

## 地磁気常時観測結果と地震 (IV)

—pc 3-4 及び pi 2 の  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  の時間的变化—

吉松隆三郎

### 概要

鹿屋における pc 3-4 及び pi 2 の最大振巾の比  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  の周期および  $\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}$  特性をしらべ、それらの月平均値の時間的变化と鹿屋附近の主要地震と関係を調査した。pi 2 は規格 A および B に主としてしぼったので資料数が少なくなったが、月平均値の時間的变化は pi 2 も pc 3-4 もほとんど同様な経過を示しており、それらの極小値の月はほとんどの地震の発生月と一致し、地震の規模 M とも概略直線的関係がみられる。この結果はすでに通常の地磁気短周期変化の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  について得た結果と同じである。今回のしらべと従来の結果とをあわせ考えると、地震に伴う地磁気（鉛直分力）変化は周期の長いものが早くあらわれ短くなると次第におくれてあらわれ、地震の原動力となるエネルギーが地下の深いところから浅い方にうつってゆくかのようにみえる。今後多くの資料及び地点で詳しくしらべることが大切と思う。

### 1. 結 言

同じ標題の第Ⅲ報追記にも述べたように、通常の地磁気短周期変化の最大振巾比  $\frac{\Delta Z}{\Delta H(D)}$  の月平均値の時間的变化については 1958~62 年にわたり柿岡、女満別及び鹿屋の常時観測資料につきしらべたが、もっと周期の短い変化については調査不十分であったので、今回は鹿屋の1960~62年の pc 3-4 および pi 2 の最大振れの振巾較差の比  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  をしらべた。採用された pc 3-4 および pi 2 の全期間の平均周期はそれぞれ19秒および54秒であった。磁力計(1)は3成分とも有効面積  $10^9 \text{cm}^2$  の大線輪を地下に埋めた誘導型のもので、 $\dot{X}$ ,  $\dot{Y}$ ,  $\dot{Z}$  を連続自記測定する。感度は  $\dot{X}$ , 0.056  $\gamma/\text{sec}/\text{mm}$ ;  $\dot{Y}$ , 0.054  $\gamma/\text{sec}/\text{mm}$ ;  $\dot{Z}$ , 0.025  $\gamma/\text{sec}/\text{mm}$  である。その周期特性は周期数秒から 100 秒位まで感度はほとんど一定であり、自記紙のおくりの速さは 12mm/分 である。

今回の調査によると、pi 2 の  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  はその周期  $T$  と直線的関係がみられるが  $\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}$  にはほとんどいぞんしない。これに反して pc 3-4 は  $T$  にほとんどよらず  $\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}$  と直線的関係がみ

られる。よってこれらの直線関係を利用して  $\frac{\Delta Z}{\Delta X}$  を  $T$  或は  $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$  の或る値に標準化したものの月平均値を計算し、これが時間的にどうかかわるかをしらべたわけである。その結果は pc 3-4 と pi 2 はほとんど平行した変動をしている。そしてこれらの極小値の月には鹿屋附近の主要地震（地震月報）が起っている。これは既に  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  について報告したものと同様な結果である(2)。ただ  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の場合は、極小値の月が地震の起った月より 1~2ヶ月先行しておることが異っている。またこれら極小値と地震の規模  $M$  とは概略直線的な関係がみられることも  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  の場合と同様である。

今回のような調査はさらに多くの資料と長期間にわたり、また多くの地点について行ってゆかねば、確実な結論はでがたいものであるが、少なくともここにえられた結果は地磁気鉛直分力の変化と地震との関係に新しい事実を加えるものといえる。

