

臺中市政府 105 年度市政發展研究論文獎助計畫
論文節錄重點

應用 Landsat-8 影像探討臺中市新社花海節對地區溫度變化之影響

Using Landsat-8 Images for the Impact of Flowery Field
on the Land Surface Temperature Change

研 究 生 : 邱仁德
指 導 教 授 : 徐逸祥
學 校 : 逢甲大學
系 所 : 都市計畫與空間資訊學系

中華民國 105 年 8 月

摘 要

近十年國人於國內旅遊呈成長趨勢，國內舉辦許多季節性活動，為當地帶來大量人潮與車流並造成土地利用變化，使地表溫度隨之改變，當地區增溫加快，對流亦會增強，產生強降雨的現象致使淹水機率提升。

熱島效應多數人僅想到都市，然而郊區的人為活動亦可能提高熱島強度。本研究以 Landsat-8 熱紅外影像結合遙測技術與地表溫度反演算式，探討臺中市新社花海節對地區熱島強度的影響，發現溫度較高區域分別是：(1)不透水鋪面的地表、(2)車輛密集停放的裸露地，除了前述區域性比較，亦採用花季與非花季資料增加時間性比較。

結果顯示花季新社地表平均溫度確實升高，逼近大里工業區與臺中火力發電廠等高溫區，證實非都市地區短暫人為活動及車流對地表溫度造成影響。

關鍵詞：地表溫度、Landsat-8、季節活動、土地使用、熱島效應



Abstract

Nowadays the rising of temperature makes global warming and climate change become very popular topics. Previous studies pointed out that human activity is one of the causes of the heat island effect. In Taiwan, more and more seasonal tourism activities are held in recent years along with the improvement of the life quality. However, such activities attract a lot of crowds and traffic flow and change the heat island intensity.

In order to monitor this effect, this study uses thermal infrared channels of Landsat series imagery and retrieves the ground temperature based on the methodology proposed by Jiménez-Muñoz et al. (2014) and Rozenstein et al. (2014). Xinshe flowery field in Taichung City is chosen to monitor the change of heat island effect at different periods. With supervised maximum likelihood classification, land features are divided into four categories: water, soil, impervious surface and vegetation; and then the emissivity values are assigned to each category.

The results show that the relatively high temperature regions are the areas with not only impervious surface but also frequent human activities. Land surface temperature of the flowery field is indeed rising during the seasonal activities. Besides, the land surface temperature in the flowery field is as high as other heat areas in Taichung, such as: Tali Industrial District, Taichung Thermal Power Plant. This confirms that transient traffic and human activities can influence the land surface temperature.

Keywords : land surface temperature, Landsat-8, seasonal activities, land use, heat island effect

目 錄

第一章 緒論	1
第一節 問題敘述	1
第二節 研究動機與目的	3
第三節 研究區域	4
第四節 研究流程與架構	6
第二章 文獻回顧	8
第一節 何謂熱島效應	8
第二節 熱島效應觀測與相關研究	10
第三節 地表溫度反演	12
第四節 地表溫度之影響因子	14
第五節 小結.....	17
第三章 研究方法	18
第一節 研究材料	18
第二節 監督式分類	20
第三節 溫度反演演算法	21
第四節 熱島強度計算	25
第四章 成果討論	26
第一節 分類成果	26
第二節 反演溫度與實測溫度比較	34
第三節 地表溫度反演成果	41
第四節 高溫區分布探討	47
第五章 結論與建議	53
第一節 結論.....	53
第二節 建議.....	55

參考文獻.....57



圖目錄

圖 1 近十年國人國內旅遊總旅次變化	2
圖 2 研究區域示意圖	4
圖 3 2014 年新社花海場地配置圖	5
圖 4 研究流程圖.....	7
圖 5 熱島效應示意圖	8
圖 6 平均地表溫度與不透水鋪面關係圖	16
圖 7 氣象站點位示意圖	19
圖 8 區域成長選取水體訓練樣區示意圖	20
圖 9 非花海季節 2014 年 10 月 19 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖).....	27
圖 10 非花海季節 2014 年 10 月 19 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖).....	28
圖 11 花海季節 2013 年 11 月 17 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖).....	29
圖 12 花海季節 2013 年 11 月 17 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖).....	30
圖 13 花海季節 2014 年 12 月 6 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖).....	31
圖 14 花海季節 2014 年 12 月 6 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖).....	32
圖 15 2013 年 11 月 17 日 Google Earth 影像.....	33
圖 16 2014 年 10 月 19 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖).....	36
圖 17 2013 年 11 月 17 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖).....	37
圖 18 2014 年 12 月 6 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站	

溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖).....	38
圖 19 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	39
圖 20 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	39
圖 21 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	39
圖 22 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	40
圖 23 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	40
圖 24 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度 與固定氣象站溫度比較圖	40
圖 25 非花海季節 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖	43
圖 26 花海季節 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖	44
圖 27 花海季節 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖	44
圖 28 非花海季節 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖	45
圖 29 花海季節 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖	46
圖 30 花海季節 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖	46
圖 31 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖	48
圖 32 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖	48
圖 33 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖	49
圖 34 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖	49

圖 35 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖50

圖 36 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖50



表目錄

表 1 影像日期表.....	18
表 2 Landsat-8 TIRS 於不同溫度範圍之反演迴歸係數.....	24
表 3 水氣含量係數	24
表 4 地表比輻射率	24
表 5 SW1 演算法反演成果熱島強度計算表	43
表 6 SW2 演算法反演成果熱島強度計算表	45
表 7 SW1 演算法新社區與太平大里高溫區比較	52
表 8 SW1 演算法新社區與臺中火力發電廠高溫區比較	52
表 9 SW2 演算法新社區與太平大里高溫區比較	52
表 10 SW2 演算法新社區與臺中火力發電廠高溫區比較	52



第一章 緒論

第一節 問題敘述

文明與科技與時俱進，人們對於需求與慾望更是永無止盡，在許多產業快速發展之下，對於環境與生態帶來的影響也不勝枚舉，然而不會對自身造成損失或傷害時，人們不會對其有太多的關注，但是當這些影響對生命財產造成損失及危害時就為時已晚了。現今眾多災害討論中，最引人注意的莫過於是「全球暖化」，如果說全球暖化導致其他災害接踵而來亦不為過，因此近年來世界各國，對於全球暖化的話題越來越重視，紛紛提出許多防治方法並探討其中成因。其中，熱島效應(heat island effect)，亦會直接影響全球暖化。

根據前人研究指出，都會區測站暖化的走向與都市的熱島效應有 44% 之相關(陳昭銘、汪鳳如，2000)。簡而言之，當中心地區的溫度明顯高於外圍地區，在溫度圖中可以觀察出中心地區宛如發熱的島嶼凌駕於其他周邊地區，該現象稱為「熱島效應」，熱島效應形成因素與人類生活息息相關，人造結構的土地利用溫度遠高於植被利用 4.22 度(Jusuf et al., 2007)，由此可見人為開發帶來的影響；除此之外，根據中央氣象局 2009 年的資料：1909 至 2008 年全台灣的平均氣溫上升 0.8 度，都市地區平均氣溫提高了 1.4 度，更是全台平均氣溫之近三倍。

自從政府實施週休二日以來，民眾有更多空閒時間能運用，圖 1 能看出近 10 年來國人於國內旅遊呈成長趨勢，因此旅遊休閒產業因應而生，如：臺中市新社花海節、陽明山海芋季或宜蘭童玩節等結合地區特色活動，許多皆與季節有關，為期數周並吸引大批人潮、車流前往。然而活動舉辦的同時，必然對該地區或周遭環境帶來一定的影響與變化，最明顯的莫過於是地表覆蓋物的改變，而地表覆蓋物恰好是地表溫度變化的一大影響因素。



圖 1 近十年國人國內旅遊總旅次變化
資料來源：中華民國交通部觀光局，2016



第二節 研究動機與目的

臺中市新社花海節行之多年，每年活動期間皆吸引大批人車蜂擁進入新社地區，根據臺中市政府觀光旅遊局統計，2013 年遊客人數達 256 萬人次，2014 年更高達 276 萬人次，2 年分別帶動近 17 億與 18 億觀光經濟效益(張詠婷等，2014)，是中部地區首屈一指的季節性大型活動，不過新社區聯外道路狹小，每年活動時間皆造成交通堵塞，大量車流湧入超出新社區容納範圍，對當地居民造成許多生活上的影響(房書平，2015)。

熱島效應多數人皆聯想到都市地區，以往研究多探討土地覆蓋與地表溫度的關係，鮮少有人探討季節性質的人為活動，本研究以季節性活動對地表溫度之影響為研究主題、臺中市新社花海節為研究對象，結合遙測技術以 Landsat-8 影像的熱紅外波段進行溫度反演，求得地表溫度(land surface temperature, LST)，評估不同演算法精度高低，探討短期間大量人、車流湧入對地表溫度的影響，以及舉辦活動造成的土地覆蓋變化，比較不同土地覆蓋對地表溫度的影響。整體而言本研究之目的如下呈現：

- (1) 以 Landsat-8 衛星影像進行溫度反演，針對臺中市新社地區於花海季節跟非花海季節之間的溫度變化，探討短時間高密度的人為活動對於熱島效應與臺中市新社區之影響。
- (2) 花海活動會場內包含多種土地利用，比較不同土地利用間溫度的變化，探討地表覆蓋物對於溫度之影響。
- (3) 根據研究結果提出關於熱島效應以及後續相關活動舉辦之建議。

第三節 研究區域

本研究主題為 2013 年與 2014 年的新社花海活動，因此研究區域為花海所在地——臺中市新社區，如圖 2 所示。

新社區位於臺中市偏東的山城地區，東臨大甲溪與東勢區、南臨臺中市北屯區大坑、西臨豐原區、北接石岡區。面積 68.89 平方公里，占全臺中市總面積(2,214.89 平方公里)3.11%，總人口數約為 25000 人。主要產業為農業，鮮少其他重工業分布，根據楊龍士等於 2016 年的研究，工廠量體與地區熱島強度有極大相關，因此在沒有工廠因素影響的新社區，更能有效看出季節活動對地區地表溫度帶來的影響。

