

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080510

「影」響-預測社宅興建前後校區日照和遮蔽的
差異

學校名稱：新北市土城區頂埔國民小學

作者： 小五 張恩瑞 小五 彭馨瑩 小五 呂秉澤 小五 呂宜蓁	指導老師： 許惠玲
---	------------------

關鍵詞：日照遮陰、太陽運行視軌跡、日照權

摘要

學校旁要蓋社宅，大家很關心日照遮蔽將如何改變？我們發送表單問卷詢問師生，空拍校園上中下午日照遮蔽現況，整合出師生的期待—希望社宅在夏季為操場、綜合球場和靜思樓遮陽降溫，但冬季別遮擋以保有暖冬陽。我們收集資訊製作模型以模擬四季的日照遮蔽，實驗探究陰影生成和遮擋的原理，發現建物愈高、距離愈近和高度角愈小，陰影愈易遮擋；夏天影子遮蔽的範圍最廣、最短；夏季照物角 45° 遮陽效果最好，冬季照物角 0° 或 90° 較能曬到太陽；植栽或不透光建物的遮蔽，可減少輻射量及降溫；北面的建物易被南面的遮擋，最後模擬的結果是一春、夏、秋三季的操場將能在朝會獲得遮陽，但冬季操場、綜合球場和靜思樓將增加更多陰影，迎來更多嚴寒。

壹、研究動機

天氣好熱啊！上完體育課的我們不只汗流浹背，還頭昏腦脹！尤其是六月到十月間，陽光更是熾熱！聽說學校旁的停車場和棒球場要蓋社會住宅，真希望未來的社宅可在夏天產生陰影遮擋學校！這學期的自然課剛好教到「如何觀測太陽」和「熱的傳播」，因此，我們請教老師如何預測社宅的影子，老師讓我們想想太陽的位置和影子的關係，並引導我們蒐集相關的知識、數據和法律規定，利用「問卷」來彙整大家的看法，希望透過資料的分析和實驗的設計，能預測社宅興建後，一天和一年中太陽移動至不同方位和高度角時，校區如靜思樓、綜合球場和操場等未來的日照遮蔽、溫度變化，以及對師生作息的影響程度。

貳、研究目的

這個研究將針對社宅遮擋陽光後，探討陰影產生的樣態和溫度的變化，模擬和預測校區將產生的差異：

- 一、探討陰影長短和太陽高度角的關係
- 二、探討陰影幅度寬窄和太陽照射物體角度的關係
- 三、探討建物陰影面積的極大和極小值
- 四、建物陰影遮擋狀況分析
- 五、探討太陽帶來的熱與溫度的關係
- 六、探討社宅未興建前校區日照和遮陰狀況
- 七、模擬社宅興建後校區的日照和遮蔽

參、文獻回顧

一、第56屆科展作品—真的全自動—全球免設定日光追蹤系統

(一) 太陽比地球大很多，距離又很遠，照射到地球的陽光幾乎是相同方向的平行光，將燈放35公分的距離照射，就有類似平行光的效果。

二、第56屆科展作品—日光建影—日照與建物陰影遮蔭模型程式設計研究

- (一) 影子的長度會隨著太陽仰角的不同，呈現出規律的變化。
- (二) 影子的寬度會因為太陽方位角不同，呈現出規律的變化。
- (三) 相似三角形能利用三角函數來計算未知的邊長與角度。

三、第56屆科展作品—「熱透」了量—「涼」—教室抗熱效能之研究

(一) 「建築方位」與「建築物樓層」差異與教室的「蘊熱力」呈現正相關，南北向教室溫度較東西向溫度涼爽，樓層低較樓層高溫度涼爽。

肆、研究設備及器材

一、研究設備和器材

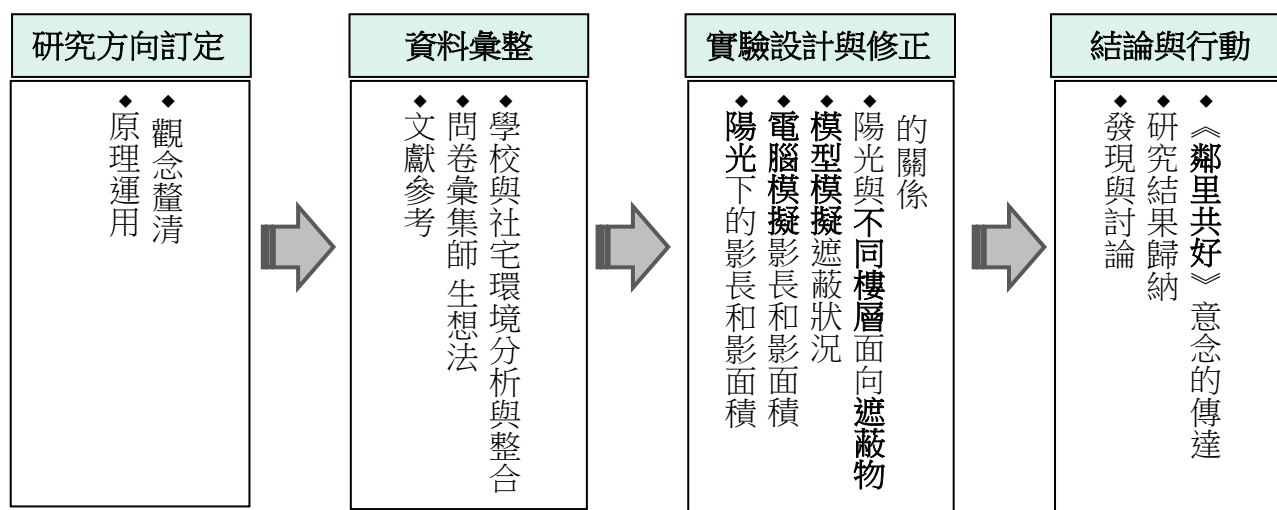
空拍機、電腦、手機、印表機、計算機、手電筒、攝影機、攝影角架、直尺、捲尺(50m)、捲尺(100m)、太陽觀測器、指北針、量角器、棉線、酒精溫度計、溼度計、古氏積木、百格板、千格體

二、輔助軟體

太陽測量師APP、[立體-方位角及仰角-GeoGebra](#)、Inscape繪圖、非常好色

伍、研究方法

一、研究步驟



二、社宅建案及校區概況分析（座落位置：東經 121°.41，北緯 24.95°）

（一）社宅建案概況(資料來源國家住宅與都市更新中心)

1. 基地與校區相對位置



住都中心表示，○○安居 A 面積為 13,037.27 平方公尺，預計興建戶數為 825 戶；○○安居 B 面積為 7,929.52 平方公尺，則要興建 465 戶，兩處共 1290 戶，未來將打造其為地上 14 層樓、地下 3 層樓大樓。
 原文出處: 土城社宅○○安居招標! 1290 戶「房型出爐」 總預算破 60 億 | ETtoday 新聞雲



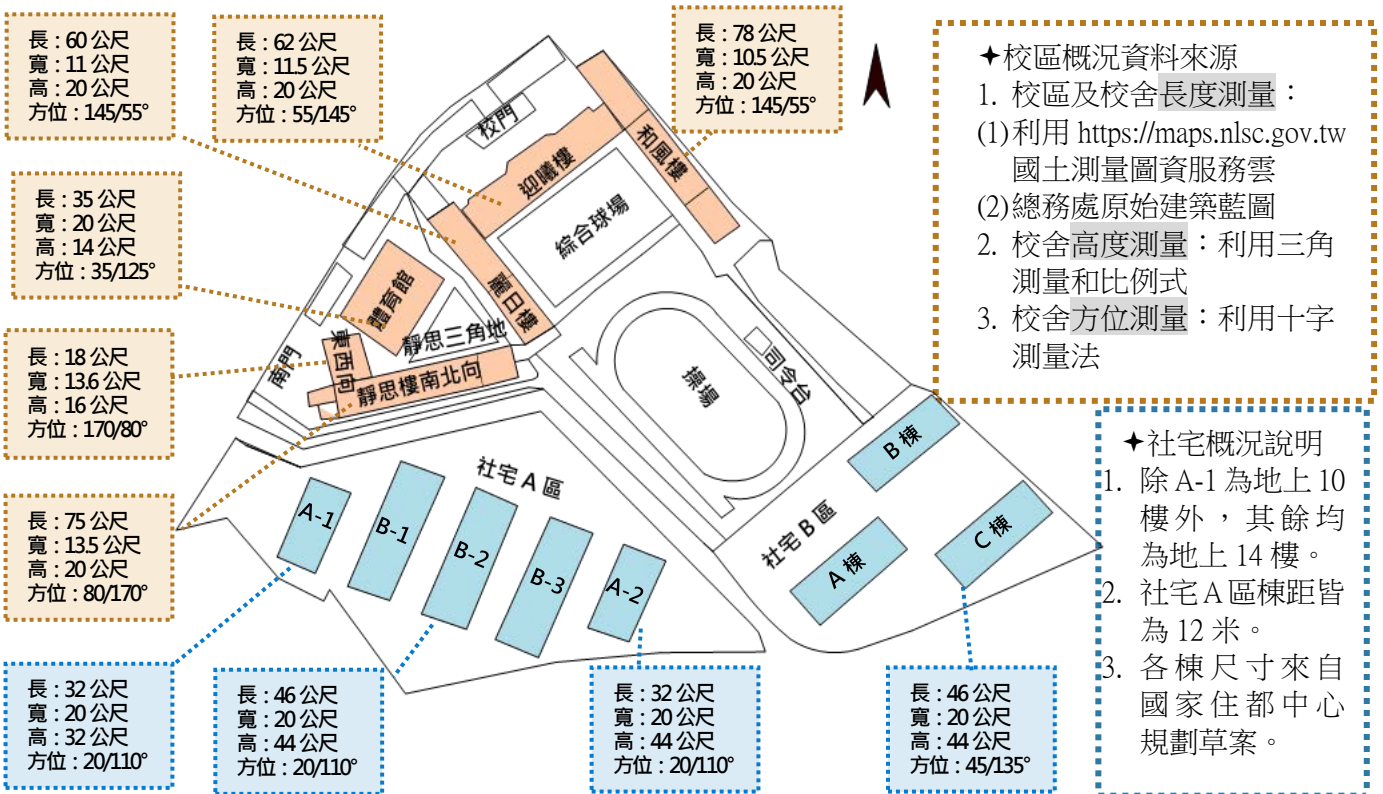
2. 社宅基地 A 區配置



3. 社宅基地 B 區配置

（二）校區與社宅配置及資料整合（使用 Inscap e 軟體繪製）

三、2021 校區太陽運行視軌跡原理運用



四季太陽軌跡

由於地球公轉，使太陽直射點在南北迴歸線間進行往返移動，春分太陽直射赤道，夏至太陽直射北回歸線，秋分太陽直射赤道，冬至太陽直射南回歸線，冬至之後陽光直射位置又開始向北移。

日夜長度變化

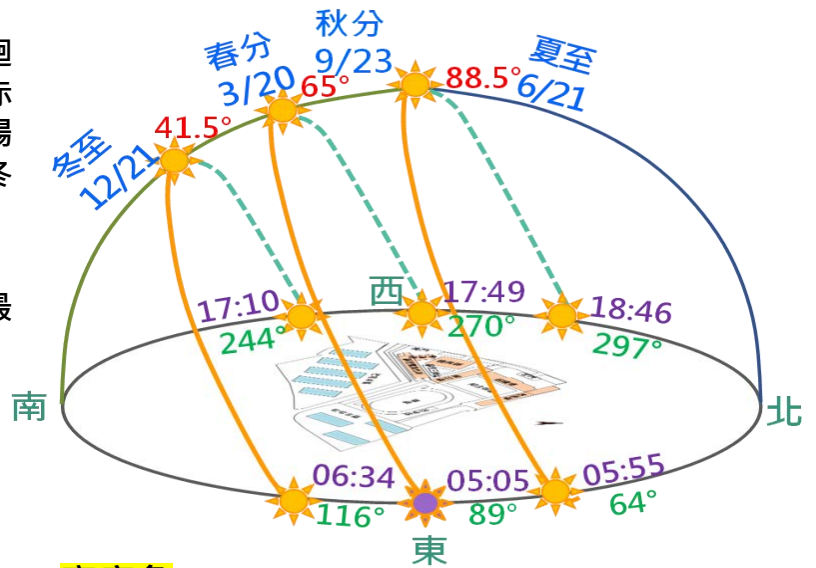
春分及秋分時，晝夜等長，夏至日晝最長夜最短，冬至日晝最短日最長。

日出日落方位

春分及秋分時，正東日出，正西日落，夏至日出偏東北、日落的方位偏西北，冬至日出偏東南、日落的方位偏西南。

日出日落時間

由於地球自轉，在我們看來，太陽彷彿在天空中東升西落，夏至日出最早、日落最晚，冬至日出最晚、日落最早。

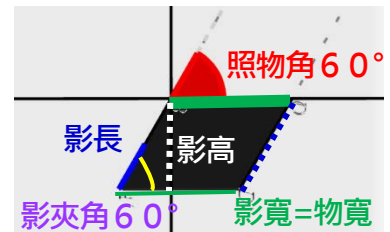


高度角

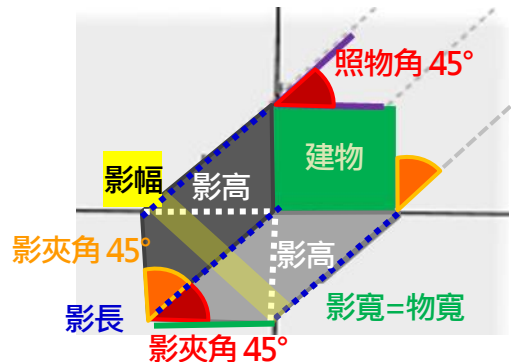
夏至正午的高度角最大，夏至過後正午太陽高度漸降低，日影逐漸拉長，冬至日正午的高度角最小，冬至過後正午太陽高度日漸升高，日影逐漸被縮短

四、 自定名詞解釋

1. 影長：影子的長度
2. 影寬：物體的寬度
3. 物高：物體的高度
4. 影倍數：影子的長度÷物高，影長為物高的倍數。
5. 影夾角：影寬和物寬的夾角。
6. 影幅：影子的幅寬。
7. 照物角：太陽方位角和建物方位角的差。
8. 影面積：影子覆蓋住的面積。
9. 影高：影面積平行四邊形上的垂直高度。



照物角=太陽方位 45°和建物方位 90°的差=45°

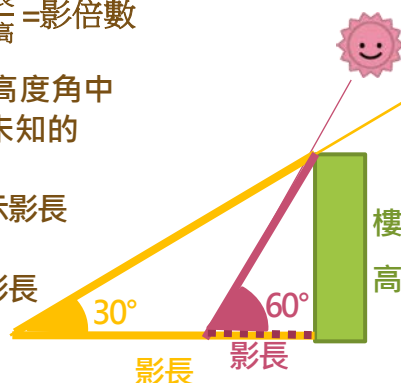


五、 三角函數的運用

不同角度的三角形，三個邊長會成一定的比例，三角函數是任兩個邊長和角度的關係。

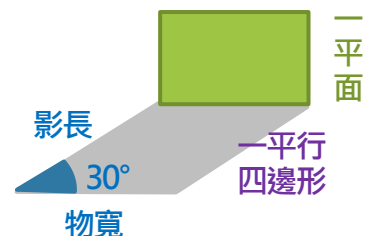
1. Cot 函數 = $\frac{\text{對邊}}{\text{鄰邊}} = \frac{\text{影長}}{\text{樓高}} = \text{影倍數}$

- ◆ 已知影長、樓高、高度角中任何兩個，可計算未知的邊長或角度
- ◆ $\text{Cot}30^\circ = 1.732$ ，表示影長是樓高的 1.732 倍
- ◆ $\text{Cot}60^\circ = 0.577$ ，表示影長是樓高的 0.577 倍



2. Sin 函數 = $\frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}} = \frac{\text{影高}}{\text{影長}}$ ，可算出

影面積 = 影長 x 影寬 x Sin30°



六、量測說明

1. 校區及校舍長度測量：

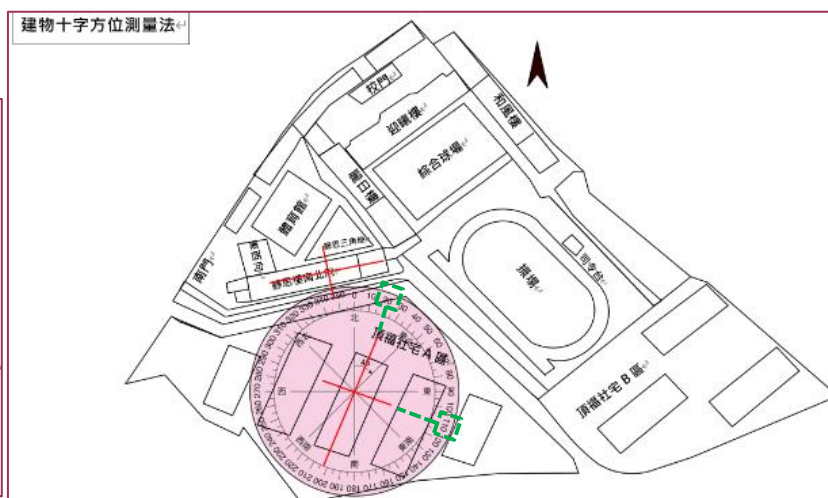
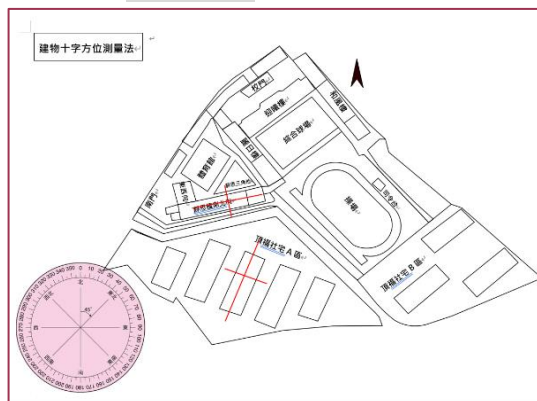
- (1) 利用國土測量圖資服務雲
- (2) 核對總務處原始建築藍圖，如果年代久遠不容易判斷或資料缺漏，就以測量圖資為準。



