

# 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第3報)

— 日本の固定観測所の特性 —

久保木忠夫・大島汎海

## 概 要

地磁気変化ベクトルの水平分力  $\Delta H$ , 偏角  $\Delta D$  ( $HAD$  の意味), 鉛直分力  $\Delta Z$  の間には次の関係がある。

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D$$

この式の係数  $A \cdot B$  の周期に対応する特性の変化とその周期のときの分散を, 日本の5つの固定観測所女満別・柿岡・鹿野山・下里・鹿屋について求めた。(第1~5表, 第8図) 周期が短くなるとその周期特性は大きく変り,  $A \cdot B$  の分散も大きくなる。下里において Duration 2~3分の  $B$  の分散が最大であり, その値は  $\pm 0.9$  である。鹿屋の  $A$  と女満別の  $B$  の分散がもっとも小さく  $\pm 0.04$  である。

女満別における  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  (ほぼ  $B$  に等しい), 柿岡・下里・鹿屋における  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (ほぼ  $A$  に等しい) は日変化をする。その振幅は  $0.1 \sim 0.27$  である。これはかなり大きい量であり, 細かい変化を取扱う研究では無視出来ない量である。この日変化は  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  または  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  と Duration の日変化によってひきおこされる。しかし一定の Duration に換算された  $A \cdot B$  は日変化をしない。(第12~22図)

ssc や si の水平分力の Duration は北にある観測所ほど小さいが, 日変化の振幅は大きい。偏角の Duration は水平分力のそれより小さい値で, 日変化も小さい。また水平分力の Duration の値は太陽のオルフ数が大きくなると小さくなる。この経年変化のため ssc や si の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は太陽活動度に影響をうける。

鹿野山観測所は柿岡の真南 100 km の所にある。ここではパーキンソンベクトルや係数  $A \cdot B$  は柿岡のそれによく似ている。しかし鹿野山の変化ベクトルの鉛直分力は, 水平分力より位相が甚だしく遅れて変化する。これは柿岡では起らない現象である。下里では反対であって, 鉛直分力は水平分力の変化より位相が進む。

鹿野山において, 急鋭に始まる現象では, 鉛直分力の発現時間が水平分力のそれより 0.3分~2分おくれる。ssc では約 1.5分である。これは Duration が大きくなると大きな値となる。(第32図) これの原因は全く分らないが, 興味ある問題であろう。

また著者の定義したベクトル  $S$  ( $\alpha = \tan^{-1} \frac{B}{A}$ ,  $\sqrt{A^2 + B^2}$ , 鉛直分力下向きを正とした) とパーキンソンベクトル ( $\alpha = \tan^{-1} \frac{B}{A}$ ,  $\cot^{-1} \sqrt{A^2 + B^2}$ , 鉛直分力上向きを正とした) との比較をした。直観的に観測所の特性を知るには後者がすぐれているが, 詳しい議論や他の地球物理現象と変化ベクトルの関係を調べるのにはベクトル  $S$  の方がすぐれている。

## 目 次

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. は し が き  | 4・2 柿 岡                         |
| 2. 地磁気短周期変化の一般的性質   | 4・3 下 里                         |
| 2・1 変化ベクトル  | 4・4 鹿 屋                         |
| 2・2 一般的性質と注意事項  | 4・5 ま と め                       |
| 3. 日本の固定観測所の変化ベクトルの<br>周期特性とその分散  | 5. 鹿野山の変化ベクトルの異常                |
| 3・1 女 満 別   | 5・1 水平分力・鉛値分力の変化ベクトル<br>のダイヤグラム |
| 3・2 柿 岡   | 5・2 水平分力の柿岡との比較                 |
| 3・3 鹿 野 山   | 5・3 $\pi/2$ (pt) の変化ベクトル        |
| 3・4 下 里   | 5・4 短周期変化の時間差                   |
| 3・5 鹿 屋   | 5・5 短周期変化の時間差と周期特性              |
| 3・6 ま と め   | 5・6 ま と め                       |
| 4. 日本の固定観測所の $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta D}$ ·<br>Duration の日変化 | 6. 調査結果のまとめ                     |
| 4・1 女 満 別   | 7. 結 論                          |

## 1. は し が き

地磁気変化の異常とそれに関係する地下構造は多くの人達により論ぜられており、とくに日本では力武常次<sup>(1)</sup>による精力的な研究の結果“Central Japan anomaly”が次第に解明されつつある。しかし著者らが本題の第一報<sup>(2)</sup>ならびに第二報<sup>(3)</sup>で述べたように、調査がすすむにつれて、日本の地磁気異常はますます複雑なもので、その機構の説明には困難が増すばかりである。

従来は地磁気短周期変化の値としていわゆる“ $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ ”の値または単に  $\Delta Z$  により異常域を論じてきた。最近ではパーキンソン (Parkinson) ベクトル<sup>(4)</sup>を用いて論ずることが多くなった。それは地磁気短周期変化の際の鉛値分力  $\Delta Z$  に対して水平分力と偏角の二つの変化量  $\Delta H$ ,  $\Delta D$  を考慮することである。そしてさらに大切なことは著者らが第一報<sup>(2)</sup>で述べたように、その  $\Delta Z$  と  $\Delta H$  や  $\Delta D$  の間の関係が、周期特性を有することである。一般に Duration が割合に長い湾型変化についてはそれ程問題ないが、Duration が数分である ssc や si, あるいはさらに短周期の現象になると周期特性は非常に複雑なもので、各観測点により甚だ異ってくる。したがって短周期の現象による“Central Japan anomaly”はきわめて複雑なものとなってくる。この周期特性を考慮しないで地磁気異常を論ずることは危険なことである。

著者らは第一報<sup>(2)</sup>で周期特性と  $\Delta D$  に依存していわゆる“ $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ ”の値が日変化することについてふれておいた。また  $\Delta Z$ ,  $\Delta H$  および  $\Delta D$  が一つの平面に抱束されて変化すると考

えてよいが、下里では分散が大きく他の観測所のように単純にならぬことを調査した。また日本の異常分布が、ほかの地震分布、重力異常、モホロビッチ不連続層などの分布と簡単な関係にないことを知った。

著者らは第二報<sup>(8)</sup>において、関東地方の中央部のごく狭い 30 km くらいの地域で、非常に大きい異常域を発見した。ここは従来考えられていた世界でも顕著な異常域“Central Japan anomaly”の数倍にも達する大きな異常域で、しかも局地的なもので、丁度地震域と重なっていたので、その分布からごく狭い範囲の地塊のもり上りにより起ったものであろうと推定した。

これらのことを考え合せて、日本における地磁気異常はその局地性がはなはだ大きく、各観測点の特性がよく分っていないと、資料を取扱う上で色々な問題を起す結果となる。著者の一人久保木は吉松<sup>(9)</sup>の“ $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  又は  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の月平均値と地震との関係”の研究の資料の読取り作業を分担した。このとき  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  又は  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の周期特性や日変化の様子が分らないと、資料の信頼性が高くないのでそれらについて調査したことがあった。

今回の第三報においては、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の一般的性質の外に日変化、前に定義した係数  $A$  および  $B$  の分散、その周期特性などについて、女満別・柿岡・下里・鹿屋の 4 つの固定観測所の資料を用いて調査した。さらに国土地理院の鹿野山測地観測所の資料を利用させてもらい、係数  $A \cdot B$  の周期特性、短周期現象における  $\Delta H$  と  $\Delta Z$  のベクトルダイアグラムの異常や鉛直分力の変化の発現時刻が、水平分力のそれに比してはなはだしく遅れる現象について調査した。

これらのことは従来も考慮はされて資料が取扱つかわれていたものであるが、総合的に整理して今後の参考にしたい。とくに短周期現象についてはその特性が大きく変わるので、それを十分知っていないと見掛上のものと本質的なものとの区別がつかなくなる。これは今後の地磁気異常の解明には十分心得ておかねばならぬことであろう。

## 2. 地磁気短周期変化の一般的性質

地磁気短周期変化という場合には、今までは湾型変化又はそれに類した周期の変化をいうことが多かった。ssc 現象を取扱ったものもあるが、現象の種類すなわち周期により特性がはなはだしく異なることをそれほど考慮には入れていない。

これらの地磁気短周期変化を表わす量や、その一般的な性質について概要を述べてみる。

### 2.1 変化ベクトル

地磁気遅廻し記録紙上に現われる短周期変化を、その現象が起らなかつたと考えられる零の直線を仮定して読取る。水平分力・偏角・鉛直分力の三成分の変化量をそれぞれ  $\Delta H \cdot \Delta D \cdot \Delta Z$  で表わす。他の研究者の中には  $\Delta D$  を  $H \cdot \Delta D$  と表示して、偏角を  $\gamma$  単位で表わしたことをことわっているものもある。著者らは  $H \cdot \Delta D$  で表わすこともあるが、多くは  $\Delta D$  で表わしてあり、これは  $\gamma$  単位で表示した量のことである。これを初めにことわっておく。

この三成分の変化量の間には、力武・横山<sup>(10)</sup>がいうように、また著者らの前の調査<sup>(9)</sup>でも

分るように、次式で示される関係がある。

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D \quad \dots\dots\dots(1)$$

$A$  および  $B$  は観測所とその現象の周期に固有の常数である。普通は (1) 式は次の形でたしかめられる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta Z}{\Delta H} &= A + B \frac{\Delta D}{\Delta H} \\ \frac{\Delta Z}{\Delta D} &= A \frac{\Delta H}{\Delta D} + B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

常数は次のものである。

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{\Delta Z}{\Delta H} \right)_{\Delta D=0} &= A \\ \left( \frac{\Delta Z}{\Delta D} \right)_{\Delta H=0} &= B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

第一報<sup>(2)</sup>で述べたように縦軸・横軸をそれぞれ  $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta H}$  または  $\frac{\Delta Z}{\Delta D} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta D}$  で示して各観測値についてプロットして、それぞれ  $A$  および  $B$  を求める。普通は  $\Delta H$  を分母とすることが多いが、 $\Delta D$  を分母とした方が資料の取扱いが容易である。これは一般に次のような理由による。日本附近では  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値は  $-1 \sim +1$  であり、1 をこゆることはまれである。したがって  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の分散の割合に比して変化する幅がせまく、 $A \cdot B$  の係数が求めにくい。これに比べて  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の値は  $-8 \sim +8$  くらいであり、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の分散にくらべて変化する幅がひろく、係数を求めるのが容易である。第2図や第4図などにそれらの例を示しておいた。本質的には同じことであり、一般には偏角変化計の記録する感度は、他の成分に比して悪いので、読取誤差が入り易いことも考慮して資料を取扱う必要がある。

地磁気短周期変化の種類はどのようなものでもよい。現象そのものが典型的である必要はなく、その変化の波形が単純である程取扱いが容易である。一般には正弦波のように簡単なものではなく、複雑であるので、出来るだけ単純な波形の現象を選ぶよう心掛けるだけのことになる。また三成分の変化に位相のずれ、とくに  $\Delta H$  と  $\Delta D$  の間はずれ易いので、あまりはなはだしくずれた現象は取扱わぬほうがよい。短周期の現象にこれが著るしい。

零の直線の引き方には問題が多い。器械的に1時間・15分・5分というように適当な時間間隔で切って、この間の変化量を  $\Delta H \cdot \Delta D \cdot \Delta Z$  とする研究者もある。著者は試みに柿岡の資料について、磁気あらしのときに適用してみたが、現象毎について零の直線を仮定して引いたものに比べて分散が約3倍にも達し、決してよい方法ではない。ただ資料が限られていたり、特種な地域での資料については止むを得ないであろう。また磁気嵐のときに起こる現象については、零線のきめ方が容易でないのでこのような器械的な方法もよいが、短周期の現象以外は利用しないほうがよい。

湾型変化のように周期の割合長いものは問題が少ないが、ssc のように短周期のものは問題が多い。 $\Delta H$  と  $\Delta Z$  の間に位相差が起こる。下里のように短周期になるほど  $A$  が大きくなる地点ではもちろんのこと、今回の調査で分った鹿野山のように周期特性だけが一般的な形であっても問題が多い。そのことを無視すると単に分散が大きいということだけに片付けら

れ、その本質を見のがす危険がある。とくに日本のような異常域では、 $\Delta H \cdot \Delta D \cdot \Delta Z$  の三つの成分が特定の単一平面を構成しないこと、すなわち (1) 式がどの程度満足されているかも十分調査しておく必要がある。

著者らは第一報<sup>(2)</sup>でも述べたように (1)~(3) 式で求まる量からベクトル  $S$  を次のように定義した。

$$\text{ベクトルの大きさ} \quad \frac{\Delta Z}{[\sqrt{(\Delta H)^2 + (\Delta D)^2}]_{\max}} = \tan \theta$$

$$\text{方向} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{\Delta D}{\Delta H} \quad (\text{地磁気学的子午線を基準とする})$$

向き 鉛直分力 下向きを正方向

すなわちベクトルの大きさは  $\Delta Z$  が最大になる方向での水平ベクトルとの比であり  $A \cdot B$  で表わすと次のようになる。

$$\text{ベクトルの大きさ} \quad \sqrt{A^2 + B^2}, \tan \theta$$

$$\text{方向} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{B}{A} \quad (\text{地磁気学的子午線を基準とする})$$

向き 鉛直分力 下向きを正方向

これは日本では早くから (1) 式で表現する方法を用いて研究が進められており、日本の多くの観測所では  $A$  が大きく  $B$  が小さく  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値はほとんど  $A$  に近い。したがって従来の資料と比較するのに便利である。とくに  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  または  $A$  や  $B$  のほうが計算に容易であり、長期間の時間的変化を調査するには、値が正しく求まる点からいっても、パーキンソンベクトルよりはるかにすぐれている。また鉛直分力の値を下向きに正にしたのも日本附近で  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が正の値となるようにして取扱いを便利にしたためである。

また著者らは以下に述べる論文の中で、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  と記したものは (2) 式を示して、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の分も含めた量である。 $A$  と記したものは  $\Delta D=0$  の値に換算された  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  であり、(3) 式を示している。 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $B$  についても同じように取扱った。

パーキンソン<sup>(7)</sup>は第1図で示すような極座標によって変化ベクトルを表わした。

$$\text{方向} \quad \alpha_p = \tan^{-1} \frac{\Delta D}{\Delta H}, \quad \tan^{-1} \frac{B}{A} \quad (\text{磁気子午線を基準とする})$$

$$\text{長さ} \quad \beta_p = \cot^{-1} \frac{\Delta Z}{\sqrt{(\Delta H)^2 + (\Delta D)^2}}, \quad \cot^{-1} \sqrt{A^2 + B^2}$$

向き 鉛直分力を上向き正方向

このベクトルの頂点は極座標の上では一つの大円をつくる。これは変化ベクトルが傾斜を持った一つの平面に抱束されることを意味し、(1) 式と同じことになる。パーキンソンはこの傾斜した平面を表示する量として、次のようなベクトルを考えた。これが一般にパーキンソンベクトルといわれるものである。すなわち、上記の大円を含む平面に立てた原点を通る下向き法線線分 (長さは原点から単位球面との交点まですなわち単位長である) の水平面へ

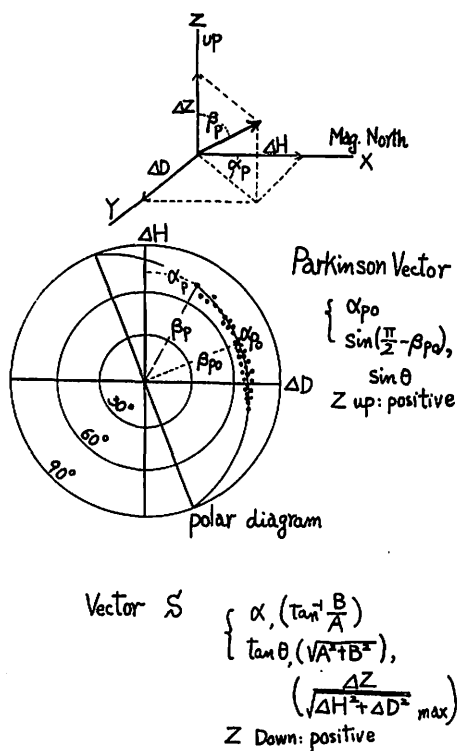


Fig. 1 The illustration of the polar diagram (Parkinson's vector) and vectors  $S$  (author's vector) for the rapid geomagnetic variation.

$\tan \theta$ , パーキンソンベクトルが  $\sin \theta$ , 向きは  $180^\circ$  ずれることになる。

の投影線分が表わす量である。投影線分の長さは、上記の下向き法線線分が下向きの鉛直軸とのなす角度を  $\gamma$  としたとき  $\sin \gamma$  で表わす。これがベクトルの大きさ、すなわち平面の傾斜量である。また投影線分の磁気子午線からの偏りを  $\alpha_{p0}$  で表わすとこれがベクトルの向き、すなわち平面の傾斜の向きを表わす。

各観測値から  $\alpha_p, \beta_p$  を計算し、これが極座標で大円を作りこの大円がもっとも原点に近い位置を  $\alpha_{p0}, \beta_{p0}$  とすれば次のようになる。

$$\alpha_{p0} = \tan^{-1} \frac{B}{A} \quad \text{但し} \quad \alpha + \alpha_{p0} = 180^\circ$$

$$\beta_{p0} = \cot^{-1} \left[ \frac{\Delta Z}{\sqrt{(\Delta H)^2 + (\Delta D)^2}} \right]_{\max} = \frac{\pi}{2} - \gamma$$

したがって  $\gamma = \theta$  となる。

パーキンソンベクトルを  $A \cdot B$  で表わすと、ベクトルの大きさ

$$\sin(\tan^{-1} \sqrt{A^2 + B^2}), \quad \sin \theta$$

$$\text{方向} \quad \alpha_{p0} = \tan^{-1} \frac{B}{A}$$

向き 鉛直分力 上向き

となる。すなわち大きさはベクトル  $S$  が

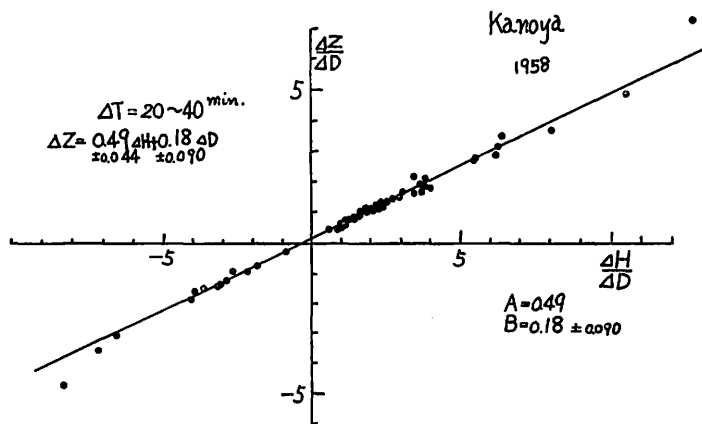


Fig. 2a The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  and  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  at Kanoya.

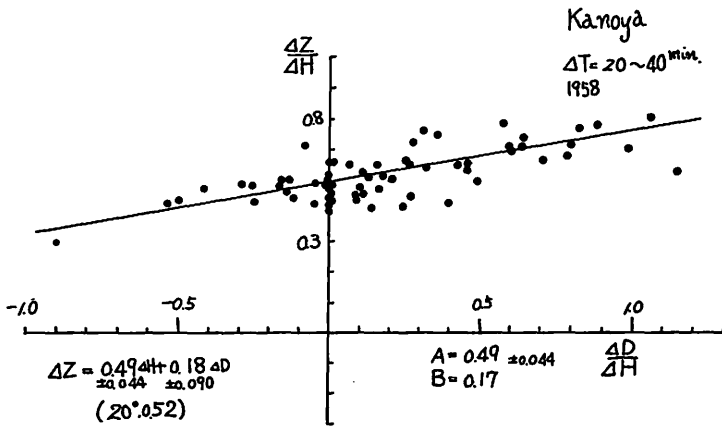


Fig. 2 b The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanoya.

次に例で示してみたい。第 2 a および b 図は (1) 又は (2) 式の関係を示すもので、 $\Delta H$  と  $\Delta D$  を分母にした図をそれぞれ示した。前者から  $A=0.49$  と  $\beta=0.18 \pm 0.090$  が求まる。後者から  $A=0.49 \pm 0.044$  と  $B=0.17$  が求まる。(1) 式に相当するものとして

$$\Delta Z = 0.49 \Delta H + 0.18 \Delta D$$

$$\pm 0.044 \quad \pm 0.090$$

を得る。またベクトル  $S$  は、 $N20^\circ E$  を向き、量は  $0.52$  である。 $A$  や  $B$  の値に  $\pm$  で示した値は標準偏差である。 $B$  のほうが  $A$  より 2 倍も大きい分散であるにもかかわらず第 2 a 図の方がよくそろった直線となっている。この資料は 1958 年の鹿屋観測所の値で、Duration  $\Delta T$  が 20 分から 40 分のものであり、湾型変化およびこれに類似した現象について読取ったものである。

同じ資料についておのおのの読取值からパーキンソンの極座標  $\alpha_p, \beta_p$  を求めて極座標にプロットしたのが第 3 図である。点が集中しておるので正確な大円が求めにくいが次の値を得る。

$$\alpha_{p0} = 20^\circ, \quad \beta_{p0} = 63.5^\circ$$

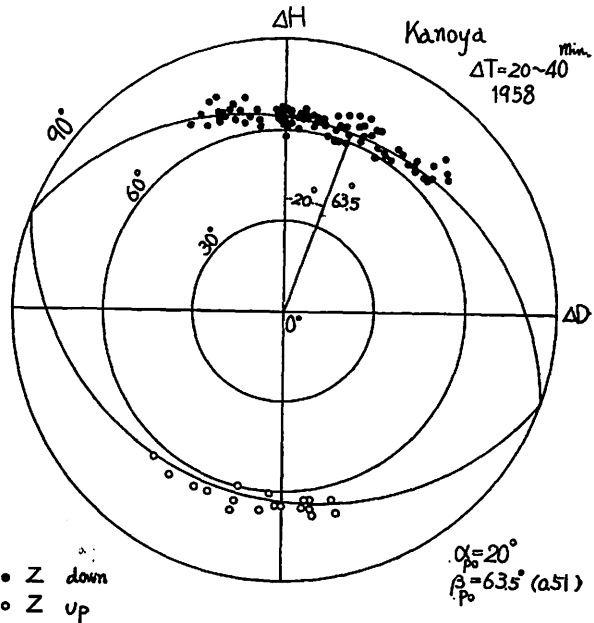


Fig. 3 The polar diagram showing directions of change vectors at Kanoya.

換算すればベクトル  $S$  の量  $\sqrt{A^2+B^2}$  は  $\cot \beta_0$  で 0.51 となる。もちろん同じ資料であるから同じ結果になるのは当然である。両者を比較すると次のようになる。

- (i) パーキンソンの極座標では観測値である変化ベクトルが同一平面内にあることを直観的に見られる。
- (ii) パーキンソンの極座標で計算すると係数值  $\alpha_{p0}$ ,  $\beta_{p0}$  を正確に求めるのが困難になる。
- (iii)  $\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D$  から  $A$  や  $B$  を求めると、値が正確に求まり分散も容易に計算出来る。
- (iv) パーキンソンの極座標を示す第3図を作るのは、第2図を作るより 2~3 倍の手数がかかる。
- (v) 一般に  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値は  $-1 \sim +1$  の変化きりしないため観測値が一点に集中し易いので、第2図の方法の方が、資料整理法としてすぐれている。
- (vi) パーキンソンベクトルとベクトル  $S$  の方向は正反対で  $180^\circ$  ずれ、その大きさは前者が  $\sin \theta$ , 後者が  $\tan \theta$  である。一般には  $\theta$  は  $45^\circ$  以下であるので両者は大差ない。また普通にはベクトル  $S$  の  $\tan \theta$  が非常に大きくなることはない。

## 2.2 一般的性質と注意事項

地磁気短周期変化ベクトルは、一つの平面内に抱束されることを基本条件として、調査がすすめられている。しかし下里のように水平分力と鉛直分力の位相のずれる所では、この抱束平面の分散は幅広いものになる。また係数  $A \cdot B$  は周期により値が異なる。したがって Duration という単純な量で代表するのが危険な現象が多い。とくに短周期である ssc, si に問題が多い。偏角の変化は他の成分と同時刻に変化しないことが多いので、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値の取扱いに問題が多くなり、変化計の感度が悪いことがさらに条件を悪くする。

変化ベクトルは本質的に日変化するとは考えられない。一二の人の統計結果でも見られるように、短周期の ssc や si の Duration  $\Delta T$  は日変化をしている。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値も日変化するので、二つが組合わさって  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  は日変化をしている。しかし  $A$  や  $B$  では日変化をしない。これは調査の対象によっては、十分考慮する必要がある。

零線の引き方は問題の焦点になり易いが、普通それほどこまかいことを議論しないので、磁気嵐の最中の現象でなければ気にすることもない。正確に言えば零線が問題にならぬダイヤグラムから求めるべきである。とくに新しい観測所の資料を取扱うときは一応検討する必要がある。

従来考えられていた地磁気異常は鉛直分力を対称としていたが第一報<sup>(2)</sup>でも述べたし、また力武<sup>(3)</sup>が指適したように、日本の地磁気異常では水平分力が 30% も異なる所があるので、これも見のがすことが出来ない。観測所の特性を調査するときも必ずつけ加えねばならぬ事項である。

pi 2 (pt) や pc 3 (pc) のようにきわめて早い変化については、位相のずれが起こるので、それを十分考慮する必要がある。またこれらは他の現象に重なり易いので、変化ベクトルの周期をきめるときは、とくに入念にやる必要がある。



### 3. 日本の固定観測所の変化ベクトルの周期特性とその分散

第一報<sup>(2)</sup>で(1)式の  $A$  の値の周期特性を報告したが、 $B$  の値は女満別についてしか求めてなかった。ここではそれを追加し、かつその分散も求めた。また鹿野山観測所の値も加えて調査した。

周期の分類としては、Duration を用いて 2~3 分、4~5 分、6~14 分、20~40 分の 4 つに分けた。15~19 分の間隔がぬけるが、この間に含まれる現象は割合少ないし、周期特性も変らない所である。また6~14 分の平均値が 10 分になるようにしたもので、実用上は何ら支障がない。

前回に報告した値と異なるものが若干あるが、これは資料の数を増したためのもので、今回のものがより正確である。

#### 3.1 女 満 別

前回すでに求めてあるが、1958 年と 1960 年の資料から  $A$  および  $B$  の係数とその分散を求めた。第 2b 図に示した  $\Delta H$  を分母とする  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  と  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  とを軸とするグラフから  $A$  の値とその標準偏差を求め、また  $B$  の値も求める。第 2a 図で示した  $\Delta D$  を分母とする  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  と  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  を軸とするグラフから  $B$  の値とその標準偏差を求め、また  $A$  の値を求めた。係数としては信頼度を考慮して平均した。また  $A, B$  の値から計算したパーキンソンベクトルを示してある。なお観測箇所は  $\Delta T=2\sim 3$  分がもっとも少なく 30 分で、その他のものは 50~70 ころづつある。この結果を第一表に示した。また  $\alpha$  は磁気子午線を基準にしてゐる。以下同様に取扱った。

Table 1 The values of coefficient  $A, B$ , vector  $S$  and Parkinson vector at Memambetsu.

