

短波消失現象と地球磁場の變化 (第三報)⁽¹⁾

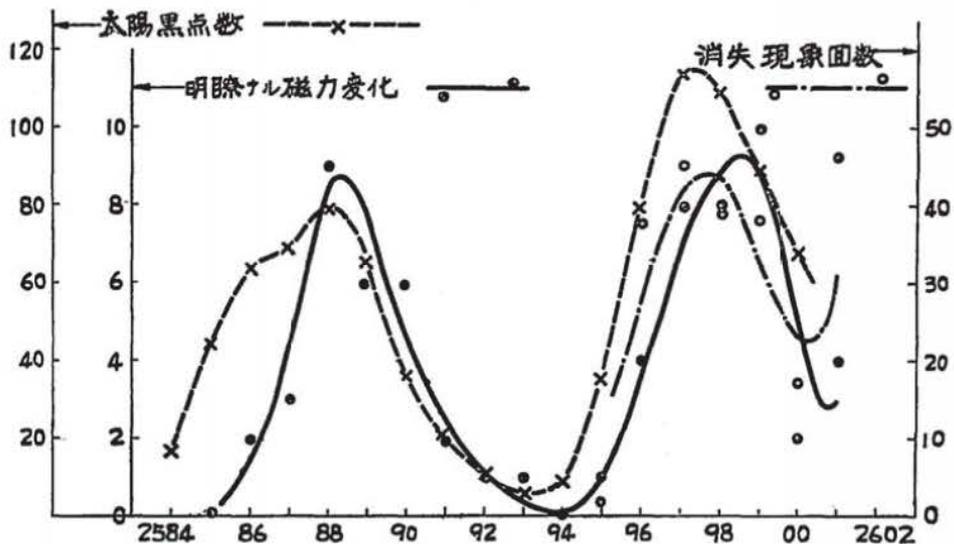
今 道 周 一

前二回の調査⁽¹⁾に於て筆者は短波消失現象に伴ふ地球磁場の變化(以後此の磁力變化を彩層型變化と略稱す)の概要を述べ、電離層の電離密度増加を推算し、且つ適當な假定のもとに磁氣嵐の生因と考へらるゝ太陽からの微粒子の速度に就いて考察した。今回の調査に於ては此等兩現象の生起回數、其の季節變化、變化の型式分類等を記し、再び電離密度變化を推算して、前に得た結果を補正し、進んで此の現象の際には正規日變化のみに限らず一般に其の現象發現時刻に於ける磁力變化を増大せしむる方向に變化を生ずる事を明かにし、此の事から磁場擾亂電流はE層及び其の下方迄到達してゐる事を推察した。

I. 短波消失現象の回數と彩層型變化の回數

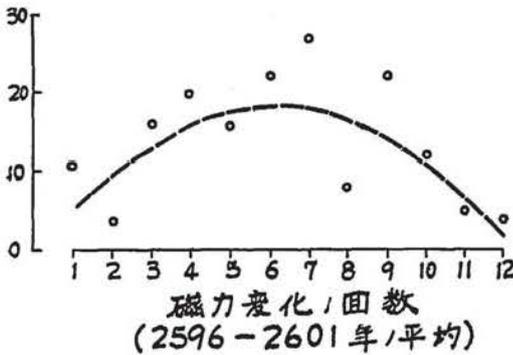
電波に関するものは國際無線通信株式会社よりの2596年から2601年迄の報告によるもので、磁力變化は柿岡地磁氣觀測所の磁力變化記録から得たものである。第1圖中の鎖線は報告された消失現象の回數を年別に記入し點線は太陽黒點數の變化を示してゐる。消失現象の回數は2601年に急増してゐるが、此れは現象自身の増加よりも測定器の精度の増加及び此の現象に對する注意の程度が高くなつた爲めであると思はれる。此の2601年の値を除けば消失現象曲線と太陽黒點數曲

