

境界層抽気を伴う超音速インテークの流れ構造に関する研究

A Study on the Internal Flow Structure in a Supersonic Intake with Boundary-Layer Extraction

○学 丸山 豊平 (室蘭工大・院) 正 杉山 弘 (室蘭工大)
正 溝端 一秀 (室蘭工大) 正 辰己 薫 (三菱電機)
学 葛尾 武志 (室蘭工大・院)

Ryohei MARUYAMA, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto, Muroran 050-8585
Hiromu SUGIYAMA, Muroran Institute of Technology
Kazuhide MIZOBATA, Muroran Institute of Technology
Kaoru TATSUMI, Mitsubishi Electric Corporation, 325, Kamimachiya, Kamakura 247-8520
Takeshi KUZUO, Muroran Institute of Technology

Key Words: Supersonic Intake, Intake Aerodynamics, Shock Wave / Boundary Layer Interaction, Flow Visualization, LDV Measurement

1. 緒言

次世代の完全再利用型宇宙往還機の推進システムとしてラムジェットエンジンの利用が有望視されている。そのインテーク (空気取り入れ口) には、超音速で流れる空気を内部に取りこみ衝撃波によって亜音速に減速・圧縮し圧力を上昇させる、という機能があり、広い飛行条件において効率よく衝撃波圧縮を行うようなインテークを設計する必要がある⁽¹⁾。インテーク内の流れにおいて衝撃波と壁面境界層が干渉すると境界層は剥離し、圧力回復を妨げる原因となる。

そこで本研究では、境界層抽気を伴う超音速インテークの内部流れ場の構造・特性を捉え、抽気機構による境界層剥離の抑制効果を解明することを目的とする。そのための実験として、抽気機構を持つ二重ランプ外部圧縮方式小型矩形インテークモデルとマッハ数約2の吸込み式超音速風洞を用い、カラーシュリーレン法および油膜法による流れ場の可視化、ひずみゲージ式圧力変換器による壁面の圧力測定、二次元レーザードップラー流速計 (LDV) による流速測定分布測定を行う。

2. 実験装置・方法と実験結果

間欠作動の吸込み式マッハ2超音速風洞の測定部に抽気機をもつ二重ランプ外部圧縮方式小型矩形インテークモデルを取り付け、カラーシュリーレン法および油膜法による流れ場の可視化、圧力測定、流速測定を行った。測定部の詳細形状を Fig. 1 に示す。インテーク入口高さは $A_1=10\text{mm}$ である。インテークモデル後端には Flow Plug が取り付けられており、第2スロート高さ A_0 を任意に変更できる。また、抽気条件は抽気室下部のスリット幅 FP2 によって変化させる。 $0 < \text{FP2} < 3.6\text{mm}$ である。以下、FP2=0mm、3.6mm をそれぞれ、非抽気状態、抽気状態と定義する。

Flow Plug の位置、すなわち無次元第2スロート高さ A_0/A_1 を変化させてカラーシュリーレン写真の撮影および壁面静圧

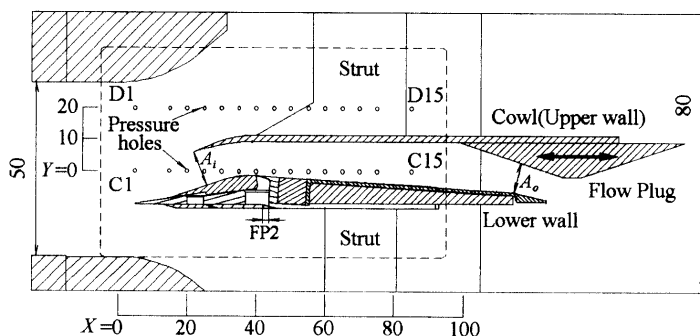


Fig. 1 Schematics of the test section.

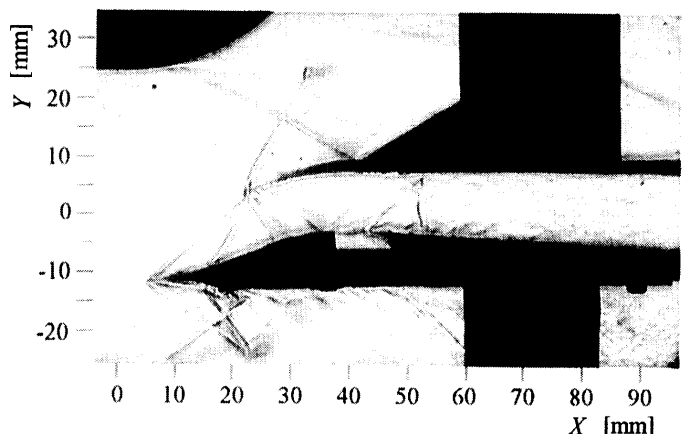


Fig. 2 A schlieren photograph of the flow field around the intake model with boundary-layer extraction. ($A_0/A_1=0.99$)

測定を行った。その結果、第2スロート高さ A_0/A_1 によってインテーク内に生じる衝撃波の発生位置が大きく異なり、それに伴って圧力の上昇傾向が変化する。

Fig.2は第2スロート高さ $A_0/A_1=0.99$ で抽気状態の場合におけるカラーシュリーレン写真である。非抽気状態では $X=45\text{mm}$ 付近で衝撃波と境界層が干渉して流れが大きく剥離しているのに対し、抽気状態ではそのような境界層の剥離はほとんど見られない。また、 $X=50\text{mm}$ 付近で垂直衝撃波が発生しているのがわかる。

3. 結言

境界層抽気を伴う超音速インテーク内の流れ構造と特性を捉え、抽気による境界層剥離の抑制効果を解明することを目的として、抽気機構を持つ二重ランプ外部圧縮方式のマッハ2小型矩形インテークモデル内部の流れ構造を、カラーシュリーレン法および油膜法による流れ場の可視化、壁面静圧測定、LDVを用いた流速測定により調べた。

インテーク後方に Flow Plug を設置し無次元第2スロート高さ A_0/A_1 を変化させることで、超音速インテークの作動状態は大きく変化することがわかった。また、カラーシュリーレン写真より、境界層を抽気することでインテーク下壁傍における剥離領域が小さくなることが確認された。

参考文献

(1) Seddon, J. and Goldsmith, E.L., Intake Aerodynamics, Second Edition, AIAA Education Series (1999), p5-15.