

## 研究会報告：「MHD 不安定，リコネクション，ダイナモ」

### 一実験室，磁気圏，天体プラズマにおける磁気爆発現象と磁気構造形成の謎をさぐる一

宇宙の物質の99%以上は電離した気体状態，プラズマ状態にあることはよく知られている。こうしたプラズマの振舞は電磁流体力学(Magnetohydrodynamics=MHD)により記述され，ミクロな世界の共通言語が量子力学であるように，MHDは宇宙のマクロな物質の世界を記述するための共通言語であると言える。対象とする領域が多岐に渡るため，最近まで電磁流体の研究は天文，地球物理，核融合分野などに分かれて，それぞれ独立に行われる傾向が強かった。しかし，各分野における研究の発展に伴い，電磁流体の物理学を総合的に理解していこうとする機運が盛り上がりつつある。表題の研究会はこのような機運を反映したもので，2つの科研費総合(A)プロジェクト「活動的天体における磁場を伴う流れと構造の形成」(代表：名大理 花輪知幸)と「地球電磁流体力学における新しい計算手法」(代表：東大理 寺沢敏夫)の共催で，本年(1994年)2月2日から4日の3日間に渡り，天文台講義室を借りて研究会を行った。参加者は90名にも達し，大変盛況であった。研究会はいくつかのセッションからなり，

- 最新の実験と観測 (実験室，磁気圏，太陽，銀河)
- MHD不安定についての最近の話題 (トカマク，降着円盤，パーカー不安定，ケルビンヘルムホルツ不安定)
- 磁気リコネクションの基礎理論，それに伴う高速プラズマ流・非熱的粒子加速の理論と観測 (磁気圏，太陽コロナ)
- MHD乱流，自己組織化，ダイナモ

が主な話題で，それに関するreview講演ならば

に一般講演から構成された。多くの講演の申込みをいただき，時間の制約もあって，一般講演はポスター形式としたが，これはコーヒーブレイク毎の熱心な討論の舞台となり，研究結果の交流にはむしろ有効であったと思われる。以下にテーマ別に講演内容のメモを記す(順不同，紙面の関係で残念ながらポスター講演についての紹介は省略させていただいた)。

リコネクションおよびその関連現象は，多くの分野で研究の中心テーマとなっており，この研究会のハイライトの1つであった。小野靖氏(東大工)はリコネクションの室内実験結果を示したが，従来の室内実験結果に比べ，非常に綿密な計測がなされているとの印象を受けた。今後，異常抵抗発生の原因の同定が期待され，関連他分野にも大きなインパクトを与えるであろう。リコネクションと深い関わりを持つ，トカマクにおける電流駆動型不安定性の発生は中島徳嘉氏(核融合研)，若谷誠宏氏(京大ヘリオトロン)によって論じられたが，精密な固有値計算の結果と実験結果を詳細に比較できるのが室内実験の強みである。地球磁気圏における観測結果は，高橋主衛氏(名大太陽地球環境研)のoverviewにつづき，磁気圏尾プラズモイドの観測結果の紹介(町田忍：京大理，長井嗣信：東工大理，藤本正樹：名大理の3氏共同)が行われた。リコネクション領域から放出されたプラズマ・ジェット内の粒子がマックスウェル分布から大きく外れた分布を持つこと等，多くの興味深い結果が得られている。

一方，「ようこう」の太陽観測から，太陽コロナ・フレアの物理像が全く塗変えられつつあることは良く知られている。これに関連した講演として，軟X線観測を中心とした常田佐久氏(東大理)のoverview，柴田一成氏(国立天文台)によるジェット・プラズモイドの観測紹介，坂尾太郎氏(国立天文台)による硬X線観測に基づいた粒子加速に関する研究結果紹介と続き，圧巻であった。コロナのいたる所でリコネクションが発生している

こと、フレアのリコネクション説の証拠が続々と見つかり出したこと(とりわけ軟 X 線フレアループの上方にある硬 X 線ループトップソースの“大発見”)などが熱っぽく語られ、多くの議論を呼んだ。鶴飼正行氏(愛媛大工)、横山央明氏(国立天文台)はそれぞれ磁気圏、太陽コロナにおけるリコネクション現象に関する MHD 数値実験の現状を review した。寺沢敏夫氏(東大理)は 3 次元性が従来の 2 次元リコネクションの描像を変える可能性について論じた。また、リコネクション領域の特徴的空間スケールが粒子の特性長(サイクロトロン半径、慣性長など)と同程度になる場合には、粒子の振る舞いが MHD の記述から外れることも十分考えられる。星野真弘氏(宇宙研)は MHD 的な有限電気抵抗によるリコネクション(テアリングモード不安定性)と非 MHD 的な無衝突リコネクションの物理像の違いについて論じ、田中基彦氏(核融合研)、堀内利得氏(核融合研)はリコネクションの粒子的シミュレーション結果について論じた。

磁気圏・天体における重要な MHD 現象はリコネクションに止まるものではない。中村正人氏(東大理)、山本達人氏(宇宙研)は磁気圏昼間側境界面付近で観測されたケルビンヘルムホルツ不安定起源と見られる波動について論じた。坪井昌人氏(茨城大理)は電波観測に基づき、銀河中心付近の磁場構造の詳細を描いてみせた。観山正見氏(国立天文台)は降着円盤における角運動量輸送に関する磁場の役割に関する最近の議論(いわゆるバルバス・ホーリー不安定性)について紹介した。

花輪知幸氏(名大理)は天体プラズマにおけるパークージーンズ不安定性の理論について紹介し、松元亮治氏(千葉大教養)はパークー不安定などの磁気浮力不安定性に関する最近の 3 次元シミュレーション結果を示した。

自己組織化、MHD 乱流、ダイナモ効果はこの研究会の最後のハイライトであり、先ず、MHD 乱流理論に関する吉沢徹氏(東大生産研)、「プラズマにおける自己組織化」に関する長谷川晃氏(阪大工)の review が行われた。長谷川氏の“何をもって自己組織化とするかについては主観が入る。つまり、興味のある物理量が綺麗にまとまった特性を示すのを自己組織化と呼ぶのだが、その裏で興味ない量はグチャグチャでありうる”という表現は本質をついていて大変面白かった。また、中性流体における渦糸のリコネクションは MHD における磁力線のリコネクション現象と対比される興味深い現象であるが、高木隆司氏(東京農工大)は、それをより一般的な「形の物理」の観点から review した。草野完也氏(広島大理)は太陽コロナループにおける磁気エネルギー蓄積と解放の問題を自己組織化(いわゆるテイラー緩和)との関連で述べ、木田重雄氏(京大数理研)はスペクトル法に基づく MHD ダイナモの高精度計算の現状について述べた。天文台の談話会との共催の形で行われた河野長氏(東大理)の講演では、古地磁気学～地球惑星物理学分野における地球・惑星ダイナモ研究の現状が紹介され好評であった。

世話人 花輪知幸, 寺沢敏夫, 柴田一成