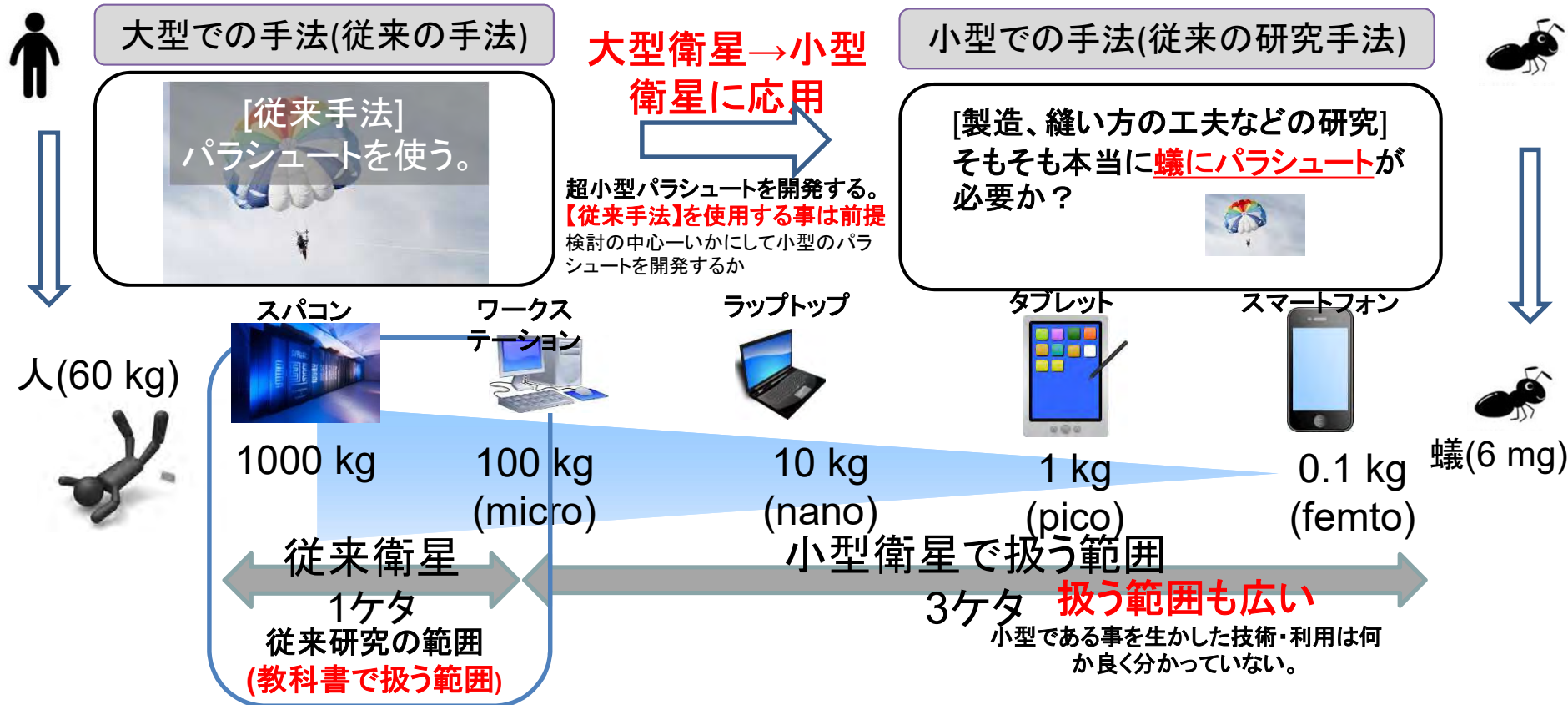


内容

1. 自己紹介
2. 人工衛星の紹介
3. 超小型衛星
4. 研究紹介
5. 衛星サブシステム

人工衛星のスケール依存性

例) 地上にて高所から安全に飛び降りるシステムを検討、開発する事を考える。



- スケールによりダイナミクス・利用方法が異なる
- **スケールが異なる事を意識**した手法・利用の検討が必要

例

- 重力傾斜受動安定
- 高速姿勢変更
- 惑星間磁場を用いた姿勢制御

大型衛星手法をそのまま用いる事はできない 小型ならではの手法を目指す

(現状の)小型らしい使い方 [例]

