

航空宇宙技術研究所資料

TM-82

ピトー管による境界層速度分布測定について

長洲秀夫・柏原登喜子

1966年4月

航空宇宙技術研究所

既 刊 資 料

TM-10	DATATRON 205 用 ALGOL 58 使用法について	1963年2月	高橋利之
TM-11	光弾性による高速車盤の縞模様	1963年2月	永井文雄
TM-12	コーティングの断熱効果に関する実験	1963年3月	竹林中幸彦, 小川 一 井 映一, 小原 英
TM-13	遷音速における 45° 後退角翼の予備的 フラッタ実験	1963年3月	中井 映一, 小原 英 鳥海良三, 原 泰 中井 俊一, 橋爪 登 高木 忠雄, 本 正 鳥崎 竜夫, 松木 昭 山中 幸一, 藤 一
TM-14	変断面片持梁固有振動数の一計算方法 について	1963年3月	中井 映一, 小原 英 鳥海良三, 原 泰 中井 俊一, 橋爪 登 高木 忠雄, 本 正 鳥崎 竜夫, 松木 昭 山中 幸一, 藤 一
TM-16	フラッタ試験設備測定部交換ノズルの 予備試験	1963年4月	中井 映一, 小原 英 鳥海良三, 原 泰 中井 俊一, 橋爪 登 高木 忠雄, 本 正 鳥崎 竜夫, 松木 昭 山中 幸一, 藤 一
TM-17	VTOL 機用 Jet Lift Engine に関す る一考察	1963年6月	高橋利之
TM-18	ヘリコプター振動のパワースペクトル 解析	1963年6月	高橋利之
TM-19	吹出式超音速風洞による実験データの 処理方式について (I)	1963年6月	新井 忠, 原 亘利
TM-20	1 m × 1 m 吹出式超音速風洞における AGARD 標準模型 B の三分力試験	1963年7月	高木 廣治, 谷 喬 齋藤 秀夫, 新飯 忠 北谷 勇, 中井 治夫
TM-21	国産中型輸送機 Y S-11 主翼疲労試験 (第 I 報)	1963年9月	高木 廣治, 谷 喬 齋藤 秀夫, 新飯 忠 北谷 勇, 中井 治夫
TM-24	円輪と薄肉円筒の回転強度の関係	1963年11月	高橋利之
TM-25	DATATRON 205 用 ALGOL 58 の Procedures ライブラリー	1964年1月	高橋利之
TM-26	吹出式風洞の圧力制御 (フラッタ試験 設備の場合)	1964年1月	橋爪 宏, 中井 映一
TM-28	一段式観測ロケットの超音速風洞試験	1964年1月	谷 喬, 原 亘利 榑 盛三, 外 立政 中井 映一, 橋爪 隆 小橋 安次, 高宮 俊 安次, 高宮 沢政
TM-29	遷音速フラッタ試験設備の改造および 整備試験	1964年2月	谷 喬, 原 亘利 榑 盛三, 外 立政 中井 映一, 橋爪 隆 小橋 安次, 高宮 俊 安次, 高宮 沢政
TM-30	二段式ロケット飛しょう体の揚力およ び圧力中心推定法	1964年3月	小橋 安次, 高宮 沢政
TM-31	亜音速ジェット輸送機の遷音速風洞に おける試験	1964年3月	河崎 俊夫, 竹内 理
TM-32	遷音速風洞の防音	1964年4月	牛田 健二, 高橋 宏 榎 並敬之, 山本 稀義
TM-33	非定常境界層の遷移の研究に使用され た定温度型熱線風速計について	1964年4月	牛田 健二, 高橋 宏 榎 並敬之, 山本 稀義
TM-34	極超音速風洞ノズルの境界層補正につ いて	1964年5月	長洲 秀夫
TM-37	気体の不完全性を考慮した極超音速風 洞ノズルの設計計算法	1964年5月	毛利 浩
TM-38	AGARD-A 標準模型の超音速三分力 試験	1964年6月	高木 廣治, 齋藤 秀夫 石原 久蔵, 雄
TM-39	相似極超音速流におかれた半球面上の 境界層の遷移に及ぼす粗さと冷却の 結合影響	1964年7月	高木 廣治, 齋藤 秀夫 石原 久蔵, 雄
TM-40	国産中型輸送機 Y S-11 胴体疲労試験 (I)	1964年9月	竹内 和之, 川島 矩郎
TM-41	抵抗線歪ゲージのゲージ測定	1964年10月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-42	実在着氷条件の測定について	1964年10月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-44	高負荷燃焼器 (アニューラ模型) の実験 結果	1964年12月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-46	翼洞結合金具の疲労特性	1964年12月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-47	ローター後流中のヘリコプター胴体の 抵抗について	1965年1月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-48	極超音速風洞用ペブル加熱器の予備実 験	1965年2月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-49	Queen-Air 機の失速特性について	1965年2月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-50	LS-A 型ロケットの曲げ剛性および振 動試験について	1965年5月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-51	超音速風洞空力データ表示記録装置	1965年5月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-53	ベクトルのノルムと行列のノルム —数値解法の収束条件その他への応用—	1965年5月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-54	熱衝撃試験用風洞整備試験	1965年5月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠
TM-55	ロケット模型風洞試験における超音速 相似則の応用	1965年5月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古関 昌次, 日出 夫 泉 貞吉, 鈴木 邦男 大塚 本宏, 石井 浅五郎 松本 強, 山中 国雅 広竹 和之, 藤枝 郭俊一 竹内 治朗, 岡 遠

ピトー管による境界層速度分布 測定について*

長洲秀夫** 柏原登喜子**

1. ま え が き

流体の速度測定の有効な武器としてピトー管が古くから使用されていることは周知の事実である。ピトー管は熱線風速計に比べてかなりの大きさをもっているために、それ自身の擾乱が流れの場を変えてしまう恐れがある。流れの場がピトー管の大きさに比べて十分大きい場合にはこの擾乱は問題にならないが、境界層のように小さい流れの場の場合には、ピトー管の大きさの効果を無視できない。

ピトー管が有限の大きさをもつために生じる問題には、ピトーレイノルズ数効果、速度こう配の効果、壁の効果等がある。

ピトーレイノルズ数効果については、ピトーレイノルズ数が100~200以下では真のピトー圧よりも高い圧力が測定されるという、いわゆる低ピトーレイノルズ数効果が Sherman¹⁾ 等により実験的に示されている。

速度こう配の効果については、亜音速流と超音速流で様子が異なり、その結果も一貫した整理がなされていない。亜音速流の場合は、Young—Maas²⁾ が固体壁のない後流の実験からピトー管の位置に対する補正式を出している。超音速流の場合は、Monaghan⁴⁾ が Davies と Blue & Low⁵⁾ の実験結果から運動量厚と排除厚に対する補正式を求めている。

