雷放電計数器とその観測結果について

岩井　章　伊藤吉之助　加藤利郎

I. まえがき

或る一定距離内に発生した雷雨から放射する空電を受信して，雷雨分布図の作製に役立たせるとか，又は雷雨の予知に応用しようと云う試みの為の観測は既に昨年当研究所で実施されたが，[1] この外に U.R.S.I. や C.C.I.R. の総会でも一定距離内に発生した雷放電を自働的に記録するような装置を試作すべきである[2] と云うことが提案されている．この要求に基づいた装置及びその実験結果の概略も 2, 3 報告[2][3] されているが，未だ結論を得るに至っていない．

雷雨の発生を確認する方法は目視観測によって電光，又は雷鳴のあることを知り，これを基として雷雨情況が報告されるのが現況である．

目視出来る可能な範囲や雷雨の規模の大きさから考えて，半径 20～30 km 以内の地域に発生した雷雨のみ計数出来る装置を試作することは極めて興味ある問題であり，且又上記要求等の点からも甚だ重要であると思考される．

勿論雷雨の性質から見て，これから発生する空電の強度は大小種々であり，これを一定距離に確然と限定すると云うことは本質的に不可能であろうが，実用的に見て一応上記目的に利用出来る可能な範囲の幅を持たせることを考慮に入れるならば，実現の可能性はあると思われる．

II. 装　　置

1. 設計方針

一定距離内の雷放電のみ受信出来る装置としてはどのような性能を附与したらよいかと云う観点から，次の二点に重点をおいた．即ち近距離の雷放電から発生した空電強度の強さと周波数分布の点につき，前者では従来の研究結果から，その強度は 0.1～10 V/m 程度と見做されるので，0.01～30 V/m の範囲内の強度で働作するよう利得を選定し，又後者に対しては低周波部分の強度が強く，高周波部分になるに従って次第に減衰していることが明らかにされているが，更にこの点を詳細に吟味するために，非同調型，10 kc/s 同調型，100 kc/s 同調型，1 MC/s 同調型（この型は特に高感度とした H，G 型も含まれる）5 MC/s 同調型の 5 種類の装置を設計試作した．

2. 回路及び特性

この装置の外観は写真 I, II, III に夫々正面，内部，裏面が示されており，その性能は第 1 表の通りである．

写真 I. 正　　面

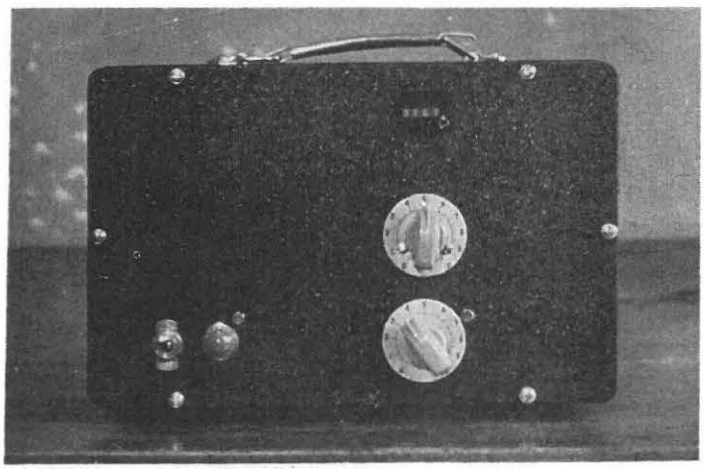


写真 II. 内　　面

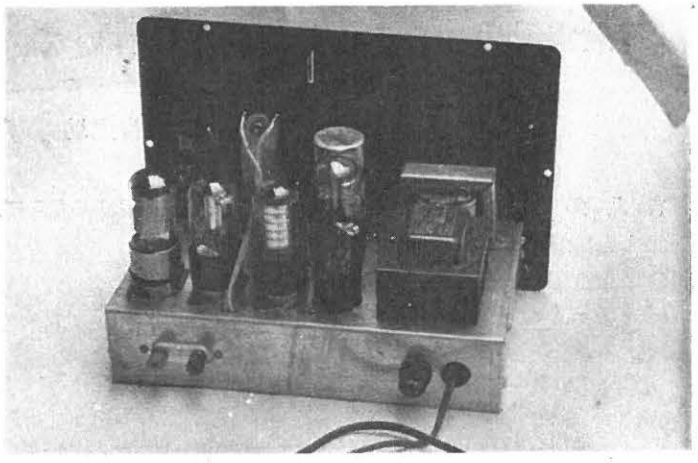
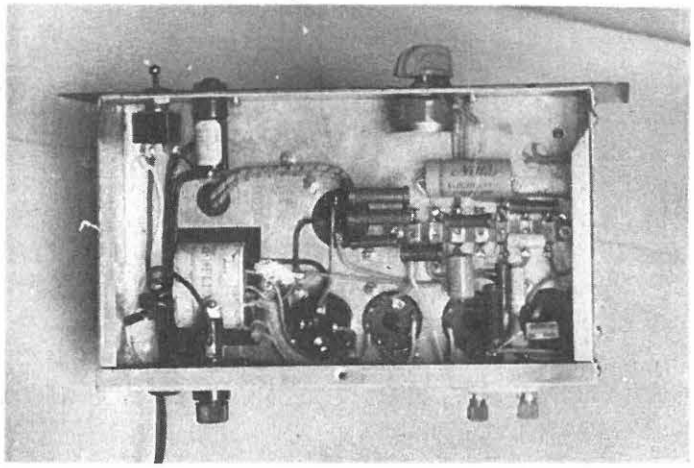


写真 III. 裏　　面



第1表　各種電放電計数器性能一覧表

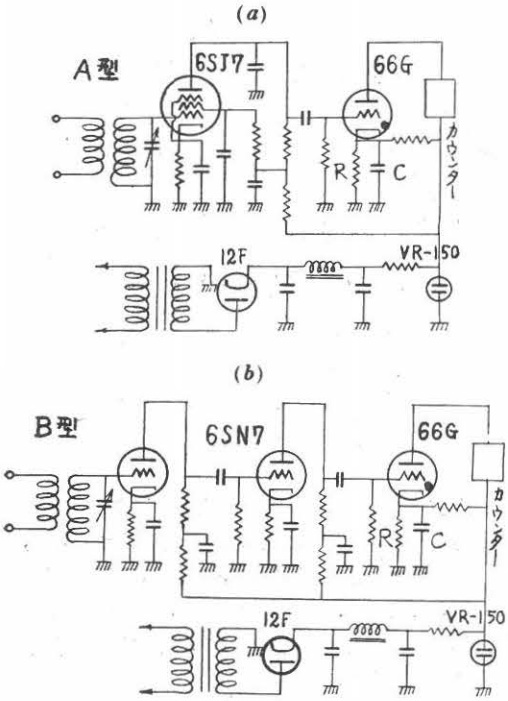
区分→ 型式↓	Q	帯域幅	所要電界強度 (V/m)	度数計速応時間 (s)
非同調 A 型		1.5 kc/s − 55 kc/s	1.92	1
非同調 B 型		〃	0.6	1
非同調 C 型		〃	0.025	1
10 kc/s 同調 A 型	33	10 kc/s ± 150 c/s	2.16	1
10 kc/s 同調 B 型	31	10 kc/s ± 160 c/s	0.36	1
100 kc/s 同調 A 型	50	100 kc/s ± 1 kc/s	8.0	1
100 kc/s 同調 B 型	42	100 kc/s ± 1.2 kc/s	20	1
1 MC/s 同調 A 型	42	1 MC/s ± 12 kc/s	10.0	1
1 MC/s 同調 B 型	31	1 MC/s ± 16 kc/s	1.1	1
5 MC/s 同調 A 型	40	5 MC/s ± 62.5 kc/s	8 以上	1
5 MC/s 同調 B 型	32	5 MC/s ± 77 kc/s	8 以上	1
1 MC/s H. G. 型			0.005	100 ms

