していただいた第8次越冬隊の諸兄、特に筆者の留守中観測を引受けて下さった中西秀二隊員に御礼申し上げます

資料の整理その他にいろいろと御助言いただいた東京大学地震研究所宮村撰三教授に感謝致します

文 献

- 萩原尊礼・岩田孝行(1964) 筑波地震観測所の Detection Capability について 地震, **40**, 113-122
- HATHERTON, T and R H ORR (1959) Microseisms at Scott Base Nature, **183**, 1760-1761
- 神召克伊・山頭庸夫・吉田光雄(1968) 昭和基地の地震観測 南極資料, **33**, 65-70
- MURAUCHI, S (1962) Report of microseismic observation at Syowa Base in Antarctica, during IGC, 1959 Science Council of Japan, Tokyo
- MURPHY, I. M (1961) Earthquake seismological investigation in Antarctica Science in Antarctica, Part II, 83-86
- SYLINSKI, A D (1964) Seismic observation at Myny observatory Int Bull Sov Antarct Exped, **1**, 305-307

(1968年9月3日受理)