

【イオンエンジン(1)】 1/17(木)	
STEP-2018-001	<p>PIC計算を用いたマイクロ波放電式イオンスラスタ<math>\mu</math>10のプラズマ特性に関する研究</p> <p>○山下 裕介(東大・院)谷 義隆(東大・院)神田 大樹・月崎 竜童・西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>本発表は、マイクロ波イオンスラスタ<math>\mu</math>10のプラズマ特性に関する研究である。これまで、様々な計測法により、<math>\mu</math>10のプラズマ特性を調べる試みが行われてきたが、未だ完全には明らかになっていない。本発表では、PIC計算により荷電粒子の運動を追跡することで、プラズマ生成、輸送過程を調査する。</p>
STEP-2018-002	<p>10cm級マイクロ波放電式イオンエンジンの高比推力化に関する研究</p> <p>○清水 裕介(東大・院)西山 和孝・月崎 竜童・國中 均(JAXA)</p> <p>木星トロヤ群小惑星探査ミッションに対応するために高比推力マイクロ波放電式イオンエンジン<math>\mu</math>10Hispの開発が進められている。開発当初に比べ、エンジンのイオン生成性能が向上したこと、ミッション要求性能が変更されたことから、イオンエンジングリッドの新たな設計が必要となっている。本研究では、数値シミュレーションによって得た新設計グリッドの実機を用いて性能評価試験を行ったので報告する。</p>
STEP-2018-003	<p>マイクロ波放電型イオンスラスタの放電室形状と性能の関係</p> <p>○谷 義隆(東大・院)月崎 竜童(JAXA)山下 裕介(東大・院)西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>本研究ではマイクロ波放電型イオンスラスタ<math>\mu</math>10を対象として、放電室磁場形状・放電室長を変更し、プローブによる内部計測と性能特性を取得した。それぞれの放電室ごとに最適性能点が存在することが判明している。本発表では放電室内部の磁場形状に着目し、放電室内部をモデル化することで、性能と形状の関係に関して考察する。</p>
STEP-2018-004	<p>逆電位アナライザーを使用したイオンスラスタの逆流イオンによる宇宙機表面材料損耗評価</p> <p>○村中 崇信(中京大)服部 凌大・永井 宏樹・伊阪 光博(中京大・院)上野 一磨(中京大)細田 聡史・西山 和孝(JAXA)</p> <p>現在深宇宙を航行中の「はやぶさ2」において、イオンスラスタ近傍にスラスタ作動に起因すると考えられる宇宙機表面材料損耗が観測されている。この宇宙機表面材料損耗原因を特定するために、地上試験で実機搭載と同型のイオンスラスタ<math>\mu</math>10を作動させ、このときの宇宙機構体への逆流イオン諸量を逆電位アナライザーで測定した。本稿では、計測した逆流諸量による表面材料損耗評価ならびに、「はやぶさ2」フライトデータとの比較結果を報告する。</p>
【PPT】	
STEP-2018-005	<p>推進剤供給式電熱型パルスプラズマスラスタの実験的研究</p> <p>○吉川 哲史(東大・院)西山 和孝・國中 均(ISAS/JAXA)</p> <p>近年、50kg以下の超小型衛星の打上活発化の中で、電熱型PPTがスラスタシステムとして注目される。電熱型PPTは電磁型と比較して高い推力電力比をもつが、連続使用によってインパルスビットが低下する欠点がある。著者はPTFEロッドをキャビティに供給する方式の電熱PPTを提案・開発しインパルスビットの低下を低減した。今回、このPPTに推進剤供給装置を実装した上で性能取得を行ったので、その結果を報告する。</p>
STEP-2018-006	<p>同軸型パルスプラズマスラスタのクラスタ化による性能への影響評価</p> <p>○長尾 真(首都大・院)工藤 怜(首都大・院)大澤 茜(首都大・学)竹ヶ原 春貴(首都大)</p> <p>パルスプラズマスラスタ(PPT)は固体推進剤を利用する電気推進機で、軽量・小型・低消費電力であるため、超小型衛星搭載に適している。小トータルインパルスの解消のため、同軸型PPTでは推進剤供給機構やクラスタ化など多くの推進剤を積める設計が必要である。本研究では既に開発された5J級同軸型PPTをクラスタ化してトータルインパルスの向上を図ってきた。クラスタ化によるPPTの性能への影響を評価し、結果を報告する。</p>
STEP-2018-007	<p>エレクトロスプレー噴射パルスプラズマスラスタのエタノールを用いた基礎研究</p> <p>○中山 絢斗(梨大・院)青柳 潤一郎(梨大)</p> <p>山梨大学では、エレクトロスプレーを用いた電気現象により液体推進剤を噴霧供給するパルスプラズマスラスタの研究を進めている。本研究ではその噴霧供給装置を試作し、エタノールを推進剤として行ったPPTの主放電誘起の実験、放電条件の検証について発表を行う。</p>
STEP-2018-008	<p>パルスプラズマスラスタへの電気二重層コンデンサ適用の実験検証</p> <p>○青柳 潤一郎(梨大)宮下 倫音・両角 翔太・岩崎 亮太(梨大・学)中山 絢斗(梨大・院)</p> <p>山梨大学で研究している8 J級パルスプラズマスラスタ(PPT)は、耐電圧と静電容量などの観点からマイカコンデンサを並列接続して5<math>\mu</math>Fのキャパシタバンクを使用している。本研究では比較的低耐電圧、大静電容量の電気二重層コンデンサを直列接続して500<math>\mu</math>Fのキャパシタバンクを構築し、PPTに適用した。作動実験の結果、単段での主放電発生が確認できなかったため、二段放電式のPPT作動も検証した。</p>
STEP-2018-009	<p>二重円筒型推進剤を適用したPPTの推進性能評価</p> <p>○西垣 幸司(岐大・院)松井 義将(岐大・院)宮坂 武志・朝原 誠(岐大)</p> <p>岐阜大学では、同軸型PPTにおけるキャビティ内の昇華特性について着目し、光学測定の評価等から高効率化に向けた研究を進めてきた。本研究ではPPTの推力改善を目的として中空円筒であるCoaxial推進剤の中空部分に円柱推進剤を追加した二重円筒型推進剤を考案した。これらの推進剤を比較し昇華量や排気ブルーム速度などを通して推進性能へ与える影響を評価した。</p>
