

速習 Maple

STEM コンピューティングを
活用する機械系の工業数学

岩崎 誠 監修

サイバネットシステム株式会社 編

遠山 聡一・佐藤 晶信 共著

コロナ社

監修のことば

我が国のものづくりが世界をリードしていることは周知のとおりであり、それらを支える業種で設計技術者としてご活躍の読者も多いことだろう。産業加工・組立機器，民生情報機器，医療福祉機器など，様々な工業製品を支える設計・製造技術において機械工学や電気工学が果たす役割は大きく，材料科学や情報科学などとの融合と共に横断的な技術領域が古くから形成され，時宜に合って発展しつづけている。それらものづくりの設計・開発・製造現場（以下，現場）で必要な技術的知識やノウハウは，本来は学問的な原理原則に即しているべきである。本書で扱う“機械系の工業数学”はまさにその原理原則を扱うための基礎学問・学修科目であり，微分方程式などの数学と共に，機械工学の基礎となる各種力学と制御工学などからなり，機械工学の幅広い領域を学修するための基礎的かつ重要なスキルである。一方で，工業製品としてはその現場で必ず要求仕様が与えられ，さらに実機検証・評価や製品フィールドにおけるクレームや信頼性設計といった問題に直面するため，様々な課題・問題をすべて解決しなければならない。それらの課題や問題をあらかじめ具体的に設定し，その解決策を目標として学習する方法に，PBL（問題解決型学習）が挙げられる。すなわち，各科目の学習を現場で直面する具体的な課題の解決を通じて実践することで，より効果的な学修を目指すものである。その場合，各科目の本質を紐解く理論の多くは難解で，演習による修得に時間が掛かるのが常である。しかし，現在では種々の数値計算・解析ソフトウェアの援用による直感的かつ効率的なツールを利用した学習も可能で，短時間での理解に極めて有用なため，現場の省力化やコスト削減に直接繋がる。本書は，PBLに基づき，各科目での課題設定，解法のプロセス，STEM コンピューティング・ツールによる演習がセットになっており，より効果的・効率的な学修ができるよう工夫されている。解析ソフトや計算ツールによる解決だけに頼るのではなく，背景にある理論の理解こそが，各課題の本質を見失わないためにも重要である。将来遭遇するであろう未知の課題解決のためにも，それが必須であることも念頭に置かれたい。

本書が，機械工学を学んだ技術者のみならず様々なものづくりに携わる設計技術者に，CAE 援用の PBL によって工業数学をより深く理解いただく一助となれば幸いである。

2016 年 8 月

岩崎 誠

目 次

1. STEM コンピューティングの基礎知識と基本操作

1.1 Maple (メイプル) とは	1
[1.1.1 数値計算と数式処理 … 1 / 1.1.2 つねに潜む計算誤差への効果的な対策 … 1 / 1.1.3 数式処理と数値計算による統合的計算環境 … 3 / 1.1.4 効率的な計算コストの実現 … 3 / 1.1.5 さまざまなシーンでの利用 … 3]	
1.2 基本操作	4
1.3 クイックリファレンス	11

2. STEM コンピューティングで解く工業数学の基礎

2.1 多項式と代数方程式, 初等関数, グラフ	16
[2.1.1 多項式と代数方程式 (高次多項式の展開と因数分解, 代数方程式の解, グラフ) … 16 / 2.1.2 初等関数 (指数関数, 常用対数, 自然対数, 三角関数) … 17]	
2.2 数列と級数, 微分法	20
[2.2.1 数列と級数 (数列の極限, 級数の和) … 20 / 2.2.2 微分法 (一変数関数の微分法の規則, テイラー展開) … 22]	
2.3 常微分方程式 —— 2 階の線形定係数常微分方程式 ——	24
2.4 多変数関数の微分法 —— 偏微分 (偏導関数, 停留点, 極値) ——	25
2.5 線形代数 (行列式, 逆行列, 連立方程式)	27

3. 「機械力学」「振動学」演習

(微分法, 積分法, 常微分方程式, フーリエ変換)

3.1 力のモーメント	29
3.2 質点の 2 次元運動	33
3.3 剛体の慣性モーメント	37
[3.3.1 輪と円板の慣性モーメント … 37 / 3.3.2 球体の慣性モーメント … 40]	
3.4 剛体の運動方程式	43
3.5 剛体の運動エネルギー	45

3.6 不規則振動の解析	47
[3.6.1 基礎的な統計量の計算 … 47 / 3.6.2 床から加振される1自由度振動系のパワースペクトル密度関数 … 50]	

4. 「材料力学」演習 (偏微分方程式)

4.1 軸のねじり	55
4.2 軸ねじり振動の分布定数モデル化と固有振動解析	59
4.3 はりの曲げ	70
4.4 はりの曲げ振動の分布定数モデル化と固有振動解析	75

5. 「熱力学」「伝熱工学」演習 (偏微分, 全微分)