第 1 圖

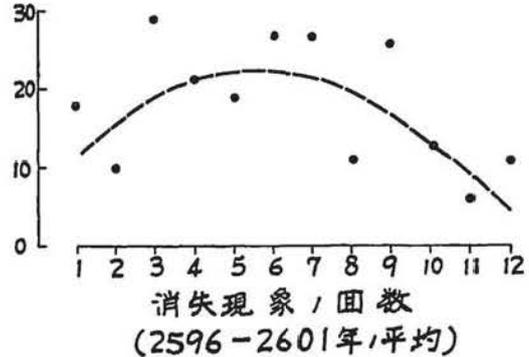


線とはよく平行してゐる。次に前の黒點極大期附近はどうであつたかを調べる爲めに、磁氣記録上確實に彩層型變化と認めらるゝものみに就き 2584 年以來の記録を調査し、其の回数を●印にて記入し實線により平均曲線を畫いた。確實に彩層型變化と認めらるゝものは此の變化のうちの著し

第 2 圖



第 3 圖



いものに多く、此等の變化は彩層爆發強度の大なるものに起因すると考へられるから⁽²⁾、此の圖より強度の大きい彩層爆發は太陽黒點數の増加より遅れて生じ、其の衰退も黒點週期より遅れる傾向がある事が考へられる。此の點に就いての調査は興味ある事と思ふ。

II. 極めて明瞭なる彩層型變化の季節變化

彩層型變化の中で消失現象の通報によらなくても磁氣記録上明かに彩層型變化である事を認め得らるゝもののみを取り出して、各月別に記入したものが第 2 圖であつて、第 3 圖は短波消失現象の季節變化である。此れによると消失現象はかなり點が散亂してゐるが兎も角點線の様な平均曲線が引かれ、5, 6, 7 月頃に最も多く冬期は少なくなつてゐる。然し 3 月に特に多いのは注意を要する。第 3 圖に比較して、第 2 圖の磁力變化は點の散亂程度が少なく平均曲線も適當と考へられる。此の磁力變化も 5, 6, 7 月頃最大となり冬期に少なくなつてゐる。消失現象が夏期に多く冬期に少ない事は此の調査に使用した報告が殆んど、北半球に於ける通信に限られて居るので、太陽光線の到達量が冬より夏に多い事と同様な考へにより了解されるものと思ふ。磁力變化が消失現象と平行であるのは當然と考へられるが、更に彩層型變化の大きさは其の時の磁力日變化の振幅に比例してゐるから振幅の大きい夏には小さい冬より見かけ上變化の出現が多くなる傾向がある事も第 2 圖の結果に影響を與へてゐる。

