

国立大学法人 九州工業大学

宇宙環境技術ラボトリー

年次報告書 第9号

2014年3月

Annual Progress Report 2013



Laboratory of **S**pacecraft **E**nvironment
Interaction **E**ngineering

緒 言

九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリーの2013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。前身の宇宙環境技術研究センターの時代も含め、年次報告書は9冊目を数えることとなりました。

2012年度の「鳳龍貳号」に引き続き、2013年度も宇宙実験を行いました。2013年8月に打ち上げられた HTV(宇宙ステーション補給機)に、本ラボラトリーが開発に深く関わった表面電位センサ(ATOTIE-Mini)が搭載され、HTV が国際宇宙ステーション ISS にドッキングする前後の電位変化の計測を実施いたしました。また、「鳳龍貳号」に続く宇宙環境・高電圧実験衛星として「鳳龍参号」・「鳳龍四号」の開発がスタートすると共に、2014年度打ち上げ予定のはやぶさ2の相乗り候補として「しんえん2」が選定されました。ラボラトリーの研究の場が、着実に宇宙空間に拡がりつつあります。

超小型衛星試験センターでは、2014年の超小型衛星打ち上げラッシュの影響もあり、10機の衛星について37件の試験を実施いたしました。日本の超小型衛星開発を支える重要拠点として機能しております。3年目に入った国連宇宙部と連携した留学生プログラムでは、6名の募集枠に対して28カ国83名が応募し、衛星組立・試験といったインフラ技術を含む衛星開発能力獲得に対する新興国の強い需要が伺われる結果となりました。

国際標準化活動では、超小型衛星試験・帯電環境という2件の新規ISO案件を引き続き実施しております。標準化活動は、単なる文書作成作業ではなく、規格の根拠データを得る研究活動と相補的に実施されており、また必然的に国際共同研究・産学連携プロジェクトとしての性格も有しています。これまでの本ラボラトリーのそのような活動実績が評価され、平成25年度宇宙開発利用大賞(経済産業大臣賞)を受賞いたしました。これも、今までの皆様のご支援の賜物です。心より感謝申し上げます。

本ラボラトリーも、いよいよ創立10周年が視野に入ってきました。今後とも皆様のご指導・ご鞭撻の程、よろしくお願いいたします。

2014年3月

宇宙環境技術ラボラトリー 施設長

趙 孟佑

- 目 次 -

緒 言

● 活動報告

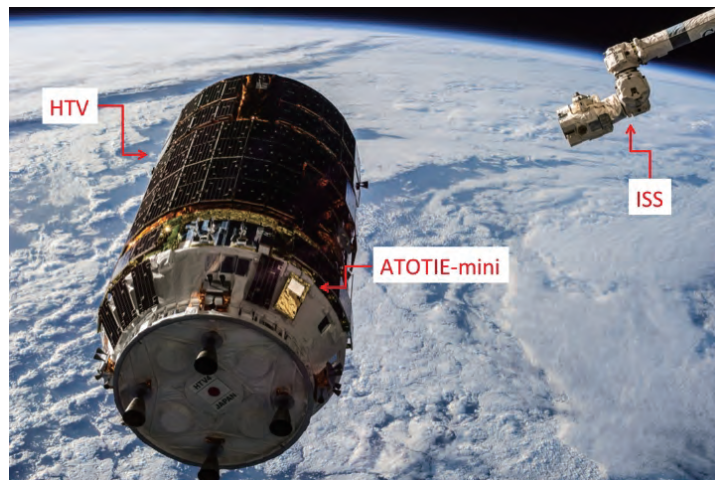
 <u>衛星帯電</u>	1
 <u>超高速衝突</u>	5
 <u>宇宙用材料</u>	8
 <u>超小型衛星環境試験</u>	11
 <u>広報活動</u>	17
 <u>国際標準化</u>	19
 <u>小型衛星</u>	20
 <u>国際連携</u>	22
 <u>地域貢献</u>	24
 <u>教育貢献／産学官連携</u>	25

● 資料編

 <u>外部資金</u>	28
 <u>スタッフ紹介</u>	29
 <u>論文発表</u>	32
 <u>特 許／特記事項</u>	36
 <u>社会貢献</u>	37
 <u>報道関係</u>	41
 <u>教育活動</u>	44
 <u>教育特記事項</u>	46
 <u>見学者</u>	48

■ 宇宙ステーション補給機（HTV）における帯電計測実験

国際宇宙ステーション(ISS)は 160V で発電しているが、プラズマコンタクトを使用することで ISS 本体の電位をほぼプラズマ電位に維持している。50V 発電を行なっている HTV（このとり）が ISS にドッキングする際に電位がどのように変化するかは、非常に興味深い問題であると共に、ISS の安定運用の観点から解明すべき課題でもある。鳳龍式号搭載用に開発したトレック・ジャパン社製の接触型表面電位計(Trek-3G)をベースとして、HTV 表面の絶縁体電位を計測する表面電位センサを 2012 年度から JAXA と共同で開発した。搭載されたセンサは、「ATOTIE-mini（Advanced Technology On-orbit Test Instrument for space Environment-mini）」として、HTV 4 号機にて 2013 年 8 月 4 日に種子島宇宙センターから打ち上げられた。ATOTIE-mini には Trek-3G の他に、鳳龍式号でも搭載した SCM(Surface Charging Monitor)を検証用として搭載している。低軌道では絶縁体表面電位がほぼプラズマ電位に等しくなるため、HTV 本体のプラズマに対する電位を計測することができる。ATOTIE-mini は、HTV が軌道にある 1 ヶ月に亘って計測を続け、HTV の電位が-25 から-40V の間を推移していることを確認した。またドッキングに際して、ISS や HTV にとって問題となるような電位の急激な変化を観測することはなかった。SCM でも同様の帯電が計測され、Trek-3G が衛星帯電計測センサとして使用可能であることを実証した。1 年半に満たない短期間開発でありながら、非常に大きな成果を挙げた宇宙実験であった。機器開発にあたりご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。



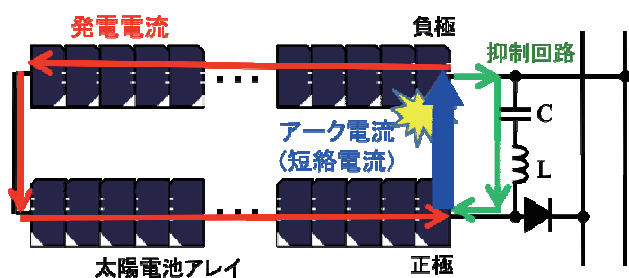
ISS にドッキングする直前の HTV-4 号機（写真提供：NASA/JAXA）

■ 人工衛星太陽電池アレイ帯電放電試験

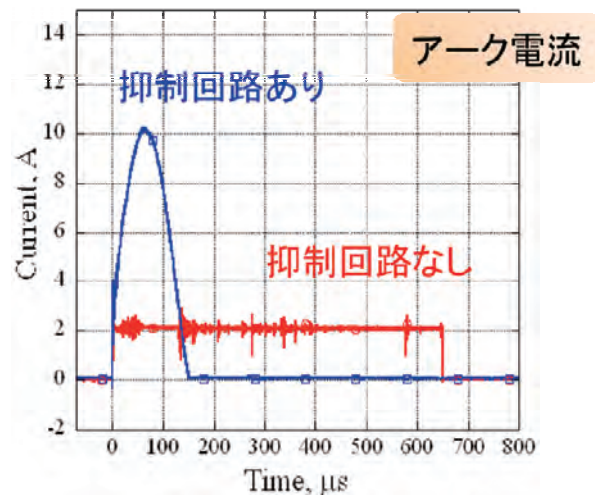
昨年度より三菱電機株式会社の太陽電池アレイの帯電放電試験を実施してきた。試験は ISO-11221 に基づいて行われ、二次放電の発生しきい値などが求められた。また試験には本ラボラトリーで開発したフラッシュオーバー模擬システムを用い、小さいサンプルでも大きなパドル上での放電を模擬した電流経路で試験することができた。

■ 持続放電抑制手法の開発

太陽電池アレイ上で発生する持続放電のコイルとコンデンサを用いた抑制手法を開発した。本年度は、電圧、電流を変化させて抑制効果を確認した。その結果、電圧が高くなればなるほど抑制効果が発揮された。また本抑制手法の米国特許を取得した。



持続放電抑制回路



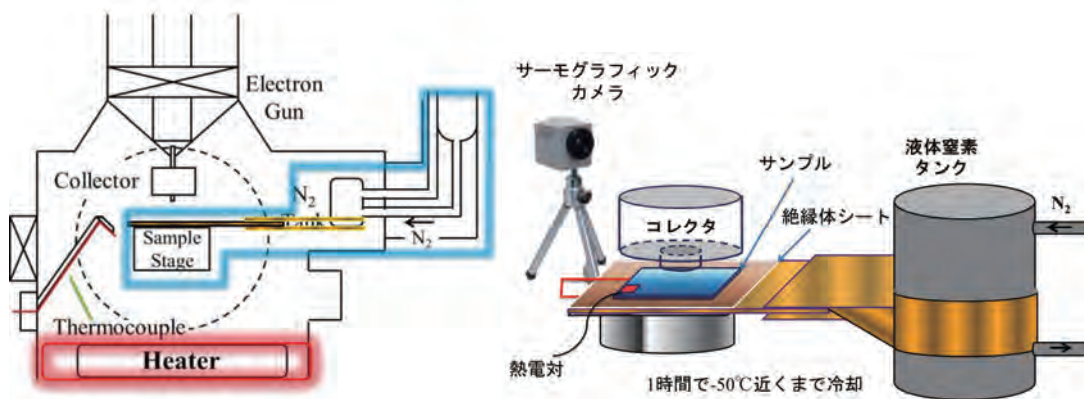
抑制回路によるアーク放電の消弧

■ 沿面放電抑制手法の開発

太陽電池アレイ上を帯電した電荷を中和しながら進展していく沿面放電は太陽電池の劣化や、持続放電を引き起こすため問題となっているが、現在のところ積極的に抑制する手段は無い。そこで数 cm の高さのついたてを立てることで沿面放電の進展を妨げる事を試みた。その結果、ついたてで放電の進展を止める事ができ、太陽電池パネル間についたてを入れることでパネル1枚分の沿面放電に抑制することができることが分かった。

■ 二次電子電流計測

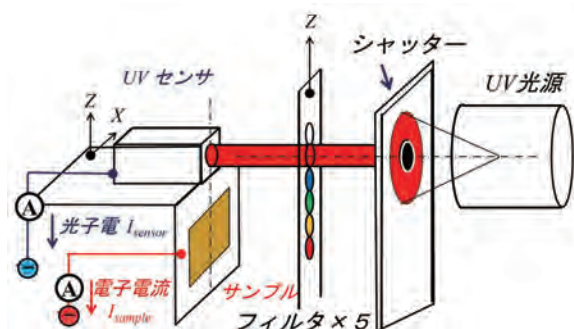
今年度は、二次電子電流計測システムに液体窒素を使った冷却システムを導入し、マイナス 30℃ 程度の低温環境下で二次電子の計測ができるようになった。



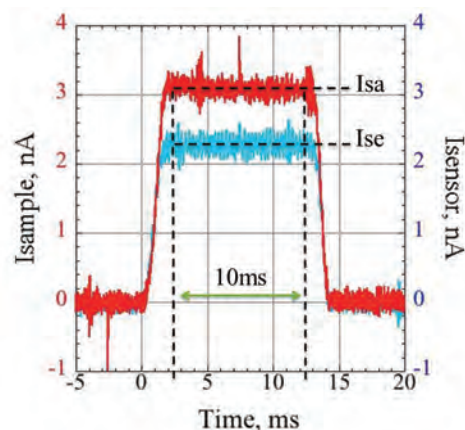
低温環境での二次電子計測装置

■ 光電子電流計測

本年度は真空紫外光の波長を選択するフィルタを増やして、波長に対する光電子電流の計測を詳細に行えるようになった。また、より高速のパルス駆動シャッターを用いることで、以前よりも電流の立ち上がりを早くし、絶縁体サンプルでの計測時に帯電の影響を緩和することができた。



光電子電流計測システム



入射光子電流 (I_{se}) と放出電子電流 (I_{sa})

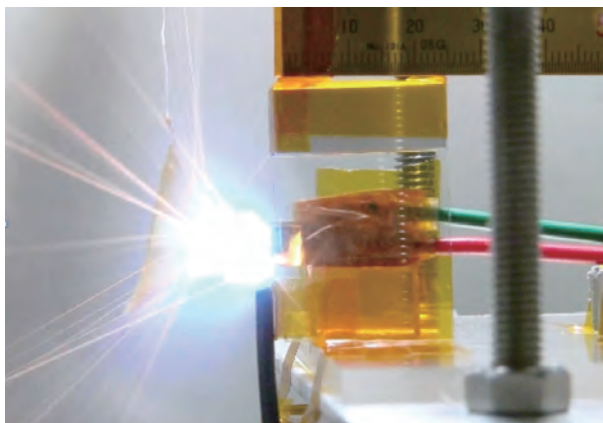
サンプルは Kapton 100H

■ テザー

昨年度に引き続き、JAXA との共同研究としてエレクトロダイナミクステザーに関する研究を行った。本年度はテザーの耐プラズマ試験の他に、デブリ除去を目的としたテザーシステムの電力収支の評価も行った。

■ 超小型衛星搭載用真空アーク推進機の開発

超小型衛星にも搭載できる小型の真空アーク推進機の開発を行ってきた。本年度は炭素繊維強化プラスチックを推進剤として用い、電圧やコンデンサを変化させ推力測定を行った。その結果、コンデンサに蓄えられた電荷に比例して推力が上昇することが分かった。今後も超小型衛星への搭載を目指し研究を進める。

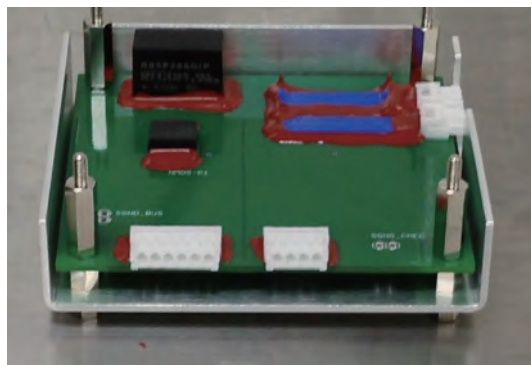


作動中の真空アーク推進機

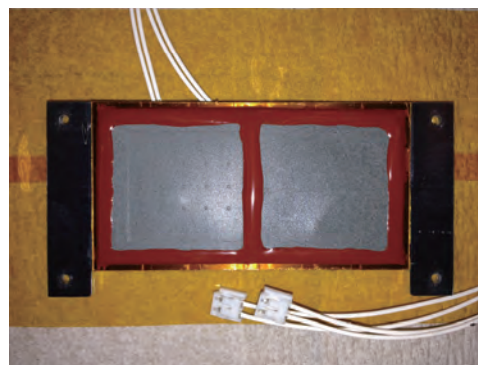
■ 衛星帯電防止用受動的電界電子放出素子の開発

ELF's Charm (Electron-emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation)、略して ELF と呼ぶ衛星帯電放電抑制デバイスの開発を進めている。ELF は、衛星が帯電し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、自動的に電子を電界放出させて帯電を抑制する。ELF は電力やセンサを必要としない完全受動型の素子であり、ケーブルも必要としない。2012 年 5 月 18 日に打ち上げられた鳳龍式号にて軌道上実証実験を行ない、高度 680km の極域を通過する際に電子放出を確認した。

