

空電波形の周波数分析研究 (第3報)

佐尾和夫 神藤英彦

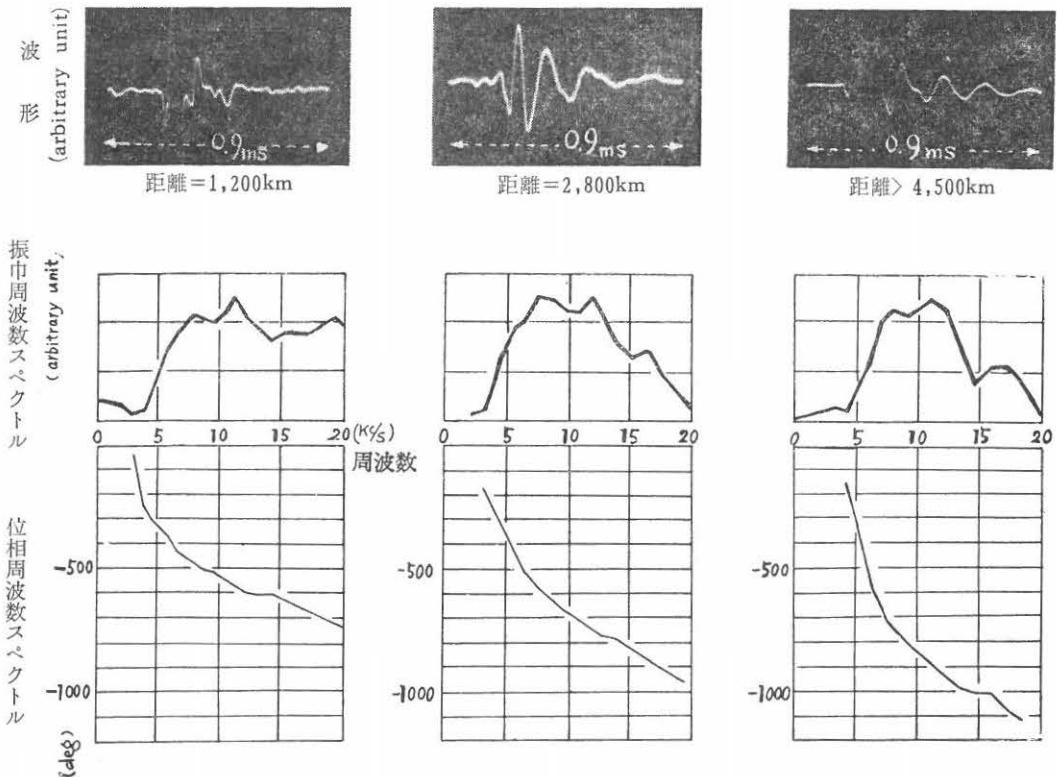
I 緒 言

昼間空電波形に対する研究は、既に多くの研究者達により波形並びに周波数スペクトルの観点からその観測結果と長波の伝播理論の立場に立って、多年に亘って続けられて来た。一方我が国での空電研究の最も困難な点は、空電源の位置を決定する所謂 sferics fix network の配置に日本列島の形態が極めて不利なことであって、従って筆者等は空電波形の研究の頭初から、波形を利用する空電伝播距離の判定法について終始考察を続けて来た。波形からその伝播距離を求めることについては内外共に未だ決定的な方法は発表されていないが、筆者等は波形を Fourier 変換して求めた位相の周波数スペクトル