その構成図を第1図に示し，第2図に配線図を掲げた．

第1表で示された A 型は第2図(*a*)，B 型は第2図

第1図　構　成　図

第2図　配　線　図



(*b*) であって，非同調型は最初の球の格子回路に挿入してある同調回路の代りに高抵抗で置換えた．最初の $\frac{1}{2}$6SN7（若しくは6SJ7）は検波管で，次の $\frac{1}{2}$6SN7は増幅管である．放電管66Gは度数計を起動さす球であり，この放電管の格子に加わる入力電圧の尖頭値が或る値以上であると放電して度数計が働作する．この度数計は電話用のものであって，その構造上定まる速応度がある訳で，この働作に関係するのは放電管の陰極側に挿入してある蓄電器 C と抵抗 R であって，この値によって定まる充放電時間は度数計が応動出来るような値に選ぶ必要がある．

III. 観　　測

使用した装置は上記の各種装置であり，配列の模様が写真IVに示してある．

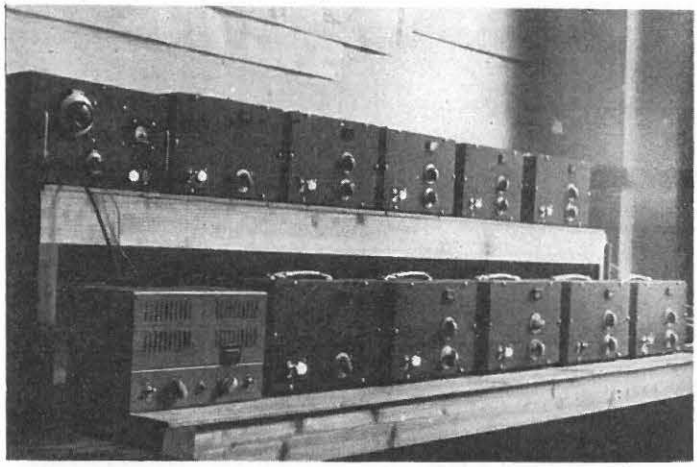
室外には各装置毎に垂直空中線を懸吊したが，その長さは最初5mとしたが，うまく働作しなかったので，後にB型装置のみ10mとした．

観測の場所及び期間は次の通りである．

場所　前橋市NHK前橋放送局

期間　自昭和29年7月15日
　　至昭和29年8月15日

写真IV．配　　列



この期間毎日7時から20時まで常時装置を働作させ，単位時間に計数された頻度を読み取って記録した．

観測期間中は前橋測候所と絶えず連絡をとり，発雷情況や予報等の情報を入手することに務め，又他の観測班（同時観測した空電波形，静電界強度等）との連絡を緊密にし，観測を最も有効にする如く配慮した．

観測期間を通じて最も雷雨も激しくデータとして有効だったのは7月27日，7月30日の両日であって，最初の10日間は観測に不慣れなためと若干見通しが違っていたため，装置の利得，アンテナ，或は読取り時間等を変えたのでデータとして利用するとき甚だ不都合であった．従って爾後の20日間のデータについて主に検討した．

IV. 観 測 結 果

観測記録を検討するための主なる資料は近距離については前橋測候所から報告された群馬県下の雷雨図により，又観測地から 100 km 前後迄の範囲の雷雨は東京管区気象台によって作製された雷雨図を参考とした．これ等の雷雨図中で検討の対象となる主要な雷雨に対して①，②，．．．の如く便宜上番号を附してある．

観測の目的の主なるものは，孰れの装置を使用すれば，どの程度の距離に制限されるかと云う点にあるので，終始この点に主眼をおいて記録の検討を行った．

空電の頻度曲線はその大部分が 10 分毎に計数された数を時間変化に対してプロットしたものであり，同時に観測地から主要な雷雨までの距離も時間に対してプロットしてある．この図に附してある数字は同日の雷雨図に示された雷雨番号に相当する．

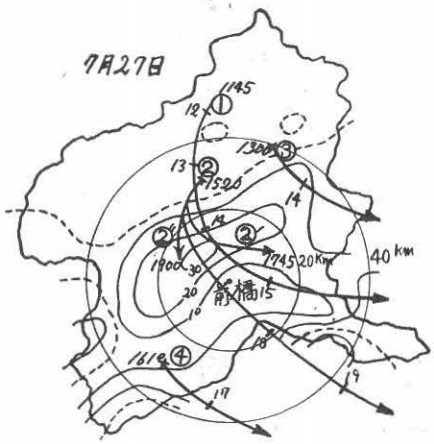
この期間中にデータとして使用したのは近距離に対しては 7 月 27 日，7 月 30 日，8 月 2 日，8 月 9 日，8 月 12 日であり，遠距離に対しては，雷雨発生数も少なく，近距離での発雷はない方が有効であるので，このような日を選んだ．即ち 7 月 29 日，8 月 3 日，8 月 4 日，8 月 8 日である．以下順を追って個々の資料につき説明しよう．

1. 7 月 27 日

この日の群馬県下における雷雨の模様は第 3 図に示されている．

この雷雨図から明らかなように 11 時頃から各地で発雷して 19 時には終雷となっている．便宜上これ等の雷雨に夫々 ①，②，③，④ の番号を附した．

第 3 図　群馬県雷雨図

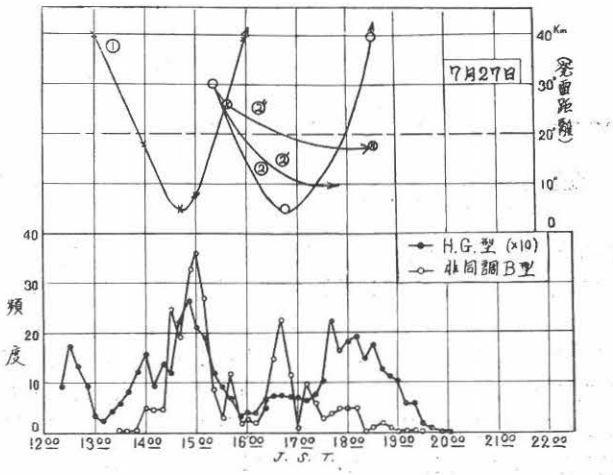


全般的に見てこの日の雷雨は近距離(20 km) の雷雨を対象とする装置の実験には最も好都合であって，特に ① の雷雨は移動性であり，遠方から次第に観測点に接近しており，又この時間には，他の地域に雷雨がなかったことなども相加わって，より有効な結論を導くことが出来た．

