

空電波形解析精度に関する2,3の問題

石川 晴治 伊藤 英子

I. はしがき

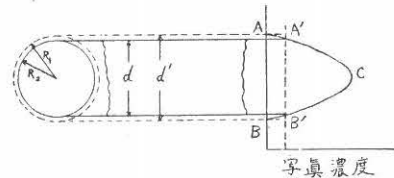
空電波形の解析に際しては波形記録の拡大図上で諸種の数値を測定しなければならないので、この際必然的に波形記録の整理精度が問題になる。勿論これ等の点は根本的には記録方法が問題であることは云う迄も無いが実用上から考えると或る波形記録方法を採用する場合技術的見地から到達しうる精密度に対する限度は必ず伴うのもであるから、与えられた記録方法下においてはどれ丈の信頼度のある数値が得られるかと云うことは常に考えて置く必要がある。以下波形整理測定を行った際経験した諸点について述べることにする。

II. 各 説

1. 階段的变化並びに微分パルスの幅

雷観測に依って得られる空電波形にはパルス性の波形の現われることが甚だ多いが、これ等はいずれも空中放電の多様の現われ方を呈するストリーマーに対応すると考えられるもので従ってパルス性の波形はその幅が μs に近い精度を以て測定されることが望まれる場合が多い。然るに我々の今使用して居る波形測定器では C.R.T. の掃引速度は 1 ms が記録可能な限度であるが、この様な測定器で理想的な矩形波が記録される時どの程度迄信頼の置ける整理記録が得られるかを考えて見る。空電入力に測定器に入ると起動回路が働いて C.R.T. 螢光面上に光輝点が現われ即時掃引が開始されるが、今輝点は円形を呈するものとするこの円形輝点は与えられた掃引速度を以て螢光面上を走るのであるから、円形周辺部分は掃引速度が極端に大きくなると記録写真感光膜上に十分に記録されなくなる筈で、従って掃引線は全体的に薄くすなると共にその線幅は減少する。第1図はこのことを示すもので輝点円の直径は d' でその掃引線幅は d であるとする。円形輝点が移動するのであるから感光膜上へ残す全光量は掃引線に垂直な方向に対し第1図の右側に示す曲線 A, C, B の様な分布になるので掃引線の両側へ向って写真記録上の濃度は減少し掃引速度が大きければ両端部は写真に記録されなくなる。従って実際測定可能な掃引線の幅は d に減少する。実際の例についてこの点を測定して見ると掃引速度 6 ms と 1 ms の場合の掃

第1図 光輝点と掃引線の幅の関係

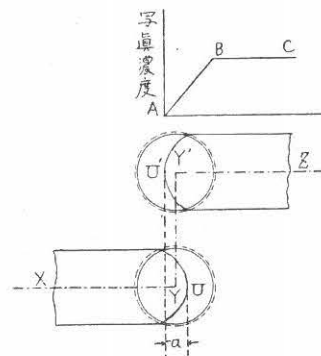


第1表 掃引速度と掃引線の幅

| 掃引時間 (ms) | 掃引線の幅 (mm) |
|--------------|---------------|
| 6 | 2.3 |
| 1 | 1.9 |
| パルス連続部 | 0.6 |

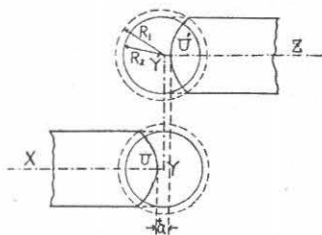
引線の幅は 2.3 mm から 1.9 mm に減少して居ることが見られる。第1表は約10個の波形から得られた値の平均値を示すが微分パルスの不連続部でやっ写真に記録された所では測定可能な線幅は約 0.6 mm 程度になる。これ以上掃引速度が大きいと恐らく写真に感光しないであろう。今掃引時間 6 ms のものは充分の光量を写真感光膜に与えると考ええる。すなわちこの掃引速度では掃引線幅は充分真の光輝点円の直径に近いものとして話を進めて見る。この様な掃引線上に階段状波形が乗る場合もし掃引速度が充分小さければ波形の不連続点における記録の有様は第2図の様になる。但し第2図においては事柄を簡明にする為原階段状波形は

