

電率の平方根に逆比例すると云う事實を見出した。これは溶解度の理論に最も重要な役目をする溶媒和エントロピーの解明に重要な手掛りを与えるものである。以上の結果からガスイオンの溶媒和に対する Born-Bjerrum 流の静電的な考え方の當てはまらぬ事を證明した。

文 献

- (1) 例へば P. Debye : J. Chem. Phys. 14 (1946) 636 ; Kramers : J. Chem. Phys. 14 (1946) 45 ; Flory : J. Chem. Phys. 10 (1942) 51 ; 12 (1944) 425 ; 13 (1945) 453.
- (2) 例へば J. H. Hildebrand : Solubility of Non-electrolytes, Reinhold Publishing Corporation, (1936).
- (3) 例へば W. M. Latimer : Chem. Rev. 18 (1936) 349.
- (4) 牧島 : 日化 56 (昭和 10) 825 ; 57 (昭和 11) 285 ; 東大工紀 XXI (1938) 115.
- (5) Evans & Polanyi : Trans. Faraday Soc. 31 (1935) 875 ; 32 (1936) 1333 ; 33 (1937) 166 ;
堀内 : Z. Elektrochem. 39 (1933) 22 ; 荒原 : Bull. Chem. Soc. Japan 19 (1944) 23 ;
A. Lannung : J. Amer. Chem. Soc. 52

(1930) 68.

- (6) 溶解度について C. A. Lobry de Bruyn : Z. phys. Chem. 10 (1892) 782 ; E. Lloyd, C. B. Broun, W. J. Jones : J. Chem. Soc. 1928 658 ; D. Tyrer : J. Chem. Soc. 99 (1911) 871 ; W. Herz, F. Kuhn : Z. anorg. Chem. 58 (1908) 159 W. Herz u. G. Anders : Z. anorg. Chem. 52 (1907) 164 ; Turner : J. Chem. Soc. 913 1904 ; Naumann : Ber. 37 (1904) 3600 ; A. Lannung : Z. phys. Chem. 161 (1932) 255 ; P. Walden : Z. phys. Chem. 55 (1906) 719.
- 溶解熱について Askew & Bullock 等 : J. Chem. Soc. 136 (1934) 8 ; C. M. Slansky : J. Amer. Chem. Soc. 62 (1940) 2430.
- 活量係数について W. M. Latimer & C. M. Slansky : J. Amer. Chem. Soc. 62 (1940) 2021 ; O. F. Tower, A. F. O. Germann (蒸氣壓測定) : J. Amer. Chem. Soc. 3 (1914) 2449 ; A. L. Robinson (沸點上昇) : J. Phys. Chem. 33 (1929) 1195 ; H. Ulich u. G. Spiegel : Z. phys. Chem. 177 (1934) 103.

No. 48

雷現象に伴う超短波の反射

庄 野 久 夫

(1947年11月11日受理)

1. 概 要

強力な超短波の Impulse を空中に發射していると時折り受信機に瞬發性の反射波が感じられる。これらは主として雷及び流星に依るものであらうとの假定の下に、1944年以來研究を續けている。本1947年6.7.8月の間に得た觀測記録により、この原因の1つは、雷放電にある事を確認する事が出來た。以下の報告は1944年以來の雷雨と關係のある記録について述べ、特に本年の後半6回の記録は中央氣象臺の雷雨報告と比較し、又1回は目視による落雷觀測の結果とを参照して、雲間放電と落雷が電波により容易に記録され、從

つて雷雲の移動も探知出来る事を示した。そのほか結果についても、簡単な考察を試み、超短波 Impulse 方式が將來雷觀測の有利な1手段として用ひ得られる可能性について述べている。

2. 研究の端緒及び經過

1941年頃より主として Impulse 方式の超短波送受信機の基礎的研究に従事していた筆者は、當時の航空研究所に於て1944年7月22日波長 80 cm, 出力約 7 kW の送受信機の調整中偶々烈しい雷雨に遭い突然落雷の閃光と同時に出現する $1/10$ 秒内外繼續する強力な反射波を數回陰極線 Oscillograph で觀測する事が出

