

6.4. 超小型人工衛星開発における学生教育

早稲田大学 システムデザイン研究室

宮下 朋之 氏

超小型人工衛星開発における 学生教育

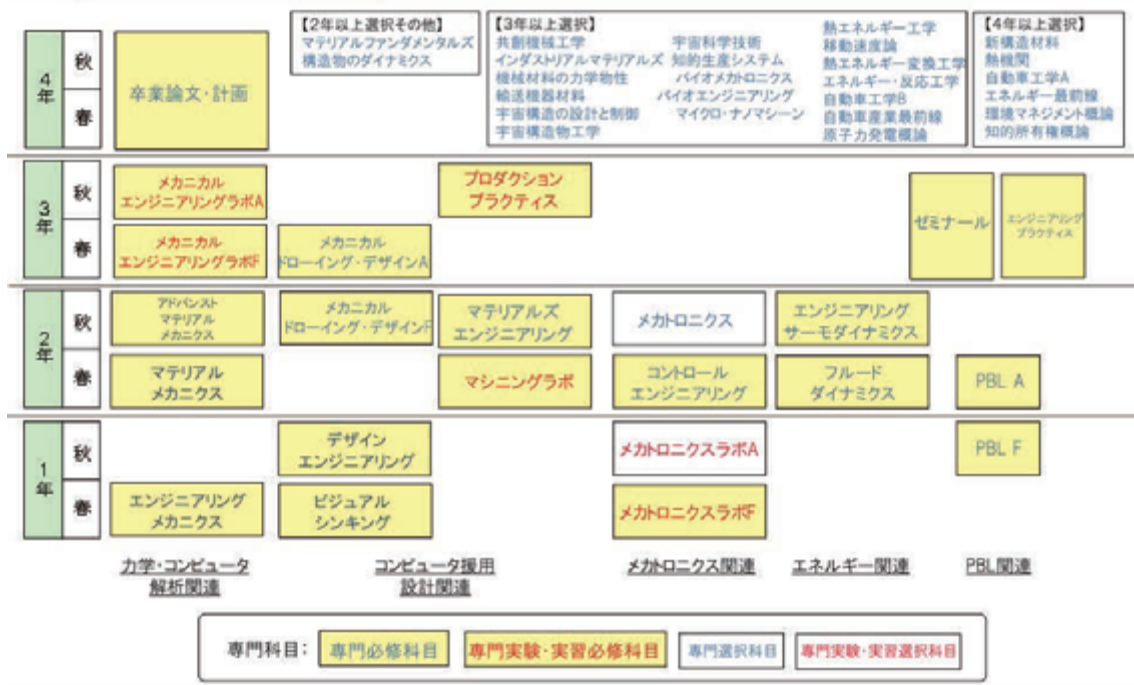
早稲田大学 システムデザイン研究室
宮下朋之

内容

1. 教育体系の概略
 2. 衛星開発への取組経緯
 3. 超小型衛星での教育事例と課題
 4. まとめ
-

1. 教育体系の概略(総合機械工学科)

