

日本における固定観測所の 地磁気変化ベクトルの特性

気象庁 地磁気観測所 久保木 忠 夫

1. は し が き

日本における地磁気短周期変化の異常の全般については、本雑誌の中で笹井洋一が述べている。著者は日本の固定観測所、柿岡・女満別・鹿屋・下里・女川・鹿野山の各地における短周期変化ベクトルの特性についてもう少し詳しく述べてみたい。

ここでいう地磁気短周期変化ベクトルは周期10秒から150秒までの $p\alpha 3$, $p\alpha 2$ と、Duration が0.5分から60分までの $s\alpha c$, $s\alpha 1$, $b\alpha y$ などの短周期から求まるものを対象とした。

地磁気の水平分力・偏角および鉛直分力の対応する変化量を ΔH ・ ΔD (ここでは $H\Delta D$ と同意義と考えて取扱う) および ΔZ とすれば、よく知られている次式が成立つ。

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} = A + B \frac{\Delta D}{\Delta H} \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{又は } \frac{\Delta Z}{\Delta D} = A \frac{\Delta H}{\Delta D} + B \quad \dots \dots (2)$$

ここでは上式で表わされる A , B の各観測所における周期特性、分散の量を求め、またこれらのために起される $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の日変化の様子などについて取扱う。これは変化ベクトルについて詳細な議論をする場合には大切なことで、各観測所についてその特性を十分知っておかないと、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の長期間の変化を論じたりするときに問題が起こる。

また最近では水平ベクトル ΔH や ΔD も各観測所でかなりの差のあることがいわれてきた。(力武 1965), (久保木・大島 1966) そしてさらに ΔH や ΔD は各観測所相互間で一定の比であるだけでなく、地方時についてかなりの日変化がある。従って少なくともこれらの特性をよく知っておく必要がある。

また下里や鹿野山などは以上の特性とは別種の異常があるので、それについてもふれてみる。

本稿ではことわりのない限り、久保木・大島の論文(1966)と著者の行なった調査研究にもついで述べる。詳細な結果についてはそれによらねたい。

2. 変化ベクトルの周期特性と分散

(1)又は(2)式からベクトル S とパーキンソンの提唱したパーキンソンベクトルは次のように定義される。

ベクトル S 大きさ $\sqrt{A^2 + E^2}$, 又は $\tan \theta$

方向 $\alpha = \tan^{-1} \frac{E}{A}$ (地磁気子午線を基準とした)

向き 鉛直分力下向き正方向

パーキンソンベクトル

方向 $\alpha_p = \tan^{-1} \frac{E}{A}$ (地磁気子午線を基準とした)

長さ $\beta_p = \cot^{-1} \sqrt{A^2 + E^2}$

向き 鉛直分力上向き正方向

著者はパーキンソンベクトルよりは $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ 又は $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ と $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ の関係から、(1)又は(2)式に従って A 、 B を求める方法がよいと考え、それから A 、 B 間の周期特性と分散を求めた。

資料は1958年から1960年までのいろいろなDurationをもつ約200ケ乃至300ケの現象によるものである。

これらの結果を第1~5表に示した。なお参考までにパーキンソンベクトルも付記した。

第1表 The values of coefficient A, B , vector S and Parkinson vector at Memambetsu.

Duration (ΔT)	A Standard Deviation	B Standard Deviation	Vector S		Parkinson Vector		
			α	$\sqrt{A^2 + E^2}$	α_{p0}	$\sin \gamma$	γ, γ'
minute 2~3	0.07±0.14	-0.33±0.040	N78°W	0.34	S78°E	0.32	19°
4~5	0.04±0.10	-0.29±0.029	N82°W	0.29	S82°E	0.28	17°
6~14	0.03±0.076	-0.26±0.035	N83°W	0.26	S83°E	0.25	15°
20~40	0.03±0.085	-0.25±0.040	N83°W	0.25	S83°E	0.24	14°

第2表 The values of the coefficient A, E, vector S and Parkinson vector at Kakioka

Duration ΔT	A Standard Deviation	B Standard Deviation	vector S		Parkinson vector		
			α	$\sqrt{A^2+E^2}$	α_{p0}	$\sin \gamma$	γ, θ
minute 2~3	0.58±0.073	-0.14±0.10	N 14° W	0.60	S 14° E	0.51	31°
4~5	0.63±0.059	-0.10±0.10	N 9° W	0.64	S 9° E	0.54	33°
6~14	0.65±0.057	-0.09±0.12	N 8° W	0.66	S 8° E	0.55	33°
20~40	0.65±0.072	-0.08±0.17	N 7° W	0.66	S 7° E	0.55	33°

第3表 The values of the coefficient A, E, vector S and Parkinson vector at Kanozan

Duration ΔT	A Standard Deviation	B Standard Deviation	vector S		Parkinson vector		
			α	$\sqrt{A^2+E^2}$	α_{p0}	$\sin \gamma$	γ, θ
minute 2~3	0.40±0.053	-0.24±0.34	N 31° W	0.46	S 31° E	0.42	25°
4~5	0.40±0.050	-0.24±0.30	N 31° W	0.46	S 20° E	0.42	25°
6~14	0.48±0.075	-0.17±0.24	N 20° W	0.51	S 195° E	0.45	27°
20~40	0.61±0.095	-0.10±0.49	N 9° W	0.62	S 9° E	0.53	31°

