

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2020年3月修了 修士論文要旨

2次元Particle-in-cell法による 浮遊電位のない帯電セイルの数値解析

学生証番号 47176074 氏名 佐野 亮太
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words: Electric sail, Solar wind, Fuel-less propulsion, Tether charging

近年、太陽系物理学者の分野等からヘリオポーズなどの深宇宙探査が叫ばれている。そのため、その科学ミッションを打ち上げ後、10年から15年以内に可能にする革新的な推進技術の開発が重要となっている。そこで注目されているのが燃料不要のセイル推進である。セイル推進には大きく分けて3つある。IKAROSに代表されるような薄膜鏡で光子を反射し推進するソーラセイル、コイルによる巨大磁気圏で太陽風を受け止める磁気セイル、電場を利用する帯電セイルである。本研究ではその帯電セイルに焦点を当てた。帯電セイルは1kmから20kmのテザーを宇宙機の周りに1本から20本張り、正の電位を与えることにより宇宙機の周りに電場による仮想的な帆を展開する。その電場の帆を用いて太陽風プラズマ中のプロトンを弾くことにより推進力を得ることができる。この帯電セイルによる推進方式の概念は2004年にJanhunenにより提唱された。

本論では、その帯電セイル (Electric Sail, Electrostatic Sail, E-Sail) に焦点を当て、静電Full PICシミュレーションを用いて数値計算を行う。帯電セイルの数値シミュレーションにおいては電位の基準点を計算領域の一番外側においていることが多い。つまり、プラズマ電位を電位の基準に据えているためテザーの電位がこちらの与えたい電位となっている保証はない。このような条件設定では現実の宇宙空間でのミッションを想定した時にテザーの電位が浮遊してしまう問題がある。これを解消するために計算領域にカソードを導入し、その点を電位の基準点とした。

本研究では帯電セイルのシミュレーションにおいてテザーの電位が浮遊するという問題を避けるために計算領域にカソードを導入し、その点を電位基準に置き粒子シミュレーションを行った。

それにより、以下の3つのことが示唆された。

1. カソードの位置により推力方向が変化する可能性。
2. 帯電セイルの推力見積もりにおいて、状況によっては電子の運動量輸送により得られる推力も無視できないこと。
3. 従来の境界条件では、テザーに必要な電位を低く見積もっている恐れがある事。