

空電雑音の振巾一確率分布について

仲 井 猛 敏

I. 緒 言

空電雑音の統計的測定は1957年以来継続して実施し周波数 50KC, 100KC における空電雑音の振巾一確率分布について日変化, 季節変化等について調査した。又周波数 50KC から 500KC の範囲内で数個の周波数について殆んど同時刻における空電雑音の振巾一確率分布を測定した。これら一連の観測に共通して興味のあることは空電雑音の振巾一確率分布の採る形である。空電雑音の振巾一確率分布に関する初期の研究ではこれが一つの対数正規分布に近似されることが報告されている⁽¹⁾。著者⁽²⁾は周波数 50KC の空電雑音について、振巾一確率分布が 2乃至3個の対数正規分布の接続により近似されることを報告した。その後における観測を通して空電雑音の振巾一確率分布は一般に周波数時刻等に依存して多様な変化を示したが、これは空電源における雑音構造, 伝播特性, 受信機特性等に関係する又空電雑音の antenna における構造についても、活動中の空電源の範囲, 対地放電及び雲放電に際しての雑音構造, 放電頻度, 伝播特性及び伝播距離等関係する諸因子は多数でありそれら相互の関係を含まれば、正確な記述は凡そ困難である。然し振巾一確率分布の形成を理解する必要があるし又関係する諸因子を簡単な model に置き換えれば振巾一確率分布を求めることができる。従って本文には空電雑音の統計的 model を仮定し特定の受信機特性を与えた場合その出力に生じる包絡線電圧の振巾一確率分布の計算を行った。変化する空電雑音に対し頻度と強度を parameter として受信機入力での空電雑音がいろいろ変化する場合を考察した。計算により求めたものと測定した空電雑音の振巾一確率分布との比較の結果は興味のある適合を示した。理論, 計算, 比較の結果等本文に述べよう。

II. 空電雑音の振巾一確率分布を求め るための理論

1. 空電雑音の統計的 model

先ず、空電雑音の統計的 model を仮定する必要がある。これに関しては、落雷電流の peak amplitude

distribution, 受信された空電雑音の peak amplitude distribution 等について測定した研究がある⁽³⁾。

これらの研究結果を参照して、受信機入力での空電雑音は、一定の継続時間の矩形波で変調された一定周波数 (=空電雑音の受信周波数) の波の継続したのから構成されこれら一定継続時間の pulse の peak amplitude distribution は 8db の標準偏差をもった対数正規分布を示すような model を考えよう。peak amplitude だけが異なる一つ一つの pulse は空電源において若し同一地点に発生したものを考えれば類似の減衰を示すから、受信機入力におけるものと大体類似の特性をもつと考えられよう。又雑音状態を示す parameter として pulse の頻度並びに強度がいろいろに変わるものとしよう。以下必要な受信機の内部雑音受信機特性等について順次述べることにする。

2. Rayleigh 一分布

受信機の内部雑音は受信機出力において Rayleigh 一分布として表わされる。すなわち

$$P_R(v) = \frac{v}{\psi_0} \exp(-v^2/2\psi_0) \quad (1)$$

その蓄積確率は

$$Q_R(v) = \frac{1}{\psi_0} \int_v^\infty v \exp(-v^2/2\psi_0) dv \\ = \exp(-v^2/2\psi_0) \quad (2)$$

で与えられる。ここで v は包絡線電圧, ψ_0 は包絡線電圧の自乗平均値である。

3. 空電雑音のみから生じる振巾一確率分布

若し、空電雑音を構成する一個の pulse が受信機出力に生じる response が常に一定の形をもち且つ入力における一連の pulse の peak amplitude distribution が与えられており、その上に受信機出力に生じる一連の包絡線電圧が分離されて重畳しないなら、包絡線電圧の振巾一確率分布は次式により求めることができる⁽⁴⁾。

$$Q_A(v) = \int_0^\infty P(V) W(X) dV \quad (3)$$

ここで

$P(V)dV$ = peak 電圧が V と $V+dV$ との間にある pulse 数

$W(X) = \text{peak 電圧 } V \text{ の pulse により受信機出力に生じる response が与えられた電圧 } v \text{ である時間の割合}$

$$X = \frac{v}{V}$$

4. 受信機特性

空電雑音の pulse は矩形波で変調された一定周波数の波を考えたから

$$e = e^{j\omega t} 1 - e^{j\omega(t-T)} 1 \quad (4)$$

で与えられる。ここで T は矩形波の継続時間

$$f (= \omega/2\pi) \text{ は波の周波数である。}$$

若し、受信機が増巾管の plate 回路に単一共振回路を負荷 impedance にもつ増巾器 2 段から成るものと考えれば、受信機の過渡特性は pulse の周波数 f が回路の共振周波数に等しい場合には⁽⁵⁾

$$F(0) = 1 - e^{-Z} - Ze^{-Z} \quad (5)$$

で与えられる。ここで f_0 を受信機の 3db の帯域巾とすれば単一共振回路 2 段の場合には⁽⁵⁾

$$Z = 4.811 f_0 t \quad (6)$$

で与えられる。さて、前に仮定した空電雑音の pulse の継続時間を帯域巾 f_0 に比例するように選ぶことにしよう。例えば $Z=0.5$ 又 $Z=1.5$ に取ることとする。かような継続時間をもった pulse が受信機出力に生じる response は、 $e^{j\omega t} 1$ に対する response の表現 (5) 式から $Z=0.5$ あるいは $Z=1.5$ だけ移動したものを引けばそれぞれ求められる。さて、ここで pulse が $Z=10$ の区間に一個到達する場合を考えれば、II.3 節に述べたように $W(X)$ すなわち単位振巾の pulse により受信機出力に生じる response が与えられた振巾比 X である時間の $Z=10$ に対する比が求められよう。かようにして $Z=0.5$ あるいは $Z=1.5$ の継続時間をもった単位振巾のパルスに生じる受信機 response から求めたものをそれぞれ $W_1(X)$ 及び $W_3(X)$ としよう。

5. peak amplitude distribution

空電雑音の統計的 model として pulse の peak amplitude distribution は標準偏差 8db の対数正規分布をなすと仮定した。この数学的表示は次のように書ける。

$$P(v) = \frac{0.4343}{\sqrt{2\pi} \sigma v} \exp \left\{ -\frac{(\log v - \log m)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (7)$$