複数機によるミッション

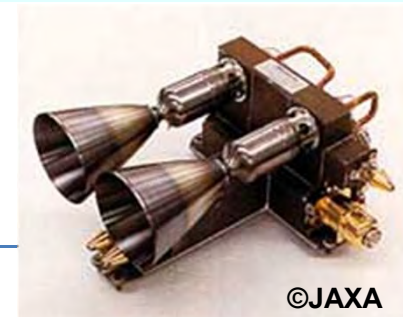
- ①フォーメーションフライト
- ②コンステレーション



キーとなる技術

- 軌道決定制御
- 姿勢決定制御

大型(従来)手法→小型では
達成が難しい



- 大型→小型の発想では小型衛星らしいミッションの達成が難しい
- 小型衛星ならではの手法を提案できないか。

内容

1. 自己紹介
2. 人工衛星の紹介
3. 超小型衛星
4. 研究紹介
5. 衛星サブシステム

衛星の利用分野

区分	衛星の利用形態	利用活動例	衛星の種類
実利用 (実用衛星)	衛星自体や衛星により取得されたデータを社会活動に利用する 衛星の軌道の特徴を生かして通信、地球観測などを行う	・収穫量推定 ・有効農地拡大 ・森林状態観測	・地球観測衛星
		・魚群探知 ・最適航路選定	・海洋観測衛星
		・地下資源探査	・資源探査衛星
		・地質調査 ・測地・測量 ・カーナビ	・地球観測衛星 ・測位衛星
		・航路管制・救難 ・自動航行	・移動体通信衛星 ・航空管制衛星
		・固定通信 ・移動体通信 ・直接放送 ・メディアサービス	・通信衛星 ・放送衛星
		・気象観測 ・環境監視	・気象衛星 ・環境観測衛星
科学観測 (科学衛星)	宇宙空間、天文等に関する学術研究のために衛星、探査機を用いる	・宇宙空間物理観測 ・月・惑星探査 ・天文観測	・科学観測衛星 ・月・惑星探査機 ・天文衛星

衛星システムの構成（続）

（3）バスサブシステムの種類と機能概要（続）

サブシステム		基本機能	
4	姿勢・軌道制御系	ミッション運用に必要な精度で姿勢の制御・維持	・衛星の定常運用時に衛星本体の三軸姿勢を必要な精度で決定し、目標姿勢に制御・維持する ・推進系による軌道制御時においても目標姿勢に制御・維持する
5	推進系	衛星の並進、回転の推進力を得る	・衛星の軌道変更及び姿勢変更・維持に必要な並進速度 回転角速度を得るための推進力を発生させる ・姿勢制御用ホイールに蓄積される角運動量を解放（アンローディング）する
6	構体系	衛星の構造体	・打上げ時にロケットが発生する機械環境に対して衛星形状保持し、搭載機器を適切な機械環境に維持する ・軌道上全ミッション期間に受ける熱環境に対して、熱変形によるアンテナ、センサなどのアライメント変動を許容範囲内に収める
7	熱制御系	衛星の熱制御	ミッション全期間を通して衛星を構成するすべての機器、構体を許容温度範囲内に収める
8	計装系	機械的締結、電氣的接続等	衛星搭載機器の構体への機械的固定、搭載機器間の電氣的接続などを行う