総合機械工学科



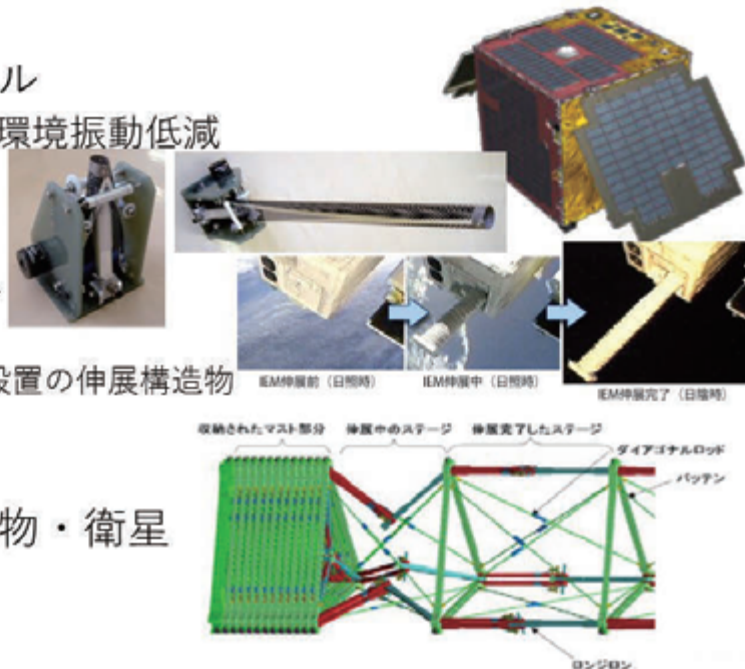
1. 教育体系の概略

・専修コース(3年次以上)

分野 系列	名称	設置
宇宙工学系	宇宙科学技術	創造 先進研
宇宙工学系	宇宙構造物工学	創造 先進研
宇宙工学系	人工衛星設計 PBLA,B / satellite design PBLA,B	創造 先進研
宇宙工学系	Materials Science and Engineering for Space Craft	創造 先進研
宇宙工学系	Design Optimization of Space Structures	創造 先進研
宇宙工学系	宇宙構造の設計と制御	創造 先進研
宇宙工学系	Design and Control of Space Structures	創造 先進研
宇宙工学系	Thermal Design of Space System	創造 先進研
宇宙科学系	宇宙物理学	先進 先進研
宇宙科学系	放射線計測学 A	先進
宇宙科学系	放射線計測学 B	先進
宇宙科学系	宇宙放射線物理学 A/B (隔年開講)	先進研
宇宙科学系	高エネルギー宇宙物理学特論 A/B (隔年開講)	先進研
宇宙科学系	宇宙粒子線物理学/ Astroparticle Physics	創造 創造研
宇宙科学系	月惑星探査と科学/ Lunar and planetary exploration and its science	創造 創造研
情報工学系	無線通信技術	基幹
情報工学系	Wireless Communication	基幹
情報工学系	ワイヤレスアクセス特論 / Advanced Wireless Access	基幹研
機械工学系	Manufacturing of Space Structures	創造 創造研
機械工学系	流体構造連成系応用力学特論 / Advanced Topics in Applied Mechanics of Fluid-Structure Interactions	創造研
機械工学系	姿勢制御工学特論	創造 創造研

2. 衛星開発への取組経緯

- 太陽電池パネル
 - SDS-1：打上環境振動低減
- 伸展構造物
 - SPINAR
 - 伸展マスト
 - SIMPLE
 - ISS暴露部設置の伸展構造物
 - ASTRO-H
 - 光学架台
- 膜面展開構造物・衛星
 - WASEDA-SAT



2. 衛星開発への取組経緯

- 人工衛星の開発を通じた修学知識の実践
 - 設計工学を活用した機能・性能設計
 - Design for “X”の実践
 - 機械3力学（機力、材力、流力、熱力）を活用した性能予測・検証
 - メカトロニクスを活用した電気回路による制御
 - 機械加工の知識と学内工場を活用した衛星製作
 - 学生の希望・ゆめを社会との接点をもち実現することを趣旨とするプロジェクト型の教育
- 実施に当たっての留意点
 - 学生の希望を主に考える。希望が変わることもロバストに対応する。
 - 初心を維持し取り組む