2. 校舍高度測量：

(1) 測量太陽的方位角和高度角，以算出 照物角 (方位角和建物方位的差)和 影倍數 。	(2) 量角器對準建物底部，根據 照物角 測量影長，捲尺 0 對準量角器中心	(3) 測量麗日樓影長	(4) 測量體育館影長	(5) 測量靜思樓影長
(6) 依影倍數算出各建築實際樓高。例如麗日樓影長 25.4m，測得高度角 38°，影倍數 $\cot 38^\circ = 1.28 = \text{影長} \div \text{樓高}$ ，樓高 = 19.84m				

3. 校舍方位測量：自創十字測量法



- (1) 已知圖面正北方位，自創十字測量法，在建物標註十字，測量十字兩線段的方位。
- (2) 雖然線段兩端的方位都是正確的，為方便計算，盡量取小於 180° 的方位。例如社宅 A 區，測得方位北向 20°，東向 110°。

七、模擬陽光

太陽是一個點光源，發出的陽光不是平行光，但因為太陽很大且距離地球很遠，陽光可視為平行光。我們測試過很多光源，發現將露營用的高階手電筒調小焦距，並且遠距離照射，可以有類似平行光的效果。



陸、研究過程和結果

✦研究一：探討陰影長短和太陽高度角的關係

研究理念：由自然課「竿影變化」實驗中得知光源的高度愈高，影子長度愈短；光源的高度愈低，影子長度愈長。





實驗一陽光下同時段古氏積木的影長

1. 前言：想知道同一時間不同長度物體陰影長短的變化，我們將不同長度的古氏積木直立在陽光下，測量並記錄太陽的方位角、高度角，以及各個積木的影長。

2. 變因設計：

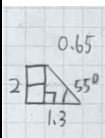
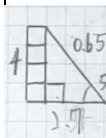
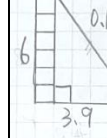
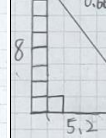
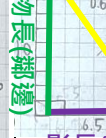
操縱變因	古氏積木的長度（二、四、六、八、十公分）
控制變因	相同時間的日照、相同地點
應變變因	影子的長度

3. 實驗步驟：

(1)放置太陽觀測器	(2)測量太陽的方位角、高度角	(3)測量積木高度角	(4)測量積木影長
			

4. 實驗結果：(1)

(2) 太陽測量師 APP

日期：110/09/27 時間：13：05					
積木長度	2 公分	4 公分	6 公分	8 公分	10 公分
太陽方位	220°	220°	220°	220°	220°
高度角	55°	55°	55°	55°	55°
影長	1.3CM	2.7 CM	3.9 CM	5.2 CM	6.5 CM
影倍數	0.65	0.65	0.65	0.66	0.65
記錄					



5. 發現與討論：

(1) 不論古氏積木的長度是多少，高度角大致相同，大約為 55°，這可以證明同一時間的陽光下，太陽的高度角都一樣，這時，影子的長短和物高有關，物愈高，影愈長，物愈短，影愈短。

(2) 影倍數也大致相同，影長都是積木長度的 0.65 倍左右， $\text{影長} \div \text{物高} = 0.65$ ，這和餘切函數的定理相同，我們可以利用 cot 函數（ $\frac{\text{對邊}}{\text{鄰邊}}$ ，也就是對邊與鄰邊的比

值)來計算三角形中未知長度的邊(例如物長或影長)和未知的角度(例如太陽高度角)。

- (3) 由圖示可發現,所形成的三角形都是相似三角形,因為積木和地面是垂直的,同一時間的高度角是相同的,因三角形的內角和是 180° ,第三個角因此也都相同,所以這五個三角形的對應角相等,對應邊長也成比例。



- (4) 我們開啟太陽測量師 APP,查詢同時時間點的方位角、高度角和影倍數,APP 顯示的數據和我們測量的結果幾乎一樣,我們認為太陽測量師 APP 可供後續查詢模擬用。

實驗二陽光下逐時古氏積木的影長

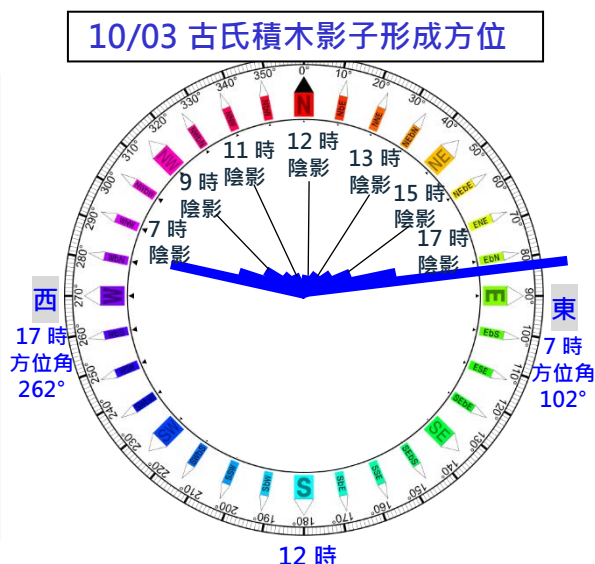
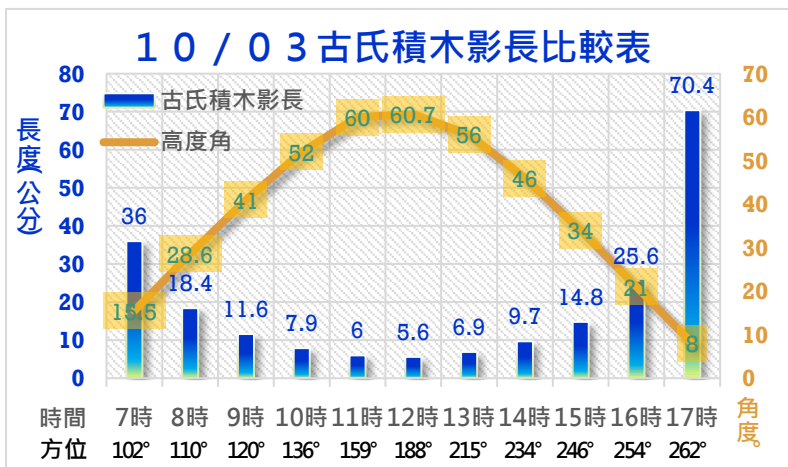
- 前言:想知道一天中不同時間陰影長短的變化,我們將 10 公分長的古氏積木直立在陽光下,記錄上午七時至下午五時的影長。
- 變因設計:

操縱變因	不同時間逐時的日照(上午七時至下午五時)
控制變因	十公分的古氏積木、相同地點
應變變因	影子的長度

- 實驗步驟:

- (1) 將古氏積木立於空曠全天可照到陽光的地方。
- (2) 每小時測量並記錄太陽的方位角、高度角及影子的長度。

- 實驗結果:



5. 發現與討論：

- (1) 上午高度角較小，影子較長，中午的高度角最大，影子最短，下午時高度角又逐漸變小，影子也愈來愈長，與「竿影變化」實驗的原理相同，不同時間的陽光下，太陽的高度角不同，高度角愈小，影子愈短，高度角愈大，影子愈短。
- (2) 7時太陽在東偏南處（ 102° ）時，影子出現在西偏北（ $102^\circ+180^\circ=282^\circ$ ），17時太陽出現在西偏南（ 262° ），影子出現在東偏北（ $262^\circ-180^\circ=80^\circ$ ），太陽和影子出現的方位剛好相反。

✦研究二：探討陰影幅度寬窄和太陽照射物體角度的關係



研究理念：影子的大小和形狀與光線入射物體的位置有關

實驗一·模擬同時不同方位建物陰影遮蔽狀況

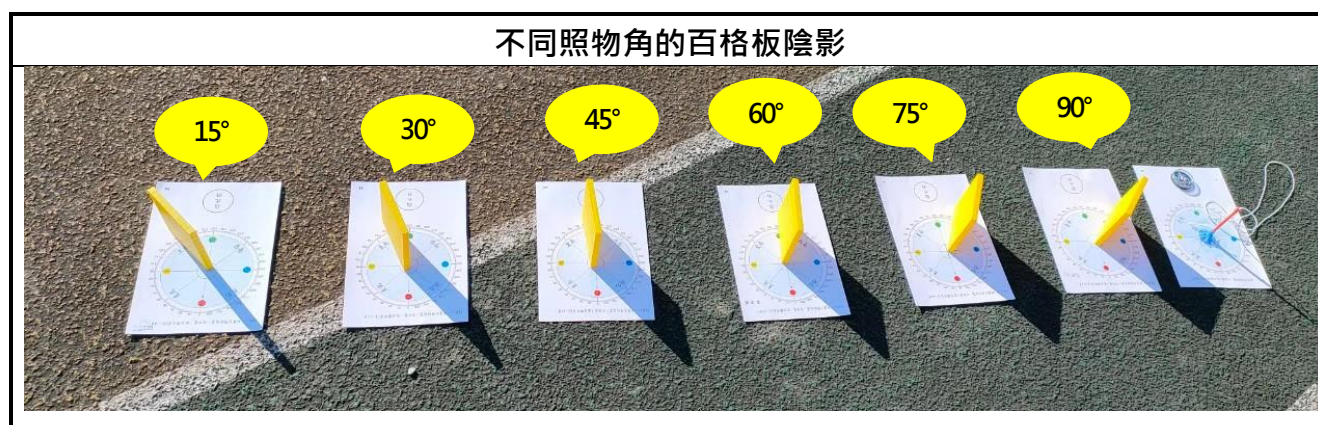
1. 前言：影子的大小和形狀和光線入射物體的位置有關，這個角度我們命名為「照物角」，以百格板模擬平面、千格體模擬立體建物，探討同一時間的陽光、不同照物角下的平面和立體的陰影如何變寬或變窄。
2. 變因設計：

操縱變因	照物角（ 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 六種）
控制變因	百格板或千格體放置同一地點
應變變因	影長、影寬、影夾角、陰影幅度

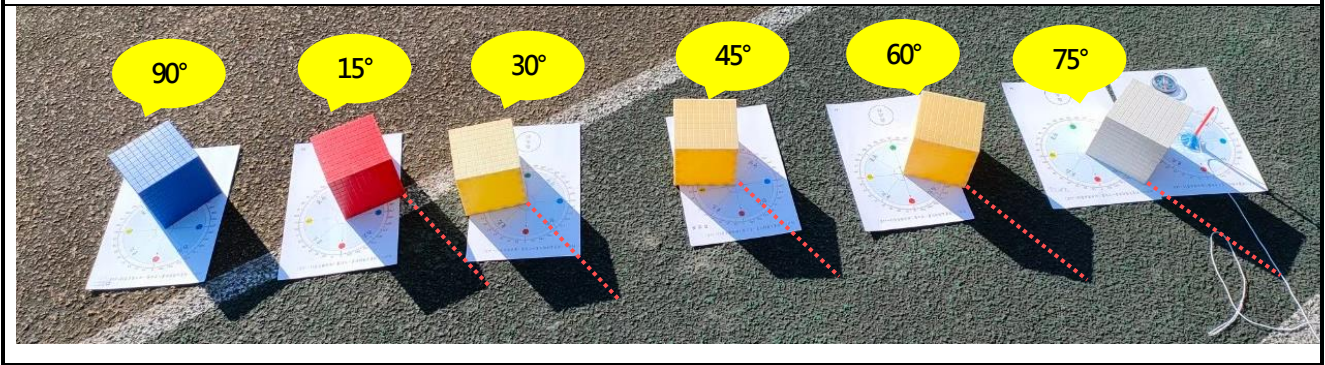
3. 實驗步驟：

(1)確定方位盤放置方向	(2)測得方位角 130° 、高度角 26°	(3)以 130° 為準，依 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 的角度差放置百格板和千格體
		

4. 實驗結果：110/11/15, 8:00



不同照物角的千格體陰影

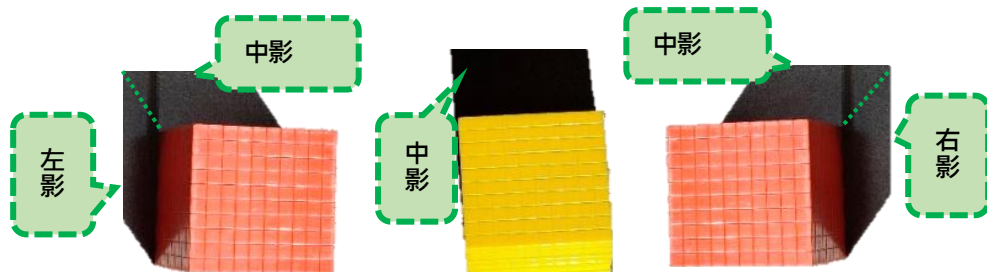


5. 發現與討論：

- (1) 同一時間，照物角 15° 的百格板影幅最窄， 90° 的百格板影幅最寬，但是不是照物角愈大，影幅就愈寬還需再研究。
- (2) 同一時間，照物角 90° 的千格體影幅最窄，影幅最寬的無法用眼睛看出。
- (3) 同一時間，同樣的百格板或千格體，不同的照物角，有不同的影子幅度。

實驗二：模擬逐時同一建物陰影遮蔽狀況

1. 前言：我們想了解一天中隨著陽光的移動，陰影如何變寬或變窄，於是設計這個實驗，以十公分長古氏積木模擬一維體、百格板模擬二維體、千格體模擬三維體在陽光下的情形。



2. 變因設計：

操縱變因	各整點的陽光
控制變因	古氏積木、百格板、千格體放置同一地點、朝正北擺放 (0°)
應變變因	影長、影寬、影夾角、陰影幅度

3. 實驗步驟：

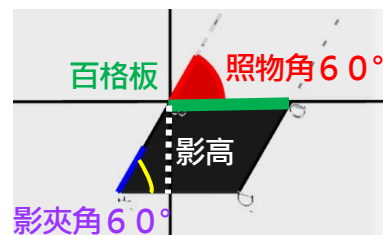
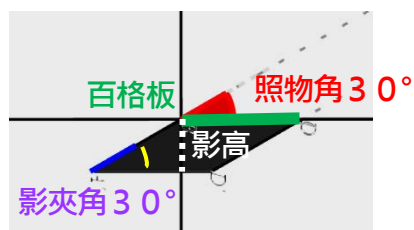
(1)測量方位角	(2)測量高度角	(3)測量影長、影寬、影夾角	
		陰影是一直線	陰影是一面平行四邊形
			陰影是二面平行四邊形

4. 實驗結果：

時間 方位、高度角		模擬建物		一維		二維		三維		影夾角		影夾角	
		方位角°	高度角°	影長cm	影長cm	影寬cm	影夾角°	影長cm	左影 影寬cm	影夾角°	中影 影寬cm	影夾角°	右影 影寬cm
8時	105	30	17.5	17.5	10	75	17.5	10	75大	10	15小	10	0
	115	43	11	11	10	65	11	10	65	10	25	10	0
10時	130	55	7.5	7.5	10	50	7.5	10	50變	10	40變	10	0
	155	62	5	5	10	35	5	10	35	10	55	10	0
12時	190	65	4.5	4.5	10	10	4.5	10	10小	10	80大	10	0
	220	60	6	6	10	40	6	10	0	10	50	10	40小
14時	235	50	8.5	8.5	10	55	8.5	10	0	10	35變	10	55
	250	37	13	13	10	70	13	10	0	10	20	10	70變
16時	260	25	22.5	22.5	10	80	22.5	10	0	10	10小	10	80大

5. 發現與討論：

- (1) 古氏積木、百格板和千格體在同一時間下，因高度角相同，影長都相同。
- (2) 我們觀察到古氏積木的陰影是一直線。百格板形成的陰影是一面平行四邊形，當太陽照射百格板的角度等於 0° 時，則成一直線，等於 90° 時，則成一面長方形。千格體的陰影是由一或二面平行四邊形組成的，隨著陽光照射的角度不同，有三面可形成陰影，因陽光是平行光，照射的角度是 180° ，同時存在的平行四邊形陰影，最多只有兩面，而當太陽照射千格體的角度剛好等於 0° 時，則只形成一個長方形。
- (3) 百格板和千格體的影寬永遠和邊的寬相同，都是10公分，與陰影幅度的寬窄無關，因照物角不同，產生不同的影高，如圖所示， 90° 以內，百格板的照物角愈小，影高愈小，陰影幅度愈窄，照物角愈大，影高愈大，陰影幅度愈寬。



- (4) 百格板的照物角等於影夾角。

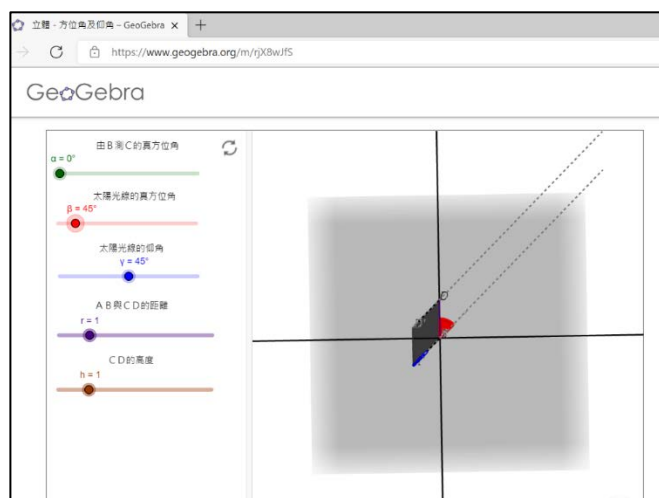
- (5) 陽光照射在千格體上，兩面陰影的影夾角和一定是90度，但目前還不能分辨哪一種組合的陰影幅度最大或最小。
- (6) 千格體的影子8時至12時，左影夾角由大變無，中影夾角由小變大，12時至16時，中影夾角由大變小，右影夾角由無變大，最多只有兩面平行四邊形的影子。

