

屏東縣第64屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(三) (含化學工程/環境科學)

組 別：國小組

作品名稱：天氣好熱，哪裡涼快哪裡去



關 鍵 詞：無人機、熱顯儀、空拍

編號：A8002

天氣好熱，哪裡涼快哪裡去

摘要

天氣好熱，沒有遮蔭的地方這麼曬，但是我們發現不同地表材質在太陽照射後溫度還是有不同，例如柏油路上比較熱，草地上沒那麼熱。而熱的傳播方式有傳導、對流、輻射三種。在三年級的自然課本我們學過氣溫的量測，而且從延伸資料中知道黑色比較會吸收太陽輻射，而白色則會將大部分的太陽輻射反射，所以黑色會比白色熱。因為我們想要知道哪裡溫度高，哪裡溫度低，所以我們蒐集資料並且用空拍機的熱顯儀，快速地得到竹田飛場周邊各種不同地表材質，如稀疏的草地、茂密的草地、水泥地面、柏油路面、貨櫃頂面、裸露土、水體等的溫度。

實驗結果發現溫度由高到低依序為貨櫃頂面、柏油路面、磨石子階梯、裸露土、水泥地面、稀疏草地、樹林、濃密草地、水體。綜合以上可歸納得到植被覆蓋跟水體溫度較低；貨櫃、柏油、水泥等人工構造物溫度較高。後續我們又比較不同時間、不同地表材質的溫度差異範圍大小。發現較不均勻的材質，例如稀疏草地及裸露土等在同一時間，不同位置的溫度變化範圍(最高與最低溫度差)較大，而水體的溫度變化範圍最小。我們發現在沒有遮蔭又不能泡在水裡的狀況下，在植被覆蓋的地方會比較涼快，環境的溫度跟地表材質對熱輻射的吸收率有關。

壹、前言

「天氣好熱，哪裡涼快哪裡去」，會想做這個研究是因為和同學跟爸爸到屏東縣竹田飛行場看大家玩遙控飛機，很有趣，有時爸爸也會讓我們玩一下遙控飛機。但是天氣好熱，一直流汗，就想到哪裡比較涼快呢？發現有遮蔭的地方，例如樹下或是帳棚下就沒那麼熱，而沒有遮蔭的地方溫度也不太一樣，例如感覺柏油路上比較熱，草地上沒那麼這麼熱。所以想要研究看看太陽下，地面不同種類材質溫度的差異。查詢資料才知道熱的傳播方式有傳導、對流、輻射三種。在三年級的自然課本我們學過量測氣溫，並從延伸資料得知用黑色跟白色的布包住，放在陽光下，比較溫度計的溫度差異(如圖1，示意圖)，因黑色物體比較會吸熱輻射，而白色則會將大部分的光反射，所以包黑布的溫度計會比較高溫。這個讓我們知道太陽以輻射的方式將熱傳到地球表面，而不同的物質他的吸收跟反射效率不一樣，所以這次研究主要想探討在太陽輻射下，不同地表覆蓋材質溫度的變化跟差異。另外我們從新聞報導中得知，隨著太陽能發電系統愈來愈普及，隨處可見的太陽能電池板的維護保養也愈來愈重要，故障的太陽能板相較於正常的太陽能板，板面的溫度會高出很多，所以現在很多太陽能板的巡檢都是用熱感空拍機，可以用熱影像快速找出高溫地地方。這也讓我們想到這次的實驗可以用熱感空拍機這個新工具來完成。

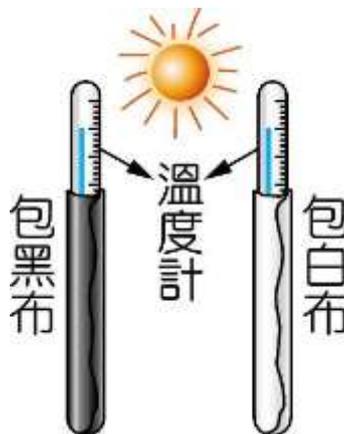


圖1 太陽下，黑色白色吸收熱輻射效率實驗示意圖

資料來源:國中理化

<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E5%9C%8B%E4%B8%AD/%E7%90%86%E5%8C%96/%E8%BC%BB%E5%B0%84.html>