2. 衛星開発への取組経緯

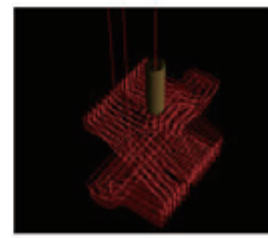
- 実習設備の活用（職員15名程度の協力）

- 機械工作室
- 溶接室、熱処理室
- 木工室
- 特殊加工室
- 塑性加工室
- 精密測定室
- マイクロ加工室

- 交流環境の整備（職員3名程度の協力）

- ものづくり工房

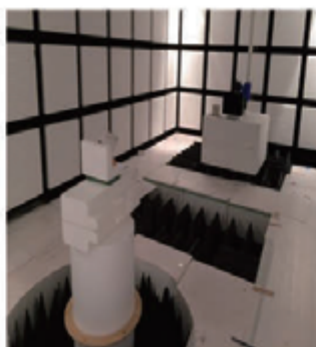
- 研究所所管設備



2. 衛星開発への取組経緯

研究所

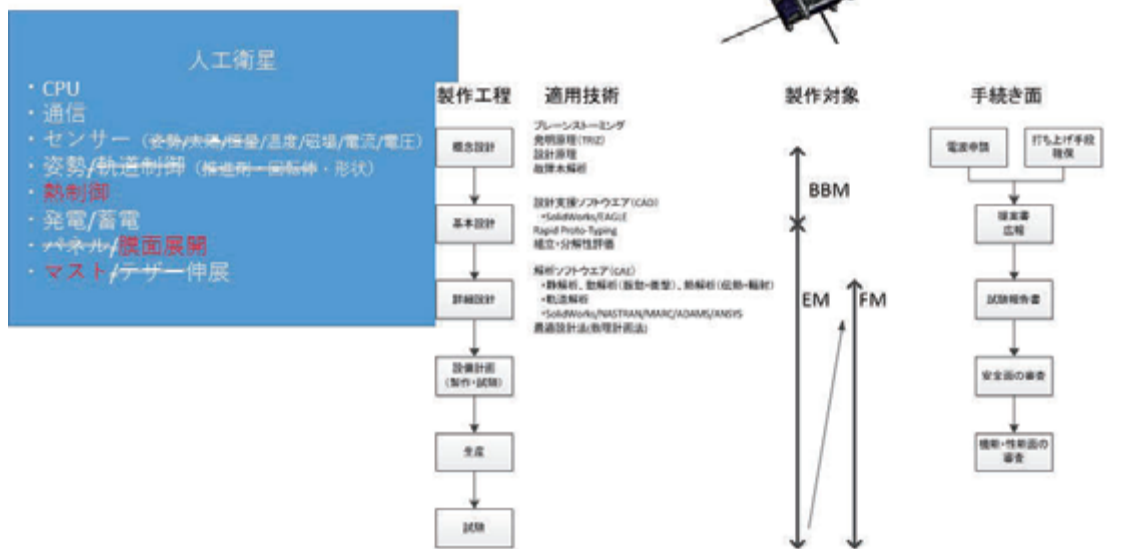
- 1) 宇宙科学観測研究所…宇宙科学観測体制を自立的に構築するため、
 - a) 宇宙科学観測の実施
 - b) 先端的観測技術の開発
 - c) 超小型衛星開発による教育
 の三つの柱を中心とした融合的研究
- 2) 宇宙構造物研究所…宇宙構造物の発展に資するため
 - a) 超小型衛星開発による新様式構造の実証
 - b) 先端的展開構造の開発
 - c) 学生の自律的な活動による超小型衛星開発
 の三つの柱を中心とした融合的研究