STEP-2018-010	<p>プロイテレス衛星2号機の開発報告と電気推進機を用いたデブリ除去の検討</p> <p>○藤野 裕太(大阪工大・学)梶原 快晴・八木 隆太・岩元 亮介(大阪工大・院)中谷 僚・服部 亮・姜 鉉守(大阪工大・学)田原 弘一(大阪工大)</p> <p>本研究では、PPTによる軌道遷移の実証試験を目的とした超小型人工衛星プロイテレス2号機の研究開発を行っている。搭載するPPTは軌道遷移を達成するため、高トータルインパルスが見込まれる多放電室型PPTを採用しており、現在の開発状況を報告する。その他、デブリ除去研究を行うため、デブリを模擬したターゲットにより電気推進機のプラズマ流を測定してデブリ除去についての検討を行った。</p>

STEP-2018-011	<p>30J級同軸型パルスプラズマスラスタの性能評価            ○助野 悠(大阪工大・学)榎本 光佑・岡原 勇人(大阪工大・院)徳永 萌乃(大阪工大・学)藤田 亮太(大阪工大・院)田原 弘一(大阪工大)</p>
	<p>パルスプラズマスラスタ(PPT)は推進剤に固体のPTFEを用いており、小型かつ軽量の推進機である。また、PPTは簡素な構造で信頼性が高いことから近年では50kg以下の超小型人工衛星に搭載されている。本研究では、超小型衛星に搭載する同軸型PPTの研究開発を行っており、現在は50kg級超小型衛星用の30J級PPTを開発した。本発表では、開発したPPTの更なる性能向上を行うために実験を行ったので、その結果を報告する。</p>
<b>【イオンエンジン(2)】</b>	
STEP-2018-012	<p>イオンスラスタ<math>\mu</math>10のビーム発散角測定            ○伊阪 光博(中京大・院)谷 義隆(東大・院)服部 凌大・永井 宏樹(中京大・院)上野 一磨(中京大)細田 聡史・西山和孝(JAXA)村中 崇信(中京大)</p>
	<p>本研究では、イオンスラスタ<math>\mu</math>10の性能評価の一環として、開発したファラデープローブ(FP)を用いて同スラスタのビーム発散角測定を行なった。ここでは、はやぶさ2ラボラトリモデルと、改良型<math>\mu</math>10についてビーム発散角を測定し、両者の推進性能の差異を検証した。この結果、両者のビーム発散角は同程度であったが、後者のビーム電流量が増加していたため、後者の推力は前者と比較して増加していると結論づけた。本稿では、開発したFPおよび計測システムの詳細と得られた実験結果について述べる。</p>
STEP-2018-013	<p>電子解析手法の違いがイオンエンジンのビーム評価に及ぼす影響の検討            ○長谷川 傑(岐大・院)宮坂 武志・朝原 誠(岐大)</p>
	<p>イオンエンジンは適切なパービアンズ下で作動が行われており、クロスオーバーリミットやパービアンリミットについての数値的な評価は重要である。本研究では、Full-PIC法とHybrid-PIC法によりパービアンズに対するイオンビーム評価を実施比較することで、非平衡電子がこれらのリミット評価に及ぼす影響を検討した。</p>
STEP-2018-014	<p>1W級マイクロ波放電式イオンスラスタのアクセルグリッド形状最適化に関する実験的研究            ○内藤 裕貴(東大・院)中野 正勝(都立高専)中川 悠一(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大)</p>
	<p>1W級マイクロ波放電式イオンスラスタはほどよし4号に搭載され宇宙作動に成功した。しかし推進剤利用効率が30%と低く、向上の余地がある。また、グリッド全孔ビーム計算より、グリッド中心部及び外周部でアクセルグリッドへのビーム直撃量が大いことが示されている。本研究ではアクセルグリッドの穴径および厚み分布を変更することで、推進剤利用効率及びアクセルグリッドへのビーム直撃電流量にどのような影響があるかを調べ、アクセルグリッド形状最適化への指針を得た。</p>
STEP-2018-015	<p>1W級水イオンスラスタにおける放電室電位の推進剤利用効率への依存性評価            ○安宅 泰穂(東大・院)中川 悠一(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大)</p>
	<p>CubeSat用推進機として、1W級水イオンスラスタが提案されている。しかし一般的なイオンスラスタにおける推進剤であるXe使用時に比べ推進剤利用効率の低下が問題であり、改善の余地がある。先行研究では一般的な作動点において流量を40g/sから30g/sに落とした際に推進剤利用効率が2.8%から3.6%に向上した。本研究では低流量作動時に放電室電位を変更することで、推進剤利用効率にどのような影響があるかを調べ、さらなる向上の指針を得た。</p>
STEP-2018-016	<p>小型マイクロ波放電式水プラズマ源における不安定性の数値解析            ○中村 研悟(横国大・院)小泉 宏之(東大)鷹尾 祥典(横国大)</p>
	<p>著者らは、水を推進剤とした小型マイクロ波放電式イオンスラスタの研究開発を行っている。小型の放電室に対して実験だけで全ての現象を捉えることは難しい。そこで、水プラズマにおける支配的な正イオンと負イオンを対象としたプラズマ源の3次元粒子計算モデル(PIC/MCC)を構築した。本研究では、負イオン起因によるプラズマ不安定性について解析し評価を行った。本講演では、得られた数値計算の結果について報告する。</p>
<b>【ヘリコン・無電極推進】</b>	
STEP-2018-023	<p>RMF法を用いた無電極プラズマ加速法における電磁加速力評価            ○古川 武留(農工大・院)志村 開智(農工大・院)桑原 大介(中部大)篠原 俊二郎(農工大)</p>
