

非線形振動系における高次スペクトル解析の 有効性について

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

Effectiveness of higher order spectral analysis of nonlinear vibration system

Hiroyuki MATSUMOTO Kouji TAKEUCHI Hisami OHISHI Shinji YAMAKAWA
(Institute of Technologists) (Kogakuin Univ.) (Kogakuin Univ.) (Kogakuin Univ.)

本研究は、著者らが提案してきた高次スペクトル解析における実用化を目的としたものである。本解析手法の有効性について数値シミュレーションにおける検討を行った。ガウス性が混入した場合、非線形および線形の識別などについて検討を行い、本手法の有効性を提示したのでここに報告をする。

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)を用いて値を持つ場合、持たない場合などを明示するとともにその有効性について検討を行った。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。

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

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