

## ユニットテーマ提案書

### 1. ユニットテーマ

集団間広域相互作用

### 2. 提案者（氏名・所属）

伊神弘恵(NIFS), 笠原寛史(NIFS), 関哲夫(NIFS)

### 3. テーマと研究内容の概要

**<テーマの意味>** 波動に代表される広域的な速いエネルギー(情報)伝達過程が、系を構成する各要素集団の状態決定に果たす機構の解明と、その制御手法の確立及び限界の解明に取り組む。

**<具体的な研究課題>** 磁化プラズマ中の局所的な各粒子集団における、粒子-波動/波動-波動相互作用の各素過程が波動伝播を介して相互に影響しあい、各粒子集団の運動状態が自己無撞着的に決定される過程を、外部加熱による制御を通じて明らかにする。研究対象として想定している項目を以下に挙げる。

- 大電力 IC, LH, EC 波印加による荷電粒子の速度空間分布制御を用いた、粒子-波動/波動-波動相互作用の制御実証と、広域的な波動伝播様態・誘電率テンソルの実験的検出
  - 大電力高周波電場により歪まされた速度分布関数下の誘電率テンソルの CT 法による高空間分布計測
  - ECCD によるロスコーン損失粒子制御を用いたサイクロトロン・メーザー不安定性励起
  - 波動-粒子、波動-波動相互作用により励起される高周波揺動の、多点高時間分解計測による、高波数同定
- 線形・非線形不安定性波動の励起・減衰・伝播を取り込んだ自己無撞着的統合コードの確立
  - 上記実験データ、衛星観測データを用いた、非熱的広帯域放射と加熱の、統合コード (TASK3D 等)とリンクしたシミュレーション

**<10年間のプロジェクトで達成する目標>** 統合コード(TASK3D 等)とリンクした、線形・非線形不安定性波動の励起・減衰・伝播を取り込んだ非熱的広帯域放射と加熱の数値モデリングを開発する。実験室プラズマにおいて、外部加熱による速度空間分布制御を介して、波動励起・減衰・伝播の制御実験を行い、数値モデリングで予測される結果との比較を行う。

**<予測される成果の学術的な意義>** 熱核融合を志向した磁場閉じ込めプラズマの効果的な加熱・電流駆動シナリオの構築への寄与、宇宙・磁気圏における粒子-波動/波動-波動相互作用の物理機構の理解の促進が期待できる。また、集団の行動状態決定における集団間の速いエネルギー(情報)伝達過程が果たす機構を解析・制御する手法は、自然科学・社会科学の広い分野に応用できると期待される。

#### 4. 位置づけ

**<研究課題の背景>** 外部大電力加熱が印加されアルファ粒子が発生する熱核融合を志向したプラズマや、高エネルギー荷電粒子の発生・供給がある宇宙・磁気圏プラズマでは、非熱平衡状態が継続的に維持される。このような条件下では速度空間不安定性で大きく成長した波動電場や外部入力された大電力波動電場によって広帯域に亙る多様な波動モードが非線形的に励起され、プラズマ中の伝播と加熱過程を介して広域的に荷電粒子集団の運動状態に影響を与えていると考えられる。これまで大きな関心が払われてこなかった周波数帯が大きく異なる波動間の相互作用、波動伝播を介した距離のある粒子集団間の相互作用は、自由エネルギーが継続的に供給される系の秩序決定に無視できない影響を与えていると考えられ、ユニットとして取り組む課題にふさわしい。

**<関連するテーマとの比較>** 広帯域・広領域に亙る、粒子-波動/波動-波動相互作用の素過程間の相互作用の機構解明は、宇宙・磁気圏プラズマで発生している波動現象にも共通する課題である。

**<特徴、独創性、優位性>** 実験室磁場閉じ込めプラズマにおいて、大電力外部加熱という速度空間分布制御が可能な自由エネルギー源を使用する点は特徴的である。宇宙・磁気圏で観測される波動の研究と比較し制御の有効性を検証できるという点で、優位性が高い。

#### 5. 研究の方法

・磁場閉じ込めプラズマ実験装置 (0.5T LHD, 国内大学等の大電力加熱システムを有する装置) で必要な大電力加熱システムを構築し、実験を行う。

・高周波揺動、誘電率テンソル計測系の検討、設計、構築、実験への適用を行う。

・統合コードとリンクした、線形・非線形不安定性を含んだ波動の励起・減衰・モード変換過程の数値解析を、高性能汎用 WS, 共同利用に供されるスーパーコンピュータを用いて行う。(粒子・統合シミュレーションを行う研究者の参画が必須)。数値解析結果と実験結果の比較を行う。

#### 6. 自己評価

##### 1) 未来志向であること

既存の加熱モデリングでは描写できない、非線形過程も考慮した「想定外」の加熱機構の理解に取り組む未来志向のユニットである。

##### 2) 目標を具体的に示していること

プラズマ実験・観測データを用いて、モデリングの妥当性の検証や開発した加熱・計測技術の評価を行う研究活動を想定しており、目標が明確な研究テーマである

##### 3) 10年後に学术界に輝くテーマに育つこと

磁化プラズマ中の波動現象のみならず、他の自然科学・社会学にも、解析・制御の手法が応用できるテーマとなり得る。

##### 4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

波動・粒子加熱における非線形現象の素過程の解明、大電力電場存在時の電場と荷電粒子集団運動との相互作用、波動伝播過程の解析、加熱・計測技術の開発、統合コードとのリンク、などこれまでの実験的・数値的研究を生かした多様な個人のテーマを包摂できる。