

## -非化学推進 アブストラクト-

&lt;初日&gt;

【DCアーク】会議室A

STEP-2011-001	微小電力化学援用アークジェット推進機 ○浅沼和貴(東海大・院)
	推進剤にアルミニウム混合水を利用するアークジェット推進機の性能予測およびアルミニウムを電極としたアークジェット推進機の動作試験を行った。アルミニウム混合水は、通常推進剤に利用されるヒドラジンなどに比べ常温において安定で取り扱いが容易であり、プラズマで加熱した際にのみ非常に高い温度の発熱反応を生じる。このことから、アークジェット推進機の推進剤に用いることで、高性能・低コストの推進システムを構築できる。本研究では化学平衡計算を用いてアルミニウム混合水を推進剤とする推進機の基本的な推進性能について検討を行い、更にアルミニウム混合水を推進剤とする推進機の作動について実験的に確認および検討を行った。
STEP-2011-002	超音速プラズマ流の亜音速遷移に及ぼす中性粒子衝突の影響 ○赤塚洋(東工大・原子炉研)
	本研究では、希薄気体風洞とアークプラズマ発生装置を用いて、超音速で流れる開放端磁場での低温アルゴンアークジェットプラズマを生成・計測した。その結果、開放端において約10 cmの区間に亘って1V程度の電位降下が見られ、そこで最大マッハ数3程度にまで加速されるが、その後減速に転じる事が判明した。この実験結果を考察すべく1次元流としてモデル化して流速変化を検討した。中性粒子は加速されないためイオン流体としては摩擦の影響が無視できないので、この点をモデルに含めて計算し、減速特性を評価したところ、マッハ数のピーク位置や減速への転換、あるいは電子温度・密度変化などを定性的であるが説明することができた。
STEP-2011-003	開放端磁場を流れる弱電離アークジェットの 粒子モデルシミュレーション ○中萩健志(東工大・院)
	開放端磁場を通過する弱電離ヘリウムアークジェットプラズマの挙動を把握するための数値解析を行う。従来の研究では、プラズマのプロープ測定等の実験的研究が行われたが、理論的な解明が不十分であった。実験の結果、考察対象領域のクヌーセン数Knが最大1程度となることが判明したので、プラズマ中のイオンの扱いは希薄流体と考えるべきであり、粒子モデルを用いることとした。さらに、電離度が低いことから中性粒子もモデルに含めて粒子法で解いた。結果として、開放端で中性粒子及びイオンがマッハ数3程度まで加速されることと、その後の若干の減速過程、温度上昇を捉えた。これは粒子間の衝突によるものと考えられ、詳細は講演にて述べる。
STEP-2011-004	ジメチルエーテルを推進剤として適用したアークジェット推進機の性能評価 ○村上 徹(九工大・工府)
	アークジェット推進機の推進剤として、ジメチルエーテル(DME)の適用を提案してきた。DMEは、無毒で凝固点が高いことからヒータやクライオ機器を用いなくても容易に液体として貯蔵できる。また、適度な蒸気圧を有するため加圧用ガスが不要であり、温度調節により気体として供給することが可能である。これまでに、DMEを推進剤に用いたアークジェット推進機の作動を実証し、高電圧モードと低電圧モードを有していることや窒素よりも高い比推力が得られることを示した。一方で、プルームが振れ回るなど放電が不安定であった。そこで、性能の向上と作動の安定化のために推進機の改良を試みたので、今回はその結果について報告する。
STEP-2011-005	ISSクルー再生処理水を使用した電気推進システムの開発 ○野川雄一郎(アーストラック・コーポレーション)
	アーストラック・コーポレーションと大阪工業大学は水を推進剤とする新たな電気推進システム“WEPS”について共同研究を進めている。電気推進システムのうち、DC アークジェットが軽量化/低電力化の観点で最も適切であると判断した。WEPSデザインコンセプトは既存 DC アークジェットスラスタをベースに構造的には変更を加えず、推進剤を従来のヒドラジンやアンモニアの代わりに“水”に変更する対応となる。さらにこのWEPSを開発するだけにとどまらず、それを利用した小型衛星の開発構想を計画中である。推進剤は、国際宇宙ステーション(ISS)で使用したクルー生活廃水を再生処理した水を利用する。検証燃焼試験の最新状況及び今後の課題を報告する。
STEP-2011-006	15kW級アークジェットの熱設計について ○中田 大将(室蘭工業大学)
	アークジェット(DC・MPD)は静電加速型電気推進に比べ推進効率で劣るものの、極めて小さい電力重量比(kg/kW)を実現できる。既存の材料を用いた場合における熱設計の観点から、定量的にどの程度の電力重量比が可能となるかについて考察する。また、実機を用いたR&Dのアプローチについても言及する。

