

# 機械宇宙学科

## I. 機械宇宙学科とは

人類は今その活動の場を地球上だけでなく、広汎な宇宙全体に広げようとしている。このような「宇宙時代」を迎えるとき、エンジニアには従来の地球上に限定された技術の枠を乗り越え、極限的な環境にも対応できる技術開発を行う能力と宇宙的なグローバルシステムの中で技術を思考する能力が要求されている。例えば、宇宙ロケット、人工衛星、探査ロボット、宇宙往還機などの最新システムの開発においては、極限的環境に対応するための材料、構造、熱、流体等の先端的要素技術が要求され、さらにはそれらを高い次元でバランス良く統合して制御するシステム技術が必要とされる。



図1 国際宇宙ステーション  
(写真提供：JAXA)

機械宇宙学科においては、宇宙に象徴される極限環境下において要求される高度な先端機械工学の基礎的素養を教授すると同時に、あらゆる知識を総合し具体的な「もの」を作り上げる創造的システム開発能力、さらに指導力・企画力・国際性などを兼ね備えた指導的なエンジニアの育成を目的としている。

## II. 学習内容

機械宇宙学科では、これからの機械工学はどうあるべきか、また学生諸君に何を習得してもらうか、ということについて議論を重ね、以下のような理念に基づく教育を指向している。

1. 学科の基礎学問としては、エネルギー、材料・物性、情報・制御・システムの3分野を主体とする。
2. 学問の基礎を確実に習得させながら、同時に新しい学問分野も積極的に教授する。
3. 知識としての学問だけでなく、実際に「もの」に触れながら実学としての工学を教授し、エンジニアリングセンスを磨き、工学の本質を習得させる。
4. 解析の学問と同時に、様々な物理現象を要素技術の結集によって工学的に活用し、目的達成型機械システムを創造しうる創成型学問も重視する。
5. 社会と融和しうる高い倫理性と自立した個人としての人格を有し、自らの見解をはっきりと表明できる人材を育成する。

このような教育理念を実現するため、機械宇宙学科の学生には以下のような教育課程を用意している。1年次から2年次にかけては、すべての学問分野の基礎として数学、物理を学習させる。さらに2年次では、機械力学、材料力学、流体力学、熱力学などの機械工学の基礎(いわゆる四力学)を習得させる。これらの講義では、確実な学問習得を目指し、十分な演習や宿題を課す。2年次後学期から3年次にかけては、機械工学として重要な弾・塑性力学、振動工学、数値シミュレーション、熱流体工学、環境工学などを学習させる。このようにして機械工学の基本学問体系を修得させる。

同時に本学科では知識としての学問だけでなく、「ものに触れる」実学と「新しい機械システムを創成する」創造能力を重視し、学生実験、もの作り教育、創造性教育を重視している。そして、2年次前学期から3年次後学期にかけて、機械創造基礎、メカトロニクス、機械宇宙設計製図、そしてそれらの学習を統合する機械創造などの「もの作り」を行なう講義が準備され、それらの講義を通して、新しい機械システムを創造する楽しさを体感できるようにしている。



図2 機械宇宙学科の主な教育内容

さらに、学科の方向性である宇宙工学関連の講義も充実させている。2年次から4年次にかけて、宇宙航空材料学、宇宙工学基礎、宇宙システム工学、宇宙開発工学、飛翔体工学、航空宇宙技術、宇宙熱流体工学などの一連の講義が行われ、広い分野にわたって宇宙工学を学習できるようになっている。また、平成17年度からは、各々の考えを論理的に表現する能力の開発を指向した少人数ゼミ形式の授業「機械宇宙学ゼミ」も開講している。

