



ロケットエンジン開発における 全系解析に向けた取り組み

宇宙航空研究開発機構
情報・計算工学センター

谷 直樹

ロケットエンジン解析技術の新展開 2010年9月

1

LE-X



ロケットエンジン解析技術の新展開

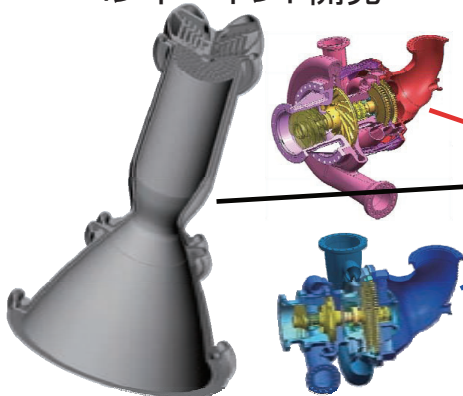


JAXA-JEDI

2

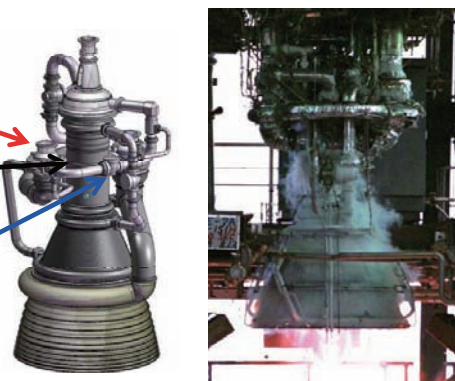
問題点

コンポーネント開発



多くの試験、解析

エンジン試験



少ない試験回数

出戻り

性能未到達
トラブル

開発コスト・期間の劇的な増大！

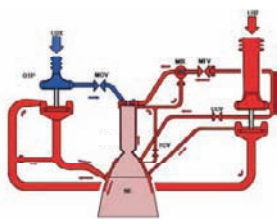
ロケットエンジン

JAXA-JEDI

3

全系解析の意義

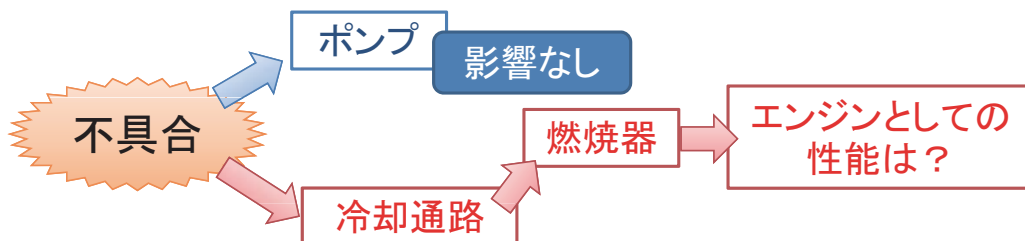
エンジン成立性



期待した性能を満たせるか？
エンジンが形として出来る前に知りたい

エンジン試験の数年前に

不具合伝播



不具合関連の解析を通じて
エンジンを如何に“生かす”か、という知見が欲しい

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI

4

目的

エンジン開発での問題点
エンジン開発においては要素ごとに設計、解析が実施
統合時にはどうなる？

エンジン技術開発としての目的
全体を統合した流体解析により性能・不具合事象を評価する

エンジン全体の流体解析 = エンジン全系解析

数億点の計算規模

ロケットエンジン解析の特殊性

極低温

超臨界

高速流

燃焼

計算技術開発としての目的

解析ノウハウの取得と大規模解析用インフラ整備

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI

5

連携講座との関連

エンジン全系解析

問題点
課題

ロケットエンジン解析の特殊性

極低温

超臨界

高速流

燃焼

極低温キャビテーション

燃焼

噴射・微粒化

物性・マイクロ現象

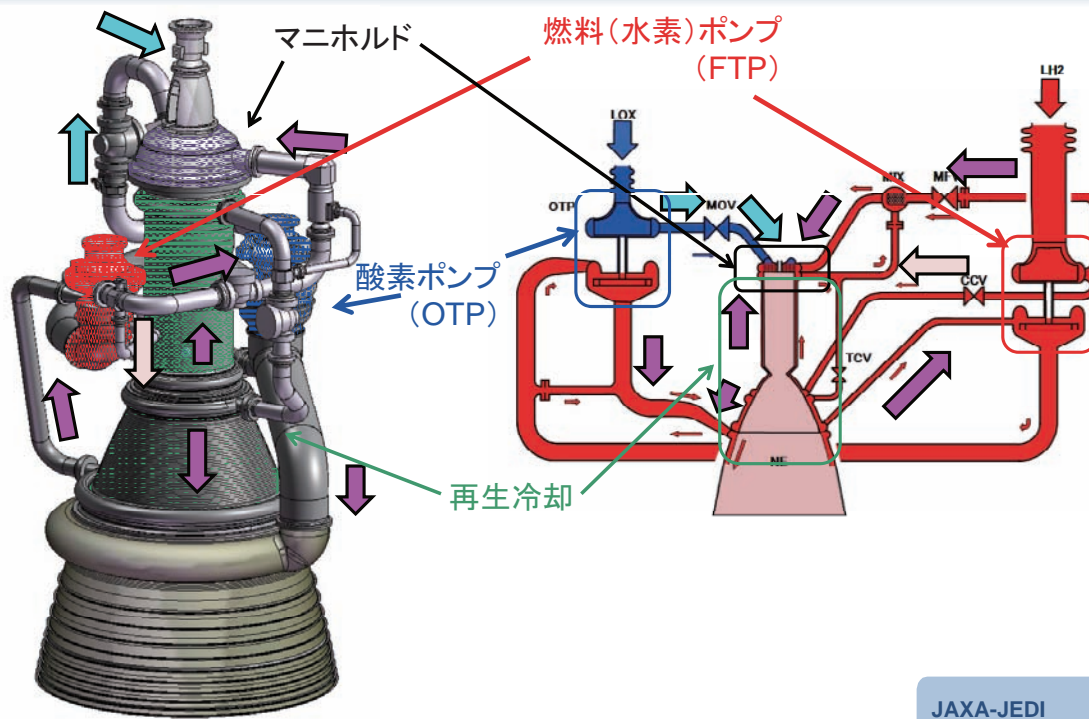
連携講座の成果はエンジン全系解析の
精度向上に集約

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI

6

LE-Xエンジン



JAXA-JEDI