貳、研究設備及器材

為了研究在太陽輻射影響下，不同地表覆蓋材質溫度的變化跟差異。想到了三年前新冠肺炎疫情嚴重時，很多場所都有熱感影像儀，另外最近幾年空拍機的應用很夯，而且可以快

速有效的空拍大範圍的影像，如果兩個能結合就太好了，果然皇天不負苦心人，我們借到了一台搭載熱顯儀的空拍機，後續我們將用它來空拍，快速得到不同地物的溫度。我們並用溫度計在現場量測氣溫當作基準參考。

我們需要的主要設備器材如下列：

1. 酒精溫度計，如圖2（刻度-20~110，每°C 1小格刻度）、



圖2 本實驗採用的溫度計

2. 熱感無人機EVO II DUEL THERMAL，如圖3

軸距397mm 重量1250g定位系統GPS，相機/感測器：可見光相機(4800萬像素)、紅外熱像(解析度640X512)測溫範圍-20~150，滯滯空時間約25分鐘。



圖3 本實驗採用的熱感空拍機

3. IR_PCTool軟體，是熱感空拍機EVO II DUEL THERMAL所附的簡易軟體，可以把拍到的熱感影響，用滑鼠框選特定的區域範圍，軟體會很快的顯示這個選取區域的平均及最低、與最高溫度。

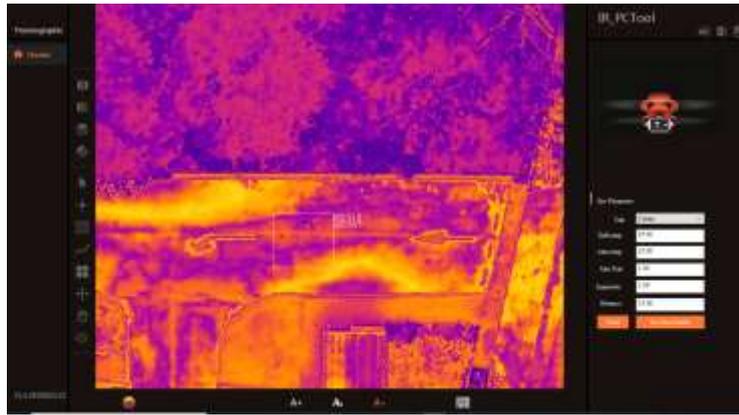


圖4 本實驗採用的熱影像分析軟體

4. 筆記型電腦華碩ASUS Vivobook Asus Laptop X509JB (如圖5): 處理器: Intel(R)Core (TM)i501035G1 CPU @ 1.00GHz 1.19 GHz, 作業系統:Windows11 分析空拍照片及寫研究報告說明書用。



圖5 本實驗採用的熱影像分析軟體

參、研究過程或方法

如前言所說，我們想要研究在太陽輻射影響下，不同地表覆蓋材質溫度的變化跟差異(均溫度跟全距(最高-最低))。我們先找到適用的工具(熱感空拍機)→確認空拍地點→執行空拍，同時量測現場溫度做為基準參考→影像分析(IR_PCTool軟體)→不同地物溫度比較→發現問題補充分析，再空拍不同時間9:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00, 熱影像→比較不同時間、不同地面材質的熱影像變化→結果討論→結論建議

實驗前必須先學習無人機操作及規定，2公斤以下的空拍機不需要操作證即可飛行，另空拍機有嚴格法規規定，要知道哪裡可以飛，哪裡不能飛。我們以交通部民航局官方的空域查詢APP查詢得知，我們學校仁愛國小跟屏東市大部分區域一樣，都在屏東機場的禁飛區範圍(如圖6a)，不能夠飛空拍機，不然會被處罰30萬~150萬元。而我們常去看遙控飛機飛行的屏東縣竹田飛機場周邊是可以飛行的(如圖6b)，因此我們選擇這個區域來做實驗。

接下來就是本研究的重點，我們在112年12月3日到選定的區域飛行空拍機拍攝熱影像。初步分析後，我們想要較完整的比較不同時間、不同地面材質的熱影像變化。所以我們於113年2月28日這一天的9:00，11:00，13:00，15:00，17:00，等五個時間，再次到選定區域飛行空拍機拍攝熱影像，並同時量測當時地面氣溫(高度約125公分處)。以便比較氣溫由低到高再降低的過程中，熱影像的變化。現場無人機空拍及量測當時氣溫的實況照片分別如圖7及圖8所示。

