

## MDE Lecture Series 3'

### JAXAにおける輸送系開発の情報化

---

宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センター  
大山 聖



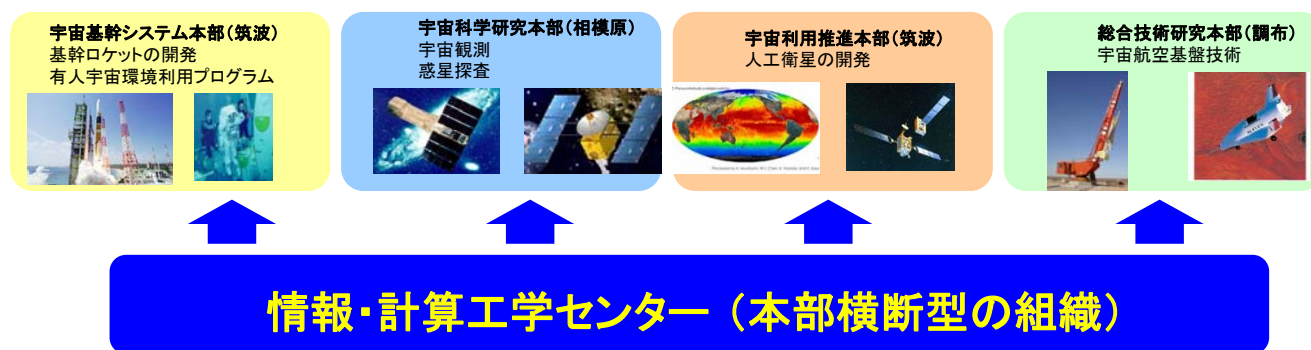
## お話のアウトライン

---

- JAXA/JEDI 輸送系開発情報化チーム
- 我々の活動の背景と目的
- ロケット用バルブの設計開発プロセスの情報化
- ターボポンプインターフェース情報共有システムの開発
- エンジン開発プロセスの革新

# JAXA/JEDI 輸送系開発情報化チーム

## 情報・計算工学センター(JEDI)



- JAXAの持つ情報工学および計算工学をJAXA事業に有効に使う
- 情報工学・計算工学に関わる開発者・研究者の連携を図る

- シミュレーション技術展開チーム
- プロジェクト課題対応チーム
- 計算機運用・利用技術チーム
- プロジェクト共通情報化チーム(人工衛星+輸送系(開発除く))
- **輸送系開発情報化チーム:エンジン開発プロセスの情報化**
- ソフトウェアエンジニアリングチーム
- 衛星設計支援システム開発チーム

藤井孝藏

チーム長

大山聖

チーム長代理

高木亮治

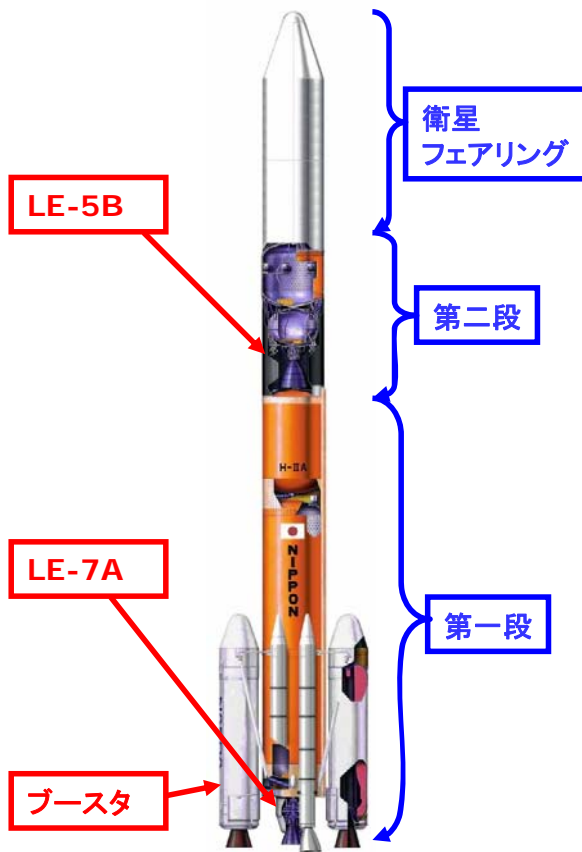
藤本圭一郎

角有司

飯塚宣行

## 我々の活動の背景と目的

# JAXA基幹ロケット H-IIA



## 特徴

- 2段式ロケット＋固体ロケットブースター
- 静止トランスファ軌道への打ち上げ能力 3.8-5.8t
- 12回の打ち上げに成功(失敗1回)

問題点:工場・射場において不具合があとを絶たない

- その大部分は設計に立ち戻るもので**コスト・スケジュール**に大きく影響  
(一日あたり数千万円, 打ち上げ一回あたり数百億円)
- 開発上流でシステム全体のバランスが十分検討されていないのが原因のひとつ(**開発プロセスの問題**)
- 特に, 推進系やエンジンで不具合が発生している

7

## ロケットエンジン開発プロセスの問題点

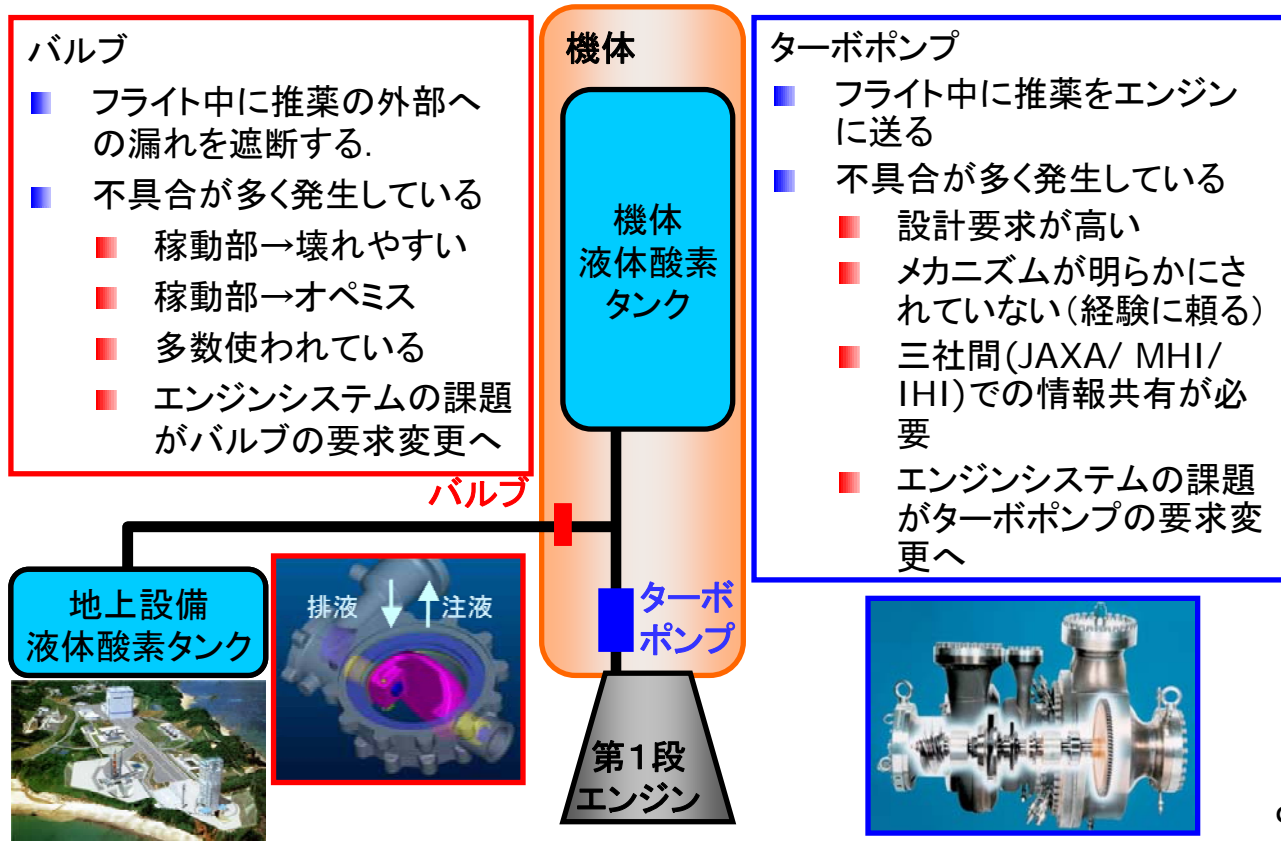
- ほぼ10年以上新規開発の間隔があくために設計ノウハウが失われていく
- コンポーネントごと, 分野ごとなどで設計開発担当者が分かれており, これらの担当者間の情報共有が不十分・非効率
- 信頼性・性能・コストなどについてエンジンシステム全体のバランスを考慮しながら設計を行っていく仕組みが不足
- 数値シミュレーションが十分に利用されておらず, 経験による設計, 試験による実証に頼らざるを得ない



