

旭川および根室で観測される小地震・ 検知能力・マグニチュード(m)の決定*

長宗留男**・横山泰孝**・須賀盛典**

550.340.1

Small Earthquake, Detection Capability and Magnitude (m) Determination at Asahikawa and Nemuro.

T. Nagamune, Y. Yokoyama and M. Suga

Sapporo District Meteorological Observatory

The electromagnetic seismograph with optical recorder (abbreviated OP), and one with visible recorder (VI) are in operation at Asahikawa and Nemuro. In routine work at these stations, the earthquakes which were recorded by OP but not by VI, excepting its number, had not been read. Such earthquakes are defined as class B and those observed by both OP and VI are as class A.

In the present paper, the location of epicenters of B class earthquakes, the detection capability, etc were investigated. Moreover, the manner defined by Gutenberg and Richter (1956) to determine the magnitude by use of the *P* wave was applied to these stations. In the course of our investigation, earthquakes of class B during the period from November 1963 to October 1964 were read.

Some results are as follows.

(1). As shown in Figs. 2 and 3, frequency distributions of B class earthquakes as a function of epicentral distance show about the same tendency as that of A class over the whole range. This suggests that almost all earthquakes of class B occurred in the same seismic regions as those of class A, but a little smaller of magnitudes.

(2). At Asahikawa and Nemuro, most shallow earthquakes which occurred in and near Japan are observed by VI seismograph, if their magnitudes are assigned to be larger than the values expressed by Eqs. (1) and (2) respectively. And also, by OP seismograph at Asahikawa, earthquakes with larger values of magnitude than that of Eq. (3) will be detected mostly.

(3). Relation between JMA magnitudes which determined by Tsuboi's formula and USCGS magnitudes calculated from body waves (*P* waves) is given by Eq. (5). The former magnitude corresponds to *M* and the later to *m*. This relationship will be valid for relatively small earthquakes, probably in the range of *m* from 4 to 6.

(4). To find the magnitude corresponding to *m* reported by USCGS, using the amplitude and the period of the *P* wave recorded by OP seismograph at these station corrections which vary with the epicentral distance as shown in Table 5 have to be added to the quantity estimated from the formula ($m = \log(A/T) + Q$) defined by Gutenberg and Richter (1956).

* Received July 5, 1966

** 札幌管区気象台

§ 1. まえがき

気象庁の地震観測網のうち、59型電磁地震計（直視式および光学式地震計）を設置しているところでは、倍率 100 倍の直視式地震計で記録全振幅 1 mm 以上の地震だけ検出し、基準倍率 1,000 倍の光学式地震計に記録されたものも含めて上記以外の小さい地震は、その回数だけ観測することになっている。ただし、1964年以前は振幅に制限なく、直視式地震計に記録されたものと、光学式地震計だけに記録されたものとに分類し、前者をA級地震、後者をB級地震と定義されていた。ここでは1964年以前の定義に従い、すでに各観測点で検出し、報告されている地震をA級地震、それ以外で光学式地震計に記録されている地震をB級地震とする。

各観測点からの報告によると、光学式地震計の倍率が 1,000 倍のところでは、一般に光学式地震計に記録される地震は直視式地震計に記録されるものの 2 倍以上ある。すなわち、上の定義に従えばB級地震の回数はA級地震の回数より多い。

北海道内の観測点のうち、比較的B級地震の多い旭川および根室（両官署とも直視式地震計、光学式

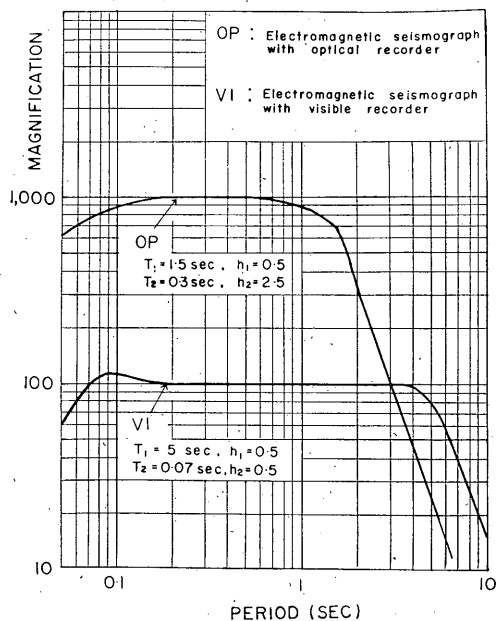


Fig. 1. Magnification-period curves of seismographs at Asahikawa and Nemuro.

地震計の倍率はそれぞれ 100 倍および 1,000 倍である）について、B級地震の種類、A級・B級を含めて地震の検知能力などについて調査した。また光学式地震計の記録からマグニチュード(m)を決めるための補正值を求めた。

第 1 図に59型電磁地震計の特性曲線を示してある。

§ 2. 資料

使用した資料は、おもに1963年11月から1964年10月までの1年間のものである。この期間の旭川および根室のB級地震を読取った。記録の読取りにあたっては、原則として「P波の立ちあがり判別できるもの」を対象にした*。

読取ったB級地震の数は、旭川：800、根室：829である。また、この期間のA級地震の数は旭川：394、根室：1,916で、B級地震数はA級地震数のそれぞれ2.03倍および0.43倍になっている。

根室の光学式地震計では、P波の振幅が小さく不

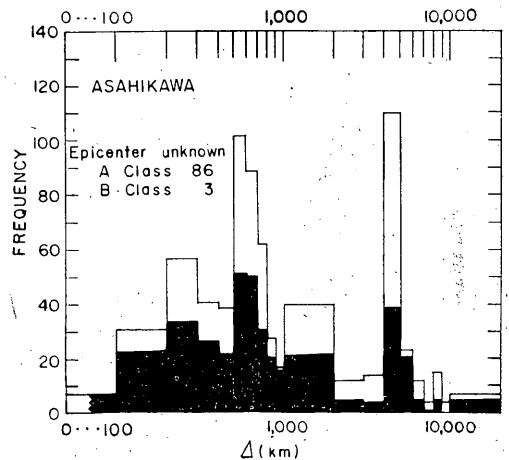


Fig. 2. Frequency distribution of earthquakes detected at Asahikawa as a function of epicentral distance Δ , during the period from November 1963 to October 1964. Black and white portions indicate the number of A- and B-class earthquakes respectively. An earthquake detected by both OP and VI seismographs is defined as class A, and that detected by OP seismograph but not by VI seismograph is class B.