第4表 The values of coefficient A, E, vector S and Parkinson vector at Simosato

Duration ΔT	A Standard Deviation	B Standard Deviation	Vector S		Parkinson vector		
			α	$\sqrt{A^2+E^2}$	α_{p0}	$\sin \gamma$	γ, θ
minute 2~3	1.59±0.17	-0.70±0.93	N 24° W	1.74	S 24° E	0.87	60°
4~5	1.22±0.19	-0.30±0.72	N 14° W	1.26	S 14° E	0.78	52°
6~14	1.20±0.27	-0.40±0.47	N 18° W	1.27	S 18° E	0.79	52°
20~40	0.94±0.19	-0.10±0.42	N 6° W	0.95	S 6° E	0.69	44°

第5表 The values of the coefficient A, B, vector S and Parkinson vector at Kanoya

Duration ΔT	A Standard Deviation	B Standard Deviation	vector S		Parkinson vector		
			α	$\sqrt{A^2 + B^2}$	α_{p0}	$\sin \gamma$	γ, θ
minute 2~3	0.38±0.060	0.03±0.100	N 5° E	0.38	S 5° W	0.36	21°
4~5	0.46±0.038	0.09±0.082	N 11° E	0.47	S 11° W	0.43	25°
6~14	0.49±0.041	0.07±0.085	N 8° E	0.50	S 8° W	0.45	27°
20~40	0.49±0.044	0.18±0.090	N 20° E	0.52	S 20° W	0.46	28°

この結果からわかるように女満別・柿岡・下里・鹿屋の各観測所のA, B間の周期特性や分散性には共通性が少ない。ただ柿岡・鹿野山・鹿屋のAの周期特性がやや類似している。下里のA, Bの分散は±0.27, ±0.93でもっとも大きい。鹿屋のA, 女満別のBはそれぞれ±0.03で最も小さい。即ち下里は ΔH , ΔD , ΔZ の三成分の変化は一つの拘束平面からなされていることを示す。

Aの周期性をみると下里が Duration: 1分あたりで最大となり1.8に達する。他の観測所では3~4分くらいから急に小さくなる。同様にBの周期特性も数分以下で大きい。これのダイヤグラムを示すと第3図のようになる。

従ってこの種の問題でssc, si 或るいはpi2, pcなどの短周期変化現象を取扱うときは十分気をつけねばならない。

3. $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$, $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ の日変化

パーキンソンベクトルが南北又は東西を向いている観測ではA, Bの代りに $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 又は $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ を用いて議論することが多い。しかし(1)又は(2)式から分るように $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ 又は $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ の変化のためとA, Bの周期特性のため大きな日変化をする。

第4図は柿岡の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の日変化を示す。第5図はそのDurationの日変化, 第6図は $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ の日変化を示す。もちろん $\frac{\Delta D}{\Delta H} = 0$ の値に引きもどし, 周期特性曲線を用いて一定のDurationのときの値Aにすれば, 日変化はなくなるし, どの現象から求めたものでも同一になる。

第6表は Duration の異なる三つの現象について $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の値と一定の Duration $\Delta T = 10$ 分 に換算した A との比較を示している。これから $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ は差があっても A はどの

第6表 The values of $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ and A at Kakioka

	Period	Number	$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$	A at $\Delta T = 10$ min.
ssc	1958-60	111	0.586	0.672
si	1958-60	182	0.606	0.662
bay	1958-60	233	0.644	0.659

現象でも同一値となる。

この $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ や $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ の日変化は観測所でそれぞれ異なる。これは A, B の値や周期特性が各観測所で異なるばかりでなく, Duration や $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の日変化は各観測所でも大きな差があり, また四季や太陽活動度によっても大きく変る。一例として第7図には女満別・柿岡および鹿屋における水平分力の Duration の日変化を示した。

また第7表は日変化の各観測所の特性を示した。

第7表 The Diurnal variation $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ at Memambetsu, $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ at Kakioka, Shimosato and Kanoya for ssc, si, bay (1958~1960)

	ssc			si			bay		
	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range
Memambetsu	3h 15	10h 22	0.09	3h 15	10h 22	0.07	2h	20h	0.06
Kakioka	0	9	0.17	0	9	0.18	6	18	0.20
Shimosato	9	0	0.27	3 15	10 21	0.11	8 15	0	0.18
Kanoya	0	9	0.10	—	—	(0.05)	20	8	0.27

(Local time)

ssc や si の発生時刻は日変化がみられないが, Bay は見掛上起り易い時刻があり,

とくに ΔH と ΔD の変化が似ている時刻は限定されているので、これらの資料を取扱うときは十分注意し、詳細な議論は A や B の値についてなすべきである。

4. 水平ベクトルの地点差

上層に原因があると考えられる水平ベクトル ΔH や ΔD は日本の広さの所では殆んど一樣と考えられる筈であるが、実際には各観測所間で大きな差がある。第 8 表は柿岡を基準とした各観測所間の水平分力、偏角などの変化比を示している。