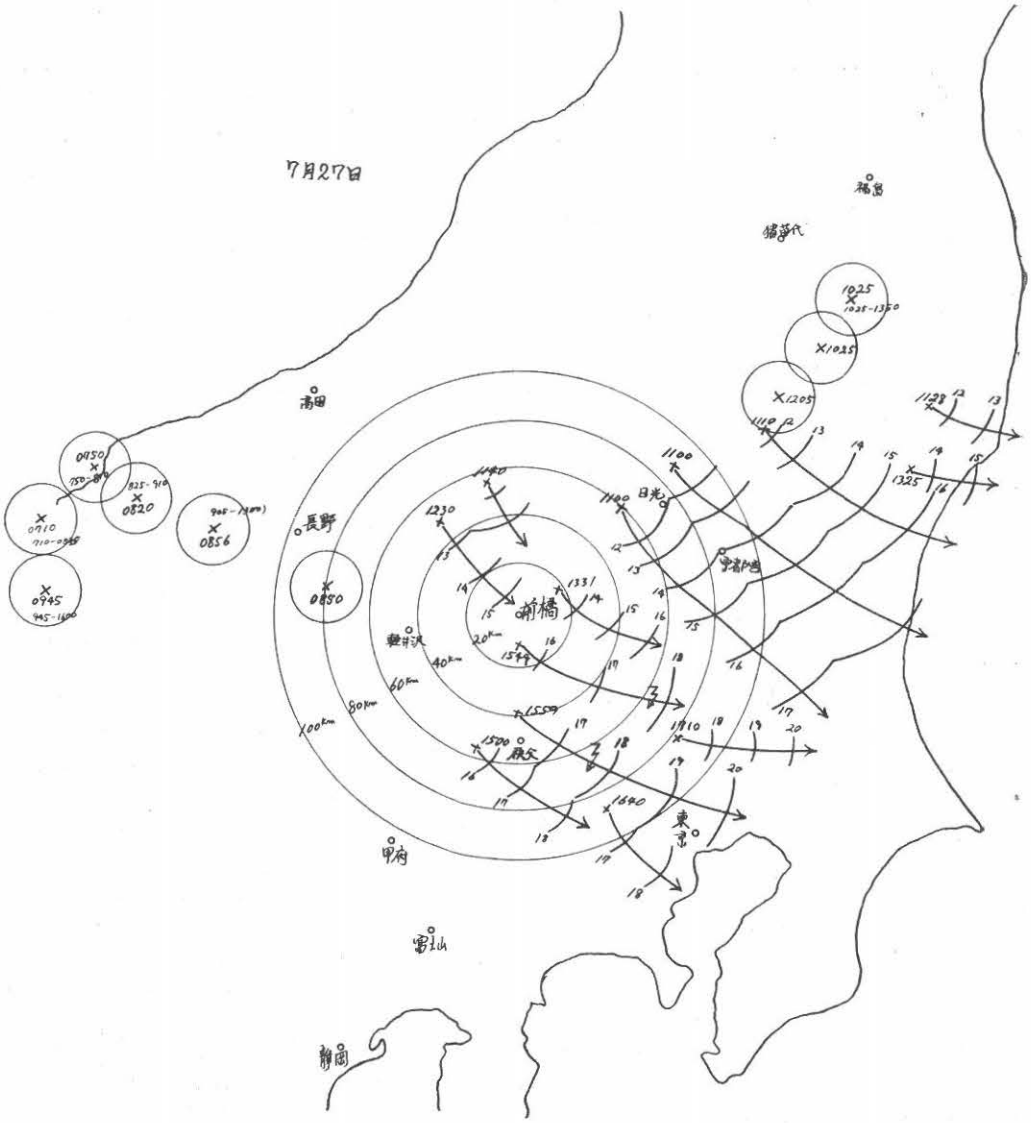
即ちこの雷雨は 11 時 45 分に観測地点より約 50 km 北方で発雷し，その儘南下して 13 時には 35 km，14 時には 18 km，14 時 40 分には観測点に最も接近して数 km の近距離となり，その後は次第に遠のいて 15 時 30 分には 20 km 以上離れて東方に向いつつ衰弱している．

又 ② の雷雨は観測点北方約 30 km の地点で 15 時 20 分に発雷し，3 方向に分枝して移動している．その主

第 4 図　頻　度　図



第5図 関東雷雨図



力は16時40分に観測点に最も接近して18時には20 km，更に19時には40 km東に去って衰弱している．分枝した他の二つのうち一つは(②′)，17時45分に観測点北方10 kmの地点で，他の一つは(②″)，19時に観測点西方10 kmの地点で夫々消滅している．

a. 非同調B型

イ．発雷距離と装置の関係

この型の装置による頻度曲線が第4図に示されている．この図から明らかなように始めて計数したのは13時50分であり，以後次第に増加して15時に最大となり，それ以後は時間の経過と共に減少して，16時には最小を示し，再び増加の傾向を見せ16時40分には第二の山となり，その後緩かに減少して，18時30分には最も少なく，19時に至って全く計数しなくなっている．

この曲線内に同時に示してあるのは雷雨の位置と時間変化の関係である．

この曲線と雷雨図中の主な雷雨についてその相関性を検討して見ると，装置が計数始めた13時50分における①の雷雨の位置は観測点の北々西約20 kmの地点にある．これより1～2時間前の12時と13時には観測点から夫々50 km，35 kmの地点にあるが，この

時間においての計数器の指示は0である．即ち雷雨の位置が20 km附近に至った時計数し始めたと云う結果が明瞭に表われている．

これはこの装置の制限距離を判定する上に最も重要な事実であり，適当な装置を使用すれば，一定距離内に発雷した雷放電数を計数し得ると云う見通しを完全に裏書きした好適の例である．

さてその後雷雨が次第に接近するにつれて頻度も上昇し，観測点に最も接近した14時50分頃には頻度曲線も最高値を示し，雷雨が遠ざかるにつれて，又下降の傾向を示している．16時から17時にかけて表われている第二の山に対応する雷雨は①でなくて，むしろ②の雷雨の主力をなしているものと判断される．

即ち②の雷雨は15時20分に観測点北方30 kmの地域で発雷して16～17時にかけて観測点附近を通過して18時には東南20 km，19時には40 kmの遠方に去っている．従って頻度曲線に表われた第二の山はこの雷雨の影響であることは殆ど確実であると推測されるが，観測点を通過したと思われる16～17時の時刻は雷雨図に示されていない．然しこの時に行った吾々の目視観測から，最も接近した時刻は16時40分～50分であったと推測される．即ちこの時刻に測った電光，雷鳴の時間差から決定した雷雨の位置は3～4 kmのものが最も多かった．

その後この雷雨は18時には20 km，19時には45 kmの遠方に去っている．

②から分枝した雷雨のうち②′は15時45分（観測点から20 km以内），②″は19時（観測点から20 km以内）に消滅している所から頻度曲線上において18～19時に若干計数されているものは②″の影響であると思われる．

19時以後は全く計数されていない．これは観測点から20 km以内に雷雨が発生していない事実から，前述した結果を裏付けする有力な手掛りを与えるだろう．

③の雷雨は13～14時にかけて約35～40 kmの地域で発生しているが，この時刻における頻度曲線は0レベルである所から，これもこの程度離れた距離では計数しない証左であって，装置の制限距離を調べる上には好適の資料である．

以上の説明から頻度と雷雨距離との関係の大略を纏めると，曲線の山の前者は概ね①の雷雨に又第二の山は②の雷雨によるものであると結論される．そしてこれ等幾多の事例からこの装置は大略20 km以内の雷雨による放電数を計数することが実証された．又移動性の雷雨の場合には観測点に最も接近した時に頻度曲線も最大となる事実が顕著に表われた．

ロ．雷放電回数と頻度との関係

雷放電数と空電頻度との関係がどの程度の一致性を示すかと云う点についても一応明らかにする必要がある．このためには目視観測を同時に実施することが最も有効であるが，人員不足のため正確な目視観測を行い得なかったのでこの時の雷放電数と頻度の関係は正確な意味では明瞭でない．然し一応そのオーダーのみを検討する意味で昭和16年に前橋市で観測された[4]データを引用して比較して見るのもあながち無意味ではあるまい．

第2表はこの時のデータで10分間に観測された電光及び雷鳴回数を集計した値であって，四点の同時観測であるが便宜上一地点のみを示した．

第2表　昭和16年電光，雷鳴回数

（前橋元総社）

区分→ 時刻↓	電光回数	雷鳴回数	区分→ 時刻↓	電光回数	雷鳴回数
17.05～17.15		7	18.25～18.35	18	16
17.15～17.25		6	18.35～18.45	17	18
17.25～17.35		5	18.45～18.55	7	6
17.35～17.45		8	18.55～19.05	7	8
17.45～17.55		10	19.05～19.15	32	18
17.55～18.05		22	19.15～19.25	15	24
18.05～18.15	6	16	19.25～19.35	21	12
18.15～18.25	9	14	19.35～19.45	17	16

第3表　昭和29年空電頻度

（非同調B型）

月日→ 時刻↓	7月27日	7月30日	月日→ 時刻↓	7月27日	7月30日
14.10～14.20	5		17.30～17.40		11
14.20～14.30	25		17.40～17.50		19
14.30～14.40	19		17.50～18.00		—
14.40～14.50	33		18.00～18.10		28
14.50～15.00	36		18.10～18.20		34
15.00～15.10	27		18.20～18.30		21
15.10～15.20	9		18.30～18.40		10
17.00～17.10		2	18.40～18.50		16
17.10～17.20		12	18.50～19.00		11
17.20～17.30		18			