第2図 掃引速度の小さい場合の階段状波形記録



立上りが瞬時的に行われるものとして表わしてある。この場合は掃引速度が充分小さいので真の輝点円の直径 d' と掃引線幅との差が少くその為に掃引線の中心線は理想的に階段状に X, Y, Y', Z と移動しても輝点は有限の大きさを持つ故実際には第2図に示す様に重複部分を生ずることになる。この場合掃引線端は双方共端点に向って当然写真感光濃度を減ずる筈でその中心線に沿う有様を同図の曲線 A, B, C で表わしてある。従ってこの様な場合真の立起りを示す中心線の位置 Y, Y' を記録波形の上で決定することは不可能なことであるので掃引線の両端点 U, U' を以て代用すると、この場合には U, U' の幅は決して零ではなく或る幅 $-a$ を持つ様に測定されるから、もし入力原波形の立起りが真に矩形的でなく或る値を持って居る様な場合には真の値より $-a$ で示される丈過少に評価されるわけである。次に第3図は掃引速度が充分大きい場合に対するもので真の光輝点の半径 R_1 と有効光輝点のそれ R_2 の比を実測から得られた第1表の 6 ms 及び 1 ms の掃引線の幅の比に等しく取ってあるので大略実際の C.R.T. 螢光面上の様子が推定出来る。従って第3図は掃引時間 1 ms の場合に相当するがこの場合は掃引速度が大きいので真の光輝点と有効光輝点との大きさの差が大となり中心線が X, Y, Y', Z の様に理想的に瞬時的に変化しても掃引線両端点 U, U' 間は第3図に示す様に有限な値 $+a$ を取る様になる。

第3図 掃引速度の充分大きい場合の階段状波形記録

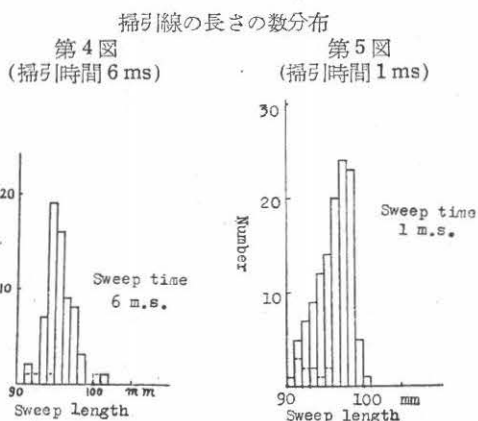


従ってこの場合立起り時間が或る有限値を持つ階段状波形の入力があると記録波形は $+a$ 丈立起り時間が過大に評価される。第3図の $+a$ の値から実際の C.R.T. 螢光面上の波形の場合を推定するとこの値は約 0.3~0.4 mm 程度、従って全掃引線長を 90 mm とするとこの波形記録より得られる階段状波形の整理測定値は真の値よりも 3~4 μ s 程過大に評価される傾向があることが結論されるがこの値は 1 ms 掃引の場合時間軸を 0.4 mm 迄は測定可能と考えることに依り得られる時間測定の精度 4 μ s と同程度のものとなるの

で全く無視するわけには行かない。

2. 掃引時間長

時間軸の掃引は CR 回路の充電電圧を利用し或る意味で過度的な現象を応用して居ることになるので兎角動作が不安定になり易い為か、時間軸の掃引長は波形記録毎に相当 fluctuation が有ることが波形解析中に痛感されたのでこの点を少しく調べて見た。第4図及び第5図にこの結果を示す。前者は掃引時間 6 ms 後者



