

web 講習会 : 動力学・MBD・振動を学ぼう_2023 後半
(2023 年 7 月～2023 年 12 月)

ねらい: ものづくりのための動力学・MBD(マルチボディダイナミクス)・振動の基礎力と解析力を高める。運動する物体の運動方程式の立て方と解き方を学ぶ。技術者教育のための社内教育や技術者の独習の補助に最適です。

コース:

・コース基本単位 3 コマ* (3 時間) を基本単位とします。 (* 1 コマは 1 時間)

・コースのレベルと料金	初級コース料金	6,600 円 (消費税込)
	中級コース料金	9,900 円 (消費税込)
	上級コース料金	13,200 円 (消費税込)
	受講者要望コース料金	19,800 円 (消費税込)

コースは下記の「[コース内容組立](#)」と「[コース内容一覧](#)」に記載されていますのでご覧ください。

各コースの料金は下記の「[コース内容一覧](#)」に記載されていますのでご覧ください。

同一コース内に単元内容によって初級・中級が混在しています。

団体料金(5 名様以上で 10%割引)があります。ご相談ください。

・コース時間割 (1) 予め時間割が決められたコース ; 開催日の午後 14 時～17 時
コース開催日時一覧表: 別添の Excel ファイル「[コース日時割 : 動力学・MBD・振動を学ぼう_2023 後半 \(2023 年 7 月～2023 年 12 月\)](#)」に掲載。

(2) 時間割を参加者の希望を反映してきめるコース
上記(1)での受講が困難な場合には、つぎの時間帯での受講も可能です。ご相談下さい。月～金; 午前コース 9:30-12:30, 午後コース 14:00-17:00, 夜間コース 18:30-21:30 のいずれかに設定する。

(3) 出前出張コース
ご希望により現地に出張して講義をいたします。日時、時間割、料金等のご相談下さい。

相談連絡先; nobushim@motionlabo.com 担当者 清水 信行(株)モーションラボ

・講師：清水信行、他

コース内容組立:

各コースはつぎの(a)～(e)で分類されています。このなかから希望に合うコースをお選び下さい。

- (a) MBD を学ぶための準備コース
1. Aコース; マルチボディダイナミクスのための基礎数学 (初・中級)
 2. Dコース; 柔軟マルチボディダイナミクスのための基礎連続体力学 (初・中級)
 3. Eコース; 柔軟マルチボディダイナミクスのためのはり理論の基礎 (初・中級)
- (b) 剛体 MBD を学ぶコース*
4. Bコース; 剛体マルチボディダイナミクスの平面理論 (初級)
 5. Cコース; 剛体マルチボディダイナミクスの3次元理論 (初・中級)
- (c) 柔軟 MBD を学ぶコース**
6. Fコース; FFRF による柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)
 7. Gコース; ANCF による柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)
 8. Hコース; GEBF による柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)
- (d) 中・上級柔軟 MBD を学ぶコース***
9. Iコース; 柔軟マルチボディダイナミクスの GEBF による3次元理論 (上級)
 10. Nコース; 柔軟マルチボディダイナミクスの ANCF による3次元理論 (上級)
 11. Jコース; ひも、ロープなどの柔軟 MBD 実務問題の理論 (要望)
- (e) 機械振動を学ぶコース
12. Kコース; 機械振動の基本概念・線形周波数応答・一般応答特性 (初級)
 13. Lコース; 機械振動のマトリクス理論と固有振動数・モード形状 (初・中級)
 14. Mコース; 機械振動の応答関数理論と応答計算への適用 (初・中級)

* Aコースのなかの A1 コースを学んでから受講するのが望ましい。

** Eコースのなかの E1, E2 コースを学んでから受講するのが望ましい。

*** Aコースのなかの A2 コースおよび D コースを学んでから受講するのが望ましい。

コース内容一覧:

1. Aコース; マルチボディダイナミクスのための基礎数学 (初級・中級)

剛体および柔軟体のマルチボディダイナミクスを学習するための数学の基礎を学ぶ。

A1 は剛体マルチボディダイナミクスの準備コース, A2 は柔軟マルチボディダイナミクスの準備コース

テキスト : pdf file にて配布

Aコース 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
A1. 数学の基礎-1 剛体 MBD の数学	3	6,600	ベクトルとマトリックス入門 ; 基準枠と座標、ベクトル、幾何ベクトルと代数ベクトル、内積、外積、基底ベクトル、マトリックス、ベクトルとマトリックスの演算と微分、例題と演習
A2. 数学の基礎-2 柔軟体 MBD の数学	3	9,900	テンソル入門 ; 基底ベクトル、2 階のテンソル、テンソル積、テンソルの線形変換、ベクトルとテンソルの不変量、正規直交テンソル、線形化と方向微分、テンソル解析、勾配と発散、積分定理、例題と演習

