

## イオンエンジンビームの電子 イオンカップリングに関する粒子シミュレーション

# 白井 英之 [1]; 三宅 洋平 [2]; 松本 正晴 [3]

[1] 神戸大・システム情報; [2] 神戸大学; [3] 神戸大院・シス情・計算

### Full particle-in-cell simulation on electron-ion coupling in ion engine beam

# Hideyuki Usui[1]; Yohei Miyake[2]; Masaharu Matsumoto[3]

[1] System informatics, Kobe Univ; [2] Kobe Univ.; [3] Computational Science, Kobe University

By performing full particle simulations, we have been studying the electron-ion coupling in a plasma beam emitted from an ion engine which is one of the electric propulsion systems. We particularly focus on the transient response of electrons emitted for the charge neutralization of a local ion beam. From a macroscopic point of view, ion beam emitted from an ion engine is overall neutralized with thermal electrons emitted from a neutralizer attached next to the engine. In the vicinity of the engine where the emitted electrons are mixed into the ion beam, however, the mixing process of electrons are not so obvious because of large difference of dynamics between electrons and ions. A heavy ion beam basically propagates away from the engine and forms a positive potential region with respect to the background. Electrons emitted for the neutralizer are electrically attracted or accelerated to the core of the ion beam and some of them which has lower energy than the ion beam potential are reflected back to the opposite direction at the beam front. They are also reflected at the engine exit and propagate in the forward direction. In other words, electrons moves along the ion beam with a multi-streaming structure in the beam region. Since the locations of the electron emitter and the ion beam exit are different, the above-mentioned electron motion is also observed in the direction of the beam diameter. We will report the detailed analysis of the electron dynamics in the local beam region in comparison with a case of uniform beam.

惑星間航行システムの一つとして小惑星探査衛星「はやぶさ」に搭載されたイオンエンジンの成功は記憶に新しい。イオンエンジンは、キセノンやアルゴンの中性粒子をエンジン内部で電離し生成イオンを電気的な力で加速、噴射することにより推力を得る。同時にビーム口横に取り付けられた中和器から電子も外部に放出され、イオンビームの電荷中和をはかる。イオン、電子共、同量のフラックスが排出されるため、マクロ的に見ると、イオンビーム中和は成り立つが、エンジン近傍領域においては、電子とイオンのダイナミクスの違いやそれぞれの放出場所の違いにより、必ずしもイオンビームの電荷中和が成り立っているかどうかは定かでない。このエンジン近傍のプラズマ混合領域において特に中和電子がどのような振る舞いをしているのか、また、それが衛星環境にどのような影響を与えているのかについてプラズマ粒子シミュレーションによって定量的に解析を行った。イオンは電子に比べて十分重く、エンジン内で加速され噴射されたイオンビームはそのまま衛星から離れる方向に伝搬していく。一方、イオン噴射口の横に設置された中和器からはイオンビーム速度より十分大きい熱速度をもつ電子が放出される。この時、電子は正の電位を持つイオンビームに大きく引き寄せられ、ビーム方向のみならずビーム半径方向にも加速を受ける。今回扱うイオンエンジンビームは自然界のものとは違い、非常に局所的でありかつ有限である。そのため、中和電子ダイナミクスはビーム存在領域に大きく影響を受ける。ビーム先端と背景空間との間に大きな電位差があるため、ビーム進行方向に加速を受けた中和電子のうちその電位差を越えられないものは衛星方向へと反射される。またそれらの電子はビーム放出口再び反射されビーム進行方向へと戻る。このようにビーム進行方向に沿って中和電子は複数流体的な振る舞いをしながら全体としてビームとともに伝搬していく。また上述と同じ原理でビーム半径方向にも往復する電子挙動がみられる。これらの電子の振る舞いに関して、従来の一様ビームの場合と比較しつつその詳細解析を報告する。