

国立大学法人 九州工業大学

宇宙環境技術研究センター

年次報告書 第4号

2009年4月

Annual Progress Report 2008



La SEINE

**Laboratory of Spacecraft Environment
Interaction Engineering**

緒言

九州工業大学宇宙環境技術研究センターの2008年度の活動内容を報告書にまとめましたので、皆様にお送りいたします。

NEDOグラントの支援を受けて進められてきた太陽電池アレイ帯電・放電試験の国際標準化プロジェクトは2008年度に終了し、1年半という非常に短い期間中にISO規格の一步手前のDraft International Standard迄到達しました。そして2008年6月には規格成立後の改訂を見越した第二次プロジェクトが同じくNEDOの産業技術研究助成事業に採択されました。更に米国と中国の衛星搭載太陽電池パネルの帯電放電試験を実施し、本センターは衛星帯電に関する世界的中核研究・試験機関としての役割を果たしつつあります。また、超高速衝突においてもJAXA・宇宙企業からの試験受託実績を積み重ねています。

センターが衛星帯電放電試験を行なった「いぶき」(GOSAT)が2008年1月に無事に種子島宇宙センターより打ち上げられました。打ち上げ後は、これまでに打ち上げられた「だいち」・「はやぶさ」・「ひまわり7号」・「きらり」・「きく8号」・「きずな」等と同様に、衛星電源系は順調に動作しています。

文部科学省の教育研究特別経費「宇宙材料複合劣化研究プロジェクト」では、原子状酸素照射試験装置が稼働を始めました。また衛星帯電と超高速衝突の複合試験を可能にするプラズマガンの開発も進んでいます。今年度は新たに二次・光電子放出係数測定装置と熱光学特性測定装置が納入され、宇宙環境曝露後の衛星表面材料の基礎的物性パラメータの測定体制が整いつつあります。JAXA宇宙オープンラボの支援を受ける「静止軌道衛星の帯電を防止する受動的電子エミッタ(ELF)の実用化研究」の開発も順調に進み、100時間を超える長時間動作が実証されました。

100周年記念衛星「鳳龍」の2010年第1四半期のインドPSLVロケットでの打上げが決定しました。「鳳龍」の特徴は、インドでの打上げまで九工大の敷地をでることなく、全ての環境試験を九工大内で完結させることにあります。今年度は小型衛星向けの各種の環境試験装置群が整備され、2009年度には鳳龍以外にも国内の大学・地域で開発中の小型衛星の環境試験を実施していきます。

センターも発足以来4年を過ぎ、活動内容が徐々に成熟してきました。今後とも皆様のご指導・ご鞭撻の程、よろしく願いいたします。

2009年3月

宇宙環境技術研究センター センター長
趙 孟佑

目 次

✚ 緒 言

活動報告

✚ <u>帯放電試験</u>	1
✚ <u>超高速衝突</u>	7
✚ <u>材 料</u>	11
✚ <u>小型衛星環境試験</u>	13
✚ <u>設備紹介</u>	14
✚ <u>広報活動</u>	18
✚ <u>衛星帯電放電試験の国際標準化</u>	21
✚ <u>小型衛星</u>	23
✚ <u>産学官連携</u>	25
✚ <u>国際連携</u>	26
✚ <u>地域貢献</u>	27
✚ <u>教育貢献</u>	28

資料編

✚ <u>外部資金</u>	29
✚ <u>スタッフ紹介</u>	30
✚ <u>論文発表</u>	32
✚ <u>社会貢献</u>	36
✚ <u>報道関係</u>	38
✚ <u>教育活動</u>	41
✚ <u>教育特記事項</u>	43
✚ <u>見学者</u>	45

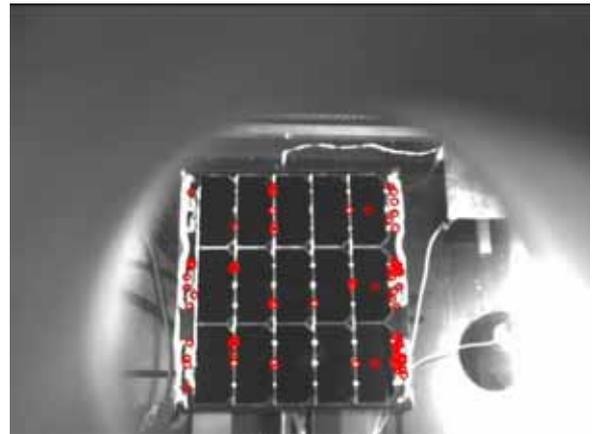
帯放電試験

衛星打上げ前の地上帯放電試験

これまで計 8 機の国産衛星の地上試験を当センターで実施してきており、そのうち本年度は『いぶき(GOSAT)』が打ち上げられた。また本年度は米国衛星メーカーおよび中国空間技術研究院から試験を依頼され実施した。

■ 地球環境変動観測ミッション (GCOM: Global Change Observation Mission)

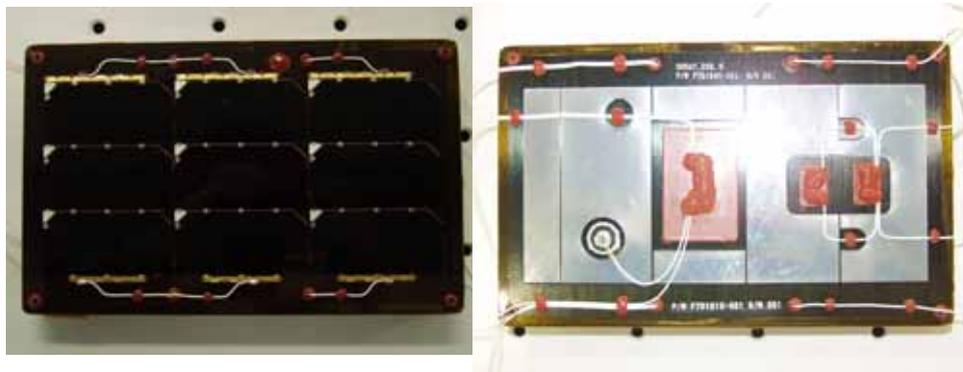
GCOM は 2011 年打ち上げ予定の極軌道衛星であり、地球上の水循環観測など地球環境に関わる重要なミッションを実施する。GCOM の太陽電池パネルクーポンについて、まず放電が発生する閾値電圧を計測し、帯電解析ソフト「MUSCAT」により GCOM が飛翔する極軌道での帯電解析を行うことで軌道上で遭遇する放電回数を見積もった。その後、放電によるセルの劣化試験、持続放電試験を実施し、GCOM 搭載太陽電池パネルの放電に対する安全性を確認した。



放電試験中に位置特定システムで特定された放電箇所

■ 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき (GOSAT)」

「いぶき」は 2009 年 1 月に打ち上げられた地球大気中の二酸化炭素濃度計測を目的とした極軌道衛星である。帯電放電試験は平成 19 年度に行われた。この試験では打ち上げ直後の状態を模擬したクーポンの他に、打ち上げ後ある程度時間の経った状態を模擬する為に熱サイクルを加えた試験クーポンも用いた。太陽電池アレイの表面、裏面について試験を行い、持続放電は発生しないことを確認した。また放電による電力低下を計測することにより、衛星の寿命中に低下する電力を見積り、システム設計に貢献した。「いぶき」は現在順調に運用中である。



表面

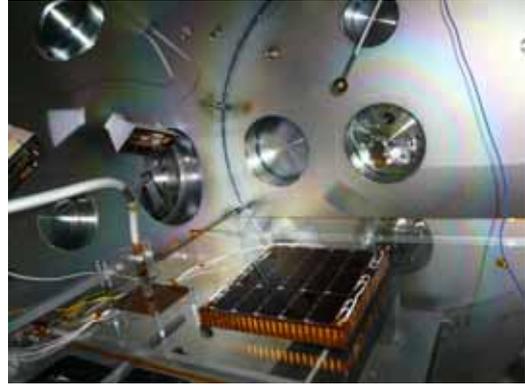
裏面

「いぶき」の帯電放電試験で使用された太陽電池アレイクーポン

■ ASTRO-G

次世代電波天文衛星「ASTRO-G」は長楕円軌道を周回し、厳しい放射線環境に曝される。そのため静止軌道衛星もしくはそれ以上の帯電が予想される。帯電放電試験は本年度から開始し、放電電圧閾値試験、セル劣化試験、持続放電試験を実施し、最終的に太陽電池アレイデザインを決定する。

試験は現在実施中である。



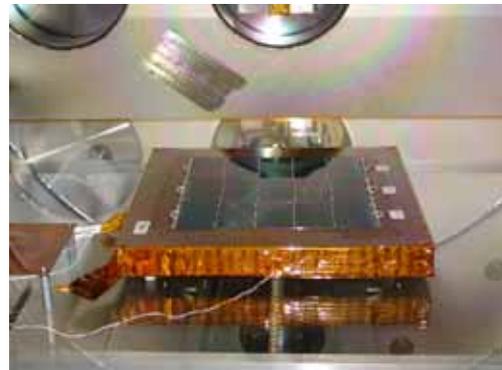
帯電放電試験の様子

■ 中国空間技術研究院

今年度は中国空間技術研究院(China Academy of Space Technology : CAST)との共同実験を2008年7月～2008年8月に行なった。当センターが主導している地上帯電放電試験のISO規格化キャンペーンの一環として海外からの衛星試験を広く受け入れており、昨年のインド宇宙機関に続く国際共同実験である。この地上試験は提唱中のISO規格に準拠しており、さらにMUSCATによる衛星の帯電シミュレーションも行なわれた。CASTからはXu Yanlin氏が約3ヶ月間当センターに滞在した。実際の帯電放電試験はセンターのスタッフがXu氏に設備や試験方法の詳細を説明しつつ行なわれ、当センターが提唱する地上帯電放電試験方法の内容について十分な理解が得られた。



Xu Yanlin氏による講演



CASTとの共同試験の様子

■ Space Systems Loral (米国)

米国の大手衛星メーカー「Space Systems Loral」から静止軌道衛星用太陽電池アレイパドルの帯電放電試験を依頼された。MUSCATによる帯電解析、放電閾値取得試験、太陽電池セル劣化試験、持続放電試験が行われ、太陽電池アレイコーポンの耐放電性能が確認された。次年度も引き続き試験を行っていく。

次世代宇宙システムの開発

当センターでは宇宙エネルギー利用システム（SSPS：Space Solar Power Systems）やエレクトロダイナミックテザーなどの次世代宇宙システムの開発に対してさまざまな協力を行っている。とりわけ実験的な研究において各プロジェクトの一翼を担っている。

■ SSPS 用高電圧ケーブルの宇宙環境適応性に関する研究

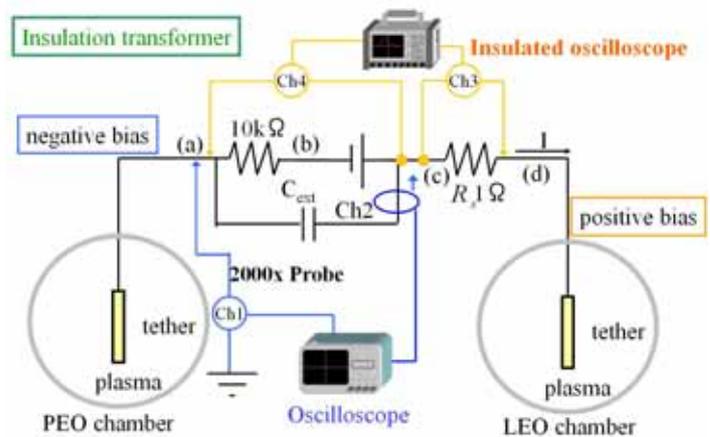
SSPS では太陽電池で発電した大電力を発電部から送信部まで伝送するが、電力ケーブルによる損失を低減するために 10kV の高電圧を使用する必要がある。当センターでは JAXA との共同研究として SSPS で使用する電力ケーブルの基礎研究を行っている。

導体の上にケーブルを設置し芯線部に高電圧を印加すると、導体部とケーブル被覆の接点近くで放電が発生し、放出された電子によって被覆が帯電することが分かった。ケーブル被覆の抵抗値が小さい場合は放電頻度が高くなり、抵抗値の大きい宇宙用ケーブルでは放電頻度は低くなった。また被覆が帯電した状態で芯線部を接地すると被覆に溜まった電子が放電することを確認した。この放電後に芯線部に高電圧を再び印加すると放出電子による放電が発生することから、芯線への電圧印加および接地の繰り返しシステムを構築し、放電の繰り返しによる被覆の劣化および絶縁耐圧の低下を研究していく。

■ エレクトロダイナミックテザー（EDT：Electro Dynamic Tether）の開発

昨年度に引き続き、将来の推進システムやデブリの除去技術として期待されているエレクトロダイナミックテザーの実験を JAXA との共同研究として実験を行った。本年度は、当センターが所有する低軌道プラズマ環境を再現可能な PEO、LEO チャンバー2 機を連結して試験を行なった。本来テザーシステムでは 2 機の宇宙機がテザーで連結されており、宇宙プラズマと電流のやり取りを行なう事で推力や電力を発生させる。これまで当センターで行なってきた試験では正極、負極のいずれかの単独試験を行なってきたが、今年度は実際のテザーの使用状況に近い体系での試験を行なった。

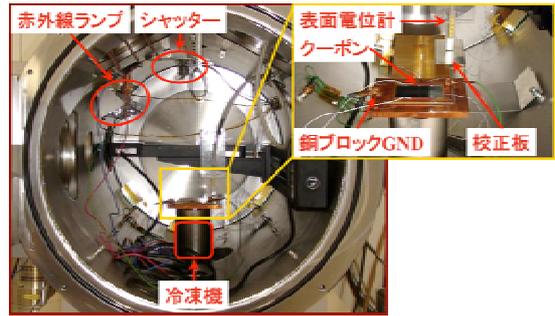
回路構成は右図に示すようになっており、各チャンバー内にはテザーのサンプルが設置されている。テザーのサンプルは導線で連結されており、負極で発生した放電が正極側にどのような影響を与えるかを検証した。結果として電位の不安定性が確認され、放電が発生した瞬間にはテザーの電位が低下する事が確認された。



