

# 目 次

<b>第 1 章</b>	<b>振動の基礎</b>	<b>1</b>
1.1	振動とは	1
1.2	振動現象と力学モデルの記述方法	1
1.2.1	調和振動と周期運動	2
1.2.2	いろいろな振動の原因と種類	3
1.2.3	不規則波と統計的性質	3
1.2.4	自由度と動的モデル	4
1.2.5	非線形モデル	7
1.2.6	線形要素モデルの結合	7
1.3	運動の法則と運動方程式	7
1.3.1	力学法則と性質	8
1.3.2	運動方程式の立て方	9
1.3.3	微分方程式の解の性質	10
1.4	振動工学に多用される単位	11
1.5	調和振動の合成と複素数表示	12
1.5.1	調和振動の合成	12
1.5.2	調和振動の複素数表示	14
1.5.3	直角方向の重ね合わせ	15
1.6	位相平面トラジェクトリ	15
1.7	不規則振動とフーリエ解析	16
1.7.1	フーリエ級数	17
1.7.2	フーリエ級数の性質	18
1.7.3	有限フーリエ級数	19
1.7.4	フーリエ積分, フーリエ変換	20
<b>第 2 章</b>	<b>1 自由度系の振動</b>	<b>21</b>
2.1	自由振動	21
2.1.1	1 質点系の自由振動	21
2.1.2	エネルギー法	24
2.1.3	粘性減衰のある自由振動	28

2.1.4	摩擦力が作用する場合の減衰自由振動	33
2.1.5	粘性減衰と摩擦減衰が作用する場合の減衰自由振動	35
2.2	強制振動	36
2.2.1	調和外力による不減衰系の強制振動	36
2.2.2	減衰系の強制振動	38
2.2.3	基礎励振系の強制振動	41
2.2.4	等価質量	43
2.2.5	振動伝達と振動絶縁	44
2.3	任意外力による振動と応答	46
2.3.1	単位ステップ関数に対する応答	46
2.3.2	単位インパルス関数に対する応答	48
2.3.3	任意外力の基本関数による表し方と応答	50
<b>第3章</b>	<b>2自由度系の振動</b>	<b>57</b>
3.1	2自由度ばね質点系の自由振動	57
3.1.1	運動方程式の考え方	57
3.1.2	減衰のない場合の自由振動	58
3.1.3	減衰のある場合の自由振動	62
3.2	減衰のない各種2自由度振動系の自由振動	64
3.2.1	2自由度ねじり振動系の場合	64
3.2.2	両端がばねで支持されたテーブルの場合	66
3.3	2自由度ばね質点系の強制振動	68
3.3.1	減衰のない強制振動	68
3.3.2	減衰のある強制振動	71
3.3.3	基礎励振を受ける2自由度系	74
<b>第4章</b>	<b>多自由度系の振動</b>	<b>79</b>
4.1	多自由度系の運動方程式	79
4.1.1	運動方程式の考え方	79
4.1.2	ラグランジュの方程式に基づく導出	80
4.2	多自由度系の自由振動	82
4.2.1	固有振動数と固有振動モード	82
4.2.2	固有モードの直交性とモード質量, モード剛性	84
4.2.3	固有モードの正規化とモード行列	86
4.2.4	自由振動の解	88
4.3	多自由度系の強制振動	90
4.4	モーダル解析による多自由度系の振動解析	92
4.4.1	自由振動	92
4.4.2	強制振動	93
4.4.3	減衰がある場合の強制振動	96
4.4.4	基礎から加速度励振を受ける場合の応答	97

<b>第5章 連続体の振動</b>	<b>101</b>
5.1 弦の振動 (1次元波動方程式)	101
5.1.1 波動方程式のダランベールの解法	102
5.1.2 定常波の方法	104
5.1.3 2次元, 3次元の波動方程式の例	108
5.2 棒の縦振動	108
5.2.1 両端自由棒	110
5.2.2 一端固定他端自由棒	110
5.3 棒の横振動	113
5.3.1 両端単純支持の場合	115
5.3.2 一端固定他端自由 (片持はり) の場合	116
5.3.3 モード関数の直交性	118
5.3.4 初期条件を満足する解	119
5.4 棒の強制振動	119
5.4.1 棒の縦方向の強制振動	119
5.4.2 棒の横方向の強制振動	122
5.5 長方形薄膜および板の振動	123
5.6 円形薄膜および板の振動	127
<b>第6章 非線形振動</b>	<b>135</b>
6.1 非線形性	135
6.2 位相平面	136
6.3 単振り子の振動	138
6.4 ダフィング振動系	141
6.4.1 自由振動応答	142
6.4.2 強制振動応答	144
6.4.3 非線形応答とカオス応答	147
<b>第7章 振動制御とコンピュータによる時刻歴応答計算</b>	<b>151</b>
7.1 振動制御問題	151
7.1.1 振動制御とは?	151
7.1.2 振動制御の種類	152
7.2 パッシブ (受動) 制御	153
7.2.1 力伝達率と変位伝達率	153
7.2.2 不減衰固有円振動数 $\omega_n$ を変更したときの伝達率の変化	154
7.2.3 減衰比 $\zeta$ を変更したときの伝達率の変化	156
7.3 アクティブ (能動) 制御	158
7.3.1 アクティブ制御の概要	158
7.3.2 相対変位・速度のフィードバック	159
7.3.3 スカイフック制御則	160

7.3.4	状態フィードバック：アクティブ制御の一般的記述	161
7.4	セミアクティブ（準能動）制御	166
7.4.1	セミアクティブ制御の概要	166
7.4.2	アクティブ制御規範型セミアクティブ制御	167
7.4.3	リヤプノフ関数に基づくセミアクティブ制御	168
7.5	数値解法による時刻歴応答の計算	170
7.5.1	数値解法とは？：その必要性	170
7.5.2	オイラー法	171
7.5.3	修正オイラー法	172
7.5.4	ルンゲ・クッタ法	174
<b>付録 A</b>	<b>複素数を用いた強制振動問題の解法</b>	<b>179</b>
A.1	不減衰系	179
A.2	減衰系	179
A.2.1	力励振の場合	179
A.2.2	基礎励振の場合	180
<b>付録 B</b>	<b>ラプラス変換による振動問題の解法</b>	<b>183</b>
B.1	ラプラス変換の定義	183
B.2	ラプラス変換を用いた自由振動問題の解法	184
B.3	外力に対する応答計算：伝達関数	185
	<b>章末問題 解答例</b>	<b>189</b>
	<b>参考文献</b>	<b>217</b>
	<b>索引</b>	<b>219</b>