添付資料

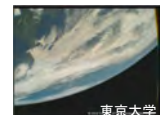
2. 講義、実習資料

2.7. 小型衛星キット実習

小型衛星キット実習

はじめに

- 衛星の基本システムを小型衛星キットを通じて理解しよう！
- 自己紹介



関連衛星プロジェクト

- QSAT
- HODOYOSHI-3,4
- UNIFORM-1
- Chubusat-2
- TRICOM-1
- ... 今後のあれこれ

2019/3/6-7

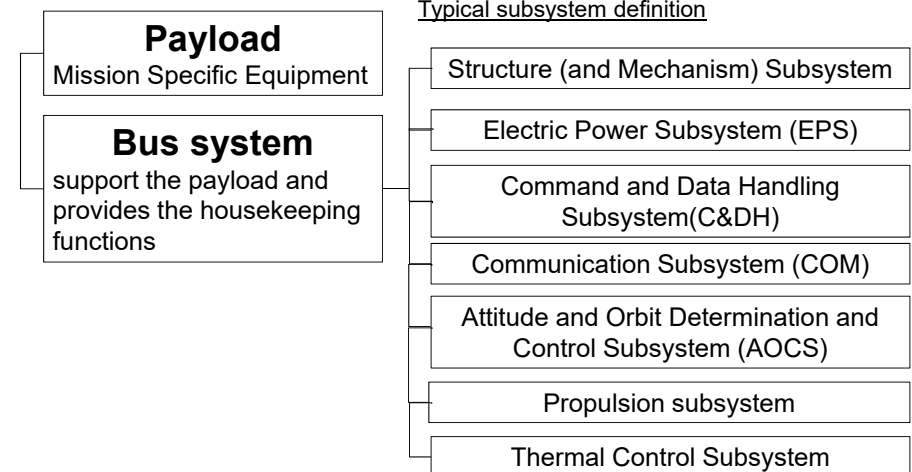
小型衛星キット実習 (C)1976, 2014 SANRIO CO.,LTD

2

復習

- 衛星を構成する機能/要素覚えていますか？
(サブシステム)