2. Dコース; 柔軟マルチボディダイナミクスのための基礎連続体力学 (初・中級)

柔軟体のマルチボディダイナミクスのための連続体力学の基礎を学ぶ。

テキスト : pdf file にて配布 (Bonet & Wood の本に基づく)

Dコース 単元とタイトル (本の章・節との対応)	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
D1. 連続体力学の準備-1 キネマティクス・運動・ひ ずみ (3.1 節～3.9 節)	3	6,600	運動とひずみ ; 運動、物質記述と空間記述、変形勾配テンソル、ひ ずみ、極分解、体積変化、変形勾配のゆがみ成分、 面積の変化
D2. 連続体力学の準備-2 キネマティクス・時間変 化率 (3.10 節～3.15 節)	3	9,900	線形化運動学と時間変化率 ; 線形化された変形勾配、速度と物質時間変化率、 変形の時間変化率、スピンテンソル、体積の時間変 化、剛体回転と客観性
D3. 連続体力学の準備-3 応力・釣り合い (4 章)	3	6,600	応力と釣り合い ; コーシー応力、釣り合い、仮想仕事の原理、仕事の共 役性、代替応力テンソル、応力の時間変化率、客観 応力の時間変化率
D4. 連続体力学の準備-4 式の誘導と演習 (4 章後半)	3	9,900	ひずみと応力の例題と演習 ; 一軸運動、一様変形、グリーンとアルマンジひずみ、 極分解、体積成分とゆがみ成分、物質時間変化率、 自重下のブロック、第 2 Piola-Kirchhoff 応力テンソ ルの客観性

3. Eコース; 柔軟マルチボディダイナミクスのためのはり理論の基礎 (初・中級)

微小ひずみ線形はり理論の FEM による定式化の基礎と 2 次元と 3 次元はりモデルの実務的なはり理論を学び FEM による数値的な解析法と計算法の基礎を学ぶ。

テキスト : pdf file にて配布 (鷲津の本と Kurishnamoorthy の本に基づく)

Eコース 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
E1. はり理論の基礎-1 2次元はり理論	3	6,600	2次元はり理論 ; エネルギー法、計算例題 ; 初等はり理論、Bernoulli-Euler はり、変位法、要素剛性マトリックス、エネルギー原理による要素剛性マトリックス、レーリー・リッツ法、最小ポテンシャルエネルギーの原理。トラス要素、2次元はり要素の剛性および質量マトリックス
E2. はり理論の基礎-2 2次元はり理論つづき 3次元はり理論	3	9,900	2次元はり理論つづきと3次元はり理論 ; 2次元はりの変換マトリックス、2次元はりの計算例。 3次元はり要素、ねじり、3次元はり要素の剛性および質量マトリックス、3次元はりの変換マトリックス

4. Bコース; 剛体マルチボディダイナミクスの平面理論 (初級)

2次元平面問題のマルチボディダイナミクスの理論を学び定式化できるようにする。

このコースは A1 コースを学んでから受講するのが望ましい。

テキスト : pdf file にて配布

Bコース 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
B1. 2次元キネマティクス-1 キネマティクスの基礎	3	6,600	剛体の運動学 ; 質点の運動学、剛体の運動学、物体の座標、物体の速度、物体の加速度、座標と自由度、拘束式、いろいろなジョイント、回転ジョイント、並進ジョイント、歯車のペア、カム、例題と演習
B2. 2次元キネマティクス-2 モデル化と定式化	3	6,600	基準枠によるジョイント拘束式の記述 ; モデル化と定式化の手順、ジョイントの種類、ジョイントの拘束方程式、回転ジョイント、並進ジョイント、駆動拘束、速度と加速度拘束のヤコビアン、機械システムのヤコビアン構成法、例題と演習
B3. 2次元ダイナミクス-1 ダイナミクスの基礎	3	6,600	剛体の動力学 ; 質点と質点系のダイナミクス、剛体のダイナミクス、並進運動方程式、回転運動方程式、質量と慣性モーメント、作用力、力要素、反力、ラグランジュ乗数法、例題と演習
B4. 2次元ダイナミクス-2 モデル化と定式化	3	6,600	拘束のある機械システムの運動方程式の記述 ; 拘束のない剛体、拘束された剛体、拘束のない剛体系、拘束された剛体系、機械システムの運動方程式の構成法・記述法、反力、可変振り子、ピストン・クランク機構、例題と演習