壁の効果については、Macmillan³⁾ が乱流亜音速の実験からピトー管の大きさとの関係を求めている。

本報告では速度こう配の効果と壁の効果が共存する境界層の場合について、ピトー管の大きさによる影響を調べ、境界層の速度分布測定にどの程度の大きさのピトー管を使用すればよいかを明らかにするために、流れ方向に圧力こう配のない亜音速および超音速境界層について種々の大きさの

* 昭和41年3月14日受付

** 空気力学第一部

ピトー管を用いて実験を行なった結果を述べる。

2. 記 号

δ : 境界層の厚さ

d : ピトー管の内径

D : ピトー管の外径

M : 境界層の端におけるマッハ数

x : 前縁から流れに平行にとった距離

y : 境界層の厚さ方向の距離

Δy : ピトー管の断面の中心と有効中心の間隔

u : 境界層内の速度

ρ : 境界層内の密度

θ : 運動量厚

δ^* : 排除厚

Re_x : x に基づくレイノルズ数

添字

e : 境界層の端における条件

w : 壁における条件

T : 真の値

3. 実 験

3.1 亜音速流

15cm×20cmの風洞で平板上の層流および乱流境界層について実験を行なった。層流の場合には風速 8m/sec で前縁から 18.5cm ($Re_x=0.934 \times 10^5$, $\delta=3.0\text{mm}$) と, 40cm ($Re_x=2.00 \times 10^5$, $\delta=4.5\text{mm}$) の位置で, また乱流の場合には風速30m/sec, 前縁から46cm ($Re_x=8.55 \times 10^5$, $\delta=6.5\text{mm}$) の位置でピトー圧分布と平板上の静圧とを測定した。

ピトー管は外径が 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0mm の五種の銅管で, 形による効果を除くために断面が円形で, 内外径比をほぼ一定 ($d/D=0.6$) にした。0.6mm 以下のピトー管では時定数が極端に大きく実験がほとんど不可能であった。

3.2 超音速流

18cm×20cm超音速風洞⁷⁾で頂角12度の円錐上の層流境界層についてピトー圧分布と円錐上の静圧を測定した。実験条件は $M=2.1$, $x=13\text{cm}$, $Re_x=2.27 \times 10^6$, $\delta=0.45\text{mm}$ である。

ピトー管は、形は亜音速流の場合と同様で、外径が0.2, 0.3, 0.4, 0.5mmの四種のステンレス鋼管を使った。

3.3 ピトー管移動装置の精度

亜音速、超音速いずれの場合も、ピトー管移動装置の精度は1/100mmである。また最も注意を要する y の零点は1/100mm以内で測定することができた。

4. 測定された速度分布

大きさの異なるピトー管で測定したピトー圧および静圧から、速度に換算して得た境界層速度分布を図1から図4に示す。

超音速については、よどみ点温度一定とし、Rayleighのピトー公式から速度を求めた。

4.1 y 方向のずれ

図1, 2, 3からわかるように、亜音速流の場合には、大きいピトー管で測定すると速度が大きく出ている。しかるに、図4から超音速流の場合には、逆に大きいピトー管で測定すると速度が小さく出ている。

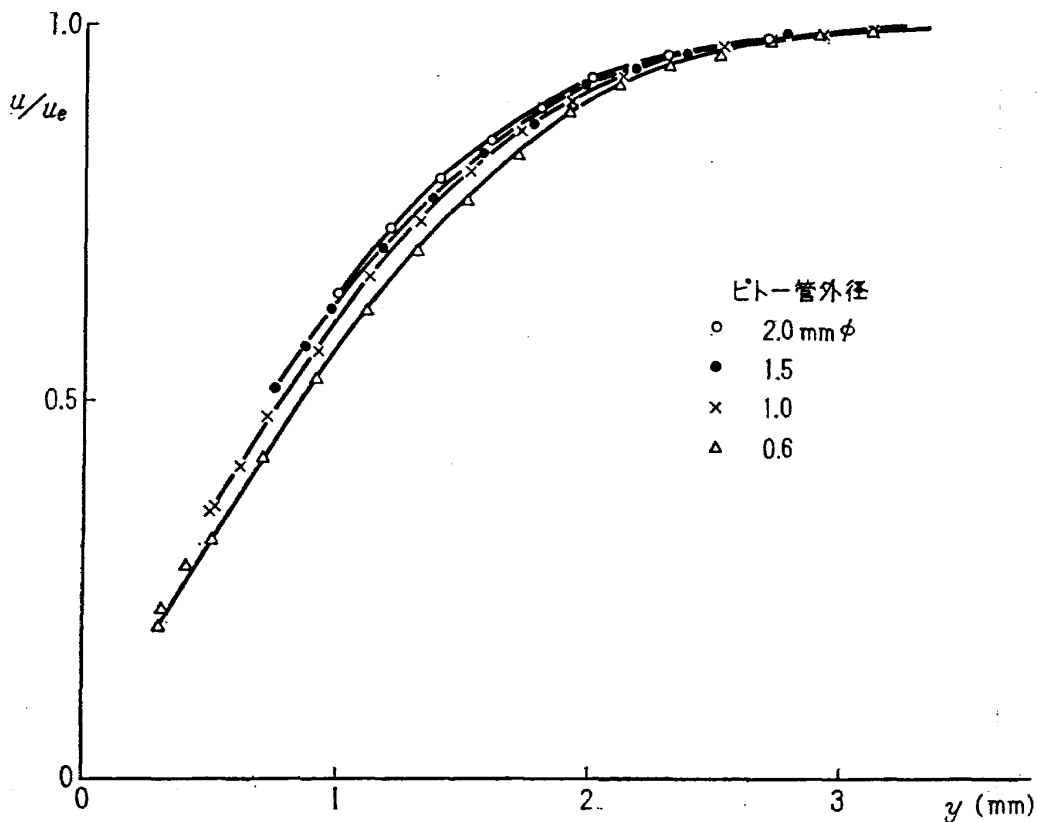


図1 種々の大きさのピトー管で測定した層流境界層速度分布
($u_e=8m/sec$, $x=18.5cm$, $Re_x=0.934 \times 10^5$)