來た。其の後千葉縣洲の崎にて波長 4M, 出力 30kW の装置により快晴の夜同様の瞬發性反射を多數見る事が出來た。反射狀況は全く類似するが原因としては夫々違つたものであると感じたので、便宜上前者を第一種異狀反射、後者を第二種異狀反射と名付けて、此の原因は、夫々雷及び流星にあるのではないかとの假定の下に研究を進めて來た。次で 1945 年同所に於て波長 2M, 出力 50kW の装置を用いて行つた時、この様な反射は極めて弱く、繼續時間も又極度に短く、氣象條件との關連を僅かに感じたが、結論には至らなかつた。續いて異狀反射の研究用として完成した波長 4M, 出力約 5kW の装置により、山梨縣日川村にて 7 月末より 8 月始の間に數百回の記録を得た。

この中には多くの特長ある反射狀況を見る事が出來たが、殆んど平穩な日の記録のみであり、時間的に見て夜明に多い事などよりして何れも第二種反射と思われた。他に第一種と見られる反射を數回觀測したが、落雷と同時に電源電壓の低下を來し確認する事が出來なかつた。8 月 15 日終戦と同時に研究は中止され、其の後諸種の事情により組立て調整中の自動記録装置等を含めて機材の大半を失つた。幸にも 1946 年 2 月占領軍當局の了解を得て研究再開の機を待つ中、4 月理工學研究所發足し、その所に於て續行する便宜が與えられた。此の年 9 月に Giacobinid 慧星が 10 月 10 日頃接近し、之に伴う大流星雨が 10 日早朝到來すると、の報に緊急機材の準備をして、9 日 18 時より 10 日 6 時迄觀測を續けたが、波長 4M の送受信機には殆んど見るべきものが得られなかつた。しかし報道された時間は 12 時間の誤差があり、眞の最盛期はその日の午後であつた事を後になつて知つたのみならず、英國及び米國では組織的な研究陣により、從來電離層の異狀電離の原因として考えられ種々議論となつていた流星の影を確めようとして試みられた實驗は、何れも成功し僅か 20 分間に烈しい瞬發反射を夫々 Radar Set を用いて記録した事を知つた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ しかし乍ら其の後改良しつゝあつた機材により、本 1947 年 6 月 21 日以後 7, 8 月の間に第一種異狀反射(以下雷反射と呼ぶ)を多數記録する事が出來た。この間第二種異狀反射(以下流星反射と呼ぶ)と思われ多くの反射を得たが統計的な記録はとらなかつた。本年關東平野南部には 8 月下旬迄殆んど雨がなく、近距離の雷は稀であつたが、關東北西部に

發生する雷雲に對して殆んど連日待機しその間に數回の觀測を行ふ事が出來た。この結果落雷のみならず、雲間放電の場合でも強力な反射波が得られ、現在迄の装置を用いて半徑 100 km 以内の雷放電による反射を殆んど全部受信し得る見込があつた。又中央氣象臺の雷雨移動經過圖或は實際の落雷觀測記録を参照した結果可なりよく一致する事を知つた。その結果この超短波 Impulse 方式が、雷觀測の 1 手段として新しく利用出来る見透しがつき、又應用として颱風に伴う雷雲の位置決定に試みる價值があると考へられるようになった。

3. 装置の概要及び觀測記録

現在雷による超短波の反射に就ては内外共に發表された例がないと思われるので、今日迄に得られた雷反射の全觀測記録を以下に順次記載して報告する。但し使用機材は Impulse 送受信機として特異な點は少いため概要を列記するに止めたいと思う。

3-1 1944 年 7 月 22 日

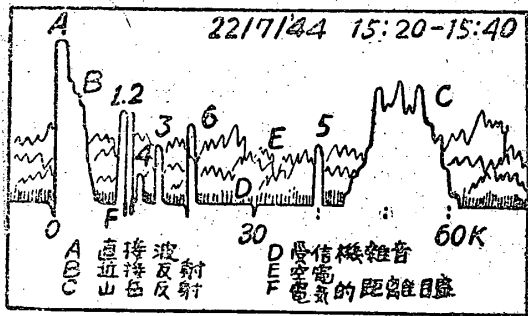
使用機材の概要を第一表に示す。觀測には口徑 12 cm 綠色螢光面を持つ SSE-120G 陰極線管を使用した。その後の實驗は總てこれを利用した。此の日 15 時 50 分(以下の記録には 15:50 のように日本中央標準時によつて記載する)頃から烈しい雷鳴を伴う豪雨の中で、第 1 圖に示すように 45~60 km にある關東山脈からの反射を頼りに受信機の調整中、突然閃光と同時に螢光面上一面に空電の不規則な波形が現われ、これと殆んど同時に飛行機反射に類似してしかも瞬時に消滅する完全に同期のとれた明瞭な反射を認めた。圖には 15:25 より 15:40 迄に現れた反射を順次に番號をつけて記入してある。この反射が出現する度に夫々或る時間を経て落雷音と思われる烈しい雷鳴を聞く事が出來た。反射の繼續時間は $\frac{1}{10}$ 秒~ $\frac{1}{2}$ 秒に達した様であつたが距離の移動は感じられず、電光を感じるのと同時に急峻に最大強度に達し後ゆるやかに消滅するようであつた。この日の雷雨は稀に見る強烈なもので