* 地震ではあるが、P相の発現時が不明りょうなもの、記録が鮮明でないものなどは、すべて省略した。

明りょうで、S波は比較的大きく記録しているものが多かった。このことは、根室のB級地震がA級地震に比べて比較的少ない1つの理由である。

§ 3. B級地震の種類

旭川では全体として地震の回数は少ない。しかもA級地震はほとんど震源も求められているものである。B級地震でも大部分のものは震源のわかっているもの、または他の観測所の資料から震央が推定できるものである。一方根室のものは、A級地震でも震源のわからないものが多く、特に近い地震では根室だけで観測されているようなものが多い。A級地震でも同様で、遠地地震を除いて震源がわからないもののほうがはるかに多かった。

第2図および第3図にA級地震、B級地震別の震央距離別回数を示してある。

震央距離は、北海道地震火山月報、気象庁地震月

報および USCGS の Preliminary Determination of Epicenters を参照して求めた。前述のように、旭川で記録されている地震は、大部分のものがこれらの資料で震央距離の求められるものである。一方根室の場合には、特にB級のうち近い地震は大部分のものが震源の求められていない地震である。しかし、P~S時間の験測できるものが多かったので、これらの地震については驚坂、竹花のP~Sの表から、深さ40kmとしてP~S時間に相当する距離を求めて震央距離としてある。このため根室の場合には、震央距離の比較的小さい部分では多少の誤差はまぬがれない。

第2図および第3図からわかるように、A級地震とB級地震の距離別回数分布はほとんど同じような傾向を示している。すなわち、光学式地震計だけに記録されるような小さい地震も、その大部分はA級地震と同じようなところに起こった地震でA級地震より規模の小さいものということになる。

第2図で震央距離500~700km、第3図で300~500kmのピークは、エトロフ島沖から千島列島にかけての地震が大部分で、1963年10月13日のエトロフ島沖の地震*の余震が多数含まれている。また、1964年3月28日のアラスカ地震の余震が多数観測され、第2図および第3図で震央距離4,000~5,000kmの範囲の回数が多くなっている。

読取ったB級地震の回数は、旭川・根室とも大差ないが、距離の遠い地震の回数は根室よりも旭川のほうが多くなっている。第1表に震央距離3,000km以上の地震回数を示してある。A級地震は根室のほうが多くなっているが総回数としては旭川のほうがやや多くなっている。根室は地震の多発地域に近く、全体として観測される地震回数は旭川におけるよりもはるかに多いが、根室で観測される地震の多くは、比較的近距离のものであり、遠地地震については、少なくとも調査した時間について第2節に述べたような条件に適する地震は、旭川よりも少なかった。

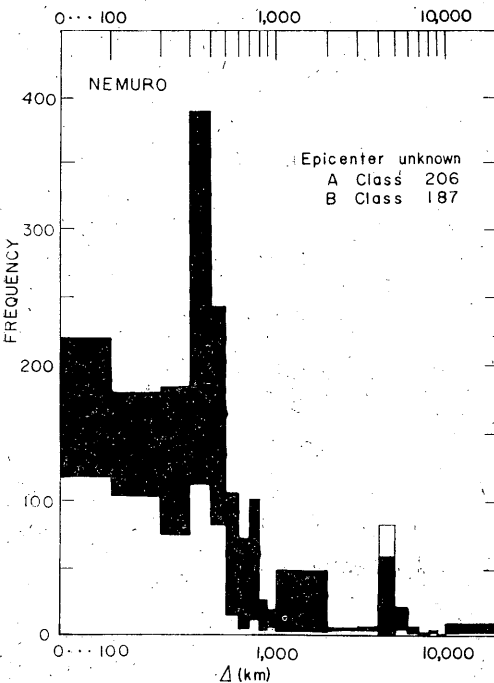


Fig. 3. Frequency distribution of earthquakes detected at Nemuro as a function of epicentral distance Δ , during the period from November 1963 to October 1964. Black and white portions indicate the number of A- and B-class earthquakes respectively.

* 43°45'N, 149°58'E, h : 20km, M =8.1
(気象庁地震月報による)

旭川, 根室いずれの場合も震央距離のわからない地震がある。(旭川のA級地震で394個中3個, B級地震で800個中86個, 根室ではA級地震1,916個中206個, B級地震829個中187個)。旭川の場合は気象庁地震月報を参照すると, これらの地震のうち約半数は, 松代だけで観測されている地震と同一のもので遠地地震として間違いないと思われるもの, あるいは「震央不明」となっているもの, すなわち震央

はわからないが他の観測点の観測値がいくつかあるものである。残りの約半数は全然わからないものであるが, 局発地震と思われるものもほとんどない。根室ではA級地震, B級地震とも震央距離の不明のものがやや多いが, B級地震のうちには旭川の場合と同様に明らかに遠地地震と思われるもの, 気象庁地震月報で「震央不明」としてあるものなどが約20ある。

Table.1 Number of distant earthquakes detected at Asahikawa and Nemuro, during the period from November 1963 to October 1964.

Station	Distance (km) Class	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	Total
		$\leq \Delta < 4,000$	$\leq \Delta < 5,000$	$\leq \Delta < 6,000$	$\leq \Delta < 7,000$	$\leq \Delta < 8,000$	$\leq \Delta < 9,000$	$\leq \Delta < 10,000$	$\leq \Delta$	
Asahikawa	A	4	39	21	5	1	5	0	5	80
	B	14	110	23	12	4	15	4	7	189
	Total	18	149	44	17	5	20	4	12	269
Nemuro	A	7	60	22	7	1	5	1	10	113
	B	4	84	6	3	2	3	0	2	104
	Total	11	144	28	10	3	8	1	12	217

§ 4. 地震検知能力

旭川および根室の地震計には, どの程度までの地震を記録しているかを調べてみよう。

(1) 近地地震の検知能力

第4図および第5図は, 気象庁地震月報でマグニチュードの報告されているすべての地震(したがって, 日本およびその付近に起こった地震で, 深さ約60kmより浅いものに限られる。また $M < 4.0$ のものは含まれていない)について, 旭川および根室でA級地震として報告されているもの* (黒丸) と報告されていないもの* (白丸) を距離およびマグニチュード別にプロットしたものである。ただし, 使用した資料は, 第4図では1963年1月から1964年12月までの2年間, 第5図では1963年3月から1964年12月までの22月間のものである。