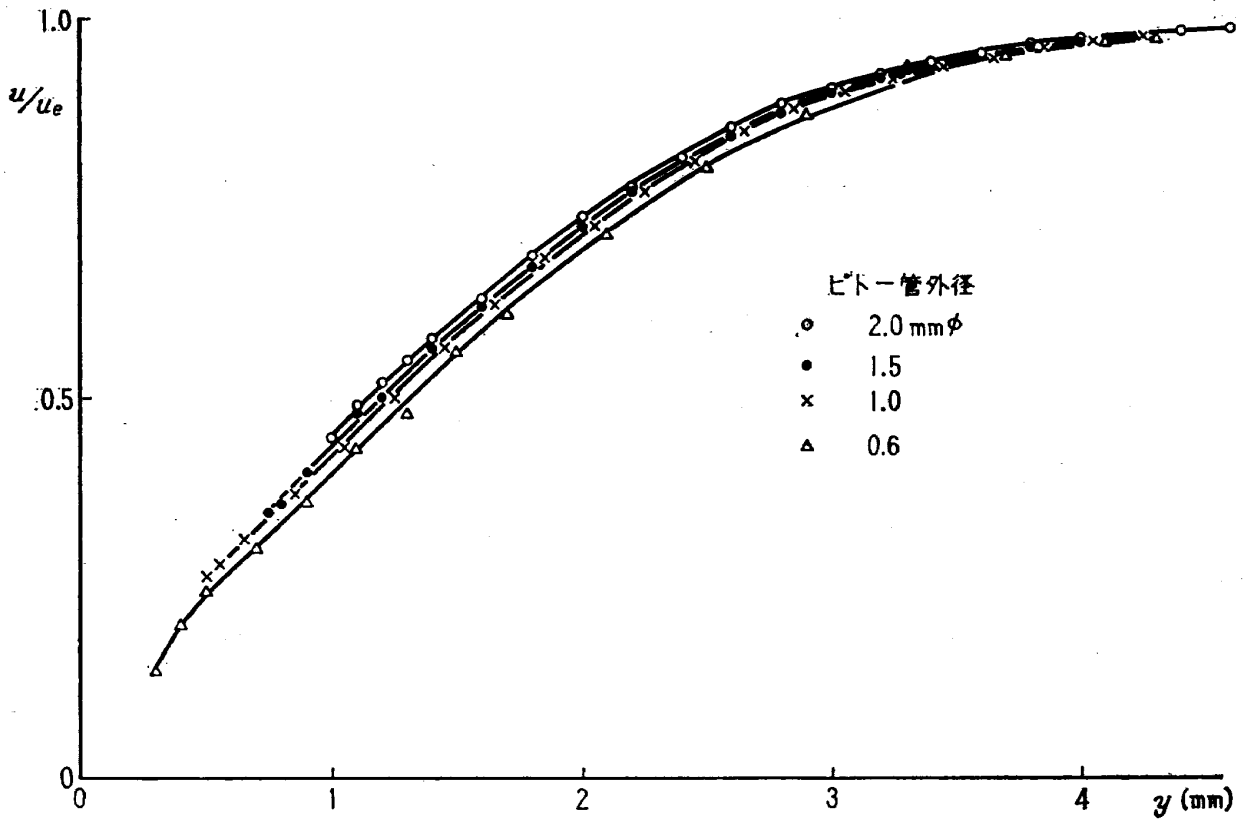


図2 種々の大きさのピト-管で測定した層流境界層速度分布
($u_e = 8 \text{ m/sec}$, $x = 40 \text{ cm}$, $Re_x = 2.00 \times 10^5$)

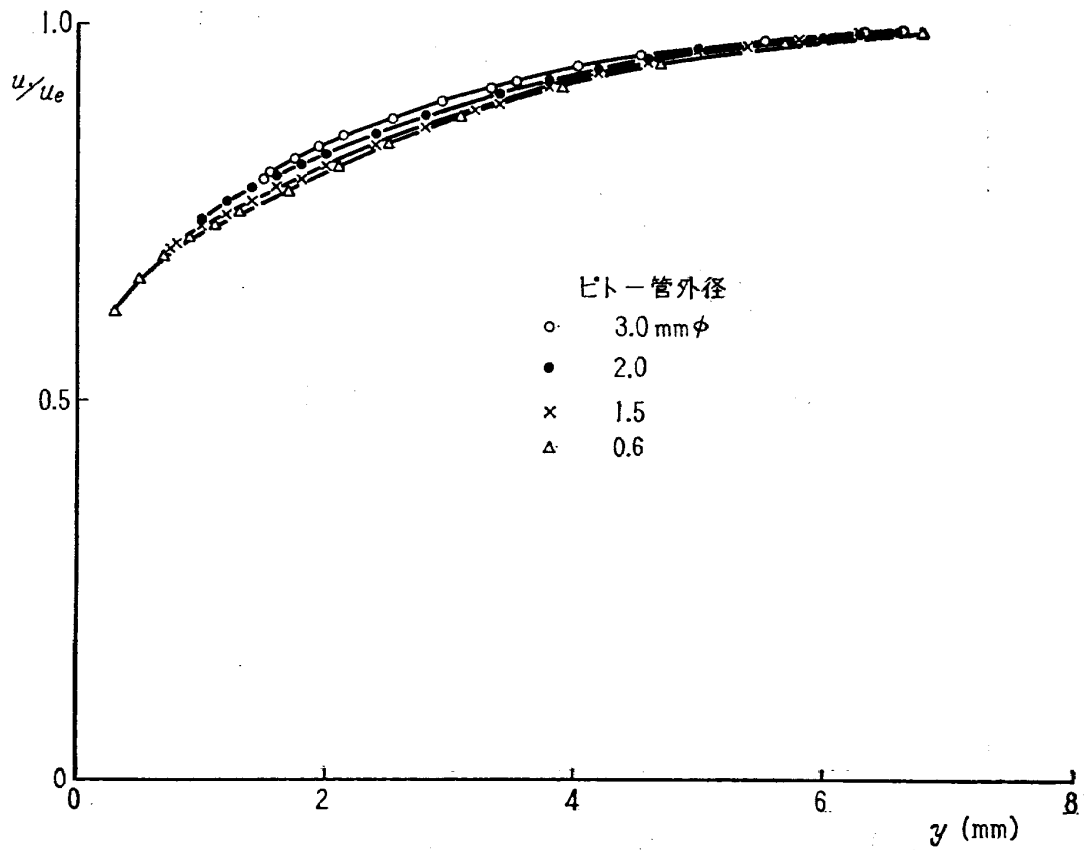


図3 種々の大きさのピト-管で測定した乱流境界層速度分布
($u_e = 30 \text{ m/sec}$, $x = 46 \text{ cm}$, $Re_x = 8.55 \times 10^6$)

