

1. 研究課題名：乱流プラズマの構造形成と選択則の総合的研究

2. 研究期間：平成16年度～平成20年度

3. 研究代表者：伊藤 早苗（九州大学・応用力学研究所・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

核融合研究の進展、プラズマを用いた物質創成や宇宙天体の観測による知識の急速な増加につれて、「知識から理解へ」の進展を求める世界的な機運が盛り上がっている。こうした研究を貫くものとして、高温磁化不均一プラズマの乱流と構造形成の機構解明が、必須の重要課題と考えられるようになった。

この研究では、高温磁化不均一プラズマについて、乱流と構造形成の機構を解明し自律的構造の遷移と選択則を得ることを目的とする。乱流と構造形成、および可能な構造の中の選択則の問題は、遠非平衡状態の乱流媒質にとって普遍的な課題であり、ここでは、理論解析・シミュレーションおよび実験研究を統合することによって仮説の検証を経て法則の定式化をめざす。

この研究は、トロイダルプラズマや天体プラズマでの乱流、帯状流、ダイナモ等の現象について、輸送や分岐、自律的構造や選択則のような形で成果を体系化し、活動するプラズマの法則を示し理解を深める意義をもつ。爆発的に増える知識を理解へと昇華させ、実験室や自然界に観測されるプラズマの構造と流転とを理解する基盤を与える事が出来、この研究は大きな意義をもつ。乱流プラズマの構造形成と選択則の研究は、研究開発のフロンティアにとって規範となる学問方法を提供する事が出来るだろう。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

研究メンバーによる集中的会合をおこない研究を推進した。理論家と実験家との共同作業を重視し、国際研究集会や海外共同研究者の滞在型研究等も含む共同研究を進めた。

実験機器やクラスター計算システムなどの開発が順調に進展した。特に、直線プラズマ装置では百数十のプロブ等の計測系開発を進め192チャンネルのデータ収集システムを構築した。乱流の理解と実験条件最適化のため「数値直線プラズマ」シミュレーションコードを開発した。計算結果や初年度の実験成果に立脚しプラズマ長を3.7mに延ばし揺動観測を整備した。バイスペクトル解析を含む乱流データ分析法も開発し、乱流実験と解析の高度化へ繋がる研究基盤が確立された。

世界的な物理学成果が上がっている。乱流統計理論では統計力学の森の方法によって代表者らの dressed test mode 法を基礎づける研究も進み、遷移理論を発展させ構造相転移の寿命という概念を定式化した。メソスケール構造を含む非線形状態に関する研究としては、トーラス・プラズマの帯状流や帯状磁場（メソスケール・ダイナモ）を実験で発見し、乱流揺動のなかで揺動成分同士の非線形結合強度を実験的に実測し理論と比較することにも成功した。プラズマ帯状流に関する包括的レビュー論文を完成し世界的研究を指導した。これらいくつもの世界初の特筆すべき成果が上がった。

国際諮問委員会を設け、評価を受けアクションプランを検討するなど、自主的な評価にも努めている。多くの賞を授けられるなど内外の高い評価を得、国際的な研究潮流を主導している。

5. 審査部会における所見

A（現行のまま推進すればよい）

高温磁化不均一プラズマの乱流と構造形成について、理論解析、シミュレーションおよび実験研究を有機的に統合することにより、仮説の検証を経て法則の定式化を目指すという当初の目的に向かって精力的に研究が推進されており、TASK コード群の公開開始やメソスケールダイナモ磁場の発見など順調に成果を上げている。理論と実験との統合研究が効果的に機能しており、スペクトル強度だけでなく非線形相互作用を実測するといった新たな研究潮流の世界的な源となっている。海外との交流や若手育成なども活発になされており、充実した組織運営がなされている。