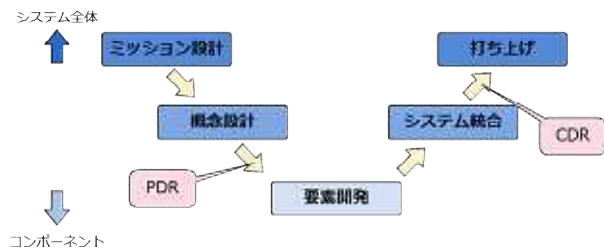


		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	1/6

PDR とは

PDR とは Preliminary Design Review の略で、基本設計審査会とも呼ばれます。人工衛星の基本的な設計に問題が無いことを再確認し、ハードウェア設計に着手するために行うレビュー会で、開発に関わっていない外部の識者を交えて議論が交わされます。



衛星プロジェクトに参加するにあたって、皆さんにも新人研修で PDR を模擬した発表を研究室メンバーの前で行っていただきたいと考えています。

何を発表するの？

では、「基本的な設計に問題が無い」ことを示せるレビューとは具体的にどのような内容となるのでしょうか。それは

- 「何のために」(Why) …ミッション定義
- 「どんなものを」(What) …システム構成
- 「どのようにして」(How) …サブシステム設計、試験計画
- 「いつ作る」(When) …スケジュール

という流れを論理立てて説明できるレビューであると言えます。

ミッション定義

まずは自分達が作ろうとしているものがいったい何で、どういう状態が「うまくいった」と見なすのかを線引きする必要があります。衛星の場合サクセスレベルというものが段階的に定義され、衛星プロジェクトの成功・失敗評価に使用されます。今回の新人研修では競技が決まっているので、ミッションとしては基本的に同一（＝競技に勝てる車を作る）ですが、それ以外の評価軸を自分達で設定しても良いでしょう。サクセスレベルを設定する場合には、なるべく客観的な判定ができるように

定性的（ex. すごく速い車を作る！）ではなく定量的、具体的な記述（ex. 100 点以上取る、100g を切る軽量マシンを作るなど）を心がけましょう。それと、製作するマシン名またはプロジェクト名を決めておくと良いでしょう。

システム構成

設定したミッションを、どのような原理で達成するのか？という説明を行う必要があります。Nano-JASMINE の場合は観測原理、衛星の寸法、重量、姿勢制御方式などの基本スペック、内部の機能ブロック図などがこれに含まれます。

新人研修ではどんなセンサとアクチュエータを使用するのかというのがまず重要な項目となるので、ここは必ず説明して下さい。

スケジュール

「設計に問題が無い」ということを示すためには、それが技術的に可能であるだけでなく、手持ちの人的リソースと設定された締め切りに対して実現できるものであることも考えるべきです。複数人数でのものづくりに経験が無いと、なかなかスケジュールの組み方にもイメージが付かないかもしれませんが、いつまでにどういうものが出来上がっているべきなのかを逆算しておく、開発のイメージが付き易いでしょう。

サブシステム設計

サブシステム設計ではシステム構成からもう 1 歩具体的に踏み込んで、搭載する各機器の機能、精度などの検証がきちんと行っているか、それらを使用することでミッションを達成できるのかを検証します。

新人研修の場合でも、以下のような項目を決まっている範囲で発表しましょう。

- ・ どのような部品を使用するのか？それらの合計予算はいくらか？
- ・ 機能ブロック図を具体的にどのような回路図で実現するのか？
- ・ マイコンにはどのような制御プログラムが書かれるのか？

ちなみに決まっていない場合は魔法の言葉、TBD (To Be Determined) = 後で決める、を発動することになります…

		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	1/6

具体例

最後に、イメージを少しつかむために実際に Nano-JASMINE の PDR で使用された発表スライドの一部をお見せします。新人研修でこのように手の込んだ資料を用意する必要はありませんが、PDR とはこのようなものだというイメージを持っておいて下さい。