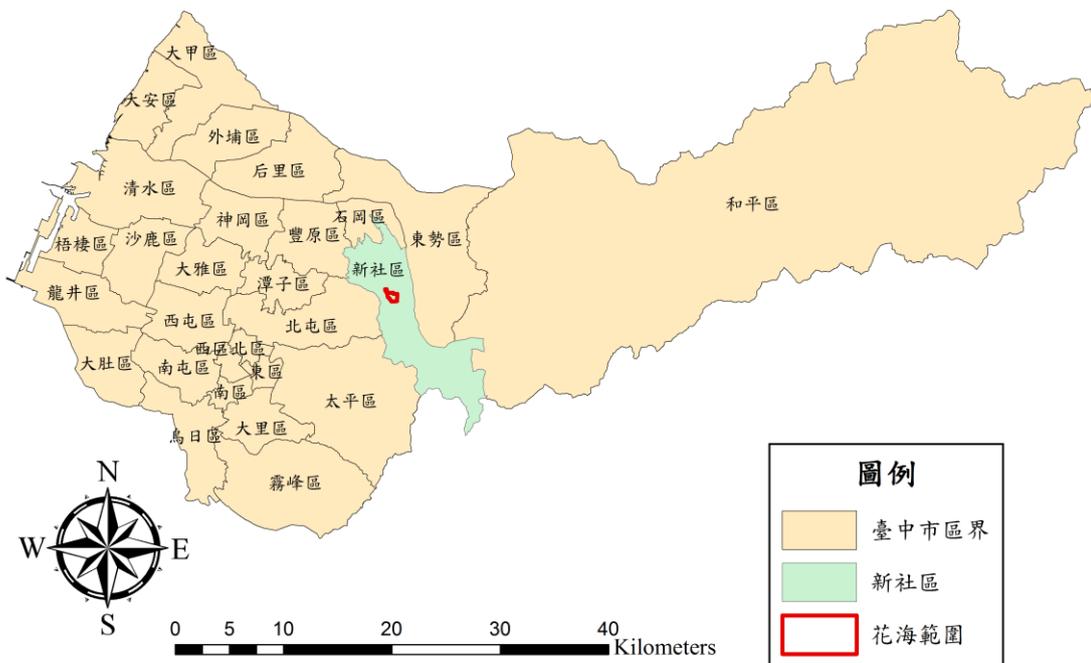


圖 2 研究區域示意圖

花海會場內有許多不同的使用配置，詳細配置如下圖 3 所示，由不同土地使用組成，包含多個裸露地的停車場與搭建不透水鋪面的臺中農特產暨名產行銷區。



圖 3 2014 年新社花海場地配置圖



第四節 研究流程與架構

為確保本研究有效執行並達成研究目的，研究架構分為以下六大項：

(一)文獻資料收集

蒐集研究主題相關文獻，確立前人研究採用之方法，探討研究項目之成因，作為本研究參考以及分析佐證基準。

(二)確立研究方法

整合文獻資料、建立後續研究方法確保研究目的達成。

(三)影像分類與處理

蒐集研究區域與時間之資料，包含衛星資料與氣象局資料等，分類地物為土壤、不透水鋪面、植物與水體，去除雲體與雲影等影響後續溫度反演之區域。

(四)分類精度檢核

針對分類成果進行精度檢核，包含誤差矩陣與 Kappa 值驗算，確認分類精度合乎前人研究水平，確保研究可信度。

(五)地表溫度反演與成果分析

進行地表溫度反演，並將成果與氣象站資料核對，探討相關係數的成因，分析土地覆蓋與地表溫度之關係，以及熱島效應與人為活動間之關係。

(六)結論與建議

歸納研究發現，結合前人文獻中之分析與建議，提出符合研究區域與花海活動之結論與建議。

研究流程如圖 4 所示：

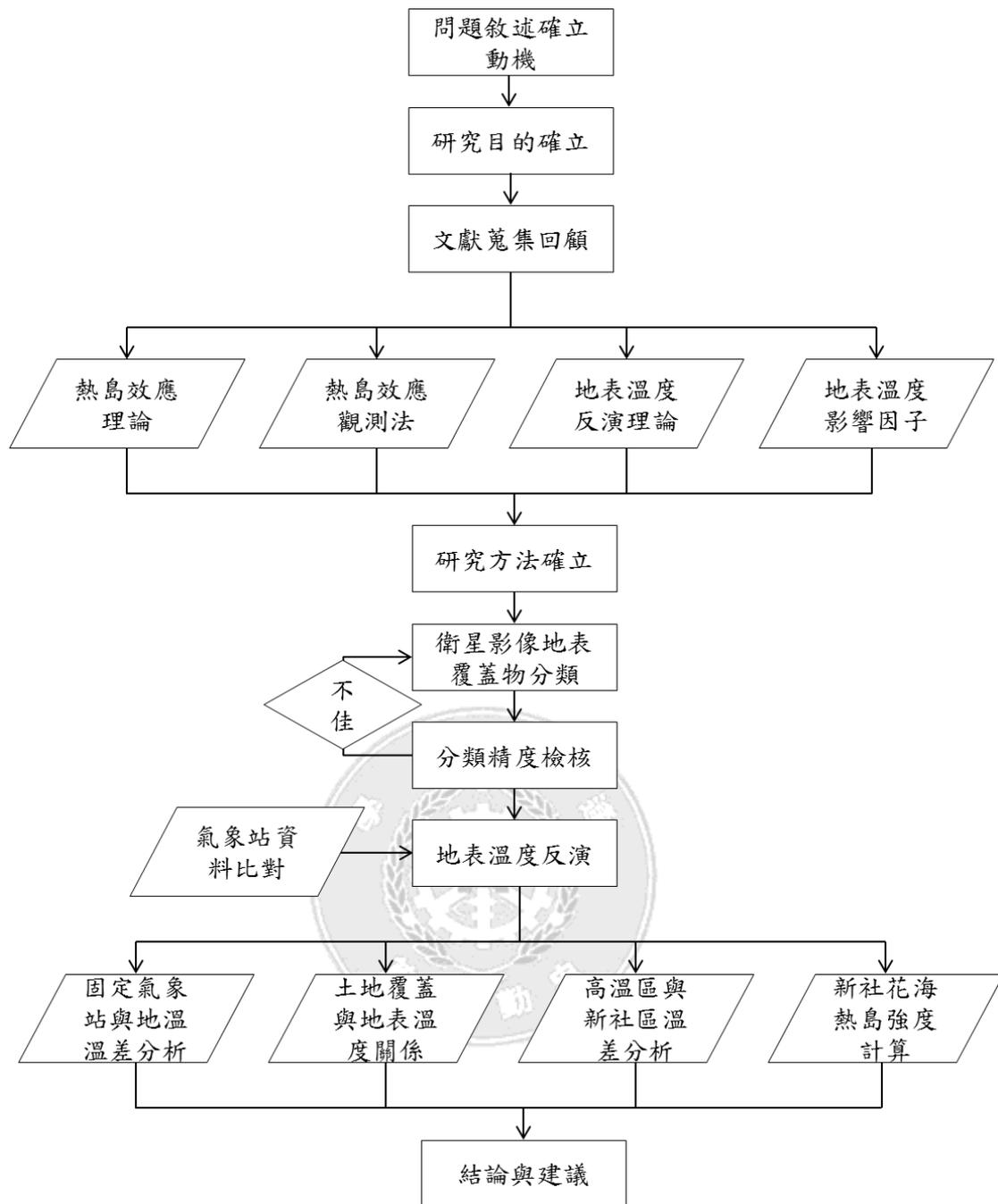


圖 4 研究流程圖

第二章 文獻回顧

第一節 何謂熱島效應

熱島效應形容都市中心或某一地區溫度高於周圍地區，如凌駕於周遭郊區之發熱島嶼(圖 5 所示)，實證研究最早在 1833 年由 Luke Howard 提出，研究指出城市溫度時常高於周遭郊區。然而地區增溫加快將使對流增強，導致更強烈降雨現象的產生，使該地區淹水機率提升。熱島效應一般成因為：高人口密度與人口過度集中、密集分布的建物，搭配吸熱能力高的人工材質，或大面積的不透水鋪面，加上都市環境中，綠色植被所占面積減少，以上現象在氣象學中稱為「都市熱島效應(urban heat island effects)」(孫振義，2008)。

一般而言，熱島效應多數人皆聯想到都市地區，以往研究多為都市地區之研究，學位論文方面，孫振義(2008)、何佳薇(2010)等分別針對北中南各大城市進行熱島效應之研究，研究成果顯示，熱島效應的生成因子有許多，其中又以土地利用的不同，為影響該地溫度的主要原因。

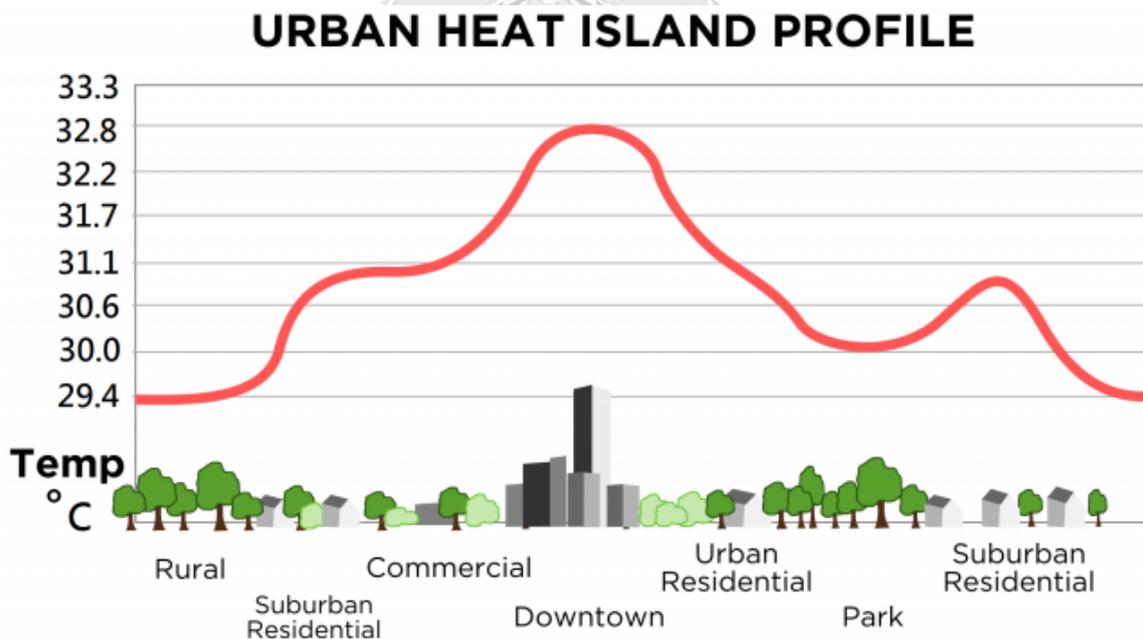


圖 5 熱島效應示意圖

(資料來源：<http://geography.name/urban-heat-island/>)

地區發展因其需求不同，建置或鋪設許多人工建築物及人工鋪面，以上的現象皆會造成該地區地表覆蓋改變，導致都市熱島微氣候變化。發展過

程中被犧牲掉的綠地、植物及其成長的土壤，由於能蘊含水分，將吸收的熱能轉成潛熱排出，有別於建築物排出的可感熱，不會使環境溫度增高，所以植物具有調節溫度功效(嚴綾，2012)，因此大幅增加綠地能有效影響溫度。不同物體對於太陽有不同反射率，反射率意指太陽能量被地表上之實體反射回去的能力，反射率高，吸收太陽能量較低，表面溫度較低；反之反射率低，吸收能量較多，表面溫度亦較高。



第二節 熱島效應觀測與相關研究

目前主要用於熱島效應量測之觀測法主要分為三種，分別為遙測法、固定觀測法、移動觀測法，其中遙測法因遙感探測(remote sensing, RS)的普及化，並且具有研究資料之可回溯性，有利於資料蒐集，因此本研究採用遙測法進行。

遙測法係利用衛星所拍攝之影像進行全面性觀測，可以完整記錄真實世界的資料，進行熱島效應監測的溫度計算需要使用數值影像數字(digital Number, DN)反演成地表溫度，DN 值是只記錄地物的灰度值，是由反射、地物的輻射以及輻射電磁波功率，以上數值皆受溫度影響(張苑菱，2009)。

如今利用遙測針對地表溫度反演的技術越發成熟，熱紅外波段地表溫度反演的過程中，有許多外在因素影響，包含地表輻射率(emissivity)測定、大氣效應校正與溫度不同地物像元的混合問題等，但近年來空間資訊技術的穩定成長，發展完善的地表溫度反演方法能有效提升精度，常見地表溫度反演方式如：單窗演算法(mono-window algorithm) (覃志豪，2001)、劈窗演算法(split-window algorithm) (Jiménez-Muñoz et al., 2014; Rozenstein et al., 2014)，上述方式皆基於維恩位移定律(Wien's Displacement Law)和普朗克定律而成(何佳薇，2011)。

遙測法具有資料可回溯性，根據所使用的衛星影像對應其拍攝日期，即有該日期之影像資料，因此可以提供針對往年研究的資料，但是衛星載具運行的關係，使得影像在取得上有時間限制，如同一顆 Landsat 衛星搭載之感測器為每隔 16 天拍攝同一地區，另外在影像中同時會面對雲體覆蓋之問題而無法使用，因此在資料的取得上有一定的難度。除此之外，遙測法係利用亮溫經過溫度反演所得到的地表溫度，地表溫度與氣溫仍有差異，是該觀測法目前仍須注意的缺點。不過衛星影像擁有拍攝範圍廣與同幅影像各點時間同步的優點全面性觀測之優點，能取得拍攝範圍內每一處的資料，有別於固定氣象站或移動觀測法未取得數據之位置需使用內插法推算。

前人的研究中我們可以得知遙測法的實用性，包含：最早在 1972 年美國氣象協會期刊中 Rao 發表的文章，該研究以 ITOS-1 衛星進行，於此之後許多學者也參考其研究，以衛星資料或飛機所拍攝之影像進行熱島效應探討。本研究以 Landsat-8 影像進行研究，Lansat 系列影像被廣泛使用於觀測

熱島效應，包含探討土地利用與覆蓋對地表溫度的影響與關係，進而探討該區域熱島效應的分布以及產業類別與人工鋪面造成的影響，並且證實 Landsat 影像的熱紅外波段能完善呈現地表溫度(吳明浩，2010、羅宏宇等，2010、何佳薇，2011、Lo et al., 2003; Xu and Chen, 2004; Chen et al., 2006)。



第三節 地表溫度反演

地表溫度的變化可用來檢驗地表資源的變化，不同的土地覆蓋與土地使用對地表溫度會產生不同影響，因此對於地表環境監控有著一定的成效。除此之外，遙測法可以提供大範圍區域且具有同步性的地表溫度，因此探討衛星資料運用於地表溫度反演，在遙測發展上儼然成為一大重點。

