

宇宙輸送シンポジウム 非化学推進部門 アブストラクト

【解析・計測技術】 1/14 (木)

STEP-2020-001	回転二重波折ソーラーセイルの展開シミュレーション ○塚本 悠一朗(東工大・院)森 治・奥泉 信克・杉原 アフマツ清志(JAXA)秋田 大輔(東工大)山田 修平(東大・院) ソーラーセイル衛星は薄膜を宇宙空間で展開し、太陽光圧による推力取得に主に使用される宇宙機であり、折り方によって展開挙動や信頼性が左右するのが大きな特徴である。本研究では回転二重波折ソーラーセイルの展開シミュレーションをする。この折り方での展開は前例が無く、従来の折り方である短冊折やらせん二重折と比較し、展開信頼性の高さが期待される。従来の手法と本手法での展開容易性と展開形状等をシミュレーションから評価し、展開信頼性の差を明確にする。
STEP-2020-002	進行磁場システムにおける複数ソリトンとダブルレイヤー解の存在に関する研究 ○クマール ハリハラスダン(東北大・院)加藤 ちなみ・高橋 聖幸・大西 直文(東北大) The case of a magnetic pulse traveling through a plasma is investigated theoretically. Double layer (DL) and solitons have been observed in this system and certain DLs decay by emitting solitons. However, the exact trigger mechanism causing this DL-soliton transition is not understood yet. In this study, this transition is treated as a DL-soliton interaction. The soliton and the DL KdV governing equations and their corresponding interaction was derived using the Reductive Perturbation Method (RPM) by considering trapped, free electrons and free ions. The interaction term thus found is directly proportional to the trapped electron density. The multisoliton solutions were then obtained using the Hirota Bilinearization method.
STEP-2020-003	磁気スラストチャンバーにおけるエネルギー依存性の検証に向けたスラストスタンドの開発 ○蔵本 英祐(九大・院)山本 直嗣・森田 太智・中島 秀紀(九大)伊勢 俊之・矢木 一博(IA)藤岡 慎介(阪大)染川 智弘(レーザー総研)森 芳孝(光産業創成大学院大学)難波 慎一(広大)枝本 雅史・児島 富彦・山戸 葵維・町田 貴大・池邊 将暉(九大・院) 本研究では、レーザー核融合ロケットの推進システムである磁気スラストチャンバーの性能調査として、大阪大学の激光XII号を用いて、核融合プラズマを模したレーザー生成プラズマを発生させ、磁気スラストチャンバーから作用する力積をスラストスタンドを用いて計測した。レーザーのエネルギー及び磁場のエネルギーを変更して、エネルギー依存性を検証した。結果としてレーザーのエネルギーの増加により力積が増加することを確認した。
STEP-2020-004	TPS開発を目的としたレーザー駆動風洞の気流評価 ○城田 紗英(都市大・院)桃沢 愛(都市大)田中 聖也・曾我 遼太(東大・院)照月 大悟・小紫 公也(東大) 宇宙往還機の熱防御システム(TPS:Thermal Protection System)の大気圏再突入時の挙動を明らかにするために、その環境を模擬するプラズマ風洞の開発を行ってきた。これまでの研究より、TPSの酸化挙動はサンプル表面における気流の温度と酸素分圧に支配されることが明らかになっている。 本研究では、レーザー駆動によるプラズマ風洞を用いて、TPSの酸化挙動を明らかにすることを目的として、様々な酸素分圧下における気流の維持条件の評価を行った。
STEP-2020-005	バネ吊り下げ方式の超小型衛星推進機用6自由度スラストスタンドの設計 ○山内 健太郎(東大・院)井澤 壮太・西井 啓太(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大) ミッションが多様化・複雑化している超小型衛星の推力を正確に測定するために、6自由度の計測が可能なスラストスタンドが必要であり、研究が進められている。しかし、先行研究の磁気浮上型のスタンドでは搭載可能な重量に制限があり、10kg程度の衛星全体を載せた状態で推力測定を行うことができない。そこで、本研究では衛星を搭載するプレートを手で吊り下げて重量制限を緩和することで、超小型衛星全体を載せられる6自由度スラストスタンドを設計した。
