

投稿類別：各類議題

篇名：

班級冷氣冷房效果受吊扇影響之研究

王哲彬。花蓮縣立國風國中。8年8班
陳旂聖。花蓮縣立國風國中。8年8班
陳泳銓。花蓮縣立國風國中。8年15班

指導老師：王佳楨老師

壹、前言

一、研究動機：

現在的教室都已安裝冷氣，且班級學生均能免費使用，讓我們在炎熱的季節得以擁有涼爽舒適的學習環境。

然而經長時間的觀察，發現靠近冷氣那兩三排同學，在開啟冷氣一段時間後，不少人會穿上外套、甚至戴上帽子，而遠離冷氣的幾排同學則依舊喊熱、想要倚賴吊扇強風吹送。

再來是親身的體驗。整個七年級我們換了幾次座位，坐在比較靠冷氣的位置時，覺得冷氣很有效果、很涼快。但印象很深是在七下，有次位置換到最靠走廊的第一排，發現冷氣好像沒那麼涼了，離冷氣近的兩排有同學會冷到穿外套，但我們坐第一排卻一直很熱，甚至懷疑冷氣是否故障？甚至曾有同學將冷氣溫度調到很低，但我們第一排悶熱依舊。

直到地理老師跟我們說開冷氣時若吊扇也開著，鄰近冷氣的吊扇會將冷氣擋住，導致教室左右兩側的溫差，就像寒帶、溫帶、熱帶的差異。於是老師將吊扇關閉，很神奇的是第一排漸漸感受到涼風，不到一節課的時間，整個涼爽了起來。

所以我們對於教室內吊扇對於冷氣的影響很感興趣，希望能藉由實際的研究去探討當中的關聯，用科學的數據去證明其中的影響，並將此觀念推廣出去，讓更多班級、甚而更多學校的師生，能更有效率的發揮冷氣帶來的效果。

二、研究目的：

- (一)探討班級吊扇全開對冷氣冷房效果之影響
- (二)探討只開遠離冷氣側之吊扇對冷氣冷房效果之影響
- (三)分析吊扇全開對電費的影響
- (四)分析只開遠冷氣側之吊扇對電費的影響
- (五)對班級冷氣輔以吊扇的使用提出建議

貳、文獻探討

一、名詞解釋：

(一)冷氣冷房原理：

冷氣主要由以下四個部分組成：

- 1.蒸發器：利用液態冷媒在低壓下易蒸發，轉變為蒸氣並吸收被冷卻介質的熱量，達到製冷效果，目的是為了吸收室內環境中的熱量。
- 2.壓縮機：將流過蒸發器之低壓氣態冷媒加壓，壓縮後的冷媒成為高溫高壓氣體。
- 3.冷凝器：位處室外，利用低於管路內溫度的室外風，將管路內的熱量逸散出室外，高壓氣態冷媒於此冷卻為高壓液態。家用空調的冷凝器多屬於強制通風的氣冷式。

4.膨脹閥：由冷凝器流出之液態冷媒，於此處因膨脹降壓而降溫，成為低溫低壓狀態，接著流入蒸發器吸收室內熱能，循環製冷。此裝置設有控制閥以調節冷媒流量，藉以控制室內冷房幅度。

以上四部件由內部封閉管路相連並填充冷媒，冷媒經過上述四大部件，藉由氣態、液態、低壓、高壓等轉變，將室內熱量抽取至室外排放產生製冷循環。

由於空間配置、窗戶設計、減少噪音等因素，目前市場主流為分離式冷氣，由室內機、室外機及連接管路等組成。蒸發器位於室內機，由鼓風機的帶動，室內熱空氣由室內機上方流入，流經蒸發器高密度、易導熱的金屬鰭片進行熱交換，帶走室內熱量並吹出低溫氣流。冷凝器則位於室外機，從室內抽取的熱量於此處，藉由強力風扇將室外空氣吹送經過高密度、易導熱的金屬鰭片，將熱量排出至室外。

目前本校教室所安裝的即為分離式冷氣，經由上述的製冷循環過程達到冷房效果。

二、氣簾效應：

氣簾亦稱風簾、風幕、空氣門，廣泛應用在百貨公司、超市賣場等有開空調且進出人次頻繁的場所，可減少室內冷氣外洩以及室外熱空氣進入的程度。

氣簾應用白努利定理中，流體沿流線流動且不穿過彼此，當一氣流打到垂直平面會產生停滯點，而氣流會從停滯點分開。此原理應用在氣簾產品上，其產生的氣流打到地板，在地板形成一停滯點連線，使得室內氣流的流線不與室外氣流流線交會，因此使室內與室外的空氣不產生交換。（陳忠凱，2016）

