

風動教室~風扇配置之研究

名次：國小組數理類第三名

學校名稱：中西區永福國小、安平區安平國小

作者：蔡昀臻、林承邑、呂錫昱、蕭弘毅

指導教師：李建毅、蔡志祥

摘要（500 字以內）

本研究希望透過實驗，找出適當的風扇裝設數量與裝設位置，並且由實驗所測得最佳風速的 25 個座位，以提供教師分配座位時參考使用，我們藉由縮小比例 1:15 的教室模型屋，劃分 42 個測量點，利用開啟風扇的數量以及裝設位置，來了解教室內吊扇所產生的垂直風速變化，並比較各個實驗數據。

從實驗數據可得到以下結論：

- 一、最強風速的測量點會落在風扇的週邊。最弱風速的測量點會位於兩個風扇中間位置或是教室角落。
- 二、測量點的風速大小，與風扇彼此裝設的距離位置有關，而且會與牆面空間產生風速上的變化。
- 三、教室內 25 個最高風速的測量點平均風速(m/s)，比較結果為：5 個風扇 > 7 個風扇 > 4 個風扇 > 6 個風扇。以開啟 5 個風扇效果最佳。
- 四、受限教室內樑柱的位置，可設計的風扇分布項目因此而受限，所以最後得到最佳風扇分布為：原風扇分布 > 工字形分布 > 六邊形分布。
- 五、依原教室風扇分布之風速總和，計算教室最佳風速的 25 個座位，位置依序為編號 29、35、14、12、25、17、36、26、30、31、08、16、04、05、21、32、11、02、27、22、10、23、09、07、03。

壹、研究動機及目的(或問題)

一、研究動機：

炎炎夏日中，炙熱的高溫常讓我們難以專心上課，所以大家都想要被安排在窗戶旁或是吊扇下，雖然如此但感覺還是很熱，我們想要知道這是教室內風扇數量多寡的問題呢？還是因為風扇的裝設位置所導致的結果？因此我們想要進一步來做探討研究。

二、研究目的：

我們知道，教室的窗戶會因建築設計的關係，開窗方式與開口面積受到侷限；而教室內電扇的規格與配置，往往配合教室的空間，與最節省的採購經費來安裝架設，所以希望藉由此研究，找出教室內所裝設的風扇數量，會不會影響教室內空間的風量變化？而風扇裝設的設計位置如果不同，會不會對教室空間風量產生影響？我們設想二個研究問題：

(一)依教室內現狀～改變風扇開啟的數量來探討教室裡風量變化情形。

(二)改變風扇裝設的分布位置來探討教室裡風量變化情形。

希望透過本實驗設計找出適當的風扇裝設數量與分布位置，並找出最涼的25個座位，以提供未來教室的空間配置，讓教室裡達到涼爽的目的，以利學生學習力的提昇！

貳、文獻探討

一、《和天空對話—氣象》張庭槐等撰文，秋雨文化事業

風是看不見、抓不住的東西，但是因為風的作用力，就能夠讓人感覺到它的存在，然而，風其實就只是空氣流動的現象而已。

(一) 風的特性：

風向及風速：風向可用 360 度分割成 16 個方位表示，風速以每秒多少公尺表示或以蒲福氏風級來區分。風壓及風能：

$$\text{風壓力為 } F = (1/2) \rho AV^2 \quad \text{風能 } P = (1/2) \rho AV^3$$

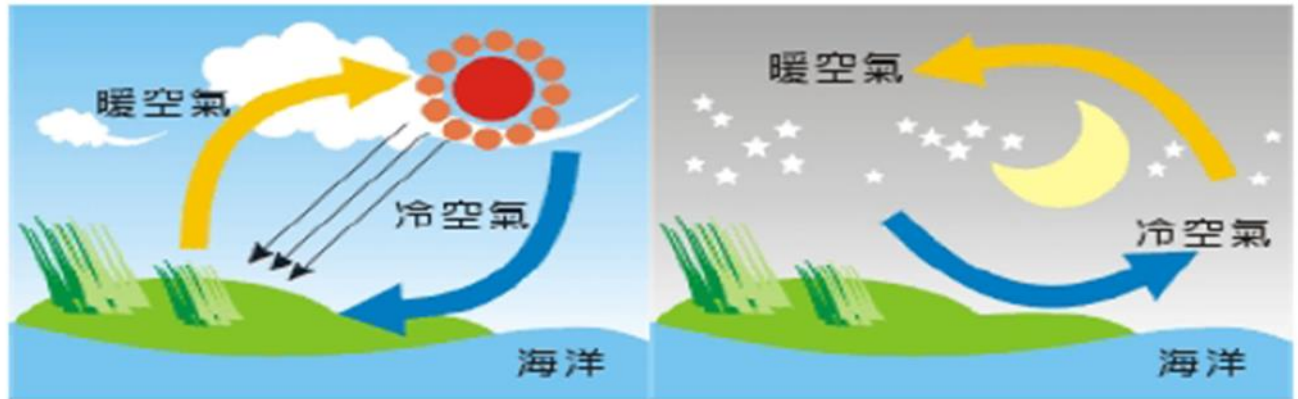
空氣密度為 ρ ，流動速率為 V ，受風面積為 A ，風壓與風速的二次方成正比，而風能更與風速的三次方成正比。

最早將風速分級的人是英國海軍上將蒲福爾，他在 1805 年設計了『蒲福氏風級表』，以船在海上前進的速度和可以扯起多少張帆來區別風力的大小，將風速分為 12 級，此表一直到 1941 年才被應用在氣象上，後來又將風力分段從 12 級增加到 17 級，並且用海浪被風吹的情況來描述每一個風級，之後再修正成現在使用的風級表。

(二) 風的形成：

流動的空氣就是風，空氣流動較慢時會形成微風，移動得很快時就是強風，不論何種風，它們的形成過程都一樣，起因於陽光照射，讓海洋及陸地某些地區的溫度上升得比其他地區快，也使該地的空氣變得比周圍空氣輕，並因而上升，這時四周的冷空氣會流過來補充，冷空氣上方的空氣也向地面流動，這時就形成了風。由於地球自轉以及太陽熱輻射不均所引起的空氣循環流動，造成

區域性空氣的循環流動，小規模者如海陸風和山谷風，而大規模者則如東北季風或颱風，如圖 1 空氣流動示意圖。



(三) 氣壓：

圖 1: 空氣流動示意圖

氣壓指的就是空氣的重量，空氣的運動是從密度大的地方，移往密度小的地方，空氣會是從氣壓高的地方流向低的地方，也可以說風總是從高氣壓區吹向低氣壓區。

在西元 1643 年，有一個義大利科學家托里切利，他在一支長一公尺、一端封閉的玻璃管內灌滿水銀，利用空氣的壓力，將水銀柱維持在 76 公分(760 毫米)，所以後來的人就把「760 毫米汞柱」作為計算「大氣壓力」的單位。

