

Z111a 高マッハ数衝撃波における電子のサーフィン・ドリフト加速

松本洋介, 天野孝伸 (東京大学), 加藤恒彦 (国立天文台), 星野真弘 (東京大学)

超新星残骸から放射されるさまざまな波長域での電磁場放射は、非常に強い(高いマッハ数の)衝撃波において電子がほぼ光速まで効率的に加速されていることを示唆してきた。衝撃波における荷電粒子の加速メカニズムとして衝撃波統計加速(DSA)が標準理論として挙げられるが、星間空間の冷たい熱的電子がどのようなプロセスを経てDSAへと至るかについては現在においても未解決問題である。DSAにいたる電子の前段階加速として、衝撃波ドリフト加速(SDA)・サーフィン加速(SSA)がこれまで提唱されている。また、近年の研究により、高マッハ数衝撃波では磁気乱流が卓越することも明らかになっている。そこで、SSAとSDAに加えて磁気乱流構造がどのようにして競合するかについて研究を行った。

スーパーコンピュータ「京」の計算資源を使用することにより、世界で初めて高マッハ数衝撃波の大規模3次元構造を第一原理的に明らかにすることに成功した。その結果、衝撃波前方では Buneman 不安定によるコヒーレントな静電場構造、遷移領域においてはイオンワイベル不安定による磁気乱流構造が共存することが明らかになった。電子はまず静電場と相互作用して、SSAによりエネルギーを獲得する。その後、衝撃波近傍では磁気乱流構造に散乱されながらも電場(逆)方向に運動しながらエネルギーを得るSDAを経ることが明らかになった。後者のSDAは強いピッチ角散乱を伴うため、断熱理論で制約されるSDAの加速限界を超えて、非断熱的に継続的に加速することが明らかになった。本発表では上記加速メカニズムについての詳細を発表する。