	<p>電極損耗による寿命制限のない、回転磁場(Rotating Magnetic Field: RMF)を用いた無電極加速法の原理実証を目的としている。外部印加のRMFにより誘起される周方向電流と、外部発散磁場の径方向成分による軸方向電磁力によりプラズマを電磁的に加速する。3軸磁気プローブによる2次元分布計測により、2倍高調波成分の周方向電流を算出し、また電磁加速効果を評価した。</p>
STEP-2018-024	<p>超音速ガスパフ法によるヘリコンプラズマスラスタ特性            ○石上 雄一(農工大・院)桑原 大介(中部大)宮澤 順一(核融合研)篠原 俊二郎(農工大)</p>
	<p>高密度ヘリコンプラズマを用いたヘリコンスラスタは次世代の電気推進機として期待されている。しかし、放電管内に均一に燃料ガスが拡散している状態での高電力での放電は、プラズマ中心部での燃料ガス枯渇や管内壁への熱負荷・スパッタリング等の問題を引き起こす。そこで本研究では超音速ガスパフ法を提案する。これはラバールノズルによって生成した超音速ガス流をプラズマ中心に投入し、前述の問題の解決を図るものである。</p>
STEP-2018-025	<p>衝突輻射モデルを用いた高密度ヘリコン源の分光法による電子密度、電子温度測定            ○堀田 大貴(農工大・院)石上 雄一(農工大・院)桑原 大介(中部大)赤塚 洋(東工大)篠原 俊二郎(農工大)</p>
	<p>主な診断法にプローブ法があるが、接触測定であるため特に小口径プラズマで流れを乱す恐れがある。そこで、Arプラズマにおいて、プラズマに擾乱を与えない測定法である衝突輻射モデル(CRモデル)を用いた分光測定法の開発を行った。本研究では、高密度ヘリコン源において、開発中のArのCRモデルを用いた分光結果から得られた電子温度、電子密度の計測結果を、HeのCRモデルやプローブ法と比較し、衝突断面積の変更による種々の条件における測定精度への影響を検討した。</p>

STEP-2018-026	<p>高速度カメラによるヘリコンプラズマスラスタの2次元密度分布計測 ○安間 公亮(農工大・院)石上 雄一・堀田 大貴(農工大・院)桑原 大介(中部大)篠原 俊二郎(農工大)</p> <p>ヘリコンプラズマスラスタの開発には、プラズマに擾乱を与えない非接触計測法が不可欠である。本研究では、高速度カメラによるプラズマの2次元分布計測法の確立を目的とする。この方法はCTのように異なる視線方向で円筒プラズマの同一断面を覗く3本のイメージファイバーから得た発光を高速度カメラに結像し撮影、これを再構成し、電子・中性粒子密度の断面分布を計測するものである。再構成法の妥当性の評価及び、計測結果について報告する。</p>
STEP-2018-027	<p>カusp磁場型無電極RFプラズマスラスタにおける推進性能の動作パラメータ依存 ○志村 開智(農工大・院)大塩 裕哉・西田 浩之(農工大)</p> <p>電気推進の長寿命化に向け、プラズマと電極が直接接触しない無電極RFプラズマスラスタの研究・開発が進められているが、推進効率が低いことが課題である。一方で、外部磁場に非一様磁場を用いることで推進剤利用効率が向上することが報告されている。本発表ではスラストスタンドによりパラメータサーベイを行い、非一様磁場であるカusp磁場構造を用いたRFプラズマスラスタの推進性能向上に向けた評価を行う。</p>
STEP-2018-028	<p>無電極RFスラスタの進行磁場によるプラズマ加速効果の実験的調査 ○小笠原 世亜(農工大・院)大塩 裕哉・西田 浩之(農工大)</p> <p>電気推進の課題として挙げられる電極の損耗による寿命低下に対して、本研究室では完全無電極のRFプラズマスラスタを研究・開発している。実用化を考えるとこのタイプのスラスタでは性能が足りていない。そこで、プラズマ加速という観点からこの問題に取り組むべく、本研究では進行磁場を用いた新たな無電極加速手法を提案している。今回は進行磁場の種々の動作条件におけるプラズマ加速効果をプローブ計測によって調査する。</p>
STEP-2018-029	<p>誘導加速型無電極推進機における推力の静磁場分布依存性 ○龍野 瑛(東大・院)柳沼 和也・関根 北斗(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大)</p> <p>完全無電極の誘導加速型電気推進機は、生成アンテナで作出した高周波プラズマに、加速コイルから変動磁場を加え加速することで、推力を得る。この推進機の実現には推力の向上が大きな課題であり、その解決策として、カusp状静磁場によるプラズマの高密度化が有効であると考えられる。そこで本研究では、静磁場の有無と推力電力比に着目して関係性を調べるとともに、定常加速中の電子密度変化から電熱加速による推力の見積もりを行った。</p>
<b>【カソード・中和器】</b>	
STEP-2018-017	<p>平面型グラフェン電子源の放出電子電流向上 ○古家 遼(横国大・院、産総研)村上 勝久・長尾 昌善(産総研)鷹尾 祥典(横国大)</p> <p>Si基板上へ絶縁膜とグラフェンを積層した構造の平面型グラフェン電子源は、20 V以下で駆動し100 mA/cm<sup>2</sup>もの高い電流密度で電子放出が可能である。しかし、グラフェン電子源を中和器や導電性テザーのカソードなどに適用するためには、放出面積の拡大による放出電子電流の増大が必要である。そのため、グラフェン合成時の絶縁膜劣化が低減するよう合成方法変更を行い、電子源の製作と評価を行った。その結果について報告する。</p>
STEP-2018-018	<p>ダイヤモンド半導体の宇宙用電子放出源への適用可能性評価 ○恒川 尚輝(静大・院)大川 恭志(JAXA)加藤 宙光(AIST)山極 芳樹(静大)</p> <p>スペースデブリ問題を低コストで解決する方法としてエレクトロダイナミックテザーが検討されている。パッシブな電子源は、より低コスト化していくために必要である。水素終端表面を有するダイヤモンド半導体は、仕事関数を著しく低減させる負の電子親和性(NEA)を有するため、そのカソード材料として有望である。この研究では、ダイヤモンド半導体からの熱電子放出に関する実験の結果をもとに宇宙用電子放出源の実現性について議論する。</p>