* 直視式地震計に記録されたものはすべてA級地震ということになるが, 大地震に続く余震, 脈動その他の雑微動のため妨害されて不明のもの, 欠測などのため当然A級地震と思われる地震でも報告されていないものもある。

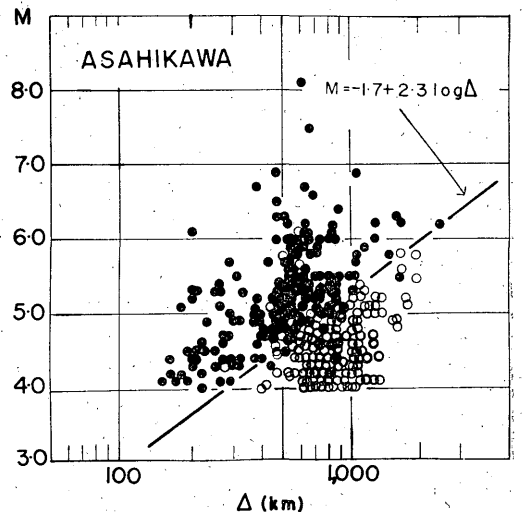


Fig.4. Earthquakes reported the values of M by JMA, detected (solid circles) and not detected (open circles) by VI seismograph at Asahikawa, during the period from January 1963 to December 1964.

旭川では, 第4図でわかるように, 直視式地震計に記録された地震と記録されなかった地震とは比較的明りように分かれており, その境界はおよそ次の式で表わされる。すなわち,

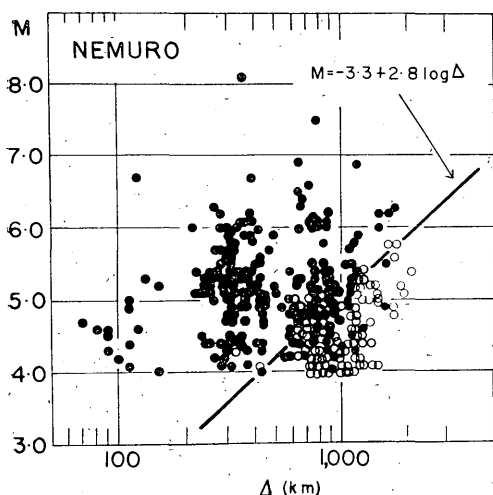


Fig. 5. Earthquakes reported the values of M by JMA, detected (solid circles) and not detected (open circles) by VI seismograph at Nemuro, during the period from March 1963 to December 1964.

$$M = -1.7 + 2.3 \log \Delta \quad (\Delta < \text{約} 2,000 \text{ km}) \quad (1)$$

ただし、 M は気象庁で求めたマグニチュード、 Δ はkm単位の震央距離である。

根室の場合には、記録された地震と記録されなかったものがお互いに入りまじっていて、旭川にくらべて境界が明りょうでないが、比較的距離の小さいところおよび大きいところに着目すると、およそ次の式で分けられる。

$$M = -3.3 + 2.8 \log \Delta \quad (\Delta < \text{約} 2,000 \text{ km}) \quad (2)^*$$

旭川および根室のいずれにおいても、(1)式および(2)式で表わされる M より大きい地震でA級地震になっていないもの、小さいものでも記録されているものがいくつかあるが、これらについてはあとで述べる。

第4図および第5図でA級地震となっていない地震(白丸の地震)について、B級地震として検測されたものと検測されなかったものとに分類して第6図および第7図に示してある。ただし、これらの図は1963年11月から1964年10月までの1年間の資料に

よったものであり、また、欠測のもの、脈動が大きくて不明なものなどは除いてある。これらの図によると、旭川と根室では多少事情が異なっている。すなわち、旭川では、A級地震でないもののうち、かなり多くの地震がB級地震として検測されており、B級地震として検測されたものと検測されなかったものとは、 $\log \Delta$ の係数を(1)式と同じとすれば、 $M = -2.2 + 2.3 \log \Delta$ ($\Delta < \text{約} 2,000 \text{ km}$) (3)で分けられる。

(3)式よりも大きい地震でB級になっていないもの、小さいものでも記録されているものもあるが、

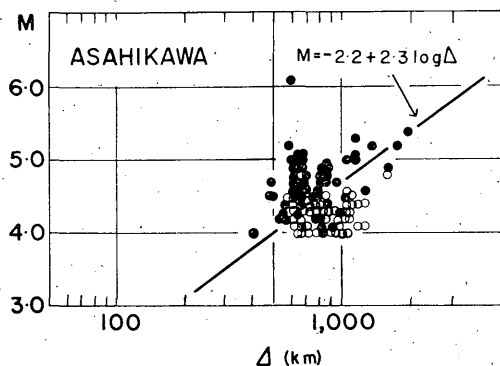


Fig. 6. Earthquakes detected by OP seismograph but not by VI seismograph (solid circles) and not detected by both OP and VI seismographs (open circles) at Asahikawa, during the period from November 1963 to October 1964.

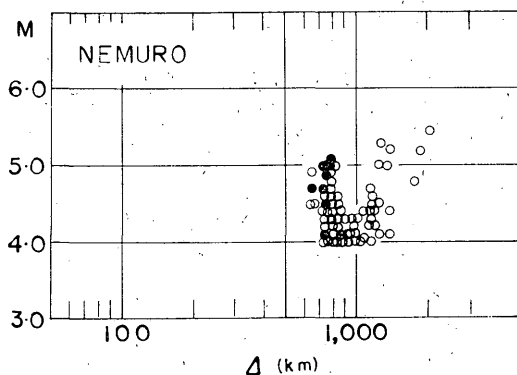


Fig. 7. Earthquakes detected by OP seismograph but not by VI seismograph (solid circles) and not detected by both OP and VI seismographs (open circles) at Nemuro, during the period from November 1963 to October 1964.