二、風場奇蹟~台南市第 52 屆科展作品

本實驗透過探討各種情況下，學校教室內空氣流動的情形，以了解風場分布狀況，進而提供改善教室內風量分布不平均問題的方法。

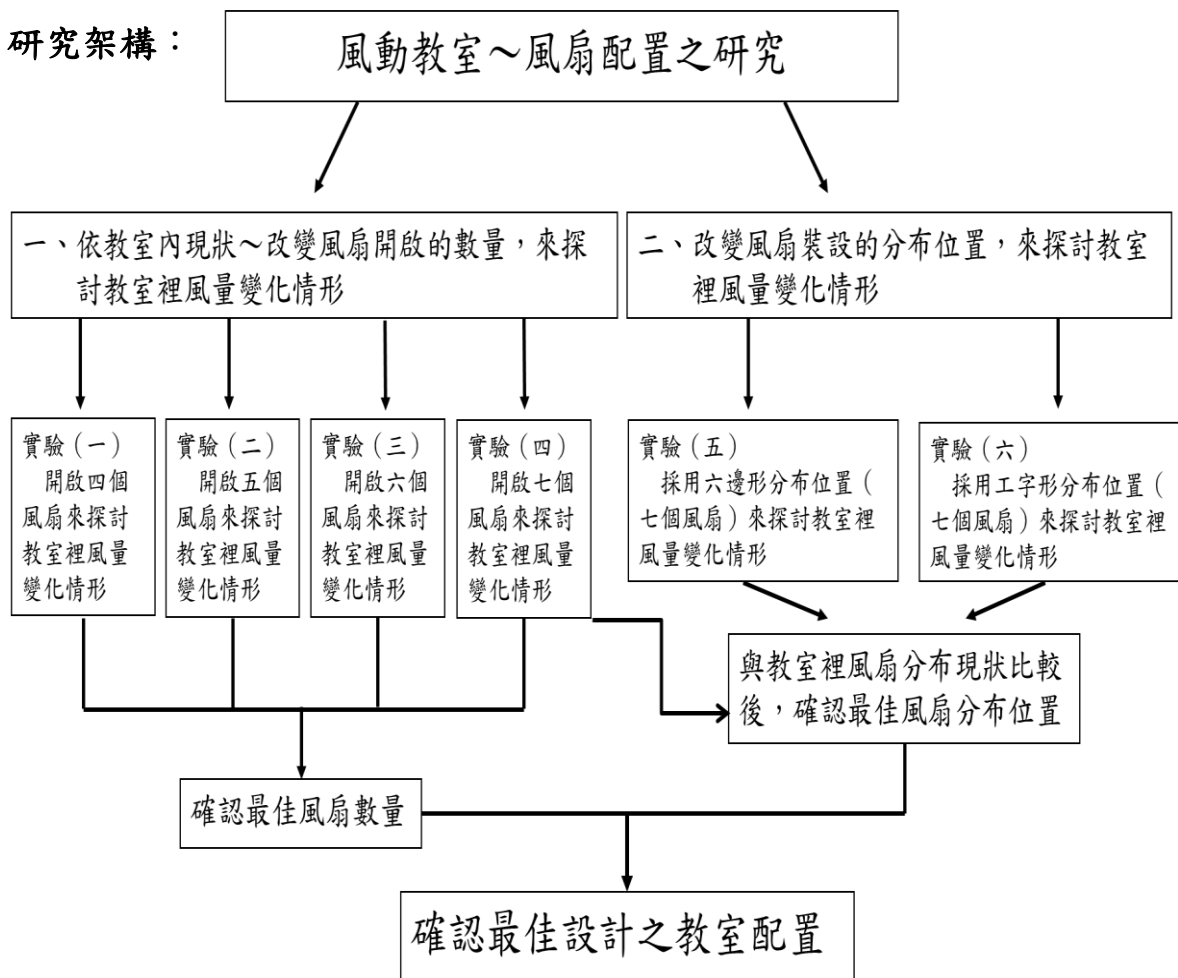
此作品藉由縮小模型模擬教室的真實情形，模型窗可以任意控制其大小，藉此製造更多情況；但由於真實教室內窗戶面積總和過小，進一步設定若開窗

面積可以再更大的情形探討之。並運用風速計測出各點數據，再藉由軟體繪製出流場分布圖，並分析結果，假設各種情況，以多項變因做組合後探討，期望找出一定的規則及各種情況風所產生的改變。

從此作品可得知實驗結果，推翻了以往「坐在電扇正下方會最涼」的迷思，比較起來以稍微偏離中心點，風速會更高，且證明了教室的中央部分風量通常會較高，若期望教室四周能出現高風場，則須為以下情形：(1)窗戶非置中時(2)當窗戶雖置中，但面積在 50%以上時的情況。

參、研究過程與方法

一、研究架構：



二、研究器材：

(一)模型屋（木質材質，另為方便觀察有三面透明壓克力）：

材料	數量	規格
木板	三片	1. 教室地板 66cm × 53cm 2. 教室左右側牆面 66cm × 25cm (依現有教室門窗尺寸切割)
壓克力板	三片	1. 教室前後側牆面 53cm × 25cm 2. 教室天花板 66cm × 53cm
備註：模型屋的材料厚度皆為 0.5 cm		

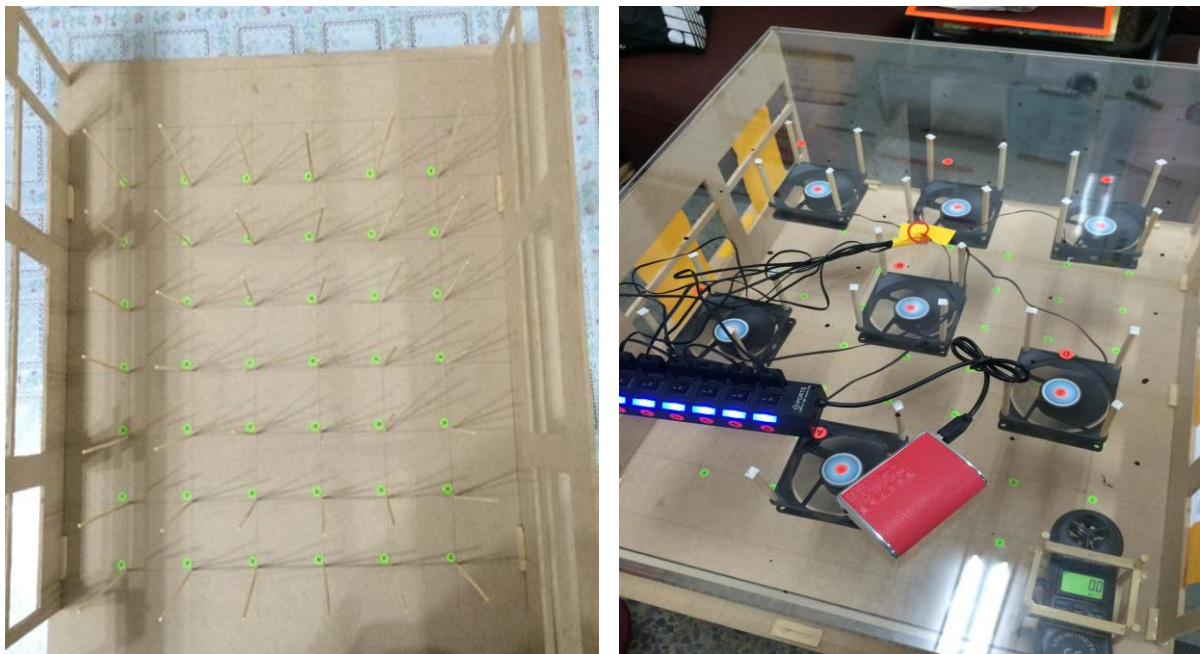



圖 2：模型屋 42 測量點與風扇裝設情形

(二)小型風扇：

模擬教室吊扇狀態，採用電腦使用之散熱風扇，並依教室內風扇的位置，將模擬風扇安裝於相對位置。

尺寸	風扇圖片
1. 外觀尺寸：8cm × 8cm 2. 電壓：5V DC 3. 電流：0.18 AMP 4. 速度：2500 RPM 5. 氣流：25.02 CFM	

(三)風速計：

測量儀器：以風速計作為實驗的主要測量工具，並以測量 30 秒內各點最高風速(單位:m/s)記錄其結果。



(四) USB 多孔控制器及行動電源：

將各風扇編碼並依序插入 USB 多孔控制器，依實驗設計開啟風扇數量。



三、研究過程：

(一)製作模型屋：

我們將教室實際大小長:寬:高為 990 cm:800 cm:380 cm，依 1:15 的比例縮小為長:寬:高為 66 cm:53 cm:25 cm，教室的地板及左右兩側設置門窗的牆面，由於研究進行中需鑽孔與切割門窗，因此採用木板，而教室前後及天花板則採用透明之壓克力板，以方便我們觀察及紀錄教室內風速計之數值變化。

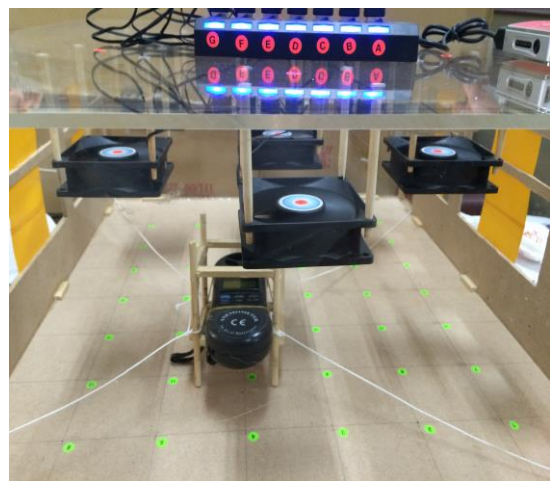
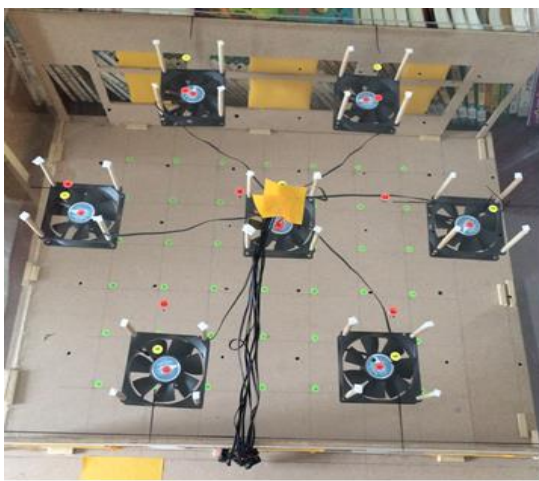


