

# VHF および UHF 帯における 伝送回路の基礎的実験とその検討

佐 藤 武 治

Foundamental Experiments of a Transmission  
line at VHF and UHF Band

Takeji SATO

## 1 ま え が き

伝送回路として普通同軸コードをとりあげその VHF および UHF 帯における伝送特性を定在波測定器、インピーダンス・ブリッジおよびアドミタンス・ブリッジを用いて測定した。ここに報告する測定は、あくまでも高周波基本測定の予備的実験として行なったものの一部であり、その中には予想値と実測値との多少のずれも見られる。しかしその原因については、それぞれの実験結果について簡単に検討してある。且つ最後に全般のまとめとしてこのような高周波測定における基本的考え方について検討した。

## 2 実 験

### 2.1 特性インピーダンスおよび波長短縮率の測定

第1図にその測定法の略図を示す。同軸定在波測定器の先端に1m乃至2m程度の5D-2W同軸コードを接続し、その先端を開放および短絡した場合の入力インピーダンス  $Z_0$ 、および  $Z_s$  をスミス図表上から求め、その周波数特性を画く。この場合光速を  $C$ 、繰返し周波数を  $f_i$ 、同軸コードの電気長および物理長をそれぞれ  $L_e$ 、 $L_s$ 、コード内の波長短縮率を  $\eta$ 、および特性インピーダンスを  $Z$  とすれば、それぞれは次式で与えられる。

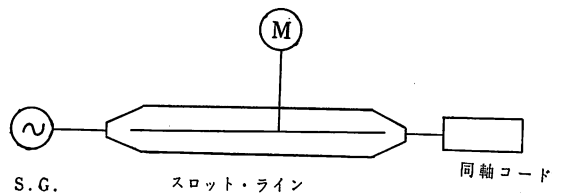
$$L_e = \frac{C}{2f_i} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{L_s}{L_e} \quad (2)$$

$$Z = \sqrt{Z_0 \cdot Z_s} \quad (3)$$

### 2.2 減衰量の測定

測定のための接続は第1図と同じである (Slotted line の他に超短波アドミタンス・ブリッジも使用した) が、5D-2W同軸コードは15~20m位のものを接続する。今その先端に特性インピーダンスの等しい無損失線路を接続し、その短絡片を移動し、長さ  $L$  を変化させて



第1図 同軸定在波測定器による測定

入力端における入力インピーダンスを測定し、スミス図表上に特性インピーダンスで規準化した値をプロットすれば、一つの円が得られる。その理由は負荷の先端における反射係数を  $\Gamma$ 、入力端におけるそれを  $\Gamma'$  とした時  $\Gamma$  と  $\Gamma'$  との関係は S マトリックスから

$$\Gamma' = S_{11} + \frac{S_{12}^2 \Gamma}{1 - S_{22} \Gamma} \quad (4)$$

なる一次関数で結びついているからである。さて、今  $\Gamma'$  は一つの円  $G'$  を画くのであるが、短絡片の或一定長  $L_1$  と  $L_1 + \frac{\lambda}{4}$  ( $\lambda$  は波長) の場合の点の組合せ6点、或いは8点等を求め、スミス図表上で iconocenter  $S_{11}'$  を求める。  $S_{11}'$  から  $|S_{11}|$  および  $|S_{12}|$  を求めるとこの場合の動作減衰量は次式で与えられる。

$$\alpha = 20 \log_{10} \frac{1}{|S_{12}|} \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

なおスミス図表上で規準化された  $\Gamma'$  を表す円  $G'$  の半径  $R$  は、マッチングのとれている場合には  $S_{22} = 0$  であるから、現在の実験においては、

$$\alpha = 10 \log_{10} \frac{1}{R} \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