ここで

v は pulse の振巾

m は pulse の全継続時間の 50% をこえる pulse の振巾

σ は pulse の振巾の平均値の周りにおける pulse 振巾の対数の平均値 ($20\sigma=8$)

6. $Q_A(v)$, $P_A(v)$

(3) 式の積分の被積分関数 $P(v)$ 及び $W(X)$ はそれぞれ (7) 式により又 II.4 節の $W_1(X)$ あるいは $W_3(X)$ により与えられるなら、 $Q_A(v)$ すなわち仮定した空電雑音の model に対し内部雑音の影響を無視する場合の受信機出力における包絡線電圧の振巾一確率分布が求められる。ここで $Q_A(v)$ の包絡線電圧 v に関する微分すなわち確率密度を $P_A(v)$ としよう。

7. 内部雑音を考慮する場合の振巾一確率分布

6 節において、内部雑音を無視する場合の空電雑音の振巾一確率分布を求める方法を述べた。今、内部雑音と空電雑音が受信機出力で重畳する効果を考えるなら、それぞれの雑音により生じる包絡線電圧が重畳して加わる場合について同時確率密度を求める必要がある。

求める確率密度は位相差を無視すれば近似的に次式により与えられよう⁽⁶⁾

$$P_{R+A}(v) = \int_0^v P_R(W) P_A(v-W) dW \quad (8)$$

ここで $P_R(v)$ は Rayleigh 分布の確率密度を示し (1) 式で与えられ又 $P_A(v)$ は前節の $Q_A(v)$ から求められるものである。

さて、考えている受信機出力での全雑音過程において内部雑音だけが存在する時間、内部雑音及び外部雑音が重畳する時間の割合をそれぞれ P_1 及び P_2 で示し、 $P_1+P_2=1$ とすれば、求める空電雑音の振巾一確率分巾は

$$Q_I(v)_n = P_1 \int_0^{\infty} P_R(V) dV + P_2 \int_0^{\infty} P_{R+A}(V)_n dV \quad (9)$$

として求められよう。ここで第 2 項の被積分関数 $P_{R+A}(v)_n$ について説明しておかねばならない。

若し、空電源での雑音構造が伝送距離すなわち受信点までの距離に無関係であり、II.1 節に述べたようにその伝播においてその特性を保つものと考えれば、受信点での空電雑音構造は伝送距離に比例した強度差を示し pulse の peak amplitude distribution 及び pulse の継続時間は変わらないと考えられよう。従って II.6 節で述べた $Q_A(v)$ あるいは $P_A(v)$ は空電源までの距離に比例して強度差をもちながらその形は不変な幾組かを考えることができる。強度差は連続的に考えることができるが計算の便宜上、8db 置きに変化する $P_A(v)_n$ ($n=2, 3, \dots$) の継列を取ることによろう。 $P_A(v)_n$ の列に対し $P_{R+A}(v)_n$ の列が求められる。但し $P_A(v)_1$ は任意分布である。すなわち

$$\left. \begin{aligned} P_{R+A}(v)_1 &= \int_0^v P_R(W) P_A(v-W)_1 dW \\ P_{R+A}(v)_2 &= \int_0^v P_R(W) P_A(v-W)_2 dW \\ \dots\dots\dots \\ P_{R+A}(v)_n &= \int_0^v P_R(W) P_A(v-W)_n dW \end{aligned} \right\} (10)$$

8. 2系統の空電雑音が存在する場合

今迄、空電雑音は一つの対数正規分布で近似される peak amplitude distribution を示す pulse の一集団が存在する場合を考察した。今同じ特性をもち強度だけが異なる他の pulse 集団が同じ継続時間の pulse から成り、同じ特性の peak amplitude distribution をもち、考えている雑音過程に存在する場合を考えよう、問題を簡単にするためにこれら2集団の空電雑音は混じらずに各々の時間過程を占有しそれぞれ内部雑音に重畳するものとしよう。そのときは(10)式の $P_{R+A}(v)_n$ を用いれば、求める空電雑音の振巾一確率分布は次のように書ける。

$$Q_{11}(v)_r = P_1 \int_v^\infty P_{R+A}(V)_r dV + P_2 \int_v^\infty P_{R+A}(V)_s dV \quad (11)$$

ここで $s > r$ に取る。又 P_1 及び P_2 は確率密度 $P_A(v)_r, P_A(v)_s$ ($r=1, 2, 3, \dots; s=2, 3, 4, \dots$) の空電雑音が雑音過程に占める時間の割合を示す。 $r=1, 2, 3, \dots$ を取るにより次のような2集団の空電雑音の組合せが考えられる。

$$Q_{11}(v)_1 = P_1 \int_v^\infty P_{R+A}(v)_1 d_v + P_2^* \int_v^\infty P_{R+A}(v)_s dV \quad (12-1)$$

但し $s=2, 3, 4, \dots$

$$Q_{11}(v)_2 = P_1 \int_v^\infty P_{R+A}(v)_2 d_v + P_2^* \int_v^\infty P_{R+A}(v)_s dV \quad (12-2)$$

$s=3, 4, 5, \dots$

$$Q_{11}(v)_3 = P_1 \int_v^\infty P_{R+A}(v)_3 dV + P_2^* \int_v^\infty P_{R+A}(v)_s dV \quad (12-3)$$

$s=4, 5, 6, \dots$

以上は2集団の空電雑音は仮定した空電雑音の model から導いた、若し(11)式の第1項 P_1 の乗因数すなわち $\int_v^\infty P_{R+A}(v)_r dV$ に換えるに、実際に測定した空電雑音の振巾一確率分布を当てると、これに一集団の空電雑音に加わるような場合且つ相対強度に著しい差のある場合に(11)式は応用できる。

