

JAXAの目指す ロケットエンジンシミュレーション

宇宙航空研究開発機構
山西 伸宏

JAXAにおけるロケットエンジンシミュレーションの歩み

1999年11月 H-IIロケット8号機打ち上げ失敗

- 2001年 旧NASDA,旧NAL ロケットエンジンシミュレーションの部隊発足
- 当時LE-7Aエンジンで発生した技術課題を中心に研究テーマを設定
 - LE-7Aエンジンノズル横推力シミュレーション
 - LE-7Aエンジンインデューサシミュレーション
 - LE-7Aエンジン起動・停止過渡システムシミュレーション
- 2005年 JAXA情報・計算工学センター(JEDIセンター)の発足
 - 情報技術や数値シミュレーションに代表される計算工学技術をJAXA が中心となって実施する日本の宇宙開発に活かすことで、開発の効率化やロケットおよび宇宙機の信頼性向上を目指す
 - プロジェクト課題対応チームが発足し、プロジェクト支援を通してロケットエンジン設計開発をサポート

ロケットエンジンシミュレーションの現状と問題点

実際の開発における適用事例



現状:

- エンジン開発でCFD等が活用される環境が整った
- LE-7A 液体酸素ターボポンプ改良インデューサ
- LE-5B 改良ミキサー
- 他にも発生した不適合の原因究明で活用

問題点:

- 例: エンジン特有の高速&極低温のキャビテーション現象を捉える物理モデルがなく,CFDによる吸込性能予測は参考程度
- 燃焼試験と同等に扱われるほどの信頼に足り得る精度を出していなかった
- 開発後期での適用が多かったことからコスト低減への貢献度は低かった

三つの解決策

問題を解決するには、以下の三つの取り組みが必要と考える

数値シミュレーションを開発プロセスに直接組み込む体制の構築

- Solution 次期主力エンジンLE-X

数値シミュレーションを活用した設計解析ツールの開発

- Solution JAXA情報化事業「ロケットエンジン設計解析ツールの高度化」

数値シミュレーションに組み込む物理・数学モデルの開発

- Solution 東京大学におけるJAXA社会連携講座

解決策① 次期主力エンジンLE-X

大推力エキスパンダブリード

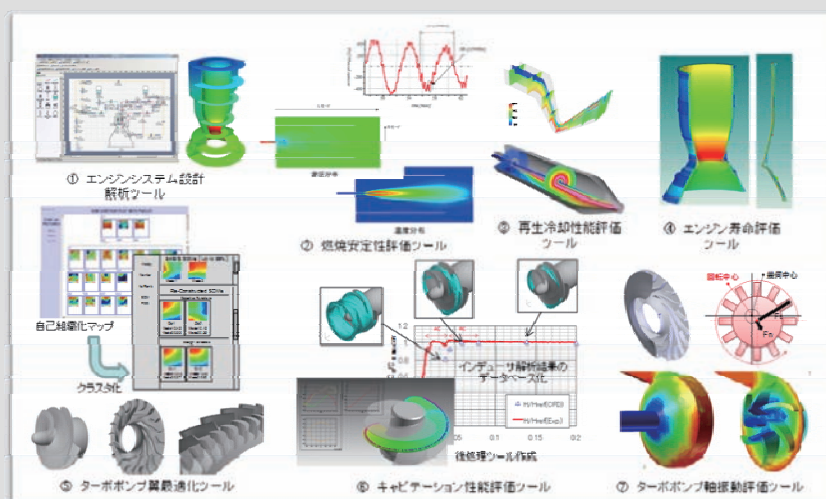


- 高信頼性開発プロセスの構築
- 高付加価値エンジン技術の獲得

- エクスパンダブリードサイクル
- 真空中推力100~150トン程度
- 真空中比推力430sec程度
- スロットリング機能あり
- 本質安全性, シンプル性, 高い運用性, 低コスト

- プロジェクト概要をJAXA野田氏の講演にて紹介
- 要素試験技術をJAXA富田氏の講演にて紹介
- メーカーの取り組みをMHI小金沢氏, IHI都丸氏の講演にて紹介

