

# 目 次

## 1 章 機械力学におけるモード解析

1-1	モード解析に対する期待	2
1-1-1	モード解析実用の現状	2
1-1-2	減衰の決定	3
1-1-3	係数励振の関与	3
1-1-4	おわりに	4
1-2	モード解析法といわないでのモード解析	4
1-2-1	そのいきさつ	4
1-2-2	地震応答観測の目的と対象	5
1-2-3	モード測定実験	6
1-2-4	自然地震の応答観測	7
1-2-5	オーバル応答の分析	7
1-2-6	貯槽殻の座屈	8
1-2-7	配管の応答モードの推定	9
1-2-8	モード解析以前のモード解析	9
	参考文献	10

## 2 章 モード解析の基礎 —— 基礎理論および歴史と展望

2-1	基礎	12
2-1-1	1自由度系の自由振動	12
2-1-2	1自由度系の強制振動	13
2-1-3	1自由度系の伝達関数	14
2-1-4	2自由度系	17
2-1-5	多自由度系	18

2-2	歴史と展望	21
2-2-1	モード解析の歴史	21
2-2-2	モード解析の展望	21
2-3	現状と問題点	29
2-3-1	はじめに	29
2-3-2	加振実験による周波数応答関数の測定	29
2-3-3	モード特性の分離	36
2-3-4	構造変更シミュレーション	38
2-3-5	おわりに	38
	参考文献	38

### 3章 技術と方法

3-1	振動試験	42
3-1-1	構造物の支持方法	42
3-1-2	加振方法の選択	42
3-1-3	加振機の選択と取付方法	45
3-1-4	応答測定法の選択	46
3-1-5	応答検出器の取付法	47
3-1-6	応答検出器の較正	47
3-2	データ処理	48
3-2-1	データ処理の分類	48
3-2-2	加算平均法	50
3-3	フーリエ変換と時系列解析	54
3-3-1	フーリエ級数	54
3-3-2	フーリエ変換	55
3-3-3	離散値フーリエ変換 (DFT)	58
3-3-4	高速フーリエ変換 (FFT)	58
3-3-5	FFTを用いた時系列解析の手順	59
3-3-6	自己回帰モデルによる時系列解析法 (AR法)	60
3-4	音響計測 (音響インテンシティ測定法のための基礎)	62
3-4-1	はじめに	62
3-4-2	A.I.V. の定義	63
3-4-3	音源総放射パワー測定時の誤差要因について	65

3-4-4	おわりに	68
3-5	非線形系の振動解析	68
3-5-1	等価線形化法による非線形系の周波数応答解析	69
3-5-2	ヒルベルト (Hilbert) 変換	73
3-6	曲線適合	74
3-6-1	偏分反復法	75
3-6-2	プロニーの方法	77
3-6-3	偏分反復法とプロニーの方法の比較	79
3-6-4	多点参照法	80
3-6-5	おわりに	80
3-7	多点励振法	81
3-7-1	各種の多点励振法	81
3-7-2	多点励振法の必要性	85
3-8	系定数の同定	86
3-8-1	概説	86
3-8-2	感度解析と最小二乗法	87
3-8-3	最小二乗法における評価関数	88
3-8-4	同定の実行と実行例	90
3-8-5	おわりに	93
3-9	有限要素法	93
3-9-1	有限要素法の概要	94
3-9-2	平面問題	95
3-9-3	動的問題	99
3-10	部分構造合成法	99
3-10-1	部分構造合成法の種類	100
3-10-2	部分構造合成法の特徴	102
3-10-3	代表的な方法の説明	102
3-11	係数励振と非線形減衰を有する系へのモード解析適用例	107
3-11-1	問題の設定	107
3-11-2	モード解析法と等価線形化法の適用	108
3-11-3	分散の安定条件	108
3-11-4	定常応答の分散	109
3-11-5	実験値との比較	110
3-11-6	実験的モード解析への応用	111

参 考 文 献 .....	111
---------------	-----

## 4章 システム事例

4-1 汎用ダイナミックデザインアナリシスシステム——K-DAP .....	118
4-1-1 K-DAP 総合システムの構成 .....	118
4-1-2 解 析 機 能 .....	120
4-2 ミニコンピュータを用いたモード解析システム .....	125
4-2-1 ま え が き .....	125
4-2-2 LABTA の概要 .....	125
4-2-3 LABTA/MA の概要と特徴 .....	126
4-2-4 システム構成 .....	128
4-2-5 LABTA/MA の処理内容 .....	128
4-2-6 お わ り に .....	132
4-3 モード解析システム-DYANA .....	133
4-3-1 ま え が き .....	133
4-3-2 従来のモード解析システムの問題点 .....	133
4-3-3 モード解析システム-DYANA の開発 .....	134
4-3-4 DYANA による振動解析の実例 .....	139
4-4 汎用パーソナルコンピュータによるモード解析システムの開発 .....	141
4-4-1 は じ め に .....	141
4-4-2 開発のねらい .....	141
4-4-3 システムの特徴 .....	142
4-4-4 システム構成 .....	144
4-4-5 機 能 概 要 .....	145
4-4-6 お わ り に .....	146
4-5 パーソナルコンピュータを利用した簡易型動剛性評価支援システム .....	147
4-5-1 は じ め に .....	147
4-5-2 簡易型動剛性評価支援システムの機能 .....	147
4-5-3 簡易型動剛性評価支援システムの内容 .....	148
4-5-4 簡易型動剛性評価支援システムの適用例 .....	150
4-5-5 お わ り に .....	153
参 考 文 献 .....	153