當教室內開冷氣時，一般習慣開啟吊扇增進氣流流動，許多宣導品、坊間書籍亦有次建議，例如：

『大部分時候，保持涼快，一個吊扇已經足夠。即使不夠，將吊扇與冷氣機一起使用，也可以大大的減低冷卻空氣的費用和不良後果。加上一台吊扇，可以將冷卻的溫度提高華氏九度(攝氏五度)，而仍一樣涼爽舒適，並且相當於三分之一的冷氣費用』（楊永鈺(譯)(2001)。《七個環保綠點子》。臺北市:新自然主義。(John C.Ryan, 1999)。第 93 頁)

『剛打開冷氣時，溫度不要設得太低，一般以 26~28°C 為宜，冷氣每調高 1°C 約可節省 6% 電力；將風扇和冷氣混合使用，散熱效果佳，又可節省電力』（田博元等(2011)。《環境與生活(第二版)》。新北市:新文京開發出版。第 80 頁)

但本校教室吊扇位置緊鄰冷氣室內機，當吊扇與冷氣同時運轉時，吊扇產生的強勁向下氣流，可能會造成氣簾效應，使靠冷氣側冷空氣與另一側的熱空氣無法對流，室內溫度也無法有效達到平衡。(如圖 1)

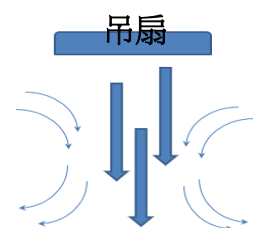


圖 1. 吊扇氣流造成氣簾效應示意圖

三、公立國民中小學班級冷氣使用及管理注意事項（112年5月29日修正）：

教育部自民國111年夏天起，已將安全校園進入舒適校園，不分城鄉，學生上課時班班都有冷氣吹。並頒布班級冷氣使用及管理注意事項，詳列班級冷氣使用及維護相關原則及規範，其中第七項內容如下：『七、班級冷氣開啟時，冷氣溫度宜設定在二十六度至二十八度之間，並輔以電風扇或循環扇；冷氣使用時，進出教室應隨手關門。』（教育部國教署。2023）

此項注意事項提到之輔以電風扇或循環扇，並未單指吊扇，但班級教室吊扇多為基本配備，因此班級冷氣開啟時所輔以使用的亦多會是吊扇為主，更重要的是，各校教室的吊扇與冷氣室內機配置的相對位置不盡相同，以本校為例，吊扇就緊鄰冷氣室內機。

因此，本研究將著重探討吊扇運轉時對冷氣冷房效果的影響，以釐清為何會產生教室內靠冷氣側、遠冷氣側的明顯溫差，教室不同座位的學生在冷氣使用上的不同感受與反應，甚至造成身體的不適等狀況之原因。