2. 衛星開発への取組経緯

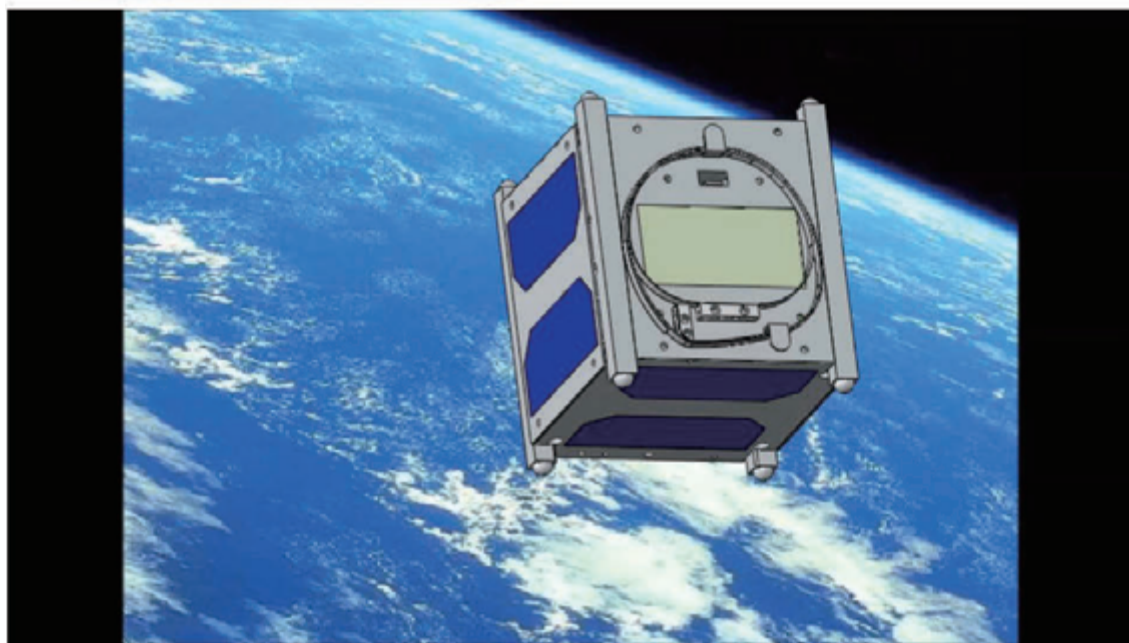
WASEDA-SAT3

• 取組範囲と手順



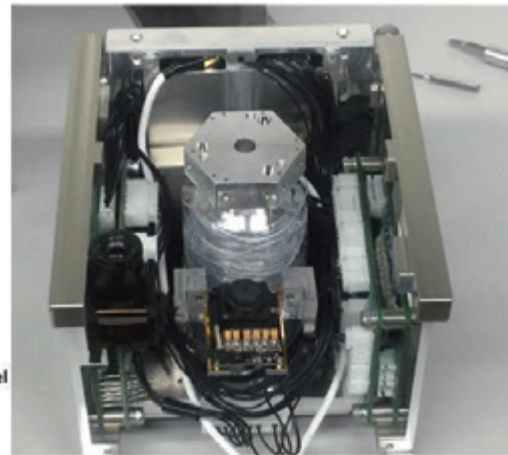
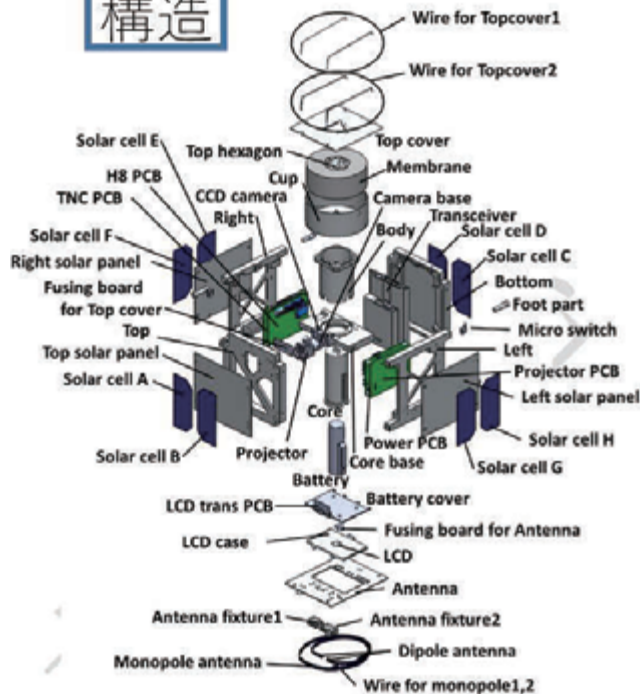
2. 衛星開発への取組経緯

