

細長物体空力特性に対するレイノルズ数効果

報告書番号：R19JACA21

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11409/>

● 責任者

北村圭一, 横浜国立大学

● 問い合わせ先

川島 勇斗(横浜国立大学大学院)(kawashima-hayato-rn@ynu.jp)

● メンバ

北村 圭一, 川島 勇斗

● 事業概要

ロケットに代表される細長物体の抗力値を風洞試験により得ようとする際、ベース部に取り付けられた機体模型支持棒(スティング)の影響を取り除く為にキャビティ圧やベース圧を考慮した機体抵抗値の補正が行われる。そしてこの抵抗値は補正方法に大きく依存することから、補正方法の十分な検討が必要である。こうした背景を踏まえ、本研究では風試結果とそれを良好に再現した数値計算結果の詳細な比較を行った。その結果、強い衝撃波が生じるような場合でもキャビティ圧を一様流静圧と同程度として処理すれば良いことが判明した。また、ベース圧測定においては、局所的な高圧領域が生じる最も風下側の位置を避けて測定すれば良いことが判明した(両者を適用することで、迎角 15 度において誤差を 1%以内に抑えることが可能)。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では様々な形状、迎角を扱うため計算ケースが多いことや、高い解像度の結果が必要なため格子点数が多いことから、効率的かつ正確な数値計算を行うためには高性能なスーパーコンピュータを用いる必要があった。

● 今年度の成果

細長物体(対象形状:図 1)のレイノルズ数効果を調査するにあたり、初めに風洞試験と数値解析との間に生じる全機抵抗の誤差の原因を、キャビティ圧補正とベース圧補正の観点から調査した。その結果、一様流マッハ数 $M=1.3$ における細長物体風洞試験では、キャビティ圧を一様流静圧と同程度とみなして処理することで、機体迎角 0～15 度において数値解析結果と前面抵抗の比較で 1%以内の精度で一致させることができた(例えば真空と仮定した場合には 13%、ベース圧と仮定した場合には 5%の誤差がそれぞれ生じる)。さらに、風洞試験と同様に数値計算の解における測定位置 4 点からベース圧

を独自に算出することで、測定位置の違いによるベース圧算出結果の誤差を調査した。その結果、ベース面形状が円形や四角形といった一般的な形状の風洞試験の際には、局所的な高圧領域が生じる最も風下側の位置(図 2, 図 3)を避けて測定することで、風洞試験と数値計算の全機抵抗値結果を 1%以内の精度で一致させることができた(迎角 15 度の場合)。

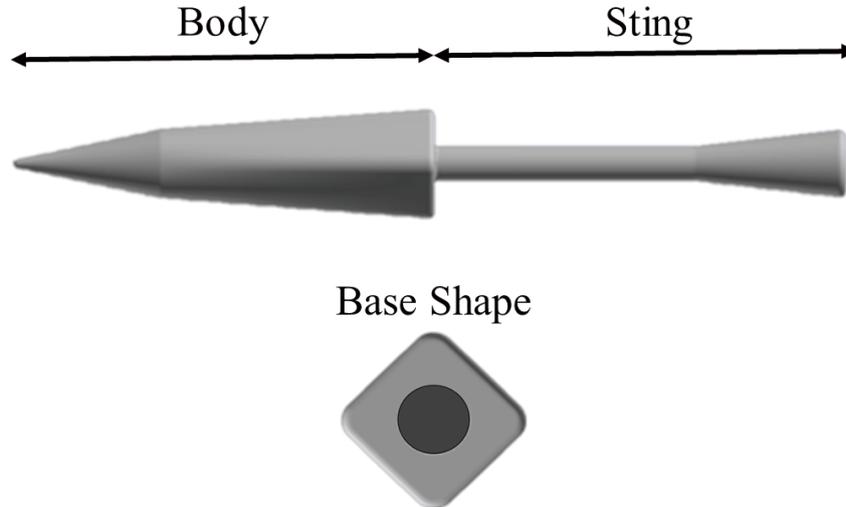


図 1: 対象形状(四角断面形状の場合)

