

## 直交棒型空中線方位測定機における 空間下降波による偏波誤差

大 津 仁 助

### I. ま え が き

直交棒型空中線方位測定機<sup>(1)</sup>で空電方位を測定する場合、電波が偏波であれば、ブラウン管面上の受信像は偏波の状態に従って、直線或は楕円となる。この直線或は楕円の長軸の方位角を以て到来電波の方位角とすれば、これは一般には真の方位角を表わさないの誤差が起る。

偏波状態を決定する二つの量である偏波比と偏波角及び電波の入射角によってこの誤差がどうなるかを、下の様な仮定の下に取扱ってみる。

- 仮定 1. 空電に対して大地は完全平面導体と見做し得る。  
 2. 空電は単一周波数の平面波である。  
 3. 地表波の影響は無視出来る。

仮定 1 は空電の様な長波に対しては妥当である。仮定 2 については実際の空電波形が複雑な振動を示すので問題となるが、空中線及び受信機は同調回路を具備するので、回路の同調周波数成分のみから空電が成る様に考えたと仮定 2 が成立つ。空間波に比し地表波の減衰が大きいので或る程度以上の距離になれば仮定 3 は成立する。この仮定の許容される程度を以て以下の議論は成立するが、偏波誤差の程度を知る一応の目安とはなるであろう。

猶ここでは 2 点以上の同時観測か或は単方向性方位測定機<sup>(2)</sup> 使用の場合を考慮するので 180° の差を以て 2 個得られる角度の読みの中採用すべきものは予め知られるとした。

### II. 誤 差 の 式

角周波数  $\omega$  の電波の磁界を入射面内の成分  $H_{\xi}$  とそれに垂直な成分  $H_{\zeta}$  における。  $H_{\xi}$ ,  $H_{\zeta}$  は夫々異常成分、正常成分を表わす。(電波の進向方向と  $H_{\xi}$ ,  $H_{\zeta}$  がこの順に右手系をなす様にその向きを定める)

$$\left. \begin{aligned} H_{\xi} &= n \sin \omega t \\ H_{\zeta} &= m \sin(\omega t + \phi) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$n, m$  は夫々両成分の最大振幅で、 $n/m$  は偏波比、 $\phi$  は両成分の位相差即ち偏波角である。

又入射角を  $\theta$ , 方位角を  $\varphi$  (北から東へ測る。ブラウン管面上でも同じ) とすれば、東西、南北両空中線及び特性を等しくする 2 組の増幅器を経てブラウン管の 2 対の偏向板に加えられる電圧  $E_X, E_Y$  は夫々

$$\left. \begin{aligned} E_X &= k(n \cos \theta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega t \\ &\quad + m \cos \varphi \cdot \cos(\omega t + \phi)) \\ E_Y &= k(-n \cos \theta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega t \\ &\quad + m \sin \varphi \cdot \cos(\omega t + \phi)) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

となる。 $k$  は空中線及び増幅器に関する常数、 $X, Y$  はブラウン管面上中心  $O$  を原点とし夫々北及び東へ向く座標軸である。

次に  $X-Y$  座標系を方位角に等しく  $\varphi$  だけ回転して得られる座標系  $X'-Y'$  によって (2) 式を書き改めると

$$\left. \begin{aligned} E_{X'} &= km \cos(\omega t + \phi) \\ E_{Y'} &= -kn \cos \theta \cdot \cos \omega t \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

を得る。この (3) 式の表わす楕円の長軸が  $X'$  軸となす角を  $\Delta$  とすれば

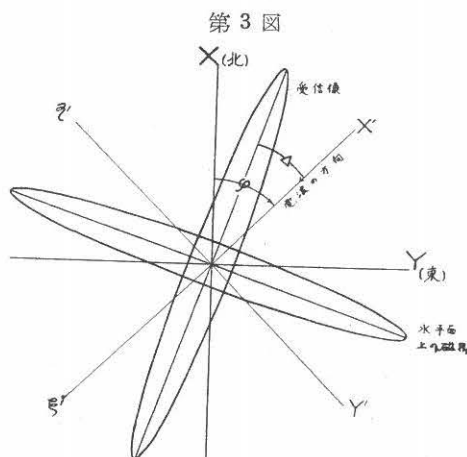
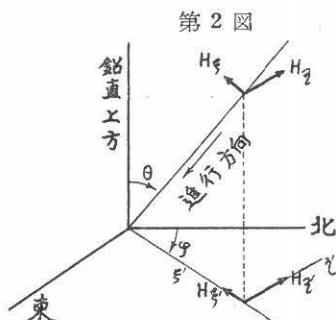
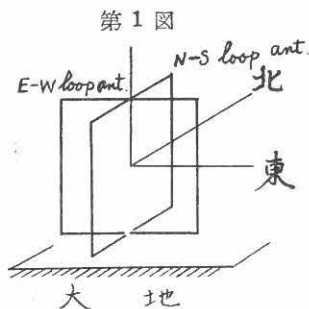
$$\Delta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{-2a \cos \phi}{1 - a^2}, \quad a = n \cos \theta / m \quad (4)$$