* (1)式および(2)式を求めるにあたっては、境界付近の2, 3の地震については読み直しを行ない、また、図にプロットしたもの以外の地震も一部参照した。

平均して旭川では、A級地震よりもMにして約0.5小さいものまでB級地震として読取っていることになる。

一方根室の場合には、B級地震でもA級地震でもあまり大きな差異はなく、この範囲では光学式に記録されP波の発現時が判別できる程度の地震は、ほとんど直視式地震計に記録されていることを示している。

以上の結果をまとめて第8図に示してある。A級地震、B級地震を含めて考えると、旭川では震央距離約500km以内で $M \geq 4.0$ の地震は検知可能である。根室では直視式地震計でも光学式地震計でもこの範囲の地震にたいしては検知能力はあまり変わらず、震央距離約400km以内で $M \geq 4.0$ の地震は検知可能である。震央距離200~300 km から2,000 km ぐらいの範囲では、旭川のほうがわずかに検知率がよいといえる。

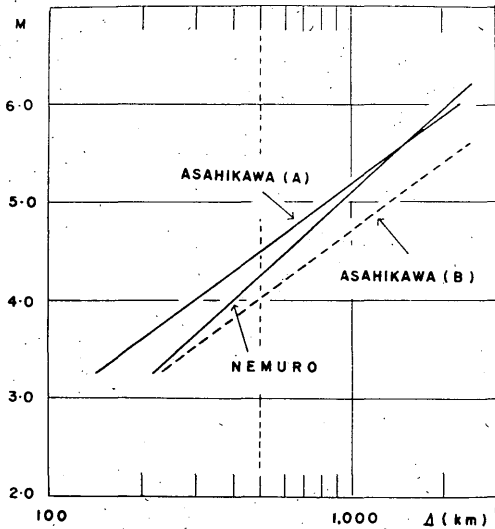


Fig. 8. Showing the boundary of the earthquake detected and not detected at Asahikawa and Nemuro. Straight lines labelled as Asahikawa (A), Nemuro and Asahikawa (B) correspond to straight lines in Figs. 4, 5 and 6 respectively.

第4図および第5図で、直線よりMの大きい地震でA級地震になっていないもの、小さい地震でA級になっているものがある。第6図でも同種類のものがある。これらの地震のうち、図中の直線から約0.15M以上離れているものの震央を地図上にプロ

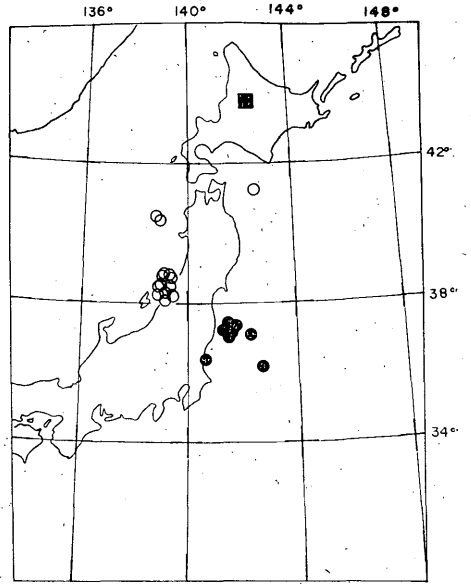


Fig. 9. Epicenters of earthquakes whose magnitudes are larger than the values expressed by the straight line in Fig. 4 but not detected by VI seismograph (open circles), and of earthquakes whose magnitudes are smaller but detected (solid circles).

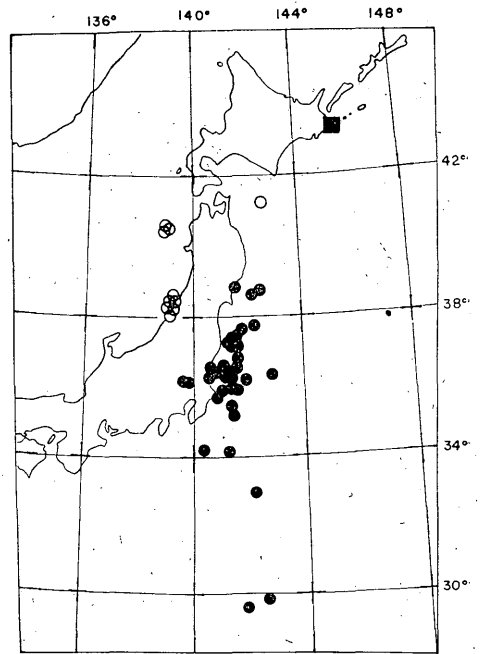


Fig. 10. Epicenters of earthquakes whose magnitudes are larger than the values expressed by the straight line in Fig. 5 but not detected by VI seismograph (open circles), and of earthquakes whose magnitudes are smaller but detected (solid circles).

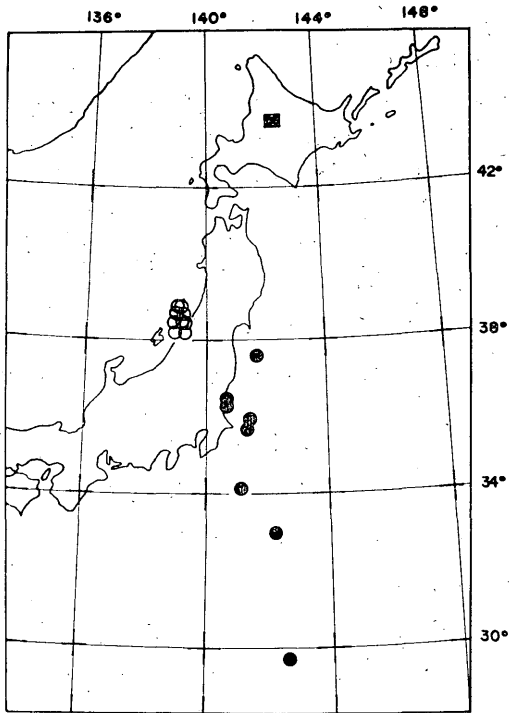


Fig. 11. Epicenters of earthquakes whose magnitudes are larger than the values expressed by the straight line Fig. 6 but not detected by OP seismograph (open circles), and of earthquakes whose magnitudes are smaller but detected (solid circles).