### 2. 観測資料

pi 2 は規格 A および B の顕著な現象のみを採用したので資料数は少く少なかった。3ヶ年間の月平均資料数は13ヶである。しかるべき規格 C のものも算入して資料を多くして追試を試みることも必要であろう。3ヶ年間の全資料 473 ヶの平均周期は54秒であった。pi 2 にはより短い周期の波が重畳しておる場合が屢々あるが最大振巾の較差を求めるときはこれを平滑したものについて求める。

pc 3-4 は規格 A および B のものが、pi 2 よりもさらに少いので C 規格のもののうち、比較

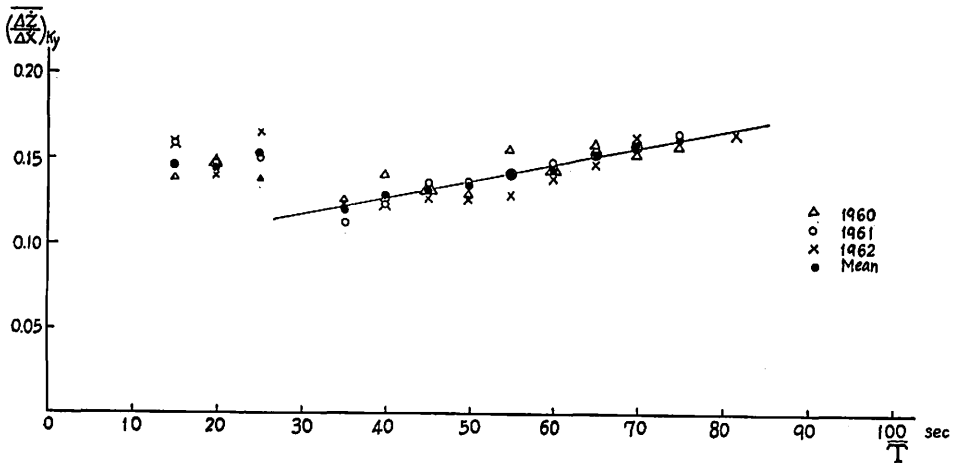


Fig. 1. Relation between the ratio of the double maximum amplitudes of  $\left(\frac{dZ}{dt}\right)_{Ky}$  and  $\left(\frac{dX}{dt}\right)_{Ky}$ ,  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)_{Ky}$ , of pc 3-4 and pi 2 and period  $T$  at Kanoya.

的きれいな波形のつづいたものをなるべく多く採用するように心がけた。1960~1962年IX月までの月平均資料数は23ケであった。全期間713ケの資料の平均周期は19秒となる。pc 3-4の各成分間の位相差は、 $\widehat{Y-X}=\pi\pm\delta_{xr}$  ;  $\widehat{Y-Z}=\pi\pm\delta_{rz}$  とすると  $\delta_{xr}, \delta_{rz}\lesssim\frac{\pi}{5}$  のものが読取った資料の90%以上に及んでいる。したがって今回の調査はこの関係にある pc 3-4のみを取扱うことにした。この位相差については太陽活動期においてもほぼ同様なことがみられている(3)。

最大振巾の較差  $\Delta\dot{X}$ ,  $\Delta\dot{Y}$ ,  $\Delta\dot{Z}$  の読取りはすべて10倍拡大鏡で適当な基線をもとにして行った。

### 3. $\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}$ と $T$ および $\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}$ との関係

通常の短周期変化(周期数分から数10分)の  $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$  におよぼす  $\frac{\Delta D}{\Delta H}$  の影響については、従来取扱った資料の制約内では小さいのでとくに議論をしなかったが、ここに採用した pi 2 および pc 3-4 の  $\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}$  について資料数の関係で特別な制限がつけられなかった。それでまず

$\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}$  と  $\bar{T}$  および  $\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}$  との関係をしらべる。

まず  $\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}$  と  $T$  との関係は第1図のようになる。測点は  $T$  を5秒区切りした各年の平均値を示した。図示のように pi 2 はほぼ直線  $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)=0.088+0.97\cdot 10^{-3}\bar{T}(\text{sec})$  で近似される。pc 3-4 の方は  $\bar{T}$  による有意な差がみられない。

次に  $\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}$  と  $\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}$  との関係をしらべると第2図(a),(b)である。第2図(a)のように pi 2 の  $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)$  はほとんど  $\left(\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}\right)$  によらないが、pc 3-4 は第2図(b)のように  $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)$  と直線的関係、 $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)=0.058+0.110\left(\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}\right)$  がみられる。