III. 彩層型變化の形狀

短波消失現象の際に起る磁力變化の形狀は多様であるが、大別して次の三種に別ける事が出来る。

1. V 字状變化

2. 振動性變化

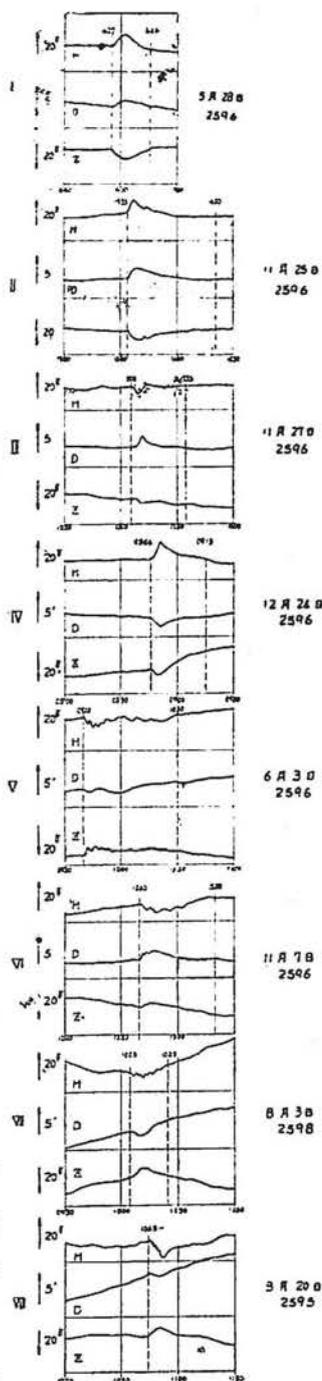
- {イ. 比較的長週期振動
- {ロ. 微細振動

3. 大きく且つ長時間の變化

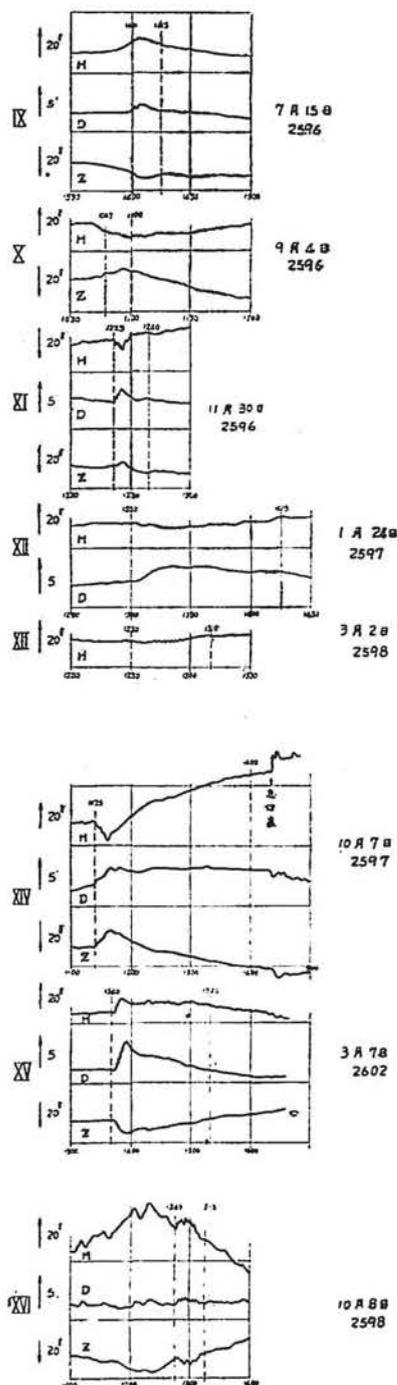
此等の變化は單獨に起ることもあり互に重り合つて起ることもある。第4圖は此等の變化の形狀を示したもので曲線下方の數字は日本時間を示し縦點線上方の數字は短波消失現象の起り始めと終りの時刻を示してゐる。左方の矢印は寸法値と各要素の増大方向とを表はし、*H* は水平分力、*D* は偏角、*Z* は鉛直分力の略記である。

圖中 I より IV迄は V 字状變化で最も簡單で且つ明瞭に現はれるものである。此の變化は記録上では普通數分乃至 30 分位繼續し、一般に起り初めから極大又は極小に達する迄の時間は此等の極より變化の終るまでの時間に比し小であつて約其の半分位である。又 II の場合に様に極から終るまでの時間がかなり長いものもある。V 字状が平坦なものもあり、又急角度のものもあるが彩層形變化の中では此の型の變化が最も多く現はれる。V より XIII までは振

第 4 圖 (1)



第 4 圖 (2)

