Solar System Dynamics[1]

太陽系は複雑でまた魅惑的な力学系である。本書は太陽系の力学的な特徴を包括的に記載した初めての教科書であり、太陽系がどのように機能しているのかを理解するために必要なすべての数学的道具と物理的モデルを読者に与えるものである。

*Solar System Dynamics*は明確に且つわかりやすく書かれており、込み入りながらも美しい姿を見せる太陽系の共鳴構造を理解するための導入は完全である。本書では手順をひとつひとつ踏みながら、木星の衛星イオの潮汐加熱、土星の衛星ハイペリオンの異常な自転、小惑星帯のカークウッドギャップの起源、土星の A リングの動径方向の構造、そして太陽系の長期安定性などの多岐に亘る特徴が、二体問題や三体問題および摂動論の基礎知識を組み合わせて理解出来ることを示している。読者の理解を試し深めるために各章の末尾には問題が置かれ、それに関連するフリーの Internet Mathematica® ソフトウェアパッケージ (動画や計算用ツールを含む) も供給されている。

*Solar System Dynamics*は太陽系力学、惑星力学、天体力学の講義教程での明快かつ包括的、またとても信頼できる教科書として使われよう。本書はまた、力学、力学系、カオス理論への応用、更に非線型力学のより一般的な教程に挑戦する学生が必要とする数学的道具を提供している。本書は惑星力学の分野に於ける基準となる書籍であり、古典たることを目指している。

Carl Murray はロンドンにあるクイーンマリー・ウェストフィールド大学の数学および天文学教授である。学術論文のみならず、彼は太陽系に関する一般的記事も数多くしたためている。彼は雑誌 *Icarus*と *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* の準編者であり、同時に土星に飛ぶカッシーニ計画の画像チームの構成員でもある。惑星科学に対する彼の寄与が認められ、小惑星 5598 は公式に Carlmurray と命名された。

Stan Dermott はゲインズビルにあるフロリダ大学の天文学教授であり、フロリダ大学天文学部の主任である。彼はまたフロリダ大学研究基金教授のひとりでもあり、探査衛星ガリレオの宇宙塵実験の共同研究者でもある。小惑星 3647 は彼に敬意を表して公式に Dermott と命名された。

[1] 表紙の直後にある文章。誰の手によるものか不明。

まえがき

What is a Man,
If his chief good and market of his time
Be but to sleep and feed? A beast, no more.
Sure, he that made us with such large discourse,
Looking before and after, gave us not
That capability and god-like reason
To fust in us unused.

William Shakespeare, *Hamlet, IV, iv* [2]

私達は新しい発見の時代に生きている。惑星間を航行する宇宙船ミッションが私達の太陽系を“発見”したという点に於いて、現代と 15 世紀と 16 世紀の大航海時代には共通するものがある。宇宙船から得られたデータは地上に於ける観測と結び付き、太陽系が惑星、衛星、小惑星、彗星、およびそこら中に散らばるダストの単なる集合体以上のものであることを明らかにした。太陽系は込み入った力学的構造を持っているが、その大部分はそれを構成する物体に対する力の単純な逆二乗法則を適用することで理解が可能である。それ故に、太陽系の力学的構造と進化を理解するためには、宇宙の重力法則の効果を定性的かつ定量的に理解する必要がある。

私達は太陽系力学を、惑星科学での実際の問題を解くための天体力学の技術の応用であると看做している。天体力学には幾つかの古典的な教科書があり、その多くは現在でも利用されている。例えば Plummer (1918), Brown & Shook (1933), Brouwer & Clemence, (1961) などであり、より最近では Danby (1988) もある。Hagihara (1970, 1972a, b, 1974a, b, 1975a, b, 1976a, b) は権威のある参考書だが、読者に理解してもらおうとする意図は殆ど感じられない。多くの点で私達の努力は Roy (1988) の延長である。出来る限り独立した書籍たることを目指したとは言うものの、本書はおそらく Roy の本と一緒に読まれるべきものであろう。本書に含まれる題材の殆どは従来の書籍で既に議論されているものであるが、どれか一冊の包括的かつわかりやすい文献に便利に纏まっているものではない。それ故に私達の最も重要な目的は、自分自身が研究者として出発した時点で読みたいと思ったであろう書籍を作ることであった。