Spacecraft System



2019/3/6-7

小型衛星キット実習

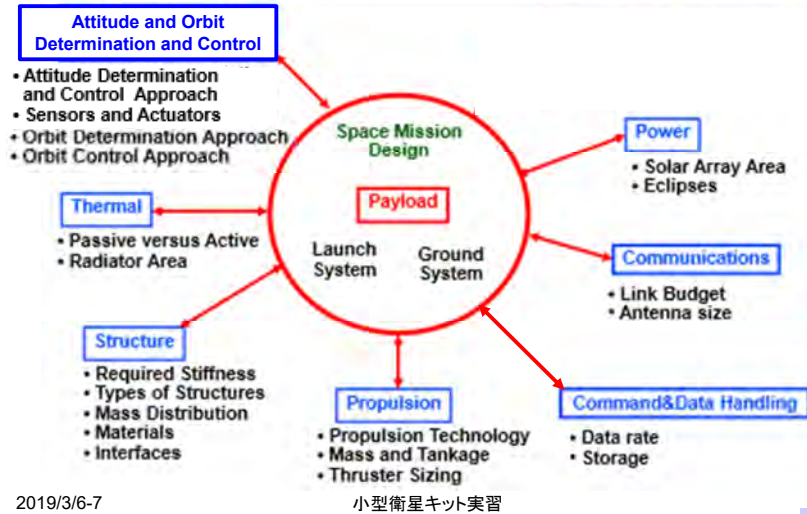
3

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

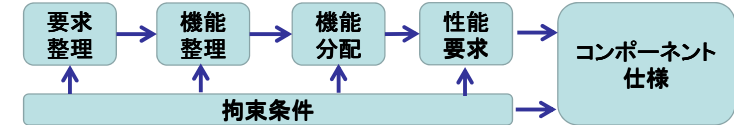
4

Subsystem interactions



5

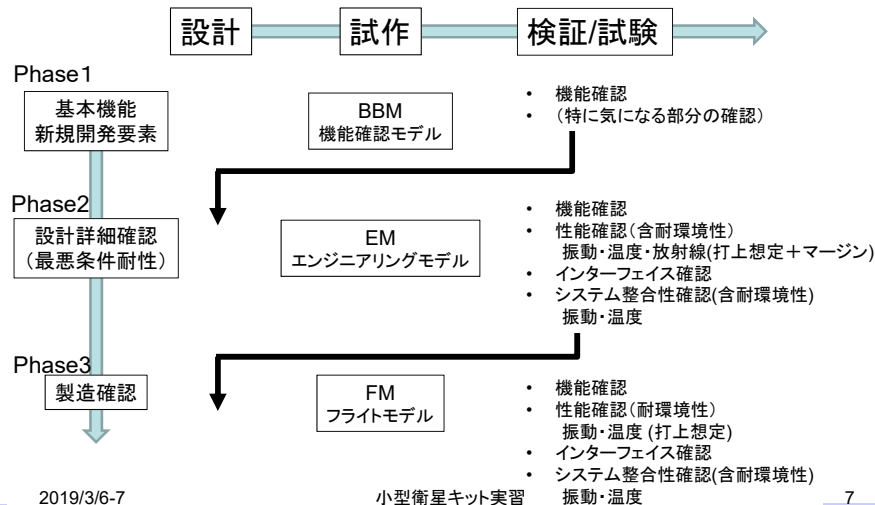
設計: 設計の流れ



- 必要機能はなにか？
✓ 一番の目的は**ミッション達成に必要な機能**
- 機能を機器にどう分配するか？
✓ 他の機能とのインターフェイス (信号IF・電力IF・質量・容積など)
- 拘束条件はなにか？
✓ 打ち上げ手段
ロケットとのインターフェイス (質量・容積・開発スケジュール) など
✓ 環境
輸送時, ロケット搭載時, 投入軌道上 など
✓ 予算
✓ 寿命
✓ 既存物品・設備
協力機関, 地上局 など
✓ 法律

6

打上までの流れ



7

今回の実習の目的

コンポーネント仕様に基づいて作った機器 (BBM相当?)
が仕様通りにできているか確認する

- 衛星に必要な基本機能の実機確認
- 関連する基本的な試験項目の実施

そして...実は仕様通りにはできていません
ちゃんと確認して報告してください

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

8

試験をやる前に



試験は**再現可能**なように実施することが必要
例えば...

- 内容物確認
- 試験手順書作成
- 試験条件記録
(温度・湿度・天気・実施場所・実施メンバー・使用機材等)

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

9

試験関連物品確認



- 衛星キット
- 衛星キット付属品
- 手袋
- 試験用PC

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

10

衛星キット付属品



1	GSE Power Box
2	静電バンド+マット
3	リボンケーブル(6&8 pin)
4	ACアダプタ(3.3V, 5V, 9V)
5	バッテリー充電器
6	USBシリアル変換
7	GSEラジオ+搭載アンテナ
8	コンパス・ジャンパーピン・Armingコネクタ
9	磁力板
10	姿勢実験用治具



2019/3/6-7

小型衛星キット実習

Eyassat

11

衛星キットサブシステム構成



- 構造系
- 電源系
- コマンド&データ処理系(CDH)
- 通信系
- 姿勢決定制御系
- 熱系

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

12

衛星キット概観



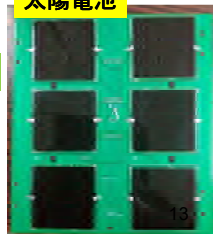
太陽センサ×5



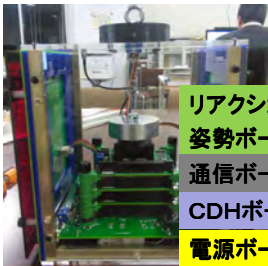
熱制御系



太陽電池

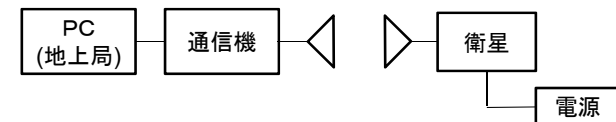


リアクションホイール
姿勢ボード
通信ボード
CDHボード
電源ボード



Eyassat

システム全系簡易動作確認



1. PCと通信機を接続
2. PCソフトウェア設定
3. 通信機にアンテナ取付
4. 衛星にアンテナ取付
5. 衛星に電源供給(9V)

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

14

構造系



- 機械的に衛星システム全体を保持・保護する
 - 打上環境耐性
 - 質量, 剛性, 強度要求を満たす
 - 質量配分管理
 - 素材(耐環境, システム要求etc)

