

非平衡輻射プラズマ理論グループ 粒子シミュレーションによる レーザー駆動粒子加速の解析

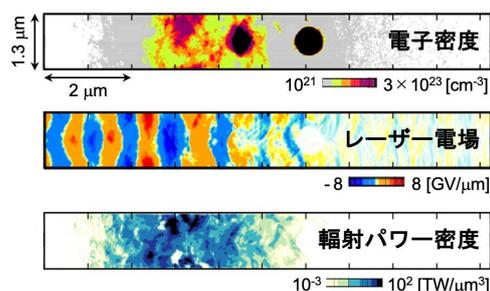
Analysis of laser-driven particle acceleration by kinetic simulation

岩田夏弥 教授

共同者: 千徳靖彦教授、佐野孝好准教授

相対論的プラズマ粒子シミュレーション

プラズマの運動を数値シミュレーションで取り扱うためには、プラズマを流体的に取り扱う方法と、粒子的に取り扱う方法がある。後者は、現象のタイムスケールがプラズマの熱的緩和時間よりも短い、運動論的ダイナミクスを取り扱うことに優れている。相対論的プラズマ粒子シミュレーションでは、プラズマ粒子の相対論的運動方程式と電磁場の方程式(マクスウェル方程式)を自己無撞着に解くことで、非平衡性、非線形性の強いプラズマ現象を数値シミュレーションで再現することができる。応用として、右図のような超高強度レーザーと固体密度の物質との相互作用を解くことで、高エネルギー粒子加速や粒子からの輻射を伴うプラズマダイナミクスを解析することができる。



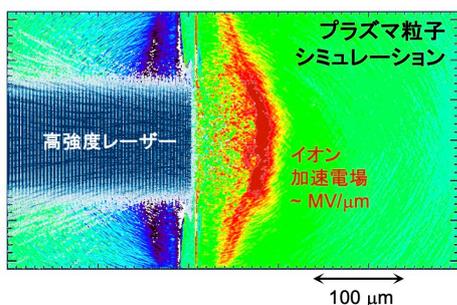
[N. Iwata *et al.*, Phys. Plasmas **23**, 063115 (2016)]

応用1

レーザー駆動粒子加速のシミュレーション

高強度レーザー光を数ミクロンから数十ミクロンの厚さの薄膜に照射すると、光子圧によって薄膜中の電子が光速に近い速度で押し出され、強い電場が物質裏面に形成される。この電場により、cm以下の加速長でイオンを高エネルギーに加速できる。

このようなレーザー駆動イオン加速は、ピコ(10^{-12})秒という短時間の間に起こる現象であるため、数値解析には運動論的効果を再現できるプラズマ粒子シミュレーションを用いる。数値解析によって、イオン加速の鍵となる高速電子生成のメカニズムなどを明らかにすることができる。



応用2

小型イオン加速器

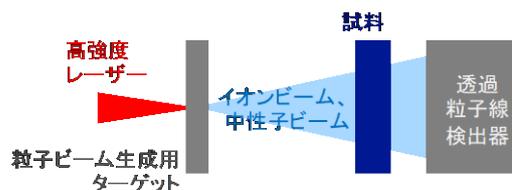
レーザー駆動イオン加速では、cm以下の加速長で高価数イオンを生成すると同時に高エネルギーに加速できる。そのため、既存の線形加速器に代わる新しい高効率加速技術として注目されている。実用化すれば、粒子線がん治療装置等の小型化、低コスト化に貢献できるほか、核物理等にも応用が期待できる。



応用3

粒子線を用いた非破壊検査

超高強度レーザーを物質に照射することで生成されるイオンビームは、高密度物質の透過写真撮影(ラジオグラフィ)に用いることができる。また、レーザー駆動イオンビームを中性子発生に应用することで、中性子を用いたコンクリート構造物の非破壊検査などが期待されている。



グループHP <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/ja/groups/research04/thr/>

キーワード レーザー駆動粒子加速、プラズマ粒子シミュレーション