ットすると第9～第11図のようになる。

A級になるべきものでA級になっていないもの(白丸)は、青森県東方沖に1個あるほかすべて本州の日本海側に起った地震で、新潟県沖と青森県西方沖に集まっている。新潟県沖のものは1964年6月16日の新潟地震の余震群、青森県西方沖のものは1964年5月7日16時58分ごろの地震 ($M=6.9$) の余震および1964年12月29日21時50分ごろの地震である。旭川で、 M が(3)式より大きい地震でB級地震として読取られていないのは新潟地震の余震だけである。

青森県東方沖の地震は、1963年10月13日06時56分ごろのもので、 $M=4.3$ 、旭川および根室までの震央距離はそれぞれ280km および340kmである。また1964年12月29日の青森県西方沖の地震は、 $M=5.0$ で震央距離はそれぞれ450km (旭川) および610km (根室) である。第4図および第5図を参照する

と、これらの地震は当然記録されてよい大きさと思われるが記録されていない。また大きい地震に続いて起こった余震では前震に妨害されて検測できないこともあり、かなり M の大きい地震でもA級地震になっていないものがある場合もあるが、§ 6でも述べるように本州の日本海側で起こった地震は、旭川および根室においては幾分小さく記録されるということがあられるようである。

一方、 M が小さいにもかかわらず記録されている地震は、東北地方南部から関東地方の太平洋側および本州南東沖に分布しており、この地域に起こる地震は相対的に大きく記録されるものと思われる。

(2) 遠地地震の検知能力

これまでは日本およびその付近に起こった地震を対象にしたが、次に遠地地震ではどの程度記録されているか調べてみる。

第12図および第13図は、旭川および根室で観測されたA級地震、B級地震のうち、USCGSによってマグニチュードの決められている地震を距離別、マグニチュード別にプロットしたもので、資料は1963

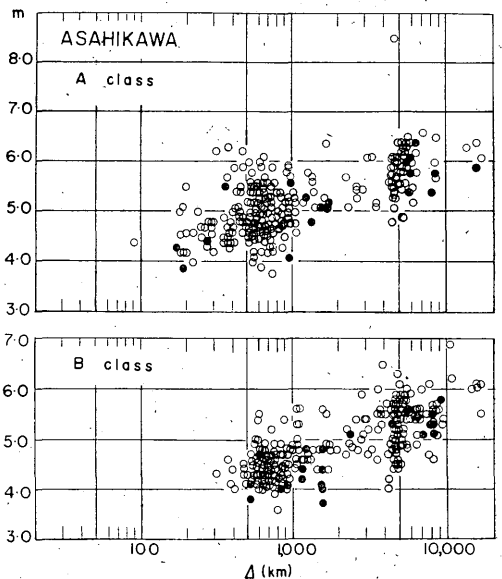


Fig. 12. Earthquakes detected at Asahikawa as a function of epicentral distance Δ and m (magnitudes reported by USCGS), during the period from November 1963 to October 1964. Solid circles indicate deep-focus earthquakes ($h \geq 200$ km).

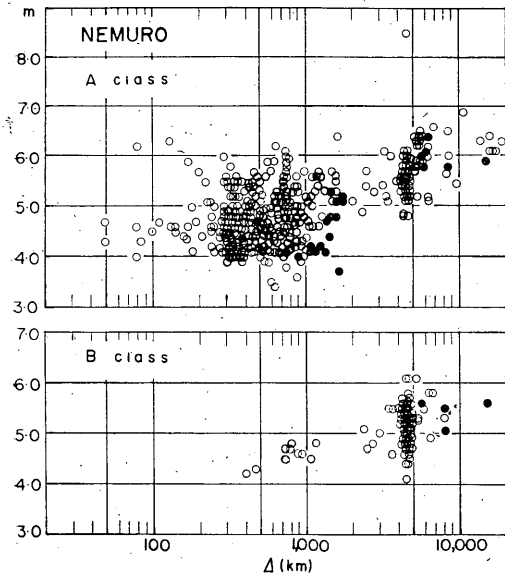


Fig. 13. Earthquakes detected at Nemuro as a function of epicentral distance Δ and m , during the period from November 1963 to October 1964. Solid circles indicate deep-focus earthquakes ($h \geq 200$ km).

年11月から1964年10月までの1年間のものである。

両地点とも震央距離 4,000~5,000km の範囲では地震回数が多くなっているが、このなかには1564年3月28日のアラスカ地震の余震が多数含まれている。この範囲の地震を例にとってみると、旭川のA級地震では観測されている最小の m は4.8で、 m 約5.3より大きい地震は観測される回数が多くなっている。B級地震では、最小の m は4.0で4.4~4.5以上のものは多数観測されている。光学式地震計によって観測される地震は直視式地震計によるものよ

りも m にして約0.8程度小さいものまで含まれていることになる。

根室では、近地地震の場合直視式地震計と光学式地震計とで地震の検知能力にあまり差がみられなかった。第13図でも震央距離約2,000kmより近いところでは、B級地震はきわめて少なくなっている。しかし遠地地震では光学式地震計のほうが小さいものまで記録しており、震央距離4,000~5,000kmの範囲についてみると、最小の m は直視式地震計によるものより約0.7小さくなっている。

このように、観測される地震の m の下限はかなり小さくなっているが、果たしてどの程度の検知能力があるか調べてみよう。第2表はアラスカ地震の余震群のマグニチュード別の検知率である。B級地震を含めると、両地点とも $m: 5.0 \sim 5.4$ で約46%、 $m \geq 5.5$ のものでは90%以上の地震が観測されている。

調査期間中の地震のうち USCGS によって m が求められており、しかも $m \geq 5.5$ の全地震についてこれら両地点における m 別、距離別の検知率を示すと第3表のようになる。ただし、A級・B級を含めたものである。全体として $m \geq 5.5$ の地震では、旭川で約50%、根室で約40%のものが観測されている。また、震央距離によって比較的検知率のよいところと悪いところがあるようにみえる。このようなことの起こる1つの理由として震央の場所によって比較的よく記録される地域と記録されない地域があるものと思われる。第2表と第3表を比較すると、アラスカ地震の余震は他の同距離のところに起った地震よりかなりよい検知率を示しているが、これは上述のことがらを表わしているのかも知れない。

Table 2. Aftershocks of the Alaskan earthquake of March 28 1964, reported by USCGS and detected at Asahikawa and Nemuro, during the period March 28 to April 30. ($m=4.0$ or over)

Magnitude	Number of aftershocks reported by USCGS	Number of aftershocke detected at			
		Asahikawa		Nemuro	
		N	%	N	%
6.0 or over	7	5	71	6	86
5.5 ~ 5.9	33	31	94	32	97
5.0 ~ 5.4	93	43	46	43	46
4.5 ~ 4.9	200	20	10	28	14
4.0 ~ 4.4	248	1	0.4	2	0.8

Table 3. Number of earthquakes reported by USCGS and detected at Asahikawa and Nemuro, during the period from November 1963 to October 1964.
($m=5.5$ or over)

