

磁氣嵐及び脈動の發現時比較に關する調査*

今 道 周 一

On the Times of Sudden Commencements of Magnetic Storms and Magnetic Pulsations.

By S. Imamiti.

Abstract: The absolute times of beginning of abrupt magnetic disturbances of Horizontal intensity were observed at Kakioka, Toyohara, and Tsingtau with more precise manner than hitherto used, and with improved magnetograph, which are all the same pattern specially made for the purpose of this investigation. For the magnetograph 12 mm.-15 mm. of the abscissa-scale corresponds to a time-interval of one minute or 36-48 times longer than ordinary one. Eight abrupt magnetic storms are observed from October, 1932 to December, 1933, of which five storms were available. The results are as follows:

At Kakioka and Tsingtau, the magnetic storms were observed every case 6-10 seconds earlier than at Toyohara, and this range of time reterdation seems to depend on the types of commencement of storms. If the magnetic impulse traveled, the velocity of propagation in the north hemisphere would be 100-200 km./sec. from lower magnetic latitude to higher.

The time of occurrence of pulsation (Elementarwellen) are also compered, and the following result is obtained.

Pulsations at those three observatories occur simultaneously in one second.

Errors due to variometers used are discussed.

地球磁氣變化の磁場は大別して二つと爲す事が出来る。其の一は日變化の磁場であり、他は擾亂の磁場であつて永久磁場が地球の内部に原因を有するに反し、變化の磁場の大部分は其の原因が大氣の上層に存在すると考へられる。擾亂の磁場中磁氣嵐に關した主な研究は Kr. Birkeland の見事な實驗、C. Störmer の勞多き計算を始めとして、N. A. F. Moos, S. Chapmann, G. Angenheister 及び F. A. Lindemann 等の研究がある。擾亂の磁場は日變化の磁場に比し複雑であつて、其の原因を説明するには此等に關する詳細な觀測が必要であるが、地球磁氣學が古い學問であるに係ず、其の變化測定方法には進歩の跡が極めて少ない。

擾亂の磁場として最も著るしいものは所謂磁氣嵐であつて、特に發現が比較的急激なものはその典型的なものである。脈動狀變化も著るしいものの一つであつて變化が規則的である處に特長がある。以下に述ぶる事は此等二つの現象の發現時が場所によつて異なるかどうかを調査したもので、従來の此種の調査の正確度に一步を進めたものであると思ふ。

* 此の調査中磁氣嵐の發現時に就いての結果は C. R. Assenblée Lisbonne, 1933, Union Géod. Géophys. Internat., Ass. Mag. Electr. Terr., Bull. No. 9, p. 149-157. p. 276-278. (1934), 及び同報告 Bull. No. 10. (Trans. of Edinburgh meeting, 1936.) p. 174-177. に既に發表されたものである。

此の調査は豊原地磁氣觀測所に於ては昌山久尙氏、青島測候所に於ては故伊藤小三郎氏の御盡力に負ふ事大であつて、筆者は三觀測所で行つたものをまとめたに過ぎないものである。此處に兩氏に對して厚く謝意を表する。

調査の内容を述ぶるに先つて、此種の研究が如何なる經路を通り現在どの程度のものであるかを記する事にする。

磁氣嵐に關して地球上の廣範圍に亘る材料から組織的に研究したのは、W. G. Adams⁽¹⁾であつて、磁氣嵐が各地に於て其の變化の形、週期等が殆んど同一である事を發表した。續いて、W. Ellis⁽²⁾は1880年8月11日の磁氣嵐に就いて Greenwich と Zi-ka-wei との比較から嵐が兩地で殆ど同時に起る事を述べ、更に W. G. Adams⁽³⁾は同一嵐に就き九個所の觀測所の材料から Ellis と同様の結果を得た。其後 Ellis⁽⁴⁾は更に1880年4月16日から1889年9月17日までの間に起つた磁氣嵐に就き八個所の觀測所を利用し、三要素(偏角、水平分力、鉛直分力)の嵐の發現時の平均をとり、此れを觀測所全體に就いて平均を求め、此の平均と各觀測所の發現時との差を求めた。其の結果は+2.4分から-2.9分の兩極限值を得たが、此の差異は記録装置に起因する誤差か、或は眞の發現時刻に差異があるものかは尙疑問として居つた。W. van Bemmelen⁽⁵⁾は Batavia の豊富な材料に就き詳細な調査をなし、同一場所に於ても三要素は必ずしも同時刻に發現するものではない事を示した。Kr. Birkeland⁽⁶⁾は1902-1903年の磁北極附近の觀測を整理して、各地共殆ど同時刻に起る事を示してゐるが時刻の差を求むるにはより正確な記録装置を使用せねばならぬ事を強調した。上記の人々は總て磁氣嵐は各地に於て殆ど同時刻に起ると云ふ定性的な發表をしたのみであつたが L. A. Bauer⁽⁷⁾は始めて定量的な研究を發表した。彼れは1902年5月8日の磁氣嵐に就き二十五個所の觀測所の材料から嵐は主として西方より東方に進行し地球を一週するに3.5分乃至4分を要すると云ふ結果を得た。其の直後 R. L. Faris⁽⁸⁾は1906年から1909年間の磁氣嵐15回を Portorico, Cheltenham, Baldwin, Sitka, 及 Honolulu の五個所に就いて調査し Bauer と同一の結果を得た。此の兩者の定量的な發表から此の問題が注意を呼び、引き續き O. Kroggress,⁽⁹⁾ G. W. Walker,⁽¹⁰⁾ L. A. Bauer^{(11),(12)} C. Chree,^{(13),(14),(15)} R. L. Faris,⁽¹⁶⁾ Van Daijk,⁽¹⁷⁾ Kr. Birkeland,⁽¹⁸⁾ S. Chapman,⁽¹⁹⁾ 等の研究及び論議が發表された。特に Chapman は磁氣嵐は東より西に傳はる事を論じ E. W. Maunder⁽²⁰⁾の説によつて此れを説明せんと試みた。1913年に G. Angenheister^{(21),(22)}は Apia, Batavia, Tsingtau, 及 Cheltenham の四つの觀測所を利用し、自記装置の回轉圓筒の回轉を早くして、磁氣嵐及び脈動の起時に就き調査した。磁氣嵐の起時に就いては適確な結果は得られなかつたが脈動に關しては $B_a - T_s = -2.84 \pm 2.86$, $B_a - A_p = +3.80 \pm 2.82$, $T_s - A_p = +5.84 \pm 2.86$ と云ふ結果を得地球の半面に亘る廣範圍に於ても脈動は測定誤差の範圍である數秒以内に於て同時に起

