

力学と電磁気学の問題を取り上げ、
その数値シミュレーション方法を解説！

MATLAB で学ぶ 物理現象の数値シミュレーション

著者：小守 良雄

仕様：B5 判・並製・印刷版モノクロ / 電子版一部カラー・
本文 114 頁

印刷版・電子版価格：1,900 円（税抜）

ISBN：978-4-7649-6066-4 C3004

発行：近代科学社 Digital

発売：近代科学社



内容紹介

常微分方程式や偏微分方程式で記述された物理現象を扱った 1 冊。前者においては力学の問題、後者においては電磁気学の問題を主に取り上げ、それらに対する数値シミュレーション方法を述べています。

シミュレーションプログラムを記述するのに、プログラミング言語 MATLAB を採用しています。本書では初心者が短時間でだまかにこのソフトウェアについて捉えられるように、まず MATLAB の使い方について解説しています。その後、力学では物体の運動を記述するのにニュートンの運動方程式、電磁気学では電磁界を記述するのにマクスウェルの方程式を用いて具体的なシミュレーションを扱っていきます。また、章末にある演習問題を実際に解くことを通じて、実験では観測困難な現象がシミュレーションで捉えられることについて理解することができます。

著者紹介

小守 良雄 (こもり よしお)

1996 年 名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程情報工学専攻満了，広島市立大学

情報科学部助手

1998 年 博士 (工学) 名古屋大学，九州工業大学情報工学部助手

現在 九州工業大学情報工学研究院物理情報工学研究系准教授

確率微分方程式に対する数値解法や数値的安定性について研究している。

全国の書店・ネット書店にてお求めいただけます。お取り扱い店は以下のウェブページをご覧ください。

https://www.kindaikagaku.co.jp/book_list/detail/9784764960664/



近代科学社 Digital

<https://www.kindaikagaku.co.jp/kdd/>

近代科学社 Digital は、株式会社近代科学社が推進する 21 世紀型の理工系出版レーベルです。デジタルパワーを積極活用することで、オンデマンド型のスピーディで持続可能な出版モデルを提案します。

お問い合わせ先

株式会社近代科学社

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-105

神保町三井ビルディング

電子メール：contact@kindaikagaku.co.jp

目次

第1章 数値シミュレーションツール

- 1.1 MATLAB の概要
- 1.2 起動と終了
- 1.3 連立1次方程式
- 1.4 プログラミング
- 1.5 データの可視化
- 1.6 微分方程式の数値解法
- 1.7 アニメーション
- 1.8 データファイル
- 1.9 ヘルプ
- 1.10 演習問題

第2章 物体の運動

- 2.1 速度と加速度
- 2.2 ニュートンの運動の3法則
- 2.3 慣性力
- 2.4 万有引力
- 2.5 質点系の運動
- 2.6 保存法則
- 2.7 剛体の運動
- 2.8 演習問題

第3章 偏微分方程式の数値解法 (差分法)

- 3.1 差分近似
- 3.2 1次元の偏微分方程式
- 3.3 演習問題

第4章 電磁界数値シミュレーション

- 4.1 電気磁気学の基本方程式 (積分形)
- 4.2 電気磁気学の基本方程式 (微分形)
- 4.3 マクスウェルの方程式に対する数値解法
- 4.4 演習問題

付録A 略解と出力例

- A.1 第1章の略解, 出力例
- A.2 第2章の略解, ヒント, 出力例
- A.3 第3章の略解, 出力例
- A.4 第4章の略解, 出力例

付録B 第4章のMATLAB スクリプトファイル

1.5 データの可視化

```
Zeroses(mny, nmy);
for i=1:nmy
    Z(i,:) = (x+y(i))*exp(x.^2-y(i).^2);
end
surf(x,y,Z);
```

と書いた `surfplot.m` という名前の MATLAB スクリプトファイルを作り、コマンドラインに

```
> surfplot
> % 以下のコマンドは、見た目の調整用。入力しなくても良い。
> xlabel('x'); % 'Interpster', 'latex');
> ylabel('y'); % 'Interpster', 'latex');
> zlabel('関数');
> set(gca, 'FontSize', 18);
> set(gca, 'LineWidth', 1.5);
```