Duration ( $\Delta T$ )	$A$ Standard Deviation	$B$ Standard Deviation	Vector $S$		Perkinson Vector		
			$\alpha$	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\alpha_{p0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
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°

女満別の周期特性は小さく、5 分より短い Duration の所で僅かな変化のみみられるのみである。したがって 5 分より長い Duration の周期のものについては周期特性はないと考えてよい。

全周期について平均すると

$$A=0.03\pm 0.10, \quad E=-0.25\pm 0.039$$

となる。pi 2 (pt), pc 3 (pc) については今回は調査していない。前回の報告によれば  $\Delta T=50$  秒でベクトル  $S$  は最大になり、それより短周期では小さくなる。

### 3.2 柿岡

同じ方法で第二表を求めた。観測箇所は  $\Delta T=2\sim 3$  分が 32 こ、他は 50~60 こづつのもので、女満別と同様に 1958 年と 1960 年の資料である。

Table 2 The values of the coefficient  $A$ ,  $B$ , vector  $S$  and Perkinson vector at Kakioka.

Duration ( $\Delta T$ )	$A$ Standard Deviation	$B$ Standard Deviation	Vector $S$		Perkinson Vector		
			$\alpha$	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\alpha_{p0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
minute 2~3	0.58±0.073	-0.14±0.10	N14°W	0.60	S14°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°

周期特性がかなり大きいですが、それでも 6~7 分以上になるとほとんど考える必要ないくらい小さくなる。 $A$  は Duration が 10 分のとき最大値となる。 $\Delta T$  をこまかく分けて求めると 10 分のとき  $A=0.653$ ,  $B=-0.10$  となる。分散は  $A$  と  $B$  では異なり、 $A$  は短周期ほど大きく、 $B$  は長周期ほど大きくなる。平均してほぼ次の値である。

$$A=0.65\pm 0.063, \quad B=-0.10\pm 0.10$$

短周期に関しては第一報<sup>9)</sup>によれば単純に  $A$  が小さく  $B$  が大きくなる。pi 2 (pt) の  $\alpha$  の値は 20° 近くなる。

### 3.3 鹿野山

1960 年の資料について同様な方法で求めた。(2) 式をどの程度満足するかを知るため第 4 a~f 図を示した。短期間のため観測資料が少ないが、 $\Delta T=2\sim 3$ , 4~5, 6~14, 20~40 分の分類に対してそれぞれ、14, 30, 36, 120 こで、長周期に対しては十分な数であるが短周期では少ない。

周期が短い所も特性が大きく変るが、長周期でも同じように特性の変化が少くない。平均は余り意味がないが目安とするのに求めると

$$A=0.58\pm 0.080, \quad B=-0.13\pm 0.35$$

となる。 $A$  の分散は長周期で大きく、 $B$  も同じ傾向にある。

鹿野山は  $\Delta Z$  と  $\Delta H$  の変化の位相のずれは大きい。このため分散が大きくなる。 $\Delta T$  が 1 分より小さくなると位相が 90°~180° ずれる。したがって pi 2 (pt) では  $A$  の値は 0.2~ -0.1 となる。これについては第 5 節でもう一度ふれてみたい。

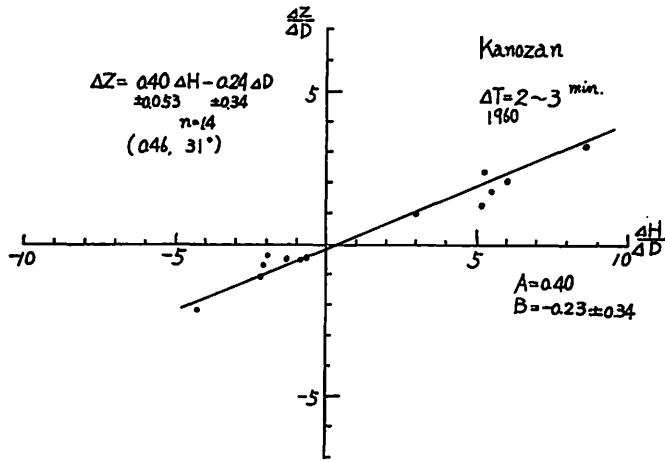


Fig. 4a The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  and  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  at Kanozan, duration  $\Delta T=2-3$  min.

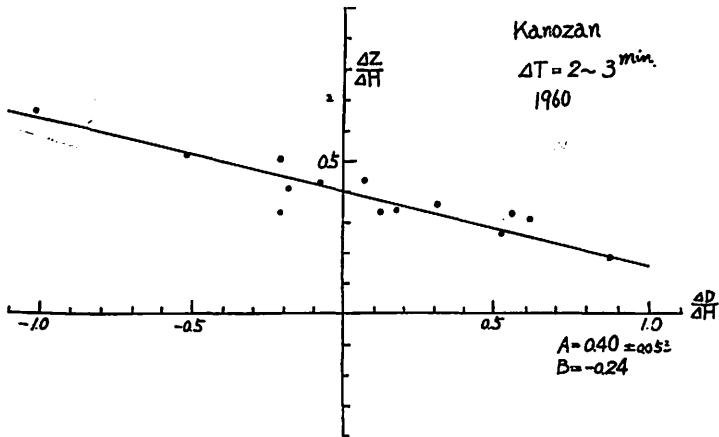


Fig. 4b The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanozan, duration  $\Delta T=2-3$  min.

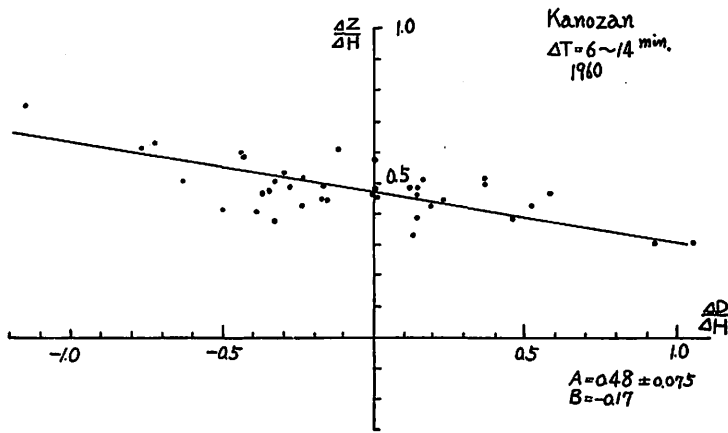


Fig. 4c The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanozan, duration  $\Delta T = 6-14$  min.

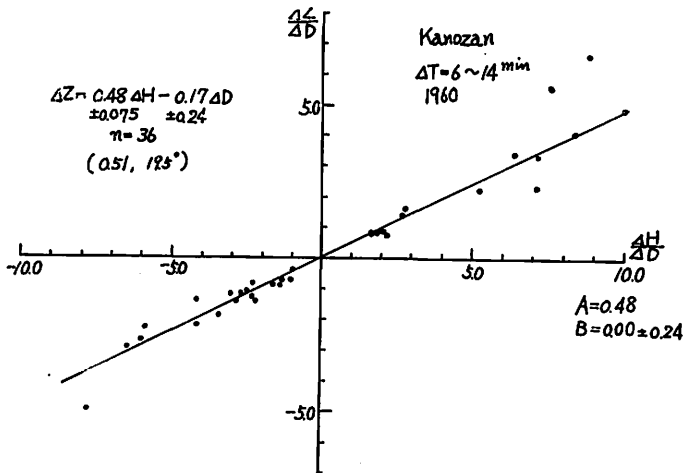


Fig. 4d The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanozan, duration  $\Delta T = 6-14$  min.

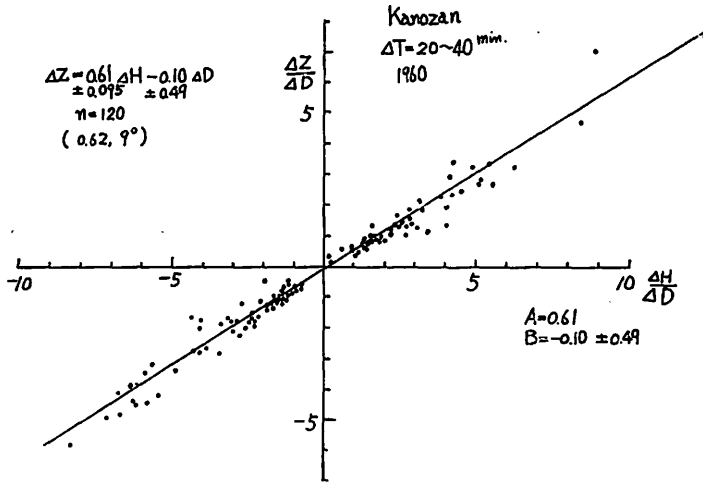


Fig. 4e The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  and  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  at Kanozan, duration  $\Delta T = 20 \sim 40$  min.

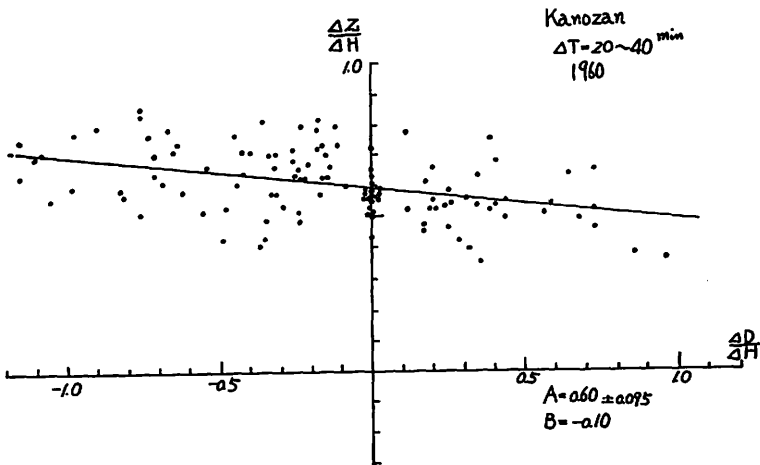


Fig. 4f The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanozan, duration  $\Delta T = 20 \sim 40$  min.

Table 3 The values of the coefficient  $A$ ,  $B$ , vector  $S$  and Parkinson vector at Kanozan.

Duration $\Delta T$	$A$ Standard Deviation	$B$ Standard Deviation	Vector $S$		Parkinson Vector		
			$\alpha$	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\alpha_{p0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
minute 2~3	$0.40 \pm 0.053$	$-0.24 \pm 0.34$	N31°W	0.46	S31°E	0.42	25°
4~5	$0.40 \pm 0.050$	$-0.24 \pm 0.30$	N31°W	0.46	S20°E	0.42	25°
6~10	$0.48 \pm 0.075$	$-0.17 \pm 0.24$	N20°W	0.51	S19.5°E	0.45	27°
20~40	$0.61 \pm 0.095$	$-0.10 \pm 0.49$	N9°W	0.62	S9°E	0.53	31°

なお鹿野山の位置は次の通りである。

地理学的 経度 139° 58' E 緯度 38° 15' N  
 地磁気学的 緯度 206.0° 緯度 25.0°  
 海拔 350 m

したがって柿岡と磁気的には経度  $0.1^\circ$ 、緯度  $1.0^\circ$  ずれておるにすぎず、柿岡より距離にして 100 km 離れ、柿岡の丁度真南に位置する。

従来の考えならば柿岡に類似した特性を有することが予想されるが、第二報<sup>(8)</sup>で述べたように、柿岡と鹿野山の間には関東異常域が存在することも考慮に入れれば、両者の特性がはなはだしく異ってさへも、不思議ではない。

また吉松<sup>(9)</sup>のいうような  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  などと地震との関係を研究するためには、もう少し詳しい資料が必要なので、Duration をさらに細分して 2 分から 50 分までを 14 こに分割して、各区分について  $A$  を求めた。第 3 表にくらべて各々の値の分散は多少大きく、標準偏差は

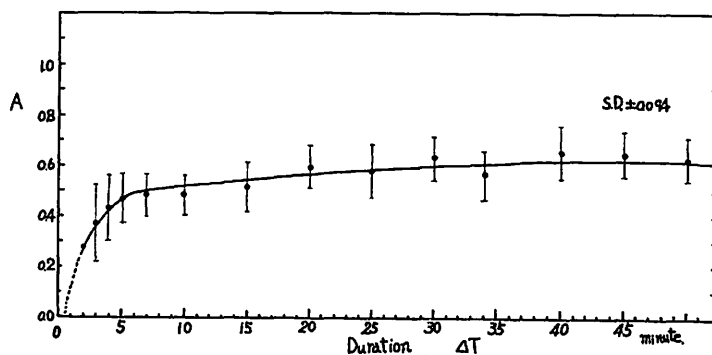


Fig. 5 The change of  $A$  at Kanozan due to the duration of variation concerned.

$\pm 0.094$  である。観測箇数が少ないので  $B$  の値をこのように細分した区間について求めるのは困難だったが一応求めてみた。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値は一般に小さいため  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  がきわめて大きくなり、採用出来ない値が増すためである。第3表と第5図を比較してみて、 $A$  の値に差はないから  $B$  の値の周期特性の細かいこともほぼ推定し得るので第8図に鹿野山の  $B$  の値をも示しておいた。

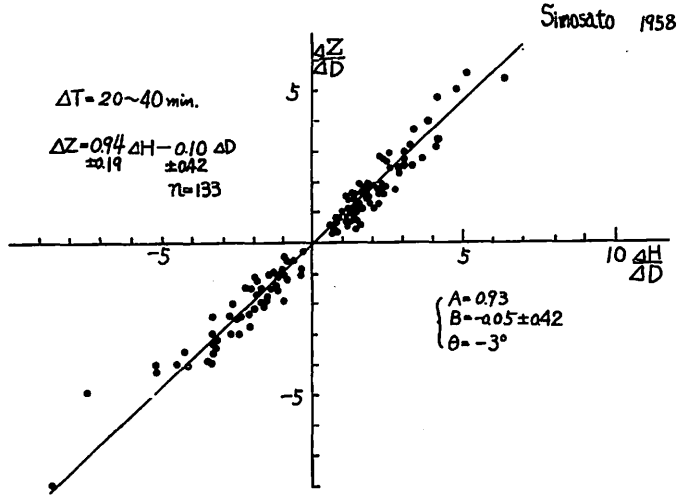


Fig. 6a The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  and  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  at Simosato, duration  $\Delta T=20-40$  min.

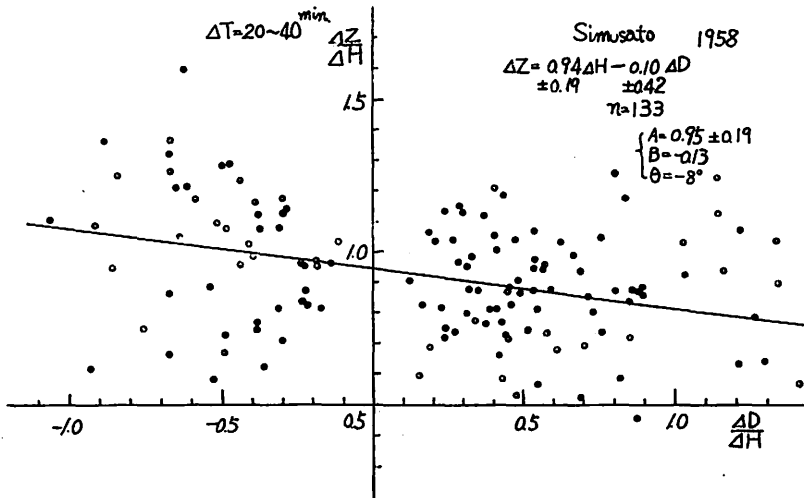


Fig. 6b The correlation between  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Simosato, duration  $\Delta T=20-40$  min.

## 3.4 下 里

同じ方法で第4表を求めた。観測資料は1958年と1960年のものを用い、観測値数は $\Delta T=2\sim 3, 4\sim 5, 6\sim 14, 20\sim 40$ 分が、それぞれ10, 25, 39, 133こで短周期では数が少い。第一報<sup>(2)</sup>で(2)式の関係を示す図をかかげてあるが、第6aおよびb図に $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ と $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ および $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ の関係図を参考に示した。観測値数の多い $\Delta T=20\sim 40$ 分のDurationについて、その分散の大きいことを示す例である。下里は分散が大きいため、 $A, B$ の値は正確に求めにくい。参考までに記すと次の通りである。

	$\Delta T$	2~3	4~5	6~14	20~40 分
A	$\frac{\Delta Z}{\Delta H}, \frac{\Delta D}{\Delta H}$ 図から	1.52	1.21	1.29	0.95
	$\frac{\Delta Z}{\Delta D}, \frac{\Delta H}{\Delta D}$ 図から	1.65	1.23	1.10	0.93
B	$\frac{\Delta Z}{\Delta H}, \frac{\Delta D}{\Delta H}$ 図から	-0.84	-0.20	-0.43	-0.13
	$\frac{\Delta Z}{\Delta D}, \frac{\Delta H}{\Delta D}$ 図から	-0.65	-0.40	-0.35	-0.05

Table 4 The values of coefficient  $A, B$ , vector  $S$  and Parkinson vector at Simosato.

Duration $\Delta T$	A Standard Deviation	B Standard Deviation	Vector $S$		Parkinson Vector		
			$\alpha$	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\alpha_{p0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
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4表にこれらの結果を示した。

下里は現在知られている日本の観測所では、もっともその周期特性が大きい。第一報<sup>(2)</sup>から分るように Duration  $\Delta T=0.6$ 分(周期70秒)で、 $A$ や $B$ は最大値となる。そしてその分散は短周期ほど大きい。全体の値から平均値を求めると

$$A=1.00\pm 0.28, \quad B=-0.20\pm 0.45$$

となる。この分散は他の観測所の数倍に達する程大きい。とくに短周期の大きい値は、 $\Delta H$ と $\Delta Z$ 変化の位相がずれることも大きな原因である。

下里の資料は、周期特性が大きい上に分散も大きいので、他の観測所のように数分以上の長い周期の現象でも $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 又は $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ の値をそのまま利用出来るというわけにゆかない。



Duration 10 分以下の早い変化はもちろんのこと、10 分以上の長周期でも一定の Duration に換算しなければ、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  または  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の値は意味がなく、また月平均値なども比較にならない。ssc については第一報<sup>(2)</sup>で述べたように  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値は ( $A$  に換算しても同じであるが)、ssc の立上りから 10 分以内で急激な減少を示すので、資料の処理が面倒になる。これは  $\Delta H$  と  $\Delta Z$  のベクトルダイアグラムが、柿岡や鹿屋のそれのように直線にならず、大きなループになり、(1) 式が大きな分散でしか成立しないことに外ならぬ。したがって本質的なもので、下里の資料は他の観測所と同じ方法で取扱うことが出来ないこととなる。

### 3.5 鹿 屋

同じ方法で、1958 年と 1960 年の 2 年間の資料で求めた。観測箇所数は  $\Delta T=2\sim 3$  分が 40 ことで他は 50 こないし 60 こである。

柿岡と同じ周期特性を有しており、Duration 8 分くらいから短周期は急激に小さくなり、10 分より長い周期では一定値となる。柿岡と同じく Duration が 10 分のとき  $A$  の値は最大値となり、 $A=0.532$  および  $B=0.08$  である。

Table 5 The values of the coefficient  $A$ ,  $B$ , vector  $S$  and Parkinson vector at Kanoya.

Duration $\Delta T$	$A$ Standard Deviation	$B$ Standard Deviation	Vector $S$		Parkinson Vector		
			$\alpha$	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\alpha_{j0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
minute 2~3	$0.38 \pm 0.060$	$0.03 \pm 0.100$	N 5° E	0.38	S 5° W	0.36	21°
4~5	$0.46 \pm 0.038$	$0.09 \pm 0.082$	N 11° E	0.47	S 11° W	0.43	25°
6~14	$0.49 \pm 0.041$	$0.07 \pm 0.085$	N 8° E	0.50	S 8° W	0.45	27°
20~40	$0.49 \pm 0.044$	$0.18 \pm 0.090$	N 20° E	0.52	S 20° W	0.46	28°

分散は第一報<sup>(2)</sup>でも述べたが、 $A \cdot B$  ともに短周期ほど大きくなる。平均して次の値になる。

$$A=0.51 \pm 0.045, \quad B=0.10 \pm 0.090$$

Duration が 1 分以下の pi 2 (pt), pc 3 (pc) については第一報<sup>(2)</sup>で述べてあるが、 $A$  が 0.2 以下の小さいものになり、 $B$  も小さくなるが、pc 3 では  $B$  だけが大きくなり、 $\alpha$  は Duration 8 秒で N102° E, 15 秒で N87° E となり、他の観測所と異ってベクトル  $S$  の方向の変化が大きい。

### 3.6 ま と め

女満別・柿岡・鹿野山・下里・鹿屋の 5 つの観測所は (1) 式の示す係数  $A \cdot B$  の周期特性やその分散には共通性が少ない。柿岡・鹿野山・鹿屋はやや類似しているに過ぎぬ。

第 7 a~d 図はベクトル  $S$  の大きさ  $\sqrt{A^2+B^2} \cdot A \cdot B$  および角度  $\alpha$  を示した。これらの図は第一表より 5 表までの資料の外に第一報<sup>(2)</sup>で求めた値や、鹿野山について求めた第 5

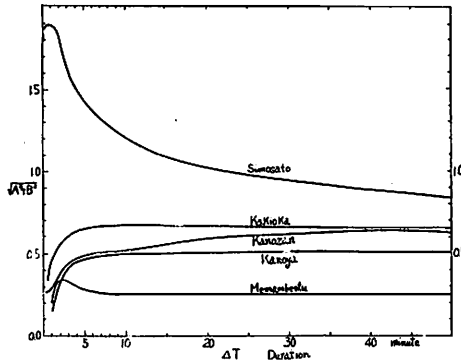


Fig. 7a The change of  $\sqrt{A^2+B^2}$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory.

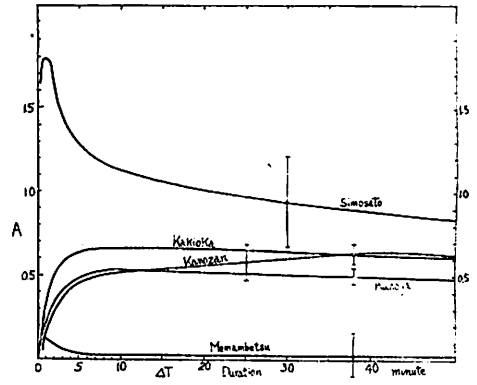


Fig. 7b The change of  $A$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory.

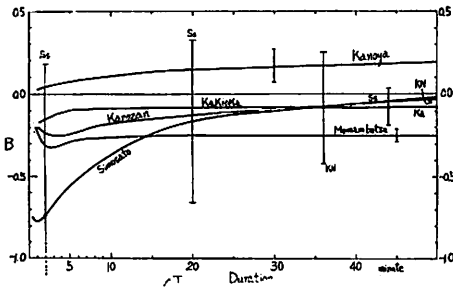


Fig. 7c The change of  $B$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory.

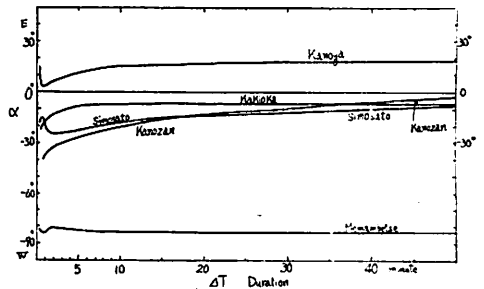


Fig. 7d The change of  $\alpha \left( \tan^{-1} \frac{B}{A} \right)$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory.

図のように Duration を細く分けて計算した  $A$  や  $B$  の値などを用いて作った。ベクトル  $S$  の大きさ  $\sqrt{A^2+B^2}$  は次のような特性になる。女満別・柿岡・鹿屋については Duration 6~8 分以上の長い周期の変化では一定と考えてよい。しかし鹿野山は長い周期になっても大きくなり、下里は小さくなる。Duration が3分以下の短い周期では複雑である。

係数  $A$  は女満別以外は  $\sqrt{A^2+B^2}$  と同じ周期特性を有する。女満別は Duration が5分以下の短い周期で少し大きくなるが、長い周期の所では一定となる。係数  $A$  の分散は鹿屋がもっとも小さく  $\pm 0.045$  で、下里はもっとも大きく  $\pm 0.28$  である。女満別以外では  $A$  は  $B$  に比べてはるかに大きいので、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  はこの  $A$  の特性と同じと考えてよい。下里の記録から得られる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値は周期特性が大きいので、その補正をする必要はもろろあるが、たとえ Duration を一定にした  $A$  の値であっても、分散がきわめて大きいことを考慮して、資料の取扱いをせねばならない。鹿野山についても同じことがいえる。

いずれの観測所でも、ssc:si のように周期の早い変化は周期特性が大きいから、十分気を

つけて資料を取扱わねばならない。

係数  $B$  は女満別と柿岡は Duration が5分以上になると一定と考えられるが、その他の3つの観測所ではいずれも周期が長くなると共に増加する。分散は女満別以外の観測所ではすべて、 $A$ の分散の2倍の大きさである。第一報<sup>(2)</sup>では資料不足で若干誤った報告がなされているので、ここで訂正したい。

係数  $B$  も短い周期になると、複雑で特性も大きく変るので、係数  $A$  以上に取扱いに注意が必要である。

ベクトルの方向を表わす  $\tan^{-1}\frac{B}{A}$  の値  $\alpha$  は、長い周期では変わらないが、鹿野山だけは大きく変る。そしていずれの観測所でも、Duration が3分以下の短い周期では大きく変る。鹿屋の例では  $90^\circ$  以上も変る。

以上は Duration が2分以上のものについて述べたが、第一報<sup>(2)</sup>の資料から第7図と同じものを作り、短い周期での特性を明らかにするため第8a~d 図を示してまとめた。見易くするため片対数目盛にした。

Duration が2分より短い部分について述べる。ベクトル  $S$  の大きさ  $\sqrt{A^2+B^2}$  の周期特性は各観測所とも複雑であり、女満別や下里は大きくなり、その他の3観測所は小さくなっている。

係数  $A$  は  $\sqrt{A^2+B^2}$  の周期特性と同じ形をしているが、鹿屋では Duration 5~10 秒 (周期 10~20 秒) の  $pc\ 3$  ( $pc$ ) の値が負になるのが目立つ。いずれの観測所でも短い周期になると  $A$  は小さくなる。

係数  $B$  は複雑な周期特性を有し、Duration 1 分あたりで極値になるものが多い。これらはさらに詳しく調べればもっと複雑になると思われる。 $A$  に比較して  $B$  の周期特性が大きく変るので、とくに  $ssc$  より早い変化  $pi\ 2$  ( $pt$ ) や  $pc\ 3$  ( $pc$ ) については十分な注意が必要である。

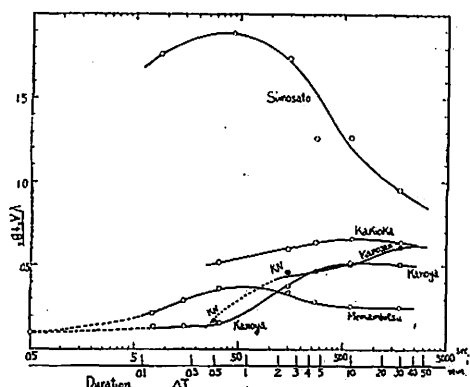


Fig. 8a The change of  $\sqrt{A^2+B^2}$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).

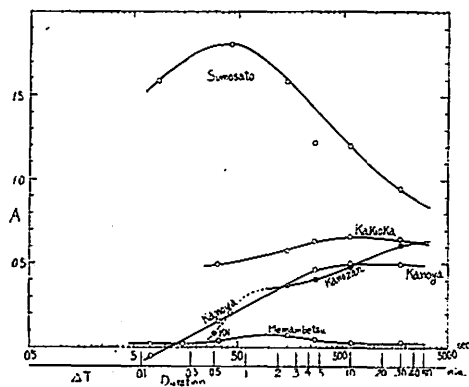


Fig. 8b The change of  $A$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).

