

インテーク・翼周りの CFD 解析に関する研究

報告書番号：R22JTET10

利用分野：技術習得方式

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20720/

● 責任者

橋本敦, 航空技術部門 航空機ライフサイクルイノベーションハブ

● 問い合わせ先

藤井愛実(m-fujii@moegi.waseda.jp)

● メンバ

藤井 愛実, 小西 晃平, 小椋 圭大, 内田 康介

● 事業概要

現在, 大学/JAXA 共同で, 極超音速旅客機実現に向けた研究が進められている. この計画の第一段階として, 実飛行環境下における機体/推進統合制御技術の実証を目的とし, 飛行実証実験 HIMICO(High Mach Integrated Control Experiment)が計画されている. 超音速インテークは, 背圧を上昇させることで性能が向上することが知られているが, 過度な背圧上昇はバズと呼ばれる衝撃波の自励振動現象を誘起する. これは激しい圧力振動を伴い, エンジンの破損につながる恐れがあることから, 設計段階においてバズの静圧波形を予測し, 設計に活かす必要がある. そこで, バズのメカニズム解明およびモデル構築を目的として CFD 解析を行った.

また, より低速で飛行する航空機周りの空力についても検討した. 近年, 航空機開発の場に CFD の導入が進められ, これまで巡航条件での適用が中心であった段階から離着陸時などの高揚力形態への適用が進められている. 高揚力形態での CFD 解析では大規模な剥離を伴うため, 正確に流れ場を捉えることは困難であり, 予測精度は不十分である. そこで, 本研究では, RANS 解析を用いて高揚力形態での流れ場の評価を行い, 予測精度の向上を目指す.

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

インテーク内部や航空機の高揚力装置周りの流れは複雑であり計算コストが大きい. JAXA スーパーコンピュータの使用により複数条件での定常・非定常解析が可能になった.

● 今年度の成果

HIMICO 用ラムジェットインテークを対象に, インテーク後方ノズル開度(NOR)を変更した CFD 解析を実施した. その結果, 図 1 のような背圧の時間変化が得られた. バズの静圧上昇期間は, インテークへの流入流量が流出流量を上回ることにより, インテーク内部の静圧が上昇する. ここでは, 静

圧上昇期間を A, B の 2 つに分割する. 静圧上昇期間 B では, NOR が小さいほど背圧上昇速度が大きくなった. これは, NOR が小さいほど流出流量が少ないためと考えられる. 一方で, 静圧上昇期間 A も NOR が小さいほど流出流量が少ないが, 背圧は NOR に依存しなかった. このことから, 静圧上昇期間 A, B は異なるメカニズムによって現象が支配されていると考えられる.

航空機周りの流れについては, AIAA 主催の CFD による空力予測ワークショップ (Stability & Control prediction workshop および HiLift prediction workshop) に基づき, NASA-CRM を対象とした, CFD による, ピッチングモーメント予測および, 高迎角時の失速予測の向上を目指した解析を行った. ピッチングモーメントについて, レイノルズ応力の等方性を仮定した乱流モデルを使用した場合, 特定の計算格子において水平尾翼と胴体の結合部に剥離泡を生じることがわかり, この剥離泡がピッチングモーメント予測に大きく影響していることを示した. また, 失速予測については, CRM-HL を対象にした RANS 解析を行い, 乱流モデルの検証を行った. その結果, 高迎角飛行時に乱流モデル間で失速特性予測に違いが生じることがわかった.