となる。上記の座標回転により  $X'$  軸は電波の到来方向と一致するのでこの  $\Delta$  が楕円像の長軸を方位として測る時生ずる誤差を表わす。(4) 式を検討すれば偏波状態に応じて起る誤差を知り得るが、その前に、受信像の形状と偏波の形状の比較について一言して置く。

(1) 式は波面内の偏波の式であるから、これを水平面内の偏波の式に書き変えると、

$$\left. \begin{aligned} H_{\xi'} &= n \cos \theta \cdot \sin \omega t \\ H_{\zeta'} &= m \sin(\omega t + \phi) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となる。(  $\xi'$  軸は  $-X'$  軸に  $\zeta'$  軸は  $-Y'$  軸に一致する ) (3) 式の右辺は (5) 式の右辺より 90° 位相が進み、(3) 式の右辺にかかる  $k$  を除いては  $E_{Y'}$  と  $H_{\xi'}$  の符号が逆になって居る。それ故 (3) と (5) の式の表わす楕円の形は全く相似であり、且つ長軸が互に直交して居ることが判る。(以上第 1~3 図参照)



### III. 誤差の検討

(4) 式は  $\Delta$  が  $\phi$  と  $\alpha$  の函数で  $\phi$  には無関係であることを示す。それ故誤差は電波の水平面上における偏波の状態さえ一定ならば、如何なる方向から到来しようとして一定である。

観測点に極く近い空電源を除けば普通  $\alpha$  は 1 を越えないので以下  $\alpha < 1$  の場合について検討する。

#### 1. 誤差のない条件

この場合は、 $\Delta = 0$  であるから (4) 式より  $\alpha = 0$  又は  $\cos \phi = 0$  を得る。

##### i) $\alpha = 0$

この時は更に次の二つの場合にわかれる。

即ち  $n/m = 0$  又は  $\cos \theta = 0$ 、前者は偏波比が零。従って電波が正常成分のみから成る場合であり、後者は  $\theta = 90^\circ$ 、従って電波が水平に入射する場合である。これ等の場合には (3) 式は  $E_{X'}$  成分だけしか存在しないので受信像は直線である。

##### ii) $\cos \phi = 0$

この場合は  $\phi = \pm 90^\circ$  (3) 式は

$$E_{X'} = \mp km \sin \omega t$$

$$E_{Y'} = -kn \cos \theta \cdot \cos \omega t$$

となり一定の  $\alpha$  については離心率最大の楕円となる。(複号は  $\phi$  の  $\pm 90^\circ$  に対応し、左廻り、右廻りの楕円となって居る)

この様に像が楕円であっても誤差を生じない場合がある。

#### 2. 像が直線で誤差がある場合

$\phi = 0^\circ$  又は  $180^\circ$  であれば (3) 式は

$$E_{X'} = \pm km \cos \omega t$$

$$E_{Y'} = -kn \cos \theta \cdot \cos \omega t$$

となりこれは明らかに直線を示す。(複号は  $\phi$  の  $0^\circ$  と  $180^\circ$  に対応するもので、 $X'-Y'$  系で直線が第2, 第4象限にある場合と、第1, 第3象限にある場合を示す) この場合 (4) 式は一定の  $\alpha$  については最大の誤差を与える。この様に受信像が直線であっても誤差のある場合があり得るのである。

#### 3. 誤差の符号

誤差の符号は (4) から明らかな様に、 $\cos \phi$  の符号によって定まる。即ち  $\phi$  が第2, 第3象限内の角の時誤差は正、第1, 第4象限内の角の時負となる。偏波の右左の廻転の向きとは一致しない。

4. 誤差の最大値 ( $a < 1$ )