### 4. $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)$ と鹿屋附近主要地震との関係

前節の結果によって pi 2 については平均周期  $T_m=54$  秒に標準化した  $\left(\frac{\Delta\dot{Z}}{\Delta\dot{X}}\right)$  の値  $(\text{pi } 2)_m$  を、また pc 3-4 については同様に  $\left(\frac{\Delta\dot{Y}}{\Delta\dot{X}}\right)=0.8$  に標準化した値  $(\text{pc } 3-4)_m$  を求め、それぞれの月平均値を第3図の黒丸で示した。なお比較のため白丸で pi 2 の観測値そのものを示

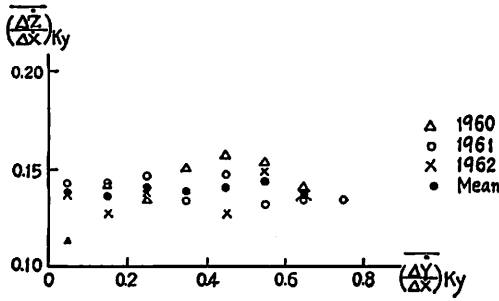


Fig. 2(a). Relation between  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)_{Ky}$  and  $\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)_{Ky}$  of pi 2 at Kanoya.

した。

図を一見してもわかるように  $(pi\ 2)_m$  と  $(pc\ 3-4)_m$  の月々の変動はよく似ている。少なくとも両者の主要な極小値は同じ月に起っている。さらに注目されることは、それらの主な極小値の月には最下段に示すように鹿屋附近の主要地震のほとんど全部が起っていることである。したがって地震の規模  $M$  と地震の起っている月の  $(pi\ 2)_m$  および  $(pc\ 3-4)_m$  の値とをプロットすると第4図の白および黒丸

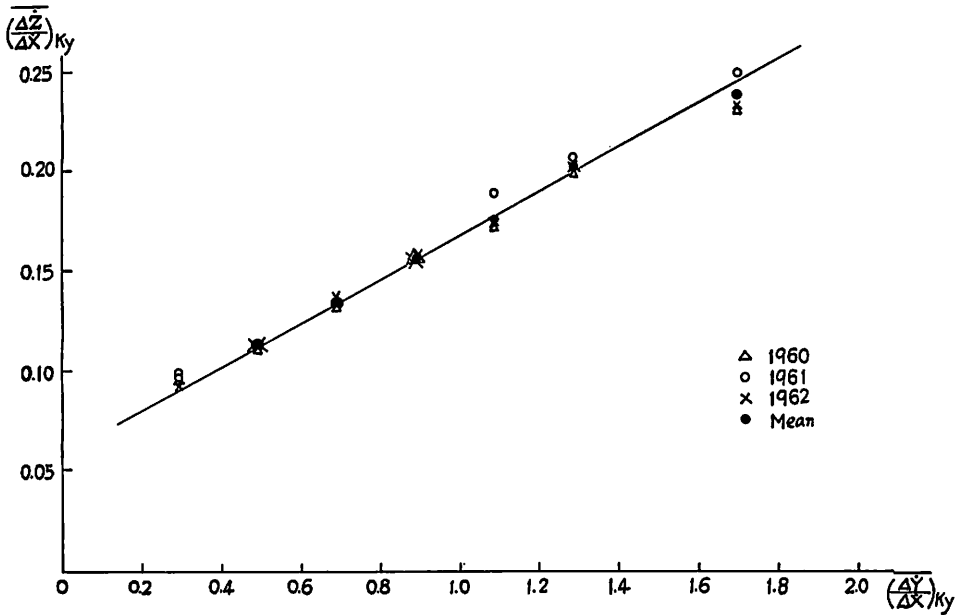


Fig. 2(b). Relation between  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)_{Ky}$  and  $\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)_{Ky}$  of pc 3-4 at Kanoya.