る事を示した。1925年 L. A. Bauer⁽²³⁾ 及び W. T. Peter は R. L. Faris が用ひた 1906-1909 年の材料を整理し、更に 1922-1925 年の材料から Watheroo, 及び Huancayo 等南半球の新設觀測所をも利用して、材料の取扱ひを正確にし次の結論を得た。即ち“磁氣嵐は地球上各地に於て同時に起るものに非ず、其の進行方向は東西方向に關しては不定であるけれども共進行の早さは約 1000 km./sec. である。又磁氣的緯度に關しては赤道から極の方へ約 100 km./sec. の速さで進行する”と云ふのである。彼れは此の論文で西から東へ進む事に就いては R. L. Rode⁽²⁴⁾ の説を引用してゐる。南北方向への時刻差を測定したのは Bauer が最初であつた。日本では岡田博士⁽²⁵⁾ が柿岡と Cheltenham の材料から 1926 年 1 月 27 日の磁氣嵐は約 70 km./sec の速さで東から西の方へ進行した事を發表された。田中館博士⁽²⁶⁾ は 1932, Oct., 24, 1933. April, 30 及び同年 May, 29 の三急始嵐に就いて 29 個の觀測所から材料を得られ此れを 1933 のリスボンに於ける國際地磁氣空中電氣協會會議に報告されてゐるが結論は與へられてゐない。J. Egedal⁽²⁷⁾ は田中館博士の報告された材料から次の結論を得てゐる。(1) 多くの材料から傳播速度を出す事は不可能である。(2) 地球の半徑に等しい距離を嵐が傳播するには 1 分以上を要しない。然し此の結論は Egedal 自身の嵐に關する一假定に出發してゐる。

上記の人々の調査方法は多くは多數の觀測所を二群或は、それ以上の群に分ち、各群の平均發現時を比較して進向方向を決定したのであるが、個々の觀測所に就いて比較するときには、其等の結論が正しいかどうかを疑はしめる程發現時の差の符號に差異が多い。故に此の問題の解決には數個の觀測所の時刻の平均をとるかわりに、各個の觀測所に就き發現時の正確な測定をなす事が緊要であつて、より正確な測定を行ふには、上記の人々が利用した材料が如何なる装置によつて得られたかを調査するのが順序である。從來各觀測所で使用した自記装置は Angenheister 及び 1932-1933 年の極年觀測に於ける少數のものを除いては殆ど總て一時間二轉の回轉速度を有するものであるから、1 分間は 0.3 耗に相當し 0.1 耗まで測定し得るとしても 20 秒以内の誤差はまぬがれない。更に刻時が曲線自身に於て爲されない時は光學的な誤差が相當の大きさに達する事がある。尙又記録測定者が異なる爲めの誤差は必ず考慮すべき事でもし同一測定者でない場合は曲線上の異なる相に對して時刻を測定する事があるからである。以上の注意は此種の觀測に際しては既に充分考慮されてゐる事であるが、地球磁氣の觀測の様子に觀測所の數が少なく、しかも地球全般に亘る觀測を必要とするものに於ては此等の事を満足し、同一装置に依つて廣範圍に亘る調査を實行する事は實現が容易でない。従つて各觀測所に就き次の條件が満足されるならば從來の研究より一步を進む事となる。即ち

1. 各觀測所に於て同一型の磁力計及び自記装置を使用する事。

2. 自記用圓筒の廻轉を早くする事.
3. 刻時は磁力曲線自身に於てなし、正確な時計より直接送時する事.
4. 磁力計の感度を出来るだけ大となし且つ各觀測所のものを等しくする事.
5. 記録の読みとりは同じ人が行ふ事.

1932~1933 年の極年觀測に際し中央氣象臺に於ては樺太の豊原町に臨時地磁氣觀測所を新設する事になつたので、從來の磁力計及び自記装置に改良を加へ、上記の條件を満足する全く同一型式の磁力計及び自記装置三組を製作し、此れを柿岡、豊原及び青島に配布して地球磁氣變化の特殊測定を行ふ事とした。此等三觀測所の位置は次の通りである。

		地理的位置		磁氣的位置	
		λ (E).	φ (N).	A (E).	ϕ (N).
柿	岡	140. ^o 2	36. ^o 2	206. ^o 0	36. ^o 0
豊	原	142. ^o 8	46. ^o 9	206. ^o 5	36. ^o 4
青	島	120. ^o 3	36. ^o 1	188. ^o 3	24. ^o 7

但し磁北極の位置を $\lambda=291^{\circ}\text{E}$. $\varphi=78.5^{\circ}\text{N}$ とした。

觀測及び装置

1. 測定の要素. 磁力變化測定には X, Y, Z の三直角分力或ひは偏角 (D). 水平分力 (H). 及び鉛直分力 (Z) の三要素を自記せしむるのが普通であるが器械製作の都合上水平分力の變化のみを測定した。

2. 磁力計. Eschenhagen 型單線式で中央氣象臺工作場の製作によるものであるが、磁石のみは東北帝國大學の金屬材料研究所で製作した $K. S$ 鋼の偏平楕圓形で長軸の長さ 15 耗短軸の長さ 5 耗、厚さ 0.4 耗である。他の金屬材料は中央氣象臺技師倉石六郎氏に検査していたとき無磁性のもののみを採用し吊糸は水晶糸を使用した。尙磁石は三觀測所共磁石の北極を東方に向けた。

3. 自記装置. 筆者の原案により中央氣象臺工作場の田村昌進氏の改良を加へ同工作場で製作した。回轉圓筒の長さは 20 廻、半徑 12 廻で回轉の速さは 1 分間の長さ 12 耗乃至 15 耗で 1 秒間の長さは 0.2 耗乃至 0.25 耗に相當し、ガバナーに依つて出来るだけ一様に回轉する様にした。此れによつて、從來の 1 時間 2 廻のものに比し 36 倍乃至 45 倍の早さとなり、5 分間 2 廻のものに比しても 3 倍乃至 3.8 倍となる。又圓筒はその一回轉毎に軸の方向に 5 耗づゝ進行し曲線が重複する事を避けた。

4. 時計及び刻時方法. 刻時時計は三觀測所共精巧舎製秒打時計を使用し、東京天文臺よりの學用時報を船橋無電局より受信し兩音一致の方法により補正を求めた。刻時は 1 分毎に正しく二秒間だけ光源の光度を弱くし此れによつて時刻は毎分磁力曲線及び基線自身にて記録する事とした。

刻時に際して光源を全く消さなかつたのは2秒間の分の刻時及び約1分間に亙る時の刻時に際して
 欠測のをがれる爲めである。尙又圓筒に巻く印盤紙の合せ目は硝子板にて押へ欠測なからしめた。

5. 磁力計及び自記装置の定數.

		磁石の自由振動週期	寸法値	減衰比	記録1分の長さ
柿岡		4.6 sec.	1.2~1.5 γ /mm.	8	12 mm.
豊原		5.0 "	1.0~1.5 "	3	12~15 "
青島		3.3 "	2.2~2.5 "	2	12 "

寸法値は出来る丈け等しくしたかつたのであるが吊糸の太さ其の他の關係から上記の差を生じた。

6. 記録調査方法. 磁氣嵐の調査は上記の装置により各觀測所に於て記録したものを乾板に寫し、
 更にこれを三倍乃至五倍に引き延して、各嵐に就き寫眞數個をとり、此の各々に就いて嵐の發現部
 中最も明瞭な相に就き時刻を読みとり、各觀測所の各嵐に就き平均を求めた。読みとりは筆者自身
 で行つた。此の引き伸す事に依つて、原記録に於てはかなり緩やかな曲線も比較的容易に極大或ひ
 は極小の點を決定する事を得た。脈動では相應する相が明瞭であるから各觀測所に於て読みとつた
 ものをそのまま比較した。

