

衝撃波干渉を伴う飛翔体の超音速・極超音速空力特性

報告書番号：R19JACA20

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11408/>

● 責任者

北村圭一，横浜国立大学

● 問い合わせ先

北村圭一(kitamura@ynu.ac.jp)

● メンバ

北村 圭一，瀧本 浩之，長谷 尚央也，八木沼 大翔

● 事業概要

衝撃波が発生する速度域では、数値計算において様々な困難な点が存在するため、得られていない知見が数多く存在する。この研究では、衝撃波振動が発生する翼形状における高速バフエット条件、クラスタ化された低温プルームジェット干渉を含むロケット形状に対しての超音速一様流条件、姿勢制御用サイドジェットを含む鈍頭形状物体に対しての極超音速一様流条件で数値計算を行う。これらを通して、衝撃波が発生する広い速度域において流れ場の多角的な知見を得ることを目的とする。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

高速バフエットによる衝撃波振動の再現、超音速流中の低温プルームジェット干渉の再現、極超音速流/ジェット空力干渉による空力加熱率の再現は非常に不安定な計算であり、時間的にも空間的にも高い解像度が要求され、計算コストは膨大となる。高精度な大規模計算を短時間で可能にする最新鋭のスパコンを用いることで、研究速度を飛躍的に向上することができる。

● 今年度の成果

- ・ Vortex Generator による高速バフエットの抑制

コード長 $c = 200$ [mm] の遷音速 2 次元翼型 NASA SC(2)-0518 に対し、一様流マッハ数 $M = 0.7$ 、翼弦長を代表長としたレイノルズ数 $Re = 5 \times 10^6$ の条件で Blade 型 VG の各パラメータを変更し計算を行った(図 1 は VG 位置 $C_v = 0.2 (= x/c)$, VG 高さ $H_v = 1.2$ [mm], VG 間隔 $D_v = 40 H_v (= 48$ [mm]), VG 長さ $L_v = 4 H_v (= 4.8$ [mm]), VG 取り付け角 $A_v = 20$ [°] のケース)。その結果、垂直衝撃波と VG が干渉しているケースを基準とすると、 C_v はより上流側に、 H_v はより低く、 D_v はより密に配置することで揚力が改善した。また、 L_v , A_v は流れ場には大きな影響を与えなかった。

- ・ 超音速流中の低温プルームジェット干渉

一様流マッハ数 $M=1.5$ の環境下における 3 次元飛翔体モデルのノズルから超音速ジェットを噴射し、このジェットと一様流の干渉の考察を行った。また本計算ではノズル個数を 1, 2 個と設定し、ジェット同士の相互作用にも着目した。その結果、最もノズル間距離を大きくし、一様流とノズルの側面が干渉するケース(図 2 参照)において、ジェットを付与した際に軸力が増加しないため、推進性能の向上が見込まれる。

・ジェット空力干渉を伴う極超音速空力加熱計算

一様流マッハ数 $M=8.1$ の条件で、全長 $L=120[\text{mm}]$ 、曲率半径 $R_b=20[\text{mm}]$ の 3 次元鈍頭物体の後方に設置された 2 つのノズル(ノズル直径 $D_j=1.5[\text{mm}]$)から超音速ジェットを噴射し、ノズル間距離およびその配置を変更して数値計算を行った。その結果、機体方軸向にノズルを配置した場合、ノズル間距離 $3.36D_j$ (計算ケースの中では最小)で熱流束ピーク値は最大となった。図 3 は機体表面の熱流束コンターおよび表面流線を示している。なお、ノズル間距離によるジェット上流の流れ場に大きな影響はなかった。