STEP-2020-006	電子ビームを用いたマイクロノズル下流における希薄中性粒子の2次元絶対密度分布測定 ○井澤 壮太(東大・院)西井 啓太・山内 健太郎(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大) 超小型衛星用のノズルはサイズの制約上マイクロノズルとなり、スロートにおけるレイノルズ数が減少する。ここでレイノルズ数ではノズル流れの挙動が高レイノルズ数の場合と異なることが示唆されており、ノズル流れの解析が必要となってくる。しかしマイクロノズル流れを実測で解析した例は少ない。本研究では、マイクロノズル下流における中性粒子密度分布における2次元での測定方法を確立し、その測定法の評価を行った。
【レーザー推進・DCアークジェット・MPDスラスタ】	
STEP-2020-007	線図によるLSDの定常性の検討 ○中野 一朗(大同大・院)白石 裕之(大同大) レーザー宇宙推進における主要現象の一つに、レーザー支持爆轟波(レーザーデトネーション、LSD)が挙げられる。本発表では、LSDについてのCFD解析を行い、この結果に基づいて「空間変化に関するp-v線図」と「時間変化に関するp-v線図」を作成し、両線図の比較からLSD伝播構造の定常性について言及する。
STEP-2020-008	グラファイトへのレーザー照射によるインパルス生成に関する分子動力学解析 ○佐藤 慧一(東北大・院)加藤 ちなみ・高橋 聖幸・大西 直文(東北大) レーザーアブレーション推進に用いる固体推進剤として金属やゲルが提案されてきたが、両者はいずれも低吸収率であり非効率なレーザー吸収を齎す。本発表では、高吸収率を実現可能なグラファイトを固体推進剤として想定し、分子動力学法を用いてレーザーアブレーション過程を再現、生成したインパルスを算出した。また、レーザー照射に伴い固体推進剤内に発生する引張応力波を利用した新たな推進力の生成方法を提案した。

STEP-2020-009	基本的な衛星構造材料に対するパルスレーザー生成力積特性の計測 ○森山 大地(名大・院)中村 友祐・佐宗 章弘(名大)福島 忠徳(スカパーJSAT)津野 克彦・小川 貴代・和田 智之(理研) 宇宙開発に伴い、スペースデブリの増加が問題となっている。対策として、デブリに対してパルスレーザーを照射しアブレーションを起こし、軌道から除去することが提案されている。デブリの元となる衛星には様々な材料が用いられており、先行研究から材料によってレーザー照射時に生じる力積の特性が異なることが報告されている。そこで、ミッションの概算を行うために、衛星に用いられている各種構造材料に対してレーザーを照射し、生じる力積を調査した。
STEP-2020-010	レーザーアブレーション特性調査アルミニウムのレーザーアブレーションにおけるインパルス生成過程の特性評価 ○中村 友祐(名大)森山 大地(名大・院)佐宗 章弘(名大) レーザーを物体に照射すると表面物質が噴き出すレーザーアブレーションと呼ばれる現象が起こり、これによりインパルスが生成されることが知られている。これを宇宙推進へと応用することが提案されており、デブリ除去への利用等も期待されている。本発表ではこのアルミニウムのレーザーアブレーションによる生成インパルス過程の特性調査結果や調査方法について報告する。
STEP-2020-011	電極損耗抑制のために炭化水素ガスを用いた水推進剤アークジェット推進機 ○水谷 康一郎(宮崎大・院)生田 智史(宮崎大・院)矢野 康之(宮崎大)各務 聡(都立大) 近年、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、カソードの損耗により寿命が短いという課題があった。そこで、本研究では、入手性に優れる水を推進剤とし、液化石油ガスなどの炭化水素ガスを併用することでカソードに炭素の保護層を形成させ、電極の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。
STEP-2020-012	HAN/水及び水素系推進剤DC/MPDアークジェットスラスタの研究開発ー姿勢制御から太陽系惑星軌道間航行までー ○楯 健太郎(大阪産大・学)渋谷 和輝・吉田 彩乃・池本 凌(大阪産大・学)田原 弘一(大阪産大)桃沢 愛(京都市大)中田 大将(室蘭工大)鷹尾 良行(西日本工大)池田 知行(東海大)野川 雄一郎(スプリングジュ)協園 堯(ハイサーブ)外山 雅也(バセット) 大阪産業大学では、実用化に向けて、完全輻射冷却式DC/MPDアークジェットスラスタシステムの開発を精力的に行ってきた。DCアークジェットスラスタは、電気推進機の中で最も推力電力費が大きい推進機であり、すなわち推力が大きいので、化学推進の役割をもカバーしながら電気推進の利点を活かす。推進剤には高毒性のヒドラジンが主に用いられており、安全管理や時間やコストの面で問題があった。本稿では、安全な推進剤として、HAN、水を推進剤に用いた、衛星姿勢制御用低電力スラスタ、さらに水素、NH ₃ を用いた、太陽系惑星軌道間輸送用大電力スラスタ、大推力・高比推力MPDスラスタ開発研究の成果を報告する。
