

## 第9章 新バージョン(v.1.1)公開！ポート・エクステンションやスイープ・ディレイなど

### ziVNAuの新機能のご紹介

富井 里一  
Tommy Reach

本稿は小誌No.35特集「作る！ベクトル・ネットワーク・アナライザ」の関連記事です。いわば同特集の第9章に相当いたします。

〈編集子〉

本誌No.35でWindowsベースの簡易VNA(ベクトル・ネットワーク・アナライザ)の設計/製作例を紹介しました。その後、Windows PC用アプリケーション(ziVNAu.exe)をver.1.1へバージョン・アップいたしました。

本稿では、そのバージョン・アップに含まれる新機能であるポート・エクステンションやスイープ・ディレイなどの原理/操作方法/使用例を紹介します。

#### 9.1 ポート・エクステンション機能の基礎知識

ポート・エクステンションは、メーカー製VNAに必ずといっていいほど付いている機能なので、知っているとは思いません。

##### 9.1.1 概要

VNAを使っていると、測定対象(DUT)の出入力端で校正(キャリブレーション)することが難しい場合



〈写真9.1〉Open標準器の $S_{11}$ を測定するようす

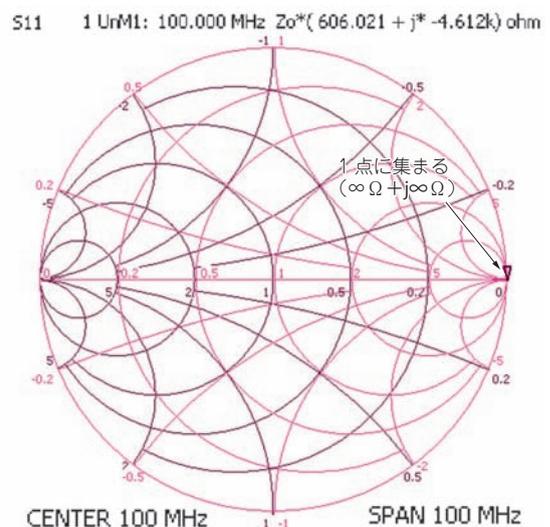
がよくあります。例えば、DUTのコネクタに合う校正標準器を持っていない場合とか、同軸コネクタが設けられていないプリント基板上の回路を測定する場合があります。このような場合、コネクタの変換アダプタを使ったり、VNAのコネクタから同軸ケーブルでDUT側コネクタやプリント基板の回路まで接続して測定せざるを得ません。すると変換アダプタや同軸ケーブルの電気長ぶん位相が回転してしまいます。つまり校正基準面がずれてしまいます。

そこで、校正用標準器をいつものようにVNA側コネクタに接続して校正しておき、ずれたぶんだけ校正基準面を移動するのが、ポート・エクステンションと呼ばれる機能です。

便利ですが欠点もあります。この辺についても触れてゆきます。

##### 9.1.2 考え方

写真9.1は、SMAオス-オス変換コネクタでOSL校正(中心周波数：100 MHz、スパン：100 MHz、51ポ



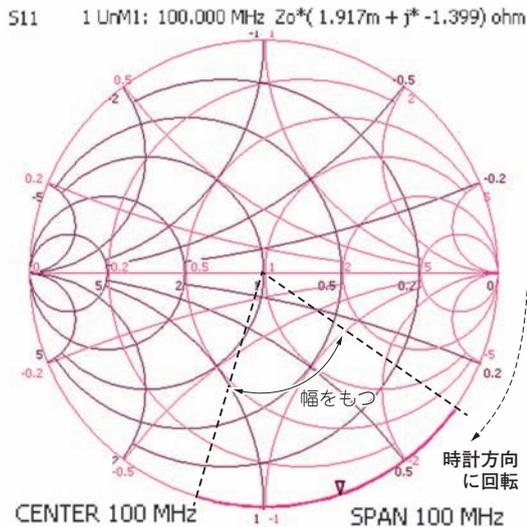
〈図9.1〉Open標準器の $S_{11}$ 特性(中心周波数100 MHz、スパン100 MHz)