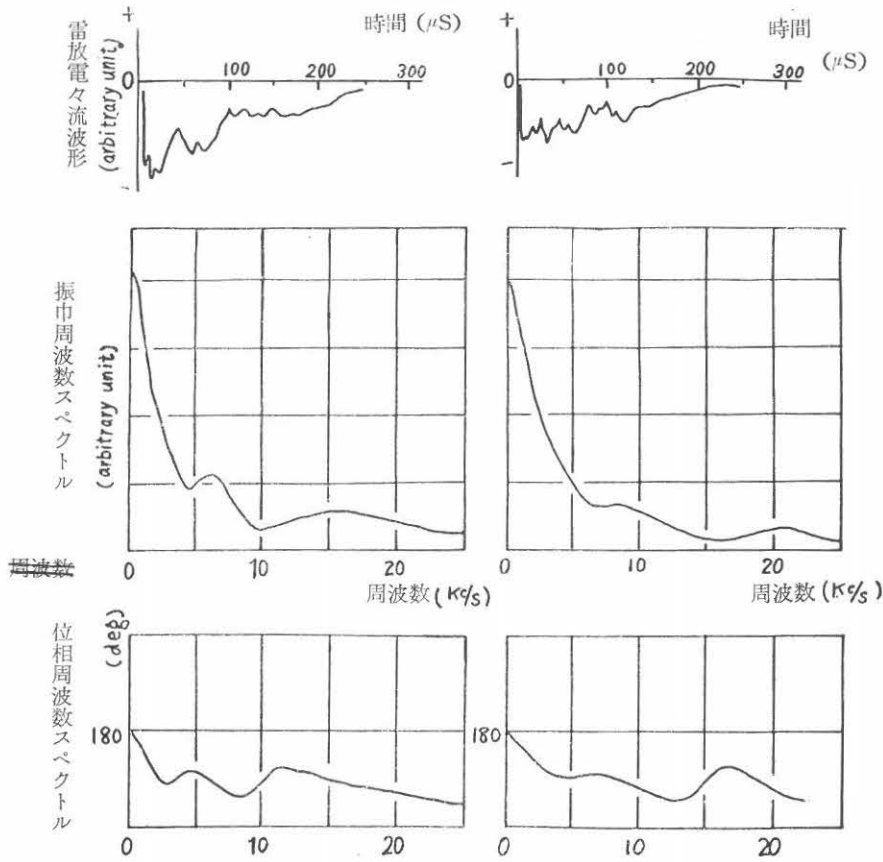
に就いて検討した結果、位相周波数スペクトル曲線はその周波数に対する変化が割合単調で、且つ又空電源における位相周波数スペクトルよりも伝播における位相推移の方が割合顕著な点に着目して、空電波形の周波数スペクトルとその波形の空電源迄の距離との関連を調べた結果、比較的纏った傾向を得ることが出来たので、以下この点について述べてみようと思う。

II 空電波形の周波数分析

空電は言う迄もなく雷放電に発する電磁振動であり、過渡的な非周期性信号である。従って波形と周波数スペクトルとの関連は、数学的には相互に Fourier 変換で



第 1 図



第 2 図

あらし得る。猶、波形は実函数であるが、周波数スペクトルは複素函数であるので、その絶対値は振幅周波数スペクトルであり、偏角は位相周波数スペクトルであることは言う迄もない。

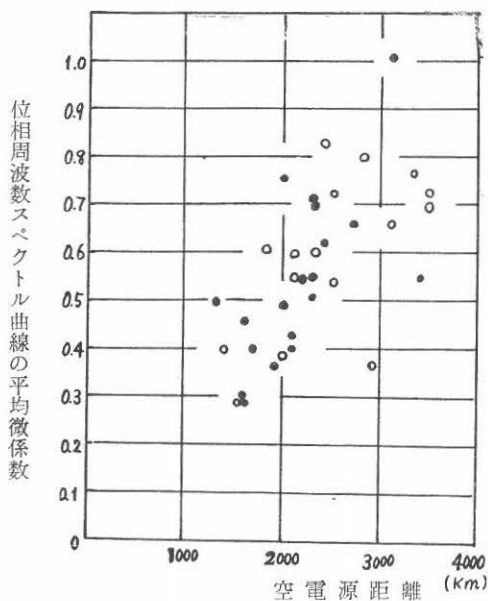
さて多くの波形に対して手早く周波数分析を行う為、筆者達は Fourier 変換専用のアナログコンピュータを試作し、その改良を加えて来た⁽¹⁾。本文はこの Fourier 変換機を用いて1958年9月と1959年8月に観測した波形を分析した結果に基づくものである。夫々の波形の空電源位置は国内の三地点（岩手県水沢市、熊本県熊本市郊外、当所）の空電方位観測網により、到来方位角を測定し、交会法によって決定したものである。先ず典型的昼間波形とそれから求めた周波数スペクトルを図示すれば第1図のようになり、その位相周波数スペクトル曲線を一見して判る通り、空電源距離が大きくなるにつれて、