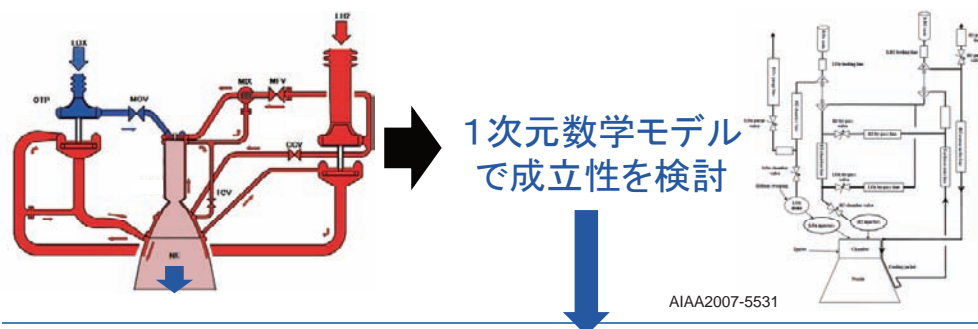
7

エンジン技術開発としての意義

性能評価 & 不具合事象評価

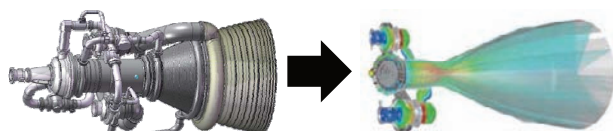
エンジン成立性検証

全系解析によるエンジン成立性検討



3次元的な流れを考えた場合の性能は？

エンジン全系解析でより高精度に評価



ロケットエンジン解析技術の新展開

性能未達成の
リスク軽減

JAXA-JEDI

9

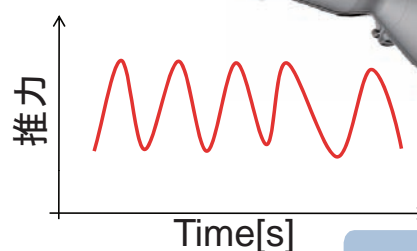
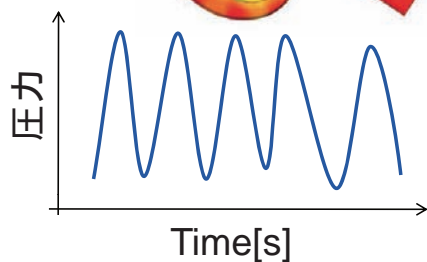
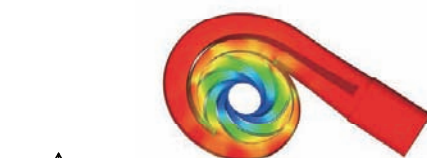
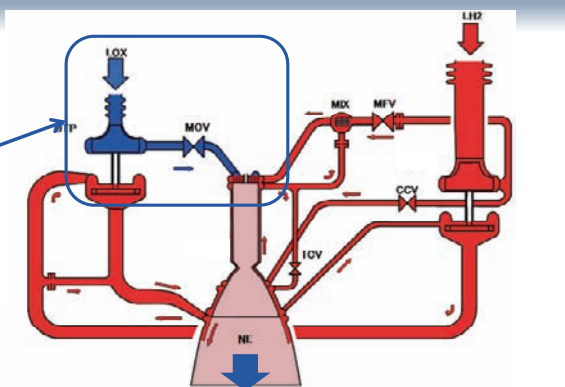
懸念される不具合事象の例 1

圧力脈動

ポンプ脈動による影響

酸素系……短い配管

エンジン推力への影響大



ロケットエンジン解析技術の新展開

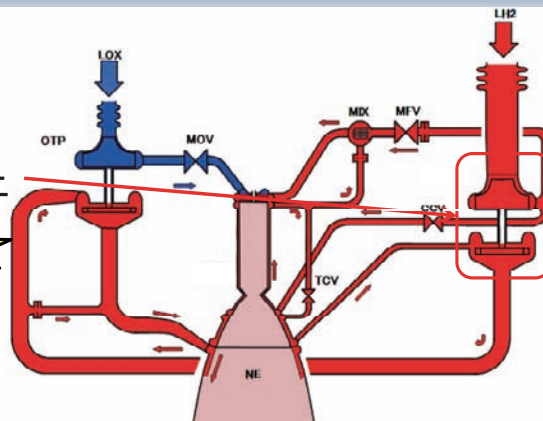
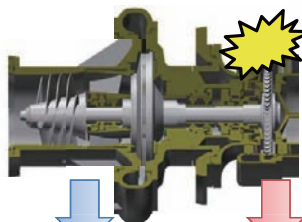
JAXA-JEDI