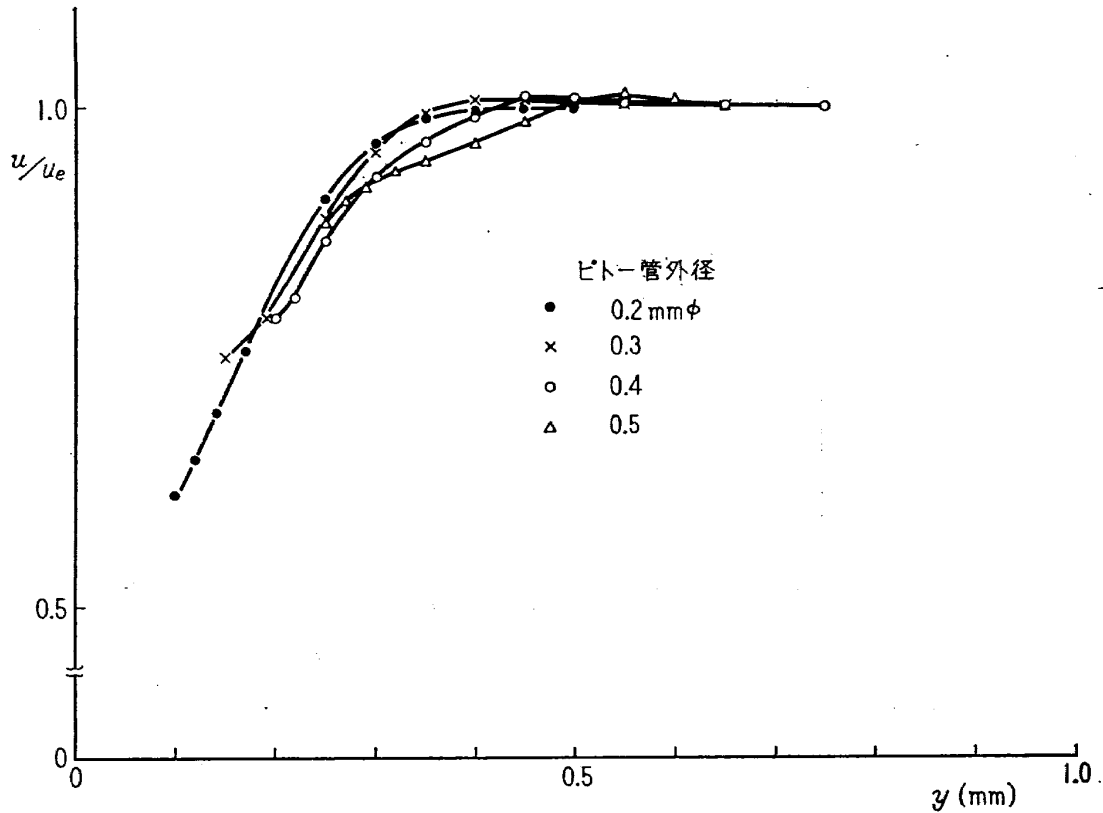


図4 種々の大きさのピトー管で測定した層流境界層速度分布
($M=2.1$, $x=13\text{cm}$, $Re_x=2.27 \times 10^6$)

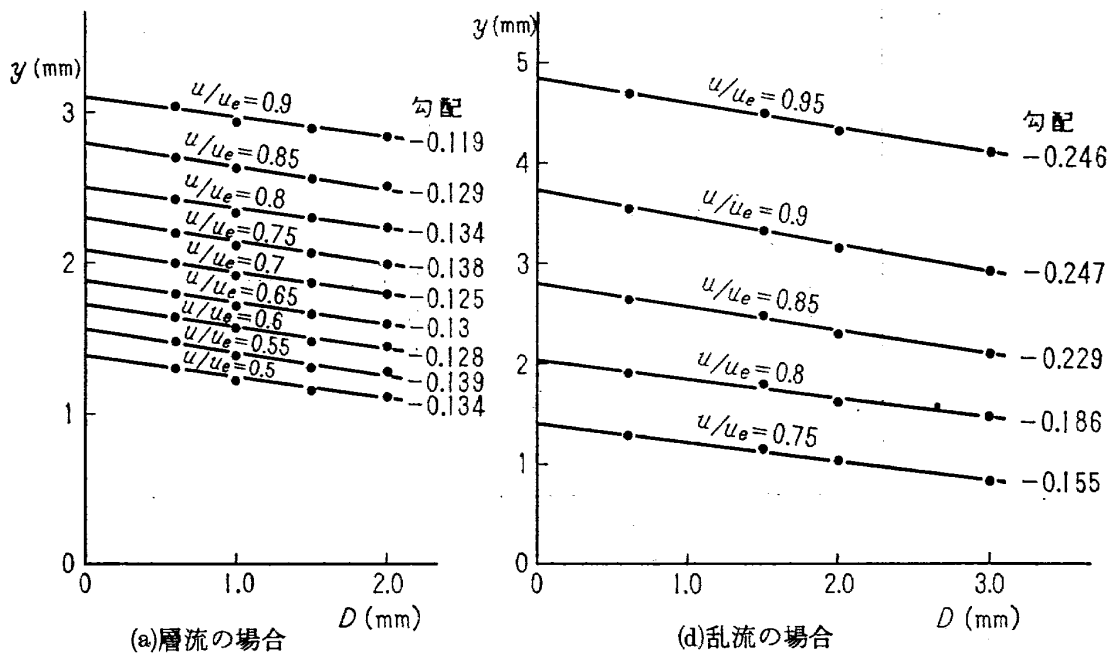


図5 u/u_e 一定における y とピトー管の大きさの関係 (亜音速流)

このことはまた、 y 方向に大きな速度こう配をもつ流れに、 D の大きさをもつピトー管を入れたときに、ピトー管はその断面の幾何学的中心よりも Δy だけずれた点の圧力を測定すると考えることもできる。この Δy とピトー管の外径 D との関係を調べるために、図1から図4の速度分布で

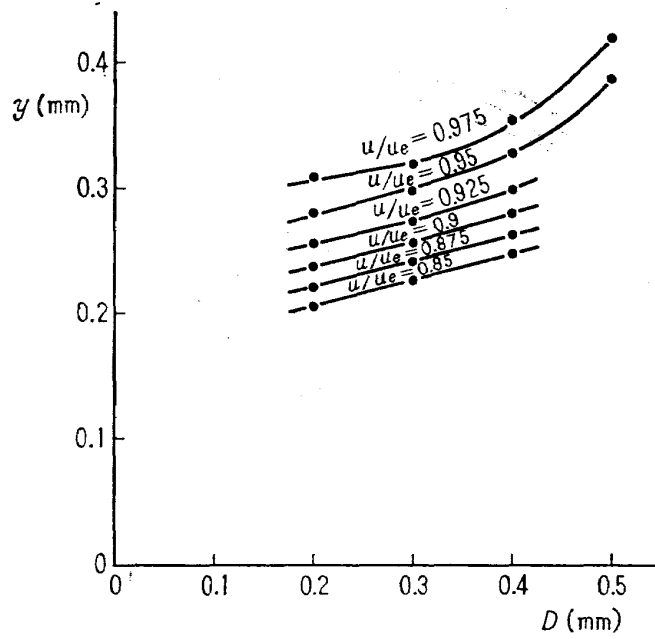


図 6 u/u_e 一定における y とピトー管の大きさの関係 (超音速流の場合)

