

シミュレーション技術活用による液体ロケットエンジン設計開発の革新

根岸 秀世 (宇宙航空研究開発機構)

我が国の基幹ロケット H-IIA は、2011 年 9 月 23 日に 19 号機目の打ち上げに成功した。その成功率は 94.7% に達し、我が国のロケット技術が欧米に比肩するレベルであることを示している。一方で、H-IIA ロケットの設計開発は、1990 年代前半に実施されたものであり、米国からの技術導入や経験則もしくは実験ベースの設計開発プロセスに基づいている。今後の有人や再使用技術への発展を考えた場合、ロケットの設計開発には格段に高い信頼性と低コスト化が求められており、設計開発プロセスの革新が強く求められている。

ロケットの設計開発プロセスの革新を目指すにあたり、数値シミュレーション技術の活用が強く期待されている。実際、数値シミュレーション技術は、最近の解析手法およびそれを取り巻く環境(計算機性能の向上、汎用ソフトの普及など)の進歩により、H-IIB ロケットの開発やエンジンの改良設計に活用されるようになってきた。しかしながら、燃焼試験と同等に扱われるほどの信頼に足る精度を出しておらず、また活用タイミングは開発後期や不具合発生時の場合が多く、ロケットの高信頼化やコスト低減への貢献度は低いのが現状である。今後、シミュレーション技術がロケット開発での期待に応えるためには、①数値シミュレーションを開発プロセスに直接取り込む体制の構築、②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、③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、が必要不可欠である。

現在、JAXA 宇宙輸送ミッション本部では、ロケット設計開発プロセスの革新に向けた先駆的取り組みとして、次期主力エンジン LE-X の研究開発を進めている。LE-X は、上記①を目指した画期的な取り組みであり、そこではシステム設計技術、解析技術、要素技術の高度化、情報化技術の活用によってロケットエンジンの開発プロセスを革新し、従来の主力エンジン LE-7A に対して「開発期間半分」、「コスト半分」、「信頼性 2 倍」の実現を目指している。また、そこで目指している高信頼性開発プロセスは、開発初期から網羅的に「故障モード」を抽出することによる「定量的リスク評価」を基本コンセプトとしている。リスク評価で必要となるリスク値は、故障確率と影響度の積によって算出される。故障確率はバラツキを考慮したシミュレーションで算出され、影響度は故障伝播シナリオと行きつく最終状態から算出される。この様な背景から、JEDI センターでは前述の②の取り組みとして、LE-X 技術実証試験に向けてリスクが高くかつ集中的に取り組みが必要な液体ロケットエンジン設計解析ツールの開発を進めている。また、③の取り組みとして、2008 年から東京大学に JAXA 社会連携講座を設置し、液体ロケットエンジンに関する物理・数学モデルを構築し、エンジンの研究開発に係る解析の基盤技術力と All Japan の研究体制の強化を進めている。本講演では、これら JEDI センターにおける取り組みの最新状況と成果、また今後我々が目指す宇宙開発における革新について紹介する。

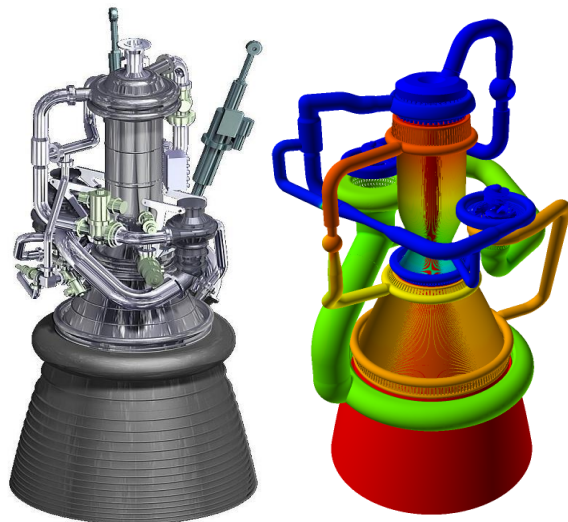


Fig. 1 LE-X エンジン CAD モデル(左)とエンジン全体解析例(右)