圖 3：進行實驗過程的情形

(二)測量位置：

依現況並將教室內部地板，依等比例畫分為 6x7 共計 42 個測量點，模擬學生在教室內可規劃的座位，並在每個測量點都貼上數字標籤標示，以供風速計測量該點距離地面上方 90 cm 處之垂直風速，也就是在模型屋距離地面 6cm 處，其原因為我們小學生坐在座位時的高度，也是身體感受風速大小最適合的點。

(三)設定為人體有感散熱風速依據：

風速計測量數值為每秒多少公尺(單位:m/s)，我們配合蒲福氏風級以 1~2 風級，即風速 0.3 m/s 以上為人體有感散熱的風速，用來做為教室內各測量點的觀察區分依據。

表 1：蒲福氏風級 0~2 級

風級	名稱	風速〔m/s〕	陸上事物情況
0	無風	0~0.2	平靜無風，炊煙直上
1	軟風	0.3~1.5	炊煙能表示風向
2	輕風	1.6~3.3	風拂面，樹葉有微響

(四)實驗過程：

我們先設定模型屋實驗的條件：模型屋門窗打開，每個窗戶置中，實驗環境在封閉的空間，依教室內風扇配置現狀，改變風扇開啟的數量，來探討教室裡風量變化情形，再利用改變風扇裝設的位置，來探討教室裡風量變化情形。

肆、結果與討論

依教室內現狀～改變風扇開啟的數量，設計了四個實驗：實驗一：開啟四個風扇來探討教室裡風量變化情形；實驗二：開啟五個風扇來探討教室裡風量變化情形；實驗三：開啟六個風扇來探討教室裡風量變化情形；實驗四：開啟七個風扇來探討教室裡風量變化情形；接著，改變風扇裝設的分布位置，設計了二個不同分布的實驗：實驗五：採用六邊形分布位置（七個風扇）來探討教室裡風量變化情形；實驗六：採用工字形分布位置（七個風扇）來探討教室裡風量變化情形。

教室內的 42 個測量點，所代表的是座位距離地面 90 公分的位置，也就是
一般小學生坐在座位上，身體上半身感受到風速的位置，為了讓風速計所量到
的風速，為方便我們討論及分析原因，因此與指導老師討論後，參考『蒲福氏
風級表』將實驗數據，依照風速 0.0~0.2 m/s 使用藍色色塊、風速 0.3~0.6 m/s
使用綠色色塊、風速 0.7~1.0 m/s 使用黃色色塊、風速 1.1~1.4 m/s 使用紅色
色塊、風速 1.5 m/s ↑ 使用紫色色塊，如下所示，其六個實驗數據紀錄如表 2：






色塊：		藍色 0.0~0.2m/s		綠色 0.3~0.6m/s		黃色 0.7~1.0m/s
圖示		紅色 1.1~1.4m/s		紫色 1.5m/s ↑		

表 2: 六個實驗的數據紀錄表

編號	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 5	實驗 6	編號	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 5	實驗 6
01	0	0	0	0	0.3	0	22	0.7	0.7	0.7	0.4	0.7	1.2
02	0.9	0.8	0.5	0.3	0.1	0	23	0.3	0.8	0.3	0.5	0	0.6
03	0.4	0.4	0.4	0.5	1.0	0.5	24	0.4	0.5	0.4	0	0.3	0.4
04	0	0.4	0.9	1.3	0.9	0.9	25	1.1	1.7	1.3	0.1	0.6	0.8
05	0.7	0.4	0.7	0.8	0.8	0.1	26	1.3	1.2	0.3	0.9	0.4	0.7
06	0.8	0	0.3	0.6	0.1	0.7	27	0.6	0.2	0.4	1.3	0.3	0.9
07	0.6	0.8	0	0.4	0.7	0.1	28	0	0	0.6	1.1	0.8	1.2
08	0.4	1.0	0.7	1.1	0	0.6	29	1.8	1.9	1.6	1.3	0.6	0
09	0	0.7	0.6	0.6	0.1	0.2	30	1.3	0.9	1.2	0	0.6	0.3
10	0	0.9	0.5	0.6	0.5	0.9	31	0.7	0.8	0.7	1.0	0.6	0.8
11	0.3	0.4	0.7	1.2	0.3	0	32	1.0	0.8	0.3	0.5	1.0	0
12	1.3	1.3	0.8	0.9	0.6	1.1	33	0.3	0	0.3	1.1	0.9	0.7
13	0.5	0.3	0	0.5	0.3	1.0	34	0	0.1	0.4	0.5	0.9	0.4
14	1.5	1.3	0.5	1.2	1.2	0.3	35	1.3	1.1	0.9	1.3	0.4	0.4
15	0.3	0.5	0.7	0.2	0.1	1.3	36	1.0	0.8	1.2	0.7	0.5	0.4
16	0.5	1.0	0.8	0.9	0.8	1.8	37	0.3	0	0	0	0.3	0.7
17	0.9	1.2	0.9	1.1	0.3	0.7	38	0.4	0.3	0.1	0.2	0	0.3
18	0.5	0.3	0.3	0	0.6	0.4	39	0.5	0.4	0.3	0	0.6	0
19	0.1	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	40	0.4	0.3	0.2	0.1	0.6	0.6
20	0	0	0.3	0.3	0.8	0.6	41	0	0	0	0	0	0.5
21	0.4	1.2	0.5	0.5	0.6	1.2	42	0.1	0	0	0.1	0.3	0.4

一、依教室內現狀～改變風扇開啟的數量，來探討教室裡風量變化情形

實驗一：開啟四個風扇來探討教室裡風量變化情形

由圖 4~5 可知，當開啟 D、E、F、G 風扇時，編號 14 以及 29 為紫色色塊 1.5m/s 風速以上，編號 12、25、26、30、35，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗一風速最強的測量點；而呈現出藍色色塊有編號 01、04、09、10、19、20、28、34、41、42 為實驗一風速最弱的測量點。

