



坂上仁志教授

*坂上仁志 教授 Hitoshi Sakagami, Prof.

本研究室では、複雑性を科学しています。複雑性を示す系では、構成要素の個性だけでは予測できない多種多様な特性が自己組織的に発現したり、構成要素内のほんの些細な出来事が系全体に及ぶ程の大きな変動に発展したりします。複雑性の科学とは、複雑なものを複雑なまま受け入れ、その中にある普遍的な特徴を捉えようとする新しい学問です。

この複雑性を示す代表的なものとして、固体、液体、気体に次ぐ物質の第4番目の状態、即ちプラズマがあります。外界と相互作用するプラズマは、本質的に非平衡かつ非線形という性質を強く示しますので、普通の物質とは異なって非常に複雑な振る舞いをします。

このような複雑性が支配する研究領域は、従来の研究方法では十分に解明することができず、実験、理論に次ぐ第3番目の科学探究の手法であるシミュレーションが重要な役割を担っています。近年のハードウェアおよびソフトウェア技術の劇的な進歩により、従来では考えられなかった大規模かつ高精度なシミュレーションが可能となりました。

私たちは、最新鋭のコンピュータと先進的なシミュレーション技術を駆使して、複雑性を科学しています。

研究内容

本研究室では、プラズマと複雑性をキーワードにして、主にレーザープラズマに関連する研究を行っています。

現在の具体的な研究テーマは、レーザー核融合における流体力学的不安定性や高速点火方式、工学的応用が期待されている超短パルスレーザーによるナノ構造の生成、レーザープラズマ相互作用を高精度にシミュレーションできる先進的な粒子コードに関する研究などです。

例えば、レーザー核融合の爆縮過程においては、レイリー・テイラー不安定性は本質的に避けることができず、均一な効率のよい爆縮を妨げるため、この不安定性の時間発展を定量的に評価することは、レーザー核融合にとって重要な課題の一つです。そこで、3次元爆縮系におけるレイリー・テイラー不安定性を3次元全球の高精度大規模流体シミュレーションにより研究しています。図1に、様々な初期値を与えてシミュレーションした結果を示します。

また、近年、レーザー核融合においては、爆縮と点火を別のステップで実現する高速点火の概念が考案されています。この高速点火の研究では、相対論的領域での超高強度レーザーと高密度プラズマの相互作用が重要となり、粒子コードを用いたシミュレーションにより研究しています。図2に、高速点火実験で用いられた金(Au)コーン付きターゲットと超高強度レーザーの相互作用をシミュレーションした結果を示します。

一方、このような大規模シミュレーションは並列コンピュータの利用が前提となりますが、一般ユーザが手軽に並列コンピュータの優れた計算能力を享受できるように、並列計算についての研究も進めています。

研究環境

研究室は、核融合科学研究所内(最寄り駅はJR中央線の多治見です)にあります。ここには、スーパーコンピュータ、演算サーバ、グラフィックワークステーション等のコンピュータ群が設置されていて、大学院生でも自由に使うことができます。

本研究室では、シミュレーション研究を主体としていますが、コンピュータは所詮道具であり、コンピュータ言語などの知識は必ずしも事前に必要ではありません。それよりも大事なものは、やる気です。あなたも最先端のIT機器を駆使して、複雑性をシミュレーションにより科学しましょう!!