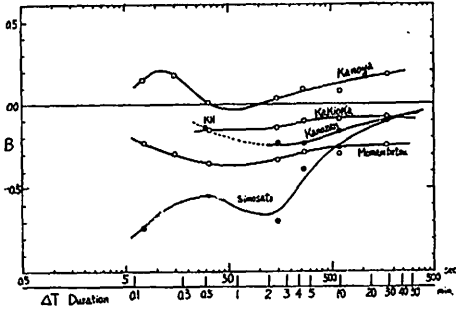


Fig. 8c The change of  $B$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).

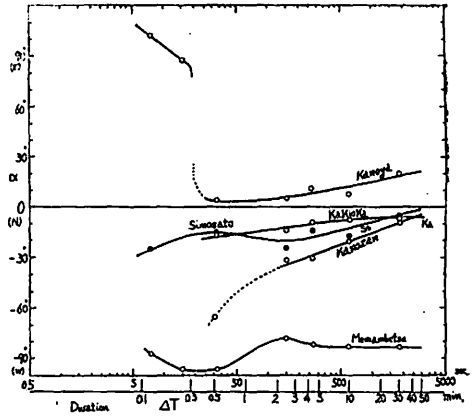


Fig. 8d The change of  $\alpha \left( \tan^{-1} \frac{B}{A} \right)$  of vector  $S$  due to the duration of variation concerned at each observatory (semi-log scale).

ベクトルの方向を表わす  $\alpha$  の値は、各観測所とも独自の変化をしていて、変化量も少くない。第一報<sup>(2)</sup>でも述べたが、鹿屋の  $pc$  についてはとくに目立つ。女満別の  $B$  の分散も小さいので  $\alpha$  の分散は小さい。その他の観測所では  $B$  の分散は大きいので、 $\alpha$  の分散も大きい。下里は  $\alpha$  の標準偏差は  $\pm 25^\circ \sim 30^\circ$  に達する。鹿野山は  $\pm 25^\circ$  でやはり大きい。

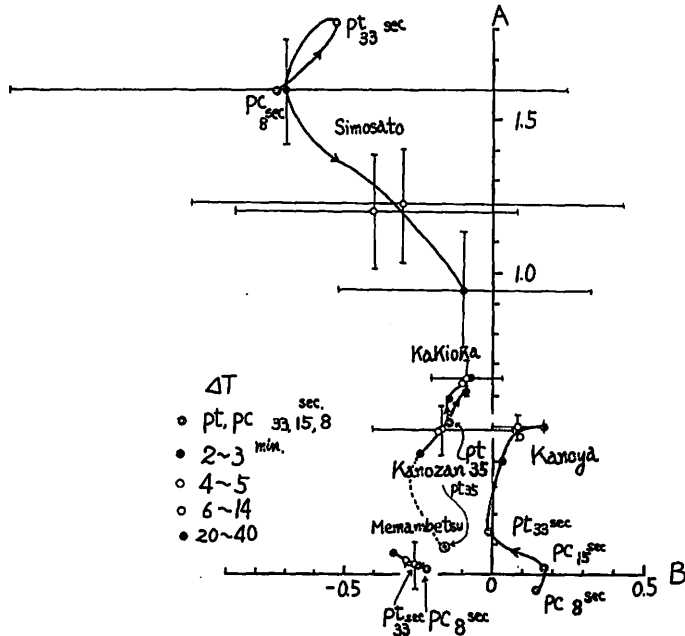


Fig. 9 The diagram of vector  $S$  at each observatory.

柿岡・鹿屋は  $\pm 10^\circ$  で小さく、女満別は  $\pm 15^\circ$  でやや小さい。それらは主に女満別では  $A$  の分散、ほかでは  $B$  の分散によって起こる。

鹿屋は日本の臨時観測所も含めて、もっとも  $A$  や  $B$  の分散の小さい所であり、下里はもっとも大きい所である。したがって鹿屋の資料から得られる程度の分散よりこまかいことを議論するのは危険である。

第9図はベクトル  $S$  のダイアグラムを  $A \cdot B$  軸にして示した。これから柿岡・鹿野山・鹿屋はほぼ似た形をしているが、下里は非常に大きなループになるダイアグラムを示した。女満別のダイアグラムは一点に集中している。pc から湾形変化のような各周期について一直線上にある。鹿屋ではS字形の変化をし、pc から ssc までの変化が大きい。柿岡・鹿野山はほぼ同じ形で単純に一方向に変化している。

これらのベクトルダイアグラムには共通性がなく、各観測所により特性が異なる。ただ女満別以外の4つの観測所の長い周期のものは  $A=0.7, B=0.1$  の点に集るように思われる。これは長周期現象に対しては“Central Japan anomaly”がなくなることと同一意味である。そしてこの  $A=0.7, B=0.1$  の値は日本の平均値なのであるまいか。さらに多くの臨時観測所の資料が集れば、興味ある結果が得られるであろう。

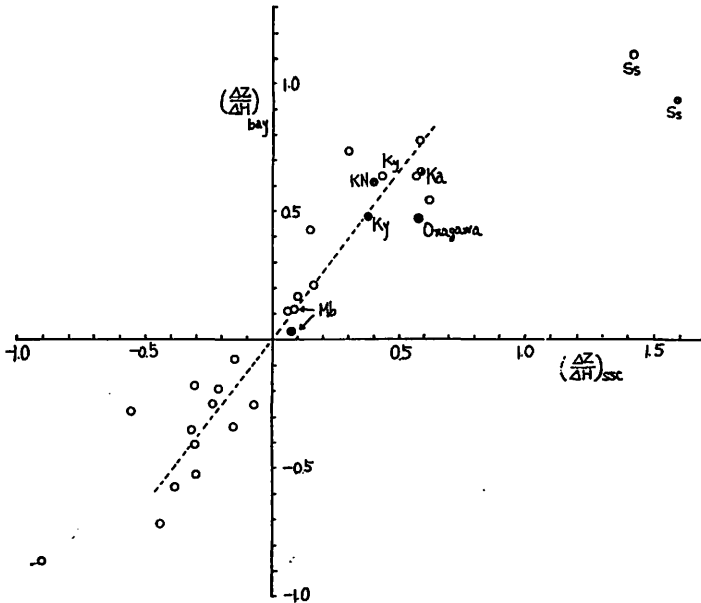


Fig. 10 The correlation between  $(\frac{\Delta Z}{\Delta H})_{sc}$  and  $(\frac{\Delta Z}{\Delta H})_{bay}$  in world wide observatories (after R. Maeda, T. Rikitake and T. Nagata).

前田・力武・永田<sup>(9)</sup>は世界の観測所の資料から湾形変化と ssc の二つの現象についての  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の比較から、両者にはほぼ比例関係があると述べている。第10図は彼等の求めたものである。●印は著者らの求めた値を記入したもので下里が異常に離れており、女川(On)も

偏倚が大きい。この係数は  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{bay} / \left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{SSC} = 1.35$  である。この関係から大体の観測所は柿岡と同じ形の周期特性であろうと推定されるが、それぞれの観測所についてはさらに詳しく調査してみる必要がある。

以上のように (1) 式の係数  $A \cdot B$ ,  $\sqrt{A^2+B^2}$ ,  $\alpha$  などは各観測所固有の周期特性を有しており、とくに短周期においてはきわめて複雑である。しかし Duration が 10 分以上の長い周期の湾型変化については周期特性はそれ程考えなくてもよい。したがって  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  と地震との関係<sup>(6)</sup>を論ずる場合もそのような現象についての資料ならば、問題は少ない。しかしそれらの分散は各観測所により異なるからそれを十分考慮しないと危険であることはいうまでもない。

4. 日本の固定観測所の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta D} \cdot \text{Duration}$  の日変化

B の値が A に比して小さい所では、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は A にほとんど等しいので  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を用いて地磁気異常の研究をすることが多いし、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  についても同じく取扱われることがある。(1)

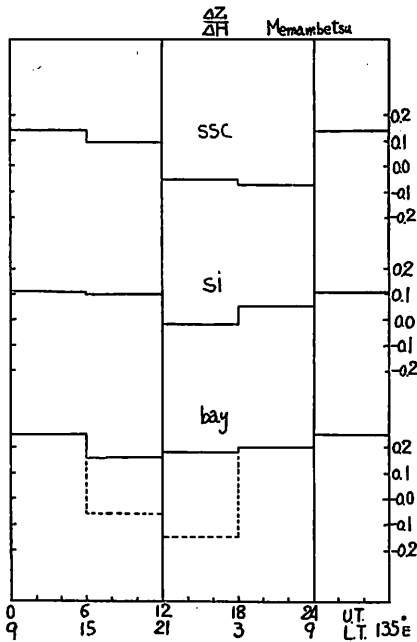


Fig. 11a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Memambetsu (after T. Kurihara and others).

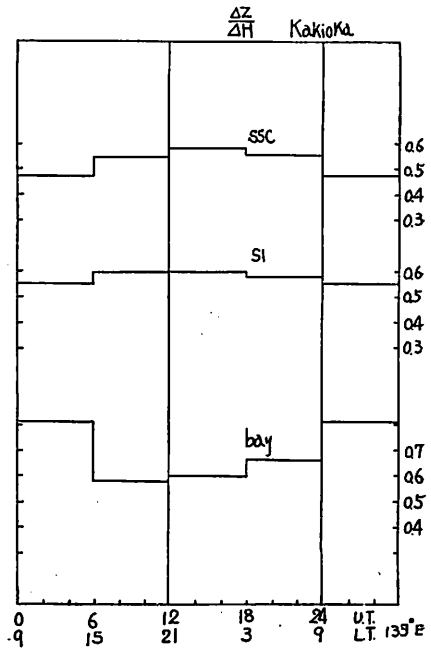


Fig. 11b The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Kakioka (after T. Kurihara and others).

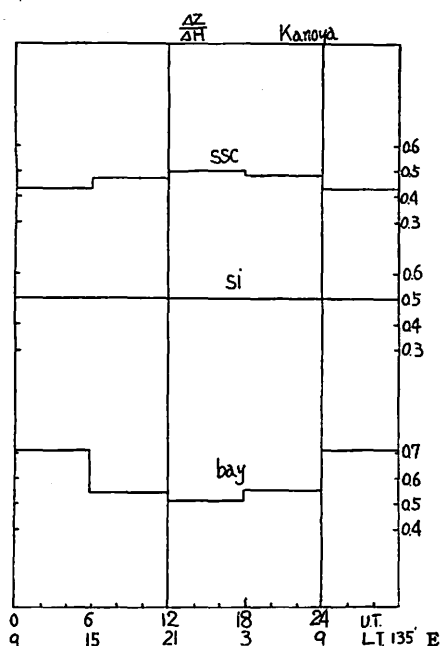


Fig. 11c The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Kanoya (after T. Kurihara and others).

その変化量はそれぞれ  $0.11 \cdot 0.06 \cdot 0.20$  である。si についてもほぼ同じ形となるが、鹿屋は日変化がなく、それらの日変化量は女満別・柿岡・鹿屋でそれぞれ  $0.13 \cdot 0.05 \cdot 0.00$  である。湾型変化については3観測所とも日中大きくなっている。そして女満別では夕方から夜間にかけて、2つの値に分離した値が表われている。その日変化の変化量は女満別・柿岡・鹿屋についてそれぞれ  $0.09 (0.40) \cdot 0.24 \cdot 0.20$  である。日中の湾型変化は資料も少いのので分散は大きい。

これらの日変化量はかなり大きいもので、単に  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を用いてその観測所の値とするのは危険になってくる。

前田ら<sup>(9)</sup>は柿岡の ssc について  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の地方時に対する日変化は無視しうるほど小さいと述べている。彼等の研究対称についてはたしかにそうであるが、彼等の示した図(彼等の論文で第14図は世界時で示してあると思う)から、著者が第一報<sup>(2)</sup>で述べたと同じ様に135°日本標準時間で9時~12時の間が他の時刻のものより0.15くらい小さいことが分る。

いづれにしても  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値が日変化することは確かであり、これらは  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  による補正と周期特性を考慮に入れて、2つの補正をすることにより日変化はなくなる筈である。すなわち Duration  $\Delta T$  を一定値に換算した A や B の値は日変化しない。

ここでは  $\Delta T=10$  分のときの値に換算した。これは柿岡や鹿屋がこの付近で A が最大値

式の係数  $A \cdot B$  が日変化するとは考えられないが、 $\frac{\Delta D}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta D}$  や Duration に対する周期特性のために  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  は見掛上の日変化をする。これについて女満別・柿岡・下里・鹿屋の4つの固定観測所の資料について検討した。

従来  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は全く考慮されていなかった。著者らは第一報<sup>(2)</sup>で柿岡の ssc の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が日変化することを指適して資料の取扱いの注意を喚起しておいた。

大島・来栖<sup>(10)</sup>は  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が日変化することを指適している。第11図は、その基礎資料になった栗原らの求めた1957~1958年のIGY期間における現象報告資料<sup>(11)</sup>から得られた女満別・柿岡・鹿屋における ssc・si・bay の3つの現象について、地方時および世界時に対する日変化を示したものである。この図は資料が少ないため6時間毎の平均値で示してある。

彼等によると ssc については柿岡・鹿屋は日中小さく夜間大きく、女満別は逆になり、そ

になるのと、多くの現象については  $\Delta T$  の全平均値がほぼこれに近い値であるからである。

女満別は主として利用される  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の値について、他の観測所については  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化について述べてみる。また  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  などの補正をするときは、 $B$  の値の周期特性も考慮してある。それらの値はいずれも第3節で求めたものを利用した。

4.1 女 満 別

1958 年から 1960 年までの3年間の資料<sup>(11)(12)</sup>について、 $ssc \cdot si \cdot bay$  の3つについて、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D} \cdot \text{Duration} \Delta T \cdot \frac{\Delta H}{\Delta D}$  の日変化を統計し第 12 a~c 図に示した。

毎時間の平均値は、 $ssc$  では数こから 10 この平均できわめて少なく、2~3 この所もいくつかある。 $si$  では若干多くなり、もっとも少い所で 3~4 こ多い所は 10 こ以上ある。湾型変化では夜間に集中し易く、多い所は 30 こあるが、日中は少く 1~2 こしかない。このような値は○印などで示した。

$\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化は W 型の 2 つの極大値をもつ。極大時刻は日本標準時(東経 135°)で 3 時、15 時である。なお女満別の地方時は日本標準時より 37 分早い。日変化の振幅は  $ssc \cdot si \cdot bay$  についてそれぞれ 0.09・0.07・0.06 である。普通  $ssc$  や  $si$  の発現頻度はそれほど

日変化しないが、 $bay$  は地方時で 22~24 時に集中し易い。これらを考えに入れて  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の資料を取扱わないと、細かな議論をするときには危険性が起こる。 $ssc$  は零線を引くのに問題が少ないので、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の信頼度がよく読み取れるが、日変化は少くないのでとくに注意が必要である。

$\text{Duration}$  の日変化は、 $ssc$  について水平分力 ( $H$ ) と偏角 ( $D$ ) に分け、 $si$  については水平分力の値だけを示した。 $\text{Duration}$  の日変化は二三の人達により統計され、すでに知られているように日中とくに早朝小さな値となる。著者らの統計結果は水平分力については第 12 b 図の示すように、 $ssc$  では 1.1 分から 3.7 分の日変化、 $si$  では 2.6 分から 5.0 分の日変化をする。 $ssc$  の偏角でははっきりした日変化を示していないが、日中長く夜間は短い傾向がある。全体として水平分力より値が小さい。この両者の差異は地磁気異常の解析とは別な意味で研究し

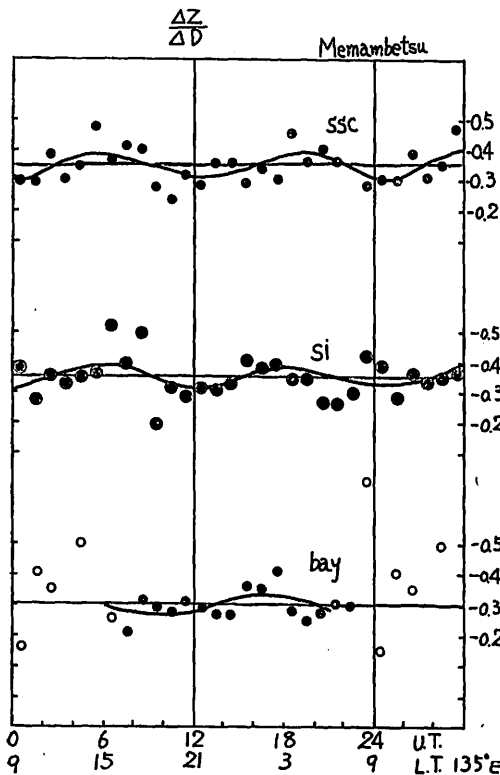


Fig. 12a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  at Memambetsu.



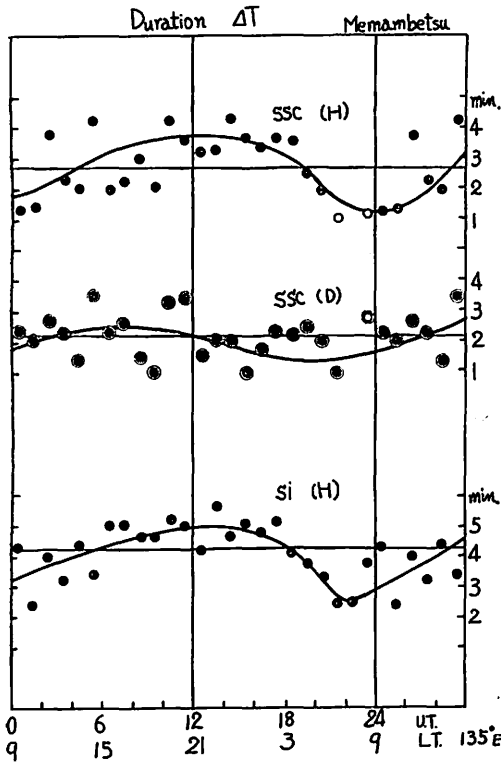


Fig. 12b The diurnal variation of duration at Memambetsu.

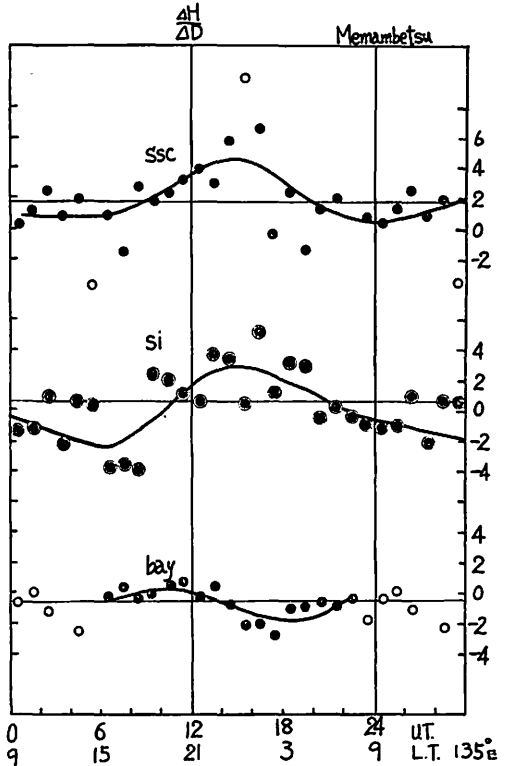


Fig. 12c The diurnal variation of  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  at Memambetsu.

てみるのも興味があろう。

$\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の日変化は DS 磁場から求められるものに近いが、ここでは偏角の小さい現象について、 $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の値が大きくなるので除外されているので、若干異っている。ssc と si では日中小さく夜間大きく、振幅はそれぞれ 4・5 である。bay は地方時 19 時に最大、4 時に最小となり、振幅は 2 である。

ssc について、 $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の日変化のために起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化、Duration の日変化のために起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化を求めてみると、第 13a 図の上より第 1・2 番目の曲線になる。この日変化量は  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  および Duration に対してそれぞれ 0.03・0.04 である。これらを加えたのが第 3 番目の曲線で、日変化の振幅は 0.04 となる。●印は観測値を示している。第 4 番目はそれぞれの観測値に対して Duration  $\Delta T=10$  分、 $\frac{\Delta H}{\Delta D}=0$  のときに換算した。それについて平滑曲線を求めると日変化はきわめて小さくなる。地方時 3 時・15 時に最大が表われる傾向はまだ残っているが、振幅は 0.03 程度できわめて小さく誤差と考えてよい。

第 13a 図の第 3 番目の曲線は  $\Delta T$ 、 $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の平均曲線に対して補正したもので、少なくとも

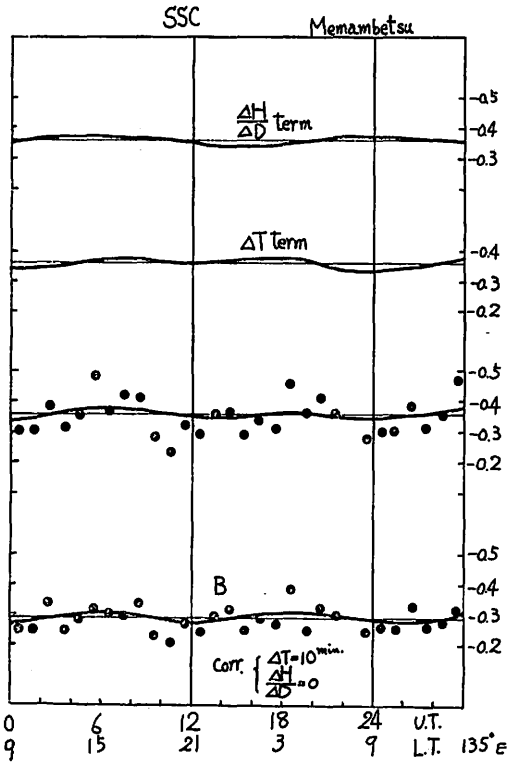


Fig. 13a The diurnal variation of  $\frac{AZ}{AD}$  due to the change of  $\frac{\Delta H}{AD}$  and duration, and corrected curve (B,  $\Delta T=10$  minutes) for ssc at Memambetsu.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta H}{AD}$ .  
 The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).  
 The third column; the term due to both  $\frac{\Delta H}{AD}$  and  $\Delta T$ .  
 The fourth column; the corrected value of  $\frac{AZ}{AD}$  (B,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta H}{AD}$  and duration together with its smooth curve.

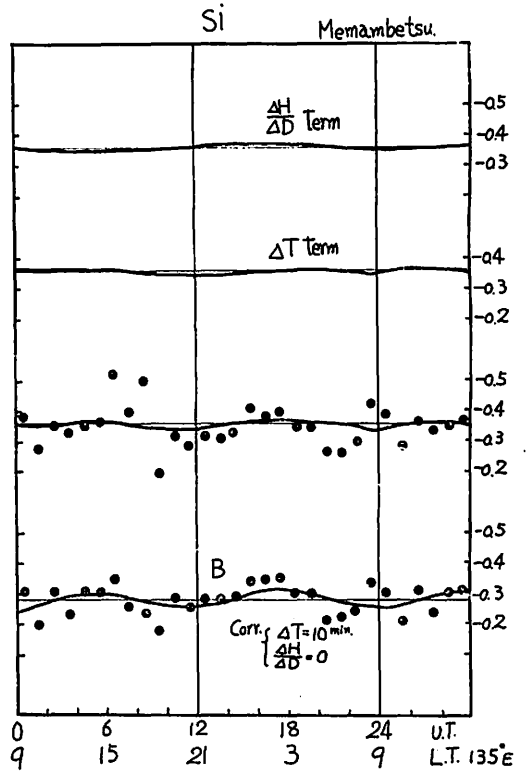


Fig. 13b The diurnal variation of  $\frac{AZ}{AD}$  due to the change of  $\frac{\Delta H}{AD}$  and duration, and corrected curve (B,  $\Delta T=10$  minutes) for si at Memambetsu.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta H}{AD}$ .  
 The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).  
 The third column; the term due to both  $\frac{\Delta H}{AD}$  and  $\Delta T$ .  
 The fourth column; the corrected value of  $\frac{AZ}{AD}$  (B,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta H}{AD}$  and duration together with its smooth curve.

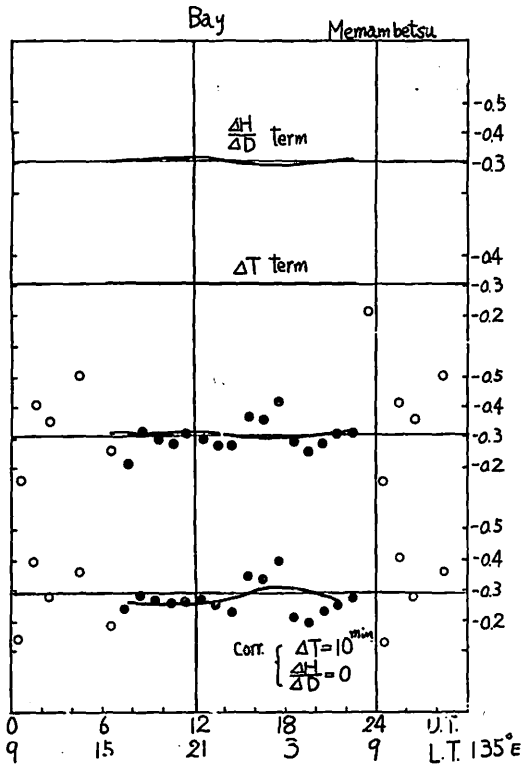


Fig. 13c The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  due to change of  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  and duration, and corrected curve ( $B$ ,  $\Delta T=10$  minutes) for bay at Memambetsu.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  ( $B$ ,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  and duration together with its smooth curve.

になる。それぞれの観測値を  $\frac{\Delta H}{\Delta D} = 0$ ,  $\Delta T=10$  分に換算した値でも、若干の日変化があるように思われる。その振幅は 0.05 程度であるが、si と同じように分散より少し上回るの

も平均的に、この程度の日変化は起り得ることを示す。女満別ではこの期待される日変化量 0.04 の 2 倍の 0.09 の日変化が起っている。しかし 0.04 程度のものは第 3 節で述べたように  $B$  の分散が  $\pm 0.040$  であるから、観測箇数の少いために起こるもので問題にする必要がない。

si についても同じ方法で第 13b 図を求めた。si については  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  および  $\Delta T$  の日変化によりそれぞれ 0.02 の日変化が起り、合計されて  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化は 0.04 の振幅となる。第 13b 図は第 13a 図と同じく、第 1 番目が  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の平均日変化のためによる  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化、第 2 番目は  $\Delta T$  による量を示し、第 3 番目はその合計を、●印は観測値を示している。第 4 番目はそれぞれの観測値に対して  $\frac{\Delta H}{\Delta D} = 0$ , Duration  $\Delta T=10$  分に換算した値と平滑曲線を示した。

si について  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化は 0.07 の振幅をもっているが、 $\frac{\Delta H}{\Delta D} \cdot \Delta T$  の日変化から期待されるものは 0.04 であるが、第 13b 図のように補正しても振幅量 0.05 の日変化が残る。これは分散を少し上回るもので、補正項の不完全さからくるものと推定される。

bay についても同じ方法で第 13c 図を求めた。 $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  および  $\Delta T$  の日変化によりそれぞれ 0.04, 0.00 の日変化が期待される。周期特性はないから合計されたものは  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  によるものと同じ

で、補正項の不完全さかも知れない。

このように女満別の  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  はかなりの日変化をしているが、それらは補正することにより、それぞれの観測値の分散程度まで小さくしうるし、観測箇数をふやせば、日変化はなくなるものと考えられる。すなわち本質的に係数  $B$  は日変化はしない。

平均的に求めた  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の値と  $\frac{\Delta H}{\Delta D}=0 \cdot \Delta T=10$  分に換算したときの  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の値すなわち  $B$  とを比較してみると第6表のようになる。

Table 6 The values of  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  and  $B$  at Memambetsu.