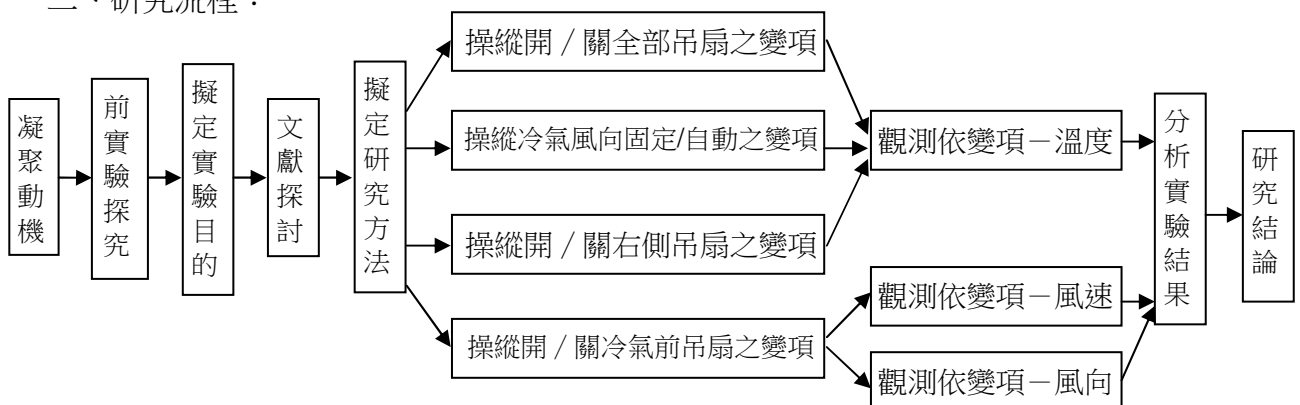
參、研究方法

一、研究方法：

本實驗採用實驗研究法，實驗設計與變因如下：

1. 操縱變因：
 - (1) 教室全部吊扇開啟與關閉。
 - (2) 教室冷氣上下風向固定(約45度角向下)與自動(上下擺動)。
 - (3) 教室右側吊扇開啟與關閉。
 - (4) 冷氣前吊扇開啟與關閉。
2. 控制變因：
 - (1) 溫度監測使用相同空教室。
 - (2) 冷氣溫度皆設定27°C。
 - (3) 固定溫度監測點為左(近冷氣側)、中(教室中央)、右(遠冷氣側)、前(講桌邊緣近學生側)、後(置物櫃邊緣近學生側)。
 - (4) 溫度監測之時段皆相同。
3. 應變變因：操縱變因之(1)(2)(3)為溫度，操縱變因之(4)為風速與風向。
4. 內部效度之提升：以花蓮氣象站之氣溫數值做為室外環境溫度參照。
5. 外部效度之提升：移至樓上一層教室重複進行實驗。

二、研究流程：



三、研究器材：

(一)溫度計：(如圖 2)

- 1.本實驗使用之溫度計共 5 個，原購得共 6 個，經校準後剔除誤差值過大之 1 個，其餘 5 個彼此間誤差值在 0.2°C 以內。



圖 2. 原購得之 6 個溫度計除最左外溫差在 0.2°C 內

- 2.用於實驗之 5 個溫度計分別標上編號 1 至 5，分別固定測量位置於左、中、右、前、後，因此其彼此間之誤差值在探討同一測量位置之依變項數據時可忽略不計。

(二)風速計：測量範圍 $0\sim 30\text{m/s}$ ，分辨率 0.1m/s ，最小觀測值 0.1m/s ，誤差值 $\pm 5\%$ 。(如圖 3)



圖 3. 風速計

(三)風向標：利用極輕量之紙彩帶剪成細條狀，貼於長竿(登山杖)上，藉由紙彩帶飄動方向，觀測風向變化。(如圖 4)



圖 4. 風向標

四、研究場地：

(一)808 教室位於睿智樓 3 樓，801 教室則位於 4 樓，是 808 的正上方。801、808 教室平面配置及溫度監測點如右：(如圖 5)

- 1.左：近冷氣側
- 2.中：教室中央
- 3.右：遠冷氣側
- 4.前：講桌邊緣近學生側
- 5.後：置物櫃邊緣近學生側

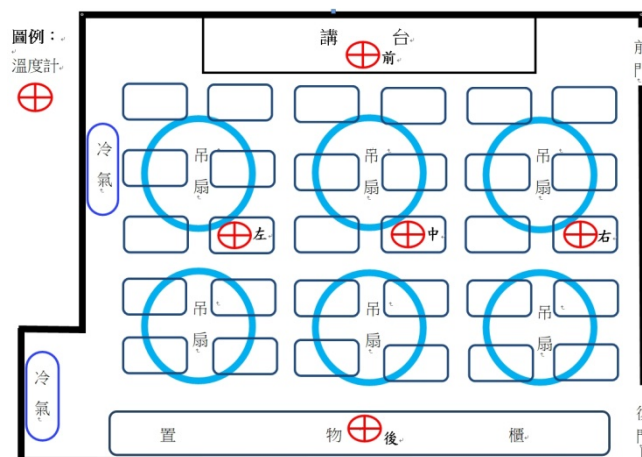


圖 5. 801、808 班教室平面配置圖

(二)801 教室垂直空間圖：(如圖 6)

801 教室位於四樓，此樓層教室之天花板為斜面，有別於其他樓層為一般普遍的平面天花板。

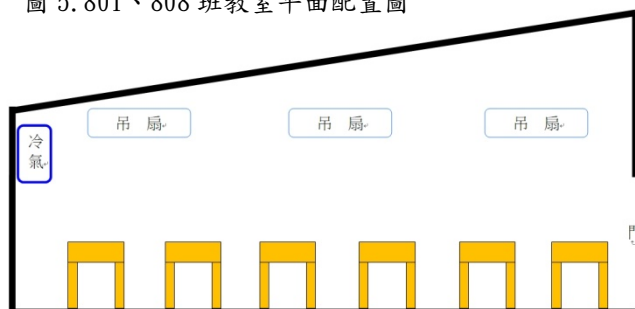


圖 6. 801 班教室垂直空間圖

(三)風向、風速觀測位置圖(如圖 7)：

- 1.位置描述：
 - A：與冷氣、吊扇呈一直線
 - B：吊扇正中央下方
 - C：與冷氣、吊扇呈直角
- 2.觀測風速點：A
- 3.觀測風向點：A、B、C