第3表は本観測の場合の計数器による頻度であって，やはり10分毎に集計した値である．

これ等両者の値を比較して見ると全般的には頻度数が多少多くなっているが，オーダーとしては大体同じであると見做される．然し，これは雷雨の種類，規模の大きさ，発雷地点までの距離等が異なっているのでこれから直ちに結論を得ることは出来ない．

b．H．G型

この日の関東地方の雷雨図は第5図に示されている．

この雷雨図から言えることの概略は観測点から半径100 km 以内の地域においては午前中は殆ど発雷せず，正午前後になって各地で一斉に発雷していることである．そして9時前に発雷したのは長野市の西方地域2, 3個所のみであることも明らかである．

イ．発雷距離と装置の関係

第4図にこの装置で計数された頻度を示してあるが，この曲線も大体二つの山を形成している．然し前述の非同調型とは時間的に必らずしも一致した傾向を示していない．即ちこの装置は11時迄は空電クリックは聞かれるが，計数するまでに至っていない状況であって，この頃からクリック音と同時に間歇的に記録されるようになった．

9時頃に長野地方で発雷しているにも拘らずこの装置では計数されなかった事実から装置の有効範囲の目安となる一つの資料が得られた．即ちこの雷雨までの距離は大略120 km である．11時頃からは100 km 以内の各地で一斉に発雷している所から頻度曲線の上昇はこれ等多数の雷雨の相加わったものと思われるが，12時30分に現われた小さなピークに関してはこの時刻に装置の利得を変化したので，この点を考慮に入れると，このピークは確かなものではない．14時50分に表われている山は第3図に示された①の雷雨の影響であると推察される．その後①の雷雨が遠ざかるにつれて，そのの影響も少なくなり，曲線は次第に下降している．そして16時30分～17時附近ではやや小さな山を形成しているが，これは第3図に示される②の雷雨の影響と思われる．この雷雨が消滅した後の18時前後に再び山となっているが，これは近雷の影響ではなくて各地の雷雨の相加わったものと思われるが，この辺の所は明らかでない．20時過ぎには関東一円総て終雷となり，頻度曲線も又0を示している．

ロ．雷放電回数と空電頻度との関係

非同調B型の場合について計数された頻度と雷放電回数との一致性について検討した結果，オーダーとして同程度の値を示したが，この装置についても一応検討して見る．

この日における頻度を第4表に示した．

この表からも明らかなように非同調B型，若しくは昭和16年の電光，雷鳴回数(第2表)に比して約一桁程度大きな値を示しており，その最高値は10分間に265個を計数している．

このように電光，雷鳴回数に比較して非常に大きい

第4表　空電頻度(H.G型)

月　日→ 時　刻↓	7月 27日	7月 30日	月　日→ 時　刻↓	7月 27日	7月 30日
14.10～14.20	138		17.40～17.50		190
14.20～14.30	120		17.50～18.00		305
14.30～14.40	224		18.00～18.10		—
14.40～14.50	265		18.10～18.20		485
14.50～15.00	212		18.20～18.30		340
15.00～15.10	192		18.30～18.40		108
15.10～15.20	97		18.40～18.50		153
17.00～17.10		71	18.50～19.00		134
17.10～17.20		36	19.00～19.10		297
17.20～17.30		70	19.10～19.20		140
17.30～17.40		159			

値となっているのは，無論各地で発雷した雷放電を総て包含していることは疑いのない所であるが，これ以外に電光又は雷鳴に至らない雲内放電による空電も計数しているのではないかと云うことが考えられる．発雷一歩手前の雲の内部で小さな放電を生じ，これから放射する空電の存在することは既に明らかにされている故適当な装置を用いれば斯様な空電も受信出来ることが考えられる．斯様に発達過程にある雷雲内部からの放電をも計数出来るものであれば，発雷を予知する上に有効な手段となり得る事が予想される．

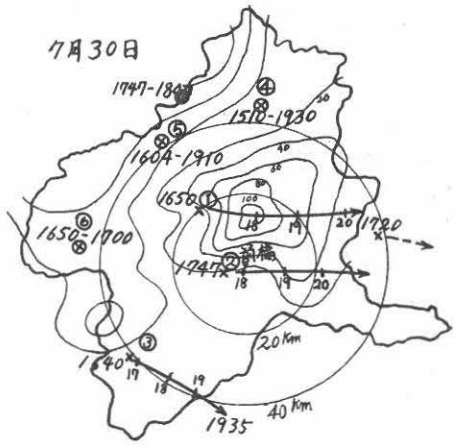
2．7月30日

群馬県下の雷雨図は第6図に示してある．主なる雷雨について①，②，．．．の番号を附した．

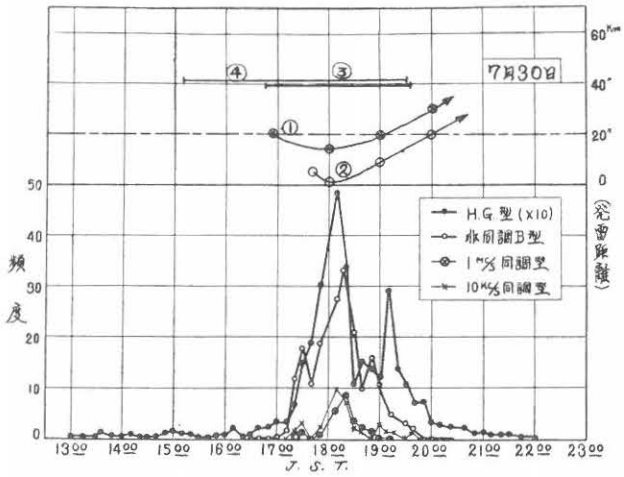
①の雷雨は観測点西北約20 km の地点で16時50分に発雷し，後東に進行し，18時には15 km, 19時には20 km の位置にある．

又②の雷雨は17時40分に観測点より5 km 西方で発雷して，やはり東に進行し，18時には観測点頭上に，19時には10 km, 20時には20 km の位置にある．

第6図　群馬県雷雨図



第7図 頻　度　図



主な雷雨までの距離と時間の関係は第7図の頻度曲線上に示され，①，②，．．．の番号は第6図の雷雨番号と同一である．

a. 非同調B型

この装置による記録が第7図に示してあるが，これによると，17時までは全く計数されずにこの時刻に至って始めて記録された．その後次第に上昇し，18時20分に最高を示し，これからは漸次下降して20時には0となっている．(但し18時～18時10分の間は停電のため記録されなかった．)

この装置の応動と雷雨の関係を説明するために先ず④の雷雨に注目しよう．この雷雨の位置は観測点より約40 km の位置にあって，発雷時刻は15時10分となっている．

一方頻度曲線はこの時刻には0を示し，17時までは全く計数しなかったと云う事実から40 km 離れているならば全く応動しないと云う結果を示している．このことは又40 km の地点で16時04分に発雷した⑤の雷雨についても全く同様の説明が成り立つことであって，これは7月27日の資料が20 km の制限距離を与えたと云う結論から見ても蓋し当然の結果であろう．