となる。pi 2 の観測値の場合はクロスである。両者ともほぼ直線関係がみられる。この直線の傾斜は  $(pi\ 2)_m$  の方が  $(pc\ 3-4)_m$  の約 2.5 倍大きい。今後この関係はもっと多くの資料によって確実にされることが必要である。ともかくもこれを見とめて2つの直線を延長したとすると  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right) \doteq 0.15$ ,  $M \doteq 5.4$  で切り合うことになる。すでに  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  と  $M$  との関係をしらべたときは、 $M=5.5$  の場合は  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  の変化に対応がみられないことが指摘さ

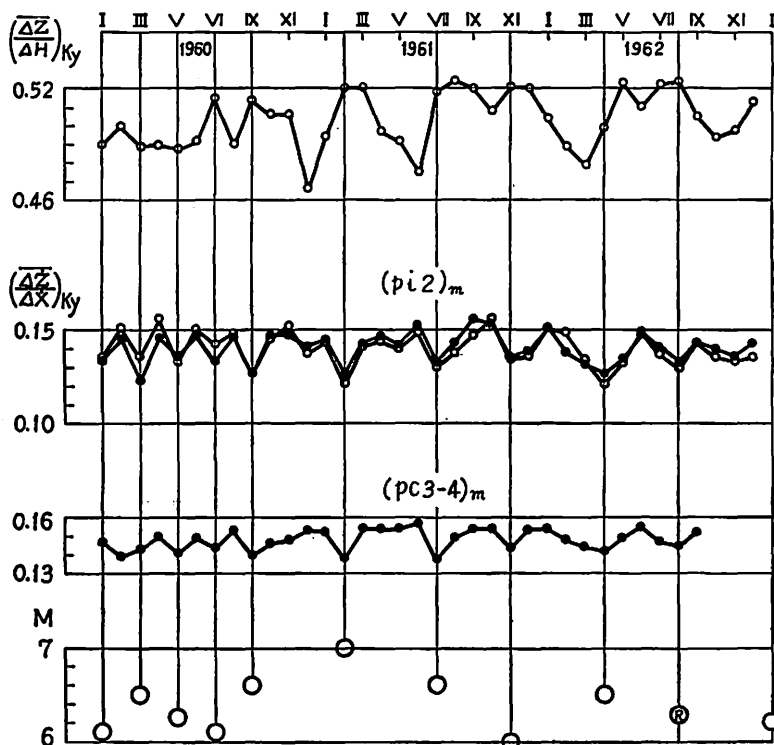


Fig. 3. Uppermost curve represents the monthly mean values of the ratios of the maximum amplitudes of Z and H,  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  of so-called short-period changes at Kanoya. Middle curve  $(\pi 2)_m$  expressed by black circles shows the monthly means of  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)'_s$  of  $\pi 2$  normalized at  $T=54$  sec., while that by white circles does the observed values. Lowest curve  $(pc 3-4)_m$  shows the monthly means of  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)'_s$  of pc 3-4 normalized at  $\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)=0.8$ . M is the magnitude of the major earthquake near Kanoya, where R represents a remarkable earthquake with its magnitude unpublished yet.

れた(2). 今回の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right) \cong 0.15$  および  $M \cong 5.4$  ということは第3図からもみられるように  $(pc 3-4)_m, (\pi 2)_m$  の地震のない月の値はほぼ0.15で、でたらめな分布をしてないので、やはり  $(\pi 2)_m, (pc 3-4)_m$  にも  $M \leq 5.5$  の場合は地震との関係がみられないことを示すものである。

次に注目されることは  $(\pi 2)_m, (pc 3-4)_m$  と、すでにえた  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  との比較である。第3図最上部の図でもみられるように通常の短周期変化の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  の主要極小値は地震発生月

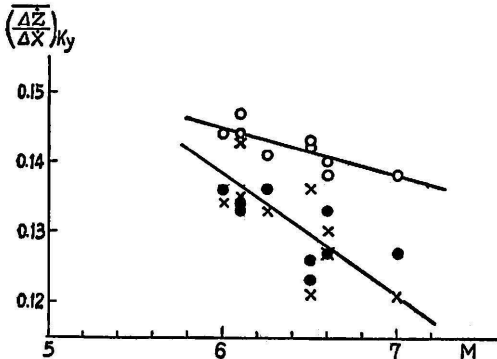


Fig. 4. Relation between the minimum values of  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  and  $M$ , where white and black circles represent (pc3-4)m and (pi2)m, respectively; crosses show the case of observed values of pi2.

