

寄書

エルドアンテナについての考察

佐尾和夫・高木増美・神藤英彦

エルドアンテナは一对の電極を大地に挿入して、その両極に誘起される電位差を求める極めて構造の簡単なアンテナであり、Grosskopf⁽¹⁾によって詳しく研究されており、またこれを空電波形の測定に応用した Liebermann⁽²⁾の研究もある。

ところで、一般的に大地は不完全導体であるので、電磁波は forward tilt の現象を呈し、垂直偏波の伝ぱん波に対して垂直成分の外に僅かではあるが水平成分が存在する。従って境界面である地表面においては、この水平成分の大きさに比例してエルドアンテナに誘起電圧が発生するわけである。エルドアンテナの特徴は、まず第一に構造が極めて簡単なこと、第二に広帯域であること、第三に大地の抵抗値は低いから、従ってアンテナ回路のインピーダンスが低く、いかえれば増幅回路の入力インピーダンスが低いので S/N 比がよくなる等の利点があげられる。

さてエルドアンテナは地表面上の2点間の電位差をとるのであるから、当然2電極を結ぶ線上の方向より到来する電磁波に対して誘起電圧が最大であり、一方この方向に対し角度 Ψ をなす方向からの電磁波に対しては、 $\cos \Psi$ に比例して誘起電圧が減少することは容易に理解される。筆者等が長波送信局の方位を測定した結果を述べると、用いた長波局は観測地点より距離約 36km、方位角は北より約 297° の方向にあり、周波数 17.442 kc/s、出力 500W の依佐美局 (NDT) であり、一方エルドアンテナとしては、直径 5 mm 長さ 25cm の銅棒を 2 m の間隔に保ち、一方の電極を固定し、他方は固定電極の囲りを 10° ずつ回転して測定することとした。両電極間に誘起した電圧は、遮蔽同軸ケーブルで増幅器に導いてある。この場合、可動電極は挿入する大地の位置によって多少ともその接触抵抗が異なるので、増幅器の入力抵抗を充分高くすることによって、測定地点毎の大地接触抵抗の変動による誘起電圧の変動を防ぐこととした。この実験によって得られたエルドアンテナのいわゆる8字特性は図1の通りであり、実際の地理的方位角との誤差は数度以内であった。この結果からエルドアンテナを直交して配置すれば、非同調型として方位測定する場合

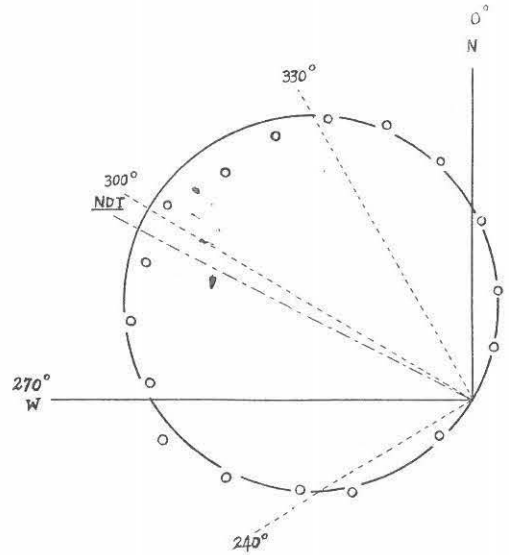


図1 エルドアンテナの8字特性 (○:測定値)

のアンテナに用いられることが判る。勿論アンテナを埋設する附近の土質が一樣でなければならぬとは言うまでもない。なお精度についてはこれ以上詳細な実験は出来なかったが、もしこの程度の誤差が常に混入するとすれば、精密な方位測定はできないとしても、近雷の位置決定など多少の誤差を容認できる程度の方位測定には簡単で好都合なアンテナ系ではないかと考えられる。

次に、アンテナ自体は全く非同調型であるから相当広範囲の周波数帯域の測定に対して使用でき、筆者等は ELF 帯空電波形の測定⁽³⁾ に本アンテナ系を用いて好結果を得ている。ところでこのように周波数が低く、いかえれば波長が長いとき、垂直アンテナで受信するとすれば、波形測定のように広帯域受信においては、アンテナと増幅器の結合回路に蓄電器を用いねばならない。ところが結合蓄電器容量に比してアンテナの固有容量が小さいので、利得が著るしく悪く、これは垂直アンテナでの受信の欠点である。また垂直アンテナでは、アンテナ