を入力すると図 1.3 が表示される。

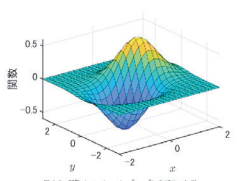


図 1.3 関数 $z = (x+y)\exp(x^2-y^2)$ のプロット例

1.5.3 グラフィクス関連コマンド

グラフィックスを見やすくするコマンドいくつかの紹介する。

- grid コマンド

25

MATLAB の使い方を丁寧に解説!

2.2 ニュートンの運動の3法則

ニュートンは、力と運動に関する基本法則を与えた。それらを紹介する。

慣性の法則 (ニュートンの第1法則)
力が働かなければ、物体は静止状態、あるいは、直線上の一定の運動状態を続け続ける。

運動方程式 (ニュートンの第2法則)
速度の向きや大きさを変化させる。加えられる力に比例し、力と同じ向きを持つ。

第2法則は、物体の質量 m 、力を $F(t)$ として

$$m\frac{dv(t)}{dt} = F(t)$$

と書かれる。これを運動方程式と呼ぶ。質量の単位を kg 、加速度の単位を m/s^2 とする時、力の単位は $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ となる。これをニュートン N と呼び、 N と書く。

作用反作用の法則 (ニュートンの第3法則)
物体に力を加えると、物体の大きさと同じで逆向きの力を受ける。

2.3 慣性力

図 2.2 に示すように 2 つの座標系 O 系と O' 系を考え、物体の O 系での位置ベクトルを

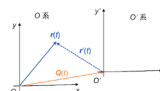


図 2.2 2つの座標系

41

運動方程式の基本概念を図解!

4.1 電気磁気学の基本方程式 (積分形)

力学 (第2章) では、物体の運動を記述するのにニュートンの運動方程式を用いた。これに対して、電気磁気学では、電磁界を記述するのにマクスウェルの方程式を用いる。マクスウェルの方程式は4つの方程式から成る。これら4つの方程式の意味を再確認する。

4.1.1 ガウスの法則

マクスウェルの方程式の第1式はガウスの法則を表す。この式の意味を理解する為に、クーロンの法則から話を始める。大きさを持たない理想的な電荷を点電荷と呼ぶ。点電荷 q と点電荷 q_0 の電場をそれぞれ E_0 と E とし、位置ベクトルを r_0 と r とする。この時、点電荷 q から点電荷 q_0 へのクーロン力

$$F_{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{|r-r_0|^2} \frac{r-r_0}{|r-r_0|} \quad (4.1)$$

が働く。ここで、 $|r-r_0|$ はベクトルの大きさを表し、 ϵ_0 は誘電率の誘電率、つまり、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ である。もし $q_0 < 0$ ならばクーロン力は斥力となり (上の式と万有引力の式の類似性に注意し、図 4.1 も見よ)、逆に $q_0 > 0$ ならば斥力となる。

点電荷 q を原点に置き、位置ベクトル r の位置に点電荷 q_0 を置くと、(4.1) より点電荷 q_0 には

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{|r|^2} \frac{r}{|r|} \quad (4.2)$$

なる力が働く (図 4.2)。このことは「点電荷 q によって電場的な力が及ぶ場所で作られ、そこに点電荷 q_0 が置かれたら、上記で表される力を受ける」と解釈しても良い。この電場的な力が電場の電場 (あるいは電場) と呼ぶ (図 4.3)。一般に電場 E の電場の電場から力 F を受ける時、その電場の位置に置ける電場の強さ E (N/C) は

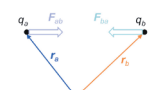
$$F = q_0 E \quad (4.3)$$


図 4.1 点電荷 q と q_0 の間のクーロン力 ($q, q_0 < 0$ の場合)

64

マクスウェルの方程式を用いたシミュレーションを具体的に解説!