

## 超音速風洞の気流検定

著者	吹場 活佳, 上村 卓也, 川口 和徳
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2010
ページ	74-76
発行年	2011-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00008746">http://hdl.handle.net/10258/00008746</a>

## 超音速風洞の気流検定

- 吹場 活佳（航空宇宙機システム研究センター 講師）  
上村 卓也（航空宇宙システム工学専攻 M1）  
川口 和徳（機械システム工学科 B4）

### 1. はじめに

航空宇宙機システム研究センターでは平成 17 年度に大気吸込み式の超音速風洞の設置を開始し、以後真空タンクが各年度に1基ずつ増強され、平成 21 年までに5基設置されて風洞整備が完了した。完成した風洞の計測精度を保証する上で気流検定を行う必要があり、昨年度は測定部のマッハ数分布計測を実施した。今年度は、測定部内壁に発達する境界層の厚みを計測した。そのため測定部の床付近の全圧計測からマッハ数分布を求め、境界層の厚さを評価した。

### 2. 実験概要

図 1a,b に計測に使用した境界層レークプローブの写真を示す。6 点の全圧計測管が水平と  $30^\circ$  の角度に傾斜したレーク板に 10mm 間隔で取り付けられており、それぞれの計測孔の鉛直方向の中心は 5mm 間隔となっている。

