

# ハイブリッドロケットの燃焼応答関数の測定法の開発

機械・エンジニアリング

SATテクノロジー・ショーケース2018

## ■ はじめに

現在、宇宙輸送手段として液体または固体式のロケットが実用化されています。一方で、これらのロケットに比べてコスト面や環境適合性で勝り、高い安全性を擁していることから次世代のロケットとしてハイブリッドロケットが近年注目されつつあります。ハイブリッドロケットとは酸化剤に液体、燃料に固体を用いた液体ロケットと固体ロケットの特徴を併せ持ったロケットのことです。しかし、開発の歴史が浅いことから技術的な課題がいくつか存在しており、実用化には未だ至っていません。これらの技術的課題が解決され、実用化される事で、宇宙旅行や宇宙空間での科学実験を低コストで実現できると言われていることから、多くの機関でハイブリッドロケットに関する研究が現在も行われています。

## ■ ハイブリッドロケットと燃焼応答関数

ハイブリッドロケットの技術的な課題として、固体燃料の燃料後退速度や燃焼効率を上げる事、振動燃焼を引き起こす原因を探り、それを抑制することなどが挙げられます。研究例の少ない振動燃焼については、燃焼状態を不安定にする要因として、燃焼室内の音響定在波による効果、酸化剤供給システムとの連成、燃料表面上の境界層がもたらす要因などが挙げられます。ロケットモータ全体の燃焼安定性に関してエンジン内部では燃焼の不安定性を増大させる要素と減衰させる要素が存在しており、それらの和が負ならば系は安定、正ならば不安定というようにエンジンの安定性を表します。その要素の中のパラメータの1つに燃焼の影響を表す燃焼応答関数と呼ばれるものがあります。この値は、ハイブリッドロケットに限らず液体や固体ロケットの燃焼安定性予測法においても使われており、これらのロケットでも重要なパラメータとされています。しかしながら、ハイブリッドロケットではこの燃焼応答関数に関する理論的な研究は多数存在しているものの、実験的にこの応答関数を評価した研究は非常に少ないため、理論値と実験値の比較例が皆無で、その測定法の有効性が確認されていません。

## ■ 活動内容

現状では、ハイブリッドロケットの燃焼応答関数を測定する代わりに、実機大のモータを製作し燃焼試験をした上でその結果より全体の燃焼安定性を評価していますが、これでは多額の開発コストが必要となります。私達は、小型

モータを用いて燃焼応答関数を測定し、理論値と比較することで、私達の測定手法の有効性を評価することを目指しています。将来的には、ロケットモータ全体の燃焼安定性理論に組み込んで実機の安定性を予測し、従来の試行錯誤的な方法からの脱却を目指したいと考えています。

## ■ 燃焼応答関数の測定法の開発

回転円盤に付いた歯車により、ノズルスロット面積を変化させ、燃焼室内に圧力振動を生成させるModulated throat motorと、その時の内圧と燃焼応答関数についての関係式をハイブリッドロケット用に改良し、実験的に燃焼応答関数を求めます。ここで、Modulated throat motorは主ノズルと2次ノズルの2つのノズルを有しており、主ノズルは燃焼室内の平均燃焼圧の決定に寄与し、2次ノズルはその前面に配置された歯車が回転することで開閉が行われ、ノズルスロット面積を変動させて圧力振動を引き起こす為に用いられます。ここで、図1にModulated throat motorの概略図を示します。

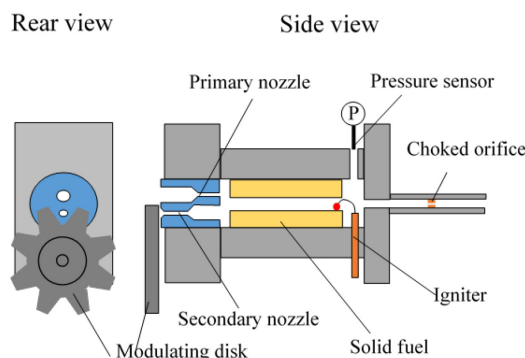


図1 Modulated throat motor

また、ノズルスロット面積の変動量は既に既知であり、燃焼試験より燃焼圧力の変動値、及び各物性値を取得できます。これらの値を用いて燃焼応答関数を実験的に評価する式を導出しました。現在、私達の研究室ではいくつかの燃料に対し、いろいろな圧力振動条件下での燃焼応答関数の測定・評価を行っており、理論値との整合性を調べています。

代表発表者 **黒澤 幸浩(くろさわ ゆきひろ)**  
 所属 **東海大学大学院  
 工学研究科機械工学専攻**  
 問合せ先 〒259-1292 平塚市北金目 4-1-1  
 TEL: 0463-58-1211  
 worldcup2022.pc@gmail.com

■キーワード: (1)ハイブリッドロケット  
 (2)燃焼応答関数  
 (3)Modulated throat motor

■共同研究者: 今福 成徳 (東海大学大学院工学研究科)  
 笹原 将 (東海大学工学部)  
 神崎 光平 (東海大学工学部)  
 森田 貴和 (東海大学工学部)