【原子状酸素】会議室B

STEP-2011-007	イオンスラスタによる高層大気原子状酸素観測に関する研究 ○神田大樹(東大・院)
	地球高層大気中性粒子の大半を占める原子状酸素は宇宙機の材料劣化因子であり、その密度分布の測定は重要な課題である。原子状酸素の観測手法として、イオンスラスタを用いて生成した高速イオンが原子状酸素と電荷交換衝突を起こし生成される、高速中性粒子を観測することにより原子状酸素密度を測定する方法が提案されている。高速中性粒子による原子状酸素密度測定の理論構築と技術習得のため、高密度な原子状酸素が必要であるが、先行研究においては実現できていなかった。本研究ではマイクロ波放電式プラズマ源の放電室内部に着目し、高密度な原子状酸素源であることを確認した。原子状酸素の密度測定に炭素の質量欠損を用いた。
STEP-2011-008	Time of Flightによる原子状酸素エネルギー計測 ○久本泰慶(総研大)
	大気吸込式イオンエンジンは高度180&#8764;250kmの超低軌道を、高層大気を推進剤とするイオンエンジンで大気抵抗を補償する新たなコンセプトの電気推進機である。大気吸込式イオンエンジンは希薄な高層大気を吸込み、放電室では圧力を高めるところに特徴がある。そのため研究する上で超低軌道の大気を模擬するシミュレータが必要不可欠となる。本研究では6cm級のECRプラズマ源を用いて、高度220kmに匹敵する原子状酸素フラックスを生成した。今回の発表ではTime of Flightによって生成された原子状酸素のエネルギー分布計測について報告する。

## 【磁気プラズマセイル】会議室B

STEP-2011-009	磁気プラズマセイル地上実験での推力計測 ○上野一磨 (ISAS/JAXA)
	磁気プラズマセイルは、磁場と太陽風(太陽からの高速プラズマ流)の干渉によって生じる磁気圏を帆とし、その帆の大きさに応じた推力を得ることで宇宙空間を飛翔する次世代宇宙推進システムである。これまでの実験では、磁気圏のプラズマアシストによる拡大を実証し、磁気圏拡大を用いない動作条件、いわゆる磁気セイルの推力評価を行なった。今後は磁気圏拡大による推力増大の計測を目指している。本発表では、その推力増大を計測するために行なっている磁気プラズマセイルの推力計測実験の現状について報告する。

STEP-2011-010	全粒子シミュレーションによる磁気プラズマセイル推力解析 ○芦田康将(京大・院)
	磁気セイルは、宇宙機から磁場を発生させ、超音速のプラズマ流である太陽風との相互作用により人工的な磁気圏を形成することで推力を発生させる。さらに磁気プラズマセイルでは、宇宙機からのプラズマ噴射によって磁気圏を拡大し、推力を増加させることができると期待されている。本研究では小型実証機を想定した2次元Full-PICシミュレーションを実施し、噴射パラメータによる推力増加の違いを検討し、最大で5倍の推力増加が見込めるパラメータ設計をおこなった。また2次元、3次元シミュレーションによる磁気セイル周りのプラズマ現象の違いを検討した。

## 【プレナリー】

STEP-2011-013	Grobal Exploration Roadmap ○佐藤直樹(JAXA)
	2020年以降のポストISSに向け、世界宇宙機関は最終ゴール「有人火星探査」へ至る技術開発の検討を行なっている。JAXAが中心となってISECG(International Space Exploration Coordination Group)として、月または小惑星にて技術研鑽を行うロードマップ(GER: Geobal Exploration Roadmap)が取りまとめられた。各種ある技術案の中、電気推進による貨物輸送は有望で意義ある方式と目されている。本発表にて世界動向を概説する。

## 【ホールスラスト】会議室A

STEP-2011-014	磁場形状によるホールスラストの推進性能と寿命の改善に関する数値解析 ○張科寅(東大・工・院)
	電気推進機の中でもホールスラストは高効率、高推力密度を達成でき、世界中で注目されている。他の電気推進機と同じく、数千時間にわたる長時間作動が必要であるため、推進機の長寿命化が今後ますます重要となっている。しかしながら長時間耐久試験を行うことは非常に高コストとなるため、数値解析によるシミュレーションが必要不可欠である。一般にホールスラストの寿命は、放電室壁面のイオンスパッタリングによる損耗がボトルネックとなっており、放電室内の磁場形状に大きく依存することが知られている。そこで本研究では、推進機性能や寿命の改善を目指して、異なる磁場形状での放電、寿命シミュレーションを行った。

STEP-2011-015	ホールスラストの高電圧・高比推力作動特性 ○杉本成(大阪工大・工・院)
	ホールスラストの高比推力化(3000秒以上)は世界の趨勢であるが、日本ではまだ実現されていない。本研究では放電電圧をこれまでの200-400Vから500-1200Vまで上げることにより、高比推力域の作動特性を取得した。当然、放電安定性と加速チャンネル壁の損耗が問題であり、それらと高比推力特性との関係を明らかにする。さらに2次元Hybrid-PICコードを用いて、高比推力作動時の加速チャンネル内部プラズマ状態の物理的解明、加速チャンネルの侵食と作動の関係、放電室の材質を変化させた時の性能特性のシミュレーションを行い実験結果と比較検討する。

STEP-2011-016	超小型月探査機搭載用シリンダリカル型ホールスラスト”TCHT-5”の研究開発 ○池田知行(大阪工大・工・院)
	近年、質量が50kg以下の超小型人工衛星の開発が世界各地の企業・教育機関で盛んに行われている。しかし推進機を搭載した超小型人工衛星は極少数であり、その中でも惑星探査のような長期にわたるミッションを行うことが可能な衛星は皆無である。大阪工業大学では超小型人工衛星の新たな可能性を広げるため、2010年より低電力領域において30~40%程度の高い推進効率を得ることが出来、かつ小型化が容易なシリンダリカル型ホールスラスト(Cylindrical Hall Thruster: CHT)を搭載した50cm級の超小型月探査機の開発を行っている。ここでは搭載するCHTの最適設計を行うために製作した、放電室長および磁場形成用磁石の位置をフレキシブルに変更できる構造を持つ新型スラストTCHT-5について紹介する。