チャンバー連結試験時の試験回路

■ 低温環境における帯電放電試験

真空チャンバー内に冷却システムを構築し、太陽電池セルの低温環境における帯電放電特性を評価した。冷凍機の上に太陽電池クーポンを設置することで-40℃まで温度を低下させ、電子ビームを照射することができる。この結果、低温環境下では放電頻度が高くなった。これは低温環境ではクーポン表面に吸着されている水が多いことによると考えられるが、今後も引き続き研究を行っていく。



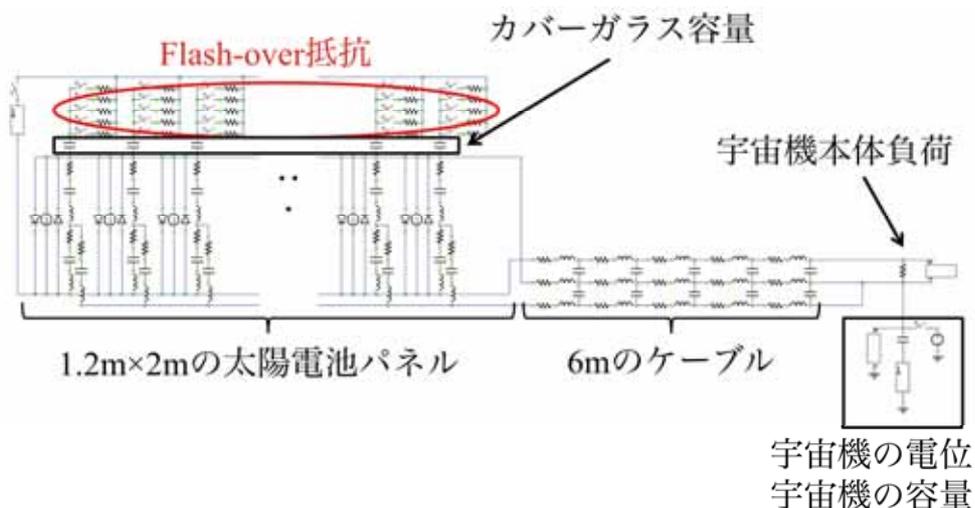
低温環境放電試験装置概観

■ 持続放電抑制技術の開発

太陽電池アレイ上で発生する持続放電の抑制方法の開発を行っている。現在は持続放電が発生する可能性のある電位差を持ったセル列間を接着剤で埋める方法が主流であるが、本研究では列間を薄くコーティングする方法を用いた。その結果、持続放電を抑制できた。またセルとその下の絶縁フィルムとの距離を長くすることで持続放電を抑制することができた。

■ 太陽電池パドルの等価回路作成とそれを用いた放電による過渡現象の解析

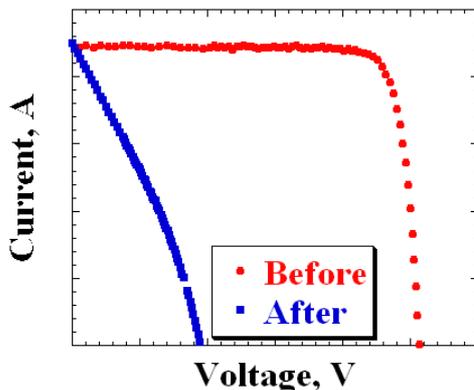
回路解析ソフトウェア SPICE を用い、太陽電池パドルの等価回路を作成した。太陽電池セルのインピーダンスを計測し、複数枚の直列接続されたセルをひとまとめにして、コンデンサ、インダクタ、抵抗、ダイオードを用いて等価回路を作成した。またフラッシュオーバ放電電流も回路により模擬し、放電が発生した際の太陽電池アレイ回路の過渡応答をシミュレーションすることが可能となった。



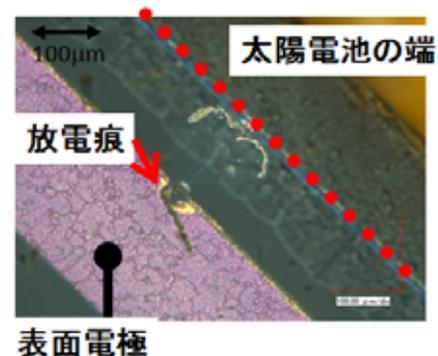
太陽電池アレイ回路の等価回路

■ 太陽電池の放電による劣化

太陽電池で放電が発生すると、出力の低下などの劣化が起きることがある。放電に対する劣化耐性を比較検討する為に Si 太陽電池と InGaP/GaAs/Ge 太陽電池について放電劣化試験をおこなった。どちらの太陽電池も、人工衛星では一般的に用いられている。特に InGaP/GaAs/Ge 太陽電池は変換効率の高さから一層の需要拡大が予想される。試験は高エネルギー電子環境とプラズマ環境でおこなったが、放電による太陽電池の劣化は、帯電環境によらず発生した。InGaP/GaAs/Ge 太陽電池は二回の放電によって出力電力が 87%低下する(下図、InGaP/GaAs/Ge 太陽電池の電気性能特性変化、参照)のに対して、Si 太陽電池は 5%低下し、InGaP/GaAs/Ge 太陽電池は Si 太陽電池よりも放電に対して弱いことがわかった。試験後、放電発生箇所を顕微鏡で観察したところ、下図のように裏面電極と表面電極が放電痕によって短絡していた。このことから、放電によって太陽電池や電極材料が融解し、表面と裏面の電極が短絡することによって放電が発生することがわかり、太陽電池の側面に加工を施すことによって、太陽電池の放電に対する耐性を大幅に改善できることが分かった。



InGaP/GaAs/Ge 太陽電池の電気性能特性変化



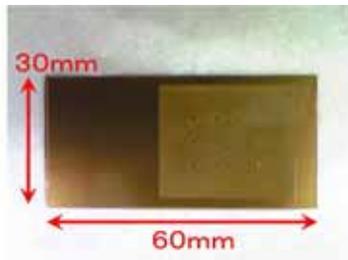
劣化原因となった放電痕

■ 衛星帯電放電抑制手法の開発

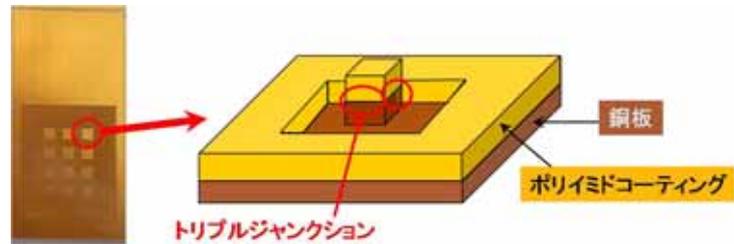
2007 年度より宇宙航空研究開発機構「宇宙オープンラボ」の研究テーマとして、衛星帯電放電抑制デバイスが採択され、現在まで継続して研究開発を行っている。このデバイスは ELF s Charm (Electron-emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation) といい、略して Elf と呼ぶ。

衛星帯電による放電の発生は、静止衛星軌道の磁気圏嵐や極軌道のオーロラにおいて高エネルギー電子が飛躍的に増大した際に、衛星構体の電位が大きく負に帯電し、衛星表面の絶縁体よりも数百 V 以上の負電位に沈みこむことによる。したがって、磁気圏嵐やオーロラに遭遇した時に自動的に衛星電位をゼロ電位付近に保つことができれば、放電発生の危険性を取り除くことができる。Elf は、衛星帯電が起きた時に衛星表面の導電体と絶縁体の接するトリプルジャンクションで電界が高まることを利用し、人工衛星表面の他の部分で放電が発生する前に、電子を電界放出し、放電を防止する素子である。Elf は高分子材料と金属材料を積層したフィルムを微細加工することによって製作したデバイスであり、きわめて小型の搭載機器である。今年度実施した製

造工程および製造後処理の改善によって従来よりも安定に長時間動作するようになった。既に100時間の連続運転試験を終了しており、これは宇宙空間で数年相当、動作し続けることを意味している。今後は紫外線・放射線・熱サイクルによる影響を評価していく予定である。



E1f 素子の外観



E1f 素子の断面形状

また、もう一つの帯電放電抑制手法として現在、無色透明半導電性コーティングの研究を進めている。これは太陽電池パネルに全面コーティングすることで局所的な帯電を解消し、帯電放電を防ぐ機能性コーティングである。コーティングに関する詳細は「材料」の項目に述べる。

超高速衝突

2007年1月に中国が行った衛星破壊実験、ならびに、2009年2月に起こった衛星同士の衝突により、地上から追跡可能な人工物体の数は2万個近くになったと考えられる。この2年間に倍近くに増加しており、その大半は宇宙ごみである。超高速衝突実験室では1997年2月よりサテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリーの2階に二段式軽ガス銃を導入以来、一貫して、この宇宙ごみと宇宙機器との超高速衝突現象について研究を行ってきた。2003年3月には新しく長さ36mのプレハブを学生用テニスコートの跡地に建設し、現在は2台の二段式軽ガス銃、1台の一段銃、1台のガス銃、合計4台の銃の運用を行っており、さらに微小粒子を加速することができるプラズマガンを開発中である。

本年度本センターにおいては、大きく分けて

- (1) 四段式軽ガス銃の開発
- (2) 衝突誘起放電の閾値の解明
- (3) プラズマガンの開発

の3テーマについて教育研究活動を行っている。

■ (1) 四段式軽ガス銃の開発

宇宙ごみの地上衝突模擬実験に二段式軽ガス銃が良く用いられるが、作動ガスの音速の関係から最高速度は9[km/s]前後と言われている。一方、低軌道上における宇宙ごみと宇宙機器との平均相対衝突速度は8.7[km/s]であり、最高衝突速度は15[km/s]に達する。この速度域を達成させるために三段式軽ガス銃(SNL)、成形爆薬(SwRI)、対向衝突(AEDC)、プラズマガン(AU)、ヴァンデグラフ(UT)、Z加速器(SNL)などが開発されてきている。しかしながら、これらの発射装置では、飛翔体サイズ、飛翔体形状、ターゲットサイズなどのいずれかに制約があり、必ずしも通常の二段式軽ガス銃と同様な評価を行うことができない。そこで、本センターでは、超高分子量ポリエチレン素材製超小型二段式軽ガス銃(Small-sized Two-Stage Light Gas Gun, S-TSLGG)を大型二段式軽ガス銃(Large-sized Two-Stage Light Gas Gun, L-TSLGG)により発射し、さらに飛翔中のS-TSLGGより飛翔体を発射することで、単体で形状、質量、状態の確かな飛翔体を自由な形状のターゲットへ10[km/s]以上の速度で衝突させる手法として四段式軽ガス銃(Four-Stage Light Gas Gun, FSLGG)を提案している。FSLGGならびにFSLGG中に埋め込まれたS-TSLGGの概略図を図1に示す。平成20年度はS-TSLGGの製作方法の検討ならびに三段目である圧縮管内への水素の充填方法について検討を行った。L-TSLGGの発射管内径が30mmと小さいため、S-TSLGGの製作に対する制約が厳しいことが明確になった。今後は、国内にあるより大型の二段式軽ガス銃の利用の可能性を探り、製作可能な範囲でS-TSLGGの大型化を検討する必要がある。

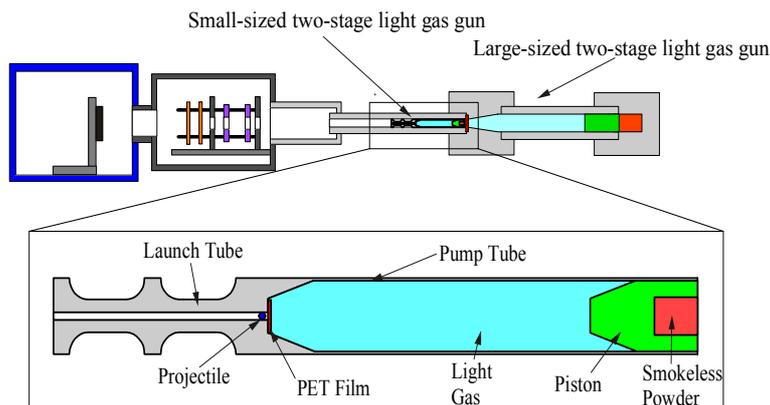


図1 四段式軽ガス銃の概念図

■ (2) 衝突誘起放電の閾値の解明

平成 18 年度より本格的に太陽電池パネルの衝突誘起放電の研究を行い、 $\phi 3\text{mm}$ のアルミ球が秒速 2~5km で衝突したときの放電閾値を平成 19 年度に明らかにした。平成 20 年度においては、飛翔体直径が衝突誘起放電の閾値に及ぼす影響について研究を行った。現有の小型二段式軽ガス銃で発射することができる最も小さい飛翔体は直径 1mm である。そこで、 $\phi 3\text{mm}$ のアルミ球と $\phi 1\text{mm}$ の鋼球を太陽電池パネルに衝突させた場合の衝突誘起放電の閾値の比較を行った。

(a) 衝突誘起プラズマ

図 2、3 にそれぞれ電子密度の比較ならびに電子温度の比較のグラフを示す。飛翔体直径 3[mm] のアルミ球は、ターゲット前方 100[mm] の位置で、地球低軌道のプラズマ環境と比較して、電子密度が 6 桁ほど高いプラズマが発生していることがわかる。一方、1[mm] の鋼球では、ターゲット前方 80[mm] の位置で、地球低軌道のプラズマ環境よりも、電子密度が 4 桁程度高いプラズマが発生していることがわかった。従って、超高速衝突誘起プラズマは、飛翔体の大きさ(あるいは衝突エネルギー)が小さくなるにしたがって、電子密度が小さくなると言える。同様に電子温度も飛翔体が小さくなると小さくなる傾向がある。