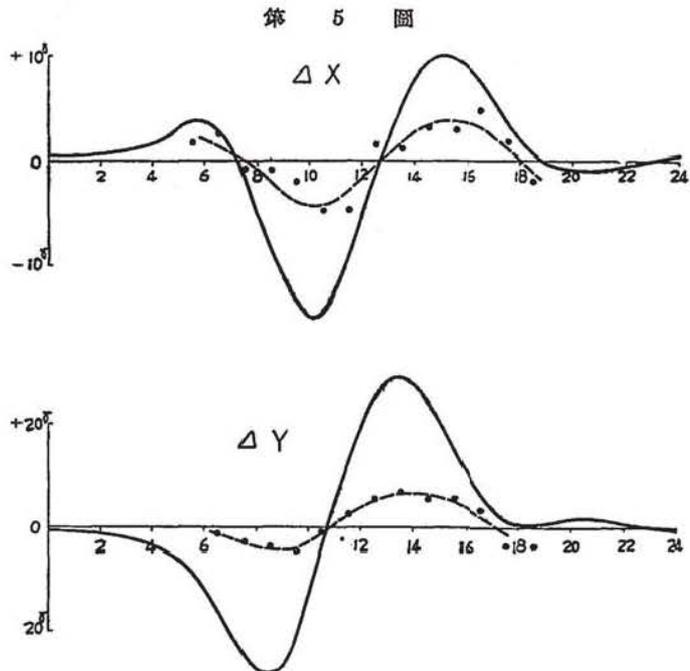


動性變化に屬し、此のうち V より VIII までは比較的長週期變化のもので、IX より XIII までは微細振動のものである。此の振動性の變化は V 字狀變化と重なつて出現する場合が多く、殊に V 字狀變化の起り初めから極大又は極小に達するまで振動してゐる事が多い。VIII や XI は其の例である。磁場が急に變化するとき斯様な振動が起ることは急始嵐の急始部、又は灣狀變化の起り始め等によく見らるゝものであつて、上層太氣中に突然進入するエネルギーによつて、電離狀態又は大氣の運動狀態が擾亂されて電磁的振動を起し、進入がやむに到つて振動も止み、イオンの再結合等靜的な現象により次第に復舊するものと考へられる。VII, IX, X, XII 等の様に連続して振動が起つてゐる變化があるが、此等の變化は全體として比較的平坦なものも多く、エネルギーの進入が突發的でなく、徐々に入り來り比較的長く繼續し、且つ其の減少も徐々に行はるゝもの様に思はれる。XIV 及び XV は大きい長時間の變化に屬するもので其等の變化は日變化の振幅に比較し得る程大である。XIV に於ては急始嵐が引きつゞき起つてゐるのが見られ、XV に於ては D の起り初めに振動が伴つてゐるのがよく示されてゐる。此の型の變化は出現が稀れであつて、明瞭に出てゐるものは此の二つの場合のみである。何れも生起は急であるが、復舊には長時間を要してゐる。一般に變化が大きい程復舊に長時間を要する傾向があるから、此の變化型は前の二つの型の何れかに入るべきものであるが、見かけ上他のものより著るしいので便宜上區別して置いた。

斯様に磁力變化の形からエネルギーが上層太氣へ突入して來る状態がほゞ推察し得らるゝので、其のエネルギーの源泉と考へらるゝ彩層爆發の模様と此等の磁力變化及び短波消失經過等とを比較する事は必要であつて、此等三つの觀測が同一場所に於て實施せらるゝ事が望ましい。XVI は稍擾亂中にかなり明瞭に出た變化の例として掲げた。

IV. 彩層型變化の正規日變化 に對する割合

本要報第 1 卷第 1 號に述べ



た様に上層太氣の電離密度を ρ . その變化を $\Delta\rho$ とし、太陽による日變化磁場を F , 彩層型變化を ΔF とすれば $\Delta F/F = \Delta\rho/\rho$ と云ふ關係があり、 $\Delta F/F$ は磁力記録上から求められるから $\Delta\rho/\rho$ を知る事が出来る。此の方法で北方成分 X 及び西方成分 Y に就いて $\Delta X_i/X_i$, $\Delta Y_i/Y_i$ を求めてみた。茲に ΔX_i 及び ΔY_i は X 成分及び Y 成分の彩層型變化の大きさであつて、 X_i 及び Y_i は X 成分及び Y 成分の其の變化が生起した時刻に於ける日變化磁場の大きさである。是も正確に求められるものは振幅最大附近であるから、 ΔX_i に就いては 9 時から 11 時及び 14 時から 16 時の間に起きたものを取り、 ΔY_i は 7 時から 10 時及び 12 時から 16 時の間に起きたものをとつた。 X_i 及び Y_i は時刻が同一でも日毎に異なるけれど、此處では 2596 年から 2601 年までの間に於ける靜穩日の平均から求めたものを採用した。斯様にして得た $\Delta X_i/X_i$ 及 $\Delta Y_i/Y_i$ の値の頻度を求め、兩方を合算して次表に示す。