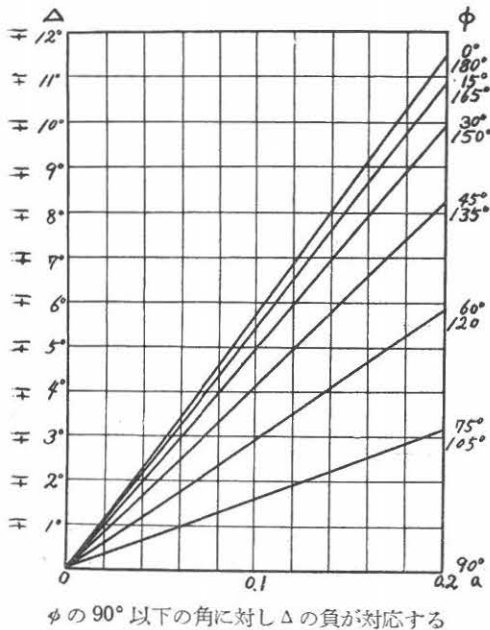
(4) 式から明らかな様に  $a$  が増大すれば  $\Delta$  も増大する。 $a$  が 1 に近づく極限において  $\tan 2\Delta \rightarrow \infty$  となるので  $a < 1$  の場合誤差は  $\pm 45^\circ$  以下である。

以上  $a, \phi$  の値に応じての誤差の様態を調べたが、 $a^2 \ll 1$  の範囲では  $\Delta \approx -a \cos \phi$  と近似出来るので、この近似式によるグラフを第 4 図に示した。 $\phi$  はパラメータとして各直線の右側に記入してある。又第 5 図は  $a$  をパラメータとして  $n/m$  と  $\theta$  の関係を描いたもので、第 4 図と併用すれば偏波角、偏波比、入射角を知って誤差を求めることが出来る。猶、参考までに、電波が電離層反射で伝播する場合、距離と入射角の関係を電離層の高さ 80 km として、第 6 図に示した。図中には 1 回反射、2 回反射の場合を示してある。

次に第 7 図は  $a = 0.05, 0.1, 0.2$  の各場合、 $\phi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  と変化するにつれて楕円の形が如何に変わって行くかを示したもので、各図の下にはその場合の誤差が示してある。

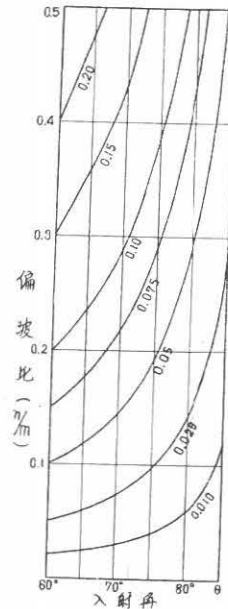
写真 1, 2, 3, 4 は 1953 年 2 月 22 日 21 時及び 23 日零時、秋田において行われた空電方位視測の結果得られた記録を示す。写真 4 は写真 1, 2, 3 の楕円像が電波に基づくものであることを示すために掲げた。直線像である。写真は上側が北になって居る。

第 4 図  $\Delta = -a \cos \phi$  ( $\Delta$  の近似式)



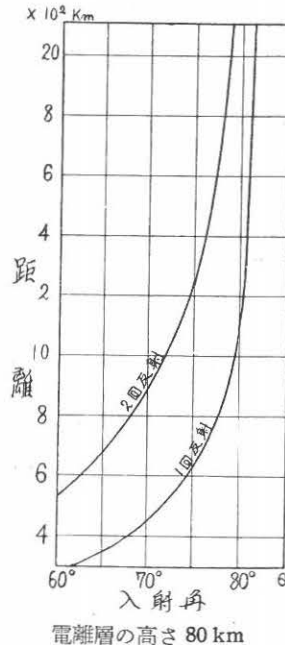
$\phi$  の  $90^\circ$  以下の角に対し  $\Delta$  の負が対応する

