

連載



機体設計から部品製作実装まで 宇宙ロケットMOMO 開発深掘り体験

第6回 ロケット・エンジンの 設計と検証

金井 竜一郎 Ryuichiro Kanai



前回はロケット全体の飛行経路を、フライト・シミュレーション・ソフトウェアを使いながら予測していました。

今度は、ロケット・エンジンや推進系全体のシミュレーションについて解説していきます。

エンジン計算 ～燃焼というパンドラの箱～

● ロケット・エンジンの設計プロセス

ロケット・エンジンを含めた推進系全体の設計と試験については、概要を本誌2019年1月号の特集で紹介しました。その中で、NASA CEAを用いたエンジンの化学平衡計算について触れました。しかし、化学平衡計算はあくまでも理論値であり、それと実物との乖離については詳述しませんでした。

また、インジェクタ(噴射器)や燃焼器についても、典型的なものを紹介したのみです。そこで、実際にはどのように実物の設計をしているのか、もう少し掘り下げてみましょう。

● エンジン内では液体や気体が複雑な動きをする

設計するにはまず現象の理解からです。とりあえず、フルスロットルで燃え盛るロケット・エンジンの中を覗いてみましょう。図1のような景色が見えてくるはずですが、

インジェクタからは、秒間何リットルという推進剤が、家のシャワーくらいの穴から噴き出しています。ノズルからは、美しいダイヤモンド模様とともに、超音速のガスが空気を切り裂き轟音を発しながら噴き出しています。

ここで起きている現象を上流から見ていくと、下記のようになります。

- インジェクタから液体の燃料と酸化剤が噴出する(噴流・非圧縮性)
- 噴出した液柱同士が衝突して細かい液滴に分裂する(微粒化)
- 液滴が分裂しながら火炎に突入し、表面が蒸発する(気化)
- 蒸発した燃料と酸化剤がお互いに出会ったところで反応する(拡散燃焼)
- 反応した気体がノズルで超音速に加速されて出ていく(噴流・圧縮性)

この「微粒化」「気化」「拡散燃焼」「噴流」という現象のシミュレーションは、それぞれが学会でセッションの立つような最先端の研究分野です。さらにロケット・エンジンのような高速の流れでは、「乱流」といって細かい渦の枝分かれした、非常に複雑な流れとなります。雲の流れをイメージしていただくと少しわかりやすいかもしれません。

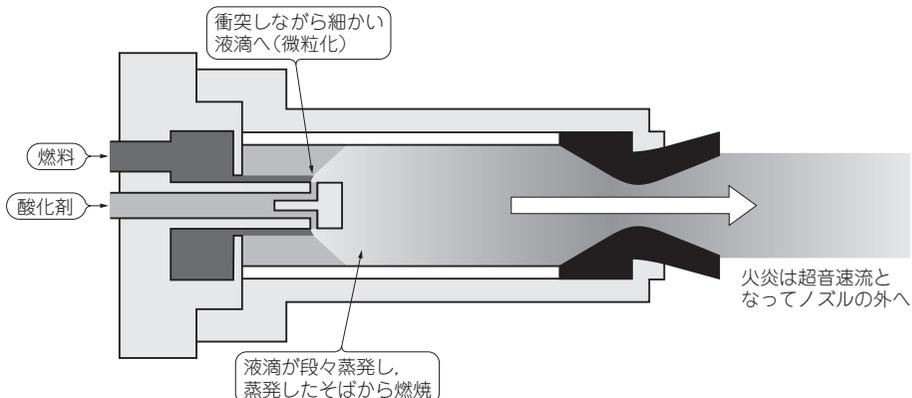


図1 ロケット・エンジン内部
液体の燃料と酸化剤が噴出、細かい粒になり、燃焼して気体に変化したあと、圧力変化しながら膨張して高速に噴出する

【セミナー案内】[実習セミナー] [KIT付き] 実習・Raspberry Pi3とAndroidではじめる先端組み込み機器入門
——IoTで活用するデバイス制御入門
【講師】 山際 伸一 氏, 7/20(土) 27,000円(税込み) <https://seminar.cqpub.co.jp/>