以下に機械宇宙学科の特徴である、創造性教育と宇宙関連の講義の詳細を説明する。

#### (1) 機械創造基礎（2年次前期）

問題の本質を直感的に感知できるいわゆるエンジニアリングセンスを養うには、特に機械系では「もの」をできる限り触る「触学」を深めることが重要であると我々は考えている。機械創造基礎は、企業から寄附された多くの種類の機械を数人の学生グループあるいは各人に与えて分解させ、その内部機構、機能、材料、加工法等を企業からの講師が説明し、最後に組立てるという作業を行う講義である。本講義により、エンジニアリングセンスが磨かれていくと同時に、その後に学ぶ多くの工学理論が実際の製品に活用されていることを体感でき工学を学ぶ学習意欲が大いに喚起されるであろう。

#### (2) メカトロニクス(3年次前期)

簡単な減速機付小型モータのサーボ系を学生一人一人に貸与し、また基本電子部品の選定・購入を自ら行わせ、アナログ電子回路からデジタル電子回路、センサー情報入力、モータ制御機器等を実際に作製させることにより機械を制御するメカトロシステムを体感的に学習することが可能な講義である。



### (3) 機械宇宙設計製図(3年次前期)

本講義では、短い期間で「設計」の精神を教授するため、独特の教育システムを導入している。つまり、製図の基本的なルール of 指導を行いながら、本講義の大多数の時間は企業で抱えている具体的な設計問題を提示し、同時にその周辺条件や制約条件を詳細に説明し、その課題仕様を満足する機械システムを学生自身が考案し、それを具体的に設計図面にまとめるという実習講義である。これからの指導的エンジニアにとって必要不可欠な、独自性のある製品を生み出す「創造的設計能力」がこの講義によって涵養されるであろう。

### (4) 機械創造(3年次後期)

この講義は、これまでのもの作り教育を集大成するものであり、約4名のグループで自由な形態のロボットを協力して仕上げ、創造的なもの作りの全過程を体得させるものである。本講義で与えられる課題は「観客に受ける芸をするロボットを作れ」という曖昧なものである。学生たちはまず始めに、グループ内で協議し意見を調整しながら、製作するロボットの企画をまとめる過程を学ぶ。ついで、それを実現するための具体的な機構と制御系の設計過程、試行錯誤を繰り返しながら考案したロボットを作り上げる過程、さらに感性を発揮しながら観客に受けるための飾り付けを行う過程、最終発表会である「大道芸ロボット大会」において次年度の製作者である本学科2年次学生を主体とした観客を前にしてプレゼンテーションを行い評価される過程、そして製作したロボットの諸資料をまとめるドキュメンテーションの過程を学ぶ。本講義を受講することによって、機構、電子回路、制御ソフトを含む総合技術と、人を含むシステムのダイナミックスの対処法を体得することになるであろう。

### (5) 宇宙工学関連講義(2年次後半～3年次後半)

これらの講義では、厳しい宇宙環境の中で孤立閉鎖系として機能する宇宙機械システムの実現に不可欠な、独創的な発想と徹底した解析、システム設計、検証実験、厳格な管理がなされた製造プロセスなどを学び、広範な工学分野への応用力を養う。具体的には、基礎的項目を系統的に講義する「宇宙工学基礎」、「宇宙システム工学」及び「飛翔体工学」と、宇宙航空研究開発機構連携講座の教員による最新宇宙プロジェクトの現場を学ぶ「宇宙開発工学」などで構成されている。これらの講義によって、学術的な宇宙工学のみならず、宇宙工学上のノウハウ、大規模システムを成立させるための企画の発案、財政当局との折衝、開発メーカーのコントロール、スケジューリングの勘所、宇宙ビジネスなどを学び、企画、設計、製作、管理という一連の「もの作り」過程の運用法が体得可能である。