2014 年打ち上げ予定の「ほどよし 3 号」、「ほどよし 4 号」にて、帯電防止のために ELF を搭載することが決定した。また、ほどよし 4 号では、電子放出電流の計測を行う予定である。2014 年度はフライトモデルの開発を行い、鳳龍式号搭載品をベースとして、下図のフライト品を納入した。また、JAXA との共同研究により、プラズマ環境中での ELF の動作検証実験を真空チャンバー内で行い、低軌道相当密度のプラズマ環境中での動作を確認した。



ほどよし 3, 4 号機搭載用 ELF フライトモデル
電流計測回路



電流計測用 ELF 及び SCM

■ 半導電性コーティングの開発

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、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の開発を進めている。

本コーティングは既に九州工業大学で開発した「鳳龍式号」に搭載し、軌道上でその効果を実証した。今年度はコーティング剤を改良すると共に、塗工工程・方法を見直し、コーティングによる発電電力低下を防止した。コーティングを塗工した太陽電池クーポンパネルで放電試験を実施したところ放電は発生せず、帯放電が抑制されている。現在、熱サイクル試験を実施中である。



コーティングを塗工した
太陽電池クーポンパネル

■ ISO11227 の制定と見直しに向けた検討

2008 年よりイジェクタ実験の試験手順の標準化の検討に参加し、2012 年 9 月 11 日に試験手順は ISO11227 として制定された。今年度は 5 年後の見直しに向けて斜め衝突実験の試験手順についての検討を科研費基盤研究(B)の支援の下で開始した。図 1 は九工大で提案しようとしている斜め 45° 実験のレイアウトである。宇宙ごみと宇宙機器との衝突角度は 30°から 45°が多い。現行の衝突実験では垂直衝突が多いが、宇宙空間に新たに放出されるイジェクタの量ならびにサイズ分布をより実態に近い状態で推定するためには斜め衝突実験を実施する必要がある。今年度は昨年度の検討結果を受け、ウィットネスプレート（Witness plate）の最適サイズを決定した。表 1 にこのウィットネスプレートを用いて太陽電池クーポン試験片に対して実施した斜め 45°衝突実験の結果を示す。一昨年度実施した垂直衝突に比べて半分以下のイジェクタ質量となっている。これは太陽電池クーポンがハニカム材であることに起因している。すなわち、表面に飛翔体が衝突後に発生したイジェクタが後壁面を貫通できない場合があり、発生したイジェクタがハニカム内に留まったため、見掛け上イジェクタ質量が小さくなったものと考えられる。X 線 CT を用いて非破壊検査することで、このことを確かめることができるが、学内に X 線 CT がないため、来年度学外の施設を利用して計測する予定である。図 2 に示すように垂直衝突では飛翔体を通過させるための φ30mm の穴が必要であり、放出されたイジェクタがこの穴を通過するため、その分ウィットネスプレートに衝突するイジェクタが少なくなったものと考えられる。以上のように、現行の ISO11227 ではイジェクタ量を多めに評価してしまう可能性が高く、このことを ISO/TC20/SC14/WG6&WG7 に報告することで、斜め衝突を規格に取り入れるよう働き掛けていく予定である。

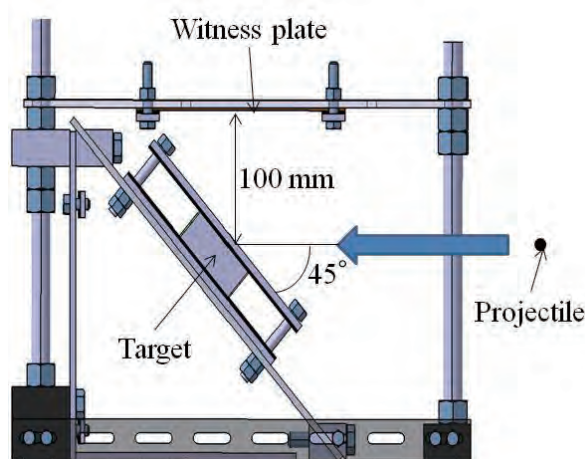
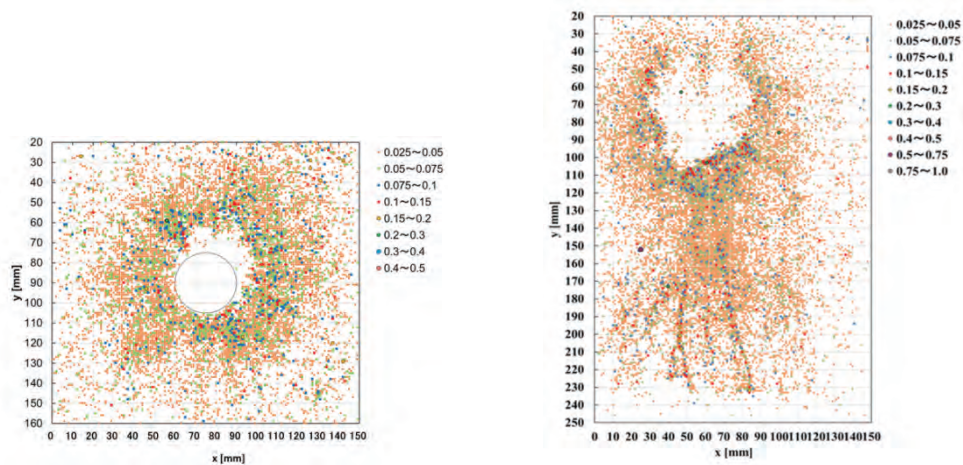


図 1 斜め衝突用実験レイアウト

表 1 実験条件ならびに実験結果

Test No.	Impact surface	Impact velocity [km/sec]	Ejecta mass [mg]
13-060	Front	4.99	42.4
13-063	Front	5.19	22.8
13-081	Front	5.00	38.7
13-108	Front	5.03	23.7
13-089	Front	5.06	22.2
13-096	Rear	5.1	16.0
13-105	Rear	4.93	20.1



(1) 垂直衝突 (No.11-180)

(2) 斜め衝突 (No.13-108)

図 2 ウィットネスプレート上の衝突痕分布

■ 宇宙機衝突を用いた NEO 軌道変更のための運動量測定装置の開発

2013 年 2 月、ロシア中南部チェリャビンスク州上空で小惑星が爆発した。その際発生した衝撃波により多くの家屋の窓ガラスが割れ、多数の負傷者がでた。このように地球に接近する軌道を持つ天体を NEO(Near Earth Object)と呼んでいる。地球上には過去の NEO 衝突痕が各地に残っており、恐竜絶滅の一因も NEO 衝突だと推定されている。このような宇宙からの脅威に対し、人類は「観測」と「軌道変更法の検討」を進めているが、軌道変更法として様々な手段が検討されており、核エネルギーの利用や推進器の取付けなどがあげられる。本研究では宇宙機を NEO へと高速衝突させ、NEO の軌道変更を図る方法に着目し、衝突前後の運動量変化を明らかにする方法について検討した。ターゲットを 300mmx300mmx200mm とし、Tedeschi らの研究を参考に振り子式運動量計測装置を検討した。この装置で計測可能な範囲は図 3 に示す範囲である。衝突後にターゲットが得た運動量を衝突前の飛翔体の持つ運動量で割った値を β (Momentum enhancement) と定義し、この β を大きくなるような飛翔体の設計が肝要となる。このような前提のもと開発／設計／製造した運動

量計測装置を図4に示す。この運動量計測装置は衝突時の衝撃に耐えるような構造を重視したため、全体で400kgに達してしまった。今年度は一旦真空容器外で仮組みを実施したところまでとなったが、今後、これを再度真空容器内で組立て直し、実際に衝突実験を実施する予定である。その際、真空中での軸受けの摩擦による運動量減衰量などを推定するための予備実験を経て、本格的な衝突実験を実施する予定である。2029年4月13日にはアポフィスが高度約3万kmまでに接近すると言われており、近い将来、NEOの地球衝突に対して、本格的な対策などが検討され始めると考えられる。本研究はそうした検討に対して基礎的なデータを提供することを主眼に、今年度より本格的な研究を開始したテーマである。

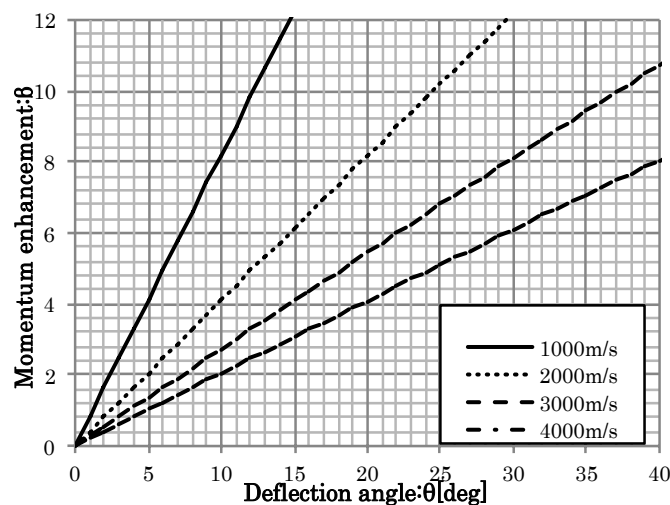


図3 運動量変化量

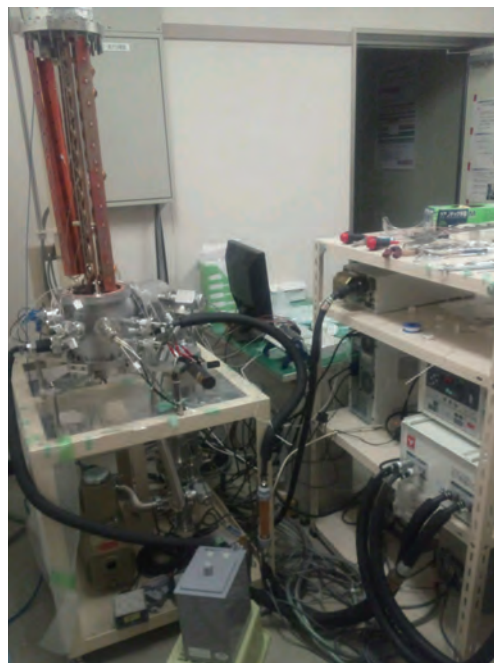


図4 開発した振り子式運動量計測装置

宇宙用材料

■ アウトガス試験

超小型衛星は大型衛星との相乗により打ち上げられることが多く、親衛星への影響を評価するために使用部材に対するアウトガス試験が要求される。近年、超小型衛星の開発が日本中で進められており、アウトガス試験のニーズも増加している。九州工業大学ではこれらのニーズに答えるべく、大学・企業などの超小型衛星のための ASTM-E595 準拠のアウトガス試験装置の構築を進め、今年度から正式にアウトガス試験の依頼測定を開始した。また試験装置の改良および高度化も並行して進めている。



アウトガス試験装置

■ 高精度大型展開構造物の耐宇宙環境性評価に関する研究

厳しい構造精度が求められる大型展開構造物において、材料劣化は構造物の構造精度を乱す一要因となる。本研究では次世代高精度展開構造物に用いられる構造部材のうち、構造部材として使用される炭素繊維強化複合材料（CFRP）と、構造物のアクティブ制御に用いられるアクチュエータの宇宙環境劣化について、JAXA と共同で研究を進めている。

CFRP の物性変化は極めて小さいので、今年度は原因究明のために高精度な物性評価方法の確立を目指して研究を行った。現在、CFRP、マトリックス樹脂、および炭素繊維、それぞれに対して耐宇宙環境性評価を実施し、CFRP の宇宙環境劣化のメカニズム究明の足掛かりとする予定である。

アクチュエータについては今年度、アクチュエータの構成部品に対して個別に耐宇宙環境性評価試験を実施している。

■ 紫外線照射

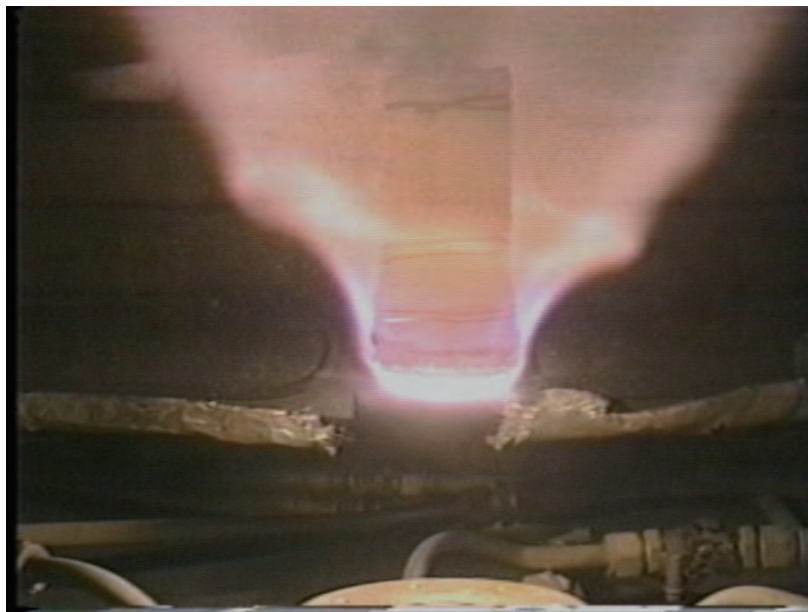
紫外線照射は、材料の耐宇宙環境性を評価する上で非常に重要な耐環境性評価試験の 1 つであるため、照射依頼が非常に多い。当ラボラトリーが実施している学術研究では、異なる 2 種類の紫外線光源（キセノンランプおよび重水素ランプ）が各種物性に与える影響について評価を進めている。昨年度、フッ素樹脂とポリイミドに対して紫外線照射を実施し、光源の違いによる特徴的な劣化現象を確認することができた。今年度はこれらの特徴的な紫外線劣化に対し原因究明を行っている。

■ 超軽量熱防御材料“LATS”

“初代はやぶさ”の大気圏突入プローブは、小惑星イトカワの表面から試料を採取し、それを地球に送り届けることに成功した。このはやぶさプローブは第 2 宇宙速度のまま地球大気圏に突入し、約 15MW/m^2 の熱流束を受けた。はやぶさプローブは大切なイトカワの試料、内部搭載機器を護るため、外表面は比重約 1.5 の炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 製のアブレータ材で覆われていた。

奥山研究室では比重約 0.2 から約 1.0 までの CFRP アブレータ「LATS (the Lightweight Ablator series for transfer vehicle systems)」を開発し、様々な環境で加熱試験を行っている。現在までに、ドイツ国立航空宇宙センター (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) の高エンタルピ風洞で約 12MW/m^2 に耐荷できることを確認し、超軽量タイプでありながら月・惑星軌道から地球大気に突入できる熱防御性能を有していることを実証した。

近い将来、惑星探査を実施できるようにするために JAXA 相模原キャンパスと共同で超軽量 CFRP アブレータ研究をスタートさせた。この研究では、比重約 0.2 から約 1.0 の CFRP アブレータの約 3MW/m^2 から約 12MW/m^2 までの耐熱特性を取得する。これにより、表面や質量の損耗、表面や内部の温度履歴などを取得し、これらのデータは熱数学解析ソフトウェアの開発にも活かされる。この開発は琉球大学の加藤純郎教授と共同で行っており、ソフトウェアは地球や火星、金星などの大気中を高速で飛行できる軽量アブレータの設計に使用できるだろう。



超軽量熱防御材料の高エンタルピ流加熱試験 (JAXA 相模原キャンパス)