WASEDA-SAT3



2. 衛星開発への取組経緯

構造



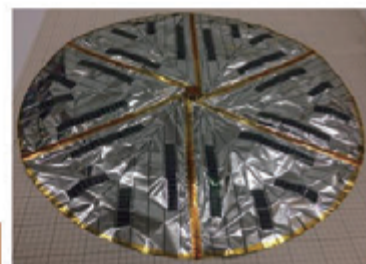
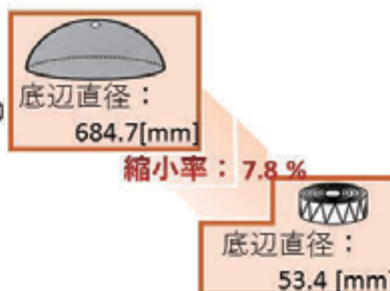
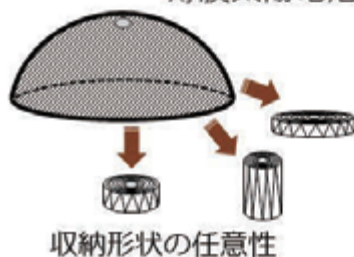
組立：2 h (締付トルク管理下)

2. 衛星開発への取組経緯

研究課題

曲面らせん折りの提案

- ・ドーム状の曲面を任意の円筒形状に収納できる
- ・輸送の利便性を向上させる高い収納効率を有している
- ・厚手の膜面においてもしわを生じにくい
- ・パラポラアンテナ，パラシュート，エアロシェル，居住ドームなどの大型構造物への利用
- ・薄膜太陽電池による電力の確保



薄膜太陽電池

2. 衛星開発への取組経緯

研究課題

曲面らせん折り目曲線

ϕ と θ の関係

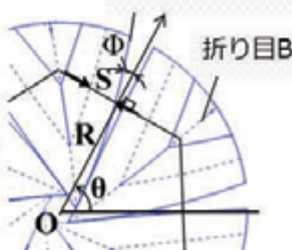
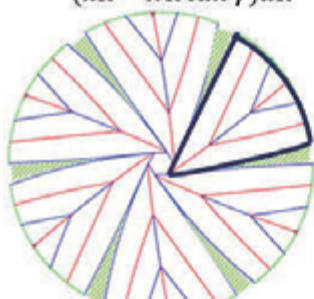
$$\tan \phi = \frac{R d\theta}{dR}$$

隣接折り目間の適合条件

$$\frac{dS}{S} = -\tan \phi d\theta + \frac{db}{S \cos \phi}, \quad \frac{db}{dR} = \frac{-\sin \gamma}{\cos(\phi - \gamma)}$$

折り目に関する折り畳み前後の適合条件

$$\frac{\pi r dr}{(kR - NR \tan \gamma) dR} = \frac{t^*}{S \cos \phi}, \quad \frac{\pi r}{kR - NR \tan \gamma} = \frac{\sqrt{(S \sin \phi)^2 + (t^*)^2}}{S}$$



中心からの距離 R における

θ, γ, S, b

を用いて描かれる

N : 膜中心の多角形の頂点数
 R : 中心からPまでの距離
 θ : x軸と中心から引いた直線の角度
 ϕ : 折り目Aの接線と中心から引いた直線との角度
 S : 中心から引いた直線と垂直方向の折り目間隔
 b : 折り目Aの接線と垂直方向の折り目間隔
 r : 収納状態の半径
 t^* : 折り畳まれた膜層間の隙間
 γ : スリット角(除去部)

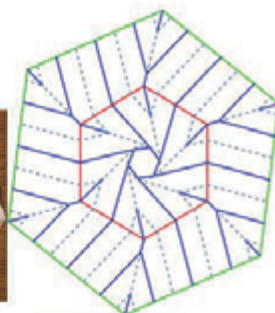
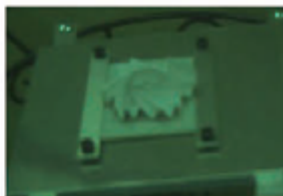
2. 衛星開発への取組経緯