III. 計算結果

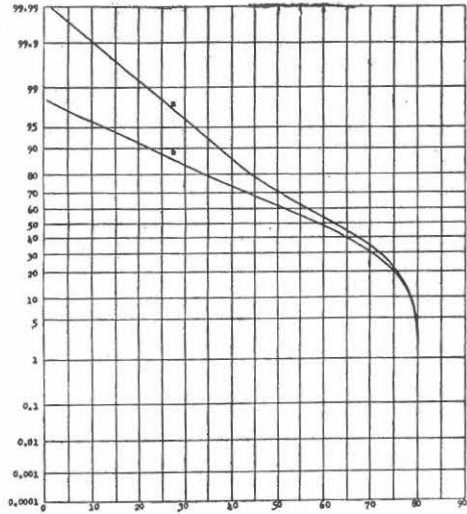
II章の諸節に誘導した諸式の計算結果を述べよう。

先ず

1. $W_1(X), W_3(X)$

単位振巾く形波に変調された一定周波数の波が $Z=0.5$ あるいは $Z=1.5$ の継続時間をもって、 $Z=10$ の時間区域に1個到達する場合、受信機 response が与えられた電圧 v にある時間の $Z=10$ の時間に対する比、すなわち $Z=0.5$ あるいは $Z=1.5$ に対する $W_1(X)$ 及び $W_3(X)$ を第1図に示した。

第1図 $W(X)$ を表わす図



記号 a, b はそれぞれ $W_3(X), W_1(X)$ の曲線を示す

図表は正規確率紙を用い横軸は v を db で表わしている。継続時間の差異は受信機出力における各々の response の最大値の差に結果するが、継続時間の影響を示すためその差だけ横軸上に移動し重ねて示している。横軸は相対振巾に取り db で示している。

2. 外部雑音の振巾一確率分布

外部雑音が一連のく形波搬送波

$$v\{e^{i\omega t} - e^{i\omega(t-T_1)}\}$$

あるいは

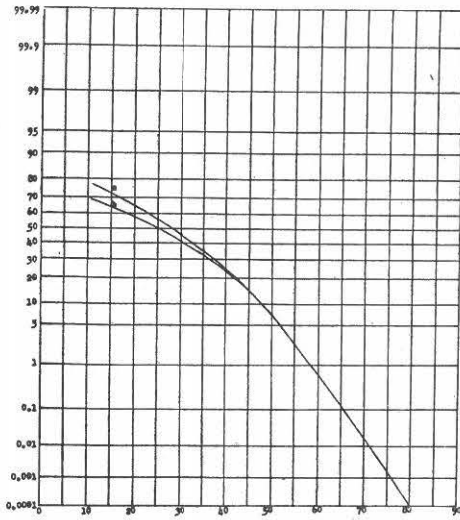
$$v\{e^{i\omega t} - e^{i\omega(t-T_3)}\}$$

(13)

で表わされ v の peak amplitude distribution は標準偏差 8db の対数正規分布をなすものと仮定した。ここで T_1 及び T_3 はそれぞれ $Z=0.5, Z=1.5$ に対する継続時間を示す。

又一つの pulse の response から求められる $W_1(X), W_3(X)$ 等は第1図に示したから、(3)式の $Q_A(v)$ は計算できる。すなわち細分区間は 1db とし細分区間毎に $P(v), W(X)$ の値を読み $Q_A(v)$ を 4db 間隔で計算した。結果は第2図に示す。pulse の継続時間がそれぞれ $Z=0.5$ 及び 1.5 である場合の

第2図 $Q_A(v)$ を表わす図



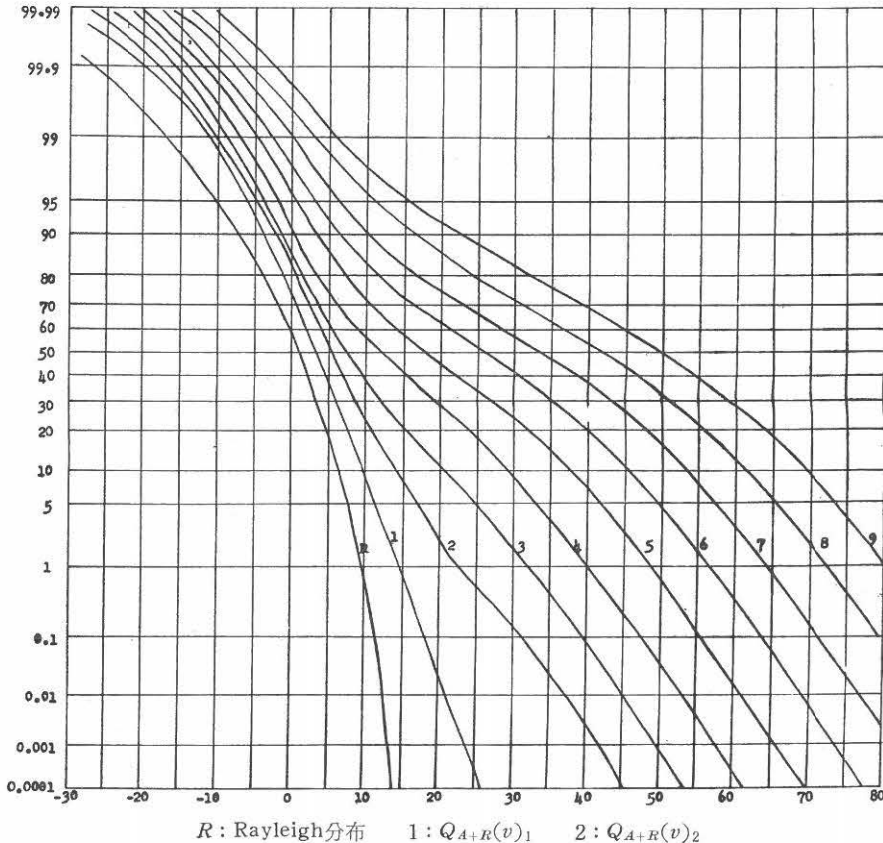
記号 a, b はそれぞれ $Z=1.5, Z=0.5$ に対する $Q_A(v)$ を示す

$Q_A(v)$ の二つの曲線は、継続時間差の効果を示すため最大 response の処で一致するように描いた。横軸は正規確率紙に相対的な大きさを threshold volt. を db で示し、縦軸は時間率を示す。二つの曲線は高い threshold level の処では大体一致を示し低い threshold level の処で漸く偏差を示す。従ってこの程度の継続時間の差は主として強度の差として現われるが、特に高い threshold level の処では振巾-確率分布形の変化はないと考えられる。

3. 空電雑音が内部雑音に重なる場合

受信機の内部雑音と外部からの空気雑音が同時に存在する場合の包絡線電圧の確率密度は (10) 式により求められる。すなわち強度が 8db 宛順に偏移した同じ分布の確率密度 $P_A(v)_2, P_A(v)_3 \dots$ 等に対して Rayleigh 分布の強度は動かさない場合である。これを求めるには図式的に数値計算を行うの他なく、求める結果が滑かな曲線として描かれるに十分な程度に求めた。次にこれらの曲線は次の積分を求めるために図式的に数値計算を行った。