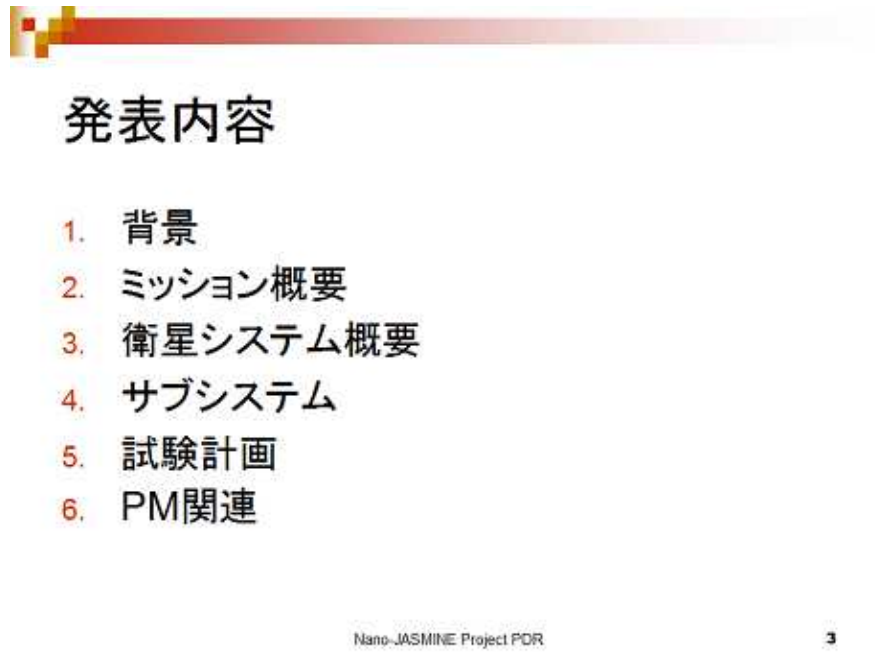


図 1 全体の流れ

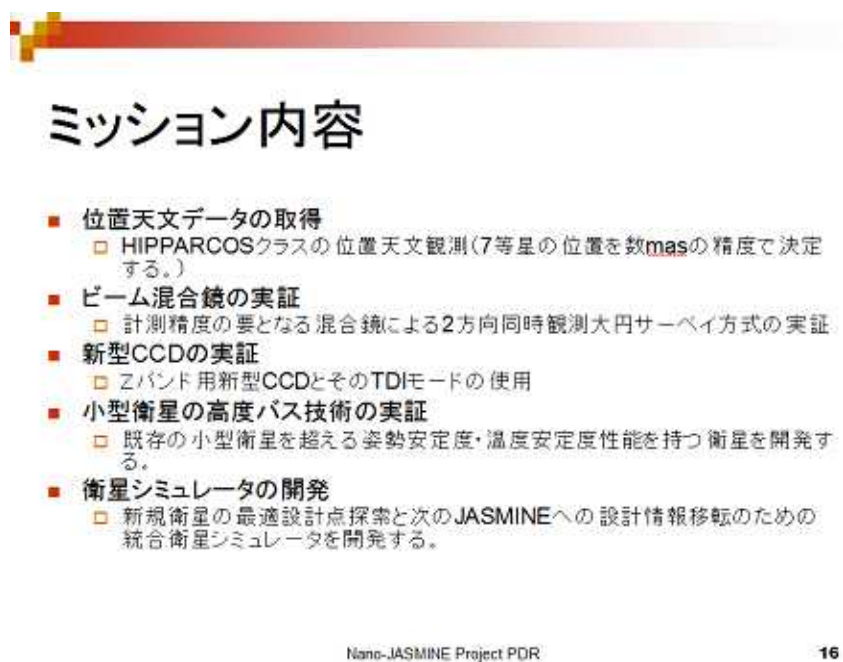


図 2 衛星ミッションの設定

		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	2/6

サクセスレベル

- ミニマム
 - ミッション機器の機能確認を行う。
 - 位置天文観測原理の確認を行う。
- フル
 - 全天の位置天文データの取得と解析(数masオーダー)に成功する。
- エクストラ
 - 革新的位置天文データの収集と解析に成功する。

Nano-JASMINE Project PDR

17

図 3 サクセスレベルの定義。これが出来ないとプロジェクトに何の価値も無い=ミニマムサクセス, これを達成できることを目標に設計=フルサクセス, フルを達成した上で余力があれば挑戦=エクストラ/アドバンストサクセス。

観測原理

- 目的
Nano-JASMINEは星の相対位置を高精度(～0.001秒角)に測定することで、全天の星の位置、距離、運動を求める。
- 原理
三角測量の原理で星までの距離を測定。