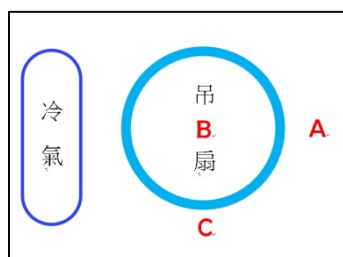


圖 7. 觀測風向、風速位置圖

肆、結果與討論

一、前實驗探究：

於 111 學年下學期末，剛產生研究動機時，在開著冷氣且全開吊扇的教室中，測量吊扇關閉到重新打開，左、中、右的溫度變化。

發現吊扇一關(0:10 處)，中、右溫明顯下降，而左溫則上升；吊扇重新開啟(0:25 處)，中、右溫回升，而左溫則回降。溫度曲線大致呈對稱走勢(如圖 8)，推測吊扇的開、關，很可能會對教室冷氣冷房效果產生影響。

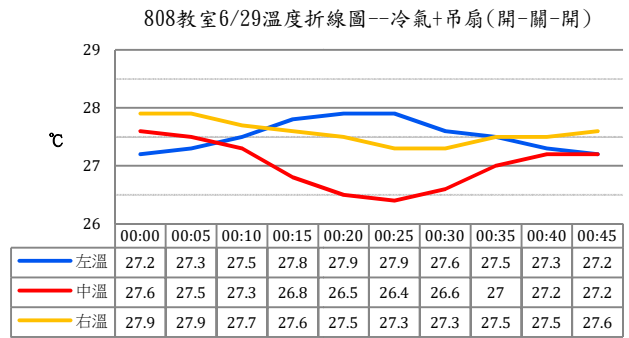


圖 8. 808 教室 6/29 溫度折線圖--冷氣+吊扇(開-關-開)

二、溫度監測實驗結果與討論：

(一)教室只開冷氣、開全部吊扇之比較（冷氣風向固定在上下範圍中間）：

本實驗先於 808 教室進行 45 分鐘，接著至 801 教室重複進行，7/6 進行只開冷氣之溫度監測，7/7 則加上吊扇之運轉。發現結果如下：1.只開冷氣之平均終端溫度較低，808 教室差距為 0.46℃（單點最大差距達 1.6℃），801 教室差距為 1.4℃（單點最大差距達 2℃）；2.開啟吊扇時各測點溫度差異較大，808 教室最大差距達 2.9℃、801 教室最大差距達 1.7℃；3.只開冷氣之最低溫測點為中溫；4.開啟吊扇時之最低溫測點為左溫。

綜上所述，發現只開冷氣時冷房效果較佳，而搭配開啟吊扇時只有左側較涼，教室內其餘各測點則較熱且溫差較大。而 801 教室前 5 分鐘之監測溫度均略微上升，推測應是因為均在 808 教室實驗完畢後僅 10 至 15 分鐘即緊接著進行 801 教室的實驗，溫度計機體溫度仍稍低的緣故。(如圖 9、10、11、12)

