

希薄予混合燃焼器内の燃焼挙動の数値解析

Numerical analysis of combustion dynamics in lean premixed combustor systems

航空宇宙技術研究所 新城 淳史、溝渕 泰寛

1．目的

実スケールの希薄予混合ガスタービン燃焼器システムにおける振動燃焼などの燃焼不安定性の制御に向け、燃焼器内の火炎の挙動、振動燃焼のメカニズム等を数値計算によって調べる。主眼とするのは燃焼器システムとしての解を比較的短い計算時間で得ることであり、詳細な燃焼反応等はモデルとして与える。今回メインの対象とする燃焼器はガスタービンに典型的なスワラ燃焼器であるが、ブラフボディ型のモデル燃焼器への適用も現在行っている。

2．計算モデルおよび結果の概要

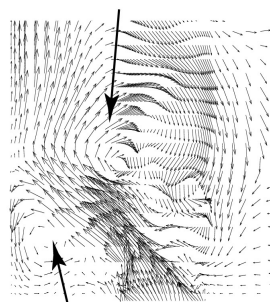
希薄予混合条件で起こる燃焼不安定性の制御に向けて燃焼器システム全体の数値シミュレーションを行った。計算手法には Large Eddy Simulation (LES) と flamelet モデルに基づく G-方程式を用いた。これは火炎面が薄いときに火炎面を未燃ガスと既燃ガスの不連続面とみなす手法であり、火炎面は乱流燃焼速度で既燃側から未燃側に伝播する。本報では、主に対象とする燃焼器は比較的实验結果の多いスワラ燃焼器とした。

図1に時間平均した燃焼器内の速度場および温度場の例を示す。燃焼器内では、流入ガスに与えられた旋回によって再循環領域が形成され高温の既燃ガスが留まることによって保炎がなされていることがわかる。この結果は同様の実験におけるPIV等の計測結果とほぼ一致する結果となっている。

各時間における瞬間の様子を見ると燃焼器内の火炎は非定常に形状を変えている。図2に燃焼器内の圧力履歴の一部を示す。これから観察される音響振動の基本モードは約740Hz程度であり、これは既燃ガスの温度から決まる音速および燃焼器長さによって求められる4分の1波長モードに対応している。またこれに伴い、系の発熱量は時間的に変化している。燃焼器内の振動が減衰せず続くのは燃焼によって生じた発熱の一部が振動のエネルギーとして供給されているからと考えられる。燃焼器への流入速度は圧力振動によって変動しており、それによって放出された渦が火炎形状を変化させ発熱量を変化させるというように現象がお互いにカップリングしている。したがって、何らかの制御により流れ場を変化させれば燃焼器内の燃焼の様子を変えることができるようになる。

以上の手法で燃焼器システムの数値計算が可能になることがわかった。現在試験的に2次燃料噴射などの制御を組み込んだ計算を行っている。また、実際の航技研モデル燃焼器へ適用し、保炎器部分の燃焼場の解析を現在行っている。

Central Recirculation Zone



Corner Recirculation Zone

図1 燃焼器入口での平均速度場・温度場

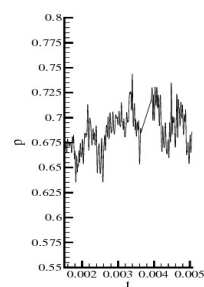


図2 燃焼器内の圧力履歴