解決策② ロケットエンジン設計解析ツールの高度化



- JAXA/JEDIにおける7つの設計解析ツールの開発
- その一部をJAXA谷, 大門, 石原, 清水, CT社Hosangadi氏の講演にて紹介

解決策③ 東京大学におけるJAXA社会連携講座

ロケットエンジンのシミュレーションから
未踏科学と極限の世界を理解する

- 2008年1月に東京大学工学系研究科に設置(幹事専攻:航空宇宙工学科)
 - ロケットエンジン設計解析の基盤技術力の強化
 - 日本のロケットエンジンシミュレーションを世界トップクラスへ
 - ロケットエンジンシミュレーションの物理・数学モデルの開発
- 研究テーマ: 極低温キャビテーション, 高圧噴射・微粒化, 高圧燃焼, 物性・マイクロ現象
- 各テーマを東京大学越先生, 清水先生, 姫野先生, 信州大学津田先生の講演にて紹介

三つの解決策が効果を発揮すれば, 数値シミュレーション
はエンジン開発におけるコスト低減, 期間短縮, 信頼性評価
のキー技術になっているだろう

それはそれで設計開発の大きな進歩と言える

だが, 最終的に我々の目指しているものはその先にある

我々の目指すもの:
ロケットエンジン設計開発の再発明
Our Goal:
Reinvent rocket engine design & development

数値シミュレーションは工学的知見の宝庫であり,その可能性は無限に広がる. これを最大限に活用した取り組みは革新(innovation)を起こし,我々の考え方を根本から変えるもの(game changing)となるであろう.

**ロケットエンジンシミュレーションの再発明は
ロケットエンジン設計開発の再発明につながる**

**ロケットエンジンシミュレーションで起きた革新は
ロケットエンジン設計開発を根本から変える**

ところが実際は...
But in reality ...

ロケットエンジンシミュレーションの裏事情

表には出てこないが、担当者の抱える悩み...

スパコン年間運用費=液体ロケットエンジン認定試験シリーズ

- スパコンは100TFLOPS級を想定、エンジンは1段ブースタエンジン級を想定

数値シミュレーションに要する多大な前後処理,計算時間,計算リソース,人的リソース

- 数値シミュレーションは未だに熟練技術者を必要とする

適用範囲外の物理・数学モデルを使用

- 直感(予測)に反するシミュレーション結果が出てくる→結果が信用できない

このままだと数値シミュレーションが試験を代替するのは遠い未来になってしまう。莫大な計算機代を払いつつ、出てくる結果の信頼性が低く、しかも計算に何カ月もかかる解析システムなどは無用に近い。

ロケットエンジンシミュレーションの再発明には

- ・計算コストでの革新(x1/100)
- ・計算速度の革新(x100)
- ・計算精度の革新(x100)

のいずれかが必要となる



本シンポジウムを通じた議論で,我々の目指すべきシミュレーションを探っていきたい

- Overview of Pratt & Whitney Rocketdyne Modeling & Simulation Practices in the Development of Rocket Engines
Dr. Munir M. Sindir (Pratt & Whitney Rocketdyne)
 - Astrium Space Transportation's Liquid Propulsion Heritage and Simulation Capabilities
Dr. Oliver Knab (EADS Astrium)
 - キャビテーション流れのマルチスケール解析
松本 洋一郎 教授 (東京大学)
 - ものづくり分野における最先端シミュレーションの展望
加藤 千幸 教授 (東京大学)
- 東京大学航空宇宙工学専攻におけるロケット推進の研究活動
渡辺 紀徳 教授 (東京大学)

数値シミュレーションは工学的知見の宝庫であり,その可能性は無限に広がる. これを最大限に活用した取り組みは革新(innovation)を起こし,我々の考え方を根本から変えるもの(game changing)となるであろう.

ロケットエンジンシミュレーションの再発明は
ロケットエンジン設計開発の再発明につながる

ロケットエンジンシミュレーションで起きた革新は
ロケットエンジン設計開発を根本から変える

ご清聴ありがとうございます

また,本シンポジウムでの活発な議論をお願いします