地表溫度反演係利用衛星所搭載的熱紅外波段，熱紅外線是一種輻射能量，根據維恩位移定律，物體本身的溫度越高，輻射出的最大能量之波長越短，並且無法以照相方式直接取得，只能使用光電效應或掃描的方式才能取得。

國內外有許多案例運用衛星影像進行溫度反演，研究過程中必須將 DN 值反演成為地表溫度，後續才能針對地表溫度做熱島效應之分析，其中運用的演算法大致上可分為 S-SEBI 演算法，單窗演算法(mono-window algorithm) (覃志豪, 2001)、劈窗演算法(split-window algorithm) (Jiménez-Muñoz et al., 2014; Rozenstein et al., 2014)等，各演算法詳細內容於下列呈現。

(1) S-SEBI 演算法

Roerink et al. 於 2000 年所發表的文章中提出 S-SEBI 演算法，其基礎主要是利用遙測資料擁有各像元(pixel)的資料，以及可以個別處理單一像元的能力，假設大氣條件為穩定的狀態下，以及氣壓與氣溫為定值，以輻射量平衡為出發點，將其與地表能量平衡結合，進而反演地表參數如地表反射率、地表溫度等，推估出各種能量平衡項，如淨輻射、土壤熱通量、潛熱及可感熱。

(2) 單窗演算法

單窗演算法適用於單一熱紅外波段之遙測資料進行地表溫度反演，單窗演算法可以根據地表熱輻射傳導方程式為基礎，而不需要大氣校正直接反演地表溫度，過往其他演算法必須考量許多其他相關因素，包含：氣壓、二氧化碳含量、氣融膠含量等，其流程過於繁瑣，對於過往時間無法取得之參數，形成研究上最大阻礙。因此，覃志豪等人於 2001 年提出考量的地表輻射率、大氣平均溫度與大氣透射率進行溫度反演之單窗演算法，該演

算法假定在天空晴朗且無明顯大氣垂直度對流作用情況下，把大氣分成幾個平行層面，如果缺乏實地的大氣剖面資料，仍可結合標準大氣數據和當地即時地面氣象資料(主要是氣溫和大氣含水量)，將地面氣象資料換算為標準大氣資料。

(3) 劈窗演算法

劈窗演算法最初發展於海面溫度之估算(Anding and Kauth, 1970; Prabhakara et al., 1974)，慢慢發展至今用於地表溫度推演，根據趙英時(2003)所提：劈窗演算法是基於地表的熱輻射傳導方程式，針對兩個波長為 $10.5 \mu\text{m}$ 至 $12.5 \mu\text{m}$ 的熱紅外波段，發揮兩個波段對大氣擁有不同的吸收作用之特點，透過多種組合去除大氣的影響，執行大氣與地表比輻射率的改正。



第四節 地表溫度之影響因子

地表土地使用土地覆蓋(land use-land cover, LULC)與人為活動與地表溫度有極大的關係，不同的產業行為會造成不同的土地利用，土地使用的不同是國內相關研究普遍指出影響都市微氣候的一大主因，不同地表覆蓋物的溫度差異源於本身不同的熱傳導與熱含量，舉例來說柏油路為都市常見之人工鋪面，因含有高熱含量，表面溫度較其他自然鋪面高(Roger and Thayne, 1998)。

簡子翔(2013)計算流體力學(computational fluid dynamics, CFD)模擬溫度分布圖，得到臺北高溫熱點主要分布於：交通擁擠的路段節點、人口密度以及建蔽率高的地區，證實人為活動會導致地區的空气溫度上升，是熱島效應的成因之一；反之，人口密較低、綠覆面積寬廣的區域，如山區或綠地，以上地區氣溫相比之下較低。

廖峯淇(2009)將土地利用組成分為五種型態：建築物、人工鋪面、未使用土地以及綠覆區域與水體，以定點量測的方式取得氣溫及濕度，發現溫度的上升與建築物為正相關係；反之，未使用土地、綠覆區域及水體為負相關。

李明晃(2004)針對台北市 61 個公園進行研究，成果顯示都市公園不全然為冷島區域，面積大小亦非主要影響因子，主要影響原因仍在於公園內部鋪面與植物的面積比例，鋪面面積較大之公園具有較高溫現象。

孫振義等(2010)探討地表溫度與地表覆蓋間的關係，採用 2005 年至 2006 年間春、夏、秋三季節台南市的 ASTER 影像進行溫度反演，以監督式分類法(supervised classification)中最大似然法(maximum likelihood)進行地表覆蓋分類，分成裸露地、鋪面、樹木、水體與草地等 6 種地表覆蓋類別，並於分類過後進行準確度以及 Kappa 值檢驗分類成果，最終計算建物覆蓋率、綠覆率、地表不透水率(fraction of impervious surface area, IMP)、鋪面比率及常態化植生指標(normalized difference vegetation index, NDVI)分佈圖之數據，進行地表溫度與地表覆蓋之關係研究，得到鋪面比率、建物比率及不透水率與地表溫度呈正相關，影響周圍環境的熱舒適性。而 NDVI 值與地表溫度呈現負相關，表示都市範圍內適當提升綠色植物之面積或綠化量能有效維持地表低溫。

楊龍士等(2016)以三個年度的 Landsat-5 衛星影像探討臺中的熱島效應與產業發展的關係，依據各工業區熱島強度大小比對其發展產業，發現金屬、機械設備製造與電子等高耗能與排放廢氣的產業，明顯影響地表溫度，然而熱島強度與園區面積無正相關，中部科學園區面積 413 公頃僅次於臺中工業區，熱島強度卻最低，原因是園區中綠覆率最高，有效減緩地表溫度以及熱島效應提升。

陳慧敏 2004 年以 Landsat-7 影像結合 NDVI 探討地區植物生長量，結果顯示當土地利用為：水稻、草地、雜木林等植物覆蓋物時，溫度較平均溫度低，裸露地、道路及建築物溫度則明顯高於平均溫度。

Weng et al. (2004)研究植生多寡與熱島效應之關係，顯示植生地表溫度呈高度負相關。張小偉等(2010)研究證實年平均地表溫度於不同地表覆蓋趨勢最大至最小依序為：建設用地、耕地、林地以及水體。

Chen 等 2006 年研究結果顯示裸露地(bare land)、半裸露地(semi-bare island)與發展中的土地(land under development)之溫度皆高於其他土地型態，並用 NDVI、正規化差異水分指數(normalized difference water index, NDWI)等多種指數進行熱島效應探討，指出濕度確實影響熱島效應，不同 LULC 存在相當大的溫度差異。

Yuan and Bauer(2006)比較正規化差異植生指數與不透水鋪面比率對地表溫度的影響，證實不透水鋪面(impervious surface area, ISA)比率是地表都市熱島強度(surface urban heat island, SUHI)的顯著指標，如圖 6 所示，兩者在各季節呈高度線性關係。

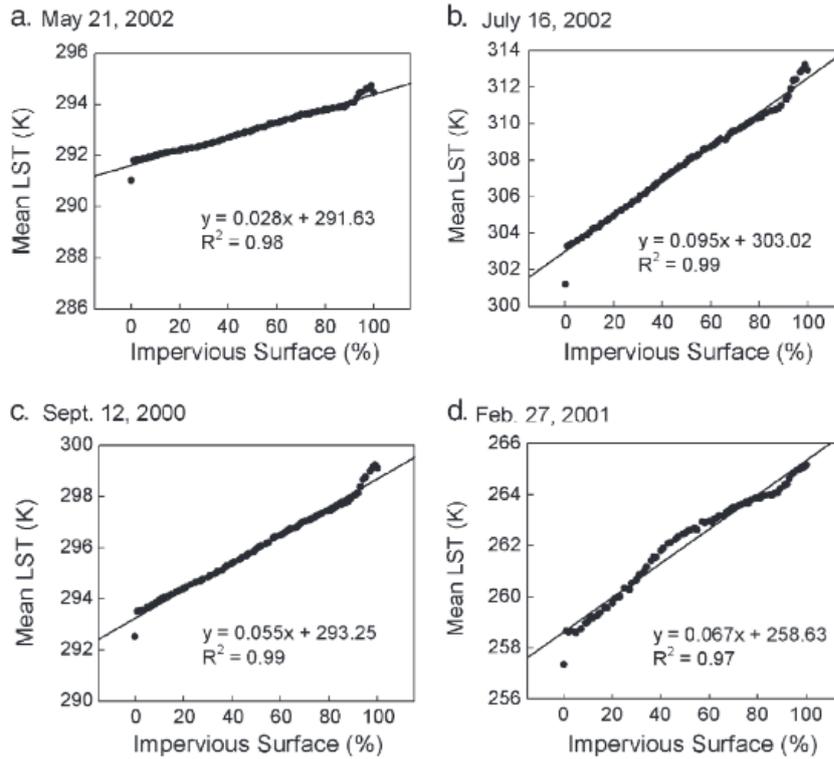


圖 6 平均地表溫度與不透水鋪面關係圖

資料來源：Yuan and Bauer, 2006

Li et al. (2011)透過線性光譜混合分析(linear spectral mixture analysis, LSMA)得知，隨著不透水鋪面百分率上升，與地表溫度變化呈高度線性正相關，R-square 於夏季時高達 0.98，地表溫度與植生指數則呈負相關，並指出植生可以有效減低高密度發展住宅區的地表溫度。

第五節 小結

前人研究中可以得知遙測技術於地表溫度之反演計算技術已經相當成熟，其數據也可以達到一定之精度，加上衛星影像空間解析度提升，亦有助於研究地區微氣候。

Landsat 系列衛星影像廣泛採用，除了精度達到一定水準，取得方便為最大優點，因此本研究使用該系列中最新穎之 Landsat-8 結合監督式分類法中之最大似然法進行分類與地表溫度反演。

地表溫度反演算法中，宋挺等(2014)與李如仁等(2016)研究指出，劈窗演算法的成果相較於單窗演算法，與實測溫度差值較小，並且能有效發揮 Landsat-8 擁有兩個熱紅外波段的特性。

不同人為活動與土地利用會影響地表溫度，其中以植被量多寡與溫度高低呈明顯負相關性，裸露地與不透水鋪面與溫度則呈正相關。本研究範圍—新社花海擁有主要溫度影響因子：植被、裸露地、不透水鋪面等，因此本研究探討新社花海活動對新社區的地表溫度影響。



第三章 研究方法

第一節 研究材料

(1) 衛星影像

本研究選用 Landsat-8 衛星影像，是美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的地球觀測衛星，衛星上攜帶兩個感測器，分別為運行陸地成像儀(operational land imager, OLI)以及熱紅外感測器(thermal infrared sensor, TIRS)，反演地表溫度主要使用 Landsat-8 影像之熱紅外波段，分別為第 10 及 11 波段。

2013 年新社花海舉辦日期為 11 月 9 日至 12 月 8 日、2014 年為 11 月 8 日至 12 月 7 日，兩年皆為期一個月，因此本研究挑選花海活動舉辦日期的影像比較非花海活動的影像，以研究區域上空無雲、天氣晴朗之影像為首選，綜合以上因素本研究選擇 2013 年 11 月 17 日及 2014 年 12 月 6 日之影像為花海季節影像；非季節日期之影像為求符合研究目的：探討人為活動對於新社區之影響，故選擇土地覆蓋與花海季節相似之 2014 年 10 月 19 日，使研究驗證取得同一基準點，以達成研究目的。

為了確保研究嚴謹與提高溫度精準度，本研究在溫度反演後採人工判釋去除新社區內之雲覆與雲影區，並以數值高程模型(digital elevation model, DEM)資料，推演影像拍攝時間的太陽方位角與太陽高，去除山岳因陽光照射產生之陰影處，主因為雲影或山岳高程的遮蔽，導致陽光無法直接照射地表，因此在衛星行經該地區時，熱紅外感測器無法接收地表正確的輻射熱資料，將使溫度反演成果產生極端值。

表 1 影像日期表

時期	日期(年/月/日)	Path/Row
花海季節	2013/11/17	118/43
	2014/12/06	118/43
非花海季節	2014/10/19	118/43

資料來源：本研究整理

(2) 中央氣象局之測站資料

為了確認反演數據與空氣溫度之相關性，本研究納入中央氣象局局屬氣象站之空氣溫度資料，與本研究反演之地表溫度做比較，而在氣象站挑選方面，則挑選與本研究範圍—新社區鄰近之鄉鎮市的站點，確認三日影像皆未受陰影影響，氣象站提供的氣溫資料包含每小時整點數據，故能挑選與衛星影像拍攝時段相近之資料。各站點所在位置如圖 7 所示：

