

はじめに

地球における気象現象や、地磁気擾乱、オーロラなど、大気・プラズマの電磁気現象は、太陽よりそのエネルギーをもたらされている。第 22 ならびに第 23 太陽活動周期（下図参照）にあたる最近の 20~30 年の間、われわれは地球の内部磁気圏を中心に、太陽面の爆発現象（フレア）に伴って発生した磁気嵐による強い電磁気・プラズマ現象（ジオスペース擾乱）を目の当たりにした。これらの電磁気・プラズマ現象のなかでも特筆すべき強大なものは、放射線帯（ヴァンアレン (Van Allen) 帯）のフラックスの増大や環電流の増大による地磁気変動をもたらし、実用衛星や電力線ネットワークの機能障害の発生など、人類の活動にも強い影響をもたらす場合があることを経験してきた。このように太陽活動変動のもたらす地球への影響を理解することは、近年宇宙天気というキーワードを用いて議論されるようになったこともあり、ますます重要になりつつある。同時に太陽-惑星間の相互作用の理解を進めておくことも重要な意義をもつものである。

この第 2 卷『太陽地球圏』の分冊では、太陽地球圏のプラズマ現象の理解に不可欠な電磁気学・プラズマ物理学の基礎を論じつつ、そこに展開している興味深い物理現象を、太陽に始まり、地球周辺の磁気圏、さらに月惑星における

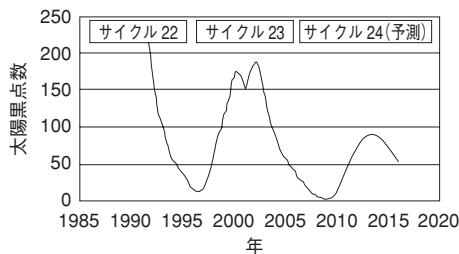


図 太陽活動第 22~23 周期における太陽黒点数および第 24 周期の予想推移
活動周期の番号の定義は 2.5 節「太陽黒点」を参照。（SWPC/NOAA による公表値より）

諸現象を追って紹介することにする。したがって、第1章では太陽地球圏プラズマの運動論と巨視的記述の基礎を論じ、第2章では、太陽エネルギーの起源と太陽風など太陽圏内での電磁現象について述べる。第3章では太陽-地球相互作用の結果ひき起こされる磁気圏構造ならびにその変動現象の概要を記述し、第4章では、強い太陽-地球相互作用の結果ひき起こされる磁気圏変動現象としての磁気嵐現象について詳述する。第5章では太陽地球圏におけるプラズマのミクロプロセスとしてのプラズマ媒質中における電磁波動現象の基礎についてコールドプラズマ、ならびに熱いプラズマにおけるプラズマ波動現象、ならびにプラズマ波動の伝搬と減衰についてふれ、最後に、第6章では太陽風と惑星圏相互作用を特徴づける要素である大気と惑星固有磁場それぞれの有無によって太陽風と惑星圏相互作用がどのように変わっているかを、代表的な天体・惑星を例に挙げて論じる。

共著者である小野は、第1, 2, 5, 6章を担当し、三好は第3および4章を担当した。本書は大学の専門課程にいる学生諸君を念頭に書かれている。したがって基礎教科である、力学、統計物理学、電磁気学、流体力学の基礎の実力をもっていれば読み進めていけるものと考えている。なお、プラズマ物理学の理解には、基礎の数学として、複素関数論の理解は不可欠である。したがって、必要な基礎科目を身につけつつ、本書を読み進めていただくことをお勧めしたい。また、紙面の都合から、必ずしも十分に記述できていない太陽地球系の領域や現象があることをお断りしておきたい。これらについては、関連する文献を参照いただきたい。

本教科書の内容を構想し、書き進めるにあたっては、大家 寛東北大学名誉教授に、貴重なご意見をいただいた。太陽物理学の知見については、京都大学大学院理学研究科附属天文台の柴田一成教授に基礎から多くを教えていただいた。また、名古屋大学太陽地球環境研究所 草野完也教授、国立天文台 岩井一正博士に文章の点検と推敲についてのご意見をいただいた。磁気流体力学・プラズマ物理学の諸問題については、京都大学大学院理学研究科の町田 忍教授、東北大学大学院理学研究科 寺田直樹准教授、および加藤雄人准教授に多くを教えていただいた。また、森岡昭東北大学名誉教授、東北大学 小原隆博教授、名古屋大学太陽地球環境研究所 萩野瀧樹教授、塙川和夫教授、家田章正助教、宮下幸長博士、京都大学生存圏研究所 海老原祐輔准教授、千葉大学 松本洋介特任助

教, 東京工業大学 片岡龍峰特任助教, 米国・ニュージャージー工科大学 桂華邦裕博士, 宇宙航空研究開発機構 笠原 慧助教からもご指導をいただいた. また, 名古屋大学太陽地球環境研究所 関 華奈子准教授, 東北大大学院理学研究科 栗田 怜氏, 米国アイオワ大学 R. Anderson 博士には図をご提供いただいた. ここに厚く感謝の意を表したい. 本書では, 重要と思われるプロセスの記述において, 数学的表現を用いることは避けていない. また特にプラズマ物理学の記述では, できるだけ厳密な表現を求めている. 近年の教科書では, 平易な記述が重視されることが多いが, そのような立場を取らなかったのは本書の特徴であり, 読者諸君においてはこれを克服して, しっかりとした太陽地球圏の物理学の基礎を習得していただきたいと, 希望するものである.

本教科書では特別の場合をのぞき, SI 単位系を使用した. 浅学のため, 記述には不十分なところが各所に見られると思うが, これらは読者の批評をもとに今後機会をみて改訂していきたい. 中に使用した数式は, 少しでも間違いを減らすべく慎重に書き進めたつもりであるが, 点検にあたっては, 京都大学生存圏研究所の新堀淳樹博士に多大な協力をいただいた. また本書の文章については, カリフォルニア大学の西村幸敏博士, ならびに国立極地研究所の佐藤由佳博士に, 校正をはじめとする諸作業に大変お世話になった. ここに謹んでお礼を申し上げたい.

2012 年 7 月
小 野 高 幸
東北大大学院理学研究科
三 好 由 純
名古屋大学太陽地球環境研究所