7. 觀測した磁氣嵐. 1932年10月から1933年12月までに觀測した急始を有する磁氣嵐は
 1932, Oct. 14. 1933, April, 30. May, 29, June, 25, July, 8, July, 23, Aug. 5, Sept. 25の8回
 であるが、最後の二つは急始が比較的緩やかであつた爲め除く事にした。残りの6個の嵐に就き急
 始の大きさを次に示す。

	1932			1933			1933			1933			1933					
	Oct. 14			April, 30			May, 29			June, 25			July, 8			July, 23		
	H.	Z.	D.															
	γ .	γ .	/															
柿岡	+11	+5	-0.2	+36	+21	-1.3	+17	+10	-	+14	-	-0.8	+12	-	-1.1	+14	-	-0.8
豊原	+10	+2	-0.5	+35	-	-1.4	+19	-	-0.4	+23	-	-0.7	+15	-	-1.2	+16	-	-1.0
青島	-	-	-	+43	+5	-1.3	+18	-	-0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

上表の附屬中 + は水平分力及鉛直分力の増加、偏角は其の西偏増加を示す。

上記の調査方法に依り此等の嵐に就き各觀測所の記録から求めた嵐の發現時は次の通りである。
 正負の符號をつけた數値は算術平均の平均誤差である。

年	月	日	時	分	柿岡	豊原	青島
1932	Oct.	14	17	47	0.8 \pm 0.2	10.1 \pm 0.4	
1933	April	30	16	28	10.4 \pm 0.2	21.9 \pm 0.3	8.0 \pm 0.6
"	May	29	6	25	24.8 \pm 0.3	34.1 \pm 0.2	22.1 \pm 0.1
"	June	25	10	01	29.5 \pm 0.2	36.2 \pm 0.2	
"	July	8	20	37	7.3 \pm 0.2	13.1 \pm 0.2	
"	July	23	9	41	40.0 \pm 0.0	42.8 \pm 0.1	

磁氣嵐が磁力曲線上どの點で起つたかを決定する事は極めて困難である。此れは磁場が常に多少共變化しつゝある事と圖版の右列に見る様に早廻しにするときは發現が常に除々であるからである。其れ故に嚴密な發現時刻をとるかわりに、其の附近に於て最も明瞭な相を擇んで比較するより外によい方法は無い。故に嚴密に云ふならば、此の調査は磁氣嵐の發現部に於ける特殊相の發現時を各觀測所に就いて比較したものと云ふ事になる。然し此の事を單に嵐の發現時と稱して置く。圖版中地電流を除いては、左方が普通回轉のもので右が上記の裝置によるものである。

此種の調査に於ては低緯度地方に於ける觀測所の比較は割合に容易である。それは磁氣的緯度が高くなる程絶えず小さい變化が複雑に入つて來て發現時を求むるに益々困難を感じしめるからである。此の點に於て此度の三觀測所は此の調査に就いては適當であつたと云ふ事が出来る。田中館博士⁽²⁸⁾は此の事を次の様に面白く述べられてゐる。

“In high latitude stations there are sudden changes which far exceed the selected S. C. but do not appear in low latitude. The importance of low latitude stations, it appears to me, is to filter out the local disturbances, thus leaving the *ground tone* which extends throughout the whole earth.”

8. 比較の結果. 上の表から各觀測所に就いて發現時の差をとると次の様になる。

		柿—豊		豊—青		柿—青	
		秒	秒	秒	秒	秒	秒
Oct.	14	+ 9.8	平均 +10.4	+13.9 +12.0	平均 12.9,	+2.4 +2.2	平均 +2.3
April	30	+11.5					
May	29	+ 9.8					
June	25	+ 6.7	平均 + 6.2,				
July	8	+ 5.8					
July	23	+ 2.8					

上表中最後の行(豊—柿)=+2.58 が他の(豊—柿)の値に比較して著るしく少であるのは柿岡と豊原との曲線に相應する相が無かつた爲めで此の事は圖版・より了解する事が出来る。此の記録型の相違は磁場の變化に依つて起ると考へらるゝ地電流の影響ではないかとの疑問が起るが圖版に於ける様に地電流自身に於ても記録型の相違を示してゐる。参考の爲めに May, 29 の地電流も掲げてあるが、兩觀測所に於て磁力曲線に相應する相がある時は、地電流に於ても常に相應する相のある事が解る。此れに依つて見れば、此の記録型の相違は磁場自身の變化に於て相違してゐる事を示し、もし此の變化が大氣上層の電流に依るものとすれば、其の電流自身が兩所に於てかなりの相違ある事を示して居る。高緯度に於て又は高緯度と中緯度以下のものとの記録を比較するとき、相應する相を發見出來ぬ事は稀では無いが僅かに緯度 10 度程度の距離にある二つ磁氣的低緯度の場所に於て、變化に差異ある事は低緯度の面積に於て嵐の始めに上層電流の變化が一樣でない場

合がある事を示して居り磁氣嵐の理論に對して極めて興味ある事實を提供するものである。上表から得られる最も重要な事は(豊一柿)及び(豊一青)の符號が例外なく正號であり且つその數値が誤差の範圍を遙かに越えてゐる事であつて、此れは磁氣嵐が低緯度の場所より高緯度の場所の方が遅れて發現する事を示してゐる。尙又(豊一柿)は二群に分たれてゐるのを見る。一群は Oct. 14, April, 30, May, 29, で約 10 秒、他の群は June 25, July 8 で約 6 秒である。此れを圖版に於て見るに最初の方は嵐の起り初めの部が最高に達する迄に一度減少して後増加してゐるが、第二群は次第に増加し、その途中に於て減少する事が無い。Oct. 14 のものも早廻しで見ると一度僅かに減少してゐるのが解る。此の現象は記録するに用ひた振動系の性質に依るものでは無いかとの疑問を起さしめるが後に述べる様に此の程度の週期の磁力變化では振動系によつて影響する事は無い。上の事から磁氣嵐の發現時の差は磁氣的緯度を異にする觀測所に就いて常に一樣なもので無く嵐の起り始めの型式に依つて異なる様に思はれる。尙 May, 29, June, 25, July, 23. 等の嵐が April, 30 の嵐の回歸したものである事も注意を要する。

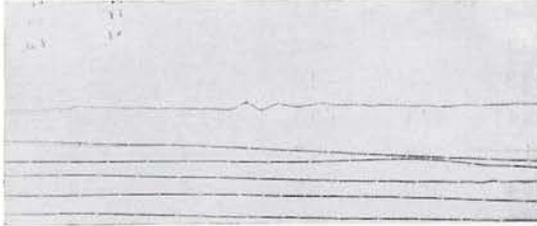
磁氣嵐が進行するものと假定して、磁氣的位置に就いて(豊一柿)の第一群から其の速さを出すと、111 km/sec となり、(豊一青)では 100 km/sec. となる。此の平均は 106 km/sec. であつて、第一群の型式を有する嵐は平均此の速さで進行した事になる。(豊一柿)の第二群から求めた速さは 185 km/sec. となる。(柿一青)は材料が不足の爲め確言は出来ないが南北方向の速さより著るしく大である事は注意すべきである。而して其の符號が常に正であるかどうか此の二つ丈では何とも云へない。然し此の時刻差から速さを出してみると 770 km/sec となる。上に得た事は柿岡、豊原、青島を含む狭い範圍に於いては誤りの無い事であるが、もし此れを廣い範圍にも適用出来るとすれば、次の事が云へる。