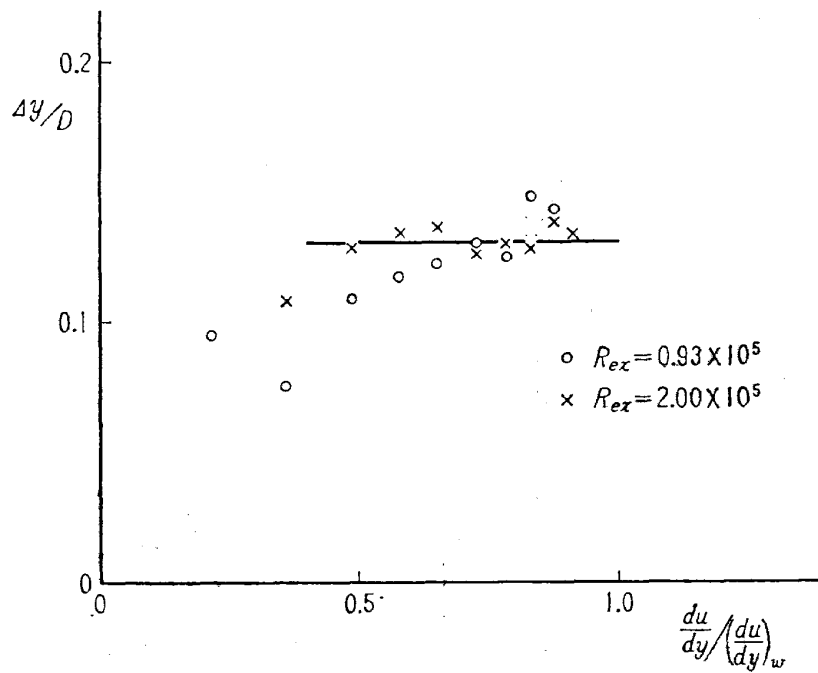


図 7 ピトー管の中心からのずれに及ぼす速度こう配の効果 (層流亜音速の場合)

u/u_e 一定で切ったときの y を D に対してプロットしたのが図 5, 6 である。

亜音速流については、直線になっていることから、 Δy は D とある常数 α の積で与えられることになる。しかし一様な速度の場合においてはこのずれは起こらないはずであるから、この α が y 方向の速度こう配によるであろうと考えられる。

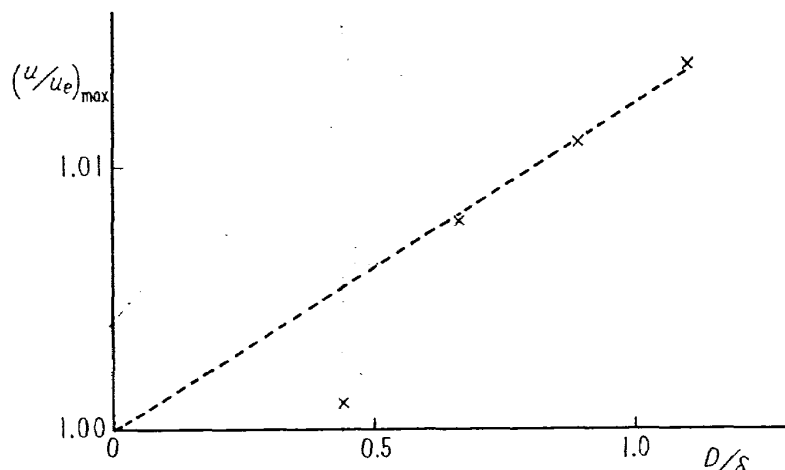


図 8. 速度プロファイルに生じるピークの大きさ (超音速流の場合)

図 7 に du/dy の効果を示す。 $du/dy/(du/dy)_w=0$ が境界層の端で、この近くでは実験データから dy を正確に求めることはできなかったが、この図から見ると、境界層の端で dy は 0 に近づくように見える。しかしながらこの du/dy の効果は二次的なもので境界層のごく端を除いて α の値は一定で 0.13 であるといえる。また、 θ や δ^* の計算においては境界層の端近くの寄与は小さい。

後流の場合については Young—Maas²⁾ が $\alpha=0.18$ という値を与えているが境界層の場合についてはそれよりも小さいようである。これは固体壁のあるためと考えられる。

超音速流については、境界層が非常に薄く、「4.3」で述べるように境界層の端で速度分布にピークを生じるので亜音速流のように一定の α が得られなかった。

4.2 壁付近での歪み

亜音速流、超音速流いずれの場合にも壁の近くで速度が大きく出ている。これは壁の効果と低ピトーレイノルズ数効果によるものと考えられるが、いまの実験データからは詳細について述べることは困難である。 θ や δ^* の計算においては原点へ外そうすることによってこの歪みを除いた。

4.3 境界層の端付近でのピーク

超音速流の場合の速度プロファイルに境界層の端付近でピークが生じる。このピークはピトー管が大きいほど大きく幅も広くなる。大きさについてはほぼ D に比例して大きくなるようである (図 8)。