思考一·不同照物角對【百格板】產生的陰影

1. 前言：想知道不同照物角對百格板（二維體）產生的陰影變化，我們挑幾個特別角利用 [立體-方位角及仰角-GeoGebra](#) 做整理，調整視角由正上方俯看，並用綠色標示百格板的位置，算出照物角後，比較影夾角、影高和陰影幅度的變化。

2. 設定：

- (1) 百格板都設定 0° ，朝北。
- (2) 高度角都設定為 45°
- (3) 方位角依序設定為 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 至 360° 等24個角度。
- (4) 長度和高度都設定為1單位。



3. 結果：

不同方位百格板的陰影、影夾角和照物角						
	+15°	+30°	+45°	+60°	+75°	+90°
0°	照物角=15°-0°=15° 15°	照物角=30°-0°=30° 30°	照物角=45°-0°=45° 45°	照物角=60°-0°=60° 60°	照物角=75°-0°=75° 75°	照物角=90°-0°=90° 90°
90°	照物角=105°-0°=105° 105°	照物角=120°-0°=120° 120°	照物角=135°-0°=135° 135°	照物角=150°-0°=150° 150°	照物角=165°-0°=165° 165°	照物角=180°-0°=180° 180°
180°	照物角=360°-195°=165° 195°	照物角=360°-210°=150° 210°	照物角=360°-225°=135° 225°	照物角=360°-240°=120° 240°	照物角=360°-255°=105° 255°	照物角=360°-270°=90° 270°
270°	照物角=360°-285°=75° 285°	照物角=360°-300°=60° 300°	照物角=360°-315°=45° 315°	照物角=360°-330°=30° 330°	照物角=360°-345°=15° 345°	照物角=360°-360°=0° 360°

4. 發現與討論：

- (1) 當陽光與百格板同向（即照物角是 0° 、 180° 或 360° 時），影子為一直線外，其他的照物角都可產生平行四邊形的陰影，正方形或長方形也是一種平行四邊形，都具有兩組對邊平行且相等、兩組對角大小相等、相鄰的兩個角互補等性質。
- (2) 百格板（二維體）的照物角範圍介於 0° 至 180° 。
- (3) 任兩個照物角的和是 180° 時，所形成的陰影大小和形狀也相同。例如 15° 和 165° 、 60° 和 120° ，但因光源方位不同，陰影形成的位置不同。
- (4) 相同的高度角下，當照物角由 0° 慢慢變成至 90° 時，陰影幅度會有由一直線逐漸變成四角形，當照物角由 90° 到 180° 時，影幅逐漸變回一直線的規律。所以，光源照射二維體時， 90° （垂直）的照物角產生的陰影最大， 0° 或 180° （平行）的照物角產生的陰影最小。

思考二·不同照物角對【千格體】產生的陰影

1. 前言：想知道不同照物角對千格體（三維體）產生的陰影變化，找幾個特別角利用 [立體-方位角及仰角-GeoGebra](#) 做整理，調整視角由正上方俯看，並用綠色標示千格體、灰色模擬第二面平行四邊形陰影，算出照物角後，比較影夾角、影高和陰影幅度的變化。
2. 設定：方式和內容和思考一·相同
3. 結果：

不同方位千格體的陰影、影夾角和照物角						
	$+15^\circ$	$+30^\circ$	$+45^\circ$	$+60^\circ$	$+75^\circ$	$+90^\circ$
0°	照物角= $90^\circ-15^\circ=75^\circ$ 15°	照物角= $90^\circ-30^\circ=60^\circ$ 30°	照物角= $90^\circ-45^\circ=45^\circ$ 45°	照物角= $90^\circ-60^\circ=30^\circ$ 60°	照物角= $90^\circ-75^\circ=15^\circ$ 75°	照物角= $90^\circ-90^\circ=0^\circ$ 90°
90°	照物角= $105^\circ-90^\circ=15^\circ$ 105°	照物角= $120^\circ-90^\circ=30^\circ$ 120°	照物角= $135^\circ-90^\circ=45^\circ$ 135°	照物角= $150^\circ-90^\circ=60^\circ$ 150°	照物角= $165^\circ-90^\circ=75^\circ$ 165°	照物角= $180^\circ-90^\circ=90^\circ$ 180°
180°	照物角= $270^\circ-195^\circ=75^\circ$ 195°	照物角= $270^\circ-210^\circ=60^\circ$ 210°	照物角= $270^\circ-225^\circ=45^\circ$ 225°	照物角= $270^\circ-240^\circ=30^\circ$ 240°	照物角= $270^\circ-255^\circ=15^\circ$ 255°	照物角= $270^\circ-270^\circ=0^\circ$ 270°
270°	照物角= $285^\circ-270^\circ=15^\circ$ 285°	照物角= $300^\circ-270^\circ=30^\circ$ 300°	照物角= $315^\circ-270^\circ=45^\circ$ 315°	照物角= $330^\circ-270^\circ=60^\circ$ 330°	照物角= $345^\circ-270^\circ=75^\circ$ 345°	照物角= $360^\circ-270^\circ=90^\circ$ 360°

4. 發現與討論：

- (1) 當陽光與千格體同向（照物角 0° ）或垂直時（照物角 90° ），可形成四邊形的陰影，而其他的照物角照射下，千格體的陰影都是由兩面平行四邊形組成的。
- (2) 千格體（三維體）的照物角範圍介於 0° 至 90° ，但因光源方位不同，陰影形成的位置也不同。
- (3) 我們無法用目測比較出哪個照物角可產生比較大或比較小的陰影幅度，我們應該試著算出真正的面積來確認。

✦研究三：探究陰影面積的極大和極小值

研究理念： 平行四邊形的面積=底 x 高，如果想在夏天得到最大的陰影以遮蔭，在冬天盡量不要產生陰影以提供溫暖，需試著找出陽光照射建物的最佳角度。

思考一。如何導出陰影面積的公式

1. **前言：** 平行四邊形的面積=底 x 高，我們試著利用已知的條件找出「底」和「高」。
2. **由已知條件推論：**
 - (1) 照物角=影夾角（兩個是同位角，當角度是鈍角時，用 180° 減該角度化成銳角）

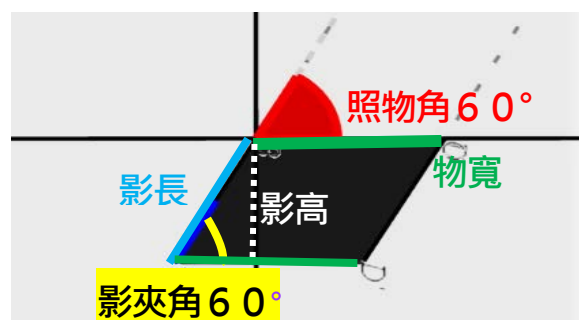
(2) 底=物寬

(3) 利用 $\cot \theta = \frac{\text{鄰邊}}{\text{對邊}} = \frac{\text{影長}}{\text{物高}}$ ， θ = 高度角，已知物高，可查三角函數表得到比值來計算影長。

(4) 高=影高， $\sin \theta = \frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}} = \frac{\text{影高}}{\text{影長}}$

$$\text{影高} = \text{影長} \times \sin \theta$$

(5) 陰影面積 = 平行四邊形面積 = 底 × 高 = 物寬 × 影長 × $\sin \theta$



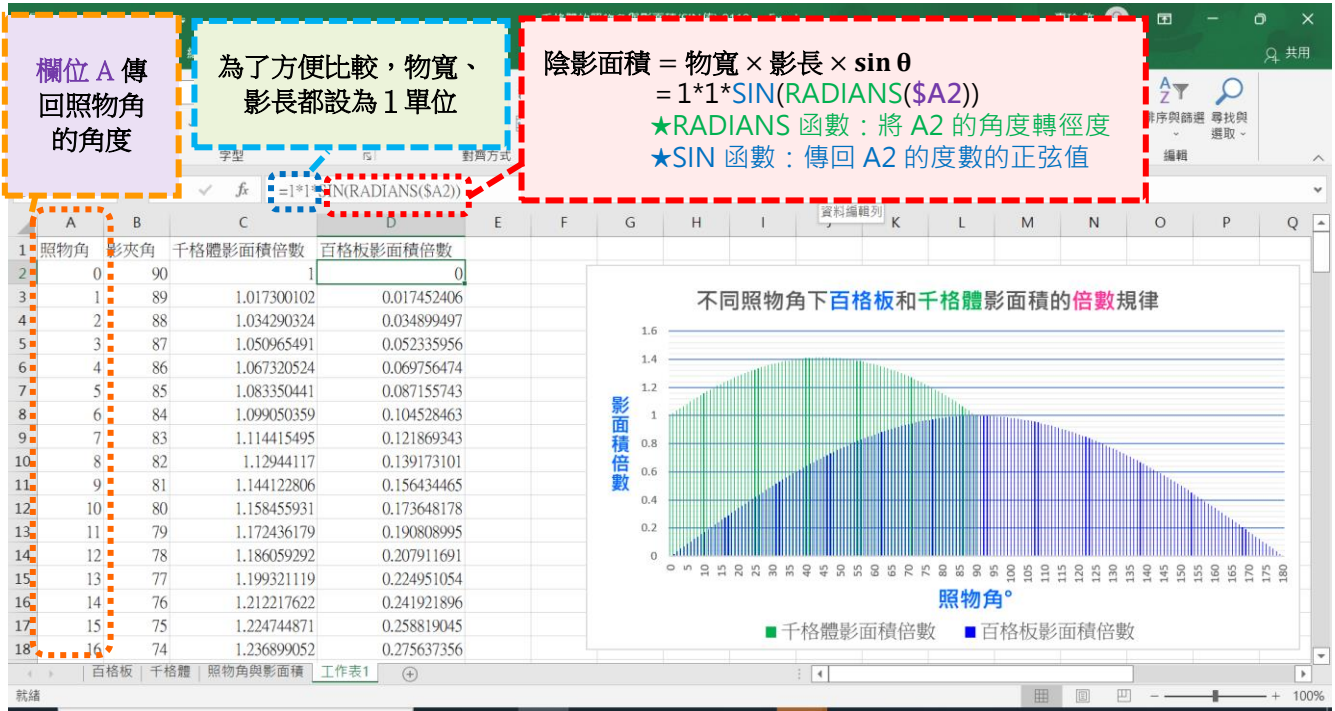
思考二。找出百格板和千格體陰影面積變化的規律

1. **前言：** 百格板（二維體）的照物角介於 0° 到 180° ，在這範圍內，陰影的幅度有一個由小變大，再由大變小的規律，我們想確定所有照物角所形成的影面積狀況，利用EXCEL的公式設定計算出來，同時，我們也想試試千格體（三維體）是否也有類似的規律，並找出陰影極大和及極小值出現的狀況。
2. **設定：**

(1) 百格板

I. 陰影面積 = 物寬 × 影長 × $\sin \theta$

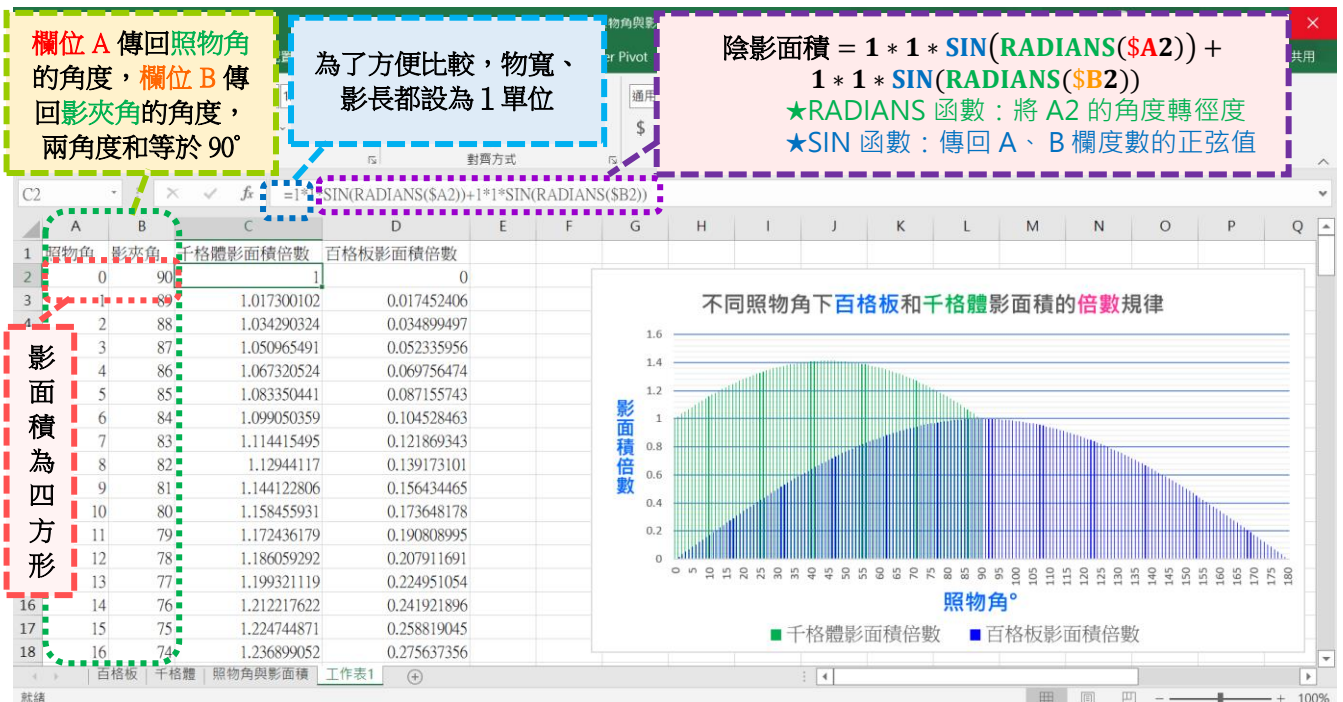
II. θ = 照物角 = 影夾角, $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$



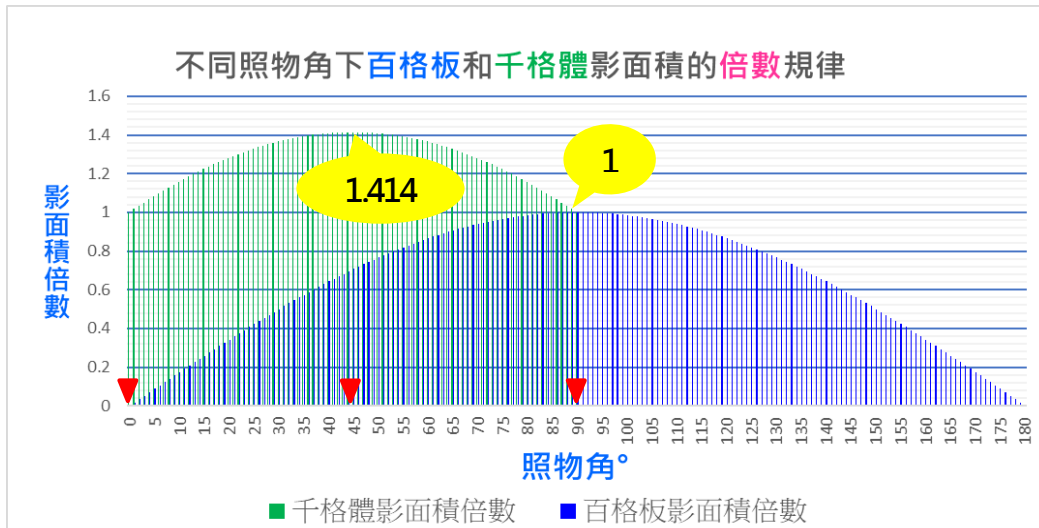
(2) 千格體

I. 陰影面積 = 物寬1 × 影長 × $\sin \theta$ + 物寬2 × 影長 × $\sin(90^\circ - \theta)$,

II. θ = 照物角 = 影夾角, $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$, 若是鈍角, 我們認為需要先化成銳角較好計算, 用 $180^\circ - \theta$, 因為千格體的影面積是由兩個影夾角和等於 90° 的平行四邊形組成的。



3. 結果：



4. 發現與討論

- (1) 當百格板的照物角為 90° 時，影面積最大，是物寬 \times 影長的1倍，一個有四個直角的四邊形。當照物角由 0° 至 90° 時，影面積的變化是由一直線逐漸變成平行四邊形再變成正方形，當照物角由 90° 到 180° 時，影面積則由正方形逐漸變回平行四邊形，再變成一直線。
- (2) 當千格體的照物角為 45° 時（即2個影夾角都是 45° ），影面積最大，是物寬 \times 影長的1.414倍，當千格體的照物角為 0° 和 90° 的影面積最小，是物寬 \times 影長的1倍，一個有四個直角的四邊形。當照物角由 0° 至 45° 時，影面積的變化是由小變大，當照物角由 45° 到 90° 時，影面積則是由大變小。
- (3) 夏季若想得到較大的遮陰，陽光照射建物的角度最好為 45° ，冬季若不想要遮陰，想多曬到太陽，陽光照射建物的角度最好為 0° 或 90° 。

✦研究四：建物陰影遮擋狀況分析

研究理念：所謂「日照權」是指每個人都有享受陽光照射的權利，如果住宅採光通風良好，不但可以放鬆身心還能有益健康，所以日照權被視為生存的基本權利。109年7月1日施行的「建築技術規則」建築設計施工編第39-1條第1項修正「新建或增建建築物高度超過21公尺部分，在冬至日所造成之日照陰影，應使鄰近之住宅區或商業區基地有一小時以上之有效日照。」就是為了保障鄰近地區的日照權不因興建建築物而受侵害。