STEP-2020-013	自己誘起磁場型小型MPDスラスタ用準定常作動電源の改良 ○大塚 俊輔(中京大・院)上野 一磨・村中 崇信(中京大) 自己誘起磁場型MPDスラスタの比較的長い準定常作動時の性能評価を目指して研究を行っている。これまでに、低電流での作動により放電電圧・放電電流・推力・プラズマの各計測から10msまでの準定常作動の確認を終えている。今回、大電流作動および更なる長秒時作動に向け、放電電源の増強および低電流作動実験時の問題解決のため各種変更を行ったため、これらに関して報告する。
【ヘリコン・無電極推進】	
STEP-2020-014	磁気ノズル加速における電磁気力と運動量増分の数値解析 ○江本 一磨(横国大・院)高橋 和貴(東北大)鷹尾 祥典(横国大) 磁気ノズル加速では反磁性ドリフトに起因する電磁気力がプラズマに作用する。同時に、ポテンシャル勾配に起因する静電気力もプラズマに作用する。これらの電磁気力と静電気力を受けたプラズマは運動量を獲得するが、その定量的評価は実験では難しい。そこで、PIC-MCC法を用いた数値計算を行い、磁気ノズル加速における電磁気力と運動量増分の関係を解析した。
STEP-2020-015	磁気ステアリングを用いたヘリコンスラスタの推力ベクトル制御 ○今井 涼二(東北大・院)高橋 和貴・安藤 晃(東北大) 電気推進機における新たな推力ベクトル制御手法として、ヘリコンスラスタの磁気ノズルを曲げることで推力ベクトルを制御する手法(磁気ステアリング)が考えられる。この手法では機械駆動箇所を不要とし、コイル電流のみで推力ベクトルの制御が可能になると期待され、システムの長寿命化、応答速度の改善に繋がると考えられる。磁気ステアリングが可能であるかの検証を、スラストバランスを用いた二方向推力分解計測により行ったので、その結果を報告する。
STEP-2020-016	磁気ノズル中の電子エネルギー分布関数:等温-断熱膨張の変化 ○高橋 和貴(東北大)Charles Christine・Boswell Rod(オーストラリア国立大学) ヘリコンスラスタに代表されるような電子温度がイオン温度よりも高い系では、磁気ノズル中で電子のエネルギーから推進エネルギーへの変換過程が重要となり、ポルトロープ指数の評価により周囲とのエネルギーの相互作用を評価できる。室内実験においてはシースの非局所効果によって見かけ上等温膨張が観測されるため、今回の実験ではシースによる電子捕捉の効果を排除し、磁気ノズル中において電子のポルトロープ指数を評価したので報告する。
STEP-2020-017	超音速ガスパフによる高周波プラズマの生成 ○桑原 大介(中部大)古川 武留・石上 雄一(農工大)宮澤 順一(核融合研)篠原 俊二郎(農工大) 高周波プラズマスラスタの推進性能改善のため、新たな中性粒子供給法として超音速ガスパフ法の研究を行っている。本供給法は高圧ガスをラバールノズルを介して超音速で噴射して生成される高速かつ狭発散角流を用いるもので、指向性をもった中性粒子ビームによるプラズマ中心軸や下流からの供給といった従来にはない局所供給が可能となる。ラバールノズルやガス圧によるビーム形状の評価やプラズマ生成実験の結果について報告する。

STEP-2020-018	誘導型プラズマ加速を用いた無電極電気推進機に於ける電磁場構造 ○山川 雄大(東北大・院)加藤 ちなみ・高橋 聖幸・大西 直文(東北大) 無電極電気推進機のプラズマ加速法として、変動磁場をプラズマ中に浸透させる事で周方向電流を誘導的に駆動し、磁気ノズルに起因する半径方向磁場とのローレンツ力で軸方向に加速する方法がある。この加速法では、電磁場をプラズマ中へいかに浸透させるかが重要になる。本研究では、二流体-電磁場カップリング計算を行い、変動磁場の周波数や外部磁場強度、プラズマ半径が電磁場の浸透厚さや誘導電流に及ぼす影響について報告する。
STEP-2020-019	無電極回転磁場法における回転磁場周波数がプラズマ加速に与える影響調査 ○古川 武留(農工大)桑原 大介(中部大)篠原 俊二郎(農工大) 無電極プラズマ推進の性能向上のため、追加加速部を設けてプラズマの排気効率を高める方法が提案されている。その一つの回転磁場(Rotating Magnetic Field: RMF)加速では、高周波放電により生成されたプラズマ柱に、外部アンテナにより回転磁場を印加し、プラズマ内に周方向電流を駆動する。これと外部分散磁場に起因する電磁力によりプラズマが加速される。本発表では回転磁場周波数変化がプラズマ加速に与える影響について報告する。