STEP-2018-019	<p>真空環境における小型プラズマ源による帯電ダストの除塵効果の実験的研究 ○森下 貴都(東大・院)神田 大樹・細田 聡史・月崎 竜童・西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>月面ではレゴリスと呼ばれる微小な砂が、帯電により浮遊している。これは宇宙飛行士の健康被害や精密機器の故障の原因となり、将来の月面有人探査や小惑星探査の障害となる。本研究ではマイクロ波放電式プラズマ源を用いてダストの帯電を緩和し、除塵効果を実験的に検証した。プラズマを点火することで帯電物に付着した帯電ダストが除去されたことを確認した。</p>
STEP-2018-020	<p>ホローカソードのプラズマ診断および放電モードに関する実験的研究 ○鳥井 健笑(東工大・院)大塩 裕哉(農工大)窪田 健一・船木 一幸(JAXA)奥野 喜裕(東工大)</p> <p>将来的なホローカソードの要求として大電流化が挙げられるが、動作パラメータが変わることでホローカソードに生じるプラズマの放電モードが変わり、カソードの寿命が短くなることがわかっている。本研究では放電モードごとのプラズマ特性をプローブ計測により取得し動作パラメータ依存性、アノード形状依存性を明らかにすることを目的とする。また高速度カメラを用いた各モードにおける放電の様子についても報告する。</p>
<b>【MPDアーケジェット】</b>	
STEP-2018-021	<p>MPDスラスタにおける外部磁場の影響 ○井出 舜一郎(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>矩形型MPDIにおいて600mT程度の外部磁場を印加して影響を調査した。既に外部磁場が増大することで放電電流に対して推力が向上することを確認しており、今回は流量やガス種(Ar, Xe, H<sub>2</sub>)を変更することで特性がどのように変化するかを検証した。特に高性能な推進剤として期待されるH<sub>2</sub>を用いた作動について詳しく言及したい。</p>
STEP-2018-022	<p>水を推進剤としたMPD推進機の研究 ○松浦 有佑(宮大・院)山根 直人(宮大・学)矢野 康之・各務 聡(宮大)</p> <p>本研究では、水を推進剤とした100 kW級のMPD推進機の性能評価について述べる。従来のMPD推進機は、主に気体推進剤を用いており、貯蔵に高圧タンク等が必要であった。また、ヒドラジンやアンモニアを用いた例もあるが、反応性が強く、貯蔵性が良いとは言えない。そこで、水を推進剤とするMPD推進機を提案する。水は無毒であり、宇宙空間での入手性に優れ、貯蔵が容易で高圧タンクを必要としないことから、推進機の小型化に貢献できる。本発表では、試作した水MPD推進機の性能について報告する。</p>

## 【レーザー推進】

STEP-2018-030	レーザーアブレーション力積に対する粗面効果 片桐 佑介(名大・院)プサーラ ビニート(名大・学)○佐宗 章弘(名大)
	レーザーアブレーション推進においてアブレーション面の粗面効果によってビーム入射方向成分が増加することを見出した。
STEP-2018-031	CWレーザー推進機に用いられるポーラスカーボン製熱交換器の光学的特性 ○伊藤 弘貴(名大・院)江口 敬祐(名大・院)森 浩一(名大)
	レーザーローンチシステムのひとつとして我々が提案するのは熱交換器であるカーボンファイバーにCWレーザービームを照射し、推進剤である水素を間接的に加熱し、高温高圧となった推進剤を排出することによって推力を得るシステムである。100kWのレーザーを用いた100g程度のペイロードの打ち上げを目指している。数kWのファイバーレーザーを用いた基礎的な実験を通じて、本実験では熱交換器によるレーザーの吸収過程のモデル化を行う。
STEP-2018-032	ドーナツモードレーザー打ち上げシステムのインパルスと安定性に関する実験的研究 ○Tran Duc Thuan(名大・院)宇野 直樹(名大・院)森 浩一(名大)
	A spherical vehicle irradiated by a doughnut-shaped laser beam is expected to solve the flight instability problems likely to arise when using a laser launch system. In this study, the impulse generation mechanisms and the stability of the vehicle are first studied experimentally. As a result, the impulse and the stability are found dependent on the ratio of the doughnut beam radius, $R_{dn}$ , to the target radius, $R_{sp}$ . At atmospheric pressure, the shock focusing resulting from the toroidal blast wave convergence increases the impulse at $R_{dn}/R_{sp} = 0.56$ , while this effect is negligible if $R_{dn}/R_{sp} = 0.86$ . At low pressure, $p_a < 100$ Pa, the impulse is found to slightly increase because the ablation plume concentrates on the central axis of the target. The target is found stable for $R_{dn}/R_{sp} = 0.86$ because of a restoring force generation.
