

雷観測記録装置の研究 (VI)

回転型 静電界測定器

竹内利雄 石川晴治 高木増美

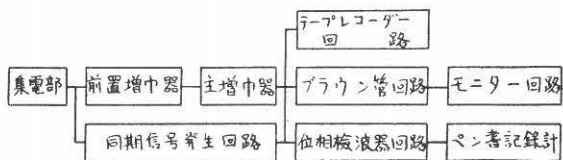
I. ま え が き

雷に伴う静電界変化の観測に用いられる回転型静電界測定器は、すでに多くの人々によって製作発表されているが、⁽¹⁾ われわれも特に速度度が高く、かつ種々の記録方式を持つ装置を試作した、以下この装置について述べる。われわれの装置は抵抗を介して接地された固定電極を、電界中に対して露出遮蔽の繰り返しを行い、それにより抵抗の両端に生ずる交流電圧を取り出しこれを測定する方式のものである。

II. 装置の概略

装置の系統図は第1図に示す。集電部に生ずる交流電圧は、主増巾器により増巾された後、三つの径路に分けられる。第1の径路を通るものは更に増巾された後ブラウン管の偏向板に導かれ、第2の径路のものはテープレコーダーの入力回路に導かれ、第3のものは位相検波された後に記録電流計を動作させるのに用いられる。後述の様にブラウン管に現れた静電界変化は空電波形との対応

第1図 回転型静電界測定器の系統図

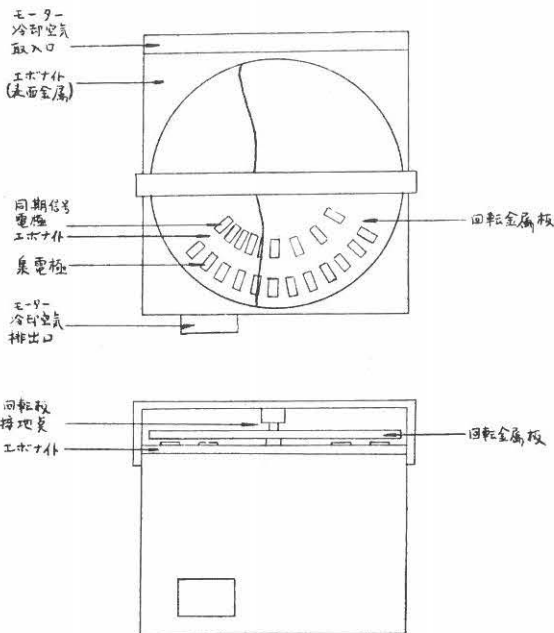


関係をみる為に用いられ、テープレコーダーに記録されたものは比較的長時間にわたり速やかな変化を知るのに用いられ、更にペン書きの記録は長時間にわたる比較的小さい変化を知るのに役立つ。

III. 集電部

第2図は集電部を示す。エポナイト板上に取付けられた真鍮製の2組の各々60個の電極は、内側と外側の2列になつており、外側の電極は集電極、内側の電極は同期信号発生用電極で、これら2列の電極はそれぞれその裏側で銅線で結ばれて2つの電極系を作つてい

第2図 集電部



る。電極の上にとりつけられ接地された回転金属円板にも、電極と相対した位置に2列に穴が開いていて、内側の穴は内側電極と一つおきに相対している。内側の電極と回転板との間の容量の変化は、静電界の作用で外側電極に現れる交流出力と同期しているので、同期信号の源として使用される。この容量変化は集電極の露出時に130PF、遮蔽時に140PFである。集電極の数と円板の回転数の積は発生する交流電圧の周波数を決定し、更にその周波数はこの測定器の速度性の限界を定めるから、電極の数と円板の回転数は多い程良いわけであるが、電極の数を増すためには電極によつて構成される円の直径を大きくする必要がある。これは結局回転板の直径を大きくする事を意味し、回転板を高速で振動少なく回転する事が困難になつてくると言う機械的な制限および市販の電動機を使用すると云う制限から、われわれの装置では60個の電極と毎分3,000回(電源50サイクル)の回転数を採用している、集電極は後述の様に前置増