第 5 図  $a = n \cos \theta / m$



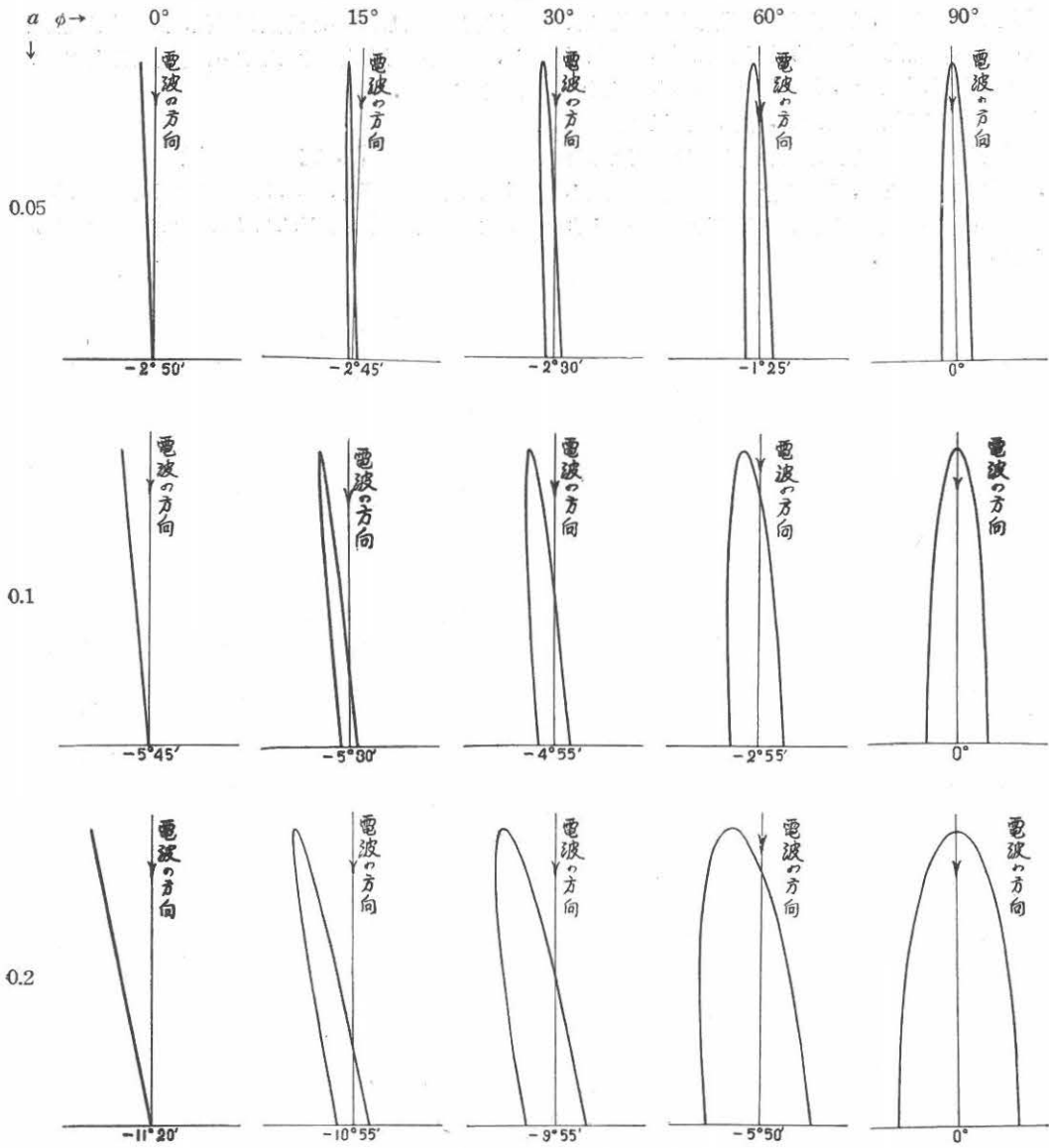
図中の値は  $a$  の値を示す

第 6 図 電離層伝播における距離と入射角



電離層の高さ 80 km

第7図



各図の下に書かれて居る角度は誤差の値.

写真 1

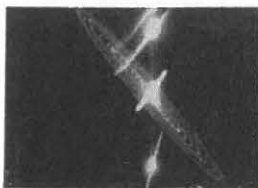


写真 2



写真 3



写真 4



1953年2月22日21時及び23日零時の秋田における方位記録

## VI. む す び

以上仮定2の下に、偏波と誤差の関係を数量的に取り扱った。この結果によれば、像が直線だから誤差がないとは必ずしも云えず、又楕円であるからとて必ずしも誤差があると断定出来ない。個々の記録の偏波誤差を判定するには $\alpha$ か或は $\phi$ を実測しなければならない。現在云えることは、入射が水平に近い程誤差は小さいので、入力 of 始めの部分による記録程誤差は小さいと云うことである。

## V. 謝 辞

助言と励ましを賜った岩井助教授、伊藤助手に感謝し、製図等の労を引受けて下さった岩井研究室の方々に感謝します。

## VI. 文 献

- (1) 空電研究所報告, Vol. 2, No. 1, p. 10, 昭 26. 6.
- (2) 空電研究所報告, Vol. 2, No. 2, p. 99, 昭 26. 12.