可視式空電方位測定機の内部誤差

大島信太郎、 吉田文彌

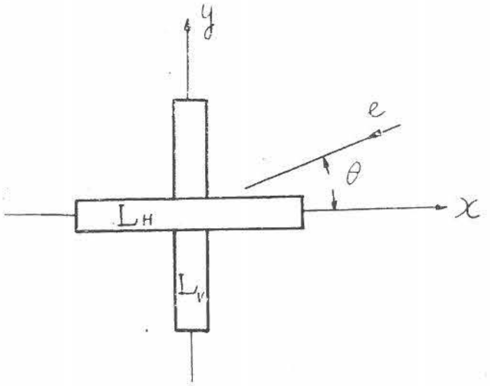
1 緒 言

方位測定の誤差は大別して外部誤差と内部誤差とに分かたれる。外部誤差は主として擾乱物体に依るもの、及び電波傳播に依るものとであり、内部誤差は枠型空中線系の相互干渉及び垂直空中線効果を除けば、南北方向の増巾器と東西方向の増巾器の増巾特性及び位相特性の差に依つて生ずる誤差である。

此の増巾特性及び位相特性の差に依つて生ずる誤差について考察を行つた。

2 ブラウン管上の輝点の軌跡

第1図の様に地面上の x軸及び y軸に其の面が夫々平行で互に直角な面を有する枠型空中線を L_H、及び L_V とし、x軸と θ なる角度から來る xy 平面に垂直な電界を有する電波を e とすれば L_V と L_H の誘起電圧 e_V、e_H は次式で示される。



第 一 図

$$\left.\begin{aligned} e_V &= k_V\ e \sin\theta \\ e_H &= k_H\ e \cos\theta \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

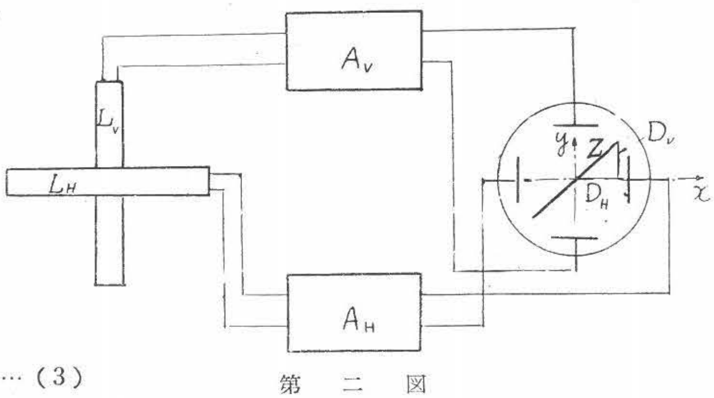
k_V、k_H は枠型空中線の特性に関係するものである。之等の誘起電圧 e_V、e_H、を夫々第2図の様に増巾器 A_V、A_H で増幅し其の出力電圧をブラウン管の垂直及び水平の偏向板に加へた時、垂直の偏れ D_V 水平の偏れ D_H を得たとすれば、D_V、D_H は次の式で表はされる。

$$\left.\begin{aligned} D_V &= k_V\ G_V\ e \sin\theta \\ D_H &= k_H\ G_H\ e \cos\theta \end{aligned}\right\} (2)$$

但し G_V、G_H はブラウン管系まで含めた増巾度である。ブラウン管に於て D_V、D_H 方向を夫々 y 及び x 方向とし又、$Z=x+jy$ とすれば

$$Z=D_H+jD_V\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

となり、ブラウン管上の輝点の軌跡はベクトル Z の先端の軌跡で表はされる。



第 二 図

$$Z = |Z|\, \varepsilon^{j\phi} \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

とすれば、$|Z|$ 及び ϕ は次式で示される。

$$\left.\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{D_H^2 + D_V^2} \\ \phi &= +\tan^{-1}\frac{D_V}{D_H} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

$k_V G_V$ が $k_H G_H$ と振幅特性も位相特性も全く等しいとすれば (5) 式の ϕ は

$$\phi = \theta \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

となり、ブラウン管上の輝点の軌跡は直線となり x 軸と θ の角度をなすので ϕ を測定すれば誤差なく電波の到來方向を測定する事が出來る。$k_V G_V \fallingdotseq k_H G_H$ の場合は誤差を生ずる。