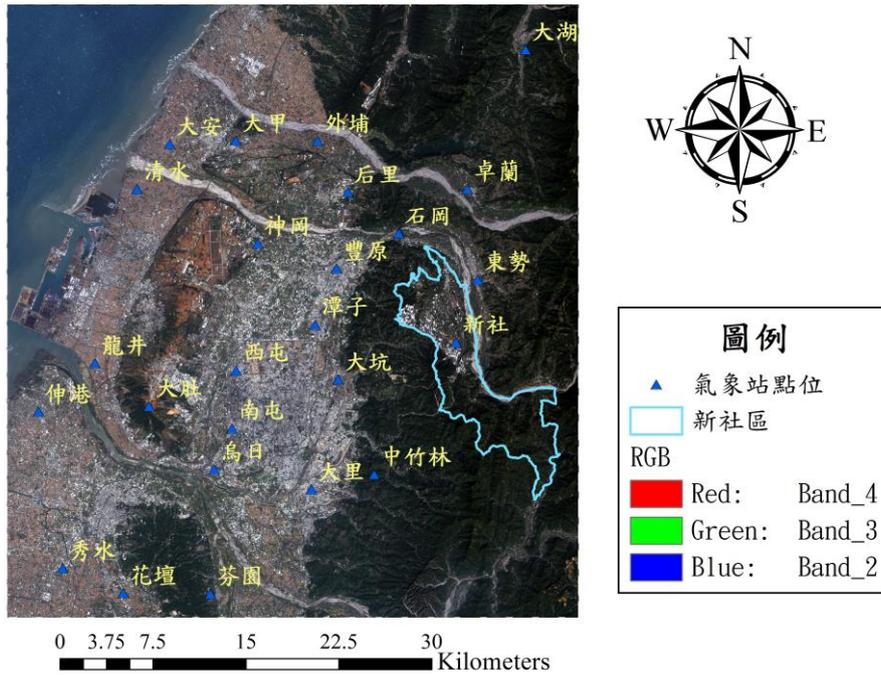


圖 7 氣象站點位示意圖

第二節 監督式分類

本研究把影像作分類以便判釋地物類別，以統計式的影像分類中之監督式分類進行，該分類法雖然較耗費時間，不過根據林憲德等(2008)可以得知，監督式分類中的最大似然法能有效分類台南市地表，因此本研究採用該方法分類研究區域。

最大似然法的使用者先進行圈選樣區(training area)提供電腦統計光譜值，所選取的訓練樣區密集點之分佈所形成的類屬訓練資料為高斯值，及光譜值呈現常態分佈(normal distribution)，而各類波譜平均向量(mean vector)及共變異矩陣(covariance matrix)為相關。基於這些參數，便可以計算每一個未知樣本為特定分類的統計機率，判釋地物在各地物類別中分佈機率最大者，即為該判釋類別。該方法正確率高被普遍使用，若分佈與常態分佈差異太大(雙峰分佈)則錯誤率亦高。

本研究以 Erdas Imagine 軟體進行分類，給予影像中每一個網格(pixel)土地覆蓋類別，將地物分類為植物、建物(不透水鋪面)、土壤(裸露地)以及水體一共四大分類。框選訓練樣區部分，為了減少人為操作誤選數值差異太大之鄰近網格，並確保選取之訓練樣區中具有一定的同質性與相似性，因此採用區域成長(region growing)圈選樣區，同時選擇以該方法中的八鄰像元擴展方式選擇訓練樣區，能有效提升訓練樣本準確度。

區域成長法是在影像中選定一個種子像元(seed)，依設定的條件與鄰近像元合併，條件包含空間距離、光譜距離，合併條件相似像元，反之自成區塊。透過兩種方式連結鄰近像元，分別為四鄰像元連接與八鄰像元連接，成長實際成果如圖 8 所示。

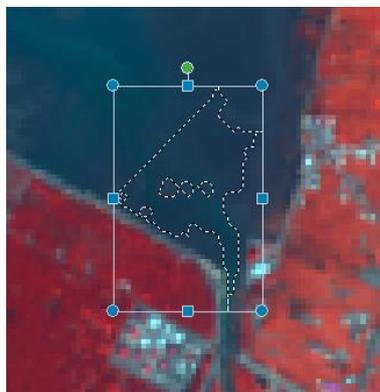


圖 8 區域成長選取水體訓練樣區示意圖

第三節 溫度反演演算法

本研究使用兩種劈窗溫度演算法，使反演成果能互相比對，分別由 Jiménez-Muñoz et al. (2014)與 Rozenstein et al. (2014)所提出，演算法皆結合 Landsat-8 影像擁有兩個熱紅外波段之特點，進行大氣輻射傳輸模擬。其中反演地表溫度所需參數包括水氣含量、亮度溫度、地表比輻射率和大氣透射率等。

兩種演算法必須求出亮度溫度，根據覃志豪(2001)提出的單窗演算法可以得知：亮度溫度是根據衛星高度，所觀測到的熱輻射強度相對應溫度，外在因素對於熱輻射傳導的影響包含大氣與地表覆蓋物，因此亮度溫度實際意義並不是地表溫度，但是針對地表溫度反演仍須考量亮度溫度並以此進行推算。

熱輻射強度藉由影像 DN 值轉換所得，DN 值越大其熱輻射強度越大，熱輻射強度對應的亮度溫度亦越大，因此針對影像 DN 值如何轉換得到熱輻射強度先行介紹，公式如下：

$$L_{\lambda} = \left(\frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(QCALMAX - QCALMIN)} \right) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda} \quad \text{式 1}$$

其中

L_{λ} 為輻射強度

$LMAX_{\lambda}$ 為最大輻射值(Radiance)

$LMIN_{\lambda}$ 為最小輻射值(Radiance)

$QCAL$ 為影像的原始 DN 值

$QCALMAX$ 為影像輻射解像力(pixel values)之最大值

$QCALMIN$ 為影像輻射解像力(pixel values)之最小值

之後可用 Planck 函數求解出亮度溫度，計算公式如下：

$$T_i = \frac{K_{i2}}{\ln\left(\frac{K_{i1}}{L_\lambda} + 1\right)} \quad \text{式 2}$$

上式中， L_λ 為輻射強度可以由式 1 中獲得， K_{i1} 和 K_{i2} 是衛星發射前的預設常數，可以從 Landsat-8 影像的詮釋資料中得到，對於 TIRS 第 10 波段： $K_{10,1} = 774.89W * m^{-2} * sr^{-1} * \mu m^{-1}$ ， $K_{10,2} = 1321.08K$ ；對於 TIRS 第 11 波段： $K_{11,1} = 480.89W * m^{-2} * sr^{-1} * \mu m^{-1}$ ， $K_{11,2} = 1201.18K$ 。

3.4.1 Jiménez-Muñoz 劈窗演算法

根據 Jiménez-Muñoz et al. 於 2014 年結合 Landsat-8 影像特點所提出適用於該影像的劈窗演算法(split-window algorithm, 後續簡稱 SW1 演算法)，以該演算法進行地表溫度的計算如下：

$$T_s = T_{10} + C_1(T_{10} - T_{11}) + C_2(T_{10} - T_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4\omega)(1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6\omega)\Delta\varepsilon \quad \text{式 3}$$

本式中， T_s 為地表溫度， T_{10} 、 T_{11} 分別 Landsat-8 為第 10 與第 11 兩個熱紅外波段的亮度溫度，可以由式 2 取得，單位是 °K， ε 為平均地表輻射率， $\varepsilon = 0.5(\varepsilon_{10} + \varepsilon_{11})$ ， $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{10} - \varepsilon_{11})$ ，各分類地物之地表平均輻射率如下

表 4 所示。 ω 為大氣水汽含量 (g.cm⁻²)， C_0 至 C_6 為 Jiménez-Muñoz et al. 於 2014 年通過模擬實驗得到的相關係數如下： $C_0 = -0.268$ ， $C_1 = 1.378$ ， $C_2 = 0.183$ ， $C_3 = 54.30$ ， $C_4 = -2.238$ ， $C_5 = -129.20$ ， $C_6 = 16.40$ 。

3.4.2 Rozenstein 劈窗演算法

Rozenstein 劈窗演算法(後續簡稱 SW2 演算法)是 Rozenstein et al. 於 2014 年結合覃志豪等(2001)所提出之覃志豪單窗演算法(mono-window algorithm)，與 Landsat-8 為兩個熱紅外波段所提出之地表溫度反演公式，其公式如下：

$$T_s = A_0 + A_1 T_{10} - A_2 T_{11} \quad \text{式 4}$$

式 4 中， T_s 為地表溫度， T_{10} 、 T_{11} 分別 Landsat-8 為第 10 與第 11 兩

個熱紅外波段的亮度溫度，由式 2 取得並帶入，A0、A1 與 A2 是多種不同的係數演算而得，其中包含考量不同地區以及拍攝季節，TIRS 所估算不同溫度範圍的相關係數 a_i 與 b_i 如表 2，表 3 呈現水氣含量與大氣透射率之關係方程式，綜合以上各項係數之具體算式如下：

$$C_i = \varepsilon_i \tau_i \quad \text{式 5}$$

$$D_i = [1 - \tau_i] \times [1 + (1 - \varepsilon_i) \tau_i] \quad \text{式 6}$$

式 5 與式 6 是單志豪單窗演算法(mono-window algorithm)使用大氣透射率 τ 以及利用地表輻射率 ε 進而求得之係數，分別得到 C10、C11、D10、D11，進而帶入下列式中：

$$E_0 = D_{11}C_{10} - D_{10}C_{11} \quad \text{式 7}$$

$$A = D_{11}/E_0 \quad \text{式 8}$$

$$E_1 = D_{11}(1 - C_{10} - D_{10})/E_0 \quad \text{式 9}$$

$$E_2 = D_{10}(1 - C_{11} - D_{11})/E_0 \quad \text{式 10}$$

將前述式 5 及式 6 中求得之係數依序帶入式 7、式 8 後，在基於計算獲得之結果進而計算式 9 與式 10，綜合以上獲得之各項係數，與表 5 的 a_{10} 、 a_{11} 、 b_{10} 、 b_{11} 一同帶入下列式中求得式 4 計算所需之 A0、A1 與 A2。

$$A_0 = a_{10}E_{11} - a_{11}E_2 \quad \text{式 11}$$

$$A_1 = 1 + A + b_{10}E_1 \quad \text{式 12}$$

$$A_2 = A + b_{11}E_2 \quad \text{式 13}$$

表 2 Landsat-8 TIRS 於不同溫度範圍之反演迴歸係數

溫度範圍 (°C)	a10	b10	r210	a11	b11	r211
0-30	-59.139	0.421	0.9991	-63.392	0.457	0.9991
0-40	-60.919	0.428	0.9985	-65.224	0.463	0.9985
10-40	-62.806	0.434	0.9992	-67.173	0.470	0.9992
10-50	-64.608	0.440	0.9986	-69.022	0.476	0.9986

資料來源：Rozenstein et al., 2014

表 3 水氣含量係數

大氣模式	大氣透射率估算式	r2
美國 1976 年標準大氣	$\tau_{10} = -0.1146\omega + 1.0286$	0.9882
	$\tau_{10} = -0.1568\omega + 1.0083$	0.9947

資料來源：Rozenstein et al., 2014

表 4 地表比輻射率

地物種類	ϵ_{10}	ϵ_{11}
水體	0.99683	0.99254
建物(不透水鋪面)	0.964885	0.975115
土壤(裸露地)	0.96767	0.97790
植物	0.98672	0.98990

資料來源：宋挺等(2014)

第四節 熱島強度計算

熱島強度是為了計算都市內部溫度與外圍其他地區溫度較低的區域相差的程度。因此熱島強度越大，代表著內部保存著更多的熱能，亦表示熱島效應的現象越明顯；反之，若強度較小則代表內部熱島效應不明顯(何佳薇，2011)。

$$\omega = T_u - T_s \quad \text{式 14}$$

其中

T_u = 研究範圍內部平均地表溫度

T_s = 研究範圍外圍最低地表溫度

由於花海會場區域會因為人為活動以及活動之事前準備造成地表覆蓋物變化，因此假設全花海會場為熱島中心，也就是一般前人研究中所設定的高溫地區，外圍新社區域假設為外部，探討花海會場與新社區熱島強度的改變。