第3図 $Q_{A+R}(v)$ を表わす図



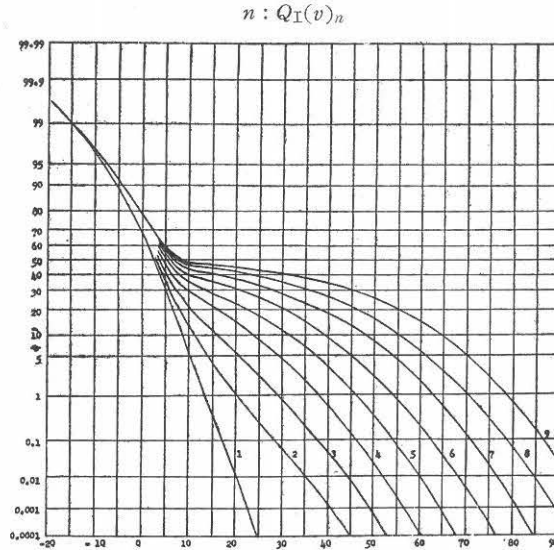
$$\left. \begin{aligned} Q_{R+A}(v)_1 &= \int_v^\infty P_{R+A}(V)_1 dV \\ Q_{R+A}(v)_2 &= \int_v^\infty P_{R+A}(V)_2 dV \\ \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} (14)$$

$(v)_1, Q_{R+A}(v)_2, \dots$ 等は Rayleigh—分布及び $P_{R+A}(v)_1, P_{R+A}(v)_2, \dots$ 等が考えている全雑音過程で重なる場合の空電雑音の振巾—確率分布を示すものであって第3図にそれぞれ no. を附して示している。

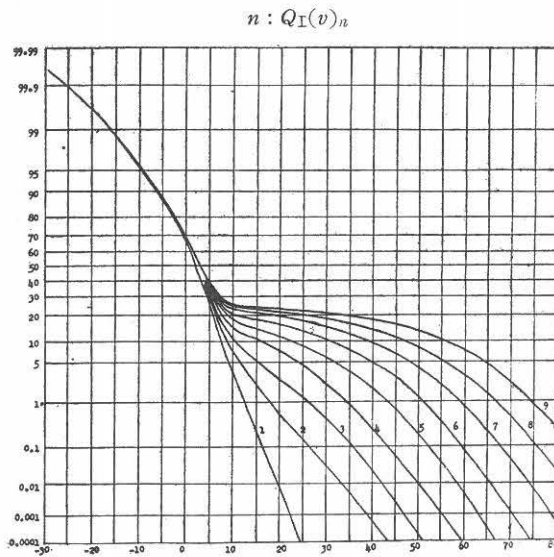
これらの数値計算の結果は、計算点の細分が多い程正確である。求めた計算値を図表にプロットし曲線を描くとき大体滑かな接続を行うことができた。 Q_{R+A}

正規確率紙に横軸は threshold volt. を db で示し原点は threshold volt. の自乗が Rayleigh—分布の ψ_0 に等しい点を取っている。又縦軸は時間率を示す。

第4図—1 $P_1 = \frac{1}{2}, P_2 = \frac{1}{2}$ の組合せのときの $Q_I(v)_n$ を表わす図



第4図—2 $P_1 = \frac{3}{4}, P_2 = \frac{1}{4}$ の組合せのときの $Q_I(v)_n$ を表わす図



次に全雑音過程において受信機の内部雑音だけが存在する確率が P_1 内部雑音に外部からの空電雑音が重なる確率を P_2 として $P_1+P_2=1$ なら、受信機出力における包絡線電圧の振巾一確率分野は(9)式の $Q_I(v)$ により表わされるから、Rayleigh 分布及び(14)式の $Q_{R+A}(v)_n$ から容易に計算できる。 P_1 と P_2 との組合せは幾組でも可能であるが、 $P_2=1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256$ 等の値の取る場合について計算した。

又 $Q_{R+A}(v)_n$ の組、すなわち強度差が8db宛変化する場合について求めた。若しその中間の強度差の場合が希望されたなら、計算した曲線から内挿法により求めることができる。第4図は $P_1=1/2, P_2=1/2, P_1=3/4, P_2=1/4$ の場合の計算曲線を示す。曲線に附した番号は $Q_{R+A}(v)_n$ に対応する。曲線は正規一確率紙上に、横軸は threshold volt. を db で取り、原点は threshold volt. の自乗値が Rayleigh 分布の自乗平均値 ψ_0 に等しい点に取った、又縦軸は時間率を示す。

2. 2系統空電雑音

2系統の空電雑音についてⅡ.8節に考察したが、計算式(12-2)式の計算結果を第5図に示す。横軸縦軸共に第3図と同様である。換言すれば第3図に示した番号2の曲線及び番号3以上の曲線との組合せである。第5図の点曲線は第3図の番号2の曲線に等しく8db 段階の強度差をもった空電雑音が与えられた比率

で加わるとき、空電雑音の振巾一確率分布がいかに変形していくかを示す。

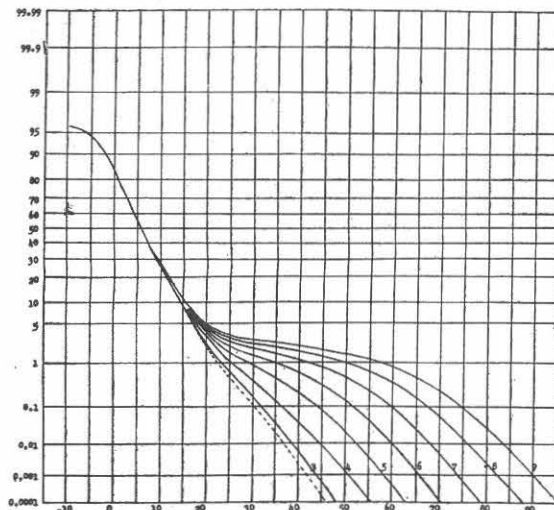
Ⅱ.8節の終りの如て述べたように、実験的に求められる空電雑音の振巾一確率分布に対し理論的に仮定した空電雑音加わる場合を考えよう。このために、測定周波数 200KC 以上で1日の中空電強度が最低を示す時刻における測定した空電雑音の振巾一確率分布を考慮することにする。又ははっきりした数式で表現できるものがよいので高い level 及び低い level で相当偏差はあるが中位の確率密度の範囲で大体よく近似できる標準偏差 5db の対数正規分布を考える。この場合は Rayleigh 分布の影響を大体無視して比較的中位以上の level を考察するから、2系統空電雑音が同時に存在せぬと仮定すれば、求める振巾一確率分布は

$$Q_{II}(v) = P_1 \int_v^\infty \frac{0.4343}{v \sqrt{2\pi} \sigma V} \exp \left\{ -\frac{(\log V - \log m)^2}{2\sigma^2} \right\} dV + P_2 \int_v^\infty P_A(V)_n dV \quad (15)$$