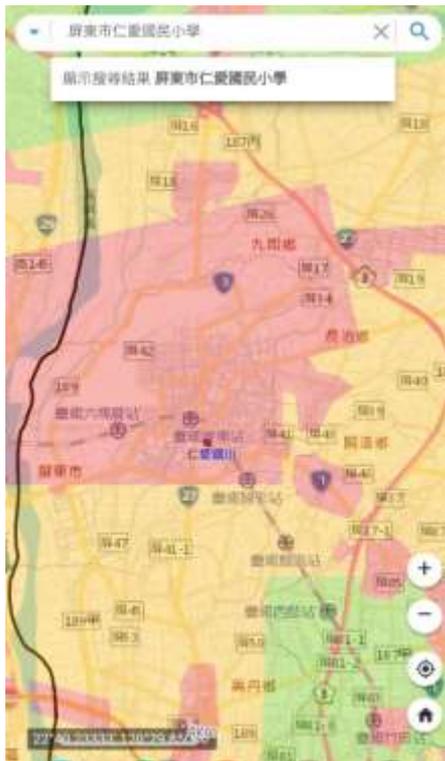


圖6a 查詢仁愛國小空域結果



圖6b 查詢竹田飛機場空域結果



圖7a 空拍機操作照片



圖7b 遙控器上可顯示即時畫面



圖8 現場同時量測當時氣溫

肆、研究結果

第一次空拍，112年12月3日，天氣晴，空拍成果如下圖9，分析溫度包含平均溫度跟全距(最高-最低)如表1，所示。我們截取了包含貨櫃頂面、柏油路面、磨石子階梯、裸露土、水泥地面、稀疏草地、樹林、濃密草地、水體等地面材質的區域，分析該材質框選區域裡面熱影像的平均、最低及最高溫度。發現由高到低依序為貨櫃頂面、柏油路面、磨石子階梯、裸露土、水泥地面、稀疏草地、樹林、濃密草地、水體。其中植被覆蓋跟水體溫度較低，貨櫃、柏油、水泥等人工構造物溫度較高。