第 1 表

送 信 機	受 信 機	空 中 線
發振周波數 375 Mc/s 線返周波數 400 c/s 變調方式格子變調 發振管 LD 510B×8 尖頭出力 約 7kW	第 1 檢波管 954 中間周波增幅管 6305×5 同 周波數 18 Mc/s 同 帶域幅 0.15 Mc/s 綜合利得 約 115 db	送信受信共同型 八木式 水平偏波 反射器 1. 導波器 3 送受利得約 16 db 空中線高 地上 14 M

空中線設置場所 元航空研究所構内 2 階屋上
最大幅射方向 西より北へ 10 度

あり、同時刻頃關東一帯に十數ヶ所の火災を起し、所によつては直徑 3 cm 内外の降雹があり相當の被害があつた。



第1圖 初めて記録した 375 Mc 波による雷反射

3-2 1945年8月

甲府盆地の東端山梨縣日川村に於て送信管 231NG, 出力約 5 kW, 周波數 75 Mc の電波を北に向け観測中2回の雷雨があつたが數回の近雷反射を認めた。しかし近接する山の反射に重疊し同時に電源電壓の低下を伴い映像が一瞬擴大されて記録をとる事が出来なかつた。

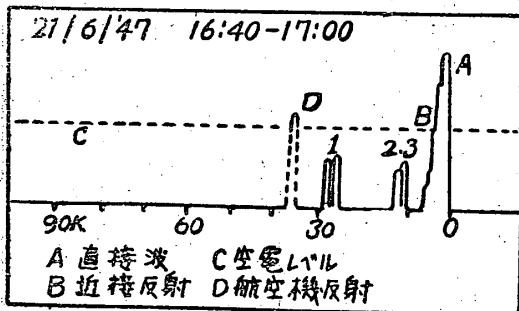
33 1946年6月21日

當日使用した機器の概要を第2表に又全結線圖を第2圖に示す。

第 2 表

送 信 機	受 信 機	空 中 線
發振周波數 75 Mc/s 線返周波數 1000 c/s 變調方式格子變調 發振管 E-100 TH×2 尖頭出力 約 4 kW	高周波增幅管 954×3 第1檢波管 951 中間周波增幅管 RH4×5 同 周波數 10 Mc/s 同 帶域幅 1 Mc/s 綜合利得 約 120 db	送信, 受信共同型 3段2列 反射器付水平ビーム 送受利得 約 20 db 空中線高 地上 14 M

空中線設置場所 理工學研究所構内2階屋上
最大幅射方向眞北



第3圖 1947年 75 Mc 波による最初の雷反射

第3圖は受信像の模様であつて、平常は AB の直接波及近接波以外に固定反射を認めない。大型輸送機等の反射は 35 km にて D に示す程度の感度を有していた。本年最初の記録は西北方に弱い雷鳴を聞いて後 30 分位経て開始し、圖に記入した數字の様に順次 16 : 45, 51, 53 の 3 回明瞭な反射を認めた。此の時これと同時に C 線に示す程度の空電波が感じられた。第1回の反射は 25 km を中心に ±2 km の範圍に極めて時間的に接近して出現し、夫々遅れて雷鳴を聞く事が出来、第3回の折には、此の時間の差は約 30 秒であつた。繼續時間は何れも 1/20 ~ 1/25 秒と思われた。此の時東京上空には雲がなく、僅かに西北方に遠く積亂雲が見られた。