1. 磁氣嵐が進行するものとすれば、北半球に於ては其の方向は磁氣的赤道から北方に向ひ、その速さは嵐の起り始めの様子に關係するが約 100~200 km/sec である、
2. 磁氣嵐の東西方向の向きは決定出来なかつたが西から東へ向ふものでは其の速さに約 800 km/sec であつた。

L. A. Bauer の最後の調査によると前述の様に磁氣嵐は赤道から極の方へ約 100 km/sec. の速さで進行し東西方向の速度は約 1000 km/sec と云ふ結果を得てゐるが、此れは南北方向に就いては進行の方向に關しても此處に得た結果と一致し、速さは兩方向に就いては大體同様な値となつてゐる。Bauer の調査は廻轉速度の遅い装置を有する多くの觀測所の平均から求めたとは云へ、かなり信用してよいと思ふ。而して此の事から上に得た結果は地球全般に適用しても大體差支へ無い様に思はれる。唯磁極附近に於ては事情が大分異なつてゐる事に注意せねばならない。

9. 脈動發現時の比較. 此處に脈動と稱するものは第1圖に見る様な Eschenhagen⁽²⁹⁾の所謂 Elementalwellen であつて以下に調査したものは 1933 年 May, 1. を除いては其の週期が約 30 秒

第 1 圖



から 60 秒の範圍に在るものであつて、1932 年 10 月から 1934 年 2 月迄の期間中最も明瞭に読み得るものみに就き調査した。脈動發現時の調査は前記 G. Angenheister⁽³⁰⁾ 及び Eschenhagen⁽³¹⁾の研究がある。筆者の行つた調査の方法は脈動の山或ひは谷に就き極大値或ひは極少

値に相當する時刻を読む事にした。読みとりは各觀測所に於てなしたもので、此れは磁氣嵐の始めの部分と異なり、相應する相が明瞭であるから此の方法で充分である。次表に各觀測所に於ける脈動の極大或ひは極小の起時及び各觀測所相互の差を示す。

年	月	日	時	分	豊原 秒	柿岡 秒	青島 秒	豊—柿 秒	豊—青 秒	柿—青 秒
1932	Oct.	3	13	06	04.8	04.5	05.5	+0.3	-0.7	-1.0
"	"	4	16	37	57.9	58.2	59.3	-0.3	-1.4	-1.1
"	"	"	"	38	20.2	19.8	21.3	+0.4	-1.1	-1.5
"	"	13	13	36	51.8	49.6	50.2	+2.2	+1.6	-0.6
"	"	"	"	37	21.2	20.9	—	+0.3	—	—
"	"	15	13	27	42.8	43.5	—	-0.7	—	—
"	"	"	"	28	21.0	21.8	—	-0.8	—	—
"	"	"	"	44	02.4	02.6	—	-0.2	—	—
"	"	"	"	44	26.7	26.3	—	+0.4	—	—
"	"	17	13	24	27.2	27.2	—	0.0	—	—
"	"	"	"	24	46.5	46.6	—	-0.1	—	—
"	"	"	"	25	0.9	0.9	—	0.0	—	—
1933	Feb.	21	12	40	0.6	01.1	01.9	-0.5	-1.3	-0.8
"	"	"	"	"	24.0	23.6	23.4	+0.4	+0.6	+0.2
"	"	22	3	02	14.7	16.0	14.6	-1.3	+0.1	+1.4
"	"	"	14	28	16.6	16.3	17.7	+0.3	-1.1	-1.4
"	March	27	17	02	36.5	35.9	37.1	+0.6	-0.6	-1.2
"	"	"	"	"	46.6	46.2	46.6	+0.4	0.0	-0.4
"	"	"	"	02	58.1	57.0	57.6	+1.1	+0.5	-0.6
"	"	"	"	45	59.6	60.1	59.6	-0.5	0.0	+0.5
"	"	"	"	"	15.2	15.1	15.6	+0.1	-0.4	-0.5
"	April	16	13	54	44.4	44.0	43.8	+0.4	+0.6	+0.2
"	"	"	"	55	16.0	15.5	16.8	+0.5	-0.8	-1.3
"	"	19	12	42	—	56.2	57.4	—	—	-1.2

年	月	日	時	分	豊原 秒	柿岡 秒	青島 秒	豊一柿 秒	豊一青 秒	柿一青 秒
1933	April	19	12	43	19.8	18.7	—	+1.1	—	—
"	"	22	12	43	08.4	08.0	08.9	+0.4	-0.5	-0.9
"	"	"	"	"	28.0	28.3	—	-0.3	—	—
"	"	24	14	57	30.0	30.2	—	-0.2	—	—
"	"	"	"	"	51.7	53.3	—	-1.6	—	—
"	May	1	15	09	19.0	18.4	17.8	+0.6	+1.2	+0.6
"	"	"	"	"	21.7	21.0	19.8	+0.7	+1.9	+1.2
"	"	"	"	"	56.9	56.4	57.3	+0.5	-0.4	-0.9
"	"	"	"	"	—	58.0	58.8	—	—	-0.8
"	"	7	9	48	29.8	29.5	29.7	+0.3	+0.1	-0.2
"	"	15	10	51	13.7	14.4	13.2	-0.7	+0.5	+1.2
"	July	11	14	34	55.6	55.6	—	0.0	—	—
"	Nov.	2	10	24	20.6	20.9	—	-0.3	—	—
"	"	"	14	13	—	32.8	32.6	—	—	+0.2
"	"	9	15	34	—	51.2	53.2	—	—	-2.0
"	"	"	"	45	—	51.2	52.2	—	—	-1.0
"	"	23	15	05	36.7	35.9	35.5	+0.8	+1.2	+0.4
"	Dec.	7	12	41	01.7	01.9	02.6	-0.2	-0.9	-0.7
"	"	9	14	19	—	48.6	48.7	—	—	-0.1
1934	Feb.	15	16	17	60.5	59.4	59.3	+1.1	+1.2	+0.1
"	"	"	"	21	09.9	08.2	08.3	+1.7	+1.6	-0.1
"	"	"	"	22	09.5	08.3	09.3	+1.2	+0.2	-1.0
"	"	"	"	23	12.0	11.6	12.8	+0.4	-0.8	-1.2
"	"	17	13	03	21.1	21.7	—	-0.6	—	—
"	"	"	"	"	42.7	43.2	—	-0.5	—	—

上表から差の正負及び全平均を求めると次表の様になる。

	豊一柿			豊一青			柿一青		
	計	回数	平均	計	回数	平均	計	回数	平均
正	+16.2	24	+0.68	+11.3	13	+0.87	+ 6.0	10	+0.60
0		3			2			0	
負	- 8.8	16	-0.55	-10.0	12	-0.83	-20.5	23	-0.89
計	+ 7.4	43	+0.17	+ 1.3	27	+0.05	-14.5	33	-0.43