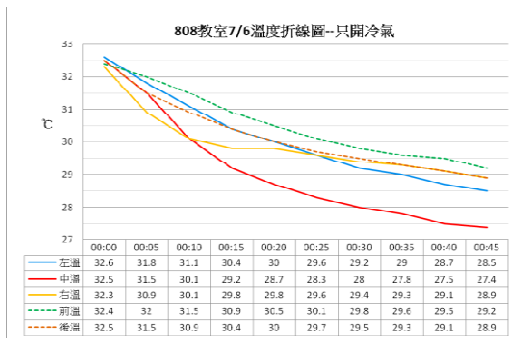


圖 9. 808 教室 7/6 溫度折線圖一只開冷氣

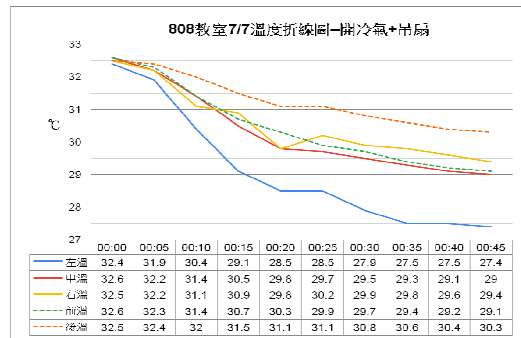


圖 10. 808 教室 7/7 溫度折線圖一開冷氣+吊扇

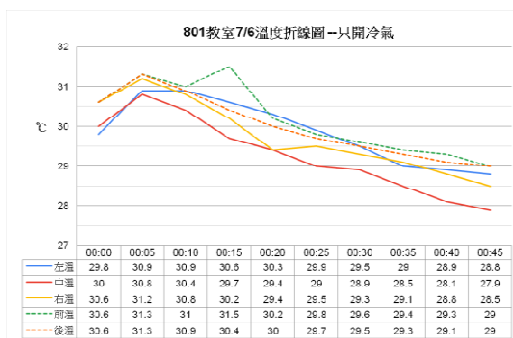


圖 11. 801 教室 7/6 溫度折線圖一只開冷氣

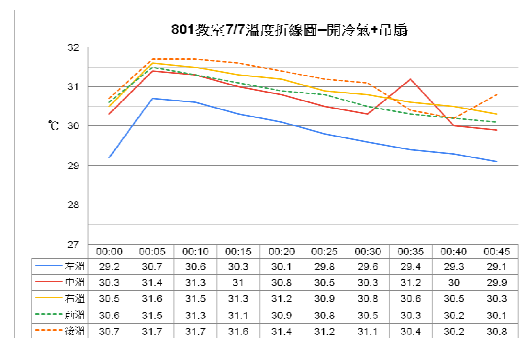


圖 12. 801 教室 7/7 溫度折線圖一開冷氣+吊扇

(二)教室只開冷氣，冷氣風向設自動與冷氣風向固定(約 45 度角向下)之比較：

本實驗將冷氣風向設為自動(上下擺動)，先於 808 教室進行 45 分鐘，再至 801 教室重複進行，與 7/6 進行之冷氣風向固定的數據作比較。發現結果如下：

- 1.此四者之平均終端溫度相近，分別為 28.5°C、28.58°C、28.54°C、28.64°C (依序為圖 13、圖 14、圖 15、圖 16，以下亦同)；
- 2.風向自動時各測點間的溫差會比風向固定略大，終端溫度的高低溫差分別為 808 教室的 2.3°C、1.8°C，801 教室的 1.9°C、1.1°C；
- 3.風向自動時學生座位區的測點，溫度最低會在左側，接著是是中、右，和離冷氣遠近相關；
- 4.風向固定時，溫度最低會在中間，而其餘測點溫度會較接近。

本實驗組與對照組的主要差異在於風向自動上下擺動時，左側會明顯較冷，可推論若左側吊扇開啟，在氣簾效應的作用下，左側會更冷、溫差會更大，這也是為何許多班級出現左側學生要穿外套、帶帽子之緣故。

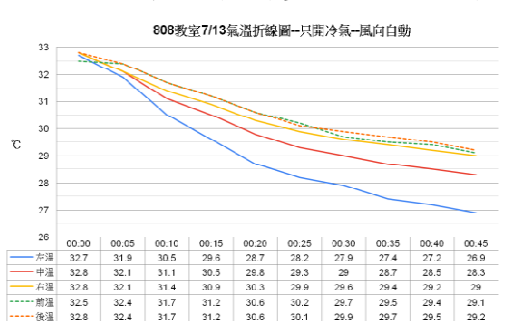
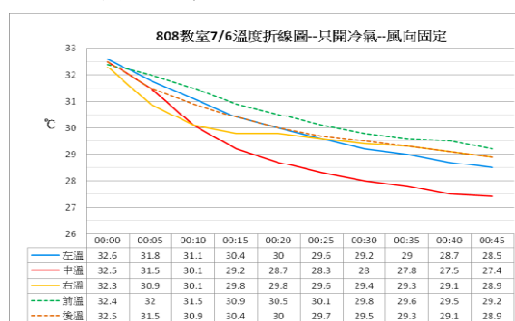


