高次スペクトルを用いた非線形振動解析
（値を持つ場合と持たない場合の具体事例について）

○松本　宏行　　須賀　啓太　　大石　久己　　山川　新二
（ものつくり大）（工学院大）　（工学院大）　（工学院大）

Analysis of nonlinear system by Higher order spectra

Hiroyuki MATSUMOTO　Keita SUGA　Hisami OHISHI　Shinji YAMAKAWA
（Institute of Technologists）　(Kogakuin Univ.)　(Kogakuin Univ.)　(Kogakuin Univ.)

不規則入力における非線形振動解析手法の有効性を検討している。バイスペクトル、トライスペクトルなどの高次スペクトルを用いた解析手法に取り組んでいる。今回の報告では、値を持つ場合と持たない場合、入出力データを考慮した高次周波数応答解析について高次スペクトルを利用した事例をとりまとめて報告を行う。

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

機械構造物に存在する現象はガタ､摩擦などの非線形特性を有するものが多く、不規則入力を受ける振動系の応答特性は「くせ」のあるいわゆる非ガウス性(non-gaussian)の不規則過程となる。これらのデータの取り扱いには統計的手法の適用、さらには非ガウス性を考慮した高次統計量(higher order statistics)を用いた解析が必要不可欠である。本報告では、高次スペクトルを用いて非線形振動系における解析を行う。そして、値を持つ場合、持たない場合についてそして、高次周波数応答解析の推定方法を示すとともに本手法の有効性を提示することが主なねらいである。本報告は、従来までの研究成果取組を整理してまとめたものである。

2.　高次スペクトル

2.1　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、前処理やウイ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[1]。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。

$$R_{xxx}(\tau) = E[x(t)x(t+\tau_1)x(t+\tau_2)]$$
$$= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_0^T x(t)x(t+\tau_1)x(t+\tau_2)dt \quad \cdots(1)$$

さらに、二重フーリエ変換を行う。

$$B_{xxx}(f_1, f_2)$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} Rxxx(\tau_1,\tau_2)\exp\{-j2\pi(f_1\tau_1+f_2\tau_2)\}$$

となる。