衛星の写真など

- 精密機器の取り扱いに慣れる
- 構造の要求を共有

2019/3/6-7

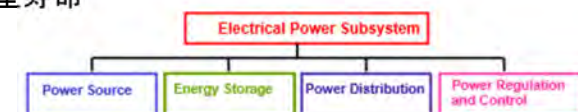
小型衛星キット実習

15

電源系



- 電気を衛星の各機器に供給する
- 発電する
- 蓄電する
 - 発電/蓄電機器
 - 発電・放電サイクル
 - 最大消費電力量
 - 衛星寿命



2019/3/6-7

小型衛星キット実習

16

電源系

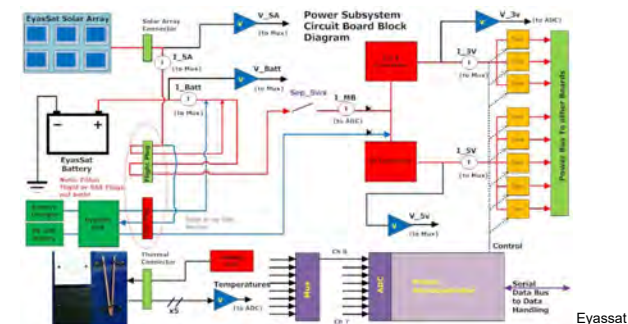
- ・ バッテリー受入試験
 - 充電前後の電圧測定 7.5V以上だとバッテリーモード可能
- ・ 電源系受入・評価試験
 - 給電ON/OFF確認
- ・ 太陽電池セル受入試験(一部のみ)
 - 電圧測定
- ・ 電源基板と太陽電池セルの結合
- ・ 統合電源サブシステムの運用状態評価
 - 太陽電池セル及び熱系テレメ確認

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

17

電源系系統図



GSE駆動



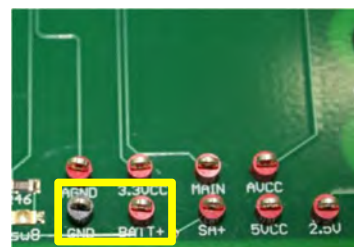
BAT駆動

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

18

バッテリー受入試験



バッテリー充電器を7.4Vにセット
→充電器を接続
→バッテリー電圧測定

テスターで電圧測定

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

Eyassat

19

電源系受入・評価試験



Figure 4.7 (a) C+ PDB Test Points

電圧値確認

P38~ テレメトリコマンド確認

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

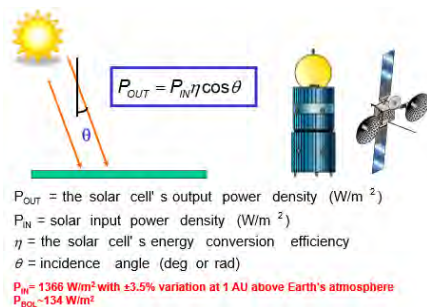
Eyassat

20

太陽電池



- セル電圧,抵抗値測定(p43)



2019/3/6-7

小型衛星キット実習

21

電源系結合試験



- 給電On/Offコマンド確認
- P46~ 太陽電池の結合
 - ジャンパーピンを入れる→テレメトリ確認
- 熱系結合, テレメトリ確認

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

22

Command and Data Handling (C&DH)



- コマンドを保持・分配する
- 衛星内テレメトリを収集・保持・フォーマット化する
- 衛星が適切に動作するように監視制御する
- 時刻管理する
 - データ量, 頻度
 - 時刻精度

