

地球惑星科学基礎 III  
&  
地球惑星科学基礎 III 演習

岩山隆寛

2006 年度版



# 目次

ガイダンス	v
0.1 地球惑星科学基礎 III	v
0.2 合否判断	vii
0.3 地球惑星科学基礎 III 演習	vii
0.4 合否判断	vii
0.5 連絡先	viii
第 1 章 定数係数を持った 2 階の線形常微分方程式の解法	1
1.1 はじめに	1
1.2 言葉の定義 ( 1 ): “ 線形と非線形 ”	2
1.3 言葉の定義 ( 2 ): 重ね合わせの原理	3
1.4 2 階の線形常微分方程式の解法 ( 1 )	3
1.5 2 階の線形常微分方程式の解法 ( 2 )	5
1.6 非斉次型の微分方程式の解法	6



# ガイダンス

## 0.1 地球惑星科学基礎 III

### 0.1.1 講義内容

本講義では，地球惑星科学の研究に必要な数学的手法について解説をする．まず，定数係数をもった 2 階の線形常微分方程式の解法について詳しく説明する．この型の微分方程式は天体の運動などを始めとして地球惑星科学を学ぶ際にほとんど常にお目にかかるものである．また地球惑星科学の諸現象は偏微分方程式の形にかかれることが多い．偏微分方程式を解くためには，変数分離法を用いたり直交関数展開などを行うことにより偏微分方程式を常微分方程式に書き直し，それを解くという方法が一般的である．したがって偏微分方程式を解く場合にも，常微分方程式の解法を知っておく必要がある．次に，偏微分方程式の解法やデータ解析に用いられる Fourier 級数，Fourier 変換，およびそれらに関連するテーマについて詳述する．最後に，和の規約もしくは Einstein's notation と呼ばれる表記法を紹介する．この方法は気象学や地震学（およびその background となる流体力学，弾性体力学）で用いられるものである．和の規約を用いることの利点は，これを用いると，ベクトル解析で現れる複雑な計算がたちどころに計算できることである．さらにスカラーでもベクトルでもない量（テンソル量）の導入に必要な不可欠なものである．

本講義の内容は，理論的研究，実験的研究といった研究手法に係わらず，将来物理系の研究室（地球および惑星大気科学，海洋・大陸ダイナミクス，地震学，太陽系物理学，宇宙科学，非線形科学の各研究室）で研究を行う上で必要不可欠なものであり，常識として知っておく必要がある．（本講義で取り扱う内容は「基礎科目」の一部として大学院入試の際に出題される．）

### 0.1.2 参考書

本講義に関連する内容を含んだ参考書をリストアップしておく．

- 程度は高いが，大学生としては是非一度は手にとって眺めて欲しい書籍．

- R. Courant and D. Hilbert: Method of Mathematical Physics, vol. I. Wiley, 1953. (Fourier 級数の話は chapter II. 邦訳: 数理物理学の方法, 東京図書出版)
- A. Sommerfeld: Partial Differential Equation. Academic Press, 1949. (Fourier 級数の話は chapter I, 邦訳: 物理数学, 講談社)
- 高木貞治: 解析概論. 岩波書店, 1983, (Fourier 級数の話は第 6 章).
- 寺澤寛一: 自然科学のための数学概論 [増訂版], 岩波書店, 1983.
- ポントリャーギン: 常微分方程式 (共立出版)
- 初学者向け参考書
  - 和達三樹: 物理のための数学, 岩波書店.
  - 小暮陽三: なっとくするフーリエ変換, 講談社.
- 一般的程度の参考書 (微分方程式)
  - 矢野健太郎: 微分方程式 (裳華房)
  - 矢野健太郎: 大学演習 微分方程式 (裳華房)

上記の 2 冊は, 私が大学生のときに物理数学 I (1 年次, 通年開講) 担当の先生がテキストとして指定した本である. (物理数学のテキストは, この本以外に安達忠次著: ベクトル解析 (培風館) であった.)
- 一般的程度の参考書 (Fourier-Laplace 解析, 複素関数論)
  - 木村英紀, Fourier-Laplace 解析. 岩波講座「応用数学」, 岩波書店, 1999 年, 第 1 章.
  - 矢野健太郎, 石原繁, 解析学概論 (新版). 裳華房, 1982 年, 第 IV 部.