■ 炭素繊維を熱可塑樹脂で強化した複合材料 CFRTTP

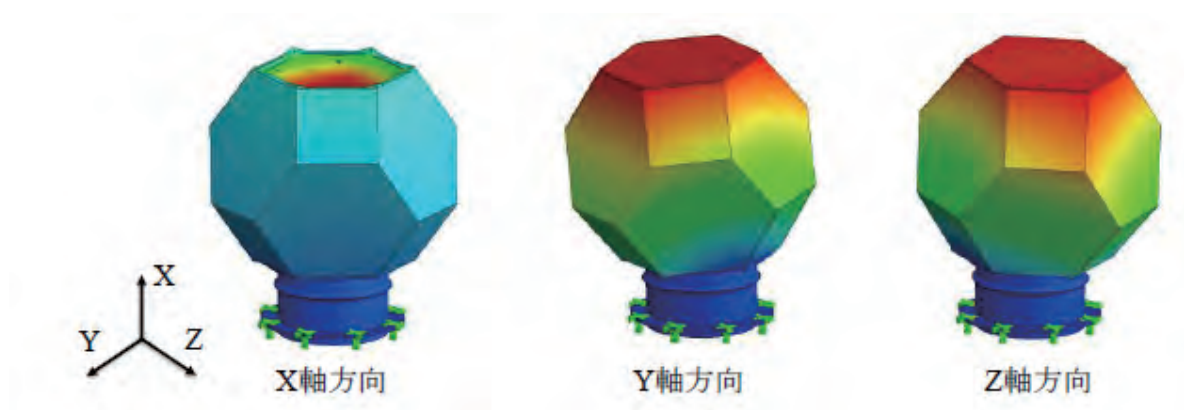
人工衛星やボーイング社の 787、またレーシングカーをはじめとする自動車などに多用されている炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の樹脂は、エポキシ、フェノールやシリコンなどといった熱硬化型が一般的である。

一方、PEEK や PPS などの熱可塑型樹脂を用いた CFRP は、特に CFRTTP(Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics)と呼ばれて区別されている。CFRTTP は従来の CFRP と比較してリサイクル性が良好である。また材料と材料とを溶接のように熱融着できるのでリベットやボルトなどの締結金具を大幅に削減でき、衛星などの構造質量や部品点数を劇的に軽減できる。

本年度、奥山研究室では CFRTTP を用いた深宇宙探査機構体の研究を行った。この構体は複数の部品を熱溶着で一体化しているため、締結金具の使用量が少なくなっている。構造解析の結果、H2A ロケットの強度要求、ならびに剛性要求を満足できていることも確認できている。



熱溶着で一体化された深宇宙探査機しんえん 2 の構体外観

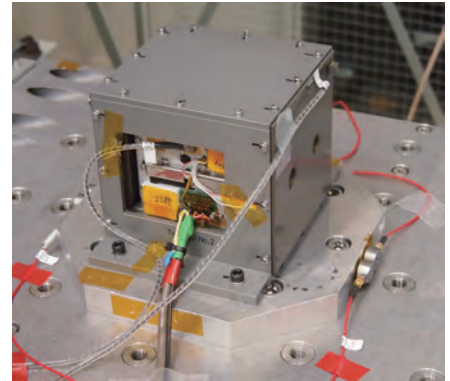


深宇宙探査機しんえん 2 の固有振動数解析の一例

超小型衛星環境試験

■ KSAT-2（鹿児島大学）

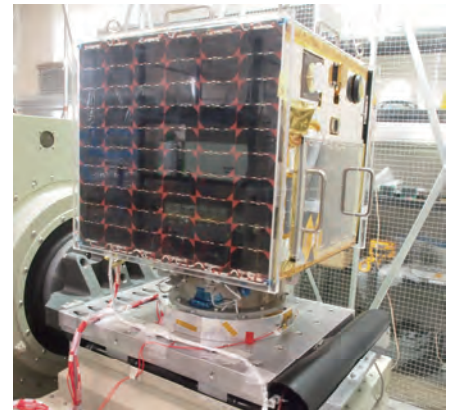
KSAT-2は鹿児島大学で開発された10cm角の超小型衛星である。メインミッションは、集中豪雨の予測を目的とした大気中の水蒸気観測である。超小型衛星試験センターではSTM、EM、FMモデルについて振動試験、熱真空試験を実施した。前回KSATからブームの進展、パネル展開等の展開機構が追加された事により、振動試験前後での機械系機能試験が重要となった。2014年2月28日にH2Aによって打ち上げられた。



KSAT-2 振動試験

■ Uniform

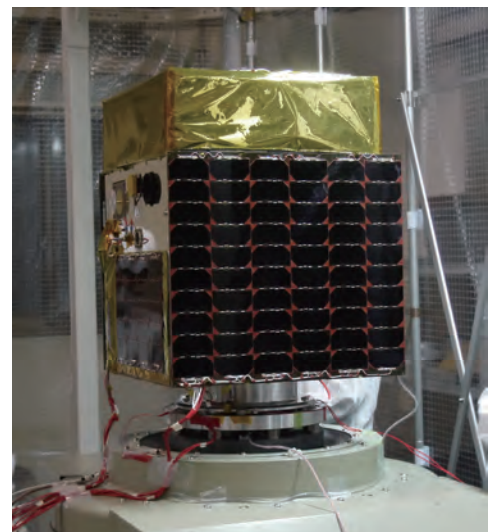
Uniform(UNiversity International FORmation Mission)は和歌山大学が中心となって開発を進めている50kg級衛星である。メインミッションは山火事などのWildfireを検知する事であるが、発展途上国などで衛星を開発出来る人材育成も同時に担っている。衛星の構体、システムは後述のほどよし3号をベースとしている。今年度はFMモデルの振動試験、熱真空試験を実施した。Uniformは2014年打ち上げ予定のALOS-2との相乗りに選定されている。



Uniformの振動試験

■ ほどよし3、4号

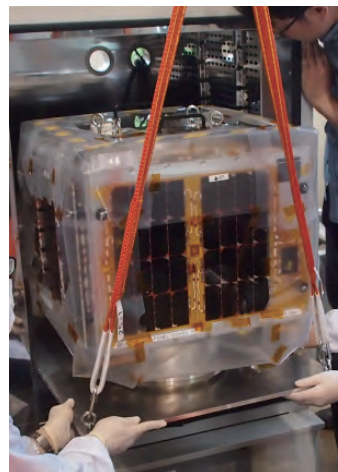
次世代宇宙システム組合が中心となって開発している50kg級衛星である。3、4号は「ほどよしプロジェクト」の中核を成す衛星である。3、4号ともにStore and Forwardによるデータ中継、中、高分解能カメラによる地球観測をメインミッションとする。3号では過酸化水素を燃料とする推進系を搭載するが、4号ではイオンエンジンを搭載する。今後の継続的使用を視野に入れたバスシステムの開発が目的の一つであり、今後開発される様々な衛星に適応される。その為、試験を複数回実施し、バスシステムの確立に注力した。今年度は振動試験、衝撃試験、熱真空試験を実施した。



ほどよし3号振動試験

■ Rising-2（東北大学）

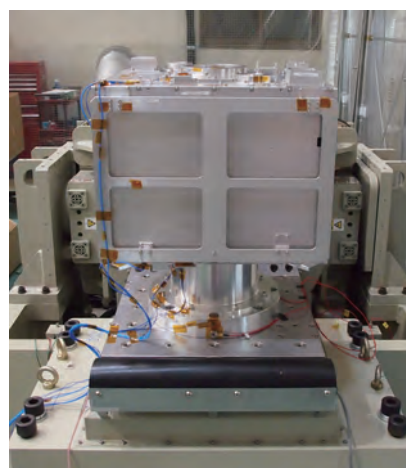
Rising-2 は東北大学で開発された 50kg 級衛星であり、Rising、Raiko に続く東北大学の 3 番目の衛星である。Rising 同様スプライト（宇宙空間で発生する雷）の観測とマルチスペクトルカメラによる撮影をメインミッションにしている。今年度は熱真空試験、熱サイクル試験、振動試験を実施した。Rising-2 は 2014 年打ち上げ予定の ALOS-2 との相乗りに選定されている。



Rising-2 熱サイクル試験

■ ほどよし 2 号 RISESAT（東北大学）

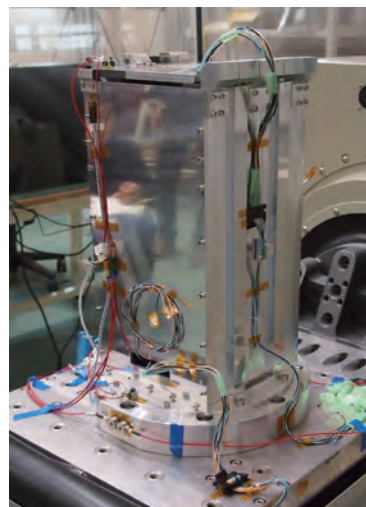
ほどよし 2 号 RISESAT は東北大学が中心となって開発が進められている 50cm 級の超小型人工衛星である。北海道大学、京都大学がミッション機器の開発に参加している。また、台湾、ベトナム、ハンガリー等海外機関によって開発されたミッション機器を搭載する。本センターでは衛星全体の振動試験と熱真空試験を実施した。また、膜展開機構の振動試験、熱真空試験と地球センサーの熱真空も個別に実施した。



RIESAT 振動試験

■ STARS-II（香川大学）

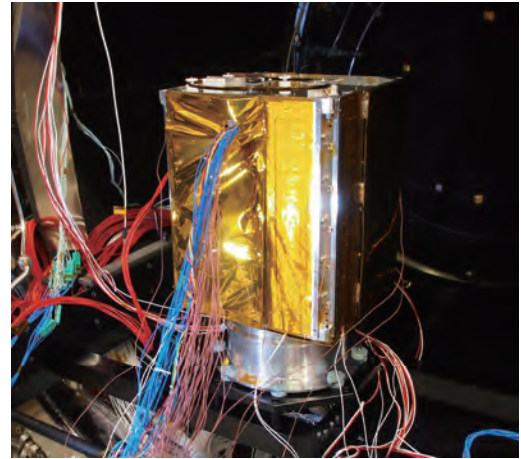
香川大学が開発しているテザー実証衛星 STARS-II の環境試験を昨年度に引き続き本ラボラトリーで実施した。STARS-II は親機子機からなる超小型衛星であり、アームの動作によりテザーの張力を変化させ姿勢を制御する。将来的なテザーシステムを利用したデブリの除去システムの開発を目的としている。本センターにて、振動試験と分離衝撃試験を実施した。POD 構造と分離展開機構の機能が確認事項であるため、機械系試験が複数回実施された。KSAT-2 と同様に 2014 年 2 月 28 日に H2A によって打ち上げられた。



STARS-II 振動試験

■ Teikyo-sat（帝京大学）

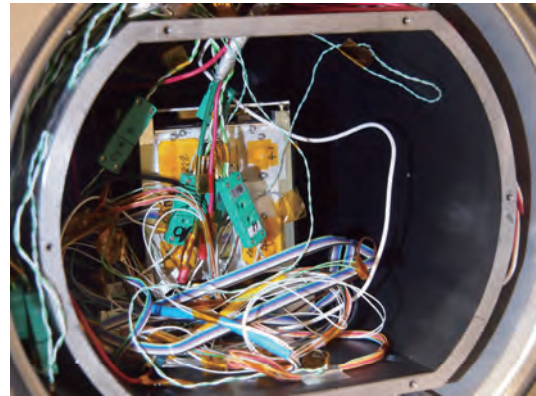
Teikyo-sat は帝京大学が開発している宇宙空間での粘菌の観察を行う 30kg 級衛星である。本年度は EM の熱真空試験とアンテナ展開試験を実施した。粘菌を使用するというミッションの特性上、軌道上での温度予測が重要である。これまでにセンターで熱真空試験を実施した衛星と比べ精度の高い温度予測が必要とされ、試験条件設定の難しさを感じた。KSAT-2、STARS-II と同様に 2014 年 2 月 28 日に H2A によって打ち上げられた。



Teikyo-sat 熱真空試験

■ INVADER（多摩美術大学）

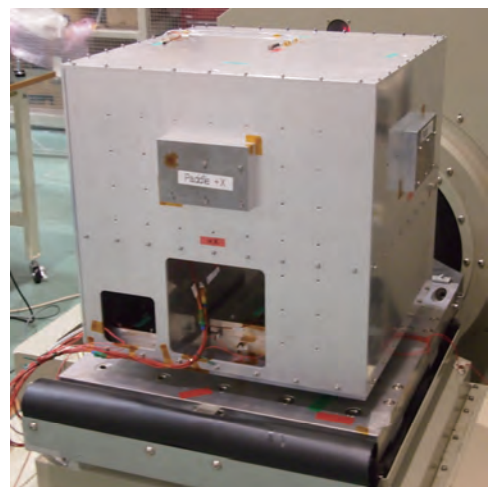
多摩美術大学と東京大学が共同で開発している 10kg 級衛星 INVADER の熱真空試験を実施した。この衛星はこれまで打ち上げられた衛星とは異なり、アートやメディアとの連携をミッションに設定している。ミッションの設計は多摩美術大学が担当し、バスシステムの開発は東京大学が担当している。今回はバスシステムの検証が目的であった為、東京大学の学生が主に試験に参加した。2014 年 2 月 28 日に H2A によって打ち上げられた。



INVADER 熱真空試験

■ ORBIS（首都大学東京）

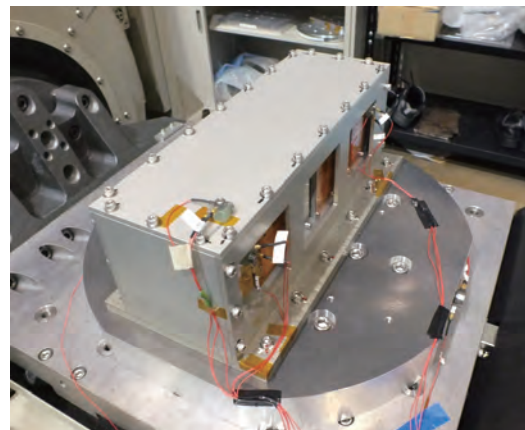
ORBIS は首都大学東京が開発しているブラックホールを探索するための X 線観測装置を搭載する 50kg 級衛星である。第 18 回の衛星設計コンテストにおいて基礎設計がなされ、実際の開発に至った。これまで試験した衛星と異なり、内部構造は振動負荷に対して、明確なロードパスを持たず、構造全体に負荷を分散する構造となっている。今年度は振動試験を実施した。



ORBIS 振動試験

■ 鳳龍参号（九州工業大学）

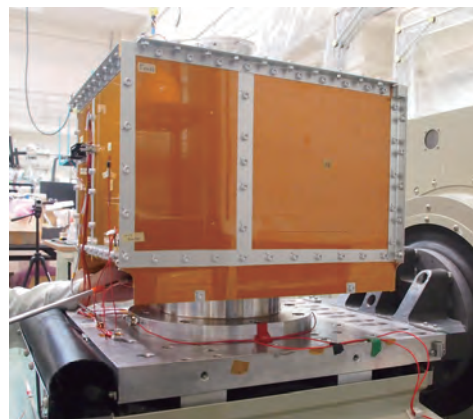
鳳龍参号は式号に引き続き九工大の学生によって開発が進められている高電圧発電の実証と放電波形の取得をメインミッションとした 3U(10x10x30cm)の衛星である。式号と異なり、ISS のきぼうの船外モジュールからの放出を利用するために POD に格納されている。本年度は STM の振動試験を実施した。参号の開発では、これまで以上に学部、年齢を問わず幅広い学生がプロジェクトに参加している。また、参号で実証される機能が現在開発中の四号にも搭載される。



