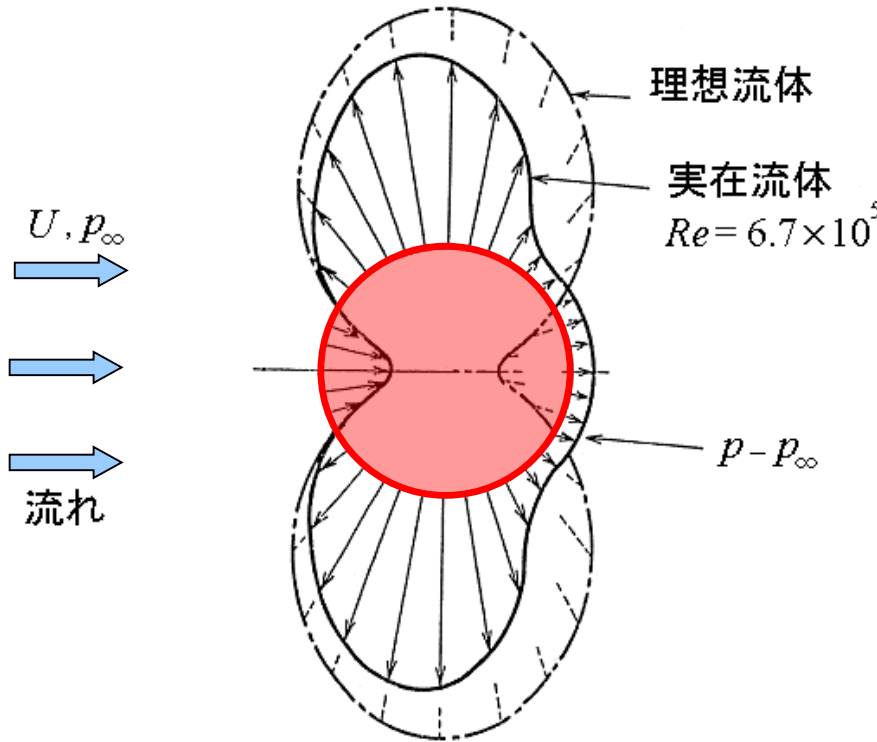
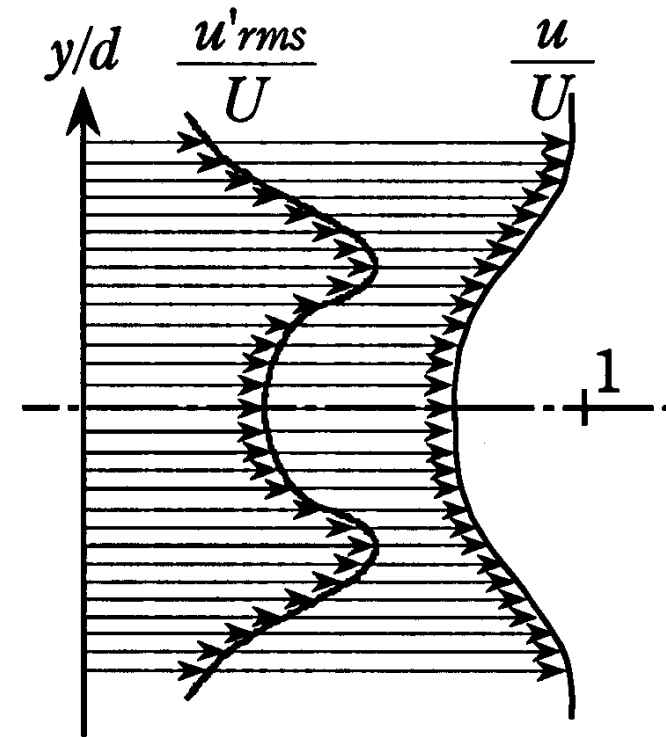


## 円柱周りの圧力分布と速度分布の測定

(流体工学研究室：倉谷 知宏)



