

高次スペクトルを用いた非線形振動系における解析

- 松本 宏行(ものづくり大学) 小野寺 祐人 (マキタ)
大石 久己 (工学院大学) 山川 新二 (工学院大学)

Nonlinear Analysis by Higher Order Spectra

Hiroyuki MATSUMOTO, Inst. of Technologists, 333, Maeya, Gyoda, SAITAMA

Yuuto ONODERA, Makita Corporation.

Hisami OHISHI, Kogakuin Univ.

Shinji YAMAKAWA, Kogakuin Univ.

今回の報告は、不規則入力を受ける非線形振動系の解析手法として、高次スペクトル解析を用いた手法を行った。特に、磁気を利用した実験モデルを製作し、実験解析において、本手法の有効性を検討をした。非対称型バイスペクトルが有効であることを示すことができた。

Keywords: 非線形性、モデル化、実験解析、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、筆者たちが不規則入力を受ける非線形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)を用いて非線形振動系の解析を行った。今回は、実験モデルとして、磁石の反発特性を考慮して非対称特性を有するモデルを製作し、その特性について解析を行い検討を行った。これらが今回の報告の骨子である。

2. 高次スペクトル

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、データの対称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。

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

・・・(1)

ここで * は複素共役数をあらわす。

このバイスペクトルは2次の周波数スペクトルを有し、かつそれぞれの従属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