

## 太陽風から電磁気学的推力を得る磁気プラズマセイルの実現に向けた数値解析

# 梶村 好宏 [1]; 臼井 英之 [2]; 沼波 政倫 [3]; 篠原 育 [4]; 船木 一幸 [5]; 山川 宏 [6]

[1] 京大・生存研/JST,CREST; [2] 京大・生存圏/JST-CREST; [3] 京大生存研 / JST-CREST; [4] 宇宙研 / 宇宙機構; [5] JAXA・ISAS; [6] 京大・生存圏研

### Numerical Simulation for Feasibility Study of Magneto Plasma Sail that obtains an Electromagnetic Thrust from the Solar Wind.

# Yoshihiro Kajimura[1]; Hideyuki Usui[2]; Masanori Nunami[3]; Iku Shinohara[4]; Ikkoh Funaki[5]; Hiroshi Yamakawa[6]

[1] RISH,Kyoto Univ./JST,CREST; [2] RISH, Kyoto Univ./JST-CREST; [3] RISH, Kyoto Univ. / JST-CREST; [4] ISAS/JAXA; [5] ISAS, JAXA; [6] RISH, Kyoto Univ.

A Magneto Plasma Sail(MPS) produces propulsive force by the interaction between the solar wind and an artificial magnetic field inflated by injecting plasma. In this presentation, a performance evaluation of MPS which is expected to have high thrust to power ratio and high specific impulse compared with other electric propulsion systems is introduced. Two key issues in the field of MPS research are studied; one is the interaction between the solar wind and dipolar magnetic field. The thrust obtained from the interaction between very small magnetosphere (less than 40km) and the solar wind is estimated by using a hybrid PIC simulation code. The comparison between the results of a ground experiment and the simulation is also introduced. The other issue is the magnetic inflation by injecting plasma from the boundary of the superconducting coil. Numerical simulations of magnetic inflation for the cases with different beta value are conducted by using hybrid simulation code. Then the inflation of magnetic field is evaluated quantitatively and the configuration of magnetic field after the plasma is injected at an angle of 30 degree in the polar direction is examined. Finally, the performance evaluation and feasibility of MPS are discussed.

外惑星探査や有人宇宙航行の短期間化、低コスト化は、エネルギー資源の効率的利用はもとより、近い将来、人類の発展や新しい物理の発見という面で大きく貢献するものである。2005年9月に小惑星にタッチダウンを行う快挙を成し遂げた探査機「はやぶさ」は、現時点で外惑星探査に最適なイオンエンジン(キセノンなどの希ガスをプラズマ化し、静電的な加速によって後方噴出し、推力を得る)を搭載しているが、そのイオンエンジンを用いたミッションは2003年の打ち上げ以降長期にわたるものとなっている。宇宙探査は、その探査範囲が広いほど長期のミッションとなり、より効率の良い、高い推力を発生することが可能な推進システムが求められている。高効率という観点で、燃料を搭載するという考え方から離れ、宇宙にすでに存在している燃料を利用して航行するという考え方は、太陽エネルギーを利用することに代表され、その推進システムの候補としては、ソーラーセイルや、磁気セイルなどが挙げられる。磁気セイルを発展させた推進システムとして、磁気プラズマセイル(Magneto Plasma Sail: MPS)が、ワシントン大学のWingleeらによって、2000年に提案された。MPSは、超伝導コイルによって形成されたダイポール磁場を、磁場がプラズマに凍結して運ばれる性質を利用し、プラズマ噴射によって大きく拡大させる(磁気インフレーション)。そして、広がった磁場を帆と見立て、高速のプラズマ流である太陽風を受けて宇宙を航行する。推力については、イオンエンジンが[mN: ミリニュートン]のオーダーであるのに対し、数十キロメートルの磁気圏を磁気インフレーションによって形成することができれば、数[N]の推力を得られるとの推算がなされている。日本では、JAXAが主導するMPS研究会を中心とし、新しい推進システムとしてこのMPSに注目し、太陽系外惑星やそれ以遠のミッションを短期化するための技術を実現する為、研究を進めている。また、京都大学の臼井准教授を代表とした、「惑星間航行システム開発に向けたマルチスケール粒子シミュレーション」についてもこのMPSをターゲットとして、研究を進めている(JST,CREST)。MPSは、太陽風と磁場との相互作用から得られる電磁気学的な力によって航行する点を考えれば、その物理は地球磁場が太陽風と相互作用している現象に見ることができる。しかし、太陽風-地球磁場の相互作用に見られるスケール(太陽風イオンのラーマー半径<代表長)に対し、MPSがターゲットとしているスケールはさらに小規模の磁気圏スケール(太陽風イオンのラーマー半径: 100 km >代表長: 40 km以下)であり、太陽風イオンの流体的な取り扱いの範疇とは異なり、粒子的な振る舞いが支配的なスケールである。MPSの実用化に向けて、推力の定量評価はもとより、太陽風の変動や、IMF、磁気圏での不安定性の推力への影響などの把握が必要であり、現在盛んに進められている磁気圏物理の研究成果が、工学的な応用に利用できることが期待される。

本発表では、これまで実施してきた、ハイブリッド粒子コードを用いて実施してきたMPSに関連する研究成果や、JAXAが実施しているMPSの打ち上げに向けた地上実験と本解析結果との比較を通じて、MPSの性能評価を実施した結果について紹介する。