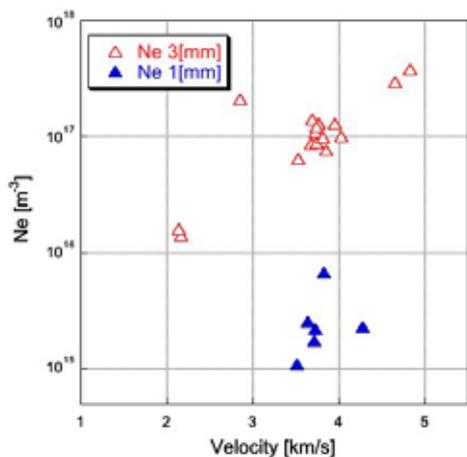


図2 電子密度の比較

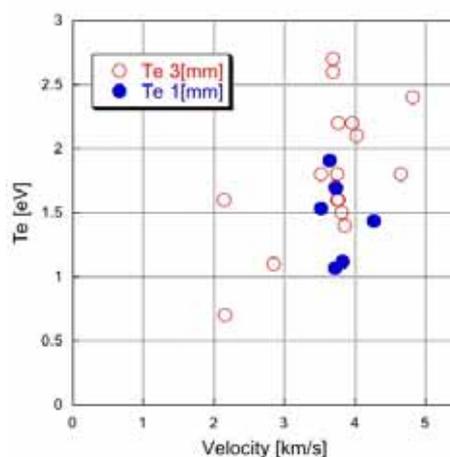


図3 電子温度の比較

(b) TSA 発生時の印加電源閾値

図 4、5 に TSA (Temporary sustained arc) 発生時の消費電力の時間変化を示す。飛翔体直径 3[mm] のとき TSA が発生するためには、電源電圧が 59[V] 以上かつ、飛翔体が衝突した瞬間から 1[msec] 以内に電力量が 230[W] 以上になる必要がある。一方、飛翔体直径 1[mm] では飛翔体衝突時より 1[msec] 以内に、電力量が 300[W] 以上になる必要がある。

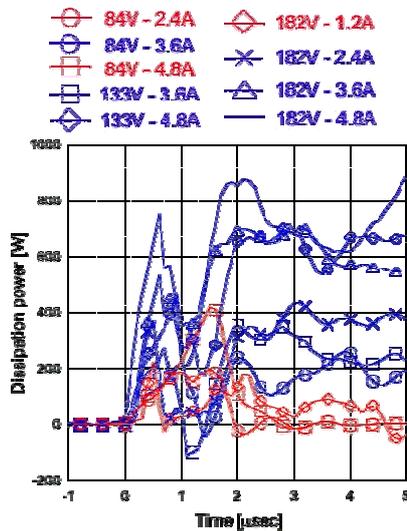


図 4 3mm の場合の消費電力

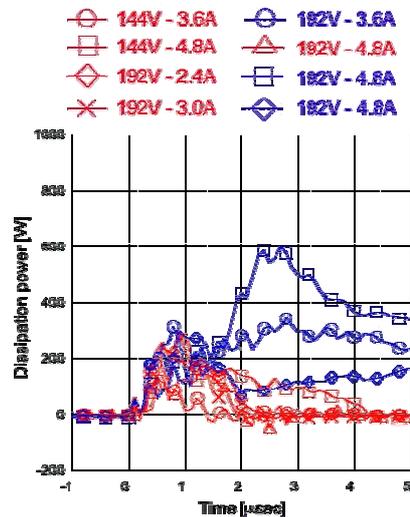


図 5 1mm の場合の消費電力

(c) PSA 発生時の印加電源閾値

図 6、7 に PSA (Permanent sustained arc) 発生時の電圧時間変化を示す。PSA 発生時の閾値は、飛翔体直径 3[mm] のとき、59[V] - 2.2[A] 以上で、110[W] 以上となる条件を満たす範囲であり、一方、飛翔体直径 1[mm] のとき、70[V] - 2.1[A] 以上で、150[W] 以上となる条件を満たす範囲である。したがって、超高速衝突により、電圧・電流条件が、59[V]- 2.1[A] 以上で、110[W] 以上の満たす範囲において、PSA が発生する可能性がある。

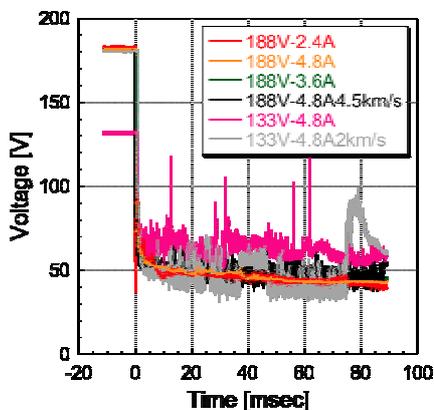


図 6 3mm の場合の電圧変化

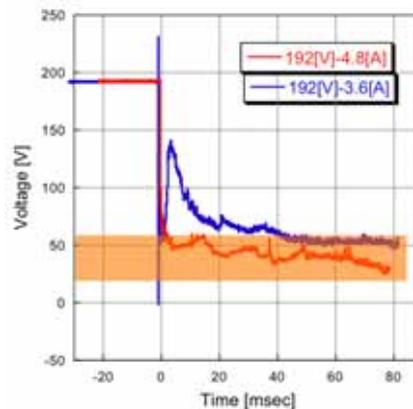


図 7 1mm の場合の電圧変化

(d) 飛翔体サイズが誘起放電に与える影響

PSA が発生するためには、TSA が起きる必要がある。飛翔体サイズが小さくなることで、TSA 発生に必要な電力量が増加するため、デブリサイズが小さくなるにしたがって、衝突誘起放電発生の可能性は低くなる傾向がある。

■ (3) プラズマガンの開発

平成 19 年度末に導入したパルス電源（推奨充電電圧：16kV、貯蔵エネルギー：100kJ、最大放電電流：500kA）を用いて、φ200μm 程度の微粒子を秒速 10km 以上に加速できるようなプラズマガンの設計 / 製作を行った。現時点では、最大放電電流値である 500kA に到達する時間が 30μsec とこの種の電源としては長いため、発生したプラズマが十分加速する前に拡散してしまうという問題点がある。平成 20 年度は、プラズマ拡散を遅延させるような機構を考案し、16μsec までの遅延に成功した。この倍の時間までプラズマ拡散を遅延させることで、最大放電電流前後の電流により濃いプラズマを秒速 40km 程度まで電磁加速し、その超高速プラズマ流を微粒子に衝突させることで、微粒子を加速する予定である。（装置の概要は施設紹介のページに記載）

材 料

■ 原子状酸素照射

パルスレーザーを用いた原子状酸素照射装置を構築し、原子状酸素を発生させることができた。質量分析器を原子状酸素のみの信号を取得できるように設定しておき、ノズルで発生した原子状酸素が質量分析器まで飛行する時間を計測することにより、原子状酸素の速度を求めた。得られた速度は低地球軌道の原子状酸素の速度 8km/s 付近より若干大きなものとなった。今後はレーザー照射のタイミングや酸素分子の供給条件を変えながら、目標の速度を出力する最適な条件を求めていく。

■ 二次電子計測

本年度から二次電子計測装置の開発を行っている。オージェ顕微鏡を改造し、試料ステージに二次電子収集電極を取り付けることで導電体の二次電子の計測を行った。その結果、280eV といった比較的低い一次電子エネルギーから二次電子を計測できることがわかり、二次電子放出係数が最大になる一次電子エネルギーの値も他の文献値とほぼ等しくなった。今後は計測の精度を上げるとともに、表面が帯電することにより二次電子の計測が難しくなる絶縁体についても対応できるよう研究を進めていく。

■ 紫外線照射

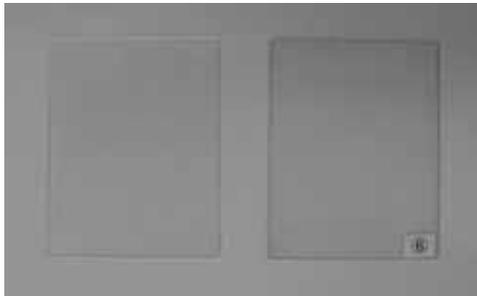
宇宙環境で材料を劣化させる要因の 1 つとして紫外線が挙げられるが、紫外線光源の違いによる劣化現象の差については未だ十分に研究されておらず、紫外線照射試験方法を確立するための研究が必要とされている。本研究では 2 種類の紫外線光源を用いて照射を行い、それぞれの紫外線照射が材料物性に与える影響（すなわち破断伸びなどの機械特性の変化、表面抵抗率などの電気特性の変化、および吸光度などの光学特性変化）を明らかにし、これと化学構造変化などの材料分析結果を考えあわせることによって、実宇宙の紫外線環境を模擬する方法について知見を得ることを目的としている。

紫外線が照射された面は光化学反応によって汚染物が付着することがあり、これによって表面の黒化が引き起こされることがある。紫外線照射時の材料劣化を評価する上でこのような汚染物の付着は正しい劣化量評価の妨げとなることがあるため、今年度は紫外線照射時に試料表面に発生する汚染量を評価し、汚染低減対策について検討した。

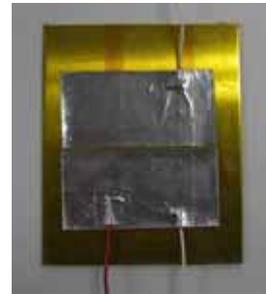
■ 太陽電池カバーガラスの帯電緩和

人工衛星の太陽電池パネルにおいて、太陽電池のカバーガラスと人工衛星構体との電位の乖離は放電を促進するため、電荷を逃がして帯電を緩和することが望ましい。本研究では 2 つの異なる手法を用いて太陽電池における帯電を緩和することを検討している。具体的には 太陽電池パネル全面に帯電緩和を促す帯電緩和コーティングを施す、絶縁体であるカバーガラスの表面改質を行い、電荷を逃がす、という手法である。

今年度は特に前者の帯電緩和コーティングについて研究を進めた。現在開発中のコーティングは90%以上の光透過性を有しており、太陽電池ギャップ間にコーティングを塗工しても発電電力のリークがほとんどないことが明らかとなった。今後は熱サイクルや紫外線などの宇宙環境要因に対して耐性評価を実施する予定である。



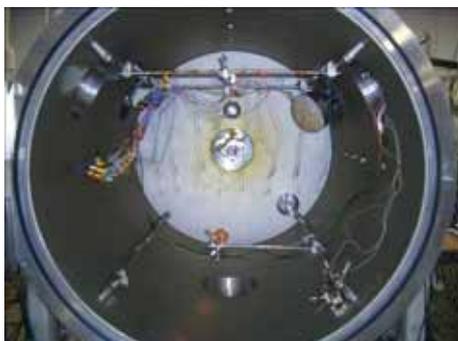
コーティング前 コーティング後
コーティング前後の透過性変化



ダミーサンプルによる太陽電池
ギャップ間抵抗値装置

■ 宇宙用電力ケーブルの研究

宇宙用電力ケーブルは宇宙環境で劣化し、絶縁被覆がひび割れることによって電線間が放電で短絡し、最悪の場合、衛星全体を損失する大事故に繋がる。本研究ではこのような電力ケーブル被覆の劣化に関して研究を行っている。今年度は様々な環境要因に曝露して劣化させたケーブル被覆材に対し、プラズマ環境中で電流収集試験を実施し、ひび割れ検出の可否について検討した。



電流収集試験



ひび割れ部での電流収集による発光

■ ソーラーセイル

ソーラー電力セイル実証機用の新規合成膜材、および使用部材に対して、JAXA と共同で陽子線・電子線・紫外線を照射し、耐性を評価した。この結果、ソーラーセイル使用部材はミッション期間中において十分な耐性を有することが明らかとなり、新規合成膜は、より長期のミッションにおいても従来材料を超える耐性を示すことが明らかになった。

■ ASTRO-G

ASTRO-G は長楕円軌道を飛翔する宇宙機であるが、宇宙機がバンアレン帯を通過する為、放射線環境が非常に厳しい。今年度は、JAXA と共同で熱制御材料の耐放射線性評価を実施すると共に、アンテナ支持構造用 CFRP の耐宇宙環境性評価のための予備試験を実施した。

✚ 小型衛星環境試験

2008年1月のH2A ロケットに7機の小型衛星がピギーバックとして打上げられたことに象徴されるように、最近では国内外で小型衛星開発熱が急速に高まっている。海外ではベンチャー企業による10cmサイズのCubesatのWeb通販までもが始まっている。小型衛星の最大の利点はその機動性と低コストであるが、それらを追求するあまりにシステムの信頼度を犠牲にしていわけではない。従来大型・中型衛星の開発は国家事業または Billion-dollar-business として行われてきたために非常に高い信頼性が要求され、試験費用の増大 コスト増 打ち上げ機会の減少 部品需要の減退 産業の縮小といった悪循環に陥ってきた。地域や大学で作った My 衛星が宇宙に飛ぶ「宇宙の大衆化」の時代に合わせた、宇宙システムの信頼性とその検証方法についての新たな尺度が求められている。

2007年度末に財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構から委託された調査研究において、本センターと MUSCAT スペースエンジニアリング株式会社(MUSE 社)が小型衛星試験センター構想の提案を行なった。試験センター構想では、大きさが30cm以下の超小型衛星を念頭において、衛星システム開発者が環境試験を「丸投げ」できる体制を作ることを提唱している。本構想の最大の利点は、システム開発者から試験に関わる負担を取り除いて身軽な体制での小型衛星システム開発を可能にし、システムの信頼度を保証したままでハードウェアコストとシステム管理コストを低減できることにある。企業と大学が組むことで、非アカデミックなルーチン作業と衛星の信頼性と検証方法についての学術的研究とを両立させ、且つ試験センターのランニングコストを最小化させようとするものである。

2008年度は、センター構想実現に向けた準備段階として、熱衝撃試験装置・熱真空試験装置・ランダム振動コントローラを整備した(設備紹介の項を参照)。2009年度は100周年衛星「鳳龍」(2010年1~3月PSLV相乗り)・鹿児島衛星(2010年夏H2A相乗り)・UNITEC-1(2010年夏H2A相乗り)・PROITIERES(2010年夏PSLV相乗り)等々の超小型衛星の環境試験を実施し、センター構想実現に向けた実績を積んでいく。同時にアウトガス試験装置と分離衝撃試験装置を整備し、既存の学内設備も合わせれば、放射線と磁気測定以外の殆どの試験が九工大内で実施可能になるようにしていく。



鳳龍の環境試験の様様

設備紹介

耐宇宙環境試験施設 総合研究棟 4階

■ 原子状酸素照射システム

昨年度から引き続き、原子状酸素照射システムの開発を行っており、本年度は原子状酸素を照射できるまでになった。原子状照射チャンバにはパルスバルブが取り付けられており、酸素分子ガスがパルス状にチャンバ内部のノズル内へと噴射される。その酸素ガスにパルスレーザーを照射し、原子状酸素へと解離させる。エネルギーを持って飛行してきた原子状酸素を質量分析器で捉え速度を計測する。