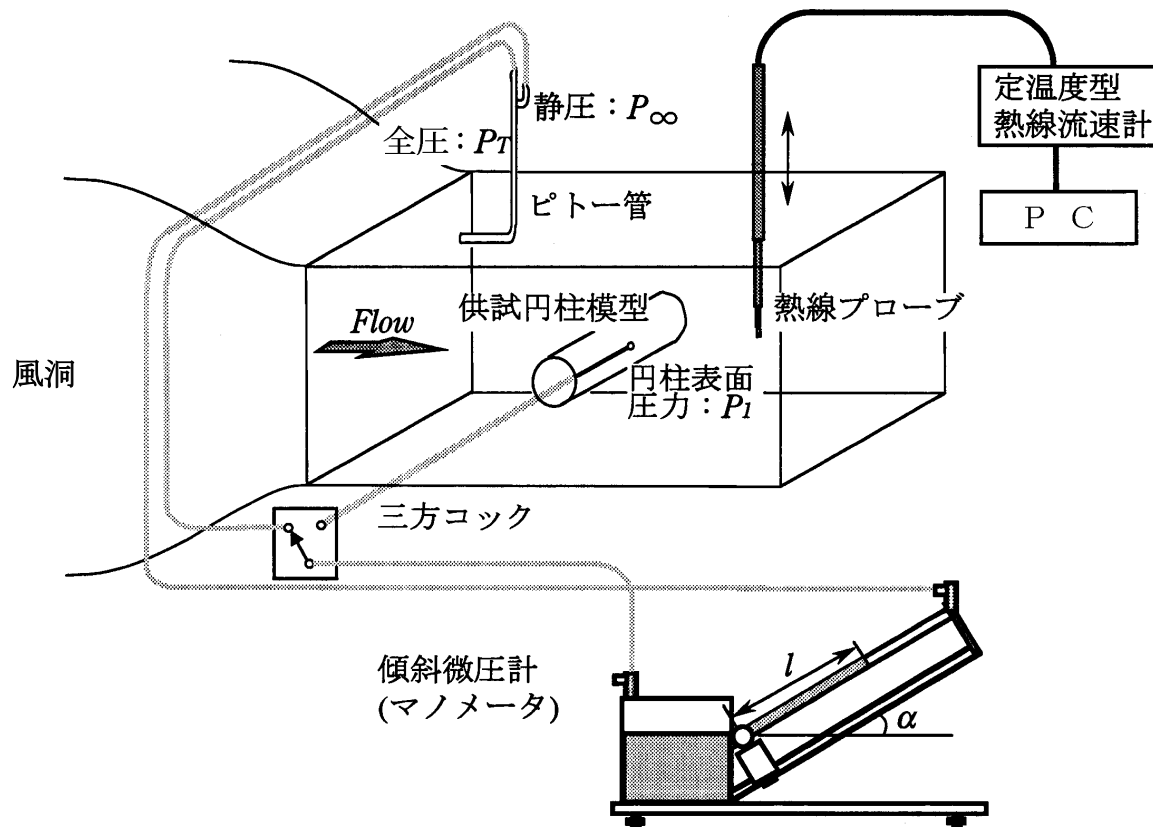
円柱周りの圧力分布



円柱後流の速度分布

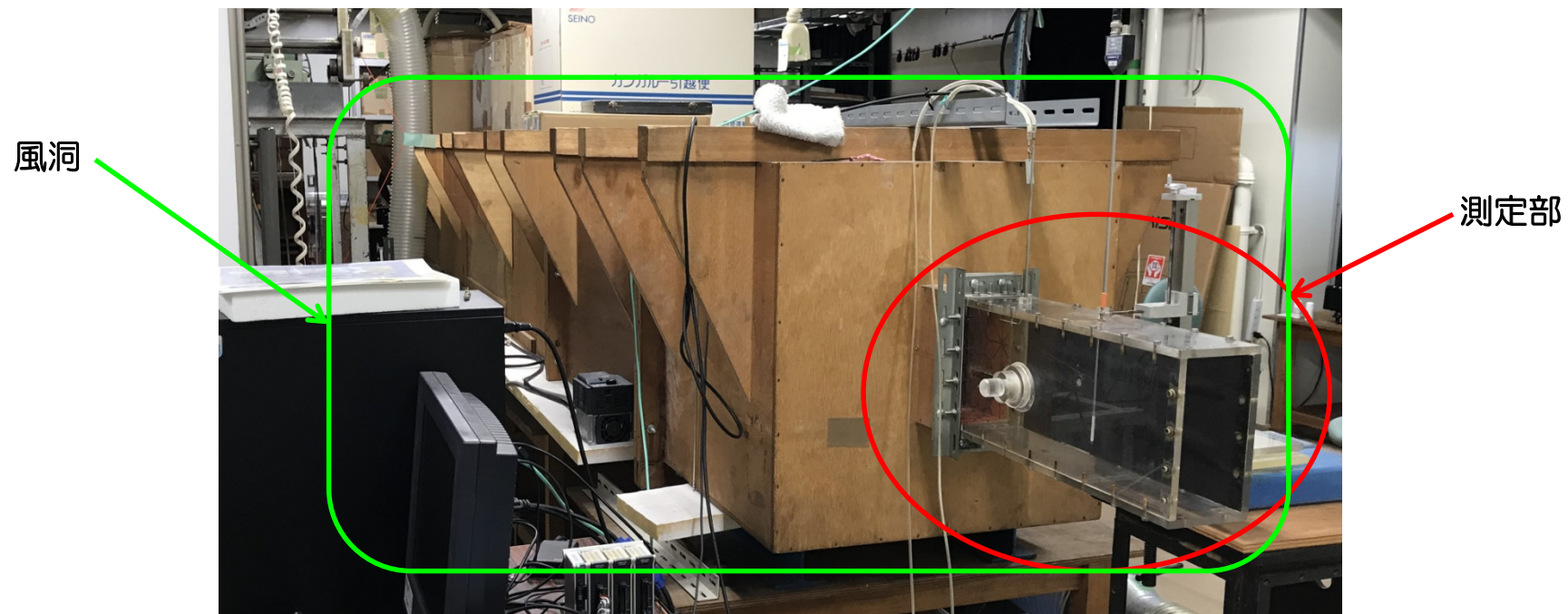
この実験は、空気流れの中に置かれた円柱周りの圧力分布、及び円柱後流の速度分布等を測定することによって、物体に働く抗力や周囲の流れに関する基礎概念を把握することを目的としている。

# 実験装置概略図



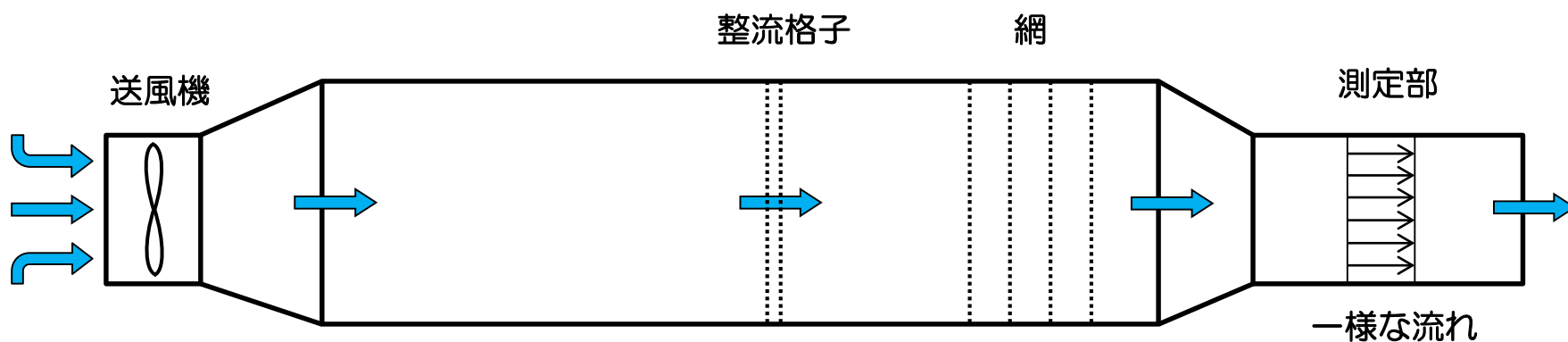
指導書の図6には、本日使用する実験装置の概略図が示されています。それぞれについて次頁にて写真及び図を使用して説明します。