3　増巾度の振巾特性のみの差による誤差

二つの増巾度が位相特性が等しく振巾特性のみ ΔA だけ異つた場合の誤差につき考察する。

$$k_H G_H = A_H \qquad k_V G_V = A_V \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

とし

$$\left.\begin{aligned} A_H &= A \\ A_V &= (1 + \frac{\Delta A}{A}) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

とすれば

$$|Z| = A\,c\sqrt{(1+\frac{\Delta A}{A})^2 \cos^2\theta + \sin^2\theta} \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

$$\phi = \tan^{-1} (1+\frac{\Delta A}{A}) \tan\theta \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

となり、之の場合も、輝点の軌跡は直線となるが ϕ は θ と異る。今誤差を $\Delta\theta_A$ として

$$\phi = (\theta + \Delta\theta_A) \cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

とすれば (10) 及び (11) 式より $\Delta\theta_A$ は

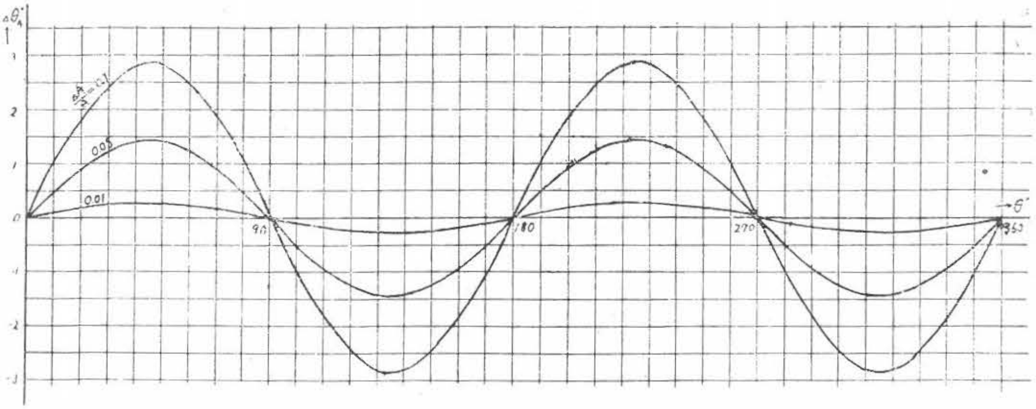
$$\Delta\theta_A = \tan^{-1}\frac{\frac{\Delta A}{A}\tan\theta}{1 + (1+\frac{\Delta A}{A})\tan^2\theta} \cdots\cdots\cdots\cdots (12)$$

となる。誤差角 $\Delta\theta_A$ は $\frac{\Delta A}{A}$ と θ の函数となるので θ の値により変化する。第3図は $\frac{\Delta A}{A}$ を助変数として $\Delta\theta_A$ の変化を示したもので、図より明かな如く θ が 0°、90°、180°、270°、で誤差は零となり、θ が 45°、135°、225°、315°、附近で誤差が最大になる。

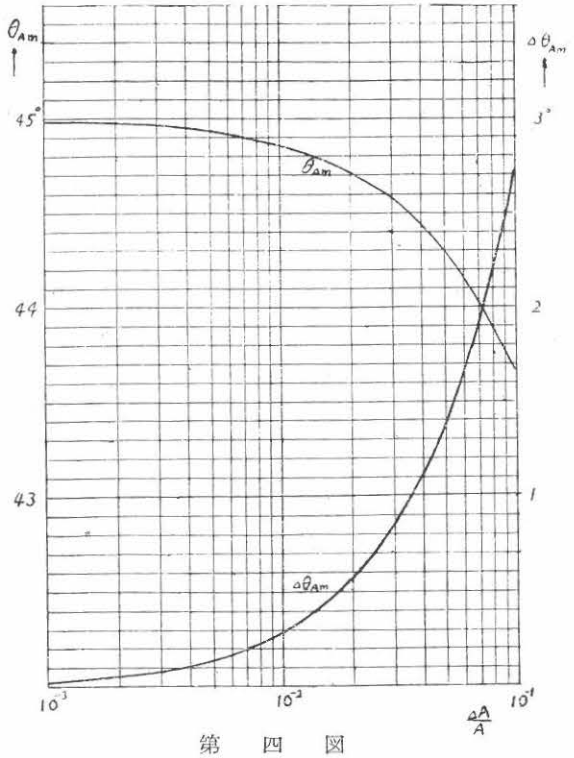
次に (12) 式を微分して最大誤差が起る角度 θ_{Am} 及び最大誤差 $\Delta\theta_{Am}$ を求むれば、次式の如くなる。

$$\theta_{Am} = \pm\tan\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\Delta A}{A}}} + n\pi \cdots\cdots\cdots\cdots (13)$$

$$\Delta\theta_{Am} = \pm\tan^{-1}\frac{\frac{\Delta A}{A}}{2\sqrt{1+\frac{\Delta A}{A}}} \cdots\cdots\cdots\cdots (14)$$