Nano-JASMINE Project PDR

10

図 4 観測原理。フルサクセス (mas オーダーの観測) を達成するために、三角測量での計測を選択。

		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	3/6

観測原理

- なぜ2方向観測するのか。
⇒ 衛星の運動と星の分布の縮退が解ける。

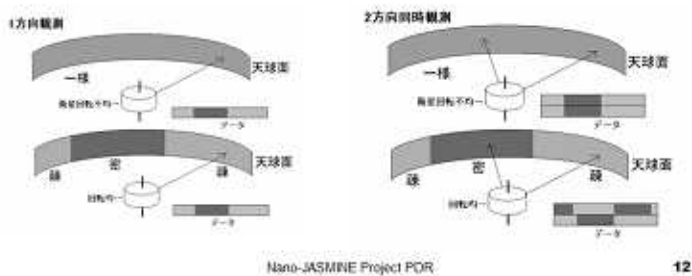


図 5 観測原理. 望遠鏡で2方向を同時に観測するアイデアで星図を作る。

機能ブロック図

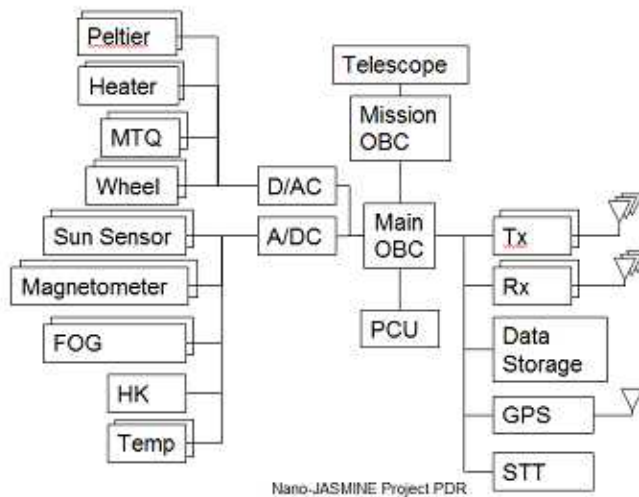


図 6 衛星機能ブロック図. 中央に OBC(コンピュータ)が配置され, その周辺にセンサ (FOG=Fiber Optic Gyro や STT= Star Tracker など) など全機器が星形に配置される構成を取っていることがわかる。

		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	4/6

姿勢制御・軌道決定系

■ Nano-JASMINEへの要求

- 位置・速度決定精度
 - 位置決定精度要求:15000km
 - 速度決定精度要求:15cm/s
- 姿勢安定度
 - 740mas/8.8秒
- 姿勢決定精度
 - 0.05deg
- 軌道周期で観測領域を視野半分ずらすこと

Nano-JASMINE Project PDR 60

制御シーケンス

Nano-JASMINE Project PDR 64

モード4: 画像FBによる姿勢安定化(1)

理想PSFとの比較により安定度指標を求める方法

- 高精度センサーである望遠鏡出力を利用
- PSFを各軸へ圧縮したLSF(Line Spread Function)の“歪み”を計測

Nano-JASMINE Project PDR 73

画像FBによる制御フロー

Nano-JASMINE Project PDR 76

画像FBによる姿勢制御結果

X軸, Y軸周りの安定化例

740mas@8.8秒を目指す
Nano-JASMINE Project PDR 79

図 7 姿勢制御系. ミッションから求められる姿勢制御精度をどのような手法で達成するのかを説明している.

		新人研修	
Title		Date	10/01/30
PDR について		Author	能見
Keywords		No.	5/6

ミッションシーケンス

```

graph TD
    Start[打ち上げ] --> Init[初期確認作業  
•動作確認  
•初期姿勢安定  
•三軸安定  
•パラメータ推定]
    Init -- 1週間 --> Mission[Mission 機器実証  
観測実験]
    Mission -- 3週間 --> Safe[セーフモード]
    Safe --> Init
    Safe --> Interrupt[観測中断  
•unloading  
•観測方向変更]
    Interrupt -- 6% --> Interrupt
    Interrupt --> Init
    Interrupt --> Mission
    Interrupt --> Stabilize[観測用姿勢安定化]
    Stabilize -- 3% --> Stabilize
    Stabilize --> Mission
    Stabilize --> Interrupt
    Mission -- 90% --> Mission
    Mission --> Interrupt
    Mission --> Stabilize
    Mission -- 2年 --> Mission
  
```

Nano-JASMINE Project PDR 27

図 8 ミッションシーケンス. ロケットから放出された後にどのような手順で運用を行うのかの説明.

内部構造・機器配置

通信機, 電子系, ADCS, ハニカムボード, 断熱スペース (GFRP), 磁気トルカ, 熱シールド (放熱面), 光学系, バッテリ, STT

- ミッション 光学系が衛星のほぼ中央に位置し、全方向から断熱スペースで保持する。
- 磁気姿勢外乱の影響を抑えるため、磁場を発生する機器については磁気シールドを施すことを検討。(高透磁率のもので周りを囲むなど)

Nano-JASMINE Project PDR 117

図 9 機器配置.

Nano-JASMINE Project / ISSL, The Univ. of Tokyo