

# 強非線形振動系に対する平均法の高性能化 に関する研究

(研究課題番号 15560202)

平成 15 年度～平成 16 年度

科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)）研究成果報告書

平成 17 年 3 月

研究代表者 岡部 匡

(宮崎大学工学部助教授)

## は し が き

本報告書は、平成15年度、日本学術振興会より科学研究費補助金の交付を受けて行った基盤研究(C)(2)「強非線形振動系に対する平均法の高性能化に関する研究」の研究成果をとりまとめたものである。

本研究は、おもに宮崎大学工学部機械システム工学科において、下記の組織で行った。また、本研究で得られた成果の一部は下記の研究発表の項に示したように、すでに研究期間の途中で公表し、一部は研究期間後に公表が予定されている。

最後に、本研究に対し、ご支援頂いた(財)日本学術振興会並びに関係各位に深くお礼を申し上げます。

## 研 究 組 織

研究代表者 : 岡 部 匡 (宮崎大学工学部 助教授)  
研究分担者 : 近 藤 孝広 (九州大学大学院工学研究院 教授)

## 交付決定額 (配分額)

(金額単位: 千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成15年度	500	0	500
平成16年度	300	0	300
総 計	800	0	800

## 研 究 発 表

### (1) 学 会 誌 等

Tadashi OKABE, Takahiro KONDOU and Hideyuki.TSUMURA

High Performance Averaging Method for Systems Based on a Strongly Quadratic Nonlinear Oscillator

Proceedings of Asia-Pacific Vibration Conference '03, Vol.2, pp.538-543, 2003.11.

Tadashi OKABE

An Elliptic Averaging Method for Systems Based on Duffing Snap-Through Spring System,

Proceeding of 3<sup>rd</sup> Conference on Vibration Engineering and Technology of Machinery & ACSIM-2004, Vol. 2, pp.684-696, 2004.12

岡部 匡, 近藤 孝広, 津村 英幸,

強非線形 2 次ばね系を基盤とする系に対する平均法の高性能化に関する研究  
日本機械学会論文集(C 編), 第71巻第701号, pp.5-12, 2005年1月

## (2) 口頭発表

岡部 匡, 近藤 孝広, 津村 英幸

楕円型平均法に関する研究 (分数調波振動の解析)

日本機械学会 D&D Conference 2004 講演論文集&CD-ROM 論文集,  
No.04-5, pp.286, 2004 年 9 月

## (3) 出版物

なし

## 研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし

# 目 次

第1章 緒 言	1
第2章 Duffing 型振動系を基盤とする系に対する単項型楕円型平均法	4
2.1 基礎式	4
2.2 ヤコビの楕円関数に対する一般化表記とその微分公式	5
2.3 Duffing 型振動系の自由振動解	6
2.4 Duffing 型振動系を基盤とする系に対する楕円平均法	7
2.4.1 摂動系に対する近似解の仮定	7
2.4.2 時間微分公式	8
2.4.3 平均化方程式の導出	8
2.4.4 定常周期解の決定	12
2.4.5 通常の平均法との関係	12
2.4.6 適用限界に関する注意	13
2.4.7 単項型楕円平均法の分類	13
2.5 安定判別	14
2.5.1 基礎式の変分方程式を利用する方法	14
2.5.2 平均化方程式を利用する方法	15
2.6 cn 型平均法による計算結果	16
2.6.1 強制漸硬型 Duffing 系に対する適用	16
A. 計算モデルおよび付帯条件	16
B. 振幅と位相の周波数応答	17
C. 計算精度	18
D. 調波振幅の周波数応答	19
E. 振動波形	22
F. 摂動項の大きさによる rms 誤差の変化	22
2.6.2 Duffing-van der Pol 系に対する適用	23
2.7 sn 型平均法による計算結果 (振子型振動系への適用)	24
2.8 dn 型平均法による計算結果 (ガタ系への適用)	26
第3章 2次ばね系を基盤とする系に対する楕円型平均法	28
3.1 基礎式と2次ばね系の自由振動解	28
3.1.1 基礎式	28
3.1.2 2次ばね系の自由振動解	28
3.2 2次ばね系を基盤とする系に対する楕円型平均法	29

3.2.1	摂動系に対する近似解の仮定	29
3.2.2	平均化方程式の導出	29
3.2.3	定常周期解の決定	32
3.2.4	安定判別	33
3.3	数値計算結果	33
3.3.1	計算条件	33
3.3.2	強制2次ばね系	34
3.3.3	3次の非線形項を有する強制2次ばね系	39
3.3.4	磁気浮上系	39
第4章	cn関数とsn関数の結合した関数を母解とする楕円型平均法	41
4.1	基礎式	41
4.2	cn+sn型楕円平均法	42
4.2.1	解の仮定	42
4.2.2	時間微分公式	43
4.2.3	平均化方程式の導出	43
4.2.4	定常解の計算	47
4.2.5	安定判別	48
4.3	数値計算結果	49
4.4.1	漸硬型 Duffing 系	49
A.	基本調波振動	49
B.	3次高調波共振	53
4.4.2	漸軟型 Duffing 系	57
4.4.3	5次ばね系	58
4.4.4	強制 Duffing-van der Pol 系	60
4.4.5	強制 Duffing-Mathieu 系	63
4.2.6	分数調波振動	65
A.	強制漸硬型 Duffing 系の 1/3 分数調波振動	65
B.	強制漸硬型 Duffing 系の 1/5 分数調波振動	68
C.	強制漸軟型 Duffing 系の 1/3 分数調波振動	71
第5章	結 論	73
	文 献	75