図3 大道芸ロボット大会の様子



ロケット打上げ実験



シュルンベルジェにおける発表会

図4 機械宇宙プロジェクト A, B

## (6) 機械宇宙プロジェクト A, B

これらの講義は少数精鋭で実施し、作業時間帯は平日講義後と土日にもおよぶこともある。プロジェクト A では、宇宙システムのプロジェクト開発の方法論を実践的に体得するために、缶ジュースサイズ衛星モデルの開発を行う。構造系、電源系、情報処理系、センサー系、通信系、ミッション系、地上系などに分かれて分担しながら製作して、気球投下実験などの各種実験を行った。プロジェクト B はシュルンベルジェ（株）の協力を得て実施しており、ビデオ会議システムを用いた英語によるプロジェクトマネジメントの講義とディスカッション、そしてグループを構成して実際のロボット製作を実施する。平成21年度は独創性の高い屋外作業ロボットの製作を行ないパリ郊外の同社テクノロジーセンターにおいて最終発表会を開催した。

## III. 講座・分野と教員および研究分野

本学科を構成する講座・分野と教員及び研究分野を表 1 に示す。4 年次の卒業研究では各講座・分野に所属し、各分野の研究に参加して、より深い専門の工学を学ぶと同時に、世界最先端の研究に展開しつつある各研究室の研究活動の一翼を担うことになる。図 5, 6 は、卒業研究で行われる先端的な研究例を示している。なお、協力講座の教員は本学科の講義および卒業研究の一部を担当する。

表 1 本学科を構成する教員と研究分野（2013年7月現在）

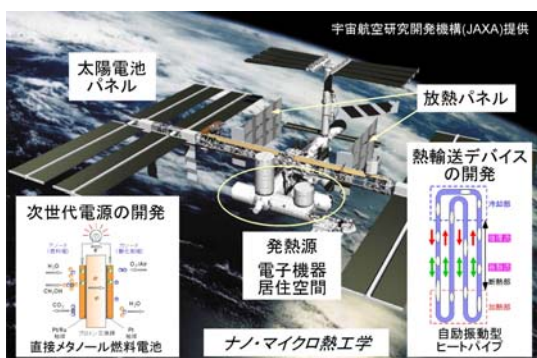
| 教 員 名                               | 研 究 分 野                                                         | 所属専攻等      |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 井上 剛良 教 授                           | 熱流体工学, 宇宙熱工学, マイクロスケール熱工学, 熱物性, エネルギー工学                         | 機械物理工学専攻   |
| 高原 弘樹 教 授                           | 機械振動, 流体関連振動, 非線形振動, 不確定系の動力学, 自励振動, 摩擦振動                       | 機械物理工学専攻   |
| 轟 章 教 授<br>水谷 義弘 准教授                | 航空宇宙機器最適構造, 痛覚を有する構造材料, 非破壊検査, 複合材料力学, 破壊制御学                    | 機械物理工学専攻   |
| 吉野 雅彦 教 授<br>山本貴富喜 准教授              | ナノ工学, アストロバイオロジー, 極限加工, ナノ医療                                    | 機械制御システム専攻 |
| 店橋 護 教 授                            | 熱流体工学, 乱流工学, 燃焼工学, 熱物質輸送, 数値流体力学, レーザ計測                         | 機械宇宙システム専攻 |
| 小田 光茂 教 授                           | 宇宙工学, 宇宙ロボット, 宇宙システム                                            | 機械宇宙システム専攻 |
| 堀内 潔 准教授                            | 乱流工学, 数値流体力学, 粘弾性流体                                             | 機械宇宙システム専攻 |
| 福島 E.文彦 准教授                         | ロボット工学, メカトロニクス, 機械システムの創造設計, 人道的地雷探査ロボット                       | 機械宇宙システム専攻 |
| 天谷 賢治 教 授                           | 計算力学, 逆問題, モーションキャプチャー                                          | 情報環境学専攻    |
| 木村 康治 教 授<br>中尾 裕也 准教授              | 振動学, 確率力学, 非線形力学, 耐震                                            | 情報環境学専攻    |
| 平井秀一郎 教 授<br>花村 克悟 教 授<br>津島 将司 准教授 | 地球温暖化対策, 熱流体力学, 燃料電池, CO <sub>2</sub> 隔離, MRI・レーザ計測, 光発電, バイオマス | 機械制御システム専攻 |