	Period	Number	$\frac{\Delta Z}{\Delta D}$	$B$ at $\Delta T=10$ min.
ssc	1958—60	108	0.356	0.283
si	1958—60	168	0.349	0.283
bay	1958—60	210	0.301	0.285

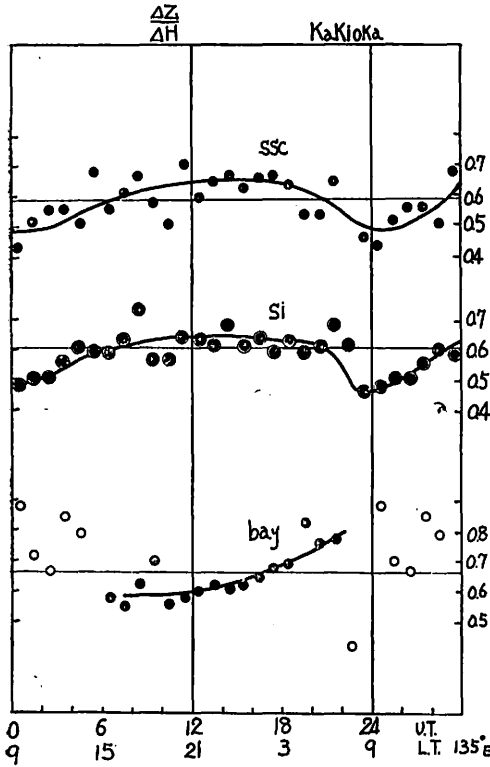


Fig. 14a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Kakioka.

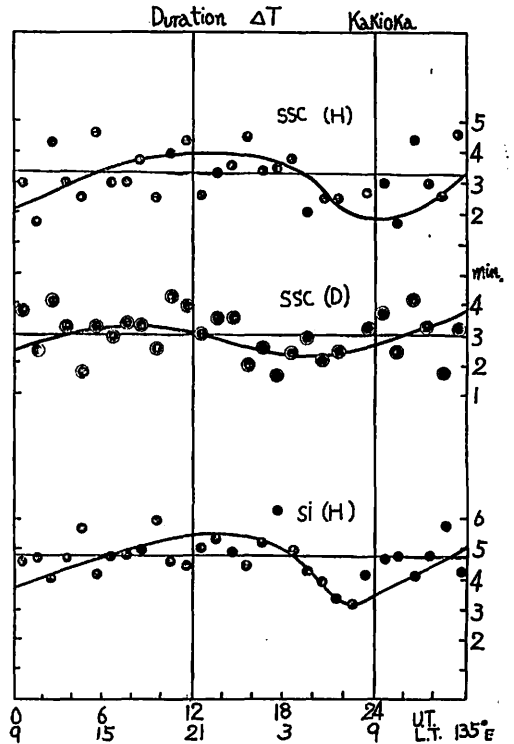


Fig. 14b The diurnal variation of the duration at Kakioka.

周期の異なる現象から  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  を求めると、それぞれの特性の差から値は違ってくるが、換算された一定の周期のときの値はいずれの現象も同じ値となる。したがってこの値を用いれば、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  そのままの値では論じられなかった詳しい議論も出来るようになる。

4.2 柿岡

1958年から1960年までの3年間の資料<sup>(11)(12)</sup>について、ssc・si・bayの3つについて、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \text{Duration} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化を統計して第14a~c図に示した。柿岡の地方時は日本標準時より21分早い。

毎時間の値は女満別に比べて少し多いが、やはり平均値を求めるのには観測値はまだ不足である。

$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は ssc や si については日中小さく夜間大きい。とくに朝急激に小さくなる。地方時9時に極小値になる。その日変化の振幅は ssc・si は、それぞれ 0.17・0.18 できわめて大きい。bay については地方時18時に極小、6時に極大になる。日中は確かでないが、一般に大きい値が多い。そして日変化の振幅は 0.20 に達する。bay の発現頻度は地方時22~24時に集中し易いので全体の平均は一般に小さくなり易い。

Duration の日変化は女満別と同じである。統計された現象は女満別と同一のものであるにもかかわらず、すべて値は大きい。平均して水平分力では 0.5 分、偏角では 0.8 分も長い。これは鹿屋になるとさらに長くなっていく。そして日変化の振幅は南になるほど小さい傾向にある。ssc については日変化は水平分力が 1.8 分から 4.0 分、偏角が 2.2 分から 3.4 分、si については水平分力が 3.2 分から 5.4 分の日変化をする。

$\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化は第14c図の示すようにきわめて明りょうである。ssc や si については W 型の日変化で地方時で 8 時、20 時に最大値を持ち、振幅はそれぞれ 0.8 に達する。とくに早朝の大きな値になることは注目を要する。bay については、地方時 20 時で極大、8 時で極小となり、振幅はきわめて大きく 1.5 である。

ssc について  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  や Duration の日変化のために起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化やその補正につ

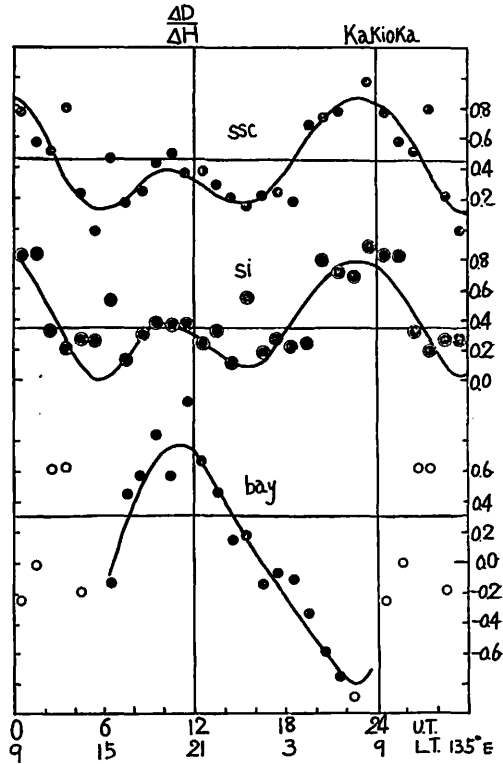


Fig. 14c The diurnal variation of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kakioka.

いて述べる。第 15 a 図は第一番目の曲線が  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の平均曲線から求めた  $B \frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値で、第二番目のものは Duration の日変化から起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化である。その変化量はそれ

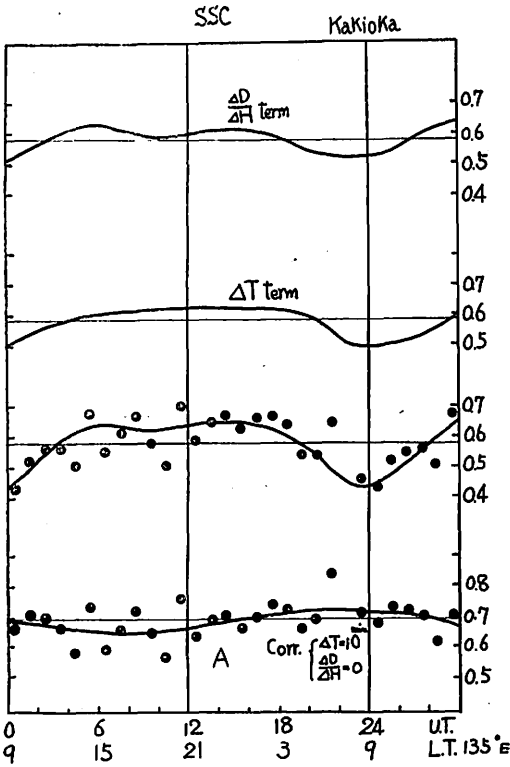


Fig. 15a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for ssc at Kakioka.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

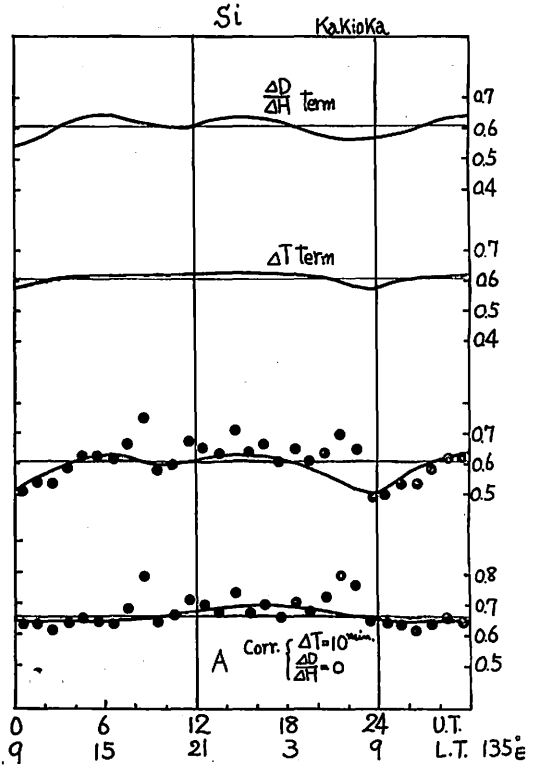


Fig. 15b The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for si at Kakioka.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

ぞれ 0.11, 0.13 である。これを合計したものが第三番目の曲線で、観測値とよく一致しており、その日変化量は 0.21 になる。第 14 a 図からは 0.17 の振幅が得られており、若干オーバーコレクションの気味ではあるが、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  と  $\Delta T$  の補正が組合せられて、朝の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の減少をよく説明する。第四番目のものは、それぞれの観測値について Duration  $\Delta T=10$  分、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$  に換算した  $A$  の値の日変化を示した。平滑曲線によると 0.06 の日変化があるが、これは周期特性によるオーバーコレクションと考えられる。しかし分散から考えて日変化は消去されているとみてもよい。

si については第 15 b 図に示した。 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\Delta T$  の日変化のために、日変化量はそれぞれ 0.08・0.05 であり、その合計は 0.13 となり、観測値にほぼ近い形となる。第 15 b 図の第 4 番目の曲線の換算された  $A$  は、日変化量は 0.06 で小さく、分散から考えて日変化はない。

bay については、周期特性からくる日変化はなく、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化からのみくるものを考えればよい。この量は第 15 c 図の示すように、日変化量は 0.12 に達する。補正されたものは日変化は完全に消去されている。

このように柿岡の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値は、はっきりした日変化を示しているが、一定値に換算された  $A$  の値にすると誤差の範囲で一定となり日変化はなくなる。ssc や si の早朝における  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  はもちろん、bay の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  についてもこの日変化を考慮しないと、細かい議論は出来ない。

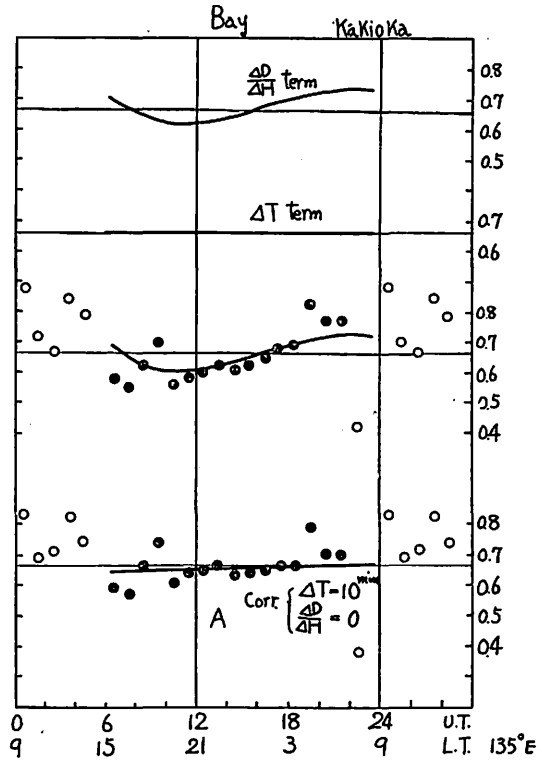


Fig. 15c The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve ( $A$ ,  $\Delta T=10$  minutes) for bay at Kakioka.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  ( $A$ ,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

bay の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  についてもこの日変化を考慮しないと、細かい議論は出来ない。

平均した  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値と  $\frac{\Delta D}{\Delta H} = 0 \cdot \Delta T = 10$  分に換算された  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  すなわち  $A$  の値とを比較すると第7表のようになる。

Table 7 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

すなわち周期の異なる現象から  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を求めるとかなりの差が出るが、係数  $A$  にし且つ一定の Duration に換算すれば一定値となる。この表では ssc が若干大きい値になっているが、これは周期特性のオーバーコレクションと考えられる。

参考までに Duration についてももう少し述べてみたい。横内<sup>(12)</sup>は 1924 年から 1951 年までの 28 年間の 398 の ssc の Duration

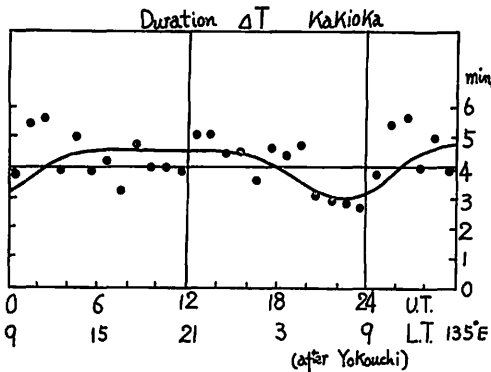


Fig. 16 The diurnal variation of the duration for ssc at Kakioka (1924—1951) (after Y. Yokouchi).

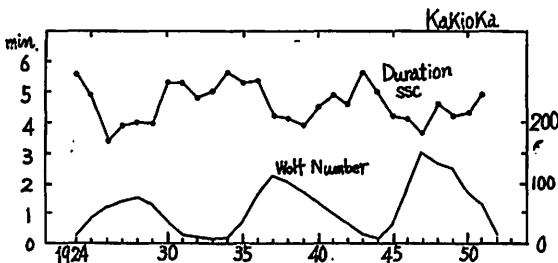


Fig. 17 The secular variation of the duration for ssc and Wolf's number at Kakioka (1924—1951).

について、水平分力の Duration の日変化を統計した。この結果を第 16 図に示した。これと第 14 b 図を比較すると日変化の形は若干異なるがほぼ同じ形である。しかし平均値および振幅は著者の値 3.2 分、2.2 分に対して、横内の求めたものは 4.2 分、1.5 分で非常に差が大きい。これは嵐の種類に関係するかも知れないが、それよりは Duration 自身の経年変化によるものである。

著者らは横内の求めた磁気嵐一覧表<sup>(13)</sup>から 1924 年より 1951 年までの ssc の Duration の年平均値を求めた。これを黒点相対数オルフ数と共にプロットしたのが、第 17 図である。一見して分るように太陽活動の極小期は Duration が約 5.5 分であるが、極大期は 3.8~3.5 分になる。したがって 1958~1960 年のようにオル



フ数 200~110 のように大きい時はきわめて小さい値となる。故に極大期のときの  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は大きくなり、極小期では極大期の約半分の振幅になると推定される。これらのことも  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の経年変化を取扱うようなときには十分考慮して、見掛上の変化を見誤らないようにせねばならない。

4.3 下 里

1958 年から 1960 年までの資料について ssc·si·bay の 3 つについて、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \text{Duration} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化を統計して第 18a~c 図に示した。下里の資料は柿岡・女満別・鹿屋と違い、採用した現象が少し異ったのがある。これは下里の係数  $A \cdot B$  の分散が大きいため、観測箇所を増すため、普通は採用しない si や bay についてまで読取りしたためである。そのため Duration に関してかなりの差異が表われている。下里の地方時は日本標準時より 4 分早い。

毎時間の数は ssc は柿岡とほぼ同じであるが、si や bay はその 2 倍の量であり、信頼度は少し高い。

ssc の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は、柿岡と全く逆で、地方時 9 時の朝において極大値に達し、夜間

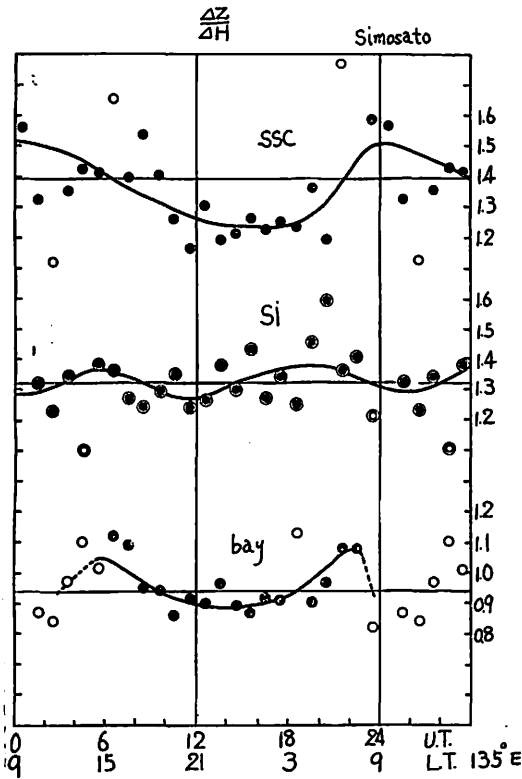


Fig. 18a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Simosato.

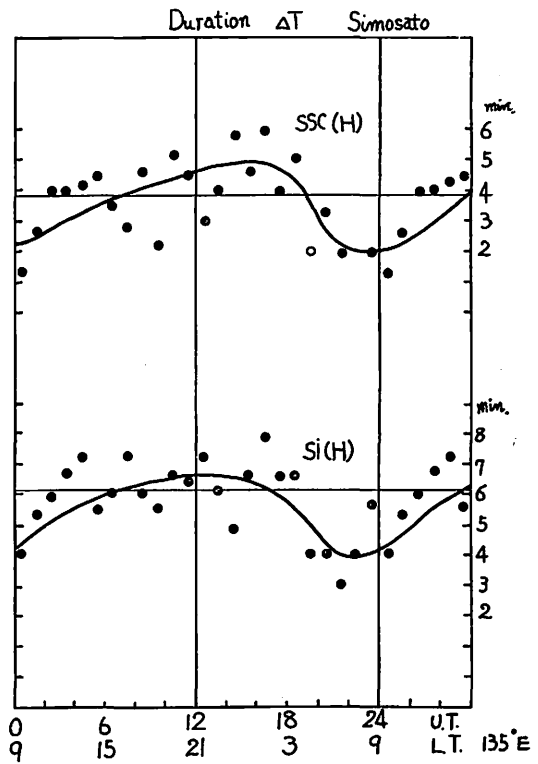


Fig. 18b The diurnal variation of the duration at Simosato.

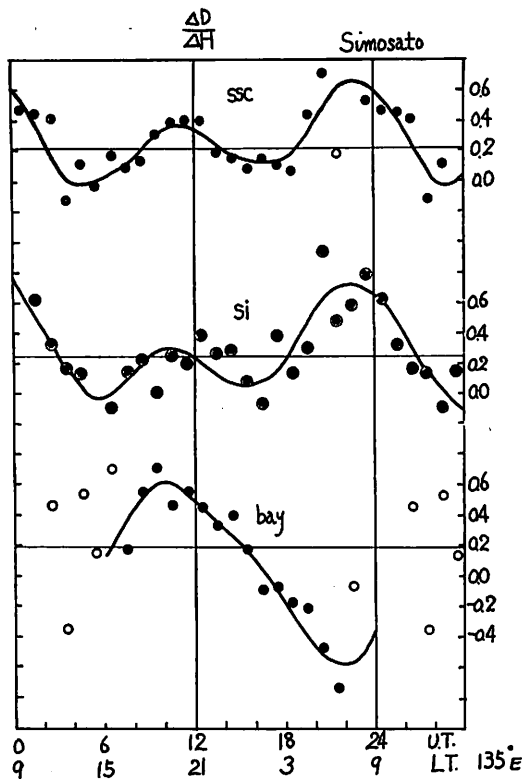


Fig. 18c The diurnal variation of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Simosato.

$\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化は第 18c 図の示す通りで、柿岡と同じである。ただ *ssc* の値について絶対値がずれているのは、偏角変化計の感度が悪いため  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値に零が出易いためと思われる。最大日変化量は *ssc*・*si*・*bay* についてそれぞれ 0.7・0.8・1.3 である。

$\frac{\Delta D}{\Delta H}$  や Duration のために起こる日変化について述べる。第 19a 図は第 15a 図と同じものを表わしている。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化は Duration により *B* が変ることも考慮に入れて求めたものである。その日変化量は 0.23 に達する。Duration の日変化により起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化もきわめて大きく、朝において著るしい変化をする。この日変化量は 0.40 に達する。2つを合計すると打消す方向となり、日変化量は小さくなり 0.25 となる。この第 19a 図の第 3 番目の曲線は実測から得られたものと同じである。さらにそれぞれの観測値に補正して  $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$ ,  $\Delta T=10$  分の *A* の値に換算すると、日変化はなくなる。図に示した 0.07 程度の日変化は観測値の分散と考えるとよい。

*si* については第 19b 図に示した。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  や Duration による日変化量は 0.23・0.15 で、

は小さく、その日変化量は 0.27 に達する。*si* の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は W 型で、地方時 3 時・15 時に極大値になり、その日変化量は 0.11 で *ssc* にくらべてかなり小さい。*bay* については夜間小さく夕方や朝において大きくなり、日中は柿岡のように大きくはならない。日変化の振幅は 0.18 でやはり大きい。いずれの現象についても日変化は大きく、係数 *A*・*B* の分散の大きいことも考え合せると、下里の資料の取扱いには問題が多い。

Duration は第 18b 図に示してあるように、水平分力についてのみ求めている。柿岡に比べて日変化が少し大きい。*ssc* については 2.0 分から 4.8 分、*si* については 4.0 分から 6.5 分と少し日変化量が大きい。これは採用した現象の違いによるものか、本質的なものかよく分らない。しかし採用した現象自身にはそれ程の差はないから、この日変化量の大きいのは、下里特有のものかも知れない。今後さらに調査してみると、興味ある結果が得られるであろう。

ssc に比べると半分の量であり、合計されたものは 0.12 となり、実測と一致する。それぞれの観測値について  $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$ ,  $\Delta T=10$  分に換算した A の値については日変化はなくなっている。

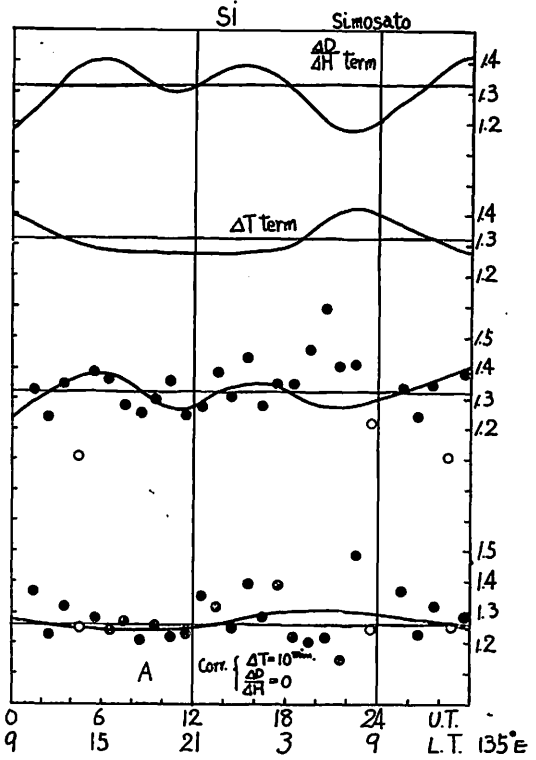
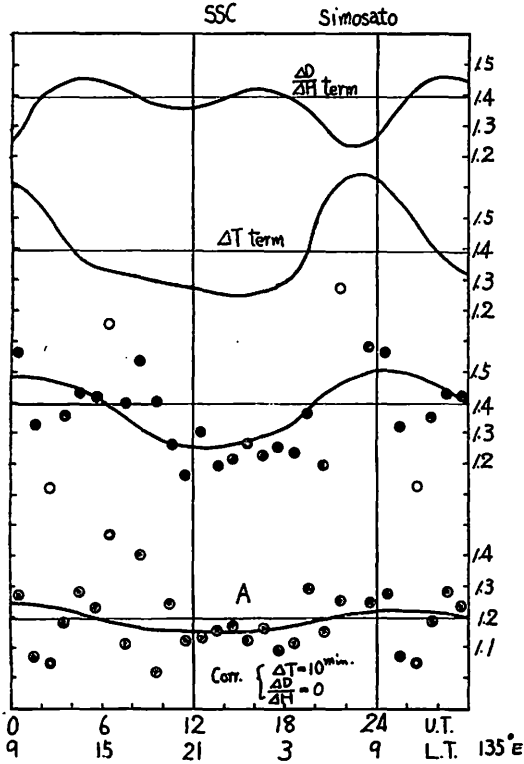


Fig. 19a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for ssc at Simosato.

Fig. 19b The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for si at Simosato.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

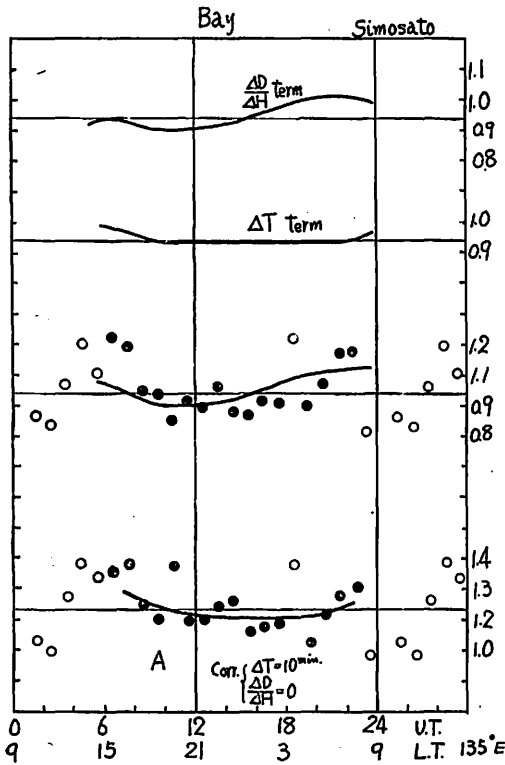


Fig. 19c The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for bay at Simosato.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

た A の値はまだ日変化が残っているが分散から考えてやむを得ない量であろう。

下里の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化はきわめて大きい、それらはいずれも  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  や Duration による

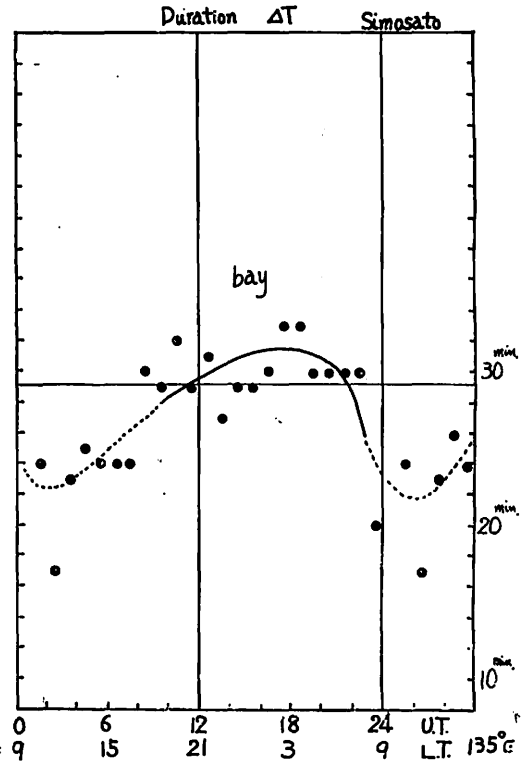


Fig. 20 The diurnal variation of the duration for bay at Simosato.