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 比 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |
| 回 數 | 41 | 31 | 24 | 14 | 10 | 4 | 2 | 5 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |

此の表から見ると比が小さい程回數が多く大きい、換言すれば ΔX_i 又は ΔY_i の大きい發現は極めて小であつて、磁力記録上に判別し得る變化の大多數は比 0.5 以下である事を示してゐる。前に得た平山氏⁽⁵⁾の値もこれに一致してゐる。たゞ注意すべきは $\Delta F/F$ が 1 即ち ΔF が大體日變化の振幅にも達する事がかなりある事である。次に ΔX_i 及び ΔY_i を其の發生した時刻別に求め、各時刻に就いて其等の平均値をとつて圖示すると第 5 圖の點線で示した曲線の様になる。圖中實線は 2596 年から 2601 年までの間の靜穩日の平均日變化である。彩層型變化が如何に正規日變化と一致するかと見られる。圖から振幅最大のところに就いて $\Delta X_i/X_i$ 及 $\Delta Y_i/Y_i$ を午前午後に分けて求めて見ると次表を得る。

| | $\Delta X_i/X_i$ | $\Delta Y_i/Y_i$ | $\Delta F/F$ |
|-------|------------------|------------------|--------------|
| 午 前 | 0.27 | 0.16 | 0.19 |
| 午 後 | 0.40 | 0.22 | 0.25 |
| 平 均 | 0.34 | 0.19 | 0.22 |
| 午前/午後 | 0.68 | 0.73 | 0.76 |

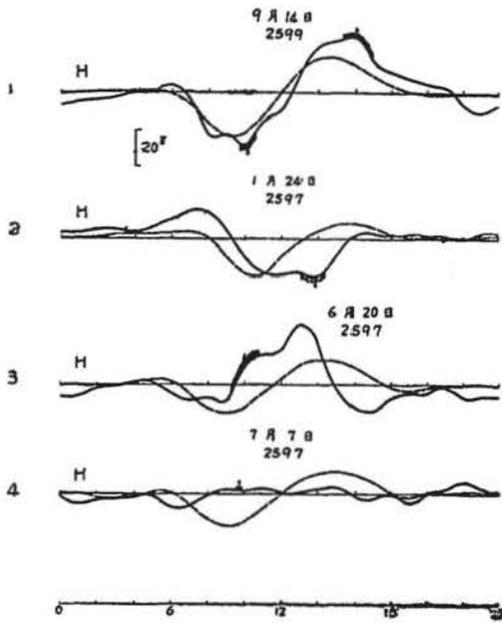
表中 ΔF は $\sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}$ を F は $\sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$ を表はしてゐる。此の ΔF 及び F には大地に誘導する二次電流の影響が入つて居り、上層の一次電流によるものは F に於ては大體實測値の 0.7 位と見てよいが、 ΔF は F の週期に比し大分小さいからとれと異なる値をとる事となる。然しこゝでは便宜上、 F と同様の割合に影響を受けてゐると見做して比を求めてある。此の表から見ると $\Delta F/F$ は午後の方が午前より約 5% 大で、午前及午後を平均したものの比は約 0.2 であつて、此の事から短波消失現象に伴ふ日變化層に於ける電離密度の増加は、平均して平常値の二割程