(柿一青)に於て負號が正號に比し遙かに多いのは注意すべきであらう。然し此處では唯其の結果を報ずるのみに止める。以上の結果から次の事が結論される。

脈動は柿岡, 豊原, 及び青島を含む範圍の地域に於ては 1 秒以内に於て同時に起る。

G. Angenheister の結果から見ると此の事實も殆んど地球の半面に亘る廣範圍に適用出来る様に

思はれる。

上に得た結果は何れも水平分力のみ就いての事である事を注意して置く。三要素全部に關しての調査は時機を得て行ひ度ひと思ふ。

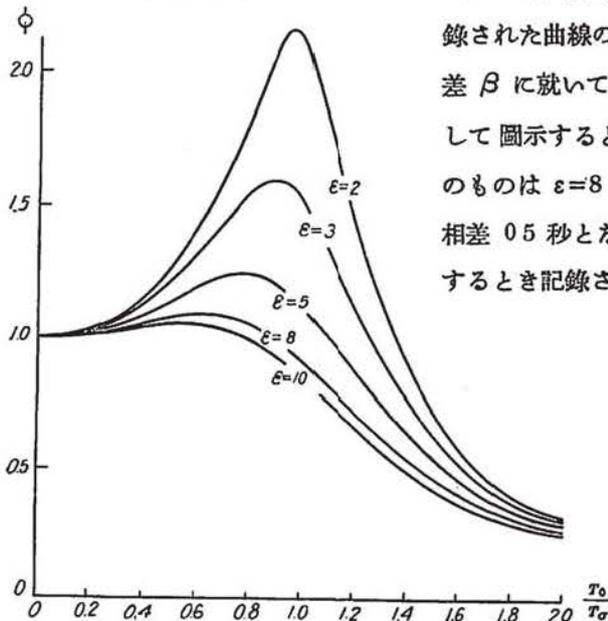
10. 自記用磁力計の考察。上記の調査に使用した水平分力用の磁力計は磁石を一本の水晶絲で吊したもので水晶絲の延長は磁石の中心を通り此れに垂直である。故に磁石は水晶絲と一致する垂直軸の周圍に回轉し其の運動は水平面内に在る。かゝる振動系によつて記録せられた磁力變化は磁石の固有周期、減衰比及び外力變化の週期等に依つて一般には外力變化と一定の比例をなさず又位相を異にするから、三觀測所に於ける振動系が上の調査に何程の影響を與へるかを吟味する必要がある。

水平分力を記録する所謂 *H-Variometer* は上の様に吊した磁石の軸が磁氣子午線に殆んど直角をなす様に水晶絲を振つてある。此の振動系が磁場の變化 $\Delta H \cos pt$ に依つて運動するときは溫度が一定ならば、

$$u = C \cdot \phi \cdot \Delta H \cos (pt - \beta)$$

となる。茲に u は磁石の平衡位置からの角變位で、 C は定數、 ϕ は磁石振動の固有週期 T_0 、減衰比 ε 及び外力の週期 T_σ 等の函數である。第二圖は種々の ε に就いて T_0/T_σ と ϕ との關係を示してあるもので、 $T_0 T_\sigma = 1/10$ 位となればどの曲線も殆んど 1 に接近する。即ち $T_0 = 5$ 秒とすると

第 2 圖

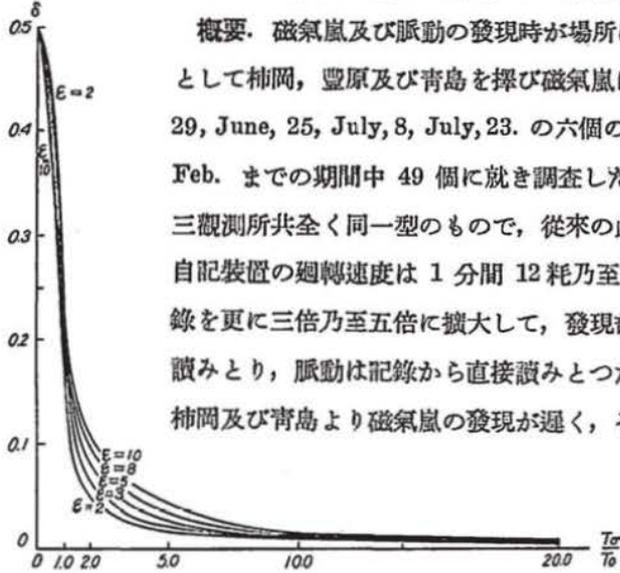


$T_\sigma = 50$ 秒以上の週期をもつて磁場が變化するならば、記録された曲線の全部に亘つて感度は一定である。次に位相差 β に就いて $\delta = \beta/2\pi$ と T_σ/T_0 との關係を各の ε に対して圖示すると第三圖となる。第三圖で $T_0 = 5$ 、 $T_\sigma = 25$ のものは $\varepsilon = 8$ に対して、位相差 1 秒、 $\varepsilon = 2$ に対しては位相差 0.5 秒となる。故に外力の變化が 25 秒位の週期を有するとき記録されたものでは磁場の眞の變化より $\varepsilon = 8$ で

は約 1 秒、 $\varepsilon = 2$ では約 0.5 秒の位相差があり、此等二つの振動系による相互の位相差は 0.5 秒である。磁場變化の週期がこれより大となれば益々位相差は少なくなつて行く。然るに磁氣嵐の始め及び脈動變化の起り方はかなり緩やか⁽³²⁾でその週期は大體 30 秒以上

である。尙數秒程度の週期を有する變化は振幅が極めて少で普通の磁力計では測定出來ず⁽³³⁾ 又普通の磁力計では 30 秒以下の週期を有する變化は極めて少ない⁽³⁴⁾ から此の調査の材料となつた磁力記録は磁場の變化に對して常に感度が一定であり位相差は 1 秒以下である事が解る。故に記録は

第 3 圖 そのまゝ比較して差支へなく、たゞ位相差のみが 1 秒以下で入つて来る。



概要. 磁氣嵐及び脈動の發現時が場所に依つて異なるかどうかを調査した. 場所として柿岡, 豊原及び青島を選び磁氣嵐は 1932, Oct., 14, 1933, April, 30, May 29, June, 25, July, 8, July, 23. の六個のものに就き, 脈動は 1932, Oct. から 1934, Feb. までの期間中 49 個に就き調査した. 調査に使用した磁力計及び自記装置は三観測所共全く同一型のもので, 従來の此種調査に於ける主要な缺點を除去した. 自記装置の廻轉速度は 1 分間 12 耗乃至 15 耗で磁氣嵐に就いては斯くして得た記録を更に三倍乃至五倍に擴大して, 發現部の最も明瞭な相應する相に對して時刻を読みとり, 脈動は記録から直接読みとつたものを比較した. 其の結果は豊原は常に柿岡及び青島より磁氣嵐の發現が遅く, その時間は 6 秒乃至 10 秒であつて, 此の

差異は發現の様子による. 二回の磁氣嵐からの結果では青島は柿岡より約 2 秒早く發現した. 此の事から磁氣嵐が

もし進行するものとすれば次の事が云へる.

磁氣嵐は磁氣赤道から高緯度の方へ 100 km/sec. 乃至 200 km/sec. の速さで進行する.

尙西から東へ進行するものには約 800 km/sec. の速さを有するものがある.

脈動變化は三観測所を含む地域に於ては 1 秒以内で同時に起る.

尙使用した磁力計が振動系による位相差として測定時間に影響するのは 1 秒以内である事を明かにした.

結び. 1932-1933 年の極年観測に當り豊原に臨時地磁氣觀測所設置を計畫され, 且つそれを實行して下さつた岡田臺長に厚く御禮を申し上げる.

尙磁力計製作にあたり材料の磁性を検査していただいた倉石技師及び器械の製作に種々創意を與へられ且つ製作に盡力せられた田村昌進氏はじめ中央氣象臺工作場の諸氏に感謝する次第である.