5. Cコース; 剛体マルチボディダイナミクスの3次元理論 (初・中級)

3次元の空間問題に対するマルチボディダイナミクスの理論を学び定式化できるようにする。

テキスト：マルチボディダイナミクス(1) —基礎理論— コロナ社の本
資料をpdf fileにて配布

Cコース 単元とタイトル (本の章との対応)	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
C1. 3次元キネマティクス-1 座標と位置 (3章と4章)	3	6,600	座標と自由度および位置と姿勢 ; 座標と自由度、一般化座標、拘束、直交座標と拘束、座標変換、座標変換マトリックス、位置と位置ベクトル、回転姿勢の表現、回転の角度表現
C2. 3次元キネマティクス-2 速度と加速度 (5章)	3	6,600	角速度・速度および角加速度・加速度 ; 角速度、座標変換マトリックスの時間微分と角速度、角速度ベクトルの性質、速度、角速度と回転角の時間微分、角加速度
C3. 3次元キネマティクス-3 仮想変位と拘束式 (7章と8章)	3	9,900	仮想変位と変分および剛体系の拘束式 ; 仮想変位と仮想回転、速度と角速度の変分量、二つのベクトル間の拘束式、二つの物体間の拘束式、球ジョイント、回転ジョイント、絶対拘束、駆動拘束、拘束式の導関数
C4. 3次元ダイナミクス-1 質量と慣性マトリックス (10章)	3	6,600	力学の基本特性 ; 質量の幾何、慣性マトリックス、運動量、角運動量、力とトルク、力要素、ばね、ダンパ、アクチュエータ、接触・摩擦
C5. 3次元ダイナミクス-2 ダランベールの原理 (11章)	3	9,900	ダランベールの原理とラグランジュの方程式 ; 仮想仕事、仮想仕事の原理、一般化座標と一般化力、ダランベールの原理、ラグランジュの方程式、拘束のあるラグランジュの方程式
C6. 3次元ダイナミクス-3 多体系の運動方程式 (13章)	3	9,900	多体系の運動方程式 ; 剛体のダイナミクス、多剛体系のダイナミクス、拘束のない多剛体系、拘束のある多剛体系の変分方程式、拘束のある多剛体系の運動方程式、ラグランジュ乗数

6. Fコース; FFRFによる柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)

浮動基準枠法(FFRF)による2次元平面はりのマルチボディ理論を学ぶ。その特徴を学び適用性を理解する。

テキスト : pdf fileにて配布 (A.A.Shabanaの本 Dynamics of Multibody Systems, 2nd ed., その他に基づく)

Fコース 単元とタイトル (本の章・節との対応)	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
F1. FFRFによるはり-1 キネマティクス (5.1, 5.2, 5.3, 5.4節)	3	9,900	浮動参照枠法の運動学 ; 運動学の記述、Rayleigh-Ritz 近似、浮動参照 枠、速度式、加速度式、柔軟体の慣性、質量マトリ クス、空間内の運動、平面運動、集中質量、一般化 力、一般化弾性力、一般化外力、運動学的拘束、 中間ジョイント座標
F2. FFRFによるはり-2 ダイナミクス (5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 節)	3	9,900	浮動参照枠法の動力学 ; 運動方程式、2次速度ベクトル、一般化ニュートン・ オイラー方程式、基準変位と弾性変位の連成、慣性 形状積分、弾性動力学理論、変形可能な物体の 軸、形状関数、応用例、仮定変位場、接続棒、未定 乗数を用いた動的方程式、数値手順、一般化座標 分割法、独立座標と従属座標、埋め込み技法

7. Gコース; ANCFによる柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)

絶対節点座標法(ANCF)による2次元平面(せん断)はりの理論を学ぶ。その特徴を学び適用性を理解する。

テキスト : pdf file にて配布 (Shabanaの本とNachbagauerらの2011年の論文に基づく)