で求めてもよい。したがってこの場合には必ずしも一定長  $L_1$  に対し  $L_1 + \frac{\lambda}{4}$  であることを要しない。

以上に対し予想値としての同軸コードの減衰量  $\alpha$  について簡単に述べると、次の如くなる。すなわち、

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_g \quad (7)$$

ここで $\alpha_r$ は抵抗減衰量, $\alpha_g$ は漏洩減衰量を示す。 $\alpha_g$ は現在の実験で使用する長さについては、検討した結果無視し得る値であるので、

$$\alpha = \alpha_r = k \sqrt{f} \quad [\text{dB/km}] \quad (8)$$

$f$ : MHz/S

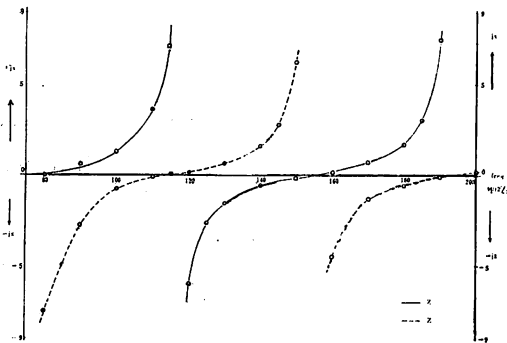
とおき、 $K$ についてはメーカー発表の値を使用して予想値を得ればよい。

### 3 実験結果とその検討

前述の2「実験」にしたがって測定した結果を第2図から、第5図に示す。これらについて簡単な検討を加えると次のようになる。

#### 3.1 特性インピーダンスおよび波長短縮率の実験結果

5D-2W同軸コード1.295mを測定し、スミス図表により求めた $Z_0$ 、 $Z_s$ の周波数特性を第2図に示した。図から直ちに同軸コードの特性インピーダンス $Z$ が50 $[\Omega]$ であることがわかる。また同図から繰返し周波数を求めると、 $f_i = 76.5$  [MHz/S]であるから同軸コードの電気長 $L_e$ は1.960 [m]であり、前に述べた数式に

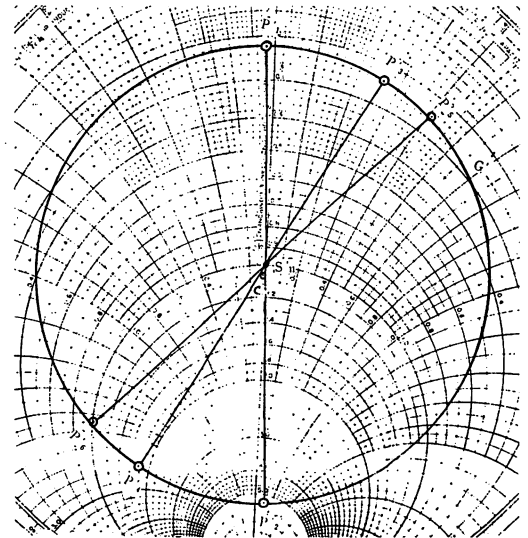


第2図 5D-2W同軸コード(長さ1.295m)の周波数特性

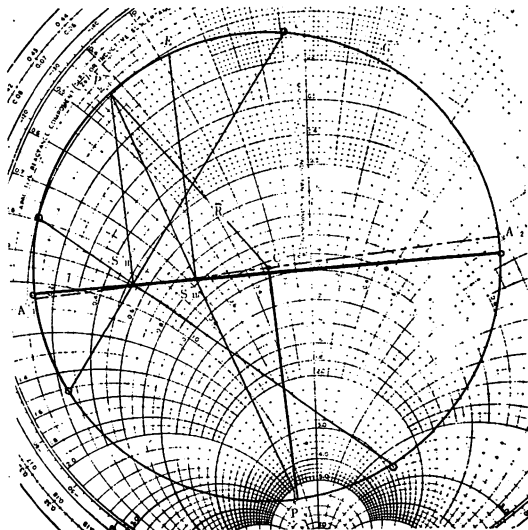
したがって、波長短縮率 $\eta = 67.1$  [%]となり、 $Z$ および $\eta$ のいずれの値も予想値と全く一致する。なお使用周波数はVHF帯に限った。またスミス図表の使用についての説明は一応省略した。

#### 3.2 減衰量の実験結果

2.2「減衰量の測定」により5D-2W同軸コード16.271 [m]を測定して、スミス図表上で作図によって $|S_{11}|$ を得ると、(5)式から動作減衰量が求まり、今の場合、入力端におけるインピーダンスは整合しているので動作減衰量はそのまま実挿入損に等しくなる。この場合に使用したスミス図表の中で参考のために100 [MHz/S]のものを第3図に示す。また同じ100 [MHz/S]の場合において同軸コードの入力端にミス・マッチングを与