第四章 成果討論

第一節 分類成果

本研究以監督式分類法中的最大似然法進行地物分類，將 Landsat-8 影像分類為水體、不透水鋪面、裸露地與植物一共四種地物分類，選取樣本時為求選取樣區去蕪存菁，選擇區域增長方式進行分類避免誤選資料，選取樣區時以能確定地物類別之像元作為訓練樣本，其分類成果如下圖 10 與圖 13 所示，並在分類成果圖產出後，以誤差矩陣與 Kappa 值針對分類成果進行驗證，為確保分類成果之品質，於影像分類範圍產生 100 個隨機點 (random points)，以人工檢核確認地物給予地面真實資料，並且避免驗證點位於雲、雲影以及山岳陰影後，該點方可為檢核點。

根據 Landis 與 Koch (1977)的研究成果可以得知，當 Kappa 值大於 0.8 時，代表分類成果具有高度正確性，0.4 至 0.8 則為中等的，但是當 Kappa 值小於 0.4 時，則該分類成果之信賴度是相當低的，本研究所分類的三個日期的影像，Kappa 值皆有到達 0.8 以上，因此本研究做為後續溫度反演的基礎具有一定之可信度。

分類誤差矩陣表計算成果可以看出同樣的趨勢，三個日期的裸露地、不透水鋪面的生產精度相較於水體與植物較差，推測其原因為，裸露地與不透水鋪面不像植物與水體的區域多數呈大量密集分佈，因此在衛星影像產出時，容易因為混合像元生成的關係，造成不透水鋪面與裸露地混合在同一個像元生成，導致後續選取訓練樣本進行分類時，容易造成分類錯亂。

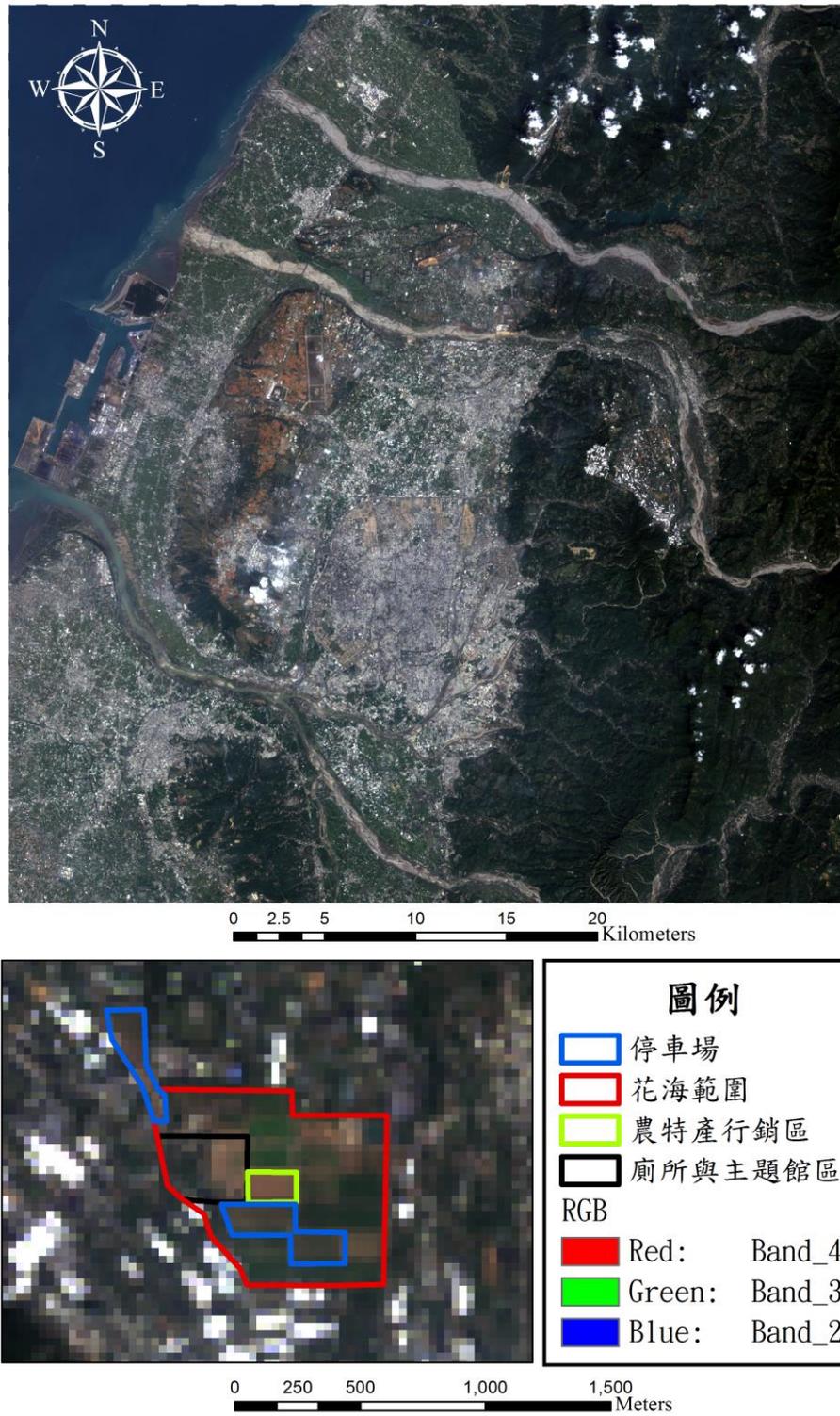


圖 9 非花海季節 2014 年 10 月 19 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖)

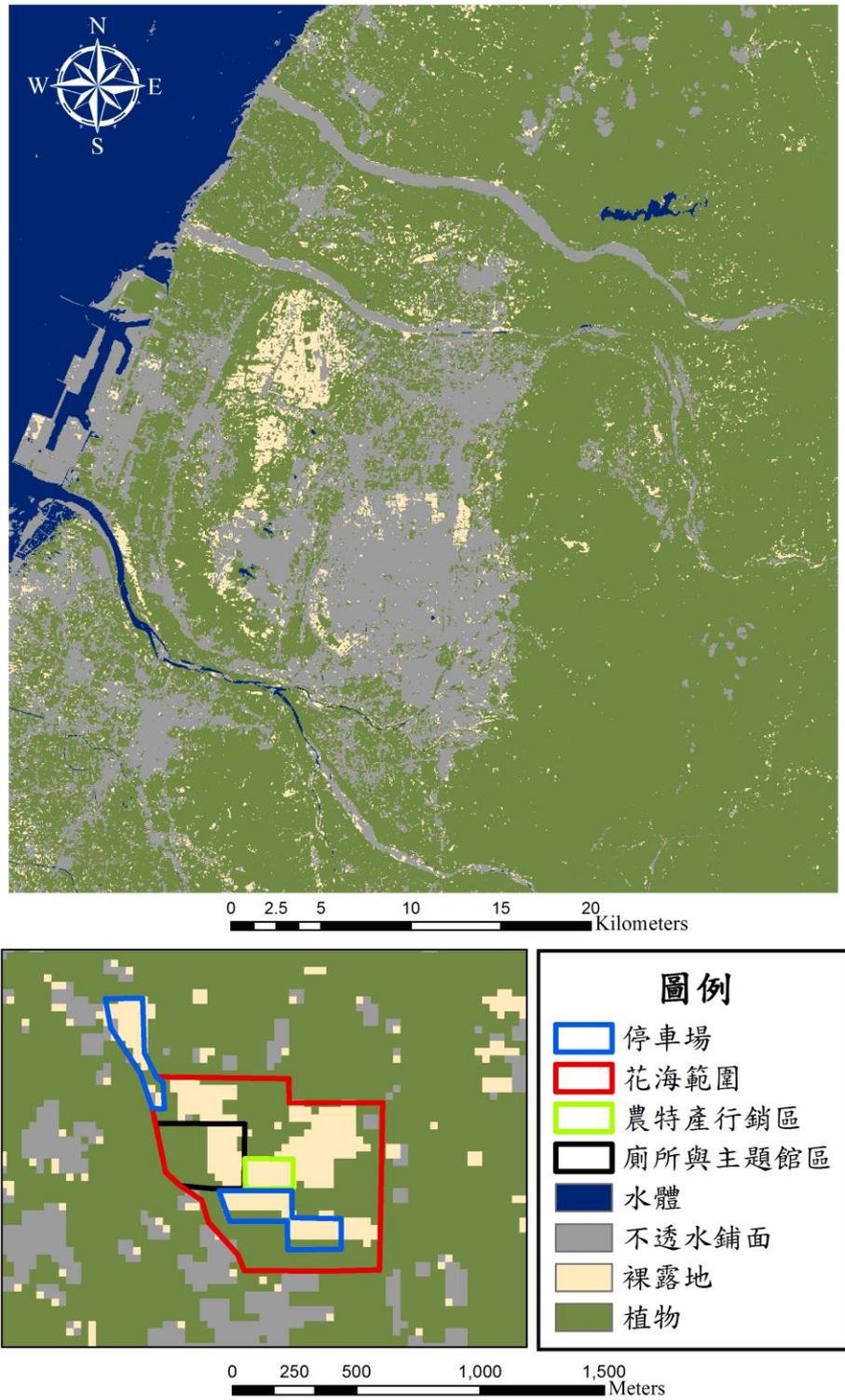


圖 10 非花海季節 2014 年 10 月 19 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖)

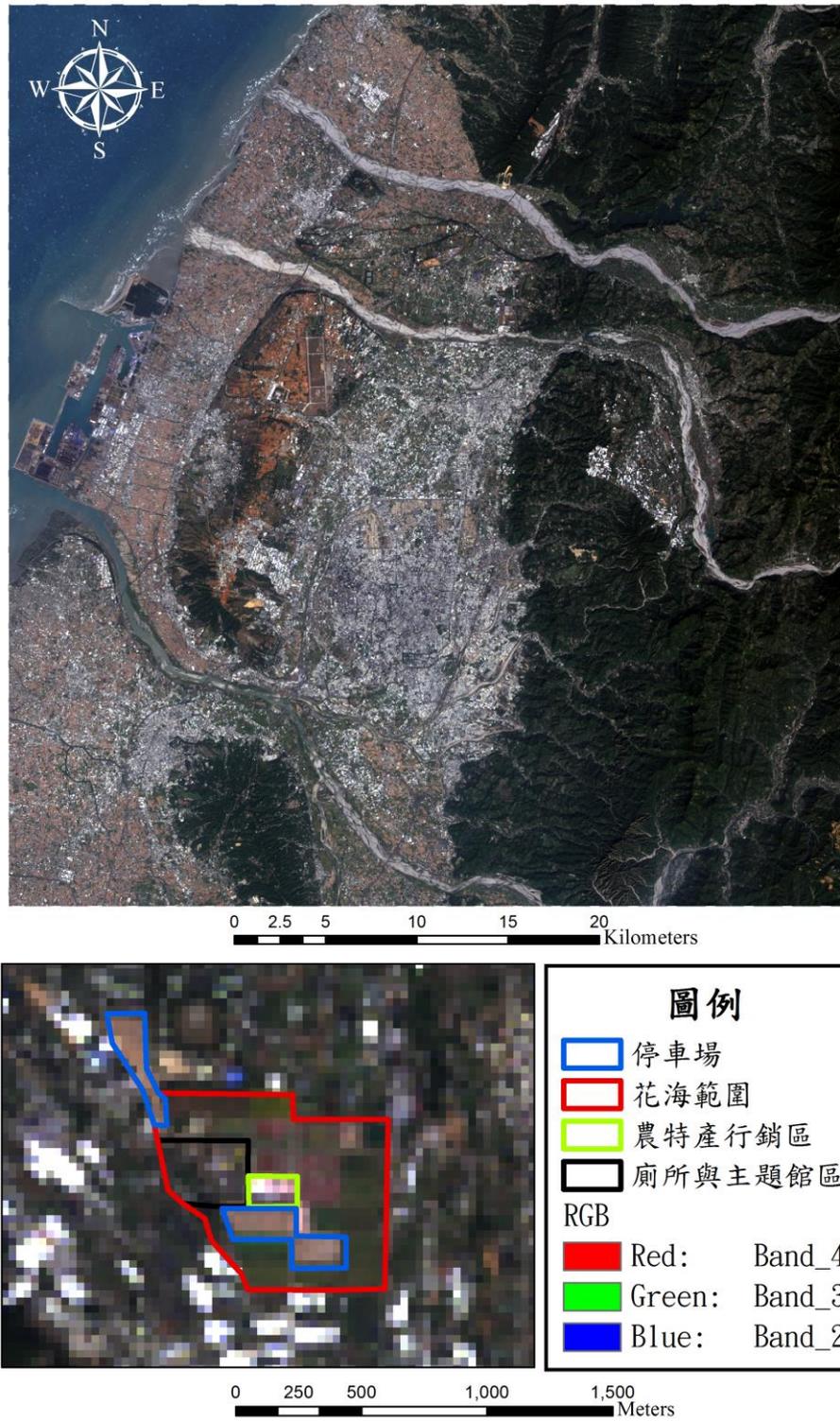


圖 11 花海季節 2013 年 11 月 17 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖)