第 8 表 Ratios of the horizontal intensity and declination at any observatory to those at Kakioka

$$\left(\frac{H \text{ obs}}{H \text{ Kakioka}} \text{ or } \frac{D \text{ obs}}{D \text{ Kakioka}} \right)$$

obs	piz			sso		Si		bay		Storm range	
	X	Y	F	H	D	H	D	H	D	H	D
On/Ka	1.10	0.60	0.96								
Si/Ka	0.93	0.43	0.83								
Ky/Ka	1.16	0.61	1.02								
Mb/Ka				1.14	1.27	1.17	1.15	1.35	1.41	1.12	1.25
Si/Ka				1.00	0.78	1.02	0.86	1.02	0.94	1.04	0.99
Ky/Ka				1.26	0.99	1.10	0.96	1.00	0.99	1.09	0.99
Kn/Ka	1.43	1.00		1.31	1.0	1.20	1.0	1.14	1.0		

この水平ベクトルの変化比は緯度差に比例するかの如く見えるが、僅かに 100km 離れていない鹿野山と柿岡の比が非常に大きく、且つ短周期程大きくなっていることは、この種の資料の取扱いを慎重にしなければならないばかりでなく、この原因をつきつめる必要がある。最近の Rb 磁力計の観測結果では数十米の地点間で、地磁気短周期変化に差のあることが報告されており、今後の研究が期待される。(本誌行武、森の項参照)

第 8 図は水平分力の変化比を示している。一見して単純に見えるが、短周期になると様子はきわめて複雑になる。

この柿岡に対する各観測所の水平成分の変化比は大きな日変化を示す。とくに女満別と柿

岡の間が大きい。この原因はよく分らないが $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ や Duration の日変化とも関係が深い。そしてこの種の現象はすべて短周期になる程著しく表われてくる。第9～13図は代表的な例を示した。またそれぞれの図の下側にある線は平均値からの分散を示している。それぞれ特定の時間に大きな値となる。

また水平ベクトルの変化比の周期特性を求めると、第14や15図のようになり、短周期になると急に値が変る。とくに女満別と柿岡の間で偏角の変化比は急激に増加する。

以上述べたように短周期変化ベクトルを取扱う場合はその特性を考慮する必要があり、とくに ssc や si のような周期の早いものは複雑な変化を示すので特に気をつける必要がある。

5. 各観測所の特性の異常

女満別はパーキンソンベクトルが東西を向いている外に異常はない。ただ水平成分の変化が極地方の特長をもっており、一般的な緯度差だけで説明出来ないものがある。

女川はAの周期特性が下里と類似し、pc3 で最大値1.2を示す。

柿岡や鹿屋はA、Bの分散が小さくよく類似していて異常はないと思われる。

下里は短周期の変化のときAが非常に大きく、ssc の立上りのとき ΔZ が異常に大きくなる。 ΔH と ΔZ の変化のダイアグラムをみると反時計廻りに回転する。これはAの周期特性から説明出来る。このため ssc の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の日変化は大きい。また水平分力はそれ程異常はないが、偏角は他の観測所に比べて変化量が小さく異常である。

鹿野山は一見した所柿岡の特性に似ているが、水平分力の変化に大きな差がある。とくに pi2 で鹿野山の方が1.43倍も大きいのは、地下構造が大きく違っているとしないと説明出来ない。また第17図で示すように ΔH と ΔZ の変化のダイアグラムが時計回りで大きなループになる。これは鉛直分力の立上り時間が水平分力に比べて遅れることに原因している。

いろいろな現象の Duration と水平分力との立上り時間の差を求めると第18図に示すようになる。水平分力と偏角との間にはこのような差はない。また女満別・柿岡・下里・鹿屋などと比べてみると、どの観測所のどの成分も0.1～0.3分以内で変化は同時に起っていて、ただ鹿野山の鉛直分力だけが第18図の $\Delta T(Z-H)$ の値だけ遅れて立上る。この異常は特筆すべきものであろう。しかし原因は全く分らない。

またどの観測所でも pc3 (周期10～45秒)のパーキンソンベクトルの方向がモホ不

連続層の最大傾斜に一致しているのは注目を要する。また女満別・柿岡・鹿屋で地電流の主要方向がパーキンソンベクトルと直交している。

また日平均値について比べてみると各観測所の間で変化の比が一定で(久保木 1966)あるが、距離が短いときこの比が1.0に近づくとは限らない。しかし短周期の現象のような“Central Japan Anomaly”は見られない。

女満別・柿岡・鹿屋および下里の短周期変化から求めた $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 又は $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ の月平均値は地震と関係があるといわれている(吉松 1963)。第19図は柿岡と鹿屋の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の月平均値と地震の関係を示している。また第20図は $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の変化した量と地震の規模との関係を示している。吉松は大きな地震の1~2カ月前に $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ が減少すると述べており、その後も興味ある研究を進めている。