曲線の勾配は急峻になっている。このことから位相周波数スペクトル曲線の傾斜は、空電の伝播距離の影響を比較的顕著に示す特徴を持っているのである。この点について更に詳細に考察してみると、受信波形の位相周波数スペクトルは空電源の位相周波数スペクトルと伝播の位相周波数スペクトルとの和であらわされるが、後述の通り空電源の位相周波数スペクトルの周波数に対する変化は一般的に少いものであることを考え合わせれば、受信波形の位相周波数スペクトルには伝播の際の位相推移量の方が遙かに顕著に現われていることが判る。猶、前述の空電源に於ける周波数スペクトルを知るために Norinder⁽²⁾等の報告にある実測雷撃電流曲線の周波数分析を試み、その周波数スペクトルの傾向を求めた。第2図はその2例を再掲したものであり、共通的に云えることは位相周波数スペクトルが考察している周波数領域

において略 180° の変化であることがわかるのである。

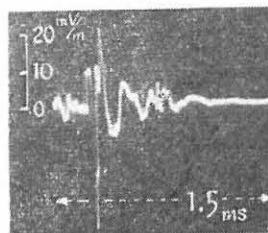
III 空電の位相周波数スペクトルと その伝播距離との関連

前節で述べたように位相周波数スペクトル曲線の勾配と伝播距離との関連を明らかにする為に、位相周波数スペクトル曲線の微係数を求めようとしたが、周波数によってその値が連続的に変化しているの、簡単のために一応次のような規格を定めて微係数を求めることとした。即ち $8 \sim 14$ kc/sの周波数領域を直線と見做し先ずその微係数をとり、次に低い周波数領域では 6 kc/sに於ける切線の微係数をとって両者を平均することにより、位相周波数スペクトルの微係数を代表させることとした。用いた空電波形は 50 枚であったが、その中で約 3 割は位相周波数スペクトル曲線が滑かでないの除外し 36 枚について調べたのである。茲で注意を要することは、用いる波形が決して第1図に示した典型的なものだけでなく、例えば第3図に示したような歪んだ波形も一緒にして取扱ったことである。この結果は第4図に示す通り、多少のバラツキはあるが、距離の増加につれて微係数が大きくなっている傾向を認めることが出来る。
○印は歪の少ない典型的空電波形から求めたものであり、



第4図

・印は歪の多い一般的な空電波形から求めたものであって、これで見ると波形の歪の多少による差異はあまり見受けられないようである。第4図の plot は可成りのバラツキがあるので試みにその相関係数を求めてみると $+0.64$ となっている。結局 ± 500 km程度の誤差を容認すれば、この方法により昼間の空電波形から、凡その距離を判定することが出来ることと云える。



第3図

IV 結 言

筆者等はかねがね昼間の smooth daytime 型波形から、凡その伝播距離を求め得る可能性について考察し続けて来た。しかしこの問題は極めて難かしく、的確な方法は未だ発表されていない。波形の研究は、之を周波数スペクトルに変換して考察するのが最も容易であり、特に位相の周波数スペクトルを検討した結果、伝播要素の影響を比較的大きく持っている特徴のあることを認めてこの関連を明らかにした。その結果、波形総数の約 7 割に対して、 ± 500 km程度の誤差を認めれば、距離を判定することが出来ることが判明した。勿論振巾周波数スペクトルも伝播距離に依存する特性を持つてはいるが、一般的には非常に複雑な形態であるので、総べての波形に対して振巾周波数スペクトルから距離を求めることは不可能に近く、それに較べて位相周波数スペクトルの方が有利であることを述べたものである。

V 謝 辞

金原所長からは絶えざる御指導と御批判をいただき常々感謝申上げている。周波数分析結果の取纏めに当っては林光子嬢の御助力によるものであって感謝している。又空電の観測は緯度観測所並びに九州電波監理局の御厚意によって行なわれたものであり、厚く御礼申上げると共に、観測資料は岩井助教授を始めとし、多くの方

々の御援助によるものであって共に厚く感謝の意を表す
る。

引用文献

- (1) 佐尾和夫 空電研究所報告 **8**, 19, 1958.
- (2) Norinder, H., Dahle O. Arkiv Mat.
Ast. Fys. **32A**, No. 5 1, 1945.