鳳龍参号振動試験

■ C 社製 50kg 級衛星

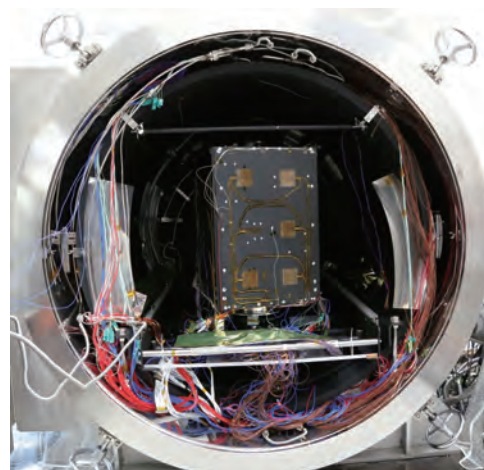
C 社が開発する 50kg 級衛星の振動試験、熱真空試験、EMC 試験、アンテナパターン測定を実施した。この試験では打ち上げを想定した衛星開発を通して、環境試験の方法を学ぶ事に重点が置かれており、C 社のメンバーを中心に実施された。航空機の機械設計のノウハウが取り入れた構造を持ち、参考になる部分が多くあった。このように試験のノウハウの獲得、トレーニングに特化した環境試験も今後は実施して行く予定である。



C 社製 50kg 級衛星振動試験

■ CE-SAT-1（キヤノン電子株式会社）

CE-SAT-1 はキヤノン電子株式会社が開発を進めている 50kg 級衛星であり、地上分解能 1m の超高解像度カメラを搭載する。この分解能は超小型衛星としては、現段階での世界最高水準を誇り、500kg-1ton の中型衛星の達成値とほぼ同じである。望遠鏡を構成するレンズの熱環境での挙動が最も重要なパラメーターである為に、熱構造モデルのデータ取得を目的として熱真空試験を実施した。また、ロケットからの分離時の衝撃が光学系に与える影響も検証された。CE-SAT-1 は 2015 年の打ち上げを目標としており、次年度も試験を継続して実施する。



CE-SAT-1 熱真空試験

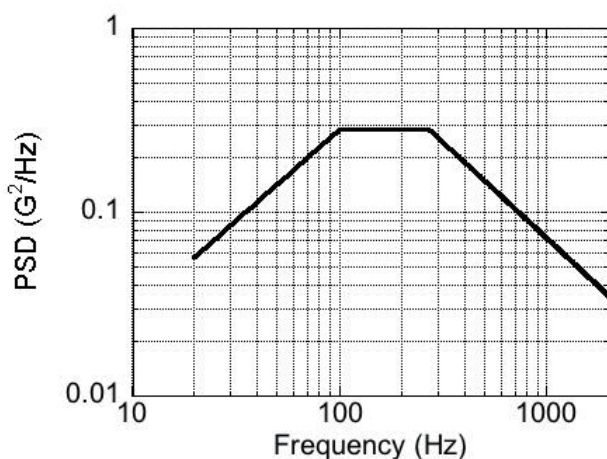
※ 超小型衛星試験研究の一部は、総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより、日本学術振興会を通して助成されたものです。

■ 衝撃試験

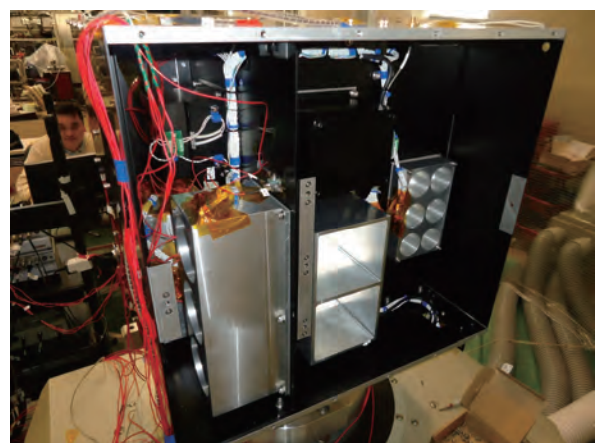
本年度は、試験設備の充実と各大学（鹿児島大、東京大、東北大、香川大）、企業等からのご依頼で、打ち上げ時に起こり得る衝撃レベルを模擬した試験を行った。試験設備は、デジタル圧力計の導入や、垂直方向の試験台、水平方向のダンパー機能等を追加した。試験内容としては、単に強い衝撃を与えるのではなく、必要最小限の衝撃を、精度よく与えることを目標としている。この点において、昨年よりも目標レベルに対する満足度は向上しているが、まだまだ伸び代があるものと考えている。引き続き次年度も、衝撃試験を自在に行えるよう、試験設備の充実、及び試験技術の向上に努めていく。

■ 超小型衛星に適した試験方法とその標準化に関する研究

経済産業省のアジア基準認証推進事業費補助金による支援を受けて、「超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準の構築」というプロジェクト(Nano-satellite Environment Test Standardization, NETS プロジェクト)を、九州工業大学と基準認証イノベーション技術研究組合、航空宇宙工業会、宇宙開発合同会社の4者を実施主体として2011年9月より実施している。NETSプロジェクトでは、国際標準規格(ISO)「Space systems —Design Qualification and Acceptance Tests of Small-scale Satellites and Units Seeking Low-cost and Fast-Delivery（仮題）」を作成している。超小型衛星システム並びに搭載機器の試験方法を規格化する上で必要となる基礎データの取得を行った。50kg/50cmのダミー衛星の振動試験を行い、内部での振動応答を多数取得した。それらのデータに加え、国内の50kg/50cm級衛星の振動試験データを提供いただき、統計解析を行って、搭載機器の振動耐性を最低保障するためのランダム振動スペクトラムを導出した。その他にも、放射線、熱真空、熱サイクル、衝撃等の試験規格の数値的根拠についてデータ取得を行った。



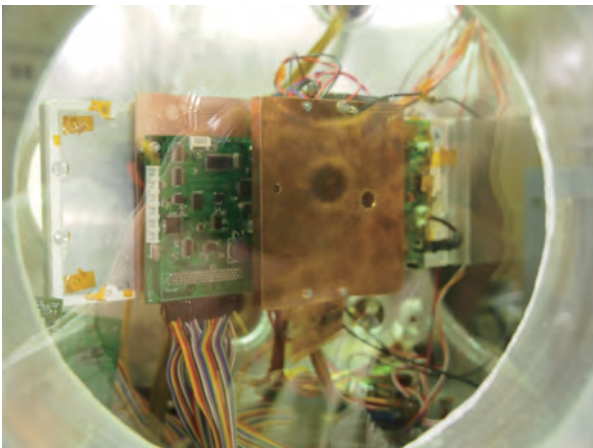
搭載機器試験規格として提案された
ランダム振動スペクトラム



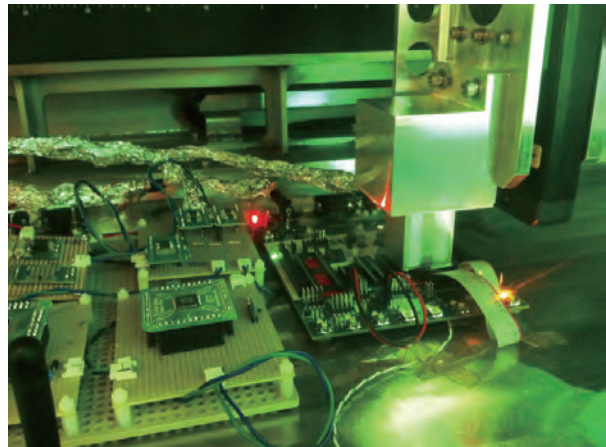
内部に加速度計をつけられたダミー衛星

また、試験標準化の一環として、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所と京都大学原子炉実験所の両所にてシングスイベント(SE)試験を実施した。高崎では 65MeV に加速した陽子線を用い、京都大学ではカリフォニウムの崩壊によって生じる平均 43 [MeV・cm²/mg]の重粒子(106~143AMU)を用いた。同型のマイコン素子に照射し、照射粒子の違いが SE 現象に違いが生じさせるかを調べた。シングスイベントラッチアップ(SEL)は両者で発生し、発生時のマイコン素子の照射電流は同じであった。SE 試験を実施する上で、カリフォニウム試験の方が遥かに容易であり、超小型衛星に適した試験方法として、陽子線試験と共に ISO 規格原案に記載した。また、断面積の違いも評価することができ、カリフォニウムを用いた簡易照射試験結果で、軌道上の陽子線被曝によるシングスイベント発生確率を類推することにも、ある程度の目処がたった。

SE 試験以外にも 2013 年度は、九州大学にて超小型衛星搭載機器のトータルドーズ試験を行い、COTS 部品による電子機器が 10kRad(100Gy)のガンマ線照射に耐えられるかを調べた。



陽子線照射試験のセッティング



カリフォニウム照射試験のセッティング

広報活動

■ 文部科学省展示フロアにて鳳龍貳号の模型展示

2013年3月15日～11月26日の約7か月間に渡り、文部科学省エントランスの展示フロアにて鳳龍貳号の模型と衛星開発プロジェクトのパネルが展示された。これは文部科学省における大学・研究機関等との共同企画広報に応募し、九州工業大学の宇宙関連の取り組みが評価されて宇宙システム研究室のロケットと一緒に展示が行われたものである。



文部科学省エントランスでの展示風景

■ 29th International Symposium on Space Technology and Science 名古屋大会

2013年6月2日(日)～9日(日)の8日間に渡り、名古屋国際会議場において 29th International Symposium on Space Technology and Science(略称: 29th ISTS)名古屋大会が開催された。ISTSは、国内外の宇宙工学、宇宙科学、宇宙医学、宇宙法等の幅広い分野の専門家が一堂に会し、研究発表および討論を通して宇宙技術および科学の進歩発展に寄与すること、関係者間の交流を深めることなどを目的に開催されている。2013年は32か国から1052名の参加があり、日本で最大の宇宙国際会議になる。今回のISTSでは宇宙環境技術ラボラトリーや超小型衛星試験センターの概要説明、2012年に打ち上げられた人工衛星・鳳龍貳号のポスターや模型の展示を行った。



展示ブース

■ 宇宙開発フォーラム (SPACE Development Forum 2013)

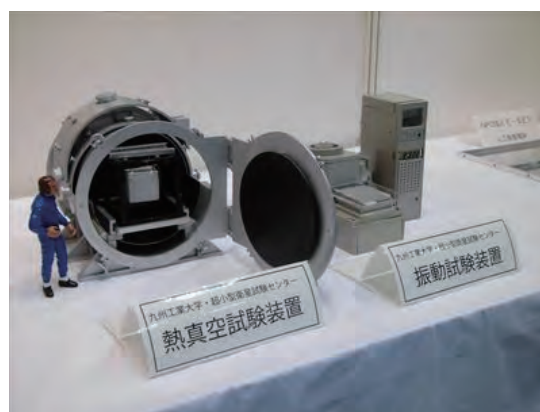
2013年9月14-15日に東京大学本郷キャンパス武田ホールにて宇宙開発フォーラムが開催され、宇宙環境技術ラボラトリー及び超小型衛星試験センターのポスター展示を行った。

■ 第 35 回 真空展 (VACUUM2013)

2013 年 11 月 6 日～8 日の 3 日間に渡り VACUUM2013-真空展が東京ビッグサイト東ホールにて開催された。真空展は真空機器・技術に関する世界最大の展示会であり、今年の来場者数は 9,935 名に上った。今年の真空展では真空技術の最先端を紹介するために、昨年同様、「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、ポスター展示を実施しており、本ラボラトリーでも活動内容についてポスターを展示した。

■ 東京国際航空宇宙産業展 2013 (Aerospace Industry Exhibition Tokyo 2013)

2013 年 10 月 2～4 日の 3 日間に渡り、東京国際航空宇宙産業展 2013 が東京ビッグサイト東 4 ホールで開催された。東京国際航空宇宙産業展 2013 は日本最大の航空宇宙関連の展示会であり、日本はもとより、海外からも多数の企業が参加している。本ラボラトリーも、宇宙環境技術ラボラトリーや超小型衛星試験センターの概要説明、2012 年に打ち上げられた鳳龍式号の模型、現在開発中の鳳龍参号の模型、真空装置・振動試験装置の模型展示を行い、企業や大学への PR を行った。期間中の来場者は 29,417 名に上り、多くの方々に関心を頂いた。



東京ビッグサイトでの展示風景

■ 佐賀県立宇宙科学館 ゆめぎんが 秋冬企画展 「人工衛星のふるさと九州」

2013 年 11 月 23 日から 2014 年 2 月 2 日にかけて佐賀県立宇宙科学館ゆめぎんがにて 2103 年の秋冬企画展「人工衛星のふるさと九州」の中で「九州発！超小型衛星」という趣旨で鳳龍式号の模型と衛星開発プロジェクトのパネル、および宇宙環境技術ラボラトリー、超小型衛星試験センターのパネル展示を行った。



ゆめぎんがでの展示風景

■ 報告書作成

2012 年度の宇宙環境技術ラボラトリー年次報告書 8 号を 1900 部作成し、関係各所及びご協力頂いた企業・研究所・大学、ラボラトリー来訪者に配布し、当初発行部数をほぼ配布しきった。

国際標準化

■ 第2回超小型衛星試験の標準化に関する国際ワークショップ

2012年12月に開催された第1回超小型衛星試験の標準化に関するワークショップに引き続き、第2回ワークショップを2013年11月19日に東京大学武田ホールにて開催した。海外からの参加者23名を含む60名が参加した。同会場にて翌日から第5回超小型衛星シンポジウムと第1回 UNISEC 世界大会が1週間に亘って開催されており、本ワークショップは超小型衛星関連の一連の国際イベントの一環として位置づけられる。

会議では、小型衛星上位規格と超小型衛星試験の国際標準規格原案に関する討議を行った。上位規格については、小型衛星の定義と準拠すべき規格体系の整理の必要性について議論がなされ、2014年5月に東京にて開催される ISO/SC14 総会に向けて何らかのアクションを起こしていくことが確認された。試験規格については、90ページに及ぶ規格草案について詳細な議論を行った。また中小企業・新興国・大学が中心である小型衛星コミュニティと大企業・宇宙機関が中心である ISO/SC14 との間での連携の必要性が確認された。尚、2014年1月に超小型衛星試験規格の NWIP(New Work Item Proposal)投票が ISO/SC14 にて始まった。

次回ワークショップは、2014年11月17,18日に九州工業大学にて、衛星試験チュートリアル並びに第2回 UNISEC 世界大会と併せて開催する予定である。



超小型衛星試験標準化 WS 参加者集合写真

■ 宇宙機帯電電位見積りに関する国際標準化

宇宙機帯電電位ワーストケースを見積もるプラズマ環境の国際標準化を目指したプロジェクトを豊田がプロジェクトリーダーとして昨年度から開始した。本年度は2回の国内委員会と日本でのワークショップを開催し、九工大、アメリカ、ヨーロッパ、ロシア間で行うラウンドロビンシミュレーションの結果についての議論と、国際標準草稿の作成を行った。本プロジェクトにはラボラトリから趙、豊田の2名が参加している。