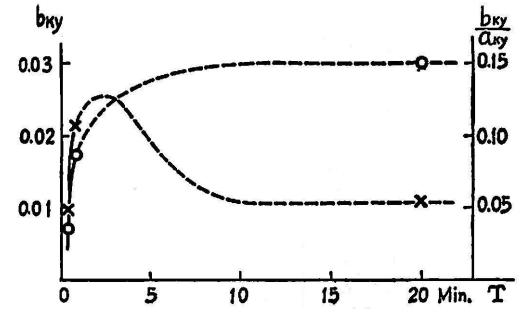


Fig. 5. White circles represent the relation between  $b_{ky}$ 's and mean period  $T$ 's of (pc3-4)m, (pi2)m and  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$ , where  $b_{ky}$ 's are the inclinations of the regression lines in Fig. 4 and in the similar figure in the previous paper.  $a_{ky}$ 's are the normal values of (pc3-4)m, (pi2)m and  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$ , being independent of earthquakes.

より1~2ヶ月先行していることは既報のようであるが、(pi2)<sub>m</sub> および (pc3-4)<sub>m</sub> では極小と地震が同じ月に起っている。これが確実とすれば、地震に伴う影響は周期の長い地磁気変化に早く現われ、周期の短いものには遅れて現われることになる。周期の長い地磁気変化ほどその地球内部電磁誘導作用に地球の深い部分の電気伝導度の分布が利くことを考えると、また地震の起っている月の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  は、地震のない月、或はここで取扱っていないような

$M$ の小さい地震の起っている月の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  とほとんど等しいこともあわせ考えると、あたかも地震発生の3~4ヶ月あるいはそれ以前から地球の相当深いところのかなりの拗りをもった部分に何等かの物性変化が起り初め、その変化は地震発生前1~2ヶ月に最も強くなり、やがて消衰し、地震発生の月になるとほとんどなくなってしまうが、これはより浅い部分に波及し、ここでは地震発生の月或は前月頃から影響が現われだし、月平均としては地震の月が最も変化が大きくなるような経緯が地球内部に起っているかのようにみえる。主要地震を起すエネルギーが地下の深い部分から徐々に浅い部分に上達してくるかのようにみえる。これは一つの推測に過ぎないが甚だ重要なことであるので考えられるいろいろの角度から今後慎重にしらべてゆかねばならない。

第4図の直線の傾斜係数( $b_{ky}$ )を(pi2)<sub>m</sub>, 0.0173; (pc3-4)<sub>m</sub>, 0.0069および既報の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$ , 0.0299とすると、それらと pi2, pc3-4 および  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  の平均周期との関係は第5図である。ただし  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  に対する平均周期は20分とした。  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  は  $T \geq 10$  分に対しては

ば一定である。もし主要地震の起ってない月のいわば標準の  $(\pi 2)_m$ ,  $(pc 3-4)_m$  および  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  の値  $(a_{Ky})$  をそれぞれ 0.150, 0.150 および 0.520 とすると,  $\frac{b_{Ky}}{a_{Ky}}$  の  $T$  による分布は第5図で, あたかも周期3分前後のところに最大値があるようにみえる。いろいろな  $T$  に対する上記のような結果があれば確かめられる筈である。これには脈動スペクトル解析の問題が伴う。

今回は整理の都合で第3図  $(\pi 2)_m$  及び  $(pc 3-4)_m$  の月平均値の信頼限界を示してないので不徹底であるが, 両者とも資料数や周期が異なるにかかわらずよく似た変化をしており, また地震との関係についてはすでに多くの検討された資料によって  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta H}\right)_{Ky}$  についてみたいくつかの結果と同様な事実をえたことから, かなり確かなものと思われる。今後資料数を増して検討すべきである。一応これらの月平均値を使って全期間を地震の起っている月と, 起ってない月との2群に分け, 各群の平均の  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)$  を求めてみると  $(\pi 2)_m$ ,  $(pc 3-4)_m$  ともに1%以下の危険率で有意な差を認めてよい。 (1964. XI)

#### References

- (1) Rep. Geomag. Geoele. Obs. IGY. (1960), Kakioka Mag. Obs.
- (2) Yoshimastu, T., (1964), Memo. Kakioka Mag. Obs. 11, No.2.
- (3) Yoshimastu, T., (1961), Memo. Kakioka Mag. Obs. 10, No.1.