實驗一·建物間陰影遮擋和距離的關係

1. 前言：目前測得社宅A區和靜思樓最近距離約為24公尺（縮小為1/400約6cm）本實驗的目的是為了探討社宅A區遮擋靜思樓的情況。

2. 變因設計：

操縱變因	1 · 建物間的距離(6 cm、11 cm、15 cm)	2 · 高度角 30°、62°、75°
控制變因	高度角 45°、建物的高度 11 cm(模擬社宅)和 5 cm(模擬靜思樓)、建物方位	建物間距離 6 cm、建物的高度 11 cm(模擬社宅)和 5 cm(模擬靜思樓)、建物方位
應變變因	遮擋情況	

3. 實驗步驟：

- (1) 測建物間的距離
- (2) 光源配合繩子引導照射至所需角度。
- (3) 觀察、測量影長並記錄和拍照



4. 實驗結果 1：高度角控制在 45°

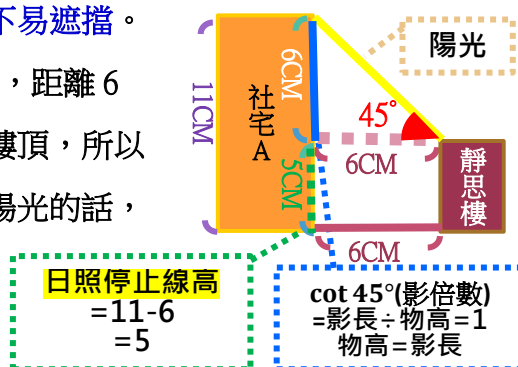
樓間距	45°/6 cm	45°/11 cm	45°/15 cm
遮擋情況	<p>日照停止線，代表這高度以下沒有陽光，陽光可照到的是 6 樓以上</p>	<p>影長 11 cm，不遮擋</p>	<p>影長 11 cm，不遮擋</p>

實驗結果 2：距離控制在 6cm

高度角	30°/6 cm	62°/6 cm	75°/6 cm
遮擋情況	<p>影長 19cm，完全遮擋</p>	<p>影長 6cm，不遮擋</p>	<p>影長 3cm，不遮擋</p>

5. 發現與討論：

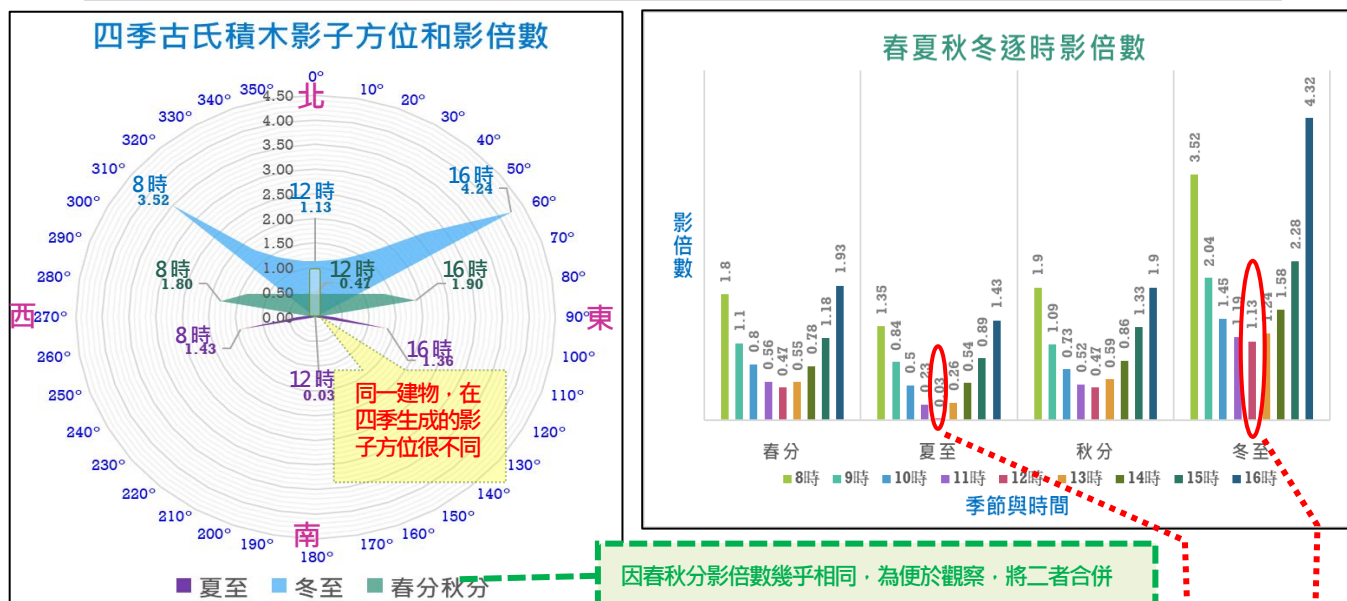
- (1) 當高度角相同，兩建物距離愈近，愈容易遮擋，兩建物距離愈遠，愈不易遮擋。
- (2) 當距離相同，高度角愈小影子愈長，愈易遮擋，高度角愈大影子愈短，愈不易遮擋，可推論出一天中，中午較不易遮擋，一年中，夏季較不易遮擋。
- (3) 日照停止線，代表陽光照射到的高度。當高度角 45°，距離 6 cm 時，日照的高度是 5 公分以上，也就是靜思樓五樓頂，所以 6 樓以上可照到陽光，如果希望五樓以下可以照到陽光的話，高度角必須大於 45° 才行。



思考一 · 建物間陰影遮擋和方位的關係

1. 前言：靜思樓位於社宅 A 區西北偏北方，我們想知道這樣的方位是否會被遮擋。

2. 由太陽測量師查詢 2021 四節氣 8 ~ 16 時資料代表春夏秋冬四季，並彙整成統計圖表



3. 發現與討論：

- (1) 夏至受到陰影遮蔽的範圍最廣，但影子最短，當太陽在正南方時，影倍數僅 0.03。
- (2) 冬至受到陰影遮蔽的範圍最窄，但影子最長，當太陽在正南方時，影倍數達 1.13。
- (3) 位東北經北至西北側的建物全年較有陰影遮蔽，而東南經南至西南側的建物則全年都不太會被陰影遮蔽，日照權的問題，較易發生在建物的北側，東西南側較不受影響。
- (4) 一天中，中午 12 時以前，若陰影在西方，中午 12 時以後，陰影會在東方。
- (5) 依日照權的觀點，如果想在冬至日有一小時的陽光，以正午最短影長來看，南北建物的樓間距至少要留南側樓高的 1.13 倍距離才可能達到。
- (6) 綜合以上，目前社宅 A 區和靜思樓最近距離約為 24 公尺，靜思樓位於社宅 A 區西北偏北方，當太陽在南方、高度角 45° 照射下，會被社宅陰影擋住，若距離大於社宅樓高、高度角大於 62° 時 ($\frac{6}{11} = \cot 62^\circ$)，或者社宅樓高降低，靜思樓較不會被遮住。

✦ 研究五：探討太陽帶來的熱與溫度的關係

研究理念： 太陽透過輻射傳播熱能，當它照射在地表或物體上後，地表及物體材料會吸收短波並使表面溫度上升，材料溫度上升後會釋放出能量較弱的長波輻射，在材料之間來回吸收及放射大量長波輻射，並加熱空氣，使空氣溫度持續上升，本研究將從是否為日照面、建物坐落面向和遮蔭方式，探討太陽帶來的熱與溫度的關係。

實驗一· 探討日照與溫度的關係

1. **前言：** 為了探討日照的多寡對溫度的影響，我們實地測量靜思樓的日照面和非日照面。
2. **變因設計：**

操縱變因	建物為日照或非日照面
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間
應變變因	溫度、濕度

3. 實驗步驟：

(1)測量日期：10/04~10/06

(2)測量時間：8時~16時

(3)測量地點為靜思樓南北向日照和非日照面一至五樓

(4)測量點放置酒精溫度計和濕度計，逐時登記溫度和濕度，再取三次溫度平均值。

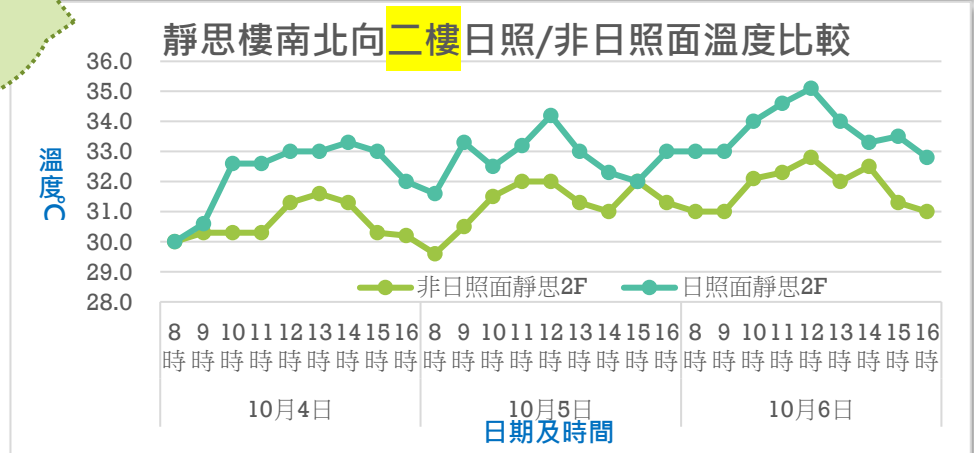
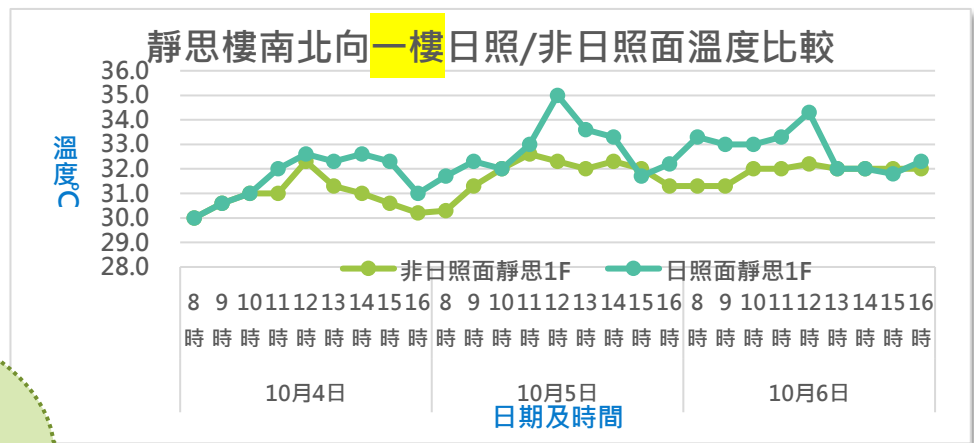
溫度計上須標示號碼以區別

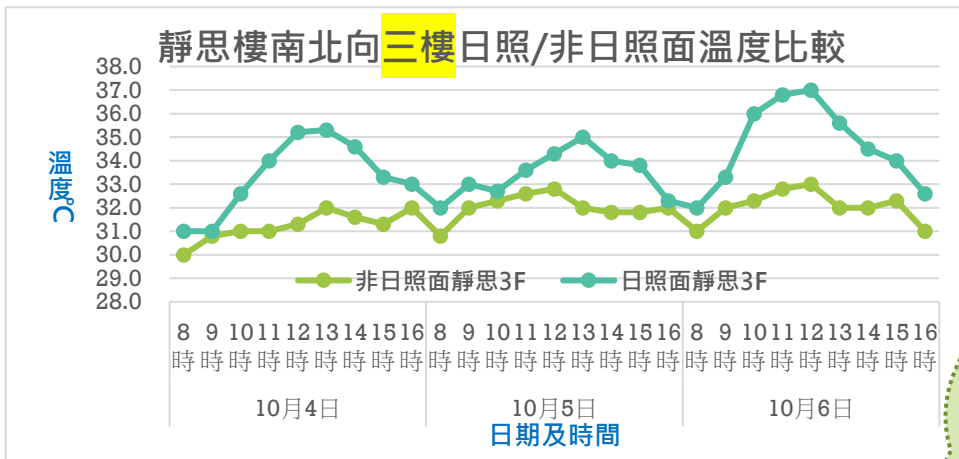


	靜思樓南北向一至五樓	四樓測量情形	二樓測量情形	一樓測量數據
日照面				
非日照面				

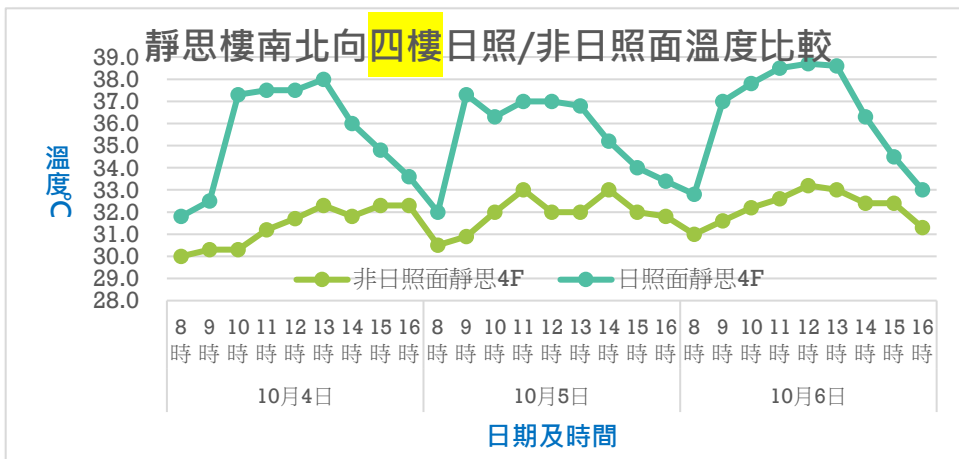
4. 實驗結果：

日照面的溫度都比非日照面的溫度高

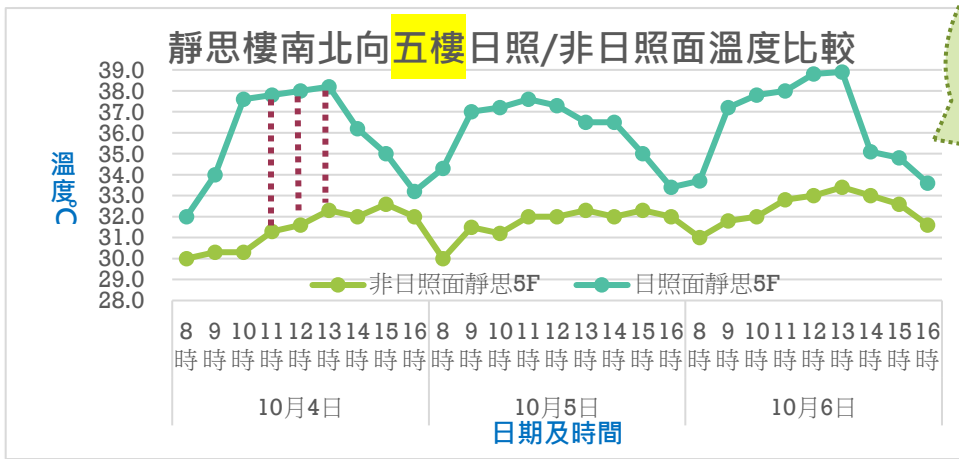




日照面的樓層愈高，溫度愈高，非日照面的差異就不大



樓層愈高，中午左右日照面與非日照面的溫差愈大



5. 發現與討論：

- (1) 不論哪一個樓層，日照面的溫度都比非日照面的溫度高，推測日照面直接受到太陽的短波輻射加熱，當被照物表面溫度愈高，釋放的長波輻射就愈強，使溫度較高。
- (2) 日照面的樓層愈高，溫度愈高，非日照面的差異就不太大，我們推測日照面樓層愈高接受到太陽的輻射熱愈多，加上熱空氣易上升，所以溫度較高，尤其五樓是頂樓，屋頂會吸熱，導致室內溫度更高一些，因此可再推論，樓層愈高，中午左右日照面與非日照面的溫差也就愈大。

實驗二·探討面向與溫度的關係

1. 前言：為了解教室的面向方位與溫度的關係，我們實地測量靜思樓東西和南北向兩棟。
2. 變因設計：

操縱變因	建物面向為東西或南北向
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間
應變變因	溫度、濕度

3. 實驗步驟：

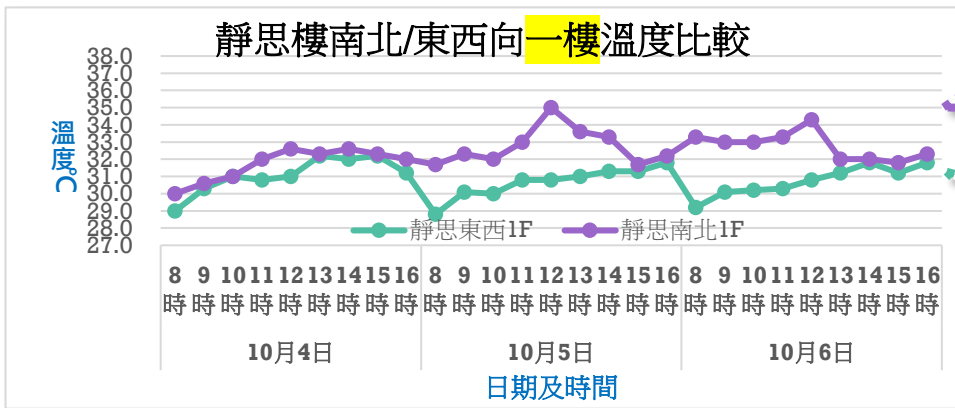
- (1)測量日期：10/04~10/06
- (2)測量時間：8時~16時
- (3)測量地點為靜思樓南北向和東西向一至三樓
- (4)每測量點放置酒精溫度計和濕度計，逐時登記溫度和濕度，再取三次溫度平均值。