下里の場合は bay についても Duration の日変化を考慮しなければならない。参考までに第 20 図にここで統計に使用した bay の Duration の日変化を示した。日変化は普通きわめて小さいもので考慮の必要はないが、日中は小さくなっている。この分も多少補正が必要になってくる。第 19c 図はそれを示している。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化により  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化量は 0.12 で、Duration によるものは朝と夕方に少し補正が必要になってくる。この両者の合計した日変化量は 0.12 となる。これらの補正をした

もので、係数  $A$  の日変化はないと考えられる。下里の資料では、とくに ssc を取扱うときは十分注意しなければならない。Duration による補正量が大きいため、太陽活動度により  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化が変わるから  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値をそのまま利用して議論するときは、その研究対象を十分考慮しないと誤りをおかすことになる。

平均した  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値と  $\Delta T=10$  分に換算された  $A$  の値を第 8-1 表に示した。

Table 8-1 The values of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $A$  at Simosato.

	Period	Number	$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$	$A$ at $\Delta T=10$ min.
ssc	1958—60	84	1.39	1.19
si	1958—60	295	1.34	1.26
bay	1958—60	683	0.94	1.23

下里はこのようにもっとも周期性が大きく、かつそれぞれの観測値の分散が大きいため、十分な注意が必要である。吉松<sup>(6)</sup>が取扱った下里の 1958~59 年の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の資料は、これらのことを十分考慮したものである。しかしもともとの分散が大きいため、下里の資料から地震との関係を論ずることは、他の観測所の場合のように容易ではない。

#### 4.4 鹿屋

女満別や柿岡と同じ資料<sup>(11)(12)</sup>について、柿岡と同じく ssc・si・bay の 3 つについて、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \text{Duration} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化を統計して第 21 a~c 図に示した。鹿屋の地方時は日本標準時より 16 分遅れている。

観測値の数は柿岡と同じであり、日変化を求めるには数が少ないが、観測値の分散が小さいので、他の観測所に比べて日変化は正確に求められる。

ssc の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は、柿岡に

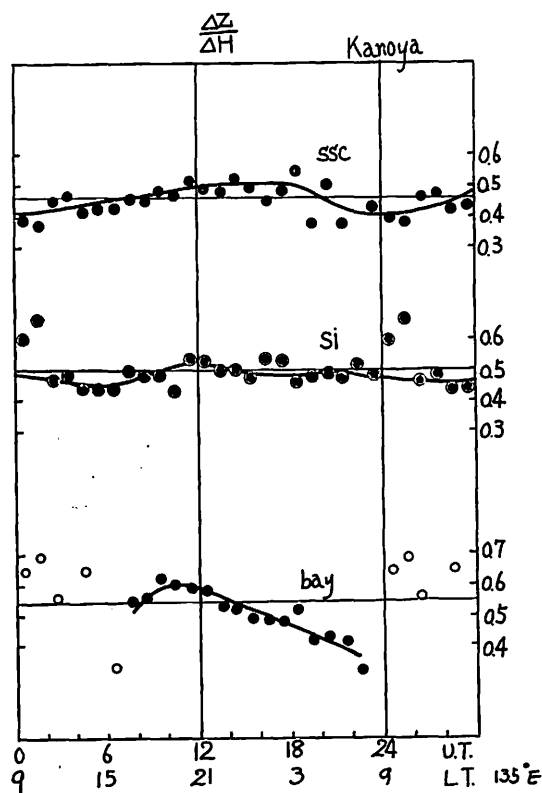


Fig. 21a The diurnal variation of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Kanoya.

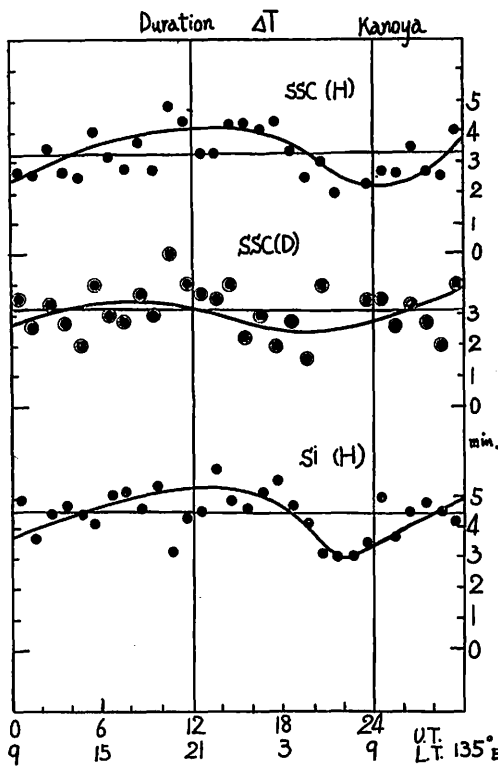


Fig. 21b The diurnal variation of the duration at Kanoya.

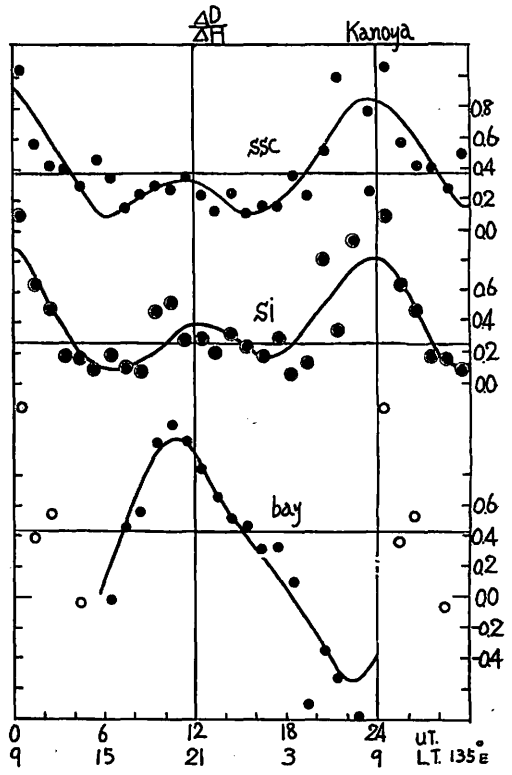


Fig. 21c The diurnal variation of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  at Kanoya.

似て朝小さい値となり、日変化量は 0.10 である。地方時 9 時に極小になる。si については日変化は明りょうでない。日中小さく夜間において多少大きくなる。日変化量も 0.05 以下で分散の量に近い。bay は日中は数が少ないので不確かではあるが、一般に大きい値が多く、夜間は明りょうな変化をし、地方時 20 時に極大、8 時に極小となり、日変化量は 0.27 に達する。しかし発現頻度の多い地方時 22~24 時はほぼ平均値に近い値を示している。

Duration の日変化は柿岡と全く同じである。その絶対値も同じである。日変化の極小極大の値は水平分力では ssc で 2.2 分と 4.2 分、si では 3.0 分と 5.3 分であり、偏角では ssc で 2.2 分と 3.5 分である。

$\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化は柿岡と全く同じである。ssc や si については W 型の日変化で地方時 8 時、20 時に最大値となり、最大振幅は ssc・si についてそれぞれ 0.75-0.70 である。bay については地方時 20 時で極大、8 時で極小となり、振幅は 1.6 に達する。

ssc について  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  や Duration の日変化のために起こる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化やその特性について述べる。第 22 a 図は柿岡や下里と同じ例を示した。鹿屋は係数 B が小さいから  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$

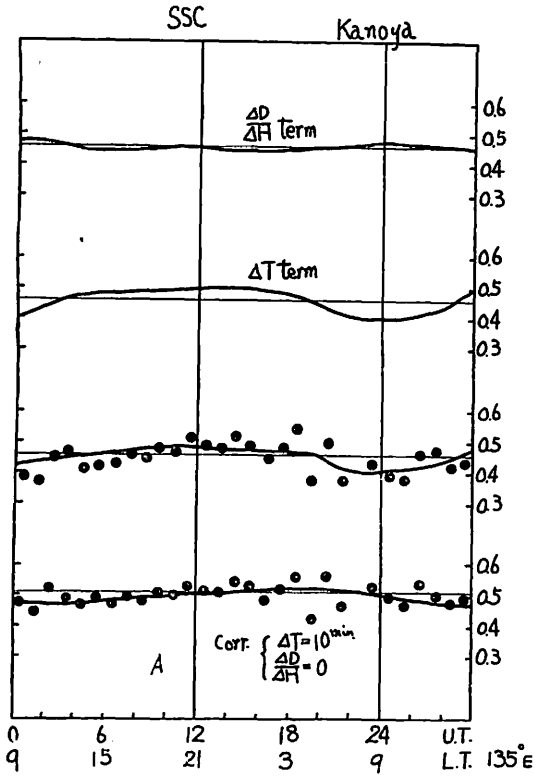


Fig. 22a The diurnal variation of  $\frac{dZ}{dH}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for ssc at Kanoya.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{dZ}{dH}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

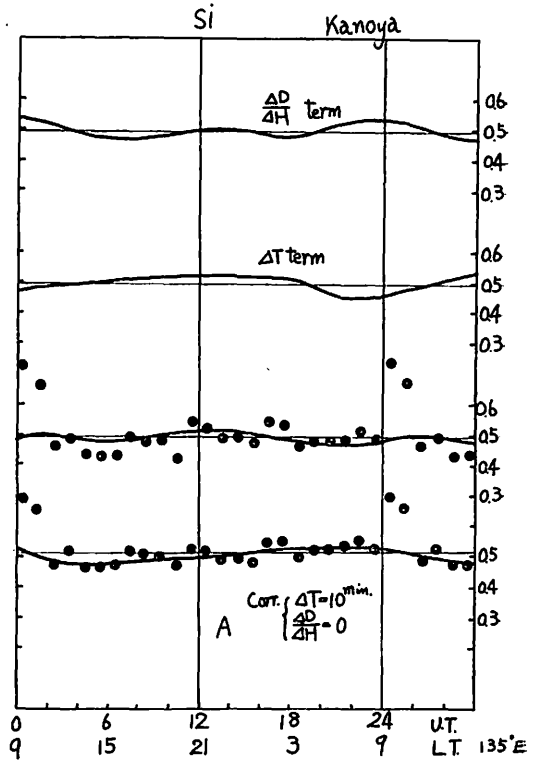


Fig. 22b The diurnal variation of  $\frac{dZ}{dH}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for si at Kanoya.

The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .

The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).

The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .

The fourth column; the corrected value of  $\frac{dZ}{dH}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the value of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

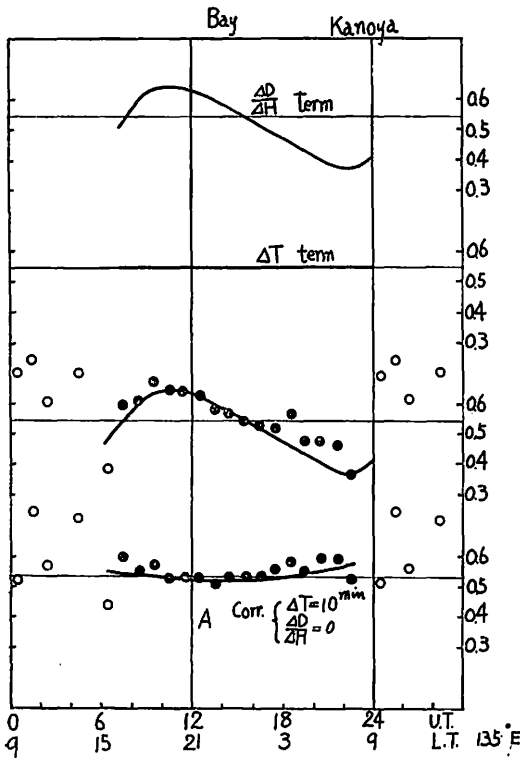


Fig. 22c The diurnal variation of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  due to the change of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration, and corrected curve (A,  $\Delta T=10$  minutes) for bay at Kanoya.

- The first column; the term due to  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ .
- The second column; the term due to duration ( $\Delta T$ ).
- The third column; the term due to both  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and  $\Delta T$ .
- The fourth column; the corrected value of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  (A,  $\Delta T=10$  minutes) according to the values of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  and duration together with its smooth curve.

によって起こる日変化は 0.03 で僅かである。Duration によっては 0.09 になる。これらを加えたものは 0.09 となり実測によく一致したものになる。第 22 a 図の第 4 番目の曲線はそれぞれの観測値を  $\Delta T=10$  分の A の値に換算したもので、僅かに 0.05 の日変化がのこっているがそれほど意味はなく誤差と考えられる。

si については  $\frac{\Delta D}{\Delta H} \cdot \text{Duration}$  のためそれぞれ 0.06・0.07 の振幅の日変化が起こり、その合計は打消されて振幅が 0.04 となる。これも観測値にきわめてよく一致している。第 22 b 図の  $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$ ,  $\Delta T=10$  分の値に換算された A の値は日変化しない。

bay については  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化からくる  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化のみを考えればよい。その日変化量は 0.27 に達する。そして第 22c 図の第 3 番目の曲線の示すように観測値によく一致している。したがって  $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$ ,  $\Delta T=10$  分に換算された A は日変化しない。

鹿屋は ssc や si については  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は小さいが、bay については日変化がかなり大きいので考慮する必要がある。たとえ  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値自身の分散が小さいとしても、日変化分を考慮しないと長期間の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の平均でも信頼性は落ちる。

平均した  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値と  $\frac{\Delta D}{\Delta H}=0$ ,  $\Delta T=10$  分に換算された A の値を比較したのを第 8-2 表に示した。この値は第 3 節で求めたものと一致する。



Table 8-2 The values of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  and  $A$  at Kanoya.

	Period	Number	$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$	$A$ at $\Delta T=10$ min.
ssc	1958—60	105	0.456	0.513
si	1958—60	177	0.493	0.520
bay	1958—60	218	0.545	0.528

4.5 ま と め

いずれの観測所でも地磁気変化ベクトルの  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ ,  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  はかなりの日変化をする。しかしそれらは周期特性と方位角依存性を考慮して一定の Duration, 一定の方位角の値に換算した  $A$  や  $B$  の値になおすと, 日変化はなくなる。すなわち  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  または  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化と Duration の日変化により, 見掛上の日変化をしておくことになる。したがって  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を用いて研究するときは十分注意しなければならぬし, 高い精度が必要で, 詳しい議論をするときは, Duration を一定にし, 方位角を一定にしたときの係数  $A$ ・ $B$  に換算したものについて行なうべきである。

ssc や si のように短周期では, とくに周期特性が大きいから問題が多い。ssc や si の Duration は太陽の活動度の大きいときに小さな値になり,  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化が違ってくる。 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は各観測所で特有のものであり, Duration の違い, つまり現象の種類により異なる。これらのことも十分考えて  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の資料を取扱う必要がある。

第4節でのべたことを一覧表にすると第9~11表になる。

Table 9 The diurnal variation  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  at Memambetsu,  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  at Kakioka, Simosato 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	3 <sup>h</sup> 15	10 <sup>h</sup> 22	0.09	3 <sup>h</sup> 15	10 <sup>h</sup> 22	0.07	2 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	0.06
Kakioka	0	9	0.17	0	9	0.18	6	18	0.20
Simosato	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)

Table 10 The diurnal variation of the duration and  $\frac{AH}{AD}$  Memambetsu, the duration and  $\frac{AD}{AH}$  at Kakioka, Simosato and Kanoya for ssc, si and bay. (1958~1960)

	ssc						si						bay																
	Duration (H)			Duration (D)			$\frac{AH}{AD}$ or $\frac{AD}{AH}$			Duration (H)			$\frac{AH}{AD}$ or $\frac{AD}{AH}$			Max. Time	Min. Time	Range											
	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range	Max. Time	Min. Time	Range														
Memambetsu	22	9	2.6	h	min.	h	16	4	1.2	h	min.	h	0	9	4	h	22	8	2.4	h	min.	h	0	15	5	h	20	4	2
Kakioka	22	9	2.2	h	min.	h	17	4	1.2	h	min.	h	8	14	0.8	h	22	8	2.2	h	min.	h	8	14	(1)	0.8	20	8	1.5
Simosato	1	7	2.8	h	min.	h	—	—	—	h	min.	h	8	15	0.7	h	22	7	2.5	h	min.	h	8	15	(2)	0.8	19	7	1.3
Kanoya	22	9	2.0	h	min.	h	16	4	1.3	h	min.	h	8	15	0.75	h	22	7	2.3	h	min.	h	8	15	(2)	0.7	20	8	1.6

(Local time)

Table 11 The mean value of the duration and  $\frac{AH}{AD}$  at Memambetsu, and duration and  $\frac{AD}{AH}$  at Kakioka, Simosato and Kanoya for ssc, si and bay. (1958~1960)

	Duration						$\frac{AH}{AD}$ or $\frac{AD}{AH}$	
	ssc			si			ssc	si
	H	min.	D	H	min.	H		
Memambetsu	2.7	min.	2.2	4.3	min.	1.67	0.59	—0.55
Kakioka	3.2	—	3.0	4.7	—	0.43	0.34	0.30
Simosato	3.7	—	—	5.8	—	0.21	0.25	0.19
Kanoya	3.3	—	3.1	4.5	—	0.37	0.25	0.42

これらの表から次のことがいえる。日本付近では Duration や  $\frac{4D}{4H}$  の日変化の形は一樣であるが、Duration の日変化の振幅は南ほど小さい傾向がある。 $\frac{4D}{4H}$  にはその差異はない。

また Duration や  $\frac{4D}{4H}$  の平均値は第 11 表に示す通りである。下里の値がずれているのは統計に入れた現象の差からくるものらしい。他の 3 つの観測所はその読取りの方法や現象そのものも完全に同じであるから、観測所間の差異は意味がある。 $\frac{4D}{4H}$  の値については、短周期の現象では南が小さく長周期では南が大きい。また Duration は北ほど小さい。ssc の偏角の Duration は水平分力のそれより小さく、とくに女満別では目立つ。これらは遅回し記録の上で、明りょうに女満別については柿岡やその他の観測所と差のある現象があることを考え合せ、今後 ssc の微細構造を調査して、その様子を明らかにすることは興味あることであろう。

## 5. 鹿野山の変化ベクトルの異常

鹿野山では ssc のように早い周期の現象では、水平分力と鉛直分力の変化ベクトルのダイアグラムが非常に大きいループになる。そして水平分力と鉛直分力の発現時刻に大きな時間差がある。これらについて述べてみたい。

### 5.1 水平分力・鉛直分力の変化ベクトルのダイアグラム

第 3 節において、(1) 式の係数  $A$  は、Duration が 1 分になると零に近づき、 $\pi/2$  (pt) では水平分力と鉛直分力の変化の位相が  $90^\circ \sim 180^\circ$  ずれ、 $A$  の値は  $0.2 \sim -0.1$  になることを述べた。ここでもう少し詳しく、かつ ssc の立上り付近における  $\frac{4Z}{4H}$ 、ベクトルダイアグラム、柿岡との比較をして鹿野山の特性を明らかにしたい。

使用した資料は 1960 年から 1964 年までの鹿野山の早回し記録紙（紙の速度 120 mm/hour）と遅回し記録（20 mm/hour）によって約 20 ケの嵐について調査した。ここでは偏角の変化が小さく  $\frac{4Z}{4H}$  の値はそのまま  $A$  の値と見なされる次の嵐について、鹿野山の早回しの記録例をかかげた。1961 年 3 月 9 日・4 月 13 日・1963 年 4 月 30 日・9 月 21 日・10 月 29 日の 5 例の写しを第 23 図に示した。

これらを一見しても分るように鉛直分力は水平分力に比べて立上り時間が 1.5 分くらい遅れ、かつ全体としてもかなりの位相がずれている。この位相のずれは観測上の誤差とも考えられ易いが、次のことから誤差でないことが分る。変化計の周期はいずれも 3 秒より早い。感度測定・地震・人工擾乱などは三成分とも同時に起こり、その時間差は 0.1 分以内で読取誤差以内である。時刻は光源を消光して記録していて、記録像の鮮明さから考えてもパララックスは全く考えられない。遅回し記録から得られた値も早回しの結果と同じ 1~2 分である。他の観測所と比較すると鉛直分力だけが遅れている。

これらの嵐について  $\frac{4Z}{4H} \cdot \Delta H \cdot \Delta Z$  の時間的な変化を第 24 図に示した。 $\frac{4Z}{4H}$  の時間的な変化をみると、ssc の起時から 8~10 分後に最大値に達する。通常は、ssc における  $\frac{4Z}{4H}$  は水平分力・鉛直分力の最大値を読取って求めるから、鹿野山の場合にそれを適用すると、鉛直分力は水平分力より常に 2~5 分遅れた時刻を読取らねばならぬ。これは

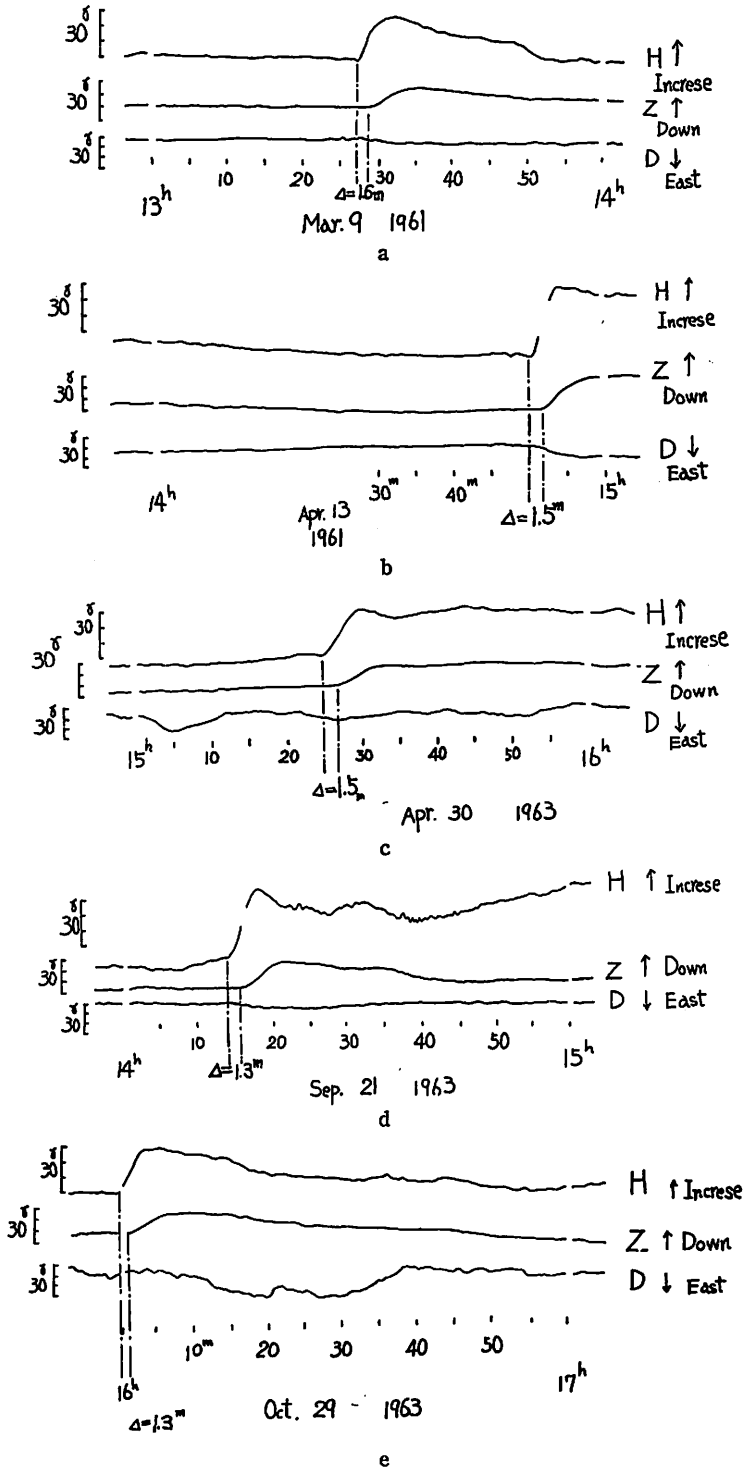


Fig. 23 a~e The examples of the rapid run records (120 mm/hour) for ssc at Kanozan.

早回し記録はもちろん遅回しにもはっきり表われてくる。水平分力が段階的に変化する場合  
は第 24c 図の 1963 年 4 月 30 日の例のように一旦大きくなり以降一定値になる。

$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の時間的な変化は ssc の形には関係しないで、ssc の起時から 5~6 分間は  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}=0.6$   
まで直線的に増加し、以降ゆるく増加して 8~10 分後に最大値 0.6~0.7 に達し、以降ゆる

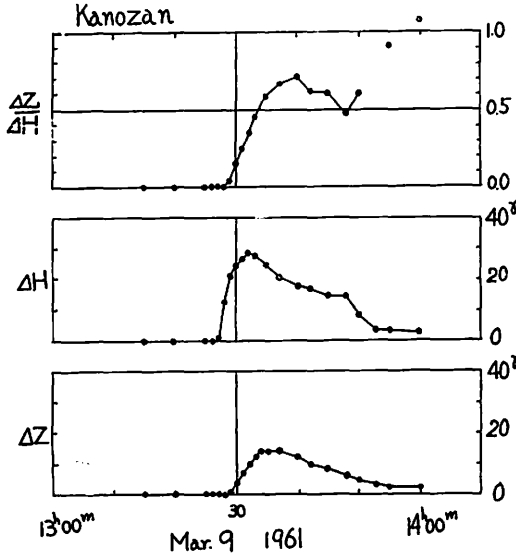


Fig. 24 a

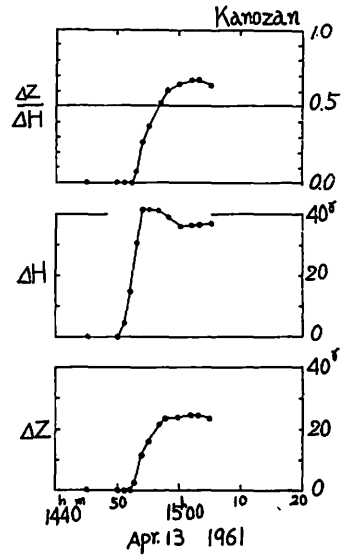


Fig. 24 b

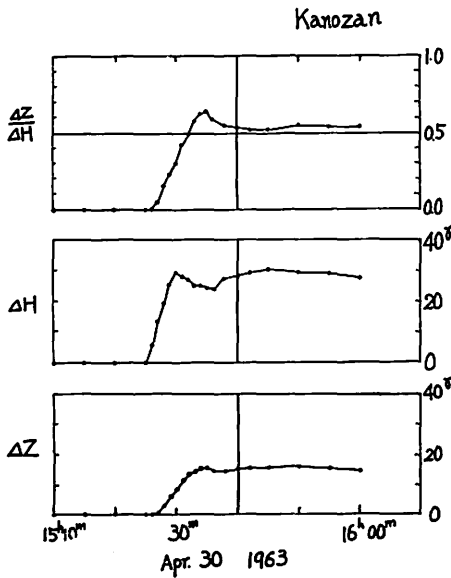


Fig. 24 c

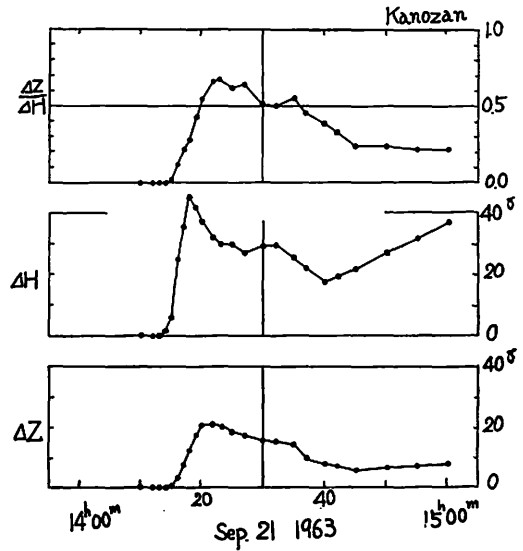


Fig. 24 d

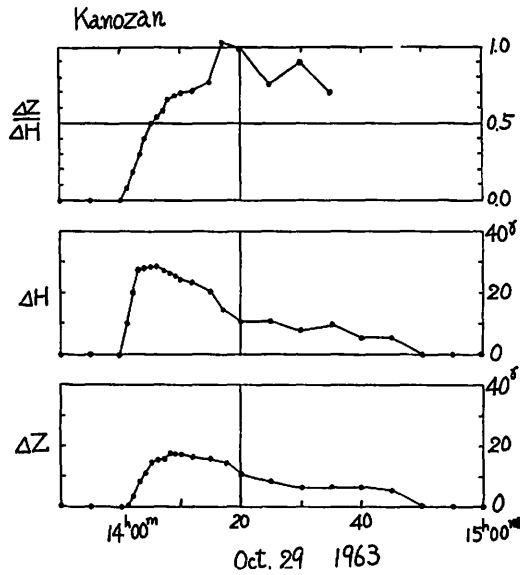


Fig. 24 e

Fig. 24 a~e The examples of the time variations of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ ,  $\Delta H$  (variation of horizontal intensity) and  $\Delta Z$  for ssc at Kanozan.