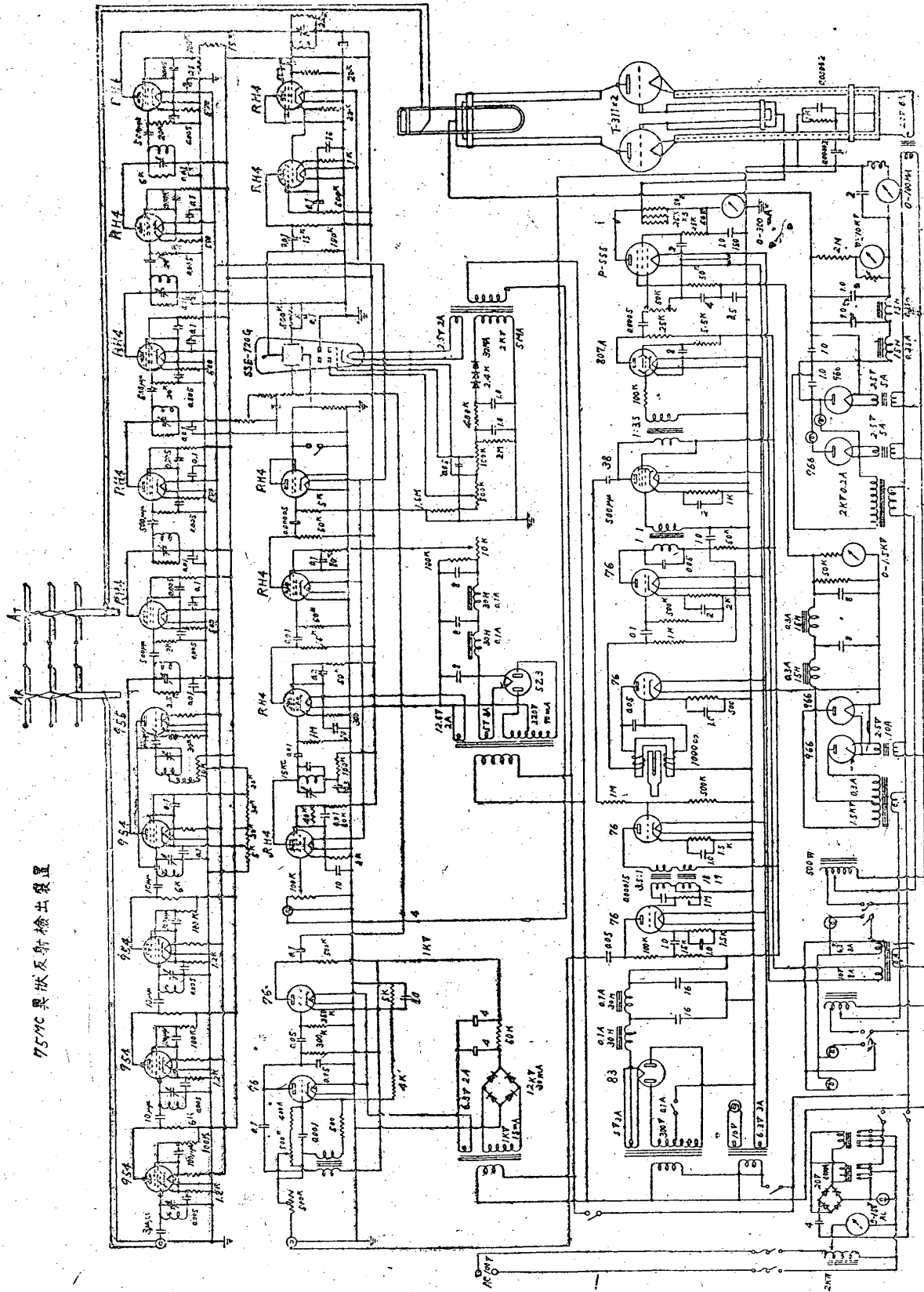
3-4 7月2日

送信出力の不足を感じていたので、送信管を第2圖に示す様に T-311×2 に改め出力約 6 kW となつた。此の夜 20 : 30 頃北方より積亂雲發達しつゝ南へと移動しつゝあつた。この時地平線より 10~15 度に雷鳴の聞かれない頻繁な雲間放電の閃光が見られた。運轉時間は 20 : 50 から 21 : 05 の僅か 15 分にすぎなかつたが、第3圖に示す直接波の 1/10 から 1/2 に達する約 70 回の反射を見た。

距離は大部分 30±5 km にあり個々の反射を記録する暇がなかつた。閃光及反射波と同時に受信される空電の波高値は、時に反射波の數倍にも達し、相次で感じる二つの波形の交錯は非常にさまざまに感じられた。しかし遂に雷鳴は聞く事が出来なかつた。この時瞬變性反射は同位置に 2~3 回續いて現われ或は 4~5 km 離れた場所に同時に現われるという現象を數回觀察した。