開発プロセスの革新が必要

8

## 近々に解決したい課題



9

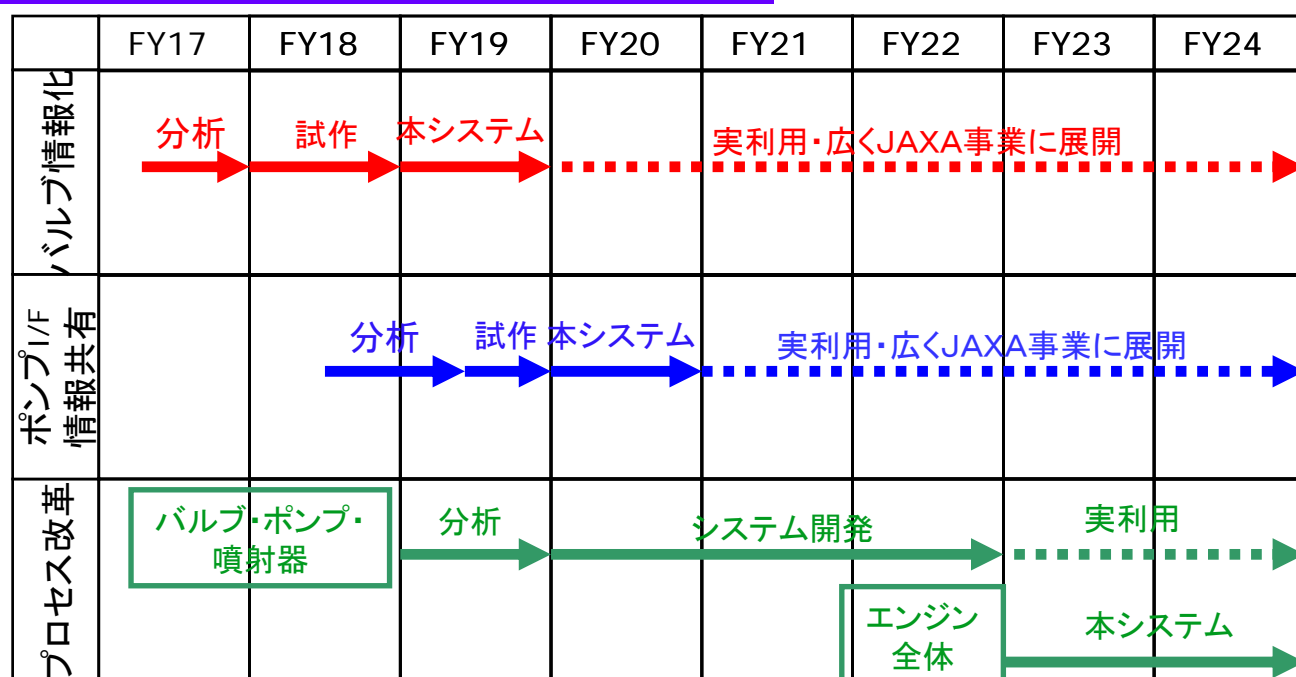
## 我々の活動の目的と活動方針

世界一信頼性のあるロケットエンジンを日本で作る

そのために、最先端の情報技術を使って現在の設計開発プロセスを革新する

- バルブの不具合対策情報化やポンプインターフェース情報共有が緊急の課題であり、まずはそこに対処
  - バルブやポンプの設計開発プロセスの効率化・確実化
  - 現場の人たちの情報化に対する理解を得る
  - バルブ・ポンプインターフェースの情報化の活動で経験をつむ
- 上記活動ののち、エンジンの設計開発プロセスの革新に取り組む

# 我々の活動の目的と活動方針



次期ブースタ  
エンジンLE-X

研究フェーズ

開発フェーズ  
(予定)

