

## 宇宙輸送シンポジウム 非化学推進部門 アブストラクト

## 【小型推進】 1/13(木)

STEP-2021-001	<p><b>1J/1W-PPTシステム搭載1Uキューブサット・大阪産業大学OSU-1号機の開発とOSU-2, 3, 4号機の構想・開発状況</b></p> <p>○青柳 和輝(大阪産大・学)島田 知哉・平田 稔(大阪産大・学)岡 廉一郎・木村 友則・九里 孝行・元榮 賢信(OSU太陽系宇宙開発P)田原 弘一(大阪産大)池田 知行(東海大)脇園 堯(ハイサーブ)</p> <p>大阪産業大学(Osaka Sangyo University: OSU)では、電気推進ロケットエンジンを搭載した小型人工衛星・探査機 OSUシリーズの開発を2020年4月より開始した。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動力飛行小型月探査機 OSU-3、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。</p>
STEP-2021-002	<p><b>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</b></p> <p>○宇根川 琢磨(大阪産大・学)上田平 まいか・谷内 里加・吉村 泰治(大阪産大・学)岡 廉一郎・木村 友則・九里 孝行・元榮 賢信(OSU太陽系宇宙開発P)田原 弘一(大阪産大)池田 知行(東海大)鷹尾 良行(西日本工大)脇園 堯(ハイサーブ)</p> <p>大阪産業大学(Osaka Sangyo University: OSU)では、電気推進機を搭載した超小型人工衛星・探査機 OSUシリーズの開発を2020年4月より開始した。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。</p>
STEP-2021-003	<p><b>電磁加速型同軸パルスプラズマスラスタの推進剤およびチャンネルのテーパによる高インパルスビットの維持</b></p> <p>○野田 怜良(梨大・院)深澤 優斗(梨大・院)吉満 翔平(梨大・学)青柳 潤一郎(梨大)</p> <p>円環形状の固体推進剤と外縁部に陰極、中心に陽極を配置した8J級パルスプラズマスラスタは、連続作動により推進剤昇華面に約6mmのくぼみが発生し、約4万回連続で高インパルスビットを維持することが確認された。またチャンネル部のチャタリングによるインパルスビットの低下も確認された。本研究では高インパルスビットを維持するため、推進剤に6mmのくぼみ加工とチャンネル部にテーパ加工を施し、推進性能の安定化を行った。</p>
STEP-2021-004	<p><b>多孔質エミッタエレクトロスプレー推進機の研究</b></p> <p>○高木 公貴(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)鷹尾 祥典(横国)勝田 紘英(横国・院)</p> <p>近年、超小型衛星の需要は高まっている。しかし、超小型衛星用の低電力推進機は、プラズマ生成や中和が占めるエネルギーの割合が大きくなるために、推進効率が低くなるのが課題である。本研究では、イオン液体引き出しによって推力を発生させることで、プラズマ生成や中和機を撤廃できるエレクトロスプレー推進機を提案する。今回、試作機のエミッタには多孔質ガラスを用いた。推進機としての作動を行い、得られた電流電圧特性などの基本的な性能を紹介する。</p>
STEP-2021-005	<p><b>飛行時間型質量分析によるエレクトロスプレースラスタのイオンビーム特性評価</b></p> <p>○勝田 紘英(横国大・院)松川 晃己・中島 惟子(横国大・学)鷹尾 祥典(横国大)</p> <p>著者らは、精密推力制御に向けたエレクトロスプレースラスタの開発を行っている。エレクトロスプレースラスタから放出されるイオンビームには、単量体のほかに多量体や液滴が含まれているため、電流電圧特性計測のみでは正確な性能評価が困難である。そこで本研究では、ビーム中のイオン種の構成を把握するため、飛行時間型質量分析によるイオンビーム計測を行った。本講演では、その結果について報告する。</p>
STEP-2021-006	<p><b>紫外線発光ダイオードによる高分子材料の光解離反応を利用した小型低電力推進機の推進剤表面特性</b></p> <p>○小平 隼資(東海大・学)小川 俊哉・渡部 耕平(東海大・院)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)</p> <p>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小型低電力推進機の開発である。本研究では、結晶性高分子推進剤であるNylon6 [-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-CO-]<sub>n</sub>とPE(HDPE, LDPE) [-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>のX線回折測定を行い、結晶化度を算出した。波長265 nmのUV-LEDを使用し、推進性能の結晶化度依存性について比較・検討を行った。</p>
<b>【計測】</b>	
STEP-2021-007	<p><b>二重振り子式スラストスタンドにおける温度均一板の設計</b></p> <p>○サトパスイ ディヴィエシユ(東大・院)川畑 就(東大・院)関根 北斗・川嶋 嶺・小紫 公也・小泉 宏之(東大)</p> <p>The Dual Pendulum Thrust Stand is used for measuring the thrust of the RAIJIN-66 Hall Thruster. Due to the radiant heat of the plume, there is some level of distortion in the pendulum arms, which leads to error during thrust measurement. This relates to the Thermal Drift problem. To solve this Thermal Drift issue, Temperature Uniform Plates have been designed. These plates limit the incoming heat flux and thereby reduce the overall thermal expansion of the pendulum arms. This enables no drift thrust measurement which leads to accurate calculation of other performance parameters and analysis.</p>
STEP-2021-008	<p><b>ファラデープローブによる水ホールスラスタの性能推定とキセノン作動との比較</b></p> <p>○桑原 宙暉(東大・院)白須 健人(東大・院)川嶋 嶺(東大)峯松 涼・上瀧 優希・藤森 蒼天(東大・院)関根 北斗・小泉 宏之(東大)中川 悠一・渡邊 裕樹(Pale Blue)小紫 公也(東大)</p> <p>近年急速に需要が高まる小型衛星には安全無害な推進剤が適しており、水はその条件を最もよく満たしている。推力電力比が高いホールスラスタで水を利用すれば必要な速度増分を得るための時間を短縮でき、ミッションの幅を広げられる。しかし性能としてはキセノンに劣ることが予想される。本研究では水ホールスラスタの作動特性について、ファラデープローブによる測定結果から流量密度と推進剤利用効率に焦点を当ててキセノン作動時と比較し、水ホールスラスタの有望性を示す。</p>

STEP-2021-009	<b>超小型宇宙機用ばね吊り下げ式6自由度スラストスタンドの性能評価</b> ○森合 勲武(東大・院)山内 健太郎(東大・院)小泉 宏之・小紫 公也(東大)
	近年超小型宇宙機のミッションが増えてより高度になる中で、宇宙機の推進性能の評価は欠かせない。推進機のより高度な推力評価手段として、並進3方向と回転3方向の計6自由度のトルクと力を同時に計測する6自由度スラストスタンドが注目されている。本研究では、積載重量の制限を緩和するばね吊り下げ式6自由度スラストスタンドを用いて宇宙機を想定したコールドガスジェットスラストを計測し、スラストスタンドの妥当性を確認する。
STEP-2021-010	<b>推進剤流れ評価用希薄動圧計測器の小型化</b> ○東 滯(防衛大・学)土金 峻佑(防衛大・学)中山 宜典(防衛大)
	本研究で開発してきた希薄動圧計測器は、支柱に懸架された光ファイバの変位を小型カメラで捕捉するしくみであり、計測分解能0.01mPa以下で真空槽内の推進剤流れ評価に利用できる。本論では、支柱を排した構造になるよう新規設計し、計測機本体を一辺3cmの立方体に収まるまで小型化した。計測分解能が0.1mPa程度であることも認められたため、真空槽内の狭隘箇所においても有意な計測ができるものと思われる。
<b>【プレナリー】</b>	
STEP-2021-044	<b>大電力ホールスラストの研究開発－ETS-9実験から将来探査へ－</b> ○船木 一幸(JAXA)
	JAXAでは技術試験衛星9号機(ETS-9)におけるフライト実験をマイルストーンとした、ホールスラストの研究開発を進めている。本講演では、ETS-9搭載6kW級ホールスラストの開発・試験状況、ならびに、ETS-9の先の多様なミッションへと発展させるためのホールスラスト研究の状況、将来探査へ向けた展望について、独自の視点を交えて報告する。
<b>【ホールスラスト】</b>	
STEP-2021-011	<b>太陽系宇宙航行用ホールスラストの性能測定－惑星・衛星に存在する物質：二酸化炭素、メタン、アンモニア、水素、ヘリウム、空気、氷・水などの推進剤への利用－</b> ○伊月 貴大(大阪産大・院)永吉 拓篤・中島 卓哉・松井 海稀(大阪産大・学)田原 弘一(大阪産大)池田 知行(東海大)鷹尾 良行(西日本工大)
	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高度ミッショ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、特に、マグネティックレイヤ型とアノードレイヤ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きた。さらに、太陽系惑星間航行用電気推進機として、推進剤に太陽系惑星・衛星に存在している、二酸化炭素、メタン、アンモニア、水素、ヘリウム、空気、氷・水を使用したホールスラストの性能特性とその高性能化に関する研究も進行中である。本稿では、二酸化炭素、メタン、アンモニアを用いた性能測定の結果を報告する。
STEP-2021-012	<b>レーストラック形状チャネルを有するアノードレイヤスラストのブルーム干渉評価</b> ○加藤 茜(岐大・院)宮坂 武志(岐大)長嶺 光博・浅井 雅信・伊藤 淳之介(岐大・院)朝原 誠(岐大)
	同電力下で、円環状チャネルよりも強干渉場が期待されるレーストラック形状チャネルを有するアノードレイヤスラストヘッド2基からなるシステムについて、ブルーム干渉評価を実施した。その結果、干渉において電流密度の増加および電位の上昇がみられた。また、干渉効果が増大することで、推進性能向上効果が得られることが示された。この機構について検討を行った。
STEP-2021-013	<b>ホールスラストにおける微細波状構造の2次元 Particle-in-Cell シミュレーション</b> ○経沢 尚輝(東北大・院)高橋 聖幸・大西 直文(東北大)
	ホールスラストでは、種々の不安定性によってプラズマ内に波状の微細構造が生じ、波によって電子輸送が強められることが知られている。本研究では、PIC法を用いてプラズマの波状構造を再現し、波による輸送現象を数値的に評価した。スラスト下流における磁場強度を変化させてシミュレーションを行ったところ、弱磁場条件では荷電粒子の周方向運動が変化し、波による輸送の効果が弱まるのが分かった。
STEP-2021-014	<b>ホールスラストの勾配ドリフト不安定性と電子輸送促進に関する数値解析</b> ○川嶋 嶺(東大)小紫 公也(東大)
	ホールスラスト内部磁化プラズマに現れるドリフト不安定性が電子異常輸送現象を引き起こしているとの仮説が立てられている。本発表では、ホールスラストの軸方向一周方向の2次元数値シミュレーションによって観測された勾配ドリフト不安定性(電子サイクロトロンドリフト不安定性とは異なる現象)の特性と、その不安定性がもたらす電子輸送促進効果について議論する。
STEP-2021-015	<b>国産ホールスラスト搭載のソーラー電力セイルを想定した地球-木星間輸送ミッション解析</b> ○天野 耕希(静大・院)船木 一幸(JAXA)山極 芳樹(静大)
	本研究では、国産6kW級ホールスラストを想定した地球木星間輸送ミッション解析を行った。木星軌道同期時の宇宙機質量を目的関数とする最適化計算により、地球木星間輸送ミッションにおける最適条件の調査を目的としている。打ち上げにはH3ロケットを想定した。また、薄膜太陽電池搭載のソーラーセイルに着目して宇宙機質量の軽量化を検討したことで、最大610kgのドライ質量が獲得可能であるという結果を得た。
STEP-2021-016	<b>永久磁石を用いた小型衛星搭載用シリンダカルホールスラスト「SCHT-I」の性能評価</b> ○高木 優佑(東海大・院)山田 翔太・柳澤 正純(東海大・学)根子 隆誠・堀澤 秀之・池田 知行(東海大)
	近年、小型衛星の需要が高まっているが、開発期間の短縮や開発コストの削減を追求した結果、推進系が搭載されていません。推進系を搭載することができれば、姿勢制御やミッションの幅が大きく広がります。そこで衛星を小型化するために、小型衛星用のマイクロスラストが注目されていますが、その一つが電気推進の一つである「ホールスラスト」です。東海大学はこの点に着目し、2017年に円筒型ホールスラスト「SCHT-I」を開発し、その性能評価を行なっています。

## 【カソード(1)】

STEP-2021-017	<b>LaB6ホローカソードの損耗量評価に向けたプラズマ計測および材料表面分析</b> ○今井 駿(JAXA)渡邊 裕樹・松永 芳樹・船木 一幸(JAXA)
	ホールスラストの中和器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が、そのメカニズムは解明されていない。本研究ではLaB6ホローカソードの高耐久性能化および劣化メカニズムの解明に向け、プラズマの状態と損耗粒子との関係を、材料表面分析の手法を用いて評価した。
STEP-2021-018	<b>電子軌道計算及び引き出し電流値の計測によるLaB6熱電子カソードの性能評価</b> ○藤森 蒼天(東大・院)高崎 大吾・白須 健人(東大・院)関根 北斗・小泉 宏之(東大)中川 悠一・渡邊 裕樹(Pale Blue)小紫 公也(東大)
	水を推進剤とする100W級ホールスラストの実現に向け、耐腐食性を有する小型のLaB6熱電子カソードが開発されている。先行研究では、作動試験により熱性能が確認されたが、空間電荷による引き出し電流量の制限が課題となっている。本研究では電子源内部の電子軌道の計算と引き出し電流値の計測により熱電子カソードの性能を評価し、得られた知見にもとづいて空間電荷制限を緩和する設計について議論する。



## 【MPD/DCアークジェット】 1/14 (金)

STEP-2021-019	<p><b>直流アークジェットスラスタの性能測定－太陽系惑星・衛星に存在する物資：二酸化炭素、メタン、アンモニア、水素、ヘリウム、空気、氷・水などの推進剤への利用－</b></p> <p>○楯 健一郎(大阪産大・学) 渋谷 和輝・笹井 優衣・古谷 楓真(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(スプリージュ) 脇園 堯(ハイサーブ) 外山 雅也(パセツト)</p>
	<p>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。推進剤には主にヒドラジンが用いられてきたが、本稿では、太陽系惑星・衛星間航行用、およびその宇宙機姿勢制御用の電気推進機として、推進剤に太陽系惑星・衛星に存在している、二酸化炭素、メタン、アンモニア、水素、ヘリウム、空気、氷・水を使用した直流アークジェットスラスタの性能特性とその高性能化に関する研究について報告する。</p>
STEP-2021-020	<p><b>太陽系惑星・衛星に存在する物資を推進剤に用いた定常作動型MPDスラスタの性能測定</b></p> <p>○吉田 彩乃(大阪産大・学) 池本 凌・森 大輝・南里 優太(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) 脇園 堯(ハイサーブ) 外山 雅也(パセツト)</p> <p>大阪産業大学では、実用的な、永久磁石を用いた定常作動型MPDスラスタの開発研究を精力的に行ってきた。最終性能目標は、推力0.5-2N、比推力1,000-3,000 s、推進効率50%以上である。本稿では、太陽系惑星間航行用電気推進機として、推進剤に太陽系惑星・衛星に存在している、二酸化炭素、メタン、アンモニア、水素、ヘリウム、空気、氷・水を使用したMPDスラスタの性能特性とその高性能化に関する研究を報告する。本研究を進めることにより、有人火星探査、惑星探査、惑星軌道間航行などにおいて惑星・衛星の現地その場での推進剤補給が可能になり、人類の太陽系宇宙への進出を大いに支援できると期待される。</p>
STEP-2021-021	<p><b>大気圏再突入環境模擬のためのアーク加熱風洞のZrカソード損耗挙動の評価</b></p> <p>○穴沢 一樹(都市大・院) 桃沢 愛(都市大) 飯塚 翔吾(都市大・院) 田中 聖也(東大・院) 照月 大悟(東大) 小紫 公也(東大)</p> <p>再使用型宇宙往還機の熱防御システム(Thermal Protection System)の実験環境である大気圏再突入環境の地上模擬のために1kW級のアーク加熱風洞の構築とその電極損耗抑制に取り組んだ。アーク加熱風洞の課題である気流汚染を解決し、コンタミの含まない気流生成を目的とする。気流汚染の原因であるアーク加熱装置のカソード損耗を抑制するためジルコニウムカソードにコーティングを施し、実際に構築に取り組んだ風洞を用いて実験を行った。</p>
STEP-2021-022	<p><b>準定常作動2cm級自己誘起磁場型MPDスラスタのプラズマブルーム特性</b></p> <p>○大塚 俊輔(中京大・院) 上野 一磨(中京大) 村中 崇信(中京大)</p> <p>比較的小型な2cm級自己誘起磁場型MPDスラスタについて、ダブルプローブ法を使用したプラズマパラメータ取得実験を実施した。推進剤にはアルゴン及び水素を使用しており、電気二重層コンデンサとIGBTを適用した電源により、作動時間2ms、放電電流1.7kA、放電電圧130Vの準定常作動を実施した上で、放電室後方プラズマブルームの電子温度・数密度・流速を取得したため、これについて報告する。</p>
STEP-2021-023	<p><b>仮想陰極を利用したMPDスラスタ</b></p> <p>○沢田 尚輝(筑波大・院) 根岸 修平(筑波大・院) 山崎 純子(筑波大・院) 福井 健太(筑波大・院) 大倉 拓海(筑波大・院) 小泉 勇貴(筑波大・院) 嶋村 耕平(筑波大) 横田 茂(筑波大)</p> <p>MPDスラスタは電気推進機の中でも比較的高い推力密度を得ることが可能なスラスタであるが、稼働時に陰極が損耗することで長期間の運用が困難であることが報告されている。そこで、棒状陰極を用いず、ホローカソードと磁場によって中心軸近傍を陰極領域とみなせることを想定したMPDスラスタを試作した。本発表では、推力計測等から陰極とみなせる領域を割り出したので、それについて報告する。</p>
<b>【カソード(2)】</b>	
STEP-2021-024	<p><b>マイクロ波放電式中和器の電流制御に関する研究</b></p> <p>○濃野 歩(東大・院) 森下 貴都(東大・院) 細田 聡史(JAXA) 月崎 竜童(JAXA) 西山 和孝(JAXA)</p> <p>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構成される。軌道上での運用から、中和器単体の経年劣化では説明できないような電圧変化が確認された。本研究は、スラスタの地上試験装置を浮遊電位とし、スラスタ周辺表面のスパッタリング損失を想定して導電面分布を変化させ、イオン源とのカップリング試験を実施した結果を報告するものである。</p>
STEP-2021-025	<p><b>レーザ誘起蛍光法による可視化マイクロ波放電式中和器の内部プラズマ及びブルーム計測</b></p> <p>○森下 貴都(東大・院) 月崎 竜童(JAXA) 西山 和孝(JAXA) 國中 均(JAXA)</p> <p>マイクロ波放電式中和器のプラズマ物理解明は、今後の大電流化のために不可欠である。本研究では初めにフライトモデルと同等の電子放出特性を有する放電室内可視化中和器を開発した。レーザ誘起蛍光法を用いて可視化中和器内部及びブルームのIVDFをパラメトリックに2次元計測した結果、多峰性のIVDFが確認された。放電電流振動及び放射スペクトル解析から多峰性の原因について考察した結果を報告する。</p>
STEP-2021-026	<p><b>小型マイクロ波放電式中和器における推進剤流量依存性の数値解析</b></p> <p>○児玉 岳斗(横国大・院) 小泉 宏之(東大) 鷹尾 祥典(横国大)</p> <p>超小型宇宙機に搭載可能な小型マイクロ波放電式中和器を開発するにあたり、内部の詳細なプラズマ解析が求められるが、小型であるために放電室内の実験的測定は難しい。本研究では、水を推進剤とした小型マイクロ波放電式中和器の電子引き出し性能向上を目指し、推進剤流量を変化させた際の電子引き出し機構および放電特性を三次元粒子計算(PIC, DSMC)により調査した。発表ではこれらの解析結果についてキセノン推進剤との違いも含めて報告する。</p>

STEP-2021-027	<b>カーボンナノチューブ型電界放出カソードの電極間絶縁不良現象に対する考察</b> ○栗城 正太郎(静大・院)大川 恭志(JAXA)山極 芳樹(静大)
	カーボンナノチューブ型電界放出カソード(CNT-FEC)は、導電テザー用の電子放出源や小型電気推進用中和器としての利用が想定されている。FECの作動中は電極間に数kV/mmの強電界が印加される。その際、電極間の絶縁スペーサ端面での沿面放電によると考えられる部分的な炭化が生じ、電極間の絶縁不良が発生することがある。この絶縁不良の発生原因について、印加電界とFEC温度に着目して評価したので報告する。
STEP-2021-028	<b>平面型グラフェン電子源の原子状酸素に対する耐性調査</b> ○松本 直之(横国大・院)鷹尾 祥典(横国大)長尾 昌善・村上 勝久(AIST)
	平面型グラフェン電子源は、推進剤を用いずに、低電圧(10?20 V)を印加するだけで高密度(1?100 mA/cm <sup>2</sup> )の電子電流を高効率(10?50%)で放出できる。中和器や導電性テザー推進の電子源として応用が期待できる一方、その実現にはデバイス表面のグラフェン電極の原子状酸素耐性向上が必要である。本研究では電子透過性と酸素耐性に優れた六方晶窒化ホウ素でグラフェン電極に保護を施した。その結果、デバイスは4分間の酸素プラズマ曝露に耐え、さらに電子放出も確認できた。
<b>【イオンエンジン(1)】</b>	
STEP-2021-029	<b>マイクロ波放電型イオンスラストのプラズマモード遷移に関する研究</b> ○山下 裕介(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	10cm級マイクロ波放電型イオンスラストでは、推進剤流量を変更し、推力を調整している。しかし、流量増に伴い、推力が急激低下する現象が発生し、最大推力を律速している。これまでの推力向上はこの流量制限を緩和することで達成されてきたが、その物理現象は未解明である。制限前後では、プラズマ発光が大きく変化(プラズマモード遷移していることから、プラズマ生成過程に変化が起きていると推察される。本発表では、この生成過程の解明を試みた。
STEP-2021-030	<b>推力向上型マイクロ波放電型イオンスラストμ10の経年劣化に関する実験的予測</b> ○服部 華奈(東大・院)山下 祐介(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スラストμ10では、はやぶさ2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的な模擬実験の結果、グリッド由来のカーボンによる内部汚染が原因だと示唆された。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、スパッタカーボンによる、より実態に近づけた模擬実験を検討している。本発表では、推力向上型での汚染模擬実験の準備状況について報告する。
STEP-2021-031	<b>イオンエンジンの代替推進剤となる昇華性物質の探索</b> ○中野 正勝(産技高専)山本 直嗣(九大)大川 恭志・船木 一幸(JAXA)
	イオンエンジンの推進剤としてキセノンに代わる代替推進剤の探索が急務である。分子量の大きい昇華性物質を使用することで推力電力比を向上させるとともに、高圧推進剤タンクを排することでコンパクト化を目指した研究を行っている。イオンエンジンやホールスラストへの使用報告の多いアダマンタンを中心として、アダマンタン誘導体やアントラキノン等の昇華性物質に対してイオンエンジンの推進剤としての利用可能性について調査した。
STEP-2021-032	<b>プラズマ粒子計算を用いた小型直流放電式イオンスラストのアノード形状依存解析</b> ○坂井 啓吾(横国大・院)田中 芳実(横国大・学)鷹尾 祥典(横国大)
	著者は、超小型宇宙機への搭載を目指し、電子源を放電室側壁面に配置した小型直流放電式イオンスラストの開発を行っている。イオンスラスト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。そこで本研究では、効率的なプラズマ生成及びイオン抽出を実現するため、PIC-MCC法による3次元粒子計算を行った。本講演では、リング形状のアノードを用いた放電室とカップ形状のアノードを用いた放電室の解析結果について報告する。
<b>【イオンエンジン(2)】</b>	
STEP-2021-033	<b>イオンスラスト作動に伴う宇宙機表面損耗解析による「はやぶさ2」の帯電予測</b> ○加藤 守(中京大・院)村中 崇信・上野 一磨(中京大)細田 聡史・西山 和孝(JAXA)
	「はやぶさ2」の運用において、イオンスラストによる動力航行中に、スラスト近傍で探査機表面材料の損耗が測定されている。この損耗メカニズム解明のために、地上実験で実機搭載と同型のイオンスラストを作動させ、スラスト近傍に逆流するイオン諸量を取得し、これと材料損耗の半実験式から損耗量評価を行ってきた。評価値は、軌道上の実測値と比較して極小となった。本研究ではこの要因を探査機帯電と予測し、これら2つの損耗量比較から予測される「はやぶさ2」の帯電可能性について報告する。
STEP-2021-034	<b>非協同レーザトムソン散乱法によるマイクロ波カソードブルーム内の電子計測</b> ○小磯 拓哉(東大・院)山下 裕介(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	本発表では非協同レーザトムソン散乱法によるマイクロ波カソードのブルーム内電子非接触計測結果を発表する。本手法は信号が微弱でS/N比が小さい為難易度が高いが、レーザ迷光抑制・トリプル分光器の使用・光子計数法の適用などのノイズ対策により10 <sup>-17</sup> ~10 <sup>-18</sup> 程度の数密度の電子計測を実現した。本手法によりマイクロ波カソードのブルーム内電子速度分布関数を取得した結果、放電電流の増大と共に電子温度と電子数密度が増大することが分かった。
STEP-2021-035	<b>異方性分子散乱特性による大気吸入イオンエンジンの圧縮性能向上</b> ○庄田 光佑(神大・院)上瀧 優希(神大・学)板谷 一輝・江崎 啓介(神大・院)杉本 紘基・芦田 優作(神大・学)小澤 宇志(JAXA)山下 裕介(東大・院)西山 和孝(JAXA)横田 久美子・田川 雅人(神大)
	低高度衛星の実現には衛星への大気抵抗補償が必要であり、大気吸入イオンエンジン(ABIE)は理想的な推進システムとして検討されている。ABIEは高層大気を取り込み分子密度を圧縮することが重要な技術となる。本研究ではABIE壁面に着目し、圧縮性能を向上させる表面の検討を行った。非対称な微細加工表面に対して分子線散乱実験を行い、異方的な散乱挙動を示すことを明らかにした。実験結果から反射モデルを構築しABIE圧縮率計算に適用した結果、放電室での圧縮率が向上することを確認した。



STEP-2021-036	<b>大気吸込式イオンエンジン用イオン源の磁石列数変更による性能変化の調査</b> ○宮 優海(総研大・院)西山 和孝(JAXA)
	地球超低高度軌道衛星の大気抵抗補償用の推進機として大気吸込式イオンエンジン(ABIE)が提案されている。ABIEは超低軌道上の大気を推進剤とし、衛星を推進剤の積載という制限から解放して衛星寿命を飛躍的に向上させる。しかし、実作動環境として予想される低圧な推進剤で抵抗補償に十分な推力を発生させるには至っていない。そこでイオン源の低圧力作動での高性能化を磁石列数の変更により実現できないか調査した。
<b>【先端推進】</b>	
STEP-2021-037	<b>発散磁場型静電・電磁複合加速推進機のデザインポイント</b> ○市原 大輔(名大)中野 僚太・森田 将司・De Celis Romero Alberto(名大・院)中村 友祐・杵淵 紀世志・佐宗 章弘(名大)
	電気推進機の推力密度向上を目的とし、我々の研究グループでは発散磁場中での静電・電磁複合イオン加速手法の確立に取り組んできた。これまで①推進剤の供給位置と②発散磁場に対する陰極の相対配置とがイオンの生成および加速過程に大きく影響することを見出してきた。本講演では、これらの成果を静電・電磁複合イオン加速の実現に必要なスラスターの設計要点として整理し、その詳細を報告する。
STEP-2021-038	<b>電気フューズ装置におけるエネルギー変換効率の定量評価と電気推進機への技術転用検討</b> ○市原 大輔(名大)福嶋 岳(名大・院)桑原 大輔(名大・院卒)佐宗 章弘(名大)
	電気推進機研究で用いられる微小力積測定技術を転用し、起爆装置の一種である電気フューズ装置に関して、投入電気エネルギーが飛翔体の運動エネルギーに変換される際のエネルギー変換効率を定量評価することに成功した。電気-運動エネルギー変換過程は電気推進機の作動時にも現れることから電気フューズ技術を転用した電熱加速型電気推進機の可能性も検討した。本発表ではその詳細について報告する。
STEP-2021-039	<b>無電極プラズマスラスターのエネルギー損失に関する数値解析</b> ○江本 一磨(横国大・院)高橋 和貴(東北大)鷹尾 祥典(横国大)
	無電極プラズマスラスターの内部で生じるエネルギー損失に着目し、PIC-MCC法で数値的に解析した。磁場の強化とともに誘電体側壁面への損失が減少し、推進効率が向上する結果となった。これらの結果は実験結果とも定性的に一致する。また、磁場強度によらず粒子間衝突による損失が一定割合占めることも分かった。推進機内部のエネルギーフラックス分布も計算し、エネルギーの輸送過程と合わせて考察する。
STEP-2021-040	<b>マイクロ波ロケット用94GHzジャイロトロン出力向上への試み</b> ○高瀬 芳貴(東大・院)田畑 邦佳・真鍋 亜佑斗・森 映樹(東大・院)小紫 公也・関根 北斗・小泉 宏之(東大)
	マイクロ波ロケットは、地上のジャイロトロンから照射されるミリ波のエネルギーを用いて推力を生成する宇宙輸送システムである。東京大学では、大気圧ミリ波放電を利用した推力生成試験のために94GHzジャイロトロンが開発されてきた。目標出力600kWでのミリ波発振に向けて、エネルギー変換効率の向上を目的としたジャイロトロン管軸の位置調整、ジャイロトロン耐電圧確認試験、ミリ波の発振および測定試験を実施した。
STEP-2021-041	<b>カスプ磁場型無電極RFプラズマスラストにおいて放電管径が推進性能に及ぼす影響</b> ○青柳 尋斗(農工大・院)板垣 朱莉(農工大・院)古川 武留(神戸大)西田 浩之(農工大)
	無電極RFプラズマスラストはプラズマと直接接触する電極を有しないため長寿命化が期待されるが、実用化に向け推進効率が低いことが課題である。一方で、外部磁場としてカスプ磁場の適用や、一様磁場下における大口径化によって推進性能が改善することが報告されている。本研究では、カスプ磁場型無電極RFプラズマスラストにおいて放電管径が推進性能に与える影響を推力計測により評価する。
STEP-2021-042	<b>亜臨界ミリ波放電過程における周波数依存性の数値解析</b> ○鈴木 颯一郎(東北大・院)高橋 聖幸(東北大・院)大西 直文(東北大・院)
	化学ロケットに代わる宇宙空間への低コスト輸送手段として、亜臨界ミリ波放電を用いたマイクロ波ロケットが提案されており、多くの実験的、数値的研究が行われている。近年行われた28, 303 GHzの放電実験で得られた放電構造は、過去に数値シミュレーションが行われてきた170 GHzの構造とは異なった特性を持っていた。本研究では電磁波-プラズマ-中性流体-詳細化学反応-輻射輸送を結合した数値モデルを用いて、亜臨界ミリ波放電過程の周波数依存性を調査する。
STEP-2021-043	<b>径方向磁場卓越型無電極電気推進機におけるイオンエネルギー分布の静磁場依存性</b> ○藤澤 天馬(東大・院)関根 北斗(東大)小泉 宏之(東大)小紫 公也(東大)
	これまで径方向の磁場と周方向変動電場によるホール効果を利用するコンセプトの径方向磁場卓越型推進機が開発され、推力・プラズマポテンシャル・イオン流速の計測が行われてきた。しかし、それらの計測では軸方向のホール電場が生成されていることは示唆されなかった。その原因は静磁場強度が強すぎてイオンが磁化していることが一因と考えられている。そこで、本研究では電磁石を用いた実験系を作成しイオンエネルギー分布の静磁場依存性を確認した。
STEP-2021-045	<b>LSDIにおけるレーザ強度および比熱比の爆風波変換効率への影響</b> ○新井 天(九工大・学)松井 康平(九工大)北川 幸樹(九工大)
	レーザ推進の推力の推定の研究において、爆風波変換効率が重要なパラメータの1つである。しかし、実験で求めた爆風波変換効率とユゴニオ解析で解を持つときの爆風波変換効率が一致しない結果が得られており、その原因を明確にする必要がある。本研究では、この原因を明らかにすることを目的し、その第一ステップとしてレーザ強度と比熱比の変化させた場合のデトネーション解が存在するときの爆風波変換効率を算出することを行った。