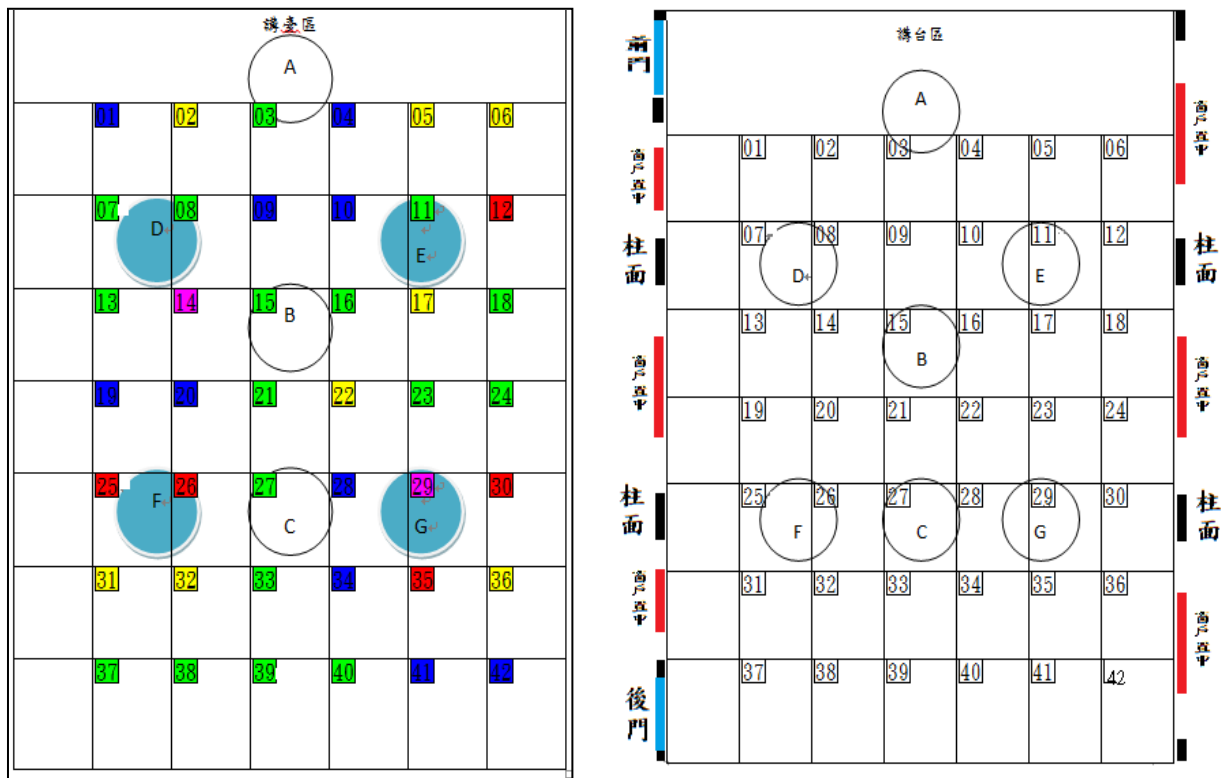


圖 4：實驗一各測量點風速色塊分布與模型屋門窗位置對照圖

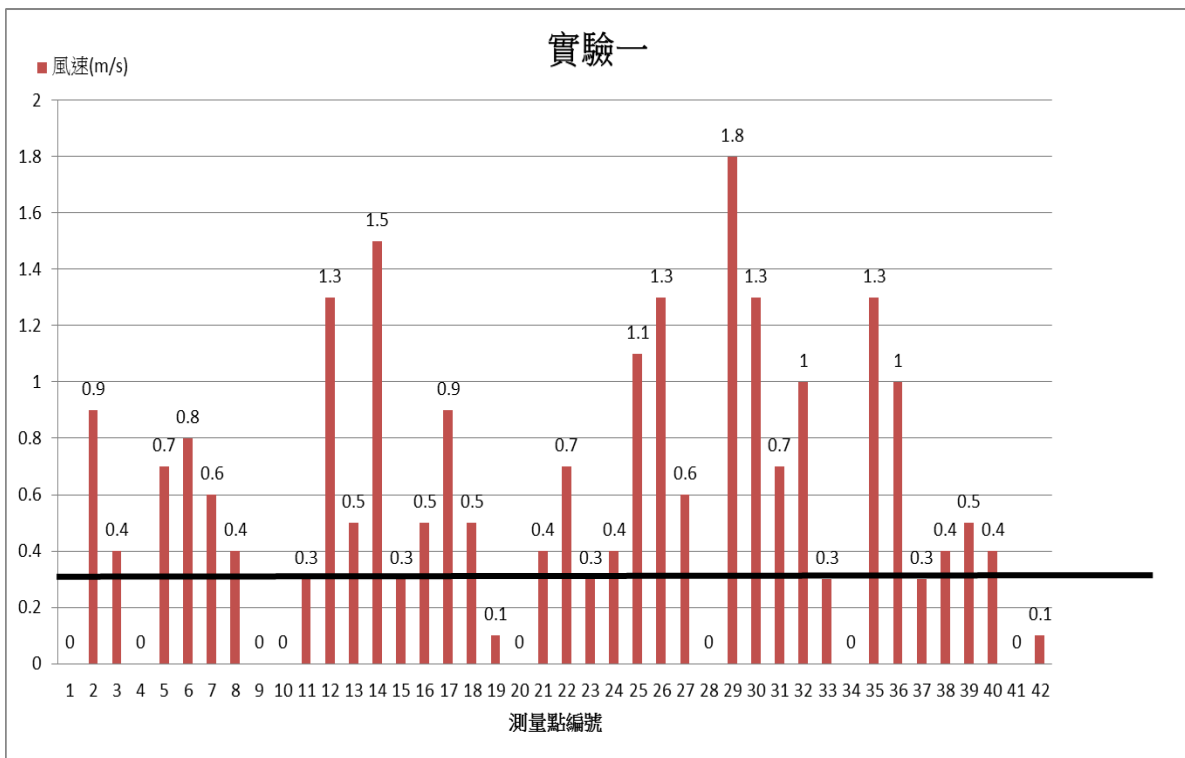


圖 5：實驗一各測量點風速柱狀圖

實驗一經討論後得到：

1. 最強風速的測量點皆在風扇週邊。
2. 最弱風速的測量點大部份位於兩個風扇中間位置，或是教室角落位置，進一步討論其原因，有可能是兩個風扇所產生的垂直風速，產生碰撞後互相抵消的結果。
3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.844 m/s。

實驗二：開啟五個風扇來探討教室裡風量變化情形

由圖 6~7 可知，除了開啟 D、E、F、G 風扇以外，當多開啟了 B 風扇時，教室內一部份的測量點產生了變化，編號 25 以及 29 為紫色色塊 1.5 m/s 風速以上，編號 12、14、17、21、26、35，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗二~風速最強的測量點；而呈現出藍色色塊的有編號 01、06、20、27、28、33、34、37、41、42 為實驗二風速最弱的測量點。

色塊：	■ 藍色 0.0~0.2m/s	■ 綠色 0.3~0.6m/s	■ 黃色 0.7~1.0m/s
圖示	■ 紅色 1.1~1.4m/s	■ 紫色 1.5m/s ↑	

