

極超音速統合制御実験機(HIMICO) 水素ラムジェット燃焼温度制御試験

田口秀之, 高橋英美, 本郷素行, 百瀬雅文, 熊本真哉, 高橋一真(JAXA)

中山浩太郎, 廣瀬帆, 吉田凌大, 田所拓馬, 瀧澤兼吾, 中谷辰爾, 津江光洋(東京大学)

鈴木歩都, 有吉志満, 成田知史, 高松俊介, 山口 慧, 小林 亮太, 佐藤哲也(早稲田大学)

実験期間: 2024年7月16日~7月26日

極超音速統合制御実験機(HIMICO)のエンジンの推力制御を目的として, 水素ラムジェット燃焼器の燃焼温度制御試験を行った. 東京大学柏キャンパスの極超音速高エンタルピー風洞において, HIMICO実験機用エンジンを風洞に直結して, 燃焼試験を行った. 目標燃焼温度に近づくように燃料の流量調整弁の開度を制御した.

図1にラムジェット燃焼温度制御試験装置の写真を示す. この試験では, 目標温度を 1500K に設定して, 制御ゲインを変更させながら応答特性を取得した. 左側にある空気加熱器から高温空気をエンジン内部に供給した. 本試験においては, マッハ4飛行条件を模擬し, 空気の全圧は絶対圧で300kPa, 全温は900K程度とした. 高温空気の供給を開始した後, 空気温度が上昇して静定するまでの時間が経過してから水素燃料をラム燃焼器に噴射した. 図2に燃焼温度制御試験時の排気ジェットを示す. 燃焼温度の変化に応じて, 排気ジェットの長さが変化した.

図3にラム燃焼器の温度制御試験の結果を示す. a)に燃料流量調整弁開度(FCV)の履歴, b)に燃焼温度履歴を示す. FCVの初期開度は85%として, 目標温度(1500K)に対して, 比例制御を行った. 46~47sでは燃焼温度が目標温度より低い場合, FCV開度が上昇している. 47.5~50.5sの区間は, 燃焼温度が目標温度より高い場合, FCVが下降している. 同様に, 50.5~52.5sの区間はFCVが上昇, 53~55sの区間はFCVが下降している.

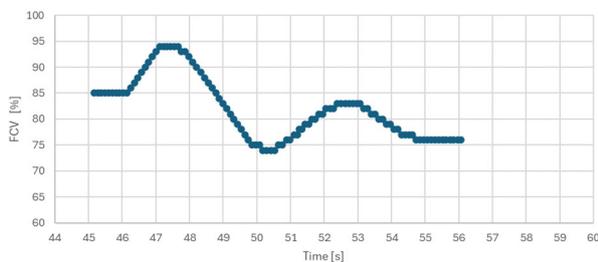
c)の温度履歴を見ると, FCVの変化より1秒程度遅れて, 上昇と降下をしている. この理由としては, 燃料供給系の応答速度と熱電対の応答速度の両方が影響していることが考えられる. また, 温度履歴は, 0.3秒程度置きに変化している. これは温度計測装置の処理速度によるものである. 今後は, 制御則を改良して, 燃焼温度の収束速度を向上させることを計画している.



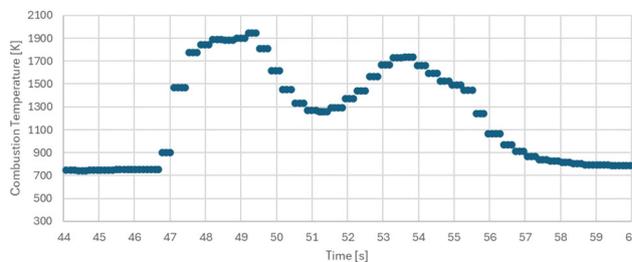
図1 ラムジェット燃焼温度制御試験装置



図2 燃焼温度制御試験時の排気ジェット



a) 燃料流量調整弁開度 (FCV)



b) 燃焼温度

図3 ラム燃焼器・温度制御試験結果

成果の発表先, 関連文献等

[1]田口秀之, 佐藤哲也, 手塚亜聖, 津江光洋, 土屋武司, 中谷辰爾, 森田直人, 瀧澤兼吾, 松尾亜紀子, 廣谷智成, 今村俊介, 高橋英美, 本郷素行, 「極超音速統合制御実験機(HIMICO)のマッハ5推進風洞実験」, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 2024年11月.