原子状酸素照射システム概観

■ 二次電子計測システム

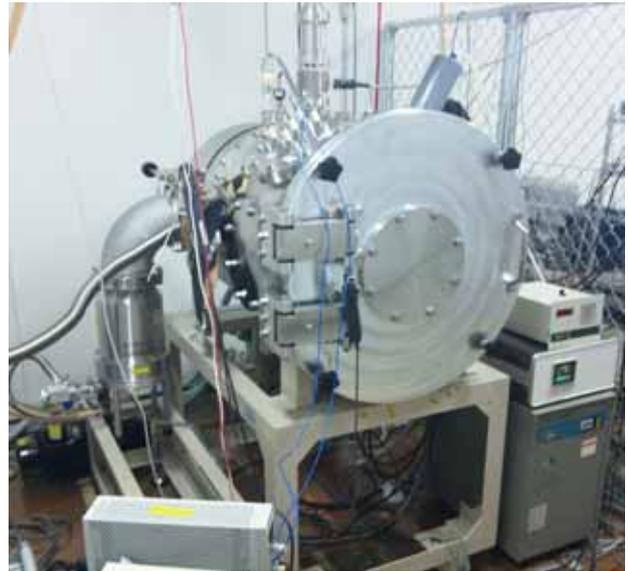
複合劣化試験前後の二次電子放出係数を計測するため二次電子計測システムを構築した。装置はオージェ顕微鏡を改造することによって構築した。20keV までの電子ビームをスポット状に照射することが可能である。またマイクロ秒オーダーのパルス照射も可能であり、絶縁体の二次電子放出係数計測の際に使用する。試料台上に電子電流を計測するための電極を作成して取り付けしており、大気開放することなく試料を交換することが可能である。今後は本システムに紫外線光源を追加し、光電子の計測も行う予定である。



二次電子放出係数計測システム概観

■ エルフチャンバー

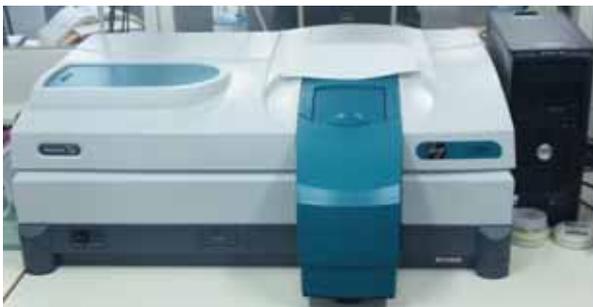
当センターで研究開発を進めている衛星帯電放電抑制デバイス EIf の長期耐久性評価試験用チャンバーとして当設備を導入した。静止軌道上で衛星帯電が深刻となるような高エネルギー電子に遭遇する時間は 15 年間の運用期間中に 400 時間程度であり、EIf は累計で 600 時間動作することを目指している。本チャンバーはこの耐久性試験のための設備である。本年度、既に 100 時間にわたる耐久性試験を実施している。チャンバーは直径 600mm、長さ 1,000mm の円筒形チャンバーであり、静止軌道の高エネルギー電子を模擬するための電子銃を備え、非接触型表面電位計により帯電状態を計測できる。到達圧力は 5.0×10^{-5} Pa である。本チャンバーは下部に冷凍機を設置することにより、低温環境における帯電放電試験を実施可能である。



エルフチャンバー概観

■ 熱光学特性測定装置

人工衛星の温度は、太陽光入射、地球アルベド、および地球赤外放射などの熱入力と、人工衛星からの放熱量のバランスで決まる。人工衛星内部の熱環境を適切に保つためにも人工衛星の設計段階で熱収支のマネージメント（熱設計）を行う必要がある。人工衛星表面の熱制御材料の太陽光吸収率と垂直放射率は熱光学特性と呼ばれ、それぞれ人工衛星の外部熱入力と放熱量を決めるパラメータとなるため、熱設計において大変重要である。本年度は熱光学特性を測定する設備を導入した。太陽光吸収率は紫外可視分光光度計を用いて測定し、垂直放射率は赤外分光光度計を用いて測定する。紫外可視分光光度計は 250 ~ 2,500nm、赤外分光光度計は 2.5 ~ 20 μ m の範囲で測定が可能である。



太陽光吸収率測定用分光光度計



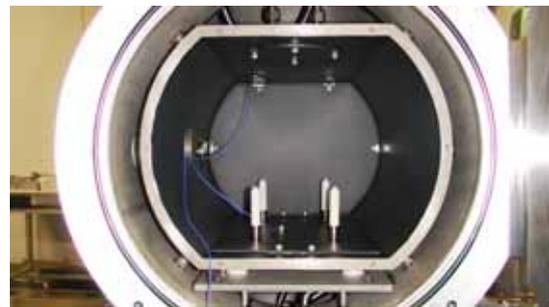
垂直放射率測定用分光光度計

■ 熱サイクル

宇宙環境では地上と異なり真空環境下に曝されるため、宇宙機表面は対流による熱交換がなく、熱輻射による放熱が支配的となる。このため、日照時には宇宙機表面は高温環境に曝される。また、地球の影に入ると、太陽からの熱入力がないので低温環境に曝される。このように宇宙環境では高温環境や熱サイクル環境となり、搭載機器の動作や材料の劣化に大きな影響を与える。このことからセンターでは宇宙環境における高温環境および熱サイクル環境を模擬するために、2006年度に熱サイクル試験装置を導入した。今年度は熱サイクル試験装置の低温側チャンバーを改良し、液体窒素冷却方式を用いた低温シュラウドを設置した。低温側チャンバーでは10cm角程度の超小型衛星の熱真空および熱平衡試験に対応できるよう、設備の立ち上げ準備が進んでいる。本設備の最高到達真空度は 5×10^{-5} Paである。試験設備では高温チャンバと低温チャンバに分かれており、チャンバ間はゲートバルブで仕切られている。高温チャンバは200℃以上、低温チャンバは-180℃程度の温度環境が実現でき、真空環境で試料を真空搬送して高温環境と低温環境に交互に曝露する熱サイクル試験、高温チャンバのみを使用する熱放置試験も実施できる。



熱サイクルチャンバー外観



低温側チャンバー内のシュラウド

■ 低温シュラウド

低温環境の帯電放電試験や、熱サイクルチャンバーで対応できない小型衛星および搭載機器の熱真空試験を実施するため、当センターでは50 cm×50 cm×50 cmの内部空間を有する低温シュラウドの製作を進めている。本シュラウドは直径1 m、長さ1.2 m、到達圧力 10^{-4} Paの低軌道用真空チャンバー内に設置し、液体窒素を使用してシュラウド壁面を冷却する。

■ 微小飛翔体発射装置（プラズマガン）

本センターの超高速衝突実験施設では、大型および小型の二段式軽ガス銃を所有しており、これまで宇宙ゴミ（スペースデブリ）の高速衝突に関する多くの実験に使用されてきた。それぞれのガンでは、衝突によって宇宙機に深刻なダメージを与えることが懸念される直径 1～30 mm の飛翔体サイズを、秒速数 km で発射することができる。しかし、年々増え続ける宇宙ゴミの大半は 1 mm 以下の微小デブリであり、それらが人工衛星に衝突する確率は年 1 回以上の割合である。たとえ微小なデブリであっても、秒速 10 km にも及ぶ速度で衝突すれば、大きな衝突エネルギーを有するため、機械的損傷だけでなく、電気的な損傷の発生が懸念されている。

本センターでは、数 100 μm の微小デブリの高速衝突試験装置として、プラズマガンの開発を行っている。宇宙ゴミの高速衝突試験として一般的に用いられる二段式軽ガス銃では、1 mm 以下の微小飛翔体を高速で発射することは難しい。一方、プラズマガンでは、プラズマガスを電磁的に加速させ、その高速プラズマガスにより微小飛翔体を発射させる。プラズマガンは、少ない作動ガスで運用できることから、試験環境に与える影響が小さく、微小デブリの衝突試験には適している。本センターでは、プラズマガンを用いて直径 200 μm の飛翔体の発射に成功し、現在は発射速度の高速化を目指して改良中である。世界的にもプラズマガンの開発は、アメリカのオーバン大学とドイツのミュンヘン工科大学など数例に限られている。

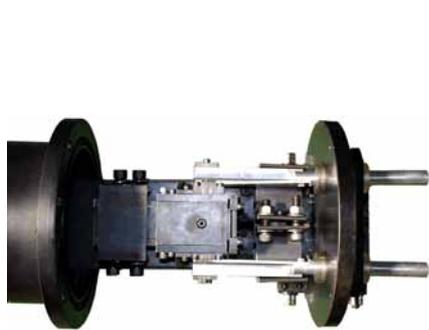


図 1 プラズマガン

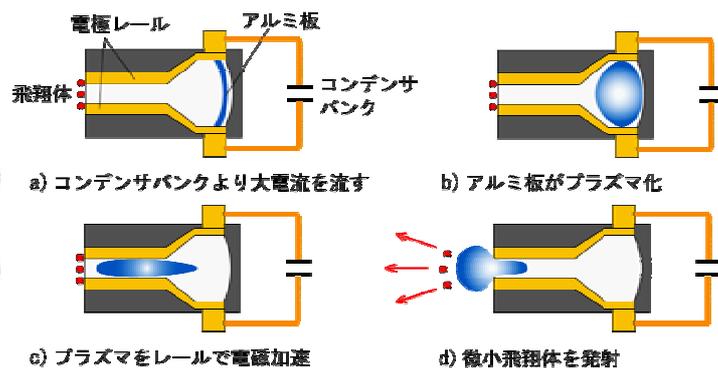


図 2 プラズマガンの作動原理

■ 広報活動

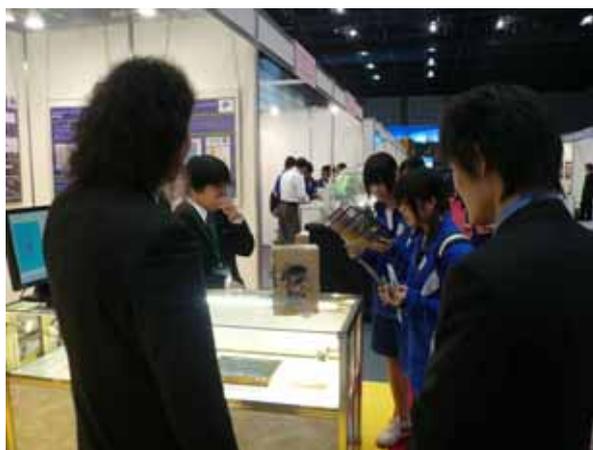
■ 第 26 回 ISTS および ISTS 国際宇宙展示会

2008 年 6 月 1～8 日の 8 日間に渡り第 26 回宇宙技術および科学の国際シンポジウム (ISTS: International Symposium on Space Technology and Science)が静岡県浜松市のアクトシティ浜松で開催された。ISTS は宇宙に関連した様々な学術研究における国内最大規模の国際会議であり、世界 26 ヶ国から 129 名、国内から 723 名が参加した。

国際会議と同時に国際宇宙展示会も併設され、国内の宇宙開発機関、大学、企業や、浜松の地域企業・大学、および海外企業などからブースが出展され、本センターでも展示ブースを出展した。本センターの展示ブースでは、宇宙環境技術研究センターの研究活動として、帯電・放電試験、電界放出素子「ELF」、材料劣化、および超高速衝突のポスターを展示すると共に、太陽電池クーポンパネル、「ELF」素子、劣化した材料サンプル、およびデブリを超高速衝突させたデブリバンパーの展示を実施した。これに加え、現在学生が取り組んでいる九州工業大学小型衛星「鳳龍」のポスター展示や、当センターで開発し、九工大発ベンチャー企業 MUSCAT スペース・エンジニアリング株式会社で販売している衛星帯電解析ソフトウェア MUSCAT のポスター展示およびデモを行った。開催期間中の展示会の来場者数は 13,706 人で、その内、団体申し込みの学生は 4,273 人であった。



展示ブース外観



展示説明の様子

■ 第 30 回 真空展 (VACUUM2008)

2008 年 9 月 10～12 日の 3 日間に渡り VACUUM2008 - 真空展が東京ビッグサイトにて開催された。真空展は真空に関連した製品・技術に関する世界最大の展示会であり、来場者は 15,415 名に上った。今年の真空展では真空関連科学の最先端を紹介するために「大学・公的機関における真空科学・技術・応用の最先端研究の紹介」コーナーを設け、合計 44 件のポスター展示を実施しており、本センターでも活動内容についてポスターを展示した。



ポスター

■ 国際航空宇宙展 (JA2008)

2008年10月1～5日の5日間に渡り国際航空宇宙展2008がパシフィコ横浜にて開催された。国際航空宇宙展は国内外の航空宇宙関連企業・団体を集め、航空宇宙産業の活性化を促す展示会であり、世界22カ国・地域から529社・団体が参加し、開催期間中の展示会の来場者数は42,160人に上った。本センターは大学宇宙工学コンソーシアムの一員としてポスターを展示した。



■ 福岡イムズ

2008年8月30～31日の2日間に渡り福岡市天神の天神イムズにおいて、「出張！オープンキャンパス in イムズ」が開催され、一般の方々に九州工業大学における教育研究活動の紹介を行った。本センターは展示スペースにおいてプロジェクト紹介を実施した。



■ オープンキャンパス

2008年8月7～8日に九州工業大学戸畑キャンパスのオープンキャンパスが開催され、本センターの見学会を実施した。オープンキャンパスの参加者は戸畑キャンパスで1,285人に上った。オープンキャンパスは主に受験生を対象として開催され、事前に受験する大学生活の一端に触れ、大学と学生の志望とのマッチングを図る狙いがある。午前中は参加者全員がタイムスケジュールに合わせてセンターを訪れるため、当センターのコントロールルームで全体的な説明を行った。午後は自由にそれぞれの学生が興味を持った施設を訪れる予定であったため、試験設備の近くでより詳細な研究内容の説明を行い、入学後の学生生活をより具体的にイメージしてもらえるよう配慮した。