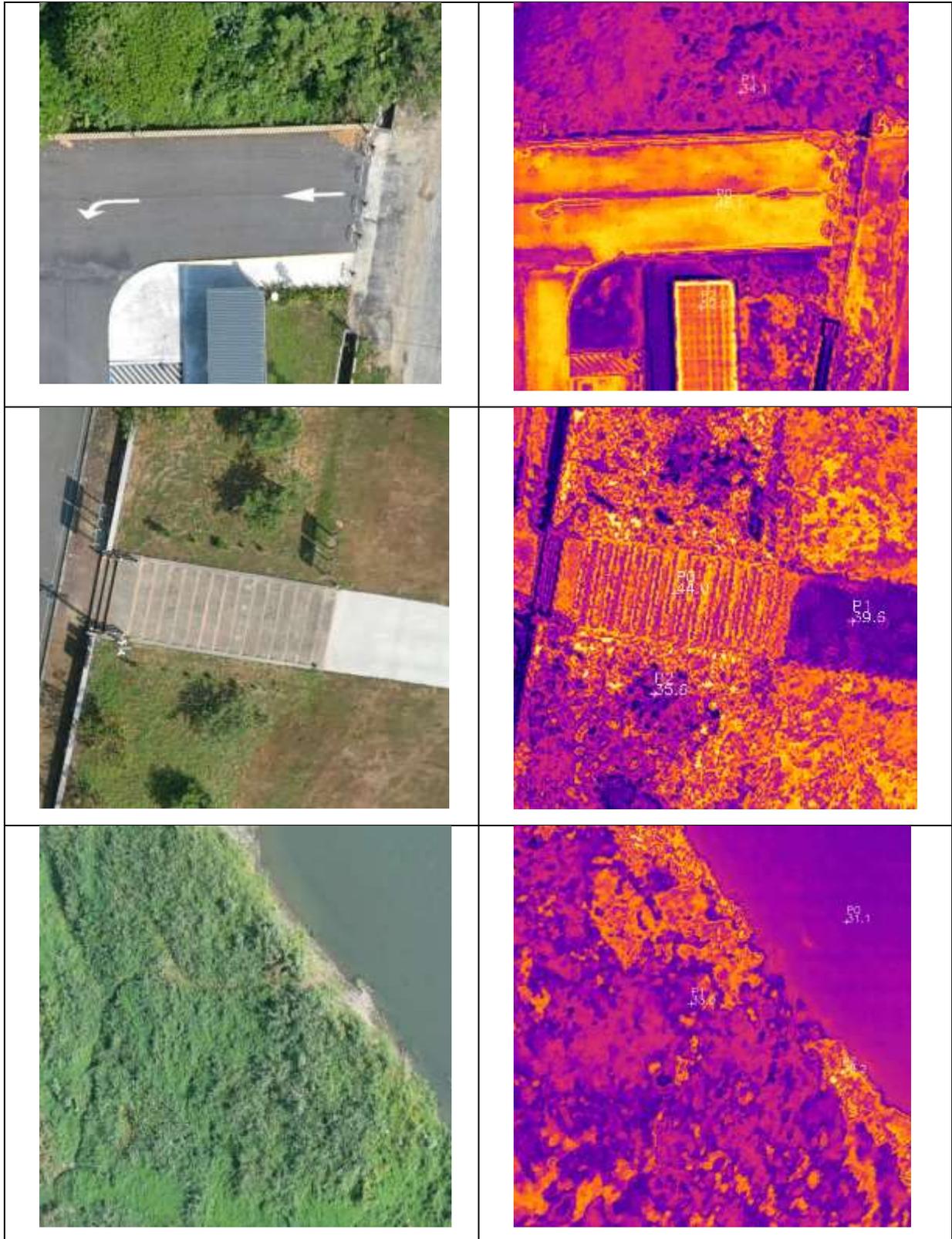


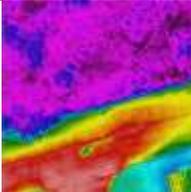
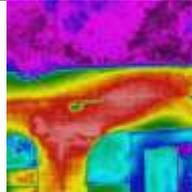
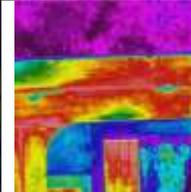
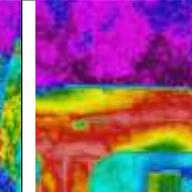
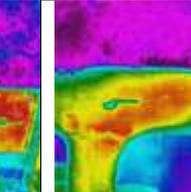
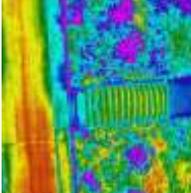
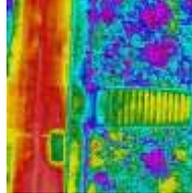
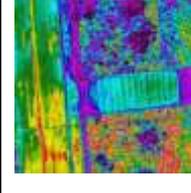
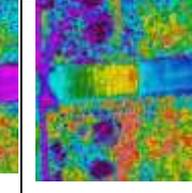
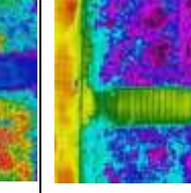
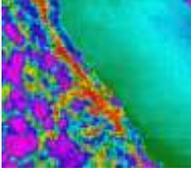
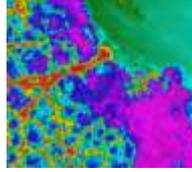
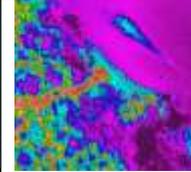
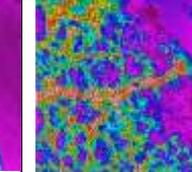
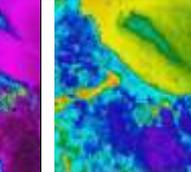
圖9 112年12月3日現場拍攝得可見光及熱影像

表1 112/12/03 熱影像溫度分析

112/12/03	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低)(°C)
稀疏草地	35.6	32.5	40.6	8.1
濃密草地	31.7	30.9	32.2	1.3
柏油路面	46.7	46.2	47.5	1.3
水泥地面	39.4	39.1	39.7	0.6
水體	31.0	30.7	31.1	0.4
樹林	34.1	33.6	34.9	1.3
貨櫃頂面	52.1	51.5	53.1	1.6
磨石子階梯	44.5	43.7	45.3	1.6
裸露土	39.9	38.2	41.1	2.9