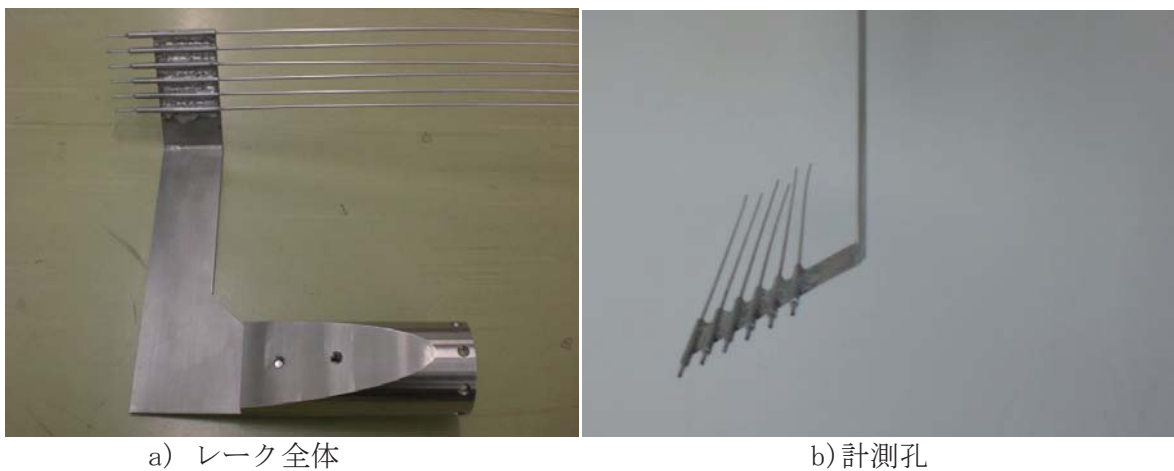


図 1 境界層レーク

このレークプローブを図 2 のように境界層内外に上下させ、全圧を計測した。

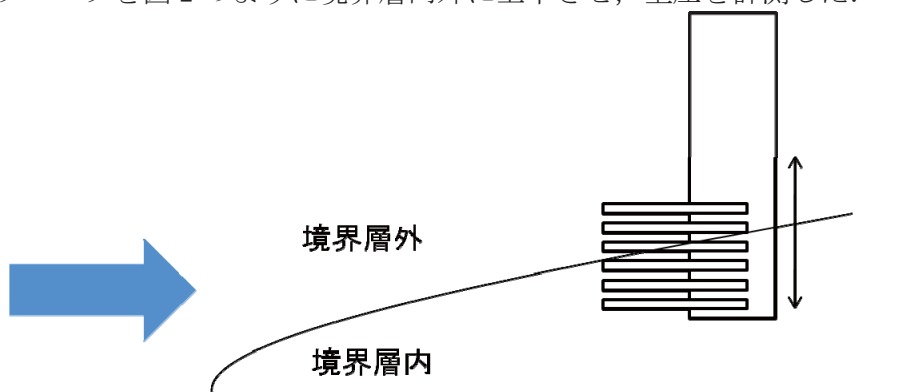


図 2 境界層とレークプローブの関係

図3に示すように超音速流中にピトー管を設置するとその前方には弓状衝撃波が立つ。ピトー管が境界層の外側にある場合、衝撃波前方の全圧を  $p_{01}$ 、その後方の全圧を  $p_{02}$  とし、さらに風洞の全圧を  $p_0$ 、静圧を  $p_\infty$  とするならば、計測したい流れのマッハ数  $M_\infty$  は以下の関係式から算出できる。

$$\frac{p_{01}}{p_0} = \left[ \frac{(\gamma + 1)M_\infty^2}{(\gamma - 1)M_\infty^2 + 2} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \left[ \frac{\gamma + 1}{2\gamma M_\infty^2 - (\gamma - 1)} \right]^{\frac{1}{\gamma - 1}} \quad (1)$$

$p_0$  と  $p_{01}$  は測定により求められるから、上式より  $M_\infty$  が求まる。この  $M_\infty$  と等エントロピーの式

$$\frac{p_0}{p_\infty} = \left( 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_\infty^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (2)$$

より、 $p_\infty$  が求まる。

境界層内の静圧分布は無視できることから、境界層内の静圧も  $p_\infty$  と仮定すると、 $p_\infty$  と  $p_{02}$  の関係式

$$\frac{p_{02}}{p_\infty} = \left[ \frac{(\gamma + 1)M_{02}^2}{2} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \left[ \frac{\gamma + 1}{2\gamma M_{02}^2 - (\gamma - 1)} \right]^{\frac{1}{\gamma - 1}} \quad (3)$$

より、最終的に境界層内のマッハ数  $M_{02}$  を得ることができる。ここで、 $\gamma$  は比熱比で作動流体が空気であることから 1.4 とした。

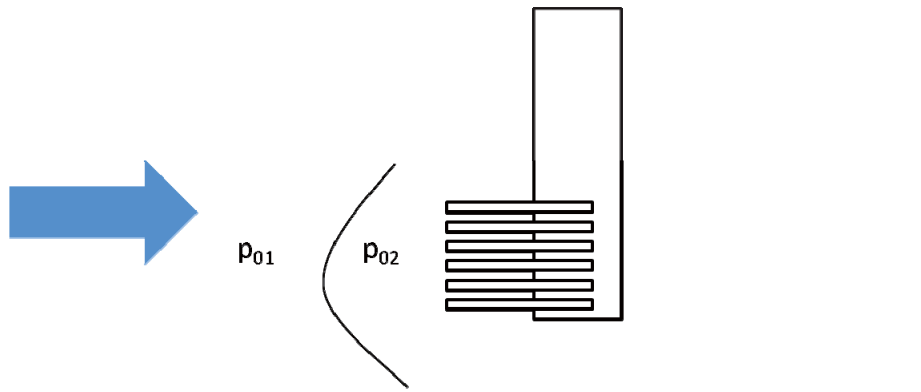


図3 レークプローブと垂直衝撃波前後の圧力の定義

実験はマッハ 2 およびマッハ 4 のノズルブロックを用いた。各マッハ数におけるレークプローブの床あるいは天井内壁からの距離は図3のようにプローブ保持具から多点全圧管レーク自体を上下にスライドさせて距離を変えた。各圧力センサは実験日に毎回基準圧力計 (CE センシングジャパン DPI-610) で校正試験を実施した。



