

# 空電方位測定に於ける干渉誤差

大津 仁助 志賀 為成

**要 旨** 本論文は直交棒型空中線を用いたブラウン管式空電方位測定機による空電方位測定に際して生ずる干渉誤差の研究結果が述べてある。まづ干渉誤差の理論式が導いてあり、次いで干渉並に測定両空電の方位と位相差が全く不規則であると仮定して誤差の分散が示してある。之より1955年秋の豊川に於ける空電時間率の測定結果を基として、空電の強度分布を考慮に入れた干渉誤差の分散並に標準偏差が示してある。

空電統計量測定の一つとして時間率測定を行つたが、装置はディジタル方式を採用して時間率の全範囲に涉つて充分な精度を得た。測定結果より評価すると、時間率は或る電界強度の範囲内では近似的に対数正規分布を示し、干渉誤差は或程度強い空電を受信して方位を読めば無視出来る事がわかつた。

## I. 緒 言

近年方位誤差に関する研究は統計的方法を用いてかなりの成果を上げている。空電の方位誤差に関しても此の方法が適用されている<sup>(1)</sup>。空電方位誤差の中、地形誤差は種々の因子が混入して複雑であり定量的にまとめる事は困難であるが、観測地の選定と方位の較正曲線を作成する事によりかなり克服出来る。装置に関係した誤差は設計、製作、調整に細心の注意を払い又方位観測時に於て増巾器の過負荷防止に考慮を払えば現在の技術段階では無視出来る。それ故偏波誤差と干渉誤差が空電方位観測の誤差として重要なものになつて来る。

数千軒の遠距離空電では電離層への入射角が大きくなり偏波誤差はあまり生じないと予想される。更に地上波成分は電離層での反射次数の少い方位像の最大振巾の部分で方位角を読取る為偏波誤差はあまりないと考えられる。結局千軒以内の近距離で重要となるがしかし地上波が非常に優勢となる極く近距離では無視出来る。更に遠距離空電では振幅が小さい為増巾器の利得を増加しているので多数の空電を受信する結果干渉誤差が大きくなる。よつて遠距離空電では干渉誤差が、近距離空電では偏波誤差が方位の精度の限界を定

めるものと考えられる。筆者は以上の見地より豊川での干渉誤差の研究を行つた。

或る一つの空電の方位観測に際して、それ以前に受信された空電の影響が方位測定機と同調増巾器内に残つている場合には、観測空電の方位は真の方位と異なる。此の干渉誤差を研究する為には空電方位測定機と同調増巾器出力端での空電頻度分布或は時間率分布がわからなくてはならない。筆者はディジタル計数器を製作し、之れにより増巾器出力端で同調周波数 10kc/s で振動しているパルス数を計数し、此の結果より時間率を算出した。得られた時間率分布を基として豊川に於ける干渉誤差の標準偏差を導いた。

## II. 理 論 式 \*1

本文で使用する記号の説明をする。

T : 増巾器の時定数

V : 干渉空電の振巾

E : 観測空電の振巾

$\psi$  : 観測空電に対する干渉空電の位相差

$\phi, \phi'$  : 観測並に干渉空電の方位角

$\alpha = \phi' - \phi$  即ち両空電の方位角差

$\Theta$  : 観測空電のブラウン管面上の方位

$\Delta = \Theta - \phi$  即ち方位誤差

P(v) : V以上になる空電の時間率

空電を受信した同調増巾器の出力振動波形の包絡線を

$$V = V_0 e^{-t/T} \dots\dots\dots (1)$$

と仮定すると方位誤差  $\Delta$  は次式で示される。

$$\Delta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2R \sin \alpha (\cos \psi + R \cos \alpha)}{1 + 2R \cos \alpha \cos \psi + R^2 \cos 2\alpha} \quad (2)$$

但し  $R = (V_0/E)e^{-t/T}$  であり、之は観測空電の到来 t' 秒前に干渉空電が到来し引続いて影響を残していた為に生ずる両空電の振巾比である。

$\psi, \alpha$  が全く不規則であると仮定すれば  $\psi, \alpha$  に關する方位誤差の分散  $\sigma_{\psi\alpha}^2$  は次式で示される。

$$\begin{aligned} \sigma_{\psi\alpha}^2 &= \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \Delta^2 d\psi \cdot d\alpha \\ &= \frac{1}{8} R^2 (2 - R^2) (\text{rad})^2 \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

\*1. 文献2で詳細に発表した為、本論文に必要な結果のみを示す。

此の場合積分計算を可能にする為  $\Delta^2 = \frac{1}{4} \sin^2 2\Delta$  と近似した為、(3)式は実際よりも多小過少評価する。時間率Pが求められたとすればRの分布がわかり、 $\psi, \alpha, R$  に関する分散は次式で与えられる。

$$\sigma_{\psi, \alpha, R}^2 = \frac{1}{8} \int_0^R \frac{V^2}{E^2} \left( 2 - \frac{V^2}{E^2} \right) \frac{dP}{dV} dV \dots (4)$$