これらのことも資料の取扱いを慎重にすれば、更に興味ある結果が期待されると思われる。

6. 結 び

日本の固定観測所の地磁気変化ベクトルの特性についてその調査結果を述べたが、その本質については全く分っていない。また短周期の現象では複雑であり、この原因は今まで予想されているよりはるかに浅い局地的な地下構造によるものでないかと思われる。

このため固定観測所の近くで、地磁気変化ベクトルの測定を移動して行なうことはきわめて有効なことである。また併せて地下構造の測定、例えばモホ不連続層、重力測定などを行なうことを強く希望したい。

また現在まで観測資料の得られた臨時観測所についても単にベクトルSだけでなく、その特性を調査すべきと考えている。

文 献

Rikitake, T., "Some characteristics of geomagnetic variation anomaly in Japan" J. Geomag. Geoelec., 17, 95-97, 1965.

久保木忠夫・大島汎海 “日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第一報)——日本の観測所の特性——” 地磁気観測所要報 別冊第2号, 1-30, 1966.

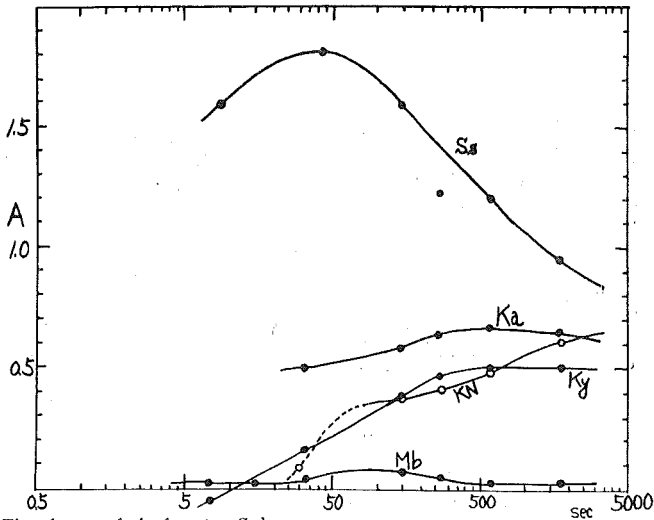
久保木忠夫・大島汎海 “日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第三報)——日本の固定観測所の特性——” 地磁気観測所要報 第12巻第2号, 127-198,

1966.

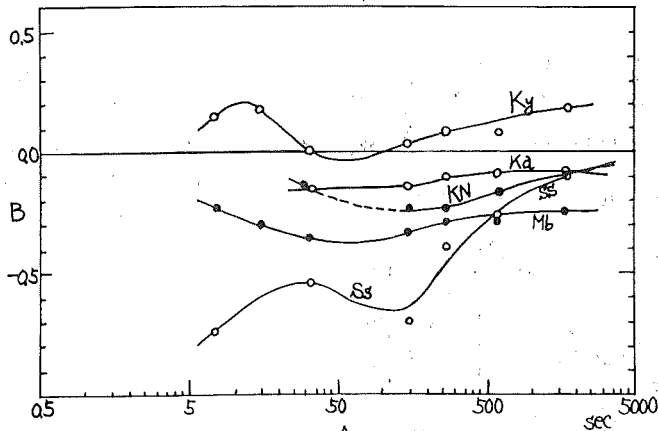
久保木忠夫 “地球磁場の日、月、年平均値の変動と日平均値の世界的分布(第1報)”
地磁気観測所要報 別冊第2号, 55-91, 1966.

吉松隆三郎 “地磁気異常観測結果と地震(II) $\frac{dZ}{dt}$ の変化 ” 地磁気観測所要
報 第11巻, 第1号, 71-83, 1963. (同種の論文は1964, 1965にも報告さ
れている。)