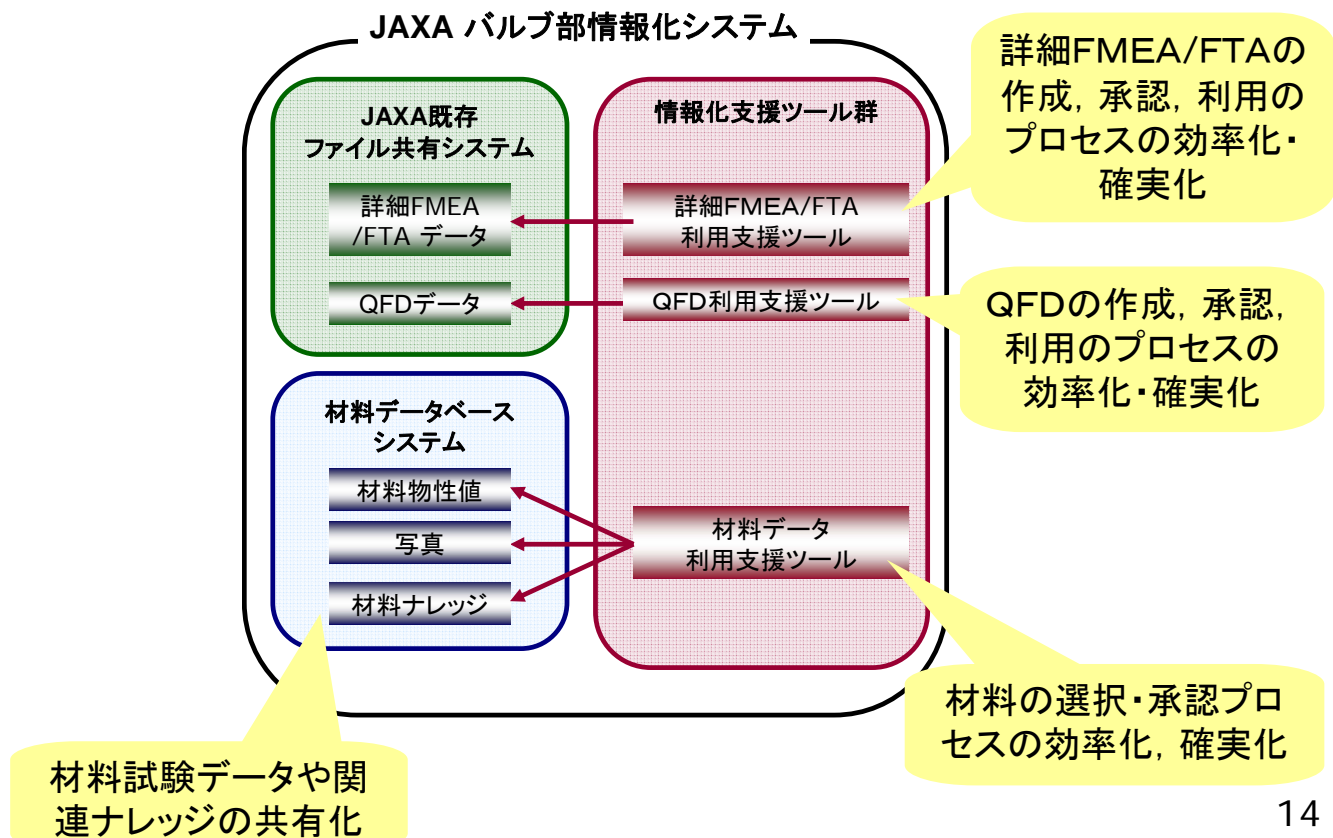
## バルブの設計開発プロセスの情報化

## 現状分析

- 現場にかかわる人の聞き取り調査
- これまで起こった不具合の再分析
  - なぜなぜ分析を行い, 不具合の根本原因を抽出
  - 抽出された根本原因について不具合の重要度をもとにランク付け
- 結果:
  - 詳細FMEAの情報共有・利用支援 (分析結果)
  - QFDの情報共有・利用支援 (分析結果)
  - 材料特性の情報共有・利用支援 (現場からの要求)
  - FTAの情報共有・利用支援 (現場からの要求)

13

## バルブ部情報化システム



14

## 詳細FMEA/FTA利用支援ツール

### 詳細FMEA (詳細故障モード影響解析)とは？

- 各部品について、故障モードを列挙し、発生可能性、システムへの影響度などからそれぞれの故障モードの重要度を算出
- 利点
  - それぞれの部品を設計する際に、気をつけなくてはならない故障モードがリスト化されており、考慮不足の可能性を削減

部品			機能	故障モード	不具合モードの原因	重要度				不具合事例	対処・課題	...	
レベル1	レベル2	レベル3				発生可能性	影響度	検知難度	重要度				
ライター	ケース		ライター機構の保持	外部力が着火機構に伝わる	ケースが壊れる	1	4	1	4				
	キャップ		酸素を供給する	酸素を供給しない	キャップの破損・変形	3	3	2	18				
					キャップのヒンジの破損	3	3	2	18				
			消火する	消火しない	キャップの破損・変形	3	3	2	18	4月23日に発生。被害大	ヒンジを強化した		
					キャップのヒンジの破損	3	3	2	18				
	ライター機構の保持	外部力が着火機構に伝わる	キャップが壊れる	1	4	1	4						
	着火部	回転ドラム	フリントをこする	回転ドラムがフリントに接しない	回転機構の破損	1	4	4	16				
		フリント(発火材)	火花を出す	火花が出ない	発火石が摩耗している	3	4	4	48				
	オイル供給部		綿芯	オイルを吸い上げる	オイルを吸い上げない	回転ドラムがフリントに接しない	2	3	4	24			
						綿芯が切れた	1	4	4	16			
			オイルタンク	オイルを保管する	オイルがなくなる	オイルがなくなる	タンクの破損	3	4	2	24	1月1日に発生。ポケットがオイルで汚れた	タンク壁を厚くした

15

## 詳細FMEA/FTA利用支援ツール

### 詳細FMEA を使った作業の問題点

- 表形式では全体を俯瞰することができない(数百行！)
- 文言の統一ができていない
  - いろいろな人がいろいろなときに利用する
- 表形式ではリンクを利用するのが大変
  - 重複箇所を示すリンク
  - 原因と結果をつなぐリンク
- FTAを作成するための情報が含まれているのに、FTAと詳細FMEAが別々に作られている
- ネットワークに対する対応がとれない
- 表層的なデータしかない

16



# 詳細FMEA/FTA利用支援ツール

## 詳細FMEAとFTAの関係

部品			機能	故障モード	不具合モードの原因	重要度				不具合事例	対処・課題	...
レベル1	レベル2	レベル3				発生可能性	影響度	検知難度	重要度			
ライター	ケース		ライター機構の保持	外部力が着火機構に伝わる	ケースが壊れる	1	4	1	4			
	キャップ		酸素を供給する	酸素を供給しない	キャップの破損・変形 キャップのヒンジの破損	3	3	2	18			
			消火する	消火しない	キャップの破損・変形 キャップのヒンジの破損	3	3	2	18	4月23日に発生。被害大	ヒンジを強化した	
			ライター機構の保持	外部力が着火機構に伝わる	キャップが壊れる	1	4	1	4			
		回転ドラム	フリントをこする	回転ドラムがフリントに接しない	回転機構の破損	1	4	4	16			
	着火部	フリント(発火材)	火花を出す	火花が出ない	火花石が壊れている 回転ドラムがフリントに接しない	3	4	4	48			
	オイル供給部		オイルを吸い上げる	オイルを吸い上げない	綿芯が切れた オイルがなくなる	1	4	4	16			
		綿芯	オイルを供給する	オイルがなくなる	タンクの破損	3	4	2	24	1月1日に発生。ポケットがオイルで汚れた	タンク壁を厚くした	
		オイルタンク	保管する	オイルがなくなる	タンクの破損	1	4	1	4			