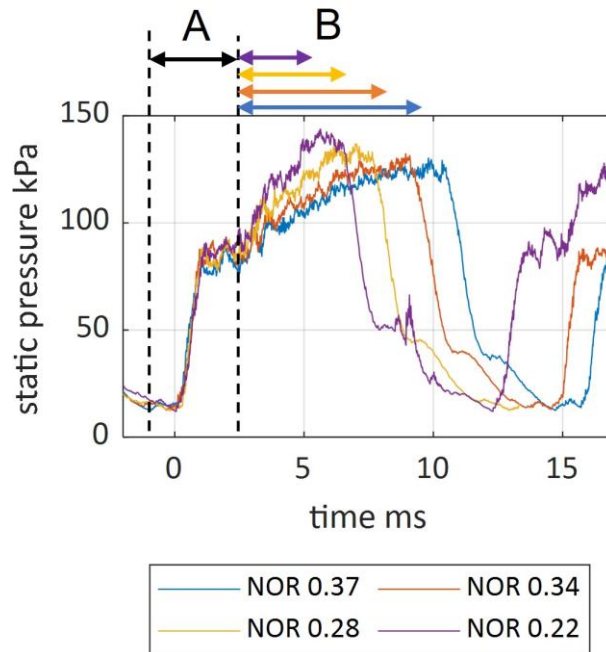


図 1: インテーク背圧の時間変化

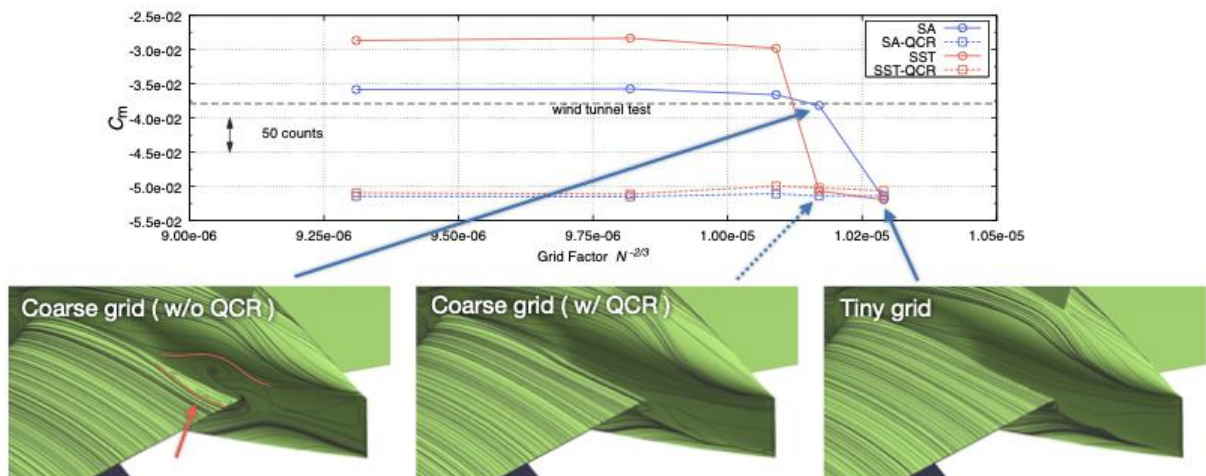


図 2: 各計算格子における水平尾翼上の気流とピッチングモーメント係数

● 成果の公表

-査読付き論文

Manami Fujii, Shogo Ogura, Tetsuya Sato, Hideyuki Taguchi, Atsushi Hashimoto, Takashi Takahashi, "Effect of angle of attack on the performance of the supersonic intake for High Mach Integrated Control Experiment (HIMICO)," Aerospace Science and Technology, Vol. 127, No. 107687, 2022.

-口頭発表

1) Manami Fujii, Yusuke Hoshiya, Yuki Fujimori, Yuki Kuwabara, Rintaro Tanaka, Shima Ariyoshi, Ayuto Suzuki, Tetsuya Sato, Hideyuki Taguchi, Atsushi Hashimoto, "Numerical Investigation on the Effects of the Exit Nozzle Throat Height on the Buzz Characteristics Occurring in the Hypersonic Intake for High Mach Integrated Control Experiment (HIMICO)," Asian Joint Conference on Propulsion and Power 2023, AJCPP2023-105, Kanazawa, Mar. 2023.

2) 藤井愛実, 干谷祐輔, 藤森勇輝, 栗原宥希, 田中凜太郎, 佐藤哲也, 橋本敦, 田口秀之, "極超音速統合制御実験(HIMICO)用ラムジェットインテークで発生するバズ現象に関する数値的研究", 第 54 回流体力学講演会/第 40 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 1D12, 盛岡, 2022 年 6 月.

3) Konishi, K., Kojima, Y., Hashimoto, A. and Kameda, M. (2023) "Prediction accuracy of RANS-based analysis for aerodynamic forces and moments of a civil aircraft model," AIAA Scitech 2023 Forum (26 January 2023, National Harbor, MD, U.S.A.), AIAA 2023-1758.

4) 小西 晃平, 小島 良実, 橋本 敦, 亀田 正治 (2022) "RANS 解析による旅客機形態モデル空力の予測精度評価," 第 54 回流体力学講演会/第 40 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム (2022 年 6 月 29 日, アイーナ:いわて県民情報交流センター, 岩手県盛岡市), 2A06.

● 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	576 - 4608
1 ケースあたりの経過時間	30 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.93

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	23,351,080.01	1.04
TOKI-ST	345,176.59	0.34
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	598.35	0.37
TOKI-LM	6,922.14	0.46
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	916.67	0.83
/data 及び/data2	55,960.00	0.43
/ssd	6,876.67	0.95

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	0.08	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)	4,867.61	3.39

※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