

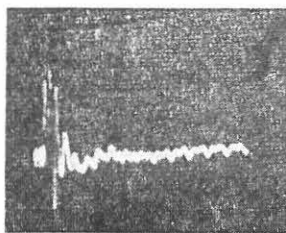
## 夜間空電波形パルス極性の反転現象

佐 尾 和 夫

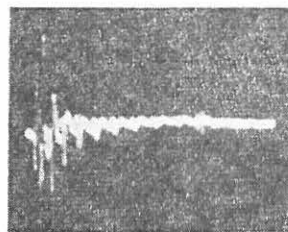
夜間に受信される、所謂、電離層反射型波形は、雷放電の際に発した pulse が大地と電離層間の空間を反射し、ついで到来した一連の pulse 波形である。1959年当所では空電波形の観測を豊川、熊本の二地点で同時に実施したが、約50組の夜間同時記録波形は僅か2組を除いて、両地点に於ける観測波形 pulse の極性（符号）は全く相等しかった。この例外的な2組は電離層における反射次数の如何に拘らず、総ての pulse 符号が相互に反転しているのであって、茲ではこの結果を説明する為めの考察を試みたものである。

茲で問題にした夜間の電離層反射型波形は一般的に第1図に示すような形式であって、雷放電の時に発した pulse が、電離層に於ける反射回数の多い程受信点への到達時刻が遅れて到達することから、pulse は規則正しい時間々隔を持って配列している。ところで同一空電源で発した空電を遠距離での異なる2地点で受信した時、その pulse 符号は大部分の波形に対しては第1図(A)、(B)（両図とも掃引時間は5ms）のように同符号となっている。豊川、熊本両地点の受信感度の相違が当然あるから、pulse の振巾には差異はあっても、掃引の終りに近い、即ち高次の反射波では共に負符号であることがは

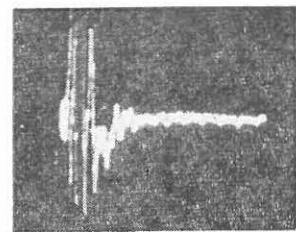
っきりしている。空電波形の受信は垂直アンテナであるから、若し雷放電が垂直双極子であると近似すれば、極めて低次の反射波が電離層に grazing incidence で反射する時、極性の反転が期待される以外は極性の反転は望めない。ところで筆者が問題にしているのは、第1図、(C)、(D)の一組と他の一組は(E)、(F)に示すように、共に pulse は反対向に伸びている。(D)図は掃引時間が(C)図に較べ、約1/2になっているから、一見した感じは違うが、pulse 符号は逆符号であることがはっきりしている。前述のように雷放電を垂直双極子と仮定すれば、このような現象に対する説明は出来ないから、筆者はこの場合の雷放電を水平双極子と仮定することにした。雷放電の大多数は雲間放電であり、又その場合の垂直成分と水平成分との比は統計的に約1:3(1)となっている。一方水平双極子による輻射電磁界強度は大地導電率が高い程著しく減少する。従って雲間放電に於いても遠距離に於ける電磁界には放電の水平成分よりは、垂直成分の方が遙かに大きく寄与するであろうから、一般的には雷放電は垂直双極子丈を考えている。しかし極めて稀には放電路が殆んど水平に近い場合の放電も考えられるので、この場合には水平双極子丈と考えて



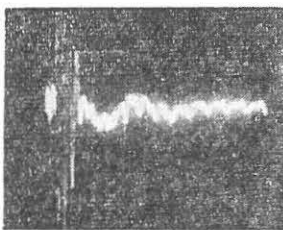
(A) 掃引時間 5 ms(豊川)



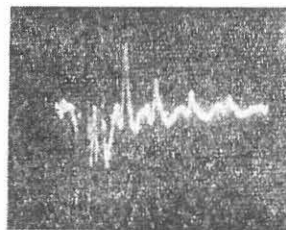
(C) 掃引時間 5 ms(豊川)