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

23

CDH系



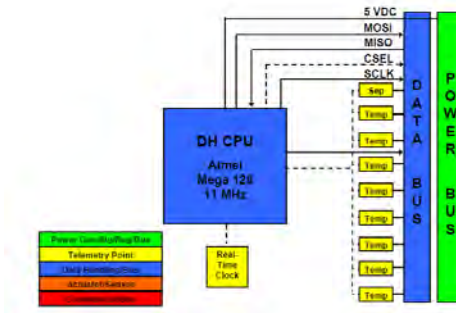
- 受け入れ及び評価試験
 - ボード単体でのテレコマ確認
 - 時刻指定コマンドの送信
 - 温度センサ動作確認
- 電源系との統合
- 統合後の運用評価
 - テキストコマンド及びGSE

2019/3/6-7

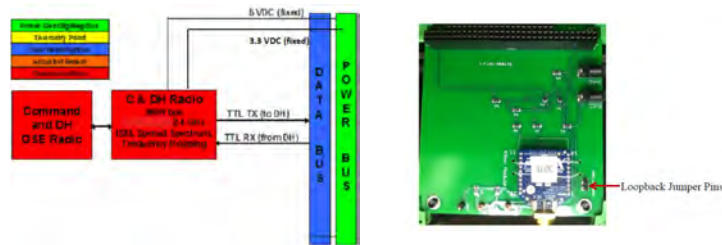
小型衛星キット実習

24

CDH系統図



通信系系統図



*LOOPBACK試験

*結合試験→テレコマ確認

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

Eyassat

29

姿勢決定制御系

- ミッション・システムの要求姿勢を達成する
 - 姿勢安定度
 - 姿勢指向精度
 - 姿勢決定精度
 - 姿勢制御精度
 - 姿勢マニューバ
 - 外乱環境
 - ミッション寿命

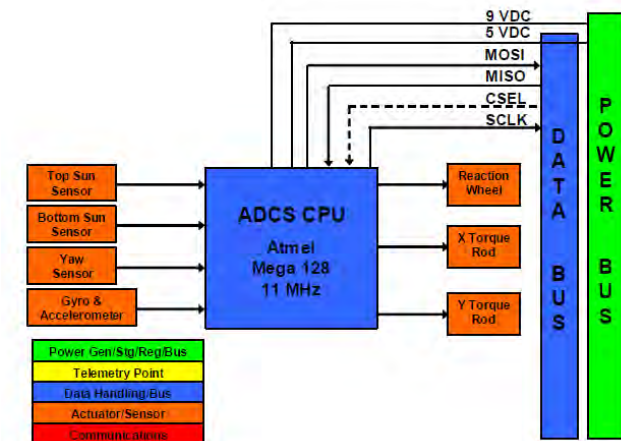
2019/3/6-7

小型衛星キット実習

30

姿勢系

- 姿勢制御系受入れ試験
 - 磁気トルカ抵抗測定・動作確認
 - 太陽センサ抵抗測定(一部)
 - リアクションホイール動作試験
 - ジャイロ動作試験
- 姿勢制御ボード動作確認試験
- 他系との統合



2019/3/6-7

小型衛星キット実習

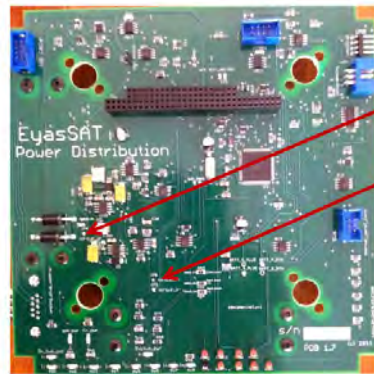
31

2019/3/6-7

小型衛星キット実習

Eyassat

32



JP4 & 7, 'Y' Magnetorquer

JP8 & JP3, 'X' Magnetorquer

Blow Up of JP4 & 7



Blow up of JP8 & 3

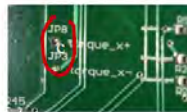


Figure 7.3 PDB Top Showing 'X' & 'Y' Magnetorquer Test Points



Figure 7.6 PDB Showing Sun Sensor (B) Test Point

Sensor	pin
T Sun Sensor	1 and 2
B Sun Sensor	Measured via PDB
Yaw 2, +Y (90°)	3 and ground
Yaw1, +X (0°)	4
Yaw 4, -Y (180°)	5
Yaw3, -X (270°)	6
Gnd	7
Gnd	8