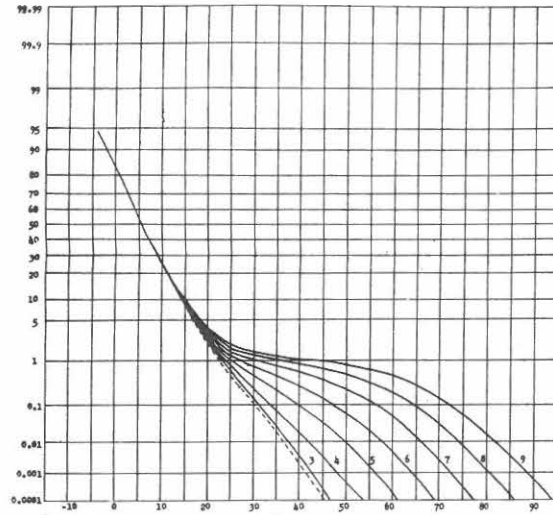
で与えられる。ここで $P_1+P_2=1$ 、 P_1 及び P_2 は2系統の空電雑音が各全雑音過程の中で占める時間の割合を示す $P_1=7/8, P_2=1/8, P_1=15/16, P_2=1/16$ の場合の計算結果を第6図に示す。曲線の番号は強度差が 8db の段階で変化する $P_A(v)_n$ に対応する。この場合 Rayleigh 分布の支配するような低 level での傾向は無視するから $P_A(v)_n$ を用いた。

第5図一1 $P_1=31/32, P_2=1/32$ の組合せのときの $Q_{II}(v)_n$ を表わす図

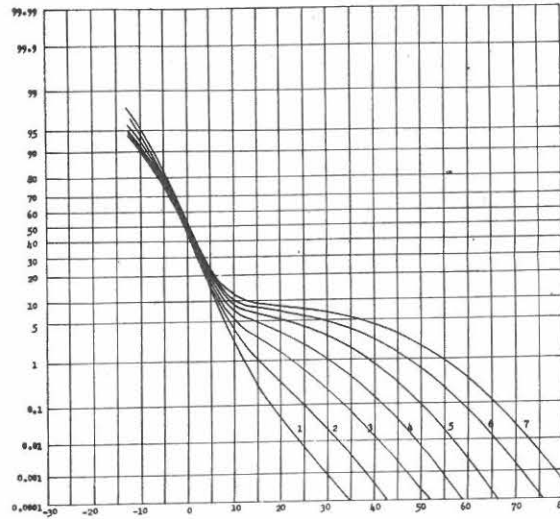
$n : Q_{II}(v)_n$



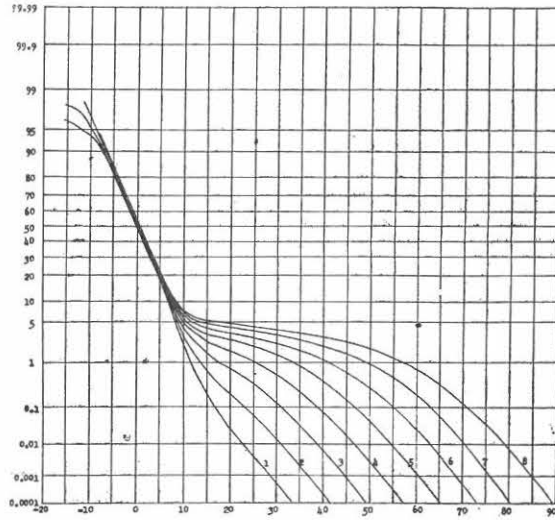
第5図-2 $P_1=63/64, P_2=1/64$ の組合せのときの $Q_{II}(v)_n$ を表わす図
 $n : Q_{II}(v)_n$



第6図-1 $P_1=7/8, P_2=1/8$ の組合せのときの $Q_{III}(v)_n$ を表わす図
 $n : Q_{III}(v)_n$



第6図-2 $P_1=15/16, P_2=1/16$ の組合せのときの $Q_{III}(v)_n$ を表わす図
 $n: Q_{III}(v)_n$.



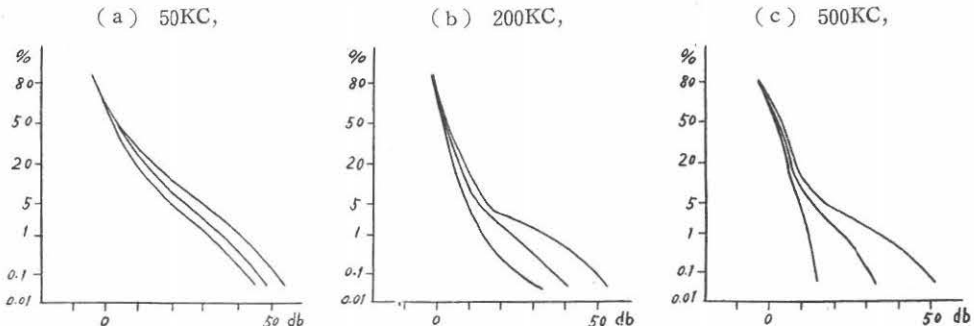
IV. 観測結果及び計算結果の比較

1. 振巾一確率分布と周波数

空電雑音の振巾一確率分布と周波数との関係を調べる目的で周波数範囲 50KC から 500KC の間で数個の周波数を選んで測定を行ったので先ずその結果を概説しよう。測定は1959年の8月空電レベルの高い季節を選んで、約1週間に亘り時刻は 10h, 12h, 14h, 16h の2時間置きの時刻において異なる周波数の逐次測定を行った。測定は測定周波数一cycle に大体40~50分を要した。大体同時刻の測定であるから空電源の状況に大きい変化はないと考えてよいが、時としては測定中に著しい変化を示すことがあった。測定系は他の処で述べたものと変らないが⁽²⁾、空中線は9mの垂直 antenna を用い、全記録を自記せしめたことは述べて置く。