3-5 7月10日

此夜は風強く東京上空には一片の雲もなく 19 : 00 頃僅か北西部に遠く雷鳴の聞かれない閃光を發しつゝゆるやかに東へ移動する積亂雲があつた、電光の中心は送信開始の 19 : 30 に北より西へ 10 度 (爾後北を 0 度とし反時計式方向の角度をもつて方向を示す)。送信終了の 21 : 00 には 330 度の方向に流れていた。19 : 40 頃迄空電のみ受信され反射は感じなかつた。この日は 7 月 2 日に比べて空電反射共に弱く全般を通じて空電の受信される回數の 1/8 ~ 1/10 程度の反射があり、142 回の記録を得た。この時の記録の一部を第3表に示す。



75Mc異狀及斷檢出裝置

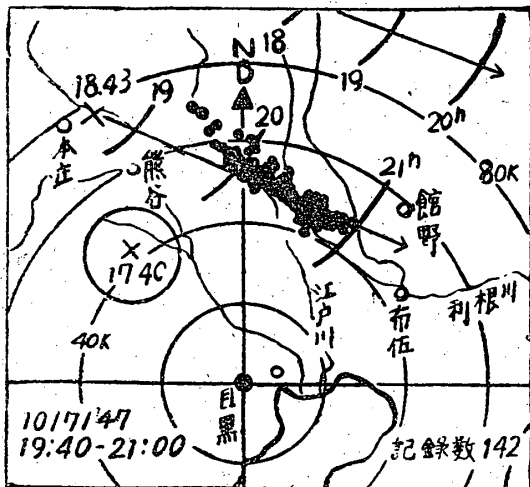
第2圖 75Mc送受信機結線圖

す。以後の記録は殆んど同型式を用いた。

第3表

時 間	距 離	感 度	摘 要
20h. 38m. $\frac{1}{6}$	48 km	3 mm	相次で $\frac{1}{15}$ 秒 間隔
38 $\frac{3}{6}$	44	2	
//	46	1	
//	47	1	
40	47	3	
41	50	2	$\frac{1}{10}$ 秒置いて 同位置に相次 いで
42 $\frac{5}{6}$	46	2	
//	46	1	

この日の記録には第3表中にある様な時間的に極めて接近した反射が20組記録されている。個々の反射継続時間は平均 $\frac{1}{20}$ 秒以下で、 $\frac{1}{10}$ 秒より長いものは稀のようであつた。反射波の出現は空電の反信される時間と完全に一致し、その遅れは殆んど認め難い。又反射波が先行する事は全然無かつた。扱てこの記録を電光の中心が移動した角度と時間が比例すると假定して地図上に夫々の時間に得た反射を全部その方向より到来したとして記入して見た所、利根川に沿つて東南に移動している様に見えたので、後に中央氣象臺の雷雨報告を参照し同様の方法で記入したのが第4圖である。この場合電光によつた圖とは殆んど一致したので後者のみを示した。氣象臺の圖には21ヶ所の報告を基礎にして畫かたてあり、100 km の距離を通過した雷雨を便宜上 A 群、南方を通つたものを B 群とすれば、A 群は観測開始の 19:30 既に 330 度の方向にあつた爲か反射は記録されていない。電光方向の正確な記録によらねば嚴密な経過圖は得られないと思うが、