Distance (km)	1,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	15,000	Total	%
	>A	≤A < 2,000	≤A < 3,000	≤A < 4,000	≤A < 5,000	≤A < 6,000	≤A < 7,000	≤A < 8,000	≤A < 9,000	≤A < 10,000	≤A < 15,000			
1. Asahikawa														
6.0 or over	6(6)	1(1)	0(0)	4(5)	9(12)	13(19)	3(5)	2(2)	2(2)	0(2)	4(7)	5(10)	49(71)	69
5.5~5.9	28(28)	7(9)	3(4)	4(12)	45(75)	19(65)	6(27)	3(12)	9(16)	1(5)	0(17)	2(17)	127(287)	44
Total	34(34)	8(10)	3(4)	8(17)	54(87)	32(84)	9(32)	5(14)	11(18)	1(7)	4(24)	7(27)	176(358)	
%	100	80	75	47	62	38	28	36	61	14	17	26	49	
2. Nemuro														
6.0 or over	6(6)	1(1)	0(0)	2(4)	7(10)	11(19)	5(9)	0(1)	2(2)	0(2)	2(7)	6(10)	42(71)	59
5.5~5.9	28(29)	7(8)	1(4)	3(9)	46(72)	12(65)	2(32)	0(7)	5(22)	0(4)	2(20)	0(15)	106(287)	37
Total	34(35)	8(9)	1(4)	5(13)	53(82)	23(84)	7(41)	0(8)	7(24)	0(6)	4(27)	6(25)	148(258)	
%	97	89	25	38	65	27	17	0	29	0	15	24	41	

(): Number of earthquakes reported by USCGS.

§ 5. $M(JMA)$ と $m(CGS)$ との関係

気象庁で発表している地震のマグニチュードは、坪井公式 $M = \log A + 1.7 \log A - 0.83$ によって各観測点での M を計算し、数地点の平均値をとったもので、マグニチュードの区分に従えば「 M 」に相当するものである。一方 USCGS のマグニチュードは、Gutenberg (1945) の定義により実体波の最大振幅およびその周期から計算したもので「 m 」に相当する。

一般に M と m は同じ値にはならない。Gutenberg および Richter (1956) によれば、 M と m の間には次の関係があるとされている。

$$m = 2.5 + 0.63M \quad (4)$$

ただし、この式は m (または M) の比較的大きいものに適用される。また市川その他 (1965) は、比較的マグニチュードの小さい地震を対象にして、実体波から求めた m と表面波から求めた M との関係として次式をあたえている。

$$m = -2.08 + 1.32M \quad (5)$$

ここでは気象庁の M ($M(JMA)$ とする) と USC

GS の $m(CGS)$ とする) との関係調べてみる。

資料は1963年1月から1965年7月までの2年7月間で、北海道地震火山月報で USCGS の m を引用してある地震 (したがって北海道内のいずれかの地点で観測されている地震ということになる) のうち、気象庁で M を求めている267の地震である。

第14図に $M(JMA)$ と $m(CGS)$ との関係を示してある。1つ1つの地震をとってみると両者の差はかなり大きいものもあるが、全体としてみると $m(CGS)$ よりも $M(JMA)$ の方がいくらか大きくなる傾向を示している。

期間中 $M(JMA)$ が4以下の地震はなく、1964年6月16日の新潟地震の7.5が最大である。対象とした地震はすべて日本およびその付近に起こったものであるから、 $m(CGS)$ においても4以下のものは少なく、また大きいものでも6.4であった。この範囲で、両者は直線的関係で表わされるとして最小自乗法によって係数を決めると次式のようなになる。

$$m(CGS) = (0.02 \pm 0.50) + (0.95 \pm 0.005)M(JMA) \quad (6)$$

ただし、 $m(CGS)$ が4以下のものは計算に加えてい

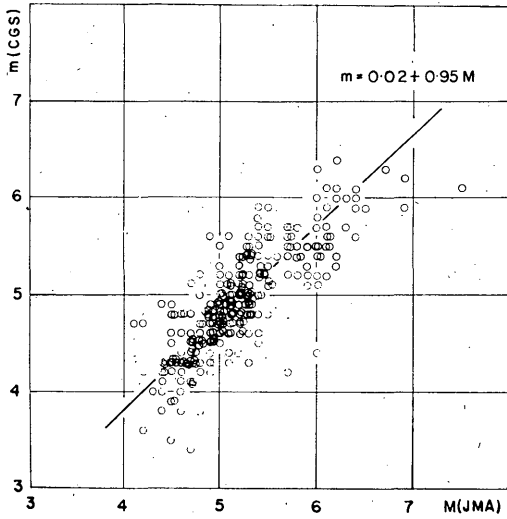


Fig. 14. Comparison of m (magnitudes reported by USCGS) with M (magnitudes estimated by JMA).

ない。

§ 6. P 波から m を求めるための補正值

地震のマグニチュードを求める場合、日本では、坪井公式がよく使われている。しかし、最大振幅として単に記録振幅を一定の倍率で割ったものを使用する場合には地震計の種類、震央距離の大小、震源の深さなどによって異なった結果ができることがある。このため気象庁では、日本およびその付近に起った深さ 60km より浅い地震を対象にし、固有周期約 5 秒の地震計によって観測された振幅を使うようになっている。しかも周期の長い波は使用しない。

遠地震のマグニチュードを求めるためには表面波が広く使われているが、この方法は震源の深い地震には適用できない。震源の深さに関係なく適用されるものとして Gutenberg の採用した方法がある。これは次の式によって計算される値をもってマグニチュードとし、 m で表わされる。

すなわち、

$$m = \log(A/T) + Q + C \quad (7)$$

によって m を求める。ここで、 A は P 、 PP あるいは S 波の最大振幅でマイクロン単位で表わし、 T はその波の周期である。また、 Q はこれらの波ごとに震央距離および深さによって決められた常数で、 C は

観測所固有の補正值である。 Q の値は、Gutenberg および Richter (1956) によってあたえられており、 P 波の上下または水平成分、 PP 波の上下または水平成分、または S 波の水平成分など、いずれの波からでも m が求められるようになっている。

(7)式によって m を求める場合には、観測所に対する補正值(C)を求めておかなければならない。ここでは旭川および根室の光学式地震計の記録から m を決めるための各地点の補正值を求めた。