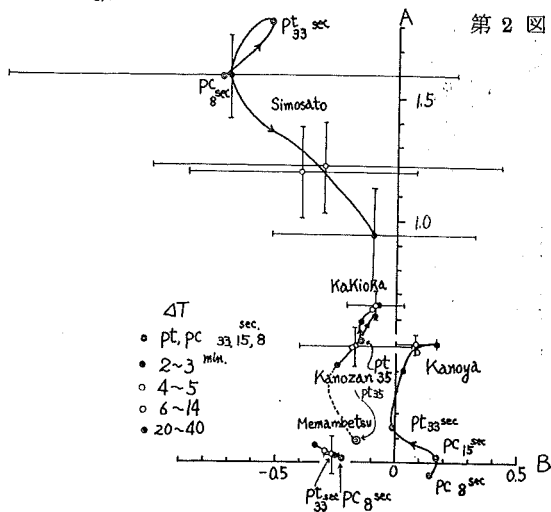
この他数多い研究報告があるが、本雑誌の中の笹井洋一の報告があるので省略した。



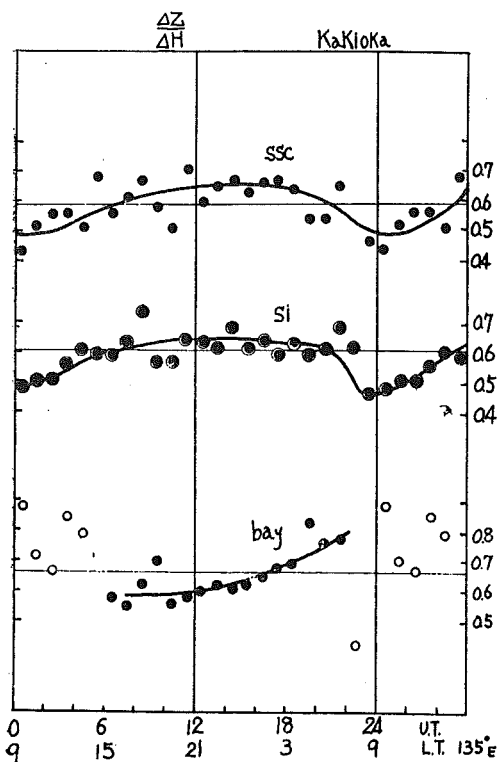
第 1 図 The change of A of vector S due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).



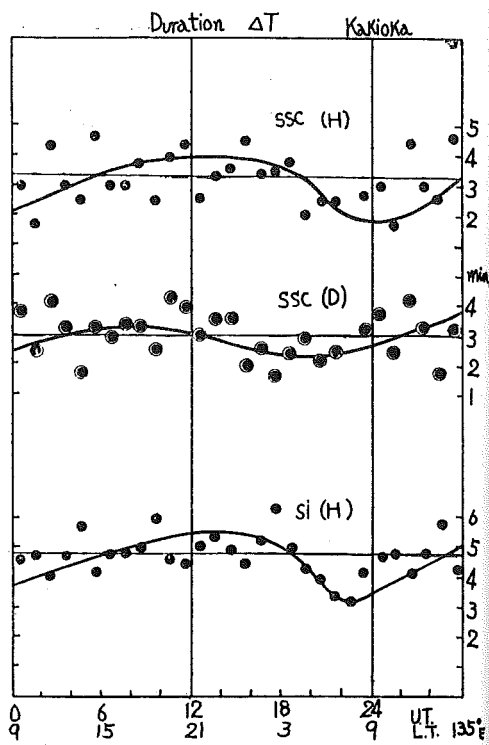
第 2 図 The change of B of vector S due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).



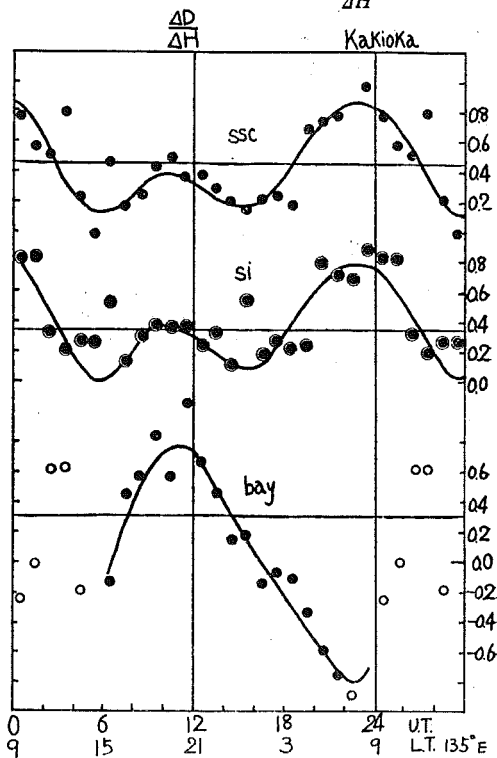
第 3 図 The diagram of vector S at each observatory.



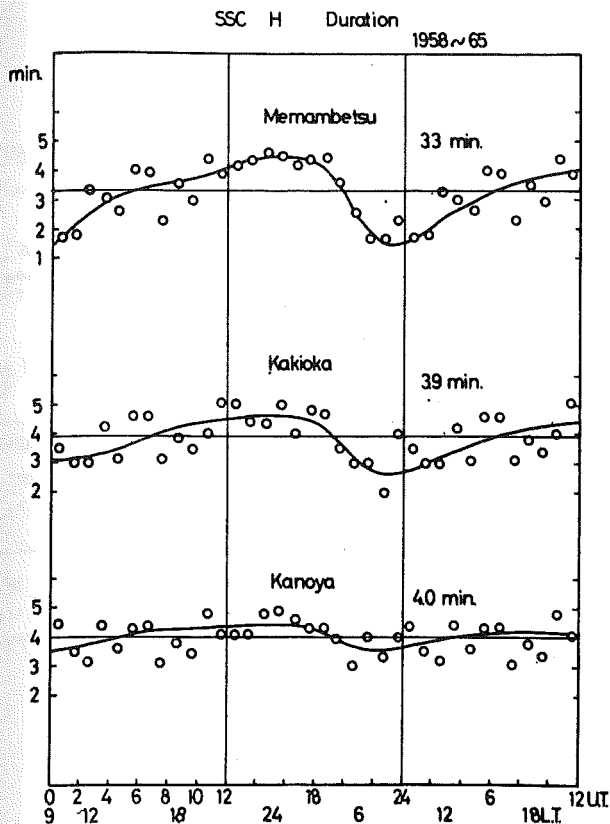
第 4 图 The diurnal variation of $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ at Kakioka.