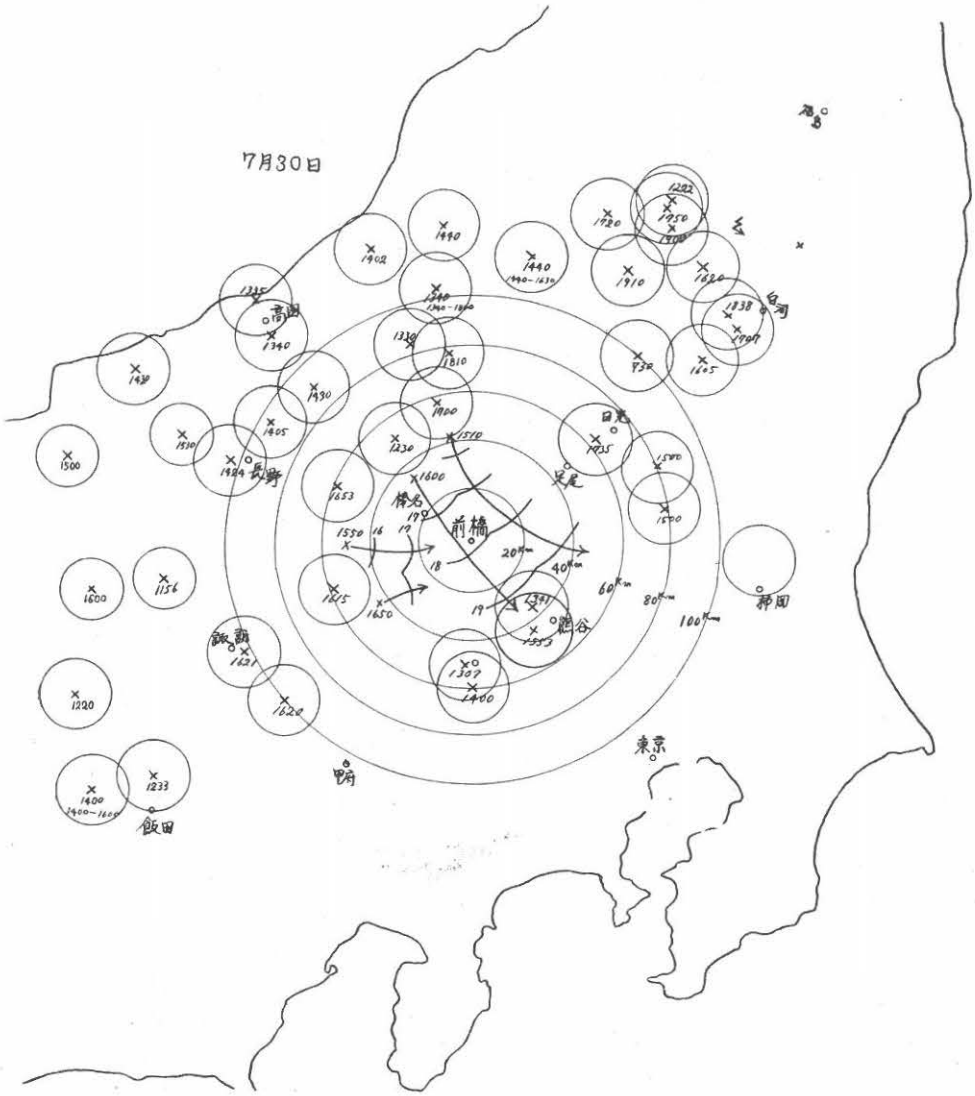
始めて計数された17時における雷雨の分布情況を調べると，20 km 附近で①の雷雨が発雷したことがわかる．他の雷雨についても一応考慮に入れるならば③，⑥の雷雨があるが，その位置が40 km である所から，これは前述の例で実証された結果から，恐らく計数されないだろうと推察される．従ってこの装置に影響を与えた雷雨は①であると推定するのが最も妥当であって，その時刻における雷雨までの距離が略、20 km であると云う事実は7月27日の結論を裏付け出来る有力な資料となり得る．その後この①の雷雨は18時に観測点から15 km の位置迄接近しているが，同時に②の雷雨が17時40分に発生して観測点の頭上にある．この時刻における計数器の読みは，この両者の雷雨の合成された値であると考えられるが，その主力をなすものは②の雷雨であろう．そして18時20分に最大値を示している．然し18時に10分間停電したためにデータのとれなかったことを考慮に入れるならば，或はこの時刻にピークを示す可能性は充分あり得ることが想像される．この時刻前後約30分間における観測点の雷雨は最も激しく，且近距離で落雷のあったことを認めており，停電も又このためであった．その後19時には①の雷雨は20 km，②の雷雨は10 km，更に20時には①は30 km，②は20 km となり，この時刻には頻度も0となっている．この事実もやはり制限距離判定上の最も良い資料となることが明らかである．

以上のことから，この日の雷雨と頻度曲線との関係の大略は雷雨が接近するにつれて頻度曲線も次第に上昇し最も接近した時に曲線は最大値を示し，雷雨が遠ざかるに従って頻度も又減少していると云う傾向を示しており，又制限距離に関してはやはり7月27日の例と同様に20 km 程度であると結論される．

b. H.G型

この日の関東地方における雷雨図は第8図に示されているが，観測点から半径80 km 以内では東南方向の熊谷，秩父附近で13時30分前後に発生した弱い雷

第8図　関東地方雷雨図



雨が見受けられるのみで，観測点附近での発雷は総て15時以後である．13～14時にかけて発雷している地方は観測点より100 km北方の地域と長野地方に大別される．

第7図に示された頻度曲線の大略の傾向は13時までは全く計数しなくて，この頃より空電によるクリック音が聞かれ，13時30分から記録が始まっている．17時迄は頻度も少なく，低レベルで平坦な値を示しているが，その後は急激に上昇して18時10分に最大値を示し，18時30分～19時に至る間では谷となっている．この谷を示す時刻には，2回の停電があり，且装置も故障したので，実際にはこのデータより高い値を示す筈である．その後19時10分に再びピークを示し，爾後は次第に減少して21時以後は頻度も極めて少なくなっている．

この頻度曲線の傾向から17時前と後では雷雨の模様も大きく変化していることが窺われる．

即ち17時前の頻度に対応する雷雨は極めて遠方であるか，或は近距離であってもその雷雲は未だ発達初期であって，雲内の小放電に依る空電であると想像される．このような傾向は7月27日のデータでも推論したが，何れの場合もこれを決定ずける資料とはなら

ないようである．17時以後に上昇した頻度の山は近雷によるものであることは頻度上昇が異状に増加していることからも推察される．事実第8図の雷雨図と比較して見るとそのことが説明出来る．即ち13～15時の間に発雷したのは観測点の北部100 kmの地域の雷雨と，100～120 km離れた長野市，高田市地方の雷雨のみであることから，この時刻に記録された頻度に対応するものであると推察出来る．17時以後の頻度の上昇は観測点附近を通過した①，②の雷雨に依るものであることは殆ど確定的で，雷雨が最も近距離にあった18時～18時10分には非同調B型と同様にやはり最大値を示している．19時10分に表われた第2のピークの意味は明らかでないが，その前の谷を示す時刻では停電や装置が故障したことを考慮に入れると，図に示されたような明瞭な谷でなく，むしろ第1のピークと第2のピーク間ではもっと緩かな減少を示していて，第2のピークは左程顕著に現われないと考える方が，雷雨の情況や非同調B型の曲線から判断して妥当のように思われる．

この資料から得られる有益な結果の一つは13時から15時の間のデータに着目すると，制限距離は大略100～120 kmであると云えることである．しかし同時刻に距離40～60 kmの熊谷，秩父附近に発雷した雷雨の影響も一応考慮する必要があるが，これは短時間であり，且弱い雷雨であることから，この雷雨のみで長時間記録されているとは思えない．従って上述の説明は妥当であると判断される．

c．10 kc/s B型，1 MC/s B型

この型の頻度は第7図に示されている．

この装置で記録された時刻は17時10分～19時30分の間であり，最大値は18時10分である．この装置が雷放電とどの程度対応するかを実験するために，吾々は装置の記録と電光，雷鳴の個々に対する記録との一致性を調べた．

即ち電光，雷鳴の時間差から雷放電までの距離を算定し，その雷放電に対して装置が応動したか否かを調べた．第5表はその結果を示している．

この表から明らかなように雷雨までの距離5～6 km以上になると記録しなくなるようで，この事から装置が応動する範囲は大体5～6 kmの距離であると推定される．

以上でこの日における各装置が雷放電に対して，どのような記録を示したかについて検討を加えたが，この資料で今一つ注目すべきことは非同調B型と10 kc/s B型の比較である．

第5表　発雷距離と計数器 $\left(\begin{matrix}10\ \mathrm{kc/s}\ \mathrm{B型}\\1\ \mathrm{MC/s}\ \mathrm{B型}\end{matrix}\right)$ の関係

区分→ 発雷距離 ↓(km)	10 kc/s B型	1 MC/s B型	区分→ 発雷距離 ↓(km)	10 kc/s B型	1 MC/s B型
1	○	○	5.3	×	×
2.3	○	○	5.6	○	×
3.3	○	○	6	×	×
3.3	○	○	7.6	×	×
4	○	○	8.3	×	×
4.3	○	○	8.3	×	×
4.3	○	○	9.2	×	×
4.6	○	○	10	×	×
4.6	○	○	10.5	×	×
5	○	○	10.6	×	×
5.3	○	○	11.2	×	×