研究課題

• 絆創膏



• エアバック



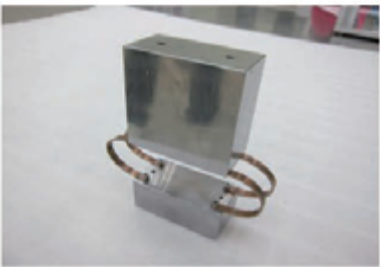
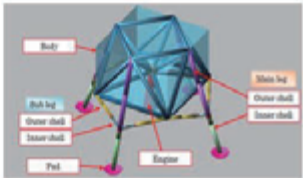
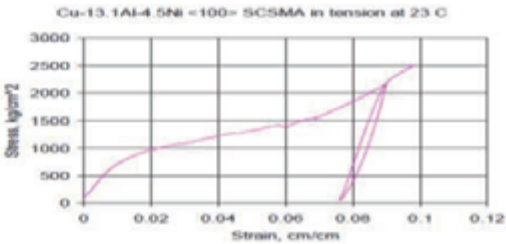
• パネル



2. 衛星開発への取組経緯

研究課題

超弾性材料・ワイヤの利用
Landing system by SMA



Deployment actuator by SMA



1/10,000

2. 衛星開発への取組経緯

回路

プログラムの特徴
非同期I/O
割り込み
MainLoop型

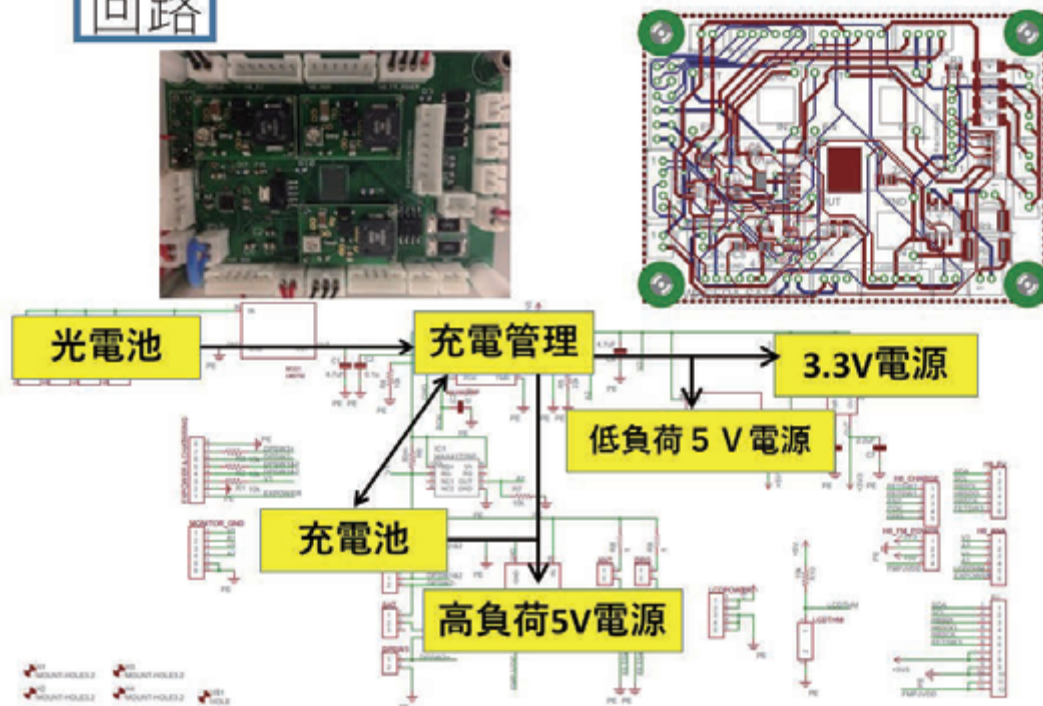


マイコン	型番	AKI-H8/3052F
	販売元	秋月電子通商
	型番	H8-3052F
	製造元	Renesas
	動作周波数[Hz]	2~25
	動作電圧[V]	5.0~7.0
	消費電流[mA] (電圧5.0[V], 動作周波数25[Hz]時)	25~60