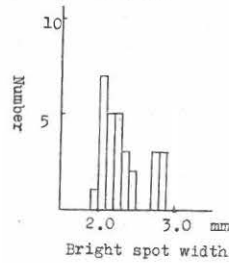
は掃引時間 1 ms に対するもので両者共掃引線の全長の数分布を与えるが、整理測定に際しては成る可く波形の簡単なものを選び立起りの不明瞭なものは除外し、勿論時間軸の調整は一定のもの丈について集計した。尚第4図及び第5図の点線で表わした小数の分布は夫々電源電圧が不安定でしかも静電界変化による緩変化が同時に重なって居ると思われる場合及び静電界の緩変化が空電波形に重なって現われて居る場合についての例であって、いずれもその様な場合には掃引線の長さは短くなって居る。すなわち第4図の掃引時間 6 ms の場合には正常の場合 94~95 mm ある線長は 92 mm 位となり且つその分布範囲も正常の場合 91~99 mm のものが 89~95 mm となって居り、第5図の掃引時間 1 ms の場合では正常の値が 95~99 mm 位であるのに対し 93~94 mm でその分布範囲は正常のものが 91~101 mm であるのに対し 84~100 mm といずれも短くなって居ることがわかる。これは一つには掃引線長の測定が C. R. T. 上の静止輝点を原点として行われて居るので静止輝点の幅丈不確定性がある為と考えられるが、この点については後で述べる様に輝点幅は 2.0~2.5 mm 位のものであるのでこれ等輝点の中心点を目測で判定する場合を考えても真の波形起動時の原点は静止輝点の中心から高大最大 ± 1.25 mm 位丈狂って測定されるにすぎない。この点から考える

と前記の掃引線長の短縮は原点の標定により生ずる誤差以上のものであることがわかる。尚整理測定に用いた波形記録は多重回掃引の場第2回目の掃引波形以後には掃引完了後に under shooting があることが認められるので多重回掃引波形の場合には最初の波形についてのみ掃引線長の測定を行った。静電界の緩変化成分が顕著に空電波形を乗せて現われる様な波形では波頭の部分が大きく C. R. T. 螢光面に固定して考えて居る原点の上又は下に外れて現われこれが波尾迄続くことが多く、この様な場合には更に時間軸を想定する際にその方向を誤り易いので掃引線長を測定する時の誤差が大きくなることはありうる。次に正常な場合の掃引線長について考えると両図とも実際で示した様な分布になるがこれ等はいずれも雷雨時の波形の中から掃引線長測定に向いて居るもの丈撰定して測定したものである。図から分る様に掃引時間 6 ms のものは前記の様に線長分布範囲は 91~99 mm 位であるのに対し掃引時間 1 ms のものは同様に 91~101 mm 位を示し線長の分布幅は大差ないことが云える。又最頻値は掃引時間 1 ms の場合の方が少し長くなる様な点が見受けられるがこれは波形測定器の掃引時間ダイヤルを 6 ms から 1 ms に切換を行うと他の調整が全く同じでも掃引線長が稍、のびる為に図に示す様な傾向となったものと解釈される。以上述べた所により波形測定器の調節を一定にして置いても記録毎に掃引時間軸長は変化するものでその変化量は $\pm 6\%$ 位である。これは C.R.T. 螢光面の実長に直して ± 6 mm 位に及ぶので平均線幅 2.3 mm に比べはるかに大きく整理に際して起る誤差ではない。従ってこれ等は波形測定器の起動回路に連なる単一矩形波回路とか単掃引波形を作る回路のサイラトロン及び電源電圧の不安定によるものと考えるのが適当であろう。

3. 原輝点の拡り及び掃引線の幅

単掃引起動方式の記録では常に立起りの部分は充分な資料が得られないので正確な波頭端を確定することは出来ない。そこで一つの方便として静止輝点を同時に淡く記録しこの C. R. T. 螢光面上に固定されたと考えられる点を基にして各種の整理測定を行うわけであるが、すでに述べた様に輝点は常に或る拡りを持って居るのでこれを考慮に入れて置かないと測定の誤差を増すことになり易い。そこで輝点の同時写し込みがなされた波形について輝点幅のばらつきを求めて見ると第6図の様な結果が得られた。図からわかる様に我々が雷観測に用いた条件下で波形測定器を働かせると輝点の幅は 1.9~2.5 mm 位のものになることがわかる。