表 1 (続き)

協 力 講 座 (2013年7月現在)

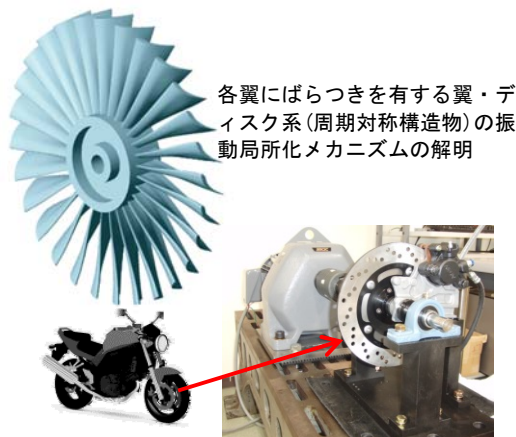
| 教 員 名     | 研 究 分 野                               | 所属専攻等      |
|-----------|---------------------------------------|------------|
| 長崎 孝夫 准教授 | 熱工学, 熱流体力学                            | 創造エネルギー専攻  |
| 岡村 哲至 教 授 | 超電導工学, 極低温工学, 電磁流体力学                  | 創造エネルギー専攻  |
| 堀岡 一彦 教 授 | 気体力学, プラズマ工学                          | 創造エネルギー専攻  |
| 末包 哲也 教 授 | CO <sub>2</sub> 貯留技術, エネルギー変換工学, 資源工学 | 創造エネルギー専攻  |
| 進士 忠彦 教 授 | 精密機械制御, 磁気浮上                          | 精密工学研究所    |
| 横田 眞一 教 授 | 流体制御, マイクロマシン                         | 精密工学研究所    |
| 吉田 和弘 准教授 | 流体マイクロマシン, マイクロアクチュエータ                | 精密工学研究所    |
| 佐藤 千明 准教授 | 粘弾塑性学, 複合材料, 接着工学                     | 精密工学研究所    |
| 古谷 寛 准教授  | 宇宙工学, 最適設計, 形態学                       | 人間環境システム専攻 |
| 松永 三郎 教 授 | 宇宙システム工学, 小型衛星                        | 宇宙航空研究開発機構 |

人工衛星に搭載した電子機器の冷却技術や熱輸送デバイスに関する研究



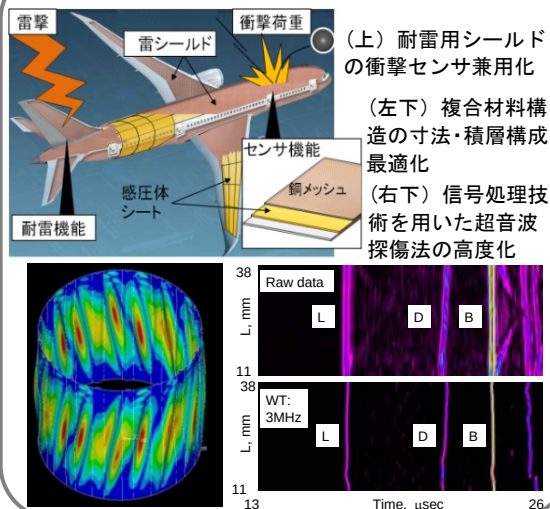
Department of Mechano-Aerospace Engineering