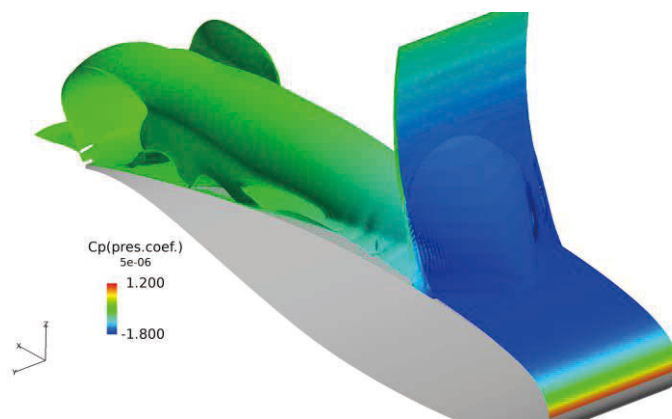


図 1: 圧力係数 C_p で色付けされた Q 値等高線図(Vortex Generator による高速バフェットの抑制)

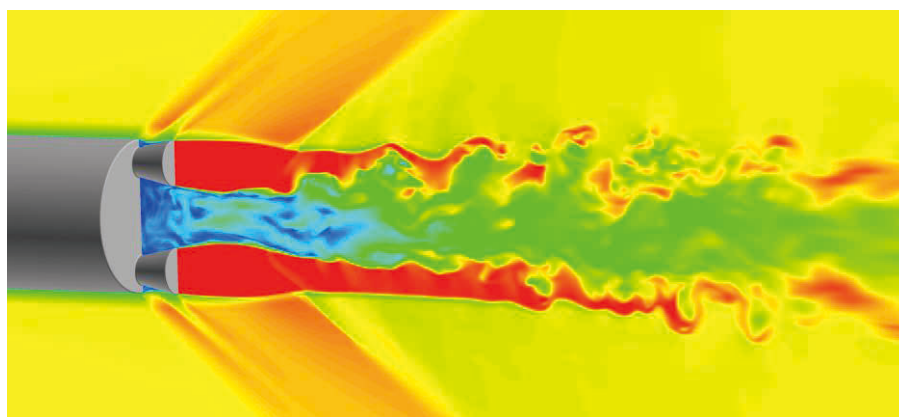


図 2: 最もノズル位置が離れたケースにおけるジェットを付与している際のマッハ数等値線図

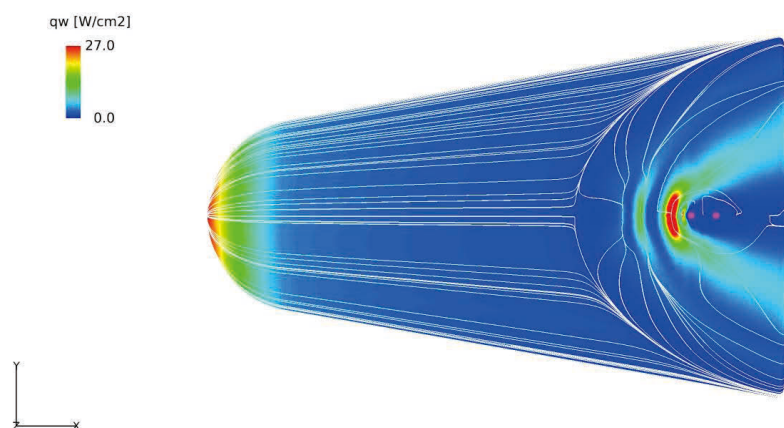


図 3: ノズル間距離 $3.36D_j$ における機体表面熱流束コンターおよび表面流線(ジェット空力干渉を伴う極超音速空力加熱計算)

● 成果の公表

-口頭発表

長谷尚央也, 北村圭一, "サイドジェット空力干渉流れにおける極超音速空力加熱計算", 日本流体力学会 年会 2019

● 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	OpenMP
プロセス並列数	288 - 480
1 ケースあたりの経過時間	30 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.33

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	2,498,744.81	0.30
SORA-PP	28,795.33	0.19
SORA-LM	12,351.37	5.16
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	288.01	0.24
/data	9,670.26	0.17
/ltmp	2,343.75	0.20

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	2.97	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