(1) Brit. Ass. Rept. 1880, p. 201.

(2) Nature. Vol. 23, p. 33, 1880.

(3) Brit. Ass. Rept. 1881, p. 463.

(4) Proc. Roy. Soc. Vol. 52, p. 191, 1892.

(5) List of Mag. Dis. recorded at Batavia Obs.

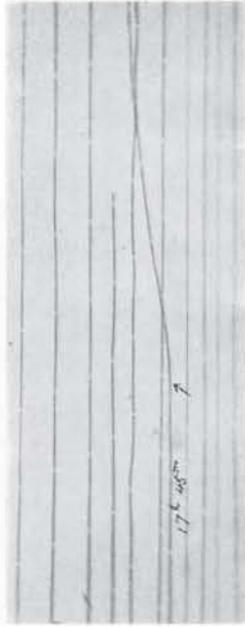
1880-1889, 1907.

(6) Nowegian Aur. Pol. Exp. 1902-1903. Vol. I, part 1. p. 63. 1908.

(7) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 15, p. 9. 1910.

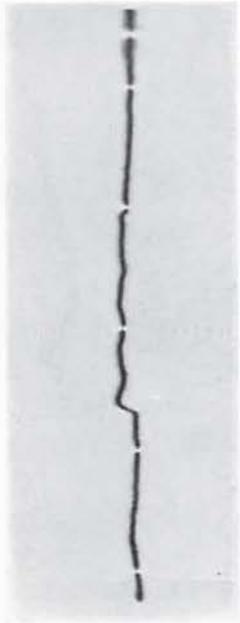
(8) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 15, p. 93.

早 週 記 録
Oct. 14. 1932.

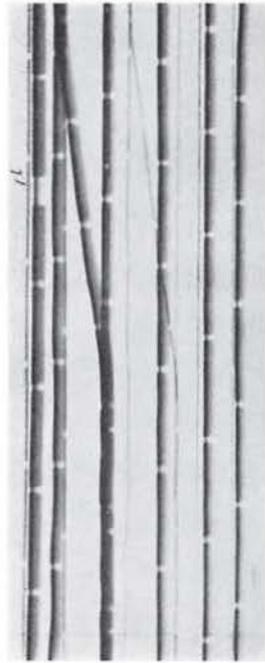


柿 岡

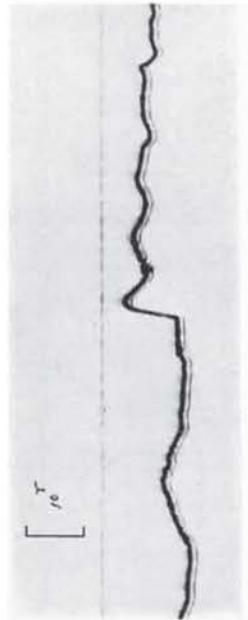
普 通 記 録
Oct. 14. 1932.



柿 岡

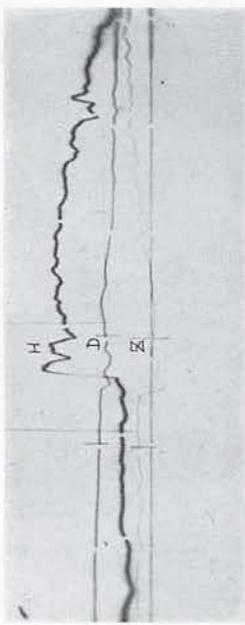


豊 原

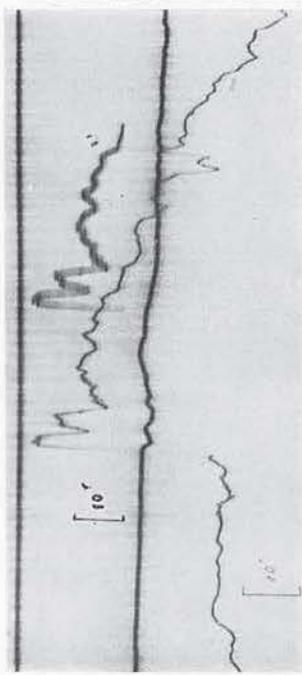


豊 原

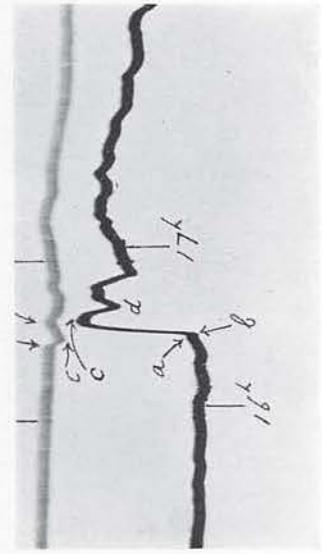
普通記錄
April. 30. 1933.



柿岡

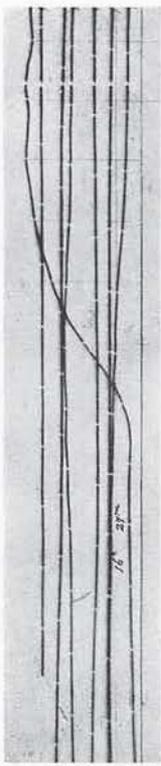


豊原

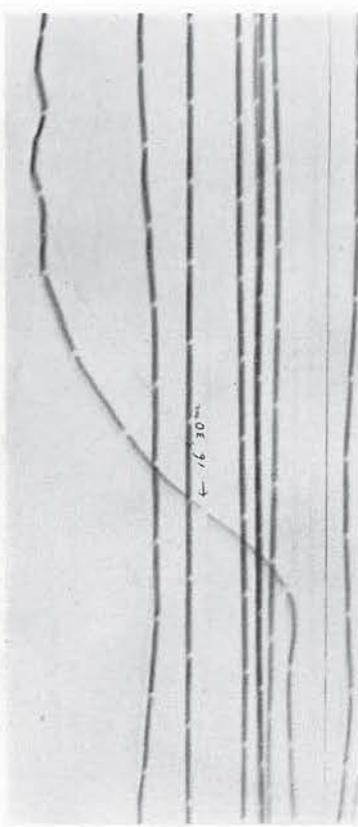


青島

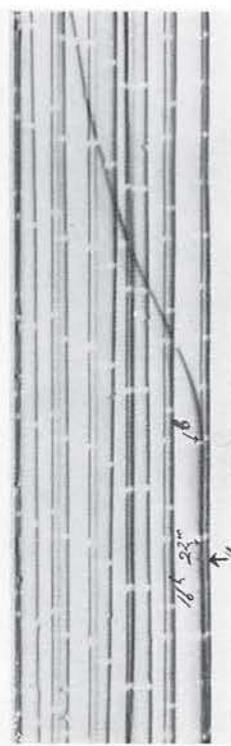
早週記錄
April. 30. 1933.