10

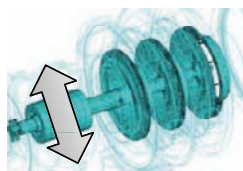
懸念される不具合事象の例 2

部品飛散による影響評価 特に回転系

水素ポンプ: 毎分40000回転以上



回転体への影響



回転安定性
昇圧性能
など

エンジン性能への影響



推力
比推力(燃費)
流路閉塞など

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI 11

計算技術開発としての意義

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI 12

解析技術としての問題点

CFD解析時の問題点

ポンプ入口:液体 低速流

再生冷却:超臨界 中～低速流

ノズル・タービン:気体 高速流



混在した状態での解析

広い物性範囲

低速～高速流の混在

数百気圧
700K

数気圧
20K

数m/s

数千m/s

数値解析技術の確立と検証 課題の抽出

ロケット

JAXA-JEDI

13

大規模解析における問題点の把握



データ転送

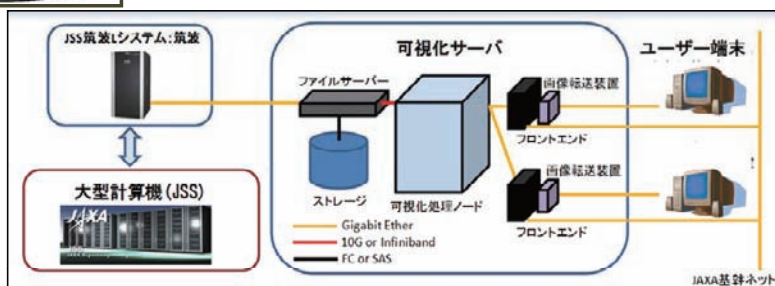
解析時間

数億点規模

結果
可視化/評価

解析データ
作成

日常的に実施するのに必要な環境が必要



大規模解析用インフラ整備

ロケット

JAXA-JEDI

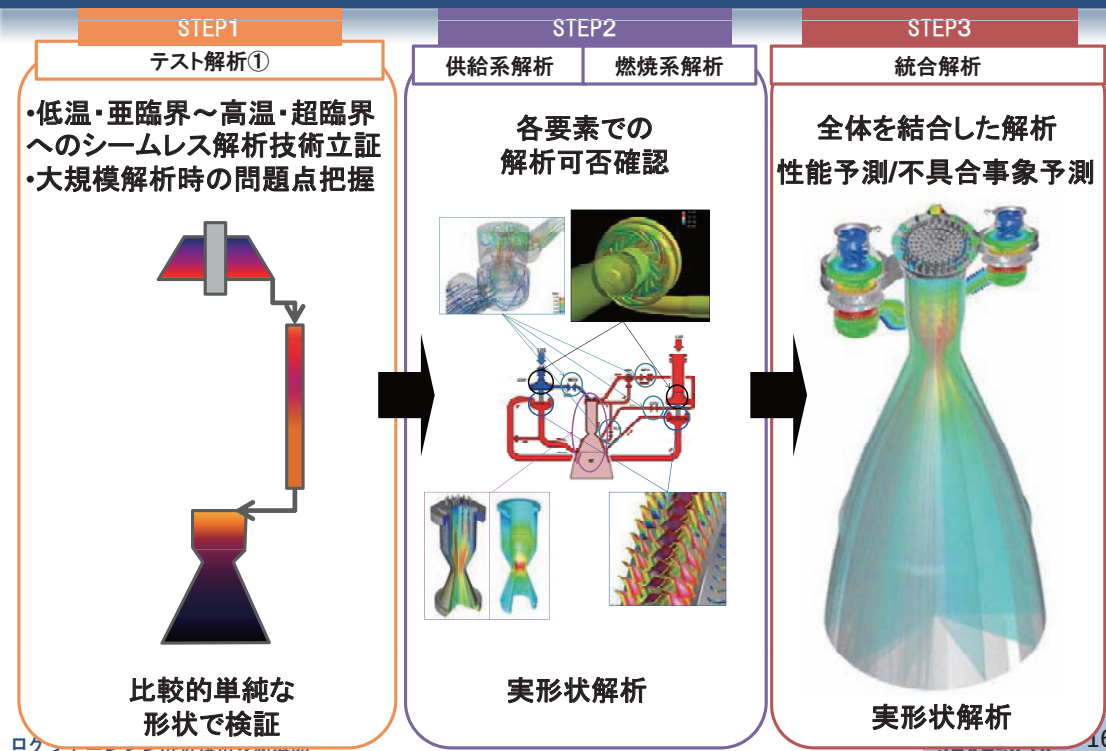
14

解析状況

ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI 15

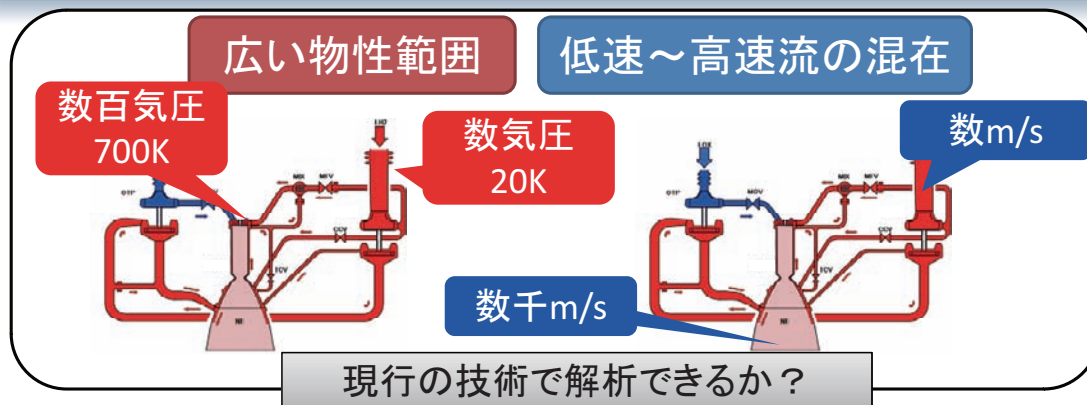
解析ステップ



ロケットエンジン解析技術の新展開

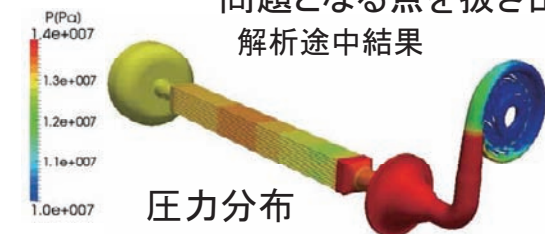
JAXA-JEDI 16

テスト計算

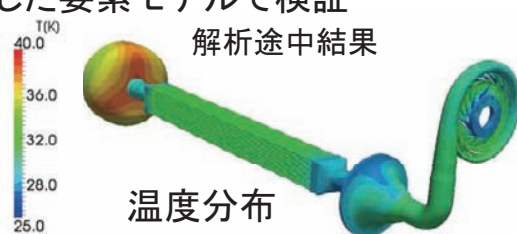