# 風洞



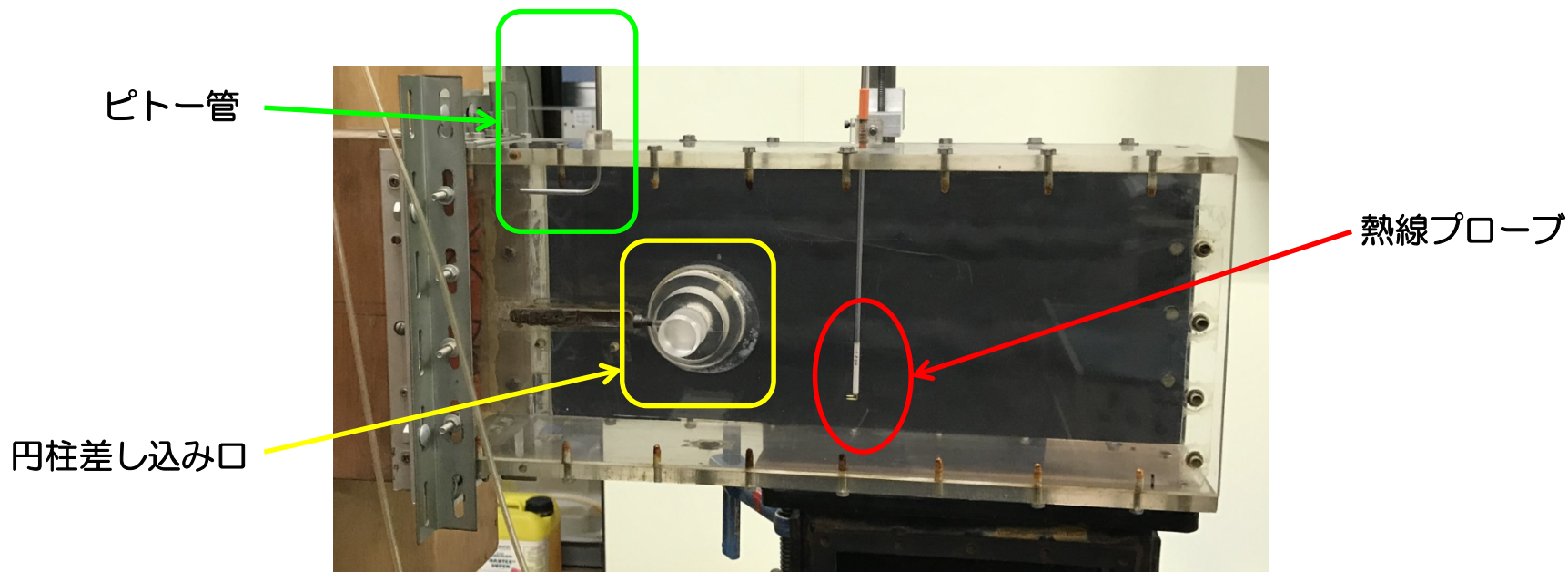
これが本日使用する風洞で、長さが10m程度あり、風の流れを起こす装置になります。