5.1 理想気体の状態量と熱力学法則に関する基礎式	84
5.2 理想気体の各種の状態変化	89
[5.2.1 等温変化 … 89 / 5.2.2 等圧変化 … 92 / 5.2.3 等積変化 … 95 / 5.2.4 可逆断熱変化 … 97 / 5.2.5 ポリトロップ変化 … 101]	
5.3 各種熱機関の理論サイクル	103
[5.3.1 オットーサイクル … 103 / 5.3.2 ディーゼルサイクル … 107 / 5.3.3 プレイトンサイクル … 112]	
5.4 熱伝導	118

6. 「流体力学」演習 (複素関数論)

6.1 複素数の算術と公式	128
6.2 正則関数, 初等関数	132
6.3 特異点と留数定理, 定積分の計算	138
[6.3.1 特異点と留数定理 … 138 / 6.3.2 留数定理を用いる定積分: その1 … 143 / 6.3.3 留数定理を用いる定積分: その2 … 146]	
6.4 非圧縮性完全流体の2次元渦なし流れ	150
[6.4.1 非圧縮性完全流体の2次元渦なし流れの基礎式 … 150 / 6.4.2 一様流 … 155]	
6.5 2次元渦なし流れと等角写像	159
[6.5.1 円柱まわりの流れ … 159 / 6.5.2 ジューコフスキー変換 … 167]	

7. 「制御工学」演習 (ラプラス変換)

7.1 剛体振り子の線形化モデルと伝達関数	170
[7.1.1 線形化モデルの導出 ... 170 / 7.1.2 伝達関数の導出 ... 173]	
7.2 ゲイン余裕と位相余裕	176
7.3 時間応答 (1) : 過渡応答	180
7.4 時間応答 (2) : 定常応答	182

8. マルチドメイン CAE を目指すネクスト・ステップ

8.1 最適制御の技術計算の基礎	186
8.2 モデル予測制御の CAE とメカトロニクス・シミュレーションの参考図書	195

付録 : Maple が備える主要パッケージの紹介	197
---------------------------------	-----

[自動コード生成パッケージ / Maple CAD 接続パッケージ / 単位系パッケージ / 積分変換パッケージ / 線形代数パッケージ / ベクトル解析パッケージ / 力学系パッケージ / 最適化パッケージ]

引用・参考文献	200
索引	203

Maplesoft, Maple, MapleSim, Maple T.A, Maple Application Center, Maple Student Center, MapleNet は, すべて Waterloo Maple Inc. の商標である。

MATLAB は, The MathWorks, Inc. の登録商標である。

Microsoft, Windows, Excel は, Microsoft Corporation の登録商標である。

他のすべての商標は, その所有者が所有権を有する。

本書は, Maple の動作環境として, Windows 版を前提にしている。

1

STEM コンピューティングの 基礎知識と基本操作

本章では、STEM コンピューティング・プラットフォーム『Maple』について概説する。1.1 節では、カナダ Waterloo 大学でのコアテクノロジー開発の経緯、数式処理と数値計算による統合的計算環境、典型的な活用シーンについて述べる。1.2 節と 1.3 節では基本操作を練習する。読者は、本書の演習問題で不明な個所に出会ったら、Maple ヘルプと併せて、日本語ユーザー・マニュアルも適宜参照して頂きたい。本書巻末の参考文献リストに、ユーザー・マニュアルのダウンロード・サイト URL を示した。

1.1 Maple (メイプル) とは

STEM コンピューティング・プラットフォーム『**Maple**』は、1980 年に Waterloo 大学で生まれた数式処理技術をコアテクノロジーとしてもつ科学・技術・工学・数学 (**STEM**: Science, Technology, Engineering and Mathematics) に関する統合的計算環境である。数式計算・数値計算を行うだけでなく、実行可能な技術文書作成や計算アプリ開発によって、さまざまなシーンでの活用を可能にする。

1.1.1 数値計算と数式処理

図 1.1 のように数値計算の場合、人間が式を認識し、計算フローを考え、コンピュータに演算させるための処理を記述し結果を得る。数式処理の場合、コンピュータが式を認識し数式を自動処理し希望する結果を得る。例えば、二次方程式を解く場合、数値計算では解を得るまでに人間がさまざまな処理を実行するのに対し、数式処理では数式を数式として認識し人間が対処するかのごとく解を得られる。

1.1.2 つねに潜む計算誤差への効果的な対策

数式処理では、数値計算でつねに生じる誤差の心配がない。数式処理は、パラメータを未知変数や有理数・整数・代数的数など、厳密に正しい表現のままに計算を行える。つまり、コンピュータが文字通り数式を数式として認識することができるのである。したがって、誤