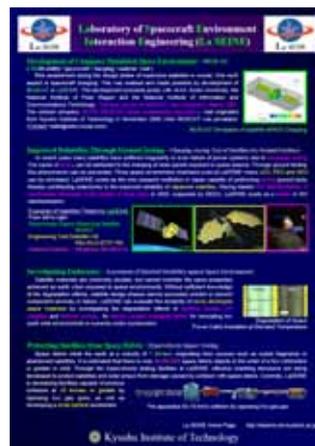
センターの活動について内容説明（午前）



試験設備前での詳細説明

■ チラシ

昨年度、展示ブースの来場者や当センターの設備見学来訪者に配布する目的で、本センターの紹介用に作成したチラシを、現状の研究進捗を考慮して更新した。表には日本語版、裏には英語版が印刷されている。本年度出展した展示会に合わせて2,000部作成した。また今年度、センター見学者などにも配布した。



改訂したチラシ

■ 報告書作成

2007年度の宇宙環境技術研究センター年次報告書第3号を1,300部作成し、関係各所およびご協力頂いた企業・研究所・大学、センター来訪者に配布し、当初発行部数をほぼ配布し切った。

衛星帯電放電試験の国際標準化

2005 年度から NEDO 国際共同研究グラントの助成を受けて行われてきた「衛星搭載太陽電池アレイの帯電・放電試験法の ISO 標準化プロジェクト」が 2008 年 9 月末で終了した。2008 年度は ISO/TC20/SCT14/WG1 での ISO の Committee Draft の投票活動、太陽電池の放電劣化への耐性を強めた改良型太陽電池の放電試験、ISO 規格の普及活動を行なった。

2008 年 1 月に東京で行われた第 4 回衛星搭載太陽電池アレイ帯電放電試験方法国際標準化ワークショップでの討議結果を受けて、2008 年 5 月に Committee Draft (CD)第 2 版が ISO 事務局に登録された。この CD に対して ISO メンバー各国の投票が行われ、11 月に賛成 7、反対 1、棄権 1、投票無し 2 の投票結果をもって Draft International Standard(DIS)への昇格が正式に認められた。本来であれば、その後速やかに DIS から ISO 規格への最終投票に移行することも可能であるが、日本の ISO 代表機関である航空宇宙工業会とも協議した結果、反対票を投じた国(フランス)の説得に時間をかけ、満票での ISO 規格化を目指すこととなった。そのため、第 5 回ワークショップを 2009 年秋に予定される 11th Spacecraft Charging Technology Conference と併催する形で開催し、その場で最終調整をした上で投票に移行することとなった。よって、最終的な ISO 規格化は 2010 年春の予定になる見込みである。

今回の NEDO グラントにおいて、繰り返しの静電気放電によって個々の太陽電池の電気出力が低下する現象が世界的に確認されたことが一つの成果として上げられる。2008 年度には、それまでの研究結果に基づき、放電に強い太陽電池を新たに設計・試作し、実験により放電に対する耐性が飛躍的に高まることを確認した。また海外の宇宙用太陽電池メーカーからも供試体を手入れし、国内外各社の太陽電池の耐放電性能の違いを確認した。

九工大が主導して作成した ISO 規格を世界的に普及させるべく、2007 年度のインド宇宙機関 (ISRO)が作製した太陽電池パネルの帯電放電試験に引き続き、2008 年度には中国空間技術研究院 (Chinese Academy of Space Technology) が作製した太陽電池パネルの帯電放電試験を実施した。また Space Systems Loral (米国)からの委託を受けて、ISO 草案に沿った形で同社製の衛星に搭載される太陽電池パネルの認定試験を行なった。

2008 年 6 月からは、現在作成中の ISO 規格の成立を見越して、5 年後の改訂時に必要となる基礎実験データの取得を進めるために、NEDO 産業技術研究助成事業(若手研究グラント)の助成を受



Space Systems – Space Solar Panels – Spacecraft Charging Induced Electrostatic Discharge Test Methods

Warning
This document is not an ISO International Standard. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an International Standard.
Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

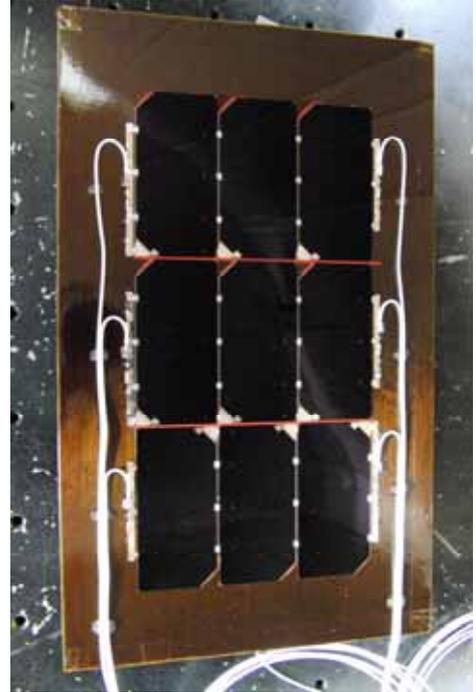
ISO_CD_11221_02 (new) based template SARGEN 2002-08-01

ISO 規格の草案

けた新たな国際共同研究プロジェクトがスタートした。同プロジェクトでは、以下の3つの項目について米国のNASA、OAI、仏国のCNES、ONERAの共同研究メンバーと共に研究を進めていく。

1. フラッシュオーバの伝播範囲とそのモデリング

これまでの国際共同研究ではフラッシュオーバが伝播する範囲は2m以上ということが分かっているが、上限については分かっていない。JAXAで行われている大型クーポンを使用した試験に立ち会うことで、上限について研究していく。また、米国、仏国の研究メンバーを日本に呼んで合宿試験を行い、お互いの理解を一致させる。本年度は試験に立ち会い、基礎データ取得を行った。



太陽電池アレイクーポン

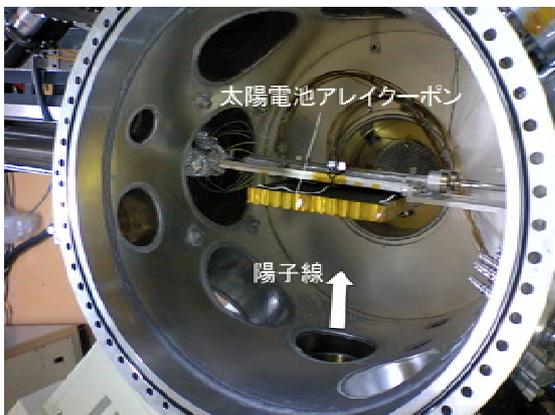
2. 試験回路インピーダンスが二次放電に与える影響

試験回路中のインピーダンスの違いによって二次放電の継続時間や閾値などが変化するかを調査する。もし二次放電の起こり方が変わってくるようであれば、実際の太陽電池アレイ回路とインピーダンスを合わせた試験回路が必要となる。基礎データ取得後に日本で合宿試験を行う。

3. 列間絶縁強化型クーポンの複合劣化による耐持続放電性能の評価

現在、列間に接着剤を埋めて持続放電を抑制することが主流となっているが、熱サイクルや放射線による軌道上での複合劣化が接着剤の耐放電性能に与える影響は分かっていない。そのため太陽電池クーポンを作成し、陽子線照射、熱サイクルを加えた後に米国、仏国へ送り、耐持続放電性能をラウンドロビン試験によって評価する。

本年度は陽子線照射予備試験および熱衝撃試験装置の立ち上げを行った。



陽子線照射装置内の様子



熱衝撃試験装置

✚ 小型衛星

■ 衛星開発プロジェクト

2008 年度も(1)CANSAT プロジェクト(2)QSAT プロジェクト(3)鳳龍プロジェクトの 3 項目の衛星開発プロジェクトを行なった。宇宙システムはその部品数の多さ・極限環境への対応・メンテナンスフリーの要求から究極の工学システムでもある。衛星開発プロジェクトは人工衛星を作りあげていくことで、複雑化・ボーダーレス化する現在の工学システムづくりにおいて必須となるシステム工学的思考力・チームワーク・プロジェクトマネジメント・国際性を培っていくという教育目的を有している。

CANSAT はソーダ缶サイズに衛星の模擬機能全てを詰め込んだ衛星学習用キットであり、衛星機能を競い合う全国競技会や国際競技会も存在する。全国競技会である「能代宇宙イベント」にセンター所属学生を中心とした 2 チームが 3 年連続で出場し、2008 年は 4、5 位の成績を収めた。また、その一ヶ月後に開催された ARLISS(A Rocket Launch for International Student Satellites)に初参加した。ARLISS はアメリカネバダ州のブラックロック砂漠で毎年開催される CANSAT の国際大会であり、地上 4km まで打上げ可能なロケットにて CANSAT を打上げ、地上の目標地



Arliiss の写真

点への自律飛行を競う。気球で打ち上げる能代宇宙イベントとは異なり、ロケット搭載であるため頑丈さが要求され、事前に振動試験等の機械系試験を経た上でセンター所属学生の 2 チーム計 6 名が参加した。1 チームは記録無しの結果に終わったが、1 チームは目標地点まで 1070m の結果を収めた。

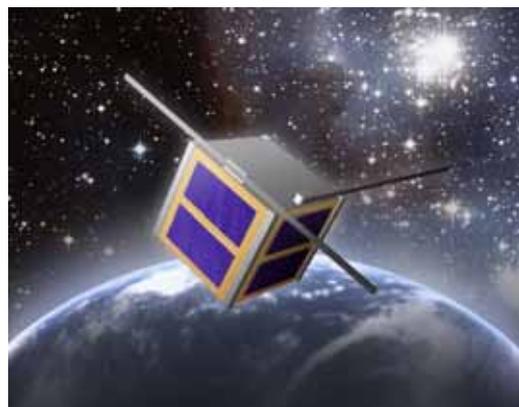
QSAT(Q-shu SATellite)は正式名称をオーロラ帯磁化プラズマ観測衛星といい、衛星バス部の開発を九州大学と福岡工業大学が担当し、九工大はプロズマ計測プローブの開発を担当している。2007 年度に引き続いて、衛星帯電電位を計測するための高電圧ラングミュイアプローブと 10^9m^{-3} 台の希薄な電離層プロズマ密度を計測するための高周波インピーダンスプローブの開発を行い、コンデンサブリッジ回路を利用したインピーダンスプローブの原理検証をセンターの低軌道プラズマチャンバーにて実施した。

鳳龍は、創立 100 周年に合わせて打ち上げを予定する学生の手作り衛星である。従来は「材料曝露試験撮影衛星」として開発が進められてきたが、2009 年度中の打上げを目指して衛星ミッションの再定義を行なった。その結果

- (1) 学生達の手で創立 100 周年を祝う衛星を打ち上げる

- (2) 宇宙環境で衛星のバス機器を生き残らせる
- (3) 地域の子供達から希望を募った地球上の任意の地点の写真を撮影し、配信する

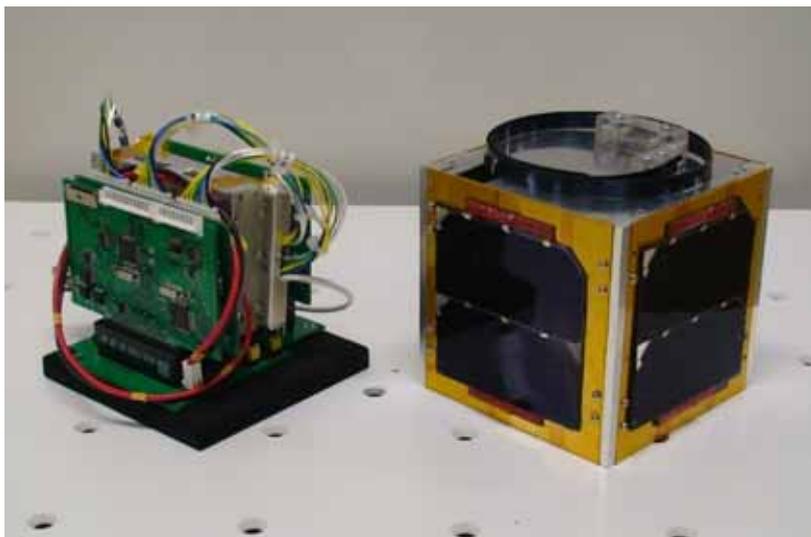
の3点を主要ミッションとすることとし、衛星の基本仕様を変更した。衛星サイズは10cmx10cmx10cmのCubesatとし、学生が初めて製作する衛星の技術レベルを超えない設計とした。但し、サリー大学から提供される小型カメラの宇宙実証と薄膜太陽電池の宇宙実証という技術的意義も有したものとなっている。衛星は2010年1月から3月の間にインドのサティシュダワン宇宙センターからPSLV(Polar Satellite Launch



鳳龍の軌道上の想像図

Vehicle)にて相乗り衛星として高度600km~800kmの極軌道に打ち上げられる予定で、現在九工大とインド宇宙機関(ISRO)の商業打上げを担当するAntrix社との間で契約締結作業を行なっている。インドからの打上げはブローカーを仲介するのが普通であるが、2007年度にISROの太陽電池パネルの帯電放電試験を九工大で実施した縁もあり、九工大とISRO/Antrixの間の直接交渉を行なえることとなった。

2008年3月現在、衛星は環境試験モデルを作成中であり、2008年度中に整備した振動試験装置・熱衝撃試験装置・熱真空試験装置等々を使用した宇宙環境試験を速やかに実施していく。2009年1月のH2Aロケットによる7機の相乗り衛星の打上げ成功もあり、学生の手作り衛星は国内では珍しくなくなってきている。鳳龍の最大の特徴は、衛星の打上げに必要な環境試験を全て九工大の敷地内で実施可能であるという点である。2009年11月から12月にかけてインドに向けて衛星を送りだすが、それまで衛星本体は九工大戸畑地区の敷地を一步もでることはない。鳳龍の成功によって「自前で人工衛星を作れる大学」を世界にアピールすることを狙っている。



鳳龍の環境試験モデル(左)と衛星モックアップ(右)

産学官連携

■ 経済産業省との意見交換会

2009年2月16日、経済産業省宇宙産業室の飯田陽一氏と北村健一氏が九州工業大学に来学され、宇宙産業の現状と経済産業省の施策について説明し、宇宙産業参入を目指している九州地域企業の方々20数名を交えて意見交換した。大学・企業からの意見を吸い上げると共に、今後の宇宙産業発展のために必要な施策が何かについて活発な議論が行われた。



