

講座

高速プラズマ流と衝撃波の研究事始め

Research Guidance to Fast-Flowing Plasmas and Shock Waves

核融合プラズマ，宇宙・天体プラズマ，実験室プラズマなどの多くの分野で，“高速プラズマ流”が関与するさまざまな現象が観測され，プラズマ流の役割の重要性が認識されている．この講座では，広範なプラズマ中の流れ現象のうち，特に，音速を超える高速プラズマ流と衝撃波に絞って，入門的解説から最前線の研究紹介を5回にわたって連載する．

1. プラズマ衝撃波の基礎物理

1.1 はじめに

犬竹 正明

東北大学工学研究科

(原稿受付：2006年11月13日)

Keywords: Fast-flowing plasma, solar flare, astrophysical jet, rotational plasma, soliton, collisionless shock wave, magnetic fusion, laser implosion, electric propulsion, space and cosmic plasma, laboratory plasma

近年，宇宙・天体プラズマ研究分野において太陽フレアの発生機構や宇宙ジェットの観測とその生成機構などが注目され，一方，核融合分野においてもプラズマ流れのシアの重要性が認識され，電場と輸送障壁との相関に関する研究には著しい進展がある．さらに，高速プラズマ流の動圧力を利用した高ベータプラズマ閉じ込め新提案，レーザープラズマにおける爆縮研究などさまざまな分野で精力的な研究が進められている．さらに，プラズマ中の電磁流体渦構造（スフェロマック，FRC）形成などの基礎研究や，宇宙推進機などの応用研究にとっても高速プラズマ流は主要な課題である．

プラズマ・核融合学会では，図1に示すように，「流れが深く関与するプラズマ諸現象の解明と制御」専門委員会を立ち上げ，プラズマ・核融合分野，宇宙・天体プラズマ分野，プラズマ流に関する各種応用分野の研究者を含めた高速プラズマ流に関する情報交換の場を設け，分野に共通する基礎・応用研究を推進するために活動を行ってきた．

このような観点から，今回「プラズマの流れ」に関する基礎から研究最前線まで幅広く紹介する講座を企画した．プラズマの流れが関与する現象を多分野にわたって横断的

に解説する企画は本学会誌ではこれまで組まれておらず，核融合分野の研究者だけでなく，宇宙・天体プラズマ物理やプラズマ流に関する各種応用研究を行っている読者にも興味を持っていただけるよう構成した．それぞれの分野で展開されている研究を相互に理解することで互いの研究交流活動や研究の発展に寄与できれば幸いである．

