

# Visualization of Wake Flow behind a Circular Cylinder

## 圓柱後方氣流場觀測實驗

### 一、實驗目的

以自製煙線及簡易風洞設備觀察圓柱鈍體後方流場現象，並探討相關參數間的關係。

### 二、儀器設備

風洞、測試區、鼓風機、變頻器、觀測區圓柱體、高速攝影機與影像擷取軟體、白蠟油產煙裝置與容器、直流電源供應器、100 mW 半導體綠光雷射

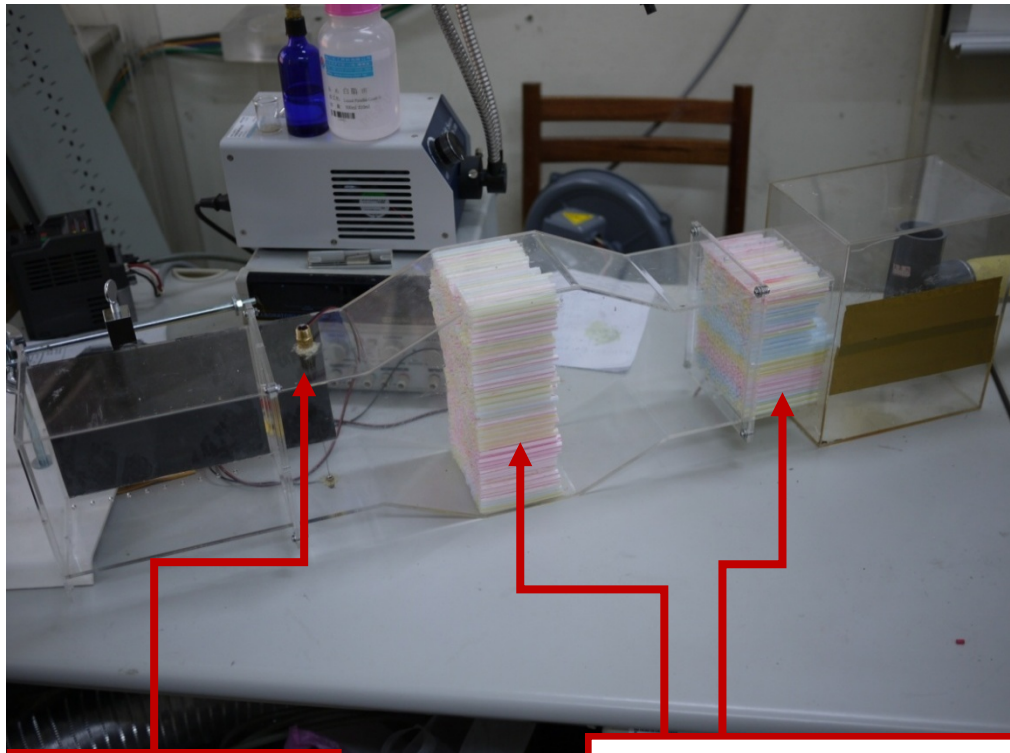
### 三、實驗內容與步驟

本系列實驗分為兩部分：(一) 壓力量測與速度校正，(二) 氣流場流動模式的觀測，於 2 週完成（請使用同組風洞系統，以利校正數據的應用）。可藉此比對進氣流速對圓柱體後方渦旋產生頻率的影響，得到 Reynolds number 與 Strouhal number 的關係。以下為第二週實驗(二)的參考操作步驟。

- (1) 將實驗用的圓柱體放入流道中固定。
- (2) 利用腳架把攝影機固定好，利用圓柱輔助調整焦距，並把影像控制軟體中的光圈大小、拍攝速度與曝光量調整妥善(參閱攝影機與軟體使用步驟)。
- (3) 將變頻器通電後，調整頻率，需注意實驗用的鼓風機得接受的電頻上限為 50~60 Hz，下限為 1.0 Hz；所以變頻器輸出的頻率不能低於 1.0 Hz，否則將無法啟動鼓風機，也可能造成鼓風機的損壞。設定好頻率後即可按“RUN”，先令其運轉，並由旋鈕調整到適當之對應風量。
- (4) 打開裝白蠟油瓶子的連接閥，並調整油滴滴落的速度，不要讓它滴得太快。
- (5) 打開電源供應器後將電流量調整在 2.00 到 2.50 安培左右，並按下 OUTPUT。這時候需同時調整白蠟油的滴落量與電流量，使產生的煙線濃度控制在攝影機拍得清楚的狀態。
- (6) 配戴護目鏡，開啟雷射，利用柱面鏡產生光頁，拍攝不同流速下的流場模式。
- (7) 從攝影機拍攝到的影像中記錄流場渦旋的產生頻率，可與實驗(一)中量測到的壓力震盪頻率做比較。
- (8) 換算 Strouhal number，對應 Reynolds number。