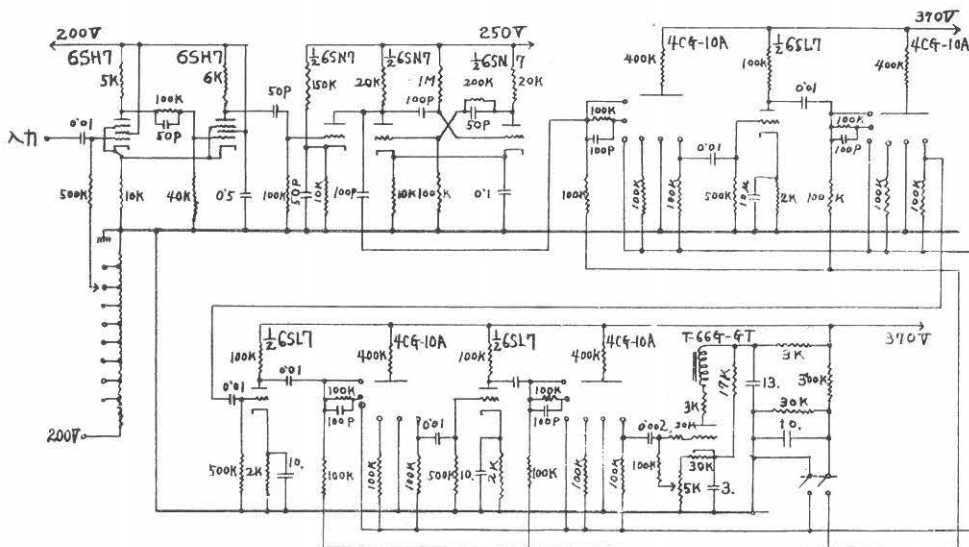
上式では干渉空電の振巾は観測空電の振巾までと考えてEまで積分した。

$\sigma_{\psi, \alpha}^2$  (rad)<sup>2</sup>の分散を有する誤差の生ずる確率は逆に考えてPであると云える。

### Ⅲ. 時間率測定装置\*2

空電方位測定機の同調増中器出力端に於ける時間率

第2図 計数器回路図

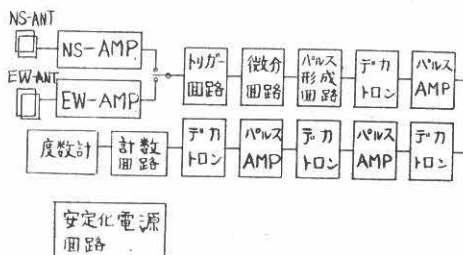


之は一種の計数機であり後述する(5)式で計数した値より時間率を求めるものである。

増中器は当研究所のD-25方位測定機を用い、空中線系を含めて利得は70db~110dbまで3dbおきに可変になっている。トリガー回路はトリガーレベルを23.2Vから2Vまで7段階に区分してあり、高相互コンダクタンス管である6SH7を陰極結合にして用いた。入力がトリガーレベルを越えている間等しい高さの矩形波を発生する。此の矩形波を微分して、正の微分パルスで次段のパルス発生器を駆動して等しい高さの等しい継続時間を有する矩形パルスを発生する。此の様に波形変換をすれば入力波形の影響は全然なくな

は0.01%~99.9%以上までの範囲に涉つて存在する為、デジタル方式の測定を行った。装置の系統図並回路図を第1、2図に示す。

第1図 計数器(時間率測定用)回路系統図

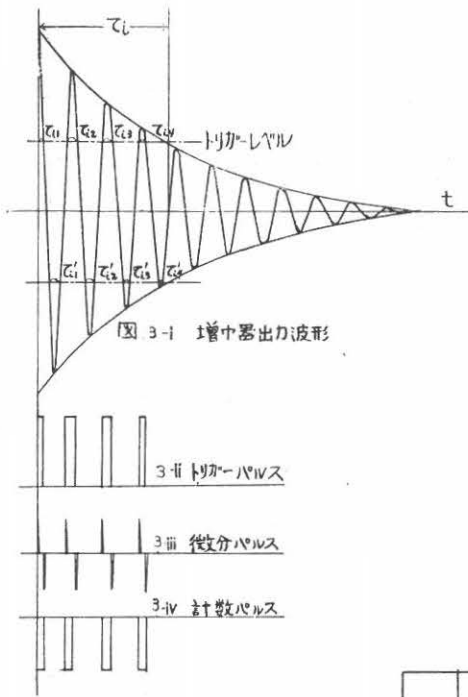


り、次のデカトロンは同一入力で正しく安定に動作し得る。デカトロンは-70V以上の入力パルスで動作し20kc/sの頻度まで安定に動作する為、本装置では充分安定である。デカトロン陽極電流約550μAの出力パルスを6SL7で1段増中し負の入力パルスとして次のデカトロンに入れている。本装置では100%の時間率の場合でも度数計は毎秒1回動作するのみである為確実に計数する。尚パルス形成回路は単発マルチバイブレーターである。