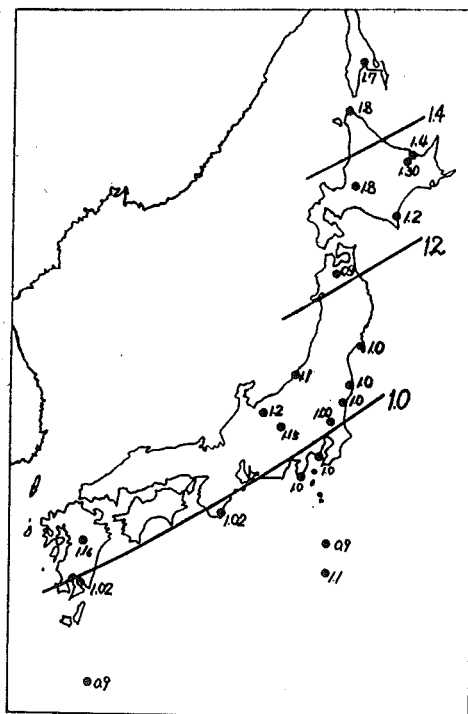
第 5 图 The diurnal variation of the duration at Kakioka.



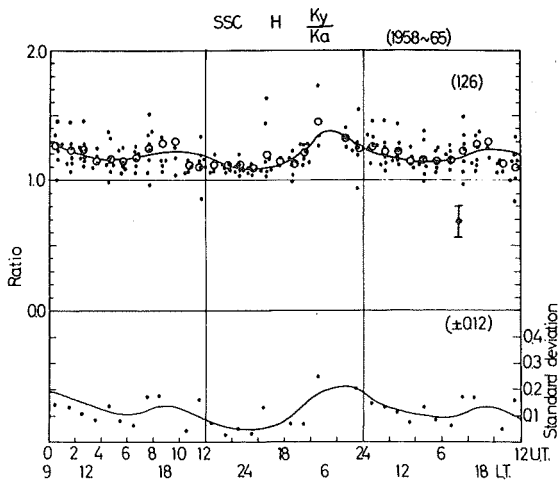
第 6 图 The diurnal variation of $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ at Kakioka.



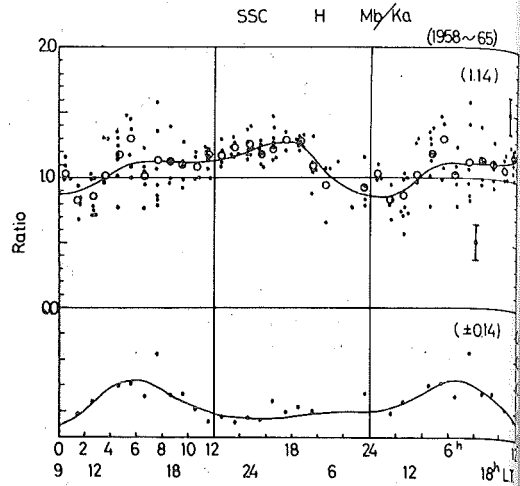
第7图 The diurnal variation of the durations at Memambetsu, Kakioka and Kanoya.



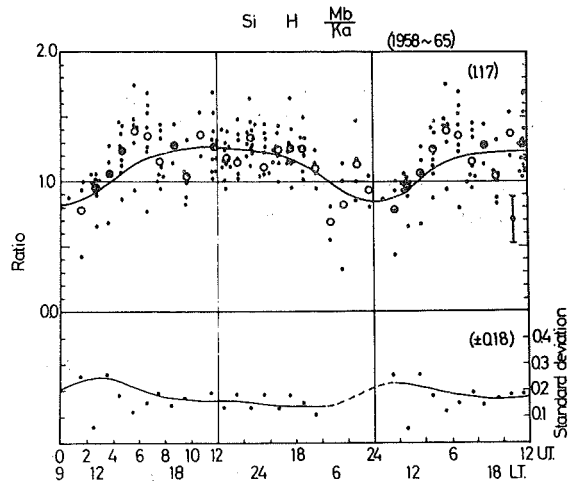
第8图 The distribution of the ratio $\frac{H_{obs}}{H_{Kakioka}}$ of the short period variation (bay) of the horizontal intensity at each station to that of Kakioka.



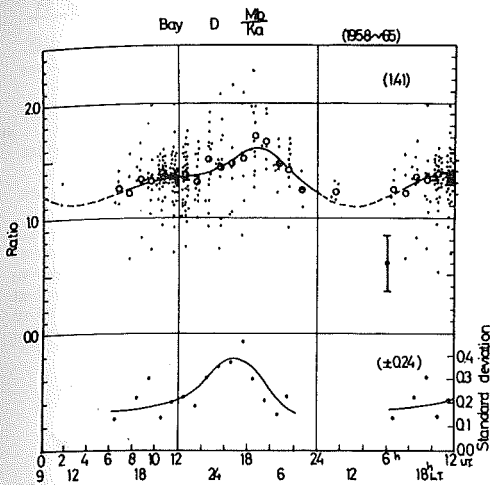
第9图 The diurnal variation of ratio $\frac{H_{kanoya}}{H_{kakioka}}$ of ssc of horizontal intensity.



