

加熱・輸送・乱流が繋ぐ実験室-天体プラズマの連携研究SoLaBo-Xの進展 Progress in a cross-disciplinary research project on laboratory and solar/astrophysical plasmas: SoLaBo-X

仲田資季¹、勝川行雄²、今田晋亮³、SoLaBo-X project^{1,2}
Motoki Nakata, Yukio, Katsukawa, Shinsuke Imada, SoLaBo-X project

¹自然科学研究機構 核融合科学研究所, ²自然科学研究機構 国立天文台,
³名古屋大学宇宙地球環境研究所

National Institute for Fusion Science, National Astronomical Observatory of Japan,
ISEE-Nagoya University

宇宙空間や天体での多彩な構造形成や活動現象の理解を目指す宇宙・天体プラズマ研究者にとって、プラズマのダイナミクスや磁場形成に関わる素過程を理解することは最重要の課題である。一方、核融合炉の実現を目指す磁場閉じ込めプラズマ研究者にとっては、高温プラズマの内部状態の精密計測や理論モデルによる予測、制御手法の開発が最重要の課題である。温度や圧力、磁場強度といったプラズマの物理パラメータが異なる場合も多いものの、太陽プラズマにおけるダイナモによる磁場生成や外層大気でのコロナ加熱、あるいは、磁場閉じ込めプラズマにおける自発流・自発磁場の形成や高エネルギー粒子と電磁波動の共鳴加熱など、いずれの研究領域においても電磁的な乱流場の存在が本質的な役割を果たす「加熱・輸送・乱流」のダイナミクスの理解が鍵となっている。また、これらは太陽プラズマのみならず、他の高エネルギー天体や磁気圏プラズマなどにおいても重要な物理過程である。

上記の学術的背景と動機のもと、自然科学研究機構若手分野関連携プロジェクト「高次相関解析とインフォマティクスが拓く実験室・天体プラズマにおける加熱・輸送・乱流ダイナミクスの研究」が2018年度のスタートアップを経て2019年度から本格的な活動を開始しており[1, 2]、核融合科学研究所と国立天文台を基盤拠点として、宇宙科学研究所や名古屋大学宇宙地球環境研究所、九州大学などの複数の機関に所属する若手研究者が参画している(図1)。

物理パラメータやダイナミクスの様相が多様であるため、天体プラズマと一言で括って統一的に扱うことは困難である。そのため、ここではまず、地上の精密実験である閉じ込めプラズマ研究と宇宙における精密実験とも言える太陽研究との間における知見や解析手法

の相互循環・融合に着眼している。互いの特性を活かすことで、解析可能な時空間スケールや物理パラメータを接続・拡大し、プラズマの加熱・輸送・乱流ダイナミクスを一層高い視点から俯瞰することで新たな普遍性や特異性を明らかにすることを期待している。

これまでの活動によって、

- 太陽内部乱対流シミュレーションと核融合プラズマ乱流シミュレーションにおける局所・非局所モデルの比較研究
- 太陽表面を模擬した乱流可視化実験による乱流輸送研究
- 深層学習を援用した先進的な観測/実験データ解析フレームワークの構築
- 太陽大気エネルギー輸送モデルの改良と直線型プラズマ実験などによる検証

といった太陽内部-表面-外層大気にわたるなどが進展しており、本学会におけるオーガナイズドセッションにおいても進展が報告される。

今後は詳細な物理解析による新しい理解の構築に加え、それらの知見を機械学習などのインフォマティクスに組み込んだ高速・大規模データ解析・予測ツールの高精度化を加速させ、大型プラズマ閉じ込め実験への適用や次期太陽観測計画にフィードバックを目指している。

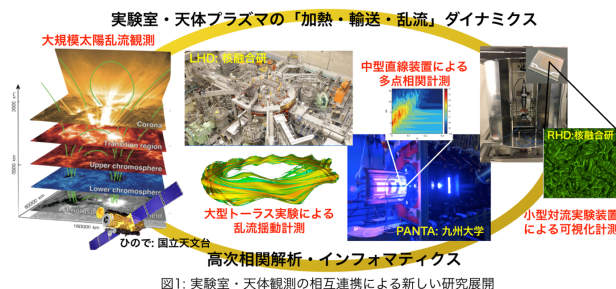


図1: 実験室・天体観測の相互連携による新しい研究展開

[1] 仲田資季 et al., 天文学会 秋季年会 (2019)

[2] 仲田資季 et al., HINODE13 (2019)