

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：R23JACA60

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/24098/

● 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

宮路 幸二，八幡 拓洋

● 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．非定常流れに対する汎用的な時間進行法と，周期的非定常流れに対する計算効率の高い時間スペクトル法の両者を用い，計算精度を比較する．姿勢・軌道計算において，これまで簡易的な手法で評価されることの多かった動安定微係数を定量的に求めることで，軌道予測や姿勢制御の精度を上げることを目標とする．

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

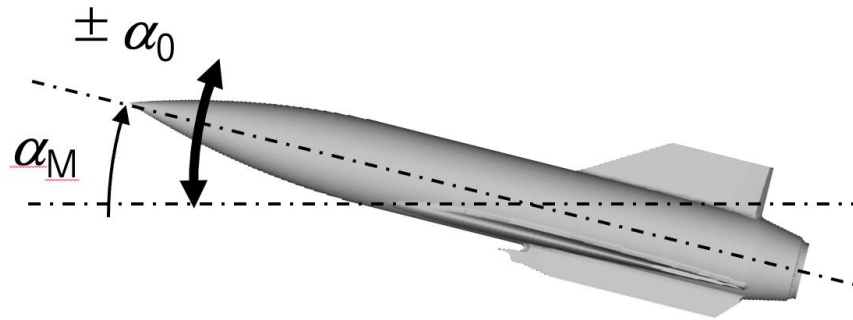
複雑な形状の高速飛翔体まわりの定常・非定常な CFD 空力解析のために，高速なスパコンが必要である．JSS3 では自主開発コードだけでなく，JAXA から利用提供を受ける解析ツールの実行も可能である．

● 今年度の成果

(図 1)に機体形状と計算の概要を示す．飛行マッハ数 5，平均迎角 $\alpha_M=0^\circ$ とし，重心まわりに振幅 $\alpha_0=1^\circ$ のピッチ強制振動を行う．気流速度と半翼幅で無次元化した角振動数は 0.025(実振動数 34.4 [Hz])とする．尚，CFD 計算格子は JAXA の HexaGrid を用いて生成し，格子点数は約 760 万である．

剛体のピッチ振動の運動方程式を考えると，ピッチ角速度の項が減衰成分となることから，ピッチングモーメント履歴中で，基準強制振動に対して $\pi/2$ だけ位相のずれた成分より動安定微係数(ピッチ減衰和)が求められる．二次精度の時間進行法を用いた CFD 計算では，1 ステップの無次元時間刻み $\Delta t=10$ (強制振動周期の約 $1/930$)と $\Delta t=5$ (同 $1/1860$)の結果を比較した．また，周期解に対する時間スペクトル法では，フーリエモードの打ち切り次数(Num. of Harmonics)が 1 と 2 の結果を比較した．

以上, 4 つの結果のピッチ減衰和の比較を(図 2)に示す. モード次数による差は小さい一方, Δt による差が明確に見られる. $\Delta t=5$ と時間スペクトル法の結果は良好に一致し, $NH=1$ の場合には, 計算時間は 1/5 以下となる.



$$\alpha(t) = \alpha_M + \alpha_0 \sin(\omega t)$$

図 1: 機体形状と計算概要

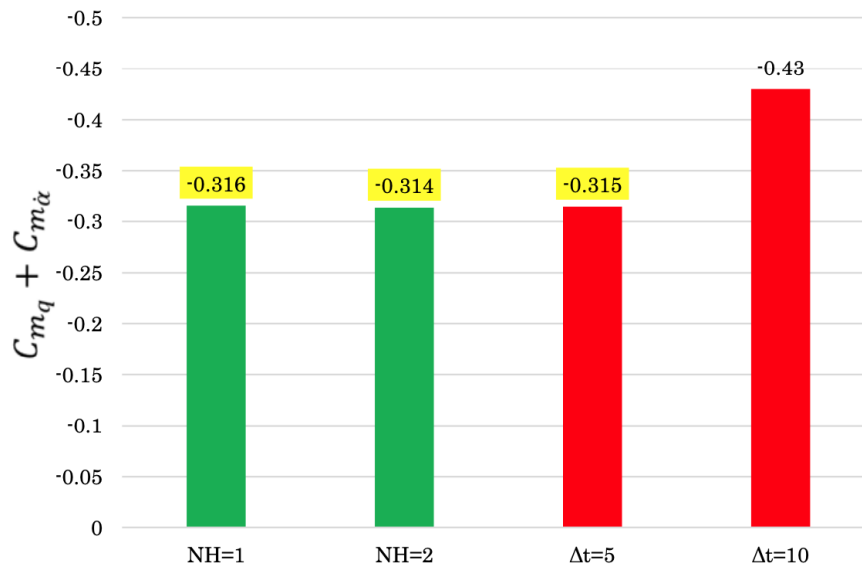


図 2: ピッチ減衰和に及ぼすモード次数または時間刻みの影響

● 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	192
1 ケースあたりの経過時間	4 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.00

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	6,382.99	0.00
TOKI-ST	795.41	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.62	0.00
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	0.00	0.00
/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)	0.00	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