靜思樓南北向和東西向一至三樓

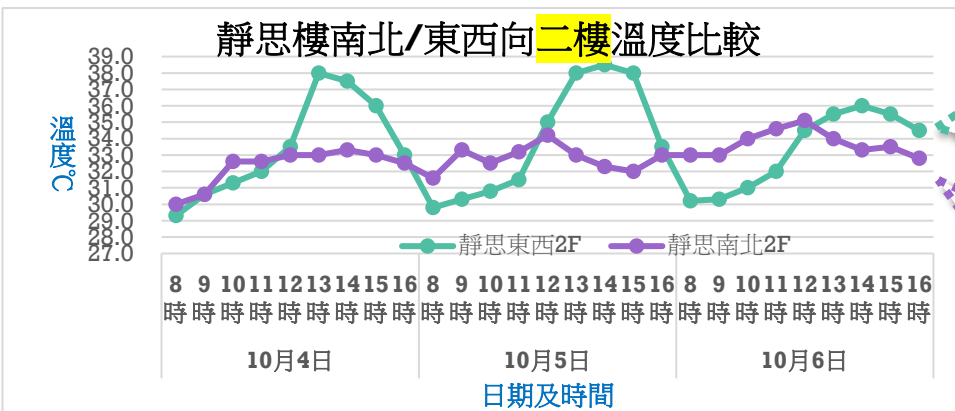


4. 實驗結果：



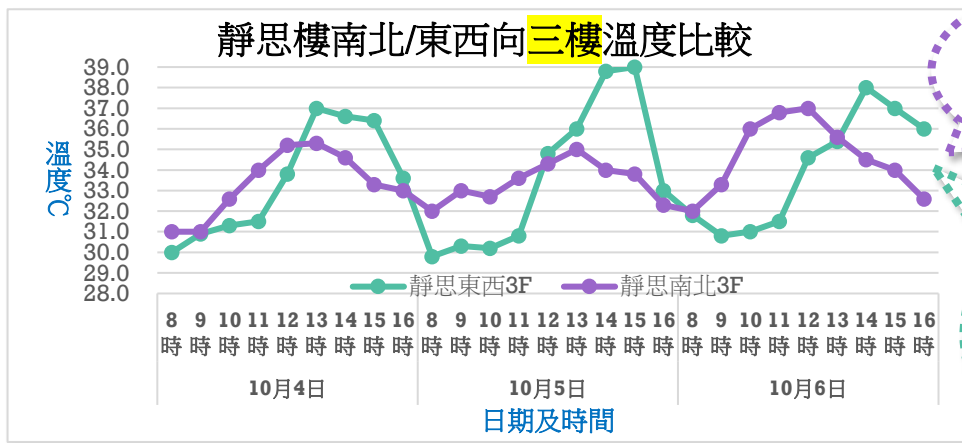
中午以前南北向的溫度比東西向的溫度高

中午以後東西向的溫度和南北向的差不多



中午以後東西向的溫度比南北向的溫度高

中午以前南北向的溫度比東西向的溫度高



樓層愈高，南北向和東西向的溫差愈大

中午以後東西向的溫度比南北向的溫度高，特別是13或14點過後

5. 發現與討論：

- (1) 中午以前，一樓南北向的溫度比東西向的溫度高，是因太陽上午由東偏南照射，中午過後東西向的溫度和南北向的差不多，是因陽光由南方轉至西偏南照射，而靜思樓西向一樓有樹蔭遮擋，所以兩個面向的溫差不大。
- (2) 中午以前，二、三樓南北向的溫度比東西向的溫度高，中午以後東西向的溫度比南北向的溫度高，特別是接近14點過後，推論太陽西曬的能量需要時間累積才能顯現。
- (3) 樓層愈高，中午前後南北向和東西向的溫差愈明顯，而且午後東西向太陽西曬的威力高於午前南北向日照面的威力。

實驗三·探討遮蔽物與溫度的關係

1. 前言：陽光照射到不透光的物體時會產生陰影，我們想了解不同遮蔽物與溫度的關係，特地挑選戶外四地點來測量溫度，並且空拍魚眼照以觀察周遭的環境狀況。
2. 變因設計：

測量地點			
操縱變因			
	① 操場 ② 操場樹蔭下	③ 綜合球場	④ 靜思三角地
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間(逐時8時~16時)		
應變變因	溫度、濕度		

3. 實驗步驟：

- (1) 測量日期：10/04~10/06
- (2) 測量時間：8時~16時
- (3) 每測量點放置酒精溫度計和濕度計，逐時登記溫度和濕度，再取三次溫度平均值。



4. 實驗結果：溫度由高至低為綜合球場>操場>操場樹蔭>靜思三角地

日期		110 / 10 / 04			天氣狀況			晴			
遮陰組別	地點	時間	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
		結果									
有無植被	操場	方位角°	110	121	136	159	189	215	233	246	254
		高度角°	28.5	40.7	51	58.8	60.4	55	45.6	34	21.1
有無植被	操場	溫度°C	34	36	40	40	41	40	39.5	37.5	32
		濕度°	52	45	30	26	31	33	34	34	45
有無植被	操場樹蔭	溫度°C	30	31.5	34	35	35.5	36	36	34.6	34.3
		濕度°	61	52	46	45	45	40	40	37	35
有無建物	綜合球場	溫度°C	33.5	36.5	45	50	50	49	41	37	35.5
		濕度°	50	47	32	30	34	31	42	49	50
有無建物	靜思三角地	溫度°C	29	29.5	30	30	30.7	32	33.5	32.3	31
		濕度°	78	77	77	75	72	51	47	48	51

日期		110 / 10 / 05			天氣狀況			晴·晚上下雨			
遮陰組別	地點	時間	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
		結果									
有無植被	操場	方位角°	110	121	136	160	189	215	233	245	254
		高度角°	28	40	51	58	60	55	45	33	21
有無植被	操場	溫度°C	33.5	36	38	40	43	41.5	38	36	31.7
		濕度°	49	36	32	28	26	30	39	37	47
有無植被	操場樹蔭	溫度°C	30.2	32	31.5	34	35.3	34.5	35	35	35.7
		濕度°	61	60	59	44	55	50	45	48	58
有無建物	綜合球場	溫度°C	34	35.5	41	50	50	47	40	37.5	36
		濕度°	44	40	28	29	32	34	48	54	62
有無建物	靜思三角地	溫度°C	29.5	30	30	30	31	32	31.5	32	30
		濕度°	59	61	60	64	58	55	55	56	59

溫差可達近 20°C

日期		110 / 10 / 06			天氣狀況			晴			
遮陰組別	地點	時間	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
		結果									
有無植被	操場	方位角°	111	122	134	160	189	215	233	249	254
		高度角°	28.4	40.4	50.9	58.2	59.6	54.5	45	33.3	20.6
有無植被	操場	溫度°C	32	32.5	36	39	42	41	38	36.7	30.5
		濕度°	56	60	55	40	34	39	35	31	74
有無植被	操場樹蔭	溫度°C	30	30.7	31	32	34.3	34.3	36	34.5	35
		濕度°	69	67	62	60	38	54	57	60	62
有無建物	綜合球場	溫度°C	29.5	35	39	48	50	46	43	38	34
		濕度°	60	51	49	36	32	39	43	52	64
有無建物	靜思三角地	溫度°C	28.5	29.3	30	30.7	31.3	31.7	31	30.3	31
		濕度°	76	70	75	76	65	64	65	60	66

溫度標示：溫度<35°C 35°C≤溫度<40°C 40°C≤溫度<45°C 45°C≤溫度<50°C 溫度≥ 50°C

5. 發現與討論：

- (1) 因綜合球場和操場沒有遮陰，太陽短波輻射能量大，直接照射，使得溫度上升快，中午前後甚至可飆升至 50°C ，與溫度最低的靜思三角地溫差近 20°C ，操場樹蔭和靜思三角地因為有戶外植栽或不透光建物的遮蔽，所以接收到的短波極少，使得表面溫度較低而減少了長波輻射，氣溫會比較低。所以有遮蔭的地方溫度比較低，沒有遮蔭的地方溫度相對比較高。而靜思三角地更因長期不透光建物的完全遮蔽，以及草坪鋪面，因此溫度最低。
- (2) 操場溫度比綜合球場低，因為兩地面的鋪面材料不同，反射和放射率不同，綜合球場是水泥地，而且周圍都是水泥建物，容易吸熱和放射熱，操場是草坪，周圍都是樹，水氣較多，可將熱量帶走，溫度因此較低一些。
- (3) 我們發現溫度越高濕度會越低，推論是因為日曬蒸發水氣的緣故。





✦研究六：探討社宅興建前校區日照和遮蔽狀況







研究理念：隨著地球的自轉和公轉，太陽在天空中的位置會不同，不論一天中或一年中，我們在校能享受到的陽光位置和強弱也不同，高度角愈小，表示陽光愈斜射，太陽輻射強度愈小，溫度較低；高度角愈大，表示陽光愈直射，太陽輻射強度愈大，溫度較高。

思考一·客觀分析：空拍陰影比較

1. **前言：**為擴大視野觀察陰影在校區投射的狀況，我們提出使用空拍機拍下 8:00、11:30 和 16:00 的陰影來比較。
2. **結果：**日期：110/10/04 氣溫： $29^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$



時間	8:00	11:30	16:00
方位角	110°	172°	254°
高度角	28.5° (影倍數 1.84)	60° (影倍數 0.57)	21° (影倍數 2.59)
全校區			
	太陽在東南偏東，影子在西南偏西形成	太陽在南方，影子朝北、顏色很深、長度較短	太陽在西南偏西，影子在東南偏東形成
操場			
	影子只能遮住東側跑道	操場完全沒有陰影	樹蔭遮住西半部操場

綜合球場			
	樹蔭形成影子，遮住半個球場	球場只有很小部分的樹蔭	麗日樓的影子遮住半個球場
	靜思樓		
靜思三角地幾乎全部被靜思南北向遮住		影子較短、顏色較深	靜思東西向西晒嚴重，除較高的樹梢，靜思三角地幾乎全被遮擋
			

3. 發現與討論：

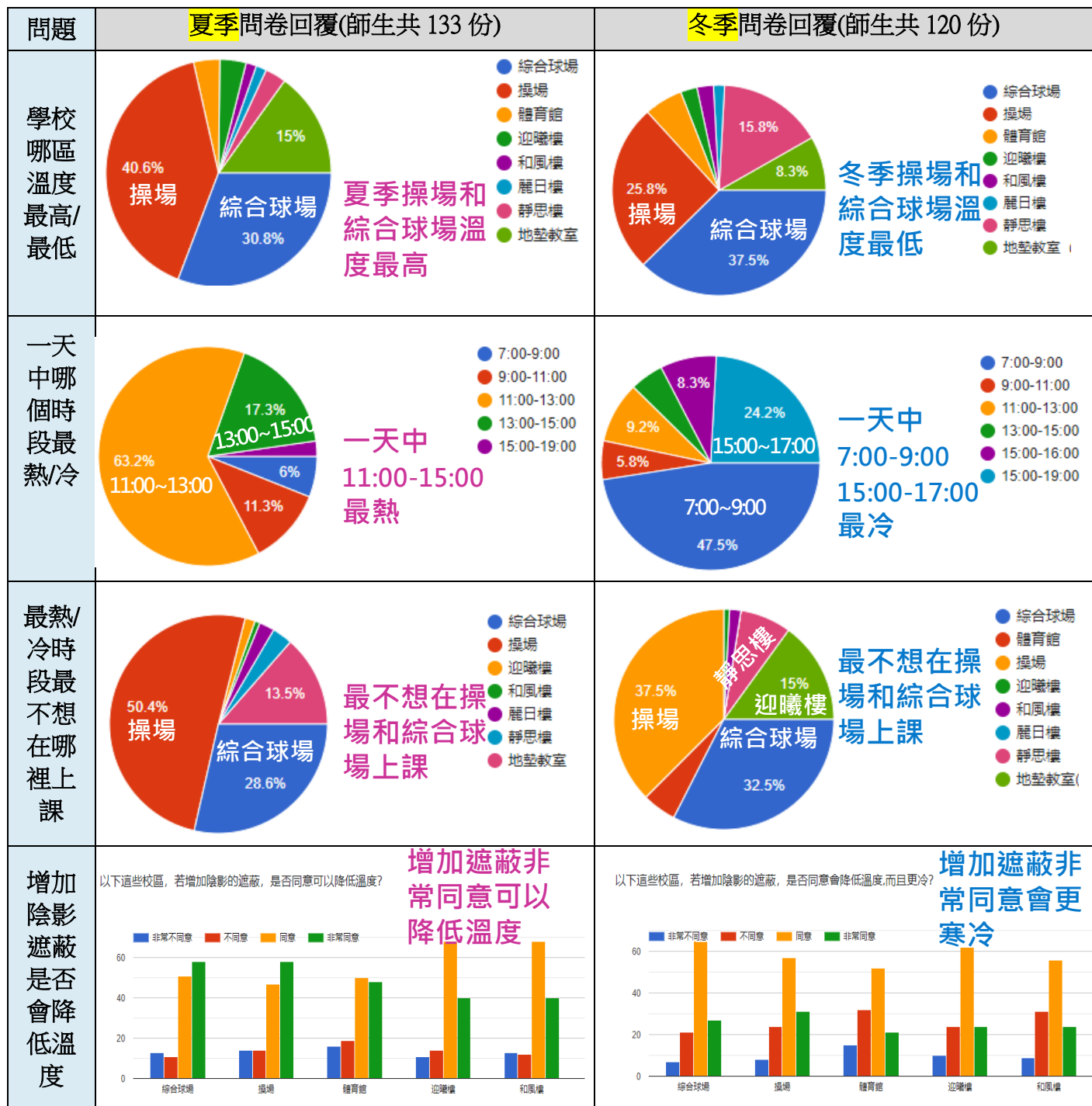
- (1) **操場**周邊沒有建物可遮擋，上午只有東側跑道有一點樹蔭遮蔽，所以朝會很曬，每次國旗升上後，總導護老師就會讓我們移到跑道有陰影的地方，其他時間就更沒有遮蔽了，直在下午快放學才又有一些陰影，我們期待夏、秋兩季有建物遮蔭，周一的朝會、體育課或運動會就不再這麼炎熱。
- (2) **綜合球場**是我們下課打球和上體育課的地方，通常9時至15時都沒什麼遮蔽，大太陽下上體育課的老師和我們都很熱，真希望能多一點遮蔭。
- (3) 夏秋位於**靜思樓東西向**二樓和三樓的自然教室和英語教室下午西曬嚴重，室溫明顯比我們位於南北向的教室高，期待這裡也有建物遮擋。

思考二·主觀分析：師生問卷調查

1. **前言**：為了得到同學們對於校區日照和遮蔽的想法，利用 **Google 表單**，我們設計了夏季和冬季問卷，為了讓測試者有真實的感受，分別在10月和1月詢問師長和同學，夏季問卷收到師生133份回覆，冬季問卷收到師生120份回覆。



2. 結果：



3. 發現與討論：


- (1) 夏季操場和綜合球場是師生們覺得最熱的地方，尤其是中午和下午時段，最不想在這兩個地方上課，認為有陰影遮陰可以降低溫度。
- (2) 冬季操場和綜合球場是師生們覺得最冷的地方，尤其是早晚時段，最不想在這兩個地方上課，認為陰影遮陰會更加寒冷。
- (3) 師生們只希望社宅在夏季產生陰影為操場和綜合球場遮陰，冬季則不要遮蔽以免太寒冷。

✦研究七：探討社宅興建後校區的日照和遮蔽狀況




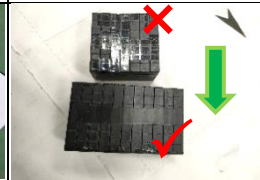
研究理念：靜思樓位於社宅 A 區西北偏北方，根據研究四的發現，新建社宅這樣的方位一定會產生陰影遮擋住北方的校區，因太陽的自轉和公轉，太陽在天空中的位置會不同，我們藉由自製模型和模擬陽光的位置，探討社宅興建後校區可能的日照和遮蔽狀況。

前置作業


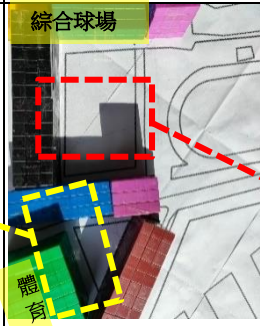


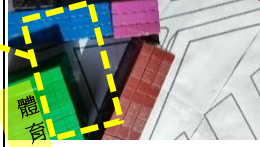

1. 模型製作

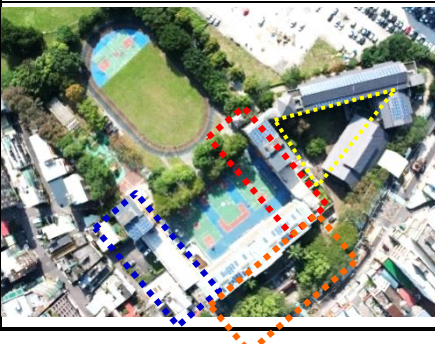
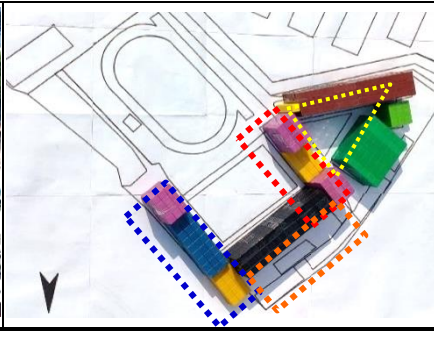
(1) 用「非常好色」軟體製作方位盤和模型配置圖。	(2) 分割列印 54 張，再黏合成 165cmX165cm 的方位盤。	(3) 準備透明膠帶、10 盒古氏積木、百格板和模型配置圖。	(4) 依照各建築測量結果，製作 $\frac{1}{400}$ 模型，用透明膠帶固定。	(5) 利用表面原有的刻度核對各建物的長寬高度。
				