巾器筐体内に取つけられている $200k\Omega$ の抵抗を通して接地されている。この抵抗値の決定方法はすでに Schonland 等⁽²⁾により述べられており、われわれの場合、外側集電極の対地容量が、電極露出時に 220PF、遮蔽時に 320PF、であることからこの抵抗値を決定した。集電部は毎分 3,000 回の高速で回転する円板が取付けられているから、電気的な考慮と同じく、機械的構造に十分な注意をはらう必要がある。すなわち筐体の振動により集電極の取付けがゆるむと、その振動により発生する雑音が出力波形に重畳しはなはだしい場合には記録が得られなくなる。これを防ぐ為集電極を裏面からねぢで固定した後シエラックで固めた所、電極のゆるみから生ずる雑音は長時間の連続運転に対してもぜんぜん発生しなくなった。同様な意味から両列の電極からの信号を前置増巾部に送るケーブルのコンセントは、特別に振動に耐えるものを設計試作した。またエポナイト板を筐体からゴムクッションで浮かして集電極の振動を防いでいる。長時間筐体の中で連続的に運転されるモーターは発熱し易いから、円板の回転によつて生じた気流を筐体内に導き、モーターを空冷する様にした。集電極の遮蔽効果と云う点から考えると、集電極、回転円板間の間隔は狭い程良いのであるが、現在約4mmの間隔にしてある。回転円板の接地は、最初多くの人々によつて行われている様に、金属と金属の接触を用いたが、摩擦がはなはだしく保守の手数がかかるので、モーター軸に取付けられた真鍮針を接地水銀溜につける方法に変更した。この方法に変えてからは接地接触雑音除去に要する手数は全く省く事が出来る様になつた。この集電部は下向きにし、ばねで小屋の中につるして使用している。集電部に関する理論的考察はすでに多くの論文に述べられているので省略する。⁽¹⁾⁽²⁾

次に集電部を電界から完全に遮蔽した場合を考えると理論的には大気静電界は全く遮断されるから測定器の出力は零となるべきであるが、実際は如何に完全に大気電界を遮断しても、なお交流電圧出力は消える事がない。これについては多くの原因が提案されており⁽¹⁾ われわれもこの点について現在研究中であるが、現在の装置ではこの交流出力は 10^{-4} V 位ある。この出力は常に正の電界が加えられた場合と同じ符号で、その大きさは経日変化を示し、午前から正午頃迄に最小となり、夜に入つて最大となるが、個々の測定値は日々により相当ばらつきがある事がわかつた。今迄定性的な実験をしてきた結果判明した点は次の様である。

1. 大気中の湿度は直接影響を与えないが、集電

部の表面に水の霧をふきかけると電圧出力は減少する。

2. 集電部の表面にパラフィンを塗つた時や、ほこりのたまつている時電圧出力は増加する。

3. 回転板の上に更に穴のあいていない接地金属円板をのせて固定し、これを回転してもこの出力は生ずるが、回転板を取去り穴のない円板と交換して回転した場合はこの出力が現れない。

4. 回転板の回転速度と出力とは無関係である。

5. 1及び2の事実からこの現象は集電部の表面の状態と関係のある事がわかる。

以上の実験事実から考えると、恐らく先ずエポナイト表面上に何らかの原因で生じている電荷が集電極面上に電荷を誘導し、これが穴あき円板の回転につれて増減する事により上に述べた出力を生ずるものと思われる。

次にこの装置の集電部の感度に就いて述べる。実験室で作られた電界を用いて測定した集電部の感度は、大気電界を用いて測定したその約10倍位大きい。もちろんこれは平面更正係数といわれている装置の設置位置に関する幾何学的な点に就いて十分考慮を払つた上の事であるので、これは全く集電部自体にその原因のある問題である。今迄の所これについて論じている論文も見当たらない様で、われわれもこの原因はよくわからない。この点については今後更に研究を進めたい考である。

現在われわれの使用している集電部は、速応性を高める目的から電極の数を多くしてあり、回転円板の穴間隔が狭く、従つて集電極に対する遮蔽効果が完全でない為、その感度は理論的に計算されたものよりかなり低く、これが上述の様に、更に1/10程度に減少されるので、本集電部の実用感度は $1,000V/m$ の大気電界の変化に対して約 $5 \times 10^{-4} V$ の出力の変化を生ずるのみである。

IV. 前置増巾器

集電部は屋外に設置され他の部分は観測室内におかれ、この間は約25mのケーブルで結合されている。この為集電部の近くに前置増巾器をおきインピーダンスを下げた後、同軸ケーブルで室内の装置本体迄信号電圧を送り込む。前置増巾器は12AU7の一方の3極管部をカソードホロワーとして用いている。この部分は防振対策上小さい筐体中に組込んで、集電部の傍に集電部と同様ばねでつるし、更に真空管のソケットをゴムで支え除振に努めている。