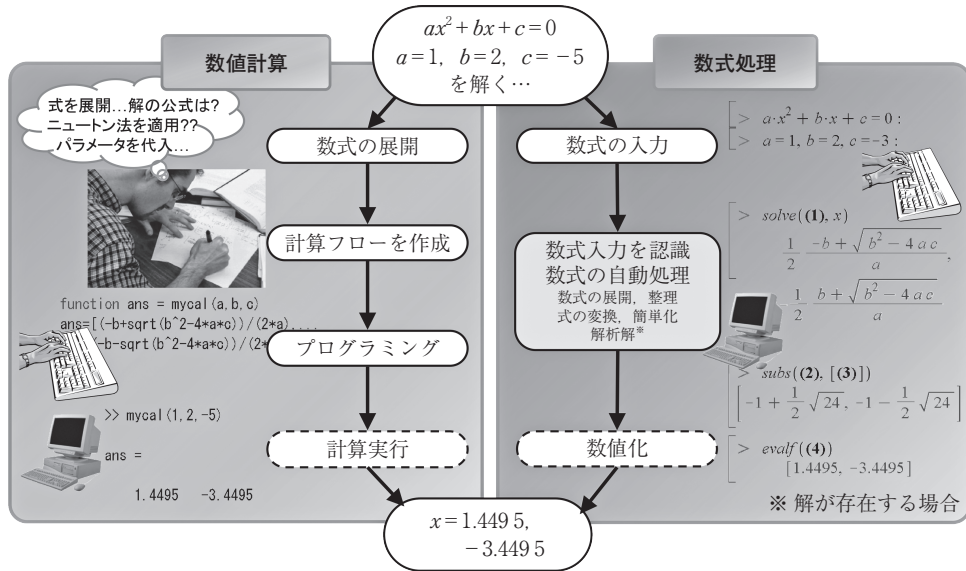


図 1.1 数値計算と数式処理

差が発生するような問題に対して、人間が対処するかのごとく、式の整理や簡単化、余分な計算の排除などの処理を、数値計算を実行する前に適用することで、数値計算で発生する誤差に対してより効果的な対策を行うことが可能である。

例えば、微分方程式と代数方程式が混在した微分代数方程式 (Differential Algebraic Equation, DAE) を数値計算の手法だけで解こうとした場合、通常の数値計算法とは異なる誤差への配慮が必要である。微分代数方程式は、ダイナミクスの振舞いと物理的な条件を同時に満たす方程式であり、電気回路やマルチボディシステム、化学反応などのあらゆる工学

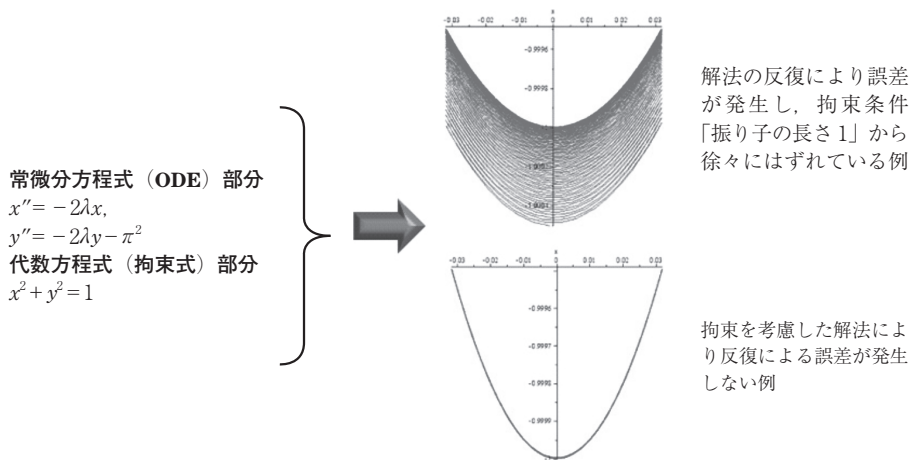


図 1.2 計算誤差

2

STEM コンピューティングで解く 工業数学の基礎

本章では、高校から大学初学年辺りで習う数学の演習問題を対象とする。3章以降の工業数学に進む準備として、ここでの目標は、STEM コンピューティングの基本コマンドを使い慣れて、標準的な解法プロセスを組み立てられることである。2.1節では多項式、初等関数について、数式操作や変形、方程式の解法、グラフの描き方を練習する。2.2節では、1変数関数の微分法について練習する。2.3節では、線形定係数の常微分方程式について、解の導出法を練習する。2.4節では、多変数関数の微分法を練習する。2.5節では、線形代数の基礎を練習する。

2.1 多項式と代数方程式、初等関数、グラフ

2.1.1 多項式と代数方程式（高次多項式の展開と因数分解、代数方程式の解、グラフ）

設問

「パスカルの三角形」における5次多項式 $a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$ を Maple に入力し、グラフを描け。また、その5次多項式を因数分解せよ。もとの5次多項式を a を未知数として代数方程式として解け。