講座の構成は以下のとおりである．（2月号以降のタイトルと執筆者は予定，また掲載号が変わる場合もあります．）

第1回（1月号）

1. プラズマ衝撃波の基礎物理

1.1 はじめに

犬竹正明（東北大）

1.2 通常気体中の高速流と衝撃波の基礎

犬竹正明（東北大）

1.3 衝撃波から見たプラズマの特性

大澤幸治（名大）

1.4 磁場中の無衝突衝撃波

大澤幸治（名大）

1.5 静電的ソリトンと無衝突衝撃波の検証

佐伯紘一（静大）

I. Physics of Plasma Shock Waves 1.1 Introduction

INUTAKE Masaaki

author's e-mail: inutake@ecei.tohoku.ac.jp

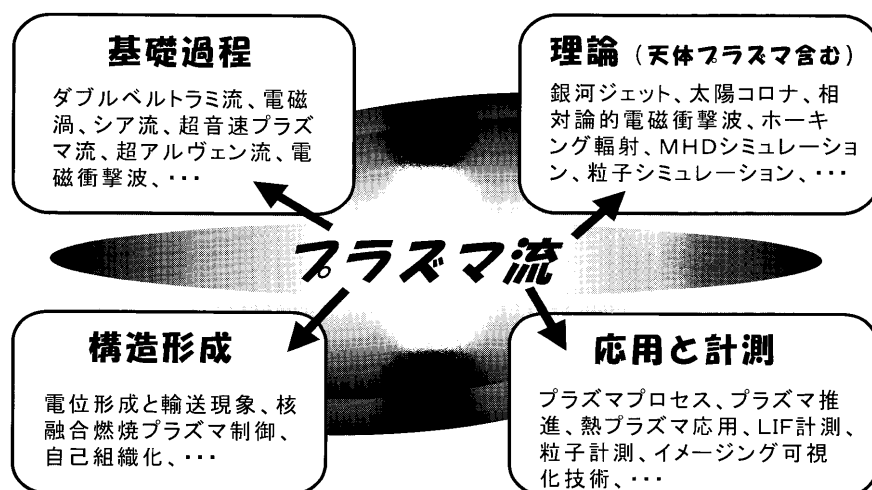


図1 プラズマ流が深く関与する諸現象の分野別構成

第2回 (2月号)

2. プラズマ流計測の基礎

安藤 晃 (東北大), 門 信一郎 (東大)

・ トーラスプラズマ中のポロイダルショック

伊藤公孝 (核融合研)

・ 高速回転流の生成と高ベータプラズマ閉じ込め

吉田善章 (東大)

第3回 (3月号)

3. プラズマ流を伴う計算機シミュレーションの基礎

三好隆博 (広大), 草野完也 (地球シミュレータ)

第4回 (4月号)

4. 高速プラズマ流が関与する研究の最前線

4.1 宇宙における高速流諸現象の解明

・ 地球バウショックの衛星観測と遷移層の非定常性

岡 光夫 (京大), 寺沢敏夫 (東工大)

・ 太陽フレアにおける高速流とスローショック

草野完也 (地球シミュレータ)

・ 降着円盤における高速回転流と宇宙ジェット

小出真路 (熊本大), 柴田一成 (京大理)

・ ホーキング輻射の謎と実験室遷音速流による模擬実験

阪上雅昭 (京大人環), 奥住 聡 (京大人環)

・ 高強度レーザーを用いた宇宙物理模擬実験

高部英明 (阪大レーザー研)

第5回 (5月号)

4.2 実験室における高速流の生成と衝撃波

・ レーザー推進における高速プラズマ流とデトネーション波

佐宗章弘 (名大王)

・ 磁気ノズルによる超音速流の生成と衝撃波

犬竹正明 (東北大工)

・ 電磁加速パルスプラズマとスフェロマック形成

永田正義 (兵庫県立大)

・ トカマクダイバータにおける高速プラズマ流

朝倉伸幸 (原子力機構)

第1章では、本企画の趣旨を述べた後、通常気体の高速流れと衝撃波の基礎について簡単に復習しておく。その後、プラズマ流体の基礎方程式と磁場中無衝突衝撃波の理論、およびイオン音波や電子プラズマ波の静電ソリトンと無衝突衝撃波の理論と実験について概説する。第2章ではプラズマ流の計測方法の原理と実際の手法、また、第3章では計算機シミュレーションの手法や可視化手法、計算ツールについて概説するとともに、実際に研究を行う際に有用な参考文献や計算機コードなども紹介する。第4章では、「宇宙・天体プラズマ」と「実験室・応用プラズマ」における高速流が関与する研究最前線を紹介する。

衝撃波により積極的にプラズマを加熱したい場合もあるが、逆に、電気推進あるいは高速流によるトーラス閉じ込め改善などへの応用の場合には、高いマッハ数まで衝撃波が発生しないように高速流を生成・維持したいことがある。また、レーザー爆縮の場合にも、超高密度のコアプラズマ形成には、圧縮を阻害する衝撃波加熱が早期に発生しないようにレーザーのパルス整形をする必要もある。

今後、観測、理論、実験、シミュレーションの密接な連携研究により、電磁流体力学およびプラズマ力学を精密科学として確立していくことが求められている。この講座を契機に、幅広い研究者が参入し高速プラズマ流の研究が飛躍的に発展すれば幸いである。