STEP-2011-017	In space propulsionとしての大型ホールスラストの検討 ○山本直嗣(九大・総理工)
	ホールスラストはロシアで開発が進められた電気推進機のひとつであり、その特徴として、コンパクトで長寿命化が期待できる点である。日本においても大阪工業大学が1 kW級、東京大学が2 kW級、三菱電機(USEF)が4.5 kW級のアノードレイヤ型を開発実績があり、性能もロシアのスラストと遜色ない。大工大や東大での研究成果を元に、従来よりも軽く、安定作動範囲の広い、長寿命な20kW級アノードレイヤ型ホールスラストの開発の可能性を検討する。

## 【ヘリコン】会議室B

STEP-2011-018	誘導結合プラズマを用いた回転磁場型無電極電気推進機の試作 ○榎伯仁(名大・工・院)
	電気推進機の電極に起因する問題を解決すべく、近年無電極電気推進機が研究されている。本研究では、プラズマ源に誘導結合プラズマを、加速には回転磁場を用いた無電極電気推進機を試作し、その作動特性を調べ、プラズマ診断を行った。
STEP-2011-019	回転電界を用いた無電極プラズマスラスタにおけるプラズマ排気流の計測 ○中村隆宏(東京農工大・工・院)
	これからの長距離、長期間の宇宙ミッションでは、より高効率、長寿命な電気推進が必要不可欠である。プラズマの生成・加速過程でプラズマと電極が直接接触しない無電極プラズマスラスタは、長寿命な電気推進を実現するひとつの方法である。本研究ではヘリコンプラズマ源と回転電界を用いた無電極プラズマスラスタを提案し、スラスタを模擬した実験装置においてプラズマの加速実験を行っている。加速パラメータを変化させた際のプラズマの排気流をマッハプローブで計測し、プラズマ加速に与える影響を明らかにする。
STEP-2011-020	無電極電気推進の推力計測システムの開発 ○松岡健之(ISAS/JAXA)
	宇宙航行用のための長寿命の電気推進器開発において性能評価は必須である。このためには推進器からの推力を計測する必要がある。講演ではJAXAで開発中の高周波を用いた推進器の一種であるリサーチ加速を用いた推進システムと推カスタンドの開発について紹介する。

## 【MPD】会議室A

STEP-2011-021	定常・外部磁場印加型・矩形加速領域MPDスラスタの作動特性 ○市原大輔(名大・院)
	近年、将来の宇宙ミッションのための大推力・高比推力推進機の開発が行われている。中でも大電力MPDスラスタは有力候補である。そこで我々は定常・外部磁場印加型・矩形加速領域MPDスラスタの開発を行った。矩形形状としたのは、電磁推力の向きと排気方向を一致させるためである。この推進機について、性能評価を行った。その結果、比推力766秒において最高推力効率2.8%を得た。この推力効率を分析したところ、推力は理想的な電磁推力に対して低磁場領域では一致するものの、高磁場領域では最大50%下回った。また、放電電圧に対して逆起電力は10%程度であることが分かった。今後更なる効率解析を行い、性能向上を目指す。
STEP-2011-022	磁場重畳型MPDTに対する磁気ノズル形状効果 ○渡部 博(東北大・工・院)
	有人惑星間航行用のエンジンとして、大推力・高比推力の電気推進機が必要とされている。電気推進機の中でも推力が大きいMPDT(MPD Thruster)では磁気ノズルを印加することにより、ホール加速やスワール加速などの効果が得られ、推進性能が向上する報告がなされている。我々が用いているMPDTには出口部近傍に小型磁場コイルが設置されており、強い磁気ノズルが印加可能であり、磁気ノズルによる推進性能向上に向けた研究を行っている。本研究では、MPDTに印加する磁場の強度や印加位置を変化させることによる推進性能と生成されるプラズマ流に対する効果について報告する。
STEP-2011-023	高出力電気推進における電磁加速の位置付け ○佐宗章弘(名大)
	従来電気推進は、電熱／電磁／静電加速と大別されてきた。しかし、電磁加速は、静電加速の一形態とみなせるのではないだろうか。原理とデバイスを区別して考え、大電力電気推進への適性について議論する。
STEP-2011-024	外部磁場印加型マイクロ波励起マイクロプラズマスラスタの放電開始および電磁加速機構に関する検討 ○川那辺哲雄(京大・工・院)
	著者らはこれまでに超小型衛星用の外部磁場を印加した電熱加速型マイクロ波励起プラズマスラスタの研究開発を行ってきた。本研究ではこれを電磁加速型へと発展させ、より高性能化を目指すために、様々な磁場形状を用いて放電開始および荷電粒子の電磁加速機構に関する初期検討を行う。本スラスタは複数の永久磁石で作られるミラー磁場によって電子を閉じ込め加熱し、プラズマ源から逃げる高エネルギーの電子によって生じる両極性電場によってイオンを加速させ推力を得る。
STEP-2011-025	直交外部磁場型2次元MPDスラスタの電極間形状による推力の変化と放電プラズマの発光 ○田窪将也(横浜国大・院)
	高比推力と大推力を両立する大電力電気推進機としてMPDスラスタが有力な候補と考えられる。しかしながら自己誘起磁場型のMPDスラスタは高効率を達成するために数MWの電力を必要とするため近い将来に実用化することは困難である。また同軸形状の外部磁場印加型MPDスラスタの研究も行われているが電磁加速の方向が直接排気方向を向かないため設計の最適化が難しい。本研究では放電電流に直交する外部磁場を印加した2次元MPDスラスタを数十～数百kWの低電力で高効率作動させることを目指す。今回は電極間形状が可変のスラスタを設計製作し、電極間形状によって推力がどのように変化するかを調べ、またこの時の放電プラズマを高速度カメラで撮影した。