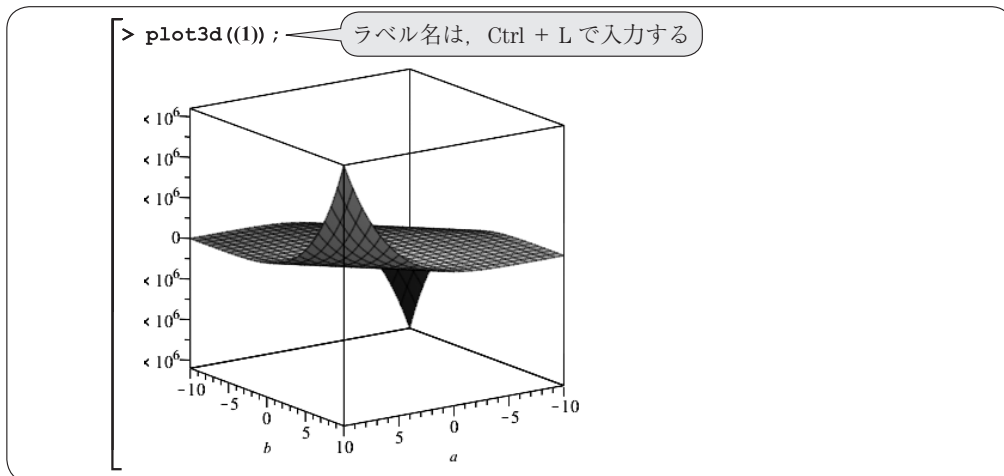
解答

```
[> restart:
```

5次多項式を入力する。

```
[> a^5+5*a^4*b+10*a^3*b^2+10*a^2*b^3+5*a*b^4+b^5;  
a^5 + 5 a^4 b + 10 a^3 b^2 + 10 a^2 b^3 + 5 a b^4 + b^5 (1)
```

グラフの描画をする。



式 (1) を因数分解する。

```
> factor((1))
```

$$(a + b)^5 \quad (2)$$

方程式を定義する。

```
> (1) = 0
```

$$a^5 + 5 a^4 b + 10 a^3 b^2 + 10 a^2 b^3 + 5 a b^4 + b^5 = 0 \quad (3)$$

解を求める。

```
> solve((3), a)
```

$$-b, -b, -b, -b, -b \quad (4)$$

2.1.2 初等関数 (指数関数, 常用対数, 自然対数, 三角関数)

設問

1) つぎの指数関数の性質を確認せよ。

(1) $e^x e^y = e^{x+y}$ (2) $\frac{e^x}{e^y} = e^{(x-y)}$ (3) $(e^x)^y = e^{xy}$

2) つぎの自然対数の性質を確認せよ。

(1) $\ln(xy) = \ln(x) + \ln(y)$ (2) $\ln\left(\frac{x}{y}\right) = \ln(x) - \ln(y)$

(3) $\ln(x^y) = y \ln(x)$

3) 対数の底の変換公式によって, つぎの自然対数と常用対数との関係を確認せよ。

$$\log_{10}(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$$

6.5.2 ジューコフスキー変換

設問

次式の写像変換

$$w = z + \frac{1}{z}$$

で、6.5.1項で描いた円柱まわりの流線を変換し、ジューコフスキー翼とそのまわりの流線を描け。

解法のプロセス

1. 問題を理解する。

与えられたデータや条件：ジューコフスキー変換式、円柱まわりの流線の方程式。

すでに解いたことのあるやさしい問題：上述のジューコフスキー変換式は、正則関数である。また、前の問題のはじめ（「問題を理解する」）に述べたように、円柱まわりの複素速度ポテンシャルも正則関数である。そして正則関数の正則関数もまた、正則関数であることが定理として知られている。ゆえに、円筒まわりの複素速度ポテンシャルのジューコフスキー変換は、やはり正則関数になる。

未知のもの：ジューコフスキー翼とそのまわりの流線の方程式。

2. 解の計画を立てる。

- A) ジューコフスキー変換を使って、円柱を翼形状に変換する。
- B) 円柱まわりの流線を、翼まわりの流線に変換する。
- C) 流線のグラフを描く。

3. 計画を実行する。

解の計画の実行

A) ジューコフスキー変換を使って、円柱を翼形状に変換する。

複素平面の直交座標 (x, y) について、ジューコフスキー変換する式を立てる。

```

[> assume(x::real,y::real);
> z_J=x+I*y;
> w=z_J+1/z_J;
> Eval((77),(76));

```

$$z_J = x + Iy \quad (76)$$

$$w = z_J + \frac{1}{z_J} \quad (77)$$

$$\left(w = z_J + \frac{1}{z_J} \right) \Bigg|_{z_J = x + Iy} \quad (78)$$

ジューコフスキー変換の式

$$\begin{aligned} &> \text{value}((78)); \\ &w = x_{\sim} + I y_{\sim} + \frac{1}{x_{\sim} + I y_{\sim}} \end{aligned} \quad (79)$$

ジューコフスキー変換後の直交座標の成分 (u, v) を導く。

$$\begin{aligned} &> u = \text{Re}(\text{rhs}((79))); \\ &u = x_{\sim} + \frac{x_{\sim}}{x_{\sim}^2 + y_{\sim}^2} \end{aligned} \quad (80)$$

$$\begin{aligned} &> v = \text{Im}(\text{rhs}((79))); \\ &v = y_{\sim} - \frac{y_{\sim}}{x_{\sim}^2 + y_{\sim}^2} \end{aligned} \quad (81)$$