# 風洞



送風機から送られた流れは旋回流であり、格子や網を通すことで整流されます。測定部において一様で変動の少ない流れを作る装置を風洞といいます。

# 測定部



測定部には円柱差し込み口があり，その上流側にはピトー管，下流側には熱線プローブが配置されています。

# 円柱模型

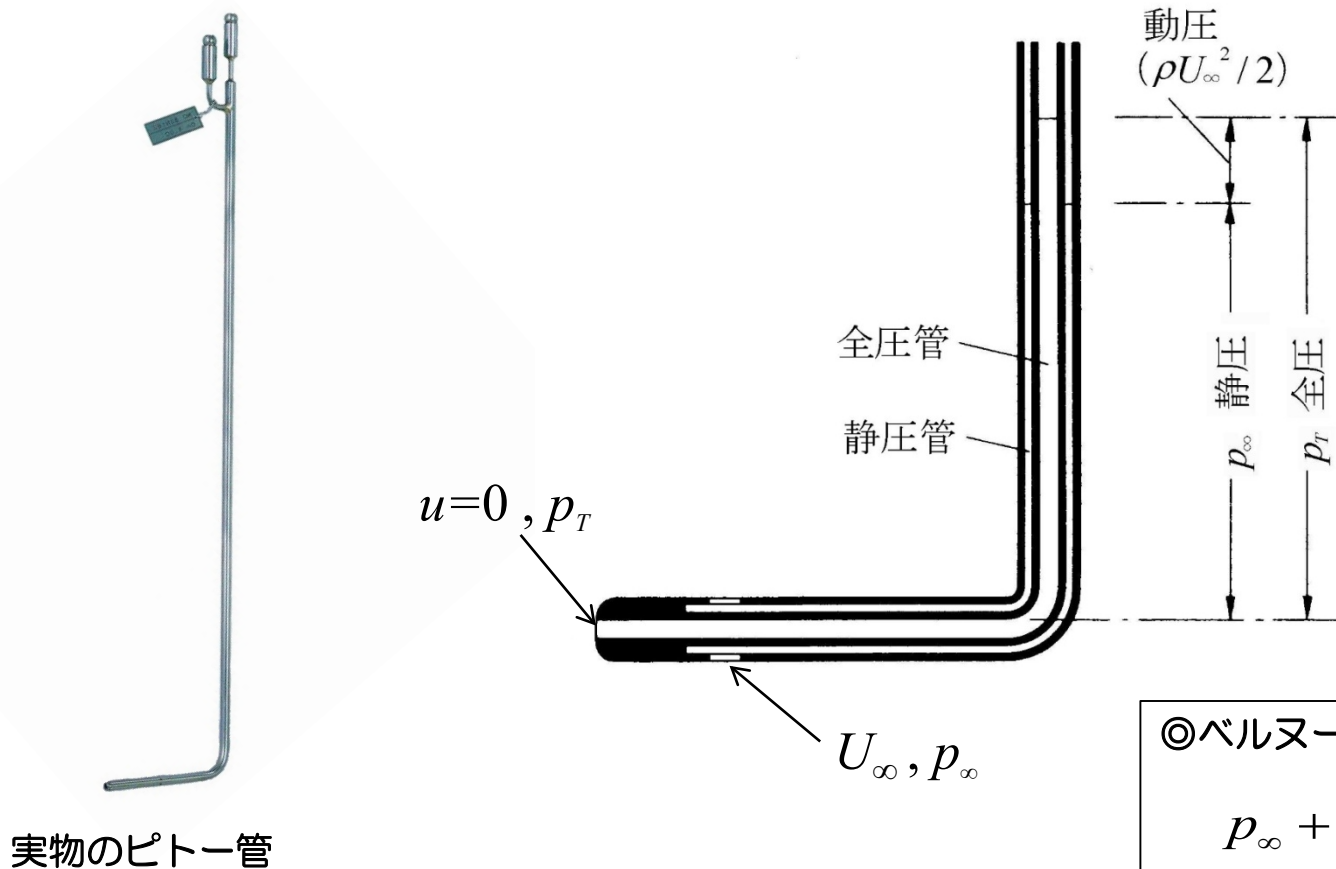
$\phi 0.5$  圧力孔



円柱周りの圧力

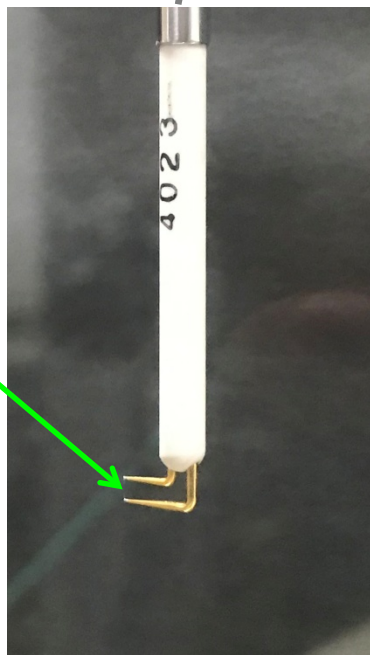
これが本日使用する円柱模型であり、直径が20mm、  
スパン中央には小さな孔があり、この点の圧力をチューブを介して測定します。  
(円柱を5° 間隔で回転させて円柱周りの圧力分布を測ります。)

# ピトー管



ピトー管では、全圧(  $p_T$  )と静圧(  $p_\infty$  )を測定することができ、ベルヌーイの式を適用することで一様流速(  $U_\infty$  )を計算することができます。

# 熱線流速計



タングステン線

熱線プローブ

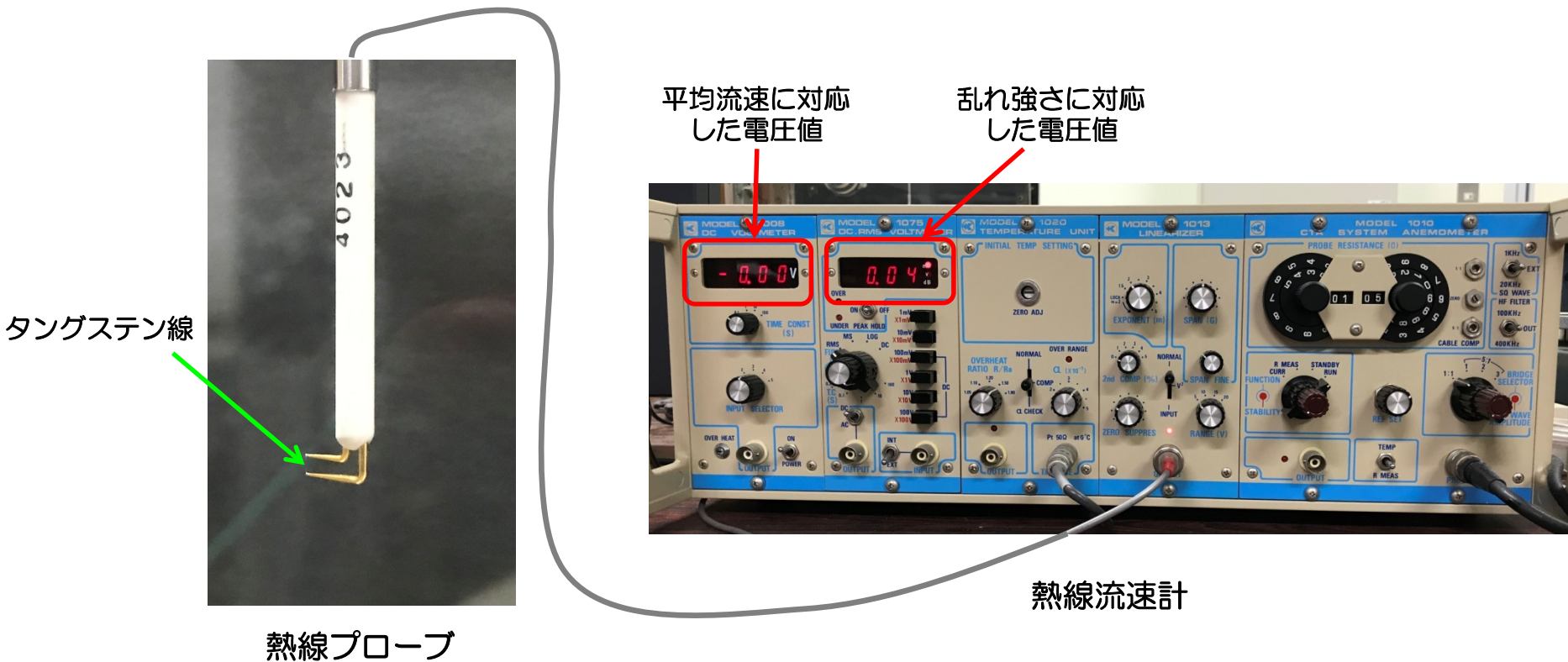


熱線流速計

これが熱線プローブと熱線流速計の実物となります。  
熱線プローブの先端にはタングステン線（直径約 $5\mu\text{m}$ ）が張ってあります。  
（光に翳さないと見えにくいくらい非常に細いです。）