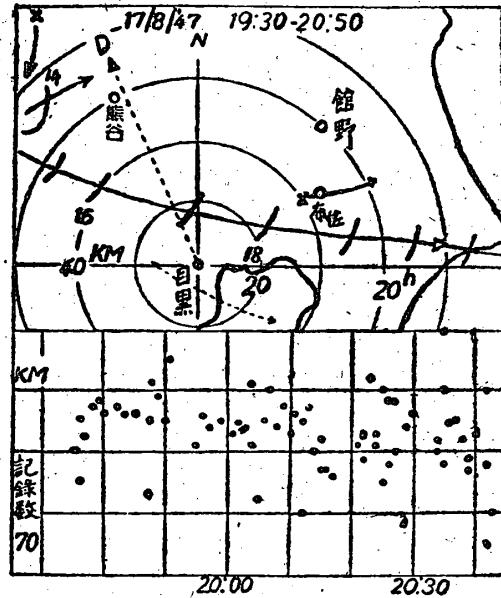


第4圖 氣象臺の雷雨移動経路圖が示す時間の方向に反射波の距離をとつて得た放電位置(黒點)。

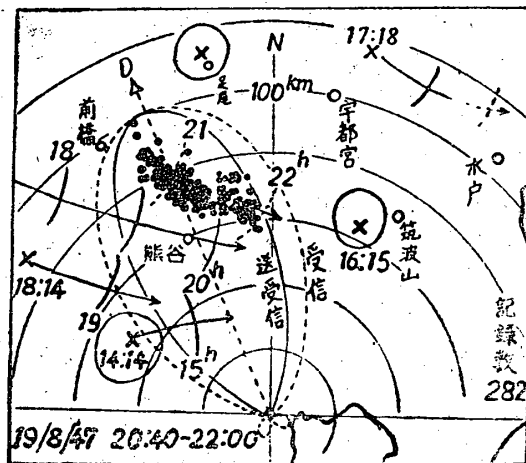
上記の方法によつても大體の一致を見せている。

3-6 8月17日

空中線前方にある建物の影響で主 Beam が相當の仰角を持ち遠距離反射を受信し得ないのではないかと思ひ、空中線を3階屋上に移し、關東地方に於て最も雷の多い前橋方向を望み輻射主軸を 23.5 度に向け地上 16 m となつた。以後の實驗に於ては此の空中線によつた。此の日 18:00 頃猛烈な雷が東京北西部から東に移動しつゝある事を知つたが、實驗所に不在であつたため送信開始は 19:30 となりその時第5圖 B 群の雷雨は既に空中線の有效角度を過ぎ東に去つていた。しかしこの頃北西部に散亂していた雷雲は次第に實驗所上空を覆い東南に向いつゝあつた。この爲近距離の強烈な空電に妨害され反射波を識別するのに困難を極



第5圖 雷雨移動経路圖及反射波共に資料不足で對應困難な記録

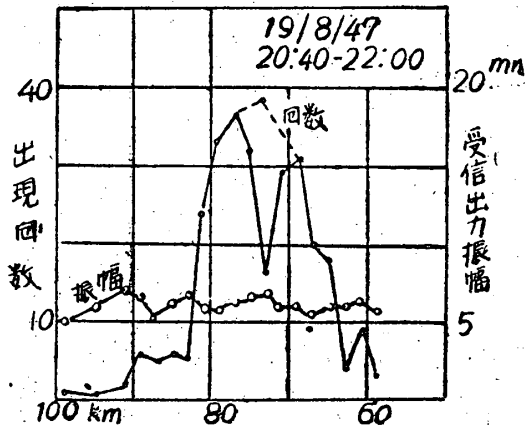


第6圖 電光方向と反射距離により雷雨報告にない雷雲を觀測した記録

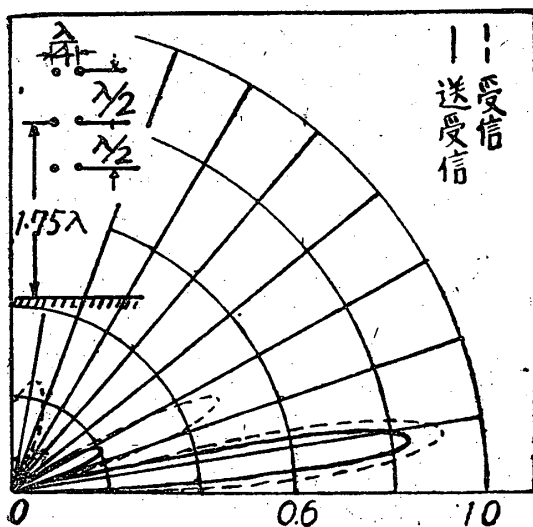
めたが、70回の記録を得た、20:20頃から空電も次第に弱まり、20:30には45度、0度、315度に夫々電光が見られた、50分には空電の間隔が遠くなり、反射波の出現も止んだ。21:20に270度、80度に僅かに電光を見たが、受信機には何も感じなかつた、第5圖の反射に相當する雷雨は経路圖に示されていない。

3.7 8月19日

此の日は第6圖に見られるように観測開始の20:40迄に既に多くの弱い雷雨が発生している、B群からの反射であるとすれば、60km以内にある筈であるが、この頃得られた反射は何れも80km以上であり、電光は22~25度の方向のみであつたから、これより後に得られた反射に相當する雷雨は氣象臺の圖には示されていない。そのため實驗所から見た電光中心の方向と反射の距離から作用する事によつて、E群が存在した事を知つた。