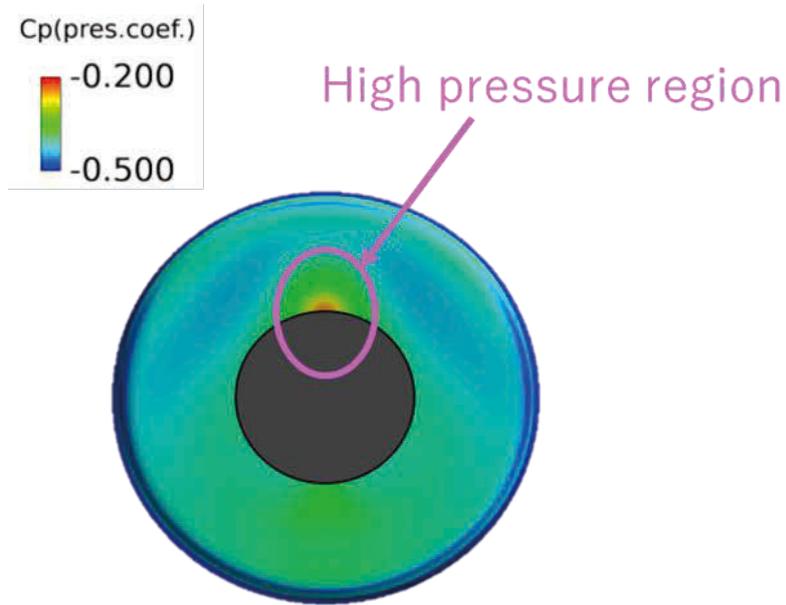


図 2: 円形形状・迎角 15 度におけるベース面圧力分布

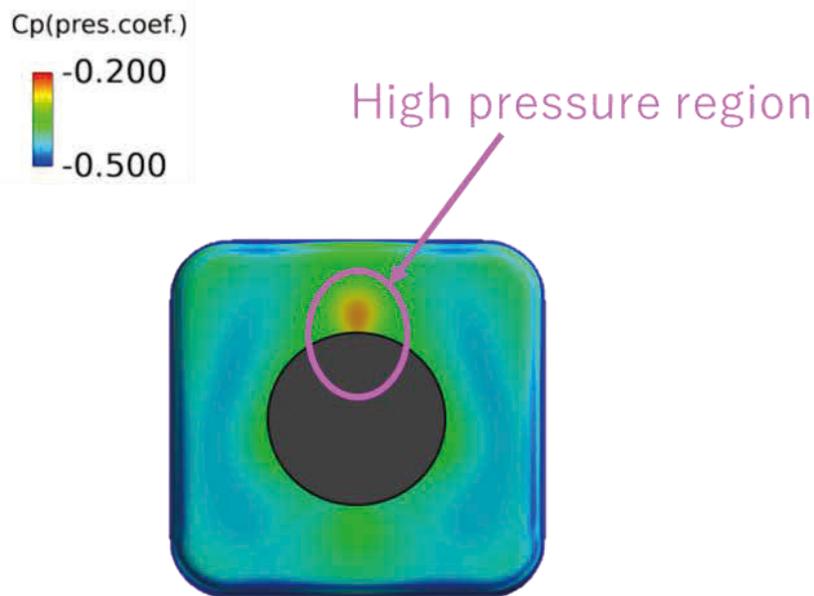


図 3: 四角形状・迎角 15 度におけるベース面圧力分布

● 成果の公表

-口頭発表

1) 川島 勇斗, 北村 圭一, 野中 聡「(1C02)再使用型ロケットの遷音速飛行時における空力解析」, 日本航空宇宙学会第 50 期年会講演会, 東京大学生産技術研究所, 東京都駒場区, 2019 年 4 月 18 日.

2) 川島 勇斗, 北村 圭一, 野中 聡「細長物体の遷音速風洞試験におけるベース抵抗の補正方法検討」, 令和元年度宇宙航行の力学シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, 神奈川県相模原市, 2019 年 12 月 9 日.

● 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	96 - 512
1 ケースあたりの経過時間	8 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.03

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	81,633.87	0.01
SORA-PP	16,248.56	0.11
SORA-LM	215.72	0.09
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	6.68	0.01
/data	4,787.45	0.08
/ltmp	1,367.19	0.12

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	0.00	0.00

※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