備考　○印 応動したことを示す．
　　×印 応動しないことを示す．

この両装置で記録した頻度と電光，雷鳴回数とを比較してどちらが良く一致するかを知るために先に掲げた第2表及び第5表を参考として，第3表と比較して見る．

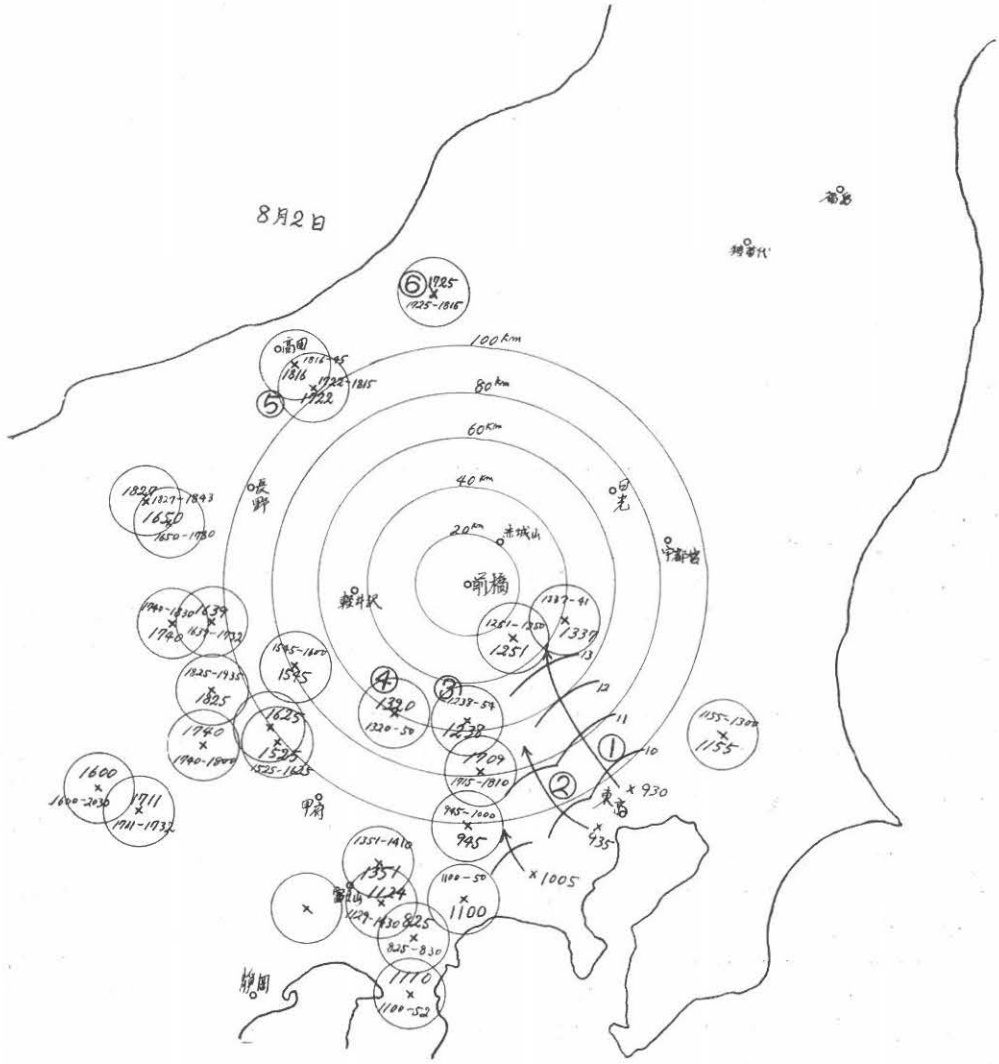
第3表の非同調B型による頻度は一応雷放電数に一致する穏当な値であると云うことが先に説明され，又第5表の10 kc/s B型では数km以上の電光，雷鳴では応動しないと云う夫々の結果から，電光，雷鳴を伴う雷放電数を忠実に記録すると云う観点から言えば，非同調B型の方が勝ると云うことが出来よう．この両装置の特性は前に示したが(第1表参照)，周波数帯は非同調B型が広く，利得は10 kc/s B型が高い．従って利得のみから考えれば頻度は当然10 kc/s B型の方が大きい値を示す筈であるが，事実は小さな値であり，而も電光，雷鳴回数と必らずしも一致していない点も併せ考えると，低周波帯域の空電を対象とする装置では或る程度帯域幅を広くした方が忠実な記録が得られると云うことが出来よう．

3．8月2日

第9図に関東地方の雷雨図を示す．

この日の主な雷雨に番号を附したが，①の雷雨は9時30分に東京上空で発雷し，逐次北上して10時には観測点より100 km，11時に70 km，12時に60 kmと接近しつつ衰弱して13時前後に終雷となっている．この雷雨と同時にやや離れた地点で②の雷雨が発生したが，これは11時に消滅している．この外13時頃に③，④の雷雨が発生しているが，極めて弱いものである．夕刻に至って観測点より100 km離れた地域附近では⑤，⑥の雷雨があり，100 km以上離れた長野地方でも発雷しているのが見られる．これ等雷雨まで

第9図　関東地方雷雨図



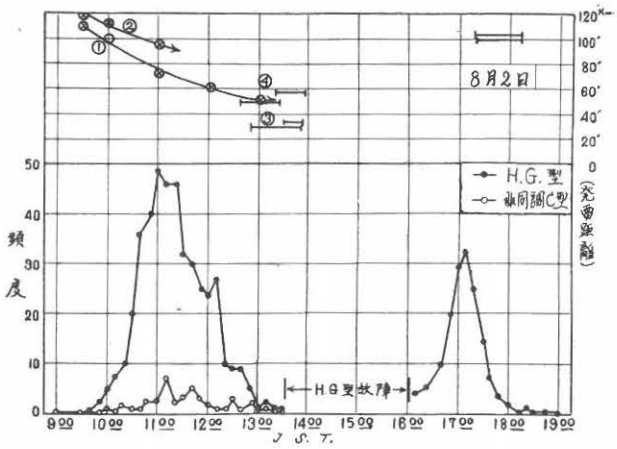
の距離と時間の関係を第10図の頻度曲線上に示してある．

この日に記録した装置は非同調C型とH.G型の2台であって，第10図に記録結果が示されている．この日の頻度曲線の傾向は大別して二つの山に分けられる．最もH.G型は13～16時の間に故障したので，この間のデータは欠測になっている．然し非同調C型が0レベルを示している点から見て近雷はなかったことが予想される．

a. H.G型

この装置は①の雷雨が発生した9時30分頃から記録を始めて，雷雨が観測点に接近するにつれて頻度曲線も又上昇し，11時前後に最大値を示している．その後も雷雨は接近しているが，頻度はこの時刻を境として下降していることから，雷雨は次第に衰弱の模様を示すものと説明出来るだろう．事実13時には全く消滅していることからも上述の説明が妥当であると結論される．13～16時の間装置の故障でデータは得ら

第10図 頻　度　図



れなかったが，16～18時の間に又一つの山を形成している．この山に対応するのは⑤,⑥の雷雨であろうと推察されるが，曲線の山と発雷時刻が若干ずれている所から，或は長野県下に発生した雷雨の影響も加っているかも知れないことが想像されるが，確定的ではない．

b. 非同調C型

この装置は11時前後に僅かではあるが記録され，H. G型と同様に一つの山を形成している．この時刻において比較的近距離にある雷雨は①である所から，この雷雨に対応するものであると説明出来る．ここに雷雨までの距離は70～80 kmであるが，頻度が極めて少ない事実から，有効距離としてはこの程度が限度であると推定される．

その後における記録は全く0レベルを示しH. G型では第2の山を示した17時前後においても0レベルである所から，距離100 km程度離れた雷雨による影響はないものと説明されるだろう．

4. 8月9日

この日の雷雨の情況は第11図に示されているが，観測点を中心として半径50 km以内では全く発雷していない.(但し22時40分～22時50分を除く)