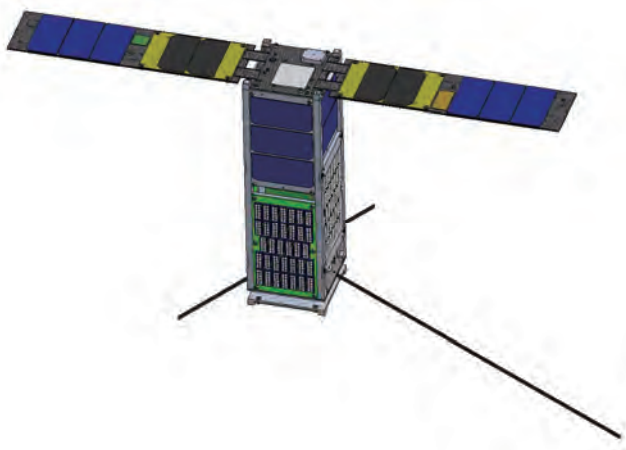
ワークショップ参加者

小型衛星

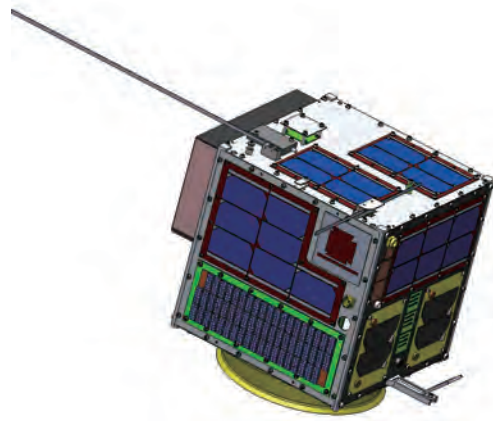
■ 衛星開発プロジェクト（鳳龍弐号・参号・四号）

2012 年 5 月に打ち上げられた「高電圧技術実証衛星 鳳龍弐号」は、世界初の軌道上 300V 太陽光発電等、数々の成果をあげた。これまでに鳳龍弐号関連で査読付き学術雑誌論文 8 編が出版ないし掲載決定され、現在も 2 編を執筆するなど、学術面でも大きな貢献をしている。残念ながら、鳳龍弐号は 2012 年 12 月に再度の不具合状態に突入し、ビーコンは発信するものの、地上からのコマンド送信に対して何の反応も返さない状態にある。衛星プロジェクトチームは、現在も復旧作業を進めている。

鳳龍弐号の開発・運用で得られた多くの知見や教訓を元に、次の衛星開発プロジェクトが始動した。高電圧太陽電池アレイ上での放電電流計測をメインミッションとする 3U サイズの Cubesat である「鳳龍参号」と、放電電流計測に加え放電画像取得をメインミッションとする 30cm 立方の「鳳龍四号」である。軌道上での放電電流計測は、本ラボラトリの衛星帯電研究に深く関連したものである。太陽電池パネル上の放電現象について、各種地上試験が行われ放電電流波形や画像が取得されているが、壁のない宇宙空間での放電の波形や画像を観測した例はない。太陽電池パネルの地上帯電放電試験が、宇宙空間を真に模擬しているという確証を得るために、軌道上での放電電流計測は避けて通れない。放電電流計測と画像取得を行う地上実験システム（オシロスコープとそれに同期したビデオキャプチャシステム）を 10cm 四方の基板数枚で実現できるよう、研究開発を行っている。鳳龍四号のミッションは、2013 年度の科研費基盤 S に新規採択された。参号は、次期の国際宇宙ステーションからの放出による相乗りを目指している。四号は、鳳龍弐号と同様に極域を通過する軌道で、放電実験以外にも ELF 再実験や真空アークスラスタ、音声通信実験等を実施する予定である。参号は学部 1 年生も含む教育衛星として、四号は宇宙工学国際コースの学生とスタッフによる研究衛星としてプロジェクトを進めている。



鳳龍参号



鳳龍四号

■ 深宇宙通信試験機「しんえん2」

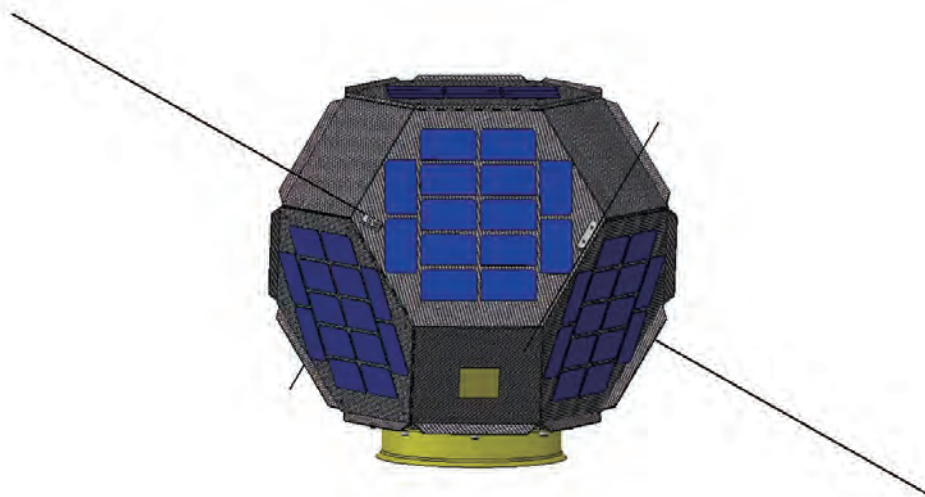
2014年度に打ち上げ予定の「はやぶさ2」の相乗り候補として「しんえん2」が選定された。しんえん2は、2010年に大学宇宙工学教育コンソーシアム(UNISEC)が開発した「しんえん」を引き継ぐもので、惑星間空間を飛行する超小型人工「惑」星である。しんえん2は、熱可塑性の炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の宇宙機の製作と宇宙技術実証、遠距離における地球-宇宙機間の相互通信の2つをメインミッションとしており、本ラボラトリーの奥山研究室のメンバーと鹿児島大学が中心となって開発を行っている。

しんえん2は直径が約50cmの準球形であり、構体は熱可塑性CFRPである。これは複数の材料を熱融着できるので、金属ファスナーの使用数を劇的に少なくできる。部品数を少なくすることは軽量化につながり、さらに製造コスト、組み立てなどの作業コスト、品質保証のためのコストの低減につなげることもできる。さらに、高い信頼性も実現できる。熱可塑性CFRPを第一次構造として宇宙利用した例は見当たらず、「しんえん2」が世界ではじめて試みることになる。

また、月軌道以遠の深宇宙空間は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）や米国航空宇宙局（NASA）、欧州宇宙機関（ESA）などによって開拓されてきた。この深宇宙空間を飛行するときには、深宇宙通信ネットワーク通信が利用される。しかし、大学がこのネットワーク通信を利用することは難しい。

今後、大学が月や惑星などを探査する際、独自の深宇宙通信ネットワークを確立しなければならず、「しんえん2」はこれを2つのミッションとしている。

「しんえん2」は地球との通信にあたり、アマチュア無線電波帯を利用予定だ。「しんえん2」通信系は微弱電波でも深宇宙通信が可能となるよう変調方式としてWSJT方式を採用しており、「しんえん2」は世界中のアマチュア無線家と連携して深宇宙通信を行っていく。



しんえん2

国際連携

■ 国際宇宙大学

2006年度から毎年国際宇宙大学(ISU)夏期講座に本学大学院生を派遣していたが、2012年度は本学からの独自派遣プログラムは実施せず、JAXA派遣制度を活用した。2013年度からは、宇宙工学国際コースの海外インターンシップの一環として再開し、6月からフランスのストラスブールにて開催された夏季講座に、博士後期課程学院生1名を派遣した。2006年度以来の派遣総数は17名となった。また、赤星教授のISU修士コースにおける講義も、例年と同様に2月に実施された。

■ 各国連携

JICA(国際協力機構)がベトナムとの間で進める「衛星情報の活用による災害・気候変動対策事業」の中の Capacity Development Program の一環として、2013 年度から 3 年間に亘り、毎年 2 名の修士学生をベトナム国家衛星センター(VNSC)から受け入れることになっている。2013 年 10 月に第一期生 2 名が入学した。JICA プログラムは、本学を含む国内 5 大学が連携して実施しており、総勢 11 名の学生が来日した。5 大学連携による衛星プロジェクトが 2014 年度早々に開始され、本学に派遣された学生は、衛星試験を担当する予定である。

2013 年 4 月にフィンランドの Aalto 大学から、5 月にインドのプラズマ産業技術応用研究所 (FCIPT) から、11 月にエジプト宇宙機関とオーストラリア国立大学、1 月にバングラデシュ BRAC 大学から短期間研究者を受け入れて、本ラボラトリーの設備利用や学生交換を含む今後の協力関係について協議を行った。フィンランド、マレーシア、エジプトからは具体的な試験依頼を受け、試験実施に向けた諸準備を進めている。このようにラボラトリーの設備利用は世界に広がりつつある。2014 年 2 月にマレーシア国営企業である ATSB(Astronautic Technology Sdn Bhd)社との間で連携協定 (MOU)を結んだ。2013 年 8 月から宇宙工学国際コースを担当する Polansky 助教が赴任し、中東・東南アジア・アフリカ・中南米を廻って各国の宇宙機関や大学との間で連携関係構築のための話し合いをもった。

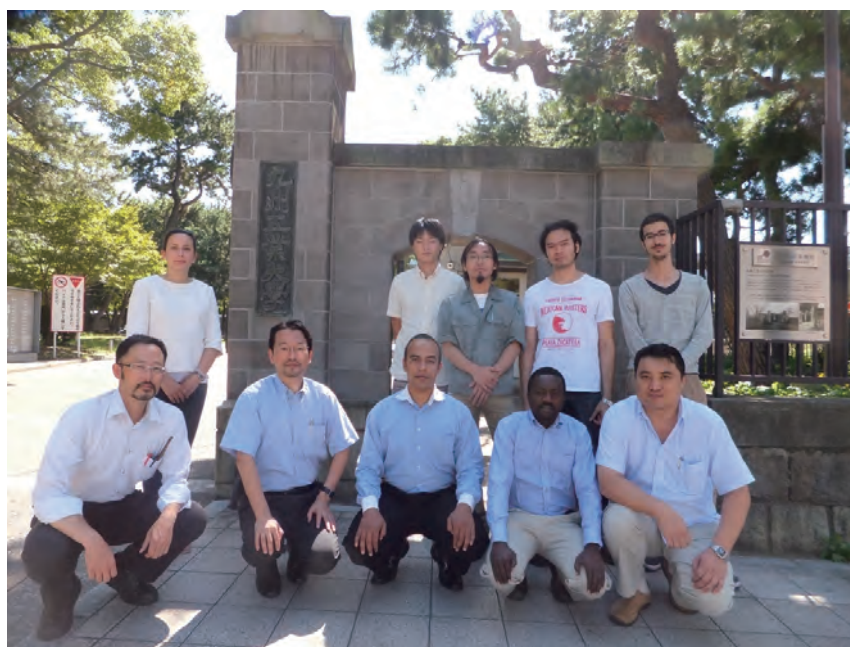


エジプト宇宙機関の研究者による講演

■ 国連との共同プログラム

本学では、2011 年度から国際連合宇宙部と共同で「超小型衛星技術に関する博士課程留学生の受入事業」を実施している。この事業は、宇宙新興国の学生を本学の大学院生として受け入れ、超小型衛星技術（とりわけ試験等のインフラ技術）に関する教育を行うものである。2011 年と 12 年は、博士学生 2 名の募集に対して、20 倍弱の競争率であった。1 期・2 期の国連留学生は、超小型衛星関連の研究を行うと共に、その他の留学生と共同で「鳳龍伍号」の概念設計を行った。この成功に基づき、13 年度からの 5 年間は文部科学省の国費留学生優先配置プログラムの一環として、毎年 6 名（博士 4 名、修士 2 名）を国費留学生として受け入れることになった。13 年度は 28 カ国から 83 名の応募があり、エジプト、ウクライナ、ルーマニア、シンガポール、スーダンの学生が選ばれた。これらの留学生は、10 月に工学府の宇宙工学国際コースに入学した。現在、14 年度に向けた選考を行っているが、14 年 1 月末に締め切ったところ、Web サイトに 509 名の登録があり、120 名の応募者から願書が送られてきた。

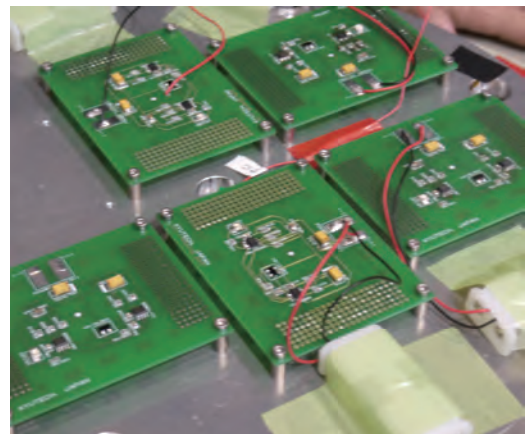
宇宙工学国際コースは、宇宙工学に関する大学院教育を英語で実施する、本学最初の国際課程であり、13 年 4 月に開講した。同コースは、博士論文・修士論文につながる研究、衛星やロケット等の宇宙プロジェクト、宇宙環境試験ワークショップ等のハンズオントレーニング、英語による講義を 4 つの特徴としている。第一期生は、博士課程がエジプト（2 名）、モンゴル、タイ、ナイジェリア、フランス、ルーマニア、ウクライナ、日本の 9 名、修士課程がベトナム（2 名）、ナイジェリア、スーダン、シンガポール、フランス、日本（8 名）の 14 名で構成されている。



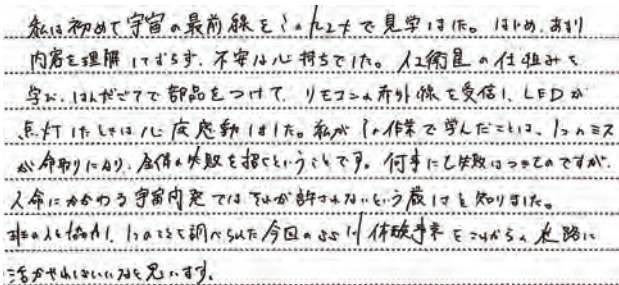
鳳龍伍号に関わった学生・スタッフの記念撮影



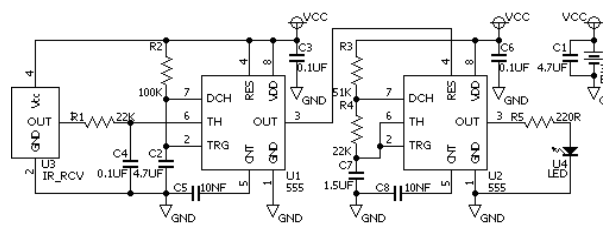
ハンダ付け



55G に耐えた生徒がハンダ付けした回路



参加学生の感想文



回路図

教育貢献

■ 九州工業大学スペースアカデミー

九州工業大学は 2010 年 7 月 1 日に宇宙関連産業に携わる人材を育てるための「スペースアカデミー」を設置した。「宇宙をあこがれの場から、仕事の場へ」を合言葉に、様々な活動を行なっている。その一環として、2013 年 7 月 21 日に戸畑キャンパスにおいてサマーサイエンスフェスタ in 北九州が開催された際に九工大スペースアカデミーによるオープンラボを同時開催した。

スペースアカデミーのオープンラボは 2010 年の宇宙オープンキャンパスから数えて 4 回目の試みとなった。当日はサマーサイエンスフェスタ参加の高校生や、家族連れ等の一般市民の方々等、多数ご来場を頂き、参加者に宇宙を身近に感じて貰える事が出来た。



試験設備の見学



展示風景

また、九州工業大学スペースアカデミーのサイトを作成し、サイトからの情報発信も行っている。
ウェブサイト URL: <http://space-academy.ele.kyutech.ac.jp/>

■ KiSSPro

大学発小型衛星利用が育む未来の宇宙利用者たち (KiSSPro) は 九工大理数教育支援センターが責任母体として実行を行っており、対象別に様々な活動を行っている。大学と公共施設が協力し、平成 24 年 5 月 18 日に打ち上げに成功した九州工業大学が製作した小型衛星「鳳龍式号」などを利用した衛星の受信体験とそのデータを可視化する教材の開発と講座やワークショップを小学生から大学生・大学院生迄を対象に実施する。各年齢層に適した体験型宇宙利用教材を開発することにより、小型衛星を自分自身が利用していることを体験してもらうことが可能となっており、大学発小型衛星を最大限に活用し、小学生から大学院生までの幅広い層を対象として、将来、宇宙に携わる人材を育成するための教材開発・講座の実施、並びに継続的な育成体制の整備を目指す。本取り組みは大学内にとどまるものではなく、地域との連携も重視し、成果物の全国規模での展開も視野に入れる。

■ Project Based Learning for Space Engineering International Course

In April 2013, Kyushu Institute of Technology (Kyutech) launched a new post-graduate curriculum, the Space Engineering International Course (SEIC). The curriculum is either two years (Masters) or three years (Doctor), and consists of research leading to a Master or Doctor degree, lectures on space engineering, project based learning (PBL), and on-the-job training in space environment testing. SEIC is open to any student, Japanese or non-Japanese, who registers as a full-time graduate student at the Graduate School of Engineering.