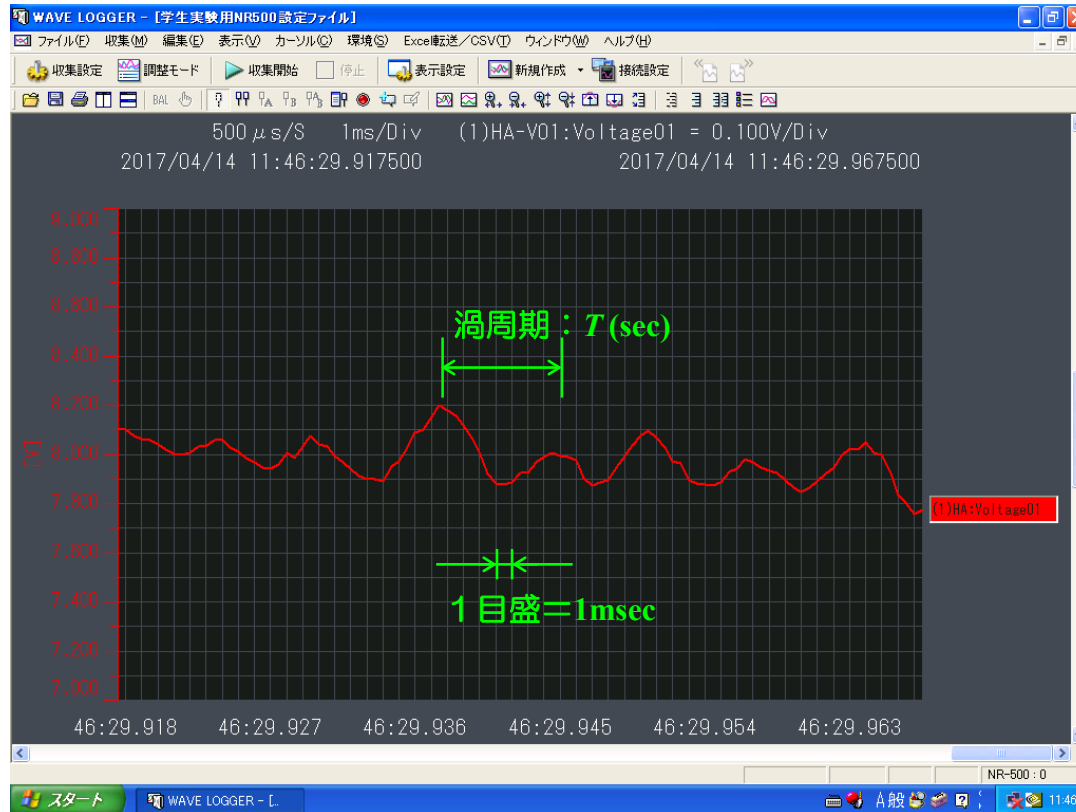
# 熱線流速計



加熱されたタングステン線に風が当たると冷却され、熱線の抵抗値が下がり、その抵抗値を計測することによって、風速を計算することができます。プローブ先端の平均流速&乱れ強さが計測できます。

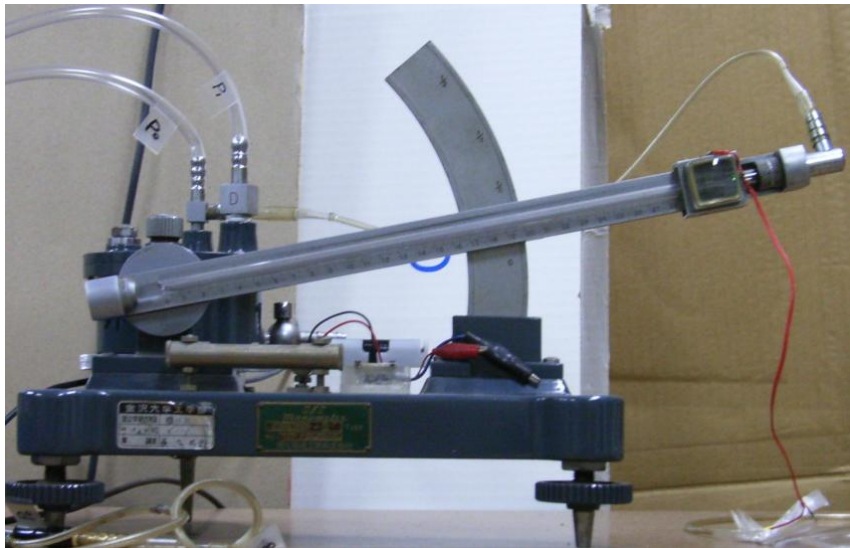
## 2. 実験装置

# PC

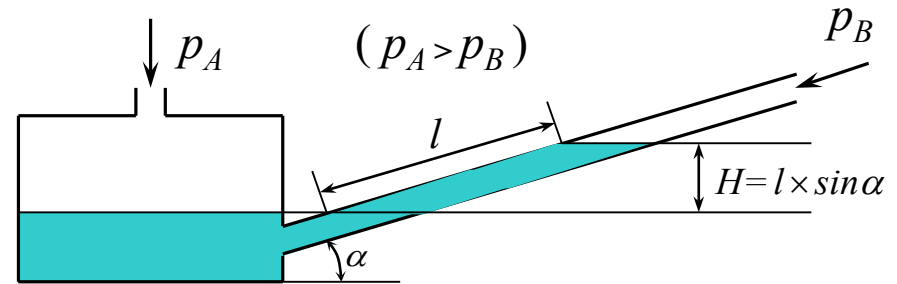


PCに熱線流速計の出力電圧を取り込み、速度変動波形を表示させます。波形からカルマン渦列による速度変動の周期を測定します。

# 傾斜微圧計 (マノメータ)



実物の傾斜微圧計



傾斜微圧計に2つの圧力を入れると、その圧力差が液面の長さとなって表示されます。つまり傾斜微圧計は差圧計の一種です。  
指導書に示されているように、圧力差  $\Delta p = \rho_{al} * g * l * K$  で計算できます。

# 実験方法

- (1) 傾斜マンノメータの零点を確かめる。
- (2) 送風機を起動し、無段変速機のレバーを回転させ、適当な風速に設定する。
- (3) マノメータにピトー管側のビニール管を接続し、一様流速 $U$ をマンノメータの読みから計算する。同時に熱線流速計の出力電圧を読み取る。これはピトー管による流速と、熱線流速計出力電圧のキャリブレーションを行うためである。
- (4) 供試円柱模型を風洞の測定部に取り付けた後、再度風速 $U$ をピトー管で測る。なお、円柱表面の圧力分布の計算にはこの風速 $U$ を使用する。
- (5) 円柱模型側のビニール管をマンノメータに継ぎかえた後、円柱表面の圧力測定孔を上流側へ向け、マンノメータの読みが最大となる位置を角度 $0^\circ$ にセットする。
- (6) 円柱を $0^\circ \sim 180^\circ$ まで、 $5^\circ$ 間隔で回転させながら円柱表面の圧力分布 $P_1$ を測定する。
- (6)' 後流の速度と乱れ分布を計測するために、(6)と併行して熱線プローブを上下方向に $3\text{mm}$ 間隔に移動させ、出力電圧、RMS電圧を読み取る。さらにPCに速度変動波形を表示させ、カルマン渦列による速度変動の周期 $T$  (s)を測定する。
- (7) すべての計測が終了したら、風速を最低速にして送風機の電源スイッチを切る。