ここで使用したのは P 波の上下成分である。調査期間中記録された地震のうち、(1)USCGSの m がわかっており、しかも P 波の初まりの部分の最大振幅およびその周期が十分の精度で読取れるもの、(2) $|(t_p - t_0) - T_{A=D}^{h=h}| \leq 10$ 秒のもの(ここで t_p は読取った P 相の発現時、 t_0 はUSCGSのPreliminary Determination of Epicentersに報告されている震源における発震時、 $T_{A=D}^{h=h}$ は $A=D$ 、 $h=h$ における理論的走時でJeffreys, Bullenの走時表の値である。)、(3)最大動の周期が1.5秒以下のもの、(4) A が $5^\circ \sim 100^\circ$ の範囲にあるものを選んで、 $m = \log(A/T) + Q$ を求めた。ただし、周期が1.2~1.5秒の場合には振幅の補正として、求められた値に0.1を加えたものをもって m とした。これらの m をそれぞれ m (ASA)および m (NEM)として、旭川および根室の資料から求めたものを区別する。資料数は第4表のとおりである。

Table 4. Number of earthquakes used for the magnitude determination

Station	Class	km		Total
		$h < 200$	$h \geq 200$	
Asahikawa	A	155	11	166
	B	177	18	195
	Total	332	29	361
Nemuro	A	168	13	181
	B	58	3	61
	Total	226	16	242

このようにして求めた m (ASA)および m (NEM)と、USCGSによって報告されている値、 m (CGS)、との差を距離別にプロットすると第15図および第16図のようになる。 m (ASA)も m (NEM)も m (CGS)

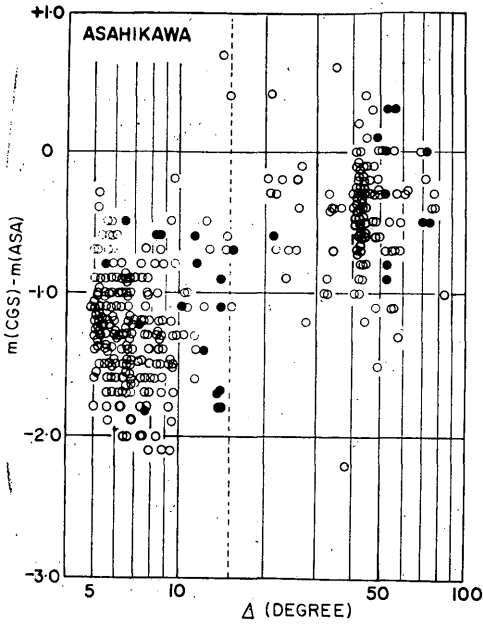


Fig. 15. Deviation between $m(\text{CGS})$ and $m(\text{ASA})$ (magnitudes determined at Asahikawa by using the chart defined by Gutenberg and Richter for finding magnitude from the P wave) as a function of epicentral distance Δ . Solid circles indicate the deep-focus earthquakes ($h \geq 200$ km).

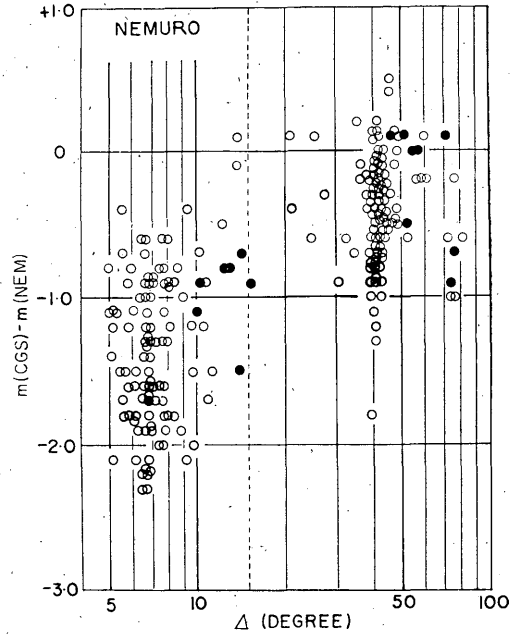


Fig. 16. Deviation between $m(\text{CGS})$ and $m(\text{NEM})$ (magnitudes determined at Nemuro by us of P waves) as a function of epicentral distance Δ . Solid circles indicate the deep-focus earthquakes ($h \geq 200$ km).

にくらべて全般的に大きくなっているが、特に Δ が 10° より小さいものでは、いずれの場合も平均して $1.3 \sim 1.4$ ぐらい大きくなっている。 $m(\text{CGS})$ を標準にして、これに一致させるような m を求めるためには、 Δ によって異なる量の補正をしなければなら

いことになる。

各観測点における補正值を求めるため、震央距離が 5° から 10° までは 1° ごとに δm の算術平均をとり、 20° 以上では Δ に関係なく一様として同様に δm の平均値を求め、これらの値を結んで平滑したものをもって各震央距離に対する補正值とした。結果は第

Table 5. Station correction (C) for the magnitude determination by use of the body wave (P wave)

1. Asahikawa

Distance (degree)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-C	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4

2. Nemuro

Distance (degree)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-C	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4

5表に示してある。

第5表によってそれぞれの地点で m を決めなおした。その結果と m (CGS)との関係は第17図および第18図のようによい対応を示している。

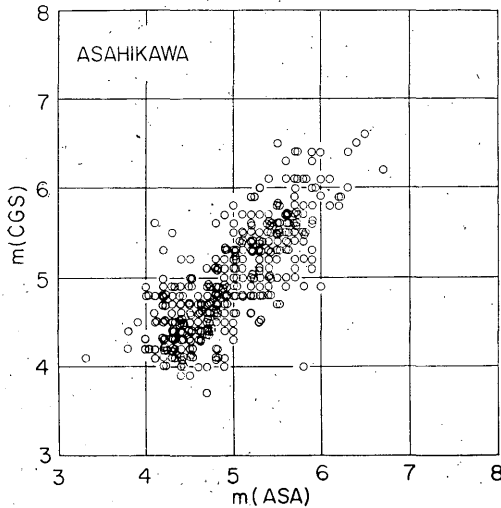


Fig. 17. Comparison of m (ASA) corrected by applying Table 5 with m (CGS).