## 【レーザー】会議室B

STEP-2011-026	<p>コイル磁場とレーザー生成プラズマの相互作用によるインパルス生成に関する数値解析 ○三輪祐大(九大・工・院)</p>
	<p>レーザー核融合ロケットの推進原理である電磁加速機構の実証のために、コイル磁場とレーザー生成プラズマの相互作用によるインパルス生成について数値解析を行った。プラスチックターゲットにレーザーを照射しプラズマ化する過程を大阪大学の放射流体シミュレーションコードで解析し、それと九州大学3次元ハイブリッド粒子シミュレーションコードを利用して、コイル磁場中のプラズマ挙動とコイルにかかるインパルスを解析した。ターゲットの形状(球、球殻、半球殻、薄膜、半球殻+薄膜)ごとの得られたインパルスの特性とプラズマの挙動について報告する。</p>
STEP-2011-027	<p>細い管内でのレーザー支持爆轟波の可視化と数値解析的考察 ○嶋村耕平(東大・新・院)</p>
	<p>電離波面及びレーザー支持 detonation (LSD) の伝播速度は、推進機の推力発生メカニズムに大きな影響を与える。レーザープラズマと衝撃波の伝播速度が遅い領域では、衝撃波誘起による電離は起こりえず、流体力学的な現象に比べて、電離波面の光電離に起因するプロセスが支配的であると考えられている。本研究では、電離波面の挙動による空力的な流れ場(衝撃波など)の形成を明らかにするため、LSDを細い管内で発生させた。また、マイクロ波プラズマにおいても衝撃波の伝播速度が遅いため、同様の現象が detonation 波面近傍で起きていると考えられている。マイクロ波プラズマによる衝撃波駆動を再現する一次元CFDと可視化実験結果を比較した。</p>
STEP-2011-028	<p>リードバルブによる吸気機構を取り付けたマイクロ波ロケットの飛行性能解析 ○福成 雅史(東大・新・院)</p>
	<p>空気吸い込み式マイクロ波ロケットは宇宙開発の低コスト化を実現する次世代の打ち上げ機として期待されている。本研究では吸気機構としてリードバルブを用いた空気吸い込み式マイクロ波ロケットの推力モデルを開発した。また開発した推力モデルを用いて打ち上げ軌道解析を行い最適な軌道、マイクロ波のビームパワー、ペイロードについて調べたので結果を報告する。</p>
STEP-2011-029	<p>線図を用いたレーザー支持 detonation 特性の検討 ○白石裕之(大同大・工)</p>
	<p>レーザーに支持される detonation (Laser-supported detonation, 以下LSDと略記)は言うまでもなくレーザー宇宙推進システムにおいては最重要現象の一つであるが、初期的検討では一般の detonation (化学 detonation) に類似の現象として扱われる事が多い。本発表では、LSDと化学 detonation との伝播特性における相違点について、数値シミュレーション結果およびそれらに基づいた線図により考察を加える。</p>
STEP-2011-030	<p>アルミニウム表面への高繰返しレーザーパルス照射における力積特性 ○原田翔太(名大・工・学)</p>
	<p>スペースデブリの除去方法の一つとしてレーザーアブレーションによる除去が有望視されている。低軌道を周回するデブリにレーザーを照射し、アブレーションジェットの影響で力積を発生させ、軌道を変更して大気圏に再突入させるというものである。現在、用いるレーザーの最有力候補は、高出力高繰返し周波数のパルスレーザーといわれているが、kHzオーダーでレーザーパルスを同一力所に繰返し照射した場合の力積が計測された例はこれまでなかった。そこで、本研究では、アルミニウム表面にNd:YLFレーザー(10kHz, 7ns)を照射したときの力積を、振り子式力積スタンドを用いて測定し、パルス数、周波数、フルエンスを変化させたときの力積特性を調査した。</p>