柿岡

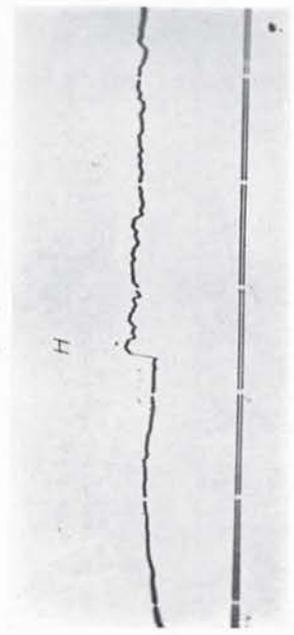


豊原



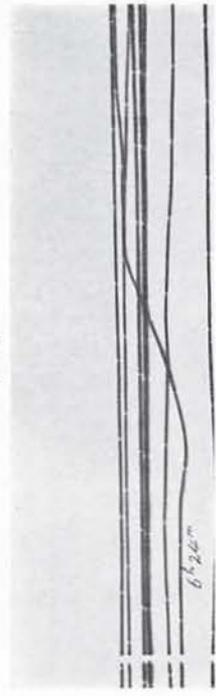
青島

普通記録
May 29, 1933.

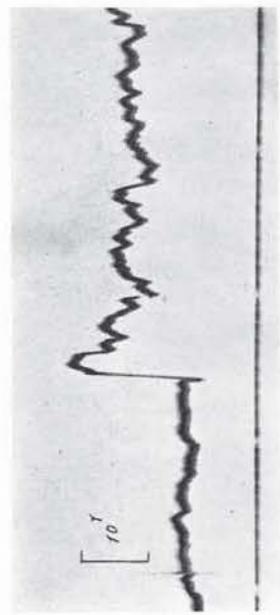


柿岡

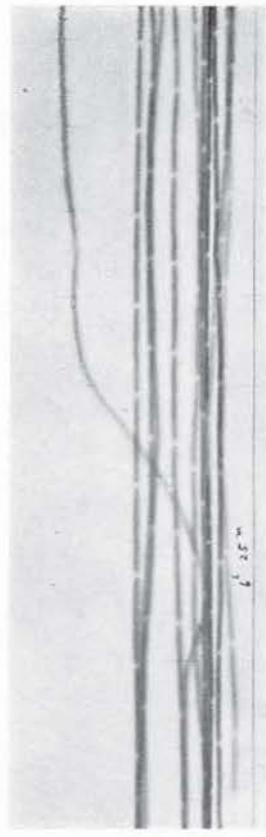
早廻記録
May 29, 1933.



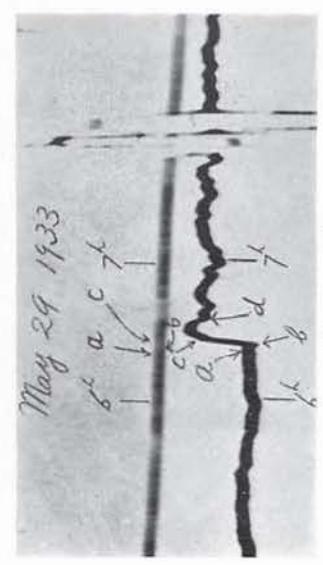
柿岡



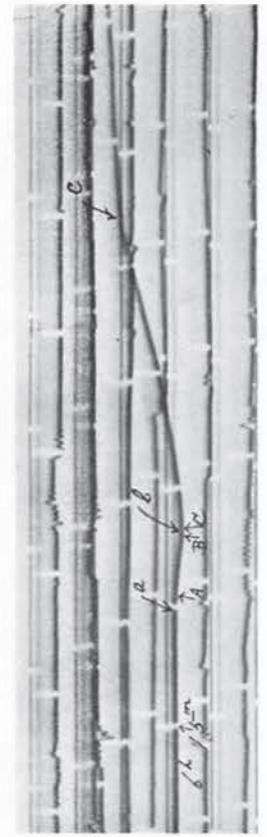
豊原



豊原

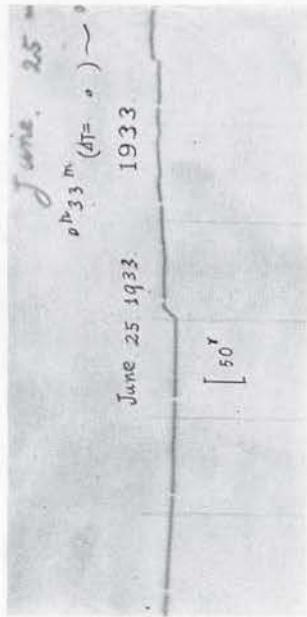


青島



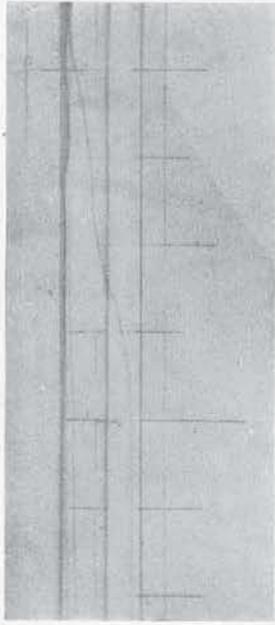
青島

普通記録
June 25, 1933.

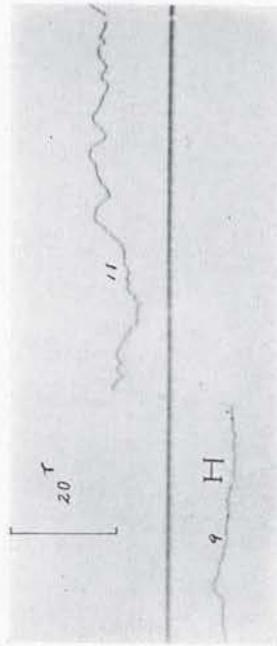


柿岡

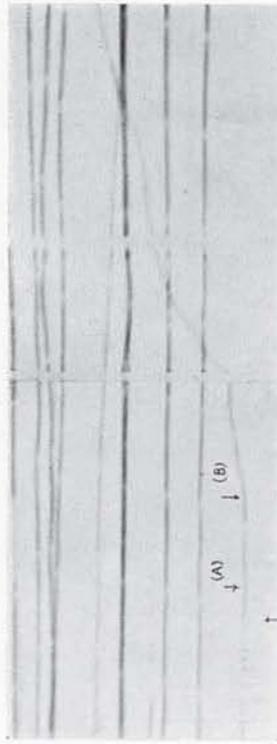
早廻記録
June 25, 1933.



柿岡

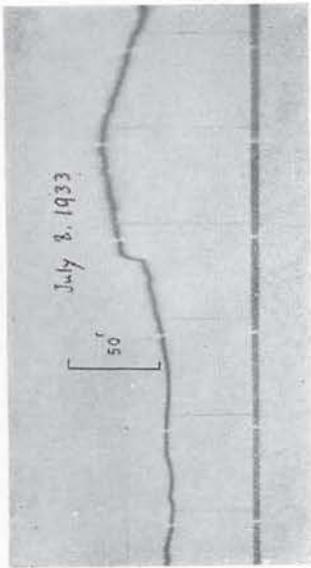


豊原



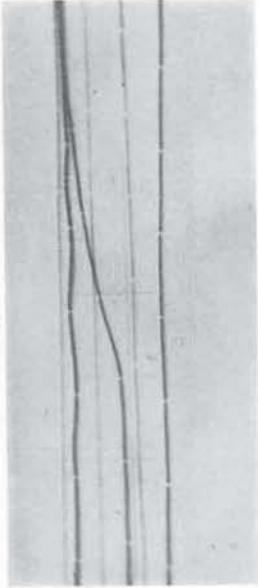
豊原

普通記錄
July 8, 1933.