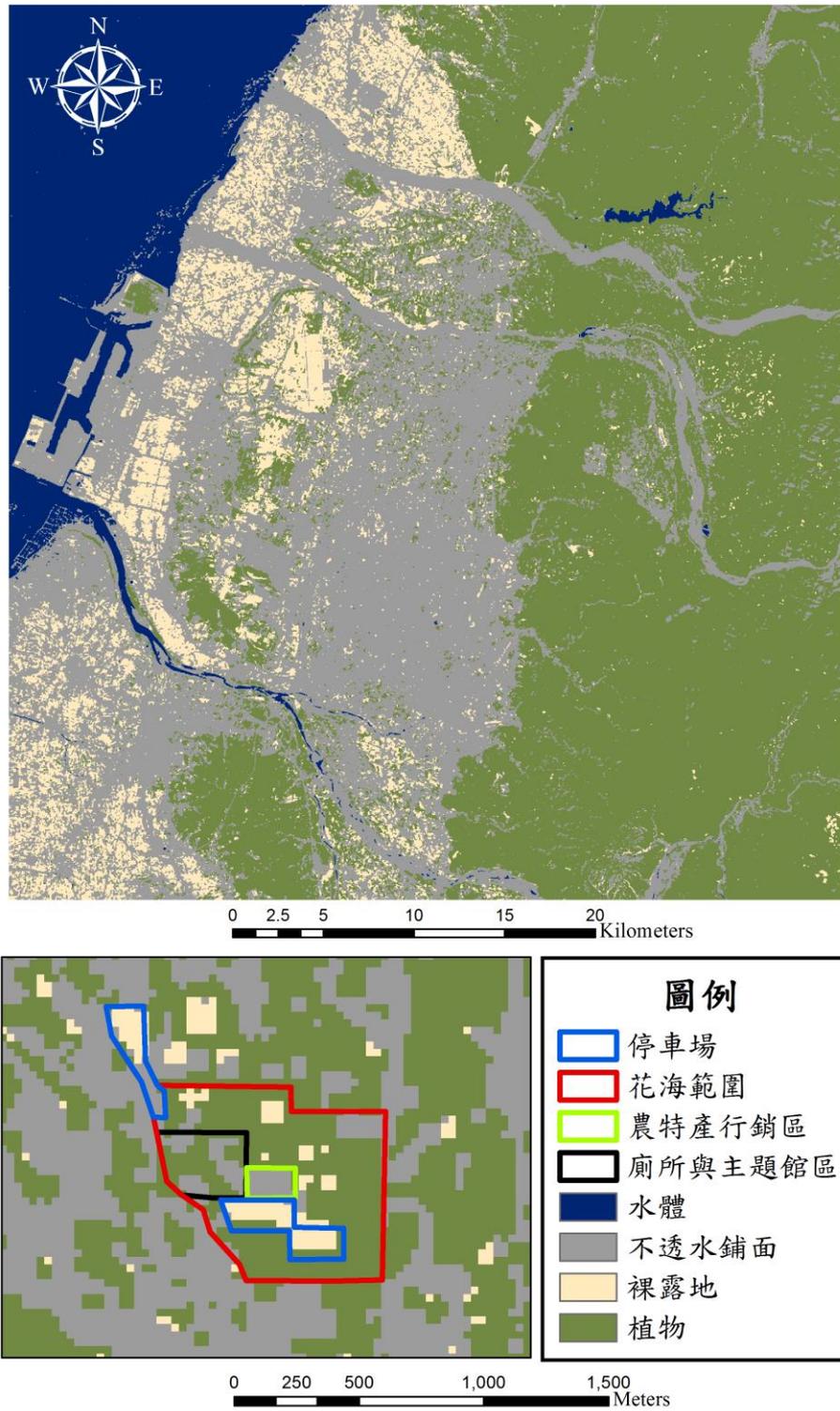


圖 12 花海季節 2013 年 11 月 17 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖)

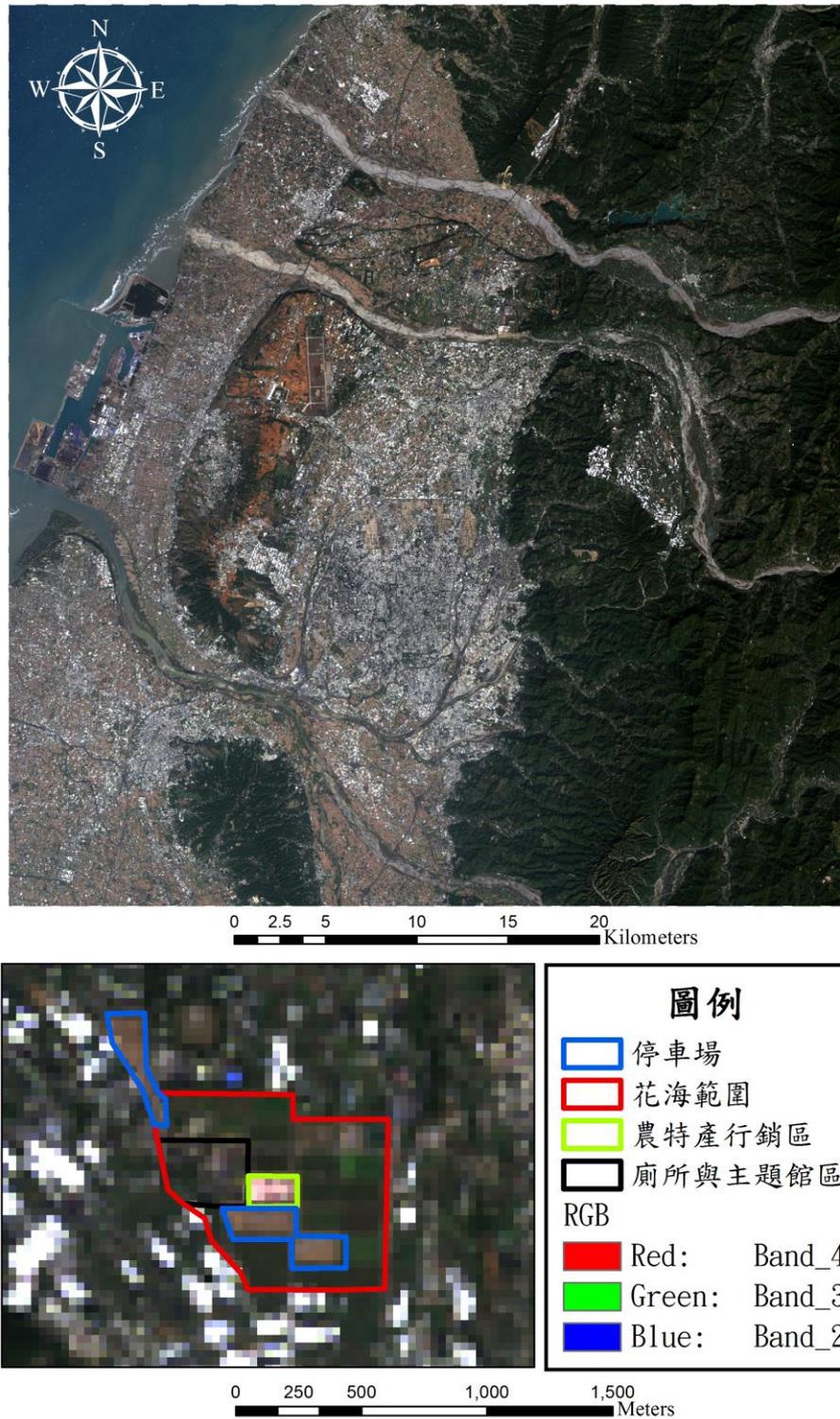


圖 13 花海季節 2014 年 12 月 6 日之衛星影像(上圖)與花海範圍衛星影像(下圖)

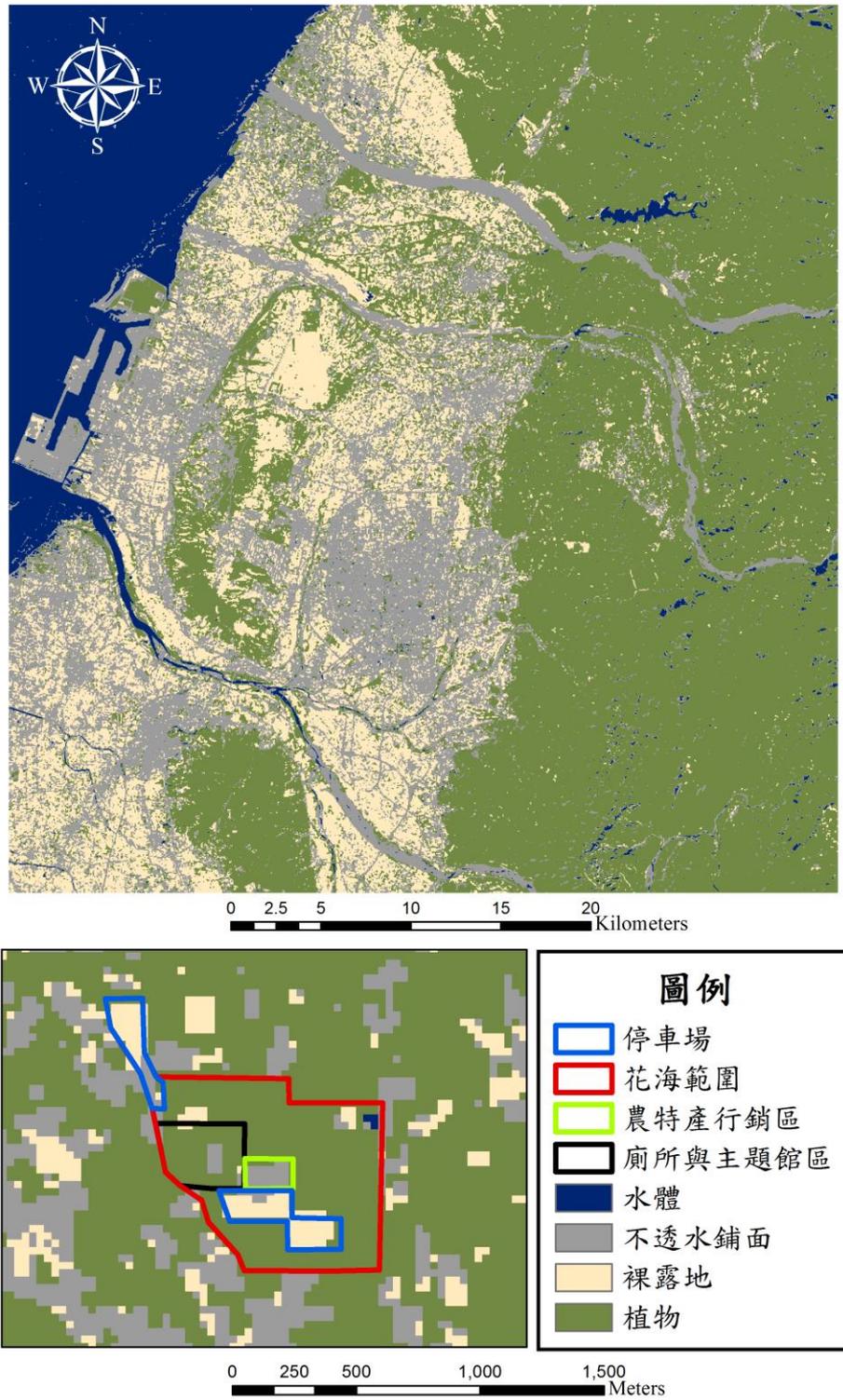


圖 14 花海季節 2014 年 12 月 6 日之分類成果圖(上圖)與花海範圍分類成果(下圖)

分類成果的部分：由以上幾張成果可以看出，花海季節的兩張成果圖中(圖 12 與圖 14)，可以看出其地物分類結果與圖 3 的花海場地配置圖相當吻合，其中圖 12 的植物區塊有少許像元分類成裸露地使用，推測其原因可能是因為花海中的人行步道以及大型裝置藝術品有關，停車場的區域除了少許密集分布的不透水鋪面像元以外，其他多為裸露地使用與實際情況相符，被分為不透水鋪面的部分，在參照 2013 年 11 月 17 日的 Google Earth 影像(圖 15)之後，可以合理推測為拍攝當下停車場有遊客車輛密集停放。

非花季的 10 月 19 日的地表覆蓋分類成果中，新社地區的不透水鋪面所佔比率較花季的兩個日期低，以裸露地覆蓋佔多數區域，研判可能為農作物採收後進行整地，準備為花海佈置做準備。