## &lt;2日目&gt;

## 【イオンエンジン-1】会議室A

STEP-2011-031	マイクロ波放電式イオンエンジン $\mu$ 10におけるスクリーングリッド・放電室間絶縁による性能変化 ○月崎竜童(東大・院)
	マイクロ波放電式イオンエンジン $\mu$ 10は、直流放電式イオンエンジンとは違い、放電室—スクリーングリッド間は等電位に保持されている。放電室—スクリーングリッド間を絶縁し、いずれか片方に直流電源をつなげたところ、いずれの場合も放電室側の電位がグリッドに対して数十V上昇し、ビーム電流が向上した。この事実から、従来のイオンエンジン内部ではビーム電流のカウンターパートである電子電流は全てスクリーングリッドで行われており、放電室ではイオン電流を収集していることが判明したので報告する。
STEP-2011-032	EOプローブを用いたマイクロ波放電式イオンエンジン $\mu$ 10の電界測定 ○伊勢俊之(東大・工・院)
	非金属であるEO結晶を利用した光ファイバセンサをマイクロ波放電式イオンエンジンの電界測定に適用することにより、マイクロ波電界を乱すことなくエンジン内部の電界分布を測ることに成功した。加速状態を流量を調節することで模擬し、 $\mu$ 10内部の電界分布を測定した。大流量時の $\mu$ 10の推力低下と電界分布の変化を結びつけること及び、推進剤投入方法を変えた際の電界分布の変化を取ることを目標とする。
STEP-2011-033	マイクロ波放電式中和器のイオン電流測定 ○大道渉(東大・工・院)
	マイクロ波放電式イオンエンジン $\mu$ 10中和器は「はやぶさ」の運用において中和器の耐久性向上の必要性が明らかとなった。先の性能低下メカニズムの研究により原因は明らかになってきたが、その性能低下の進行を定量的に評価する試みは行われていなかった。今発表においては、性能低下の定量的評価を目的として、中和器の内部損耗にかかわるキセノンイオンスパッタリングによって中和器に流入するイオン電流を測定した結果を示す。
STEP-2011-034	深宇宙探査技術実験ミッションDESTINYのミッションモジュール初期検討 ○西山和孝(ISAS/JAXA)
	小型科学衛星3号機へのミッション提案を目指して検討中の深宇宙探査技術実験ミッションの概要と、その中の実験項目であるイオンエンジンミッションモジュールの検討状況について述べる。
STEP-2011-035	直流放電型中型イオンエンジンの研究開発状況 ○長野寛(ARD/JAXA)
	ARD/JAXAでは、きく8号等に搭載した20mN級のイオンエンジンの性能向上を目指し、当面は超低高度衛星の大気抵抗補償をターゲットとして、電力推力比の低減、長寿命化、原子状酸素耐性向上、電気系(電源、コントローラ)の小型軽量高効率化などの研究を実施中である。電力推力比の低減については動作点の選定により25W/mNを達成できることを確認した。長寿命化については加速電極電圧を引き下げることで寿命25,000時間の可能性があることを確認した。原子状酸素耐性については、陰極について評価中であり、第一段階のペレットサンプルを用いた分析試験では良好な結果を得た。電気系については、試作試験を実施中である。ここでは、それらの研究状況を報告する。
STEP-2011-036	可視化イオンエンジンにおける中性粒子分布計測の試み ○中山宜典(防衛大)
	イオンビーム軌道計算コードはイオンエンジン寿命評価の基幹である。イオンビーム軌道計算におけるシース面やイオン流の数値モデル検証には、可視化イオンエンジンにおいて取得した計測データが利用できるようになってきている。一方、イオンビーム軌道計算において必要な中性粒子流の数値モデル検証に対しては、実験的にはほとんどできていない。そこで、多角的評価が比較的行きやすい2次元可視化イオンエンジンに対して、中性粒子分布を計測する試みを開始した。本報では、その結果および問題点を報告する。

## 【テザー】会議室B

STEP-2011-037	軌道環境変化に対応した導電性テザー用電界放出カソードの電流電圧制御 ○村田文彦(静岡大・工・院)
	スペースデブリ除去技術の開発を目指して、エレクトロダイナミックテザー(EDT)システムの研究開発を行っており、その電子放出源としてカーボンナノチューブを用いた電界放出型カソード(FEC)を採用している。EDTシステムの安定動作には軌道環境の変化に対応できるFECからの安定した電子放出が重要である。本研究では、FECの電極間電圧制御を行うことで放出電子の一定電流レベルでの動作を目指した新たな制御プログラムを導入し、いくつかの軌道条件下を模擬した電位条件でのFECの動作試験を実施した。ここではFECの電極間電圧制御による放出電流のバラつき抑制等の制御の効果及び安定性に関する評価結果を報告する。
STEP-2011-038	電界放出電子源の小型化と動作特性取得 ○田中善信(静大・工・学)
	各種電気推進やエレクトロダイナミックテザー等への適用が期待される電界放出電子源(FEC)について、その搭載性向上のための小型化及び適正動作点の確認を行った。従来品より部品点数を減らし、電子放出性能に影響を与えることなく小型化することを目指したFECを試作し、その基本動作特性を取得した。FECの性能はその電極構成・配置によって大きく影響され、またFECの性能を向上させるためにカーボンナノチューブ(CNT)エミッタ上にマスクが配置されてきた。本研究は主として、高さ方向に不均一性を持つCNTエミッタとマスク間の距離をパラメータとして実験を行い、その結果を報告する。

