

極超音速飛行に向けた流体・燃焼の基礎研究

報告書番号：R18JCMP18

利用分野：競争的資金

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2018/8990/>

● 責任者

沖田耕一，研究開発部門第四研究ユニット

● 問い合わせ先

高橋 政浩 (takahashi.masahiro@jaxa.jp)

● メンバ

高橋 政浩, 小寺 正敏, 宗像 利彦, 福井 正明, 高橋 正晴, 長谷川 進, 富岡 定毅

● 事業概要

本研究は、地上風洞設備で超音速燃焼試験を行う際に問題となる、風洞気流加熱用燃焼ガスの混入や気流の乱れが燃焼過程に及ぼす影響について、風洞試験と CFD の両面から現象解明し、こうした風洞依存性の影響を再現できる数理モデルを提案し、それらを組み込んだ CFD ベースのツールを構築することで、風洞試験データから実飛行データを推定可能にすることを目標としている。最終的には、飛行試験を実施して実飛行データによるツール検証を行う計画である。

● JSS2 利用の理由

近年、燃料として超音速燃焼器でも炭化水素系燃料が注目されていることから、本飛行試験でも燃料にエチレンを用いる計画である。エチレンの燃焼反応過程は多くの化学種が関与する複雑なものであり、風洞気流組成の違いを評価可能な反応機構を用いた燃焼 CFD は計算負荷が高い。さらに、試験機供試体形状やそれに搭載する燃焼器供試体の内部流路形状の設計では、数多くのパラメトリック計算を限られた期間内に実施しなければならない。よって、高い計算能力を持つ JSS2 の利用が必要不可欠である。

● 今年度の成果

飛行試験機に搭載する超音速燃焼器供試体の内部流路形状について、詳細な Skeletal 反応機構を用いた燃焼 CFD による設計検討を実施した。同供試体には、地上風洞試験と飛行試験での気流組成の違いにより圧力計測で識別できる燃焼圧力の差が生じることが求められ、そのためには燃焼圧力が高いほうが有利と考えられる。燃焼 CFD による比較評価より、当初形状案に比べ、高当量比での超音速モード作動かつ高燃焼効率の達成が期待される改良型燃焼器形状を得た。また、燃焼加熱式超音速風洞の

気流に水蒸気が含まれることで、炭化水素燃料の燃焼により生成される水蒸気と CO2 の割合が、実際の飛行条件の値と異なることも示された。

その他、飛行試験機の空力特性推算および形状変更による空力特性改善策の検討を行い、機体空力設計に関する知見を得た。また、CFD で推定した機体表面圧力分布に基づき、飛行試験機に搭載する気流状態計測センサ(FADS)を設計試作し、風洞試験による初期評価を行った。

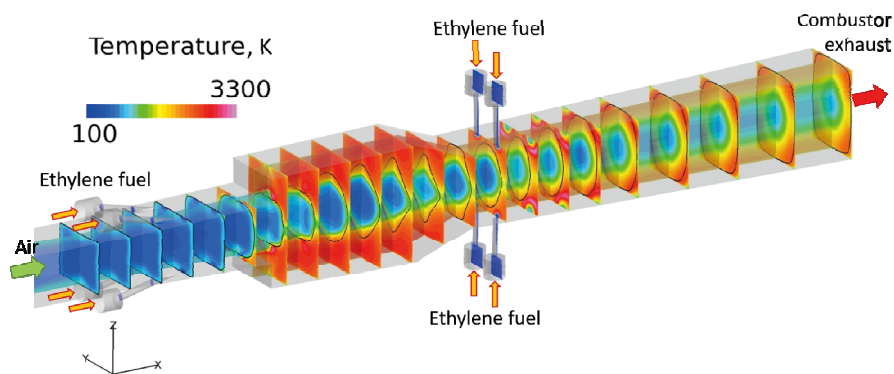


図 1: 改良型超音速燃焼器の静温断面分布(飛行マッハ数 6.1 条件, エチレン燃料, 1 段噴射/2 段噴射当量比は 0.25/0.25, 各断面の黒線は音速線)