測定時間は一つのレベルで100秒間とした。今計数したパルス数がMであれば出力波形は10kc/sで振動している為、本論文で意味する時間率Pは次式で与え

\*2. トリガー回路、微分回路、パルス形成回路は文献3参照。

第 3 図



られる。(図3参照)

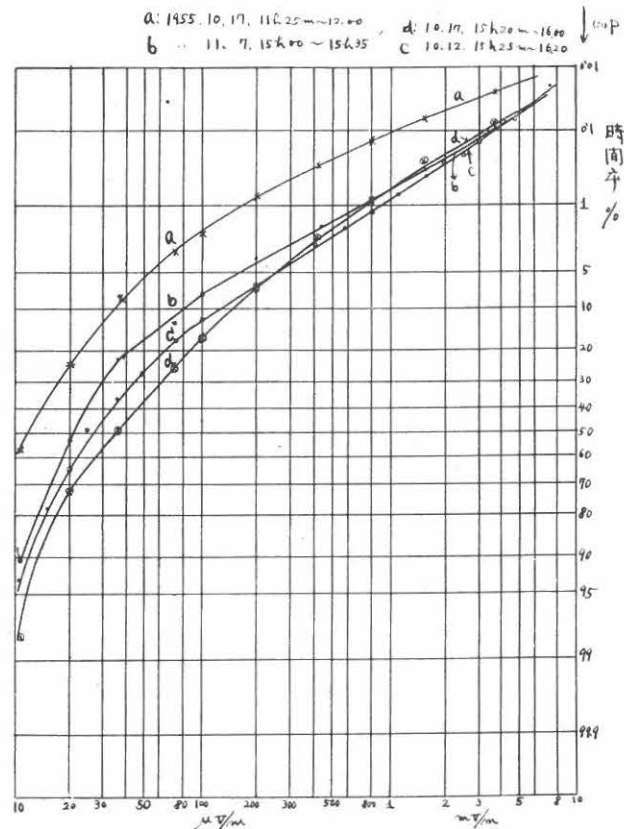
$$P \equiv \frac{\sum(\tau_{ij} + \tau'_{ij})}{100} \approx \frac{\sum \tau_{ij}}{100} \approx \frac{M}{100 \times 10^4} = \frac{M}{10^4} \% \dots (5)$$

よつて本装置で求めた時間率は近似値であるが実際には充分な近似である。此の様なデジタル方式では広い時間率範囲に涉つて高い精度が得られる。本装置は勿論一般の計数器として使用出来る。

#### IV. 空電時間率並に干渉誤差

1955年10月~11月の約2箇月間時間率の測定を行つた、その結果の中代表的なものを対数確率紙にプロットして第4図に示す。空電電界強度が約80μv/m~3mv/mの範囲で時間率は対数正規分布に近くなつてゐる。更に低い電界強度では増中器の内部雑音を計数する為急激に時間率が増大し直線性より逸脱してゐるので正確な分布は判明しない。尚電界強度の高い範囲では100秒間に計数するパルス数が極く少い為測定値

第4図 空電時間率分布

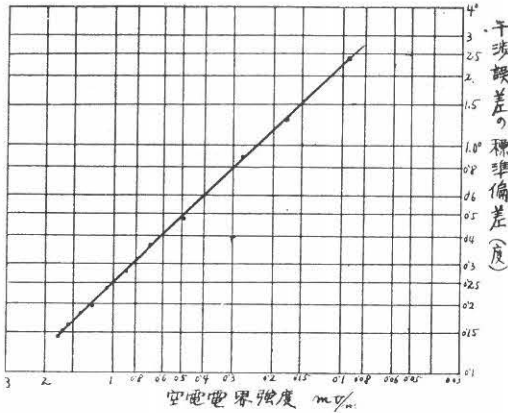


空電電界強度E

$$100P \equiv 100 \times \int_E^{\infty} Z dZ, \quad Z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2}$$