#### 四、實驗設備使用介紹

##### (一) 主流道



白蠟油注入口與電流連接處。此處將與裝盛白蠟油的容器相接，供流場觀測。

整流機構，由吸管堆疊排列而成，上游是為了減速而設置，下游的措施除了減速之外，還有使流動均勻化的效果。

##### (二) 鼓風機



外接三相的交流電。

連接觀測流道。

### (三) 變頻器



### (四) DC 電源供應器



(五) 白蠟油供應器



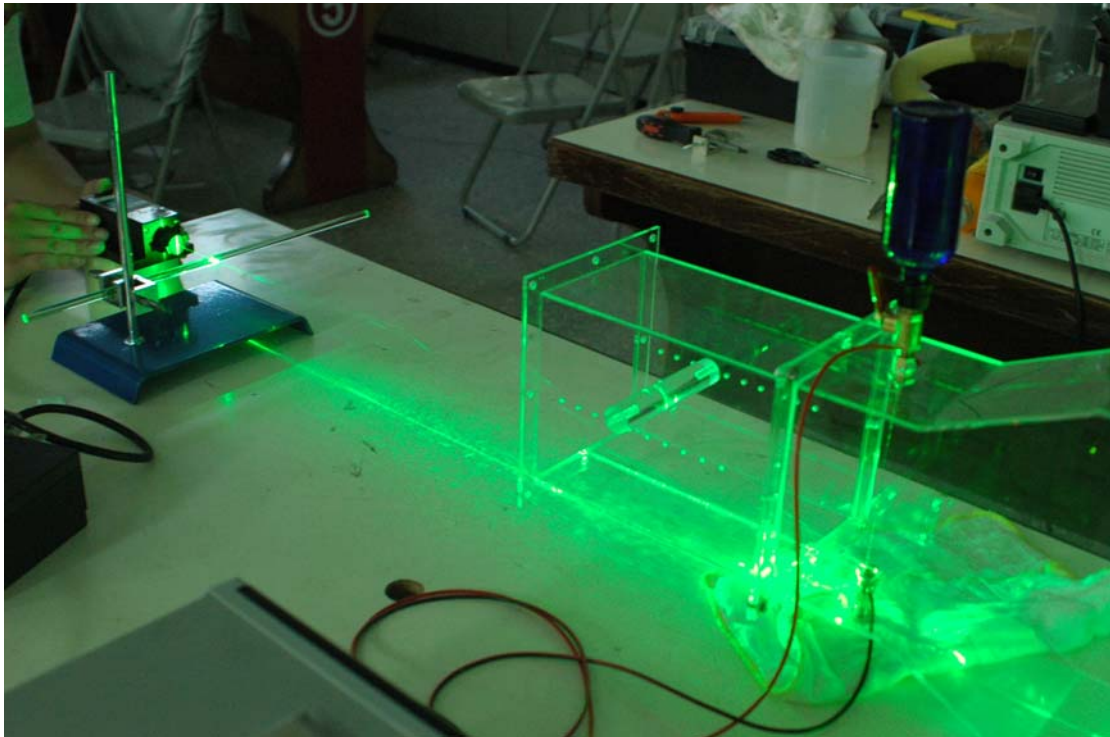
與觀測區前的注入口  
連接，供應白蠟油。

(六) 綠光半導體雷射 (功率 100 mW，波長 532 nm)