が風によって振動しても、この程度の振動周波数となりその微細な容量変化によって誤った出力が得られることになり思わしくない、更に、垂直アンテナでは、大気中の浮遊イオンによる空間電荷に起因する大気静電場の脈動を受信することになり、これらの要素が重畳して、真の到来 ELF 帯電磁波を測定するのに垂直アンテナを使用することは思わしくない。この意味で、ELF 帯電磁波を受信する上に、エルドアンテナは極めて好都合であると言える。

次に、更に興味ある事実はエルドアンテナを用いて測定した近雷空電波形である。筆者等の測定は通常の垂直アンテナとエルドアンテナとを併用して近雷波形を同時観測したものである。一般的に表面波あるいは任意の入射角で地表面に入射した電磁波の電界の強さに対して、その垂直成分 E_v と水平成分 E_h との比をとると、入射角 θ に対して、

$$\frac{E_h}{E_v} = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \omega}{\sigma}} e^{-j\frac{\pi}{4}} \dots \dots \dots (1)$$

の関係式が満足されることは明らかである。ここで σ は大地の導電率、 ϵ_0 は真空中の誘電率であり、 ω は角周波数である。(1)式から明らかなように、電界強度の水平成分 E_h は、周波数が低いほど垂直成分 E_v に比してその振幅が減少する筈である。従って垂直アンテナとエルドアンテナとを用いて波形を同時観測すれば、エルドアンテナでは周波数の低い成分は殆んど受信されず、周波数の高い成分だけが受信される結果となる。一方雷放電点の近傍における放電時の電界波形は、静電界成分が卓越することは周知の通りであるが、放電点よりの距離が遠くなるほど放射成分が卓越して静電界成分が減少することは既に実験的に確かめられたところである。⁽⁴⁾ 一方雷放電放射パルスを詳細に研究するためには雷放電点の近傍において、放射成分を求める必要がある。この目的に沿ったのがエルドアンテナであって、それは本アンテナは低い周波数の卓越している静電界成分には殆んど応答がなく、比較的高い周波数成分を持つ放射成分に対してだけ応答があるからである。筆者等の測定結果は図2に示す通りであり、図の左側は垂直アンテナでの雷放電波形、右側はエルドアンテナでの波形である。掃引は3msで上から下へ流しどりの記録波形であり、左側の静電界成分が卓越した波形の立上り部分に僅かにみられる衝撃性波形は右側のエルドアンテナでの波形においてはそ

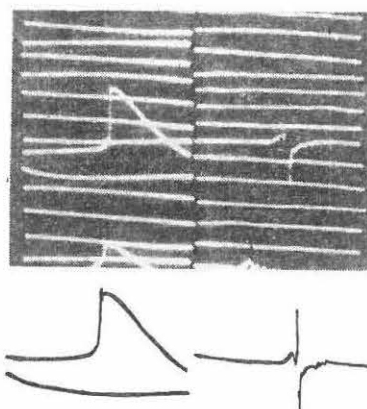


図2 雷放電点附近における同時観測波形
(左側：垂直アンテナ，右側：エルドアンテナ)

れだけが強力に受信されていることが判る。以上エルドアンテナは雷放電点近傍においてその放射成分波形を求めるのに非常に便利なアンテナであり、興味深いものがある。

謝 辞

筆者等は、名古屋大学空電研究所長金原教授の絶えざる御指導を謝すると共に、本研究に対して深い御理解と御激励をあたえられた石川教授に感謝の意を表す。最後に本論文作成のため協力をされた林嬢にも御礼申上げる。

文 献

- (1) Grosskopf, J. : Nachrichtentechnische Zeitschrift, 9, 241 (1956)
- (2) Liebermann, L. : Journal of Applied Physics, 27, 1473 (1956)
- (3) Sao, K., Jindo, H. and Yamashita M. : Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, 15, 43 (1963)
- (4) Appleton, E. V. and Chapman, F. W. : Proc. Roy. Soc., A158, 1, (1937)