

## 視点を変えた信号処理の応用

### (高次スペクトル解析、特異スペクトル解析について)

○松本 宏行  
(ものづくり大)

Application of signal processing with different viewpoint  
(Relating to higher order spectral analysis and specific spectral analysis)

Hiroyuki MATSUMOTO  
(Inst. of Technologists)

振動および音の解析については、多くの信号処理解析手法が適用されている。本発表では、従来手法とは異なる視点で扱われている2つの信号処理手法を紹介する。それぞれ、「高次スペクトル解析」、「特異スペクトル解析」と呼ばれる解析手法である。線形としての前提条件、あるいはフーリエ解析を適用することでの仮定とは異なる視点について、それらの解説について数値解析、実験解析などの事例を交えて行う。

**Keywords:** 非線形振動、非線形解析、振幅依存性、周波数特性

#### 1. はじめに

今回の報告では、従来の信号処理手法とは異なる別の視点で行った応用的な信号処理手法として2つ紹介を行う。「高次スペクトル解析」および「特異スペクトル解析」について順次解説を行う。

別の視点で得られる解析手法から従来見落としがちであるものを考察する契機、そしてそのヒント、知見が皆様にとって何等かの参考になれば幸甚である。

#### 2. 高次スペクトル

##### (1) 高次スペクトルの定義

高次スペクトルは、元々は高次のキュムラントの多重フーリエ変換で定義されるが、実際の計算では、データの対象性や計算時間などを考慮して、フーリエスペクトルの高次積で算出することが多い。また、これらのデータ処理については、前処理やウィンドウを掛けたりなどの統計的なデータを精度良くかつ統計的な誤差を考慮して算出することが重要である。

また、高次元のデータ処理となるので、実際の結果を図示化する場合については、必要とす

る周波数間の関係を定め、その周波数成分間の断面図などを選び、適宜データの低次元化を図ることも必要である。今回の報告では、高次スペクトルの一つであるバイスペクトルについて主に取り上げる。バイスペクトルとは、「二つの周波数のスペクトル」という意味である<sup>(1)</sup>。パワースペクトルが相関関数のフーリエ変換で表されるのに比べて、バイスペクトルは、三次の相関関数の二重フーリエ変換として定義される。

$$\begin{aligned} R_{xxx}(\tau) &= E[x(t)x(t+\tau_1)x(t+\tau_2)] \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau_1)x(t+\tau_2)dt \end{aligned} \quad \dots (1)$$

$$\begin{aligned} B_{xxx}(f_1, f_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R_{xxx}(\tau_1, \tau_2) \exp\{-j2\pi(f_1\tau_1 + f_2\tau_2)\} \\ &\text{さらに、二重フーリエ変換を行う。} \end{aligned}$$

実際に、数値計算を行う場合には計算時間がかかる。また、領域の一部分のみの