第7圖 2km 宛の間に現われた反射波の平均強度と頻度分布



第8圖 地上 1.75λ にある反射器付 Beam 空中線の垂直面的内指向性を濕地上に置いた時の計算値

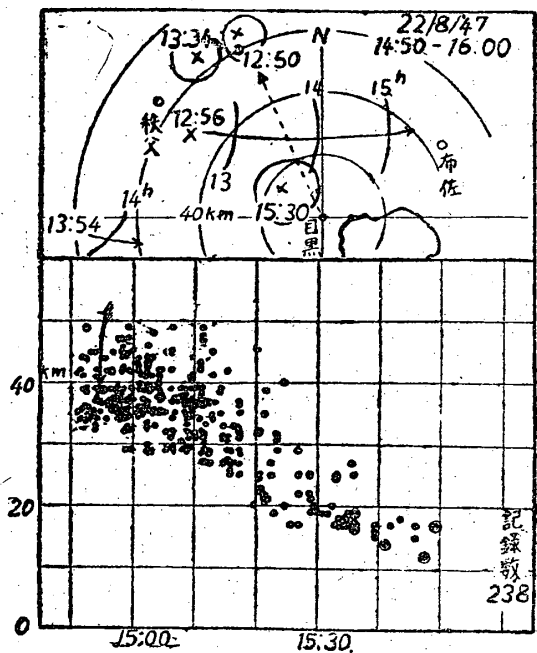
尙この日から三浦勇一氏が記録し、筆者が観測に當つたので、今迄の記録で心配になつてた記録中の見落しをなくする事が出来た、282回の反射を出現頻度と平均強度を距離別に見ると、第7圖のようになる。

この時 75 km 附近の反射は空中線の正面を通過する頃得られたもので、頻度分布は第6圖の空中線水平面内の指向性に従つているようであるが、21:30から5分間観測を中止した爲 73 km 附近の反射は減少している。一方強度の平均は殆んど犬きい變化を見せていないけれど、約1時間半の観測中時間の経過とともに反射波對空電の比が大きくなり、次第に反射波の観測が容易になるように感じた。

すなわち 21:01には 79 km に於て比が 0.3, 21:20に 80 km で 0.5, 21:54に 60 km で 1.3の反射があつた。この日の観測に於ては空電発生回数の約10%は空電に妨害されて反射波の識別が出来なかつたけれども、その他は波高値數 mm 以上の空電を感じる度に殆んど毎回認める事が出来た。この日も時間的に極めて接近し而も夫々異つた位置に出る反射或は多重電撃を思わせる同一場所に現われるものが 60組以上記録されている。以後これらの反射を便宜上 A 型及 B 型多重反射と名付けて置く。

3.8 8月22日

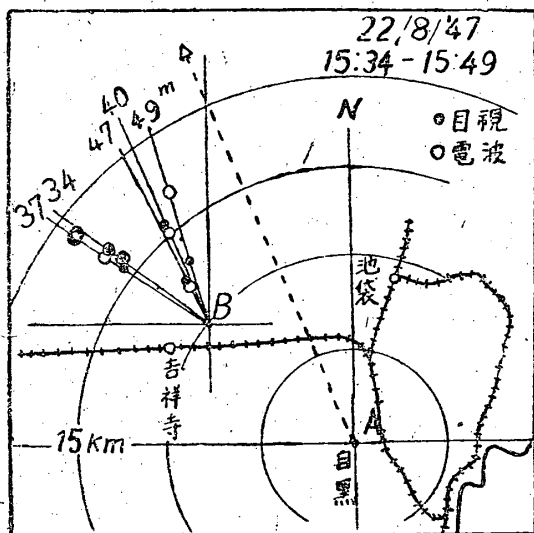
送信開始時の 14:40 既に受信機には空電反射と共に強烈に受信されていた。50分から記録を開始した。14:55には 35~39 km に A 型多重反射を感じた直後電源電圧が約 1/2 秒間急激に低下したが、停電には



第9圖 238回の反射を起した雷雨は單に 15:30 とのみ記録されている。

ならなかつた。これは送電線に近い所の落雷による。誘導と思われる。これを第9圖反射位置圖左上に矢印で示してある。この日は空電の95%程度の反射波が記録出来て、15:05頃雷雲は空中線正面にあつた。又15:30頃15~20kmに多數の落雷がありこれ等が雷雨報告には1點の同鳴線として記録されている。