実験指導書の実験方法に従って、(1)から(7)まで順に実験を進めていきます。

## 実験方法

気温  $t =$     °C    気圧  $H =$     hPa    密度  $\rho_{air} =$     kg/m<sup>3</sup>

(3)キャリブレーション                      (4)一様流速測定

微圧計 $l$ [mm]	流速 [m/s]	熱線流速計出力 V [V]
→		

微圧計 $l$ [mm]	流速 $U$ [m/s]
→	

$1 \text{ [V]} =$     [m/s]

(6)円柱周りの圧力分布                      (6')円柱後流の速度分布

角度 [°]	微圧計 $l$ [mm]
0	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
75	
80	
85	
90	
95	
100	
105	
110	
115	
120	
125	
130	
135	
140	
145	
150	
155	
160	
165	
170	
175	
180	

変位 $y$ [mm]	平均流速 $\bar{V}$ [V]	速度変動成分 $\tilde{V}$ [mV]	渦周期 $T$ [msec]
0			
3			
6			
9			
12			
15			
18			
21			
24			
27			
30			
33			
36			
39			
42			
45			
48			
51			
54			
57			
60			
63			
66			
69			
72			
75			
78			
81			
84			
87			
90			
93			
96			
99			
102			
105			
108			
111			
114			
117			
120			
123			

※この用紙はレポートに添付すること

実験記録用紙

実験で得られた情報は記録用紙に記入していきます。  
 項目番号は各実験方法に対応しています。

# 実験方法



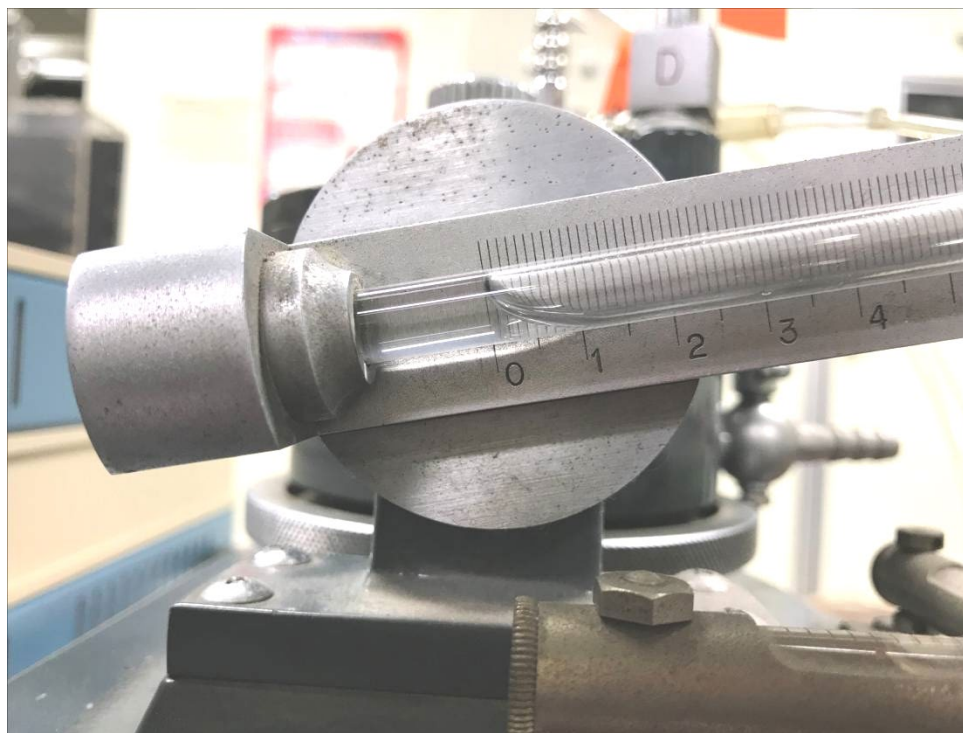
気圧計 (17.4°C, 1019hPa)  
⇒764.5mmHg

$$\begin{aligned}\rho_{air} &= 1.293 * H / (1 + 0.00367 * t) / 760 \\ &= 1.293 * 764.5 / (1 + 0.00367 * 17.4) / 760 \\ &= 1.22 \text{ (kg/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

まず空気の密度を計算するために、気温と気圧を測定します。  
計算式は実験指導書 (3・3 ピトー管) に載っています。

# 実験方法 (1)

(1) 傾斜マンノメータの零点を確かめる.



傾斜マンノメータは液面の一番凹んだ箇所を読みます。  
(零点は合っています。)