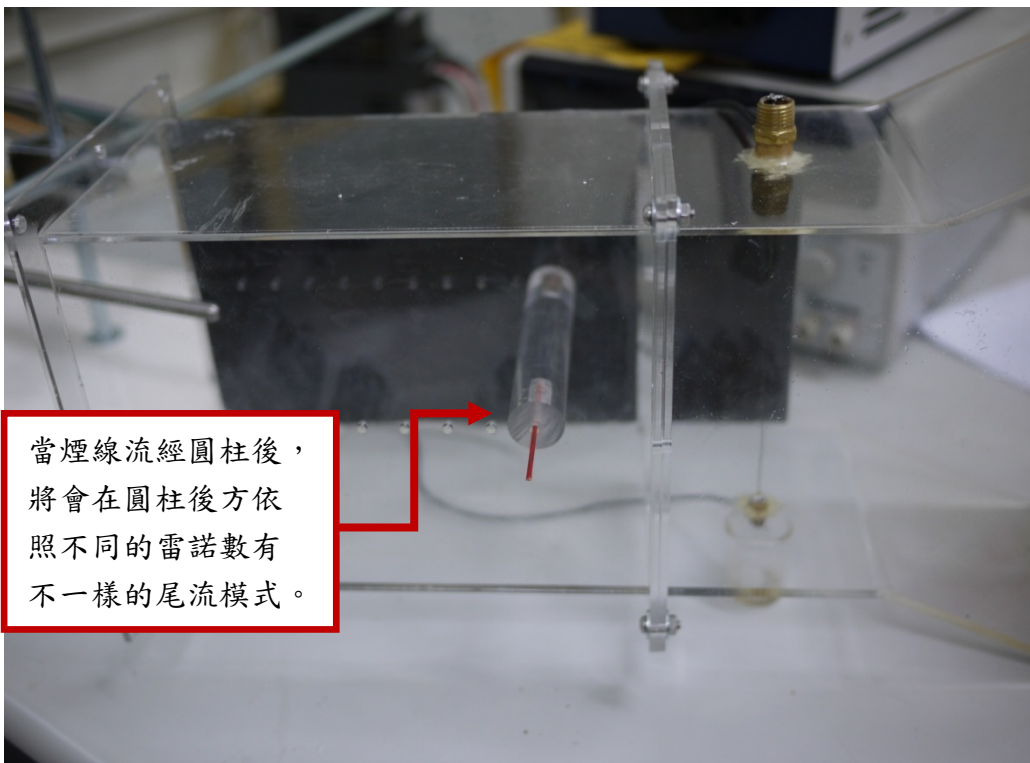




(七) 觀測區組裝完成 (光頁暫時由玻棒產生)



(八) 觀測區圓柱體



## (九) 高速攝影機



## 相機連接



由圖可知，左邊為電源供應線，而右邊為網路線，接在相機上，另一頭接於網路卡上電源供應的連接線，必須先將轉接頭接上相機再將插頭插上電，使用完畢後，要先將插頭拔除再拔除轉接頭

程式安裝完成後，接上相機，便會看見電腦右下角(工作列)，有相機的小圖示，以下有可能呈現為：



表示已經搜索到相機，可以使用

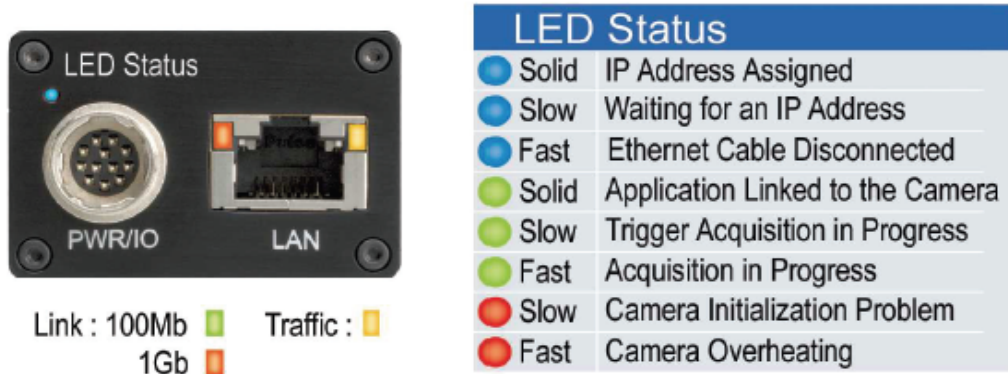


出現一個警示標誌，表示沒有搜索到可用 IP

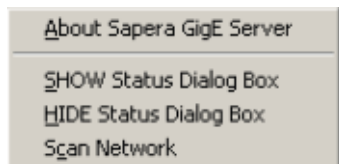


表示並未搜索到相機，有可能是網路或是相機沒有連接好

相機後端，有一 LED 燈，能夠顯示相機的運作狀態，如下圖：



對右下角的相機圖示按右鍵，便會顯示以下的清單：



點選 show status dialog box 的選項，便會顯示連接到主機的所有相機名稱及型號，及 IP 位置，表示相機有被讀取到，可以使用，例如：

Manufacturer	Model	Serial number	MAC address	Status	Camera IP	NIC IP	Filter driver	MaxPktSize	Firm ver	User name	ABI
DALSA	Genie HM1400	S3499041	00:01:0D:A0:F0:A4	Connected	169.254.136.113	169.254.219.162	Enable	9152	22616	RigelVII	0001