イント)した後にOpen標準器を取り付けて $S_{11}$ を測定するようすです。図9.1はそのときの $S_{11}$ 特性です。スミス・チャートの $\infty \Omega + j\infty \Omega$ に近い座標の1点に集まり、OSL校正が成功していることがわかります。

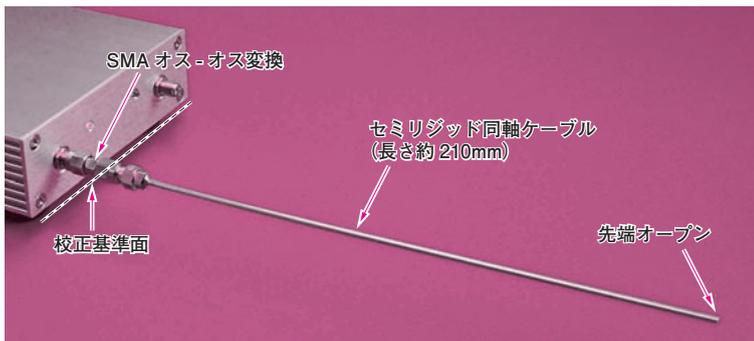
次に、Open標準器の代わりにSMAコネクタ付きのセミリジッド同軸ケーブル(0.085インチ径、長さ約210mm)を接続して $S_{11}$ を測定します。写真9.2は測定の様子です。同軸ケーブルの先端はオープンです。

結果を図9.2に示します。同軸ケーブルを接続すると、測定データはスミス・チャートの外周を時計方向に回り、さらに幅を持つ特性になります。これは信号が同軸ケーブルの電気長を往復する位相によるものです。もし、同軸ケーブルの先端にDUTを接続すると、DUTの特性のほかに同軸ケーブルの位相も含まれた $S_{11}$ を測定することになります。

そこで、写真9.2の状態では校正基準面を同軸ケーブルの先端に移動できれば、同軸ケーブルの先端がオープンなときは、再びスミス・チャートの $\infty \Omega + j\infty \Omega$ ( $S_{11}$ 測定)に集まります。また、同軸ケーブルの先端



〈図9.2〉セミリジッド同軸ケーブルの先端をオープンにしたときの $S_{11}$ 特性(中心周波数100 MHz, スパン100 MHz)



〈写真9.2〉セミリジッド同軸ケーブルを測定するようす

にDUTを接続すれば、同軸ケーブルの位相を除いたDUTの $S$ パラメータを測定できるようになります。これがポート・エクステンション機能です。

VNAの中では、測定した $S$ パラメータのデータと、あらかじめ設定した同軸ケーブルの電気長を加算します。こうすることで同軸ケーブルによる位相変化が測定値に現れなくなります。

文献(1)として挙げた書籍「高周波回路設計のための $S$ パラメータ詳解」では、校正基準面の移動を式を使って解説していますので、参考にしてください。

### 9.1.3 計算方法

ポート・エクステンション機能は、延長する同軸ケーブルによる位相変化を除くために、あらかじめ電気長を設定します。設定するパラメータが位相ではなく、電気長を設定するのは不思議に思うかもしれないので、まずは電気長の単位に触れ、そして電気長/周波数/位相の関係へと話を進めます。

#### ● 電気長の単位

同軸ケーブルの電気長とは、同軸ケーブルの全長である周波数で何周期に相当するかを表したものです。周期は1周期にかかる時間ですから、電気長の単位は時間になります。

図9.3はその例です。100 MHzの信号を同軸ケーブルに入力したときのケーブル中に分布する波形を表しています。この同軸ケーブルの全長は、100 MHzの1.5周期分の長さであることがわかります。100 MHzの1周期は10 nsですから、このケーブルの電気長は15 nsです。

#### ● 電気長と周波数から位相を求める

周波数を $f$ で表すと、位相は $1/f$ の周期で $360^\circ$ 回りますから、ある周期(図9.3の電気長 $L_e$ )の位相 $\theta$ は、比例計算で求まります。

$$\theta = \frac{360}{1/f} L_e = 360 L_e f \dots \dots \dots (9.1)$$

ただし、 $\theta$ : 位相 [deg],  $L_e$ : 電気長 [sec],  
 $f$ : 周波数 [Hz]

これで、電気長 $L_e$ から周波数 $f$ に対する同軸ケーブル