

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	非ガウス性不規則励振を受ける振動系の応答解析に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	土田崇弘
Author(English)	Takahiro Tsuchida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4129号, 授与年月日:2016年4月30日, 学位の種別:論文博士, 審査員:木村 康治,笹島 和幸,高原 弘樹,天谷 賢治,中尾 裕也
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4129号, Conferred date:2016/4/30, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

報告番号	乙 第	号	氏 名	土田 崇弘
------	-----	---	-----	-------

(要 旨)

実在する不規則励振の中には、顕著な非ガウス性を示す励振も存在する。そのような励振を従来のようにガウス性と仮定して応答解析を行っても、正しい解析結果が得られないことが考えられるため、励振の非ガウス性を適切に考慮した応答解析が重要である。本研究では、非ガウス励振系の研究に関する課題の中で、特に以下の点に着目する。

非ガウス性励振を受ける系の応答特性を調べた先行研究の知見を比較すると、いくつかの類似した性質を確認できる。そのため、励振の非ガウス性に起因する一般的な応答特性の存在が予想されるが、現在の所、十分に明らかでない。励振の非ガウス性の多様さや、非ガウス過程の解析的な取扱いの煩雑さなどの理由から、非ガウス性励振の場合には、汎用的な応答解析手法の開発もまた十分に進んでいない。また、非ガウス性励振のモデル化・生成の様々な方法が提案されているが、いずれもモデル化可能な確率分布・パワースペクトルの範囲に制限がある、または生成時に過大な反復計算が要求されるなどの問題を有している。そのため、様々な非ガウス性をもつ励振のモデル化・生成に応用可能な効率的な手法の開発が求められている。

本研究では、非ガウス性不規則励振を受ける振動系を対象とし、

- ・励振の非ガウス性によって現れる一般的な応答特性の調査
- ・様々な非ガウス分布をもつ励振を受ける振動系に適用可能な応答解析手法の提案
- ・包絡線分布を用いた狭帯域非ガウス過程の生成法の提案

を目的とする。

本論文は6章から構成される。各章の概要を以下に示す。

第1章：緒論

非ガウス性励振のモデル化と非ガウス励振系の応答解析の手法に関して、従来研究の概観と課題の提示を行った上で、本研究の目的と概要を述べた。

第2章：帯域幅を考慮した非ガウス性不規則励振を受ける線形系・非線形系の応答分布

非ガウス分布とパワースペクトルによって規定される励振を受ける線形系と非線形系の応答分布をモンテカルロ・シミュレーションによって求め、その応答分布に現れる一般的な傾向について調べた。励振帯域幅が系の帯域幅に比べて広い場合、励振の非ガウス分布の違いによらず、ガウス性ホワイトノイズを受ける系の応答分布に近い形状となること、また、励振帯域幅が系の帯域幅に比べて狭い場合、励振分布に近い形状の応答分布となることを示した。

第3章：等価非ガウス励振化法を用いた非ガウス性不規則励振を受ける振動系の応答モーメントの解析

非ガウス性励振を受ける系の4次までの応答モーメントを求めるために、等価非ガウス励振化法という手法を提案した。非ガウス性励振をCai and Linの確率微分方程式モデルで記述するとき、その確率微分方程式と系の運動方程式から、応答のモーメント方程式を導出することができる。しかし、励振分布として一般的な非ガウス分布形状のものを対象とすると、励振の確率微分方程式の拡散係数が複雑な形となり、モーメント方程式は閉じない。提案手法では、その拡散係数を2次多項式で与えられる等価拡散係数で置き換える。

計算例として、3種の非ガウス分布をもつ励振を受ける線形系に提案手法を適用し、応答分散が厳密に得られること、また歪度と尖度についても、様々な分布形状と帯域幅をもつ励振の場合で、精度良く得られることを示した。また、等価拡散係数に対応する等価非ガウス性励振の確率密度の分布の歪度と尖度が、もとの励振分布の歪度と尖度に良く一致することを示した。

第4章：最小クロスエントロピー法による非ガウス不規則励振系の応答分布の解析

非ガウス性励振を受ける非線形系の応答分布を最小クロスエントロピー法によって求める方法を提案した。この際、最大エントロピー法を用いた解析の先行研究を参考にし、最小クロスエントロピー法で用いる拘束条件を確率密度の正規化条件とモーメント方程式とした。また、2章で得られた知見をもとに、励振と系の帯域幅比に応じた3通りの先験確率分布の与え方を新たに提案した。

計算例として、非ガウス性の特徴が大きく異なる2種の励振を受けるDuffing系に提案手法を適用し、その妥当性を示した。

第5章：包絡線分布を用いた狭帯域非ガウス確率過程の生成法

非ガウス分布と狭帯域型パワースペクトルで規定される確率過程をCai and Linにより開発された方法で生成するとき、2つの条件を満たす2変数の結合分布を見つける必要があるが、その結合分布を求めるための一般的な方法は示されていない。本章では、Cai and Linの方法を用いて様々な対称型確率密度をもつ狭帯域非ガウス過程を生成するために、上述の結合分布を、与えた非ガウス分布に対応する包絡線分布から求める方法を提案した。

提案手法を用いて4通りの非ガウス分布、帯域幅、卓越振動数をもつ確率過程を生成し、手法の有効性を示した。

第6章：結論

上記の研究を通して得られた結果を整理して本研究の結論とし、今後の課題を述べた。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(論文博士)

論 文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	土田 崇弘
(要 旨) In this thesis, the dynamic system subjected to non-Gaussian random excitation was studied. In chapter 2, the response distributions of linear and nonlinear systems subjected to non-Gaussian random excitation were investigated. The excitation is prescribed by the non-Gaussian probability density and the power spectrum with a wide range of the bandwidth. When the excitation bandwidth is wide, the response distributions are almost the same shape determined by the system nonlinearity, regardless of the non-Gaussianity of the excitation. On the other hand, when the excitation bandwidth is narrow, the response distributions are similar to the excitation distribution. In chapter 3, equivalent non-Gaussian excitation method was proposed to obtain the moments up to the fourth order of the response of systems under non-Gaussian random excitation. The moment equations of the response are not closed due to the nonlinearity of the diffusion coefficient in the governing equation for the excitation. In the proposed method, the diffusion coefficient is replaced with the equivalent diffusion coefficient approximately to obtain a closed set of the moment equations. The method can yield the variance of the response exactly and estimate the skewness and kurtosis of the response accurately. In chapter 4, a method based on the minimum cross entropy principle was presented for obtaining the response distributions of nonlinear systems under non-Gaussian random excitation. In this study, three types of a priori distributions were proposed by taking account of the bandwidth ratio between the excitation and the system. The numerical examples indicate the effectiveness of these a priori distributions. In chapter 5, an envelope distribution approach was developed for generation of narrowband non-Gaussian processes. The proposed approach is based on the method using stochastic differential equations. To construct the stochastic differential equations, we need a joint probability distribution, which satisfies the two conditions. In the present method, the joint distribution is obtained from the envelope distribution corresponding to the target non-Gaussian probability density. The proposed approach is applicable to generation of narrowband processes with a variety of non-Gaussian probability densities.				

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).