

研究交流計画の目標・概要

[研究交流目標] 交流期間(最長 5 年間)を通じての目標を記入してください。実施計画の基本となります。

磁場閉じ込め核融合プラズマをはじめとする超高温プラズマ中では、自然界においても普遍的に見られる様々な「構造形成」が起こる。そして、その構造形成が超高温プラズマを新たな閉じ込め状態へと遷移させることが特徴である。構造形成の発現メカニズム理解の鍵となるのが、プラズマ中の乱流と高エネルギー粒子のダイナミクスである。磁場により閉じ込められた超高温プラズマでは流体的な振る舞いと粒子的な振る舞いが共存し、(1)閉じ込め磁場とプラズマが電磁力を介した強い非線形結合を起こすこと、(2)核融合反応により生成されるアルファ粒子のように熱平衡状態から遠く離れた高エネルギー粒子との波 粒子共鳴相互作用、といった中性流体とは著しく異なる特性が現れる。これらの現象が複雑に絡み合うことにより、微視的な渦を伴う乱流状態から巨視的な自発流が形成され、超高温プラズマ中にある種の「構造」が作り出される。一方、近年の実験結果から、これらの構造形成現象が、超高温プラズマを閉じ込める磁場の三次元構造により制御できる可能性が明らかになりつつある。本研究交流の目標は、世界各国で行われている超高温プラズマ閉じ込め研究の成果を結集し、多様な閉じ込め磁場中の超高温プラズマで見られる乱流状態からの構造形成や高エネルギー粒子ダイナミクスの役割を精密実験と理論・シミュレーション解析によって比較・考察することで、自然界に存在する大規模構造形成を理解する鍵となる新たな学理を創出する国際研究拠点を形成することである。

超高温プラズマに関する様々な物理研究に関して、これまで国際共同研究体制を構築してきた。その中から、米国、ドイツ、中国に拠点研究機関をそれぞれ選択し、日本側の拠点研究機関として京都大学と合わせて、新たに「超高温プラズマダイナミクスと構造形成に関する国際研究拠点コンソーシアム」を構築する。本コンソーシアムを構成する拠点機関は、前述の超高温プラズマ中の乱流現象および高エネルギー粒子閉じ込め研究で世界をリードする研究機関である。さらに、それぞれの拠点機関は各極内の研究協力機関を置き、拠点機関と連携しながら研究を深化させ、またそれぞれの成果を統合することにより、構造形成という難問に挑む。本事業により構築されたコンソーシアムは、事業終了後も国際共同研究の拠点として発展させる予定である。そのため、事業終了後の共同研究が継続できる体制づくりを目指す。

[研究交流計画の概要] 共同研究、 セミナー、 研究者交流を軸とし、研究交流計画の概要を記入してください。

共同研究：以下の課題にタスクフォースを設定して研究交流を進める。

- 1) **プラズマ乱流と自発流形成：**微視的な渦を伴う乱流状態から、巨視的な自発流が形成される過程を考察する。詳細な空間構造計測を駆使して、自発流を伴う構造形成へ至る駆動メカニズムを明らかにする。
- 2) **高エネルギー粒子による自発流形成：**高エネルギー粒子と超高温プラズマとの波 粒子共鳴相互作用に注目し、高エネルギー粒子が駆動する自発流やその振動現象を考察する。特に、乱流状態の複雑な非線形結合が作り出す自発流が、なぜ高エネルギー粒子によっても駆動されるのかに注目し、考察する。
- 3) **三次元磁場による自発流形成の制御：**各拠点機関及び協力機関の実験装置が持つ三次元磁場構造の多様性を活用し、乱流及び高エネルギー粒子駆動の自発流を考察する。異なる対称性を持つ磁場構造から生み出される自発流の強度や空間構造を比較・検証する。

上記の研究を遂行するにあたり、若手研究者がタスクフォースリーダーを務め、国際共同研究を企画・立案して実施するとともに、その成果を取り纏めて国際共著論文として発表することを目指し、責任をもって研究を主導する体制をとる。また、構造形成にかかわる学術的知見は、核融合のみならず多様な自然科学研究分野にとっても普遍的な重要課題である。そこで、他の分野とも積極的に交流することで、本事業で創出される学術的知見のさらなる深化や拡大を図るとともに、新たな学術領域の開拓を促進する。

セミナー

年次セミナーを年1回、4カ国持ち回りで開催する。1年目はキックオフセミナーとして京都大学エネルギー理工学研究所が主催し、京都で開催する。2年目 - 4年目は海外の拠点機関が主催、海外にて開催する。最終年度は5年間の取り纏めを行うとともに、今後の国際ネットワーク継続を見据えた総括会合とする。セミナーでは、本研究交流参加者による研究発表、及び、各国での研究の進捗状況についての報告を行う。また、「若手オーガナイズドセッション」を設け、若手研究者・学生が共同研究を通じて得た成果を報告する。

研究者交流

若手研究者・学生が相手国に最大数ヶ月滞在し、実験・理論の両側面から「滞在型共同研究」を行う。先方機関からも、ポスドク・博士課程学生を対象として数ヶ月から1年程度の日本滞在を要請し、実効的な交流を図る。共同研究全体を統括する国際執行委員会や各共同研究に関する議論については、セミナー以外においても適宜、テレビ会議等を利用することで、日常的に交流を行える機会を設ける。

[実施体制概念図] 本事業による経費支給期間(最長5年間)終了時までには構築する国際研究協力ネットワークの概念図を描いてください。



磁場の多様性が拓く超高温プラズマダイナミクスと構造形成の国際研究拠点