円柱形状を、ジューコフスキー翼形状に変換する。

$$\begin{aligned} &> x_p = \text{rhs}((54)); \# a * \cos(\theta); \\ &x_p = 1.1 \cos(\theta) \end{aligned} \quad (82)$$

$$\begin{aligned} &> y_p = \text{rhs}((55)); \# a * \sin(\theta); \\ &y_p = 1.1 \sin(\theta) \end{aligned} \quad (83)$$

$$\begin{aligned} &> x_0 = -0.1; \\ &x_{0\sim} = -0.1 \end{aligned} \quad (84)$$

$$\begin{aligned} &> y_0 = 0.1; \\ &y_{0\sim} = 0.1 \end{aligned} \quad (85)$$

$$\begin{aligned} &> \text{eval}(\{x = x_p + x_0, y = y_p + y_0\}, \{(82), (83), (84), (85)\}); \\ &\{x_{\sim} = 1.1 \cos(\theta) - 0.1, y_{\sim} = 1.1 \sin(\theta) + 0.1\} \end{aligned} \quad (86)$$

$$\begin{aligned} &> \text{eval}((80), (86)); \\ &u = 1.1 \cos(\theta) - 0.1 + \frac{1.1 \cos(\theta) - 0.1}{(1.1 \cos(\theta) - 0.1)^2 + (1.1 \sin(\theta) + 0.1)^2} \end{aligned} \quad (87)$$

$$\begin{aligned} &> \text{eval}((81), (86)); \\ &v = 1.1 \sin(\theta) + 0.1 - \frac{1.1 \sin(\theta) + 0.1}{(1.1 \cos(\theta) - 0.1)^2 + (1.1 \sin(\theta) + 0.1)^2} \end{aligned} \quad (88)$$

```
> GrJW = plot([rhs((87)), rhs((88)), theta = -Pi..Pi], axes = boxed,
gridlines, labels = ["u", "v"], labeldirections =
["horizontal", "vertical"], color = "Red", thickness = 3,
filled = [color = "Red", transparency = 0.5], thickness = 3,
titlefont = ["メイリオ"], labelfont = ["メイリオ"], axesfont = ["メ
イリオ"]);
```

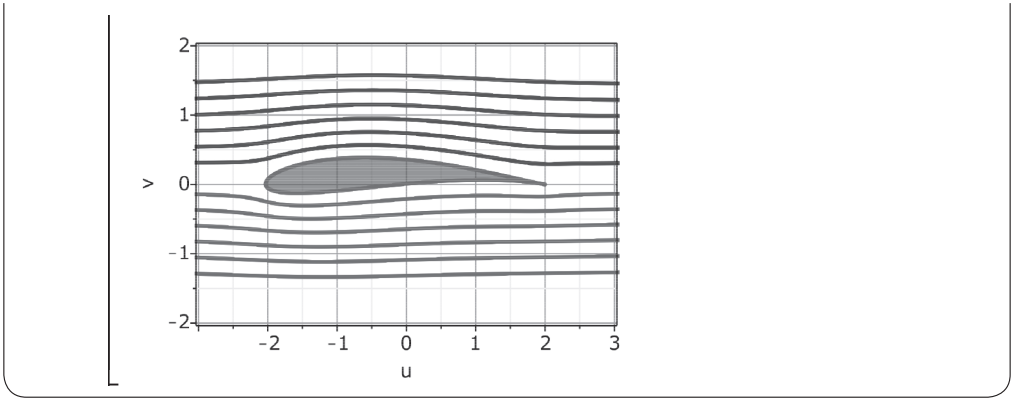
B) 円柱まわりの流線を、翼まわりの流線に変換する。

翼自体の形状と同じく、6.5.1項の練習問題で導いた円柱まわりの流線の方程式を、ジューコフスキー変換すればよい。これをもとに、読者各位が導出されたい。

C) 流線のグラフを描く。

```
> plots[display]([GrJW, GrSLWU1, GrSLWU2, GrSLWU3, GrSLWU4,
GrSLWU5, GrSLWU6, GrSLWL1, GrSLWL2, GrSLWL3, GrSLWL4, GrSLWL5,
GrSLWL6], scaling = constrained, view = [-3..3, -2..2]);
```