圖 13. 808 教室 7/13 溫度折線圖-風向自動



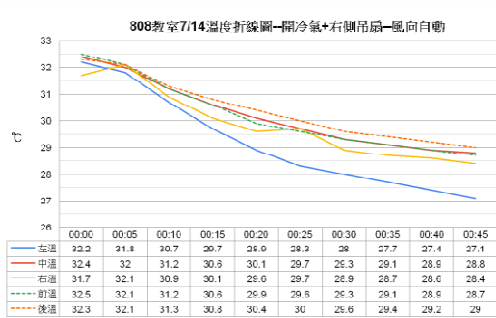


圖 17. 808 教室 7/14 溫度折線圖-開右吊扇

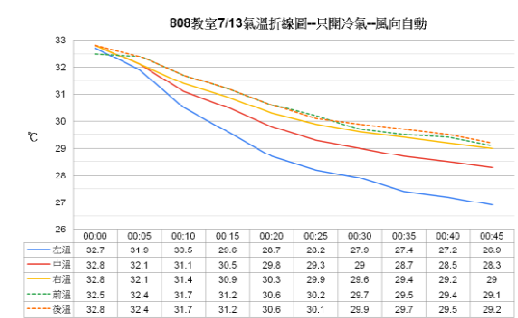


圖 18. 808 教室 7/13 溫度折線圖-只開冷氣

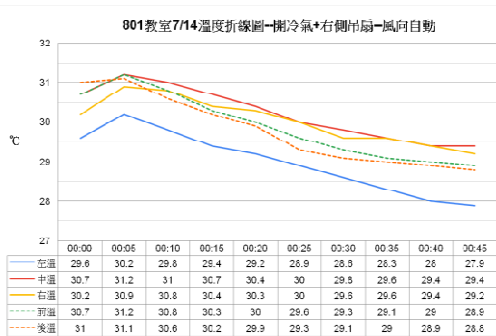


圖 19. 801 教室 7/14 溫度折線圖-開右吊扇

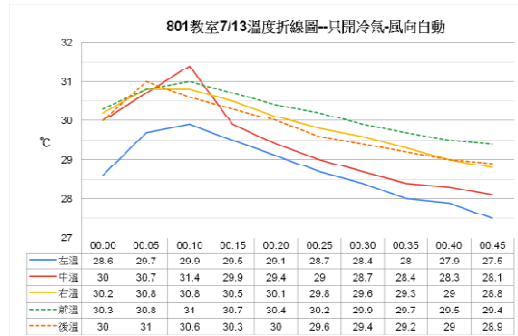


圖 20. 801 教室 7/13 溫度折線圖-只開冷氣

(四) 花蓮氣象站氣溫資料：(如圖 21)

溫度監測實驗時段，為排除室外環境溫度對於冷氣排熱效果之影響，參照花蓮氣象站氣溫資料，比對前述實驗結果如下：

1. 實驗(一)中 7/6 冷房效果較佳，而 7/6 氣溫較高，可排除環境溫度之影響因素。
2. 7/13、7/14 之氣溫相近，實驗(三)可排除環境溫度之影響。

(五) 冷氣使用費率比較：(如表 1)

1. 前述實驗(一)中，只開冷氣之冷房效果優於加開全吊扇，而兩間教室均呈現只開冷氣(編號 1、3)的費率微高於加開全吊扇(編號 2、4)，但幅度很小。以 808 教室為例，僅高出 0.015 元/分鐘，換算一節課 45 分鐘僅差距 0.675 元；801 教室差距則為 0.043 元/分鐘，換算一節課為 1.935 元。
2. 此費率為教室初開冷氣從炎熱開始降溫的第一節課，但隨著室內溫度下降、趨於穩定後，依據變頻冷氣之運轉機制，若時間拉長，此費率差距將會有收斂的趨勢。
3. 本校教室吊扇高速運轉功率為 60W，一間教室有 6 台吊扇，依耗電量公式計算，每節課 45 分鐘之耗電量為 $6 \times 60W / 1000 \times 0.75h = 0.27$ 度，依據參考資料^[註 1] 學校平均每度電費設為 5 元，則一節課的吊扇電費為 1.35 元。
4. 7/13 及 7/14 之實驗，其費率差距亦小，且 808、801 教室之費率高低變化不一致，因此不予討論。而右側吊扇 2 台，一節課電費約為 0.45 元，影響亦小。

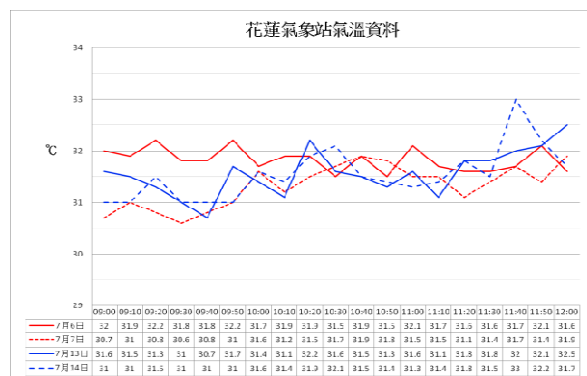


圖 21. 實驗期間花蓮氣象站氣溫資料

表 1. 各次實驗之冷氣費率表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8
教室 / 日期	808 班 7/6	808 班 7/7	801 班 7/6	801 班 7/7	808 班 7/13	808 班 7/14	801 班 7/13	801 班 7/14
費率(元/分鐘)	0.451	0.436	0.49	0.447	0.443	0.432	0.42	0.443
備註	只開冷氣	加全吊扇	只開冷氣	加全吊扇	只開冷氣	加右吊扇	只開冷氣	加右吊扇