## 5章 車両への応用

5-1 大型トラックの振動乗り心地解析 .....	156
5-1-1 ま え が き .....	156
5-1-2 計算モデルの構成と検証 .....	156
5-1-3 キャブサスペンションシステム開発への応用 .....	159
5-1-4 トラクタの振動乗り心地改良 .....	160
5-2 車両の振動問題におけるモード解析の応用例 .....	162
5-2-1 は じ め に .....	162
5-2-2 入力系の計算 .....	162
5-2-3 加振力の逆計算方法 .....	164
5-2-4 低周波振動問題のモード解析例 .....	165
5-3 部分構造合成法の小型トラックへの応用 .....	167
5-3-1 モード合成法の数学的背景 .....	167
5-3-2 小型トラックへの部分構造合成法適用手順 .....	168
5-3-3 モデル化方法とシミュレーション結果 .....	170
5-3-4 計算モデルの活用 .....	172
5-3-5 当社の解析システム .....	172
5-3-6 お わ り に .....	173
5-4 有限要素モデルによるシリンダブロックの放射騒音予測 .....	174
5-4-1 概 要 .....	174
5-4-2 計 算 方 法 .....	174
5-4-3 放射騒音レベル計算例 .....	176
5-4-4 設計変更時の騒音予測 .....	179
5-4-5 お わ り に .....	179
5-5 振動騒音問題への感度解析の応用 .....	180
5-5-1 は じ め に .....	180
5-5-2 設計感度係数 .....	180
5-5-3 車両振動解析 .....	180
5-5-4 車室内音場解析 .....	183
5-5-5 お わ り に .....	185
5-6 建設機械・産業車両への応用 .....	186
5-6-1 設計段階における強度問題への応用 .....	186

5-6-2	設計段階における振動問題への応用	189
5-6-3	トラブルシューティング段階における強度問題への応用	190
5-6-4	トラブルシューティング段階における振動問題への応用	191
5-6-5	トラブルシューティングへの感度解析の試み	193
参 考 文 献		194

## 6章 工作機械への応用

6-1	大型工作機械への応用	198
6-1-1	有限要素法とモード解析	198
6-1-2	有限要素法による解析	198
6-1-3	モード解析	200
6-1-4	モード解析の特殊な例	204
6-1-5	モード解析の今後の工作機械への応用	205
6-2	円筒研削盤におけるモード解析	207
6-2-1	はじめに	207
6-2-2	現状の機械の動剛性の把握	207
6-2-3	機械構造変更後の動剛性シミュレーション	210
6-2-4	おわりに	212
6-3	専用研削盤のモード解析	213
6-3-1	研削盤の振動	213
6-3-2	モード形の測定	214
6-3-3	大型内面研削盤の解析	216
6-3-4	おわりに	218
参 考 文 献		219

## 7章 電気機器への応用

7-1	電気機器への応用：その1	222
7-1-1	電気機器へのモード解析利用の現状	222
7-1-2	電気機器への応用例	224
7-1-3	今後の動向と研究課題	227
7-2	電気機器への応用：その2	228
7-2-1	エレベータへの応用	228

7-2-2	ロボットへの応用	231
7-3	重電機器への応用	233
7-3-1	蒸気タービン最終段長翼への適用例	233
7-3-2	支持系を含む軸振動問題への適用例	236
7-3-3	発電機固定子への適用例	238
7-3-4	軸ねじり振動監視装置への応用	239
7-3-5	おわりに	240
	参考文献	241

## 8章 重工業における応用

8-1	大型機器への応用	244
8-1-1	大型回転機械への応用	244
8-1-2	熱交換器設計への応用	247
8-1-3	船舶への応用	250
8-2	回転軸系の振動特性解析への応用	252
8-2-1	まえがき	253
8-2-2	軸受台の動特性同定法と回転軸系の複素固有値の計算法	252
8-2-3	計算例と実験例の比較	256
8-3	機械構造物の動的設計へのモード解析の適用	260
8-3-1	まえがき	260
8-3-2	固有値解析の適用例	260
8-3-3	設計改善手法の適用	264
8-3-4	おわりに	266
8-4	過給機とマシニングセンタへの適用例	267
8-4-1	過給機の例	267
8-4-2	マシニングセンタの例	269
	参考文献	275
	索引	277