STEP-2018-033	CWレーザー推進の打上デモに向けた打上性能評価と熱源のプラズマ生成実験の現状報告 ○亀井 知己(静大・院)小野 貴裕(静大・院)丹羽 亮貴(静大・学)松井 信(静大)森 浩一(名大)
	レーザー推進は地上からレーザービームを照射し、推進剤を加熱することで推力を得る打上システムであり、水素を燃料とすることで比推力を従来の化学推進に比べて大幅に向上できると期待されている。本研究では100kWのCWレーザーを用いた推進機の打上デモを目標としており、軌道計算による打上性能評価とプラズマ生成実験の両輪で研究を行っている。本発表では計算と実験の現状についての報告と実現可能性の検証を行う。
【ミッション解析】	
STEP-2018-034	国産ホールスラスタを用いた地球-火星間輸送ミッションの航行期間に対する運転モード及び地球脱出C3の関係についての解析 ○牧 麦(静大・院)船木 一幸(JAXA)山極 芳樹(静大)鳥羽 瑛仁(静大・院)
	国産ホールスラスタを用いた地球-火星片道軌道の解析結果を発表する。火星軌道到着時の宇宙機最終質量を最適化変数とする。これまでの研究で、条件に応じたある一定の航行期間を満たせば、最終質量は航行期間に依存しないということが分かっている。今回はこの航行期間について、運転モード(高推力、中間、高比推力)及び地球脱出時の相対速度を変数とし調査している。
STEP-2018-036	縮退化された制御変数及び多目的最適化による複数の制御パターンを用いた多周回遷移軌道の設計 ○北出 知也(東大・院)岡本 文(東大・院)山本 高行・川勝 康弘(JAXA)
	電気推進機などの低推力推進系を用いて効率良く軌道の遷移を行う手法として多周回遷移軌道がある。多周回軌道は効率が良い一方で、長時間に及ぶ遷移時間により設計変数が多くなり、低推力推進の自由度を活かした設計は困難であった。これを克服するため、推力の自由度を保ちつつ設計変数を大幅に削減することのできる手法を用いて多目的最適化により軌道を設計する研究が行われてきた。従来の研究では単一の制御パターンを用いていたが、複数の制御パターンで設計することにより、より最適な軌道が得られることが期待される。本発表ではこの結果について報告する。

【ホールスラスタ(1)】 1/18(金)	
STEP-2018-037	ETS9搭載6kW級ホールスラスタの研究開発 ○船木 一幸(JAXA) 出力6kWクラスを予定している国産ホールスラスタヘッドについて、技術試験衛星9号機搭載を目指した研究開発を実施している。本講演では、ブレッドボードモデルによる性能・耐久性評価試験等について報告する。
STEP-2018-038	100W級ホールスラスタの推進性能に対する磁場依存性 ○渡邊 裕樹(首都大) 内外2つのコイルを持つ100W級ホールスラスタの磁場形状および強度に対する推進性能の依存性を評価した。また、ExBプローブや静電プローブ等によるプラズマ計測も実施した。磁場形状を維持したまま、磁場強度を変化させた際、強磁場強度の領域で放電電流振動が強く励起され、イオンビームが大きく発散し、推力が低下することが判明した。本講演では推進性能に対する磁場依存性についての詳細な実験結果を発表する。
STEP-2018-039	超小型シリンドリカル型ホールスラスタ”SCHT-1”の研究開発 ○小原 秀憲(東海大・院)池田 知行・堀澤 秀之(東海大) 近年、運用終了後の衛星がデブリとなることについて懸念が持たれており、大気圏再突入能力を持たせることが望まれている。特に質量50kg以下の小型衛星の場合、今後多数機が運用されることが考えられるため、小型推進器の開発は急務である。この問題に対応すべく東海大学では超小型シリンドリカル型ホールスラスタ”SCHT-1”の開発を行ってきた。本研究では”SCHT-1”の更なる性能向上を行うべく、磁場形状の改良を行った。
STEP-2018-040	100級小型ホールスラスタの2D全粒子シミュレーション ○張 科寅(JAXA)渡邊 裕樹(首都大) 全粒子シミュレーションは、ホールスラスタプラズマのキネティクスを捉えることができる有望な手法である。首都大で開発されている100W級小型ホールスラスタを対象として、実スケールでの解析をトライした。解析結果や実験との比較について報告する。
【マイクロスラスタ】	
STEP-2018-041	高エミッタ密度エレクトロスプレースラスタのイオン引き出し実現に向けたエミッタ電極表面の濡れ性操作 ○井上 直樹(横国大・院, 産総研)長尾 昌善・村上 勝久(産総研)クンプアン ソマワン・原 史朗(産総研, MINIMAL)鷹尾 祥典(横国大) エレクトロスプレースラスタの推力密度を向上させるべく、電界放出電子源の製作技術を応用して高実装密度エミッタアレイを製作してきた。しかし、イオン引き出し実験においてイオン液体がエミッタ電極の先端部から漏出し、さらに電極と電気化学反応する問題が生じた。そこで、著者らはエミッタ電極に濡れ性の低い材料を用いてイオン液体の漏出を抑制することを立案した。本講演ではその詳細および改良したサンプルによるイオン引き出し実験結果について報告する。
STEP-2018-042	分子動力学計算を用いたエレクトロスプレースラスタのイオン引き出し解析 ○榎本 昂明(横国大・学)鷹尾 祥典(横国大) イオン液体を用いたエレクトロスプレースラスタでは、エミッタから引き出されたイオンの一部がエクストラクタに衝突し、寿命低下につながることを示唆されている。そこで本研究では、原子レベルでの解析が可能な分子動力学計算を用いて、液滴からイオンが引き出される条件について解析を行った。本講演では、イオンが引き出される時のエネルギーや引き出し角度の解析結果について報告する。
STEP-2018-043	超小型人工衛星向け受動点火型真空アークスラスタのCFRP陰極構造の改善 ○中山 大輔(九工大・院)豊田 和弘・趙 孟佑(九工大) 九州工業大学では、超小型人工衛星向けに真空アーク推進機を開発を続けている。点火器を廃すために陰極にCFRPを採用し、周囲のプラズマとの相互作用によって点火する受動点火を積極的に活用している。CFRPに含まれた水分が受動点火の頻度を向上させることが報告されているが、高い頻度が持続しないことが課題とされていた。本研究では高い放電頻度を維持できる陰極構造について検討する。
STEP-2018-044	沿面アーク推進機の放電時における圧力測定と性能改善についての検討 ○村上 裕明(九工大・院)平賀 康太郎(九工大・学)豊田 和弘・趙 孟佑(九工大) 沿面アーク推進機(Surface Arc Thruster: SAT)は、キューブサット搭載を目指して開発中の小型電気推進機である。SATは、数アンペアの定電流に制御された沿面アーク放電を固体推進剤表面に発生させることで推進剤を気化させ、ノズルから蒸気を噴射することで推力を発生する。これによって、放電時のノイズ軽減などが期待できる。本論文では、SATの試作機を用いた放電時における圧力測定と、推力向上にむけた検討を行う。