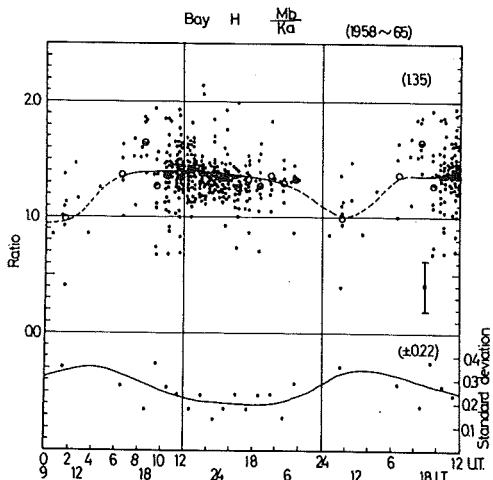
第10图 The diurnal variation of ratio $\frac{H_{membestu}}{H_{kakioka}}$ of ssc of horizontal intensity.



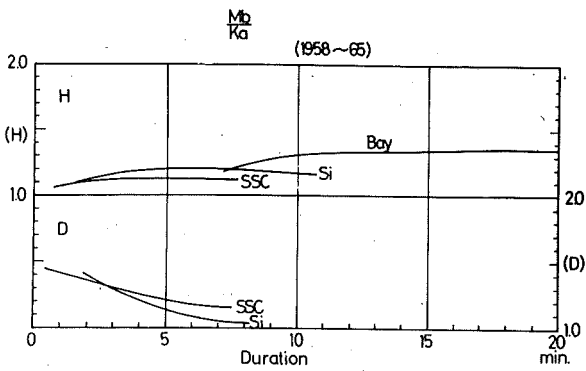
第11图 The diurnal variation of ratio of si of horizontal intensity.



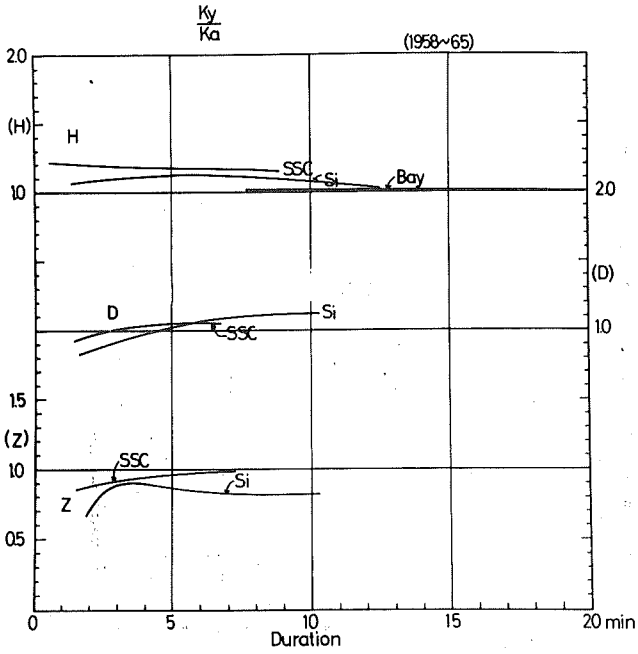
第12图 The diurnal variation of ratio $\frac{M_b}{K_a}$ of bay of declination. D Memambestu H kakioka



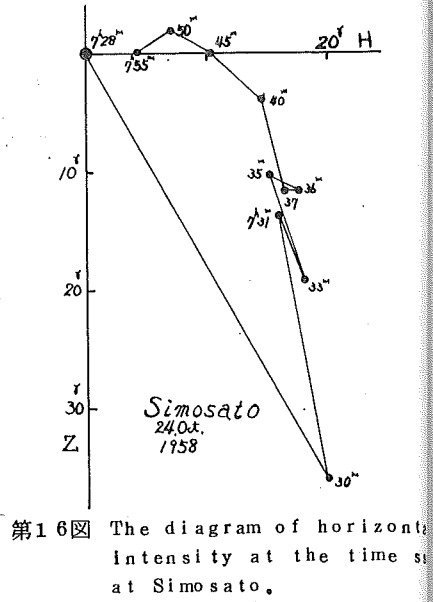
第13图 The diurnal variation of ratio $\frac{M_b}{K_a}$ of bay of horizontal intensity. H Memambestu H kakioka



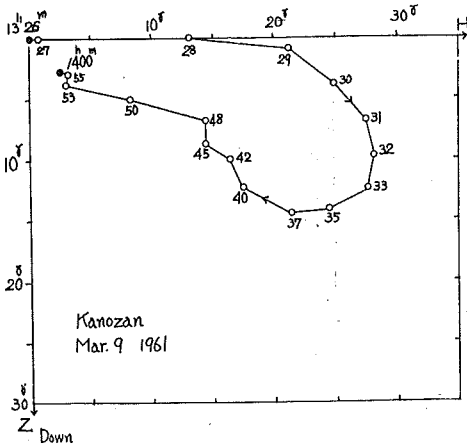
第14图 The time response of ratio $\frac{M_b}{K_a}$ H Memambestu D kakioka