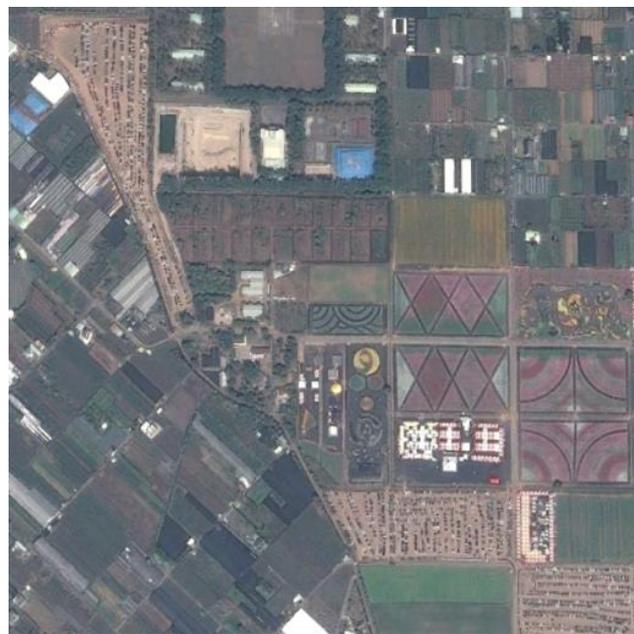


圖 15 2013 年 11 月 17 日 Google Earth 影像

第二節 反演溫度與實測溫度比較

為了瞭解地表溫度反演成果與實測氣溫之差異，本節透過中央氣象局屬氣象站資料的實測氣溫數據，比較 Landsat-8 影像所反演出來的地表溫度，並且為了確保溫度不受單一像元影響，採用測站為中心點，取 90 平方公尺之矩形作為檢核範圍，以範圍內地表平均溫度比較氣象站實測氣溫之差值。

圖 16、圖 17、圖 18 的上圖與下圖分別為 SW1 演算法與 SW2 演算法之 90 平方公尺範圍地表平均溫度與氣象局測站溫差圖，從以下三張溫差圖可以看出，氣象站實測氣溫與地表溫度的誤差值隨著季節的不同，其誤差值亦有所改變，多數測站溫差由 10 月至 12 月呈現下降之趨勢，此現象與氣溫於 10 月時均溫較高，導致氣溫與地表溫度差異性最高；反之，12 月氣溫相較於 10 月 11 月較低，因此溫差值最小。另外在這三張影像中亦可以觀察出同一趨勢，當測站位處於都市中或建築物密集之處，其氣溫與地表溫度差異性越高，如西屯、南屯等；反之，溫度差異較小的測站多為植物覆蓋密集之區域，如：大湖、中竹林等。

從以上現象可以得知地表溫度與氣象站溫度的溫差，跟氣象站測站所處位置之地表覆蓋有著極大關聯性，起因於不同地物擁有不同的比熱，因此本研究進行地表溫度反演成果與氣象站溫度的迴歸分析(regression analysis)時，氣象站的選取是以其為中心向外 90 平方公尺範圍內的地覆類別多數值(majority)進行檢驗，其中以不透水鋪面所占比率最高，因此選取三日地覆分類皆為不透水鋪面之測站進行溫度比較。

圖 19 至圖 24 的溫度比較圖中可以看出 10 月 19 日之相關係數(R-square)相較於其他天不理想，推測其成因為 10 月 19 日為研究日期內雲覆分布較多之日期，雖然本研究在進行溫度檢驗與統計時，皆有以人工判釋方式去除雲覆，但可能有部分較薄雲霧仍未能去除，導致薄雲造成地表溫度反演上的誤差。除此之外，根據張子瑩等(2005)的研究成果，水汽對於台灣地區的空气密度具有相當程度之影響，因此本研究將水汽含量設為固定值，有可能是相關係數不理想的成因之一，根據氣象局資料，10 月相較於其他月份為天氣較為炎熱的月份，雖然選定的氣象站周圍地物主要分類皆為不透水鋪面，但是因為不透水鋪面會包含多種不同地物類別，同理亦包含多種不同比熱，因此在分類類別較少無法區分地物細項的情況下，可能導致

地表溫度與空氣溫度之相關係數較低。

在三日的溫度比較圖中相關係數最高達 0.70(圖 23)，兩種演算法於三日之地表溫度與氣象站溫度相關係數皆相差不遠，並且皆以 SW2 演算法相關係數較高，顯示兩個所反演之溫度皆呈現相同趨勢，其成果與宋挺等(2014)研究成果相似，SW2 演算法對於輸入參數之敏感度較高，反演地表溫度與空氣溫度之溫差相對也較低，代表本研究之溫度反演成果具有一定可信度。



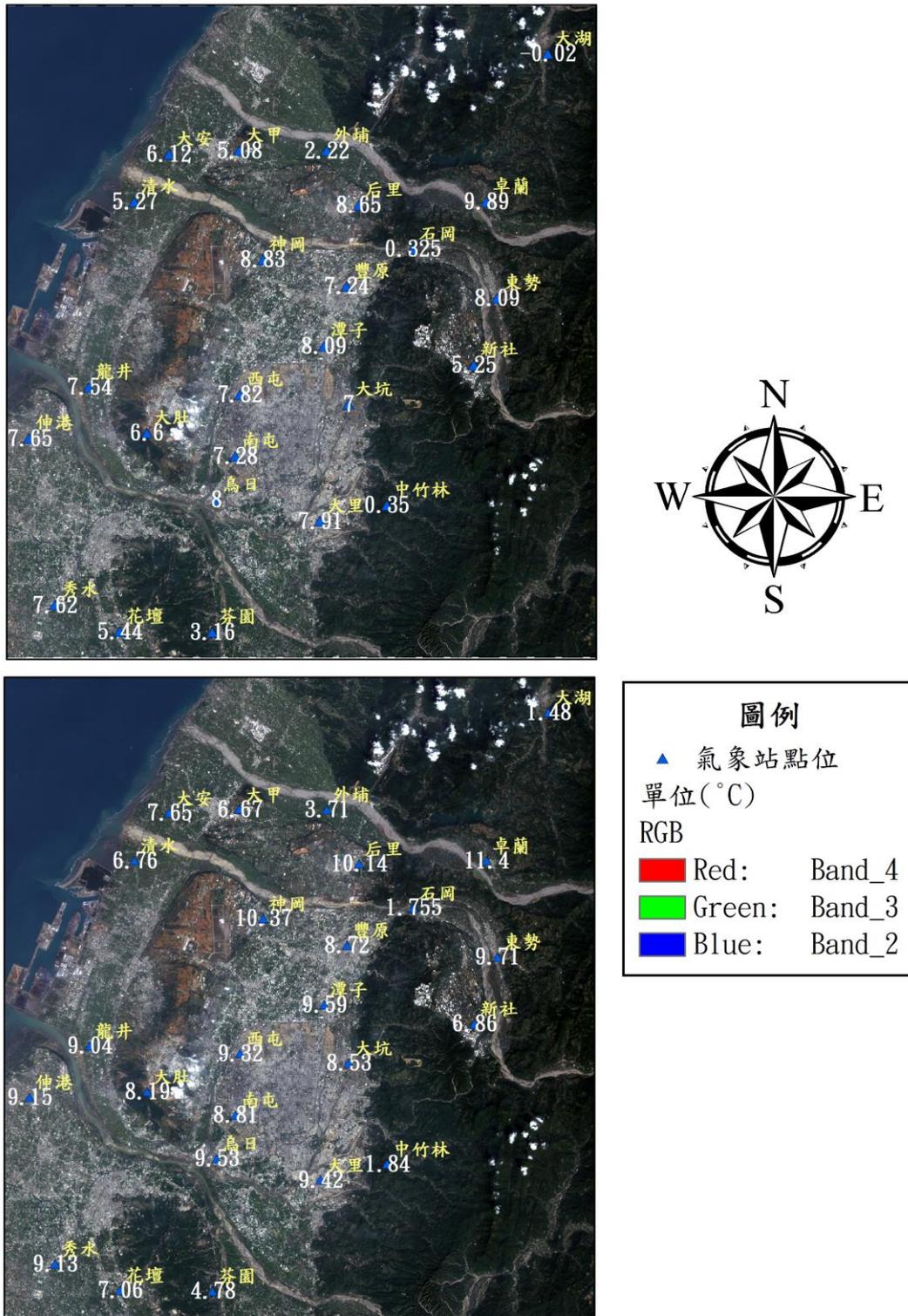


圖 16 2014 年 10 月 19 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖)

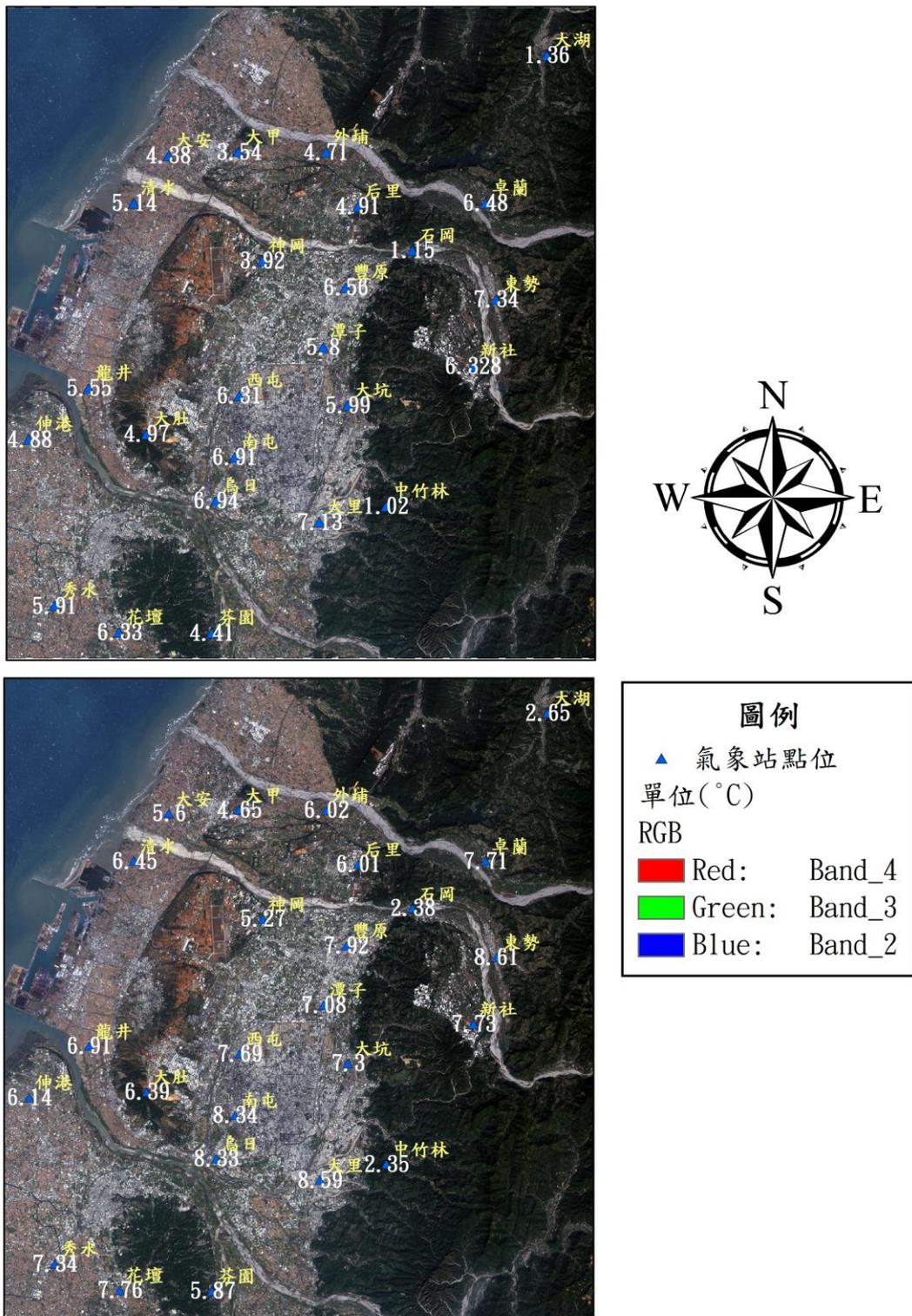


圖 17 2013 年 11 月 17 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖)

