

CFD による高速飛翔体の動的姿勢安定性評価の研究

報告書番号：R24JACA60

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/27452/

● 責任者

宮路幸二, 横浜国立大学

● 問い合わせ先

宮路 幸二(miyaji@ynu.ac.jp)

● メンバ

兵頭 和希, 宮路 幸二, 高柳 賢一郎

● 事業概要

CFD を用いて, 高速飛翔体の静的・動的な姿勢安定性を評価する. 特に, JAXA を中心に複数の大学で共同研究開発が進められている極超音速統合制御実験機 (High-Mach Integrated Control experiment, HIMICO) を解析対象とする. 汎用的で高い精度が期待できるが計算負荷の大きな CFD 解析と, CFD の表面格子を利用した簡易的な極超音速 Newton 流れ解析を比較する. 軌道計算, 姿勢制御において必要な動安定微係数を取得するために, 精度と効率を両立する計算手法を調べる.

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

複雑な形状の高速飛翔体まわりの定常・非定常な CFD 空力解析のために, 高速なスパコンが必要である. JSS3 では自主開発コードだけでなく, JAXA から利用提供を受ける解析ツールの実行も可能である.

● 今年度の成果

(図 1)に機体形状 (エレボン舵角 -30°) と計算格子を示す. (図 2)に, 飛行マッハ数 5 において迎角 α を変化した場合の, 揚力係数 CL, 抗力係数 CD, 重心まわりピッチングモーメント係数 C_m の変化を示す. 中実のシンボルが CFD の解析結果である. また, 中空のシンボルと実線で示すより多くの解析結果が, 極超音速 Newton 流れ近似によるものである. Newton 流れでは表面格子のみが必要であり, 通常は粗い格子が用いられるが, CFD 用の密な表面格子をそのまま用いた. 幅広い迎角で, 両手法の空力係数の一致は概ね妥当であるが, 迎角 0 付近の静安定性 (C_m の傾き) に差異が見られる. また, ここに示さないが, マッハ数 3 程度では, 両者の不一致が拡大する.

(図 3)は, 舵角無し, エレボン舵角を左右逆に (機体ロール制御), またラダー舵角も組み合わせた場

合など, 6 つの舵面形状において, 迎角変化に対するピッチ動安定微係数の変化を示すものである. 計算負荷の小さい Newton 流れ近似は多数ケースの結果を示し, CFD は迎角 20° の結果のみ示す. CFD におけるピッチ動安定微係数は, 重心まわりにピッチ方向定常回転運動を行なった場合のピッチングモーメントより求める. 異なる回転角速度 q に対する C_m の変化量より, 有限差分により $d(C_m)/dq$ を求める. 2 つの解析手法の比較では, 両者の一致は良好と言える. しかし, やはりマッハ数の低下とともに不一致が生じること, また, Newton 流れ近似は, 他の縦動安定微係数(迎角時間変化に対する C_m の変化率)を求める手法の開発が必要である.