【ホールスラスト (1)】	
STEP-2020-020	200 W級TAL型ホールスラストの性能評価 ○長峯 健心(都立大・院)高橋 亮太(都立大・学)竹ヶ原 春貴・各務 聡(都立大) 低軌道衛星コンステレーションをはじめ、小型衛星において低電力かつ高効率な電気推進機の需要が高まっており、その中でもホールスラストが期待されている。本研究では、従来のSPT型ホールスラストと同サイズでありながら高効率を望めるTAL型に着目し、200 W級TAL型ホールスラストの設計・製作・評価を行ったので結果を報告する。
STEP-2020-021	1kW級ホールスラストの100時間級作動試験と数値シミュレーション ○張 科寅(JAXA)渡邊 裕樹・松永 芳樹・月崎 竜童・大川 恭志(JAXA) 商業デブリ除去実証やその先のデブリ除去事業等を目指し、JAXAでは1kW級ホールスラストの研究開発を進めている。スラストヘッドおよびカソードの寿命初期特性を確認するため、100時間級の作動試験を実施したので報告する。また、PIC法によるプラズマシミュレーションを実施し、プラズマによる熱入力やスパッタ損耗を評価した。
STEP-2020-022	1kW級ホールスラストの推進性能に対する陰極位置の影響 ○渡邊 裕樹(JAXA)張 科寅・松永 芳樹・月崎 竜童・大川 恭志(JAXA) 商業デブリ除去実証やその先のデブリ除去事業等を目指し、JAXAでは1kW級ホールスラストの研究開発を進めている。本研究では、電子を供給する陰極をスラスト中心に設置した場合とスラスト外側に設置した場合の推進性能の差について実験的に評価した。スラスト外側に設置した場合に比べて、中心に設置した場合は推力が増加し、性能改善につながることが確認された。本講演では、実験結果の詳細について報告する。
STEP-2020-023	水推進剤ホールスラストの開発研究ー太陽系惑星・衛星に存在する氷・水の推進剤利用ー ○山本 拓海(大阪産大・学)島田 貴久・伊月 貴大・永吉 拓篤(大阪産大・学)田原 弘一(大阪産大)鷹尾 良行(西日本工大)池田 知行(東海大) ホールスラストは、高推力、高比推力を達成することができる電気推進機である。それゆえ、将来の有人火星探査や深宇宙探査などの太陽系惑星軌道間航行ミッションのメインエンジンに使用されることが大いに期待される。大阪産業大学では、現在、マグネティックレイヤ型(SPT型)とアノードレイヤ型(TAL型)のスラスト性能を向上させ、より大電力・高比推力スラストの実用化を目指した研究開発を行っている。本稿では、さらに将来を見据えた、太陽系惑星・衛星に存在する水を推進剤に利用することを目指した、ホールスラスト開発研究の結果を報告する。
STEP-2020-024	ドライアイスを推進剤とした電気推進システムの提案と供給実験 ○眞木 達朗(名大・院)杵淵 紀世志(名大)張 科寅・渡邊 裕樹(JAXA) Xeよりも安価であり、低圧貯蔵が可能のため推進剤タンクを軽量にすることができるドライアイスを電気推進システムの推進剤として用いる。さらに、ドライアイスを三重点で貯蔵することにより、入熱がある場合も等温等圧貯蔵ができる。今回ドライアイスを推進剤としてcold gas jet thrusterとhall thrusterでの推力測定を行った。
【ホールスラスト (2)】	
STEP-2020-025	マイクロ波干渉法を用いたホールスラストのプルームにおける電子密度計測 ○桑原 直也(九州大・院)桑原 大介(中部大)山本 直嗣(九州大) 本研究では、ホールスラストにおいてプルーム中のプラズマ密度及びプラズマ揺動の計測を行った。計測にはスラストへの攪乱を避けるためにマイクロ波干渉法を用いた。スラスト排出面から下流30 mmにおける電子密度は10の17乗オーダーであった。また、電子密度揺動は数十kHzの周波数帯域で放電電流と相関が見られたが、100?300 kHzの周波数帯域では見られなかった。その他、本計測から得られた結果について報告する。
STEP-2020-026	ホールスラストにおける中和現象の解明に向けたプラズマ計測 ○江川 裕貴(九大・院)山本 直嗣(九大)河津 誠人(九大・院) 電気推進機のエネルギー効率や寿命に影響を及ぼす中和現象において、電子放出の駆動力となるカソード-グランド間電位差(V_{cg})がどのように決まるかは未解明である。そこで本研究では、ホールスラストにおける中和現象の物理機構の解明を目的とし、磁場強度と V_{cg} の関係性及びプローブを用いたスラスト下流におけるプラズマパラメータの計測を行った。本講演では、カソードからイオンビームまでの電子の輸送と V_{cg} の関係性について調査した結果を報告する。