第　三　図



第　四　図

(14) 式は θ_{Am} が 0°〜90°、180°〜270° 間では正符号、90°〜180°、270°〜360° 間では 負符号を取る。

θ_{Am}、及び $\Delta\theta_{Am}$を$\frac{\Delta A}{A}$に対して画くと第4図の如くなり最大誤差を 0.3°以下にするには $\frac{\Delta A}{A}$ を 0.01 以下にする必要がある。

4　位相差のみの差による誤差

簡單の爲めに A_V と A_H が絶対値が等しく位相差 δ を有し、又 e が單一周波数としその最大値を E とすれば D_V、D_H は

$$\left.\begin{aligned} D_V &= y = (AE\sin\omega t)\sin\theta \\ D_H &= x = \{AE\sin(\omega t+\delta)\}\cos\theta \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

で表はされる。

(15) 式より ωtを消去すれば

$$\frac{x^2}{\cos^2\theta} + \frac{y^2}{\sin^2\theta} - 2\frac{x\,y\cos\delta}{\sin\theta\cos\theta} = A^2E^2\sin^2\delta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (16)$$

となり、輝点の軌跡は楕円となる。之の楕円の長軸の x 軸に対する角度を知る爲に座標軸を λ だけ回轉して、x 軸を長軸に一致せしめる。先づ座標軸を λ だけ回轉した新座標を X、Y とすれば (16) 式は

$$X^2\left\{\frac{\cos^2\lambda}{\cos^2\theta}+\frac{\sin^2\lambda}{\sin^2\theta}-2\frac{\cos\lambda\ \sin\lambda}{\cos\theta\ \sin\theta}\cos\delta\right\}+y^2\left\{\frac{\cos^2\lambda}{\cos^2\theta}+\frac{\sin^2\lambda}{\sin^2\theta}+2\frac{\cos\lambda\ \sin\lambda}{\cos\theta\ \sin\theta}\right\}$$

$$-2XY\left\{-\sin\lambda\cos\lambda\frac{\cot 2\theta}{\frac{1}{4}\sin 2\theta}+2\frac{\cos 2\lambda}{\sin 2\theta}\cos\delta\right\}=A^2E^2\sin^2\delta \cdots\cdots\cdots\cdots (17)$$

長軸が座標軸と一致する爲には X Y の係数が零である事が必要である。從つて次の關係が得られる。

$$\tan 2\lambda = \cos\delta \tan 2\theta \cdots\cdots\cdots\cdots (18)$$

長軸の方向λを以て測定値とすれば、λは誤差角 $\Delta\theta_\delta$ と θ の和である。故に

$$\lambda = \theta + \Delta\theta_\delta \cdots\cdots\cdots\cdots (19)$$

とすれば (19) 、(18) 式より

$$\Delta\theta_\delta = \frac{1}{2}\left[\tan^{-1}\cos\delta\tan 2\theta - 2\theta\right] \cdots\cdots\cdots\cdots (20)$$

又は $$\Delta\theta_\delta = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2\tan\theta}{1-\tan^2\theta}\cos\delta - \theta \cdots\cdots\cdots\cdots (21)$$

で示される。從つて $\Delta\theta_\delta$ も θ と δ の函数であるので、$\Delta\theta_\delta$ を最大にする角度 $\theta_{\delta m}$及び、最大誤差角 $\Delta\theta_{\delta m}$ を求むれば

$$\theta_{\delta m}= \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\pm\sqrt{\frac{1}{\cos\delta}}\right)+\frac{n}{2}\pi \cdots\cdots\cdots\cdots (22)$$