上記の教科書は, 私が大学生のときに物理数学 II (2 年次, 通年開講) 担当の先生がテキストとして指定した本である.

  - M. R. Spiegel, Fourier Analysis with application to boundary value problems. Schaum's outline series, McGraw-Hill, 1974, 191 pp.
- 一般的程度の参考書 (物理数学全般)
  - マージナウ, マーフィ共著, 佐藤次彦, 国宗真 共訳: 物理と化学のための数学 I, II (共立出版)

上記の 2 冊は, 私が大学生時代に愛読した物理数学の本である. 熱力学の数学から, 微分方程式, 特殊関数, テンソル解析, 量子力学や統計力学の数学, 数値計算法まで収録した大著である.
- スペクトル解析の参考書
  - 日野幹雄: スペクトル解析, 朝倉書店, 1977.
  - 石岡圭一, 1998: FFT – 高速アルゴリズムの発見 –. 数学セミナー, 37 (1998 年 12 月号), 日本評論社, pp. 34 – 39.

## 0.2 合否判断

- 授業の合否判断は、試験の点（演習の時間に黒板で解いた問題数に応じて点数を加味する）で行う。出席点は加味しない（出席はとらない。）

注意： 基礎 III の講義の内容は基礎 III 演習で出題される問題を解くことにより、理解が深まるので、演習の講義を履修しない人でも、演習で出題される問題を解いておくことが望ましい。

## 0.3 地球惑星科学基礎 III 演習

### 0.3.1 方針

- 地球惑星科学基礎 III で取り扱ったテーマに関連する演習問題を解くことによって、講義への理解を深める。とくに数式を取り扱う能力を高める。
- 演習問題は、適当な分量の問題を隔週プリントにして配る。
- 受講生は配られた演習問題をその場で、もしくは翌週までに解いてくる。希望者が黒板に問題、及び模範解答を示し、模範解答の解説をする。教員は必要に応じてそれに対して補足説明を行う。これは人前で喋るプレゼンテーションの練習になる。なお、解答者を教員側から指名することは行わない。あくまでも学生が自主的に黒板に出て模範解答を示し、解説を行う。演習の授業は学生が主体となって作っていくことを注意しておく。
- 授業中に課題を一題出題する。受講生は、この課題はその場で解いて、でき次第提出すること。その場で教員もしくは TA が添削して、課題の答案を返却します。この課題は、演習問題 1 題の模範解答を黒板に示したものとみなして、成績評価の点数に加味します。

## 0.4 合否判断

- 授業の合否判断は、講義の際に行ったテストの点数に黒板で解いた問題数に応じて点数を加味し判断する。出席点は加味しない（出席はとらない。）

## 0.5 連絡先

質問は授業時間に限らずいつでも受け付ける。連絡先は以下のとおりである。

- 岩山隆寛; 電子メール: [iwayama@kobe-u.ac.jp](mailto:iwayama@kobe-u.ac.jp); 居室: 自然科学研究科 3 号館西棟 502 号室

本講義で配るプリントは岩山のホームページ

[http://www.ahs.scitec.kobe-u.ac.jp/~iwayama/teach/teach\\_06.html](http://www.ahs.scitec.kobe-u.ac.jp/~iwayama/teach/teach_06.html)

からダウンロードできるようにしておく。講義ノートは順次上記ページにアップロードする予定である。なお、昨年度の講義のノートは

[http://www.ahs.scitec.kobe-u.ac.jp/~iwayama/teach/teach\\_05.html](http://www.ahs.scitec.kobe-u.ac.jp/~iwayama/teach/teach_05.html)

に掲載してある。