STEP-2018-045	紫外光発光ダイオードと固体材料の相互作用を利用した小型低電力推進機の開発 ○井上 孝輝(東海大・学)坂口 貴司(東海大・学)池田 知行・堀澤 秀之(東海大)山口 滋(東海大)中山 宜典(防衛大)船木 一幸(JAXA) 本研究の目的は、紫外線発光ダイオードの照射による光解離反応を利用して固体高分子推進剤表面の分子を排出し、その反力により推進する低電力小型すいしんきの開発である。本研究ではナイロン6とPVCの2種類の固体高分子材に紫外線発光ダイオードを照射し、各推進剤の質量消費率を算出した。uv-LEDは波長365nmと255nmの2種類を使用し、それぞれの性能について比較・検討をした。
STEP-2018-046	超小型レーザー加熱推進機の研究開発 ○豊田 広海(東海大・院)池田 知行・堀澤 秀之(東海大) 近年、超小型人工衛星への小型推進システム搭載の機運が高まりつつあり、各種推進システムの開発が大学をはじめとする教育機関や民間企業において行われている。東海大学では医療分野において用いられているレーザー光を熱源とする技術に着目し、この技術に応用した小型推進システムを開発を行っている。本研究では、半導体レーザーを光源としたレーザー加熱推進システムを試作・作動させて性能測定の試験を行い有効性を検証した。

## 【計測技術・研究手法】

STEP-2018-047	<p>火星の局所磁場における宇宙放射線環境の室内実験            ○江本 一磨(横国大・院)神田 大樹・月崎 竜童(JAXA)鷹尾 祥典(横国大)西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>火星に存在する局所磁場を利用することで宇宙放射線の軌道を変化させることが可能であり、火星地表面における被ばく量の低減が見込める。この局所磁場による効果は宇宙放射線の入射角度・エネルギーによって大きく異なるため、様々な宇宙放射線を対象とした網羅的な検証が必要である。そこで、連続的なパラメータ変更を実現する方法として、火星の局所磁場における宇宙放射線環境を模擬した室内実験系を構築した。講演では室内実験で得られた結果について報告する。</p>
STEP-2018-048	<p>2光子吸収レーザー誘起蛍光法によるマイクロ波電子源の中性粒子密度計測            山下 裕介(東大・院)○月崎 竜童(JAXA)杵淵 紀世志・西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>2光子レーザー誘起蛍光法は、基底準位の2倍波である波長200-250nm帯の紫外線を発信する色素レーザーを使用することで、直接基底の中性粒子を励起できる。マイクロ波カソードのノズル部分に、本手法を適用することで、蛍光信号から中性粒子の絶対数密度測定の実証に成功した。また電離が進むにつれ中性粒子が減少する現象も確認できたので、キャリブレーション手法と合わせてここに報告する。</p>
STEP-2018-049	<p>電気推進機試験設備のターゲットから発生するキセノンガスのダイナミクスと真空度への影響            ○伊藤 彦(東大・院)川嶋 嶺(東大)小泉 宏之(東大)小紫 公也(東大)</p> <p>電気推進機の試験設備では、推進機からのキセノンイオンによるスパッタリング防止を目的としてビームターゲットが設置されている。ビームターゲットの材質や形状は設備によって異なるため、設備内部に生じる粒子の流れや真空度分布はビームターゲットに影響を受けて変化すると考えられる。本研究では、ターゲットから排出されるキセノンがどのような運動に従ってチャンバ内を運動するかを調査し、モデルの影響を評価したので報告する。</p>
STEP-2018-050	<p>磁気浮上を利用した6方向の推力ベクトル測定装置            ●各務 聡(宮大・工)</p> <p>推進機によるトルクや推力偏向の評価のため、磁気浮上を利用した6方向の推力を測定する装置を試作した。本方式では、0.1 N級の電熱型推進機を想定し、6個のボイスコイルモータを利用して、推進機を磁気浮上させている。ソレノイドと磁石を利用したアクチュエータによる電磁力で推力を模擬し、この推力測定装置に与えたところ、6方向成分を正確に測定可能で、3Hz程度の推力変動を測定できることを示した。</p>
STEP-2018-051	<p>推力測定におけるサーマルドリフトのチューブ形状への依存性            ○山内 雄介(宮大・院)矢野 康之・各務 聡(宮大)</p> <p>本研究では、チューブ形状によるサーマルドリフトへの影響を評価した。電気推進の推力測定では、チューブや電線が温度変化のために変形し、サーマルドリフトが起きると考えられてきた。そこで、サーマルドリフトを低減する方法を明らかにするため、様々な形状のテフロンチューブを加熱して、その熱応力による力をロードセルで計測し、また、有限要素解析によって解析を行った。</p>
【プレナリー】	
STEP-2018-052	<p>日本航空宇宙学会 電気推進・先端推進部門 2018年度活動経過報告            ○竹ヶ原 春貴(首都大)西田 浩之(農工大)</p> <p>日本航空宇宙学会 電気推進・先端推進部門の委員会および本年度活動経過報告</p>
STEP-2018-053	<p>「はやぶさ2」の小惑星リュウグウ到着と近接運用状況            ○細田 聡史(JAXA)西山 和孝・月崎 竜童・神田 大樹・神田 大樹・國中 均(JAXA)</p> <p>マイクロ波放電型イオンエンジンを主機とした小惑星探査機「はやぶさ2」は、2014年の打ち上げ後、3年半に及ぶイオンエンジン巡航期間を成功裡に終え、2018年6月27日に目的地である小惑星リュウグウに到着した。はやぶさ2イオンエンジンシステムは、はやぶさ初号機のLessons&amp;Learnedを大いに活かして安定稼働を実現した。リュウグウ到着後、はやぶさ2は様々な科学観測や、小惑星着陸のための降下運用を繰り返している。本発表では、はやぶさ2のこれまでの運用について報告する。</p>
【ホールスラスタ(2)】	