振巾確率分布形の大体の傾向は第7図に示す。専ら振巾一確率分布の形のみに着目して level の変動を無視し一定の確率80%の点で各周波数について測定された振巾一確率分布を重ね、各%において対応する threshold volt. の db 平均を取り平均の形を求め、その両側に3/4の各%の threshold volt. が入るよう点線の境界を描いたものである。各周波数の振巾一確率分布は同じ正規確率紙に横軸に v の db を取って示している。各振巾一確率分布の原点は任意であって横軸の尺度は単に振巾一確率分布の相対的強度の変化を示す。これにより周波数が低い程測定せられる振巾一確率分布形は比較的定常性をもつものであるが、周波数が高くなると非常に変動的であることが示される。すなわち 50KC 等の周波数では常時空電雑音の強度が相当高いため新たに変化する空電源による空電雑音入

第7図 空電雑音の振巾一確率分布の平均及び分散を表わす図



力の影響は相対的に少なく、500KC等の周波数では常時空電雑音強度が低いため新しい空電源の活動による影響が多いと考えることができる。

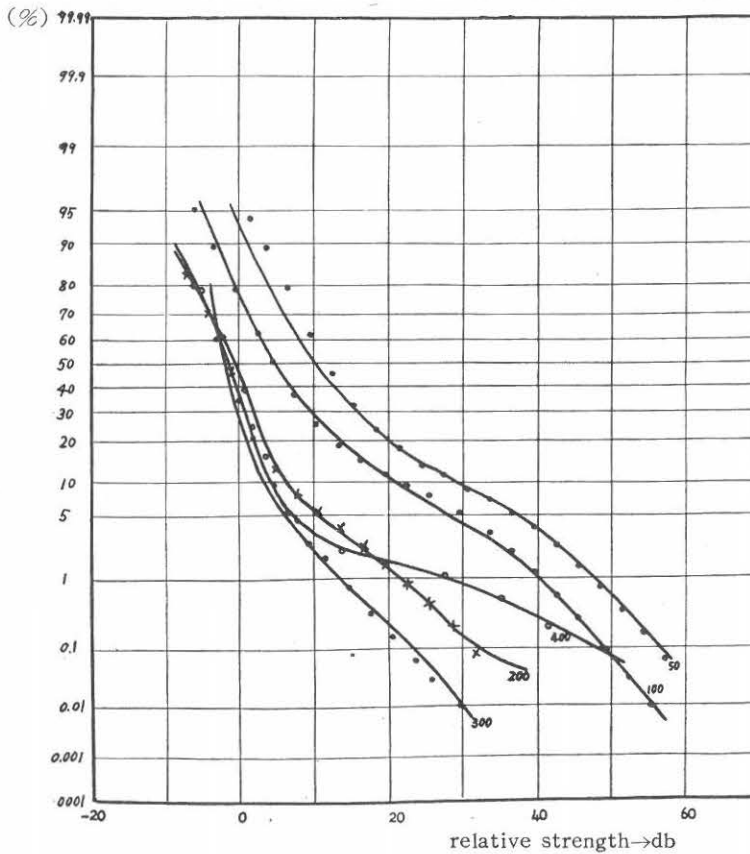
2. 計算結果と測定結果との比較

理論的に受信 antenna に到来する空電雑音の統計的 model を仮定しそれが受信機出力に生じる包絡線電圧の振巾一確率分布を強度及び頻度をいろいろに変化させたときの計算例を先に示したが、これらの理論的に求めた振巾一確率分布の諸曲線が、実際に測定された振巾一確率分布といかに適合するかを比較することは興味のあることである。はじめに適合結果を概観すれば、400KC, 500KC 等の周波数の高い範囲では(9)式の $Q_I(v)$ 、すなわち受信機内部雑音に1系統の空電雑音が重畳する場合の計算曲線によく適合する従って遠距離空電の効果は少なく比較的強度の空電活

動が振巾一確率分布を変形せしめ、その結果前節で示したように振巾一確率分布形が極めて可変的であると考えられる。他方、50KC の周波数では $Q_I(v)$ に属する計算曲線との適合は悪く、(11)及び(12)式の $Q_{II}(v)$ に属する計算曲線によく適合する。すなわち空電強度の高いこの周波数では遠距離空電が常に効果を持ち、比較的近距离の空電がこれに加わって振巾一確率分布を構成する。従って又前節で示したように振巾一確率分布形はこの周波数では比較的定常性をもつと考えられる。

次に計算した振巾一確率分布と測定した振巾一確率分布との適合例を第8図に示す。実線は各周波数で測定された振巾一確率分布を示し、それらの分布曲線に沿うてプロットされた記号●, ×等は、適合させた計算曲線を大体 3db 毎に辿ったものである。

第8図-1 計算結果と測定結果の比較 (昭和34年8月5日12時の測定)