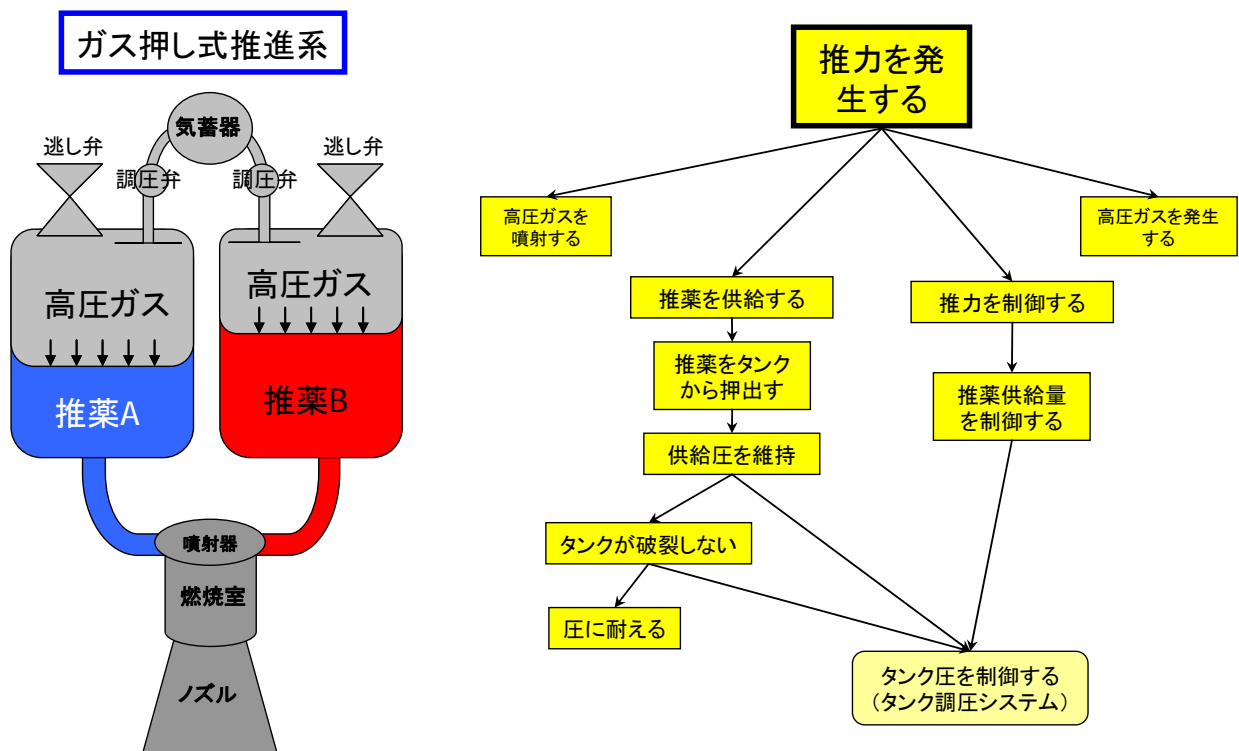
FTAとしてみた場合

フリントから火花が出ない  
 ←回転ドラムがフリントに接しない  
 ←回転ドラムの回転機構の破損

17

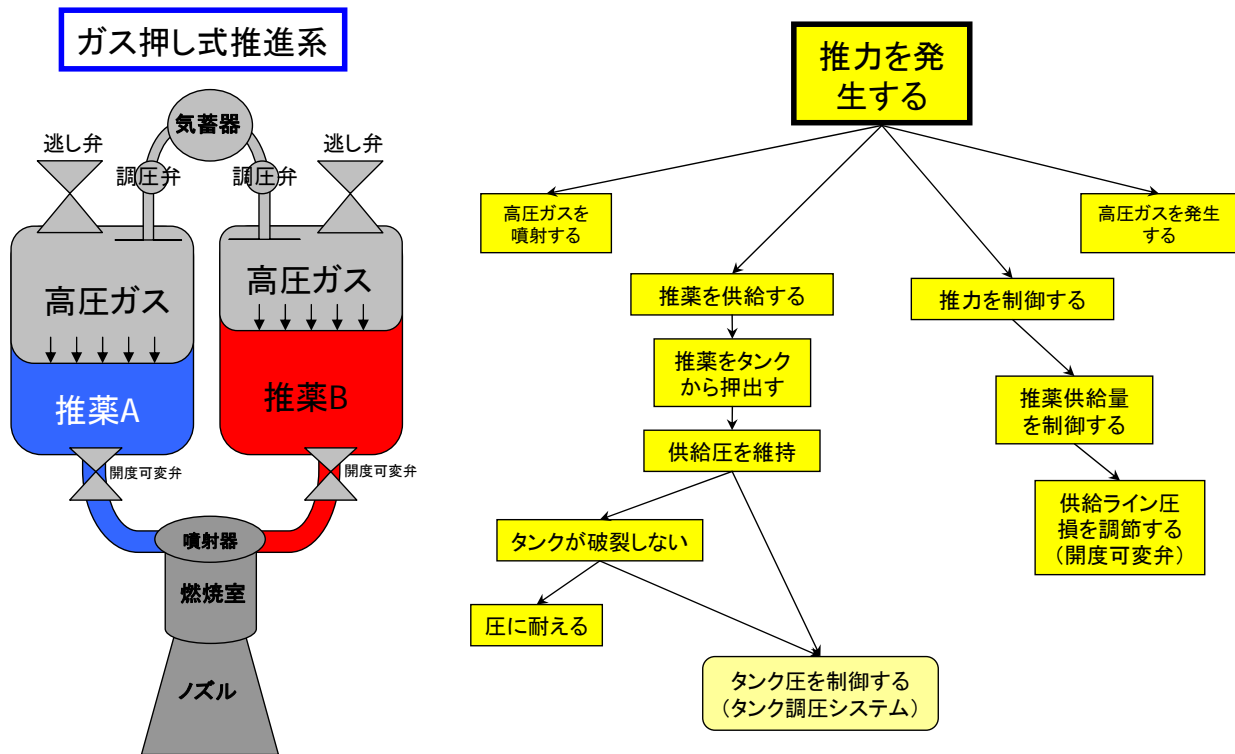
# 詳細FMEA/FTA利用支援ツール

## 機能分解木のネットワークの例



18

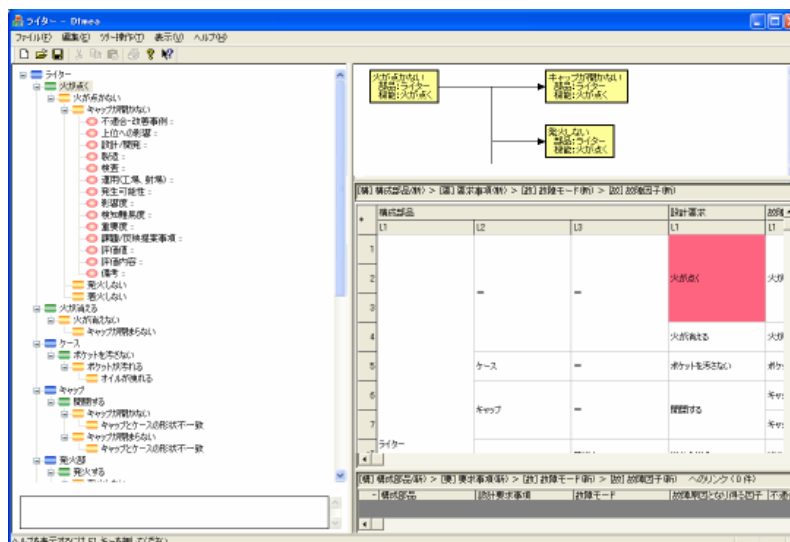
# 詳細FMEA/FTA利用支援ツール 機能分解木のネットワークの例(ネットワークにしない例)



19

## 詳細FMEA/FTA利用支援ツール 詳細FMEA/FTA利用支援ツールの特徴

- ツリー構造表示で全体を把握しやすくした
- 過去の入力からの選択による文言統一
- 詳細FMEA形式とFTA形式の同時表示
- FTAをネットワークとして扱うことが可能とした
- 故障因子や対処ごとに判断理由などのナレッジ蓄積が可能
- ウィンドウズ用で導入が容易