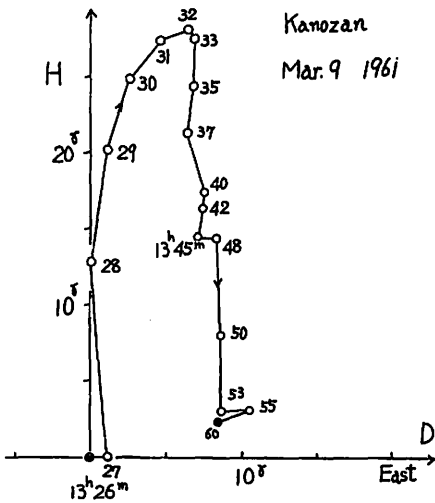


Fig. 25 a

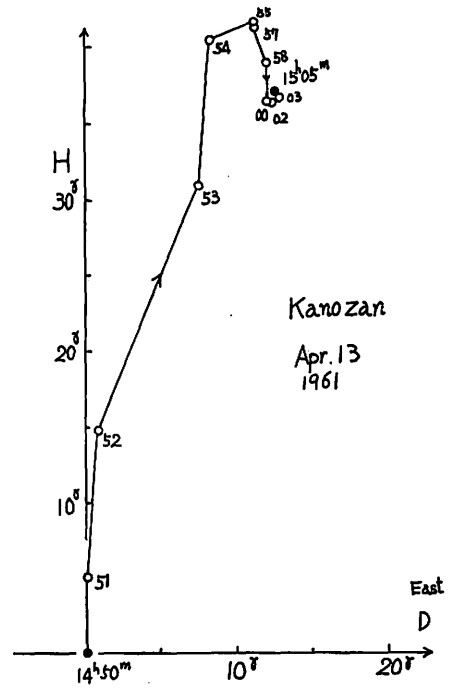


Fig. 25 b

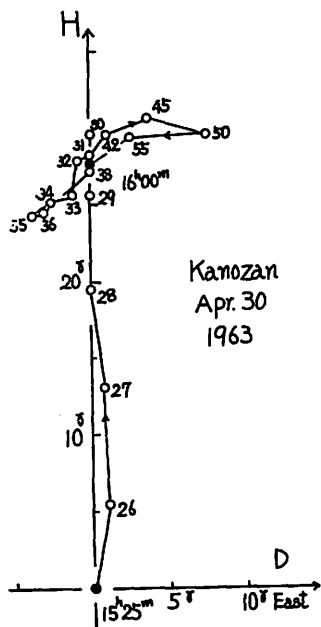


Fig. 25 c

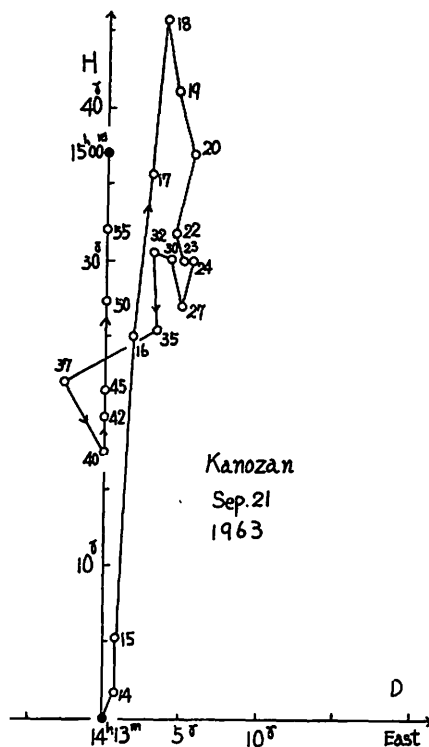


Fig. 25 d

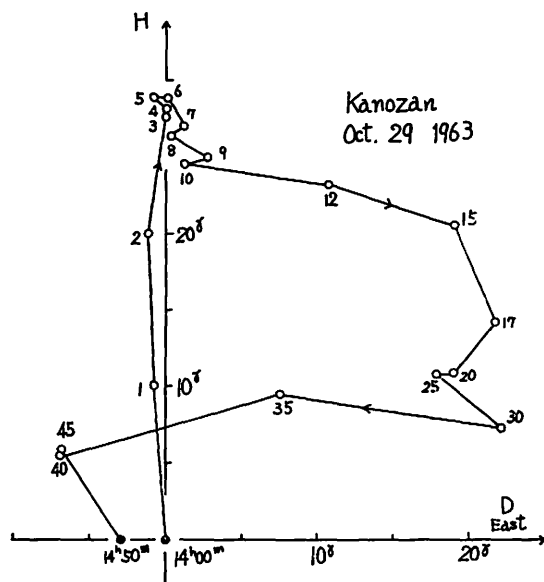


Fig. 25 e

Fig. 25 a~e The horizontal vector diagrams for ssc at Kanozan.

く小さくなり、一定値 0.55 に近づく。したがって第 3 節でのべた第 3 表は 10 分以下の Duration に関しては問題が多い。すなわち  $\Delta Z$  と  $\Delta H$  の変化は位相が大きくずれているから、(1) 式は平均的な意味しかもたなくなる。

三成分のベクトルダイアグラムを同じ嵐について例を示す。第 25 図は水平面におけるベクトルダイアグラムである。従来は鹿野山は柿岡の真南 100 km 離れた所にあるから、上空の電流系がそれ程不規則であると考えられないので、ssc の形は両所とも同じと推測してい

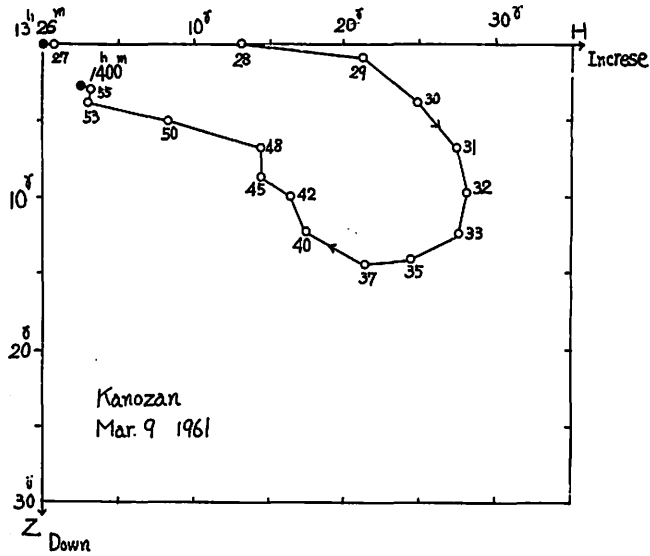


Fig. 26 a

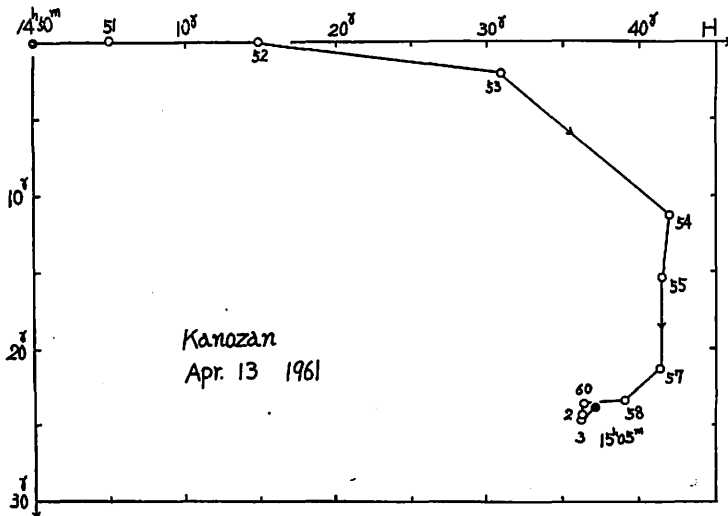


Fig. 26 b



た。これは、1000 km 以上も離れている鹿屋や女満別の様子が柿岡にきわめて似ているので、距離が近づけばさらによく一致した変化をするだろうと考えたためである。しかし実際にダイアグラムをみると、その形は相似であるが、水平分力の変化量は柿岡に比べて 1.2~1.4 倍大きい。これは観測の誤差をはるかにこえるものであり、原因が地球内部にあると考える外はない。これについては後述する。

水平面内のベクトルダイアグラムから  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の値は小さいから、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が  $A$  にほとんど等しいことが分るであろう。水平分力と鉛直分力のベクトルダイアグラムを第 26 図に示した。

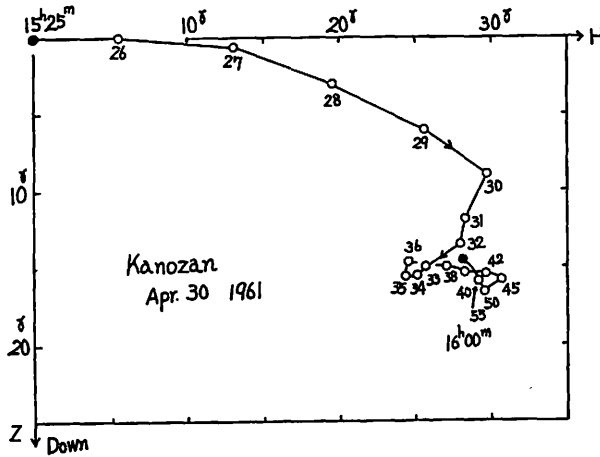


Fig. 26 c

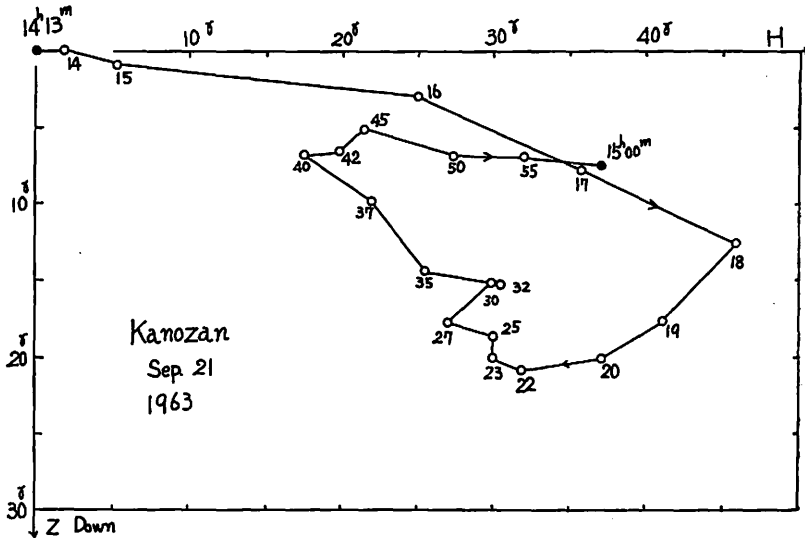


Fig. 26 d

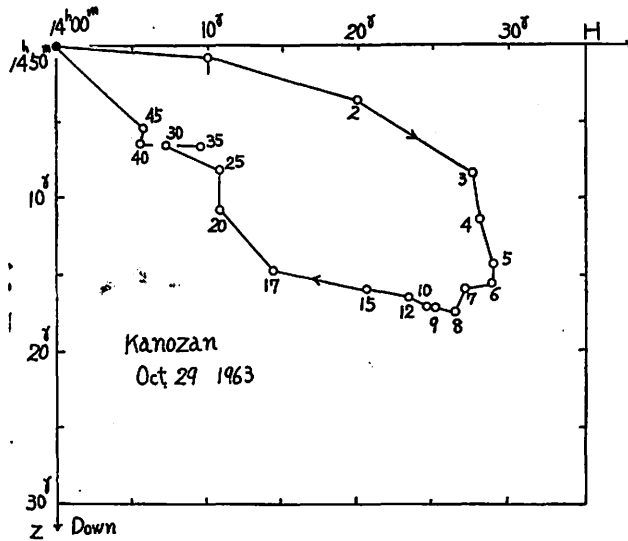


Fig. 26 e

Fig. 26 a~e The vertical vector diagrams for ssc at Kanozan.

これによると大きなループとなり、かつ  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値が時間とともに増加する様子がよく分る。ssc の起時から 1~2 分間は鉛直分力がほとんど変化しない。そして直線的に変化する部分がほとんどない。したがって (1) 式はかなりの誤差でしか成立しない。1961 年 4 月 30 日の例のように点が集中した所はほぼ一定の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値となり、1963 年 9 月 21 日の例のように、ssc の後にまた別の変化が起こると、その部分から  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は小さくなり、さわめて複雑である。

このベクトルダイヤグラムのループがきわめて大きくなるのは、第一報<sup>(2)</sup>で述べた下里とよく似ている。下里の場合は  $\Delta H$  に比べて  $\Delta Z$  が早く大きくなり、ダイヤグラムは鹿野山と逆に反時計回りである。柿岡や鹿屋はループの幅はせまく、ほとんど直線的に変化しているが、時計回りの傾向のものが多い。

下里の水平分力と鉛直分力のダイヤグラムは大きなループにはなるが、直線部分があって  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を定義する意味もあるが、鹿野山は直線部分が全くないのは注目に値する。 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の時間的变化は下里と鹿野山は逆になる。このことは第一報<sup>(2)</sup>では下里の周期特性が大きいから、ssc のような多くの周波数を含む階段関数では、それが表われて ssc の起時の直後大きくなると説明した。しかし鹿野山においては  $A \cdot B$  の周期特性は柿岡と同じ程度であるからそのような説明は成り立たない。ssc の起時のずれることを考え合せてもっと本質的な原因があると思われる。

参考までに同じ嵐の例について柿岡の資料について  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の時間的变化を第 27 図に示した。これによると水平分力と鉛直分力の変化には位相のずれはなく、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の値は一定である。ssc の起時の直後は多少大きくなる傾向はあるが、遅回し記録のためによる読取誤差と

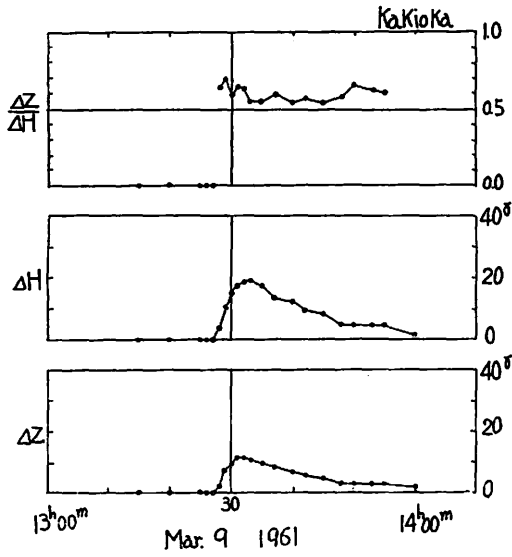


Fig. 27 a

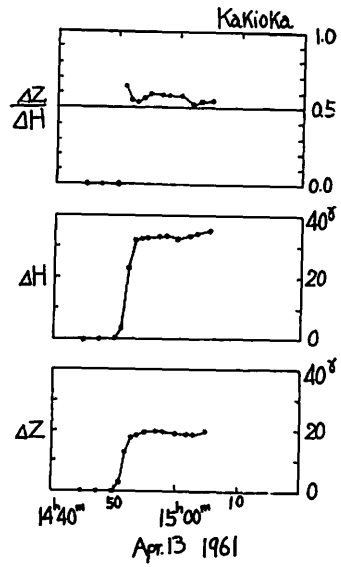


Fig. 27 b

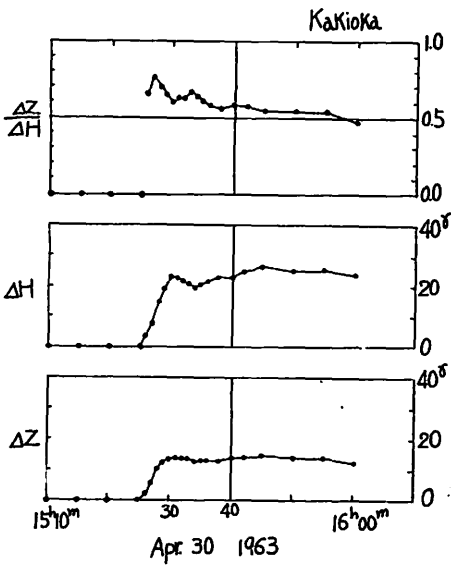


Fig. 27 c

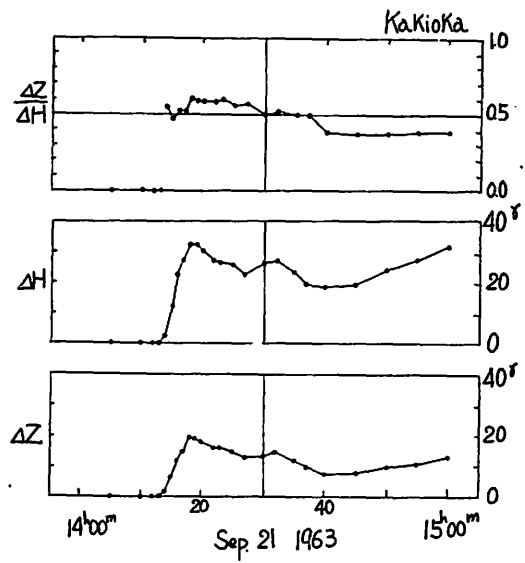


Fig. 27 d

Fig. 27 a~d The examples of the time variations of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ ,  $\Delta H$  (variation of horizontal intensity) and  $\Delta Z$  for ssc at Kakioka.

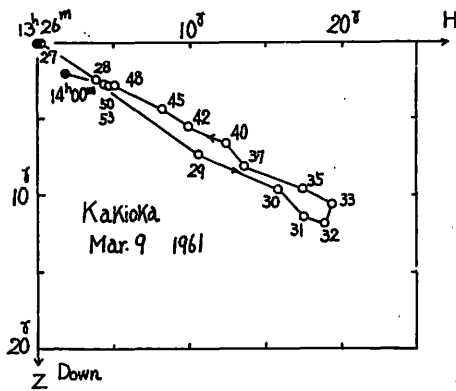


Fig. 28 a

考えられる。これらから鹿野山の異常がよく分るのである。

比較のため第 28 図に柿岡における水平分力と鉛直分力のベクトルダイアグラムを示した。一見して分るようにほとんど直線的に変化し、(1) 式は満足されていることを示す。

5.2 水平分力の柿岡との比較

第 24 図と第 27 図の比較において柿岡と鹿野山の水平分力の変化は、かなりの差があることが分る。日本の観測所において現

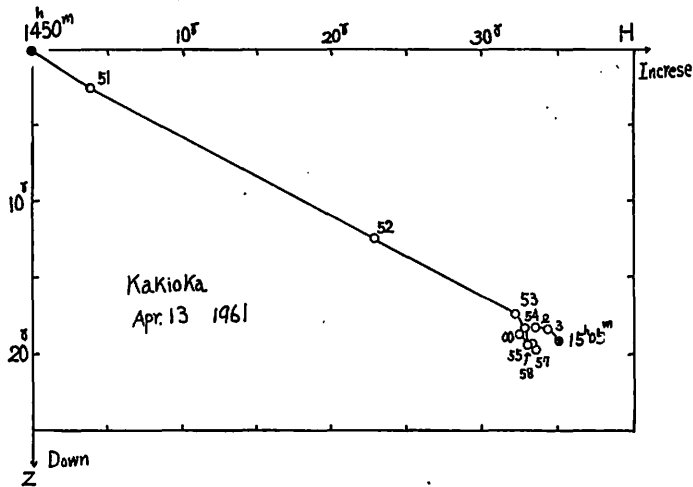


Fig. 28 b

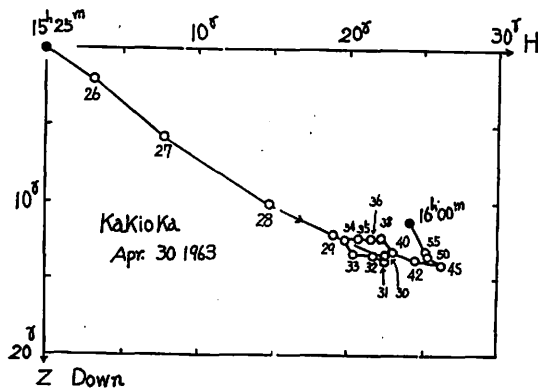


Fig. 28 c

象の種類すなわち Duration の違いにより変化比の異なることをすでに第一報<sup>(1)</sup>に述べ、かつ関東中央部の関東異常域でも水平分力が 40% 以上の差があることを第二報<sup>(2)</sup>で述べておいた。このことは力武<sup>(8)</sup>も指適しているが、柿岡と鹿野山のように 100 km しか離れていない所で、しかもベクトル  $S$  の大きさ方向その周期特性までよく似ている観測所でありながら、水平分力に大きな差が

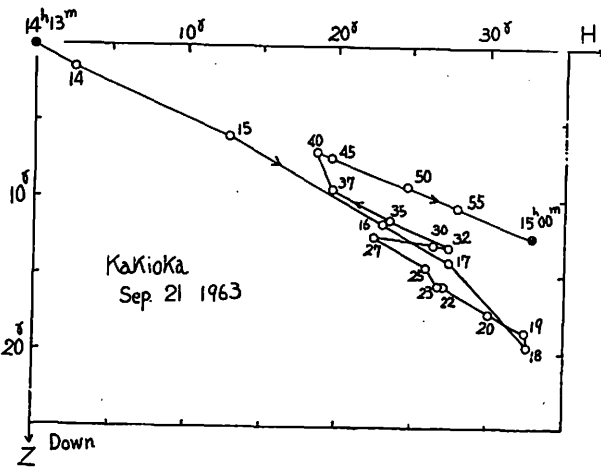


Fig. 28 d

Fig. 28 a~d The vertical vector diagrams for ssc at Kakioka.

あるのは興味深い。

第 12 表は 1960 年から 1963 年における柿岡と鹿野山の記録から比較した ssc と bay に対する両者の比である。比較に用いた現象は出来るだけ同一位相の位置が読取れるものを

The 12. The ratio of variation at Kakioka and Kanozan for ssc and bay.