STEP-2011-039	<p>エレクトロダイナミックテザー用電界放出カソードの電位条件と電子放出性能に関する研究 ○松本拓也(静岡大・工・院)</p> <p>地球軌道上に存在するスペースデブリが宇宙開発の妨げになっており、この対策としてエレクトロダイナミックテザー(EDT)を利用したデブリ除去システムが検討されている。現在JAXAでは、EDT用電子放出源として電界放出型カソード(FEC)の開発を行っており、FECの電子放出性能は、プラズマ密度やテザー姿勢、地球磁場等の変化によるEDT電位条件の変化の影響を受けることが分かっている。本稿では、FECの電子放出面の電位条件に着目して解析を行い、FECの電位条件と電子放出性能の関係について評価した結果について報告する。</p>
STEP-2011-040	<p>導電テザーによるロケット実験及び数値解析との比較による荷電粒子収集理論の検証 ○高木暁生(静大・工・院)</p> <p>現在、推進剤を必要としない様々な推進方法が研究されており、その中で、導電テザーと呼ばれるワイヤに流れる電流と地球磁場の相互作用により推力を得る方式が注目されている。テザーに電流を流すためには軌道上のプラズマから荷電粒子を収集、放出する必要があり、収集理論として軌道運動制限(OML)理論が提唱されているが、等方、静止プラズマに関する理論のためプラズマとテザー間に相対的な流れがある場合は適用できない可能性があり、実際に軌道上でOML理論が適用可能か検証する必要が生じ、2010年夏に観測ロケットによる実験が行われた。本研究ではその実験結果と数値解析結果を比較し、OML理論の適用範囲について検討する。</p>
STEP-2011-041	<p>エレクトロダイナミックテザー(EDT)を搭載した超小型衛星の軌道運動と姿勢に関する数値解析 ○吉村尚倫(静大・工・院)</p> <p>近年、超小型衛星が低予算・短期間で開発ができることから、大学教育や商業利用の分野で活発になっており、超小型衛星に搭載できる高効率の推進方法が求められている。EDTは、導電性テザーに電流を流し、地球磁場との相互作用によるローレンツ力を利用する推進方法で、推進剤を殆ど使わない高効率の推進方法として、スペースデブリの廃棄や人工衛星の軌道保持などに利用できるとして期待されている。EDTを搭載した超小型衛星の1年の運用を想定し、運用期間中の軌道保持と観測機器に影響を与える姿勢変化、および運用後の衛星破棄性能を解析により求めた結果について報告する。</p>
<b>【プレナリー】</b>	
STEP-2011-042	<p>はやぶさ2イオンエンジンの開発 ○細田聡史(JSPEC/JAXA)</p> <p>2014年の打ち上げを目指して検討中の「はやぶさ2」向けイオンエンジンシステムの開発状況について述べる。</p>
STEP-2011-060	<p>2015 IEPC Japanに向けて ○竹ヶ原春貴(首都大)</p> <p>現在、検討されている2015年IEPC (International Electric Propulsion Conference)の日本開催に関し、その経緯、概要(案)についてご説明する。あわせて、開催地決定までの今後のスケジュール、準備作業等についてご提案する。</p>
<b>【イオンエンジン-2】会議室A</b>	
STEP-2011-043	<p>小型イオンエンジンに対するJIEDIコードの適用と求解速度の向上 ○中村祐輔(九大・工・院)</p> <p>現在、イオン加速グリッド耐久用数値解析ツール(JIEDI)の持つ課題として、求解速度の向上が挙げられる。そこで、本研究室で開発が進められている小型イオンエンジンにJIEDIコードを適用し、半径方向の分割数、メッシュの削減割合について検討を行った。半径方向の分割数については、分割数を24以上とした場合、アクセルグリッドのスパッタ原子数はある値に収束することが明らかとなった。さらに、JIEDIコードの求解速度の向上を目的とし、ICCGソルバーの並列化を行った。得られた結果を報告する。</p>
STEP-2011-044	<p>Low Power Multicusp Confined Microwave Plasma Ion Thruster and Neutralizer: Design, Simulation and Optimization ○Indranuj Dey(九大)</p> <p>A miniature microwave plasma source is proposed, utilizing a magnetic multicusp<sup>1</sup> confinement scheme for low power space propulsion application<sup>2</sup>. The multicusp provides high degree of radial confinement, helping in the trapping of energetic electrons in the discharge volume<sup>3</sup>, thereby enhancing both ion generation for the thruster and electron current output for the neutralizer. In this work, design and simulation studies to optimize the ‘wave launch antenna &amp;#8211; multicusp’ configuration is carried out with an intended target of about 6–12 mA electron current at an input microwave power of 2 W and Xe mass flow rate of 0.005 mg/s.</p>
STEP-2011-045	<p>イオンエンジングリッド電流解析における放電室電子モデルおよび中性粒子反射モデルの影響 ○杉山仁志(岐阜大・工・院)</p> <p>JIEDIコード開発プロジェクトにおいてこれまで行ってきたFull-PICコード解析では、中和電子の速度非平衡性を明らかにし、グリッド電流への影響を評価してきた。本報告では、放電室電子が速度非平衡性を持って流入する場合に電位およびイオンビーム形状を通じてグリッド電流へ与える影響について報告する。また、異なる中性粒子壁面反射モデルが中性粒子密度を通じてグリッド電流へ及ぼす影響についても報告を行う。</p>

STEP-2011-046	マイクロ波放電式小型イオンスラスタの両極性作動におけるビーム中和の検証 ○杉田裕人(静岡大・工・学)
	JAXA/ISASにおいて提案された1cm級小型マイクロ波放電式イオンスラスタ:μ 1では、推進機(イオン源)と中和器(電子源)の双方に同設計のプラズマ源を適用する新しいシステム、両極性作動システム、を可能にしている。両極性作動システムでは、イオン源として使用していないμ 1を電子源として使用することにより、搭載重量を大きく軽減できる。このシステムではイオン源と電子源が任意の位置に設置されるが、このとき噴射したビームが中和され安定化したプラズマ状態になっているかは明らかではない。そこで本研究では、μ 1の噴射ビーム中でのプラズマ計測を行い、ビーム中和の検証を行う。