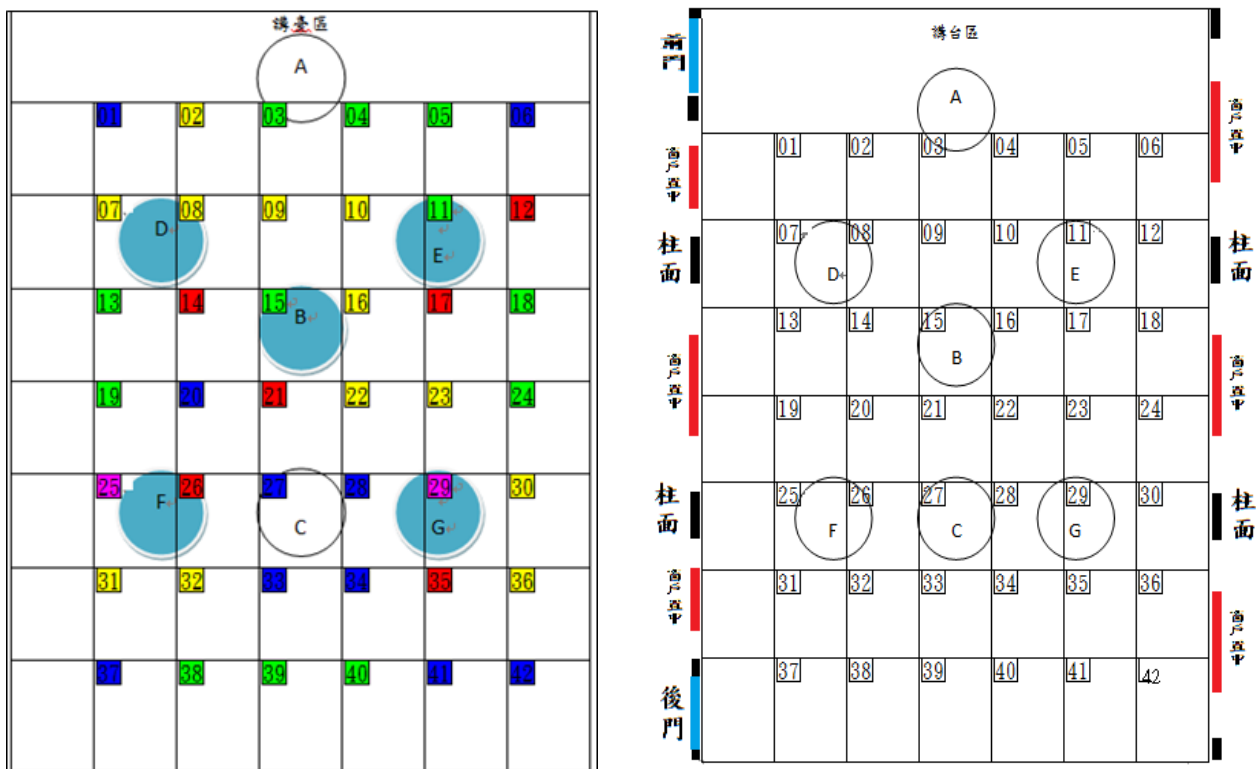


圖 6：實驗二各測量點風速色塊分布與模型屋門窗位置對照圖

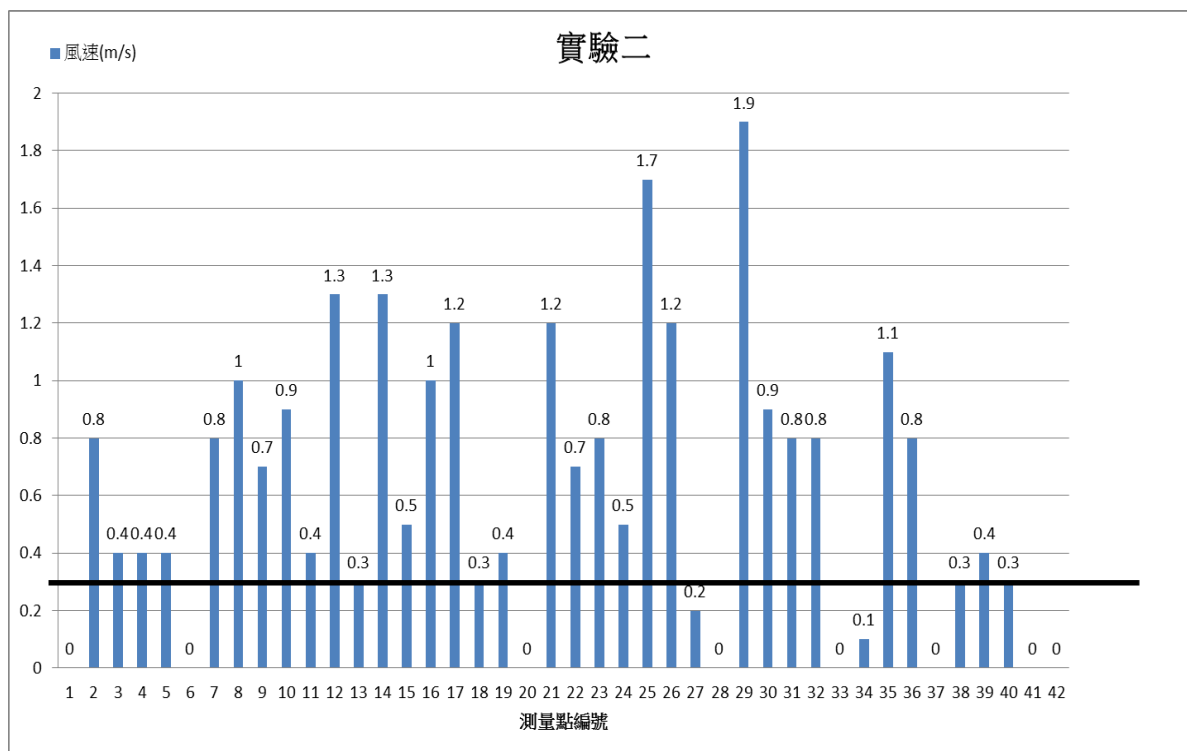


圖 7：實驗二各測量點風速柱狀圖

實驗二經討論後得到：

1. 最強風速的測量點皆在風扇週邊。
2. 最弱風速的測量點大部份位於兩個風扇中間位置，或是教室角落位置，由於 B 風扇裝設的位置，並非在二個橫樑的中間位置，而是偏向講台，導致編號 27、28、33、34 處於 B、F、G 風扇夾擊，形成三個風扇垂直風速產生碰撞後，互相抵消明顯的結果。
3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.924 m/s。

實驗三：開啟六個風扇來探討教室裡風量變化情形

由圖 8~9 可知，除了開啟 B、D、E、F、G 風扇以外，當多開啟了 A 風扇時，教室內一部份的測量點產生了變化，編號 29 為紫色色塊 1.5 m/s 風速以上，編號 25、30、36，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗三風速最強的測量點；而呈現在藍色色塊的有編號 01、07、13、37、38、40、41、42 為實驗三風速最弱的測量點。

色塊：	■ 藍色 0.0~0.2m/s	■ 綠色 0.3~0.6m/s	■ 黃色 0.7~1.0m/s
圖示	■ 紅色 1.1~1.4m/s	■ 紫色 1.5m/s ↑	