Gコース 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
G1. ANCFによるはり-1 基本理論	3	9,900	絶対節点座標法(ANCF)の考え方 ; 絶対座標、運動エネルギーと質量マトリックス、変形、 はり理論、Bernoulli-Euler はり、Timoshenko はり、 アイソパラメトリック、剛性マトリックスの定式化、運動 方程式、一般化外力、FFRFとの関係、整合質量、 速度変換、例題と演習
G2. ANCFによるはり-2 構造問題への定式化	3	9,900	非線形の構造棒理論と ANCF ; FEM アイソパラメトリック、はりの軸座標と横座標に対 する導関数、節点変位の ANCF、形状関数、ひずみエ ネルギー、変形勾配テンソル、一般化弾性力、剛性マ トリックス、Reissner、Simo、Vu-Quoc に基づく定式 化、数値例題、3次元への発展

8. Hコース; GEBFによる柔軟マルチボディダイナミクスの平面はり理論 (中級)

Simo の幾何学的に厳密なはりの定式化法(GEBF)による 2 次元平面せん断はりの理論を学ぶ。その特徴を学び適用性を理解する。

テキスト : pdf file にて配布 (Simo の 2 次元柔軟はりの論文の Part 1 と Part 2 に基づく)

Hコース 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
H1. GEBF によるはり-1 基礎理論	3	9,900	幾何学的に厳密なはりの定式化法(GEBF)の考え方 ; 微小ひずみ古典理論、浮動枠法; 基礎運動学的仮定、ポテンシャルエネルギー、運動エネルギー、運動方程式、慣性項の連成。 GEBF; 基本運動学的仮定、運動エネルギー、ポテンシャルエネルギー、運動方程式、非連成慣性項
H2. GEBF によるはり-2 弱形式による数値計算法	3	9,900	数値解析法 ; Galerkin 法、運動方程式の弱形式、空間離散化、時間ステップ法、時間離散化、陰解法、陽解法、数値シミュレーション、ロボットアームの例、flying spaghetti の例、マルチボディダイナミクスの例、スピニング操作、片持ちはりの減衰有限振動

9. Iコース; 柔軟マルチボディダイナミクスの GEBF による 3次元理論 (上級)

3次元マルチボディダイナミクス問題における Simo の幾何学的に厳密なはり理論と解析法を学ぶ。実問題への適用を学ぶ。

テキスト : pdf file にて配布 (Simo の 3次元柔軟はりの論文の Part 1 と Part 2 に基づく)

Iコース 暫定版 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
I 1. Simo のはり理論 ; キネマティクスとダイナミクス	3	13,200	Simo のはり理論の基本的な考え方と理論-1 ; 準備としての固体力学の基礎、はりの基礎運動学、 移動基底、移動基底の導関数、変形勾配、ひずみ 計量、線及び角運動量、力とトルク、強形式の運動 方程式
I 2. 仮想仕事の原理と線 形化	3	13,200	Simo のはり理論の基本的な考え方と理論-2 ; 弱形式の釣り合い方程式と仮想仕事、内力・慣性 力・外力の仮想仕事、構成方程式、ひずみ合応力の 線形化、仮想仕事の線形化の手順、内力・慣性力の 線形化 (接線オペレータ)
I 3. 有限要素法によるつり 合い方程式の定式化	3	13,200	FEM によるアプローチ ; 離散化と有限要素配列、つり合い力の計算、つりあ い方程式、つり合い方程式の解法と手順、接線剛性 マトリックス、接線質量マトリックス、ひずみベクトルと内 力ベクトル
I 4. 有限要素法による数値 計算	3	13,200	FEM による数値計算法と数値例 ; FEM による解析プログラムの説明。数値積分法。収 束計算法、 解析ソフトの全体のフロー。数値例題 ; 片持ちはり の純曲げ、円弧アーチの点荷重など

10. Nコース; 柔軟マルチボディダイナミクスの ANCF による 3次元理論 (上級)

日程調整中 ご希望の方はお問い合わせください。 nobushim@motionlabo.com

3次元マルチボディダイナミクス問題における非線形はりの ANCF による解析法を学ぶ。実問題への適用を学ぶ。

テキスト : pdf file にて配布 (Nachbagauer, 2013, 2014 の 3次元せん断はりの ANCF 論文の 2編に基づく)