## 【イオンエンジン-3】会議室A

STEP-2011-047	小型マイクロ波放電式イオンスラスタによるドラッグフリー制御に関する研究 ○泉雄大(静大・工・院)
	現在、複数の衛星を用いたフォーメーションフライトによる宇宙空間での重力波検出計画が展開されている。宇宙空間で重力波を検出するためには、それぞれの衛星の位置関係を精密に制御し、フォーメーション維持をする必要がある。したがって、フォーメーション維持の障害である太陽輻射圧や空力抵抗を減衰するドラッグフリー制御用のスラスタの搭載が不可欠となる。ドラッグフリー制御用のスラスタの要求として、幅広い推力可変範囲、 $0.1\mu\text{N}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下の低推力ノイズなどが挙げられる。これらの要求項目に対して、小型マイクロ波放電式イオンスラスタの性能を調査し、ドラッグフリー制御用スラスタとしての利用を検討する。

STEP-2011-048	小型RFスラスタへのC/Cグリッド適用検討 ○中林拓也(首都大・院)
	イオンスラスタの寿命制限要因として静電加速を行うグリッドの損耗が挙げられる。そこで、高い耐スパッタ性と低熱膨張率を達成している炭素複合材(C/C)グリッドの研究が広く行われている。本研究では、これまで使用してきたモリブデングリッドからC/Cグリッドへ移行するため、ビーム径3.5cmのC/Cグリッドを試作し、小型RFスラスタへ適用することでグリッドの評価を行った。発表では、グリッドの設計、探針法による内部プラズマ診断および性能評価実験の結果について報告する。

STEP-2011-049	JIEDIコードの2価イオン・複数孔への対応 ○中野正勝(産技高専)
	イオン加速グリッドの損耗解析を行うJIEDIコードに改良を加え、2価イオンを含むイオンビームや複数孔領域の解析を可能にしたので、計算例を交えながら報告を行う。また、JIEDIコードの中核をなす3次元イオンビーム軌道計算コードOPTJについても今後の利用形態も含めて報告する。

STEP-2011-050	大型イオンエンジンμ 20のプラズマ点火特性について ○足立文也(横浜国大・工・院)
	宇宙科学研究所では兼ねてより深宇宙探査機への搭載を目指して大型イオンエンジンμ 20の研究、開発が行われてきた。μ 20は地上試験においてはすでに一万時間の作動を確認されているが、そのμ 20におけるプラズマ点火特性については未だ詳細にはわかっていない。そのため、μ 20のプラズマ点火特性の評価は今後の開発課題の一つであり、その課題をクリアする必要がある。現在ではすでにプラズマ点火特性評価に関する実験を行っており、今回はその現状について発表する。

STEP-2011-051	DubaiSat-2へのマイクロ波放電式中和器の応用 ○小泉宏之(東大・工)
	JAXAが現在進めている500mA級マイクロ波放電式中和器のドバイサット2号機における低軌道宇宙実証試験計画の報告を行う。同中和器は、はやぶさで使用されたイオンエンジンμ 10の130mA級マイクロ波放電式中和器を大型エンジンμ 20用として電子放出能力を500mAまで高めた中和器である。ドバイサット2号機は2012年に打ち上げ予定であり、韓国のホールスラスタを搭載し、大気補正や姿勢制御などを通じて実証試験を行う。本マイクロ波放電式中和器はこの韓国ホールスラスタ用の中和器として使用される。2008年からこれまでに数度の噛み合わせ試験を行っており、現在はサブシステムを含めてFM開発の完了に向けて動いている。

## 【PPT-1】会議室B

STEP-2011-052	PPTを用いた小型衛星の編隊飛行に関する軌道設計 ○班太郎(東大・工・院)
	イリジウムフレアに代表される衛星フレアをエンターテイメント目的に活用するために「能動的フレア衛星」を提案する。能動的フレア衛星には太陽光を地上に向けて反射するための鏡および軌道制御用の電気推進器を備える。本研究においては、この電気推進器としてパルス型プラズマスラスタ(以下、PPT)を採用する。能動的フレア衛星は単機での運用に加え、複数機をコンステレーションとして運用することで、より多彩な表現が可能となる。推力が極めて小さくパルス作動であるPPTを用いることで微細な軌道制御が可能となる反面、制御に要する時間は長大なものとなる。したがって長時間連続作動が可能なPPTの開発が能動的フレア衛星の実現には不可欠である。

STEP-2011-053	超小型衛星搭載用真空アーク推進機の基本性能 ○中本昌芳(九工大・院)
	超小型衛星搭載用真空アーク推進機の基本性能をインパルスビット計測、マスショット計測、排気速度計測をもとに評価した。

STEP-2011-054	ジメチルエーテルを推進剤に用いたPPTの性能に与える充電エネルギーの影響 ○岡田輝政(九工大・工・院)
	固体テフロンを推進剤とした従来のパルス型プラズマ推進機(PPT)は、小型・軽量・低消費電力という長所を持つ一方で、放電後も推進剤が昇華により流出し、比推力が低くなっていた。そこで、本研究では、液化ガスの一種であるジメチルエーテル(DME)を推進剤に用いることを提案する。DMEは、凝固点が低く適度な蒸気圧を有するため、ヒータや加圧ガスが不要となり構造の簡素化が可能になる。また、噴射器により最適な量の推進剤を供給することで比推力を向上することができる。今回、充電エネルギーを39 Jまで変化させてDMEを約20 $\mu$ g噴射したところ、充電エネルギーに伴って推力は増加し、比推力は39 Jのときに最大となり3540 sとなった。
STEP-2011-055	Plasma Diagnostic Measurements in the Plume of a PPT ○Tony Schönherr(東大・工)
	Mach-Zehnder interferometry and emission spectroscopy were applied to the discharge plasma of a PPT to study on the plasma parameters as a function of time, space and thruster configurations. Additionally, this study presents the results of induction probe measurements at IRS for the same PPT.