度である事が知られる。

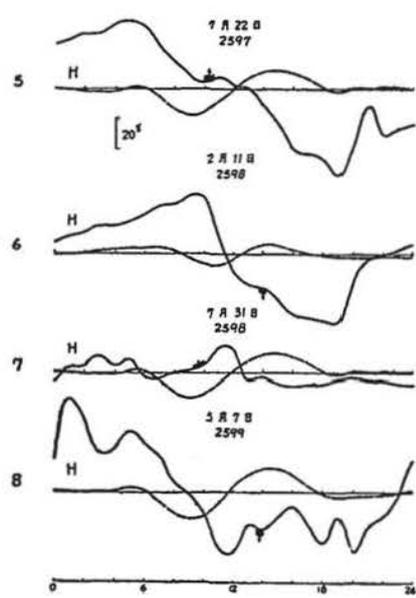
V. 日變化層の擾亂

短波消失現象の際には E 層以下のイオン密度が増加し、 F_1 層及び F_2 層のイオン密度には變化が認められない⁽⁹⁾。而して此の際の磁力變化は磁力日變化の振幅を増大する方向、即ち上層太氣中日變化電流環の電流が増加する様に起つてゐる事は既に記述した。磁力日變化は靜穩な日でも其の日其の日に於て極大及び極小の時刻、及び日變化曲線が其の日の平均値の線と交叉する點の時刻

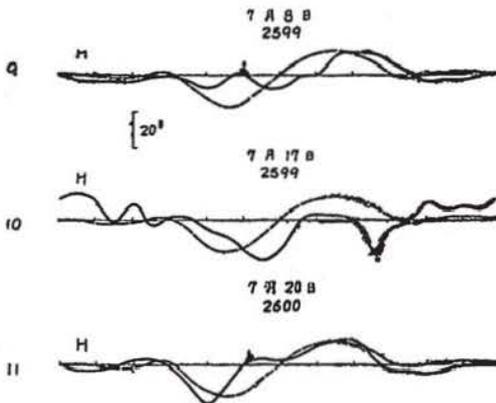
第 6 圖 (1)



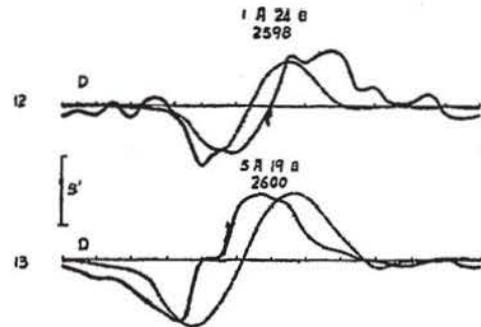
第 6 圖 (2)



第 6 圖 (3)



第 6 圖 (4)



は互に多少ずれて居り同一ではない。然るに彩層型變化が此の日變化に平行に起るのであるから、此の變化は上層太氣中であつて、日變化の原因となる電流の存在する層に起るもの、即ち日變化も彩層型變化も其の直接原因は上層太氣中の同じ層中にあると考へられる。此の代表的變化は第6圖(1)に示してあるもので、此の事は第5圖を参照すれば直ちに了解出来る事である。更に進んで彩層型變化のあつた總ての日に就いて調査した結果によると、此の變化は正規の日變化のみに就いて云へるのみでなく、一般に、其の時刻に於ける磁場の變化を増大せしむる方向に起る事が判明した。極めて複雑に變化してゐる日では擾亂によるものと、彩層型變化との判別が困難である爲め、比較的緩やかな擾亂の日に就いて、其の記録の例を第6圖(2)以下に示した。圖中點線は2596年から2599年の四年間に於ける靜穩日の平均値から求めた日變化であつて、實線は其の日の磁力變化を示し、直線は其の日の平均値を表はしてゐる。矢印は彩層型變化の起つた方向を示し、此の部の平行細線は彩層型變化が起つてから終るまでの時間を示してゐる。此等の例は水平分力(H)の方に多いのであるが此れは偏角(D)の記録感度より H の記録感度が約二倍半も大である事に因る。圖中(3),(4),(7),及び(9)等は最もよい例であつて、正規日變化の方向には起つて居らず、擾亂變化を増加する様に起つてゐるのを明瞭に示してゐる。2596年から2601年の間の彩層型變化で上記の變化と逆方向に起つてゐるものが二つあつたが、此等は何れも日變化曲線が平均値と交叉する時刻附近に起つたものであるから、あまり重視する必要はないものである。