経済産業省との意見交換会の様子

■ 九州航空宇宙開発推進協議会

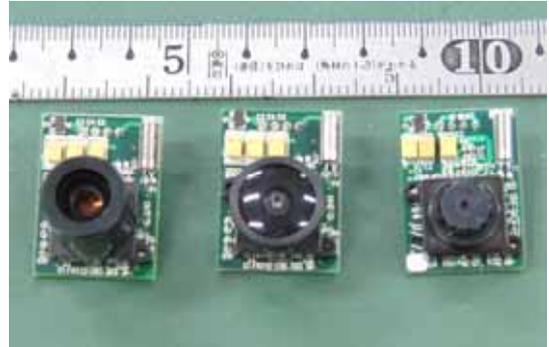
今年度も、九州航空宇宙開発推進協議会（九航協）「宇宙利用プロジェクト創出研究会」の宇宙環境グループのリーダーとして活動を行なった。このプロジェクトでは九州地域内での宇宙産業の振興を目指し、地域企業・大学がもつ要素技術（シーズ）の研究開発を行なっている。またプロジェクトの象徴として、2010年夏にH2Aロケット相乗りが予定されている鹿児島衛星に対して九航協全体で支援を行なっている。シーズ研究としては、昨年度まで行なってきた宇宙環境技術交流会のネットワークを活用し、衛星帯電防止電子エミッタの開発等の産学官連携研究を行なっている。また経済産業省が進めるSBIR(Small Business Innovation Research)への共同応募を目指した準備作業を着々と進めた。鹿児島衛星については、2009年度から環境試験を本格化させる予定である。

宇宙利用プロジェクト創出研究会の活動とは別に、九州地域の航空宇宙産業とビジネスの将来像を描き、そのためのアクションプランを策定する企画委員会にセンターから参加した。プロジェクト創出研究会の発足以来少なからぬシーズ技術が育ってきた現状を踏まえ、域外に積極的にでていって将来の顧客からのフィードバックを得ることを目的に、2009年度には各種展示会に展示を行なうこととなった。2009年10月に韓国で開催される60th IAC (International Astronautical Congress)に、域内企業と共にセンターも出展する予定である。

国際連携

2008 年度も九工大・英国サリー大学・フランス国際宇宙大学・米国バージニア工科大学の 4 者間の多国間相互連携ネットワークに沿った学生・スタッフの頻繁な行き来がなされると共に、新たに南カリフォルニア大学(米国)がネットワークに加わった。

2008 年度もサリー大学から博士課程の学生 1 名が 3 ヶ月間の短期交換留学生として来学した。留学生は小型衛星鳳龍の制御系について研究を行なった。本センターからは、5 月から 10 ヶ月間、博士課程大学院生が 1 名サリー大学に派遣され、小型衛星搭載用粒子エネルギー分析器の電子回路基板の小型化に取り組んだ。文部科学省の大学教育の国際化加速プログラム(長期海外留学支援)の補助を受けて滞在中の学生 1 名と合わせ、2008 年度は 2 名の学生が Surrey Space Centre に留学したことになる。小型衛星鳳龍に搭載する小型カメラ SCAMP がサリー大学から九工大に到着し、動作検証試験が行われた。ハードウェアをサリー大学が作成し、動作ソフトウェアを九工大で開発中である。



サリー大学提供の小型衛星用カメラ

2008 年 6 月からバルセロナ市のカタルーニャ工科大学にて開催された国際宇宙大学(ISU)夏季講座に、2006 年 2 月の国際交流協定締結に基づいて九工大から大学院生 2 名が派遣された。この他にも JAXA と ISU の協力協定に基づいた奨学金の援助を受けたセンター所属の九工大大大学院生が一名派遣され、計 3 名が九工大から ISU 夏季講座に参加した。センター教員もストラスブールの ISU 本部を 2 回に亘って訪問し、MSS(Master of Space Studies)で講義を行った。2009 年度 ISU 夏季講座(NASA エイムス研究センター)にも九工大から複数の学生を派遣する予定である。



国際宇宙大学参加者の集合写真

米国バージニア工科大学(VT) で九工大との大学間国際交流協定の窓口となっていた Wang 教授が南カリフォルニア大学(USC)に異動するのを受けて、九工大と USC の間で学部間交流協定を締結した。この協定に基づいて 2009 年 5 月から USC の学生 2 名が九工大に短期留学し、衛星プロジェクトに参加することとなっている。この派遣は全米科学財団(National Science Foundation)で採択された米日学生衛星プロジェクトの一環であり、今後も毎年継続的に学生が派遣されてくることになる。USC はロサンゼルス市内にあって、日本からも比較的行きやすいため、今後は九工大からの学生派遣や教員交流を通じて、宇宙環境技術関連の共同研究プロジェクトの立ち上げも視野にいれた活動を行なっていく。

地域貢献

当センターにおいては地域の若い人材の育成に貢献するべく、理科教育協力活動を積極的におこなっている。2008年度はセンターの施設を開放して下記の高等学校生徒を受け入れた。

スーパー・サイエンス・ハイスクール (参加者17名)

■ スーパー・サイエンス・ハイスクール(SSH) (8月4,5日)

昨年度同様に「スーパー・サイエンス・ハイスクール」として指定されている県立小倉高等学校の生徒を対象に当センターでの体験学習を行なった。今年度は電気回路とマイコンをメインテーマに設定した。

現在、本センターでは学生を中心として行なわれている、CAN-SAT(空き缶サイズの小型の模擬衛星) 鳳龍(九工大100周年を記念した小型人工衛星)のプロジェクトを支援している。これらに共通する事として電気回路とマイコンによる制御がある。今回の内容はこれらのプロジェクトで最も基本となる、電気回路の製作、マイコンのプログラミングを行なった。具体的な内容としては、戦車の模型をベースとしたローバーを作り、動力源となるモーターのスイッチをマイコンにより制御する事でローバーをプログラム通りに走らす事である。

電気回路の理解は簡単なようだったが、実際の回路基板を作製する場合には回路自体が小さくハンダごての使い方が難しく思ったように配線が出来ない状況であった。結果的にはどの各チームとも回路の作製は成功した。また、マイコンとプログラムに関しては経験と予備知識がほとんど無い為、最初は理解が難しいようだった。しかし、実際に1回動かす事が出来た後は生徒たちが自主的に取り組み、各チームともに試行錯誤しながらプログラムを行なっていた。

その他には真空容器内のプラズマの計測に取り組んでもらった。測定原理は午前中に説明し、グループごとにプラズマの計測を行なった。また、実際に当センターで行なっている衛星試験の体験学習についても行なった。



マイコンとプログラミングの講習



衛星試験の体験学習

教育貢献

■ 宇宙環境技術特論

2006年度から教育貢献として宇宙環境技術特論を開講しており、本年度は3年目となった。講義は大学院生対象であり、機械知能工学科、電気電子工学科および先端機能システム工学科で合計60名程度受講した。宇宙環境技術研究センターの職員が主に講師として講義を行っているが、宇宙航空研究開発機構(JAXA)から2名の職員(五家建夫氏、今泉充氏)を講師として招き講義をして頂いており、合計6名の講師で14回の講義を行っている。五家氏は宇宙放射線および宇宙環境観測の専門家であり、これまで数多くの観測ミッションに携わってきた。また、今泉氏は宇宙用太陽電池セルの専門家であり、衛星搭載用太陽電池セルの開発を行ってきた。これは2006年にJAXA総合技術研究本部と締結した協力協定により支援されている。

講義内容は厳しい宇宙環境と、そこへ打ち上げられる宇宙機になされている耐宇宙環境技術についての解説となっている。以下に講義項目を挙げる。

宇宙環境概説

- ・ 宇宙環境およびその計測 (2回)
- ・ 大型宇宙システム (1回)

宇宙プラズマ相互作用

- ・ 宇宙機の電流収集 (1回)
- ・ 宇宙機の帯電放電 (1回)
- ・ 帯電解析プログラム (1回)

宇宙システムと宇宙環境

- ・ 耐放電性能試験 (1回)
- ・ 次世代宇宙システム (1回)

宇宙材料とその劣化

- ・ スペースデブリ (1回)
- ・ 宇宙用太陽電池 (1回)

外部資金

研究種類	種目または相手先	受入者	研究課題
科研	基盤 A	趙	受動的電界電子放出素子による静止軌道衛星帯電防止法の開発
科研	萌芽	趙	月面環境における微粒子の帯電と付着に関する研究
共同	JAXA	趙	衛星帯電を防止する受動型電子エミッタの実用化研究
共同	JAXA	趙	人工衛星のプラズマ干渉・帯電に関する研究
共同	JAXA	趙	宇宙環境への高電圧バス技術の適用研究
受託	JAXA	趙	導電性テザーの電気特性評価
受託	NEDO	趙	衛星搭載太陽電池アレイの帯電・放電試験法の ISO 標準化プロジェクト
受託	NEC 東芝スペースシステム株式会社	趙	地球観測衛星搭載用太陽電池パネルの帯電・放電劣化特性に関する研究
受託	NEC マイクロ波管株式会社	趙	帯電解析ツール MUSCAT による TWT シミュレーションに関する研究
受託	NEC 東芝スペースシステム株式会社	趙	ASTRO-G 用太陽電池パネルの帯電・放電劣化特性に関する研究
受託	Space Systems/Loral	趙	Electrostatic Discharge (ESD) test for Multi-Junction Cell Coupon
受託	Space Systems/Loral	趙	Electrostatic Discharge (ESD) Test of Small Advanced Triple Junction (ATJ) Coupons
受託	JST	趙	地上民生品用帯電防止コーティングの宇宙環境適用性の評価
受託	(株) IHI	赤星	高強度複合材料の耐衝撃性に関する研究 (その 1)
受託	(株) IHI	赤星	高強度複合材料の耐衝撃性に関する研究 (その 2)
受託	JAXA	赤星	高速衝突試験の研究委託
受託	JAXA	赤星	CFRP および金属板への超高速斜め衝突実験
受託	NEDO	豊田	人工衛星搭載太陽電池アレイの地上帯電放電試験方法の確立を目指した国際共同研究

外部資金獲得総額 (2008 年 4 月～2009 年 3 月)

82,831,700 円

スタッフ紹介



ちょう めん'う
趙 孟佑

九州工業大学工学部 教授 ・ 宇宙環境技術研究センター長
1962 年生まれ。1985 年東京大学工学部航空学科卒業。1987 年東京大学大学院工学系研究科航空学専攻修士課程修了。1991 年 12 月マサチューセッツ工科大学大学院博士課程修了。Ph.D.

1992 年神戸大学大学院自然科学研究科助手。1995 年 7 月国際宇宙大学（フランス）助手。

1996 年 8 月九州工業大学工学部講師を経て、1997 年 10 月同助教授。

2004 年 12 月より同教授並びに宇宙環境技術研究センター長併任。



あかほし やすひろ
赤星 保浩

九州工業大学工学部 教授 ・ 宇宙環境技術研究センター

1961 年生まれ。1985 年東京大学工学部卒業。1987 年東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻修士課程修了。1990 年東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了。工学博士。

1990 年 4 月九州工業大学工学部講師を経て、1991 年 4 月九州工業大学工学部助教授。2003 年 1 月九州工業大学サテライトベンチャービジネスラボラトリ施設次長。2003 年 4 月九州工業大学工学研究科機能システム創成工学専攻（協力講座）2004 年 12 月九州工業大学宇宙環境技術研究センター併任。

2006 年 4 月より九州工業大学工学部教授。



とよだ かずひろ
豊田 和弘

宇宙環境技術研究センター 准教授

1970 年生まれ。1995 年名古屋大学工学部航空宇宙工学科卒業。1997 年東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了。2001 年 3 月同博士課程修了、博士（工学）。

2001 年 4 月九州工業大学サテライトベンチャービジネスラボラトリ非常勤研究員。2003 年 4 月千葉大学工学部都市環境システム学科助手。

2006 年 1 月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター助教授（現准教授）。



いわた むのる
岩田 稔

宇宙環境技術研究センター 助教

1972 年生まれ。1995 年東海大学工学部航空宇宙学科卒業。1997 年東海大学大学院工学研究科航空宇宙学専攻修士課程修了。2000 年東海大学大学院工学研究科航空宇宙学専攻博士課程修了。博士（工学）。

2000 年宇宙開発事業団宇宙開発特別研究員。2003 年宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部共同利用研究員。2004 年東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設研究機関研究員。

2005 年 4 月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター助手（現助教）。



カーン
アリフル
ラハマン

宇宙環境技術研究センター 博士研究員

1973年生まれ。1996年ダッカ大学応用化学技術科卒業(バングラデシュ)。1997年ダッカ大学大学院応用化学技術専攻修士課程修了。1997年～2003年 LDCL、JPCL実習生、IUB大学講師。2004年10月九州工業大学研修生。2008年9月九州工業大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。2008年4月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター博士研究員。



ますい ひろかず
増井 博一

宇宙環境技術研究センター 博士研究員

1979年生まれ。2001年九州工業大学工学部機械知能工学科卒業。2003年九州大学大学院総合理工学府先端エネルギー理工学専攻修士課程修了。2006年3月九州大学大学院総合理工学府先端エネルギー理工学専攻博士課程修了。博士(工学)。2006年4月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター博士研究員。



おくむら てつべい
奥村 哲平

宇宙環境技術研究センター 博士研究員

1980年生まれ。2002年九州工業大学工学部電気工学科卒業。2004年九州工業大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。2007年12月九州工業大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。2008年1月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター博士研究員。

2009年4月より宇宙航空研究開発機構研究開発本部電源グループプロジェクト研究員。



ながい ひると
永井 弘人

宇宙環境技術研究センター 博士研究員

1978年生まれ。2002年九州大学工学部航空工学科卒業。2004年九州大学大学院工学府航空宇宙工学専攻修士課程修了。2008年東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻博士課程後期課程修了。博士(工学)。2007年4月日本文理大学マイクロ流体技術研究所特別共同利用研究員。2008年4月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター博士研究員。

2009年4月より日本文理大学工学部航空宇宙工学科助教。



なるみ ともひろ
鳴海 智博

宇宙環境技術研究センター 博士研究員

1978年生まれ。2003年九州大学工学部航空工学科卒業。2005年九州大学大学院工学府航空宇宙工学専攻修士課程修了。2008年九州大学大学院工学府航空宇宙工学専攻修士課程修了。博士(工学)。2008年4月東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻教育研究支援者。2009年4月より九州工業大学宇宙環境技術研究センター博士研究員。

■ 学術論文 (2008.4 ~ 2009.3)