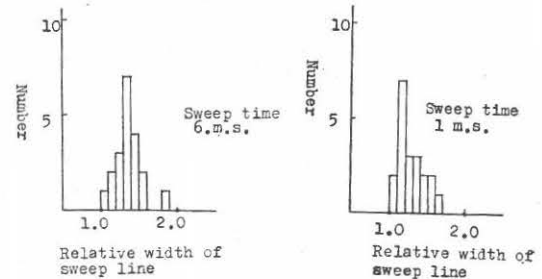
第6図 輝点の幅の数分布



図には 2.7~2.9 mm のものも現われて居るがこれはいずれも波形記録の待期時間が長い場合である。輝点の輝度は掃引を起さない状態でも電源電圧の変動とか微小空電入力とかによって屢、輝点の照度は変化するので、待期時間が長ければ輝点感光像はろ過度になり写真像にカブリを生ずる為輝点幅は過大に評価される。勿論第6図を集計するのに用いた資料は輝度及び焦点調節に関する限り同一条件下のものを撰定したので輝点の大きさが変化したとしてもそれは微小であるに違いない。又測定された平均値は 2.2 mm であってこれは第1表に掲げた 6 ms の掃引時間の場合の線幅と実際上一致した値である。この点から考えて掃引時間 6 ms の場合には輝点は掃引の途中の各瞬間においてその周辺迄充分に記録されて居ることがわかる。

次に一つの掃引線中における輝度の変化を考えて見る。第7及び第8図は夫々掃引時間 6 ms 及び 1 ms の場合の波形尾部の比較線幅の数分布を表わす。

掃引線の比較幅の数分布
第7図 (掃引時間 6 ms) 第8図 (掃引時間 1 ms)



但し各数値とも主として主放電型波形の波形終止直後の線幅を基準にとりこれを 1 とし掃引終止直前の線幅がその何倍になるかを以て表わしてある。図から明らかな様に掃引線の幅は頭部から尾部へ移るに従って太くなり掃引時間 6 ms の場合は約 1.3~1.4 倍、掃引時間 1 ms の場合は約 1.1~1.2 倍位となる。これは矩形波形による変調輝度一定とすれば掃引速度が波尾へ行くに従って下落するか或は掃引速度一定とすれば変調輝度が波尾へ行くに従って変化する為と考えられ、掃引波形か輝度変調矩形波形か、いずれかが適当でない原因により生ずる。又図について 6 ms の場合と 1

ms の場合を比較して見ると掃引時間の短い方が線幅の増加が小さいのと双方共尾部に向って太くなって居ること等を考え合せると恐らく単掃引波形の歪による輝点の焦点外れが主な原因ではないかと考えられる。この線幅の変化も亦微分パルスの幅等を測定する際有害であるからこの変化の大きい波形の整理には特別の考慮を必要とする。

III. む す び

以上波形整理に際して生ずる誤差の中主なもの 2, 3 について述べたが、それにより次の諸点が明らかとなった。

1. 入力波形が矩形波形であるときは掃引時間の大小により不連続点の立起り時間は真の値より過小に測定される場合も過大に測定されることもある。
2. 掃引線の長さは掃引時間と関係なく $\pm 6\%$ 位伸縮するがこれは起動及び単掃引回路乃至電源電圧の不安定に帰せられる。
3. 掃引時間 6 ms 位である時の掃引線幅は大略輝点円の直径を表わして居る。掃引線幅は記録波形の波頭から波尾へ移るに従って増加するがこれはむしろ単掃引波形の歪による輝点の焦点外れに帰せられる。