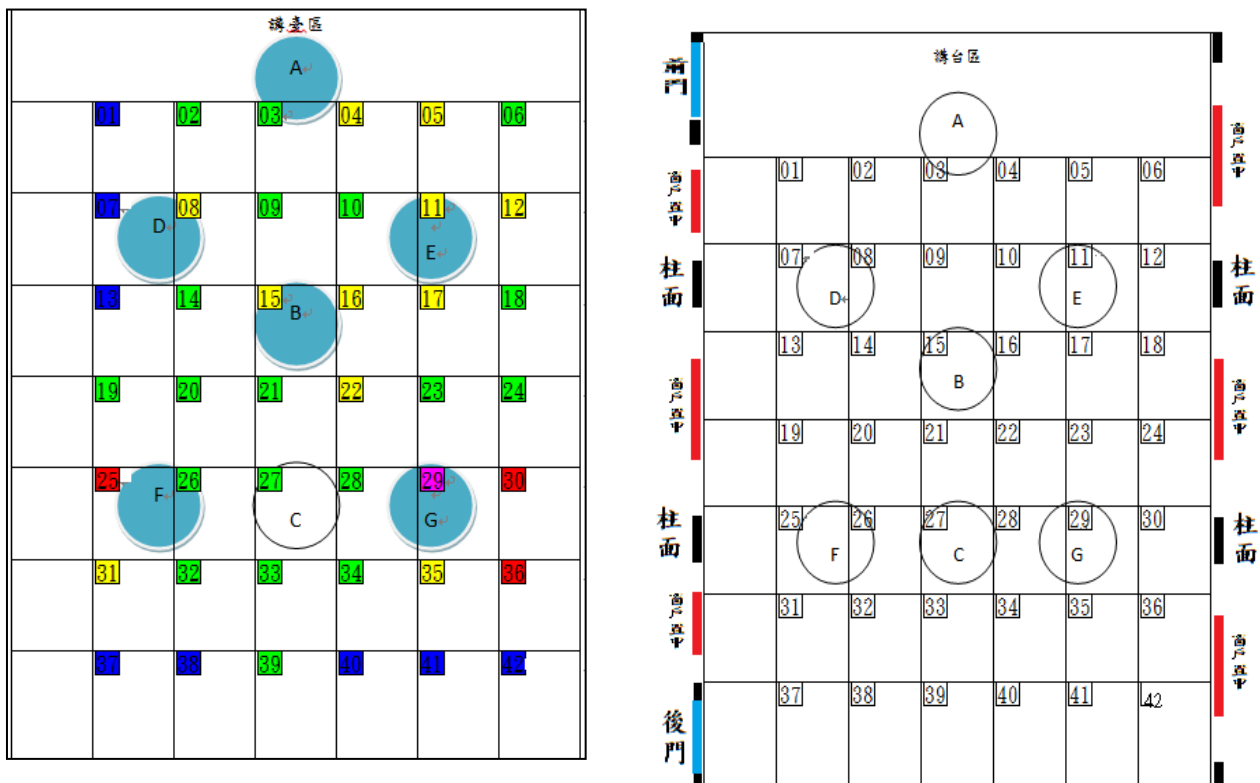


圖 8：實驗三各測量點風速色塊分布與模型屋門窗位置對照圖

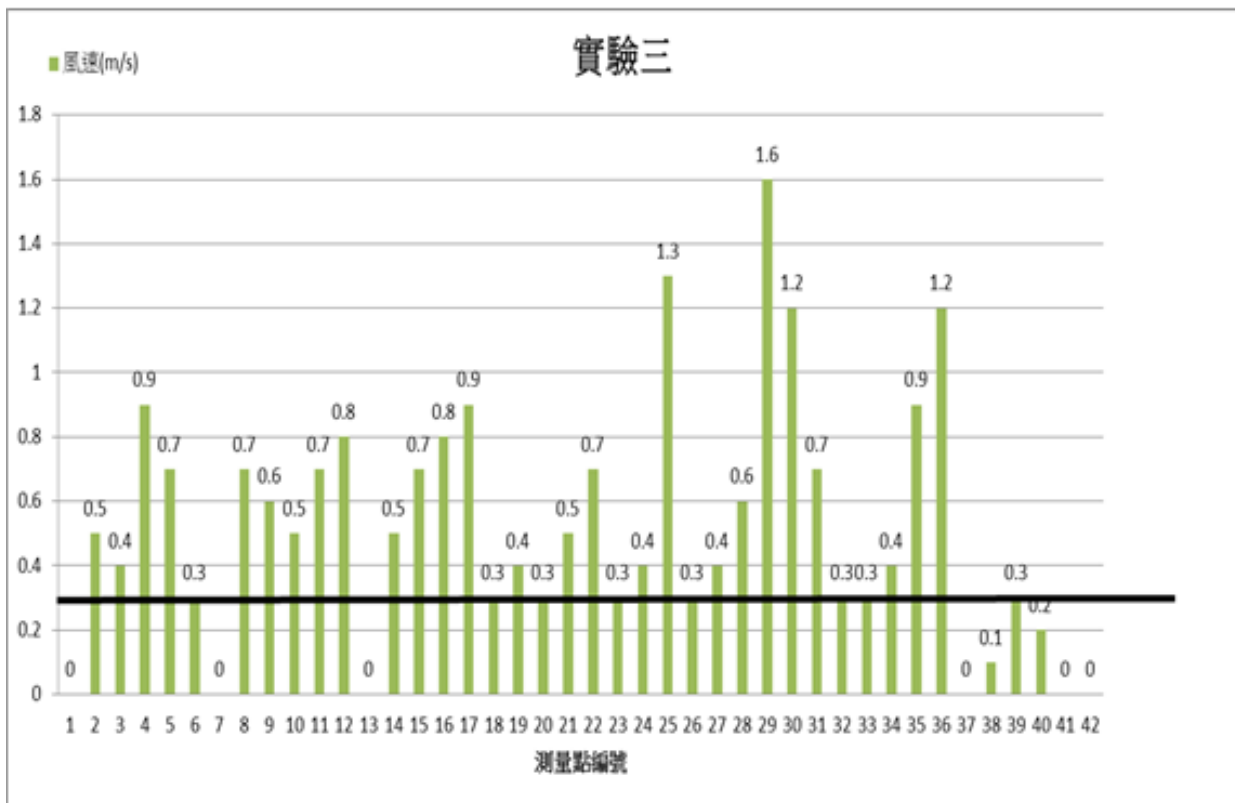


圖 9：實驗三各測量點風速柱狀圖

實驗三經討論後得到：

1. 因為教室內有 6 個風扇開啟，垂直風速互相干擾的情形複雜，但還可以看到最強風速的測量點在 F、G 風扇週邊，至於 A、B、D、E 風扇為何不見強風速的測量點，推測與此 4 個風扇裝設位置接近有關。
2. 最弱風速的測量點，大部份位於教室角落位置。
3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.744 m/s。

實驗四：開啟七個風扇來探討教室裡風量變化情形

由圖 10~11 可知，除了開啟 A、B、D、E、F、G 風扇以外，當多開啟了 C 風扇時，教室內一部份的測量點產生了變化，編號 04、08、11、14、17、27、28、29、33、35，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗四~風速最強的測量點；而藍色色塊有編號 01、15、18、19、24、25、30、37、38、39、40、41、42 為實驗四風速最弱的測量點。

色塊：	■ 藍色 0.0~0.2m/s	■ 綠色 0.3~0.6m/s	■ 黃色 0.7~1.0m/s
圖示	■ 紅色 1.1~1.4m/s	■ 紫色 1.5 m/s ↑	

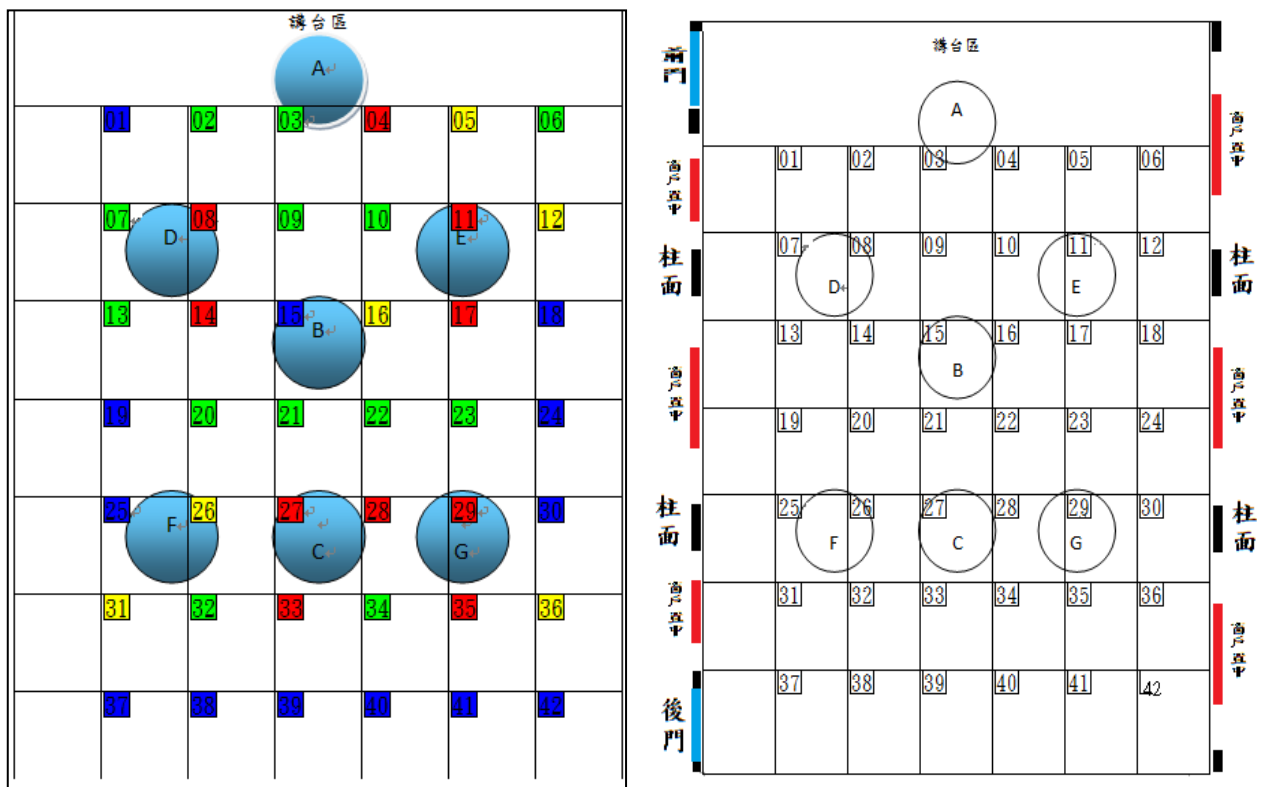


圖 10：實驗四各測量點風速色塊分布與模型屋門窗位置對照圖

實驗四經討論後得到：

1. 因為教室內有 7 個風扇開啟，垂直風速互相干擾的情形比起 6 個風扇更為複雜，最強風速的測量點在風扇週邊。
2. 最弱風速的測量點，大部份位於教室四邊角落位置，但有個特別的狀況～在 B 風扇下方，竟會出現藍色 0.0~0.2m/s 風速，有可能此處位於教室中間所形成的現象。
3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.88 m/s。