## 実験方法（2）

(2) 送風機を起動し，無段変速機のレバーを回転させ，適当な風速に設定する。



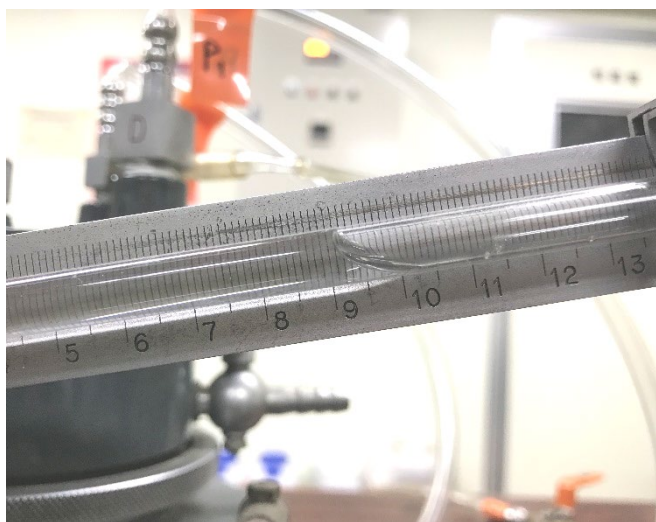
インバータ

インバータで送風機の回転数を制御します。  
風速は約 1.5 m/s 程度に設定されています。



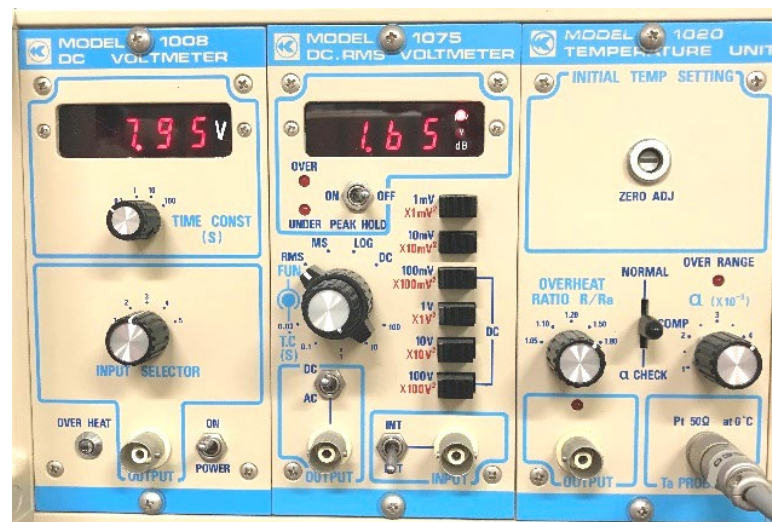
## 実験方法 (3)

(3) マノメータにピトー管側のビニール管を接続し、一様流速  $U$  をマノメータの読みから計算する。同時に熱線流速計の出力電圧を読み取る。これはピトー管による流速と、熱線流速計出力電圧のキャリブレーションを行うためである。



マノメータ ( 91.0mm )

$$\begin{aligned} \Rightarrow U &= c(2 \cdot \rho_{al} \cdot g \cdot l \cdot k / \rho_{air})^{0.5} \\ &= 1.0 \cdot (2 \cdot 800 \cdot 9.81 \cdot 0.091 \cdot 0.2 / 1.22)^{0.5} \\ &= 15.3 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$



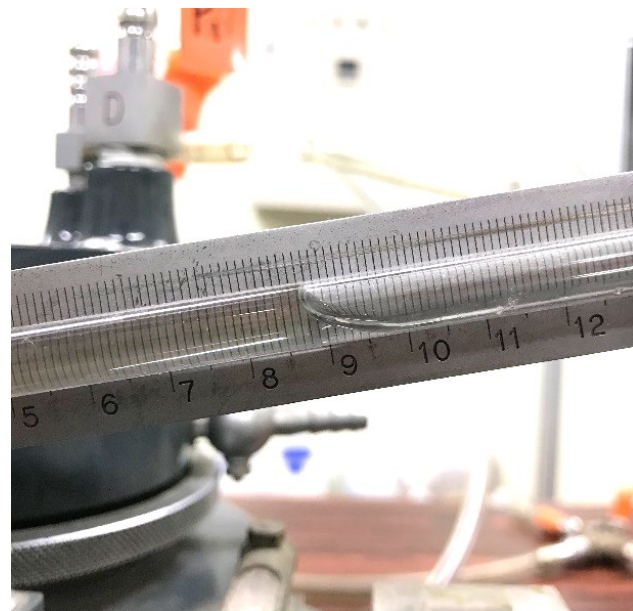
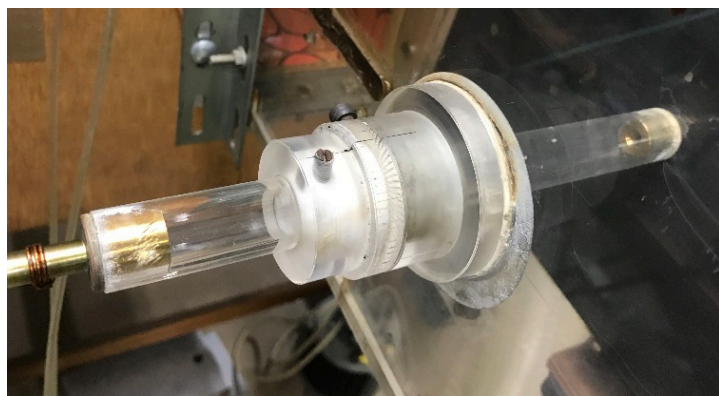
熱線流速計 ( 7.95V )



ここでは、熱線流速計のキャリブレーションを行います。  
熱線流速計の表示は電圧値なので、1 V が風速何 m に対応するのかを校正する必要があります。

## 実験方法 (4)

(4) 供試円柱模型を風洞の測定部に取り付けた後、再度風速 $U$ をピトー管で測る。なお、円柱表面の圧力分布の計算にはこの風速 $U$ を使用する。



マノメータ (87.0mm)  
⇒  $U = 14.9$  (m/s)

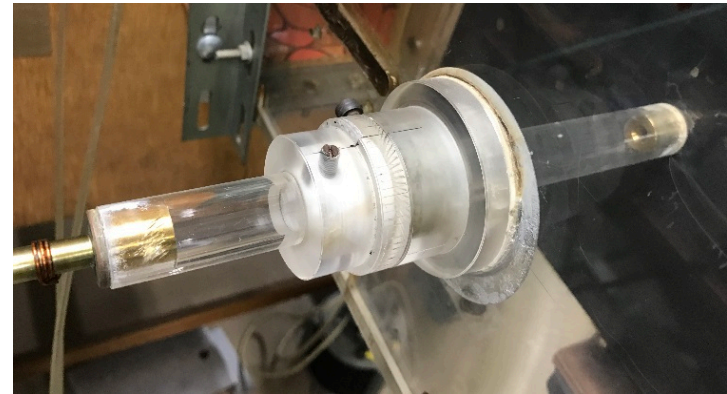
ここで円柱模型を測定部に取り付けます。  
円柱を入れると風速が(3)の時に比べて少し減少します。  
(レポートに出てくる流速 $U$ にはこちらの $U$ を使用すること。)

## 実験方法 (5)

(5) 円柱模型側のビニール管をマンノメータに継ぎかえた後、円柱表面の圧力測定孔を上流側へ向け、マンノメータの読みが最大となる位置を角度 $0^\circ$  にセットする。