極限的な環境において生じる各種振動現象のメカニズム解明とその抑制



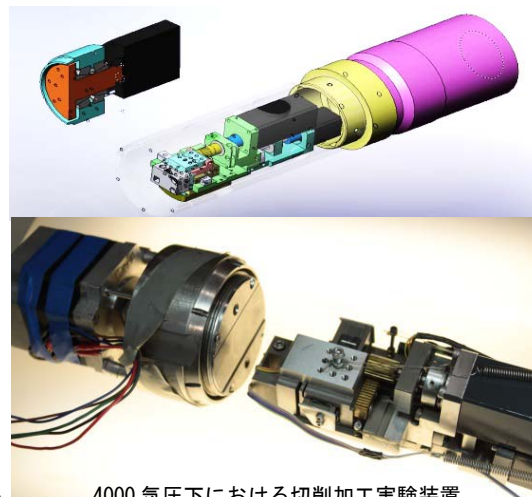
Department of Mechano-Aerospace Engineering

航空宇宙機器構造のヘルスマモニタリングと複合材構造最適設計



Department of Mechano-Aerospace Engineering

極限環境下における材料加工

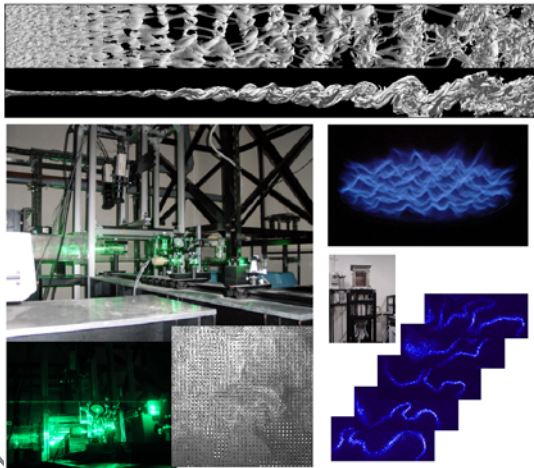


Department of Mechano-Aerospace Engineering

図 5 卒業研究における先端的な研究 (1)

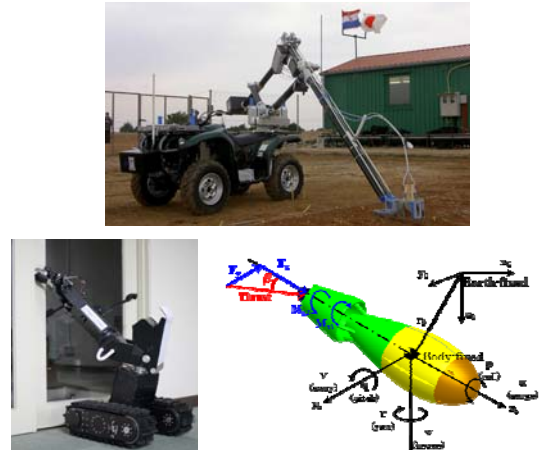


次世代推進・エネルギーシステムのための  
高度数値流体力学とレーザ複合計測



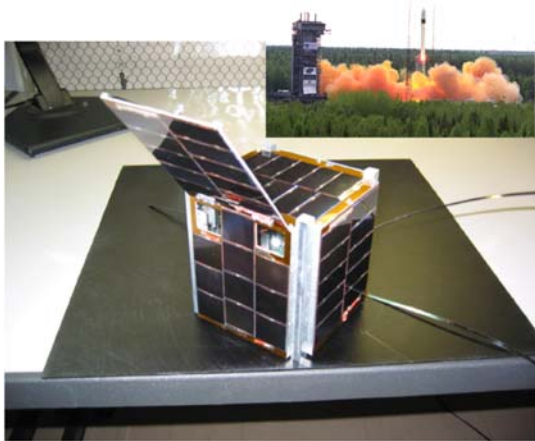
Department of Mechano-Aerospace Engineering