STEP-2020-027	ホールスラスト放出プラズマと宇宙機の相互作用の数値解析:宇宙機電位予測手法の検討 ○村中 崇信(中京大)稲永 康隆(三菱電機) ホールスラストの利用拡大を背景に、著者らはこれまでにホールスラスト搭載宇宙機の機体設計に資する、ホールスラスト放出プラズマと宇宙機の相互作用の数値解析ツールを開発してきた。これら相互作用のなかで、宇宙機表面損耗は宇宙機の信頼性に重大な影響を及ぼすが、損耗量は宇宙機電位に高感度であることが予測されている。そこで、本研究では本解析ツールを使用した、ホールスラスト作動中の宇宙機電位予測手法の検討を行う。

STEP-2020-028	アノードレイヤースラスターの2基作動評価
	○長尾 諒(岐大・院)深川 晃平・長嶺 光博(岐大・院)宮坂 武志・朝原 誠(岐大) アノードレイヤースラスターは印加磁場への放電電流値、振動振幅の依存性が大きく、2基作動による干渉効果の影響を強く受けやすい。そこで干渉効果が作動特性・性能に及ぼす影響をより明確に捉える目的で、干渉効果を高める設定を施し評価を実施した。

【マイクロスラスター・先端推進(1)】 1/15(金)

STEP-2020-030	エレクトロスプレースラスターの一様なエミッタアレイ電極作製とイオン放出実験
	○橋 郁哉(横国大・院)森田 寛之(横国大)土屋 智由(京大)鷹尾 祥典(横国大) 著者らは精密な推力制御が可能なエレクトロスプレースラスターの実現を目指し、MEMS加工技術を利用してエミッタアレイの作製を行い、イオン放出実験を行った。その結果、不均一なエミッタ先端形状により、エミッタ数や印加電圧によるイオン電流の制御が難しいことが課題となった。そこで、均一な先端形状をもつエミッタアレイを作製した。本講演では、このエミッタアレイを用いたイオン放出実験結果について報告する。
STEP-2020-031	ナノキャピラリエミッタを有する高実装密度エレクトロスプレースラスターのイオン放出実験
	○鈴木 貴太(横国大・院、産総研)長尾 昌善・柳 永勲・村上 勝久(産総研)クンブアン ソマワン(産総研、ミニマル)原 史朗(産総研、ミニマル)鷹尾 祥典(横国大) エレクトロスプレースラスターの推力密度向上を目的として、高密度エミッタアレイの開発を行っている。本研究では、従来の6分の1以下となる最小で100nm以下のエミッタ開口径をもつエミッタアレイを作製することで、イオン液体の漏出防止対策を施した。その結果、従来比で最大100倍以上の高電流密度が得られ、また、これまでよりも安定した連続イオンビーム引き出しが実現できた。本講演ではイオン放出実験結果の詳細について報告する。
STEP-2020-032	静電・電磁複合イオン加速特性に対する推進剤供給位置の効果
	○市原 大輔(名大)中野 僚太(名大・学)佐宗 章弘(名大) 発散磁場中での静電電磁複合イオン加速では陽極近傍にて推進剤を電離させることが肝要である。推進剤の供給位置は電離位置、さらにはイオン加速特性に大きく影響しうる。本研究では、発散磁場中にてリング陽極と推進機中心軸上の中空陰極とを同軸上に配した静電加速型推進機に対して陽極近傍及び陰極近傍からそれぞれ独立に推進剤を供給した際の推力を測定しイオン加速特性を評価した。本発表ではその結果を報告する。
STEP-2020-033	フィラメント陰極を用いた発散磁場型静電加速スラスターの低電力・高比推力作動
	○市原 大輔(名大)佐宗 章弘(名大) 小型宇宙機への搭載を想定し、発散磁場中での低電力かつ低流量静電イオン加速を試みた。電子源に中空陰極とフィラメント陰極を用いた場合の各推力特性を比較した。その結果、フィラメント陰極を用いることで500W未満の投入電力において最低0.3Aeq(Xe)での作動に成功した。低流量作動により放電電流が抑制された結果、同電力レベルでは高電圧作動が可能となり1500sを上回る高い比推力を実現した。本発表ではその詳細を報告する。
STEP-2020-034	輻射輸送によるマイクロ波放電過程の構造遷移
	○鈴木 颯一郎(東北大・院)加藤 ちなみ・高橋 聖幸・大西 直文(東北大) 宇宙空間への低コスト大量輸送を実現できるマイクロ波ロケットの設計のためには、数値シミュレーションによるノズル内部のプラズマ伝搬速度の予測が必要である。しかし、実験と従来の数値モデルで得られたプラズマ伝搬速度には大きな乖離があった。本研究において従来モデルに輻射輸送過程を導入することで、離散的放電構造から連続的放電構造に遷移する閾値電場強度が低下し、プラズマ伝搬速度が上昇した。
STEP-2020-035	磁気プラズマセイルの推力・流れ場の数値解析 ―プラズマ噴射角度の影響―
	○原 亮太(静岡大・院)山極 芳樹(静岡大)大塩 裕哉(龍谷大)西田 浩之(農工大)船木 一幸(JAXA) 近年、研究が行われている推進システムの一つに磁気プラズマセイル(MPS)がある。先行研究では噴射プラズマの動圧と静圧がそれぞれ支配的な場合が考えられた。しかし、動圧と静圧の両方の影響を同時に考慮したMPSの調査は行われていない。また、MPSでは噴射プラズマが推力や流れ場に大きな影響を与えるため、本研究では噴射プラズマの動圧と静圧を同時に考慮したMPSについて噴射プラズマの太陽風に対する噴射角度による流れ場や推力への影響について評価する。