2. 模型修正

(1) 將模型放置於陽光下測試	(2) 用指北針確定方位	(3) 測量方位角、影子方位和高度角和影長是否與現實相符合。	(4) 發現問題：透明膠帶會使影子反光，影響觀察。	(5) 修正： A：拆除不必需膠帶 B：使用不透明膠帶
				

3. 模型驗證：

(1) 地面真陽光拍攝 111/01/04 14:30			
靜思三角地	模型	綜合球場	
體育館實際上是斜屋頂，需修低高度，使陰影窄一點。			
			陰影大致相同。 

(2) 修正後空拍 111/01/14 11:00		
		比較空拍和模型，不計植物的陰影，迎曦樓、和風樓、麗日樓和靜思三角地的陰影位置、形狀和大小都蠻像的，我們認為這模型相似度很高。

實驗一·模擬社宅興建後四季校區的陰影

1. 前言：將手電筒調成聚焦模式以模擬太陽的平行光，照射的距離盡量拉長使每個模擬建物照射到相同方向的光束，事先查詢 2021 四節氣逐時太陽的位置（方位角和高度角），模擬四季太陽在學校上方照射時產生的陰影遮蔽情況。



2. 變因設計：

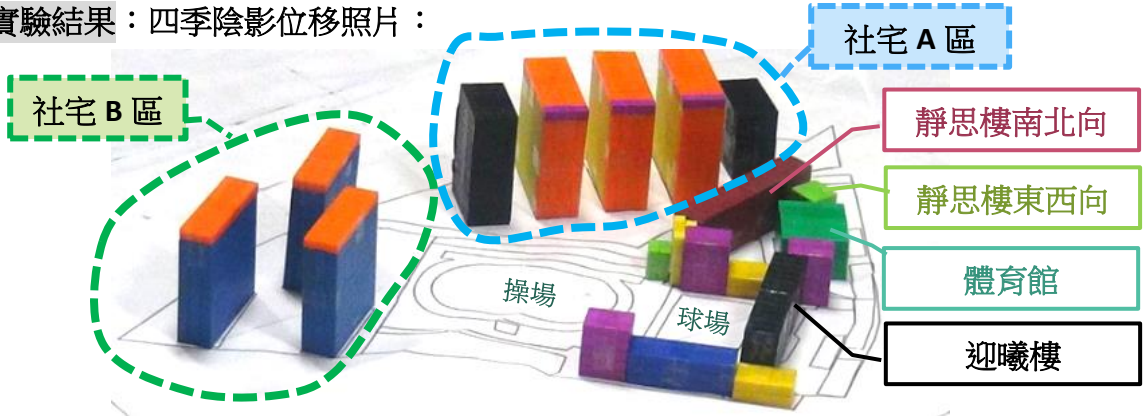
操縱變因	四節氣整點的模擬陽光（以方位角和高度角定位）
控制變因	社宅和校舍模型、手電筒亮度
應變變因	影長和陰影生成方位

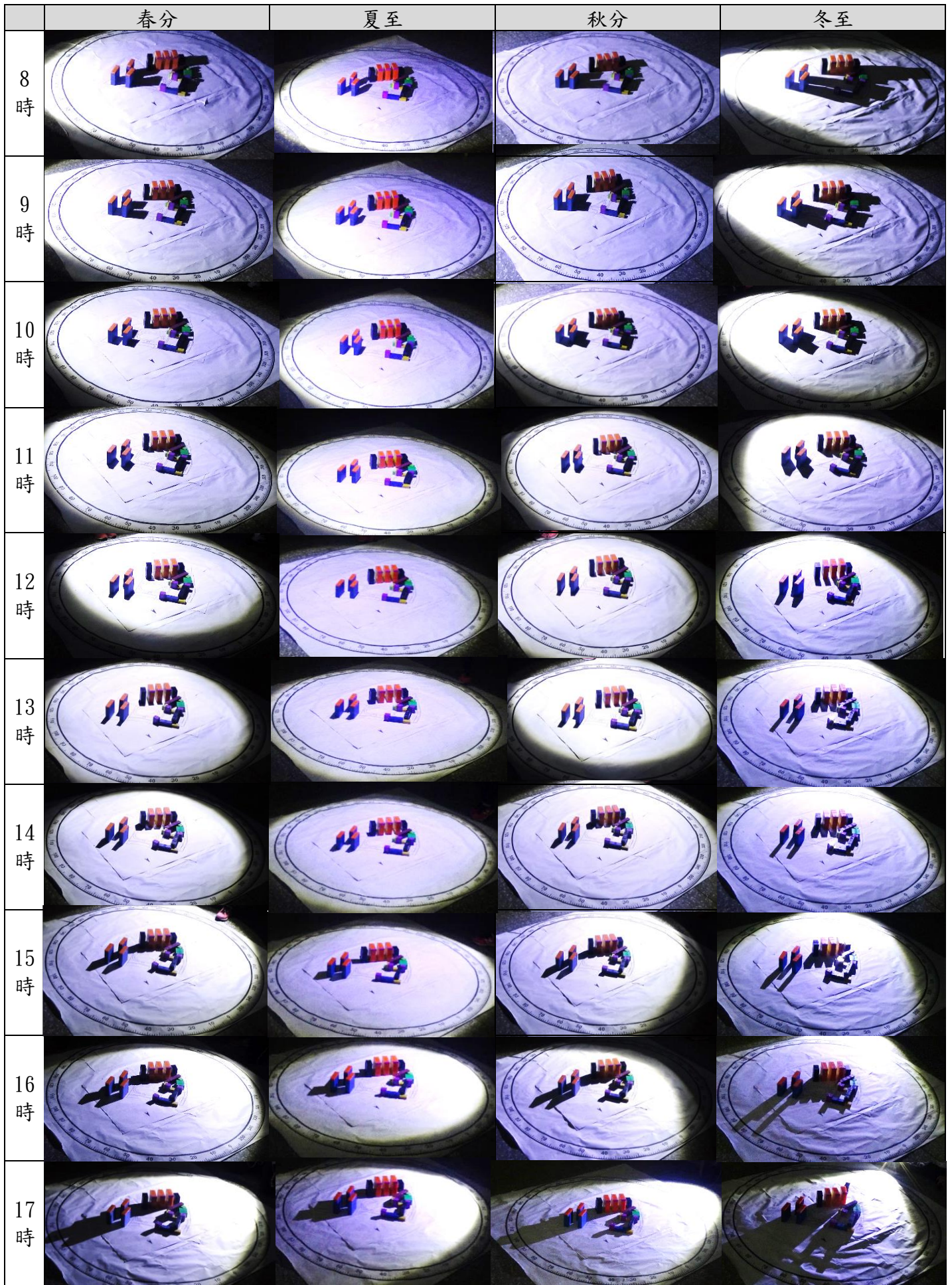
3. 實驗步驟：

學生(1)報讀方位角和高度角，方便陽光和高度角定位	學生(2)確實量測高度角，並以繩子引導陽光投射。	學生(3)為確保光線確實打向所需高度角，光線需依循繩子引導。	學生(4)關燈、計算影倍數並測量影長確認無誤	學生(5)清場並拍照

注意事項：A·攝影角架定位後用粉筆圈選位置避免移動，以製作流暢的動態陰影位移效果。
B·高度角太小以至於繩子被建物擋到，可先移開建物，待光源位置確認後，再放回建物。

4. 實驗結果：四季陰影位移照片：





5. 發現與討論：

- (1) 社宅 A 區的陰影只在中午以後對操場和靜思樓的影響較大。春秋分下午陰影在操場西南側出現，於 1 7 點時遮蔽近半個操場，冬至中午過後陰影在操場西南側出現，1 7 點便將全部的操場遮蓋，夏至則完全不產生陰影；冬至早上和傍晚會擋住靜思樓東西和南北二面向，中午只剩擋靜思南北向的南側，春分和秋分只在 1 5 時過後擋住西南側中低樓層；靜思東西向只在冬至的上午和傍晚增加陰影，使氣溫更低。
- (2) 社宅 B 區的陰影只在中午以前對操場有影響，一早春秋分和冬至便有陰影遮住整個操場，接著陰影愈來愈小，春秋分 1 1 時就完全沒有陰影，冬至遮到 1 2 時，夏至因高度角較大，只有 8 ~ 9 時遮住操場東南側。
- (3) 綜合以上，操場 8 ~ 9 時全年都有遮蔭，朝會不再擔心日曬，只是夏至的遮蔭只有半個操場；冬至則上午 B 區，下午 A 區輪番遮蔽，未來的冬季，操場會更加寒冷。
- (4) 除了冬至早晚高度角較小、社宅 A 區的影長會遮到外，綜合球場的遮陽改變不大。同樣地，靜思東西向只在冬至早晚受到社宅 A 區的遮蔽，但寒冷的冬天，很需要西曬。

柒、結論與行動

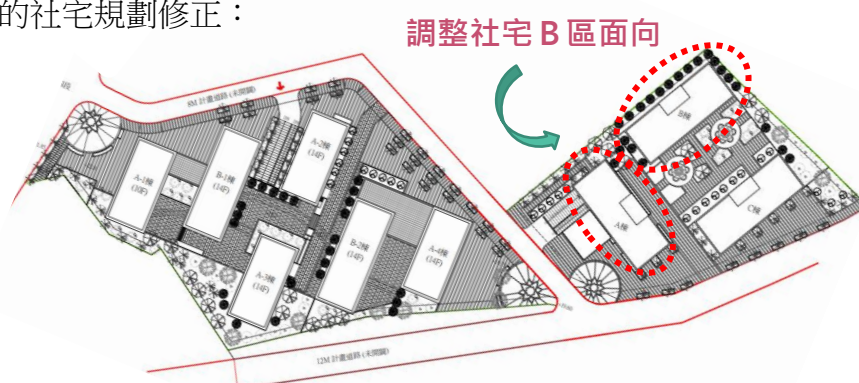
- 一、同一時間的陽光下，太陽的高度角都一樣，影子的長短和物高有關，建物愈高，影子愈長，建物愈矮，影子愈短；不同時間的陽光下，太陽的高度角不同，高度角愈小，影子愈短，高度角愈大，影子愈短。
- 二、當高度角相同時，兩建物距離愈近，愈容易遮擋，兩建物距離愈遠，愈不容易遮擋；當距離相同時，高度角愈小影子愈長，愈容易遮擋，高度角愈大影子愈短，愈不容易遮擋，所以一天中，中午左右較不易遮擋，一年中，夏季較不易遮擋。
- 三、夏至陰影遮蔽的方位範圍最廣，但影子最短，當太陽在正南方時，影倍數僅 0 . 0 3 ；冬至陰影遮蔽的方位範圍最窄，但影子最長，當太陽在正南方時，影倍數達 1 . 1 3 。
- 四、日照權的問題，較易發生在建物的北側，東西南側較不受影響。若想在冬至日有一小時的陽光，以正午最短影長來看，南北建物的樓間距至少要留南側樓高的 1 . 1 3 倍距離。
- 五、不論哪一個樓層，日照面的溫度都比非日照面的溫度高，推測日照面直接受到太陽的短波輻射加熱，當被照物表面溫度愈高，釋放的長波輻射就愈強，使溫度較高，且日照面的樓層愈高，溫度愈高，非日照面的差異就不太大。
- 六、東西向建物有東曬或西曬問題，通常室溫會較同層樓南北向高，且樓層愈高，溫差愈大。
- 七、植栽或不透光建物的遮蔽，可減少短波輻射量，使得表面溫度較低而減少了長波輻射，空氣溫度會比較低，所以有遮蔭的地方溫度比較低，沒有遮蔭的地方溫度相對比較高。
- 八、目前操場、綜合球場以及靜思樓東西向的自然教室和英語教室是師生們認為夏季最炎熱，冬季最寒冷的校區，期待夏、秋兩季有社宅遮蔭，而冬季則不要遮蔽可曬到暖暖的冬陽。
- 九、依社宅興建後的陰影遮蔽模擬，操場 8 ~ 9 時全年都有遮蔭，朝會不再擔心日曬，但夏至的遮蔭不到半個操場，冬至則上午社宅 B 區，下午社宅 A 區輪流遮蔽，未來冬季的操場會

更加寒冷；綜合球場的日照改變不大，只有冬至早晚社宅A區的影子會遮到；靜思東西向只在冬至早晚受到社宅A區的遮蔽，所以冬天早晚會更加寒冷，夏季西曬問題仍然存在。

十、社宅規劃建議：

- (一) 夏季照物角 45° 左右時可以得到較寬幅的遮陰，冬季照物角 0° 或 90° 左右時遮陰幅度較窄，較能曬到太陽，建議社宅的配置可盡量朝這個方向設計，使校區冬暖夏涼。
- (二) 影響操場較多的社宅B區方位 135° ，因建物北側寬面連接，儘管當 $8\sim 9$ 時太陽方位角 $130^{\circ}\sim 140^{\circ}$ ，照物角只有 5° ，仍會將整個操場遮蔽，讓冬天的上午更嚴寒，若能稍調整社宅B區各棟配置，讓陽光照進操場，較不會雪上加霜。
- (三) 位於社宅A區北側的靜思樓兩者最近距離約 2.4 公尺，很容易有日照權的爭議，希望社宅A區和靜思樓樓間距加寬，使寬度大於社宅樓高，或者降低社宅的樓高，讓影子縮短。

十一、社宅鄰里共好的社宅規劃修正：



捌、本研究的限制

- 一、模擬陽光用的手電筒，照射的高度角愈小，遠處的影子愈易擴散失真，高度角接近 90° 時，影子也會超過二面，應再想辦法解決。
- 二、設計測量各校區溫、溼度時，影響溫度的高低變化還有許多因素，我們的設備有限，控制變因的部分很難用人為的方式控制成一樣的。

玖、參考資料及其他

1. 臺灣四季太陽仰角與方位角 <https://www.cwb.gov.tw/Data/astrometry/season.pdf>
2. 不同緯度的太陽視軌跡 <https://www.youtube.com/watch?v=0Vt77oeyG7E>
3. 其實太陽東升西落的軌跡每天都會悄悄出現變化，你注意到了嗎？ <https://read01.com/zh-tw/OMDMBK.html#.YhdgzuhBy5c>
4. 地球公轉有什麼地理意義？ <https://mttmp.com/dpa7n82.html>
5. 太陽高度角形成受熱面積差異、四季冷暖變換 <https://kknews.cc/zh-mo/news/on8rj45.html>
6. 台灣熱起來超厭世，你必須要知道的熱島效應 <https://news.housefun.com.tw/Yvonne/article/624699267830>
7. 輻射冷卻究竟在輻射什麼？ <https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/269>
8. 進擊的熱輻射，都市熱量的主因——《都市的夏天為什麼愈來愈熱？》 <https://pansci.asia/archives/325880>
9. 全國法規資料庫 <https://law.moj.gov.tw/SmartSearch/Theme.aspx?T=45&O=3>

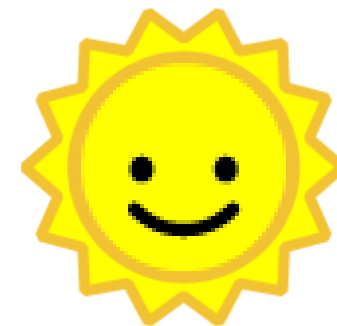
【評語】 080510

本研究以解決日常生活為出發，非常符合課綱的探究過程與精神。研究動機明確，實驗設計周延，結果豐碩且討論詳盡，更能提出具體實用之建議，供社宅規劃參考。另外，報告時能清楚說明不同季節太陽仰角變化原理，背景知識扎實，能將理論跟實際觀測結果結合。

作品簡報

科別：地球科學科

組別：國小組



「影」響

預測社宅興建前後校區日照和遮蔽的差異

壹、研究動機

學校旁要蓋社宅，希望透過資料的分析和實驗的設計，預測社宅興建後，校區如靜思樓、綜合球場和操場等日照、遮蔽和溫度的變化。

貳、研究目的

- 一 探討陰影長短和太陽高度角的關係
- 二 探討陰影幅度寬窄和太陽照射物體角度的關係
- 三 探討建物陰影面積的極大和極小值
- 四 建物陰影遮擋狀況分析
- 五 探討太陽帶來的熱與溫度的關係
- 六 探討社宅未興建前校區日照和遮陰狀況
- 七 模擬社宅興建後校區的日照和遮蔽