- [1] Koki Kashihara, Mengü Cho, Satomi Kawamoto, “Ground Experiments and Computer Simulations of Interaction Between Bare Tether and Plasma”, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.36, pp.2324-2335, 2008.
- [2] Takanobu Muranaka, Satoshi Hosoda, Jeongho Kim, Shinji Hatta, Koichiro Ikeda, Takamitsu Hamanaga, Mengü Cho, Hideyuki Usui, Hiroko O. Ueda, Kiyokazu Koga and Täteo Goka, “Development of Multi-Utility Spacecraft Charging Analysis Tool (MUSCAT)”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.36, pp.2336-2349, 2008.
- [3] Satoshi Hosoda, Takanobu Muranaka, Hitoshi Kuninaka, Jeongho Kim, Shinji Hatta, Naomi Kurahara, Mengü Cho, Hiroko Ueda, Kiyokazu Koga, Täteo Goka, “Laboratory Experiments for Code Validation of Multiutility Spacecraft Charging Analysis Tool (MUSCAT)”, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.36, pp.2350-2359, 2008.
- [4] Hirokazu Masui, Takayuki Ose, Kazuhiro Toyoda and Mengü Cho, “Electrostatic Discharge Plasma Propagation Speed on Solar Panel in Simulated Geosynchronous Environment”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.36, pp.2387-2394, 2008.
- [5] Kazuhiro Toyoda, Hirokazu Masui, Takanobu Muranaka, Mengü Cho, Tomoyuki Urabe, Takeshi Miura, Yuichiro Gonohe, Tooru Kikuchi, “ESD Ground Test of Solar Array Coupons for a Greenhouse Gases Observing Satellite in PEO”, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.36, pp.2413-2424, 2008.
- [6] Shinya Fukushige, Yasuhiro Akahoshi, Keiko Watanabe, Toshikazu Nagasaki, Kenshou Sugawara, Takao Koura, and Mengü Cho, “Solar-Array Arcing Due to Plasma Created by Space-Debris Impact”, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.36, pp.2434-2439, 2008.
- [7] K.Sakuraba, Y.Tsuruda, T.Hanada, J.-C. Liou and Y.Akahoshi, “Investigation and comparison between new satellite impact test results and NASA standard breakup model”, International Journal of Impact Engineering, Vol.35, Issue12, pp.1375-1900, 2008.
- [8] M.Higashide, T.Koura, Y.Akahoshi and S.Harada, “Debris cloud distribution at oblique impacts”, International Journal of Impact Engineering, Vol.35, Issue12, pp.1573-1577, 2008.
- [9] Y.Akahoshi, T.Nakamura, S.Fukushige, N.Furusawa, S.Kusunoki, Y.Machida, T.Koura, K.Watanabe, S.Hosoda, T.Fujita and M.Cho, “Influence of space debris impact on solar array under power generation”, International Journal of Impact Engineering, Vol.35, Issue12, pp.1678-1682, 2008.
- [10] M. Iwata, “Recovery of radiation-induced coloration on various polyimides”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 266, No. 12-13, June 2008, pp.3071-3074, 2008.
- [11] Yukishige Nozaki, Hirokazu Masui, Kazuhiro Toyoda, Mengü Cho, and Hirokazu Watabe, “ESD Ground Testing of Triple-Junction Solar Cells with Monolithic Diodes”, Space Technology Japan, Trans. JSASS Space Technology Japan, Vol.7, pp.11-17, 2009.
- [12] S.Hatta, T.Muranaka, J.Kim, S.Hosoda, K.Ikeda, N.Kurahara, M.Cho, HO.Ueda, K.Koga, T.Goka, “Accomplishment of multi-utility spacecraft charging analysis tool (MUSCAT) and its future evolution”, ACTA ASTRONAUTICA, Vol.64, Issue5-6, pp.495-500, MAR-APR 2009.

- [13] T. Asano, T. Suzuki, Y. Hiraki, E. Mareev, M. Cho, and M. Hayakawa, “Computer simulations on sprite initiation for realistic lightning models with higher frequency surges”, J. Geophys. Res., to be published, 2009.
- [14] Jeremy N. Thomas, Benjamin H. Barnum, Erin Lay and Robert H. Holzworth, Mengyu Cho, Michael C. Kelley “Lightning-driven electric fields measured in the lower ionosphere: Implications for transient luminous events”, J. Geophys. Res., to be published, 2009.
- [15] Mengyu Cho, Tomoki Kitamura, Takayuki Ose, Hirokazu Masui and Kazuhiro Toyoda, “Statistical Number of Primary Discharges Required for Solar Array Secondary Arc Tests”, To be published J. Spacecraft and Rockets, 2009.
- [16] K. Yokota, S. Abe, M. Tagawa, M. Iwata, E. Miyazaki, J. Ishizawa, Y. Kimoto, and R. Yokota, “Degradation property of commercially available Si-containing polyimide in simulated atomic oxygen environments for low Earth orbit”, High Performance Polymer, to be published, 2009.
- [17] Teppei Okumura, Andreas Kroier, Kazuhiro Toyoda, Erich Leitgeb, Mengyu Cho, “The influence of power supplies on the secondary arc test of solar arrays”, Journal of Spacecraft and Rockets, to be published, 2009.
- [18] Teppei Okumura, Hirokazu Masui, Kazuhiro Toyoda, Kumi Nitta, Mitsuru Imaizumu, Mengyu Cho, “Environmental Effects on Solar Array Electrostatic Discharge Current Waveforms and Test Results”, Journal of Spacecraft and Rockets, to be published, 2009.

■ 国際会議 (2008.4 ~ 2009.3)

- [1] Kazuhiro Toyoda, Mengyu Cho, Shirou Kawakita, and Masato Takahashi, “Investigation of Sustained Arc Under Solar Cell”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [2] Takayuki Ose, Kazuhiro Toyoda, Hirokazu Masui, Mengyu Cho, “Spectroscopic Measurement of Secondary Arc Plasma on Solar Array”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [3] N. Danish, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda and Mengyu Cho, “Development of an Atomic Oxygen Irradiation System for the Charging Property Database”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [4] Yukishie Nozaki, Hirokazu Masui, Kazuhiro Toyoda, and Mengyu Cho, “ESD Test for Triple-Junction Solar Cells with Monolithic Diode”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [5] Hirokazu Masui, Takayuki Ose, Kazuhiro Toyoda and Mengyu Cho, “Sustained Arc Test for Formulating Design Guideline of Solar Array Panel”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [6] Hikaru kayano, Syunitirou Ninomiya, Teppei Okumura, Hirokazu Masui, Kazuhiro Toyoda, Mengyu Cho, “Arc tracking between space cables due to electrostatic discharge”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [7] Musashi Sakamoto, Hideyuki Igawa, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Mengyu Cho, “The Selection and Development of Antistatic Coating for Space Applications”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [8] Yusuke Sadakane, “Research on Space environmental adaptability of cable for SSPS”, 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.

- [9] Tetsunori Nagata, "Development of design tool of traveling wave tube", 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [10] Yoshihiko Fujiwara, "Measurement system of field emission on a Electron-emitting Film", 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [11] Yasunori Furukawa, Hiriokazu Masui, Kazuhiro Toyoda, Mengü Cho, "Preliminary Study of Development of Space Debris Removal Method Using Electrostatic Force", 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [12] Tomoyuki Yamamoto, Minoru Iwata, "Experimental study of the contamination simulator", 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, June 2008.
- [13] K.Sugawara, T.Nagasaki, Y.Akahoshi, K.Watanabe, T.Koura, M.Cho and H.Nagai, "Threshold of Sustained Arc Crated by Debris Impacts on Solar Array", International Workshop on Explosion, Shock wave and Hypervelocity Phenomena 2008, Kumamoto, September 2008.
- [14] H.Takakura, Y.Akahoshi, M.Higashide, S.Iima, T.Koura and H.Nagai, "Development of double anode X-ray tube for analyzing the debris clouds", International Workshop on Explosion, Shock wave and Hypervelocity Phenomena 2008, Kumamoto, September 2008.
- [15] M. Iwata, H. Igawa, T. Okumura, K. Toyoda, M. Cho, T. Sato, S. Hatta, T. Fujita, and Y. Hisada, "Development of Electron Emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation II. Improvement of Performance", the 59th International Astronautical Congress, Glasgow, Oct 2008.
- [16] N. Danish, Teppei Okumura, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda and Mengü Cho, "Generation of LEO-Type Atomic Oxygen Environment in Laboratory for Charging Property Database", the 59th International Astronautical Congress, Glasgow, Oct 2008.
- [17] Naomi Kurahara, Mengü Cho, "Development of spacecraft charging measuring instrument withparallel plate electrostatic energy analyzer", the 59th International Astronautical Congress, C2-6, Glasgow, Oct 2008.
- [18] M. Iwata, M. Miyauchi, Y. Ishida, and R. Yokota, "Synthesis of Thin Films for Gossamer Spacecraft Structure and Evaluation of Its Durability in Space Environments", 8th International Symposium on Ionizing Radiation and Polymers, Angra dos Reis, Brazil, Oct 2008.
- [19] S.Iima, Y.Akahoshi, T.Koura, H.Nagai, H.Takakura and Y.Otsuji, "Design of novel two-stage light gas gun made of polyethylene", KSAS-JSASS Joint International Symposium, pp.445-449, Jeju, Korea, November 2008.
- [20] M.Uchino, Y.Akahoshi, Y.Kitazawa, T.Goka and H.Nagai, "Development of international standardization using debris environment models for spacecraft design", KSAS-JSASS Joint International Symposium, pp.582-586, Jeju, Korea, November 2008.
- [21] Kazuhiro Toyoda, Yasunori Furukawa, Teppei Okumura, Hirokazu Masui, and Mengü Cho, "Preliminary investigation of space debris removal method using electrostatic force in space plasma", 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando, Jan 2009.
- [22] M. Cho, T. Okumura, M. Iwata, K. Toyoda, H. Igawa, Y. Fujiwara, S. Hatta, T. Satou, T. Fujita, "Development of Electron-emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation: Observation, Endurance and Simulations", AIAA-2009-560, 47th AIAA Aerospace Science Meeting, Orlando, Jan 2009.
- [23] Hirokazu Masui, Kazuhiro Toyoda and Mengü Cho, "Secondary Arc Threshold Meaurement on Solar Arrays for Japanese Spacecraft Charging Guideline", 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando, Jan 2009.

■ 国内会議 (2008.4 ~ 2009.3)

- 第 11 回宇宙太陽発電システム(SPS)シンポジウム、東京、2008 年 9 月 (2 件)
- 第 49 回真空に関する連合講演会、松江、2008 年 10 月 (2 件)
- 第 52 回宇宙科学技術連合講演会、兵庫、2008 年 11 月 (12 件)
- 日本航空宇宙学会西部支部講演会(2008)、福岡、2008 年 11 月 (7 件)
- 第 5 回宇宙環境シンポジウム、茨城、2008 年 12 月 (2 件)
- 平成 20 年度宇宙輸送シンポジウム、相模原、2009 年 1 月 (2 件)
- 第 27 回宇宙エネルギーシンポジウム、相模原、2009 年 1 月 (1 件)
- 第 9 回宇宙科学シンポジウム、相模原、2009 年 1 月 (1 件)
- 衝撃波シンポジウム、名古屋、2009 年 3 月 (5 件)

社会貢献

■ 論文査読

- IEEE Transaction on Plasma Science 4件 (趙)
- IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation 1件 (趙)
- Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Space Technology Japan 2件 (趙)

■ 論文誌編集

- IEEE Transaction on Plasma Science, Guest Editor (趙)

■ 学会運営

学会開催

- なし

学会委員

- 11th SCTC プログラム委員 (趙)
- 太陽発電衛星研究会幹事 (趙)
- 航空宇宙学会西部支部幹事 (趙)
- AIAA Atmospheric and Space Environment Technical Committee (趙)
- 「真空・低気圧中における放電の発生制御と応用技術」調査専門委員会 (趙)
- Aeroballistic Range Association Education Committee (赤星)
- Aeroballistic Range Association New Member Committee (赤星)
- 日本機械学会九州支部評議員 (赤星)

学会オーガナイザ

- 第5回宇宙環境シンポ呼びかけ人 (趙)
- 26th ISTS 宇宙環境・スペースデブリ小委員会副委員長 (趙)
- 27th ISTS 宇宙環境・スペースデブリ小委員会副委員長 (趙)
- 平成20年度衝撃波シンポジウム 「スペースデブリ」オーガナイザ (赤星)

■ 外部委員等

- 日本航空宇宙工業会 SC14 国際規格検討委員会設計検討分科会委員 (趙)
- 九州航空宇宙開発推進協議会幹事 (趙)
- JAXA 宇宙機帯電・放電設計標準WG委員 (趙、豊田)

- ・九州宇宙利用プロジェクト創出研究会 宇宙環境グループリーダー (趙)
- ・JAXA 宇宙科学研究本部スペースプラズマ専門委員会委員 (趙)
- ・JAXA 宇宙科学研究本部宇宙工学委員会エネルギー班委員 (趙)
- ・ASNARO プロジェクト衛星開発運用活性化小委員会委員 (趙)
- ・先進的宇宙システム技術委員会システム小委員会委員 (趙)
- ・経済産業省宇宙産業プログラム技術検討会委員 (趙)
- ・日本航空宇宙工業会 SC14 国際規格検討委員会環境分科会委員 (赤星)
- ・ISO TC20/SC14 ODCWG メンバ (赤星)

■ 講演

学外特別講義

- ・ Indian Space Research Organization, "High Voltage in Space, Spacecraft Charging Studies in Japan", 12月2,3日、Bangalore, India (趙)
- ・ 国際宇宙大学修士課程、1月20日 (赤星)

招待講演

- ・ 第49回真空に関する連合講演会、"宇宙機器における放電とその課題"、2008年10月28日、松江 (趙)

一般向け講演

- ・ 明専会東京支部「人類は独りか？～隣の星に行く方法～」4月19日 (趙)
- ・ 小倉高校「宇宙は人類を救えるか？～宇宙太陽光発電と宇宙環境～」7月8日 (趙)

