まえがき

天体力学に関するこの本は、総合的な背景を持った上で実際的な応用の仕事に取り組むことを意図して出版されたものである。進んだ知識を持つ学部学生や大学院生のみでなく、仕事上の知識を必要とする技術者やその他の人々にも適した内容になっている。また、専門家にとっての参考書ともなり得るであろう。本書に於ける表現と内容は、計算機による仕事を進める上で出来るだけ役に立つように構成した。けれども勿論、我々は計算ハンドブック以上のものを目指したつもりである。我々は第一原理からテーマを掘り起こし、そこで使われている思考過程が用いられた動機を記し、読者が将来独立な研究を行なう場合の下地を配するように心掛けた。

天体力学は天体の運動の解明を主眼とした天文学の一分野である。天体の運動を支配する力は、少なくとも我々の銀河の内側では、重力である。そして、本書で扱っている唯一の力も重力である。天体力学のほとんとすべての場面に於いて、天体の運動の観測結果は非重力の影響を考慮することなしに、重力のみで完全に説明される。観測と理論が喰い違ったとすれば、それは多くの場合に現行の理論が不十分だからである。過去二世紀の間、観測の精度の向上は理論計算の精度の向上を上回って来たようである。しかしながらこのことは、極めて実際的な立場から言うと、大雑把な現象を大雑把に観測することができるようになってきたというだけの話である。観測事実をより厳密に検証するためには膨大な理論計算が必要とされるため、多くの研究がその前で立往生しているというが現状である。近年は性能の良い計算機械が作られはじめ、既に天体力学業界の活動を一新する方向が見え出し、刺激的な発見が多くなされている。こうした仕事により容易に取り組むことができるようにとの思いが、本書を執筆した主要な動機であった。

重力以外の力が発現する例として現在のところ広く知られている現象としては、不規則で季節的にも変動する地球の自転速度、大気中での衛星の運動、彗星の運動や近接連星の運動などがある。こうした話題については、本書の第 XVII 章第 14 節に於いて、人工衛星の運動に影響を与える大気の摩擦について扱っている。

我々が扱った重力は、万有引力の重力逆自乗法則に従うもののみである。内惑星の遠点の運動がこの力のみでは説明できないことは知られているが、その場合には一般相対論から導かれる微少な修正をちょっと加えるだけで良い。これに関しての詳細は一般相対論の教科書を参考されたい。

天体力学を精神修養の一方法として学ぶこともできよう。物事の本質と形式的関係を普遍的に理解するということの鍛練である。そのつもりがなければ、天体力学はまったくの実際的応用的見地から学ぶべき学問である。我々がここで念頭に置いたのは完全に後者の立場である。我々は、数値計算をするために使用されてきた主要な方法はあらゆるものを記述し、逆に、数値計算に適さない方法についてはすべて割愛した。

本書の読者には微分積分計算に関するそれなりの知識が必要とされる。それに加え、本書に記述された式変形等を完全に理解しようとするには、代数学 ・方程式論 ・微分方程式に関する知識が必要とされるが、そのようなものを知らなくても、天体力学を実際的な問題に応用するだけならば特に問題はない。

本書の内容の配列は必ずしも論理的な構成にはなっていない。従って、本書は初めから終わりまでを連続して読まなければならないというものではなく、各章がある程度の独立性を保ったものになっている。よって、正しい理解を妨げない範囲で章を再構成して読んでいただければ良い。例外は第 I 章と第 II 章で、ここはかならず第 XI 章 ~ 第 XVII 章よりも先に読む必要がある。また、第 IV 章は第 V 章に先立った内容になっているし、第 VI 章 ~ 第 IX 章は相互に聯関し合っている。第 III 章と第 X 章から第 XVII 章はそれぞれが独立した内容になっており、その章だけを読めば理解できるはずである。このように、章をうまく選ぶことによって様々な種類の勉強法を採用できるようになっている。

第 IV 章は、主として第 V 章を理解するための必要事項が記述されている。ここは、有限差分に関する完全な知識がなくとも第 V 章を理解することができるようにするための章であり、また、内挿に関する簡単な知識を得るための章でもある。第 VI 章から第 IX 章には、天文観測を扱うために必要となる実際的な球面天文学の解説をも記述した。光行差については他の部分よりもしっかりと述べているが、これは、他の書籍の著者が光行差については蔑ろにしてきたと思われるからである。

天体力学で使われる方法自体については、すべて第 XI 章 ~ 第 XVII 章に述べられている。最終章では、天体力学の諸問題に於いて定量的に使用される正準変数の使い方に力点を置いた。この目的を達成するために、正準変数の使い方に関して天体力学に於いて特に必要とされることがないような事柄はすべて省略し、重要であると思われるひとつのやり方だけについての記述を与えるに留めた。通常形式の Hamilton–Jacobi 偏微分方程式の記述が欠けていることが目に付くかもしれない。Hamilton–Jacobi の偏微分程式は、変数分離型に持ち込める問題を解く場合に特に効力を発揮するものである。しかしながら我々は、Hamilton–Jacobi 方程式よりも von Zeipel によって考案されたより一般形式の方程式の有用性を強調することにした。この方法を、摂動論の展開に関する極めて強力な方法として使うことを目的にしているためである。von Zeipel の方法は、その特殊な場合として Delauney's の方法ををも包含している。解析力学的天体力学のその他の領域に興味がある読者は、E.T. Whittaker の *Analytical Dynamics* や他の専門書をあたってみるとよい。

天体力学に於ける記号の表記には常に大きな困難が付き纏う。必要とされる記号が夥しい数にのぼるからである。ひとつの記号にふたつ以上の意味を持たせて使わずに済むような局面はほとんどない。しかもその都度、どうしようもなく面倒で、そこでの話題について既に或る程度の造詣を持っている人々さえをも混乱させてしまうような新奇な解説が必要となってしまう。本書に於いては大体のところ、その話題についてもっとも頻繁に使われて来た記号を用いるようにした。そのため、異なる章に於ける異なるふたつの記号が同一の意味を持っているという状況も発生している。けれども、非常に頻繁に使われる量 (平均近点離角など) については、例外的に全章を通じて共通の記号が使用されるようにした。このようにして、読者が容易にオリジナルの文献を参照することができ、不必要に本書にのみ囚われることがないように留意したつもりである。

本書を上梓するにあたり、東京大学理学部天文学教室の堀源一郎博士には深い感謝の意を表したい。彼が初めてエール大学に逗留した年がたまたま本書の最終校正の時期にあたっていた。彼が本書の原稿すべてを注意深く読んでくれたおかげで、我々は多くの修正箇所を発見することができ、内容も大きく向上した。堀博士には校正刷りを読む段階でも同様に助力していただいた。

1961 年 2 月

Dirk Brouwer

G.M. Clemence