20

## QFD利用支援ツール QFD(品質機能展開)とは？

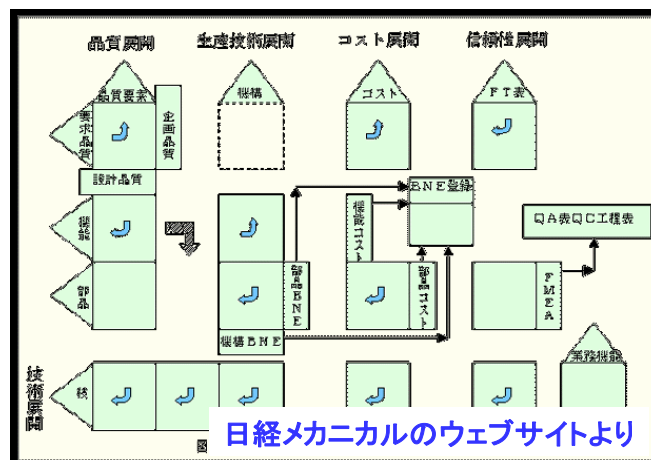
### 要求品質展開表

品質特性		1次数	燃料消費率	最高出力	エンジントルク	最小回転半径	燃料タンク容量	総排気量	安全性能		車体サイズ			車体重量	要求品質ウェイト集計1
		2次数							衝撃吸収率	視界	全長	全幅	全高		
要求品質															
1次数	2次数														
速い	加速がよい			5	5			3							0.0079562
	コーナリングがよい														0.0556931
乗り心地がよい	車に酔わない													1	0.0178758
	広い										5	5	5		0.0893791
車内が広い	たくさん人が乗れること										5	5	3		0.1888836
	たくさん荷物が載せられること						3				5	5	5		0.0377767
安い	販売価格がやすい			1				5							0.4234434
	燃料代が安い		5												0.0846887
かっこいい															0.0156721
駐車場にとめやすい						5				3	5	5	3		0.0538095
長距離走れる				5											0.0248218
要求品質ウェイト集計1			0.047	0.066	0.004	0.03	0.027	0.24	0	0.018	0.207	0.207	0.153	0.002	

21

## QFD利用支援ツール QFD(品質機能展開)とは？

- 要求される品質に関する重要度を品質特性、機能、機構と展開していく手法  
機能からスタートしたり、コストや信頼性へ展開したりさまざまな利用方法がある



- 利点
  - 重要な要求品質に強く関係する機能・機構などを特定できる
  - 考慮の抜け項目を見つけ出すことができる
  - 複数の人でチェックすることができる
  - 設計者・製造者・利用者などの意見を総合的に取り入れることができる
  - 設計根拠を伝承することができる

22

# QFD利用支援ツール QFDのロケットバルブでの適用事例

## QFDの適用事例－注排弁



### 『要求品質』の重要度識別(AHP法)

『要求品質』の重み付けにはAHP法を用いた。

使用者、設計者、製造者でそれぞれ実施し、考えの差異が明確になった。

- 9 絶対重要
- 7 かなり重要
- 5 重要
- 3 少し重要
- 1 同等

AHP法(一対比較)

1次項目	幾何平均	ウェイト	確実に開閉する	確実に閉止する	丈夫である	操作しやすい	つくりやすい	整備しやすい	質量が小さい	価格が低い
確実に開閉する	3.27	28%	1	3	1	5	7	5	5	5
確実に閉止する	2.85	25%	1/3	1	3	5	7	5	5	5
丈夫である	2.49	22%	1	1/3	1	5	7	5	5	5
操作しやすい	0.55	5%	1/5	1/5	1/5	1	3	1	1/3	1
つくりやすい	0.24	2%	1/7	1/7	1/7	1/3	1	1/3	1/5	1/5
整備しやすい	0.48	4%	1/5	1/5	1/5	1	3	1	1/3	1/3
質量が小さい	1.01	9%	1/5	1/5	1/5	3	5	3	1	3
価格が低い	0.67	6%	1/5	1/5	1/5	1	5	3	1/3	1

各立場の考えの相違がわかった

基本性能の重要度大



沖田耕一, ロケット用バルブ開発で取り組む品質機能展開(QFD)手法,  
平成18年度 宇宙開発品質保証シンポジウム

各立場の『要求品質ウェイト』

23

# QFD利用支援ツール QFDのロケットバルブでの適用事例

## QFDの適用事例－注排弁



### 『品質特性』の抽出

『要求品質』の中から、バルブが有すべき『品質特性』を抽出し、関連性を整理した。(『品質表』)

⇒従来に規定していなかった『品質特性』に気付くことができた。

		品質表															追加要求項目(案)																
品質特性 展開	1次 2次	バルブ基本要素項目例															追加要求項目(案)																
		設計及び製作					特性					環境条件					機械的I/F		機能要求		流体I/F												
要求品質 展開	1次 2次	外径寸度	作動流体	弁駆動圧	弁駆動圧	周囲環境圧力	保証圧力	破壊圧力	ライン作動温度	周囲環境温度	開作動	開タイミング	閉作動	閉タイミング	流量(圧損)特性	内部漏洩メイン	内部漏洩駆動室	外部漏洩駆動室	外部漏洩メイン	逆流規定	作動寿命	重量	高温・低温保存	振動衝撃加速度	取付姿勢	荷重	材料	冗長化(機能)	断熱性能	コンタミ耐性	圧力脈動	水撃	温度過渡
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	2次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
確実に開閉する	1次	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																					

沖田耕一, ロケット用バルブ開発で取り組む品質機能展開(QFD)手法,  
平成18年度 宇宙開発品質保証シンポジウム

24

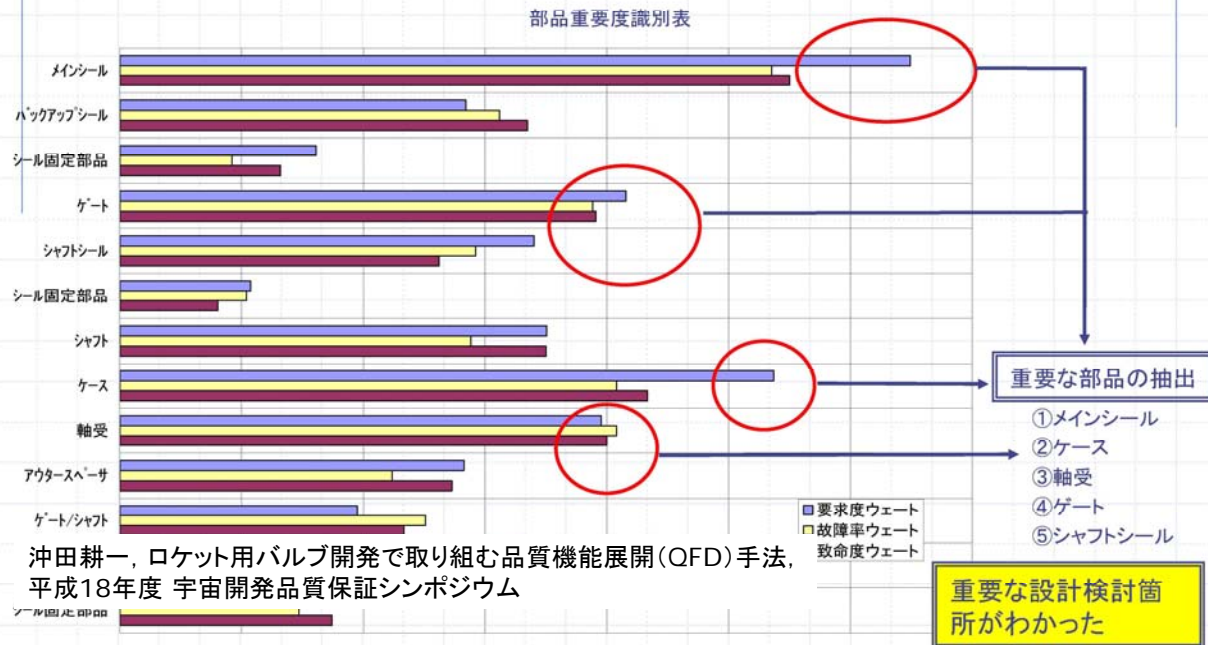


# QFD利用支援ツール QFDのロケットバルブでの適用事例

## QFDの適用事例－注排弁



『機構・部品』の重要度識別結果(要求度ウェイト、故障率ウェイト、致命度ウェイト)