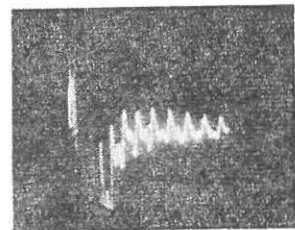
(E) 掃引時間 5 ms(豊川)



(B) 掃引時間 5 ms(熊本)



(D) 掃引時間 2.2ms(熊本)



(F) 掃引時間 5 ms(熊本)

良いであろう。このような特殊な場合の有限導電率大地上の水平双極子から発する輻射垂直電界強度表式を以めると以下ようになる。水平双極子は坐標原点に於いて  $x$  軸方向に置かれているものとし、デカルト直交坐標系での空間の任意の点に於ける鉛直上向きの電界強度  $E_z$  は下式で表わされる。

$k$  は大気中の電波の伝播定数である。

$$E_z = k^2 \Pi_z + \frac{\partial}{\partial z} \text{div } \vec{\Pi} \dots \dots \dots (1)$$

但し、 $\text{div } \vec{\Pi}$  は有限導電率大地上の水平双極子に対して  $\Pi_x$ 、と  $\Pi_z$  を考えて

$$\text{div } \vec{\Pi} = \frac{\partial \Pi_x}{\partial x} + \frac{\partial \Pi_z}{\partial z}$$

となる。従って (1) 式は

$$E_z = k^2 \Pi_z + \frac{\partial^2 \Pi_x}{\partial z \partial x} + \frac{\partial^2 \Pi_z}{\partial z^2} \dots \dots \dots (2)$$

となる。次に大地の屈折率を  $n$  とすれば、 $\Pi_x$ 、 $\Pi_z$  は下式であらわされる。(2)

$$\Pi_x = -\frac{2j}{kn} \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{e^{jkR}}{R} \right) \sim \frac{2}{n} z \cdot \frac{e^{jkR}}{R^2} \dots \dots \dots (3)$$

$$\Pi_z = \frac{2j}{kn} \cos \psi \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{e^{jkR}}{R} \right) = -\frac{2 \cos \psi}{n} \left( \frac{r \cdot e^{jkR}}{R^2} + \frac{j r e^{jkR}}{k R^3} \right) \dots \dots \dots (4)$$

但し  $R^2 = z^2 + r^2 = z^2 + x^2 + y^2$   
 $x = r \cos \psi$

茲で双極子から充分離れた点での界に着目して (2) 式の輻射界のみを求めれば次の (5) 式を得る。

$$E_z = k^2 \Pi_z = -\frac{2k^2 \cos \psi}{n} \cdot \frac{r \cdot e^{jkR}}{R^2} \dots \dots \dots (5)$$

今、受信点を地表面上に置けば  $z = 0$ 、 $R = r$  となり

$$E_z = -\frac{2k^2 \cos \psi}{n} \cdot \frac{e^{jkr}}{r} \dots \dots \dots (6)$$

が得られる。(6) 式で判るように受信点に於ける垂直受信電界強度は  $\cos \psi$  に比例することとなり、従って水平双極子の垂直二等分線 ( $\psi = \frac{\pi}{2}$ ) を境界として、その両側では符号が完全に反転する筈である。言う迄もなく、こゝに示した取扱いは連続波に対して誘導したものであるが、(6) 式はあらゆる周波数に対して成立するのであるから、空電パルスに就いても適用出来る。

以上は夜間電離層反射型空電波形の pulse 極性が同一空電源で発生したにも拘らず、異なる 2 地点で異符号で観察される場合があることに対する一つの説明を試みたものである。

金原所長の御指導並びに御討議と空電観測に携わった諸氏の御努力に御礼申上げると共に、観測の実施に当っては緯度観測所と九州電波監理局の変らぬ御好意に厚く感謝する次第である。

### 引用文献

- (1) 島山, 川野 気象電気学 p. 96
- (2) Sommerfeld, A. Partial Differential Equations in Physics. 1949. pp. 263-264.