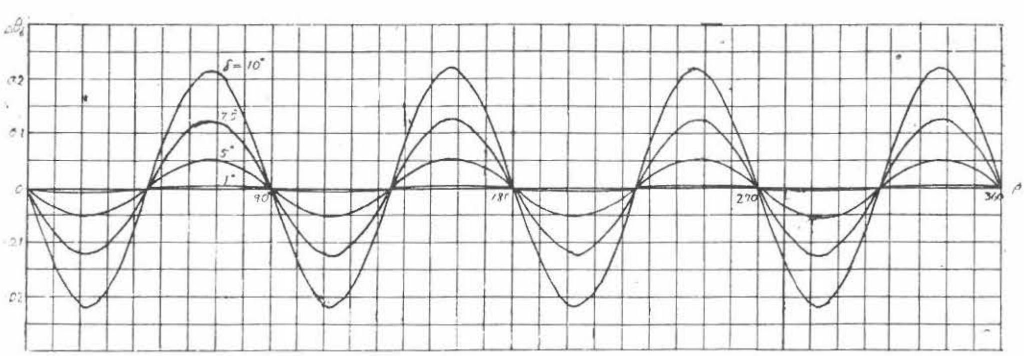
$$\Delta\theta_{\delta m}= \frac{1}{2}\tan^{-1}\left[\pm\frac{\cos\delta-1}{\sqrt{\cos\lambda}}\right] \cdots\cdots\cdots\cdots (23)$$

で示される。誤差 $\Delta\theta_\delta$ は $\theta = n\times\frac{\pi}{4}$ で零となる。但し n は 0 1 2 3 4……… である。

$\theta_{\delta m}$ は、22.5°より少し角度の多い所より 90° おきに生ずるもの、及び −22.5° より少し角度の少い所より 90° おきに生ずるものとがある。

$\Delta\theta_{\delta m}$ は第5図の如く 45° おきに正負が交互に生ずる。

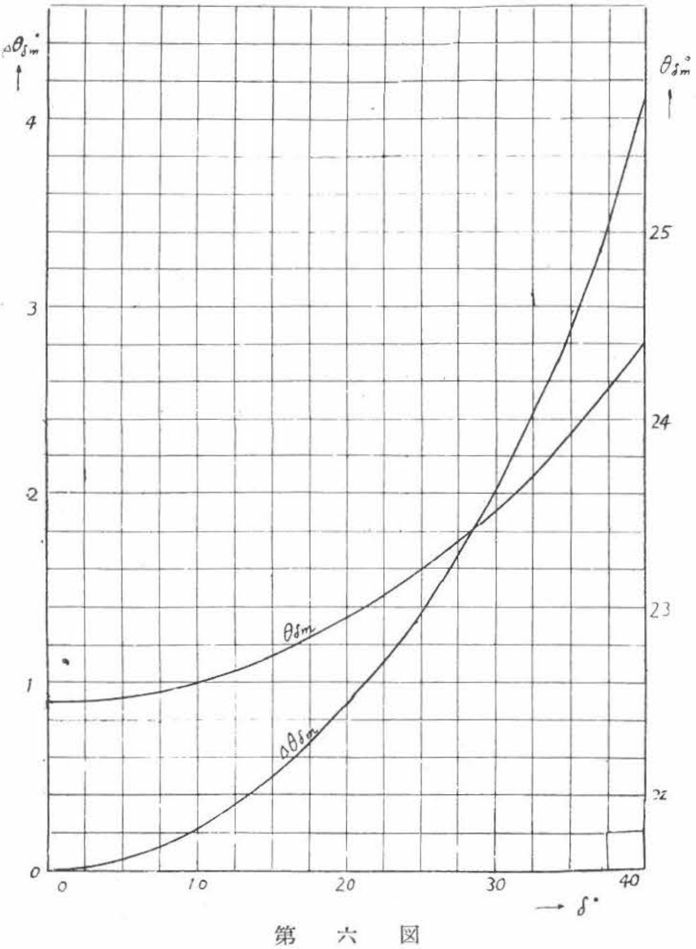
$\theta_{\delta m}$ 及び $\Delta\theta_{\delta m}$ を δ に対して画けば第6図の如くなり、何れも δ の増加と共に増加する。δ を 10° 以下にすれば最大誤差は 0.2° 以下になる。



第 五 図

5 結　　言

以上の概略の計算の結果より此の種の内部誤差は注意して調整すれば 1° 以下にする事は割合に容易な事が分つた。又調整方法としては振巾特性に差異がある場合最も誤差の大きい 45° の位



第　六　図

置で調整する事が誤差を小さくする方法である事が云へる。又位相差に依る誤差は 45° に於ては零となるが、これは長軸の方向が誤差を生じない事であつて位相差があれば楕円になるので 45° の位置で周波数を変化しても直線になる様にすれば誤差を小さくする様に調整出來る。