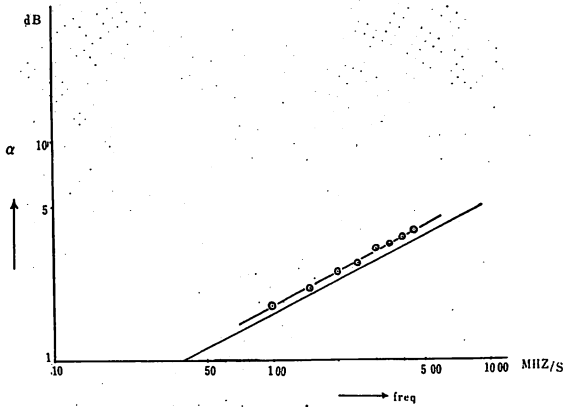
第3図 5D-2W同軸コード(16.271m)の100MHz/Sにおける iconocenter (マッチングした場合)



第4図 第3図にミス・マッチングを与えた場合の iconocenter および  $S_{11}$

えた場合のスミス図表は第4図に示す。このようにして実験により求めた減衰量 $\alpha$  [dB]は、第5図から $\sqrt{f}$ に比例することがたしかめられる。使用周波数は100~500 [MHz/S]で、 $S_{11}$ と円の中心 $C'$ とが極めて接近しているので規準化することの考慮から、簡単な近似式を使用した。

なお、減衰量の実測値が予想値を示す直線より上方に分布することについては、コネクタの取付および測定機器の精度に問題があったが、これらのことについてはここではこれ以上立入らないことにする。



第5図 D5-2Wコード (長さ16.271m) の減衰量

#### 4 検 討

以上に示した実験およびその結果のデータ以外に、コード長1.5m, 5m, 15m, 25m前後のものについて各種測定器を使用して数多くの測定をした。ここに附加したグラフはそのごく一部に過ぎない。伝送回路としてとり上げて実験した同軸コードについて、基本的な考え方をまとめると、

1) 同軸コードの長さにより測定の精度が異なり且つその提供する情報は異なる。即ち特性インピーダンス、波長短縮率を求めるには大体1~2[m]程度の同軸コードを、減衰量を測るには約15[m]前後の同軸コードを、それぞれ選択したのは、上記の理由のためであり、それを多くの実験でむだのようだがたしかめた。

2) コネクタの取付は重要であり、その取付には十分注意しなければならぬ。自分の実験では、約13[m]のD5-2Wコードにおいては、その取付に十分注意を払えば90 MHz/Sから900 MHz/Sの範囲にわたりV.S.W.R.を1.05より低く下げることが出来る。

3) 極めて平凡なことではあるが、計測機器の精度

を実験する前に、正しく把握しておかなければならない。そして何を如何なる精度において測定するか。その為にはどのような基本的態度で臨むかがこのような高周波精密測定には不可欠の態度である。

#### 5 む す び

以上述べた基本測定をもとにして、VHFおよびUHF帯における伝送線路において、その伝送係数の測定精度が、回路の入力端におけるミス・マッチングでどのように変るかを明らかにするため、更に実挿入損について詳細に検討した。これは昭和45年度電気関係学会東北支部連合大会において論文として発表したもので、その方を参照されたい。ここに発表したのは東北大学における内地研究の際、行なった基本的実験のごく一部である。終りにご指導いただいた東北大学佐藤利三郎教授、池田哲夫助教授、岩田完成氏に深く謝意を表するとともに、本研究にご協力いただいた佐藤研究室の方々に厚くお礼を申し上げる。

#### 文 献

- (1) 電気通信学会編、佐藤利三郎執筆：伝送回路 (昭和43), コロナ社
- (2) GEORGES A. DESCHAMPS: Determination of Reflection Coefficients and Insertion Loss of a Wave-Guide Junction, Jour. of App. PHY. AUGUST. 1953
- (3) J. E. STORER, L. S. SHEINGOLD and S. STEIN: A Simple Graphical Analysis of a Two-Port Waveguide Junction, PROC. OF I. R. E. AUGUST 1953
- (4) KIYO TOMIYASU: Intrinsic Insertion Loss of a Mismatched Microwave Network I. R. E. TRANS. January 1955