V. 主増巾部

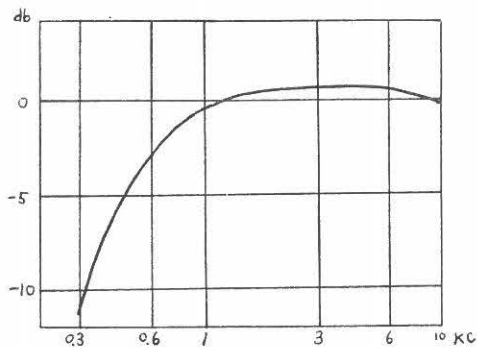
前置増巾器より送られて来た信号電圧は、10db. 階段で計80db. 迄減衰出来る抵抗減衰器を経た後、主増巾器により増巾される。主増巾器は $\frac{1}{2}$ 12AX7 - $\frac{1}{2}$ 12AU7-6C4よりなり。ヒーター回路より来る交流誘導電圧をさけるために、全真空管のヒーターを直列直流加熱している。初段と二段目の真空管はクツジョンソケットを用い、マイクロホニツク雑音を防いでいる。ここで増巾された信号電圧は3つの経路に分けられる。第1はブラウン管回路に、第2はテープレコーダー回路に、第3は位相検波回路に接続される。

VI. ブラウン管回路

われわれは雷放電により生ずる空電波形を 20ms の単掃引起動のブラウン管上に表しこれを 35mm のフィルムに撮影してこの解析を行つてゐるが、⁽⁴⁾ これと同時に静電界急変化の同様な記録をとり、両者を比較検討するためにここに述べるブラウン管回路を製作した。

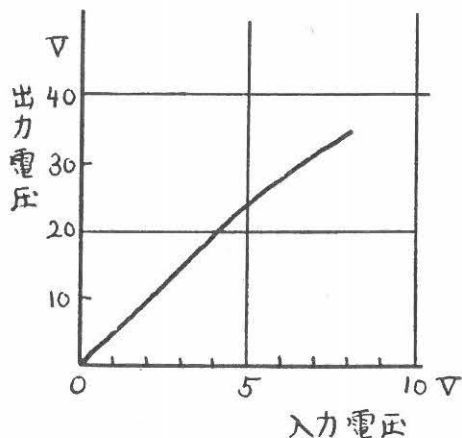
主増巾器から出た信号出力電圧は 6J5 により位相反転された後、双3極管 6SN7 でブツシュプル増巾されブラウン管に加えられる。またこの電圧の一部分はモニター用小ブラウン管オツシログラフに加えられる。前置増巾器よりブラウン管に到る全回路の周波数特性は第3図に示してある。商用周波数及びその低次の高

第3図 装置の周波数特性



調波による誘導妨害を防ぐため、1kc/s 以下では増巾度が低下する様に設計してある。なおこの装置の搬送周波数は 50 サイクル電源の場合 3kc/s. 60 サイクルでは 3.6kc/s. である。抵抗減衰器を -80db にした場合の前置増巾器入力とブラウン管出力の電圧の間の特性を第4図に示す。この装置がどれだけの入力迄直線関係で使用出来るかは、前置増巾器の特性により決定

第4図 装置の入力-出力特性



されるが、われわれの場合その値は第4図に示す様に 5V 程度である。ところがすでに述べた様に集電部の大気電界に対する感度は非常に低く 1,000V/m 当り 5×10^{-5} V であるし、電界から集電部を遮蔽した場合の出力電圧も 10^{-4} V 位であるために、直線性に対する考慮はぜんぜん無視する事が出来る。

VII. テープレコーダー回路

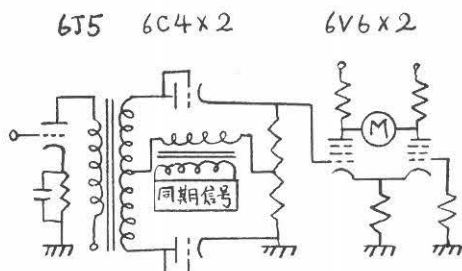
電界の速やかな変化を長時間連続的且つ経済的に記録するために、主増巾器よりの信号電圧はテープレコーダーに導かれて記録される。この時、前述のブラウン管の駒撮り写真記録の駒番が同時にテープに音声により録音され、且つ単掃引起動のかかつた時を示すパルスが同じテープに記録される。この対応マーク用パルスは空電波形記録用の起動のかかつた時より少しおけて入る様にしてあるので、現象の記録がみだされる事はない。われわれはまたこの外 16mm フィルムにより数分間連続して空電波形を同時記録する事もあるが、このフィルムにも同じ起動パルスによる対応信号が記録されるから、連続波形及びテープレコーダーの記録から、数分間にわたり空電波形と静電界変化の互に対応した同時記録を得る事も出来る。一つの雷放電はしばしば 1 秒程度存続する場合もあるため、こうした記録が重要になつてくる。次にブラウン管回路とテープレコーダー回路だけでは電界の符号を知る事は一般に出来ない。そこで次に示すペン書き記録と対応する事により静電界の符号を識別する様にしてある。