その主なる雷雨に番号を記入すると同時に第12図に発雷距離対時間の曲線をこの日の頻度と同時に示してある．

a. 非同調C型

第12図に示してあるこの装置による頻度は割合に少ないが，それでも一応発雷状況の或る特徴を示していると見做される．それは16時～16時30分を境界として二つの群に分けられることである．即ち13～16時の頻度に対応する雷雨としては秩父或は飯能附近の②,③,④の雷雨であろうことが推定される．然しこの両方の雷雨の何れであるかを区別することは困難である．又頻度の変化を詳細に見ると，14時10分と15時に夫々ピークを示しているが，これと雷雨の模様との対応はどのようであるかと云う説明に苦しむが，これは頻度数が少ない点から見て余り重要な意味はないと思われる．更にこの距離以上の地域で同時刻に発生した雷雨もあるので，これ等を考慮に入れると一層複雑となり，有効距離の最大限度を判定するためには余り有益な資料ではない．

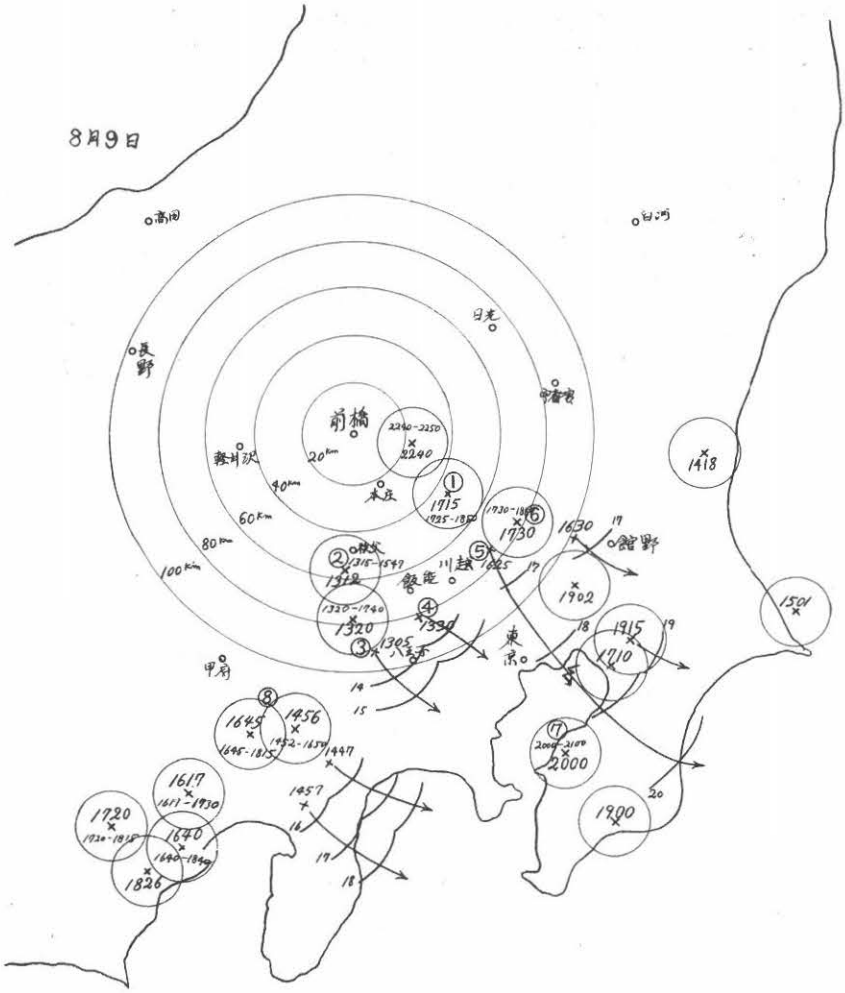
頻度曲線の第2の山である17～18時の時刻に対応しているのは⑤の雷雨が発生したのに続いて①,⑥の雷雨が発生したためのものであると推定される．

全般を通じて頻度が極めて少ない点を考慮すると，一応その有効距離は60～80 km程度に幅を持たせて結論するのが穏当であろう．

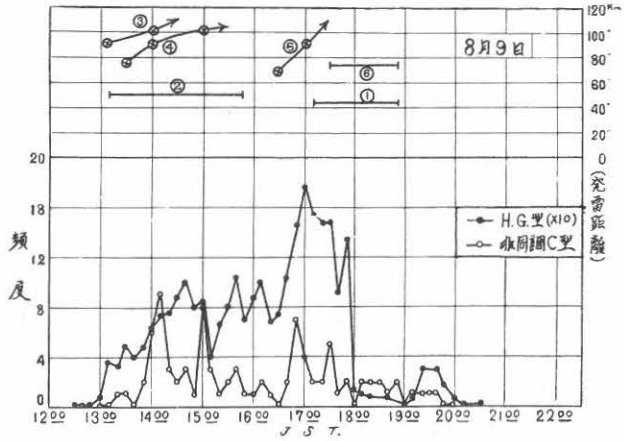
b. H. G型

この装置の頻度曲線も第12図に非同調C型と同時に示されているが，その傾向は必らずしも一致しない．即ち記録を始めた時刻は殆ど同時であるが，その後において非同調C型は大略二つの山を示しているにも拘らず，H. G型では16時前後に谷がなくて一つの山となっている．13～15時に至る間の頻度は無論②,③,④の雷雨によるものと判断されるが，これ等の雷雨が消滅した15時30分以後においても，依然として或るレベルを保っていることから，非同調C型では感知出来ない距離に他の雷雨があるだろうことが

第11図　関東地方雷雨図



第12図　頻　度　図



窺われる．

この見地からすると，14時50分～16時50分に至る間発生している静岡県御殿場附近(距離120 km)の雷雨⑧も或は記録されているのではないかと推察される．16時30分から頻度の上昇したのは⑤の雷雨が発生したためと爾後①,⑥の雷雨の発生したためと考えてよいだろう．18時以後に急激に頻度の減少したのは⑤の雷雨が制限距離外に移動したためと思われるが，①,⑥の雷雨が未だ活動しているらしいことを考慮に入れると，その後に記録した僅かな頻度についても説明される．

20～21時の間⑦の雷雨が千葉県下で発生しているが，これに対して計数器は全く記録されていない事実から，この装置の制限距離を示す一つの根拠となっている．この雷雨迄の距離は150 kmである．