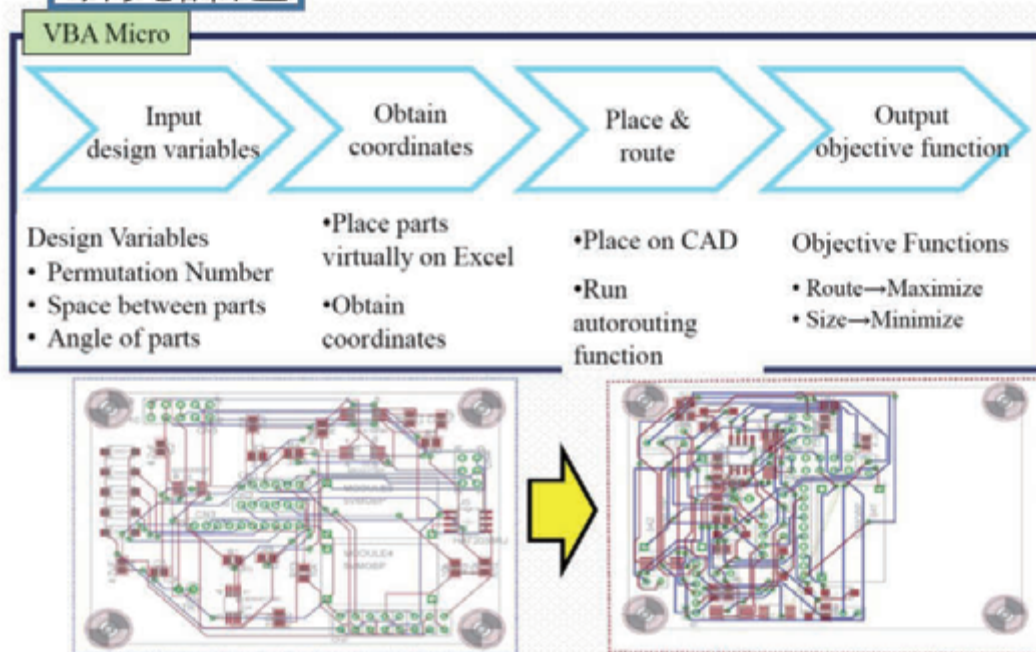
2. 衛星開発への取組経緯

回路



2. 衛星開発への取組経緯

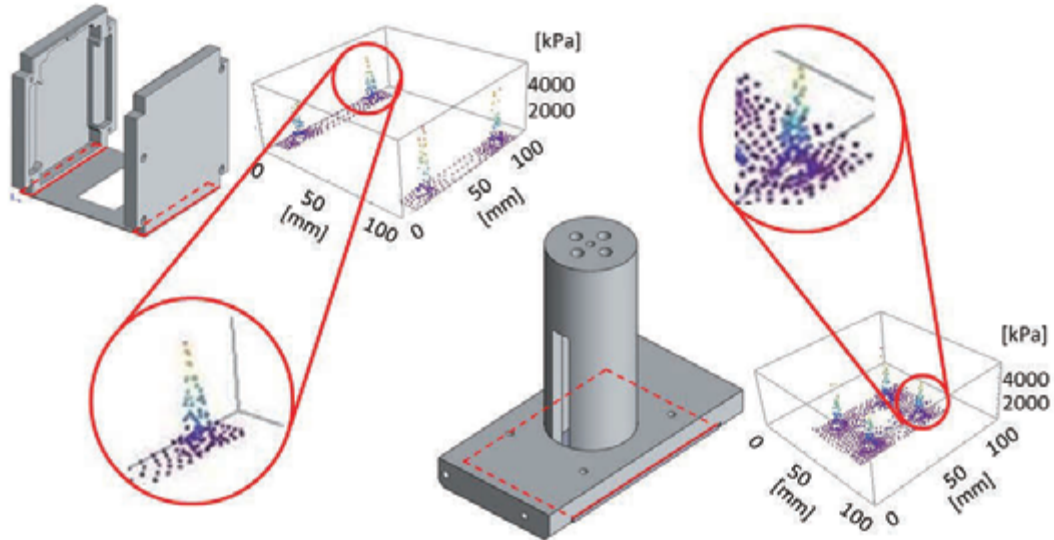
研究課題



2. 衛星開発への取組経緯

研究課題

接触熱抵抗



2. 衛星開発への取組経緯

テスト技法の活用

- 要求性能・機能検証
- 機械検証
 - 溶断機構
 - 伸展機構
 - 展開機構
 - 設計段階でのシナリオ想定
- ソフトウェア検証
 - 検証技法
 - 割り込み型プログラム → 状態依存型
 - 境界値分析
 - 全数テスト
- 開発者による単体テスト
 - 合否判断の合理性

4. まとめ

- 機械・システムの実現を前提とした教育
 - 宇宙分野への魅力
 - 超小型人工衛星のインハウス制作の困難
 - 信頼性・品質への意識
 - 学生の循環
 - 取組開始時のレベルは毎年同一
 - 学習・研究・開発活動の時間比率の増大
 - 就職活動・学外活動との整合性
-

質疑応答

質問者① JAXA 環境試験技術ユニット 施様

ノウハウの継承ということで、修士の学生ですと 2 年で卒業して次の学生が入ってくることになると思いますが、今まで培ってきたノウハウや技術をどのようにして継承されているか、ということについて大学としてどのように取り組んでいるか教えて頂ければと思います。

発表者

どうやって業務を引き継いでいけるかというのもその人の資質の 1 つになってくるという風に思います。きちんと引き継ぐということを前提にしないというのも、教育を進める上での一種の考え方になれるかと思っていますので、いったんは私が全部引き取るということにしています。