第二次我們於113年2月28日的9:00，11:00，13:00，15:00，17:00，等五個時間，再次到選定區域飛行空拍機拍攝熱影像，並同時量測當時地面氣溫(高度約125公分處)。以便比較氣溫由低到高再降低的過程中，熱影像的變化。空拍結果如表2總表，當時現場125公分高度量測的氣溫如表3，整理分析影像溫度如表4~表8。

表2 113年2月28日 空拍熱感影像總表

光學照片	09:00 熱影像	11:00 熱影像	13:00 熱影像	15:00 熱影像	17:00 熱影像
					
					
					

註：1. 樹林、2. 柏油路面、3. 貨櫃頂面、4. 磨石子階梯、5. 稀疏草地、6. 水泥地面、7. 濃密草地、8. 裸露土、9. 水體。

表3 113年2月28日空拍時觀測氣溫表

時間	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00
氣溫	22.0°C	25.2°C	34.8°C	28°C	25.5°C

表4 113/2/28，9:00框選地表種類範圍內之熱影像溫度

113/2/28，9:00 參考氣溫 22.0°C	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低) (°C)
稀疏草地	21	20.6	21.9	1.3
濃密草地	20	19.8	20.3	0.5
柏油路面	22.5	22.3	22.7	0.4
水泥地面	22	21.8	22.2	0.4
水體	18.9	18.8	19.1	0.3
樹林	17.5	17.2	17.9	0.7
貨櫃頂面	22	21.7	22.3	0.6
磨石子階梯	23.7	23.6	24.1	0.5
裸露土	23	22.9	24	1.1

表5 113/2/28，11:00框選地表種類範圍內之熱影像溫度

113/2/28， 11:00 參考氣溫 25.2°C	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低) (°C)
稀疏草地	24.2	23.9	25.4	1.5
濃密草地	21.5	21.3	21.8	0.5
柏油路面	26	25.9	26.3	0.4
水泥地面	25	24.8	25.2	0.4
水體	22.5	22.2	22.6	0.4
樹林	17.8	17.6	18.3	0.7
貨櫃頂面	25.8	25.5	26.3	0.8
磨石子階梯	27	26.9	27.5	0.6
裸露土	24.2	24	25.4	1.4

表6 113/2/28，13:00框選地表種類範圍內之熱影像溫度

113/2/28， 13:00 參考氣溫 34.8°C	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低) (°C)
稀疏草地	30.5	26.4	34.2	7.8
濃密草地	28.3	27.7	29.7	2
柏油路面	30.3	29.9	30.8	0.9
水泥地面	30.8	30.4	31.1	0.7
水體	27.8	27.6	28.0	0.4
樹林	18.2	17.6	19.1	1.5
貨櫃頂面	31.2	30.4	31.9	1.5
磨石子階梯	33.3	32.8	33.8	1
裸露土	33.4	31.3	37.7	6.4

表7 113/2/28，15:00框選地表種類範圍內之熱影像溫度

113/2/28， 15:00 參考氣溫 28.0°C	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低) (°C)
稀疏草地	24.8	21.6	26.9	5.3
濃密草地	19.2	18.6	19.6	1
柏油路面	33.9	33.6	34.2	0.6
水泥地面	22.5	22.1	23.0	0.9
水體	19.1	18.9	19.4	0.5
樹林	21.6	21.0	22.6	1.6
貨櫃頂面	31.5	31.1	32.0	0.9
磨石子階梯	25.2	24.2	25.6	1.4
裸露土	31.0	27.5	32.8	5.3

表8 113/2/28，17:00框選地表種類範圍內之熱影像溫度

113/2/28，17:00 參考氣溫 25.5°C	平均(°C)	最低(°C)	最高(°C)	全距(最高-最低) (°C)
稀疏草地	27	26.0	27.7	1.7
濃密草地	25.3	25.0	25.5	0.5
柏油路面	22.2	22.1	22.6	0.5
水泥地面	30.0	29.9	30.3	0.4
水體	19.2	19.0	19.5	0.5
樹林	14.1	13.6	14.5	0.9
貨櫃頂面	15.1	14.7	15.6	0.9
磨石子階梯	31.5	31.1	31.7	0.6
裸露土	28.5	27.0	28.7	1.7