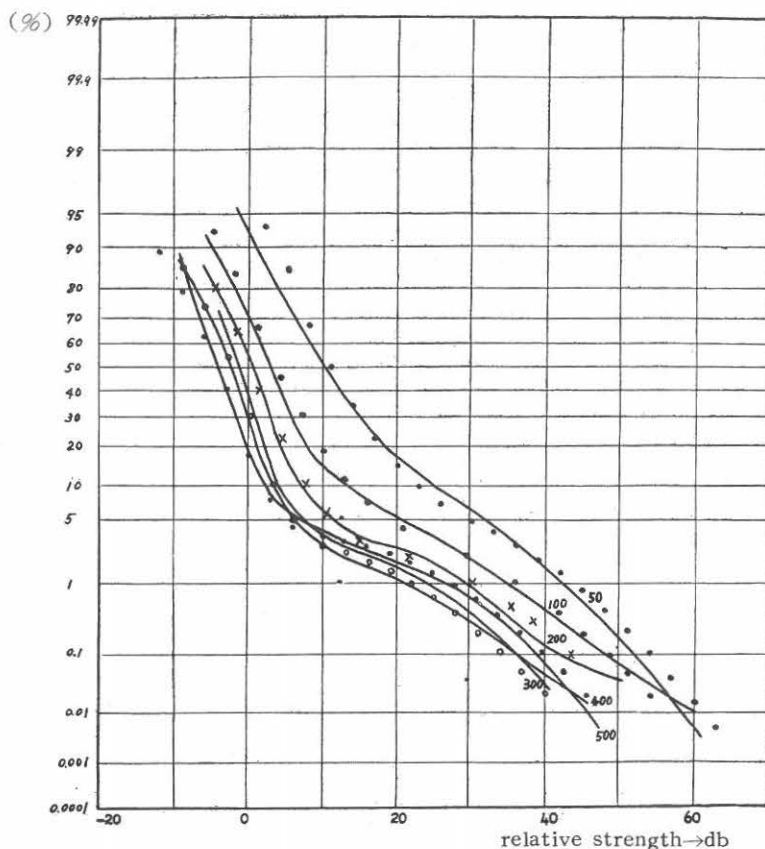


1例：1959年8月5日12時

周波数	P_2	相対強度	適合曲線の所属
50	1/4	0	$Q_{II}(v)$
100	1/4	-6.8	$Q_{II}(v)$
200	1/4	-24.8	$Q_I(v)$
300	1/4	-32.8	$Q_I(v)$
400	1/32	-2.8	$Q_I(v)$

周波数 400KC を除く他の周波数では頻度 P_2 は等しく 1/4 であるが周波数 400KC では頻度は 1/32 に減じ且つ相対強度は急増している。これは測定中生じた空電源の側の変化に対応する。

第8図-2 計算結果と測定結果の比較 (昭和34年8月6日14時の測定)



2例：1959年8月6日14時

第8図-2

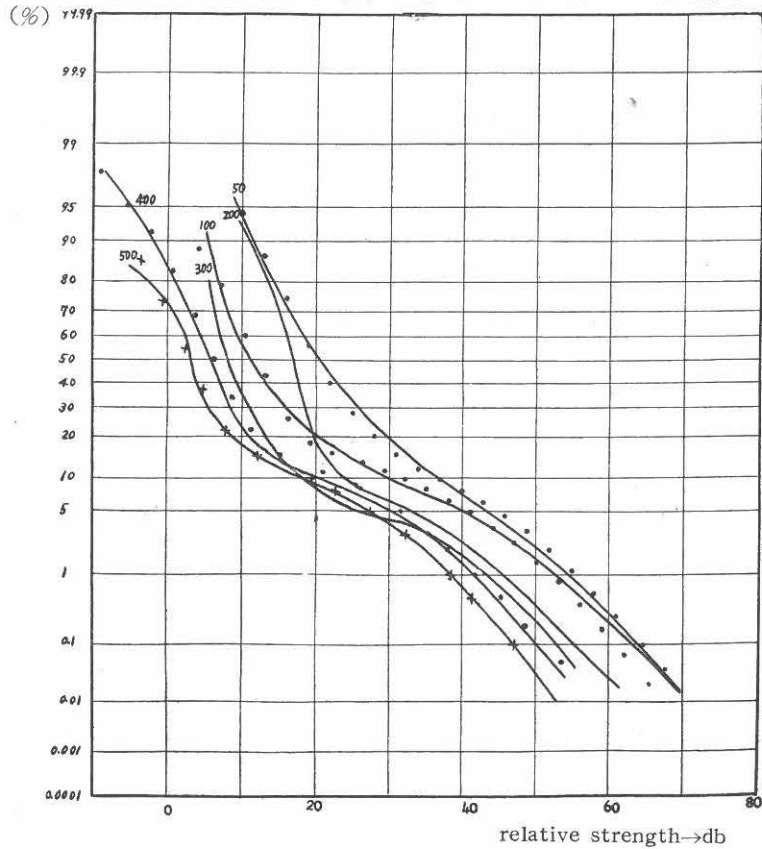
周波数	P_2	相対強度	適合曲線の所属
50	1/8	0	$Q_{II}(v)$
100	1/16	-3.5	$Q_{II}(v)$
200	1/16	-9	$Q_{III}(v)$
400	1/16	-17	$Q_I(v)$
500	1/16	-11.5	$Q_I(v)$

へと行つたことを考えれば、この間に空電入力側に变化があったと考えられる。

又適合曲線が 50KC, 100KC, 200KC, 400KC, 500KC に対しそれぞれ $Q_{II}(v)$, $Q_{III}(v)$, $Q_I(v)$ であることは、遠距離空電の効果が低周波ほど大きいことを示している。

pulse 密度が 50KC の周波数の場合に限り 1/8 であるのは、周波数の測定順が 50KC から始め高周波側

第8図-3 計算結果と測定結果の比較 (昭和34年8月6日16時の測定)



3例: 1959年8月6日16時

第8図-3

周波数	P_2	相対強度	適合曲線の種類
50	1/4	0	$Q_{II}(v)$
100	1/4	-4	$Q_I(v)$
400	1/4	-13	$Q_{II}(v)$
500	1/4	-17	$Q_I(v)$

4例: 1959年8月7日12時

第8図-4

周波数	P_2	相対強度	適合曲線の種類
50	1/16	+8	$Q_{II}(v)$
100	1/16	-1.5	$Q_{II}(v)$
200	1/16	-12.5	$Q_{II}(v)$
400	1/16	-23	$Q_I(v)$