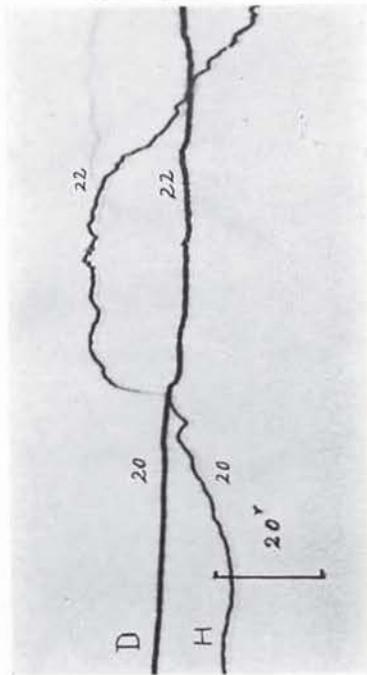


柿岡

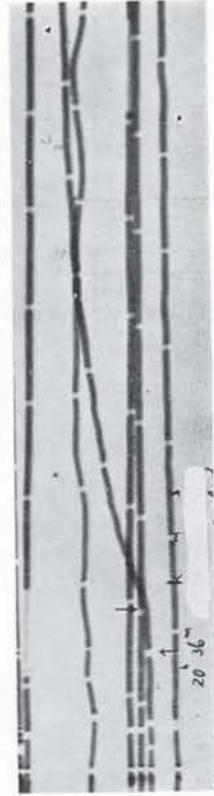
早週記錄
July 8, 1933.



柿岡

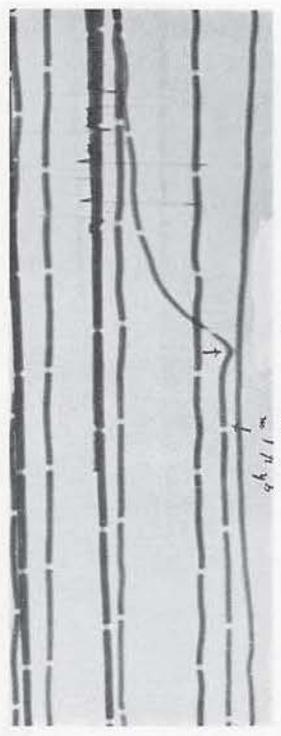
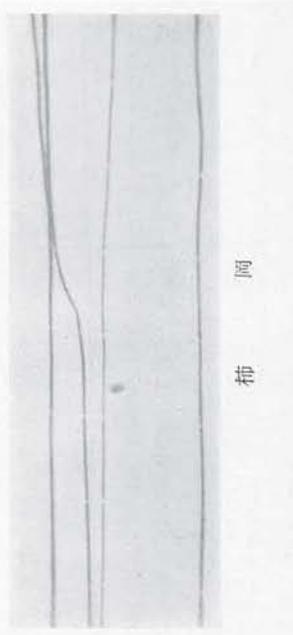


豊原

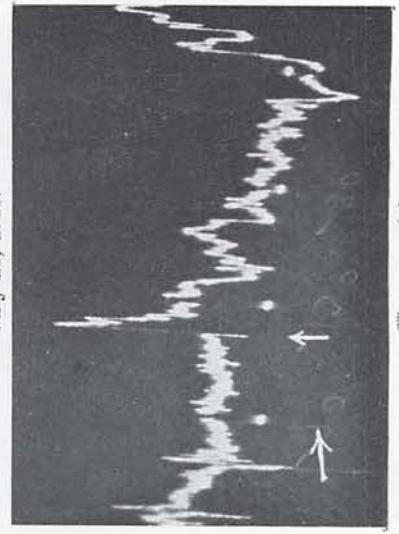


豊原

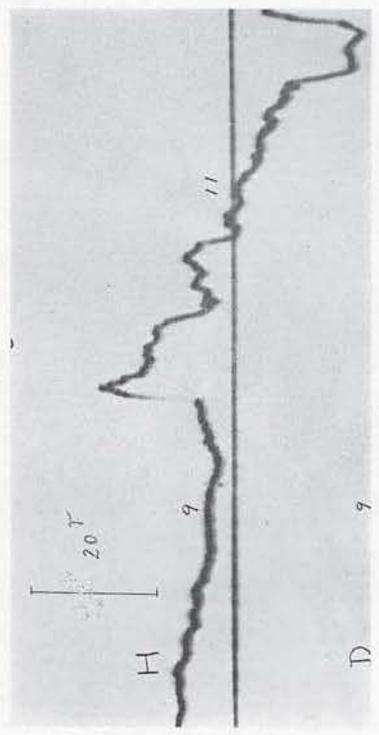
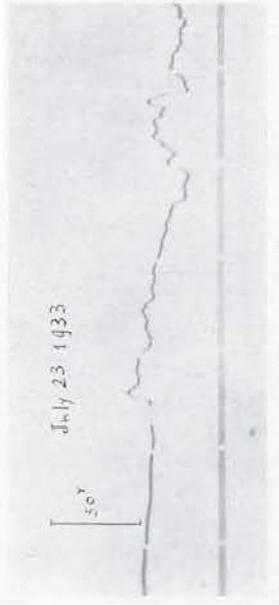
早廻記録
July 23, 1933.



July 23, 1933.



普通記録
July 23, 1933.



電流

地

豊原

July 23, 1933.



- 1910.
- (9) Nature, Vol. 85, p. 170, 1910.
- (10) " " p. 236, 1910.
- (11) " " p. 306, 1910.
- (12) " Vol. 86, p. 9, 1911.
- (13) Proc. Phys. Soc. Vol. 23, p. 49, 1910.
- (14) Nature, Vol. 86, p. 78, 1911.
- (15) Proc. Phys. Soc. Vol. 26, p. 137, 1914.
- (16) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 16, p. 109, 1911.
- (17) Nature, Vol. 86, p. 44, 1911.
- (18) " " p. 79, 1911.
- (19) Proc. Phys. Soc. Vol. 30, p. 205, 1918.
- (20) Astr. Phys. Journ. Vol. 21, p. 101, 1905.
- (21) Nach. d. K. Ges. d. Wiss. zur Göttingen. Math. Phys. Kl. 1913.
- (22) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 25, p. 26, 1920.
- (23) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 30, p. 45, 1925.
- (24) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 27, p. 162, 1922.
- (25) Geophys. Magn. Vol. 1, p. 57, 1926.
- (26) C. R. Assenblée Lisbonne, 1933. Assoc. Int. de Mag. et Elec. Terr. p. 149.
- (27) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 39, p. 321.
- (28) C. R. Assenblée Lisbonne, 1933, Assoc. Int. de Mag. et Elec. Terr. p. 151.
- (29) Stzb. d. Ak. Berlin. Vol. 24, p. 678, 1897.
- (30) loc. cit.
- (31) Terr. Mag. and Atom. Elec. Vol. 2, p. 105, 1897.
- (32) 柿岡地磁氣觀測所要報. 第一卷, 第2, 3號, p. 16.
- (33) "
- (34) Jour. Colleg. Scie. Imp. Univ. Tokyo, Vol. 37, A. 9, p. 31, 1917.

(於柿岡地磁氣觀測所 昭和十三年十月)