Nコース 暫定 単元とタイトル	コマ 数	費用 (円)	内容 (キーワード)
N1. ANCFによる非線形はりの解析理論-1	3	13,200	ANCFの基本的な考え方とその発展理論 -1; ANCFはりの運動学、弾性力; 標準と改良連続体力学による定式化、Simoのアプローチによる定式化、質量マトリックス、数値例題 ; 片持ちはりの変形、曲げ問題、ねじり問題、はりの振動
N2. ANCFによる非線形はりの解析理論-2	3	13,200	ANCFの基本的な考え方とその発展理論 -2; 1次と2次の ANCFはり有限要素、弾性力; 標準と改良連続体力学による定式化、Simoのアプローチによる定式化、質量マトリックス、拘束方程式、数値例題 ; はりのバックリング、剛・柔2重振子

11. Jコース; ひも、ロープなどの柔軟 MBD 実務問題の理論 (要望)

ひも、ロープなどの柔軟実務問題のアプローチ法を柔軟マルチボディダイナミクスの理論を通して講義と質疑応答形式で学ぶ。社内で抱えている問題解決に適切です。ものづくりの数値解析技術支援に最適です。

その他、実際に現場で遭遇する振動・構造などのトラブルシューティングや原因究明を含む動的問題の解決の相談にも応じます。

要望に応じて個別開催を行います。技術ノウハウの観点から企業単独での実施を基本とします。問題を一般化して、複数企業の技術者の参加の下での開催も希望があれば検討いたします。要望コースがあればお問い合わせください。

web 講習会の料金 ; 3 コマ (3 時間) 19,800 円 (消費税込)

出前技術指導の料金 ; 1 日 (5 時間) 80,000 円 (消費税込) + 講師旅費

12. Kコース; 機械振動の基本概念・線形周波数応答・一般応答特性 (初級)

機械振動の解析法の学習のための準備として基礎事項; 基本概念、線形周波数応答、一般応答特性、などを学ぶ。これをもとに現場で遭遇する振動問題の解決に役立てる。

テキスト : オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳 *
pdf file にて配布

Kコース 単元とタイトル (使用する本のページ)	コマ数	費用 (円)	内容 (キーワード)
K1. 基本的な概念 (1~16)	3	6,600	1 自由度振動系の基本的な概念 ; 1 自由度に対する一般解、定常調和応答、周波数 応答関数の部分分数展開、負の振動数、根軌跡線 図、インパルス応答、繰り返し固有値となる特別な場 合、例題と演習
K2. 線形振動系の周波数 応答-1 基礎的な理論 (17~37)	3	6,600	周波数応答関数の基礎理論 ; 周波数応答関数の一般形、振動絶縁の例、対数 および極表示、一般的な部分分数展開、複素固有値 の場合の展開、無減衰応答の数値例題
K3. 線形振動系の周波数 応答-2 発展的な応用 (37~55)	3	6,600	周波数応答関数の応用 ; 数値例題; 無減衰応答のモード形状、減衰応答、 減衰応答の対数と極座標、繰り返し固有値がある場 合の部分分数展開、複合系の周波数応答、例題
K4. 振動応答の性質-1 基礎的な理論 (57~77)	3	6,600	振動応答の用語と基礎理論 ; 周波数応答関数に関する用語、対数応答線図、リ セプタンス、モビリティ図、減衰の指標、対数減衰率、バ ンド幅、エネルギー逸散、モードエネルギー
K5. 振動応答の性質-2 減衰を含む振動と発展 理論 (77~98)	3	6,600	減衰系の振動応答と発展理論 ; 比例エネルギー損失、粘弾性要素の損失角、ヒステ リシス減衰を有する強制調和振動、数値例題、共振 振動の成長する時間、共振点通過加速度