この現象は亜音速流の場合には見られない。

5. 運動量厚および排除厚に及ぼす効果

いま述べたような効果によって変位したあるいはピークをもった速度分布から運動量厚 θ および排除厚 δ^* を計算した結果について調べてみる。

図 9, 10 に θ および δ^* を D/δ に対してプロットした。ここで θ および δ^* は

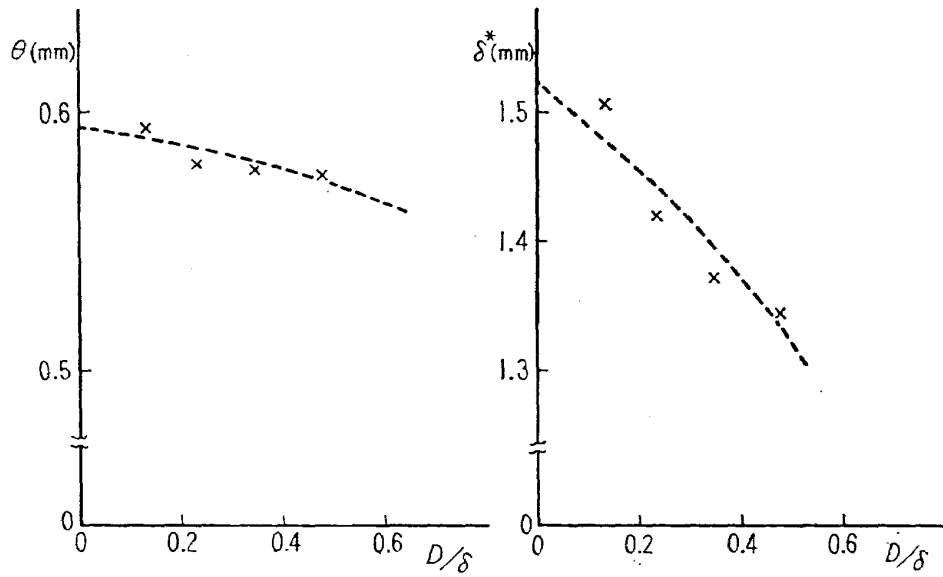


図9 ピトー管の大きさと境界層の厚さの比に対する運動量厚および排除厚の変化（亜音速流の場合、破線は(4)式を示す）

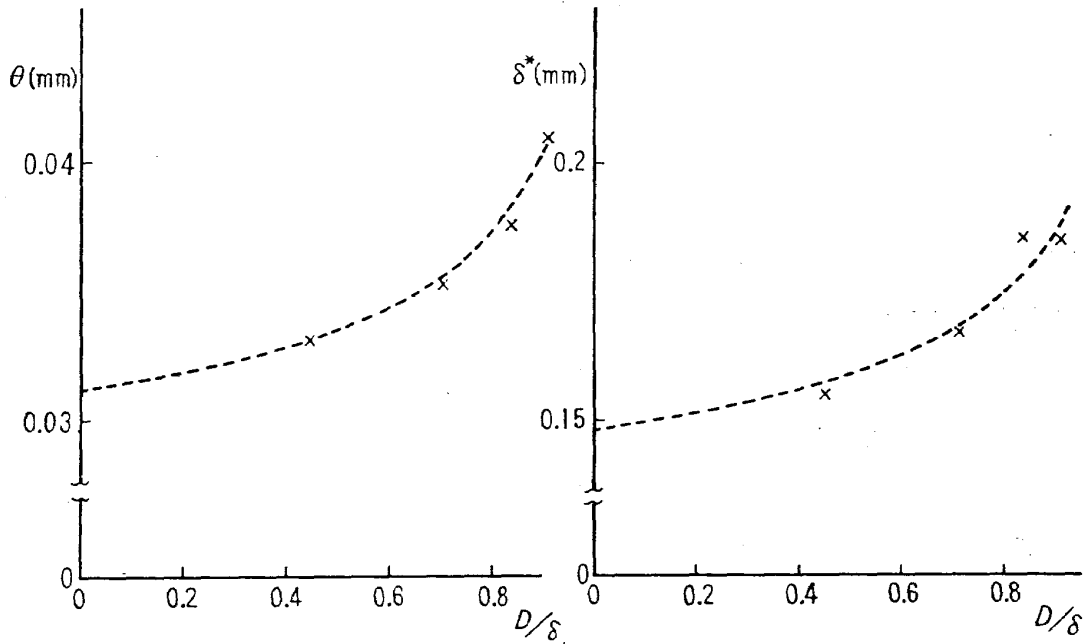


図10 ピトー管の大きさと境界層の厚さの比に対する運動量厚および排除厚の変化（超音速流の場合、破線は(5)式を示す）

$$\theta = \int_0^{\delta} \frac{\rho u}{\rho_e u_e} \left(1 - \frac{u}{u_e}\right) dy, \quad (1)$$

$$\delta^* = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{\rho u}{\rho_e u_e}\right) dy \quad (2)$$

で与えられる。 δ としてピークのないものは $u/u_e=0.99$ に、ピークのあるものは $u/u_e=\max$ に相当する y の値をとった。

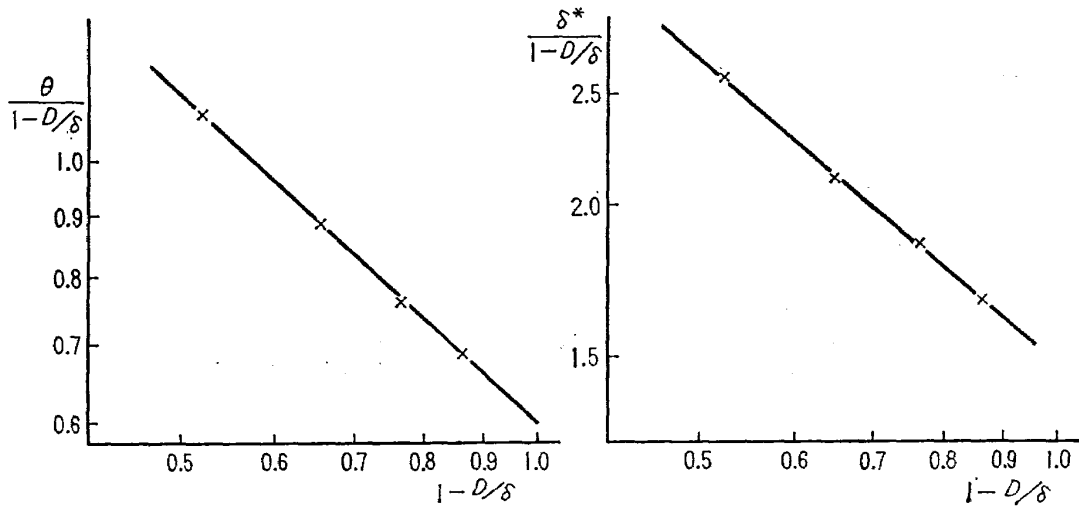


図 11 ピトー管の大きさを表わすパラメータ $[1-D/\delta]$ に対する運動量厚および排除厚の変化 (亜音速流の場合)

