

静粛超音速機技術の基礎研究

報告書番号：R24JTET01

利用分野：技術習得方式

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/26996/

● 責任者

牧野好和, 航空技術部門 R e - B o o T プロジェクトチーム

● 問い合わせ先

石川敬掲(ishikawa.hiroaki2@jaxa.jp)

● メンバ

橋元 陽祐, 石川 敬掲, 金澤 遼, 二村 錬, 清水 海斗, 佐久間 健斗, 土屋 隆生, 上野 泰河

● 事業概要

抵抗低減技術及び低ブーム設計コンセプトを核に, 超音速機が旅客機として成立するためにキーとなる低ブーム/低抵抗/低騒音/軽量機体の全てを同時に満たすシステム統合設計技術及び要素技術を世界に先んじて獲得するため, 鍵技術の開発及び技術実証構想の立案を行う。

参考 URL: <http://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/sst/>

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

システム設計研究においては, 低ブーム/低抵抗/低騒音/軽量化の技術目標を同時に達成するため多目的最適設計法を適用しており, 複数の評価指標を効率的に評価するためスパコンによる解析が必須である。

● 今年度の成果

推進系を主翼下面側に搭載する形態の超音速旅客機は航続性能に優れる一方でソニックブームが大きい。その原因の 1 つである推進系の構成要素である超音速インテークから発生する衝撃波に注目し, インテークの圧縮方式と搭載方向が与える影響について検討した。

一般的に巡航マッハ数が 1.6 程度の超音速旅客機では外部圧縮型インテークが採用されるが, 捕獲した超音速流を圧縮するために発生させる衝撃波が推進系の外側に伝播する。そこで, 低ブーム設計を容易にすべく, 圧縮のための衝撃波を推進系内部に留める内部圧縮型インテークへ置き換えることを着想した。内部圧縮型インテークの 1 つの技術的課題は, 低いマッハ数域ではエンジンの流量変化に対して衝撃波を内部に留められる作動域が極めて狭いことである。本研究では, システムの複雑化を避けつつ作動域を拡大することを方針に, 固定形状のインテークのスロート部壁面に多孔抽気を適用することを検討した。具体的には, 抽気無し(抽気の出口高さインテークの捕獲高さとの比が 0.0)

の場合と、抽気有り（高さ比が 0.2, 0.3）の場合の 2 次元内部圧縮型インテークモデルを解析対象に FaSTAR による CFD 解析を JSS3 上で実行した（図 1）。そして、複数の第 2 スロート高さ条件における流量比 MFR と総圧回復率 PR, エンジン運転状態を表す指標である MFR/PR を評価した（図 2）。衝撃波がインテーク内部の設計状態の位置に発生する条件からインテーク外部に排出される直前の条件までのエンジン運転状態の差分 Δ MFR/PR の比較から、抽気を適用することにより設計マッハ数が低い内部圧縮型インテークの作動域を拡大できることを示した。

一方で従来通りに外部圧縮型インテークを採用した場合でも、衝撃波を地面方向へ伝播させなければソニックブームを抑制できると考えた。一般的にインテークは、ランプが主翼下面側、カウルが地面側となるように機体へ搭載される。その上下関係を反転させた場合に地上で観測される圧力波形に現れる変化を調べた（図 3）。そのために JSS3 を使用して、FaSTAR による 3 次元オイラー解析から機体近傍の圧力波形を取得した。さらに、multipole 解析により周方向の圧力伝播を考慮して修正し、Burgers 方程式に基づく遠方場への伝播解析により地上波形を評価した（図 4）。インテークを従来通りに搭載した場合(normal)と比較して反転させて搭載した場合(invert)には、機体単体の場合(glider)に見られる圧力波形の先端における 2 段階の圧力上昇が維持されており、低ブーム性が改善することが分かった。

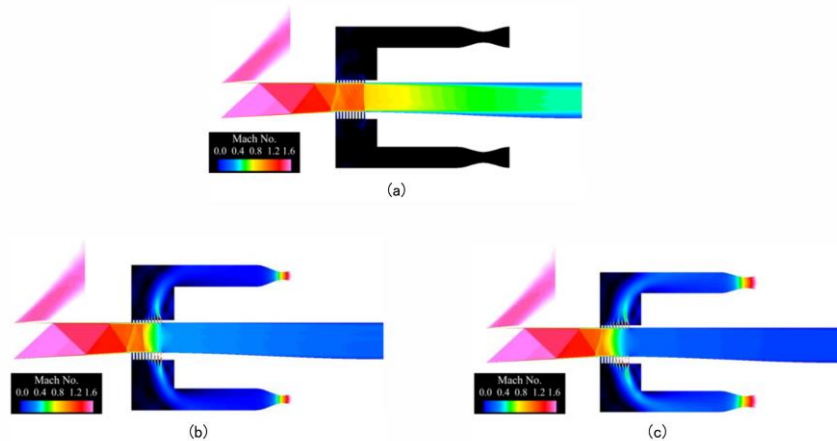


図 1: 内部圧縮型インテーク内に衝撃波が発生する場合のマッハ数分布
 (a) $h_{blex}/h_c=0.0$, $h_{2ndth}/h_c=0.81$, (b) $h_{blex}/h_c=0.2$, $h_{2ndth}/h_c=0.60$, (c)
 $h_{blex}/h_c=0.3$, $h_{2ndth}/h_c=0.50$