參、參考資料

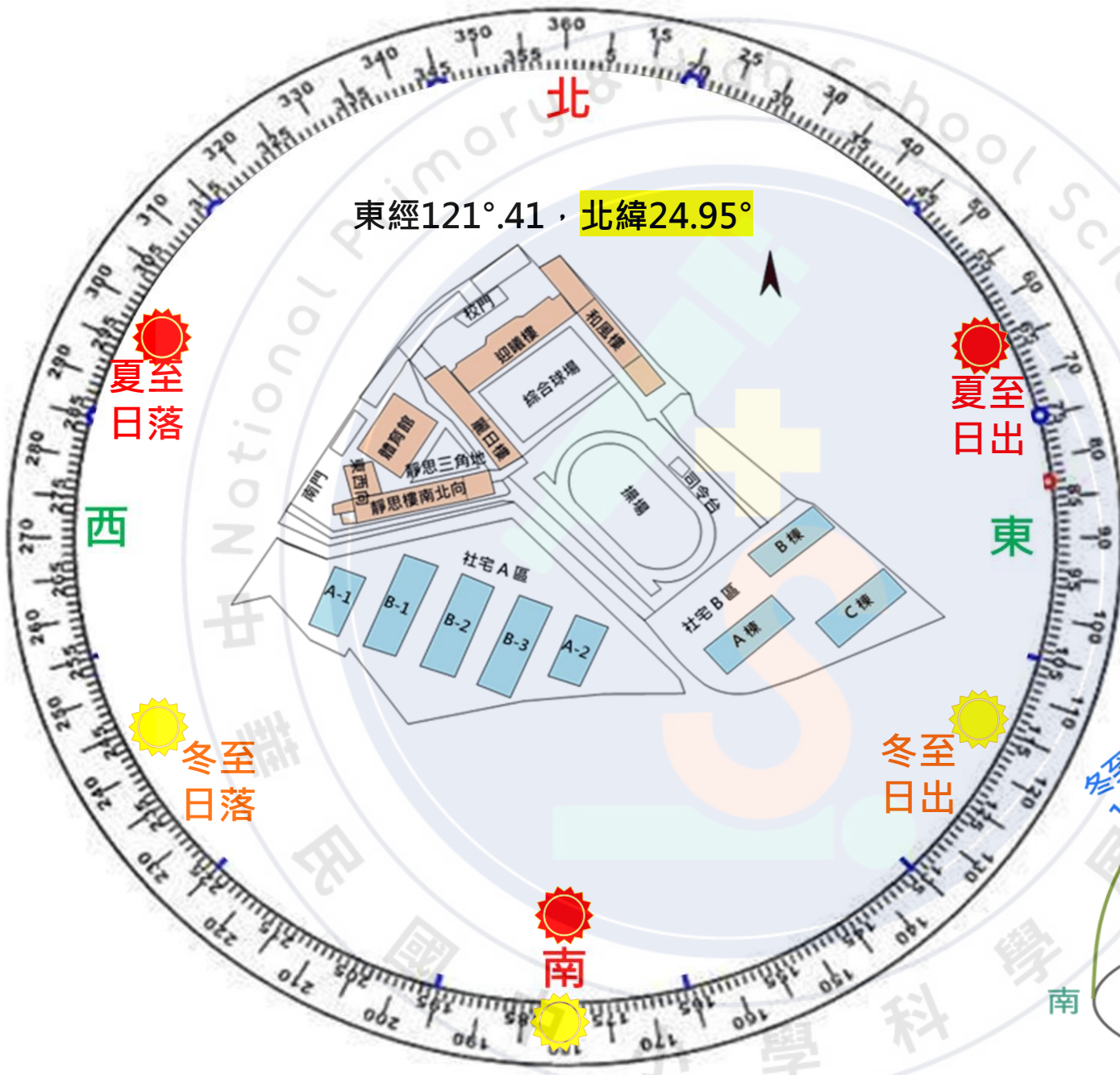
1. 臺灣四季太陽仰角與方位角
<https://www.cwb.gov.tw/Data/astronomy/season.pdf>
2. 不同緯度的太陽視軌跡
<https://www.youtube.com/watch?v=0Vt77oeyG7E>
3. 其實太陽東升西落的軌跡每天都會悄悄出現變化，你注意到了嗎？
<https://read01.com/zh-tw/0MDMBKm.html#.YhdgzuhBy5c>
4. 地球公轉有什麼地理意義？
<https://mttmp.com/dpa7n82.html>
5. 太陽高度角形成受熱面積差異、四季冷暖變換
<https://kknews.cc/zh-mo/news/on8rj45.html>
6. 台灣熱起來超厭世，你必須要知道的熱島效應
<https://news.housefun.com.tw/Yvonne/article/624699267830>
7. 輻射冷卻究竟在輻射什麼？
<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/269>
8. 進擊的熱輻射，都市熱量的主因——《都市的夏天為什麼愈來愈熱？》
<https://pansci.asia/archives/325880>
9. 全國法規資料庫
<https://law.moj.gov.tw/SmartSearch/Theme.aspx?T=45&O=3>



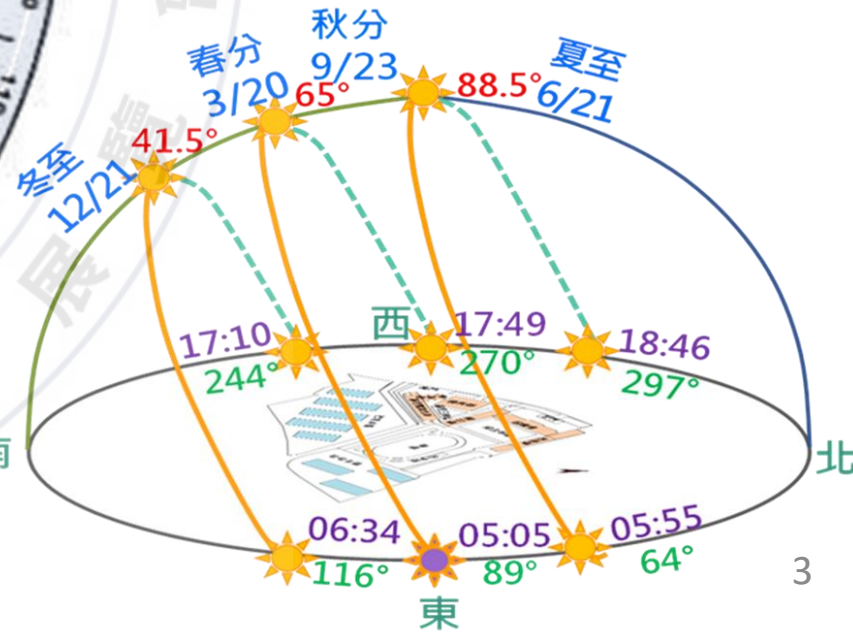
叁

前置作業

社宅
及
校區
概況整合
和
原理
運用



- ◆ 太陽的東升西落與四季的形成，和地球的自轉和公轉有關。
- ◆ 夏至太陽東偏北升起，西偏北落下，校區因陽光較直射，高度角較大，影子較短。
- ◆ 冬至太陽東偏南升起，西偏南落下，校區因陽光斜射，高度角較小，影子較長。



社宅資料源自國家住都中心，校區概況源自國土測量圖資服務雲



參、前置作業

二、模型製作及驗證

三、社宅興建前問卷調查及空拍結果

2021/10/04 社宅興建前空拍

問卷調查結果

1. 製作步驟

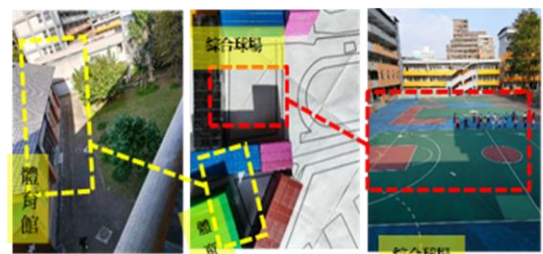
- (1) 用「非常好色」軟體製作方位盤和模型配置圖。
- (2) 分割列印54張165cm見方的方位盤。
- (3) 準備透明膠帶、10盒古氏積木、百格板和模型配置圖。
- (4) 依測量結果製作1/400比例模型。
- (5) 利用表面原有的刻度核對各建物的長寬高度。



2. 發現問題與修正

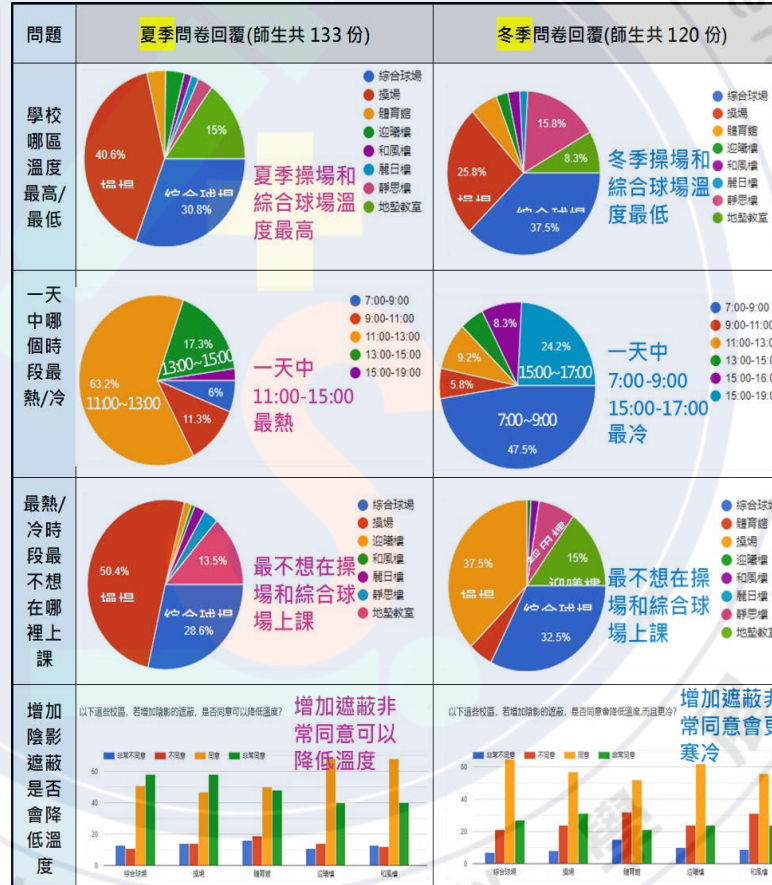
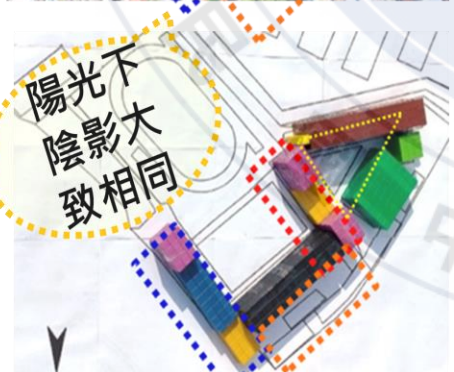
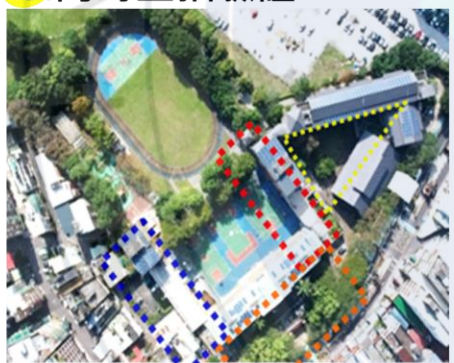


透明膠帶使影子反光，影響觀察，拆除不必需膠帶或使用不透明膠帶



1. 體育館是斜屋頂，需修低高度，使陰影窄一點。
2. 綜合球場陰影大致相同。

3. 同時空拍驗證



時間	8:00	11:30	16:00
方位角	110°	172°	254°
高度角	28.5° (影倍數 1.84)	60° (影倍數 0.57)	21° (影倍數 2.59)
全校區			
操場	影子只能遮住東側跑道	操場完全沒有陰影	樹蔭遮住西半部操場
綜合球場	樹蔭物曝子，遮住半個球場	球場只有很小部分的樹蔭	麗日樓的影子遮住半個球場
靜思樓	靜思三角地幾乎全部被靜思南北向遮住	影子很短、顏色很深	靜思東西向西遮蔽，除較高樹梢，靜思三角地幾乎全被遮擋

◆ 操場、綜合球場以及靜思樓東西向是夏季最炎熱，冬季最寒冷的校區。期待夏、秋兩季有社宅遮蔭，而冬季則不要遮蔽可曬到溫暖的太陽。

★研究一：探討陰影幅度寬窄和太陽照射物體角度的關係

■研究1-1:模擬不同方位建物陰影遮蔽狀況

1.實驗設計：

操縱變因	照物角 (15°、30°、45°、60°、75°、90°六種)
控制變因	百格板或千格體放置同一地點
應變變因	影長、影寬、影夾角、陰影幅度

2.實驗步驟：

(1)確定方位盤放置方向

(2)測得方位角130°、高度角26°

(3)以130°為準，依15°、30°、45°、60°、75°、90°的角度差放置百格板和千格體

手機攝影

3.結果：

不同照物角的百格板陰影

不同照物角的千格體陰影

■研究1-2:模擬逐時同一建物陰影遮蔽狀況

1.實驗設計：

操縱變因	各整點的陽光
控制變因	古氏積木、百格板、千格體朝正北擺放 (0°)
應變變因	影長、影寬、影夾角、陰影幅度

2.實驗步驟：

(1)測量方位角

(2)測量高度角

(3)測量影長、影寬、影夾角

3.結果：

時間	方位、高度角		一維				二維				三維			
	方位角°	高度角°	影長cm	影長cm	影寬cm	影夾角°	影長cm	左影影寬cm	左影影夾角°	中影影寬cm	中影影夾角°	右影影寬cm	右影影夾角°	
8時	105	30	17.5	17.5	10	75	17.5	10	75	10	15	10	0	
9時	115	43	11	11	10	65	11	10	65	10	25	10	0	
10時	130	55	7.5	7.5	10	50	7.5	10	50	10	40	10	0	
11時	155	62	5	5	10	35	5	10	35	10	55	10	0	
12時	190	65	4.5	4.5	10	10	4.5	10	10	10	80	10	0	
13時	220	60	6	6	10	40	6	10	40	10	50	10	40	
14時	235	50	8.5	8.5	10	55	8.5	10	55	10	35	10	55	
15時	250	37	13	13	10	70	13	10	70	10	20	10	70	
16時	260	25	22.5	22.5	10	80	22.5	10	80	10	10	10	80	

陰影是一直線
陰影是一平行四邊
陰影是二面平行四邊形

兩影夾角和一定是90°

中影夾角由小變大再變小

右影夾角由小變大

★研究二：探究陰影面積的極大和極小值

思考一。如何導出陰影面積的公式

1. 前言：平行四邊形的面積=底×高，如果想在夏天得到最大的陰影以遮蔭，在冬天盡量不要產生陰影以提供溫暖，需試著找出陽光照射建物的最佳角度。

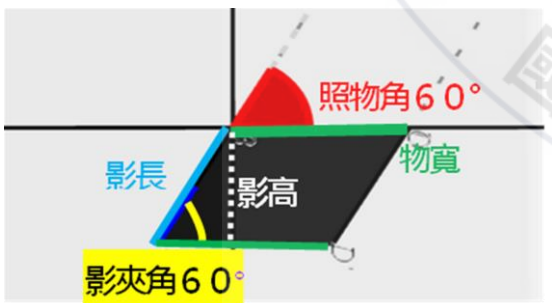
- (1) 照物角 = 影夾角
- (2) 底 = 物寬

(3) 利用 $\cot A = \frac{\text{鄰邊}}{\text{對邊}} = \frac{\text{影長}}{\text{物高}}$ ，
 A=高度角，已知物高，
 可查表得到比值來計算影長。

(4) 高 = 影高， $\sin B = \frac{\text{鄰邊}}{\text{斜邊}} = \frac{\text{影高}}{\text{影長}}$

影高 = 影長 × sin B

陰影面積 = 平行四邊形面積
 = 底 × 高 = 物寬 × 影長 × sin θ



思考二。找出百格板和千格體陰影面積變化的規律

欄位 A 傳回照物角的角度，欄位 B 傳回影夾角的角度，兩角度和等於 90°

為了方便比較，物寬、影長都設為 1 單位

陰影面積 = $1 * 1 * \text{SIN}(\text{RADIANS}(\$A2)) + 1 * 1 * \text{SIN}(\text{RADIANS}(\$B2))$
 ★RADIANS 函數：將 A2 的角度轉經度
 ★SIN 函數：傳回 A、B 欄度數的正弦值

照物角	影夾角	千格體影面積倍數	百格板影面積倍數
0	90	1	1
1	89	1.017300102	0.017300102
2	88	1.034290324	0.034290324
3	87	1.050965491	0.050965491
4	86	1.067320524	0.067320524
5	85	1.083350441	0.083350441
6	84	1.099050359	0.104528463
7	83	1.114415495	0.121869343
8	82	1.12944117	0.139173101
9	81	1.144122806	0.156434465
10	80	1.158455931	0.173648178
11	79	1.172436179	0.190808995
12	78	1.186059292	0.207819041
13	77	1.199321119	0.224681904
14	76	1.212217622	0.241399041
15	75	1.224744871	0.257873756
16	74	1.236899052	0.274109356

照物角為 45° 時，影面積最大，是物寬×影長的 1.414 倍

0° 和 90° 的影面積最小，是物寬×影長的 1 倍，為一正方形。

百格板的照物角為 90° 時，影面積最大，是物寬×影長的 1 倍

★結果 夏季 若想得到較大的遮蔭，陽光照射建物的角度最好為 45°，冬季 若想得到較多的陽光，照射建物的角度最好為 0° 或 90°。

★研究三：建物陰影遮擋狀況分析

實驗一·建物間陰影遮擋和距離的關係

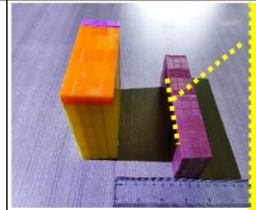
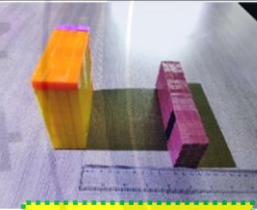

- 1.目的：為了探討社宅A區遮擋靜思樓的情況。
- 2.變因設計：

操縱變因	1. 建物間距離(6 cm、11 cm、15 cm)	2. 高度角30°、62°、75°
控制變因	高度角45°、建物的高度11 cm(模擬社宅)和5 cm(模擬靜思樓)、建物方位	建物間距離6 cm、建物的高度11 cm(模擬社宅)和5 cm(模擬靜思樓)、建物方位
應變變因	遮擋情況	