磁力擾亂の一次的原因となる電流が地球外の何處にあるかは容易に決定されない問題であるが、大別して三つが考へられる。即ちかゝる電流は(I) Birkaland⁽⁶⁾の云ふ様な月の軌道にも比すべき遠方にあるか、或ひはChapman及びFerraro⁽⁶⁾が其後發表した様にもつと地球に近く地球半径の數倍の距離にある様な兎も角太氣外にある場合(2) 全電流が太氣中にある場合(3)。1及び2が同時に存在する場合である。(1)の様な全電流が太氣外にある事は現今では考へられない事である。(2)の様に全電流が太氣中にあるかどうかは決定困難であるが充分攻究を必要とする問題である。(3)の場合の其の一部が太氣中に存在するであらふと云ふ事は、少なく共高緯度地方に於ては極光及び其の他の事から確實と考へられ⁽⁷⁾、低緯度地方にも此の擾亂電流の一部が太氣中を流れてゐることが信ぜられる⁽⁸⁾。然らば此の一部擾亂電流が上層太氣の何程の高さの處にあるか或ひは電離層中何れの層にあるかと云ふ事が問題になる。此の事は高緯度地方に於ける様に電流が細い帶狀をなると考へらるゝ地域では、大體の高さを求める事が出来、其れによると大體300 kmから400 km位となり⁽⁹⁾、 F 層附近又はそれ以下⁽¹⁰⁾となつてゐる。此の事は磁氣嵐の際の電離層觀測⁽¹¹⁾⁽¹²⁾の結果からも信ぜらるゝところであるが、此の擾亂電流が日變化電流層と考へらるゝ E 層又は其れ以下の高さまでも入り來つてゐるかどうかは問題である。然るに第6圖(2)以下に示した多くの例から見ると、

彩層型變化は擾亂電流を増加する方向に起つて居り、正規日變化のみに關するものではない。圖中(3), (4), (7), (9) 及び(11) 等は其の最もよい例であつて、此等の日は何れも稍擾亂の日に屬し正規日變化に於ては何れも平均値より小なる時刻に彩層型變化が生起してゐるにかゝらず、其の變化方向は減少でなく増大方向をとり、其の時刻に於ける擾亂磁場の方向と一致してゐる。特に(9)の如きは僅少の時間日變化磁場より變位してゐる間に、此の現象が起つて居り、其の變化を増大する様になつて居る。(6) 及び(8)は擾亂日に於ける現象であつて此の場合にも同様な結果になつてゐる。もし短波消滅現象の際に磁氣擾亂があつても、紫外線は E 層及び其れ以下にのみ影響を與へ、 F_1 及び F_2 には影響しないものとすれば、上述の事から擾亂電流は日變化層までも到達してゐる事となる。磁氣嵐の際の電離層連続観測によると E 層の電離が増してゐる事を示してゐる⁽¹²⁾が此等は上記の日變化層の擾亂に對する有力な基礎を與へるものである。擾亂の際には日變化層に流るゝ擾亂電流とその他の場所に存在する擾亂電流の強さが互に比例せず、又其の變化の位相等も異なるものとすれば、彩層型變化の生起は必ずしも擾亂電流増加の方向には起らない事になる。従つて上記の磁力記録より得られた事實が存在する爲めには、各存在場所に於ける擾亂電流の位相は日變化層に於ける擾亂電流の位相と大なる相違なく、其の強さは互に比例してゐなければならぬ、層の厚さを數百軒としても地球半徑に比しては比較的薄い殻と考へらるゝから、かゝる條件は満足さるゝものと思ふ。此れから考へるとあまり大でない擾亂に於ては太氣外に於ける電流の存在に對して否定的の結果を與へるものであつて、擾亂電流の主流は太氣中を流れ、其の一部は日變化層にも入り來つてゐると考へる方が妥當の様に思はれる。大きい磁氣嵐の際にも尙擾亂主電流が太氣中にのみ存在するか、或ひは又常に全擾亂電流が日變化層のみに存在するか等の問題は考察の主點となるもので、かゝる問題は單に磁場の観測のみでは一義的に決定する事は不可能であつて、他の有力な要素、例へば無線による種々の現象等を資料としなければ解決出來ない問題である。