25

## QFD利用支援ツール QFDをしている現場からでてきた問題点

### これまでの作業方法

要求品質展開, 品質特性展開, など	みんなであつまってブレイン ストーミング→責任者が決める
重要度の算出(AHP法)	アンケート用紙を作成し アンケートを関係者に配って アンケートに答えてもらい アンケートを集計
マトリックスを使った マッピング	エクセルで作成

アンケート用紙の作成,  
回答, 集計が面倒・ミスが  
生じる

要求・品質→品質・機能  
などへ移行する際, 表の  
作り直しが面倒

### 現場の人のヒアリング→現場の要求の抽出・検討

- 必要とされる要求のほとんどはEXCEL
- 市販ソフトではJAXA内での要求のすべてはみたさない, 拡張性が低い

### エクセルのマクロを使って, JAXA独自のQFDソフトを開発

26

## QFD利用支援ツール QFD利用支援ツールの特徴

- 作業の自動化
- EXCELがあればよく、導入が容易

Microsoft Excel - QFDツール(車).xls

AHP入力シート (要求品質重要度の算出)

比較対相	燃費消費率	最高出力	エンジン回転	最小回転半径	燃料タンク容量	総排気量	安全性	車体サイズ	車体重量
燃費消費率がよい	1								
最高出力がよい		1							
エンジン回転がよい			1						
最小回転半径がよい				1					
燃料タンク容量がよい					1				
総排気量がよい						1			
安全性がよい							1		
車体サイズがよい								1	
車体重量がよい									1

Microsoft Excel - QFDツール(車).xls

R4C20

シート選択 | 要求品質ウェイト追加 | 要求品質ウェイト削除

### 要求品質展開表

品質特性	1次数	2次数	燃費消費率	最高出力	エンジン回転	最小回転半径	燃料タンク容量	総排気量	安全性	車体サイズ	車体重量	要求品質ウェイト集計	
要求品質													
1次数		2次数											
速い		加速がよい		5	5			3				0.0079562	
		コーナリングがよい										0.0556931	
乗り心地がよい		車に酔わない								5	5	0.0178758	
		広い								5	5	0.0893791	
車内が広い		たくさん人が乗れること								5	5	0.1988936	
		たくさん荷物が載せられること					3			5	5	0.0377767	
安い		販売価格がやすい		1				5				0.4234434	
		燃料代が安い	5									0.0846887	
かっこいい												0.0156721	
駐車場にめやすい						5			3	5	5	0.0538095	
長距離走れる				5				5				0.0248218	
要求品質ウェイト集計			0.047	0.066	0.004	0.03	0.027	0.24	0	0.018	0.207	0.153	0.002

要求品質展開表 / 図形の調整 (B) | オートシェイプ (U) | コマンド

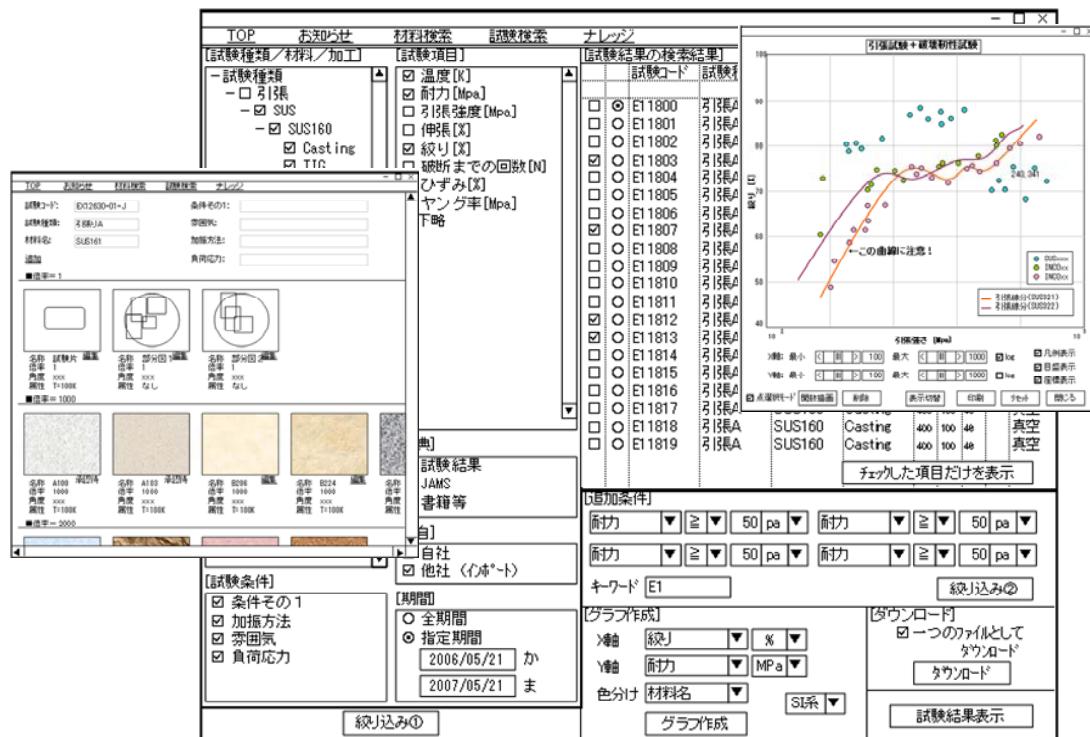
27

## 材料データベースシステムと材料データ利用支援ツール 特徴

- 材料名を入力すると材料特性が表示される
- 材料の使用条件を入力するだけで適切な材料を選択可能
- 材料特性をTEXT/EXCELシートの形でアップロードできる
- ナレッジを蓄積できる
- フリーソフトベースで維持費が小さい
  - 材料データベースシステム
    - データベース管理: PostgreSQL
    - WWWサーバー: Tomcat
  - 材料データ利用支援ツール
    - JAVA
- ブラウザがあれば利用可能なので導入が容易

28

# 材料データベースシステムと材料データ利用支援ツール ユーザーインターフェース



29

## バルブ部情報化試作システムに対する現場からの評価

- 詳細FMEA/FTA利用支援ツール
  - ツリー構造やリンク先がひとめでわかるようになり理解しやすくなった
  - ライセンス料不要, 特別な環境も不要で導入しやすい
- QFD利用支援ツール
  - 余計な作業が自動化されたので考えなければいけないところに時間を集中できるようになった
  - ボタンを押していくだけでQFDの一連の作業が行えるので, 使う人のハードルがかなり低くなった
  - ライセンス料不要, 特別な環境も不要で導入しやすい
- 材料データ利用支援ツール
  - 材料特性データを一元的に管理できるようになるので作業が楽になる
  - EXCELデータをアップロードできるので材料特性データの入力が楽になる
  - ライセンス料不要, 特別な環境も不要で導入しやすい