Ratio	$\frac{\Delta H_{Kanozan}}{\Delta H_{Kakioka}}$
ssc	1.31
bay	1.14

用いた。箇数はそれぞれ 20 こだである。かなりの幅があるが、標準偏差は約  $\pm 0.05$  である。ssc については Duration が大きくなると多少小さくなる傾向がある。前項 5.1 で述べた嵐と同じ例について、比較してみた。

第 29 図は 4 つの嵐について鹿野山と柿岡の水平分力の比較を示している。この両者の比較はいわゆる零線の引き方が問題になるし、ssc の立上りの途中の急変化は、柿岡の記

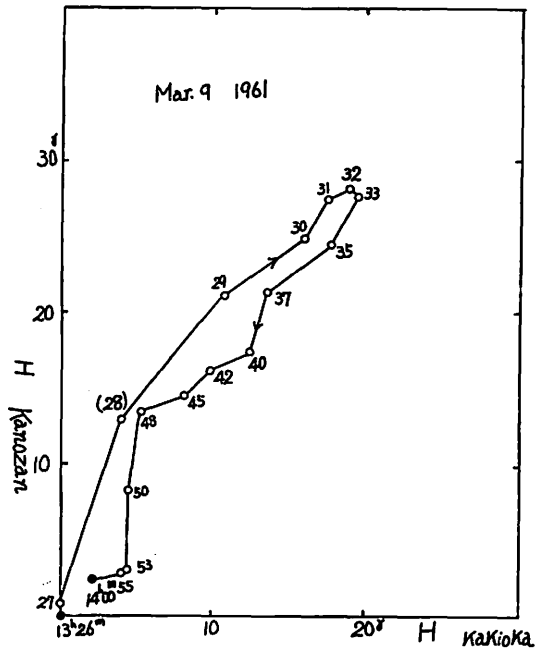


Fig. 29 a

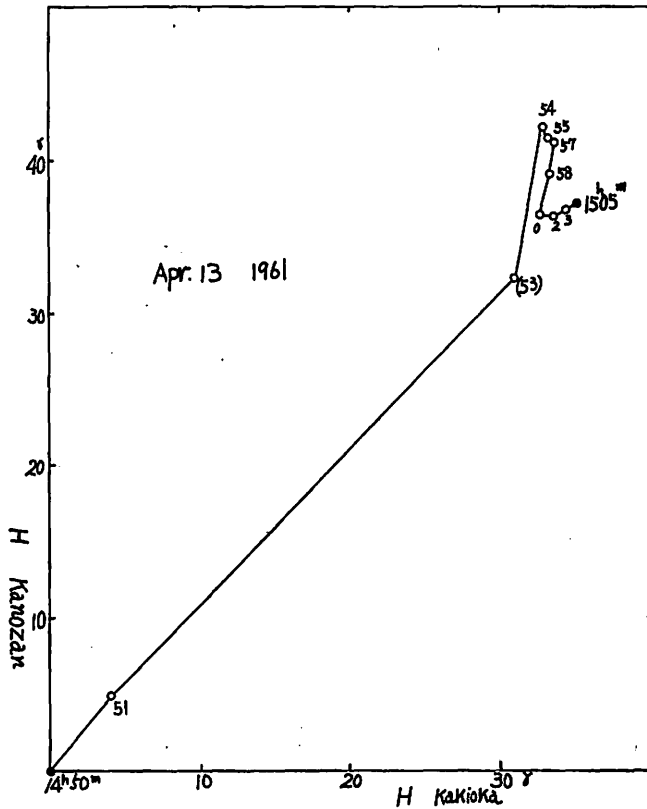


Fig. 29 b

録が遅回しであるため細かいことは云えない。しかしゆるい変化の部分を考えてみると、両者は直線的に比例しておるとは考えにくい。とくに第 29 d 図の示す 1963 年 9 月 21 日の例では 14 時 18 分, 14 時 35 分, 14 時 37 分の値がかけ離れている。程度こそ小さいが、どの例でも同じことがいえる。このため両者の変化の比  $\Delta H_{\text{Kanozan}}/\Delta H_{\text{Kakioka}}$  は 1.1~1.5 と変化する。そして各時刻ごとの値は時計廻りに回転する。すなわち鹿野山は柿岡の水平分力の変化より位相が進んで変化する。このことは柿岡と鹿屋や女満別については単純ではない。それは上空の上層電流の不規則さが入ってくるからと考えられる。

柿岡と鹿野山の変化比は直線部分と考えられる所は、第 12 表の値より若干小さく 1.28 になる。そして周期が長くなると値は小さくなる。これらのことは bay については詳しく調査していないが、今後さらに研究してみる必要がある。

力武<sup>(8)</sup>はこの水平分力の変化比が日本においてもかなりの異常があって、それは地殻熱流の小さい所で  $\frac{\Delta H_{\text{obs.}}}{\Delta H_{\text{Kakioka}}}$  が小さくなるというが、鹿野山のごく近くでの測定ではかなり小さい値が得られており、また著者らが第 2 報<sup>(8)</sup>で求めた関東異常域のことを考えると、必ずしもいずれの観測所にもあてはまるとは考えられない。さらに資料の集積が必要であろう。

5.3 pi 2 (pt) の変化ベクトル

鹿野山の早回し記録はその感度が普通の遅回しと同じで、水平分力・偏角・鉛直分力はそれぞれ 2.5・3.8・3.0  $\gamma/\text{mm}$  で、紙の速度が遅回しの6倍の 120 mm/hour である。したがって ssc のように変化の大きい急変化には都合よいが、pi 2 (pt) の調査には感度が悪く、正確な値は出しにくい。

鹿野山の pi 2 (pt) は水平分力と鉛直分力との変化の位相の差が大きく  $90^\circ \sim 180^\circ$  ずれる。そして  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の分散もきわめて大きい。第13表は約20この値から求めたものであり、信頼度は悪いが平均的なものは表わしている。

この表でもし位相のずれを考えず単に pt の振幅からのみ  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  を求めると下の段のようになる。これは意味は

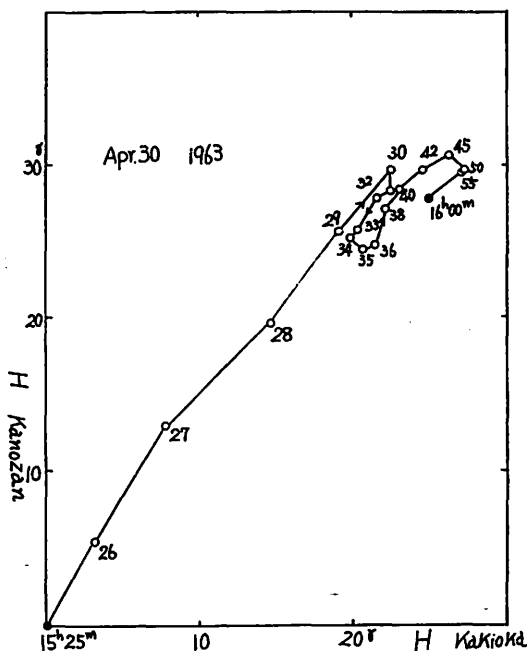


Fig. 29c

Table 13 The value of A, B and others for pi 2 (pt) at Kanozan (1960~1963).

pt	Duration min.	A	B	$\sqrt{A^2+B^2}$	$\tan^{-1} \frac{B}{A}$	Parkinson Vector		
						$\alpha_{p0}$	$\sin \gamma$	$\gamma, \theta$
pt	0.5	$0.08 \pm 0.27$	$-0.15 \pm 0.23$	0.17	N 62° W	S 62° E	0.17	10°
pt	0.3	0.0	—	—	—	—	—	—

	Duration 0.5 min.	Duration 0.3 min.
$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$	0.20	0.18
Standard Deviation	$\pm 0.20$	$\pm 0.20$

なくむしろ遅回し記録から見ると位相は一致しているとして左記の値を採用し易いので、注意が必要でありとくにかかげいおいた。

第13表の値は第8図に点線で記入してある。鹿野山は柿岡に似た周時特性を有しているが、pi 2 (pt) に関しては柿岡の A の値 0.5 に対して 0.1 であってきわめて小さい。また pi 2 (pt) と ssc では第9図の示すベクトルダイヤグラムは大きく変り、鹿屋に似ている。

pi 2 (pt) の変化量は小さいので水平分力と鉛直分力の位相のずれることを明らかに示す記録例は、レコードそのものでないと分りにくいが、幸い 1963年4月5日7時40分に水平分

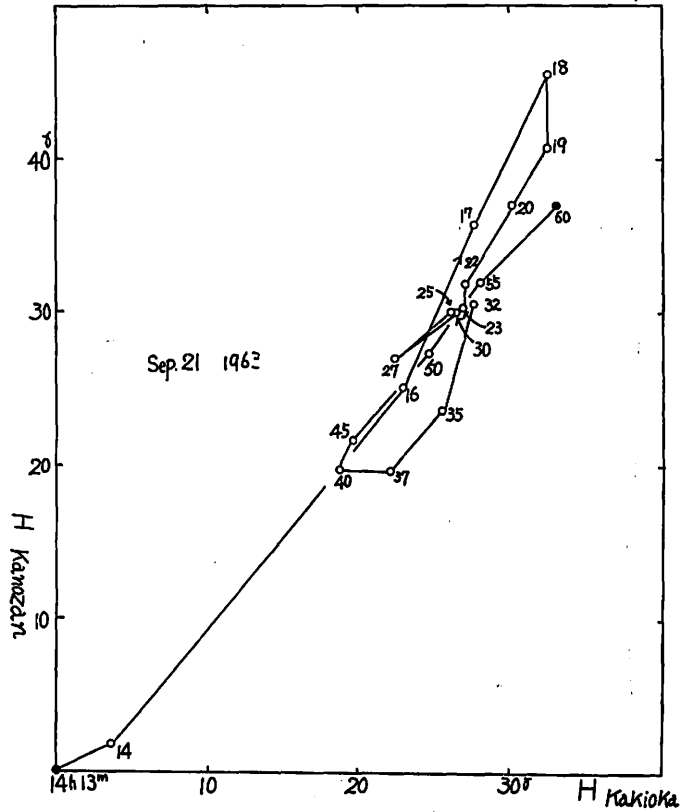


Fig. 29 d

Fig. 29 a~d The correlations between the variations of horizontal intensity at Kakioka and those at Kanozan.

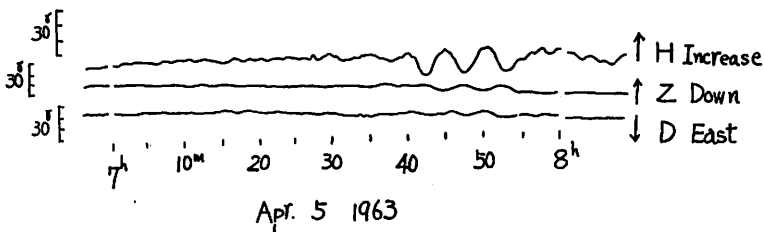


Fig. 30 The examples of rapid run records for pi 2 (pt) at Kanozan.

力の全振幅  $16\gamma$  に達するものがあったので第 30 図に示した。この例では duration が 2.5 分であり、鉛直分力は水平分力に比べて約  $150^\circ$  位相が遅れている。振幅の比からは  $\frac{\Delta Z}{\Delta H} = 0.31$  であるが、水平分力の最大値に対応する鉛直分力の値から求めると  $\frac{\Delta Z}{\Delta H} = -0.05$  となる。

ssc や bay について柿岡と鹿野山の変化の比について述べたが、pi 2 (pt) についてはそ



の変化量が小さいのできわめて小数例になるので資料をそのまま示す。Duration は鹿野山の記録から得られた値である。

Table 13 The ratio of variation of horizontal intensity at Kakioka and Kanozan for pi 2 (pt).

Time (U.T.)	Duration	Amplitude of $H$		Ratio ( $\frac{\Delta H_{\text{Kanozan}}}{\Delta H_{\text{Kakioka}}}$ )
		Kanozan	Kakioka	
Aug. 18 7 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 1962	1.5 min.	8.5 <sup>r</sup>	6.0 <sup>r</sup>	1.42
Sep. 14 6 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 1962	2.0	13.8	9.6	1.44
Oct. 21 5 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 1962	1.8	10.6	7.3	1.45
Apr. 5 7 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 1963	2.5	15.6	11.0	1.42
mean	2.0		mean	1.43

この結果は前項でのべた ssc の値 1.31 より少し大きい。しかも ssc では比が 1.1~1.5 と変り、立上り時刻は同時と考えてよいが、それ以後の位相は鹿野山が柿岡より進んで水平分力の変化が起ることを考えると、第 13 表の値はよく一致している。このような地球内部に原因があると考えられる水平分力の変化の比が周期によって異なるのは興味あることである。

現在の所、鹿野山のように水平分力と鉛直分力の位相のずれがこれ程ははっきりした観測所は、外に例が見あたらない。今後鹿野山で早回し観測や超早回し観測を行なうなら、さらに興味ある結果が期待される。

鹿野山は東京近郊の直流電車によりかなりの人工擾乱をうけている。その量は不規則であるが平均して水平分力約 2.5 $\gamma$ 、鉛直分力約 0.8 $\gamma$  である。したがって電車の擾乱による  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は 0.3 である。また不規則な擾乱であるから Duration はきめられないがすべて 0.5 分以下である。一方柿岡も直流電車の人工擾乱をうけているが、水平分力 0.0 $\gamma$ 、鉛直分力 0.3 $\gamma$  である。つまり鉛直分力の記録には人工擾乱が認められるが、水平分力には全く認められない。故に  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は大きな値となり鹿野山と逆である。これは電車線路の配置や使用電流、地形などに大きく左右されるので問題はあるが、鹿野山はたしかに異常である。また一方 pi 2 (pt) について鹿野山の水平分力の変化量が柿岡のその 1.4 倍であり、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は柿岡が 0.5 なのに対して 0.2 であることから考えると、もし鹿野山が柿岡と同じ地下構造ならば鉛直分力の人工擾乱は現在の数倍に達することになる。

地磁気観測所において常磐線電化対策のため、既設電車線ならびに、特設電車線によって、測定された多くの観測点の人工擾乱は  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が 2~3 であった。鹿野山のような 0.3 という例は全くない。第 2 報<sup>(3)</sup> で一寸ふれたが、人工的に大電流を流してそれによる磁場の解析か

ら地下構造を調査するのは興味ある問題であろう。

#### 5.4 短周期変化の時間差

水平分力と鉛直分力の変化が位相がずれることはいずれの観測所においても多少は起っているが、ssc の立上りの時刻に差のあることが観測されたことはなかった。下里は鉛直分力の変化が水平分力より位相が進んでいたが、それでも変化度観測資料によってみても ssc の起時が進むことはなかった。鹿野山は遅回し記録からも明りように差が表われている。5.1 で述べたようにこの起時の時間差は観測上の誤差ではない。第 23 図の中で  $\Delta T$  と記入してあるのは水平分力と鉛直分力の時間差である。これは si にも明りように表われる。さらに立上りの急な bps といわれる湾型変化にも表われる。第 31 図はその例を示している。1961 年 7 月 13 日は立上りが 1.8 分の非常に早い ssc であるが、鉛直分力は 1.5 分も遅れて

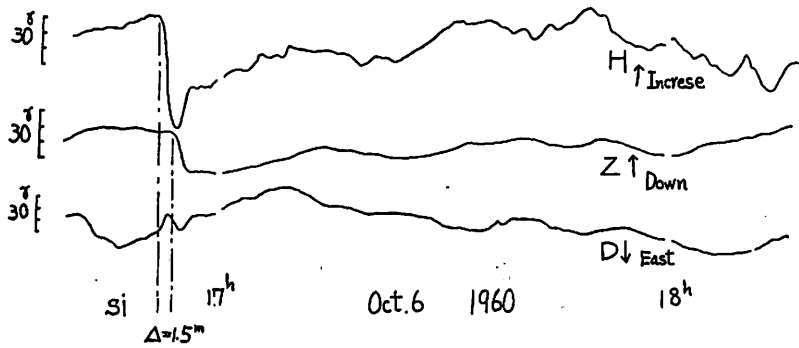


Fig. 31 a

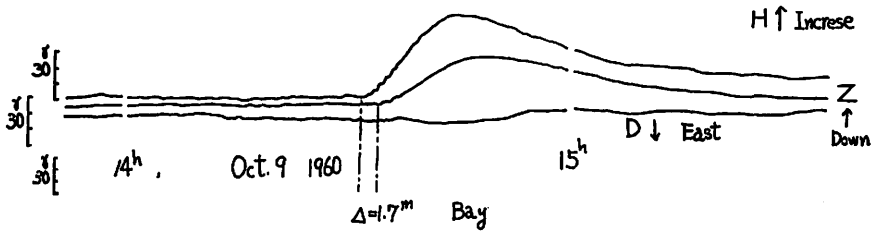


Fig. 31 b

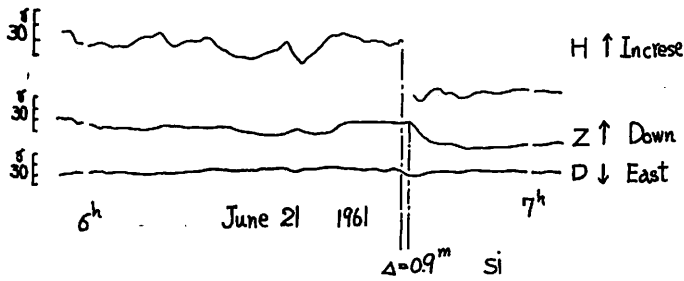


Fig. 31 c

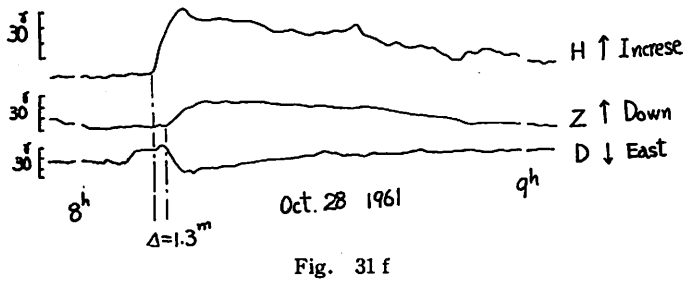
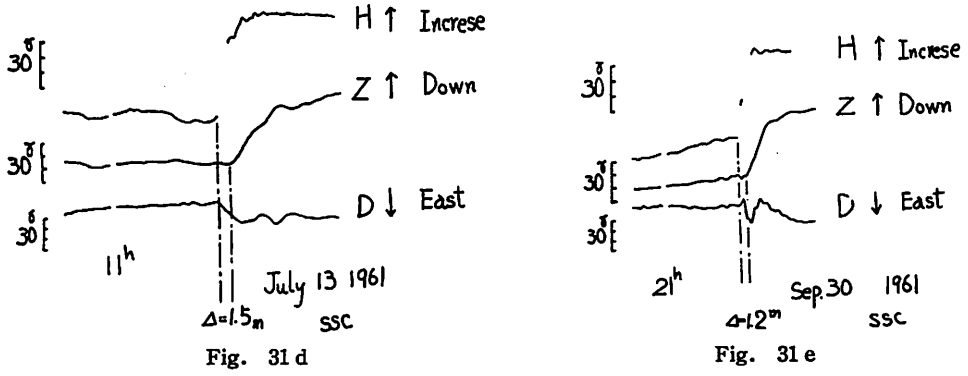


Fig. 31 a~f The examples of rapid run records for bay, si and ssc at Kanozan (which shows time lag between the variation of horizontal and vertical intensities).

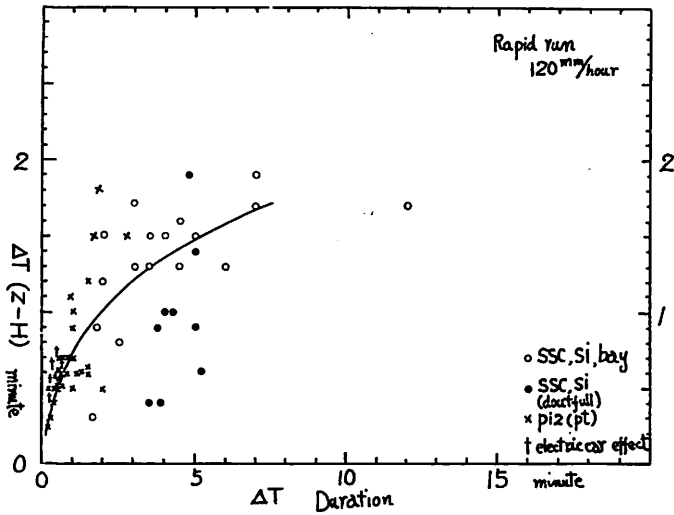


Fig. 32 a The correlation between durations and time lags between the variations of horizontal and vertical intensities, obtained from rapid run records (120 mm/hour) at Kanozan.

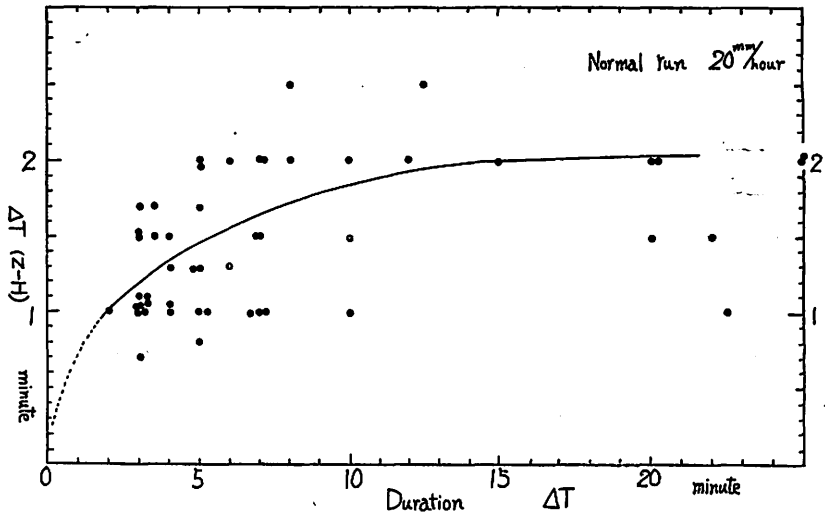


Fig. 32 b The correlation between durations and time lags between the variation of horizontal and vertical intensities, obtained from normal run record (20 mm/hour) at Kanozan.

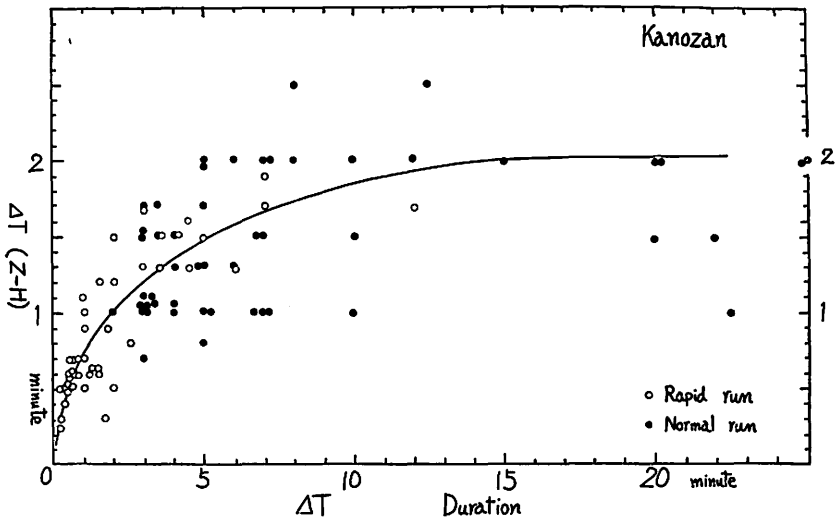


Fig. 32 c The correlation between durations and time lags (normal and rapid run record) at Kanozan.

立上っている。また 1960 年 10 月 9 日の bps の例では pi 2 (pt) が加わっていて非常に立上りが急である。pi 2 (pt) はその位相が 0.3 分遅れているが、全体の立上りは 1.7 分遅れており、その Duration の違いにより時間差がはっきり分離されているのがよく分る。

いずれの例でも水平分力と偏角は同時に変化していることが分る。第 32 a 図は早回し記

録から得られた水平分力と鉛直分力との時間差  $\Delta T(Z-H)$  とその現象の Duration を示した。○印は ssc, si および bay による値で, ●印は不確かな値であり, 一般に不確かな値は時間差が小さい。×印は pt から求めたものである。また電車による人工擾乱で単純な形の変化があったときに求めた例を+印で示した。これは Duration が 0.5~0.3 分すなわち周期が 60~30 秒の pt と同じ性質を示しておるものである。

第 32 b 図は遅回し記録 (紙速度 20 mm/hour) から得られた結果である。ssc, si, bps などの現象はその起時が急鋭であるから記録紙上で正確に位置ぎめが出来るが, Duration が大きくなると一般にゆるくなって零線の引き方が問題になるので不正確になる。 $\Delta T(Z-H)$  の値が 2.5 分の例が 2 こあるが, 平均的には Duration が大きくなっても 2 分をこえないで一定になる。

第 32 c 図は全部をプロットしたものである。Duration が 5 分以下では比例して時間差は小さくなっている。なおこの資料は 1960 年から 1964 年までのものである。

念のため女満別・柿岡・鹿野山・下里・鹿屋の 5 つの観測所の 1960 年の遅回し記録紙の原本を同時に集めて, 記録像が単純でかつ起時が急鋭であった現象 ssc 25 こ, si 16 こ, bps 9 こ, pi 2 (pt) 9 ここの計 60 ここのものについて比較した。これらは各観測所とも同じ形の現象であるが, 偏角は場所により変化の形が異なるので, それは採用しなかった。時刻補正はそれほどの量ではないが, 像の不鮮明さからくる誤差は 0.5 分ある。柿岡・女満別・鹿屋では時刻用タイムマークの縦線を別の光源で入れているので, 視差が問題になるがその量は特別なものでない限り時間にして 0.5 分にならぬし, 定期的に測定も行っているので, 観測上で誤差になることはない。下里・鹿野山は記録の途中を消光して時刻を入れる方法をとっているから問題は少いが, やはり像の不鮮明さは誤差になる可能性がある。

遅回し記録であるから読取りは 1 分単位で, 細かいことは分らないが, 第 14 表はその平均値を示した。これは柿岡を基準にして, これより早く立上ったものは負, 遅れたものは正としてある。各観測値は, 鹿野山の水平分力では pi 2 (pt) について 2 分 1 こ, その他は 1 分又は 0 分である。偏角では si について 2 分 1 こ他は 1 分又は 0 分である。ところが鉛直分力では bay について 4 分 1 こ, 2 分 3 こ, 1 分 3 こ, 0 分なし, si については 3 分 1 こ, 2 分 8 こ, 1 分 4 こ, 0 分 2 こで, ssc について 2 分 9 こ, 1 分 9 こ, 0 分 4 こ, pt については 2 分 2 こ, 1 分 2 こ, 0 分 1 こ, -1 分 1 こである。

鹿野山以外の観測所では三成分ともに 1 分ずれた値が 6 例あるが観測上の系統的な誤差であろう。また 2 分ずれた例は 1 こもなかった。

第 14 表の結果で 0.4 分以下のものは完全に同時に立ち上ると考えてよいものであるが, 女満別の水平分力は柿岡より早く, 鹿野山は遅くなる傾向が見られる。鉛直分力は明らかに鹿野山だけが遅れていて, この表から鉛直分力が水平分力より遅れる量を求めると pi 2 (pt)・ssc・si および bay についてそれぞれ 1.0・0.9・1.2・1.5 分となり第 32 c 図に近い値となる。

水平分力の立ち上り時間の同時性について二三の人達が世界的分布を求めている。Nishida と Jacobs<sup>(14)</sup> が求めたものによると平均して極地方の方が早い。今道<sup>(15)</sup>は柿岡, 豊原 (地理的経度  $\lambda=142.8^{\circ}\text{E}$ , 緯度  $\varphi=46.9^{\circ}\text{N}$ ) および青島 (地理的経度  $\lambda=120.3^{\circ}\text{E}$ , 緯度

Table 14 The time lag between Kakioka and other observatories of the beginning time for pi 2, ssc, si and bay. (positive sign shows later than Kakioka)

	Number	Duration	Memambetsu			Kanozan			Simosato			Kanoya		
			H	D	Z	H	D	Z	H	D	Z	H	D	Z
pi 2	9	min. 0.9	min. -0.3	min. 0.0	min. 0.0	min. -0.2	min. 0.2	min. 0.8	min. -0.1	min. 0.0	min. -0.1	min. 0.2	min. 0.1	min. 0.2
ssc	25	3.5	-0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	1.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
si	16	3.5	-0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	1.5	0.1	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.1
bay	9	15	-0.1	-0.1	-0.1	0.4	0.3	1.9	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
mean			-0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	1.4	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.1

$\varphi=36.1^\circ\text{N}$  の 3 観測所の早回し記録から、磁気嵐が進行するとして、その速度を南から北に 100~200 km/sec, 西から東へ 800 km/sec であることを見出している。Nishida らの結果と少し異っている。きわめて不確かであるが、著者らの第 14 表の結果の中から水平分力について女満別・鹿屋と柿岡の時間差から求めると、北から南へ 100 km/sec 東より西へ 200 km/sec となる。

いずれにしても第 14 表に示した日本の 5 つの観測所では、その時間差は 0.1~0.2 分以下であると考えられるので同時で、鹿野山の鉛直分力だけが 1~2 分遅れて立ち上ることは確かな事実である。

鹿野山の鉛直分力の立ち上りの時間が水平分力のそれより遅れることの原因は全く分らないが、このほかにもこのような地点が見出されるかも知れないし今後興味ある問題である。

とくに地震予知のように、少し離れた地点で地点差を求めた資料から解析しようとする場合は重要になってくる。距離が近いからといってすべての現象について同時性がよくなるわけではない。