三、風速、風向觀測實驗結果與討論：

(一)風速變化

本實驗將風速計至於冷氣出風口前方約 3 公尺距離之測點 A，可測量到冷氣吹出風速約 1 m/s (如圖 22)，當吊扇一開啟運轉後，冷氣吹出風速驟降為 0 m/s (如圖 23)。

此步驟重複三次結果皆同，可證明吊扇之氣簾效應阻擋冷氣出風。



圖 22. 未開吊扇之冷氣風速



圖 23. 吊扇開啟後之冷氣風速

(二)風向變化

1. 在測點 A 之風向標可測得來自冷氣出風口吹出之風向(圖 24)，當吊扇開啟後此風向消失，風向標變為微幅飄動且不定向，即風向為不穩定之小紊流(圖 25)。

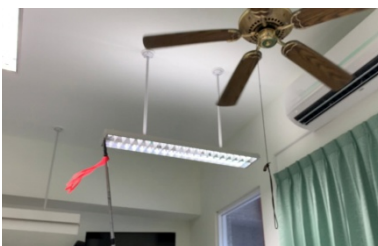


圖 24. 測點 A，未開吊扇



圖 25. 測點 A，開啟吊扇

2. 在測點 B 之風向標可測得來自冷氣出風口吹出之風向(圖 26)，當吊扇開啟後此風向消失，風向變成由上往下(圖 27)。

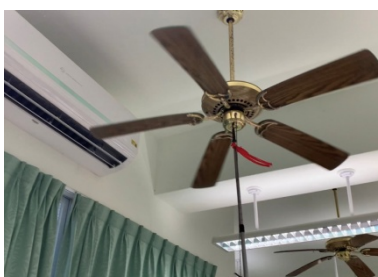


圖 26. 測點 B，未開吊扇



圖 27. 測點 B，開啟吊扇

3. 在測點 C 之風向標可測得來自冷氣出風口吹出之風向(圖 28)，當吊扇開啟後此風向消失，風向變成由上往下(圖 29)。



圖 28. 測點 C，未開吊扇



圖 29. 測點 C，開啟吊扇

綜合以上三個風向觀測點之結果，可證明吊扇開啟時會產生氣簾效應，阻擋冷氣出風，且阻擋範圍不僅止於吊扇與冷氣之直線方向，在呈直角之吊扇兩側亦然。

伍、研究結論

一、結論：

(一)班級吊扇全開之冷氣冷房效果較差

根據教室溫度監測結果、風速和風向觀測結果，發現靠冷氣側吊扇開啟時，會產生明顯的氣簾效應，阻擋冷氣吹出的氣流，使教室內熱空氣無法有效被帶出室外，僅在近冷氣側較涼，在冷氣側吊扇處之左右產生明顯的冷熱溫差，造成教室內冷房速度慢且溫差大，而冷氣下方的學生可能會過冷需要穿外套。(如圖 30、31)

溫度監測結果顯示，開冷氣加上吊扇與不開吊扇的室內平均溫度差距可達 1.4°C ，單點平均溫差可達 2°C 。而開冷氣加上吊扇造成的教室內溫差，最大可 2.9°C 。

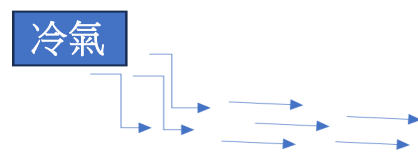


圖 30. 未開吊扇時冷氣氣流

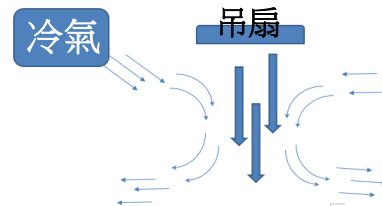


圖 31. 吊扇開啟後產生風簾效應之冷氣氣流

(二)只開遠離冷氣側之吊扇可讓室內溫度較均勻

根據溫度監測結果，只開遠離冷氣側之吊扇，不會對冷氣出風造成氣簾效應的阻礙，與不開吊扇的冷氣冷房效果差異不大，但可讓室內溫度較均勻，而此處吊扇的風也能使坐在遠冷氣側座位的學生體感溫度降低，彌補遠離冷氣座位氣溫降幅較小的不足。而未在四樓的教室，由於斜面天花板的設計，開吊扇會造成上方熱空氣被帶下，會需要較長的冷房等待時間。