そうすると、何か新たに学生が取り組もうとするとここはこういう風に気を付けた方がいいよ等といったアドバイスもできますので、そういったところでまずは担保しています。あとは、卒業生が遊びに来てくれることがありますので、そういった機会を活用して新しい人が活動を始めてから引き継ぎを行うというちょっと泥臭いやり方も行っていて、何かシステマ的に取り組むのはどうかなという印象はあります。

質問者② 株式会社テクノソルバ 中村様

コメントというよりはお願いですけども、実は私昨年まで衛星設計コンテストの審査員をやっておりまして、ここ何年間か質・量ともに低下傾向にあると感じています。ぜひこういった活動をされているのであれば衛星設計コンテストにもご応募いただくと、JAXA、メーカーのベテランの審査員の方々にシビアなコメントを頂くことが出来ますので、ぜひそういったところにも出して頂きたいなというお願いです。

発表者

分かりました。ありがとうございます。

質問者③ JAXA OB 斎藤様

本日のテクノソルバ中村様の発表にも関係するのかなと思いますが、資料の中で接触熱抵抗の実験を行われているとありましたが、このようなデータはどのように蓄積されているのでしょうか。このようなデータは解析に重要で、この辺を如何に蓄積・公開してみなさんに広く使えるようにするかのというのが重要かと思ったのですが、宇宙関係ではメーカー各社ノウハウを持っておられて開示されていないのかなと思います。この辺をどのようにやられているのか、今後どのように取り組んでいかれるのかという点についてお聞かせいただければと思います。

発表者

この研究自体は3年くらい継続して取り組んでおり、データの蓄積はしております。ただ衛星の開発の方が忙しくなって研究全体が完全に発表できているかというところといったことはなく、もちろん活用して頂けるようであればデータはいくらでもお出しすることはできると考