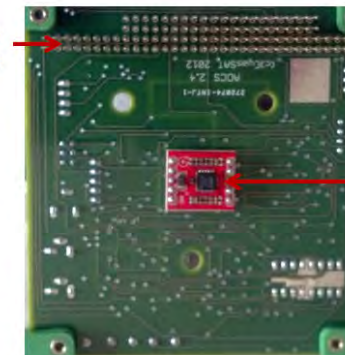
8 Yaw and Sun Sensor Test Points on Breakout Box



Figure 7.9 ADCS Board Top



EyaBus
Connectors



Gyro and 6 degree
accelerometer: 3
degree static
acceleration & 3
degree rotational
acceleration

Figure 7.10 ADCS Board Bottom

全体統合試験



- (テキストコマンドの実行確認)
- GSEソフトウェアからの動作確認
- 姿勢機器動作確認→姿勢変更の目視確認
- 熱系特性確認

添付資料

2. 講義、実習資料

2.8. 衛星通信実習

衛星通信実習(お試し編)

気象衛星NOAAの画像データを 受信してみよう！

2019年3月6,7日
宇宙地球環境研究所
山岡 和貴

気象衛星NOAAとは？

- NOAA衛星: アメリカ海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)が運営する極軌道環境衛星(POES: Polar Operational Environmental Satellite)
- 極軌道衛星 (高度約810 km)
- 現在、NOAA 15,18,19の3機が稼働中
- 様々な波長をカバーする可視光・赤外線センサを搭載
- データ
 - HRPT (1.1 km分解能、デジタル)
 - APT (4 km分解能、アナログ)

衛星	打ち上げ日	高度	周波数
NOAA 15	1998年5月13日	807 km	137.620 MHz
NOAA 18	2005年5月20日	854 km	137.9125 MHz
NOAA 19	2009年2月6日	850 km	137.100 MHz

NOAAの日本近傍通過パス (2019/3/6)

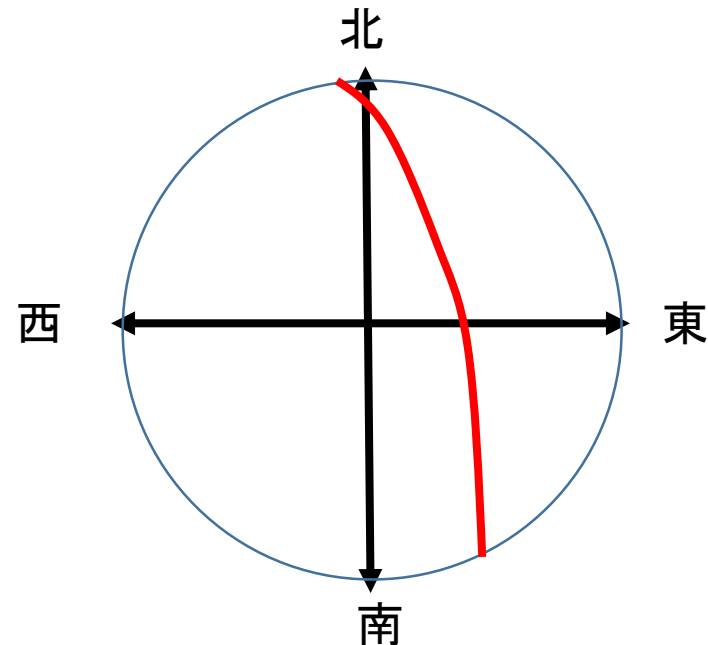
衛星	向き	最大仰角と方角	経度	通過開始時刻	通過時間	周波数
NOAA-19	S	32E	149E	04:05:26	10:41	137.1000
NOAA-19	S	30W	125E	05:46:06	10:25	137.1000
NOAA-15	S	31E	148E	06:17:26	10:07	137.6200
NOAA-15	S	28W	124E	07:57:18	9:39	137.6200
NOAA-18	S	39E	146E	08:02:21	11:00	137.9125
NOAA-18	S	24W	122E	09:43:30	9:29	137.9125
NOAA-19	N	44E	145E	15:28:28	11:11	137.1000
NOAA-19	N	21W	121E	17:10:17	9:08	137.1000
NOAA-15	N	37E	146E	17:34:12	10:30	137.6200
NOAA-15	N	23W	122E	19:14:35	9:21	137.6200
NOAA-18	N	55E	142E	19:25:21	11:29	137.9125