由圖中有顯示出一台相機名稱，若沒有讀取到，清單上便是空白的。

## 執行 cam expert

介面-camera information

Category	Parameter	Value
Camera Information	Device Vendor Name	DALSA
Sensor	Device Model Name	Genie HM1400
I/O Controls	Device Version	1.50.160
Image Buffer and ROI	Firmware Version	46875
GigE Vision	Device ID	S3968143
	MAC Address	00:01:0D:11:1E:D1
	Device User ID	S3968143
	Power-up configuration	Setting...

Device vendor name: 顯示相機廠牌名稱

USER ID

Power-up configuration:



相機的記憶體包含兩個配置設定: The Factory Default (neutral parameters and in free run mode) and a user-defined Camera Configuration

由上面的圖示，第一的選項可以選擇所要的設定，第二個是將目前所使用的設定儲存於 a user-defined Camera Configuration，而第三個就是將所儲存的結果讀取出來，確認是否於所要儲存設定相同。

## Sensor parameter

Category	Parameter	Value
Camera Information	Device Scan Type	Areascan
Sensor	Color Type	Monochrome Sensor
I/O Controls	Sensor Width (in pixels)	1400
Image Buffer and ROI	Sensor Height (in lines)	1024
GigE Vision	Frame Rate (in Hz)	30.000
	Gain (in dB)	0.0
	Black Level (in 1/4 DN)	0
	Binning Horizontal	Disabled
	Binning Vertical	Disabled
	Test Image Selector	Grey Diagonal Ramp Moving
	Exposure Control	Setting...

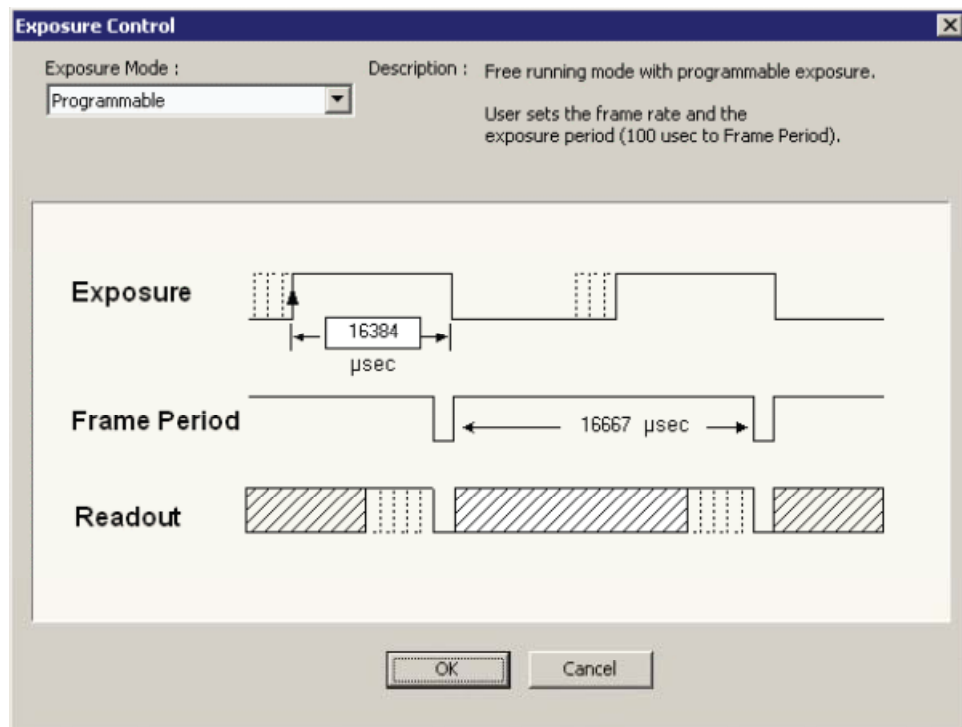
Frame rate: 設定每秒所拍的張數



Gain: 範圍由0 decibels (dB)至12 dB，每次以0.1 dB增加，增加gain，則干擾也會有所增加(建議以內部設定為0.0 dB為設定值)。

Black level: 1/4 DN for 8-bit mode，建議也是以內建的值為主要設定

Exposure control: 調整曝光，以下的圖為例



由圖可知 frame period 的16777  $\mu\text{sec}$  為最大的參考值，因此在調整 exposure 的值時，不得超過最大值。

## CamExpert Image Buffer and ROI Parameters

Category	Parameter	Value
Camera Information	Pixel Format	Monochrome 8-bit
Sensor	Width (in Pixels)	1400
	Height (in Lines)	1024
I/O Controls	OffsetX (in Pixels)	0
	OffsetY (in Lines)	0
Image Buffer and ROI	Image Flip	Disabled