三方コック

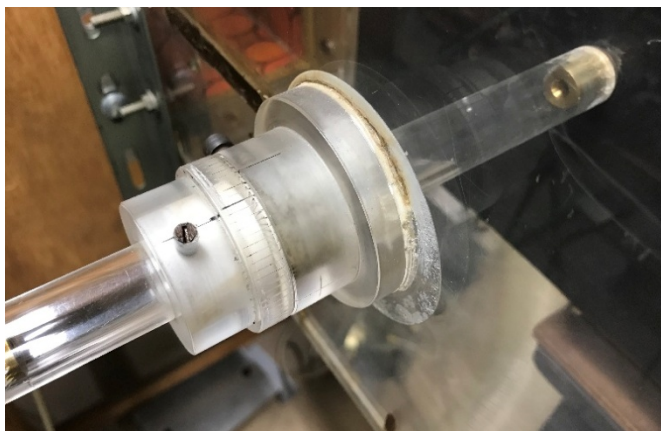


円柱模型 ( $0^\circ$  の位置)

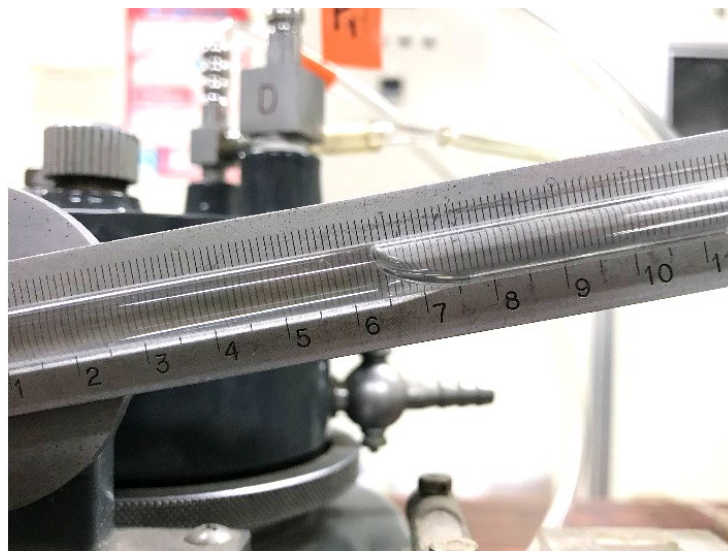
三方コックを切り替え、マンノメータへ円柱表面圧力をつなげます。  
そして次の(6), (6)' がメインの実験になります。

## 実験方法 (6)

(6)円柱を $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  まで、 $5^{\circ}$  間隔で回転させながら円柱表面の圧力分布 $P_1$ を測定する。



円柱模型 ( $20^{\circ}$  の位置)



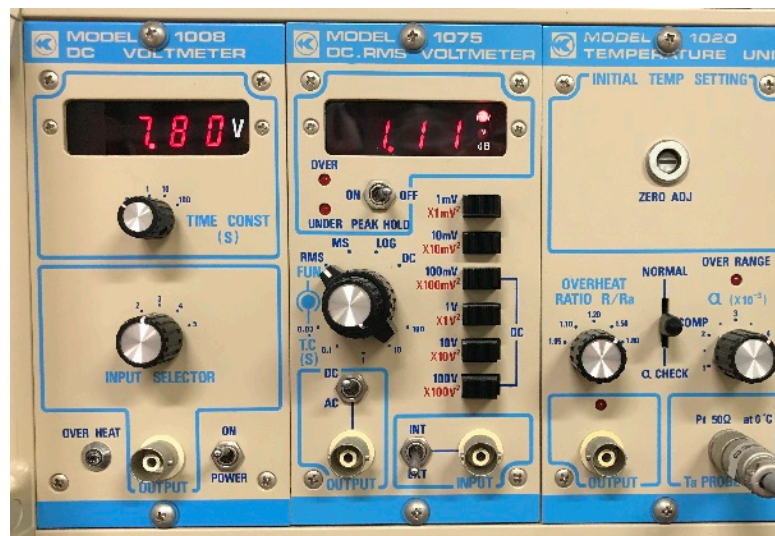
マンメータ ( $63.2\text{mm}$ )

円柱周りの圧力分布を測定します ( $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  を $5^{\circ}$  間隔で)。  
マンメータは円柱表面圧力 $P_1$ と静圧 $P_{\infty}$ の差圧を示しています。

### 3. 実験方法及び実施

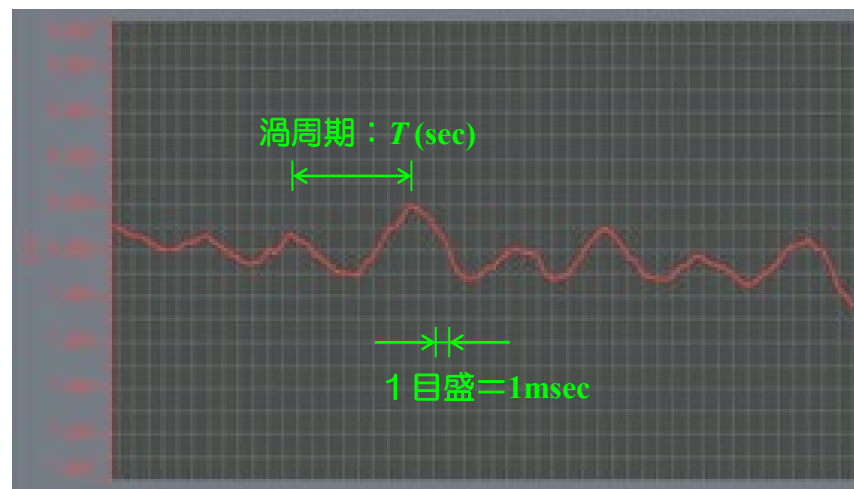
## 実験方法（6）’

(6)’ 後流の速度と乱れ分布を計測するために、(6)と併行して熱線プローブを上下方向に3mm間隔に移動させ、出力電圧、RMS電圧を読み取る。さらにPCに速度変動波形を表示させ、カルマン渦列による速度変動の周期 $T$  (s)を測定する。



熱線流速計

(平均流速：7.80V，速度変動成分：1.11mV)



PC

(渦周期： $T=7.8\text{msec}$ )

熱線流速計から平均流速&変動成分を、PCの波形からカルマン渦周期を測定します (Y=0~123mmを3mm間隔で)。

## 実験方法（7）

(7)すべての計測が終了したら、風速を最低速にして送風機の電源スイッチを切る。



インバータ

インバータを切って風洞を止めて、実験終了となります。