PBL is required for all SEIC students and is held annually, from October to March. This report concerns the first SEIC PBL class, which was held from October 2013 to March 2014 under the supervision of Assistant Professor John Polansky of the Laboratory of Spacecraft Environment Interaction Engineering. For the 2013-2014 year, a total of eighteen students enrolled in PBL. There were four Doctor students (one Japanese and three non-Japanese) and fourteen Master students (eight Japanese and six non-Japanese). Each student belonged to one of the following departments: Applied Science for Integrated System Engineering (thirteen students), Electrical Engineering and Electronics (three students), or Mechanical and Control Engineering (two students).

The objective of PBL is to provide a “learning by doing” class in which students solve an open-ended real-world problem or challenge. PBL requires students to learn or create new content and skills while employing critical thinking, collaboration, and communication. For this PBL class, the students were assigned to generate novel small-satellite (<50 kg) mission ideas, critically analyse the mission ideas, and collaborate to ultimately select one mission idea for a small-satellite conceptual design. The students then formed one main team for project review and multiple sub-teams to technically design the satellite, assess the satellite business model, and determine appropriate test, integration, launch, and operation requirements.



PBL students attending lecture



PBL students and Prof. Polansky

The satellite mission idea selected as the PBL final project was a “Moon-sighting satellite”. The name chosen for the satellite was “Otsukimi”. The mission objective is to image capture the lunar phase each day at sunset, which cannot be accomplished by ground-based equipment in the case of cloud cover, sand storms, or other

visual interference. Therefore, the primary mission payload is a camera, and the attitude determination and control system must point the camera (or cameras) at the Moon. Next, the image(s) will be readily transmitted to a ground station and disseminated to users (especially those who require lunar month/phase observations). The PBL students will submit the Otsukimi final design report and business model to the 3rd MIC (Mission Idea Contest), which is to be held in November 2014 in Kitakyushu.

■ UNISEC ハンズオントレーニング

今年度からの新たな取り組みとして、UNISEC と共同で学生衛星プロジェクト支援の一環として、本ラボラトリーの試験施設を使用して短期トレーニングプログラムを実施した。第一回の今回は、今後実際の衛星を開発する学生を対象として、振動試験のハンズオントレーニングを実施した。1 日目に簡単な基礎理論を説明し、衛星のセットアップ、装置のオペレーションを学生の手によって行った。2 日目には各学生が開発中の衛星の紹介、前日の振動試験を通じて必要と考えられた試験手順書の改訂などを行った。参加者は日本から 2 校、韓国から 1 校であった。最終的には学生自らの手で試験が進められるまでになり、本来の目的以上の成果が得られた。参加者、UNISEC 側からも良好な感想が聞かれ、次年度はさらに内容を充実させ実施する予定である。



振動試験トレーニング風景

産学官連携

宇宙環境技術交流会

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ってきた。その一環として、3 月 24 日（月）に第 14 回宇宙環境技術交流会を開催予定である。今回は、内閣府の最先端研究開発支援プログラムの 2013 年度での終了をふまえ、これまでの超小型衛星試験センターの活動総括を行うと共に、試験センターを利用していただいた多くの衛星の中から、今期中に打ち上げ予定の STARS-II（香川大学）、TeikyoSat-3（帝京大学）の二つの衛星の開発・試験過程を振り返ることを主眼として行う予定である。

外部資金

研究種類	種目または相手先	受入者	研究課題
科研費	基盤研究（S）	趙	宇宙システムの高電圧化に向けた超小型衛星による帯電・放電現象の軌道上観測
受託研究	VNSC	趙	Design, Development and testing of Micro-Satellite
共同研究	宇宙航空研究開発機構	趙	軌道上での帯電計測及び帯電緩和技術の開発
共同研究	次世代宇宙システム技術研究組合	趙	超小型衛星の地上試験に関する研究
共同研究	キャノン電子株式会社	趙	小型人工衛星の熱平衡試験、アウトガス試験、熱真空試験および衝撃試験の検証
補助金	アジア基準認証推進事業費補助金(経済産業省)	趙	超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準の構築
補助金	最先端研究開発支援プログラムに係る先端研究助成金（東京大学）	趙	日本発の「ほどよし信頼性工学」を導入した超小型衛星による新しい宇宙開発・利用パラダイムの構築
科研費	基盤研究（B）（一般）	赤星	超高速衝突時に発生するイジェクタの衝突角度／温度依存性評価と国際標準化への対応
受託研究	株式会社 IHI	赤星	高強度複合材料の耐衝撃性評価方法に関する研究
受託研究	株式会社 IHI	赤星	鋳打込基礎試験
補助金	最先端研究開発支援プログラムに係る先端研究助成金（東京大学）	奥山	日本発の「ほどよし信頼性工学」を導入した超小型衛星による新しい宇宙開発・利用パラダイムの構築
受託研究	川崎重工業株式会社	奥山	軽量アブレータの材料特性評価手法の研究
受託研究	上田ブレーキ株式会社	奥山	有機系摺動摩擦材の材料特性評価手法の研究
科研費	挑戦的萌芽	豊田	超小型衛星搭載用 300V 発電直接駆動真空アーク推進機の開発
受託研究	Space Systems／Loral	豊田	Large Coupon ESD Tests
共同研究	宇宙航空研究開発機構	豊田	導電性テザーシステムの帯電放電評価
受託研究	日本航空宇宙工業会	豊田	宇宙機帯電電位見積りに関する国際標準化
共同研究	三菱電機株式会社	豊田	宇宙用太陽電池パネルの帯放電試験
科研費	挑戦的萌芽	岩田	低地球軌道インフレータブル構造用材料のための耐原子状酸素性付与技術に関する研究
寄付金	MUSCAT スペース・エンジニアリング（株）	岩田	
外部利用	超小型衛星試験センター 外部利用		

外部資金獲得総額（2013 年 4 月～2014 年 3 月）

168,097,414 円

スタッフ紹介



ちょう めんう
趙 孟佑

九州工業大学大学院 教授 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー施設長

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。1992 年 2 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。

2010 年 7 月より宇宙環境技術ラボラトリー施設長併任（名称変更のため）。



あかほし やすひろ
赤星 保浩

九州工業大学大学院 教授 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

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 月同大学工学部助教授。2003 年 1 月同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 月同工学研究科機能システム創成工学専攻（協力講座）。2004 年 12 月同大学宇宙環境技術研究センター併任。2006 年 4 月より同大学大学院教授。



おくやま けいいち
奥山 圭一

九州工業大学大学院 教授 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

1963 年生まれ。1986 年東海大学工学部航空宇宙学科卒業（クウェート国に 1 年間滞在）。1988 年室蘭工業大学大学院工学研究科エネルギー工学専攻修士課程修了。2004 年 9 月大阪大学大学院工学研究科生産科学専攻博士後期課程修了。博士（工学）

1988 年川崎重工業株式会社宇宙機器室、1991 年宇宙開発事業団筑波宇宙センターシステム技術開発部を経て 1994 年川崎重工業株式会社航空宇宙カンパニー宇宙機設計部。2006 年国立津山工業高等専門学校電子制御工学科助教授、2007 年同准教授、2009 年愛知工科大学大学院工学研究科システム工学専攻准教授を経て 2010 年同教授。2011 年ドイツ国立航空宇宙センター（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt）客員研究員。2012 年 4 月より九州工業大学大学院教授。宇宙環境技術ラボラトリー併任。



しらき くにあき
白木 邦明

九州工業大学 特任教授 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

1946 年生まれ。1969 年九州工業大学工学部機械工学科卒業。1978 年米国カリフォルニア工科大学大学院応用力学専攻修士課程修了。2000 年 7 月九州大学大学院工学研究院航空宇宙工学部門博士後期課程修了。博士（工学）。1969 年 4 月日本航空機製造（株）入社。1972 年 6 月宇宙開発事業団入社。2000 年 4 月同 JEM プロジェクトマネージャ。2003 年 10 月（宇宙開発事業団が（独）宇宙航空研究開発機構へ統合）。同年国際宇宙ステーションプログラムマネージャ。2006 年 4 月（独）宇宙航空研究開発機構執行役。2007 年 8 月同理事。2011 年 8 月同技術参与。2012 年 4 月より同参与兼シニアフェロー。2012 年 4 月より九州工業大学特任教授。



とよだ かずひろ
豊田 和弘

九州工業大学大学院 准教授 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

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。2010 年 4 月より同大学大学院准教授。



いわた みのる
岩田 稔

九州工業大学大学院 助教 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

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）。2010 年 4 月より同大学大学院助教。



ますい ひろかず
増井 博一

宇宙環境技術ラボラトリー 助教

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。2010 年 8 月より同大学宇宙環境技術ラボラトリー助教。



カーン アリフル ラハマン
Kahn Arifur Rahman

宇宙環境技術ラボラトリー 助教

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月九州工業大学研究生。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10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。2013年8月より同大学宇宙環境技術ラボラトリー助教。



ポランスキー ジョン
Polansky John L

宇宙環境技術ラボラトリー 助教

1986年生まれ。2008年ノースダコタ大学航空宇宙工学科卒業。2009年南カリフォルニア大学大学院航空宇宙工学科修士課程修了。2013年南カリフォルニア大学大学院航空宇宙学科博士課程修了。Ph. D.

2013年8月より九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリー助教。



はたむら とおる
畑村 透

宇宙環境技術ラボラトリー 研究員

1980年生まれ。2003年日本文理大学工学部航空工学科卒業。2005年日本文理大学大学院工学研究科航空電子機械工学専攻修士課程修了。

2005年4月株式会社メイテック。2009年8月MUSCATスペース・エンジニアリング(株)。2012年4月より九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリー研究員。



いのうえ いさむ
井上 勇

九州工業大学大学院 研究員 ・ 宇宙環境技術ラボラトリー

1953年生まれ。1981年東京電機大学工学部2部機械工学科卒業。1972年4月日本電気(NEC)株式会社府中事業所誘導光電事業部生産技術部。1986年12月九州松下電器株式会社佐賀事業部開発部。2000年4月パナソニックシステムカンパニー(PSN)株式会社開発研究所開発企画。2009年8月MUSCATスペース・エンジニアリング株式会社超小型衛星試験事業。2012年8月より九州工業大学大学院研究員。



しみず たつお
清水 達生

宇宙環境技術ラボラトリー 博士研究員

1984年生まれ。2007年九州工業大学工学部電気工学科卒業。2012年8月サリ大学スペースセンター博士課程修了。Ph. D.

2013年1月より九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリー博士研究員。

■ 学術論文 (2013. 4～2014. 3)

- [1] Arifur R. Khan, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, Yuta Takaki, and Setsuo Tomonari, “In-orbit Demonstration of Newly Developed Passive Electron-emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation”, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol.50, No.4, pp.853-859, 2013
- [2] Hirokazu Masui, Takayuki Ose, Tomoki Kitamura, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho “Characterization Experiments of Secondary Arcs on Solar Arrays: Secondary Arc Physical Parameters”, Journal of Spacecraft and Rockets, 2013(to be published)
- [3] Mengu Cho, Hirokazu Masui, Shunsuke Iwai, Tatsuya Yoke, Kazuhiro Toyoda, “350-V Photovoltaic Power Generation in Low Earth Orbit”, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 51, pp. 379-381 2014
- [4] Tatsuya Yoke, Shunsuke Iwai, Arifur Khan, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, “Development of Mission Payloads onboard High Voltage Technology Demonstration Satellite HORYU-II”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 41, No. 12, pp. 3477-3486, 2013
- [5] Yu Chen, Jiang Wu, Teppei Okumura, Masato Takahashi, Taishi Endo, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, “Investigation on Space Environmental Degradation Effects of Solar Cell Coverglass”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 41, No. 12, pp. 3471-3476, 2013
- [6] J. Wu, A. Miyahara, A. R. Khan, M. Iwata, K. Toyoda, M. Cho, X. Q. Zheng, “Effects of Ultraviolet Irradiation and Atomic Oxygen Erosion on Total Electron Emission Yield of Polyimide”, IEEE Trans. Plasma Science, vol. 42, no. 1, pp.191-198, 2014
- [7] V.A. Davis, M.J. Mandell, D.C. Cooke, A. Wheelock, J.-C. Mateo-Velez, J.-F. Roussel, D. Payan, M. Cho, K. Koga, “Comparison of low Earth orbit wake current collection simulations using Nascap-2k, SPIS, MUSCAT and computer codes”, accepted for publication, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 41, No. 12, pp. 303-3309, 2013
- [8] Daomin Min, Shengtao Li, Mengu Cho and Arifur R. Khan, “Investigation Into Surface Potential Decay of Polyimide by Unipolar Charge Transport Model”, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 41, No. 12, pp. 3349-3358, 2013
- [9] Yu Chen, Jiang Wu, Ryuta Kunimitsu, Andy Gray, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, “Total Electron Emission Yield Measurement of Solid Materials by A Scanning Small Detector” , IEEE Transaction on Plasma Science, Vol.41, No.12, 2013, pp. 3558-3564, 2013
- [10] Akitoshi Takahashi, Minoru Iwata, Ryo Muraguchi, Mengu Cho “Charging and Arcing Test on Semi-conductive Coated Solar Coupon Panel”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.42, Issue2, pp.384-390, 2014
- [11] Minoru Iwata, Akitoshi Takahashi, Musashi Sakamoto, Mengu Cho, Ryo Muraguchi, “Selection of the Commercial-Off-the-Shelf Antistatic Coating and Its Applicability for Space-Use Solar Array”, Transactions of The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, accepted 2013
- [12] Hyoungwan Woo, Arifur R.Khan, Hirokazu Masui, Mengu Cho, Takehiro Miyakawa, Tatsuhito Fujita, “Discharge Observation on Antenna Surface Radiating High Power Microwave in Simulated Space Environment”, Aerospace Technology Japan (JSASS:The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences) Vol. 12, pp. 11-19, 2013
- [13] J. Wu, A. Miyahara, A. R. Khan, M. Iwata, K. Toyoda, M. Cho, X. Q. Zheng, “Effects of Energetic Electron and Proton Irradiation on Electron Emission Yield of Polyimide Induced by Electron and Photon”, Special Issue of ISTS, Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Science, Aerospace Technology, Aerospace Technology Japan, accepted 2014
- [14] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami and Mengu Cho, “Time and Space Redundancy Fault Tolerance Trade-offs for FPGA Based Single and Multicore Designs”, Japan Society for Aeronautical and Space Science, Transactions – special issue on ISTS, Japan, 2013. (under 2nd review)
- [15] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami and Mengu Cho, “LEO Single Event Upset Emulator for Validation of FPGA Based Avionics Systems”, JSASS Transactions – special issue on ISTS-29th, Japan, 2013. (Technically Accepted, waiting editorial board decision)