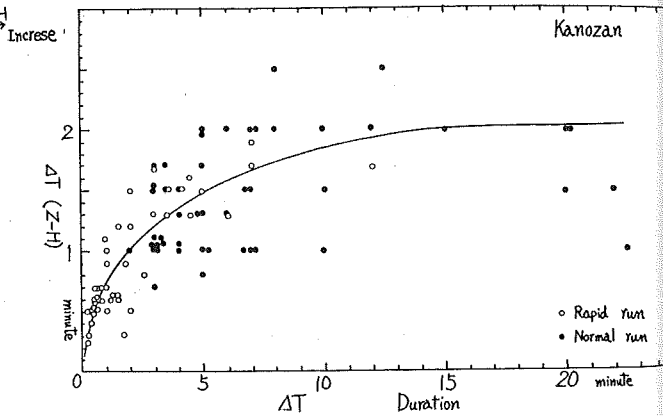
第15图 The time response of ratios $\frac{H \text{ kanoya}}{H \text{ kakioka}}$, $\frac{D \text{ kanoya}}{D \text{ kakioka}}$ and $\frac{Z \text{ kanoya}}{Z \text{ kakioka}}$.



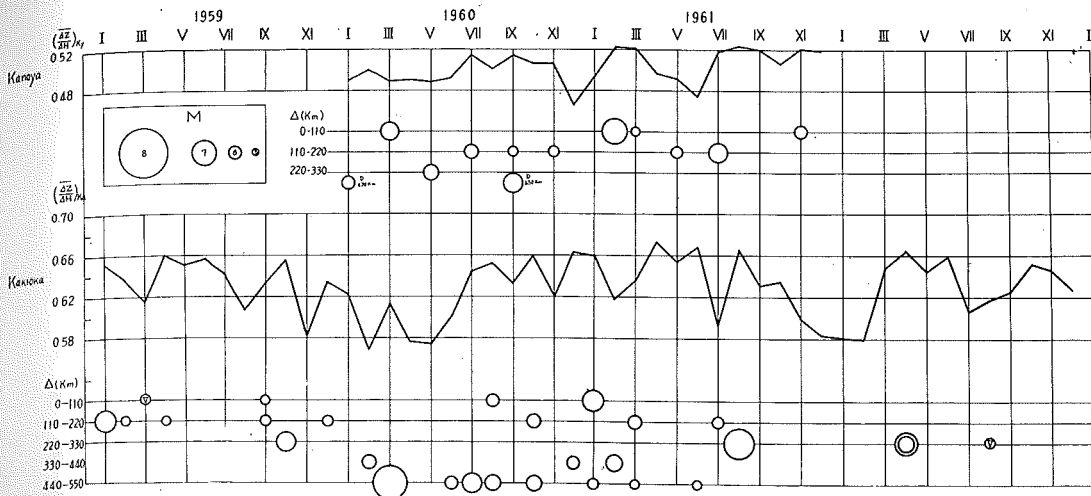
第16图 The diagram of horizontal intensity at the time ssc at Simosato.



第17图 The diagram of horizontal intensity at the time ssc at Kanozan.

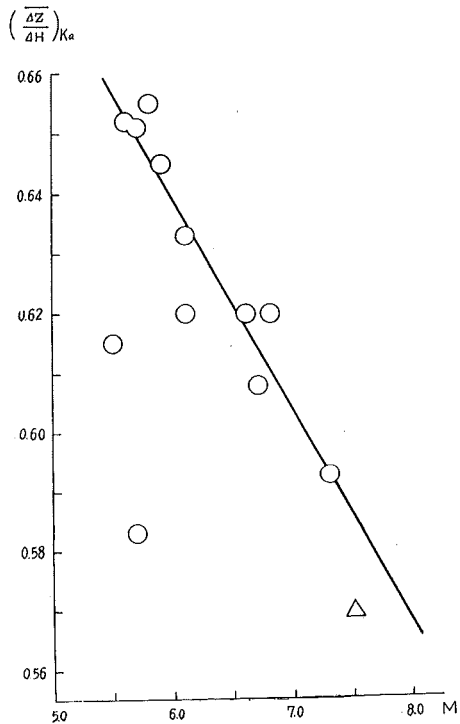


第18图 The correlation between durations and time lags (normal and rapid run record) at Kanozan.



第19图 Monthly means of $(\frac{\Delta Z}{\Delta H})_s$ at Kakioka and Kanoya and principal earthquakes with the magnitude $M \geq 5.5$ and intensity grade V. ΔZ and ΔH are the maximum amplitudes of the horizontal and vertical intensities.

Δ is the epicentral distance in km from the station. (after T. Yoshimatsu)



第20图 Relation between the magnitude M of the earthquake of which epicentral distance from Kakioka is $\Delta \leq 330$ km and $(\frac{\Delta Z}{\Delta H})_{ka}$, one or two months before the month of the earthquake. (after Yoshimatsu)