人道的地雷探査ロボット, レスキューロ  
ボット, 水中ロボットなどの機構と制御



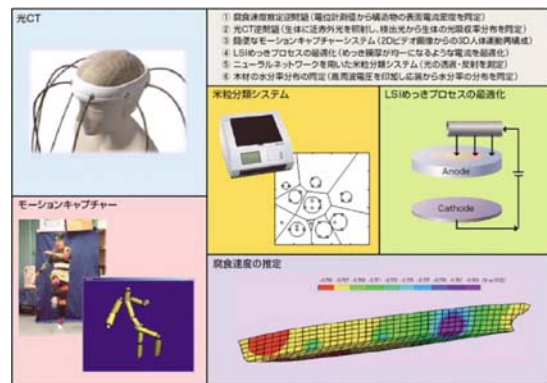
Department of Mechano-Aerospace Engineering

超小型衛星の開発, 打ち上げ, 運用  
- CubeSat Project -



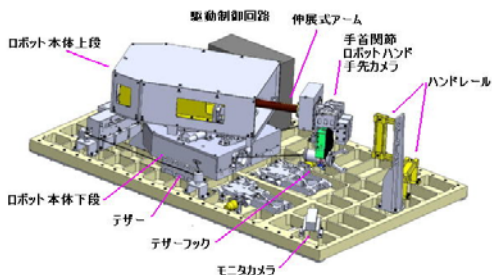
Department of Mechano-Aerospace Engineering

「結果から原因を見つけ出す」逆問題  
逆問題は広い適用分野をもつ考え方



Department of Mechano-Aerospace Engineering

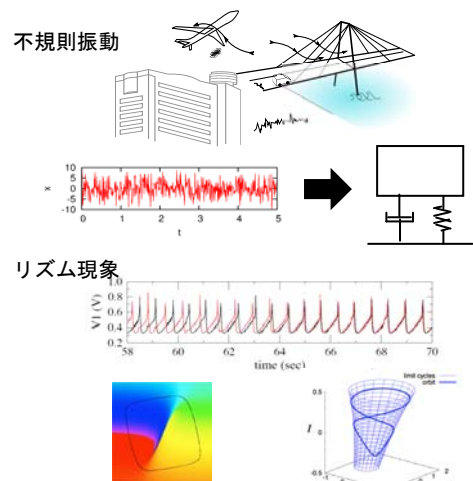
実際の宇宙プロジェクトへの参加  
JAXA の斬新な宇宙ロボットの開発, 及び国際宇宙ス  
テーション上で実験プロジェクト(REX-J)への参加



- <学生が中心となって開発した搭載実験機器>
- \* 地上試験用実験装置 BBM
  - \* 伸展式ロボットアーム、テザー機構
  - \* 地上管制装置 (実験データの受信、遠隔制御)

Department of Mechano-Aerospace Engineering

不規則振動とリズム現象



Department of Mechano-Aerospace Engineering

図6 卒業研究における先端的な研究 (2)

#### IV. 卒業後の活躍分野

基礎工学と実学を重視した本学科のカリキュラムを修得した学生は、4年間の修学だけでも十分社会の要請に応じうるものであり、すでに工業界の各分野で活躍している。しかし、本学科の卒業生のほとんどは大学院に進学し、さらに修士課程進学者のうち約10%は博士課程に進学するというように、高度な学術研究に従事しようとする高い学習意欲を有する学生の多いのが本学科の大きな特徴である。修士課程進学者の多くは、本学の機械物理工学専攻、機械制御システム専攻、機械宇宙システム専攻、情報環境学専攻（機械系）、創造エネルギー専攻、メカノマイクロ工学専攻（精密工学研究所）などで学んでいる。本学科卒業生の主な就職先は、三菱重工業、三菱電機、東芝、日立製作所、トヨタ自動車、本田技研工業、IHI（旧石川島播磨重工業）、パナソニック（旧松下電器産業）、ソニー、川崎重工業、荏原製作所、富士通、NEC、ヤマハ発動機、宇宙航空研究開発機構などである。

**\* 質問担当者：**

学科長      井上 剛良 教授（石川台1号館4階412号室 内線2643）inoue@mes.titech.ac.jp

助言教員    山本 貴富喜 准教授（石川台1号館3階314号室 内線3182）yamamoto@mes.titech.ac.jp