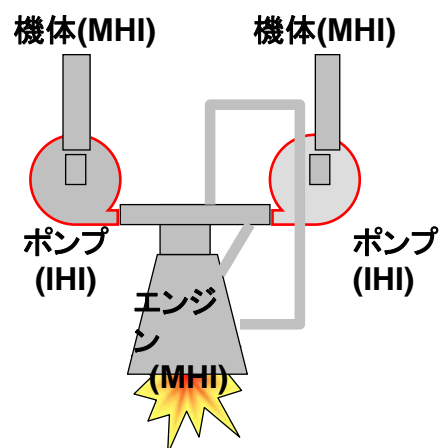
- バルブの不具合削減へ
- バルブ以外の設計開発へのスピノフ

30

# ターボポンプインターフェース情報の共有システム開発

## ターボポンプ開発プロセスの問題点

- 情報共有・情報伝達の非効率性・不確実性
  - 過去の設計開発ノウハウが伝承されていない
  - 企業間, JAXA内, JAXA・企業間の情報伝達が非効率・不確実 (メールベース)
- 形状データや数値シミュレーション結果の効率的な共有がなされていない
  - 企業間でデータのフォーマットが異なる
  - 3次元CADデータが使われていない

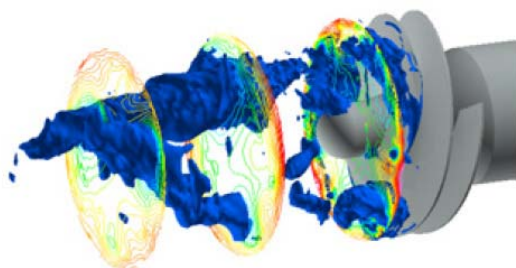




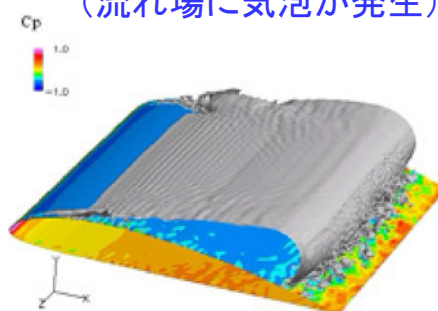
## ターボポンプ開発プロセスの問題点

- 数値シミュレーションが設計に十分に活かされていない
  - 数値シミュレーションが難しい・適材適所に使われていない
  - 格子生成に時間がかかる
- 信頼性を考慮した設計になっていない
  - Failure safeが設計に考慮されていない
  - 環境や工作のばらつきが設計に考慮されていない

インペラ逆流領域  
(3次元非定常流れ)



キャビテーション流れ  
(流れ場に気泡が発生)

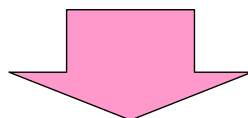


33

## 方針

現在研究フェーズ(概念検討)のLE-Xの開発を情報化のターゲット

LE-Xは研究フェーズ(概念検討)であり、  
平成25年度に開発フェーズ(基本設計以降)への移行を目指す

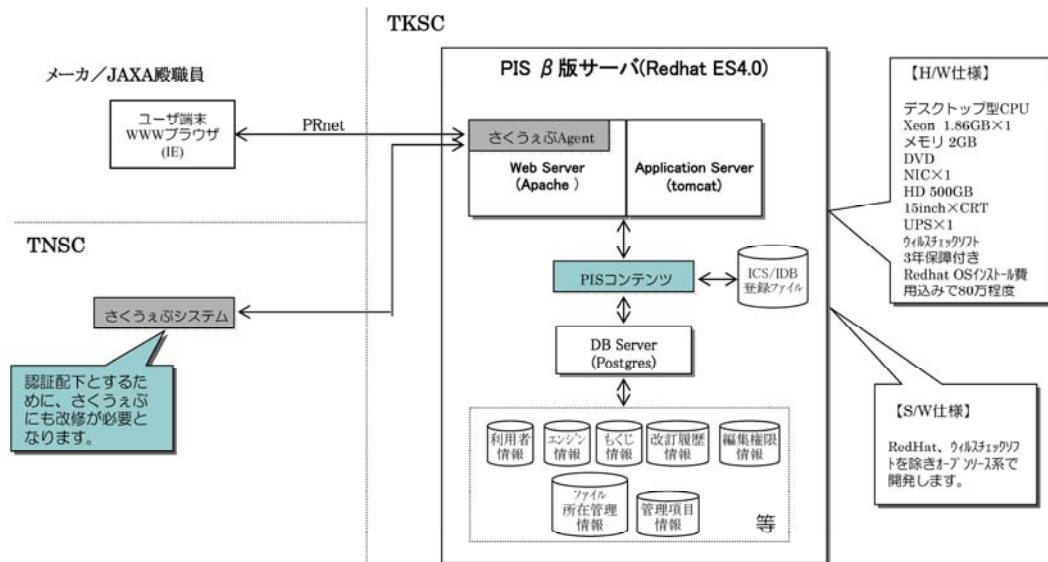


- 今年度にLE-Xの概念検討のための情報共有システムを開発
  - 概念検討ではテキスト, グラフなどのデータが中心
- 平成25年度までにLE-Xの開発フェーズから運用までを含めた情報共有システムを開発
  - 開発フェーズ以降ではテキストデータ, グラフなどの図の共有に加え, CADデータ, 解析データの効率的な共有も必要であると考えられる

34

## LE-X概念検討のための情報共有システム

- 概念設計に使われるインターフェース情報のJAXA/MHI/IHIでの電子的共有が目的
- JAXA既存のセキュリティ管理機能, データ処理システムを用いる
- 平成19年度末β版完成予定, 平成20年度リリース予定(当初計画どおり)
- 現在はシステム設計中.



35

## LE-X開発フェーズから運用までを含めた情報共有システム

- 開発フェーズから運用までに必要なインターフェース情報のJAXA/MHI/IHIでの電子的共有が目的
- 平成24年度完成予定, できた機能から順次リリース予定
- 今年度行っている作業
  - 既存の共有データの見直し
  - サーバ機能とツール機能の仕分け
  - 3次元CADデータおよび解析データの共有, データ変換機能の必要性, 運用方法などについての検討・整理



36

# エンジン開発プロセスの革新

---

## 方針と方法

---

### ■ 方針

- 既存開発プロセスの情報化ではなく、情報技術を利用した新しい開発プロセスを構築する

### ■ 開発プロセスの革新方法

- システムズエンジニアリング(SE)と情報技術をベースとした新しい設計手法への移行し、資源の有効配分、開発業務の革新的効率化などを旨す
- 要素技術の体系化により研究と開発を一体化し、互いの有効利用を旨す
- 計算工学技術の有効な利用方法を明確化し、積極的に活用する
- これらを可能にする情報システムを開発する