重ね描き



索引

【あ行】	
圧縮比	103, 108
圧力比	112
安定限界	176, 179
いかにして問題をとくか	v
行過ぎ	182
行過ぎ量	180
位相交差角周波数	179
位相余裕	176, 179
位置決め機構	186
位置決め動作	186
一巡伝達関数	176
一様な膨張	151
一様流	155
—の複素速度ポテンシャル	155
因数分解	8, 16, 27
インデシャル応答	180
渦なし流れ	150
右辺	171
—の抽出	13
運動エネルギー	46
運動方程式	24, 43, 170
エンタルピー	84
円柱まわりの流れ	159
—の複素速度ポテンシャル	159
鉛直方向の運動方程式	43
円筒座標系	118
—による熱伝導方程式	127
エントロピー	84
円板	37
—の中心まわりの慣性モーメント	39
—の直径まわりの慣性モーメント	39
オイラー	
—の公式	131
—の方法	150
オイラー・ラグランジュ (EL)	
方程式	186, 191
オットーサイクル	103
オンラインヘルプ	10
【か行】	
改行	12
外積	30, 130
回転	150, 153
—の運動方程式	44, 171
解の計画をたてる	v
外乱	182

可逆断熱過程	
—による仕事	99
—の p-v 線図	101
可逆断熱変化	97
角加速度	186
角速度	186
角度ストローク	186
角変位	186
確率変数	47
ガスタービンエンジン	112
加速度ベクトル	35
ガソリンエンジン	103
片持ちはり	70
価値	iii
仮定	33, 129
過渡応答	180
過渡応答特性	181
加法定理	130
慣性体	186
慣性モーメント	37
完全流体	150
単純化	2, 13, 18
機械的時定数	186
機械4力	iv
機構	iii
技術文書	iii
気体定数	84
機能	iii
機能重視の設計方法論	iii
ギブス自由エネルギー	84
逆行列	27
逆振れ	182
逆ラプラス変換	181
求解	14
級数展開	14, 23
球体の慣性モーメント	40
境界条件	60, 77, 191
共役調和関数	134
共役複素数	128
行列	
—のサイズ	14
—のランク	14
行列式	27
極形式	130
極値	25
虚数単位	14, 128, 177
虚数部	128, 132
近似多項式	172
グラフ	16, 36
—の重ね描き	54
グループ	9, 11
クロス積	31, 130
計画を実行する	v

平行軸の定理	41
平衡状態	172
計算アプリ	1
計算エンジン	4
計算機援用工学	iii
計算誤差	1
計算コスト	3
計算コマンド	4
ゲイン交差角周波数	179
ゲイン特性	178
ゲイン余裕	176
結合	18
検索	10
減衰比	50
工業数学	iv
高次多項式	16
合成関数	22
拘束条件	191
剛体振り子	45, 170
降べきの順	174
コーシーの積分定理	132, 135
コーシー・リーマン関係式	132
固定端	55, 70
古典制御法	170
個別ドメイン	iv
コマンド終端	5
コメント	11
固有角振動数	50
固有モード解析	59, 77
固有モード変形図	67, 81

【さ行】

最終値	182
最終値定理	184
最小二乗問題	199
最適化パッケージ	199
最適制御	186
左辺	171
—の抽出	12
三角関数	17, 132, 138
数値計算で解く	68
時間応答	180
式列	6
軸ねじり振動	59
軸のねじり	55
シーケンス	6
仕事	84
自乗平均値	47
指数関数	17, 132, 137
指数入力	6
システム設計	iii
システムレベル・モデリング	iv
自然対数	17