Pixel format: 調整圖像格式為 8 bit 或 10 bit

Width: 調整圖像寬度

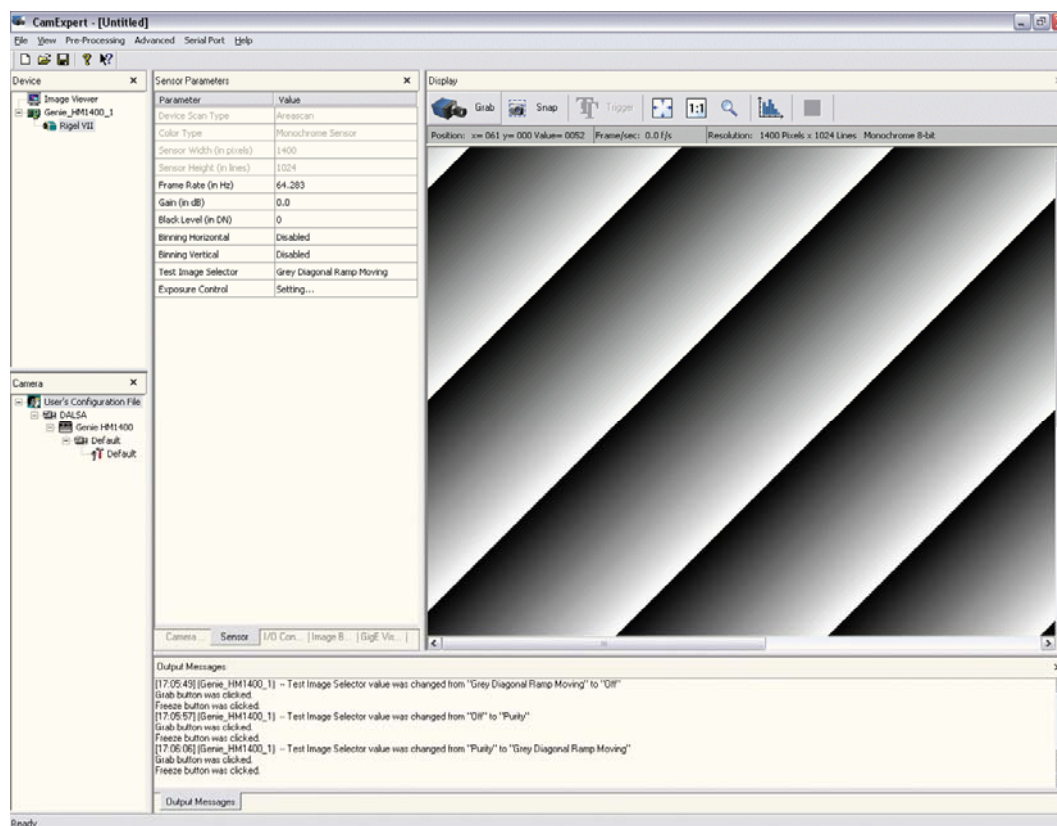
Height: 調整圖像高度

## CamExpert GigE Vision Parameters

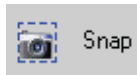
Category	Parameter	Value
Camera Information	IP Configuration Mode	DHCP/LLA mode
Sensor	IP Address	169.254.167.152
I/O Controls	Network Configuration ...	Manual
Image Buffer and ROI	Inter-Packet Delay (in s ...)	0.000000
GigE Vision	Packet Size (in bytes)	8192
	Maximum Packet Resen...	10.0
	Inter-Packet Timeout (i...	0.010000
	Image Timeout (in sec)	0.700000
	Heartbeat Timeout (in S...	10.000

Network configuration mode: 分為 manual、automatic and optimize 等三種，大部分電腦皆以 manual 模式來調整、優化各種參數。