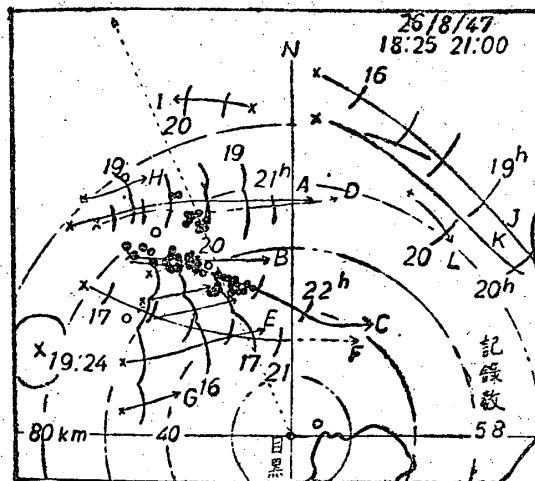
本所の阿部英太郎氏が自宅に於て観測された6個の落雷に就ての、方向、時間、閃光から雷鳴到來迄の時間等を参照して得たのが第10圖である。目視観測の行われた位置は、丁度實驗所から50度、10kmの位置にあつた。此の位置をB點とし此處で得られた資料から求めた位置を黒丸、B點から落雷地點に引いた線上にA觀測點から反射波の示す距離をとつて求めた點を白丸で記入してある。



第10圖 B點からの目視とA點からの電波による落雷位置

これによれば15:34の2回の落雷は完全に一致し、37分は反射波が1~3km遠く2ヶ所があり、40、47分は何れも殆んど一致し、49分には反射波が5km遠く出ている。然し乍ら電波による方式では、螢光面の反射波に幅があり、距離を10km目盛を標準として計つたための必然的の誤差も伴う。又近雷の時には放電の上部と下部では視差を生ずるので、以上の何れの點が眞に近いという判定は容易でない。尙これ等は第9圖右下の二重丸の反射に相當するものである。此の日の反射は頻繁であつたため反射強度の記録を殆んどとらなかつたが、反射波對空電の比は、14:56に0.5~0.4、15:02に1.0、15:28に2.0、15:30に2.5の記録がある。但し反射波の平均強度は14:56頃10mmのものが、15:30頃15mmになつているにすぎない。

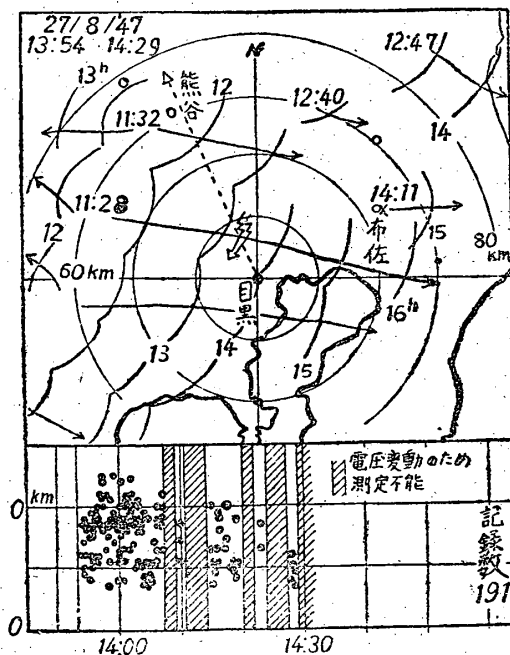
3.9 8月26日 第11圖のように此の日の雷雲は多數發生し且廣範圍に亘つていた。測定開始の18:20強烈な空電のため記録は困難であつたが、21:00迄に



第11圖 廣範圍の雷雨の中電光方向と反射距離から主としてC群からの反射と思われる。

58個の反射を得た。この間の5回の電光中心方向記録によつて反射波を照合して見れば、主としてC群によるものであつた様である。しかし落雷が頻發するらしく電源電壓が度々急激に低下した。

3.10 8月27日 本年最後の記録を第12圖に示す。これは本年唯一の雷雨中の観測で本所霜田光一氏によ



第12圖 観測所上空を通過する烈しい雷雨時の記録。

つてなされた。度々各所に起る落雷のため電源電壓の急激な低下或は上昇を來しそのため観測不能に陥る事數回の後14:30遂に送信機故障となり實驗は停止された。この日の例のように晝間しかも實驗所を包む雷雨では反射記録丈けで放電の位置、地點を求める事は困難である。その上この日の雷雨進行圖では14:30既に東京灣上に移動しているためこれらの對應は不可能である。尙この日14:00前後には1分間に15回以上の反射が記録されている。(以下次號)