5.5 短周期変化の時間差と周期特性

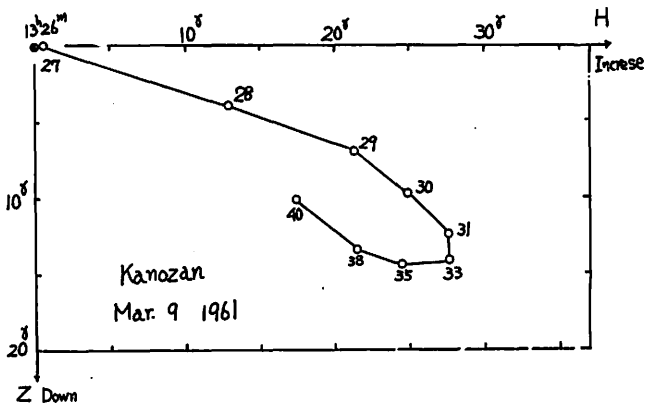


Fig. 33 a

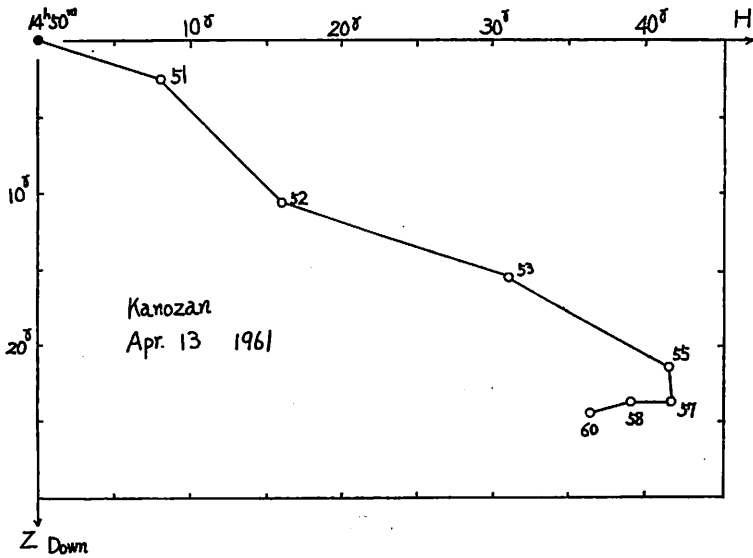


Fig. 33 b

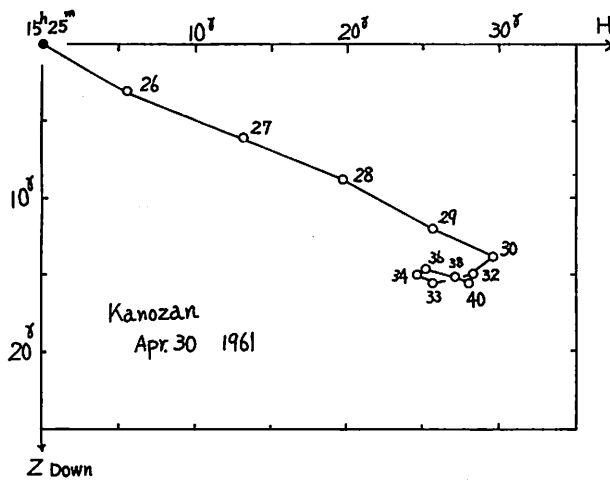


Fig. 33 c

前述したように水平分力と鉛直分力の変化ベクトルのダイヤグラムは大きなループになる。しかし ssc の立上りの部分については、水平分力とその水平分力の時刻より立上りの時間差の分だけ遅い時刻の鉛直分力とのダイヤグラムをとると、ダイヤグラムは直線になる。もちろん ssc が立上った頂点以降はループになる。すなわち ssc の立上りの部分では鉛直分力は全体が時間差だけ遅れた形となる。第 33 図はそれを示している。第 26 図にくらべると直線性がよく出ている。図の中の数字は水平分力の時刻を示した。これは pi 2 (pt) や si についても同じであるが、bay についてはそれ程直線性はよくならない。

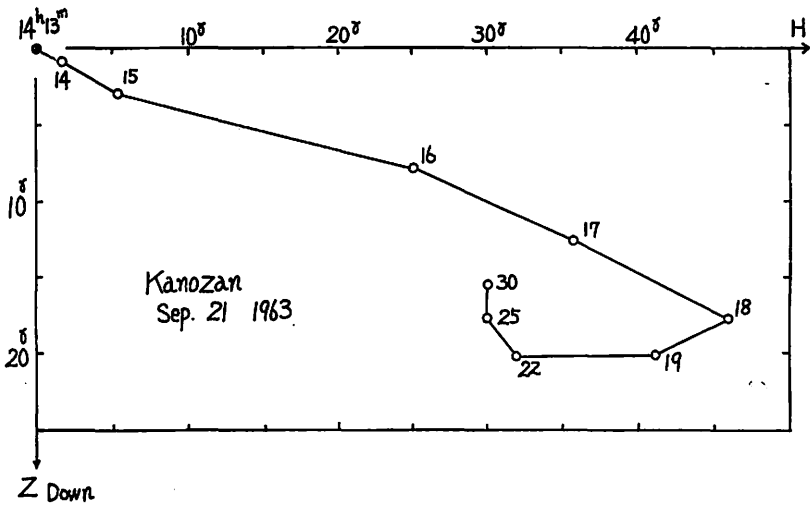


Fig. 33 d

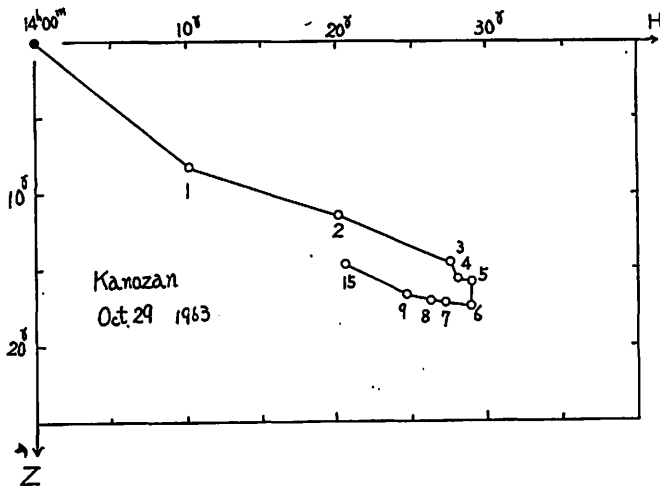


Fig. 33 e

Fig. 33 a~e The vertical vector diagrams due to variations of horizontal intensities (of true time) and corrected vertical intensities (by the shifting of 2 minutes) for ssc at Kanozan (cf. Fig. 26 a~e).

第 32 図に示されている Duration により時間差が異なることと、 $\pi/2$  (pt)・ssc・si はその時間差がずれただけで水平分力と鉛直分力の変化がよく似てダイアグラムが直線になることから、第 5 図に示した係数 A の周期特性を推定してみた。

現象の形を  $-\frac{\pi}{2} \sim \frac{\pi}{2}$  の間の正弦曲線と仮定し、この  $\pi$  の間を Duration とみな



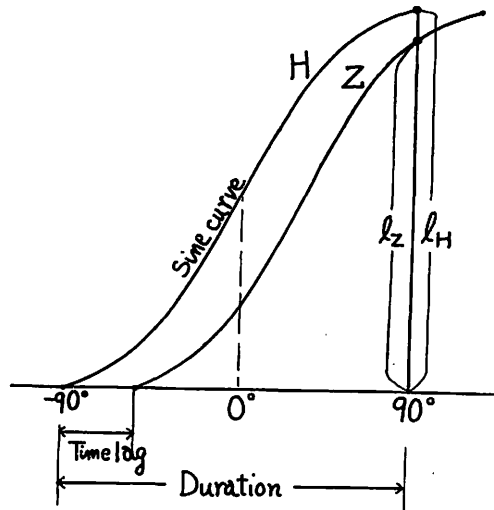
し、第 32 図から得られる Duration に対する時間差だけ遅れた位置に相当する値と、元の値との比を求め、さらに Duration 30 分のとき  $A=0.61$  として換算した。

例えば Duration 5 分に対しては、水平分力と鉛直分力の時間差は 1.50 分であるから  $l_z = 1 + \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\text{Time lag}}{\text{Duration}}$  と  $l_H = 2$  との比  $\frac{l_z}{l_H}$  の値 0.80 を求め、さらに  $A=0.61$  をか

けて 0.49 を求めた。これらの値の出し方は第 34 図に示した。このようにして求めた値と Duration との関係を図 35 図に示した。

第 35 図の実線の観測値と、第 34 図の方法で求めた値とはよく一致している。すなわち位相のずれが起っているため、 $A$  がその周期により変ることを意味する。

しかし逆に周期特性が同じ楕円では、位相のずれは起っていない。鹿野山でこの一致したことは偶然なのか、本質的なものか分らない。下里の ssc の立上りの所で  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が非常に大きくなり、次第に時間と共に小さくなるのは、第一報<sup>(2)</sup>では下里の周期特性のため ssc の立上りの初めの早い変化の所で鉛直分力が大きくなるのであると説明した。下里では鉛直



$$A = \frac{l_z}{l_H} \times A_{\Delta T=30}^{\min} = \frac{1 + \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\text{Time lag}}{\text{Duration}}}{2} \times 0.61$$

Fig. 34 The method to calculate  $A$  when the time lag exist.

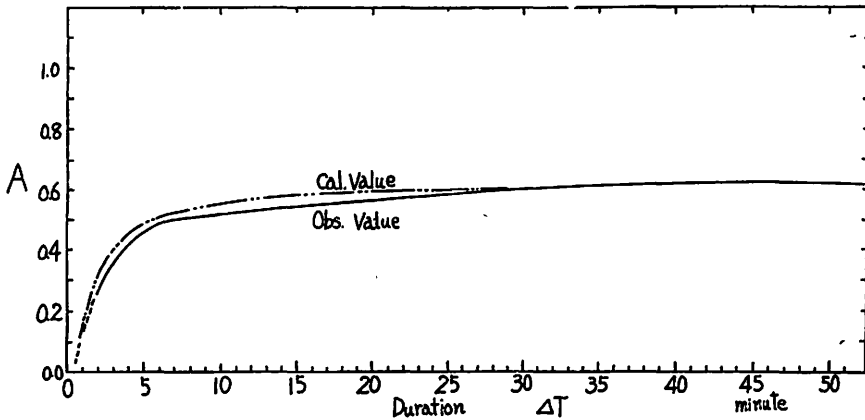


Fig. 35 The time response of  $A$ . The full line is the observed values and the dotted line is the calculated values when the time lags exist (Fig. 32 c).

分力の変化を時間的にずらしても、水平分力と鉛直分力のベクトルダイアグラムのループは小さくならない。一方鹿野山は単純に時間をずらすことによりループが小さくなるのは如何なる理由が分らない。下里と鹿野山では同じ考えで説明がつかぬ。

今後さらに調査を進めたいと考えている。

### 5・6 ま と め

鹿野山の変化ベクトルの異常はいくつもある。第1には水平分力と鉛直分力の変化ベクトルのダイアグラムが大きなループとなり、 $\frac{4Z}{4H}$  を定義するような直線部分のないことである。このため ssc や si の立上り部分で  $\frac{4Z}{4H}$  ( $A$  の値でも同じ) が時間と共に 0.0 から 0.7 に増加し、後一定値 0.55 に近づく。これは下里と逆の傾向である。また 100 km きり離れていない柿岡ではそのようなことはない。

第2に急変化現象の立上り時刻が鉛直分力は水平分力より 0.3~2 分遅れ、それは Duration が長くなると大きくなることである。女満別・柿岡・下里・鹿屋と比較してみると、水平分力は誤差の範囲ではあるが、他の観測所より遅れる傾向にあり、鉛直分力は明らかに 0.5~2 分遅れる。

第3には、100 km しか離れていない柿岡の水平分力と鹿野山の水平分力の比  $\frac{4H_{\text{Kanozan}}}{4H_{\text{Kakioka}}}$  は 1.4~1.1 であり、短周期ほど大きい。これは鉛直分力の異常以上に大きな異常であり、興味ある問題である。

第4には、pi 2 (pt) のような早い変化では、水平分力と鉛直分力との位相は  $90^\circ \sim 180^\circ$  もずれる。このため係数  $A$  は 0 になる。

第5には、直流電車による人工擾乱について、 $\frac{4Z}{4H} = 0.3$  でありベクトル  $S$  や水平分力と鉛直分力の時間差も pi 2 (pt) に似ている。これは柿岡の人工擾乱が鉛直分力だけに表われているのや、常盤線電化対策のときの観測点の  $\frac{4Z}{4H}$  が 2~3 であるのに比べると非常に様子が異なる。

ssc や si の変化は鉛直分力の値を立上りの時間差だけずらした時刻について比較すると、比例関係がある。もし現象が正弦曲線の変化をすることで、位相差により振幅比が Duration に対してどのように変化するかを求めると、実測の係数  $A$  の周期特性と一致する。しかしこれは偶然なのか、本質的なものか分らない。

柿岡にもっとも近い鹿野山の各種の特性は、想像以上の違いがある。このことは地震予知などの基礎研究のとき、地点差などにいろいろな問題をなげかけるであろう。

## 6. 調査結果のまとめ

第1節より5節までの全体についてまとめると、次のようになる。

(1)  $\frac{4Z}{4H}$  や  $\frac{4Z}{4D}$  などの読取りは、出来るだけ波形の単純な現象で、出来れば三成分とも位相が一致したものがよい。しかし位相差自身も興味ある問題である。

零線の引き方には色々問題が多い。ベクトルダイアグラムを用いて調査するのも有効である。

(2) 著者らの用いたベクトル  $S$  はパーキンソンベクトルと、水平面内でその向きが  $180^\circ$  ずれて丁度正反対で、その大きさはベクトル  $S$  は  $\sqrt{A^2+B^2}$ ,  $\tan \theta$  であり、パーキンソンベクトルは  $\sin(\tan^{-1}\sqrt{A^2+B^2})$ ,  $\sin \theta$  である。

(3) ベクトル  $S$  の  $A, B$  は正確に求め易いが、パーキンソンベクトルは計算の手数がかかる割合に不正確な値になりやすい。パーキンソンベクトルは変化ベクトルが一つの平面内に抱束されて変化するのを直観するのに都合よいが、こまかな議論をするには、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta D} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta H} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta D}$  などを求めて  $A \cdot B$  を計算して、ベクトル  $S$  についてやった方が確実である。

(4) 女満別・柿岡・鹿野山・下里・鹿屋の5箇所の固定観測所について、係数  $A \cdot B$  の周期特性・その分散・ベクトルなどを求めた。第1~5表にその結果を、第7・8図にそれを図示した。

いずれも Duration が数分より小さくなると周期特性が大きく、かつ係数の分散も大きい。周期特性は柿岡・鹿野山・鹿屋は似ているが、下里と女満別は違っている。係数の分散を標準偏差で示すと、最大は下里の  $B$  が  $\pm 0.9 \sim \pm 0.4$ 、最小は女満別の  $B$  で  $\pm 0.03 \sim \pm 0.04$  である。

これらの値は場所と周期により異なるから、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  などと他の現象との比較をするときは十分注意する必要がある。

(5) 柿岡・鹿野山・下里・鹿屋の長い周期では  $A=0.7$ ,  $B=0.1$  に近づく。これが日本の平均値であるまいか。

(6) 女満別では  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  は係数  $B$  に、柿岡・下里・鹿屋では  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は  $A$  に近い値である。しかし  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  はそれぞれ  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  や  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  および Duration の日変化のため、見掛上の日変化をする。この変化量は現象 (Duration の分類と同一) によって異なる。第12・14・18・21 図に各観測所の日変化を示した。

もっとも大きい日変化をするのは下里の ssc, 鹿屋の bay で  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化量は 0.27 になる。その他は 0.1~0.2 の日変化をしており、日変化のないのは鹿屋の si のみである。これらを第9表に示した。

(7)  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の日変化はいずれの観測所も同じである。第10・11表と第12, 14, 18, 21 図に示した。

(8) ssc と si の水平分力の Duration の日変化は、いずれの観測所も同じであるが、その振幅は北の女満別が大きく、そして平均値は小さい。

ssc について Duration は水平分力より偏角の方が、日変化量もその平均値も小さい。この結果を第10・11表と第12, 14, 18, 21 図に示した。

(9)  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化は  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  または  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  および Duration により周期特性を補正して  $A$  または  $B$  ( $\Delta T = \text{一定値}$ ) に換算すれば、変化はなくなる。この換算して日変化がなくなる様子を、第13・15・19・22 図に示した。

従来  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  と他の現象との関係を研究した報告があるが、詳しい議論では一定の Duration に換算された  $A \cdot B$  についてなすべきである。

(10) ssc の Duration は太陽活動度の盛んな時は小さくなり、第17図のような経年変

化をする。したがって ssc や si のように短周期現象では  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の日変化は年により異ってくる。

(11) 鹿野山の水平分力と鉛直分力の変化ベクトルのダイアグラムは大きなループになる。すなわち位相が大きくずれる。水平分力と鉛直分力とが比例して変化する直線部分がない。

$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  は ssc や si の立上りの部分で時間と共に 0.0 から 0.7 までゆっくり変化して、一定値 0.55 に達する。

(12) 鹿野山は柿岡より 100 km の真南にあるが、その水平分力の変化比  $\frac{\Delta H_{\text{Kanozan}}}{\Delta H_{\text{Kakioka}}}$  は 1.4~1.1 で短周期ほど大きい。

(13) 鹿野山の立上りの急鋭な現象について求めると、鉛直分力は水平分力より 0.3~2 分も遅れ、それは第 32 図に示すように Duration が小さくなると小さくなる。これは非常に異常なことで、興味深いことである。この位相差を利用して係数 A の周期特性を求めると、実測によく一致するが、それが本質的なものかどうかは分からない。

(14) 鹿野山の直流電車による人工擾乱は  $\pi/2$  によく似た特性がある。柿岡やその他多くの観測点での人工擾乱は鉛直分力のほうが水平分力より大きく、鹿野山だけ逆である。

以上のように各観測所の特性をその観測例を示して述べた。

## 7. 結 論

第 1・2 報で述べたと同じように日本における地磁気短周期変化ベクトルは各観測所ともに複雑で共通性が少い。そして近い距離にある観測所間でもその差異が大きい。周期が長くなってくるとベクトル  $\mathbf{S}$  は日本列島の弧状に直交した形になる傾向はあるが、短周期になると非常に複雑になっている。

前田ら<sup>10)</sup>のいうように巨視的にみれば、全世界の分布は単純であるが、詳しくみると地域差は大きい。また前田らは大陸と大洋の境の所で ssc の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  が大きくなることを理論的にうまく計算している。しかし著者らは、Duration が数分以下の短周期の現象では局地性が非常に大きいので、もっと浅い地下構造に影響されているものと考えている。

日本の観測所の周期特性やその分散、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化を詳しく調べ、今後の“Central Japan anomaly”の解折や、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  を用いてその時間的な変化と他の現象との関係を調べるのに便利ようにした。係数  $A \cdot B$  やベクトル  $\mathbf{S}$  の分散はそれぞれの地点で周期により変わってくる。その量は今後それらの資料を用いるときの信頼度を示すものとして重要な意味をもつ。

この係数  $A \cdot B$  または  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 、 $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の分散は短周期ほど大きく、それは主として各成分の変化に位相のずれが起るからである。また周期特性が大きく変るから、単一の波でなく複合された波になっている ssc や si では当然のように変化が複雑になり分散が大きくなる。しかし鹿野山についてはそのような考えでは説明出来ない。これらの本質については全く分からない。

$\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  の日変化は、従来余り問題にされていなかったが、今回の調査でかなりの量になっているのが分った。各観測所についてその現象によって日変化の形は異なる。この日変化する原因は、 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  または  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$  の日変化と Duration の日変化の2つの組合せである。一定の Duration に換算された係数  $A \cdot B$  は日変化しない。したがって細かい議論をするときは、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  を用いないで  $A \cdot B$  を用いるべきである。もちろん現象の特性と資料の取扱いに注意すれば  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  や  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  を  $A$  や  $B$  と考えてもその差はきわめて小さい。吉松<sup>(6)</sup>の使用した資料はこの注意がなされているから信頼度は高い。

従来 ssc や si の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  などについては、多少の注意がなされていたが、bay については日変化や  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  などの変化を考慮しないのが多かったが、決して無視しうるものではない。とくに発生時刻が特定な時刻に集中し易いだけに注意が必要である。また ssc や si については早朝に起こるものについては問題が多いから注意が大切である。

鹿野山で急鋭に始まる現象では、鉛直分力の発現時間が水平分力のそれより 0.3~2 分も遅れる。これは特殊な例として興味深い。原因は全く分らない。

また ssc や si の立上りで  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  ( $A$  でも同じ) が下里と逆に時間と共に増加する。これは水平分力と鉛直分力のベクトルダイアグラムが時計回りに回転することで、下里と考え合せて興味ある問題である。

鹿野山はベクトル  $S$  の周期特性が、柿岡によく似ているにかかわらず色々と差異が多い。鹿野山は柿岡の真南 100 km の所にあり、割合に近い距離あるが、鉛直分力の差だけでなく、水平分力の変化が柿岡の 1.1~1.4 倍もあり、短周期ほど大きくなる。これは鉛直分力の異常と同じく興味ある問題である。とくに今後地震予知のために数~数 10 km 離れた2つの観測所の地点差を求めるときには、すぐ問題になることである。また本質的な機構も今後さらに研究する必要がある。

鹿野山における直流電車による人工擾乱の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  やベクトルの様子は柿岡と全く異なり、その特性は  $\pi/2$  によく似ている。直流電車の人工擾乱は地形、線路、地下構造などに関係して複雑なものであるが、人工的に地下に大電流を流して、地下構造を調査する方法が進歩すれば、 $\pi/2$  (pt) などの短周期現象の機構が明らかにされるであろう。

Duration の日変化はすでに一二の人達に調査されているが、水平分力については Duration は北に行くほど短かくかつ日変化は大きくなる。偏角は水平分力より短く、日変化は小さい。水平分力の Duration が太陽活動度の大きいとき小さくなるという経年変化については、磁気圏の大いさを推定する資料として興味があると思われる。

鹿野山の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  などの日変化は資料整理が遅れ、今回の報告に間に合わないで次の機会にゆずりたい。また IQSY 期間中の数ヶ所の臨時観測所についてもその周期特性を調査してみたいと考えている。

これらにより、各観測所の特性は分ってきたが、その機構や原因を解明するには、さらに細かい分布で観測網を増加しなければならぬことを痛感する次第である。

## 謝 辞

本調査を進めるにあたり地磁気観測所長吉松隆三郎氏には多くの援助と指導をうけた。下里観測所の記録紙を借用させて戴いた下里ならびに水路部の人達の好意に感謝したい。鹿野山観測所長細田謙之輔氏はじめ職員には記録紙の借用について多くの好意をうけ、また国土地理院の職員からも多くの協力を得たことを感謝している。鹿屋出張所員栗原忠雄氏には鹿屋における調査資料について協力を、また地磁気観測所の職員にも多くの協力を、うけたことをあわせて感謝したい。

## 文 献

- (1) Special edition relating to "Upper Mantle Project IAGA Symposium IUGG-Berkely, August, 1963." (1964) *J. Geomag. Geoelec.* **15**, No. 4.
- (2) 久保木忠夫, 大島汎海 (1965): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第1報), 研究時報 (気象庁), **17**, 57~86.
- (3) 久保木忠夫, 大島汎海 (1965): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第2報), 研究時報 (気象庁), **17**, 130~152.
- (4) Parkinson, W.D. (1962): The influence of continents and oceans on geomagnetic variations. *Geophys. J.*, **6**, 441~449.
- (5) 吉松隆三郎 (1964): 地磁気常時観測結果と地震 (Ⅲ)一短周期変化の時間変化の局所性一, 地磁気観測所要報, **11**, No. 2, 55~68.
- (6) Rikitake, T. and I. Yokoyama (1955): The anomalous behaviour of geomagnetic variations of short period in Japan and its relation to the subterranean structure. The 6th report. (The results of further observations and some considerations concerning the influences of the sea on geomagnetic variations.) 地震研究所彙報, **33**, 297~331.
- (7) Parkinson, W.D. (1959): Directions of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J.*, **2**, 1~14.
- (8) Rikitake, T. (1965): Some characteristics of geomagnetic variation anomaly in Japan. *J. Geomag. Geoelec.*, **17**, No. 1, 95~97.
- (9) Maeda, R., T. Rikitake and T. Nagata: Sudden commencements of geomagnetic storms and their local irregularities. *J. Geomag. Geoelec.*, **17**, No. 1, 69~93.
- (10) 大島汎海, 来栖喜久男 (1962): 地磁気短周期変化場における  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  について, 地磁気観測所技術報告, **2**, No. 2, 28~35.
- (11) Kakioka Mag. Obs. (1960): Report of the geomagnetic and geoelectric observations 1957~1958.
- (12) Kakioka Mag. Obs. (1962): Report of the geomagnetic and geoelectric observations 1959~1960.
- (13) 横内幸雄 (1953): 柿岡における地球磁気擾乱の観測結果 (1924~1951), 地磁気観測所要報, **6**, No. 2, 240~248.

- (14) Nishida, A. and J.A. Jacobs (1962): World-wide changes in the geomagnetic field. Proceedings International Conference Cos. Rays and Earth Storm, I. Earth Storm, 39~44.
- (15) 今道周一 (1933): 磁気嵐及び脈動変化の発現時比較に関する調査, 柿岡地磁気観測所要報, 1, No. 4, 32~43.

## The Anomaly of Geomagnetic variation in Japan (Part 3)

T. KUBOKI and H. OSHIMA

### Abstract

The relation between the three components ( $\Delta H$ ,  $\Delta D$  and  $\Delta Z$ ) of the vector expressing the magnetic rapid change is approximately expressed by the following formula,

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D,$$

where  $H$ ,  $D$  and  $Z$  indicate northerly horizontal intensity, easterly declination and downward vertical intensity, respectively, being measured by gammer unit.

In this paper, the authors study in detail the change of durations of phenomena and the standard deviations of the coefficients  $A$  and  $B$  in the above formula at the five permanent observatories, Memambetsu, Kakioka, Kanozan, Simosato and Kanoya, in Japan. It is found that the  $A$  and  $B$  vary considerably with the change of duration of the variation concerned, and their standard deviations become also greater as the periods of the rapid changes become shorter. The greatest standard deviation appears at the  $B$  of Simosato, as the duration of the rapid change is 2~3 minutes, and its value is  $\pm 0.9$ . The smallest standard deviation appears at the  $A$  of Kanoya and the  $B$  of Memambetsu, and it is  $\pm 0.04$ .

The  $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$  of Memambetsu and the  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  of Kakioka, Simosato and Kanoya show diurnal changes. Amplitudes of these diurnal changes are 0.10~0.27. They are too large to be neglected in delicate studies. It is interpreted that these diurnal changes are not substantial but apparent results which are derived from the diurnal changes of  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  (or  $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ ) and "duration" of the rapid change.

In ssc and si, the more north the observatory lies, the smaller the "duration" for  $\Delta H$  of ssc (or si) becomes and the larger the diurnal change of the "duration" becomes. The "duration" and its diurnal changes for  $\Delta D$  of ssc (or si) are smaller than those of  $\Delta H$ . Also it is found that the secular change of the "duration" for  $\Delta H$  of ssc (or si) have a reverse correlation with the Wolf's relative sun-spot number. Accordingly, the diurnal change of  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  in ssc (or si) is affected by the solar activity.

At the Kanozan observatory, which is situated at a distance of 100 km to the south of Kakioka, the "Parkinson vector" and the coefficient  $A$  and  $B$  are similar to those of Kakioka. But the phase of  $\Delta Z$  is very delayed against that of  $\Delta H$ , while this

event is not found at Kakioka and Kanoya. At Simosato the phase of  $\Delta Z$  is fast on the other hand.

In phenomena having sharp beginning at Kanozan, the beginning times of  $Z$ 's are delayed 0.3~2 minutes against those of  $H$ 's. This delay is about 1.5 minutes in ssc's. The longer the "duration" becomes, the larger this delay becomes. The cause of this event is not evident now at all, but this is a very interesting problem.

The vector  $S$  defined by the authors is made comparison with the "Parkinson vector", and the utility of  $S$  is discussed.