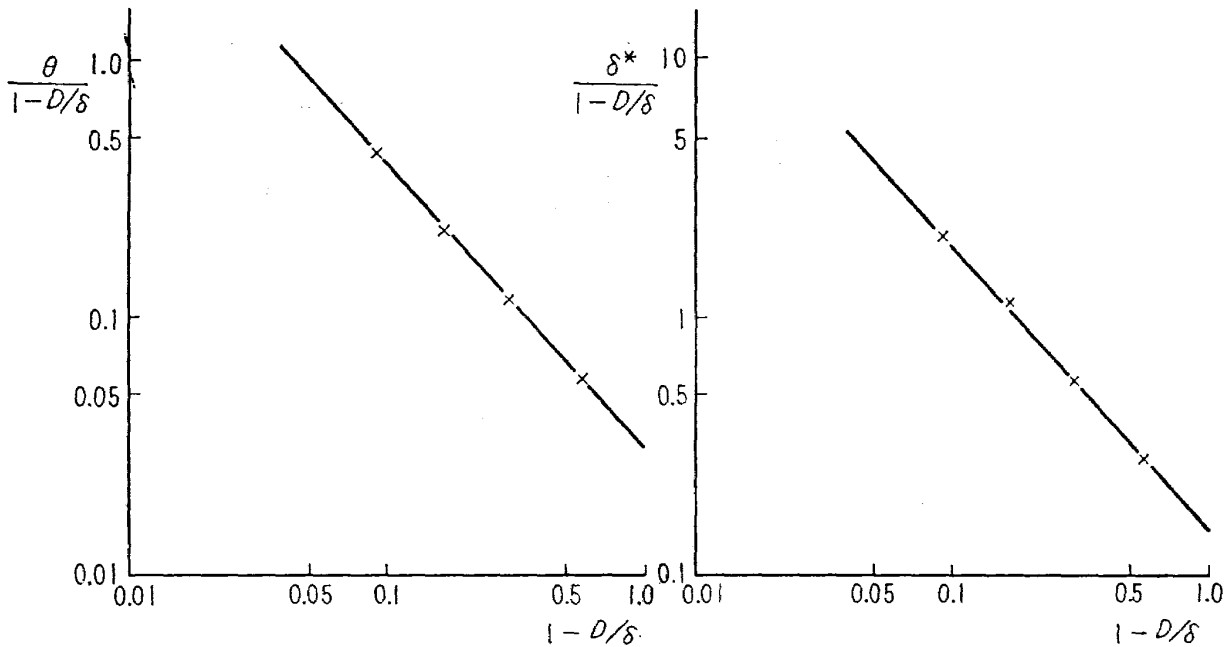


図 12 ピトー管の大きさを表わすパラメータ $[1-D/\delta]$ に対する運動量厚および排除厚の変化 (超音速流の場合)

図から $D/\delta=0$ として得られる θ, δ^* の真の値 θ_r, δ^*_r を求めることは困難である。そこで先に述べた Monaghan³⁾ のやり方に従って、この実験点に合う曲線として

$$\theta(\text{or} \delta^*) = A(1-D/\delta)^B \tag{3}$$

を仮定して、 $\theta(\text{or} \delta^*)/(1-D/\delta)$ と $(1-D/\delta)$ を対数目盛でプロットしてみると、図11, 12のように直線になる。この直線から θ_r, δ^*_r の値は簡単に求まり、理論値とかなりよく合う。たとえば、超音速流の場合の運動量厚および排除厚の実験値が 0.0312mm, 0.148mm に対し、理論値は 0.032mm, 0.185mm である。 B の値は直線のこう配から決まり、 θ, δ^* に対する補正式として次式が求まる。

亜音速流の場合

$$\theta/\theta_T(\text{or } \delta^*/\delta_T^*) = (1 - D/\delta)^{0.11} \quad (4)$$

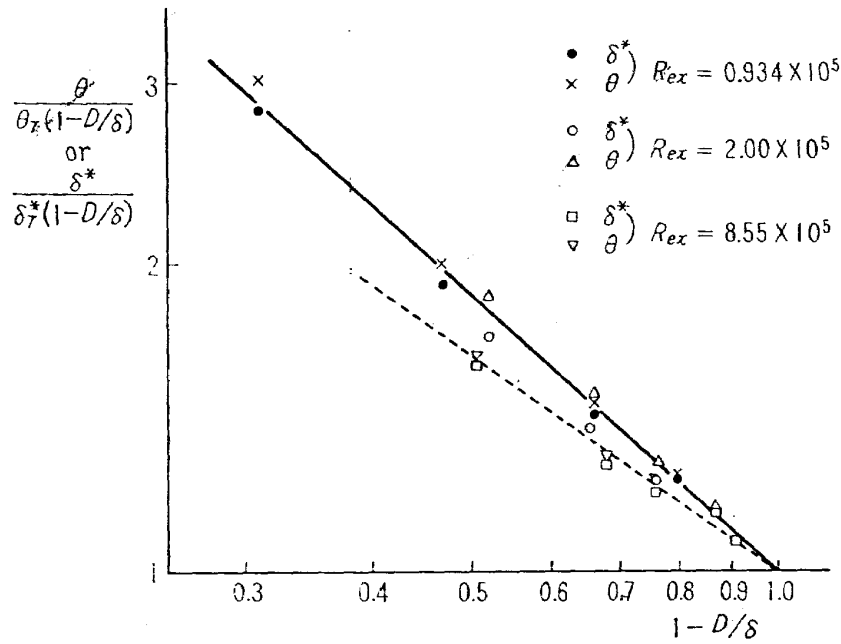


図 13 亜音速の場合の動運量厚および排除厚に及ぼすピトー管の大きさの効果
 (直線は層流の場合で $\theta/\theta_T(\text{or } \delta^*/\delta_T^*) = (1 - D/\delta)^{0.11}$ を示す)
 (破線は乱流の場合で $\theta/\theta_T(\text{or } \delta^*/\delta_T^*) = (1 - D/\delta)^{0.30}$ を示す)

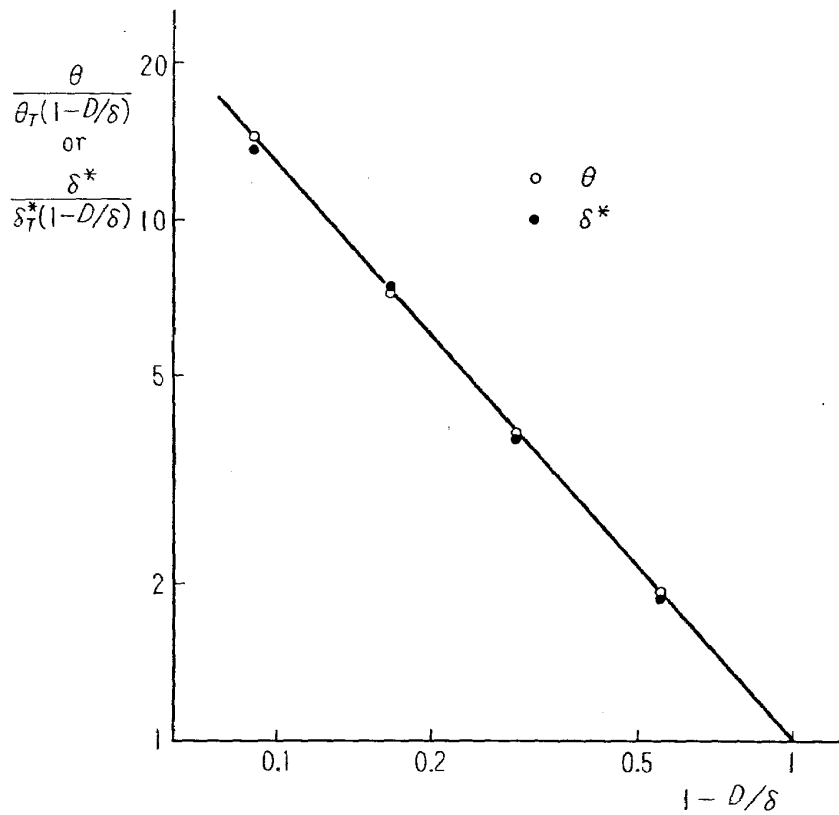


図 14 超音速の場合の運動量厚および排除厚に及ぼすピトー管の大きさの効果
 (直線は補正式 $\theta/\theta_T(\text{or } \delta^*/\delta_T^*) = (1 - D/\delta)^{-0.11}$ を示す)

