

## 高次スペクトルを用いた非線形振動系の解析

○ 松本 宏行                      大石 久己                      山川 新二  
 (ものづくり大学)              (工学院大学)                  (工学院大学)

Analysis of nonlinear vibration system by Higher Order Spectra

Hiroyuki MATSUMOTO              Hisami OHISHI                  Shinji YAMAKAWA  
 (Inst. of Technologists) (Kogakuin Univ)                  (Kogakuin Univ)

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を用いて非線形振動系における解析を行った。簡易実験モデルを対象として高次スペクトルを用いた解析およびその有効性を紹介する。

*Keywords:* モデル化、減衰係数、減衰比、非線形解析

### 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、筆者たちが不規則入力を受ける非線形減衰振動系における新しい同定手法として提案してきた高次スペクトル(Higher Order Spectra ;HOS)を用いて様々な非線形振動系のマップを描き、定性的な同定手法としての有効性を紹介するものである。そして、数値シミュレーションをもとにしてその検討を行った。これらが今回の報告の骨子である。

### 2. 高次スペクトル

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。

$$B(f_1, f_2) = \frac{1}{T} E[X(f_1)X(f_2)X^*(f_1 + f_2)]$$

・・・(1)

ここで\*は共役複素数をあらわす。

このバイスペクトルは2次の周波数スペクトルを有し、かつそれぞれの依存関係が存在するときに値に意味をもつ。上記は一つの変量を取り扱ったもので、オートバイスペクトル(auto bispectrum)という。また入出力相互の非線形伝達特性をあらわしたものをクロスバイスペクトル(cross bispectrum)という。

その特徴の一つは、着目している周波数成分間の従属関係を示していることにある。

これは非線形振動系における高調波、分数調波振動などの主共振の周波数を中心として、他の周波数成分を含む場合に有効な手法となる。

これらの周波数成分間の特性を示すために、より厳密な形式でスペクトルを論じることが必要である。

時間データ  $x(t)$  を Foulrier-Stieltjes (フーリエ・スチェルチェス) 変換を用いて次式のように表示する<sup>(2)</sup>。