【マイクロスラスター・先端推進(2)】

STEP-2020-036	陽極近傍強磁場推進機の作動特性
	○岡 功一郎(名大・院)市原 大輔・佐宗 章弘(名大) 名古屋大学では発散磁場中での静電電磁複合加速を活用した電気推進機の研究に取り組んできた。その推進機の推力密度は最大50N/m ² であり、商用化された推進機と比較しても大きな数値である。しかし、放電維持のための電荷輸送量が多く、高電力下での作動を見据えると放電電流抑制は必須である。本研究では、陽極近傍の磁場強度と陽極形状に着目し、放電電流を抑制しながら高推力密度を保てることを目的として、新たな推進機を試作した。中でも陽極内径に着目し性能調査を行った。その結果を報告する。
STEP-2020-037	紫外線発光ダイオードと高分子推進剤の光解離反応を利用した小型推進機の性能評価
	○井上 孝輝(東海大・院)篠田 修平・小川 俊哉(東海大・院)長嶋 あずみ・渡部 耕平・小平 隼資(東海大・学)池田 知行・堀澤 秀之・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推進機の開発である。本発表ではナイロン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、その際に発生した推力、またその表面を分析することで推進原理の解明を行う。使用したuv-LEDは波長265nmで波長が違つ3種類を使用し、それぞれの特徴について比較・検討をした。
STEP-2020-038	電磁プラズマ粒子シミュレーションによる磁気セイルの編隊飛行における推力特性評価
	○和田 朱音(東北大・院)加藤 ちなみ・高橋 聖幸・大西 直文(東北大) 宇宙空間の太陽風プラズマを利用した推進システムである磁気セイルは、高い比推力から深宇宙探査への応用が期待される一方、推力・推力重量比の向上が課題となっている。 本研究では解決策として複数の磁気セイルを用いた編隊飛行を提案し、機体周りの太陽風プラズマに対する電磁プラズマ粒子シミュレーションを実施した。結果として、機体をプラズマ流と平行に並べた際に単独飛行より大きな推力が得られることがわかり、編隊飛行の優位性とそのメカニズムが明らかになった。

【プレナリー】	
STEP-2020-040	イオンエンジンによる「はやぶさ2」の地球帰還 ○西山 和孝(JAXA)細田 聡史(JAXA)○月崎 竜童(JAXA)今井 駿(JAXA) 「はやぶさ2」は小惑星リュウグウからの復路では2400時間のイオンエンジン運転を2019年12月～2020年2月と2020年5月～8月の2回に分けて実施した。2020年9月15日から17日にかけての精密軌道修正(TCM-0)がイオンスラスタの最後の運用となり、化学推進による数回の軌道修正を経て2020年12月6日にカプセルが地球帰還を果たした。
【PPT・レジストジェット】	
STEP-2020-041	電気推進による動力航行型超小型衛星 大阪産業大学OSUシリーズ1号機・2号機の開発とデブリ除去衛星OSU-4号機構想 ○青柳 和輝(大阪産大・学)島田 知哉(大阪産大・学)田原 弘一(大阪産大)池田 知行(東海大)脇園 堯(ハイサーブ) 大阪産業大学(Osaka Sangyo University: OSU)では2020年4月より電気推進ロケットエンジン搭載小型人工衛星OSUシリーズの開発をスタートした。OSU-1号機(1U(1kg)キューブサット)、OSU-2号機(50cm立方体・50kg)のメインミッションは電気推進機の一つであるパルスプラズマスラスタによる、軌道高度変更である。本発表では、OSU-1とOSU-2の開発状況について報告する。さらに、電気推進機を用いたデブリ除去ロボット衛星OSU-4の構想、開発計画を紹介する。
STEP-2020-042	1U キューブサット 大阪産業大学 OSU-1 搭載用 1ジュールPPTシステムの開発研究 ○水出 蒼真(大阪産大・学)三村 篤史・宇根川 琢磨・上田平 まいか(大阪産大・学)田原 弘一(大阪産大)鷹尾 良行(西日本工大)池田 知行(東海大)脇園 堯(ハイサーブ) 大阪産業大学では超小型人工衛星OSUシリーズの開発を2020年4月より開始し、現在OSU-1(1U(1kg)キューブサット)、OSU-2(0.5m立方体・50kg)などの製作中である。本稿では大阪産業大学学生プロジェクト「太陽系宇宙開発プロジェクト」との共同開発による、OSU-1搭載用高総力積発生 1ジュールPPTシステム開発の状況を報告する。
STEP-2020-043	電磁加速型同軸パルスプラズマスラスタの推進剤供給機構とチャネル長さの影響評価 ○野田 怜良(梨大・院)深澤 優斗(梨大・学)青柳 潤一郎(梨大) 山梨大学では、円筒形状のPTFE推進剤の中心軸に陽極を、外縁部に同心状の陰極を配置した投入エネルギー8Jの電磁加速型パルスプラズマスラスタを研究している。これまでは1万回までの作動評価だったが、長期作動時、推進剤昇華面の後退と陰極壁の炭素付着による作動停止を確認した。本研究ではバネによる推進剤供給機構を適用し、陰極を短縮することで約5万回の作動と推進性能の向上を確認したので、その作動特性を報告する。