ΣT研究室のメンバー

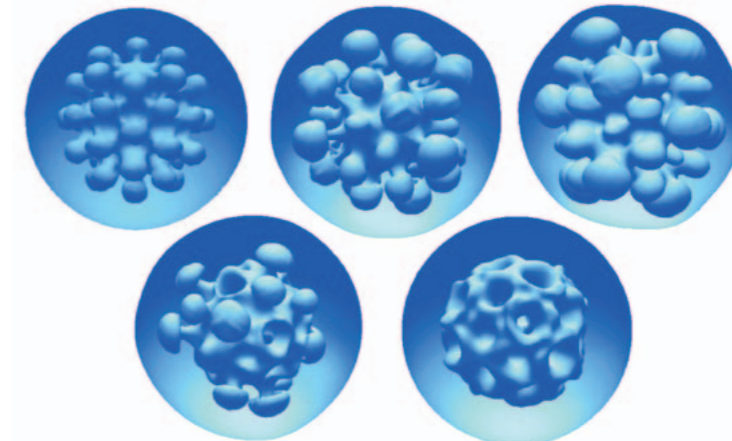


図1: 3次元爆縮系におけるレイリー・テイラー不安定性。様々な初期擾乱を与えて、その時間発展を調べた。

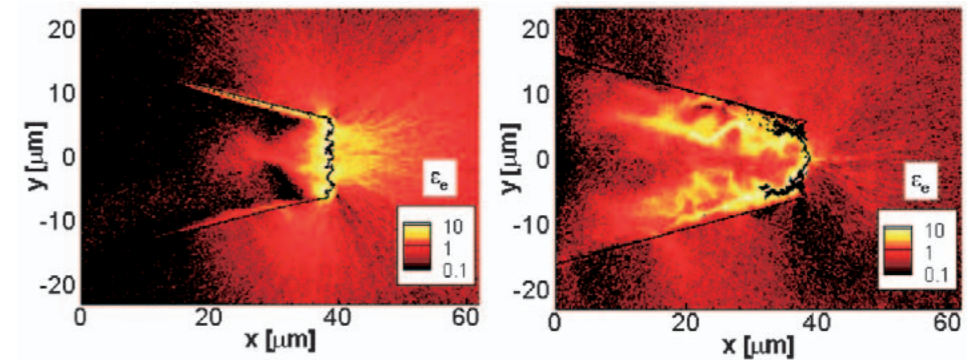


図2: 超高強度レーザーと高密度プラズマの相互作用。コーン内にプリプラズマがない場合とある場合を比較した。

最近の修士論文・博士論文の紹介

2015年度修士論文「レーザー核融合における加熱用レーザーの短波長化と高速電子特性に関するシミュレーション研究」(佐藤電馬) 粒子コードにより、加熱用レーザーの短波長化が高速電子の特性に与える影響を調べ、燃料コアの加熱に適したエネルギーレンジにある高速電子のスロープ温度および生成数の波長依存性を評価した。

2015年度修士論文「レーザープラズマにおける無衝突衝撃波の生成条件に関する研究」(長谷川直毅) 粒子コードにより、レーザー宇宙物理実験における無衝突衝撃波の生成条件を調べ、1次元過程では静電場の構造が重要であり、2次元過程ではワイベル不安定性の磁場構造が誘起され、静電場構造が消失することを明らかにした。

2014年度博士論文「高速点火レーザー核融合におけるコーン付ターゲットの爆縮特性に関するシミュレーション研究」(柳川琢省) コーン付きターゲットを用いた高速点火レーザー核融合において、コーンが存在することにより不可避な非対称爆縮および有限ビーム本数に起因するレーザー照射の非一様性が、燃料圧縮に与える影響を定量的に評価した。

2013年度修士論文「高速点火レーザー核融合における高エネルギー電子の特性評価に関する研究」(中村賢二) 粒子コードにより加熱用レーザーとコーンの相互作用をシミュレーションして生成される高速電子を詳細に観測し、その高速電子の特性について、工学的に重要な各種スケール則を導いた。

2012年度博士論文「高速点火レーザー核融合における高エネルギー電子の生成と伝播に関する研究」(畑昌育) 粒子コードを用いたシミュレーション研究により、燃料コア加熱に最適な加熱用レーザーの時間・空間プロファイルを明らかにし、電子磁気流体力学における磁場構造に対する運動論的効果を調べ、その構造が維持される条件を導いた。

2012年度修士論文「超短パルスレーザーによる周期的微細構造形成に関するシミュレーション研究」(緒方智也) 超短パルスレーザーを金属表面に繰り返し入射することにより形成される周期的な微細構造について、粒子コードによるシミュレーションにより、その構造の形成機構を明らかにした。

2011年度修士論文「コーン付ターゲットを用いたレーザー核融合の非対称爆縮に関するシミュレーション研究」(柳川琢省) Immersed Boundary法と呼ばれる境界条件を柔軟に扱える手法を多次元流体コードに導入し、高速点火レーザー核融合においてコーンの形状や挿入位置が爆縮パフォーマンスに与える影響を定量的に評価した。

2010年度修士論文「統計的衝突モデルを用いた高速電子伝播のシミュレーションによる研究」(岡田和人) 計算量の少ない統計的衝突モデルを開発し、粒子コードに導入し、電子・電子衝突、電子・イオン衝突、イオン・イオン衝突が高エネルギー電子の生成と伝播に与える影響を評価し、その特性を明らかにした。

2009年度修士論文「高速点火レーザー核融合におけるレーザープラズマ相互作用に関する研究」(畑昌育) 加熱用レーザーのプレパルスで生成されるプリプラズマおよびフォームの微細構造が高速電子の特性に与える影響を粒子シミュレーションにより明らかにした。

<http://www.sigma.phys.nagoya-u.ac.jp/sigmat/>

*連絡先 sakagami.hitoshi@nifs.ac.jp FAX 0572-58-2626

教授: 1 / 准教授: 0 / 助教: 0 / DC: 1 / MC: 1