報道関係

放送日：2009年3月18日
 メディア：KBC ラジオ
 「ブギウギラジオ」



生放送中の学生

放送日：2009年3月25日
 メディア：RKB ラジオ
 「安藤豊のオトナの学校」



取材に来たRKBラジオスナッピー号

放送日：2008年8月28日
 メディア：NHK北九州ニュース（画像なし）

掲載日：2008年4月8日
 メディア：読売新聞
 タイトル：「宇宙のごみ 監視する“目”」



掲載日：2008年6月21日
 メディア：西日本新聞
 タイトル：「九州産衛星発射秒読み」



掲載日：2009年1月1日
 メディア：西日本新聞
 タイトル：「10センチの衛星
 『鳳龍』に夢乗せ」



掲載日：2009年3月16日
 メディア：読売新聞
 タイトル：「九工大衛星 宇宙に続け」

九工大衛星 宇宙に続け

九州工業大（北九州市）は16日、学生が製作した小型衛星「鳳龍」（縦、横、高さ各10センチ、重さ約1.3キロ）の写真を来年3月までにインドのサティシュダワン宇宙センターから打ち上げると発表した。学生が、設計から製作、試験、運用までの全工程を自前で行うのは初めてという。衛星はインドが打ち上げるロケットに搭載し、高度600～800キロの軌道から戸畑キャンパスに向けてコールサインを発信したり、衛星の状態を信号として送る。運用期間は1年。九工大の創立100周年記念事業。

掲載日：2009年3月16日
 メディア：朝日新聞
 タイトル：「学生が製作人工衛星『鳳龍』」

掲載日：2009年3月17日
 メディア：西日本新聞
 タイトル：「九工大 手作り衛星打ち上げ」

学生が製作人工衛星「鳳龍」
 来年打ち上げ
 九工大が計画

九州工業大学（北九州市）は16日、学生が作る人工衛星「鳳龍」を10年初めて打ち上げると発表した。主に市販の部品を使い、設計・組み立ても学生が担う。

鳳龍は10センチ四方の箱形。完成後はインドのロケットに積み込まれ、高度600キロ以上の宇宙空間に打ち上げられる。無線で制御し、地球上の各地の写真も撮影する計画だ。大学院の榎孟佑教授の指導のもと学生・大学院生約20人が参加。05年から試作機づくりが続く。リーダーの大学院1年坂本武蔵さん（23）は「自分たちにもきっとできると思っただけだ」と話す。学生が宇宙環境を再現する耐久実験までするのは世界初という。打ち上げは今年5月に創立100周年になる九工大の記念事業で、費用約1500万円は募金などでまかなう。

九工大 手作り衛星打ち上げ

今年行われる九州工業大学創立100周年記念事業の一環として、学生が製作した人工衛星「鳳龍」が、インドの宇宙センターから打ち上げられる。衛星は高度600～800キロの軌道から、戸畑キャンパスに向けてコールサインを発信したり、衛星の状態を信号として送る。運用期間は1年。九工大の創立100周年記念事業。

100周年記念事業 来春にも

学生が製作した人工衛星「鳳龍」が、インドの宇宙センターから打ち上げられる。衛星は高度600～800キロの軌道から、戸畑キャンパスに向けてコールサインを発信したり、衛星の状態を信号として送る。運用期間は1年。九工大の創立100周年記念事業。

データ収集にも挑戦

衛星は高度600～800キロの軌道から、戸畑キャンパスに向けてコールサインを発信したり、衛星の状態を信号として送る。運用期間は1年。九工大の創立100周年記念事業。

九州工大が手作り衛星

九州工業大学（北九州市）は16日、学生中心になって製作する超小型人工衛星「鳳龍」を2010年1～3月に打ち上げる予定と発表した。インドのロケットに搭載して高度600～800キロに打ち上げる予定。今後の研究に用いるほか、地域の子どもたちも撮影してほしいという。地球を回り、宇宙カメラを撮影して撮った写真を送信する計画だ。

鳳龍は1辺の長さが10センチの箱形で、重さ約1.5キロ。昨年からは九州大由環境技術研究センターの藤本浩二准教授が設計から部品の調達、製作まで手がけた。巻面に導いた太陽電池パネル

来年打ち上げ

鳳龍は10周年記念事業の一環で、衛星の名前は同校の校章「鳳龍」から取った。材料費約200万円を打ち上げ費用約150万円は学内外からの寄付でまかなう。同大学院1年の坂本武志さん（22）は「通信系や電気系など、それぞれの得意分野を結集した。チームワークの成果を伸ばしたい」と意気込んでいる。（井上俊樹、写真も）



2010年打ち上げる超小型人工衛星の製作準備する九州大の学生ら。北九州市東区北九16日

掲載日：2009年3月17日
 メディア：毎日新聞
 タイトル：「九州大が手作り衛星」

掲載日：2009年3月17日
 メディア：日本経済新聞
 タイトル：「学生の人工衛星、宇宙へ」

掲載日：2009年3月17日
 メディア：日刊工業新聞
 タイトル：「人工衛星10年打ち上げ」

九州工業大学は16日、学生が製作した人工衛星を2010年1～3月に打ち上げる予定と発表した。縦横高さ各10センチの超小型衛星で、インドのロケットに搭載、高度600から800キロに打ち上げる予定。運用予定期間は一年だが、九州大の超五倍宇宙環境技術研究センターによると、「二年動けば、恐らく五年はもつ」としている。同センターは外部機関に頼らず、衛星の環境試験をすべて、北九州市の戸畑キャンパスで実施できるとしている。

学生的人工衛星、宇宙へ

九州大が来年

九州工業大学は16日、学生が製作した人工衛星を2010年1～3月に打ち上げる予定と発表した。縦横高さ各10センチの超小型衛星で、インドのロケットに搭載、高度600から800キロに打ち上げる予定。運用予定期間は一年だが、九州大の超五倍宇宙環境技術研究センターによると、「二年動けば、恐らく五年はもつ」としている。同センターは外部機関に頼らず、衛星の環境試験をすべて、北九州市の戸畑キャンパスで実施できるとしている。

人工衛星10年打ち上げ

九州工大 学内設備で開発製造

「北九州」九州工業大 打ち上げるを発表した。学は16日、独自開発した 開学100周年記念事業 人工衛星を2010年に の一環、インド宇宙機関 に搭載する。成功すれば、 が2010年1～3月に 打ち上げ予定のロケット に搭載する。成功すれば、 方の正方形サイズで本体 名称は「鳳龍」。05 年以降学科別で約20人 工学部・大学院生が開発 を進めてきた。10センチ四 日本大学・高等専門学校では7番目の人工衛星となるが、「開発から製造まですべてを学内設備で作った衛星としては国内初の衛星」（超五倍宇宙環境技術研究センター）からモニター画像などを送信する。

同大学は世界に3カ所しかない衛星搭載に関する試験機関「宇宙環境技術研究センター」があり、同センターが中心となって太陽電池を除くすべての開発を校内で行った。

九州工大は同時に100周年記念寄付講座も開設すると発表した。山九から2000万円の寄付を受け、産学連携の新校舎創出や人材育成する講座を4月から2年間開設する。

教育活動

修士論文

研究室	氏 名	題 名
趙	井川 秀幸	衛星帯電防止用受動型電子エミッタの開発と性能改善に関する研究
趙	池田 顕夫	超小型衛星「鳳龍」のオンボードコンピュータシステムの開発
趙	井上 綾子	月面プラズマ環境におけるダストの帯電と浮遊現象のシミュレーション
趙	上田 敦史	低温および室温における帯電放電試験の1次アーク発生の相違性に関する研究
趙	二ノ宮隼一郎	宇宙用太陽電池アレイ上の放電発生と吸着水分の関係
趙	前島 淳司	宇宙用太陽電池パネル上の放電による誘起されるサージの等価回路を用いた解析
豊田	坂本 裕太	宇宙用太陽電池アレイ帯電放電試験への適用を目指した制御可能な放電発生手法の開発
豊田	十川 和真	宇宙用電力伝送ケーブル被覆材の劣化とひび割れ検出に関する研究
豊田	野村 正行	宇宙用太陽電池の地上放電試験用フラッシュオーバ電流シミュレータの開発
赤星	飯間 智史	四段式軽ガス銃の開発に向けた超小型二段式軽ガス銃の開発
赤星	長崎 俊和	スペースデブリの衝突により発生する持続放電の閾値に関する研究
赤星	内野 匡人	材料貫通過程におけるエネルギー減衰に関する研究
赤星	原田 佳和	高速度カメラを用いた材料衝突過程のモデル化に関する研究
赤星	今津 賀文	自動車衝突における安全性能評価試験機の開発

学士論文

研究室	氏名	題名
趙	園田 薫	小型衛星 QSAT 搭載用高周波プラズマプローブの原理検証
趙	入江 大樹	小型衛星の環境試験のための熱真空および熱平衡試験装置の製作
趙	澄田 貴大	衛星帯電防止用受動型電子エミッタの動作シミュレーション
趙	齋藤 公也	汎用衛星帯電解析ソフトウェア(MUSCAT)を用いた地球極軌道環境における帯電現象のシミュレーション
趙	原田 徹郎	汎用衛星帯電解析ソフトウェア(MUSCAT)を用いた月面環境における帯電現象のシミュレーション
趙	今里 昂史	放電により誘起される導電性エレクトロダイナミックテザーの動的不安定性に関する地上試験
豊田	値賀 将	四重極質量分析計および分光器を用いた飛行時間計測による原子状酸素速度計測
豊田	河野 高範	導体における二次電子放出係数測定装置の開発
豊田	田邊 靖典	薄膜太陽電池を模擬した ITO ガラス板表面における静電放電発生の仕組みについての実験的研究
豊田	和田 智博	コーティングおよびセル下接着剤厚変化により絶縁強化した宇宙用太陽電池アレイ上の二次放電抑制に関する研究
赤星	田原 尚幸	次世代航空機エンジン開発に向けた矩形形状飛翔体発射装置の開発
赤星	福山 真郷	超高速衝突実験に向けたプラズマガンの開発
赤星	麻生 和宏	太陽電池アレイへのデブリ衝突により発生する持続放電の閾値に関する研究
赤星	尾辻 靖貴	四段式軽ガス銃の開発に向けた超小型二段式軽ガス銃の性能評価
赤星	末延 達也	自動車衝突における安全性能評価試験機の開発

✚ 教育特記事項

◆ CANSAT PROJECT

- 能代宇宙イベント：2チーム出場、4位・5位
- ARLISS：2チーム出場、4位・履歴無し
- 種子島ロケットコンテスト：2チーム出場、日本航空宇宙学会西部支部長賞受賞

今年度の能代宇宙イベントでは前年度に続く優勝を目指したが、4位と5位という結果に終わった。しかし、これまでの実績やシステムの信頼性を高く評価され、ARLISS への審査に2チーム共合格し念願の ARLISS に参加することができた。9月に行われた ARLISS では初めての砂漠という環境もあって4位と履歴無しという結果に終わり、新たな課題が浮かび上がってきた。



ARLISS 参加メンバー



ARLISS での打ち上げの様子



ARLISS に参加した CANSAT

また、CANSAT プロジェクトは2009年3月に行われた種子島ロケットコンテストにも2チームが参加した。ここでは機体の自律制御をうまく行うことができ、日本航空宇宙学会西武支部賞を受賞した。活動の詳細は、HP：<http://kitcansat.nomaki.jp/> に記載。



種子島ロケットコンテストでの
事前プレゼンテーションの様子



種子島ロケットコンテスト
での打ち上げの様子

- ◆ 10月10日(金)に戸畑キャンパス記念講堂にて「九工大学生航空宇宙活動報告会」を開催した。日本電気航空宇宙システムの小笠原雅弘氏による「月・惑星へ、宇宙へ、エンジニアは夢を見るか」と題した特別講演に引き続き、国際宇宙大学の SSP08 に派遣された学生3名による留学報告、学生が自主的に行なっている鳥人間コンテスト、フランスロケット競技会、Cansat、100周年記念衛星プロジェクトの各活動報告が行われた。



学生航空宇宙活動報告会の様子

- ◆ 豊田研究室所属の電気工学専攻博士前期課程1年栢野晃君が平成20年電気学会全国大会において優秀論文発表賞を受賞した。
- ◆ 赤星研究室所属の機械知能工学専攻博士前期課程2年長崎俊和君が2008年度日本航空宇宙学会西部支部講演会において優秀学生講演賞を受賞した。
- ◆ 豊田研究室所属の電気工学専攻博士前期課程2年野村正行君が(独)日本学生支援機構業績優秀者返還免除に内定した。
- ◆ 趙研究室所属の電気工学専攻博士前期課程2年池田顕夫君が(独)日本学生支援機構業績優秀者返還免除に内定した。

見学者 (宇宙環境技術研究センター)

地域別見学者数

(517名 3月25日現在)

九州内 367

九州外 137

海外 13

(オープンキャンパス、
工大祭は除く)



4月
近畿大学付属
東広島高等学校一同様

各月別見学者数

(517名 3月25日現在)

2008年4月 47

5月 32

6月 7

7月 35

8月 23

9月 110

10月 125

11月 89

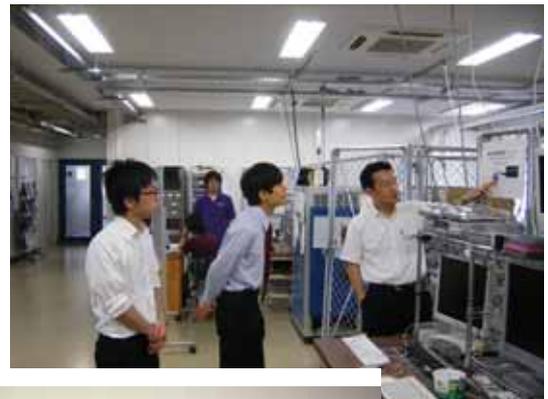
12月 0

2009年1月 13

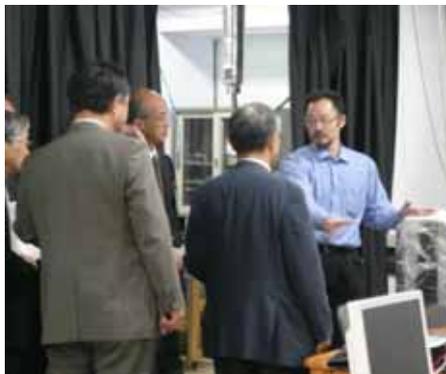
2月 21

3月 15

7月
文部科学省一同様



8月
仁川大学校一同様



10月
大学評価・学位授与機構一同様



1月
韓国特許庁一同様



2月
経済産業省一同様