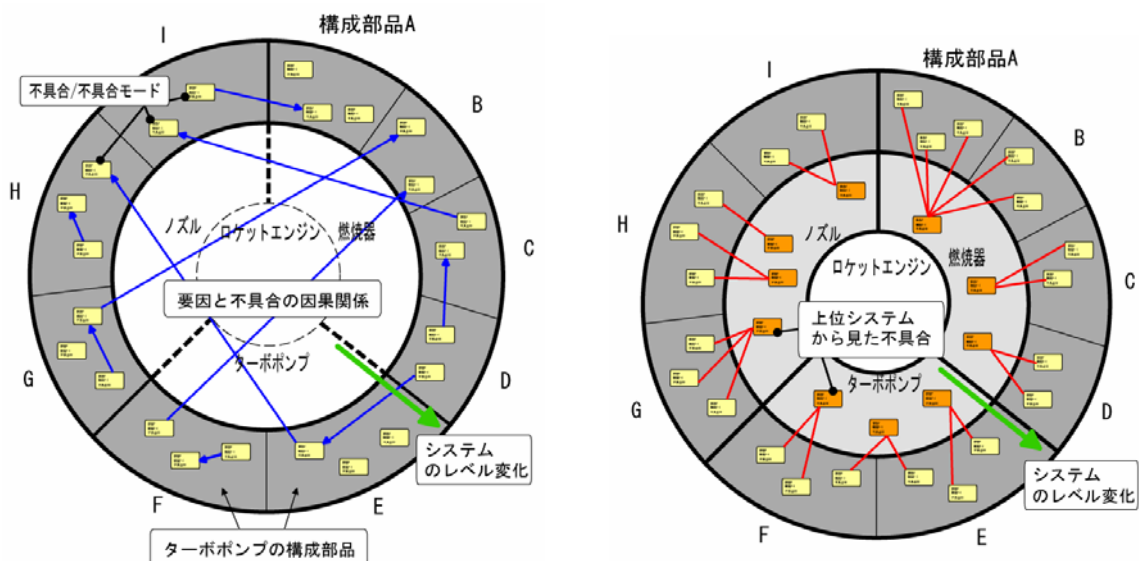
## 開発プロセスの革新に向けて検討している課題の例

- 機能分解木, FTAなどのネットワーク化と設計プロセスへの親和化  
Failure Tree AnalysisからFailure Network Analysisへ
- SE技術(詳細FMEA, FTA, QFD, Event treeデータ, 機能分解木, 信頼性ブロック図など)の一体化
- 大規模データからの情報抽出
- QFD, 詳細FMEAやFTAを使った設計情報やナレッジの体系化

39

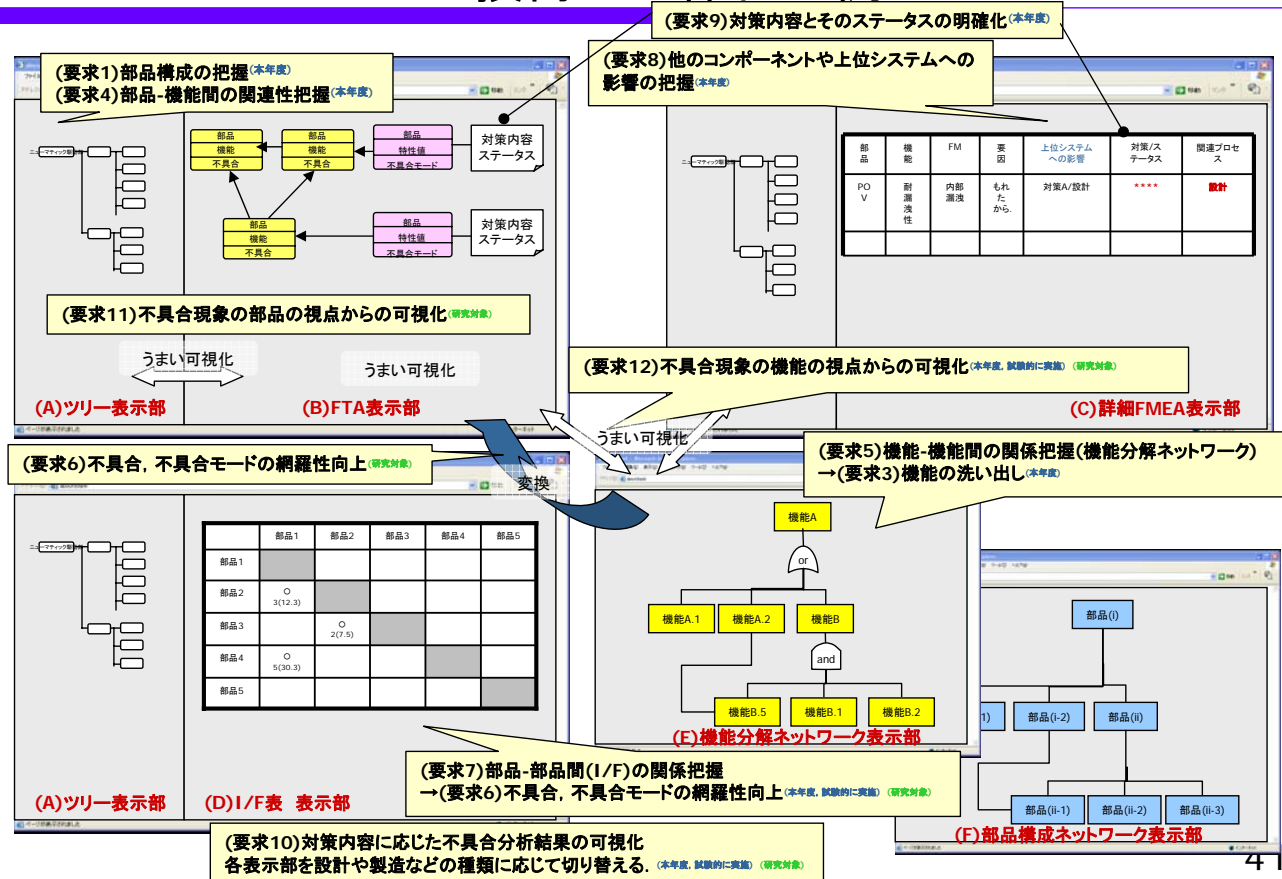
## ネットワーク化の例

FTAネットワーク表示部の工夫



40

# SE技術の一体化の例



## 参考文献

- LE-X... Akihide Kurosu, Nobuhiro Yamanishi, Naoki Tani, Okita Koichi, Akira Ogawara, Tadaoki Onga, and Masahiro Atsumi, "Study of Next Booster Engine LE-X in JAXA," AIAA-2006-4700, 42nd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, 2006.
- 詳細FMEA... H-IIAロケット再点検専門委員会報告書, 宇宙開発委員会調査部会, H-IIAロケット再点検専門委員会, 2004.
- FTA... 鈴木順二郎, 牧野鉄治, 石坂茂樹, FMEA・FTA実施法, 日科技連出版社, 2002.
- QFD... 赤尾洋二, 品質展開入門(品質機能展開活用マニュアル), 日科技連出版社, 1990.

# 謝辞

---

詳細FMEA/FTA利用支援ツール, QFD利用支援ツール, 材料データベースシステムおよび材料データ利用支援ツールの開発にあたり, プログラミング等でご協力いただいている(株)富士通長野システムエンジニアリングの皆様  
に謝辞を表す.