VIII. ペン書き記録回路

これは主増巾器より送られてきた信号電圧を位相検波し記録電流計によつて静電界の強度の連続記録を行

う回路である。その記録速度は常時は毎時7cmであるが雷発生時には毎分7mmの速度に切換えて使用する。高速記録の場合には個々の雷放電後の静電界の回復の様子を知る事が出来る。この回路は第5図に示す様で

第5図 ペン書き記録回路



6C4 2本が検波管として用いられている。検波された電圧は2本の6V6よりなる平衡回路で10mAの記録電

流計を駆動させる。同期信号は集電部の内側電極と接地回転金属板の間の約10pF.の静電容量変化を井上回路(4)によつて電圧に変換したものを利用している。

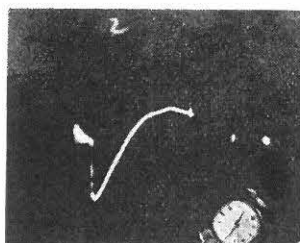
この装置は輸送の便を考慮して組立式の架に、電源主増巾部、ブラウン管、位相検波回路、附属リレー回路、モニター用オツシログラフ、観測用ブラウン管をのせる様にし、また集電部を吊す小屋も組立式となつている。

IX. 測定記録の例

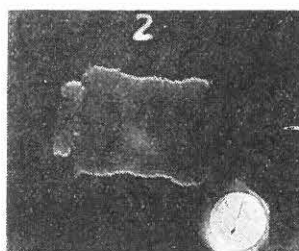
第6図は互に対応する駒撮り空電波形と静電界変化の例であり、第7図はテープレコーダーの記録をブラウン管オツシログラフによつて再生し、16mmのフィルムに撮影したもの。第8図はペン書き記録の1例である。

第6図 35mmフィルムによる駒撮記録の1例

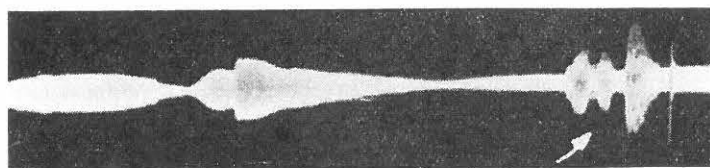
(a) 空電波形



(b) 静電界変化

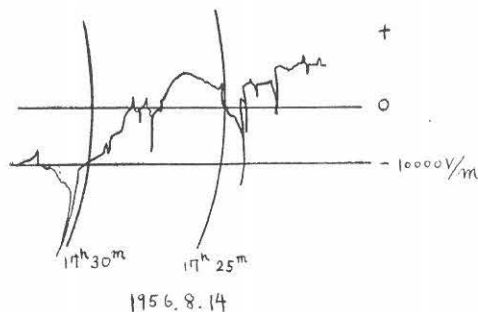


第7図 テープレコーダー記録の1例 矢印は駒番吹込音声



時間 →

第8図 ペン書き記録の1例



X. むすび

この装置は過去3年にわたり逐次改良を加えて雷観測に用いて来たのであるが、未だ位相検波回路と集電部に不満な点がある。特に集電部が電界より遮蔽された場合になお生ずる出力電圧および、大気電界の場合が人工電界の場合より感度が低下する原因については今後の研究が必要である。従つてこの装置では約10 km 以内の近雷の場合でないと確実な記録が得られないので、今後集電部に改良を加えて感度を良くし更に遠距離に発生した雷に際しても使用出来る様にしてゆく考えである。なお本装置の試作に当つては文部

省科学試験研究費の補助を受けたことを附記しておく。

文 献

- (1) 例えば
Mapleson W. W. and Whitlock : Jour. atmos. Terr. Phys. 7, 61 (1955)
- (2) Malan D. J. and Schonland B. F. J. : Proc. Phys. Soc. B. 63, 403 (1950)
- (3) 石川, 高木 :
空研報告, 5, 135 (1955)
- (4) 日本電波協会 :
無線工学ハンドブック, 1636 (1954)