* 各自、オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳 の本を購入して受講して
下さい。

13. Lコース; 機械振動のマトリクス理論と固有振動数・モード形状 (初・中級)

機械振動の解析法の学習としてマトリクスによる定式化、応答解析と固有解析を学ぶ。これをもとに現場で遭遇する振動問題の解決に役立てる。

テキスト : オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳*
pdf file にて配布

Lコース 単元とタイトル (使用する本のページ)	コマ数	費用 (円)	内容 (キーワード)
L1. マトリクス解析-1 マトリクス応答解析基礎 (99~112), 14 ページ	3	6,600	マトリクス法による応答解析-1 ; 運動方程式の 1 階表示、特性方程式の固有値、 具体的な固有値の求め方、固有ベクトル、正規座標、 任意励振に対する一般解、例題と演習
L2. マトリクス解析-2 マトリクス応答解析発展 (112~125), 14 ページ	3	9,900	マトリクス法による応答解析-2 ; 一般的な部分分数展開との比較、連成 2 階方 程式の場合、M 元 2 階方程式の 2M 元 1 階方程式へ の変形、M 元連立 2 階方程式の一般解、例題と演習
L3. 固有解析-1 保存系の固有振動数とモ ード形状 (127~147), 21 ページ	3	9,900	保存系の固有振動数とモード形状 ; 保存系の固有振動数とモード形状の一般導出法、 固有振動数とモード形状の意味、保存系、無減衰自 由振動の例、背の高い煙突の曲げ振動の例、ディーゼ ル・発電機のねじり振動の例
L4. 固有解析-2 非保存系の固有振動数と モード形状の基礎 (148~166), 19 ページ	3	9,900	非保存系の固有振動数とモード形状の基礎 ; ディーゼル・発電機のねじり振動の例の続き、非保存 系、減衰のある自由振動の例、複素固有値と固有ベ クトルの解釈、背の高い煙突の減衰振動の例
L5. 固有解析-3 非保存系の固有振動数と モード形状の発展 (167~184), 18 ページ	3	9,900	振動系と周波数応答関数の発展 ; 背の高い煙突の減衰振動の例の続き、鉄道台車の 運動のモデル化と定式化、鉄道台車の運動の固有値 と運動モード、運動の安定性と物理的な解釈、精度の チェック

* 各自、オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳 の本を購入して受講して
下さい。

14. Mコース; 機械振動の応答関数理論と応答計算への適用 (初・中級)

準備中 ご希望の方はお問い合わせください。 nobushim@motionlabo.com

機械振動の解析法の学習としてモード法と直接法による周波数応答関数の求め方と応答関数の適用法を学ぶ。これをもとに現場で遭遇する振動問題の解決に役立つ。

テキスト : オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳*
pdf file にて配布

単元とタイトル (使用する本のページ)	コマ数	費用 (税込) (円)	内容 (キーワード)
M0.特異および欠陥マトリクス (185~209), 25 ページ**	3	9,900	特異および欠陥マトリクスの固有値と固有ベクトル ; 特異質量マトリクス、特異質量マトリクスを有する 3 自由度系、零質量の座標を持つ系、多重固有値、ジョルダンマトリクスと主要ベクトルの計算、多重固有値を有するねじり系の例題、主要ベクトルについての説明
M1.応答関数法-1 モード法による周波数応答関数 (239~256), 18 ページ	3	9,900	モード法による周波数応答関数 ; M 元連立 2 階微分方程式の一般応答、分割固有ベクトルマトリクスの性質、周波数応答関数マトリクス、周波数応答関数の計算、ねじり系の周波数応答関数、固有ベクトルマトリクスに欠陥のある場合の周波数応答関数、数値例題
M2. 応答関数法-2 直接法による周波数応答関数 (257~273), 18 ページ	3	9,900	直接法による周波数応答関数 ; 周波数応答関数マトリクスを計算する別の方法、インパルス応答関数マトリクス、例題;ねじり系のインパルス応答関数、固有ベクトルマトリクスに欠陥のある場合のインパルス応答関数、マトリクス指数関数、一般的な応答方程式への適用
M3. 応答関数法の適用-1 (275~287), 18 ページ	3	6,600	応答関数の適用-1 ; フーリエ変換、デルタ関数、畳み込み積分、単位ステップと単位パルス応答、例題; ねじり系のステップ応答、時間領域から周波数領域への変換、数値例題
M4. 応答関数法の適用-2 (288~300), 18 ページ	3	9,900	応答関数の適用-2 ; 一般的な入出力の関係式、周期励振の場合、ディーゼルエンジンのねじり振動の例題計算

* 各自、オーム社、機械振動の解析と計算 D.E.Newland 著、清水信行訳 の本を購入して受講して下さい。

** M コースの内容(M1~M4)を理解するためには、テキスト第 6 章の内容(未講義)が必須であることが判明した。これを補足するための M0 コースを新設した(2023.06.01)。