

# 高周波計測技術の基礎

## －Sパラメータの基礎－

### Basic High Frequency Measurement techniques

－S parameters－

矢加部 利幸

Toshiyuki YAKABE

マルチポート研究所有限責任事業組合 〒182-0026 調布市小島町 1-1-1  
UEC アライアンスセンター322

Multi Port Laboratory Limited Liability Partnership, UEC Alliance Center 322,  
1-1-1 Kojimacyo, Chofu-shi, Tokyo 182-0026, Japan

E-mail: yakabe@mail.uec.jp

#### Abstract

S parameter measurements are fundamental and important techniques not only for qualification of devices and systems but also for high frequency characteristics of materials. Especially understanding the physical meaning of the S parameter and familiarity with the measurement principle of the vector network analyzer are the most important and fundamental for realizing the correct measurement.

In this basic course, at first, we will explain the most important basic analysis “Sinusoidal Steady-state Analysis (Phasor Method),” by this basic analysis, we will be able to define the “Impedance.” Next, we will explain the physical meaning of S parameters.

#### 1. はじめに

自然科学・工学分野の発展に伴い、計測工学および計測技術の役割はますます重要となってきた。特に、高周波化に伴う電気電子計測の分野においては、計測の信頼性が今後の電気電子回路設計・評価向上に大きく依存する。近年、「誤差」から「不確かさ」への計測評価方式の移行と、使用する計測機器の信頼性（トレーサビリティ）、更には計測環境等を定量的に総合評価することにより、計測の信頼評価が飛躍的に向上している。

本基礎講座は電気系の工業高校、高等専門学校や大学で学ぶ基礎電磁気学および基礎電気回路学の受講者を対象に、高周波計測に必須項目である**Sパラメータの修得**を目的としている。

Sパラメータ計測は、高周波計測だけでなく高周波製品の開発や品質評価においても重要な技術となっている。中でも、Sパラメータの物理的な意味を理解するとともに、ベクトルネットワークアナライザ（VNA）の測定原理を理解することは、より正しい測定を実現するうえで大変重要である。

今回の基礎講座では、**正弦波定常状態解析法**（フ

ェーザ法）から出発し、インピーダンスの定義、波（電圧波、電流波、電力波[1]）の概念、測定対象回路への「波の反射」と「波の透過」を通してSパラメータの基礎を解説する。これを基に、今後、スミスチャート、シグナルフローグラフ、さらには6ポート型VNA[2]-[4]の測定原理とVNAによる高周波測定に関し、修得されることを期待する。

#### 2. フェーザ法とインピーダンス、アドミタンス

**線形時間不変回路**（大変重要な前提条件）において、正弦波交流波形（瞬時電圧 $v(t)$ ）を例に展開する。

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) \quad [\text{V}] \quad (1)$$

ここで、 $V_m$ は振幅[V]、 $\omega$ は角周波数[rad/s]、 $\omega = 2\pi f$ で $\pi$ [rad]は円周率、 $f$ [Hz]は周波数[Hz]=[1/s]である。周波数 $f$ の逆数を周期 $T$ [s]と呼ぶ（ $T = 1/f$ ）。また、 $t$ は時刻[s]、 $\phi$ は初期位相、または単に位相[rad]と呼ばれる。

式(2)に示すオイラーの公式を導入する事により、電気電子回路解析が簡明かつ明瞭に記述（フェーザ表記）できるようになる。

$$e^{\pm j\theta} = \cos \theta \pm j \sin \theta \quad (\text{複合同順}) \quad (2)$$