(三)冷氣吊扇全開與只開冷氣不開吊扇的電費費率相近

只開冷氣不開吊扇，由於沒有氣簾效應的阻擋，能順利在教室內產生大範圍氣流循環，更充分的將教室內的熱量帶出室外，因此冷氣的運轉費率較全開吊扇時略高一點，但吊扇運轉也會耗電，若將此部分考慮進去，可視為互相抵消，因此在電費費率上是差不多的。

(四)開冷氣及右側吊扇與只開冷氣不開吊扇的電費費率無明顯差異

若只開右側吊扇時，其冷氣費率和不開吊扇相比，在兩間教室呈現的結果不一致，808 教室是開右側吊扇冷氣費率略低，而 801 教室則是開右側吊扇冷氣費率略高，因此在本實驗中並未發現有明顯影響。

(五) 對班級冷氣輔以吊扇使用之建議：

(一)基於本研究的結論，建議在使用班級冷氣時，吊扇最好能關閉，或只開遠冷氣側的吊扇，以充分發揮班級冷氣的效能，使教室內學生能擁有真正的舒適溫度，更可避免吊扇運轉的噪音，也避免近冷氣側學生因過冷加上強風而身體不適讓班班有冷氣的良善政策徹底發揮效果，營造優良的學習環境。

(二)坊間書籍或大眾刻板認知，多認為冷氣房內加上風扇會加強冷房效果與省電，殊不知風扇有分吊扇、立扇、循環扇，而設置位置更會有不同的影響，絕非開冷氣一定要配風扇，這部分觀念仍有待導正。

二、研究展望

- (一)研究循環扇、立扇等不同風扇種類，放在不同位置的冷房效果。
- (二)增加溫度監測點，或使用熱成像儀，更全面的分析室內溫度變化情形。
- (三)在有全班學生的教室內進行研究，以期更貼近實際使用狀況。

陸、參考資料

一、學位論文：

- (一)李宗翰(2022)。國民小學班級冷氣使用滿意度之研究-以高雄市某沿海區域國小為例(未出版碩士論文)。國立高雄師範大學，高雄市。
- (二)陳峙翔(2020)。冷氣排水器冷凝水來源、失效原因探討與改良:實驗與 ANSYS 可視化模擬(未出版碩士論文)。元智大學，桃園市。
- (三)陳忠凱(2016)。以縮小模型驗證氣簾阻煙並應用於建築物火災之探討(未出版碩士論文)。國立雲林科技大學，雲林縣。
- (四)賴冠伶(2020)。無冷氣教室使用吊扇通風之室內溫度分析(未出版碩士論文)。遠東科技大學，台南市。
- (五)蕭博鍵(2019)。冷氣機操作效率之研究(未出版碩士論文)。國立高雄科技大學，高雄市。

二、一般書籍：

- (一)王文科等(2014)。教育研究法(增訂第十六版)。臺北市:五南圖書。
- (二)田博元等(2011)。環境與生活(第二版)。新北市:新文京開發出版。
- (三)林展弘(譯)(2021)。名師這樣教 物理秒懂(二版)。臺北市:大是文化。(左卷健男等，2015)
- (四)陳識中(譯)(2021)。物理學家的科學講堂。臺北市:台灣東販。(田中幸等，2020)
- (五)楊永鈺(譯)(2001)。七個環保綠點子。臺北市:新自然主義。(John C.Ryan，1999)。
- (六)管倖生等(2010)。設計研究方法(三版)。新北市:全華圖書。

三、網路資料：

- (一)中華民國體育學會期刊編輯組(2014)。APA 文獻引用之中文書寫格式與圖表的呈現。取自 https://www.slhm.ntnu.edu.tw/upload-files/Download/Student/Paper_Format/Literature_cited_2014.pdf
- (二)教育部國教署(2023)。公立國民中小學班級冷氣使用及管理注意事項。取自 <https://news.hlc.edu.tw/index.php?page=department&id=100271>
- (三)許智能(2019)。空調系統節能技術應用及其實務案例。取自 <https://www.taipower.com.tw/upload/130/2019062015083957658.pdf>
- (四)陳建勳(2008)。百貨公司門口"空氣門"的秘密？。取自 <https://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=19753>
- (註 1) (五)聯合報(2022)。班班有冷氣 電費補助兩樣情。取自 <https://udn.com/news/story/6885/6219959>
- (註 1) (六)自由時報(2011)。公立學校冷氣費 市府敲定計價標準。取自 <https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/549005>