伍、討論

我們在竹田飛行場周圍找了附近幾種比較具代表性的地表覆蓋，包括稀疏草地、濃密草地、樹林、水泥地面、柏油地面、水體、土壤表面、磨石子地面、貨櫃頂面等，分析各材質框選區域裡面熱影像的平均、最低及最高溫度[全距(最高-最低)]。發現由高到低依序為貨櫃頂面、柏油路面、磨石子階梯、裸露土、水泥地面、稀疏草地、樹林、濃密草地、水體。其中植被覆蓋跟水體溫度較低，貨櫃、柏油、水泥等人工構造物溫度較高。而水體、水泥表面因材質均勻，受輻射熱同質而且均勻，所以區內差異最小。也發現氣溫高時，相同地表種類的溫度差異較大，而稀疏草地因為草長得比較稀疏，而且部分草地位置夾雜有裸露土或不同植物，所以選取區域內溫度差異大。

我們也發現一樣是柏油路面，一般黑色路面112年12月3日11:30左右的溫度約 46.1°C ~ 46.5°C ，而塗白色塗料的箭頭標線溫度僅 40.6°C ~ 41.7°C 明顯低於黑色(如圖10)，可見白色塗料反射率高，所以吸收太陽輻射熱少，而黑色則可吸收較多太陽輻射，而我們仔細看磨石子階梯(如圖11)顏色呈現較暗的灰黑色且表面粗糙，所以吸收輻射較多，溫度較高，而水泥地呈現較淺的灰白色，反射比例較高，吸收太陽輻射較少，所以溫度較低。這跟先前提到用分別黑、白布包裹溫度計，黑布那個溫度計溫度較高是一樣的道理。

另選取四種地表材質代表繪圖(如圖12)比較不同時間溫度變化，可能由於當天是陰天有雲，所以溫度變化高低受到當天陰天影響，但仍然可以看出磨石子地溫度較高，水體溫度較低，而且從早上9:00到中午13:00溫度上升的現象也可以由圖觀察得到。