VI. 概 要

1. 明瞭な彩層型變化は太陽黒點數の變化より遅れて變化する傾向がある。
3. 彩層型變化の型を次の三つに分ける。

I. V 字狀變化

II. 振動性變化 $\left\{ \begin{array}{l} (イ) \text{ 比較的長週期振動} \\ (ロ) \text{ 微細振動} \end{array} \right.$

III. 大きく長時間の變化

2. 短波消失現象も彩層型變化も共に夏期に多く冬期に少ない
4. 短波消失の際の日變化層の電離密度變化は平均で平常値の約2割程度である。
5. 彩層型變化は正規日變化のみならず其の時刻に於ける磁力變化を増大せしむる方向に起る。

6. 擾亂電流の一部は日變化層中にも存在すると考へられる.

- (1) 第1報. 本要報第1巻第1號頁13-19 (昭和13年)
第2報. 本要報. 第3巻第1號頁21-22 (昭和15年)
- (2) R. G. Giovanelli and A. J. Higgs. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 44. No. 2. pp. 181-187 (1939)
- (3) 平山操, 氣象集誌, 第2輯, 第16巻, 第11號, 頁421-430 (昭和13年)
- (4) L. V. Berkner and H. W. Wells. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. No. 3. pp. 301-309. (1937)等
- (5) K. Birkeland. *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-3, Vol. 1, PP.*
- (6) S. Chapman and V.C.A. Ferraro. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 36 No. 3 p. 185 (1931)
- (7) S. Chapman. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 40. No. 4. pp. 349-370 (1935)
- (8) H. Hatakeyama. *The Geophysical Magazine.* Vol. XII. No. 1. 2. pp. 15-66. (2598)
- (9) A. H. R. Goldie. *Trans. Roy. Soc. Edin.* Vol. 57. pp. 143-177 (1931)
- (10) A. G. McNish. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 43. No. 1. pp. 67-75 (1938)
- (11) L. V. Berkner. H. W. Wells and S. L. Seaton. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 44. No. 3. pp. 283-311 (1939)
- (12) L. V. Berkner and S. L. Seaton. *Terr. Mag. and Atmos. Elec.* Vol. 45. No. 4. pp. 393-418 (1940)

(昭和18年9月 於柿岡地磁氣觀測所)

Radio Fade-Outs and Variations of the Earth's Magnetism

By S. IMAMATI.

As the third report on the variations of the earth's magnetism accompanied with radio fade-outs, the following points are described. (we call these magnetic variations provisional "Chromospherical-type variation").

1. Frequency of occurrence of these two phenomena.
2. Seasonal variation of these two phenomena.
3. Types of Chromospherical type variations.
4. Ratio of increase of ionisation when radio fade-outs occurs to ordinary ionisation in diurnal variation layer of the earth magnetism.
5. Disturbance of this layer.

On Earth-Current Potentials at Memanbetu, Isigaki and Nemuro.

By Y. YOKOUTI.

Continuous registrations of earth-current potentials at Memanbetu, Isigaki and Nemuro were carried out in June 1936, from September to October 1941 and from January to February 1943 respectively. The diurnal variation and some other observed facts are described and discussed, comparing those with the simultaneous observations at the Kakioka and the Toyohara Magnetic Observatories.

Variations of Earth-Current Potentials related to the Tottori Conspicuous Earthquake, September 10, 2603 (1943).

by T. YOSIMATU.

Variations of earth-current potentials occurred before the earthquake and those accompanied with its after-shocks are reported. Similar results as in the previous investigations are also obtained.

M. Utumi: An appendant to the "On the Spectrum of the lightning." Vol. 4. No. 1. p. 1.