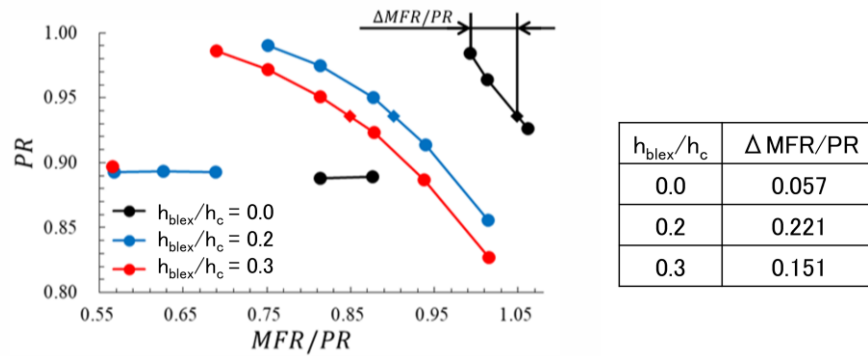


図 2: 抽気によるインテーク作動域 $\Delta MFR/PR$ の拡大効果

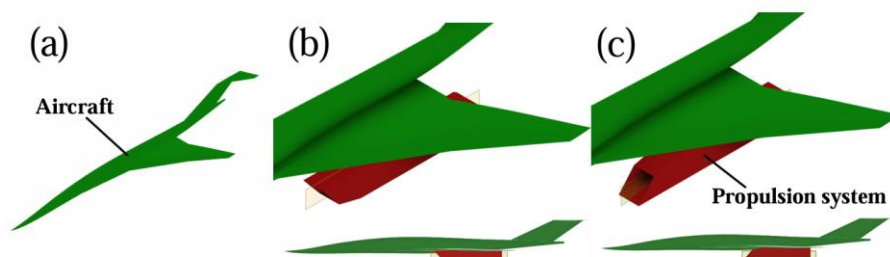


図 3: 主翼下面への外部圧縮型インテーク搭載条件 (a) glider, (b) normal, (c) invert

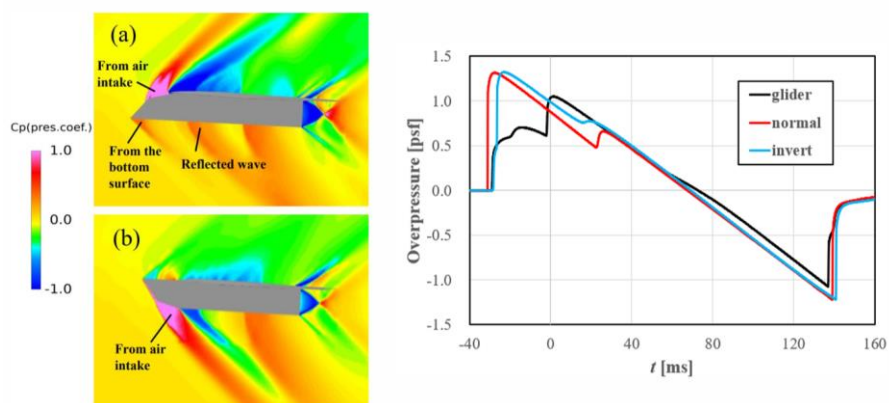


図 4: 左: 推進系から地面方向への衝撃波伝播の変化((a) normal, (b) invert), 右: 地上におけるソニックブーム波形

● 成果の公表

-口頭発表

清水海斗（東京農工大学・院），三木肇，赤塚純一，渡辺安（宇宙航空研究開発機構），"設計マッハ数の低い内部圧縮型超音速インテークの空力特性調査"，第 62 回飛行機シンポジウム講演集，橋元陽祐（東京農工大学・院），三木肇，赤塚純一，渡辺安（宇宙航空研究開発機構），"超音速インテークの搭載方向が超音速旅客機の空力性能に与える影響"，第 62 回飛行機シンポジウム講演集

● 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	自動並列
プロセス並列数	144 - 768
1 ケースあたりの経過時間	41 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.25

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	4,605,123.88	0.21
TOKI-ST	90,524.67	0.09
TOKI-GP	86,915.63	1.34
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	9,050.49	0.65
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	1,070.00	0.72
/data 及び/data2	153,100.00	0.73
/ssd	15,060.00	0.81

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	0.56	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)	2,471.69	1.69

※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