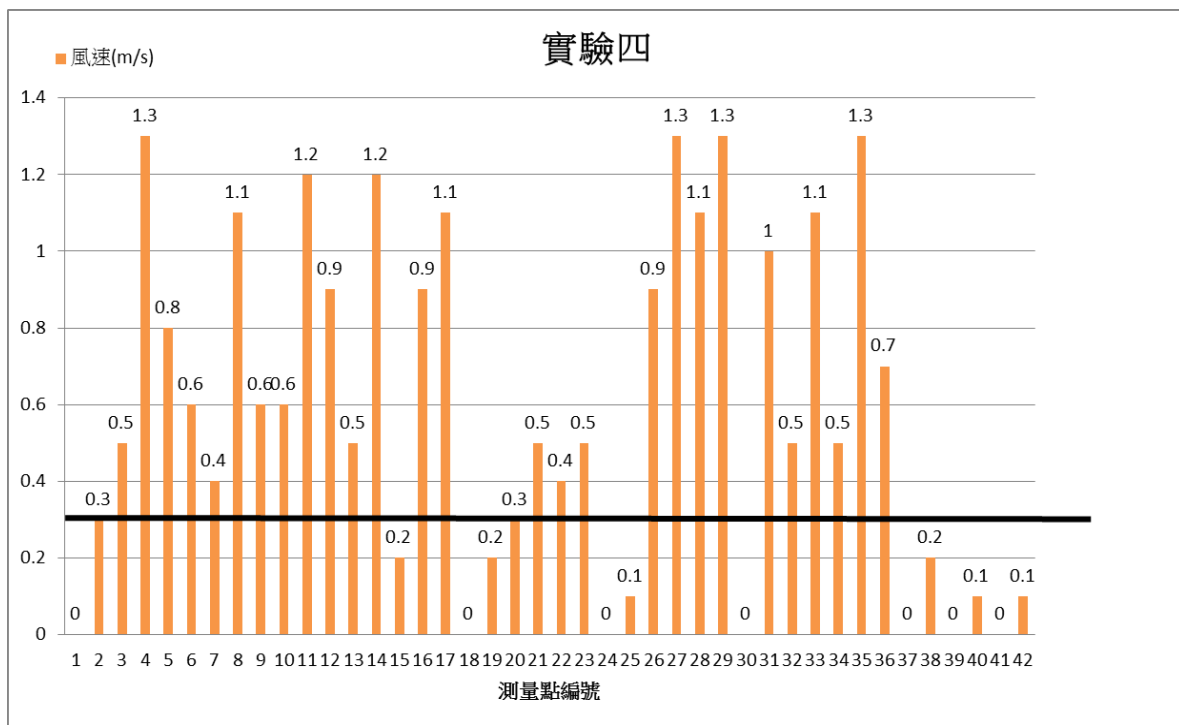


圖 11：實驗四各測量點風速柱狀圖

由以上四個實驗數據可得到以下結論：

- (一) 最強風速的測量點會落在風扇的週邊。
- (二) 最弱風速的測量點大部份位於兩個風扇中間位置，或是教室角落位置。

(三) 測量點風速的大小與風扇彼此裝設的距離有關。

(四) 教室內 25 個最高風速的測量點平均風速(m/s)，比較結果為：

5 個風扇(0.924)>7 個風扇(0.88)>4 個風扇(0.844)>6 個風扇(0.744)

(五)由四個實驗數據綜合所得，不論開啟 4~7 個風扇，教室最佳風速位置依序為編號 29、35、14、25、12、17、26、30，而教室內風速最弱的位置依序為 01、42、41、37、40、38、34、28、19、20。

二、改變風扇裝設的分布位置，來探討教室裡風量變化情形

本研究設想如果不改變風扇數量，而是更改風扇裝設位置，教室內會不會有其他風速的變化現象，因此我們設想二個分布位置，一為六邊形、另外一個為工字形，以下為實驗五及實驗六的實驗結果討論。

實驗五：採用六邊形分布位置（七個風扇）來探討教室裡風量變化情形

由圖 12~13 可知，採用六邊形分布位置，開啟 A、B、C、D、E、F、G 風扇，教室內的測量點產生了變化，只有編號 14，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗五風速最強的測量點；而藍色色塊則有 02、06、08、09、15、23、38、41 為實驗五風速最弱的測量點，經討論後得到：

1. 教室內有 7 個風扇開啟，因為模擬六邊形的裝設位置，所以風扇與風扇間的距離加大，C、D、E、F、G 風扇與教室牆壁更加接近，垂直風速受到牆壁

的干擾，以前實驗出現的最強風速測量點，在風扇週邊的現象，則是呈現出不明顯的狀況，反而是較集中在教室中間，靠近 B 風扇。

2. 最弱風速的測量點，大部份位於教室四邊角落位置，只不過受到六邊形的裝設，教室四邊的風速有提高一些，但還是屬於較弱風速的區域。

3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.712 m/s。

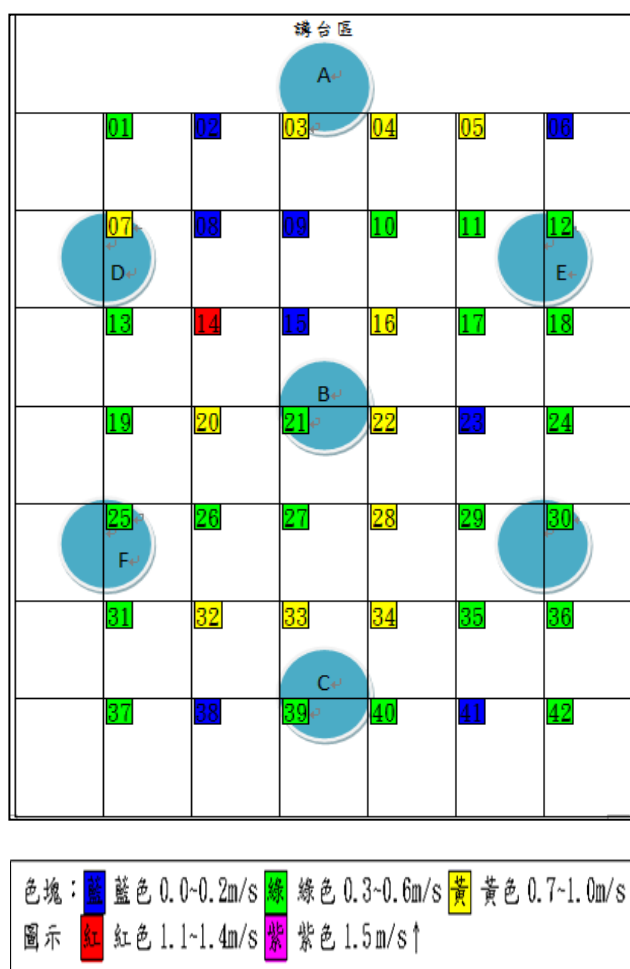


圖 12：實驗五各測量點風速色塊分布圖

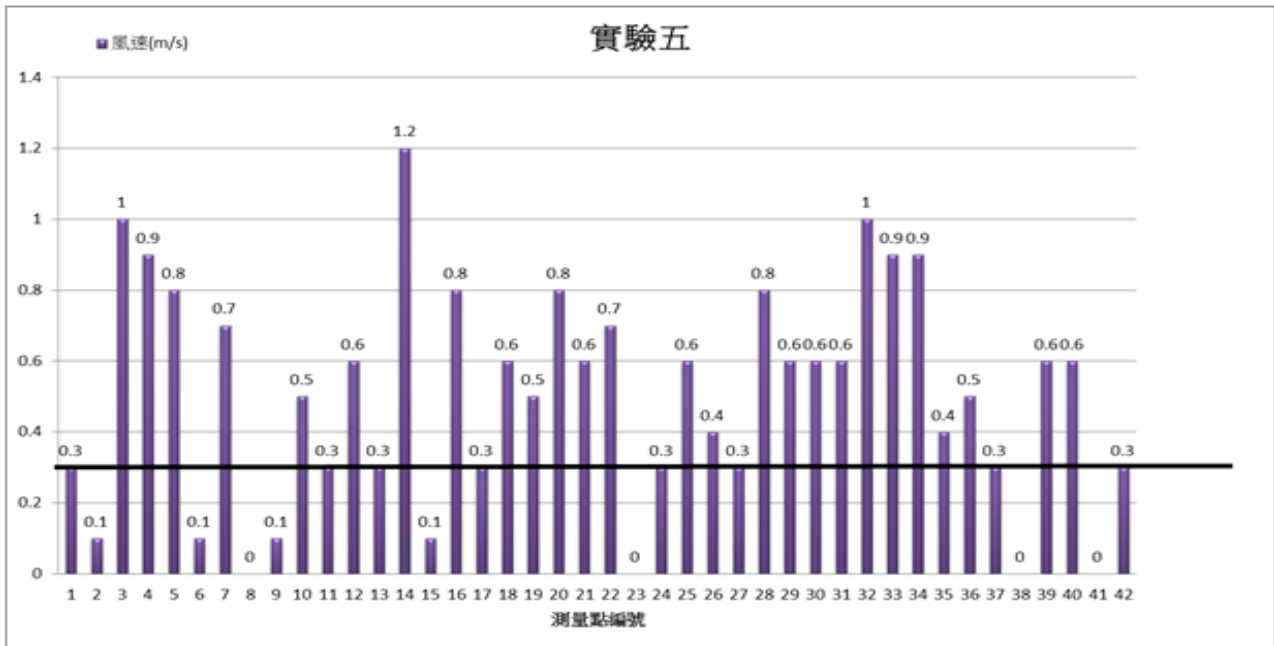


圖 13：實驗五各測量點風速柱狀圖

實驗六：採用工字形分布位置（七個風扇）來探討教室裡風量變化情形

由圖 14~15 可知，採用工字形分布位置開啟 A、B、C、D、E、F、G 風扇，教室內的測量點產生了變化，編號 16 為紫色色塊 1.5 m/s 風速以上，編號 12、15、21、22、28，為紅色色塊 1.1~1.4 m/s 風速，為實驗六風速最強的測量點；而呈現出藍色色塊的則有編號 01、02、05、07、09、11、29、32、39 為實驗六風速最弱的測量點，經討論後得到：

1. 教室內有 7 個風扇開啟，因為模擬工字形的裝設位置，所以風扇與風扇間的距離縮小，最強風速測量點則是在 B 風扇週邊，推測可能是因為 A、B、C 風扇過於集中所形成的。
2. 最弱風速的測量點，大部份位於教室四邊角落位置，只不過受到工字形的