NOAAの日本上空通過パス (2019/3/7)

衛星	向き	最大仰角と方角	経度	通過開始時刻	通過時間	周波数
NOAA-19	S	25E	151E	03:54:07	9:56	137.1000
NOAA-19	S	38W	127E	05:34:16	11:01	137.1000
NOAA-15	S	48W	130E	07:31:50	10:50	137.6200
NOAA-18	S	30E	149E	07:50:53	10:24	137.9125
NOAA-18	S	30W	125E	09:31:31	10:17	137.9125
NOAA-19	N	34E	147E	15:17:10	10:42	137.1000
NOAA-19	N	27W	123E	16:58:05	10:07	137.1000
NOAA-15	N	22E	152E	17:10:10	8:56	137.6200
NOAA-15	N	41W	129E	18:48:42	10:48	137.6200
NOAA-18	N	42E	122E	19:13:54	11:06	137.9125
NOAA-18	N	21W	121E	20:55:34	9:17	137.9125

Calsat32の出力

日時	入感(LOS)		最大仰角			消感(AOS)		可視時間(分)
	JST	Az	JST	EL	Az	JST	Az	
19/03/06	15:26	153.1	15:34	57.0	73.4	15:41	352.1	15
19/03/07	15:15	146.8	15:22	44.2	68.9	15:30	354.6	15



実験準備

実験装置

- アンテナ <2000円 秋月電子で購入
- 受信機 2万円くらいから YAESU FT-817 (or ICOM IC-R6)
- パソコン なんでもよい
- オーディオケーブル

ソフトウェア(フリー)

- Wxtoimg NOAAからのデータ取得、画像変換
<https://wxtoimgrestored.xyz/> 2.11.2 beta版がwindows10に対応
- Calsat32 軌道計算やアンテナ自動追尾など対応できる
http://jr1huo.my.coocan.jp/jr1huo_calsat32/Download.htm

周波数とアンテナの長さ

周波数

- NOAA 周波数 約137MHz

$$\text{波長 } \lambda = c/f = 3.0 \times 10^{10} [\text{cm/s}] / 137 \times 10^6 [\text{Hz}] = 219 \text{ cm}$$

$$\lambda/4 = 54.7 \text{ cm}$$

- 携帯電話周波数 約2 GHz

$$\text{波長 } \lambda = 3.0 \times 10^{10} [\text{cm/s}] / 2 \times 10^9 [\text{Hz}] = 15 \text{ cm}$$

$$\lambda/4 = 3.75 \text{ cm}$$

携帯の場合は内部にアンテナがある。

受信機 FT-817の調整箇所

- 受信周波数 137.100 MHz
 - 衛星の動きのため、衛星が出している周波数 ± 3 kHzくらいずれる。
(ドップラーシフト)
- データ転送方式
 - FM(Frequency Modulation: 周波数変調)
- 音量ボリューム
 - Wxtoimgの画面左下で50-70くらいに調整



アンテナ接続箇所

周波数調整つまみ

ボリュームつまみ

うまくいくとこんな天気図の画像がとれる？

- MICR (可視光と赤外画像を重ねて表示)