STEP-2018-054	<p>シリンダリカル型ホールスラスタに関する研究開発            ○川上 天誠(大阪工大・院)藤原 恭兵・多川 真登(大阪工大・院)城戸 翔磨・丸石 達也(大阪工大・学)田原 弘一(大阪工大)</p> <p>本研究では、小型人工衛星の搭載に適したシリンダリカル型ホールスラスタ(CHT)の開発を行っている。CHTは小型化に適しており、低電力での作動が容易である。しかし、中心軸上にコイルが無い場合、ホールスラスタ特有のホール電流を十分に生み出せない欠点がある。そのため、十分にないホール効果を200mT以上の強力なミラー磁場を採用している。本発表では、開発したCHTの性能取得を行い、その報告をする。</p>
STEP-2018-055	<p>惑星探査用大電力ホールスラスタの推進性能評価及び数値解析            ○城戸 翔磨(大阪工大・学)藤原 恭兵・川上 天誠・多川 真登(大阪工大・院)丸石 達也(大阪工大・学)田原 弘一(大阪工大)</p> <p>現在、大電力電気推進システムの需要が高まっている。本研究では、探査や輸送ミッションを遂行するため高比推力を達成できる大電力ホールスラスタの開発を目標としている。これまでに放電電圧1,000 Vを印加し、SPT型の推進性能を測定した結果、高比推力を達成した。その他、更なる性能向上を行うために本数値解析ツールを用いて放電チャンネル内のプラズマ状態を明白にする。本発表では以上の本研究で得られた成果を報告する。</p>

STEP-2018-056	<p>数値解析によるホール推進機の性能・寿命に及ぼす放電室壁面スパッタリング現象の影響評価 ○伊藤 誠治(八戸工大・院)石山 俊彦(八戸工大)根城 安伯(放送大)田原 弘一(大阪工大)</p> <p>電気推進機の一つであるホール推進機は比推力が大きく、かつ効率がよく安定しているという特徴を持っているため、小惑星探査といった長期ミッションに適している。しかし、チャンネルと呼ばれる放電室の内壁がスパッタリングされると推進性能の低下、さらには寿命の低下を引き起こす問題がある。さらにはスパッタリングされた壁粒子の一部が壁表面に不純物として堆積しスパッタリング収率が增大する現象も発生する。本研究では、モデル式を用いてスパッタリングの数値シミュレーションを行った。さらに、スパッタリングのメカニズムについても報告する。</p>
STEP-2018-057	<p>アノードレイヤSBSシステムにおけるブルーム干渉評価 ○間宮 悠貴(岐大・院)蟹江 裕基・伊佐地 範之・石田 大貴(岐大・院)宮坂 武志・朝原 誠(岐大)</p> <p>大出力電気推進機としてホールスラストのクラスタ化研究開発が進められている。本研究では、2基のアノードレイヤ型ヘッドと1基のホローカソードから構成されるシステムについて、推力、放電電流に加え、ブルームのプラズマ診断を実施することで、アノードレイヤ型クラスタ作動時のブルームの干渉が電離加速過程に及ぼす影響の評価を行う。</p>
STEP-2018-058	<p>電気推進電源(PPU)のデジタル制御器の開発 ○小鹿 聡士(MELCO)民田 太郎・齊藤 大揮(MELCO)山本 直嗣(九州大)</p> <p>電気推進用電源において、シーケンス制御と電源制御の両方をFPGAに集積するデジタル制御の導入により、電源の制御回路の部品点数削減と制御性の向上が期待できる。今回、ホールスラスト用デジタル電源制御器を開発し、1kW級ホールスラストと組み合わせて動作検証したので報告する。</p>
STEP-2018-059	<p>300W級ホールスラスト用アノード電源の開発状況 ○高橋 徹(TDS)山本 直嗣(九大)</p> <p>ホールスラスト用電源は、複数の電源から構成されており、衛星搭載に向けては、電源の小型高効率化が必須な技術となっている。筆者らはホールスラスト用電源の中でも、小型高効率化の鍵となるアノード電源に着目し、300W級のアノード電源を試作した。本稿では、この電源の評価結果と、今後の開発動向について報告する。</p>
<b>【アークジェット・レジストジェット】</b>	
STEP-2018-060	<p>水推進剤の運用を想定したアークジェットスラストの蒸気安定供給システムの研究・開発 ○奥村 俊介(大阪工大・院)奥田 和宜・三村 岳史(大阪工大・院)服部 大輔(大阪工大・学)田原 弘一(大阪工大)野川 雄一郎(スプリージュ・CEO)</p> <p>アークジェットスラストの推進剤は主に高毒性のヒドラジンが使用されている。本研究ではヒドラジンに代わる新たな推進剤として無毒である水を使用する推進システムを提案する。先行研究において、水推進剤をアークジェットスラストに用いたが推進剤供給系である蒸気化システムに問題があり、安定的に作動させることができなかった。本発表では、新規に水蒸気安定供給装置を開発し、作動確認実験を行ったので報告する。</p>
STEP-2018-061	<p>ホローカソードと炭化水素ガスを用いたアークジェット推進機の電極損耗の抑制 ○岸田 利久(宮大・院)鶴井 翔悟・矢野 康之・各務 聡(宮大)</p> <p>近年、月や火星などへの有人探査が計画されているが、これには、大電力電気推進機による次世代の軌道間輸送システムが必要となる。アークジェット推進機は、大電力化が容易であるため、その候補となりうるが、陰極の損耗により寿命が短いという欠点があった。そこで、本研究では、ホローカソード状の陰極からDMEなどの炭化水素ガスを流し、炭素による電極損耗の抑制を試みる。今回は、試作機を用いた結果について報告する。</p>
STEP-2018-062	<p>小型水レジストジェットにおける低レイノルズ数流れの解析 ○折口 航哉(横国大・院)小泉 宏之(東大)鷹尾 祥典(横国大)</p> <p>超小型衛星への搭載を目指す小型水レジストジェットにおいて、小型化によるノズル内部の低レイノルズ数流れは、推進性能の低下につながる。特に本レジストジェットでは低圧で作動させるため、その影響は大きい。性能向上に向けて、ノズル内部の流れ場を把握する必要があるが、微小領域における流れ場の実験的な計測は難しい。そこで、本研究ではDSMC法を用いて、流れ場の解析を行った。本講演では、解析結果について報告する。</p>
STEP-2018-063	<p>酸素・水素を推進剤としたハイブリッド型レジストジェットの開発 ○コラル ジュリオ(東大・院)月崎 竜童・杵淵 紀世志(JAXA)中田 大将(室工大)嶋田 徹・西山 和孝・國中 均(JAXA)</p> <p>We present the development progress of the hybrid electro-chemical thruster, combining the features of a resistojet and a GH<sub>2</sub>/Gox combustion engine. The thruster heats the gaseous hydrogen with a 3D printed resistor, which is then injected into the combustion chamber together with gaseous oxygen. The thruster thermodynamics point out it can outperform its pure electrothermal and pure chemical competitors in terms of thrust-Isp combination.</p>