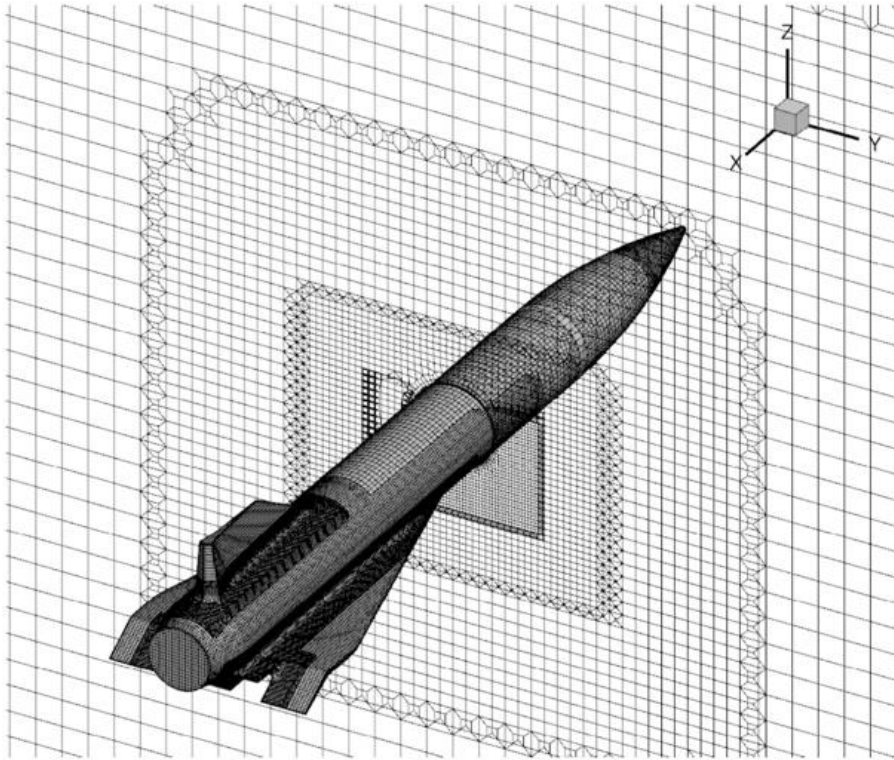


図 1: エレボン舵角を有する HIMICO 形状と計算格子

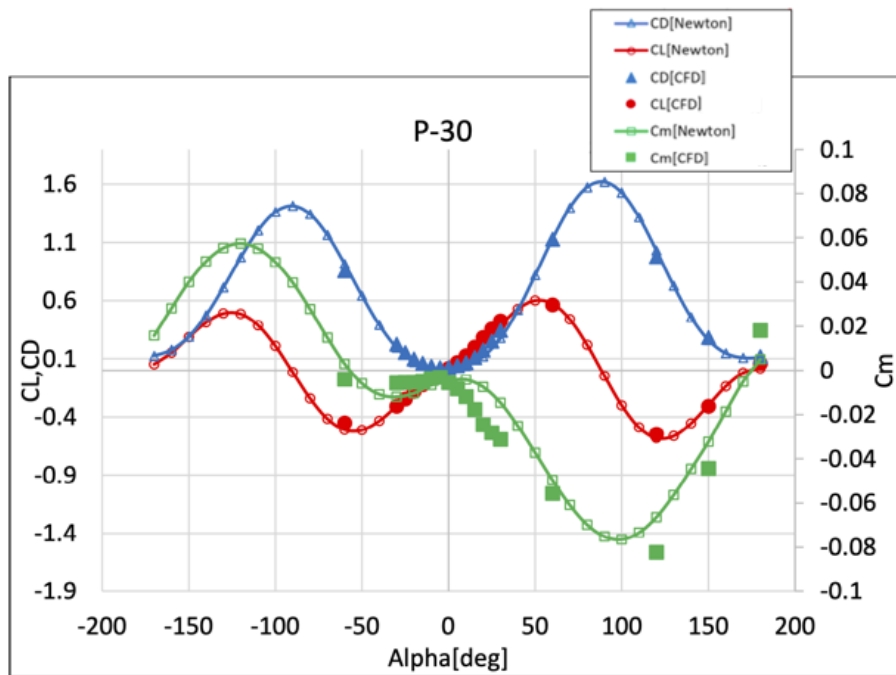


図 2: 縦空力特性の CFD と極超音速 Newton 流近似の比較

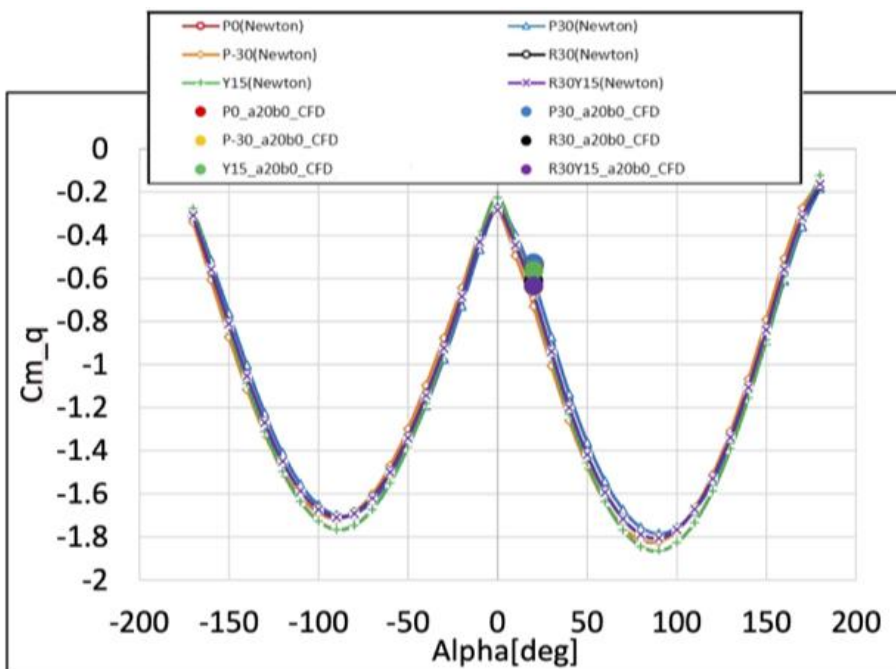


図 3: 縦動安定微係数の CFD と極超音速 Newton 流近似の比較

● 成果の公表

なし

● JSS 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	72 - 576
1 ケースあたりの経過時間	8 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.01

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	0.00	0.00
TOKI-ST	91,225.63	0.09
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	329.15	0.02
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	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	0.00	0.00
/data 及び/data2	10,240.00	0.05
/ssd	0.00	0.00

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

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.59	0.00

※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