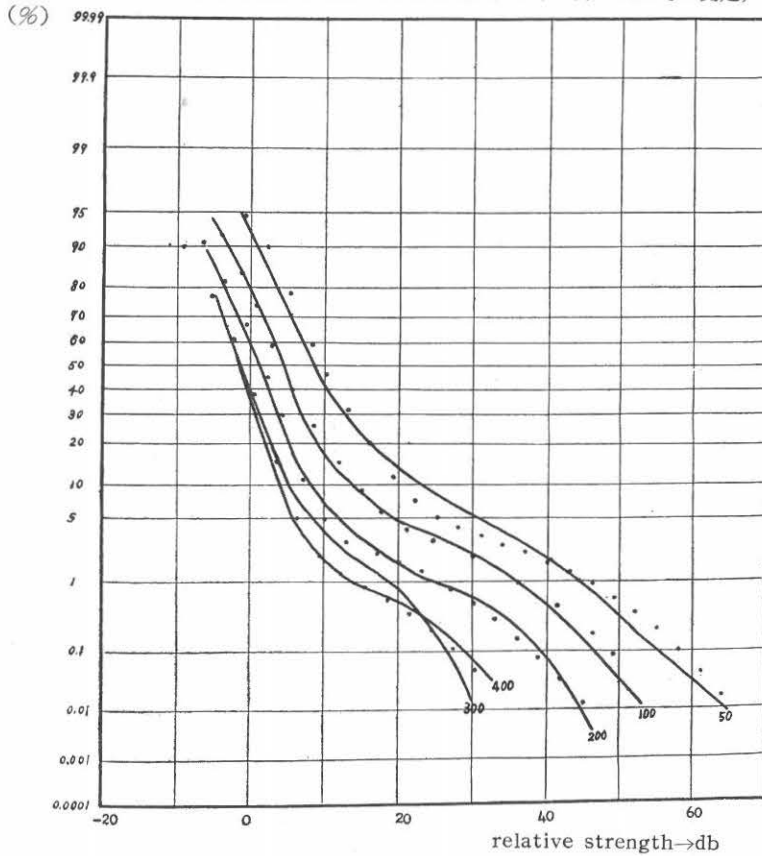
空電源の活動が活発で周波数間の強度差が減少し空電源における周波数振巾強度 spectrum の影響がよく現われている例である。ここに適合曲線を図に示していない周波数 200KC, 300KC についても、高い level での振巾一確率分布の傾向は他の周波数のそれと類似しており、類似の pulse の密度をもつであろうと考えられる。200KC の低い level 部分の振巾一確率分布の変形は、低 level に影響する妨害雑音の影響であろう。

周波数 300KC の振巾一確率分布に高い level で急に減少しており、計算曲線との比較はよくない。

3. pulse巾の影響

計算した包絡線電圧の振巾一確率分布の諸曲線は継続時間 $Z=1.5$ のく形波に変調された一定周波数の pulse から成る空電雑音の統計的 model について求めたものである。若し $Z=0.5$ の継続時間をもった pulse から成る同様の空電雑音の場合はどんな影響があるか。III章1節に示したように $W_1(X)$ と $W_3(X)$ とは非常に類似し高い確率で漸く偏差が顕著になる。従って pulse 巾の変化は強度の変化に置き換えられ、pulse 巾の変化に基づく振巾一確率分布形の変

第8図-4 計算結果と測定結果の比較 (昭和34年8月7日12時の測定)



化は比較的少ないものであろう。

V. 結 論

空電雑音の統計的 model を仮定しこれが与えられた受信機の出力に生じる包絡線電圧の振巾一確率分布曲線を計算し、それらを測定した空電雑音の振巾一確率分布と比較適合を行った結果から

1. 空電雑音の統計的 model は一応妥当なものと考えられるが、これ以外の model を排斥する理由はない。
2. 2系統の空電雑音が存在する場合互いに重畳しない場合を考察したが、Rayleigh 分布と外部雑音との同時確率密度を求めた場合のように、一層正確には同時確率密度を計算する必要がある。
3. pulse 巾は一定と考えたが、pulse 巾が変化する場合でもある範囲内の変化なら、pulse 巾の変化分を pulse 振巾の変化に置きかえることができる。
4. 受信機 response は特定の回路構成について考察したが、若し帯域巾が与えられ回路構成のみ異なる場合において response の変化とその効果は考えなかつ

た。その効果は回路構成が与えられれば評価できる。

5. 400KC, 500KC 等の周波数で測定した空電雑音の振巾一確率分布は、受信機の内部雑音に一系統の空電雑音を加わると考えて説明できる場合が多い。然し 50KC の場合には2系統の空電雑音が作用すると考えなければこの周波数での振巾一確率分布形を説明することができない。

6. 殆んど同じ時刻にすなわち逐時的に測定した異なる周波数の空電雑音の振巾一確率分布を計算曲線に適合させた例を見れば、高い threshold volt. の部分における振巾一確率分布は、同じ pulse 密度をもつ近距離空電が主に効果をもっているから、近距離空電の受信 antenna における異なる周波数の空電電界強度の比は低確率例えば 0.1% に対応する各周波数での threshold volt. の比に等しいと考えることができよう先に pulse 巾の効果について述べたように各周波数で pulse 巾が等しいなら同じ帯域巾の受信機で受信する場合、各周波数における 0.1% に対応する threshold volt. の比を取って受信アンテナにおける各周波数の電界強度の比と考えることができるが、若しも

pulse 巾が各周波数について変化するならば, pulse 巾の変化が pulse 振巾に換算されることになるから, 測定された振巾—確率分布から同じ 0.1% の確率に対応する threshold volt. の比は pulse 巾と pulse 振巾の寄与が合成された結果としての異なる周波数の間での統計的強度の比を示す.

7. 仮定した空電雑音の一連の pulses が受信機出力で重畳しないように考えた. 2 系統空電雑音の場合若し同時確率密度を考えるなら計算結果は正確であろう. 又そのとき空電雑音相互間の干渉効果を含むことになる. 更に一系統の空電雑音の場合にも, 本文で考えたよりも高い pulse 密度をもつ場合に対しては矢張り同時確率密度を考えねばならないと思う.

VI. 謝 辞

本研究に対し常に御興味と御関心を寄せられ始終御激励下さった空電研究所長金原教授に厚く感謝します

又観測のため装置の整備改善に御協力下さった鈴木義弘氏, 整理計算等熱心に御協力下さった伊藤みつえ氏に厚く感謝します.

VII. 文 献

- 1) S. P. Hersperger, W. J. Kessler, A. W. Sullivan and J. D. Wells: progress Report, No. 5, 1 July—30, September, 1954
- 2) 仲井, 鈴木: Proc. Res. Inst. Atm., Nagoya Univ., 5
- 3) F. Horner: J. A. T. P. Vol. 13, Dec. 1958
- 4) J. Harwood: I. E. E Part B, No. 21, May, 1958
- 5) 森脇義雄: 高周波帯域増巾器 I, II, 共立出版株式会社, 昭和30年4月
- 6) Holbrock, B. D., and Dixon, J. T., Bell System Technical Journal, Vol. 18, Oct., 1939