STEP-2020-044	多層タングステンヒータを持つ電熱スラスタの高温ガス噴射試験 ○杵淵 紀世志(名大)コラル ジュリオ(東大・院)中田 大将(室工大)蘇亜拉図・酒井 仁史(NTT Data XAM)月崎 竜童・丸 祐介・小林 弘明・西山 和孝(JAXA) タングステンの薄肉多層電熱ヒータを三次元積層造形により製作した。これを熱源として組み込んだ電熱スラスタにて、窒素ガス噴射試験を行い、ヒータ温度約2000Kを達成した。
【イオンエンジン】	
STEP-2020-045	2光子吸収レーザー誘起蛍光法を用いたマイクロ波放電型イオンエンジンμ10の内部推進剤密度の直接計測 ○山下 裕介(東大・院)月崎 竜童(JAXA)杵淵 紀世志(名大)西山 和孝(JAXA) マイクロ波放電型イオンエンジンμ10では、はやぶさ2初号機からははやぶさ2にかけて推進剤供給位置の変更、DESTINY+に向けて磁場とグリッドシステムの改良が行われ、推力向上を果たした。これらの推力向上メカニズムを解明するため、2光子吸収レーザー誘起蛍光法(TALIF法)を用いてエンジン内部の推進剤密度の直接計測を試みた。その結果、通常運転状態で推進性能を乱さずに測定を行うことに成功した。本発表では、TALIF法の計測システム、推力と内部の推進剤密度の関係性を中心に発表する。
STEP-2020-046	推力向上型マイクロ波放電型イオンエンジンμ10における軌道上性能劣化の模擬実験方法の検討 ○服部 華奈(東大・院)山下 裕介(東大・院)白川 遼(神戸大・院)細田 聡史・月崎 竜童・西山 和孝(JAXA) マイクロ波放電型イオンエンジンμ10では、はやぶさ2宇宙運用において、時間経過に伴う推進剤利用効率低下が確認されており、カーボンスプレーを用いた簡易模擬実験の結果、グリッド由来のカーボンによる内部汚染が原因と示唆された。DESTINY+に向けた推力向上型でも同様の劣化が予想されるため、スパッタカーボンコーティングを施すことによる、より実態に近い模擬実験を検討している。しかし推力向上型は、推進剤流量の掃引方向に推力のヒステリシスが存在し、高圧絶縁破壊発生後の高圧再印可だけでは正常加速状態に復帰できない。ヒステリシス対応の復帰機能のGSEへの追加を含む汚染模擬実験の準備状況を報告する。
STEP-2020-047	電位構造を反転した小型直流放電式イオンスラスタの作動特性 ○森 悠太郎(横国大・院)鷹尾 祥典(横国大) 著者らは、超小型宇宙機への搭載を目指し、小型直流放電式イオンスラスタの開発を行っている。イオンスラスタの小型化においては、放電室小型化に伴うイオン生成コストの増大が課題となっている。イオンの壁面損失低減および効率的なイオン抽出を実現するため、放電室壁面に陰極、上流面に陽極を配置した電位構造反転型直流放電室の開発を行った。本講演では、この放電室を用いたイオンスラスタの作動実験結果について報告する。
STEP-2020-048	二酸化炭素を推進剤とするイオンエンジンのグローバルモデル ○中野 正勝(産技高専)各務 聡(都立大) 比推力の高いイオンエンジンは地球近傍の宇宙構造物の高度維持に適しており、有人宇宙構造物内で発生する二酸化炭素を高度維持の推進剤として活用できれば二酸化炭素処理の観点からも有用である。二酸化炭素の推進剤としての可能性を検討するために二酸化炭素を推進剤とするイオンエンジンのグローバルモデルを作成し、実験によって検証を行ったので報告を行う。

STEP-2020-049	昇華性物質を用いたイオンエンジンの検討 ○中野 正勝(産技高専)山本 直嗣(九大)大川 恭志・船木 一幸(JAXA) アダマンタンやメントールなどの医薬品等に用いられる毒性の小さい昇華性物質をイオンエンジンに用いることで取扱性を向上させるとともに、推進剤の高圧充填に伴う高重量化を回避し、同時に高分子量イオンの引き出しによるスラスタの小型化を目指した研究を行っている。本発表では、昇華性物質の一つであるアダマンタンを推進剤としたイオンエンジンの性能取得結果に基づき、昇華性物質を用いたイオンエンジンについて検討を行う。
STEP-2020-050	大気吸込み式イオンエンジン用イオン加速部の特性評価 ○宮 優海(総研大・院)西山 和孝(JAXA) 超低高度軌道上衛星用の大気抵抗補償用推進機としてABIE (air breathing ion engine)の実現が期待されている。ABIEはECR型イオンエンジンを採用しており、インテーク、イオン源、イオン加速部、中和器で構成される。この4つの内インテークは多数研究されているが、残りの構成要素の知見は現状ほとんどない。本研究ではABIE構成要素の内イオン加速部に着目し、その加速特性への圧力による影響の評価を目的とする。
【カソード・中和器】	
