

非線形特性を有する磁気ばねモデルの実験的同定 および入出力を考慮した高次スペクトル解析

○松本 宏行 伊藤 良介 大石 久己
(ものづくり大) (工学院大) (工学院大)

Analysis of nonlinear system by Higher order spectra

Hiroyuki MATSUMOTO Ryosuke ITOH Hisami OHISHI
(Institute of Technologists) (Kogakuin Univ.) (Kogakuin Univ.)

本研究では、非線形特性を有する「磁気ばね」モデルによる実験解析に取り組んでいる。静たわみ試験、自由振動波形から非線形ばね特性やクーロン摩擦、粘性の減衰特性を同定した。

主共振、2次高調波および1/2次分数調波共振などの非線形特性を把握することが可能である。また、クロスバイスペクトル解析により、入出力を考慮した特性把握が可能であることを示したのでここに報告を行うものとする。

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。本研究は、非対称な非線形振動系における高次周波数応答解析の推定手法を示すとともに、その有効性を提示することを目的とする。本報では、非線形特性を持つ磁気ばねモデルを用いて実験を行い、その結果に入出力を考慮した高次スペクトル解析を適用し、その有効性を検討する。

2. 高次スペクトル

高次スペクトル^{(1)~(8)}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。本報では、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。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。

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

バイスペクトルは2次の周波数スペクトルを有し、かつそれぞれの一定の従属関係が存在するときに値に意味を持つ。上記は一つの変量を取り扱ったもので、オート (自己) バイスペクトルという。出力を基準にしたオートバイスペクトルについて次式に示す。

$$B_{yy}(f_1, f_2) = \frac{1}{T} E \left[Y(f_1) Y(f_2) Y^*(f_1 + f_2) \right]$$