- [16] Amgalanbat Batsuren, Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengu Cho, “ Laboratory Test of Vibration of Micro/Nano Satellite for Environment Test Standardization” ,Special Issue of ISTS, Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Science, Aerospace Technology, accepted 2013
- [17] Amgalanbat Batsuren, Kenta Tomida, Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengu Cho, “Laboratory Tests to Standardize Environment Test Conditions of Micro/Nano Satellite Units”, Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Science, Aerospace Technology, Aerospace Technology Japan, accepted 2013
- [18] Kazuya OKADA, Yuki SERI, Ryunosuke Shibagaki, Kyutech Satellite Project, Hirokazu MASUI and Mengu CHO, “Ground tests and on-orbit results of the power system of nano-satellite Horyu-II”, Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Science, Aerospace Technology, Aerospace Technology Japan, accepted 2013
- [19] Muhammad ALKALI, Celina Gana, Danlami Idrisu, Mengu Cho, “Evolutionary approach for Space Science Education Development in Africa”, Published in IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME) e-ISSN: 2320-7388,p-ISSN: 2320-737X Volume 4, Issue 1 Ver. II, PP 22-27, 2014
- [20] 趙 孟佑、増井 博一、九州工業大学 衛星開発プロジェクト、「超小型衛星「鳳龍式号」の試験・検証と軌道上不具合原因究明」、航空宇宙技術、Vol. 12, pp. 17-24, 2013
- [21] Mohamed Mahmoud Ibrahim Kenichi Asami, Mengu Cho, “Design of a Multi-Processor System-on-Chip On Board Computer Using FPGA Based Soft IP Cores”, IOSR-JCE journal, accepted 2013
- [22] Noor Danish Ahrar Mundari, A.K. Srivastava, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho “Influence of atomic oxygen exposure on surface resistivity of silicon doped polyimide affecting spacecraft charging”, Vacuum, Vol. 105, July 2014, Pages 11-16

■ 国際会議 (2013. 4～2014. 3)

- [1] Satoshi Kobayashi, Masahiro Tomite, Minoru Iwata, Ken Goto, “Effect of Cyclic Thermal Impact on Carbon Fiber Reinforced Composite Laminates for Large Precise Space Structure”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, USB-Memory, Nagoya, Japan, June 2013
- [2] Atomu Tanaka, Naoki Matsumoto, Arifur Rahman Khan, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, “Performance Improvement of Electron-emitting Film for Spacecraft Charging Mitigation”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, USB-Memory, Nagoya, Japan, June 2013
- [3] Akira Miyahara, Jiang Wu, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, “Total Electron Emission Yield Measurement of Polyimide at Different Temperatures”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, USB-Memory, Nagoya, Japan, June 2013
- [4] Jiang Wu, Akira Miyahara, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, Xiaoquan Zheng, “Effect of Energetic Electron and Proton Irradiation on Electron Emission Yield of Polyimide Induced by Electron and Photon”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, USB-Memory, Nagoya, Japan, June 2013
- [5] Hirokazu Masui, Yuki Seri, Toru Hatamura and Mengu Cho, “Comparison of Thermal Distribution within a 50 cm class satellite in Vacuum and Atmosphere Environment”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
- [6] Kenta Tomida, Amgalanbat Batsuren Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengu Cho, “Basic Research on Vibration Test Level for Nanosatellite Components”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
- [7] Toru Hatamura, Shingo Kimoto, Hirokazu Masui, Mengu Cho, Kazuo Maeno, ”Development of a shock test method suitable for nano-satellites; basic study”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
- [8] J. Wu, A. Miyahara, A. R. Khan, M. Iwata, K. Toyoda, M. Cho, X. Q. Zheng, “Effects of Energetic Electron and Proton Irradiation on Electron Emission Yield of Polyimide Induced by Electron and Photon”, 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
- [9] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami and Mengu Cho, “Time and Space Redundancy Fault Tolerance Trade-offs for FPGA Based Single and Multicore Designs”, 29th International Symposium on

- Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
- [10] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami and Mengu Cho, "LEO Single Event Upset Emulator for Validation of FPGA Based Avionics Systems", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [11] Amgalanbat Batsuren, Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengu Cho, "Laboratory Test of Vibration of Micro/Nano Satellite for Environment Test Standardization", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [12] Shunsuke Iwai, Kyutech Satellite Project, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, "Results of 300V Photovoltaic Power generation Mission Onboard Horyu-2", 29th International Symposium on Space Technology and Science. Nagoya, Japan, June 2013
 - [13] Akira Miyahara, Wu Jiang, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, "Total Electron Emission Yield Measurement of Polyimide Due to Different Temperatures", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [14] Kazuya OKADA, Yuki SERI, Ryunosuke Shibagaki, Kyutech Satellite Project, Hirokazu MASUI and Mengu CHO, "On-orbit results of the power system on-board Nano-satellite Horyu-II", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [15] Takuya Motohata, Kazuya Okada, Hirokazu Masui, Yasuhiro Akahoshi, Mengu Cho, "Charging/Discharging Test of Lithium-Ion Battery using a Nano-Satellite Power System Made for Nickel-Metal Hydride Battery", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [16] Naoki Matsumoto, Atomu Tanaka, Arifur R Khan, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda and Mengu Cho, "In-orbit demonstration of spacecraft charging mitigation of passive electron-emitting film", International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [17] Shingo Fuchikami, Masayoshi Nakamoto, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, "Development of Vacuum Arc Thruster for Nano-Satellite in Low Earth Orbit Plasma Environment", 29th International Symposium on Space Technology and Science, Nagoya, Japan, June 2013
 - [18] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami, and Mengu Cho, "Evaluation of SRAM based FPGA Performance by Simulating SEU through Fault Injection", RAST-2013, Istanbul, Turkey, June 2013
 - [19] Tatsuo Shimizu, Craig Underwood, Mengu Cho, "Peripheral Electronics Prototype of Super-Capacitor Energy Storage for Small Satellites", 11th International Energy Conversion Engineering Conference, San Jose, USA, July 2013
 - [20] Hirokazu Masui, Toru Hatamura and Mengu Cho, "Testing of Micro/Nano Satellites and Their On-orbit Performance" 27th Small Satellite Conference, Utah, USA, August 2013
 - [21] Yuki Seri, KIT Satellite Project, Hirokazu Masui, Mengu Cho, "Mission Results and Anomaly Investigation of HORYU-II", Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Utah State University, Logan, UT, USA, August 2013
 - [22] Yuta Okumura, Kyutech Satellite Project, Hirokazu Masui, Mengu Cho, "Anomaly investigation of HORYU-II and lessons learned", The 64th International Astronautical Congress, Beijing, China, Sept. 2013
 - [23] Yuta Okumura, Kyutech Satellite Team, Tatsuo Shimizu, Hirokazu Masui, Mengu Cho, "Lessons Learned and a New Project: Measurement of arcing current on "HORYU-III" satellite", Tsinghua University IAF-SUAC International Student Workshop, Beijing, China, September 2013
 - [24] Shunsuke Iwai, Kyutech Satellite Project, Arifur Rahman Khan, Hirokazu Masui, Minoru Iwata, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, "Mission Results of High Voltage Technology Demonstration Satellite " Horyu-2"", 64th International Astronautical Congress, Beijing, China, September 2013
 - [25] Ishio Haruta, Tatsuo Shimizu, Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, "MITIGATION METHOD OF PREVENTING SECONDARY ARCING ON SOLAR ARRAY BY USING CAPACITOR AND INDUCTOR", 64th International Astronautical Congress 2013, Beijing, China, September 2013
 - [26] Shunsuke Iwai, Justin J Likar, Teppei Okumura, Hirokazu Masui Kazuhiro toyoda, Mengu Cho, "High voltage Flight Experiment In Low Earth Orbit", Tsinghua University IAF-SUAC International Student Workshop, Beijing September 2013

- [27] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Horyu-V team, and Mengü Cho, “Horyu-V the Space Environment Explorer Satellite – Strategic Auditing, United Nations/United Arab Emirates Symposium on Basic Space Technology”, Small Satellite Missions for Developing Space Nations, Dubai, United Arab Emirates, October 2013
- [28] Shingo Fuchikami, Masayoshi Nakamoto, Kazuhiro Toyoda, Mengü Cho, “Development of Vacuum Arc Thruster for Nano-Satellite”, 33rd International Electric Propulsion Conference, Washington D.C., USA, October 2013
- [29] Tatsuo Shimizu, Hiroshi Fukuda, Shota Hidaka, Shunsuke Iwai, Kazuhiro Toyoda, Mengü Cho, “Development of a Very Small on-Board Oscilloscope for a Cube-Satellite HORYU-3”, 5th Nano-Satellite Symposium, Tokyo, Japan, November 2013.
- [30] Hirokazu Masui, Toru Hatamura and Mengü Cho, “Overview of Nano/Micro Satellite for Environmental Testing in CeNT”, 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 2013
- [31] Toru Hatamura, Shingo Kimoto, Hirokazu Masui, Mengü Cho, Kazuo Maeno, “Development of a shock test method suitable for Nano-Satellites; Performance evaluation”, 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 2013
- [32] Muhammad ALKALI, Takuya MOTAHATA, Tatsuo SHIMIZU, Hirokazu MASUI, Mengü CHO, “Testing it’s practicability as power storage unit of a nano-satellite”, 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Japan, November 2013,
- [33] M.M. Ibrahim, A. Batsuren, M. Alkali, M. Nori, P. Ammarin, P. Faure, and M. Cho, “Design Concept of Horyu-V The Space Environment Explorer”, The 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Japan, November 2013
- [34] Mengü Cho and M. Ibrahim, “Reliability Growth of Small-scale Satellites through Testing”, The 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Japan, November 2013
- [35] T. Shimizu, S. Hidaka, M.M. Ibrahim, S. Iwai, K. Toyoda, H. Masui, and M. Cho, “Development of a Very Small on-Board Oscilloscope for a Cube-Satellite HORYU-3”, The 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Japan, November 2013
- [36] Amgalanbat Batsuren, Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengü Cho, “Basic Research on Vibration Test Standardization for Small-scale Satellites”, 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 2013
- [37] Yuta Okumura, Hirokazu Masui, Cho Mengü, “Radiation test for Horyu3’s bus-system using Californium252”, The 5th Nano-satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 2013
- [38] Yuki Seri, Toru Hatamura, Hirokazu Masui, Mengü Cho, “Thermal distribution of typical structure specialized in 50cm class satellite”, The 5th Nano-Satellite Symposium, Takeda Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 2013
- [39] Shingo Kimoto, Toru Hatamura, Hirokazu Masui and Mengü Cho, “Distribution measurement of Nano-Satellite components for shock level estimation”, 5th Nano-Satellite Symposium, Tokyo, Takeda Hall, University of Tokyo, Japan, November 2013
- [40] Mohamed Mahmoud Ibrahim, Kenichi Asami, and Mengü Cho, “Thermal Vacuum Test Results for Virtex-5 FPGA Based Multi-core On-Board Computer”, IEEE AeroSpace 2014, Big Sky, Montana, USA, March 2014

■ 国内会議 (2013. 4～2014. 3)

- 第 57 回宇宙科学技術連合講演会、2013 年 10 月、米子コンベンションセンター (18 件)
- 日本航空宇宙学会西部支部講演会 2013、2013 年 11 月、山口大学 吉田キャンパス (3 件)
- 第 5 回日本複合材料会議、2013 年 11 月、相模原 (1 件)
- 第 10 回宇宙環境シンポジウム、2013 年 12 月、東京 (2 件)
- 宇宙輸送シンポジウム、2014 年 1 月、相模原 (1 件)

特 許

- 登録日 2013 年 8 月 13 日
米国特許 番号:US8,508,894 B2
SUSTAINED-ARC CONTROL SYSTEM ON SOLAR BATTERY ARRAY,
Kazuhiro Toyoda, Mengu Cho, Hikaru Kayano

特記事項

■ 平成 25 年度宇宙開発利用大賞を受賞

平成 25 年 10 月 10 日に東京科学技術館にて、平成 25 年度宇宙開発利用大賞の表彰式が行われた。宇宙開発利用大賞とは宇宙基本計画（平成 25 年 1 月宇宙開発戦略本部決定）における「利用の拡大」を促すため、宇宙開発利用の推進において大きな成果を収める、先導的な取り組みを行う等、宇宙開発利用の推進に多大な貢献をした優れた成功事例に関し、その功績をたたえることにより、我が国の宇宙開発利用の更なる進展や宇宙開発利用に対する国民の認識と理解の醸成に寄与することを目的とした表彰制度である。

今回、宇宙環境技術ラボラトリーは、「宇宙環境技術に関する産学官連携研究と国際標準化に関する活動」が、鉱工業の振興の視点から特に顕著な功績があったと認められる事例に送られる経済産業大臣賞を受賞した。



表彰式



記念撮影

■ 論文査読

- ・ 航空宇宙学会論文集（奥山）
- ・ IEEE Transaction on Plasma Science（趙）（豊田）（増井）
- ・ Transactions of JSASS（趙）
- ・ Advances in Microelectronic Engineering（趙）

■ 論文誌編集

- ・ IEEE Transaction on Plasma Science（趙）（豊田）
- ・ プラズマ核融合学会（増井）

■ 学会運営

○学会開催

- ・ 小型衛星試験の標準化に関する国際ワークショップ（趙）
- ・ 13 th SCTC プログラム委員（趙）

○学会委員

- ・ 太陽発電衛星研究会幹事（趙）
- ・ IAA study group, “International Cooperation on Space Weather”（趙）
- ・ IEEE Transaction on Plasma Science Guest Editor（趙）
- ・ 日本航空宇宙学会西部支部常任幹事（豊田）
- ・ 電気学会九州支部総務企画幹事（豊田）
- ・ AIAA Aerospace Power Systems Technical Committee（清水）

○学会オーガナイザ

- ・ 第 10 回宇宙環境シンポジウム世話人（趙）
- ・ 29th ISTS 宇宙環境・スペースデブリ小委員会副委員長（趙）
- ・ 64th IAC D5.3“Space Weather Prediction and Protection of Space Missions from Its Effects”オーガナイザ（趙）
- ・ 5th Nano-satellite Symposium プログラム委員（趙）
- ・ 第 29 回 ISTS プログラム小型衛星委員会委員（趙）
- ・ United Nations / United Arab Emirates Symposium on Basic Space Technology プログラム委員（趙）

■ 外部委員等

- ・ 九州航空宇宙開発推進協議会幹事（趙）
- ・ 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（趙）
- ・ JAXA 宇宙機設計標準WG委員（趙、豊田）
- ・ 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）
- ・ マイクロ波無線送受電技術委員会委員（趙）
- ・ 西安交通大学、State Key Laboratory of Electrical Insulation and Power Equipment, International Academic Committee 委員（趙）
- ・ 日本航空宇宙工業会 SC14 国際規格検討委員会設計分科会委員（趙）
- ・ 日本航空宇宙工業会宇宙機帯電電位見積技術検討委員会（趙）
- ・ UNISEC 国際化委員会委員（趙）
- ・ INOTEK 超小型衛星プロジェクト委員会委員（趙）（畑村）
- ・ JAXA 衛星系設計標準推進委員会委員（豊田）
- ・ 電気学会電気推進ロケットエンジンの推進性能と内部プラズマ物理現象に関する調査専門委員会委員（豊田）
- ・ 南洋理工大学客員教授（趙）
- ・ 電気学会編修専門第2部会委員（豊田）