## Cam expert pane



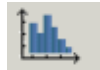
點擊一次開始抓取圖像，再點擊一次便停止。



點擊一次，便將抓取的圖像拍成圖片。

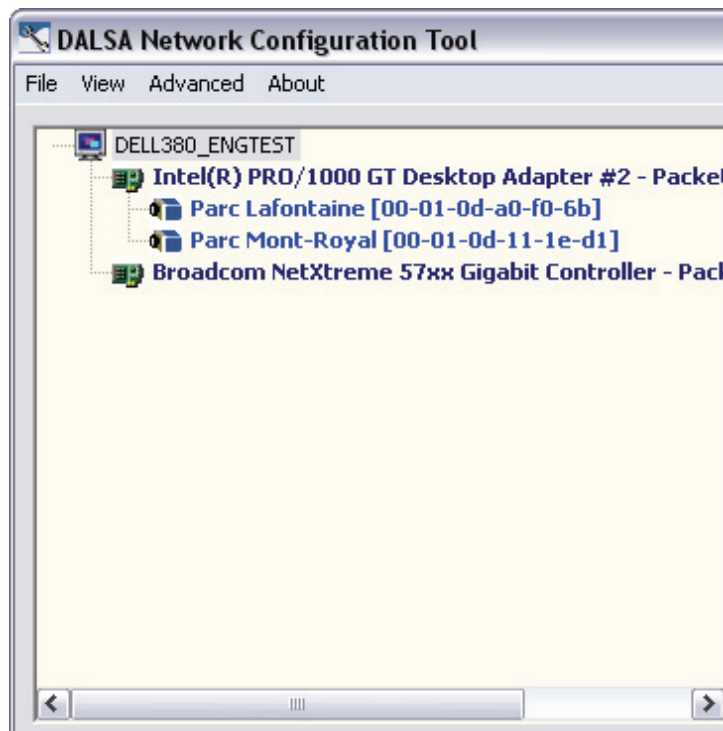


將圖像的範圍展示成原本的大小或者放大。



觀看當下抓取的圖像之直方圖及曲線外形。

另外在左上角有device的選項，如下圖



若同時連接好幾台相機，可有此清單中選取要使用的相機

### 錄影程式

打開執行檔 GigESeqGrabDemo，便可使用錄影的功能，但執行前，須在windows system32內，增加一個檔案，SapClassBasic71.dll。而windows system32內只有 SapClassBasic60.dll 至 SapClassBasic70.dll等檔案，因此須將其中一個複製並改檔名為 SapClassBasic71.dll即可，使用後也不會對電腦有所影響。

## 實驗設備使用注意事項

- (一) 在操作變頻器時請注意最低頻率不得低於 1 Hz，以免造成對鼓風機的損壞。
- (二) 將電熱絲通電時，通電量保持在 2 安培以上至 2.5 安培之間會有較明顯的煙線產生，以利拍攝。
- (三) 產生煙線的白蠟油可回收重覆使用。
- (四) 使用雷射做為觀測光源時需配戴光學護目鏡，以免眼睛受雷射光線灼傷，同時需避免直視雷射光源。在使用護目鏡調整鏡架大小時，請小心不要折損，使用完後在歸還前請先用拭鏡布將護目鏡鏡片的部分擦拭乾淨再還給助教。
- (五) 為了安全考量，實驗中雷射已調整至利於實驗觀察的位置，在實驗進行中請勿任意調整雷射的位置與發射方向，以免造成危險。
- (六) 雷射光束功率在 1 mW 以上就會對眼球造成傷害，實驗中所使用之雷射功率為 100 mW，直接照射就會對皮膚造成傷害因此在操作時需特別注意！

## 五、實驗結果之整理

- (一) 改變流速，觀察流場相對應的變化。若有週期性變化，可由高速攝影機大約估出頻率，並與實驗(一)得出的頻譜比對。
- (二) 由量測結果、計算得 Strouhal number 與 Reynolds number 的關係圖。
- (三) 可嘗試不同作法，主旨在深入明瞭流場特性。

## 六、討論事項

- (一) 渦漩產生頻率是否與流場壓力震盪相關？何種模式、如何相關？
- (二) 討論圓柱體周圍、後方流場特徵現象，如何以無因次參數描述其變化？
- (三) 對其他實驗現象的觀察與討論。例如流場中加入具有溫度的煙霧時，對於整體流場特徵參數的影響。
- (四) 任何相關問題的理解與討論。