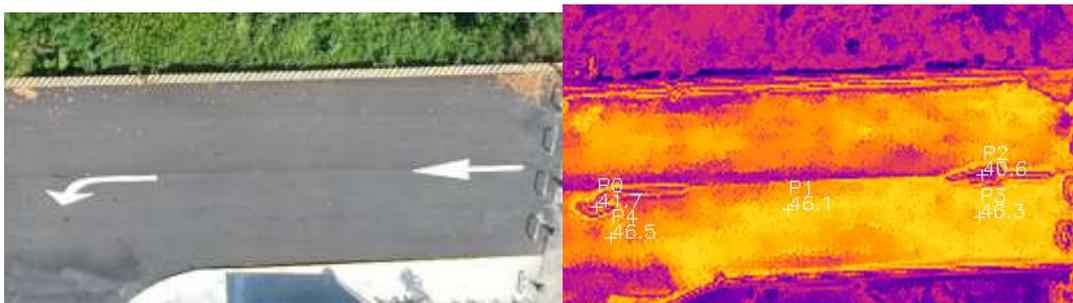


圖10 柏油路面照片



圖11 磨石子階梯照片

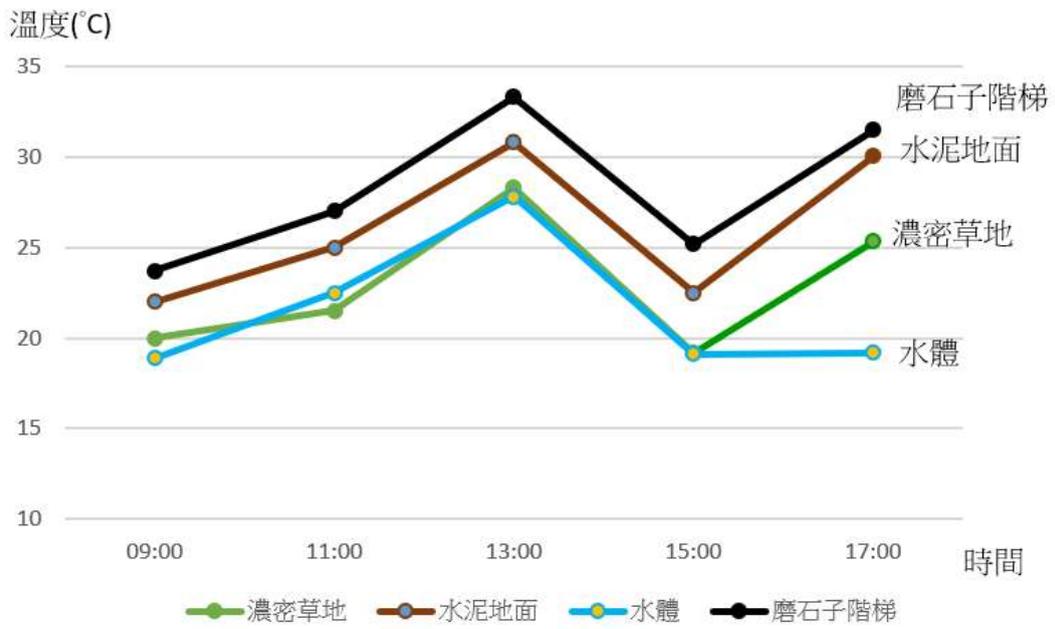


圖12 選取四種地表材質繪圖比較不同時間變化

陸、結論

經過這次研究我們由空拍機搭載熱像儀，快速地拍到地面不同地表材質的熱感影像，比較不同時間、不同地面材質的熱影像溫度變化與差異，我們發現植被覆蓋跟水體溫度較低，貨櫃、柏油、水泥等人工構造物溫度較高，應該是他們熱輻射的吸收率較高，並且也跟顏色有關，相同材質時黑色有比較高的吸收率，所以溫度比較高。我們發現在沒有遮蔭又不能泡在水裡的狀況下，在有植被覆蓋的地方會比較涼快。

而水泥表面因材質均勻，受輻射熱同質而且均勻，所以區內差異最小。同時也發現氣溫高時，相同地表種類的溫度差異較大，而稀疏草地因為草長得比較稀疏，而且部分草地位置夾雜有裸露土或不同植物 所以選取區域內溫度差異大。這讓我們了解到均勻材質的熱輻射才會一致，所以變化小。

未來我們想再深入探討不同地表材質吸收太陽輻射的吸收率及反射率與升溫跟降溫的速度快慢；以及不同材質最高、最低溫範圍跟當時氣溫的詳細對應關係。

柒、參考資料及其他

1.由明展、陳詮穎，從空中看地面—用算樹實驗探討行道樹遮陽效果，中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書，高雄市長五福國民中學，2021。

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-032912.pdf?0.555776546961718>

2.牛頓在家躲瘟疫時做了什麼？紅外線溫度計啥原理？太陽溫度咋測的？

https://www.youtube.com/watch?v=WW5gis6_YRM, 2020。

3.生物抗熱大作戰，新小牛頓雜誌 7月號/2018 第166期，2018。

4.救災新利器！熱顯像儀空拍機 精準找火源—民視新聞

<https://www.youtube.com/watch?v=aD9jA2fH4O4>, 2019。

5.夜間搜捕「脫逃狒狒」 出動空拍機、熱顯像儀！

，https://www.youtube.com/watch?v=9Ee5s__v7Mo，2023。

6.熱顯像儀空拍機出任務 偵破非法煉鋁廠—民視新聞

<https://www.youtube.com/watch?v=GOWJdX69KP4>，2020。

7.科技執法新利器 全國首台搭載「紅外線氣體顯像儀」空拍機正式服役，

<https://www.taiwanhot.net/news/1032149/%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%9F%B7%E6%B3%9>

[5%E6%96%B0%E5%88%A9%E5%99%A8+%E5%85%A8%E5%9C%8B%E9%A6%96%E5%8F%B0%E6%90%AD%E8%BC%89%E3%80%8C%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A%E6%B0%A3%E9%AB%94%E9%A1%AF%E5%83%8F%E5%84%80%E3%80%8D%E7%A9%BA%E6%8B%8D%E6%A9%9F%E6%AD%A3%E5%BC%8F%E6%9C%8D%E5%BD%B9](#)，2023。

8. 垃圾場科技滅火空拍機搭載熱顯像儀偵測- 寶島- 中時，

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201125005237-260421?chdtv>，2020。

9. 陳秋民等，如何測量氣溫，自然科學3下，翰林出版社，2023。

10. 空拍機+紅外線熱顯像儀 南投祭出打擊空污新利器，

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2558087>，2018。

11. 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>，2021。