■ 講 演

○学外特別講義

- ・ 夢ナビライブ@大阪 「超小型人工衛星－ゲームチェンジングテクノロジー～」、2013 年 6 月 22 日(趙)
- ・ 小倉高校「宇宙とシステム工学と超小型衛星」2013 年 7 月 2 日（趙）
- ・ Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, “Intoruduction of Laboratory of Spacecrafr Environment Interaction Engineering”, 2013 年 9 月 27 日(趙)
- ・ 小倉東高等学校「人工衛星入門」2013 年 10 月 31 日（清水）
- ・ Nanyang Technological University, “Spacecraft Environment Interaction Engineering Overview”, 2014 年 1 月 3 日(趙)
- ・ Bangladesh /BRAC University “Satellite research activities in Kyushu Institute of Technology” August 17, 2013（Khan）
- ・ “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: ITB (Institut Teknologi Bandung), Bandung, Indonesia, November 8, 2013 (Polansky)

- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: ANGKASA (Malaysian Space Agency), Bangi, Malaysia , November 11, 2013
(Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: UKM (Universiti Kebangsaan Malaysia), Banting, Malaysia , November 12, 2013
(Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: NSTDA (National Science and Technology Development Agency), Bangkok, Thailand, November 15, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: GISTDA (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency), Sriracha, Thailand, November 18, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: GSSTI (Ghana Space Science and Technology Institute), Accra, Ghana, December 4, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: UNAM (National Autonomous University of Mexico), Mexico City, Mexico, December 9, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: UAM (Metropolitan Autonomous University), Mexico City, Mexico, December 10, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: AEM (Mexican Space Agency), Mexico City, Mexico, December 10, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: IPN (National Polytechnic Institute), Mexico City, Mexico, December 11, 2013
(Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: TEC (Costa Rica Institute of Technology), Cartago, Costa Rica, December 13, 2013
(Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: CONIDA (Peruvian Space Agency), Lima, Peru, December 16, 2013 (Polansky)
- “Introduction to Space Engineering Education at Kyushu Institute of Technology”
Location: UNI (National University of Engineering), Lima, Peru, December 17, 2013 (Polansky)

○招待講演

- Nanyang Technological University, “Discussion on design, test and anomaly investigation of a nanosatellite, HORYU-II”, 2013 年 8 月 27 日(趙)
- United Nations / United Arab Emirates Symposium on Basic Space Technology, “Standardization Project of Environmental Tests of Small-scale Satellites Seeking Low-cost and Fast-delivery; Introduction of Standard Draft”, 2013 年 10 月 21 日(趙)
- 九州工業大学技術士会総会講演「国境を越えて活躍できる技術者の育成を目指して」2013 年 5 月 18 日（奥山）
- 日本材料学会複合材料部門委員会定例委員会講演「炭素繊維強化熱可塑樹脂の宇宙環境耐性と、深宇宙探査機への活用」2013 年 12 月 13 日（奥山）
- （基調講演）2013 年度日本原子力学会核融合工部夏期セミナー「九州における超高速衝突研究について」、湯布院、2013 年 8 月 4 日（赤星）
- 平成 25 年度 QSSF 研究会「鳳龍 3、4 号開発状況」 2014 年 3 月 15 日（清水）

○一般向け講演

- 九州航空宇宙開発推進協議会「マイ・スペースの時代ー超小型衛星鳳龍貳号の経験からー」、2013 年 7 月 22 日(趙)
- 北九州市民カレッジ「超小型衛星とシステム工学」、2013 年 11 月 6 日(趙)
- 明専会福岡支部「超小型衛星が開く次の 100 年」、2013 年 11 月 15 日(趙)

■ 一般寄稿

- なし

■ 教科書執筆

- なし

■ 解説記事

- なし

【雑誌掲載分】

◆掲載日：2013 年 12 月

雑誌名：季刊 そら 冬号

タイトル：日本の人工衛星全カタログ

◆掲載日：2013 年 4 月

雑誌名：AEROSPACE BIZ

タイトル：学生だけで作った超小型人工衛星
ロケットで宇宙へ



◆掲載日：2014 年 1 月

雑誌名：ロボコンマガジン

タイトル：Cube くんで行く！超小型衛星の未来 第 15 回宇宙の卒業試験を調査！



【テレビ放送分】

◆放送日：8月3日
メディア：TVQ 九州放送
タイトル：土曜の夜は
おとななテレビ



◆放送日：9月20日
メディア：NHK ニュース 845 北九州
タイトル：九州工業大学が開発の通信衛星はやぶさ2と共に打ち上げの候補に

◆放送日：9月21日
メディア：RKB 毎日放送 ヘッドラインニュース
タイトル：遠距離通信技術を実験 九工大の衛星「はやぶさ2」相乗り候補に

【新聞掲載分】

◆掲載日：6月27日
メディア：西日本新聞
タイトル：九州小型衛星 公共CMに

九州小型衛星 公共CMに

九州の国立4大学などが共同開発し、ロシアで打ち上げ予定の小型人工衛星QSA-1-EOSを題材にした公共広告九州から宇宙へが制作された7月から1年間九州のテレビやラジオ、新聞で放送・掲載される。
AOCジャパンによるとこの公共広告は今年の九州地区の地域キャンペーン「九州から未来を明るく」をテーマに企画を公募48件の中から審査で選ばれた提案した西鉄エージェンシー（福岡市）のチームが今年1月に撮影を開始、広告が完成した。
EOSは二辺50センチの立方体で重さ約50g。宇宙から地球を撮影し、災害監視などに役立つ。2009年、九州九州工業大学が開発の4大学などが開発に着手。学生たちが地元企業の支援を受けながら製作した。同社ディレクターの玉川博さん（39）は九州の産業の活性化につながる明るいニュース、普通の人々たちが宇宙開発を志す姿に夢を感じ、題材に選んだと話す。
テレビCMでは、はつらつとした表情で衛星の製作や実験に励む学生たちの様子を紹介。EOSはロケット側の事情で打ち上げ延期が続く。宇宙へ向かうシーンは繰り込まれたが、「宇宙はもう近いところではあります」「九州から未来を明るく」を前面にメッセージを添えた。AOCジャパンの平尾純一・九州事務局長は「夢を追う九州の若者たちの姿を通じ、九州の人々に元気を届けたい」と。

九大など4大学プロジェクト 学生「未来を明るく」



◆掲載日：8月31日
メディア：読売新聞
タイトル：夏休み社会科見学



◆掲載日：9月20日
メディア：日刊工業新聞
タイトル：「はやぶさ2」の相乗り小型衛星 JAXA が3機選定



◆掲載日：9月20日
メディア：読売新聞
タイトル：九工大の衛星相乗り候補に

◆掲載日：9月20日
メディア：毎日新聞
タイトル：「はやぶさ2」相乗り3機選定

◆掲載日：9月20日
メディア：西日本新聞
タイトル：九工大 世界へ、宇宙へ

博士論文

研究室	氏 名	題 名
趙	禹 炯官	Discharge phenomena on antenna surface radiating high power microwave in high density plasma environment (高密度プラズマ下で大電力マイクロ波放射を行うアンテナ表面の放電現象)

修士論文

研究室	氏 名	題 名
趙	奥村 裕太	超小型衛星に適した放射線試験に関する基礎実験
趙	木元 新伍	超小型衛星搭載用コンポーネント衝撃レベル推定に向けた分布計測
趙	世利 祐樹	熱設計の観点からみた超小型衛星の最適な構体の探究
趙	高橋 明敏	ステップカバレッジを考慮した半導電性コーティングの熱サイクル耐性と軌道上試験に関する研究
豊田	岩井 俊輔	低地球軌道における高電圧宇宙システム実現に向けた太陽電池アレイ上で発生する放電の軌道上実験
豊田	春田 石男	宇宙機太陽電池アレイ上で発生する持続放電の電流振動による抑制手法の開発
豊田	宮崎 聡志	宇宙機太陽電池アレイ上で発生する沿面放電の解析及び抑制手法の開発
赤星	松本 賢祐	航空機の鳥衝突模擬に向けた試験環境の構築
赤星	中村 竜樹	微粒子加速のためのプラズマガン開発
赤星	中本 裕史	SO11227 改定に向けた斜め衝突実験による Ejecta 評価試験
赤星	水島 森	Kinetic Impact によるスペースガードの検討のための実験装置開発

学士論文

研究室	氏 名	題 名
趙	伊藤 章	重水素ランプによるフッ素樹脂の機械特性および分子構造変化に関する研究
趙	品川 雅治	アウトガス試験装置の温度分布計測とその改善による機能性向上
趙	山崎 貴史	衛星内部の圧力測定に関する研究
豊田	上妻 健太郎	デブリ除去を目的としたエレクトロダイナミクステザーの電力収支評価
豊田	首藤 大輝	原子状酸素照射装置ノズルからの銅検出に関する研究
豊田	横田 修平	宇宙機太陽電池アレイ上の沿面放電試験装置の開発
豊田	日高 翔太	宇宙用太陽電池アレイ上で発生する持続放電と絶縁材厚さの関係
豊田	福田 大	超小型人工衛星搭載用オシロスコープ及び電流プローブの開発
赤星	菊田 卓見	微粒子加速のためのプラズマガン開発
赤星	藤村 洋佑	ISO11227 改訂に向けた Ejecta 評価実験
赤星	田中 勇太	宇宙機衝突による NEO 軌道変更を模擬した衝突実験の為の装置開発
赤星	鹿毛 翔平	宇宙機衝突を用いたNEO軌道変更のための運動量測定装置の開発
赤星	中城 晴喜	軟体発射装置の性能評価及び飛翔体材料の評価
奥山	一枝 夕貴	炭素繊維強化樹脂を用いた超小型宇宙機構造の機械環境特性
奥山	尾辻 佑太	炭素繊維強化熱可塑樹脂の機械特性と深宇宙探査機構造への活用
奥山	越口 駿	アマチュア無線帯を用いた超小型宇宙機の通信システム
奥山	王 策	深宇宙通信ネットワークを使用しない新しい深宇宙通信技術

教育特記事項

◆ CANSAT project

◇ ARLISS 2013 (アメリカネバダ州ブラックロック砂漠にて開催)

◇ 第 10 回種子島ロケットコンテスト

2013 年度の趙・豊田研究室では、アメリカで開催された「ARLISS 2013」と秋田県で行われた「能代大会」、そして鹿児島県の種子島で開催された「第 10 回種子島ロケットコンテスト」に出場した。

特記すべきは、今回他チームに先駆けてマイコンの代わりにスマートフォンを用いて、アプリによって動く Cansat を制作した。アプリは Android ベースで開発し、携帯に元々搭載されている様々な機能を余すこと無く用いてカンサットを動かした。アプリの機能として、Cansat がリアルタイムで Twitter や Facebook に書き込みを行うプログラムを開発し、KDDI 様のご好意により InmarSat Bgan の地上端末でカンサットをインターネットに接続できた。走行内容としては、着地、パラシュートの切り離しに成功し、その後、2km 程走行したところで、轍にはまり、抜け出せずにバッテリー切れになった。しかし、初めてスマートフォンを誘導等に用いたカンサットが高く評価され、ミッション部門において、第 3 位を受賞することができた。

能代大会では、落下後に展開機構が引っかかり脱出不能になり、結果を残すことができなかった。

今後の予定としては、今年度の失敗をフィードバックし、確実に優勝する機体を目指して制作する。新機体は 2014 年度の能代宇宙イベントや ARISS 大会に向けて鋭意制作中である。



ミッションコンペティション第 3 位



2013 年度 CANSAT 機体



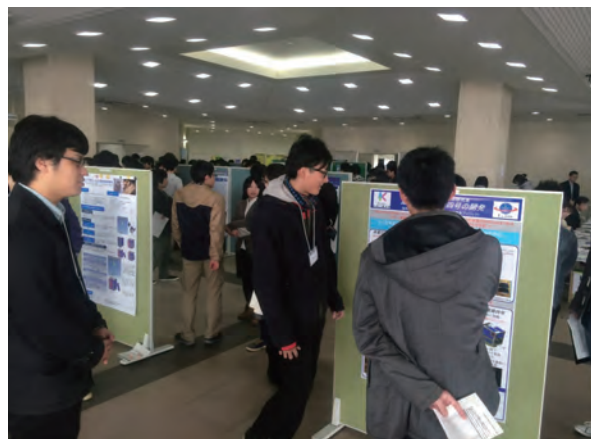
ARLISS 2013 参加メンバー

◆ 衛星開発プロジェクト

2013年11月30日～12月1日に電気通信大学で開催された UNISEC ワークショップに衛星開発プロジェクトの代表として、岩井、福田、伊藤の3名が参加した。ワークショップ二日目にポスターセッションが行われ、「鳳龍参号と鳳龍四号の開発」というタイトルで発表を行い、ポスターセッションの部門第一位を獲得した。壇上では「九州工業大学が最も得意とする環境試験を通じて、みなさんと宇宙に強いものづくりをしよう」と誓い、UNISEC ワークショップの大成功を修めた。

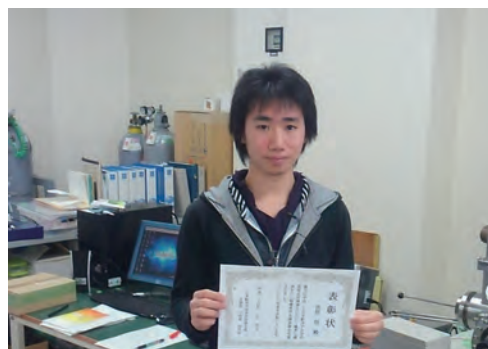


ポスターセッション第一位



ポスターセッションの様子

- ◆ 豊田研究室所属、電気電子工学専攻修士前期課程1年の宮原信君が、山口大学で11月に開催された日本航空宇宙学会西部支部講演会において、最優秀学生講演賞を受賞した。講演内容は「異なる温度環境下における絶縁体宇宙材料の二次電子放出係数測定装置の開発」



最優秀学生講演賞の宮原君

- ◆ 趙研究室所属の先端機能システム工学専攻博士前期課程2年高橋明敏君が、(独)日本学生支援機構業績優秀者返還免除に内定した。
- ◆ 趙研究室所属の先端機能システム工学専攻博士前期課程2年世利祐樹君が、(独)日本学生支援機構業績優秀者返還免除に内定した。
- ◆ 豊田研究室所属の電気電子工学専攻博士前期課程2年岩井俊輔君が、(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 (宇宙環境技術ラボラトリー)

◆ 地域別見学者数

(※2月28日現在 301名)

九州内 227

九州外 43

海外 31

◆ 各月別見学者数

(※2月28日現在 301名)

2013年4月 1

5月 26

6月 46

7月 6

8月 20

9月 6

10月 6

11月 75

12月 36

2014年1月 4

2月 75

(※ サマーサイエンスフェスタ、
オープンキャンパス、工大祭は除く)



5月
工業化学科昭和38年卒業
卒業生御一行様



8月
UNISEC・ハンズオン教育御一行様



6月
大分舞鶴高校御一行様



6月
JICE・ASEAN諸国
大学生御一行様



9月
経済産業省
産業基盤標準化
推進室室長
山本様



11月
エジプト宇宙機関
(NRASS)
御一行様



11月
文部科学省 坂東審議官様

国立大学法人 九州工業大学

宇宙環境技術ラボトリー

年次報告書 第9号

2014 年 3 月発行

編集・発行

国立大学法人九州工業大学 宇宙環境技術ラボトリー

〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1

TEL/FAX 093-884-3229

URL: <http://laseine.ele.kyutech.ac.jp/>

E-MAIL: shirakawa@ele.kyutech.ac.jp