a) 天井境界層計測

b) 床境界層計測

図4 レークプローブの取り付け状況

### 3. 実験結果

図5にマッハ数2のノズル境界層分布, 図6にマッハ数4のノズル境界層分布の結果を示す. 図5からM2ノズルにおいては床と天井内壁の境界層はほぼ対称に発達している様子が見て取れる. しかし, M4ノズル境界層は床と天井では発達の様子が対称でなく, 天井境界層がやや薄い傾向を示している. この分布のずれの原因については, 内壁の粗さの違いが有力な原因と考えられるが, その特定には内壁の粗さ計測や, さらにはノズル曲線の非対称性など調査言及が必要である.

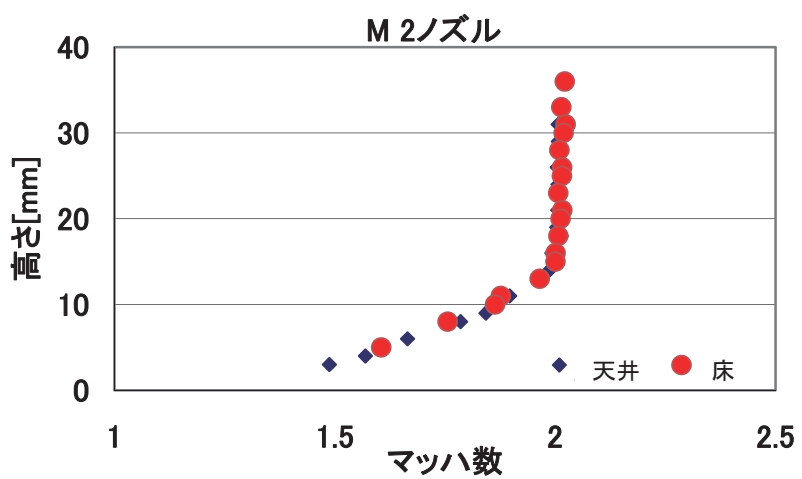


図4 M2ノズルの床面と天井内壁に発達する境界層内マッハ数分布

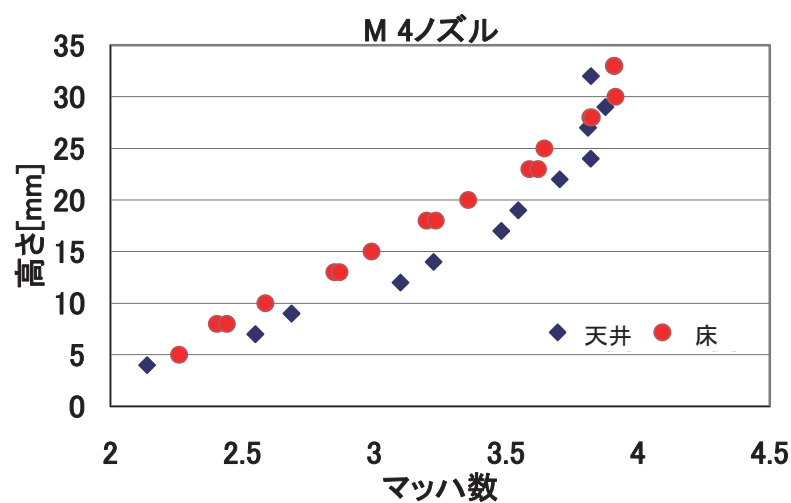


図5 M4ノズルの床面と天井内壁に発達する境界層内マッハ数分布

### 4. まとめ

多点全圧式境界層傾斜レークプローブを用いて航空宇宙機システム研究センターの気吸い込み式中型超音速風洞の測定部の内壁に発達する境界層の厚み計測を行った. 境界層厚さはマッハ数2のノズルでは約15mm, マッハ数4のノズルでは約30mmである.

マッハ数4のノズルについては床と天井内壁に発達する境界層内のマッハ数分布に違いが見られた. 今後その原因調査を行う予定である.