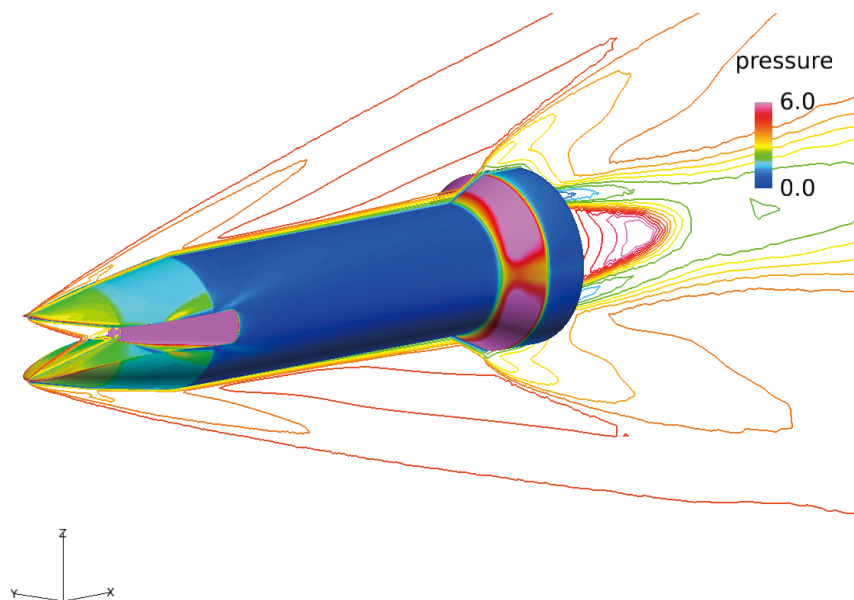


図 2: 飛行試験機の空力解析結果;機体表面圧力分布とスパン方向対称面の等マッハ数線図(飛行マッハ数 6, 迎角 0 度)

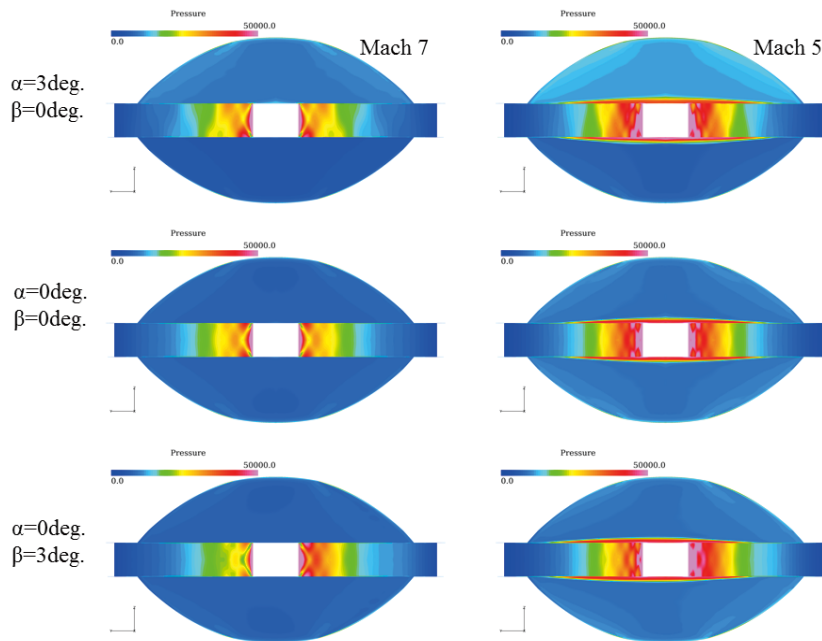


図 3: FADS 設計に用いた飛行試験機インレットランプ面および側壁の表面圧力分布(左列:飛行マッハ数 7, 右列:飛行マッハ数 5. 上段: $\alpha=3$ 度, $\beta=0$ 度. 中段: $\alpha=0$ 度, $\beta=0$ 度. 下段: $\alpha=0$ 度, $\beta=3$ 度. ここで, α は迎角, β は横滑り角)

● 成果の公表

-査読なし論文

1) 高橋政浩, 富岡定毅, 小寺正敏, 小林完, 長谷川進, 清水太郎, 青野淳也, 宗像利彦, "スクラムジェット飛行試験用燃焼器の流路形状設計検討について", 第 59 回航空原動機・宇宙推進講演会講演論文集, JSASS-2019-0053, 2019 年.

2) 高橋英美, 高嵩浩一, 谷香一郎, 小寺正敏, "極超音速機用飛行データ取得システムの設計と検討," 第 59 回航空原動機・宇宙推進講演会講演論文集, JSASS-2019-0055, 2019 年.

-口頭発表

1) 高橋政浩, 富岡定毅, 小寺正敏, 小林完, 長谷川進, 清水太郎, 青野淳也, 宗像利彦, "スクラムジェット飛行試験用燃焼器の流路形状設計検討について", 第 59 回航空原動機・宇宙推進講演会, 講演 2A11, 2019 年.

2) 高橋英美, 高嵩浩一, 谷香一郎, 小寺正敏, "極超音速機用飛行データ取得システムの設計と検討," 第 59 回航空原動機・宇宙推進講演会, 講演 2A13, 2019 年.

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	640 - 1280
1 ケースあたりの経過時間	400 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合^{※1} (%) : 0.45

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
SORA-MA	4,227,867.20	0.52
SORA-PP	1,801.84	0.01
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
/home	124.74	0.13
/data	6,557.72	0.12
/tmp	2,718.10	0.23

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
J-SPACE	1.90	0.07

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合