## Results of Geomagnetic Routine Observations and Earthquakes (IV)

Local Time Changes of  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)$ 's of pc 3-4 and  $\pi 2$  at Kanoya

T. YOSHIMASTU

In this paper  $\left(\frac{\Delta Z}{\Delta X}\right)$ 's of pc 3-4 and  $\pi 2$  at Kanoya are examined in their characteristics in respect to the period  $T$  and  $\left(\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}\right)$ , based on the rapid run records for the period from 1960 to 1962. The time derivatives  $\dot{X}$ ,  $\dot{Y}$ , and  $\dot{Z}$  of the pulsations and other rapid changes have been observed at Kanoya by air-core induction magnetometers since the IGY. (1) The double maximum amplitudes of the largest oscillation,  $\Delta \dot{X}$ ,  $\Delta \dot{Y}$ , and  $\Delta \dot{Z}$  are scaled out for  $\pi 2$  with the quality A or B, and pc 3-4 further including rather regular fine waves with quality C and with phase differences,  $\widehat{Y-\dot{X}}$

$= \pi \pm \delta_{YX}$ ,  $\widehat{Y-Z} = \pm \delta_{YX}$ ,  $\delta_{YX}$  and  $\delta_{YZ} \lesssim \frac{\pi}{5}$ . The total number of material of pc 3-4 and pi 2 used for the investigation are 713 and 473, respectively.

The relation between  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  and T is shown for the means of successive five-second interval of T in Fig. 1, showing a fairly well correlated linear relation for pi 2, but not so for pc 3-4. The dependency of  $\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}$  on  $\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}$  is expressed in Fig. 2, in which pc 3-4 shows a linear relation while pi 2 does not so.

In the previous paper (2) the time changes of the monthly values,  $\left(\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}\right)_m$ 's, of so-called short period changes with period of several minutes to several tens minutes were examined to show an intimate correlation with the activity of major earthquakes near the station. Then it is very interesting to obtain here the similar results in wide range of T of geomagnetic rapid changes. (Fig. 3-5) In Fig. 3  $(pi\ 2)_m$  and  $(pc\ 3-4)_m$  are shown by the normalized mean monthly values of  $\left(\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{X}}\right)_m$ 's at  $T=54$  sec. and  $\frac{\Delta \dot{Y}}{\Delta \dot{X}}=0.8$ , respectively, using the linear relations mentioned above.

It should be noted, however, that most major earthquakes occurred in the very months of the minimum values of  $(pi\ 2)_m$  and  $(pc\ 3-4)_m$ , while those of  $\left(\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{H}}\right)_m$ 's preceded one or two months the major earthquakes as shown atop in Fig. 3. Considering this fact and that the minimum values of  $\left(\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{H}}\right)_m$ 's are recovered to the normal values of  $\left(\frac{\Delta \dot{Z}}{\Delta \dot{H}}\right)_m$ 's in the very months of major earthquakes, it may be suggested that some agency responsible for the occurrence of a major earthquake may be originated somewhere below the hypocenter in the deeper part of the earth three or four months before the earthquake, where the major part of the electric current corresponding to the so-called short period change flows, and may occur gradually an anomalous change of the distribution of the electric conductivity there, becoming largest one or two months before the earthquake. On the contrary, the change of the conductivity in the shallower part of the earth begins to occur about one month before the earthquake and attains the maximum in the very month of the earthquake as if the energy of the agency were propagated into the shallower part where the major part of the electric current responsible for pc 3-4 or pi 2 flows.

More data in longer period and more precise analysis at other stations are very desired hereafter.