**【PPT-2】会議室B**

STEP-2011-56	大阪工業大学・超小型衛星プロイテレス1号機・2号機搭載用パルスプラズマスラスタシステムの開発研究 ○木咲秀彌(大阪工大・工・学)
	大阪工業大学・超小型人工衛星PROITERES搭載用の電熱加速型パルスプラズマスラスタシステムFMの最終開発状況、試験状況を報告する。スラスタヘッド本体の形状決定・性能特性、電源システムFMの設計製作・作動試験、衛星電源とのかみ合わせ試験、衛星総合電気試験について発表する。さらに、2010年11月より、「電気推進ロケットエンジン動力飛行型地球観測小型実用衛星」であるPROITERES衛星2号機(想定質量50kg)の研究開発がスタートした。衛星2号機では地球観測実用衛星の開発を目指し、大量生産可能な汎用衛星バスを研究開発する。特に、PROITERES衛星シリーズの目玉である、電気推進ロケットエンジンを搭載することにより、迅速に目的地上空に移動し地球観測を行う。電気推進には衛星1号機に搭載したパルスプラズマスラスタを採用し、その大電力化(20-30Wクラス)と固体推進剤テフロン的大量供給装置の開発を行う。ここでは、衛星2号機搭載用パルスプラズマスラスタの概要について紹介する。
STEP-2011-57	大阪工業大学・電気推進ロケットエンジン搭載超小型衛星プロイテレス1号機、2号機の開発とインドISROと ○恵上直樹(大阪工大・工・学)
	大阪工業大学・電気推進ロケットエンジン搭載小型スペースシッププロジェクト(Project of OIT Electric-Rocket-Engine onboard Small Space Ship (PROITERES:プロイテレス))では、電熱加速型パルスプラズマスラスタによる動力飛行と、高解像度カメラを使った淀川流域の写真撮影(環境観察)を目的とした超小型人工衛星の開発を行っている。インド側の事情により衛星打ち上げが2012年後半に延期されたが、その最新準備状況、インド側との安全性に関する技術的検討内容などについて報告する。また、次期プロイテレス2計画「電気推進ロケットエンジン動力飛行型地球観測小型実用衛星」開発・打ち上げについても紹介する。
STEP-2011-58	大電力パルスプラズマスラスタ研究開発に向けての考察 ○青柳潤一郎(首都大)
	パルスプラズマスラスタ(PPT)は固体推進剤を利用することから、推進システムの大幅な簡素化、高信頼性化が可能であり、その性能レベルから今後多様化と思われる地球近傍ミッションにおいては有力な搭載候補となりうる。首都大学東京および大阪工業大学ではこれまでに充電エネルギー75J以下のPPTについて研究開発を行ってきた。本発表ではこれらPPTを中心にした推進性能の特徴・傾向をレビューし、数100W~kW級PPTを想定した際の推進性能予測を試みる。また大電力PPTによるミッション適用提案を行い、その有用性を検討する。さらにPPTの各構成要素に対する要求性能と技術課題を明らかにし、今後の研究方針を得る。
STEP-2011-59	平行平板型PPTの磁場印加による性能評価実験 ○進藤崇央(首都大・院)
	パルスプラズマスラスタ(PPT)には、そのインパルスビット(1shot当たりの力積)が電磁加速力を主とするものと、電熱加速力を主とするものの2種類が存在する。電磁加速力を主とする平行平板型PPTでは、その推進性能が電極間に形成される放電プラズマ(カレントシート)の仕事に大きく影響される。本研究では、平行平板型PPTのカレントシートの仕事に寄与する磁場のベクトルを変えることにより、推進性能を変化させ、その評価を行った。

**【スパッタリング】会議室B**

STEP-2011-011	Xe+ビーム照射による炭素スパッタ収率の評価 ○村松賢一(同志社大・工・院)
	イオンエンジンのグリッド損耗評価には詳細なXe-Cのスパッタデータが必要であり、他研究チームにおいても研究が進められている。しかし報告されているスパッタ収率には、中性Xe、Xe++によるスパッタや、Cの再堆積が影響を与えている可能性がある。本研究では、Xe+のみを質量分離したビームによる炭素スパッタ収率の入射エネルギー依存性の評価を行う。炭素薄膜をQCMセンサー(水晶振動子微量天秤)上にスパッタ成膜したものをターゲットとし、Xe+ビーム照射中の質量損からスパッタ収率を算出する。
STEP-2011-012	アモロファス炭素表面におけるXeイオン照射によるスパッタリングのMDシミュレーション ○村本哲也(岡山理科大)
	現在、開発が進められているイオンエンジンのグリッド耐久認定用数値解析ツールにおいて、グリッドの損耗や変形をもたらす低エネルギー範囲でのスパッタリング・再付着現象に関する情報が必要とされている。損耗を経た炭素材料表面はアモロファス化することが予想されることから、今回はアモロファス炭素表面におけるスパッタリング過程を調べるために行った分子動力学シミュレーションについて報告する。