STEP-2018-064	<p>6UCubeSat: EQUULEUS推進システムAQUARIUSの推力特性分析 ○王 啓航(東大・院)西井 啓太・服部 旭大・浅川 純(東大・院)齋藤 勇士(東大)菊池 航世(東大・院)秋山 茉莉子・室原 昌弥(東大・院)小泉 宏之・船瀬 龍・小紫 公也(東大)</p> <p>AQUARIUS は酸化した水をノズルから噴射するレジストジェットスラストである。AQUARIUS の推力性能を正しく取得するためには、各試験パラメータと推力の関係を正確に把握する必要がある。しかしながら、数時間にわたる長時間作動に加え、定常ではなく脈動作動を採用する AQUARIUS の作動試験データは、非常に膨大である。そこで、本研究では AQUARIUS の開発段階で取得された膨大な試験データをもとにデータ分析を行った。本講演では、分析結果のうち、試験パラメータである各所圧力、温度、および投入電力が推力に与える影響についてまとめ、報告する。</p>

STEP-2018-065	<p>6UCubeSat: EQUULEUS 推進システムAQUARIUSのフライトモデルの単体性能測定結果          ○菊池 航世(東大・院)西井 啓太・服部 旭大・浅川 純(東大・院)齋藤 勇士(東大)秋山 茉莉子・王 啓航・安宅 泰穂・室原 昌弥(東大・院)小泉 宏之(東大)柿原 浩太・柳田 幹太・鈴木 遼(東大・院)飯山 敬大(東大・学)船瀬 龍・小紫 公也(東大)</p>
【先端推進】	<p>AQUARIUSは2020年に打ち上げ予定となっている6UCubeSat: EQUULEUSに搭載される推進システムである。AQUARIUSは水を推進剤としたレジストジェットスラスターである。水は安全で、毒性がないので取り扱いが容易という特長がある。加えて、水を宇宙で得られればミッション領域がさらに広がるという利点もある。しかし、水の潜熱は大きいので、限られた電力の中で効率よく水を気化させる必要がある。          この発表ではAQUARIUSの仕組みを説明するとともに、運用を想定した作動試験結果をまとめる</p>
STEP-2018-066	<p>レーザー核融合ロケットにおける円錐形ターゲットの数値解析          ○山村 徹(九大・院)枝本 雅史・森田 太智(九大・院)砂原 淳(Purdue大・院)藤岡 慎介(阪大・院)城崎 知至(広大・院)山本 直嗣・中島 秀紀(九大)</p> <p>次世代の推進機の提案として大推力、高比推力であるレーザー核融合ロケットがある。このロケットの問題点の一つとして、核融合による宇宙船への中性子放射がある。これを削減する方法として、推進剤の形を現在提案されている球状ではなく、円錐形状にするというものがある。これは推進剤をコイル前面に集中配置するので、宇宙船への入射中性子束が約1桁減少する。この推進剤を円錐形状にした際の推進効率を算出するための数値解析を行った。</p>
STEP-2018-067	<p>28GHzジャイロトロンを使用したマイクロ波ロケットの送電システムの評価          ○尾崎 尚人(筑大・院)松倉 真帆・溝尻 征(筑大・院)宮脇 海成(筑大・学)嶋村 耕平・横田 茂(筑大)假屋 強・南 龍太郎(筑大プラズマ)</p> <p>外部からミリ波ビームを推進機内部に供給し、圧力上昇により飛行推力を生み出すマイクロ波ロケットでは、より効率的な送電システムが求められる。本研究では、ジャイロトロンを用いてマイクロ波ロケットへの周波数28GHzの大電力ミリ波放電実験を行い、送電時に損なわれる電力と得られる推力について定量的に評価をした。</p>
STEP-2018-068	<p>磁気レイノルズ数分布を考慮した磁気プラズマセイル推進特性の噴射プラズマ依存性          ○荒井 啓之(静大・院)山極 芳樹(静大)大塩 裕哉・西田 浩之(農工大)船木 一幸(JAXA)</p> <p>磁気プラズマセイル(MPS)は、宇宙機に搭載された超伝導コイルに電流を流すことで展開した磁場により太陽風を受け止め、推進力を得るシステムである。MPSはコイル磁場内に低速プラズマを噴射し磁場を拡大させることで、推力を増大させる。その際に、磁場の拡散効果の影響を考慮する必要がある。本研究では、磁気レイノルズ数を局所的に評価する解析モデルを用いた電磁流体解析を実施し、磁気レイノルズ数分布がMPSの推進特性に与える影響について報告する。</p>
STEP-2018-069	<p>静電・電磁複合推進          ●佐宗 章弘(名大)加藤 匠(名大・院)市原 大輔・岩川 輝(名大)</p> <p>外部磁場によって拘束された電子を介した静電加速とローレンツ力による電磁加速を複合することによって、高効率かつ高推力密度のスラスターを実現できる可能性がある。これまでの研究進捗と展望について発表する。</p>
STEP-2018-070	<p>発散磁場静電加速スラスターのイオン加速過程に対する陰極位置の影響          ○市原 大輔(名大)中川 慶哉(本田技研)岩川 輝・佐宗 章弘(名大)</p> <p>本研究では上流部のリング型陽極内部に発散磁場を有する発散磁場静電加速スラスターに関して、陰極位置がイオン加速過程に及ぼす影響を調査する。陰極位置はリング型陽極内部ないし発散磁場外部とした。各陰極位置において放電室内部から推進機下流域までのプラズマ状態量とイオン加速特性とを静電プローブ並びにFaradayプローブ及びRetarding Potential Analyzerを用いて取得したのでその結果を報告する。</p>
STEP-2018-071	<p>発散磁場静電加速スラスター(DM-EST)の推力性能および内部診断          ○松葉 稔弘(名大・院)肥後 歩(名大・院)市原 大輔・岩川 輝・佐宗 章弘・中西 幸弘(名大)</p> <p>2つのコイルによって生成した発散磁場を有する diverging magnetic field electrostatic thruster (DM-EST) において、スラストスタンドを用いた推力測定実験およびダブルプローブ、エミッシブプローブを用いた内部診断実験を行った。本公演ではその結果について報告する。</p>