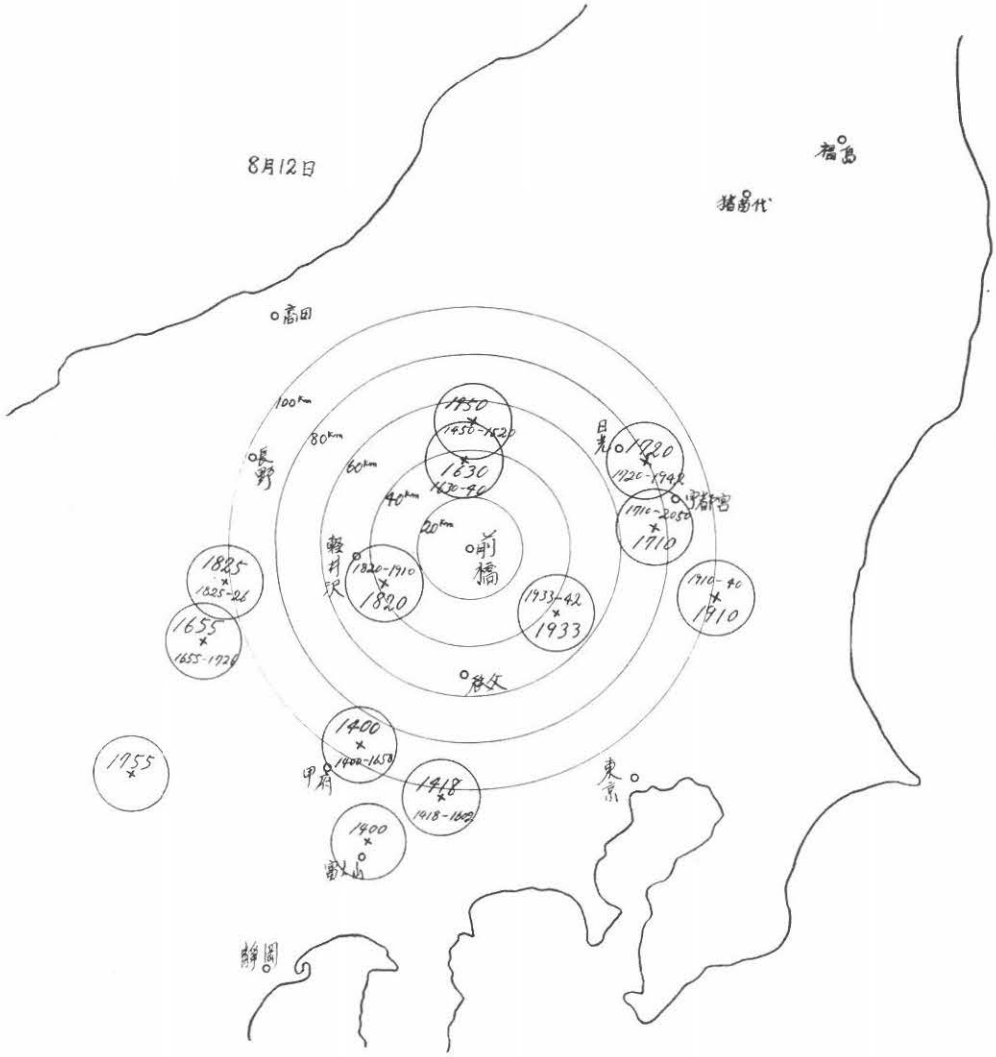
5．8月12日

この日の雷雨は弱い熱的界雷であって，発雷情況は第13図に示され，これ等の雷雨までの距離を第14図の頻度曲線上に示した．

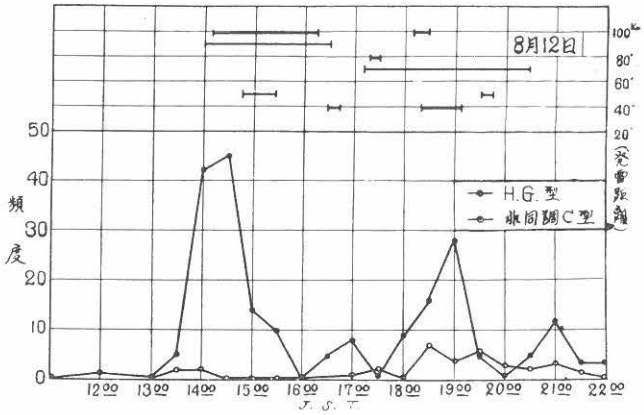
この日に記録した装置は主としてH.G型で，非同調C型も時間によっては極く少ないが，一応記録している．

顕著な雷雨がないので頻度と雷雨の関係も余り明瞭でないが，雷雨の発生模様の大略は14～16時にかけ

第13図　関東地方雷雨図



第14図 頻　度　図



て観測点南々西 100 km 附近に発生した1群と，観測点北東 100 km 附近の地域に 17～20 時に亘って発生した一群とに分けられる．この外長野地方やその他 2, 3 個所でも発生しているが，継続時間が短かいことから，極めて弱い雷雨であると推定される．

これに対して，H. G 型計数器では，これに対応していると思われる夫々の時間に明瞭な二つの山を形成している．即ち前者の山を示すのが，南々西の雷雨であり，後者の山に対応するのが北東の雷雨であると説明されるだろう．何れも 100 km 附近の雷雨を計数したものとして，制限距離判定の一つの目安としてよいだろう．

非同調 C 型の傾向は余り明瞭でないばかりでなく，頻度も極めて少ないので，このデータからは確からしい説明は出来ない．

6. 7月29日，8月3日

この両日の雷雨の模様は良く似た傾向であって，7月29日の観測点西方 100～120 km 附近で発雷し，又8月3日はやはり観測点から 100～120 km 西方及び北方の 2, 3 個所に極めて弱い熱雷が発生し，両日とも 100 km 以内の地域では静穏な日であった．

これに対して計数器は 8～21 時の間連続的に働作させたが，全く記録されなかった．低感度の各装置が応動しないのは発雷距離から考えて当然の結果であるが，感度の高い H. G 型ではこの程度の距離が一応有効範囲の限界であることが他の例によって実証されて居るし，又予想もされる所であるので，この点から有効範囲を示す一つの実例と見做されるだろう．

7. 8月4日，8月8日

この両日も前例に引続いて，同様の発雷傾向を示しており，H. G 型の有効範囲を判定する上に好都合であった．

即ち8月4日は 16 時 45 分頃に観測点西方 65 km の軽井沢附近で弱い熱雷が発生し，又8月8日には 16 時 20 分～19 時の間観測点の西南約 75 km の地点で発雷し，両日共その他の地域では全く発雷はなかった．これに対して計数器は H. G 型のみ前記発雷時刻に対応して，前者では1時間に最大10個，後者では1時間に最大6個を記録している．この例から H. G 型ではこの距離程度ならば，例え弱い雷雨であっても一応記録可能の圏内に入るようであることが云える．

V. あとがき

以上述べた通り，昭和29年夏の前橋における雷共同観測の一環として，各種雷放電計数器の性能の差異が発雷距離をどの様に制限し得るかと云う点に関して詳細に吟味した．

これ等の結果について，一応次のように纏めることが出来る．

1) 制限距離内で発雷した時は，忠実な記録が得られるから，その結果より，雷雨の情況が推定出来る可能性は大きく，従って雷研究の一手段として有望である．

2) 停滞性の雷雨であれば，その最盛期に，又移動性雷雨であれば，観測点に最も接近した時に空電頻度の山と一致するようである．然し総ての場合に上述の結果を示すとは云えないようで，移動性雷雨であっても接近しつつ衰弱するような場合にはこの関係を示さない．8月2日の ① の雷雨がこの例である．

3) 発雷距離の限定は空電の周波数と強度を適当に選定することによって或る程度任意に選定することが出来る．

即ち装置の種類と発雷距離の関係の大要を第6表に示すが，必らずこの通りに限定出来ると云う確定的な実証は得られなかったが，極めて弱い雷雨を除外すれば，基本的にこの関係が成立すると考えて間違いないようである．

第6表　装置の種類と有効距離の関係

種　　類	有効距離 (km)	所要電界強度 (V/m)
10 kc/s　B型 1 MC/s B型	5	0.36 1.1
非同調 B 型	20	0.6
非同調 C 型	70～80	0.025
1 MC/s H. G 型	100～120	0.005

4) 発雷するまでに H. G 型計数器の頻度レベルは上る傾向にあるが，確かなことは云えない．

5) 何れの周波数を選んでも頻度の山は一致するが，頻度の差は大きい．

何れにしても，計数器に或る性能を附加すれば，発雷距離を任意に選定出来る見通しが得られた訳で，初期の目的に沿った一応の成果が得られたばかりでなく，雷研究の一つの手段として利用すれば，より有効な結果の期待出来ることが予想される．

然し一方自然現象を対象とする研究だけに希望する資料を得る機会は極めて少く，意に満たない点も少くない．更に信頼性のある装置とするためには，それ自体の改良も勿論必要であるが，同時に現在の観測方法を一層強化し，多種多様の観点から，より多くの有力な資料を得るように努力することは今後極めて重要であると思われる．

V. 謝　　辞

本研究の遂行に当って，終始熱意ある御指導を賜った当研究所長金原教授に深甚の謝意を表すると共に，有益な助言と貴重な資料を提供下された当研究所石川晴治，鎌田哲夫，大津仁助の諸氏，気象研究所北川信一郎技官，又観測に対して，種々御援助賜った日本放送協会，特に前橋放送局の諸氏，気象関係の資料を提供下された東京管区気象台及び前橋測候所に対してはこれ又感謝の外はない．

最後に終始本研究に協力された同僚田中津太雄，村田友司の両君にも併せて感謝する次第である．

文　　献

(1) 鎌田：空研報告，4, 2, 昭28.

(2) 鎌田：Study Program, No. 23, C.C.I.R. Doc. 1953.

(3) A. W. Sullivan：Electronics, Vol. 27, No. 12.

(4) 和達外2名：雷の研究，学振，昭25.