- 実行可能な技術文書 1, 3
 実行グループ 9, 11
 実数部 128, 132
 実体 iii
 実体モデル 188
 質量保存則 151
 自動コード生成 iii
 自動コード生成パッケージ 197
 シミュレーション iv, 186
 締切比 108
 シャルルの法則 93
 自由端 70
 終端条件ペナルティ 191
 集中慣性 59
 周波数応答伝達関数 52
 重力加速度 170
 ジューコフスキー翼 167
 ジューコフスキー変換 167
 手段 iii
 出力型学習 iv
 準静定過程 85
 上位概念モデル 188
 状態 193
 状態空間 198
 状態変数 186
 状態方程式 186, 190
 常微分方程式 24
 常用対数 17
 上流段階 iii
 初期化 11
 初期値 174
 初等関数 17, 132
 ショートカット 9
 人工物システム iii
 伸縮変形 150
 真直はりの曲げ振動の方程式 76
 振動数方程式 62, 81
 振動の腹 70
 振幅特性 53
 随伴状態 193
 数学定数 π 15
 数式処理 iii, 1, 3
 数式ラベル 8
 数値計算 iii, 1, 3, 68
 数列 48
 —の極限 20
 スカラー積 129
 スカラー・ポテンシャルの勾配 152
 制御入力 186
 正則 132
 正則関数 132
 —の正則関数 167
 —の和・差・積・商 159
 整定時間 180
 積分変換パッケージ 52, 174, 181, 197
 積分経路 135
- 積分を実行 38
 セクション 11
 設計のフロント・ローディング iii
 設計プロセス iii
 絶対仕事 91, 94, 100
 絶対値 128
 線形化 170
 線形化モデル 173
 線形計画問題 199
 線形時不変システム 170
 線形代数 27
 線形代数パッケージ 27, 30, 129, 197
 線形定係数常微分方程式 24
 全体適正化 iii
 せん断応力 55
 せん断弾性係数 55
 せん断変形 150
 せん断力 71
 全微分 88, 154
 位相特性 178
 添え字記号 7
 速度ひずみ 150
 速度ベクトル 34
 速度ポテンシャル 152
 束縛エネルギー 88
- 【た行】**
- 大円 40
 対数の底の変換 19
 代数方程式 16
 —の解 16
 代入 13
 互いに共役 134
 多項式 16, 23
 —に変換 14
 立上り時間 180, 182
 多変数関数 25
 たわみ曲線の微分方程式 70, 76
 単位系パッケージ 197
 単位ステップ応答 181
 単位ステップ関数 180, 184
 断熱圧縮 103, 107, 112
 断熱膨張 103, 108, 112
 断面2次極モーメント 55
 力のモーメント 29
 置換積分 147
 中実丸棒 55
 長方形断面はりの断面2次
 モーメント 74
 調和関数 134, 152
 直交座標系 118
 —での熱伝導方程式 121
 直流モータ 186
 通分 114
 翼まわりの流線 168
 定圧比熱 84
 定常位置偏差 182
- 定常応答 182
 定常速度偏差 182
 定常ホワイトノイズ 50
 定常流 156
 定数フィードバック 176
 定積比熱 84
 定積分 143, 146
 ディーゼルエンジン 107
 ディーゼルサイクル 107
 テイラー級数 172
 テイラー展開 138
 停留点 25
 テキストグループ 9, 11
 展開 8, 16
 電気的時定数 186
 伝達関数 173, 198
 等圧過程 86
 —の p-V 線図 95
 等圧加熱 108, 112
 等圧変化 92
 —による仕事 94
 等圧冷却 112
 等温過程
 —による仕事 90
 —の p-V 線図 92
 等温変化 89
 統計量 47
 等号 11
 統合的計算環境 iii, 1, 3
 同次方程式 170
 等積過程 85
 —の p-V 線図 97
 等積加熱 103
 等積変化 95
 等積冷却 103, 108
 特異点 137, 138
 閉じた系 85
 ドット積 129
 ド・モアブルの公式 131
- 【な行】**
- ナイキスト軌跡 176
 内積 129
 内部エネルギー 84, 88
 内部発熱量 118
 流れの関数 152
 日本語のユーザマニュアル 10
 入力補完機能 6
 ねじれ角 55
 熱 84
 熱効率 103, 108, 112
 熱伝導 118
 —のフーリエの法則 118
 熱伝導方程式 118
 熱力学第1法則 85
 熱力学第2法則 87
 粘性 150
 粘性減衰係数 50