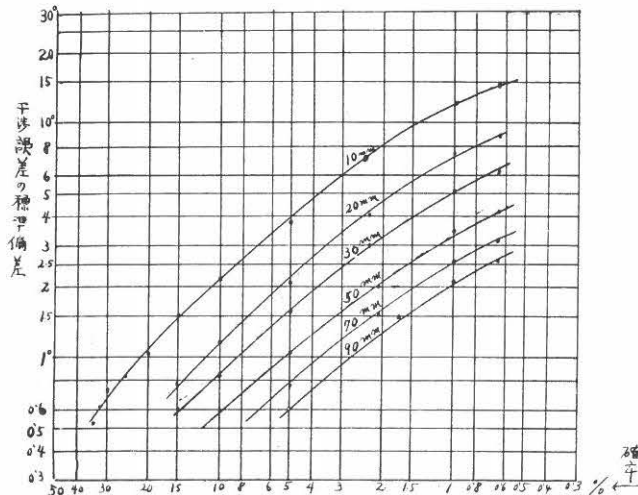
にばらつきを生じて正確な分布を知る事は出来なかつた。夜間は昼間に比して時間率の高い事は電界強度測定と同じ傾向であり当然の事と云える。正確な空電の時間率分布を知る為には今後も四季を通じて昼夜の測定を継続しなくてはならない。

第5図 空電干渉誤差の標準偏差



測定した時間率の中代表的な分布として10月12日15時25分～16時20分の資料を解析して前述の理論式より干渉誤差を求めた結果を第6図に示す。当日は昼間としては時間率は高かつたが夜間の時間率も考慮に入れると11月の代表的なものであり、又(4)式で過少評価の近似をしている為適当な資料であつた。6図で見ると電界強度 5mv/m で 0.5°, 2.5mv/m で 1.0°, 1.5 mv/m で 1.5°の標準偏差をもつた干渉誤差を生ずる。

第6図 ブラウン管上の方位像の長さをパラメーターとした干渉誤差の標準偏差とそれを生ずる確率の関係



尚通常の空電方位観測では毎秒1箇の割合で適当な振巾を有する空電を受信する様に利得の調整を行つている。当日の観測ではブラウン管上の方位像の長さが約11.5mm以上の空電が毎秒1箇の割合で受信された。その為方位像の長さをパラメーターにして誤差の標準偏差を示すと第7図の如くである。即ち方位像の長さが約11.5mm以上のものが毎秒1箇の割合で受信される様に増巾器の利得を調整すれば、長さ10mmの方位像では約2°の標準偏差を持つ誤差を受ける確率は10%である、又長さ90mmの方位像では約2°の標準偏差を持つ誤差を受ける確率は1%である。

以上の点より考察して干渉誤差の少ない方位観測をする為には、方位像の長さが約10mm以上の空電が毎秒1箇の割合で受信される様に増巾器の利得を調整して、20mm以上の長さを有する方位像にて方位を読取れば良い。之は現在当研究所で行つている方法である。尚50mm以上の長さを有する方位像にて方位を読めば1°の標準偏差を有する干渉誤差を受ける確率は5%以下の為無視出来る。

V. 結 言

空電方位誤差は因子が非常に多く、しかも複雑に混入している為定量的な取扱は困難であるが、地形誤差並に観測装置に関係する誤差はかなり克服可能である為遠距離空電の方位観測の精度の限界を定める干渉誤差の研究を行つた。此の研究の為には空電の頻度分布或は時間率分布を測定しなくてはならない。筆者は豊川にて1955年秋に時間率の測定を行つた結果約 80μv/

m~3mv/m の電界強度の範囲では大体対数正規分布をする事を知った。10月12日15時20分~16時20分の資料を解析して干渉誤差を算出した所第5図、第6図の結果を得た。

干渉誤差は電界強度 5mv/m で  $0.5^\circ$ , 2.5mv/m で  $1^\circ$ , 1.5mv/m で  $1.5^\circ$  の標準偏差を有する。干渉誤差を軽減する為には、増巾器の時定数を許される限り小さくし、即ち帯域巾を増し、更に電界強度の大きい空電のみを受信する様にすればよい。即ち長さ11mm以上の方位像の空電が毎秒1箇の割合で受信される様に増巾器の利得を調整して20mm以上の長さの方位像の方位を読取れば干渉誤差は少い。

## VI. 謝 辞

本研究に際して御指導を仰いだ空電研究所長金原教授並に有益な助言を賜った岩井助教授に深甚の謝意を

表します。又実験並に測定に際し種々助力をいただいた伊藤助手を始め岩井研究室御一同に対して感謝致します。

## 参 考 文 献

1. F. Horner, The Accuracy of the Location of Atmospherics by Radio Direction Finder. P.I.E.E. Vol. 101, No. 74, Part III, (1954)
2. J. Otsu & T. Shiga, Calculation of Interference Error on a Crossed Loop Type C. R. D. F. Proc. of the Research Institute of Atmospherics, Nagoya Univ. Vo 13.
3. 富米野・井上. 障害波統計量測定機. NHK 技術研究. 昭和29年12月