裝設影響，教室講台區以及右後側的風速比較低。3. 統計前 25 個風速最高的測量點平均風速為 0.836 m/s。

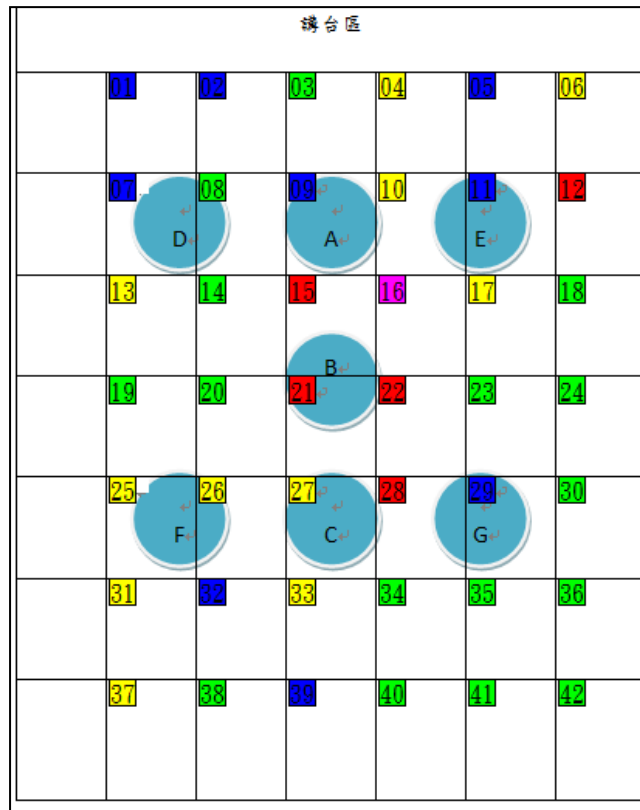
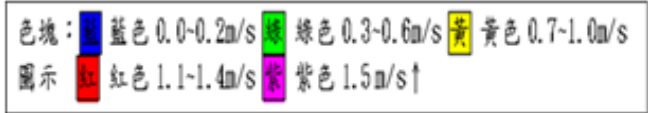


圖 14：實驗六各測量點風速色塊分布圖

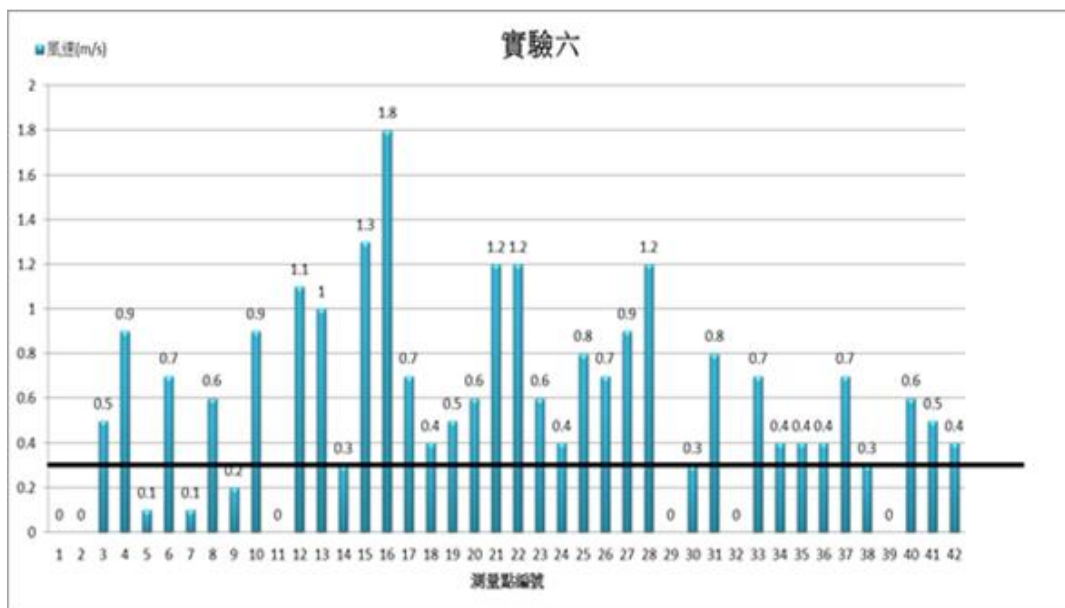


圖 15：實驗六各測量點風速柱狀圖

由比較實驗四、實驗五、實驗六的實驗數據後，可得到以下結論：

(一)教室內的風場會因風扇裝設的位置差異而產生風速上的變化。

(二) 教室內 25 個最高風速的測量點平均風速(m/s)，比較結果為：

原風扇分布(0.88 m/s) > 工字形分布(0.836 m/s) > 六邊形(0.712 m/s)

伍、結論

我們藉由研究目的所設計的實驗，綜合可得到以下結論：

一、最強風速的測量點會落在風扇的週邊。最弱風速的測量點大部份位於兩個風扇中間位置，或是教室角落位置。

二、測量點的風速大小，與風扇彼此裝設的距離位置有關，而且會與牆面空間產生風速上的變化。

三、教室內 25 個最高風速的測量點平均風速(m/s)，比較結果為：

5 個風扇 > 7 個風扇 > 4 個風扇 > 6 個風扇。

四、受限教室內樑柱的位置，風扇可裝設的變化很少，可設計的實驗因此而受限，最後依三個不同的風扇分布，取其前 25 個測量點平均風速比較，得到最佳風扇分布為：原風扇分布 > 工字形分布 > 六邊形。

五、由四個實驗數據綜合所得，不論開啟 4~7 個風扇，依風速總和計算，教室內最佳風速的 25 個座位，如圖 16 所示，其最佳位置依序為編號 29、35、14、12、25、17、36、26、30、31、08、16、04、05、21、32、11、02、

27、22、10、23、09，07、03。

本研究實驗進行過程，我們也曾討論要測量風扇反裝（風往天花板上吹）的情形，會不會有另外不一樣的結果出現，所以我們將會繼續努力，朝下一個作品前進。

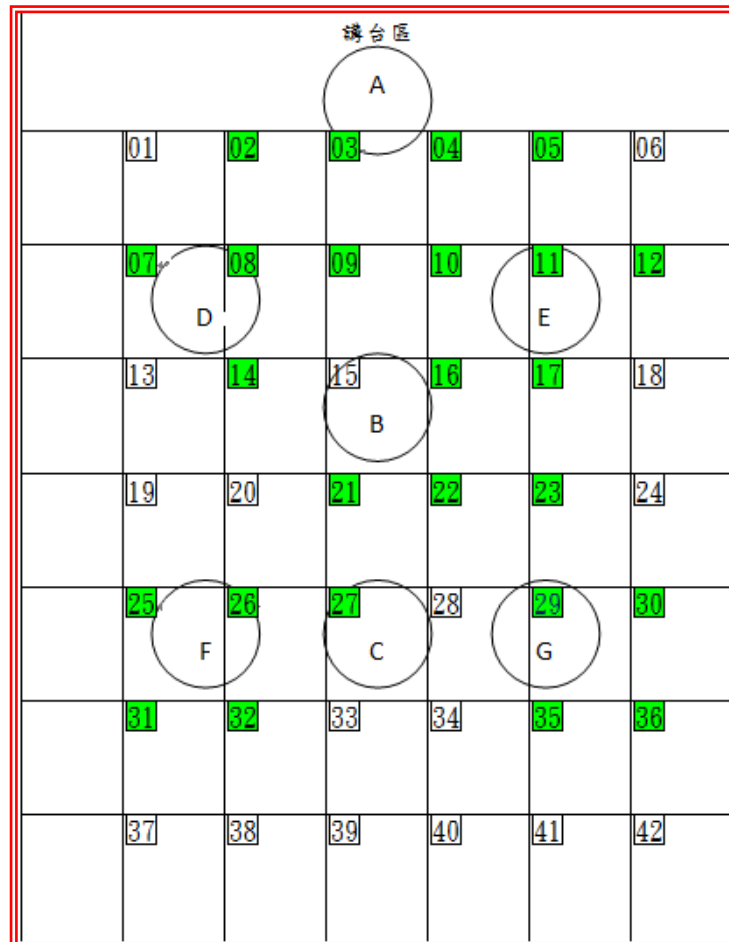


圖 16：教室內最佳風速 25 個位置

陸、參考文獻

- 一、《和天空對話－氣象》張庭槐等撰文，秋雨文化事業，2003 年初版
- 二、風場奇蹟~台南市第 52 屆科展作品