超音速流の場合

$$\theta/\theta_T(\text{or}\delta^*/\delta^*_T)=(1-D/\delta)^{-0.11} \quad (5)$$

この二つの式はいずれも層流境界層についての結果である。

Monaghan⁴⁾の超音速流の場合の結果では、指数が -0.18 となっており、われわれの結果と違っているが、これはマッハ数およびピトー管の内外径比の違いによるものと考えられる。

亜音速流の場合の乱流の実験からは指数が 0.3 となり、 D の効果が層流の場合よりも大きいようである。

この補正式によると、 θ あるいは δ^* を誤差4%以下で求めようとすれば、ピトー管の大きさを測定しようとする境界層の厚さの $1/3$ 以下にしなければならない。求めた補正式と実験点を図13, 14に示す。

6. む す び

(1) 境界層速度分布の測定にピトー管を使用すると、速度こう配の効果によりピトー管はその断面の中心よりずれた点の圧力を測定する。

このずれの方向は、亜音速流では速度の大きいほうに、超音速流では逆に速度の小さいほうにずれる。

ずれの大きさは、 y 方向の速度こう配にはあまりよらず、ピトー管の大きさのみに関係する。層流の亜音速の場合については、次の結果を得た。

$$\Delta y \approx 0.13D \quad (6)$$

(2) 超音速流の場合の速度プロファイルは、境界層の端付近でピークを生じる。ピークの大きさ、幅ともにピトー管が大きいほど大きくなる。大きさについては、 D と比例しているようである。

(3) 実測された速度プロファイルから求めた θ 、 δ^* から θ_T 、 δ^*_T を求める補正式として

亜音速流の場合は

$$\theta/\theta_T(\text{or}\delta^*/\delta^*_T)=(1-D/\delta)^{0.11} \quad (7)$$

超音速流の場合は

$$\theta/\theta_T(\text{or}\delta^*/\delta^*_T)=(1-D/\delta)^{-0.11} \quad (8)$$

を得た。この式から、 θ あるいは δ^* の誤差を4%以下にするには、ピトー管の大きさを境界層の厚さの $1/3$ 以下にしなければならない。

最後に、実験にご協力下さった伝田技官、山本技官、それから原動機部の空気源運転を担当された方々に深く感謝いたします。

文 献

- 1) F. S. Sherman; New Experiments on Impact-Pressure Interpretation in Supersonic and Subsonic Rarefied Air Streams, NACA TN. 2995 (1953).
- 2) A. D. Young and Maas; The Behaviour of a Pitot-Tube in a Transverse Total Pressure Gradient, R & M No. 1770 (1937)
- 3) F. A. Macmillan; Experiments on Pitot-Tubes in Shear Flow, R & M No. 3028 (1956).
- 4) R. J. Monaghan; The Use of Pitot-Tubes in the Measurement of Laminar Boundary Layers in Supersonic Flow, R. & M No. 3056 (1955).
- 5) R. E. Blue and G. M. Low; Factors Affecting Laminar Boundary Layer Measurements in a Supersonic Stream, NACA TN. 2891 (1953).
- 6) F. A. Macmillan; Viscous Effects on Pitot-Tubes at Low Speeds. J. R. Ae. Soc. Vol. 58 (1954).
- 7) 長洲秀夫, 伝田幸雄; 18cm×20cm 超音速風洞について, 航技研資料 TM-4 (昭和37).

TM-56	2024-T4アルミニウム合金平滑丸棒の常温回転曲げ疲労試験	1965年7月	石田 誠, 河野哲雄
TM-57	極超音速における軸対称物体の前面抵抗	1965年7月	曾 我国 男
TM-58	試験用飛しょう体の超音速風洞実験	1965年8月	齋藤 秀夫, 木村友昭
TM-59	ジェットリフトエンジン空気取入口の実験(I)	1965年9月	近藤 博, 増田惣平
TM-60	吹出式超音速風洞における実験データの処理方式について(II)	1965年9月	原 亘 利, 高島一明夫 関根英夫, 中 正 夫 川末健子, 矢沢健司 戸田雄吉, 田村征一 塚野四郎, 能村 実 佐野信宏
TM-61	クインエア機の風洞試験	1965年9月	別府 信一 江川 幸一 飯田宗四郎
TM-62	高温歪ゲージの温度特性試験	1965年10月	
TM-63	2024-T3アルミニウム合金の有孔補強平板の軸荷重による疲労特性	1965年10月	
TM-64	応力集中による材料の疲れ強さに関する一実験(I)	1965年10月	池田 為治, 坂元思無邪 光山敏雄, 宮地敏雄
TM-65	ジェットエンジンの翼の固有振動に関する実験	1965年11月	武内 澄夫, 二谷 昌 齋藤 隆, 堀内正司
TM-69	質量分析計による水蒸気を含む試料のガス分析	1965年12月	中村浩子, 原動機部 機体第一部, 測 部 計 測 部
TM-71	可動アイアンバードの構造および機能	1965年12月	戸川隼人, 石黒登美子
TM-72	地上付近の風の影響による小型ロケットの姿勢角変化	1965年12月	
TM-73	固定端を有する薄肉円筒殻の自由振動について	1966年1月	田寺 木一, 泉 日出夫
TM-74	回転振動試験装置の計画, 構造および特性	1966年2月	武内 澄夫, 宮地敏雄 星谷昌二, 清水福寿
TM-75	高マッハ数風洞の消音装置について	1966年2月	牛田 健二, 崇一 吉永 崇一 小川 敏一
TM-76	コーティングの断熱効果のアナログシミュレーション	1966年2月	
TM-77	テレメータ電波の偏波面の回転を利用したロケットのスピン測定について	1966年3月	田畑 浄治, 桜井善雄 三浦雅男, 森 幹彦 堀川勇壮, 直治二 中野佳慶, 哲二 新崎 慶哲, 久蔵 石原 久蔵, 藤 秀夫 外立 政隆, 原 盛三 宗美 均
TM-78	昇降舵の操舵力特性に関するシミュレータ解析	1966年3月	
TM-79	テレメータ機上装置の小型化の研究	1966年3月	
TM-80	安定制御のための一計算法	1966年3月	
TM-81	吹出式超音速風洞の起動時および停止時における過負荷防止装置	1966年3月	

注：欠番は配布先を限定したもの

航空宇宙技術研究所資料82号

昭和41年4月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(0422)(44)9171(代表)

印刷所 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1-10