問題となる点を抜き出した要素モデルで検証

解析途中結果



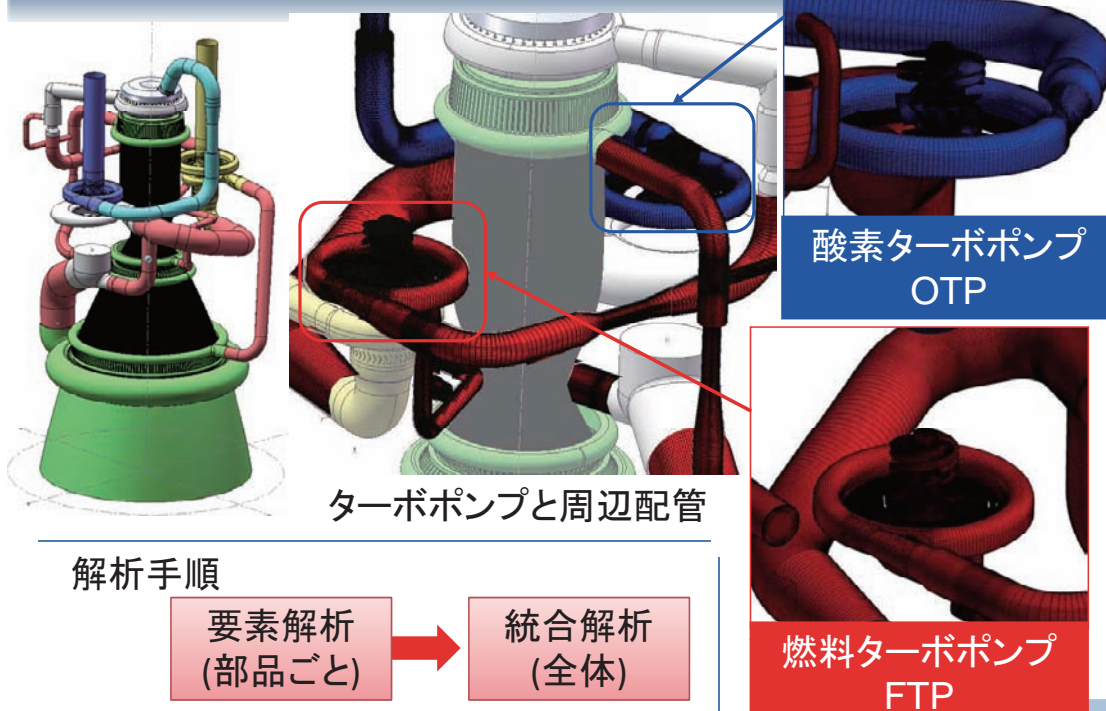
解析途中結果



ロケットエンジン解析技術の新展開

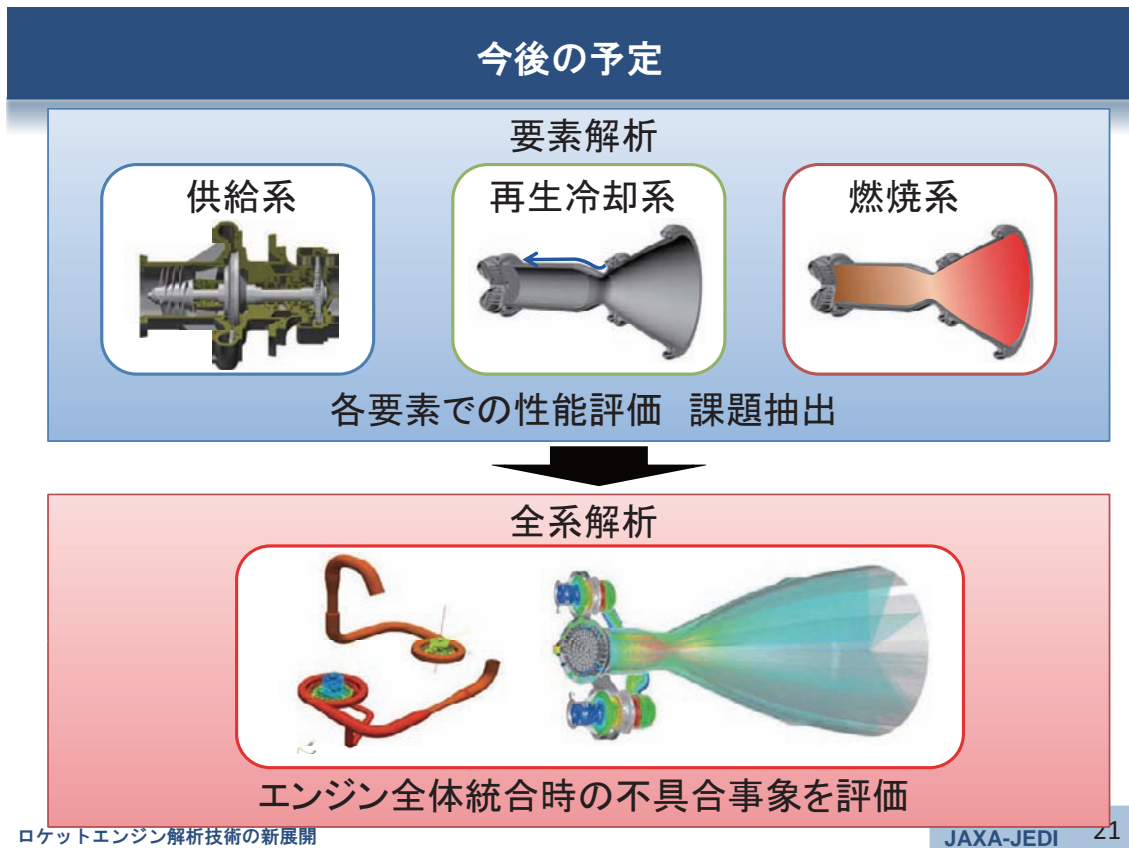
JAXA-JEDI 17

全系解析 計算格子



ロケットエンジン解析技術の新展開

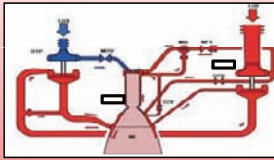
JAXA-JEDI 18



まとめ

まとめ

全系解析の意義



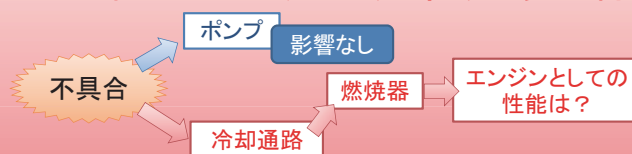
① 性能評価

期待した性能を満たせるか？

エンジンが形として出来る前に知る

② 不具合伝播

エンジンを如何に“生かす”か、という知見を得る



LE-Xエンジン全系解析を実施することで、
安全・安定・安心で 確実な開発を実現する



ロケットエンジン解析技術の新展開

JAXA-JEDI

23