

科 目		必・選	担 当 教 員		学年・学科			単位数	授 業 形 態				
振 動 工 学 (Vibration Engineering)		必	坂田 光雄		5学年 機械工学科			1	前期 週2時間				
授業概要		機械系の動力学という観点から、振動現象の基礎知識とそのモデル化を解説する。一般に振動現象は数学的な記述が多いことから、まず道具立てとしての数学の基礎事項（複素数、行列、行列式、固有値、微分積分、フーリエ級数など）の復習を行う。その後、具体的な振動系のモデル化を図りながら、自由振動、強制振動の特徴を解説する。											
到達目標		振動現象の基礎知識とそのモデル化を理解し、振動の特性（共振曲線）を理解できるようになる。そして、基礎的な機械の振動防止や除去に応用できるようになる。											
評価方法		中間・期末試験70%、課題レポート・小テスト30%を基準とし評価する。総合評価60点以上を合格点とする。											
教科書等		[教科書] 振動工学の基礎 片岡眞澄、五百井俊宏 共著 コロナ社 、プリント [参考書] 例題で学ぶ振動工学 鈴木浩平編 丸善											
内 容										学習・教育目標			
第 1 週	Ori entati on										C-1		
第 2 週	振動工学の基礎数学		演習：複素数、行列と行列式、微積							C-1			
第 3 週	振動工学の基礎数学		演習：微分方程式、固有値、フーリエ級数							C-1			
第 4 週	力学と振動学		力とエネルギーの原理、自由度と一般化座標							C-1			
第 5 週	力学と振動学		剛体の運動、単振動							C-1			
第 6 週	力学と振動学		振動の合成、振動の分解							C-1			
第 7 週	自由振動		1 自由度系の固有振動、運動方程式の解							C-1			
第 8 週	自由振動		減衰振動と非振動、演習							C-1			
第 9 週	自由振動		試験の講評、2 自由度系の固有振動							C-1			
第10週	自由振動		振動数方程式、振動モード、連成振動の実験							C-1			
第11週	強制振動		1自由度系の強制振動、共振曲線と位相曲線							C-1			
第12週	強制振動		変位励振による強制振動							C-1			
第13週	強制振動		2 自由度系の強制振動、共振曲線、動吸振器							C-1			
第14週	回転機械の振動		振れ回りと危険速度、剛性ロータのつり合い							C-1			
第15週	総まとめ									C-1			
第16週													
第17週													
第18週													
第19週													
第20週													
第21週													
第22週													
第23週													
第24週													
第25週													
第26週													
第27週													
第28週													
第29週													
第30週													
(特記事項)			JABEEとの関連										
			JABEE	a	b	c	d1	d2a) d)	d2b) c)	e	f	g	h
			本校の学習 ・教育目標	A	A	C-1	C-1	C-2	B	B	D	C-3	B

1. 合格ラインについて、特に記載の無いものは、60点以上を合格とします。

2. 定期試験について、特に記載の無いものは、評価配分を均等とします。（【例】年4回定期試験を実施した場合の各定期試験の評価配分は、特に記載の無いものは、25%ずつとなります。）

振動工学（５年 １単位）

機械の動的な問題、特に振動に関する内容を学習する。振動現象の説明では数学的な記述が多いこと、また考え方は力学である。そのため、これまでに学習してきた数学的基礎事項の復習と力学の基礎事項の復習をまず行う。式と現象の関係を明確にすることが重要である。

第２週～３週 数学基礎

振動現象の時間的変化は、正弦波（sin, cos関数）の集まりとして記述できる。周期的な現象は、フーリエ級数によって近似可能である。sin, cos関数は、オイラーの公式

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta \quad (j : \text{虚数単位})$$

により指数関数と関係している。指数関数は微分、積分操作において関数形が変わらないことから、計算が便利である。数式は道具として利用されるもので便利なものほど現象の理解には有効である。ここに、複素数が必然的にでてくこと、また、複雑な振動系（２自由度以上）の解析には行列、行列式の知識が有効となる。振動は運動方程式により記述されたため、微分、積分の知識は必須となる。

第４週～６週 力学基礎

力学の基本は、ニュートンの運動の３法則、運動量の定理とエネルギー保存則、角運動量保存である。具体的振動現象と保存則との関係を明確にすることは今後の問題解決の基礎となる。

上記の基礎事項を復習し、個々の問題に適用して支配方程式を導出できるようになることは機械技術者としての基本条件である。

第７週～１０週 自由振動

振動現象は様々な機械に起こり、きわめて複雑そうに見えるが、本質は３つの基本要素（慣性力、復原力、減衰力）として理解される。その本質をバネ－質点－減衰系という単純化したモデルで表される（図１）。

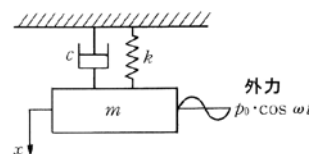


図1

自由振動は振動系が何らかの初期的原因で振動が発生するが、外力の作用を受けない場合である。この時、固有振動と呼び、振動系を構成する質量m、バネ定数k、減衰係数cから振動周期は自動的に決定される。つまり、システム固有の周期を持つことになり、固有周期と呼び、その逆数を固有振動数 ω_n と呼ぶ。固有振動数は２質点が振動する２自由度では２つ、n自由度系ではn個の固有振動数が存在する（固有値問題）。

第１１週～１３週 強制振動

強制振動は、振動系に周期的に変化する外力や車がでこぼこ道を走るときのような場合の振動である。振動系にはシステム固有の振動数があるが、これと周期的に変化する外力の振動数 ω との関係が問題になる。特に固有振動数と外力の振動数が一致するとき、共振現象が起こり、大きな振幅を持つ振動が起こり、装置の破壊につながる。従って、 ω_n と ω の関係、つまり振動現象を理解し、振動をコントロールするためには共振特性の把握が最も重要となる。基本的な共振曲線の例を下図に示す。これは、制御工学のボード線図と基本的に同じである。

第１４週～１５週

回転機械の軸の振れまわり運動について概説し、危険速度や自己調心軸などを説明する。また、釣合い（balancing）の方法について説明する。