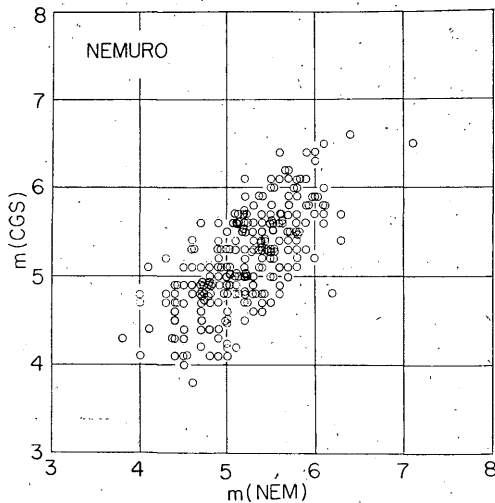


Fig. 18. Comparison of m (NEM) corrected by applying Table 5 with m (CGS).

第5表の値を求めるにあたっては、単に震央距離だけによって補正値が異なるものと考えており、その他の要素は考慮されていない。しかし、ある観測点で地震のマグニチュードを求める場合、震央の位

置によって系統的な差がでてくることがある。第15図および第16図で震央距離 5° から 15° まで(おおよそ千島列島北部から本州中央部までが含まれる)の地震について、方位別に δm の値をプロットしてみると第19図および第20図のようになる。第19図(第20図)で方位 $50^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ($40^{\circ}\sim 80^{\circ}$)の範囲のものは千島列島方面の地震、 $170^{\circ}\sim 200^{\circ}$ ($200^{\circ}\sim 220^{\circ}$)の範囲はおもに東北地方南部から関東地方にかけての太平洋側に起こった地震、 210° (230°)付近は新潟県沖の地震、また第20図で 240° 付近のものは青森県西方沖の地震である。

これらの図によると、地震の起った場所の違いによって δm にも差がある(すなわち、同じ m (CGS)でも P 波の振幅が比較的大きく記録されるところと小さいところとがある)ようである。旭川、根室いずれにおいても千島列島方面の地震で δm がもっとも大きく、本州方面の地震では太平洋側の地震よりも日本海側の地震のほうが δm が小さくなる傾向がうかがわれる。

今回は地域的な影響について定量的な検討は行なわなかった、各地点においてこの方法でマグニチュードを求める場合には、これらのことも考慮される必要があるであろう。

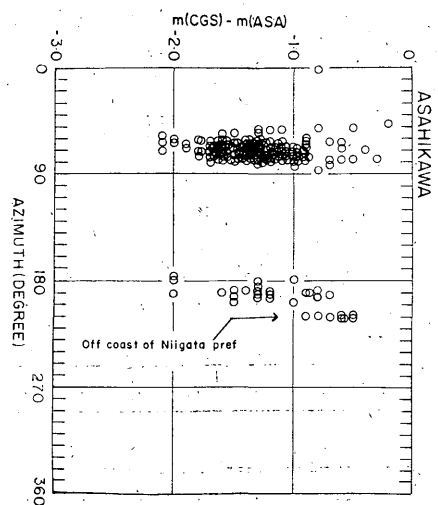


Fig. 19. Deviation between m (CGS) and m (ASA) as a function of azimuth for earthquakes in the distant range from 5° to 10°

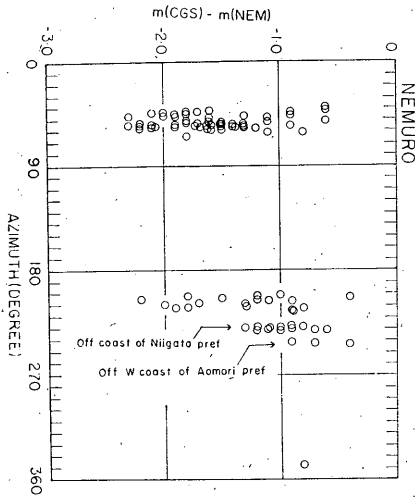


Fig. 20. Deviation between $m(\text{CGS})$ and $m(\text{NEM})$ as a function of azimuth for earthquakes in the distant range from 5° to 10° .

§ 7. あとがき

59型電磁地震計によって地震観測を行なっているところでは、検測基準以外の地震はB級地震としてその回数だけ観測され報告されているが、これらの地震がどのようなものであるかわからない。北海道内でB級地震の比較的多い旭川と根室を選んでB級地震の調査などを行なった。調査の対象にした期間は、おもに1963年11月から1964年10月までの1年間で、この期間は直視式地震計に記録された地震はすべてA級地震、光学式地震計だけに記録されたものをB級地震と定義されており、現在の定義と異なっているので、今回の調査ではA級、B級にあまり大きな意味をもたせていない。

得られた結果は次のとおりである。

(1). 光学式地震計にだけ記録されているような小さな地震も、直視式地震計に記録されている地震とほとんど同じ地域に起ったもので、規模がやや小さいものである。距離別地震回数分布では、A級地震とB級地震とはほとんど同じような傾向になる。

(2). 日本およびその付近に起る浅い地震で旭川および根室で観測されるものと観測されないものとは、おおよそ(3)式および(2)式によって分けられる。ただし、この基準に従わないものもあり、これ

らの地震は第9図～第11図に示すように本州の日本海側および太平洋側に分布している。旭川では光学式地震計によれば直視式地震計だけの場合よりも M にして約0.5小さいものまで観測される。根室では、この範囲の地震に対しては、光学式地震計に記録されているものはほとんど直視式地震計にも記録されている。

(3). USCGS の Preliminary Determination of Epicenters を参照して $m 5.5$ 以上の地震の m 別、距離別検知率を調べ、第3表および第4表に示した。A級、B級を合わせると $m=6.0$ の地震の検知率は平均して60%程度、 $5.5\sim 5.9$ のもので40%程度である。

(4). 気象庁で決めているマグニチュード M と、USCGS のマグニチュード m とは、(6)式の関係になる。

(5). 光学式地震計の記録から、 P 波の部分の最大振幅およびその周期によってマグニチュード m を求めるための補正値を求めた。距離によって補正すべき値が異なり、第5表の補正値を使えば、ほぼUSCGSの決めた m に対応した m を求めることができる。しかし、震央の位置によって地域的な差があり、比較的大きく記録される所と小さく記録される所があるようである。

参 考 文 献

- Gutenberg, B., Amplitudes of P , PP , and S and Magnitude of Shallow Earthquakes, B.S. S. A., 35, pp 3-12, 1945.
- , Magnitude Determination for Deep-focus Earthquakes, *ibid*, pp 117-130, 1945.
- Gutenberg, B., and C. F. Richter, Magnitude and Energy of Earthquakes, *Ann. geofisica*, 9, pp 1-15, 1956.
- 市川政治, P.W. Basham, Unified Magnitude について, 地震学会講演会, 1965.