本書の執筆に際して、私達は太陽系力学の基本的技術と実際の問題へのその応用の全体的な概要を与えようと試みた。この分野は太陽系自身と同様に進化し続けている。従って、本書はそれぞれの題材の現時点に於ける重要な原理と研究対象領域に関する私達の個人的な認識であると捉えて頂きたい。題材と例の選択については私達自身が研究して来た領域に偏った。その結果、月の運動、地球物理学、カッシーニ状態などのトピックはこの版には含まれていない。それでも私達は、この分野を代表するに足る題材を選択したものと信じている。

全章の末尾には練習問題を配置した。幾つかの問題の解くためには、計算機を使える環境と多少のプログラミング能力が必要であることがわかるだろう。これはよく考えた上でのことであり、また太陽系力学の近年の突破口の多くは計算機を利用して得られた帰結であるという事実を反映している。本書を作製する過程に於いて、私達は *Mathematica*® による多種類のプログラムを開

[2] この詩は原文のまま放置した。

発した。本書の教育的価値を高めるために、それらのプログラムのソースコードは、太陽系の力学現象を図解するための幾つかの動画と共に http://cup.cam.ac.uk/0521575974 にて参照できる[3]。このサイトは本書の既知の誤植を記載するためにも使われている。本書の読者にはこのサイトを定期的に訪れて頂きたい。

太陽系力学の究極の目標は、宇宙の局地的環境を構成する天体の力学的起源、進化、そして安定性を理解することである。新しい観測結果が得られないことにより多くの問題が解かれないまま残ってはいても、太陽系力学者は私達自身の、そして他の惑星系の構造を決めて来た基本的なメカニズムを今や理解できると信じている。次世代の惑星探査計画が新しい現象を発見し、それが新しい世代の力学者の手による新しい説明を要求することは疑いが無い。私達の唯一の望みは、そうした時代にもなお本書が有用な情報と方法の源たらんとすることである。

謝辞

本書は筆者達がそれぞれの機関で行った講義のノートを元に準備され、大学院生またはこの分野に新しく参入した研究者に向けて執筆されている。何年にもわたって本書の様々な版の草稿を作って来たが、その誤りを指摘し、改善を示唆してくれた多くの学生および同僚に感謝している。特に Apostolos Christou, Keren Ellis, Mitch Gordon, Sean Greaves, Tom Kehoe, Helena Morais, そして Othon Winter に対しては、その支援と重要な寄与について感謝したい。

Doug Hamilton と Carolyn Porco は早い段階の草稿を読んでコメントをくれた。Phil Nicholson は第四章と第六章のための幾つかの題材を供給してくれ、同時に彼が大学院の講義で用いている練習問題を本書で使うことを許可してくれた。Sumita Jayaraman と Jer-Chyi Liou は彼ら自身の研究からデータと計算結果を提供してくれた。Fathi Namouni は本書の全ての面に対してコメントをしてくれたが、特に第八章と第十章とに対して幾つかの重要な改善を示してくれたことに感謝したい。Faber & Faber Limited および Harcourt, Inc. は本書内に於ける T. S. Eliot の *Journey of the Magi* からの引用を許可してくれ、Donal O'Ceallaigh は 9 世紀のアイルランド語の文章の翻訳を支援してくれた。最後に、本書が完成するまでの長い年月にわたり忍耐と理解を示してくれた Kim と Margaret に感謝したい。

[3] この URL では当該ページにアクセスできない (平成 14 年 10 月 11 日現在)。