3.實驗步驟：

- (1)測建物間的距離(2)光源配合繩子引導照射至所需角度。
- (3)觀察、測量影長並記錄和拍照

4.實驗結果A：高度角控制在45°

樓間距	45°/6 cm	45°/11 cm	45°/15 cm
遮擋情況			
		影長11cm·不遮擋	影長11cm·不遮擋

實驗結果B：距離控制在6cm

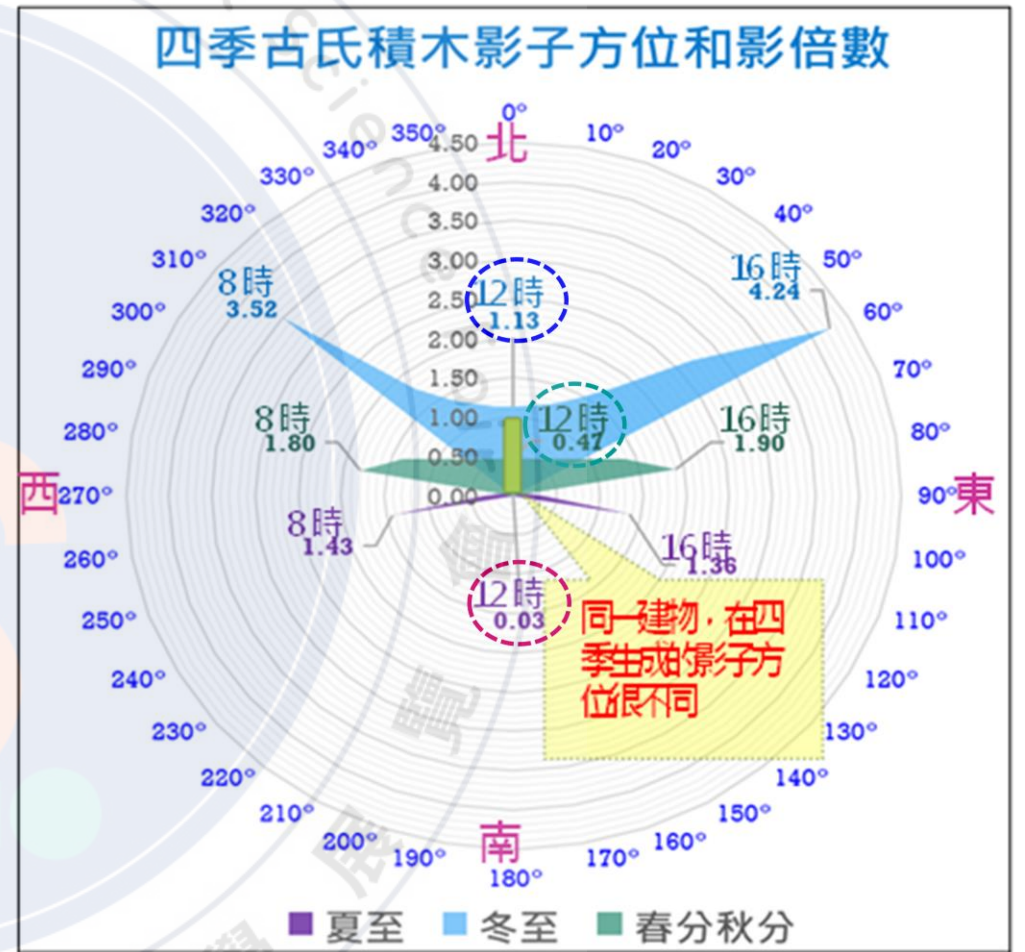
高度角	30°/6 cm	62°/6 cm	75°/6 cm
遮擋情況			
	影長19cm·完全遮擋	影長6cm·不遮擋	影長3cm·不遮擋

5.說明

- (1)當高度角相同時，兩建物距離愈近，愈容易遮擋，兩建物距離愈遠，愈不易遮擋。
- (2)當距離相同時，高度角愈小影子愈長，愈容易遮擋，高度角愈大影子愈短，愈不易遮擋，可推論出一天中，中午左右較不易遮擋，一年中，夏季較不易遮擋。

思考一·建物間陰影遮擋和方位的關係

- 1.目的：靜思樓位於社宅A區西北偏北方，我們想知道這樣的方位是否會被遮擋。
- 2.查詢太陽測量師APP四節氣8~16時資料，並彙整成統計圖表



- (1)夏至陰影遮蔽的範圍最廣，影子最短，正午影倍數僅0.03。
- (2)冬至陰影遮蔽的範圍最窄，影子最長，正午影倍數達1.13，依日照權的規定，為使冬至日有至少一小時日照，南北建物的樓間距至少要留南側樓高的1.13倍距離才能符合。
- (3)日照權較易發生在建物的北側，東、西、南側較不受影響。

★研究四：探討太陽帶來的熱與溫度的關係(10/4~10/6, 8~16時)

實驗一：探討日照與溫度的關係

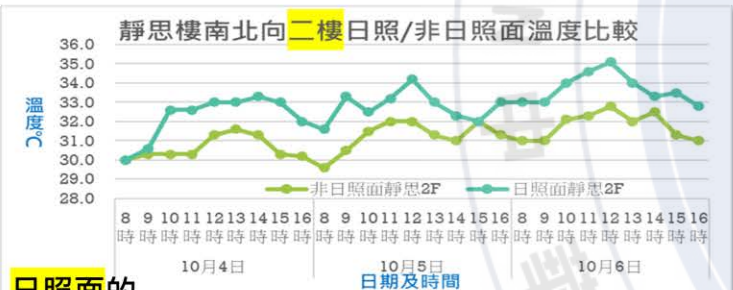
1. 變因設計：

操縱變因	建物為日照或非日照面
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間
應變變因	溫度、濕度

2. 實驗步驟：

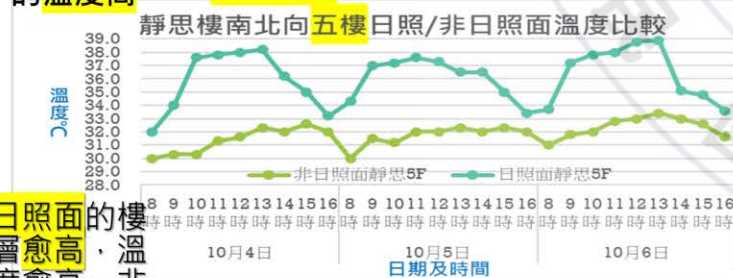
- (1)地點：靜思樓南北向1~5F日照和非日照面
- (2)測量點放置酒精溫度計和濕度計，逐時登記溫度和濕度，再取三次溫度平均值。

3. 實驗結果：



日照面的溫度都比非日照面的溫度高

樓層愈高，中午左右日照面與非日照面的溫差愈大



日照面的樓層愈高，溫度愈高，非日照面的差異就不大

實驗二：探討面向與溫度的關係

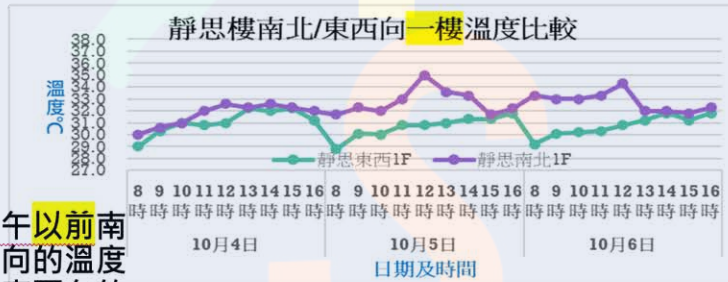
1. 變因設計：

操縱變因	建物面向為東西或南北向
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間
應變變因	溫度、濕度

2. 實驗步驟：

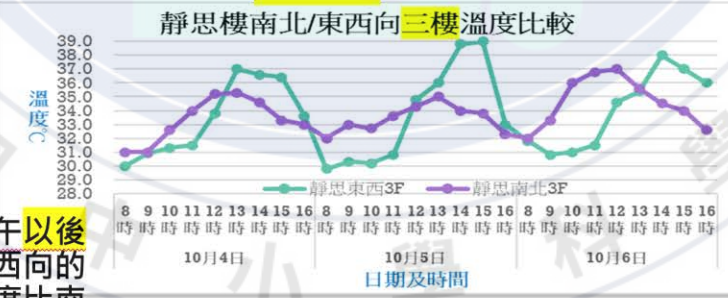
- (1)地點：靜思樓南北向和東西向一至三樓
- (2)測量同實驗一

3. 實驗結果：



中午以前南北向的溫度比東西向的溫度高

樓層愈高，南北向和東西向的溫差愈大



中午以後東西向的溫度比南北向的溫度高

實驗三：探討遮蔽物與溫度的關係

1. 變因設計：

操縱變因			
	① 操場	② 綜合球場	③ 靜思三角地
控制變因	三種不同廠牌酒精溫度計、溼度計、時間(逐時 8時~16時)		
應變變因	溫度、濕度		

2. 實驗步驟：同實驗一

3. 實驗結果：溫度由高至低為 溫差近20°C
綜合球場 > 操場 > 操場樹蔭 > 靜思三角地

日期		110/10/04		天氣狀況				晴			
遮陰組別	地點	時間	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時
		有無植被	操場	方位角	110	121	136	159	189	215	233
有無建物	綜合球場	高度角	28.5	40.7	51	58.8	60.4	55	45.6	34	21.1
		溫度C	34	36	40	40	41	40	39.5	37.5	32
有無建物	靜思三角地	濕度	52	45	30	26	31	33	34	34	45
		溫度C	30	31.5	34	35	35.5	36	36	34.6	34.3
有無建物	靜思三角地	濕度	61	52	46	45	45	40	40	37	35
		溫度C	33.5	36.5	45	50	50	49	41	37	35.5
有無建物	靜思三角地	濕度	50	47	32	30	34	31	42	49	50
		溫度C	29	29.5	30	30	30.7	32	33.5	32.3	31
有無建物	靜思三角地	濕度	78	77	77	75	72	51	47	48	51

溫度標示： 溫度<35°C 35°C≤溫度<40°C 40°C≤溫度<45°C 45°C≤溫度<50°C 溫度≥50°C

- (1)因綜合球場和操場沒有遮陰，太陽短波輻射能量大，直接照射，使溫度上升快。
- (2)靜思三角地更因長期不透光建物的完全遮蔽，以及草坪鋪面，因此溫度最低。



★研究五：模擬社宅興建後四季校區的陰影

1. 實驗步驟

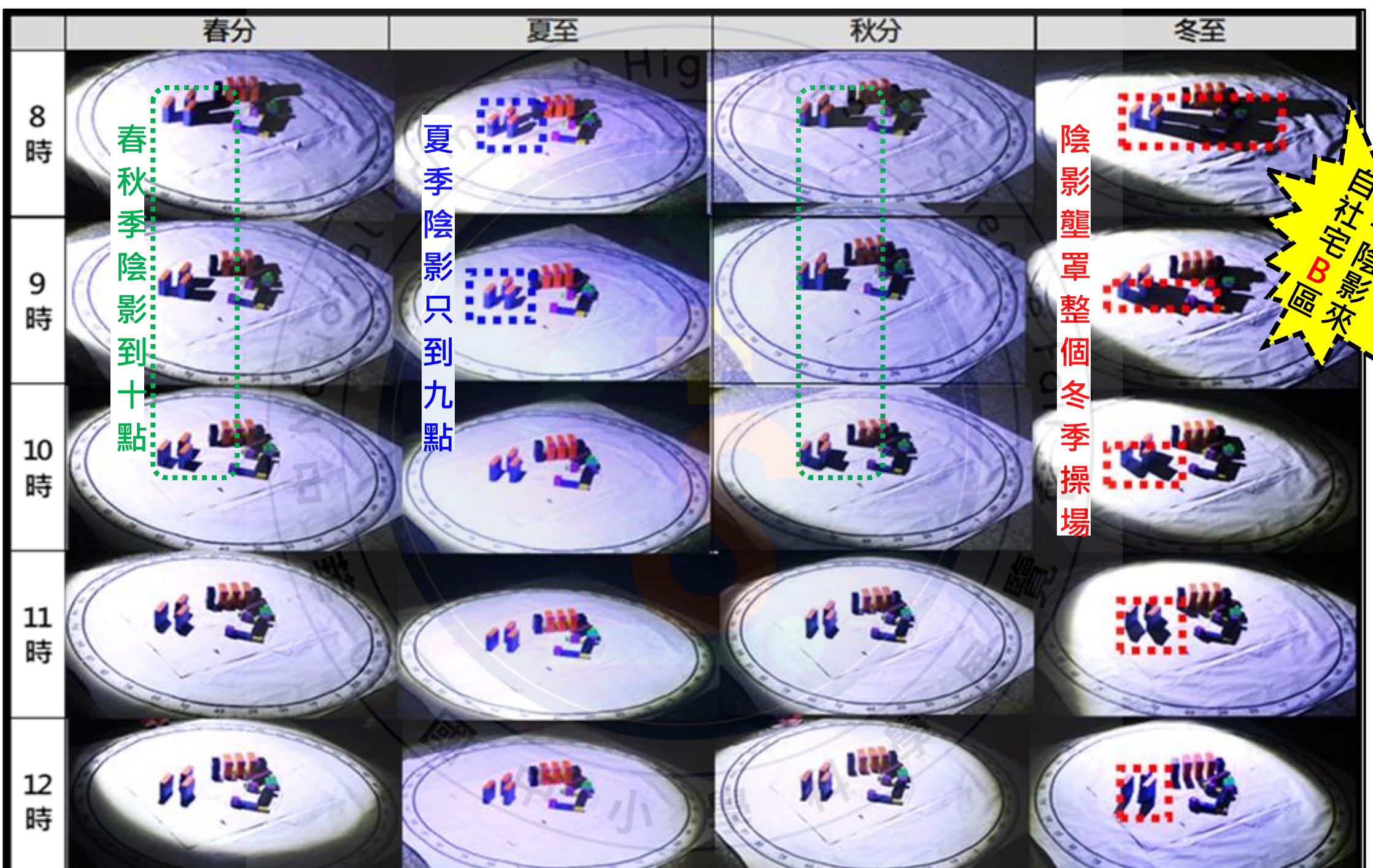
將手電筒調成聚焦模式以模擬太陽的平行光，照射的距離盡量拉長使每個模擬建物照射到相同方向的光束，依 2 0 2 1 四節氣逐時太陽的位置（方位角和高度角），模擬四季太陽在學校上方照射時產生的陰影遮蔽情況。

<p>學生(1)報讀方位角和高度角，方便陽光和高度角定位</p>	<p>學生(2) 確實量測高度角，並以繩子引導陽光投射。</p>	<p>學生(3) 為確保光線確實打向所需高度角，光線需依循繩子引導。</p>	<p>學生(4)關燈、計算影倍數並測量影長確認無誤</p>	<p>學生(5)清場並拍照</p>

2. 實驗結果



(2) 中午前影子位移照片



自上午
十點
開始
B區
自來
水
陰影
來

(2) 中午過後影子位移照片

	春分	夏至	秋分	冬至
13時				
14時				
15時				
16時				
17時				

夏季沒有社宅A區的陰影

自下午
社宅
A區
陰影來

冬季陰影籠罩整個操場



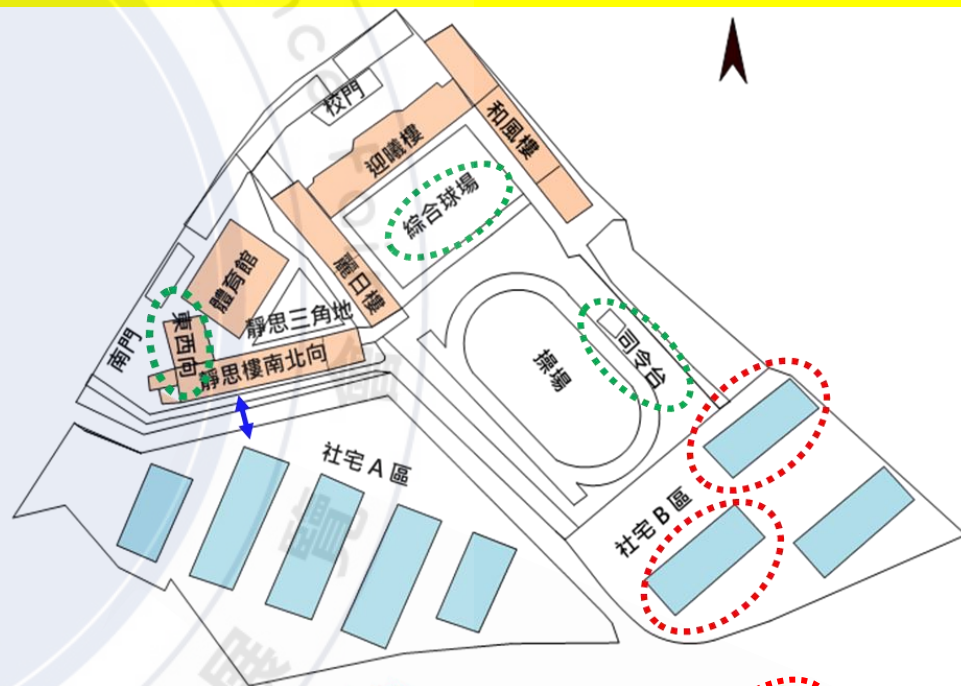
伍、結論

一 依社宅興建後的陰影遮蔽模擬推論：

1. 朝會不再擔心日曬，但夏至遮蔭僅半個操場，冬季的操場會更加寒冷。
2. 綜合球場的日照改變不大，只有冬至早晚社宅A區的影子會遮到
3. 靜思東西向夏季西曬問題仍然存在，冬天早晚會更加寒冷。

二. 社宅規劃建議：

1. 調整社宅B區面向。
2. 加大樓間距或降低樓高。



三. 鄰里共好的社宅規劃修正：

調整社宅B區面向。