粘性抵抗 170

【は行】

パッケージ 5, 11, 197

波動方程式 60

ばね係数 50

ハミルトン関数 191

はりの曲げ 70

パワースペクトル密度関数 50

範囲指定 13

非圧縮性完全流体 150

非圧縮性流体
—の流れ 153

非線形計画問題 199

比熱比 86, 98

微分 13

微分演算子 25

微分可能 132, 134

微分方程式 198
—を解く 71

評価 13

評価関数 191

標準解法「リスト」 v

標準形 129

標準偏差 47

標本分散 48

複合領域 iii

複素周波数応答 177

複素周波数応答関数 176

複素数 128
—から虚部を抽出 14
—から実部を抽出 14
—の算術 128

複素速度ポテンシャル 154, 155

複素平面 129

フックの法則 57

浮動小数点演算による数値化 15

浮動小数点で数値化 32

部分分数展開 181

部分分数分解 139

不偏分散 48

フーリエ変換 52

【英数】

CAE iii

[Ctrl] キー + [L] キー 8, 17

LPs 199

Maple CAD 接続パッケージ 197

NLPs 199

PBL v

PDF 50

QPs 199

[Shift] キー + [Enter] キー 12

Statistics パッケージ 48

STEM iii, 1

STEM コンピューティング iv, 1

振り返ってみる v

ブレイトンサイクル 112

ブロック線図 188

分散 47

分布定数系 59, 75

分布トルク 56

平均値 47

平衡点 170

平方根 49

閉路積分 136, 144, 147

べき級数 137

ベクトル解析パッケージ 198

ベクトル積 130

ヘッセ行列 26

ペナルティ 186

ヘルプ 10

ヘルプメニュー 10

ヘルムホルツ自由エネルギー 84

変位ベクトル 35

偏角 130

変換 13, 172

変数分離法 62, 77

偏導関数 25

変動係数 47

偏微分 25

ポアソン比 74

ボイルの法則 90

方向単位ベクトル 34

膨張・収縮 150

ポテンシャル関数 152

ポテンシャル流れ 152

ボード線図 176

ポリトロップ変化 101

【ま行】

マイヤーの関係 86, 98

マクローリン展開 22, 138

曲げモーメント 71

マルチドメイン iii

メカトロニクス 186

目標値 182

文字列の結合 15

問題を理解する v

【や行】

ヤング率 70

ユーザ定義のファンクション 15

要素の抽出 7

【ら行】

ライフサイクル iii

ラプラスの方程式 132, 134, 152

ラプラス変換 174, 181

ラベル 8

乱数発生パッケージ 48

ランプ関数 185

力学系パッケージ 198

力学的エネルギー 46

力学的境界条件 60

離散システム 198

リスト 48

理想気体の状態方程式 84, 90

留数定理 138

流線 154, 157
—の方程式 160, 167

両端単純支持はり 75

理論サイクル 103, 107, 112

零点-極-利得 198

ラベル入力ウィンドウ 8

連続 198
—の式 151

連続性の式 61

連立方程式 14, 27

ローラン展開 138
—の主要部 140

【わ】

輪 37
—の中心まわりの慣性
モーメント 38
—の直径まわりの慣性
モーメント 38

割当て 8, 12
—の解除 12

【プログラム】

2次元運動 33

2次元の流れ 150

2次ねじり振動の節 70

3D-CAE iii

3次元ベクトル 30

abs 128

algsbns 107, 111

argument 131, 178

assign 12

assume 129, 135, 137

assuming 31, 91

axes	37	Im	14, 128, 132	semilogplot	178
axesfont	37	infinity	21, 147	seq	190
boxed	37	int	35	series	14, 23, 140
CAD	197	Int	38	simplify	13, 18, 102
cat	15	integer	48	sin	19
CodeGeneration	197	intrans	52, 174, 181, 197	solve	14, 17
coeff	38	is	148	sort	174
collect	67	isolate	35	sqrt	21, 31
ColumnDimension	190	.Jacobian	191	StandardDeviation	49
combine	18	labelfont	37	Statistics	48
complex	137	laplace	174	SubMatrix	190
conjugate	128	laurent	140	subs	13
constants	61, 77	lhs	12, 21, 171	Sum	22
convert	13, 23, 139, 172	Limit	21	sum	22, 48
cos	20	limit	21	symbolic	18, 102
CrossProduct	31	LinearAlgebra	14, 27, 129, 198	taylor	137, 172
D	25	linestyle	24	titlefont	37
dash	24	list	48	trig	20, 130
denom	145, 179	ln	19	true	37
Determinant	27	Matrix	27	unassign	12, 138
DiagonalMatrix	191	MatrixInverse	28	Units	197
diff	13, 23	Mean	48	value	21, 38
Diff	23	nops	48	Variance	49
Dimension	14, 190	normal	114	VectorCalculus	191, 198
display	24, 54	Optimization	199	with	27, 197
dsolve	25, 71	parfrac	139	~~~~~	
DynamicSystems	199	Pi	15		
eval	13	piecewise	25		
Eval	45	plot	24, 37		
evalc	129, 130	plot3d	17		
evalf	15, 32	plots	23, 54, 176		
exp	18	polar	131		
expand	19	polynom	23, 172		
factor	17	RandomTools	48		
fourier	52	range	48		
fsolve	68	Rank	14		
Generate	48	Re	14, 128, 132		
GenerateMatrix	14, 190	real	129, 135		
gridlines	37	restart	11, 16		
help	49	rhs	13, 21, 171		
I	14, 177	RowDimension	190		

【記号】

= (イコール)	11
[] (角括弧)	7
^ (キャレット)	6
^n	21
^%T	191
: (コロン)	5, 11
: = (コロン+等号)	8, 12
# (シャープ)	11
; (セミコロン)	5, 11
->	15
{ } (波括弧)	7
	15
.. (ピリオド二つ)	7, 13

—— 監修者・著者略歴 ——

岩崎 誠 (いわさき まこと)
1986年 名古屋工業大学工学部電気工学科卒業
1988年 名古屋工業大学大学院工学研究科博士
前期課程修了(電気情報工学専攻)
1991年 名古屋工業大学大学院工学研究科博士
後期課程修了(電気情報工学専攻)
工学博士
1991年 名古屋工業大学助手
2000年 名古屋工業大学助教授
2009年 名古屋工業大学教授
現在に至る

遠山 聡一 (とやま そういち)
1986年 慶応義塾大学理工学部機械工学科卒業
1988年 慶応義塾大学大学院理工学研究科修士
課程修了(機械工学専攻)
1988年 株式会社日立製作所勤務
2005年 日立ピアメカニクス株式会社勤務
2014年 サイバネットシステム株式会社勤務
現在に至る

佐藤 晶信 (さとう あきのぶ)
2006年 日本大学理工学部電気工学科卒業
2006年 キヤノンITソリューションズ株式会社
勤務
2012年 サイバネットシステム株式会社勤務
現在に至る

速習 Maple

—— STEM コンピューティングを活用する機械系の工業数学 ——

A Crash Course in Maple

—— Mathematics for Mechanical Engineers by Using STEM Computing ——

© Cybernet Systems Co., Ltd. 2016

2016年11月2日 初版第1刷発行

検印省略

監修者 岩崎 誠
編者 サイバネットシステム株式会社
著者 遠山 聡一
佐藤 晶信
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02864-5

(中原) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします