

## 宇宙輸送シンポジウム 非化学推進部門 アブストラクト

## 【ホールスラスタ(1)】 1/18(木)

STEP-2023-001	<p>代替推進剤: 二酸化炭素、メタン、アンモニア、アルゴンを用いたホールスラスタの性能特性—キセノン以外の分子ガスなどを用いた高放電安定性と高性能化のための方法—</p> <p>○中島 卓哉(大阪産大・院)小川 孝幸・小谷 勇翔(大阪産大・学)伊月 貴大(大阪産大・院)田原 弘一(大阪産大)池田知行(東海大)鷹尾 良行(西日本工大)</p>
	<p>ホールスラスタは、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タ性能を向上させ、より大電力・高比推力スラスタ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タの作動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、アルゴンでの安定作動が得られたので、さらにその高性能化のための設計指針を提案し、性能測定結果を述べる。</p>
STEP-2023-002	<p>水を推進剤とするTAL型ホールスラスタの性能評価</p> <p>○松尾 風我(都立大・院)中嶋 泰世(都立大・院)西井 啓太・各務 聡(都立大)</p>
	<p>ホールスラスタの推進剤としてキセノンが主に使用されているが、非常に高価であり貯蔵に高圧タンクが必要である。そこで、入手性が良く、高圧タンクを使わずに液体で貯蔵可能な水に着目した。また、SPT型より長寿命で推進システムの小型化が期待されているTAL型に水推進剤を使用することを提案し、様々な条件で作動試験を行ってきた。安定作動点が少ないものの、作動点での性能評価を行うことができたので、その結果や今後の展望について報告する。</p>
STEP-2023-003	<p>アルゴン推進剤ホールスラスタ放電チャンネル長が推進性能に与える影響</p> <p>○坂本 匠(筑波大・院)野中 正潤・森田 虎頼・森 有佐・瀧本 開生・金森 大輝・岩本 深青(筑波大・院)岸本 皐汰(筑波大・学)横田 茂(筑波大)</p>
	<p>ホールスラスタの代替推進剤として最も有望なものはアルゴンであるが、キセノンに対し、推進剤利用効率のみならず、エネルギー効率等も低下することがわかっている。先行研究では、これらの効率の上昇のため、放電チャンネル長の延長並びに推進剤流量増加を行った。結果、エネルギー効率は上昇したものの、生成イオンの壁面衝突量増加によって、推進剤利用効率は変わらなかった。そこで本研究では、これらのバランス関係を探るべく、推進剤流量と加速チャンネル長、印加磁場強度を変化させ各種効率の変化を調査する。</p>
STEP-2023-004	<p>円筒型ホールスラスタ用逆電位アナライザの小型化設計および評価</p> <p>中山 宜典(防衛大)○藤山 翔悟(防衛大・学)伊藤 翼(防衛大・院)</p>
	<p>円筒型ホールスラスタは高性能かつコンパクトな電気推進機として期待されており、本研究室では生成プラズマ評価および教育用として可視化円筒型ホールスラスタを製作している。排気イオン速度(エネルギー)を計測評価するための逆電位アナライザも小型であることが望ましいため、ノイズ対策・保守性に考慮しながら小型化を図り、その計測性能を評価した。またさらなる小型化を進めており、合わせて報告する。</p>
【計測・タンク】	
STEP-2023-005	<p>電気推進機推進剤流れ評価に資する壁面反射現象計測装置の試作</p> <p>中山 宜典(防衛大)○早稲田 翔子(防衛大・学)伊藤 翼(防衛大・院)</p>
	<p>電気推進機の試験装置である真空装置内における推進剤流れは推進性能評価に影響を与えることが知られている。希薄流数値解析は推進剤流れ把握に有用であるが、実在の真空装置壁面における粒子反射現象が不明であるため、妥当な解を得られていない。本研究は、従来成果である希薄流計測装置を用いた壁面反射現象計測装置を考え、試作および初期評価を行ったので報告する。</p>
STEP-2023-006	<p>6自由度スラストスタンドを用いた推力のリアルタイム推定の初期検討</p> <p>○中村 隼大(東大・院)森合 勲武・新井 天(東大・院)久島 明洋(東大・学)小泉 宏之・小紫 公也(東大)</p>
	<p>高度な超小型衛星ミッションを実現するためには、推進機の推力を精密に測定して自律的に制御することが求められる。推力の測定方法として6自由度スラストスタンドがあるが、現時点では準静的なスタンドにおいて変位量から推力の事後的な推定のみ可能である。本研究では加速度項や速度項を考慮することで、動的なスタンドにおいても機械学習を用いて推進機の自律制御に必要なリアルタイムの推力推定について報告する。</p>
STEP-2023-007	<p>低圧キセノンMOFタンクの開発</p> <p>○月崎 竜童(JAXA)田畑 邦佳・森下 貴都(JAXA)</p>
	<p>日本国内において1MPa以上は高圧ガス法の規制を受け、射場での燃料充填などの作業が必要になってくる。本発表では、金属錯体MOFを活用し1MPa未満で従来より高い充填密度を実現した、キセノン用のMOFタンクについて発表する。</p>
【イオンエンジン(1)】	
STEP-2023-008	<p>小型直流放電式イオンスラスタの推進性能における磁場形状依存性</p> <p>○田中 芳実(横国大・院)鷹尾 祥典(横国大)</p>
	<p>著者らは、推進性能の向上を目指し、放電室下流側壁面に電子源を配置した小型直流放電式イオンスラスタの開発を行っている。下流側壁面から放出された電子を放電室内に閉じ込めて効率的にイオンを生成し、静電加速部へ輸送するためには、放電室内における適切な磁場設計が必要となる。本研究では、2つの異なる磁場形状を持つ放電室において、プラズマ密度分布とイオンビーム電流の計測を行った。性能の比較について本講演で報告する。</p>

STEP-2023-009	<b>100均商品で作るイオンエンジン –SSHの取り組み例–</b> ○中山 宜典(防衛大)龍見 玄太郎(横須賀高)
	横須賀高校はスーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校であり、防衛大はその連携研究機関の一つである。著者らは、中山が行ってきた教育用イオンエンジンの知見をもとに、生徒に身近で入手容易な100均商品を用いてイオンエンジンを作ることをSSHのテーマとして採用した。本論ではその取り組みと教育効果を報告するとともに、並行して進めた金星大気推進検討や金星への低推力推進軌道計算のテーマについても報告する。
STEP-2023-010	<b>深宇宙探査技術実証機DESTINY+イオンエンジンの開発状況</b> ○田畑 邦佳(JAXA)月崎 竜童・今井 駿・森下 貴都・西山 和孝(JAXA)
	JAXAでは、小惑星Phaethonのフライバイ探査を目標の一つに定め、深宇宙探査技術実証機DESTINY+を開発中である。DESTINY+で採用するイオンエンジンは、同時運転台数が「はやぶさ2」の3台から4台まで増加し、4台合計40mNの大推力運転が可能である。また、単体推力も従来の10mNから12mNまで増強されるため、1台故障時でも3台で36 mNの運転により、ミッションに支障のない状態を維持できる。本発表では、最新のイオンエンジンシステムの開発状況を報告する。
STEP-2023-011	<b>地上実験による10cm級マイクロ波放電式イオンスラスタのプルームパラメータ計測</b> ○中田 圭祐(中京大・院)濃野 歩(東大・院)加藤 守(中京大)水谷 悠貴・釜田 昇・岩頭 拓海(中京大・院)上野 一磨(東京工芸大)中山 宜典(防衛大)西山 和孝(JAXA)村中 崇信(中京大)
	本研究グループでは、小惑星探査機「はやぶさ2」で実測された探査機表面損耗現象について研究を行っている。損耗原因として、スラスタプルーム中の電荷交換イオンの逆流による表面スパッタリングが考えられる。このイオンは宇宙機電位とプルーム電位との差で静電加速すると予想され、これらの電位決定には高移動度の電子の温度が重要であると考えられる。本稿では、地上実験で直接計測した電位分布と電子温度分布、その考察について報告する。
<b>【RF/マイクロ波スラスタ/カソード】</b>	
STEP-2023-012	<b>放射状磁場を備えた無電極 RF プラズマスラスタにおけるプラズマのポテンシャルと電子エネルギー分布</b> ○シマンダ シニア(東大・院)野口 湖月・関根 北斗・小泉 宏之・小紫 公也(東大)
<b>キャンセル</b>	The ion energy distribution and plasma potential are evaluated by a retarding potential analyzer and emissive probe. The electron energy distribution is measured by an RF compensated Langmuir probe.
STEP-2023-013	<b>外部ガス供給によるマイクロ波放電式中和器の性能向上に関する研究</b> ○辻 壮一郎(東大・院)森下 貴都(JAXA)濃野 歩(東大・院)月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	本発表では、マイクロ波放電式中和器のプルーム近傍へのガス供給による中和性能への影響を発表する。今後の宇宙ミッションへのマイクロ波放電式中和器の応用のため、中和性能の向上は必要不可欠である。中和性能向上の手法として、従来の放電室内部へのガス供給に加え、プルーム近傍へ中性ガスの供給を行った。内部ガス流量を減らしてプルームへガスを分配することで電子電流が増加し、中和性能の向上が確認された。
STEP-2023-015	<b>水を推進剤とするホールスラスタ用のRFカソード</b> ○丹野 亮佑(都立大・院)西井 啓太・各務 聡(都立大)
	近年、水推進剤を用いたホールスラスタが注目されている。しかし、従来カソードとして用いられているホローカソードでは熱電子放出のためのセラミックが水に含まれる酸素によって劣化する懸念がある。そこで、セラミックを用いないため、水を適用する可能性があるRFカソードに着目した。本研究では、アルゴン、窒素、水を用いてRFカソードの作動を行い、その結果を報告する予定である。
<b>【企画セッション】</b>	
STEP-2023-016	<b>JSASS電気推進先端推進部門報告</b> ○中山 宜典(防衛大)
	日本航空宇宙学会・電気推進先端推進部門の2023年度の活動について報告する
STEP-2023-017	<b>SLS相乗り超小型探査機EQUULEUSの軌道上成果と将来展望</b> ○船瀬 龍(JAXA/ISAS・東大)
	JAXAと東京大学が共同で開発した6U CubeSat EQUULEUSは、NASAのSLSロケットによって2022年11月16日に月遷移軌道へ打ち上げられた。打ち上げ後、探査機の機能性能の確認を経て、精密軌道決定・軌道制御により月フライバイを成功させた。その後、地球一月圏での多数回の軌道制御に成功するとともに、予定していたサイエンス観測にも成功し、フルサクセスを達成した。本講演では、EQUULEUSの軌道上運用成果と、それを踏まえた超小型探査機の将来展望について述べる。
STEP-2023-018	<b>EQUULEUS推進系:水レジストジェットAQUARIUSの軌道上運用とLessons Learned</b> ○関根 北斗(東大)
	2022年11月、水レジストジェットAQUARIUSを搭載した6U CubeSat: EQUULEUSは、NASA SLSIによって打ち上げられ、深宇宙では初となる水推進システムを用いた軌道遷移を完遂した。本講演では、AQUARIUSの軌道上性能とLessons Learnedについて報告する。

【ホールスラスタ(2)】	
STEP-2023-019	<p><b>熱的過渡運転時の性能測定から得られるRAIJIN66の電離長の推定</b>            ○サトパスイ ディヴィエシュ(東大・院)関根 北斗(東大)李志元(東大・院)小紫 公也(東大)川嶋 嶺(芝浦工大)小泉宏之(東大)</p> <p>This study reports the estimation of ionization length of RAIJIN66 Hall thruster operated using argon propellant by assessing the propellant utilization efficiency change with anode temperature.</p>
STEP-2023-020	<p><b>高電圧作動に向けた狭窄チャンネルを有するホールスラスタの設計</b>            ○土川 勢矢(静大・院)船木 一幸・渡邊 裕樹(JAXA)大塩 裕哉(龍谷大)松井 信(静大)</p> <p>ホールスラスタをよる火星圏往復航行や外惑星到達には40~50km/sの排気速度(3kV相当)が必要である。その為、SPT-70likeな形状や狭窄化形状で1kV以上の高電圧作動が行われてきた。ただ、高電圧・高磁場条件下ではプラズマの生成加速位置が上流側に移動し、維持が困難となっている。そこで、本発表ではこれまでの設計を踏まえて高電圧・高磁場を達成しながら、イオン生成加速位置を下流に押し出せる新スラスタ設計を行ったので報告する。</p>
STEP-2023-021	<p><b>1kVを超える放電電圧におけるホールスラスタの推進性能</b>            ○澤西 佑介(総研大・院)船木 一幸・渡邊 裕樹(JAXA)</p> <p>比推力4000s以上のホールスラスタの実現を目指して、ホールスラスタの高電圧動作試験を行った。従来型のホールスラスタと、放電室径に対する放電室幅の比を小さくすることで強磁場印加が可能な挟チャンネル型ホールスラスタによる試験をそれぞれ行った。300Vから1kVを超える放電電圧において、推力と放電電流を取得し、高放電電圧におけるホールスラスタの推進性能と放電特性について議論する。</p>
STEP-2023-022	<p><b>ホールスラスタプルーム干渉場が電子特性に及ぼす影響</b>            ○加藤 一晴(岐阜大・院)宮坂 武志(岐阜大)杉山 涼一・トシヤ ラフマツ・ムハンマド(岐阜大・学)石川 大地(岐阜大・院)朝原 誠(岐阜大)</p> <p>ホールスラスタ2基とカソード1基を横並びにさせたSBS(Side By Side)システムを構築し、プルームの干渉実験を行った結果、磁場印加方向の違いがヘッドの放電特性に影響を与えることが実験により示された。また、2次元粒子シミュレーションによってプルーム干渉場の現象を再現し、干渉場の影響が加速チャンネルに逆流電子特性に及ぼす影響を明らかにした。</p>
【ホールスラスタ(3)】	
STEP-2023-023	<p><b>Racetrack形状アノードレイヤスラスタの加速チャンネル最適化検討</b>            ○中尾 隆貴(岐大・院)宮坂 武志(岐大)石川 大地・各務 太志・滝川 雄太(岐大・院)朝原 誠(岐大)</p> <p>二つの半円部と直線部を有するRacetrack形状アノードレイヤスラスタは直線部を隣り合わせて2基作動させることでより強いプルーム干渉効果を得ることが出来る。その一方で円環形状と異なり非一様性が存在することによって電離が促進されず、推進性能の低下を生じる。そこで、電離が生じる加速チャンネルについて着目し、チャンネル形状や磁場特性に改良を試み、その結果について報告する。</p>
STEP-2023-024	<p><b>1.5 kW級ダブルチャンネルTAL型ホールスラスタの性能評価</b>            ○中嶋 泰世(都立大・院)松尾 風我(都立大・院)西井 啓太(都立大)各務 聡(都立大)</p> <p>現在、惑星間探査の主推進に用いられるような大推力を目標に、複数の放電チャンネルを同軸状に並べたSPT型ホールスラスタが研究されている。一方、TAL型ホールスラスタは、SPT型より高性能と長寿命が期待できることが知られている。そこでTAL型のダブルチャンネルホールスラスタを試作した。インナーチャンネル、アウターチャンネルでの各単体作動、2つの放電チャンネルの同時作動において、推進性能及びTAL型で顕著に見られる放電電流振動を取得、評価を行う。</p>
STEP-2023-025	<p><b>超小型低電力ホールスラスタの作動特性評価</b>            ○山口 颯太(東海大・院)稲葉 陽(東海大・院)柳原 健太(東海大)楊 彦声(東海大・院)堀澤 秀之・池田 知之(東海大)</p> <p>アノードレイヤ型の超小型低電力ホールスラスタにおいて、小型化に伴う各種効率について検討するために、各種作動条件における推進特性評価実験を行った。その結果、投入電力の変化(35~200W)において推力1.3~4.1mNが得られた。比推力の最大値は1140s(推進剤(キセノン)流量0.5mg/s)で、最大アノード効率は約13%(150W, 0.5mg/s)であった。また、粒子シミュレーションによるイオン加速特性の検討を行った。</p>
STEP-2023-026	<p><b>低電力ホールスラスタのホローアノード形状が推進性能に及ぼす影響</b>            ○柳原 健太(東海大・学)堀澤 秀之・池田 知行(東海大)稲葉 陽・山口 颯太・設楽 暁・楊 彦声(東海大・院)</p> <p>本研究では、推進剤にキセノンを用いた100W級マグネティックレイヤー型ホールスラスタについて、アノード形状の変化が推進性能に及ぼす影響について調べた。作動時の放電電圧は200~300Vの範囲で、3種類のアノード形状について、放電特性、推進性能、イオン速度分布特性などについて比較検討した。</p>
【イオンエンジン(2)】	
STEP-2023-027	<p><b>マイクロ波放電式イオンスラスタの逆流イオンエネルギー分布におよぼす背圧の影響</b>            ○村中 崇信(中京大)岩頭 拓海(中京大・院)加藤 守(中京大)濃野 歩・中田 圭祐・水谷 悠貴・釜田 昇(中京大・院)上野一磨(東京工芸大)中山 宜典(防衛大)西山 和孝(JAXA)</p> <p>「はやぶさ2」の運用において、イオンスラスタの運転に伴うスラスタ近傍表面のつよい損耗現象が実測されている。この損耗原理の解明のため、著者らは地上実験による同型スラスタ運転時の逆流イオンエネルギー分布(IEDF)計測を進めてきたが、軌道上で実測されたつよい損耗現象の解明には至っていない。本研究では、地上実験施設がIEDFにおよぼす影響を評価するため、チャンバ背圧をパラメータとして実施した多地点IEDF計測結果を報告する。</p>

STEP-2023-028	<b>マイクロ波放電式イオンスラスタの逆流イオンエネルギー分布におよぼすビームターゲット電位の影響</b> ○村中 崇信(中京大)濃野 歩(東大・院)岩頭 拓海(中京大・院)加藤 守(中京大)中田 圭祐・水谷 悠貴・釜田 昇(中京大・院)上野 一磨(東京工芸大)中山 宜典(防衛大)西山 和孝(JAXA)
	<p>「はやぶさ2」の運用において、イオンスラスタの運転に伴うスラスタ近傍表面のつよい損耗現象が実測されている。この損耗原理の解明のため、著者らは地上実験による同型スラスタ運転時の逆流イオンエネルギー分布(IEDF)計測を進めてきたが、軌道上で実測されたつよい損耗現象の解明には至っていない。本研究では、地上実験施設がIEDFにおよぼす影響を評価するため、ビームターゲット電位をパラメータとして実施した多地点IEDF計測結果を報告する。</p>
STEP-2023-029	<b>マイクロ波放電式イオンエンジンの経年劣化に関する実験的研究</b> ○魚住 承吾(東大・院)月崎 竜童・田畑 邦佳・西山 和孝(JAXA)
	<p><math>\mu</math> 10イオンエンジンは宇宙運用中、9000時間の運転で性能劣化が発生した。従来の研究により、この劣化の原因は炭素製のアクセルグリッドのイオンスパッタリングによる炭素汚染であり、その再現方法も確立された。本研究では、この方法を「DESTINY+」に搭載予定の推力増強型 <math>\mu</math> 10に適用し、劣化の再現と劣化を緩和する有効な手段を明らかにすることを目指す。</p>
STEP-2023-030	<b>マイクロ波高周波数化によるマイクロ波放電式イオンエンジンの性能向上</b> ○小磯 拓哉(東大・院)田畑 邦佳・月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	<p>マイクロ波放電式イオンエンジンの最大推力を向上させるには、スラスタ内部のプラズマ密度を高める必要がある。しかし、ECRプラズマの密度はカットオフ現象により制限を受けるため、スラスタの最大推力に上限が生じてしまう。本発表では投入マイクロ波を4.25 GHzから5.80 GHzに高周波数化することでカットオフ密度を増大させ、マイクロ波放電式イオンエンジンの最大推力向上を図った結果を報告する。</p>
【イオンエンジン(3)】	
STEP-2023-031	<b>レーザー誘起蛍光法によるマイクロ波放電式イオンエンジンの逆流イオン計測</b> ○白澤 遼大(東大・院)Marco Riccardo Inchingolo(UC3M)森下 貴都・月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	<p>はやぶさ2の軌道運用時、イオンエンジン作動中に衛星面の損耗が確認された。これは逆流イオンのスパッタリングが原因と考えられており、本研究では逆流イオンのもつエネルギーを調べるため、レーザー誘起蛍光法を用いてイオンの速度分布関数を得た。その結果、中和器由来と考えられるイオンが40eV以上のエネルギーを持つことが確認され、中和器オリフィス上流側ではイオンの速度場がスラスタに向かう向きであることも確認された。</p>
STEP-2023-032	<b>マイクロ波放電式イオンエンジンにおけるバックフローイオンに関する研究</b> ○濃野 歩(東大・院)村中 崇信・岩頭 拓海(中京大)中山 宜典(防衛大)上野 一磨(東京工芸大)月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	<p>小惑星探査機「はやぶさ2」の運用履歴から、逆流イオンがスラスタ周辺導電面をスパッタリングしていることが判明した。地上実験により、導電面の減少は中和器の動作に影響を及ぼすことが明らかになっているため、本研究では、実験的手法を用いてイオンの逆流の物理過程を調査した。バックフローイオンのエネルギー分布関数を取得することで、宇宙機表面に及ぼす影響を議論する。</p>
STEP-2023-033	<b>地上実験による10cm級マイクロ波放電式イオンスラスタの逆流イオンエネルギー分布の法線・接線成分比較</b> ○岩頭 拓海(中京大・院)加藤 守(中京大)濃野 歩(東大・院)中田 圭祐・水谷 悠貴・釜田 昇(中京大・院)菱木 亮佑・山元 隆希(中京大)上野 一磨(東京工芸大)中山 宜典(防衛大)西山 和孝(JAXA)村中 崇信(中京大)
	<p>小惑星探査機「はやぶさ2」の運用において、イオンスラスタ周辺の表面損耗が実測された。この損耗はスラスタプルームイオンの一部逆流によるスパッタリング損耗と考えられている。この損耗メカニズムの解明及び評価を行うため、本研究グループでは、「はやぶさ2」と同型のイオンスラスタを用いた地上実験を行い、逆流イオンエネルギー分布の取得実験を行った。本稿では地上実験により取得したイオンスラスタ近傍多地点における逆流イオンエネルギー分布の法線・接線成分比較について報告する。</p>
STEP-2023-034	<b>イオンスラスタの逆流イオンによる宇宙機表面損耗解析に向けた数値計算</b> ○水谷 悠貴(中京大・院)村中 崇信(中京大)
	<p>「はやぶさ2」では、搭載イオンスラスタu10の一部逆流イオンによる表面損耗が実測されている。この損耗現象は宇宙機表面の機能性薄膜を全損するリスクが予想されるため、損耗量の定量的予測が技術課題となっている。本研究では、その予測手法として自作の電気推進プルーム解析コードを使用して、「はやぶさ2」で実測された損耗量予測を試みている。本稿ではこの解析コードにu10を統合して実施した予備的計算結果について報告する。</p>

## 【ヘリコン/無電極】1/19 (金)

STEP-2023-035	<b>94GHzジャイロトロンを用いた放電構造遷移の観測と発光分光計測</b> ○真鍋 亜佑斗(東大・院)中谷 友紀(東大・学)木下 竜綺(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から照射したミリ波のエネルギーを用いて推進する次世代宇宙輸送技術であり、ロケット内部で大気放電がミリ波を吸収しながら伝播することで推力を生む。放電伝播速度は推進性能を左右するが、その正確な予測モデルは確立されていない。本研究は、放電伝播速度が急激に増大する放電構造遷移現象の解明を目的とし、UT-94ジャイロトロン(100 kW, 94 GHz)を用いて放電構造観察および発光分光計測を行う。
STEP-2023-036	<b>磁気ノズル中の内向き電子離脱を駆動する波動構造計測</b> ○高橋 和貴(東北大)Charles Christine(ANU)Boswell Rod(ANU)
	磁気ノズルからのプラズマ離脱現象は、ヘリコンスラスタを含む外部磁場印加型のスラスタにおける重要物理課題であり、特に磁化状態にある電子の離脱プロセス発現の可能性が観測されている。本発表では、自発的に励起される波動による電子輸送評価とその波動構造に関する実験結果に関して報告する。
STEP-2023-037	<b>カスプ型磁気ノズル高周波スラスタ内部の電子温度分布評価とターゲット計測</b> ○中濱 友吾(東北大・院)高橋 和貴(東北大,NIFS)
	磁気ノズル高周波プラズマスラスタは電極・中和器を必要としない電気推進機として研究が進められている。近年、カスプ磁場をプラズマ源内に形成することで推進性能が向上することが示されており、プラズマ源内部のパラメータ分布の把握が重要課題となっている。本研究では、ターゲット法による下流へ排出される運動量流束、rf補償プローブによるプラズマパラメータの測定実験を行ったので、その結果を報告する。
STEP-2023-038	<b>Particle-in-Cell 法を用いた変動磁場印加型ヘリコンスラスタのプラズマ輸送解析</b> ○鈴木 宏征(東北大・院)高橋 聖幸(東北大)関根 北斗(東大)
	ヘリコンスラスタの推進性能を改善する手法の一つとして、変動磁場の利用が提案されている。変動磁場印加型ヘリコンスラスタのこれまでの研究は実験主体で実施され、数値シミュレーションを用いた解析例は少なかった。そこで本研究では、変動磁場印加型ヘリコンスラスタのプラズマ現象の再現を目的とした2D3V PIC コードの開発と、結果の解析を行った。これより得られた変動磁場印加型ヘリコンスラスタにおけるプラズマ特性について、発表を行う。
STEP-2023-039	<b>ミラー装置を対象としたparticle-in-cellシミュレーションの開発と無電極推進との関連</b> ○江本 一磨(筑波大)東郷 訓・片沼 伊佐夫・坂本 瑞樹(筑波大)
	1 T程度の強磁場かつ1 mを超える領域における非一様磁場中のプラズマ流れを解析するため、準1次元モデルによるparticle-in-cellシミュレーションの開発に取り組んでいる。特に、核融合分野におけるミラー装置を対象とした解析を構想しており、磁気ノズルを用いた無電極推進との関連性を述べつつ、開発状況について報告する。
【ホールスラスタ/ホローカソード】	
STEP-2023-040	<b>二酸化炭素を用いたホールスラスタへのFull-PICモデルの適用</b> ○徳田 洲(静大・院)張 科寅・渡邊 裕樹・大川 恭志(JAXA)松井 信(静大)
	二酸化炭素はホールスラスタの推進剤として、キセノンより安価であることに加え、火星探査を目的とした現地資源利用の観点から注目されている。二酸化炭素を用いたホールスラスタの試験はこれまでいくつか行われてきたが、そのプラズマ特性は十分に解明されていない。本研究は数値計算を用いた二酸化炭素用スラスタ設計指針の提案を目的としており、ここでは二酸化炭素を用いたホールスラスタへのFull-PICモデルの適用について報告する。
STEP-2023-041	<b>二酸化炭素を用いた100 W級ホールスラスタにおける磁場強度の影響</b> ○竹内 健人(静大・学)軍司 康太(静大・院)渡邊 裕樹・張 科寅・大川 恭志(JAXA)松井 信(静大)
	二酸化炭素はキセノンより安価であることに加え、火星探査では現地資源調達が可能ことからホールスラスタの代替推進剤として注目されている。二酸化炭素を用いたホールスラスタの実験はいくつか行われてきたが、その推進性能については十分に解明されていない。本研究は二酸化炭素を用いた100 W級ホールスラスタにおける磁場強度の影響調査を目的としており、ここでは推力計測とファラデープローブ計測を行った結果を報告する。
STEP-2023-042	<b>推進剤に二酸化炭素を用いた1 kW級ホールスラスタのプルーム特性</b> ○軍司 康太(静大・院)渡邊 裕樹・張 科寅・大川 恭志(JAXA)松井 信(静大)
	近年、イオンスラスタと比較して高推力密度を持つホールスラスタが注目されている。また、宇宙開発の発展に向け宇宙機の低価格化と軽量化が要求される。そこで推進剤に一般的に用いられるXeよりも安価でシステムの軽量化が見込まれるCO <sub>2</sub> に注目した。本研究では1 kW級ホールスラスタのCO <sub>2</sub> 作動を行い、プローブを用いたプルーム特性の調査を行った。得られたプルーム特性から推進性能に関する考察を行ったので報告する。

STEP-2023-043	<b>発光分光によるホローカソードオリフィスの損耗特性評価</b> ○橋爪 翼(静大・院)船木 一幸・渡邊 裕樹(JAXA)松井 信(静大)
	ホローカソードの寿命計測では、長時間の耐久試験により作動条件ごとの損耗量測定を行う質量差計測が用いられることが多い。しかし、この測定法は作動中の任意の時間におけるリアルタイムな損耗量は測定できないことに加え、損耗量の少ない作動条件の寿命計測を行うにはさらに長時間の耐久試験を行う必要がある。その為、質量差計測から得られる損耗量と発光分光測定から得られる対象の発光強度の関係から損耗量と発光強度の傾向を取得することにより、損耗量のリアルタイム計測法としての評価、検討を行う。
<b>【先端推進(1)】</b>	
STEP-2023-044	<b>能動的電子放出に関する数値解析</b> ○八田 真児(MUSE)上田 裕子(MUSE)
	Pico-SatやFemt-Satの通信能力の欠点を補完するために衛星フォーメーションフライトが提唱されているが、高い性能の推進機では推進剤込みで1Uのサイズを切ることは、非常に難しい。しかしながら、このような衛星が要求するナノ・ニュートンのオーダーの推力を得るには、能動的電子放出の反作用でも十分に有用である。そこで、衛星全体を含む数値解析を実施したのでこれを報告する。
STEP-2023-045	<b>二原子分子気体を伝播するLSDの周期的レーザー照射強度変化に対する数値流体解析</b> ○松村 修一郎(大同大・院)白石 裕之(大同大・工)
	将来有望視される先端宇宙推進システムの一つに、プラズマ化した推進剤にレーザー光を照射させ、飛行体を推進させるレーザー推進システムが挙げられる。本システムにおいては、推進に必要な高温・高圧が得られるレーザー支持爆轟波(LSD)が最重要現象となる。本研究では、推進剤に使用される作動流体を二原子分子、特に水素を対象とし、レーザー照射強度が周期的に振動する場合のLSD-LSC(レーザー支持燃焼波)遷移について従来のアルゴンの場合との比較をCFD解析結果に基づいて実施した。
STEP-2023-046	<b>レーザーアブレーション推進におけるイオン電流分布</b> ○磯村 厚志(名大・院)関根 楽人・菊池 慶(名大・院)中村 友祐・佐宗 章弘(名大)
	パルスレーザーアブレーション推進に関するこれまでの研究のほとんどは、その力積特性やIspに焦点を当ててきた。しかし、イオン、原子、分子のそれぞれの力積への寄与はよく理解されていない。本研究では、パルスレーザーアブレーションのプラーム内のイオン電流分布をファラデープローブを用いて測定し、イオンの分布を求めた。また、レーザーパルスによって放出されたイオンの総数を計算した。
STEP-2023-047	<b>2つの波長(1064nm、532nm)に対するレーザーアブレーション力積特性の違い</b> ○菊池 慶(名大・院)中村 友祐(名大)磯村 厚志・関根 楽人(名大・院)津野 克彦・小川 貴代・和田 智之(理研)福島忠徳(SJC)佐宗 章弘(名大)
	3種類のアブレータに対して波長1064nmと532nmのパルスレーザーを集光し、レーザーアブレーションによって生成される力積を調査した。パルスエネルギー、ビームプロファイルを変更しながら実験を行い、各条件で力積を計測することで材料ごとの波長変化による力積への影響を明らかにする。また、質量減少から比推力と推力効率を計算した。
STEP-2023-048	<b>紫外線発光ダイオードと高分子材料の相互作用を用いた超小型推進機の各種作動環境における特性評価</b> ○江崎 武志(東海大・院)小平 隼資(東海大・院)小林 匠・鷲見 圭亮(東海大・学)堀澤 秀之・池田 知行・山口 滋(東海大)中山 宣典(防衛大)船木 一幸(JAXA)
	本研究の目的は、固体高分子推進剤に紫外線発光ダイオードを照射した際の光解離現象を用いて推力を得る小型推進器の開発である。本発表では高分子推進剤に紫外線発光ダイオードを照射し推力測定した。実験条件として高分子推進剤と紫外線発光ダイオード間距離を照射距離とし、照射距離を10mmから20mm間内で変更して推力を取得した。得られた結果から光出力が推力に及ぼす影響について比較し実験結果とまとめた。
<b>【マイクロスラスタ】</b>	
STEP-2023-049	<b>エレクトロスプレースラスタにおける溝付きエミッタ形状の改善およびイオンビーム特性評価</b> ○松川 晃己(横国大・院)鷹尾 祥典(横国大)
	著者らは以前に、エミッタアレイから安定したイオン電流を引き出すために、エミッタ先端へのイオン液体の輸送改善を狙い、溝付きエミッタを持つエレクトロスプレースラスタを作製した。しかし、溝を付けることで、エクストラクタ電極で遮断される電流の割合が増加してしまった。そこで本研究では、グレースケールリソグラフィを用いることで、溝の付いたエミッタの形状の最適化を行っている。本講演ではその作製結果とイオンビーム特性について報告する。
STEP-2023-050	<b>エレクトロスプレースラスタのための逆電位アナライザ計測系の構築</b> ○中島 惟子(横国大・学)鷹尾 祥典(横国大)
	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。スラスタから放出されるイオンビーム中の多量体イオンは、イオンと中性粒子に断片化することがあり、推進性能の把握のためにもこの割合を知ることは不可欠である。本研究ではイオンビーム中の断片化特性を把握するため、逆電位アナライザを用いたイオンビーム特性評価系の構築を進めている。本講演ではその構築結果とそれから得られるイオンビーム特性について報告する。

STEP-2023-051	<p><b>ポーラス型エレクトロスプレースラスターのエミッタ先端曲率半径がイオン放出に与える影響</b> ○高木 公貴(横国大・院)月崎 竜童(JAXA)鷹尾 祥典(横国大)</p>
	<p>イオン液体エレクトロスプレースラスターのポーラスエミッタは、供給系を簡素化する上、エミッタ針先端表面に無数の放出点が生じ、マルチサイトイオン放出により推力拡大が見込める。あえて先端曲率半径を大きくすることでマルチサイトイオン放出を誘起できることが示唆されるため、異なる先端曲率半径を持つエミッタ針を用いてエミッタからのイオン放出特性(I-V特性)を取得し先端曲率半径の変更による影響を明らかにする。</p>
STEP-2023-052	<p><b>水燃料スパッタリング推進機に関する室内実験</b> ○清水 颯太(東北大・院)高橋 和貴(東北大・院)(NIFS)</p>
	<p>近年、CubeSatに代表される小型衛星のミッションが増加しており、衛星の長寿命化やデブリ化を防ぐための小型電気推進機の開発が求められている。本研究ではスパッタリングによる中性粒子放出に伴う推力発生に着目し、プラズマ生成に水を用いて推力発生を実証し、高圧貯蔵および中和器が不要な小型電気推進機を提案した。また、パルスバルブを用いた小型ガス供給系を設計・作動実証を行った。さらに、水素および酸素を用いた作動実証から、水の電気分解を用いた化学推進との融合の可能性が示唆された。</p>
<b>【カソード】</b>	
STEP-2023-053	<p><b>外部状態がホローカソード内部プラズマに与える影響</b> ○佐藤 銀河(筑波大・院)畑岡 大典・大倉 拓海(筑波大・院)横田 茂(筑波大)</p>
	<p>ホローカソードの性能評価には単体試験が行われる。一方で、推進機とのカップリング時と単体試験とでは、ホローカソード外部の状態が異なり、その影響については不明である。そこで、この影響を調査するため、カソード外部の中性粒子密度が異なる場合について、ホローカソード内部のプラズマ諸量を、プローブにて測定し、比較を行った。本発表では、その結果について報告する。</p>
STEP-2023-054	<p><b>マイクロ波放電式中和器の電子放出モデル</b> ○森下 貴都(JAXA)月崎 竜童(JAXA)西山 和孝(JAXA)</p>
	<p>マイクロ波放電中和器の劣化メカニズムは未だ完全に理解されていない。本研究では電子放出特性の変化要因の1つとしてノズル汚染に着目した。イオン源周辺のPTFEがスパッタされ、中和器ノズルに堆積することで絶縁膜を形成し、電子放出特性を悪化させることが予想される。この仮説を検証するために電子放出性をモデル化し、実験値と比較した結果を報告する。また表面材料変更による性能強化型中和器について報告する。</p>
STEP-2023-014	<p><b>マイクロ波放電式中和器を対象とした2次元軸対称PICコードの開発</b> ○安部 亮佑(横国大・院)西山 和孝(JAXA)鷹尾 祥典(横国大)</p>
	<p>先行研究では、小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載された<math>\mu 10</math>のマイクロ波中和器の内部のプラズマ現象解明や性能向上を目的とした3次元プラズマ粒子解析を行った。しかし、計算コストの観点から実機と同じ運転条件における解析は困難であった。そこで本研究では、3次元から2次元軸対称に次元を落とすことで計算コストを削減し、粒子解析を行った。本講演では、その結果について報告する。</p>
<b>【先端推進(2)】</b>	
STEP-2023-055	<p><b>マルチ加速モード同軸スラスターのコンセプトと要素試作</b> ○張 科寅(JAXA)渡邊 裕樹・松永 芳樹・大川 恭志(JAXA)</p>
	<p>デブリ除去や燃料補給といった軌道上サービスにおいては、近傍作業等で必要な大推力と、軌道変換等の大<math>\Delta V</math>に必要な高比推力の双方が求められる。一方で化学推進と電気推進の混載は特に小型衛星には大きな負担である。この課題を解決すべく、JAXAでは1kW級ホールスラスタ<math>\times 800</math>の技術をベースに、異なる加速モードにより、一つのスラスタでサブN級の高比推力と1500秒級の高比推力を発揮する基礎研究を実施している。</p>
STEP-2023-056	<p><b>直接計測によるレーザー核融合ロケットの模擬実験</b> ○尾川 知也(九大・院)古場 健斗(九大・院)森田 太智・Nathan Schilling(九大)</p>
	<p>近年、火星などへの有人探査が計画されており、高速推進機であるレーザー核融合ロケットが提案されている。レーザー核融合ロケットの模擬実験では電磁コイルを用いて磁気ノズルを生成するが、コイルに流れる大電流により振動が発生するためインパルスを計測できない。そのため、永久磁石を用いた計測を行ってきた。しかし、レーザーエネルギーを大きくしたときに磁場強度が低いため、本研究では大電流のパルス動作の磁気ノズルによるインパルスを直接計測可能なスラストスタンドを作成した。</p>
STEP-2023-057	<p><b>キューブサット、マイクロ・ナノ超小型衛星用固体推進剤昇華方式定常作動型電熱スラスターの開発</b> ○澤邊 陽(大阪産大・院)芝池 勇基・片山 皓介(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)脇園 堯(ハイサーブ)</p>
	<p>大阪産業大学では、超々小型衛星、キューブサットの開発を行っており、それらを自由に移動・姿勢制御できる、超低電力1W以下から1-5W、定常作動型スラスターの開発に着手した。徹底的に簡便なスラスタシステムとして、固体推進剤の昇華方式のスラスタを検討した。本研究ではスラスタの試作と基本性能を測定したので報告する。</p>

STEP-2023-058	<b>水推進剤アークジェット推進機の推力測定</b> ○吉田 健人(都立大・院)・各務 聡・西井 啓太(都立大)
	アークジェット推進機は推力密度の高さと構造の単純さより、将来の大規模な軌道間輸送における推進機として注目されている。筆者らは推進剤をヒドラジンに代わり、無毒で常温・常圧で液体貯蔵可能であり、入手性も高い水を提案する。一方で水は蒸発潜熱が高いため、蒸気を維持して推進機へ供給することが困難である。本研究では2種類の蒸発器を試作し、水推進剤アークジェット推進機の推力測定を行うことを目的とする。
<b>【MPD/DCアーク】</b>	
STEP-2023-059	<b>高温超伝導コイルを用いたプラズマ推進機の強磁場印加作動特性</b> ○毛利 諒祐(名大・院)・杵淵 紀世志・市原 大輔(名大)・中野 僚太・前島 大輝・高木 涼平(名大・院)・Acheson Chris(VUW・院)・Glowacki Jakub(VUW)・Goddard-Winchester Max(VUW)・Shellard Cameron(VUW)・Pollock Randy(VUW)
	高温超伝導コイルを用いることによって、定常作動としては世界一となる1.1Tを含む広作動範囲・強磁場下でのプラズマ推進機の作動に成功した。ホールスラストや外部磁場印加型MPDスラストをはじめとする外部磁場を利用する電気推進機において、強磁場の印加は推力密度や推進効率といった作動特性の向上に繋がることが期待されている。本発表では得られた作動特性およびその考察結果について報告する。
STEP-2023-060	<b>水を推進剤とする多孔液滴直噴型MPDスラストの性能評価</b> ○小松 大介(都立大・院)・西井 啓太・各務 聡(都立大)
	従来のMPDスラストの推進剤として使用される水素やアンモニアは貯蔵に高圧タンクを必要とすることや、毒性が強いことが問題であった。そこで貯蔵が簡単で無毒で地球上に大量に存在し入手性に優れた水を推進剤とする液滴直噴型MPDスラストを提案する。試作機は従来のMPDスラストと比較して推力電力比が小さいことが課題であり、その原因の一つに放電室に投入された液滴が十分に蒸発・電離をしていないことが考えられる。そこでこの研究では、液滴の微細化や放電室中の分布の改良により液滴の蒸発・電離を促す多孔液滴直噴型MPDスラストを試作、性能評価を行いその結果を報告する。
STEP-2023-061	<b>アルゴン推進剤による静電/電磁複合推進機の推力性能向上</b> ○中野 僚太(名大・院)・佐宗 章弘(名大)
	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を用いた推進機の研究に取り組んでおり、陽極先端に推進剤を停滞させるstagnant ring (SR)を設置することで推力性能が向上した。多くの静電加速型推進機において推進剤として用いられているキセノンに比べて、アルゴンは電離衝突断面積が小さくイオン化エネルギーが大きい。ところが、SRを有する静電/電磁複合推進機においては、推進剤としてキセノンを用いるよりもアルゴンを用いることでより高い推力性能が得られた。本講演ではその結果を報告する。
STEP-2023-062	<b>直流アークジェットスラストの性能と長寿命陰極の開発ー太陽系惑星・衛星に存在する二酸化炭素、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ー</b> ○笹井 優衣(大阪産大・院)・飯干 壮馬・平 識湧瑠(大阪産大・学)・池本 凌(大阪産大・院)・田原 弘一(大阪産大)・桃沢 愛(東京都市大)・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)
	直流アークジェットスラストは、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(比推力もそこそこ大きい、作動のオンオフが簡単など)を活かす。さらに、推進剤には主にヒドラジン(N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )が用いられ、化学推進と推進剤を共用できる利点も大きい。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トの作動特性とその高性能化に関する研究について報告する。特に、CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> においてもN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 、NH <sub>3</sub> に匹敵する性能が得られたので報告する。さらに実用化に最も問題となる陰極損耗の低減を新しい材料(窒化ジルコニウム)の使用により目指す。
<b>【大気吸込】</b>	
STEP-2023-063	<b>大気吸い込み式電気推進:PPT, MPD・ホールスラストの基本性能特性</b> ○木村 友則(大阪産大・院)・九里 孝行・菅波 輝哉・神尾 瞭我(大阪産大・学)・田原 弘一(大阪産大)・青柳 潤一郎(山梨大)・池田 知行(東海大)・鷹尾 良行(西日本工大)
	大気吸い込み式電気推進は、大気が存在する惑星・衛星、現状としては地球、火星上空の空気、二酸化炭素をジェットエンジンのように直接吸い込み推進剤に利用する宇宙推進システムである。スペースクラフトは推進剤を搭載する必要がなく、簡便に大気抵抗補償や高度変更、軌道遷移が可能である。特に、十分な大気抵抗補償を可能にする電気推進機としては、ホール・イオンスラスト、MPDスラスト、電磁加速型PPTが有望であると考えられる(DCアークジェットは噴射速度が小さすぎる!)。大阪産業大学では、大気吸い込み式電気推進機として、電磁加速型PPT、MPD・ホールスラストの開発を目指し、基礎的な実験結果と設計指針が得られたので報告する。さらに、大気吸い込み式電気推進機を備えた超小型衛星OSU-5号機の開発構想についても報告する。
STEP-2023-064	<b>大気吸い込み式静電ラムジェット推進機の安定着火条件と定常作動条件の調査</b> ○原田 風真(名大・学)・中村 友祐・佐宗 章弘(名大)
	大気吸い込み式静電ラムジェット推進機は空気を推進剤とするため、地球低軌道における衛星の持続的な抗力補償のために有効な推進機構であると考えられている。本研究においては、高度130kmの大気条件を模擬した大気吸い込み式静電ラムジェット推進機の定常作動条件の調査を行った。電子源の位置と磁場をパラメータとして安定着火条件と定常作動条件を調査した。1.5秒以上の定常作動と放電によるプルームが確認できた。

STEP-2023-065	<b>大気圧縮性能と推進機性能を統合した大気吸込式イオンエンジンの性能調査</b> ○宮 優海(総研大・院)山下 裕介(東大・院)田畑 邦佳・月崎 竜童・西山 和孝(JAXA)
	地球超低軌道上の衛星寿命は高々数年である。これは大気抵抗補償のための推進剤消費が大きく、かつ衛星の推進剤積載可能量には限界があることに起因する。この課題の解決策として大気を取り込み推進剤とする大気吸込式イオンエンジン(ABIE)が提案されている。本研究では大気圧縮部とスラスタ部それぞれの性能を取得・統合してABIEの性能評価を行った。また、ABIE実現の課題の一つである、大気取り込み後の低圧力の改善を行う予定である。
【PPT(1)】	
STEP-2023-066	<b>1 J級同軸パルスプラズマスラスタの陰極チャネルテーパ角度による推進性能評価</b> ○大槻 王宣(梨大・学)山田 昌主(梨大・院)青柳 潤一郎(梨大)
	円筒形状の固体推進剤と陰極、丸棒状の中心軸陽極を同軸上に配置したパルスプラズマスラスタにおいて8 J級PPTにおいてはチャネル部分に30度のテーパを付与することにより、炭素堆積が軽減されインパルスビットが安定する結果が得られた。一方で1 J級PPTにおいては同様のテーパ付与でもインパルスビットは下降傾向であった。そのため本研究ではインパルスビットの安定作動を目的としてテーパ角度をさらに広げ作動試験を行いその結果を報告する。
STEP-2023-067	<b>シート状推進剤供給機構を有する電熱加速型パルスプラズマスラスタの試作評価</b> ○溝井 翔太(都立大・院)西井 啓太・各務 聡(都立大)
	従来の電熱加速型PPT(パルスプラズマスラスタ)は、作動に伴う放電室内径の拡大によりインパルスビットが低下する。この課題の解決のため、シート状推進剤を供給する電熱加速型PPTを提案する。試作機ではインパルスビットの維持が実証されたが、従来よりも推力は小さくなった。製作の都合上、放電室の容積が従来と比較して増大しており、作動時の内圧が小さいことが原因であると考えられた。そこで容積が従来と同程度の放電室を試作し、性能の比較を行うことで、トータルインパルスの向上について検証した。本発表ではこのシート状推進剤を供給する電熱加速型PPTの性能評価の結果を示す。
STEP-2023-068	<b>サマリウムコバルト・ネオジム永久磁石搭載MPDスラスタの作動特性と高性能化ー太陽系惑星・衛星に存在する二酸化炭素、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ー</b> ○新田 直之(大阪産大・学)直本 奏楽(大阪産大・学)南里 優太・吉田 彩乃(大阪産大・院)田原 弘一(大阪産大)桃沢 愛(東京都市大)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(パセット)
	大阪産業大学では、実用的な、永久磁石(サマリウムコバルト・ネオジム磁石)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スラスタの作動特性とその高性能化に関する研究を報告する。特に、CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> においてもNH <sub>3</sub> 、H <sub>2</sub> に匹敵する性能が得られる可能性を述べる。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。
STEP-2023-069	<b>仮想陰極型MPDスラスタの陰極領域の調査</b> ○畑岡 大典(筑波大・院)山崎 拓海・間瀬 風樹(筑波大・院)横田 茂(筑波大)
	近年、宇宙開発における大規模な物資輸送ミッションが計画されており、電気推進機の大出力化が求められている。その中でMPDスラスタは有望なものの一つであるが、陰極の損耗が激しく稼働時間が制限される。そこで我々は、ホローカソードから発生した電子を外部磁場で閉じ込め、陰極として機能する空間を内部に存在させたMPDスラスタを開発した。一方で、この陰極領域は作動によって形状が変化し、その特性が不明なままである。そこでプローブ法を用いて放電室内のプラズマを解析し、仮想陰極領域形状が作動条件によってどのように変化するかを調査したため、それについて報告する。
【PPT(2)】	
STEP-2023-070	<b>超低電力PPTシステムによる動力航行型1Uキューブサット・大阪産業大学OSU-1号機の開発状況と電気推進搭載超小型衛星・探査機の開発計画</b> ○池内 圭輝(OSU太陽系宇宙開発P)郷 隼人・福地 康介・楠田 凌平(大阪産大・学)岡 廉一郎(大阪産大・院)木村 友則・九里 孝行(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)
	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、大気吸い込み式電気推進機をもつ超小型衛星OSU-5の開発構想を紹介する。

STEP-2023-071	<p><b>1Uキューブサット用超低電力電熱加速型パルスプラズマスラスタシステムの性能と耐久作動試験</b></p> <p>○吉野 星海(大阪産大・学)丹圃 大翔・近藤 和希(大阪産大・学)宇根川 琢磨・高桑 嘉浩(大阪産大・院)岡 廉一郎・木村 友則・九里 孝行(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1J・1W以下の超低電力電熱加速型PPTシステム開発の状況を報告する。放電室形状の最適化、長時間作動試験などについて述べる。</p>
STEP-2023-072	<p><b>矩形形状型沿面アーク推進機の性能評価</b></p> <p>○真如 友洋(九工大・院)西岡 和毅(九工大・学)豊田 和弘(九工大)</p>
	<p>九州工業大学ではCubeSatに搭載する推進機として沿面アーク推進機を開発を行っている。沿面アーク推進機は電熱加速型の推進機で、ノイズを抑えるために一定の低電流を流す。また、小型化を図るために固体推進剤を使用している。先行研究では同軸円筒型の推進機として試験が行われてきた。しかし、推進機に対して推進剤が非常に小さい。本研究では、多くの推進剤を搭載するために、矩形形状型の推進機を作成し、推進剤の縦幅や横幅を変更しながら、作動試験を行った。その性能評価について報告する。</p>
STEP-2023-073	<p><b>4 J級同軸型パルスプラズマスラスタの推進性能向上と2 J × 2機並列作動との性能比較に関する研究</b></p> <p>○山田 昌主(梨大・院)手塚 大遥(梨大・院)竹谷 慎二(梨大・学)青柳 潤一郎(梨大)</p>
	<p>4 J級同軸型パルスプラズマスラスタ(PPT)について、推進剤と中心軸となる陽極を一緒に供給する構造にした結果、陽極が損耗せずに推進剤昇華面より突出し、インパルスビットが低下することが分かった。そこで本研究では陽極の位置を固定することで軸の突出を防ぎ、平均インパルスビット117 <math>\mu</math>Nsを5万ショット維持することが確認された。さらに主放電用コンデンサの静電容量を4 <math>\mu</math>Fとした4 J級PPTと同じ静電容量とした2 J級PPTを2機並列で4 J作動させた性能比較も合わせて報告する。</p>