STEP-2020-051	マイクロ波放電式小型中和器の磁場変更による引き出し電子電流値の変化 ○高崎 大吾(東大・院)元木 嵩人・安宅 泰穂・オミネティ ピエール・白須 健人・江塚 風也(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大) マイクロ波放電式小型イオンスラスタは、中和器の引き出し電子電流値の低さが課題となっている。先行研究では、磁場変更によって中和器の電子電流値が増加することが数値計算によって示された。本研究では、磁場を変更した中和器を数値計算より広い作動点で動かし、電子電流値を7mAから9mAへと向上させた。また、電子電流値が増加した要因として、磁場変更による電子損失の変化が影響しているという知見を得た。
STEP-2020-052	マイクロ波放電式中和器のカップリング運転に関する研究 ○濃野 歩(東大・院)森下 貴都(東大・院)細田 聡史・西山 和孝・月崎 竜童(JAXA) 2014年12月3日に打ち上げられたはやぶさ2に搭載されているイオンエンジンはイオンを放出するイオン源と電子を放出する中和器から成り立っている。イオン源と中和器はそれぞれ個別に長時間耐久試験や性能試験が行われてきており、単体での挙動については研究が進んでいる。一方でそれらを同時に作動させたカップリング運転については十分に調査が進んでいない。本発表では、カップリング試験で明らかになったことを報告する。
STEP-2020-053	レーザ誘起蛍光法によるマイクロ波放電式中和器ブルームのイオン速度計測 ○森下 貴都(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝・國中 均(JAXA) マイクロ波放電式中和器のプラズマ物理解明は、はやぶさ初号機にて発生した劣化原因の解明、また今後の大電流化のために不可欠である。本研究ではレーザ誘起蛍光法を用いてマイクロ波放電式中和器ブルームのイオン速度を2次元計測した。流量および電流値についてパラメトリックに計測し、得られた知見を報告する。
STEP-2020-054	電気推進機におけるフォトカソードの有用性の検討 ○井上 祐介(名大・院)西谷 智博・鹿野 悠・佐藤 大樹・本田 杏奈・小泉 淳(PeS)本田 善央(名大・Imass)市原 大輔・佐宗 章弘(名大) 電気推進機において、作動ガス不要のフォトカソードを中和器として用いることにより比推力向上の可能性はある。しかし、その有用性を発揮するためには、大電流化、量子効率向上などの課題がある。本講演では、フォトカソードの電流密度増加を目指した実験の結果と電気推進機性能へのインパクトについて報告する。
STEP-2020-055	Xeプラズマ処理によるカーボンナノチューブ型電界放出カソード性能への影響 ○菊川 力矢(静大・院)大川 恭志(JAXA)山極 芳樹(静大) 高効率かつ推進剤が不要な推進システムである導電性テザーシステムの電子放出源として想定されているものにカーボンナノチューブ型電界放出カソードがある。本研究では、このデバイスの基幹要素であるCNTエミッタに対し、Xeプラズマによるエイジング処理を行うことで電子放出特性の向上を試みた。処理前後での表面観察や電子放出試験等の結果をもとに、複合的に考察を行うことで得られた知見について示す。
STEP-2020-056	磁場中におけるホローカソードブルームプラズマのイオンエネルギー計測 ○今口 大輔(静大・院)渡邊 裕樹・今井 駿・船木 一幸(JAXA)山極 芳樹(静大) 電気推進機の大出力化に伴い、ホローカソードは大電流で作動することが求められるが、ホローカソードから放出されるプラズマによるカソード自身の損耗が問題となっている。本研究は外部磁場がプラズマ中のイオンエネルギーに与える影響を特定することでホローカソードの損耗を抑制させることを目的としている。本発表では磁場強度をパラメータとしたときのイオンエネルギーの変化を、RPAを用いて測定したので報告する。
STEP-2020-057	20A級LaB6ホローカソードの作動安定性評価 ○鈴木 惇哉(名大・院)杵淵 紀世志(名大)張 科寅(JAXA)市原 大輔(名大) 相対密度の異なるLaB6インサートを用いてホローカソードのブルーム・スポット領域調査を行った。それぞれの相対密度におけるブルーム・スポット領域の特徴を発見した。
STEP-2020-058	LaB6ホローカソードの耐久性能向上に向けたプラズマ特性評価 ○今井 駿(JAXA)渡邊 裕樹・松永 芳樹(JAXA)今口 大輔(静大・院)窪田 健一・張 科寅(JAXA)大塩 裕哉(龍谷大)船木 一幸(JAXA) ホールスラスタの大電力化に向け中和器の大電流化が求められているが、中和器として一般的に用いられるホローカソードは、大電流化に伴い寿命が著しく劣化する事が分かっている。本研究ではLaB6ホローカソードの耐久性能向上・劣化メカニズムの解明に向け、プラズマ中のイオンエネルギー、プラズマパラメータの関係を調査した。