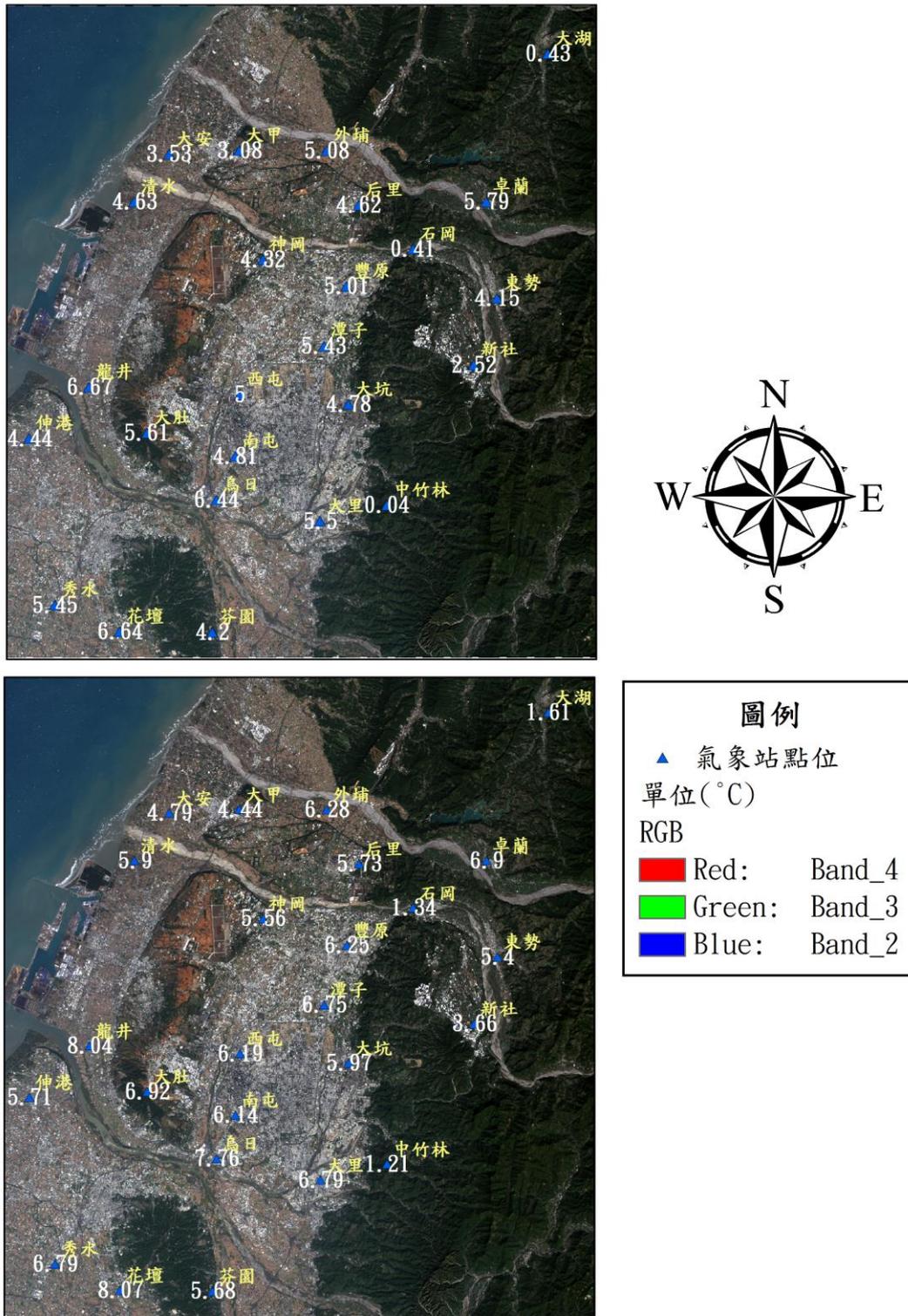


圖 18 2014 年 12 月 6 日 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫差圖，SW1 演算法(上圖)、SW2 演算法(下圖)

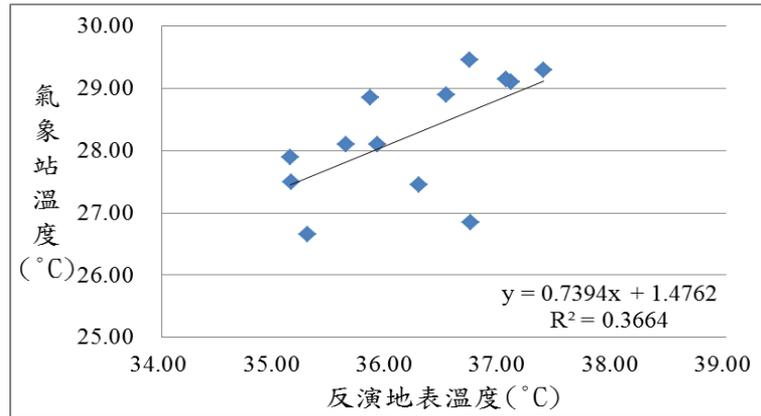


圖 19 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

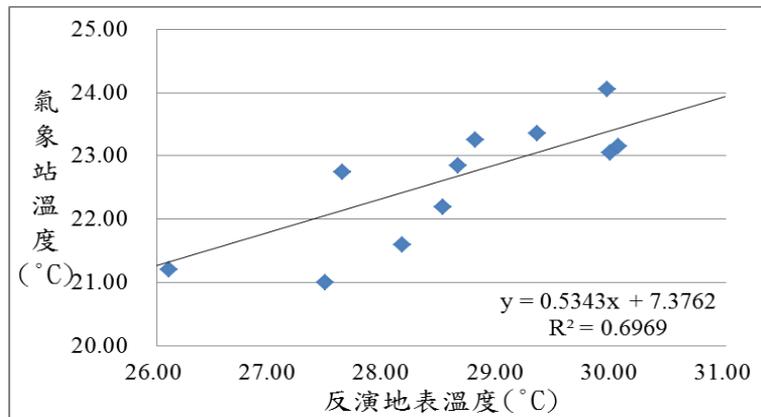


圖 20 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

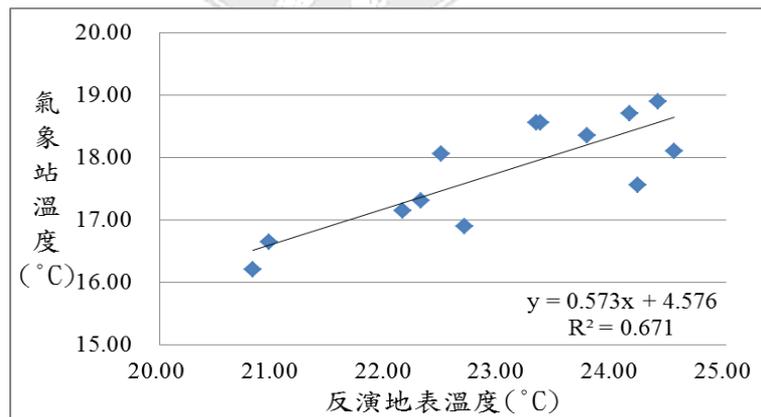


圖 21 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

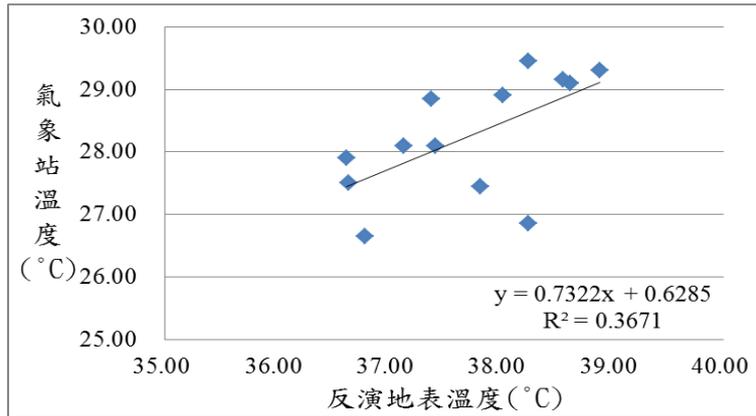


圖 22 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

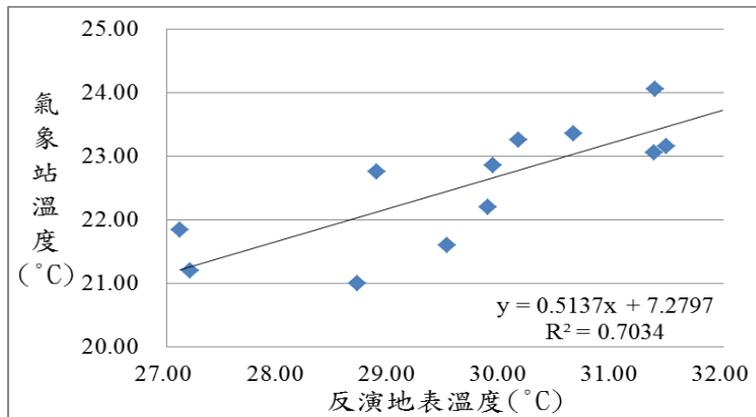


圖 23 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

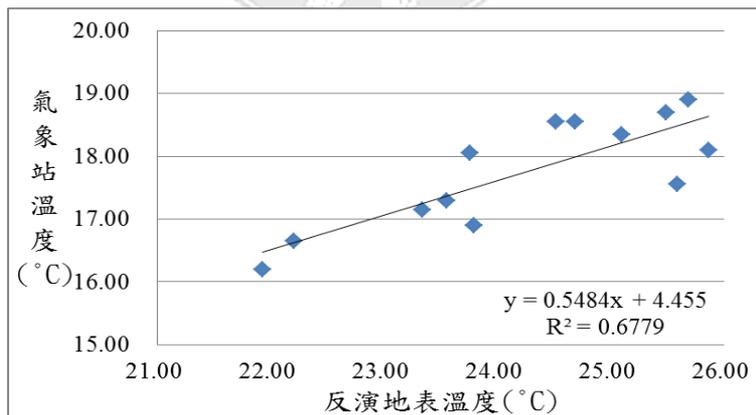


圖 24 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法 90 平方公尺範圍地表平均溫度與固定氣象站溫度比較圖

第三節 地表溫度反演成果

本節透過兩種演算法的成果，探討花海範圍中不同土地覆蓋與其地表溫度之不同，並藉由兩種成果重複確認花海範圍於新社地區的熱島強度，針對兩種成果進行分析。

圖 25 與圖 29 之展示為 2014 年 10 月 19 日非花海季節之花海範圍溫度成果，由兩種算法的成果圖可以看出地表溫度分佈有高有低，僅在花海活動之廁所與主題館區以及農特產行銷區內的少許像元呈現出較高之地表溫度，其成因源於裸露地之土地覆蓋，但其他範圍有出現相較於上述兩地區較低之溫度分布，溫度顏色呈現部分明顯有高溫之紅色與低溫的藍色分布，有別於花海季節之反演成果。

另外在花海季節的四張成果圖(圖 26、圖 27、圖 29、圖 30)，可以明確看出於該張圖之高低溫度範圍中，除了主題館區的鋪面與停車場的裸露地明顯為高溫之外，花海範圍內的植物地區整體溫度的呈現亦皆為較高溫之偏紅色呈現，有別於非花海季節的高低溫皆有，植物分布範圍相較之下為低溫之偏藍色情況，因此可以合理證實人潮的湧入對於該地區仍有相當程度之影響。

經過比照圖 3 的花海場地配置圖可以得知，較深紅色的高溫地區包含臺中農特產暨名產行銷區、廁所與主題館區及停車場範圍，以上地區經過資料照片顯示，其土地利用為布置人工造景或是搭滿棚架之區域、或是停車場區域，停車場的高溫地區主要集中在幾個網格區域，經由對照圖 15 可以發現左上角停車場有密集停放車輛現象，可以合理推測其成因為車輛停放所導致。

整體溫度呈現的部分在圖 25 與圖 28 非季節的溫度成果圖中，可以發現有別於與花海季節的溫度呈現，整體地表溫度的平均溫度較高，根據中央氣象局的資料，10 月 19 日非季節的溫度確實是比 11 月 20 日與 12 月 6 日的溫度較高，與本結果相符。

由表 5 與表 6 的呈現可以看出花海區對比周遭新社區域之熱島強度值，兩種算法之呈現結果皆顯示同一趨勢：兩個年度的花海季節熱島強度皆比非花海季節之 10 月 19 日較高，其中，2014 年 12 月 6 日之熱島強度與非季節日期相較之下，強度落差不像 2013 年明顯，其成因推測是因為 2014 年

的花海活動舉辦日期為 11 月 8 日至 12 月 7 日，依照往年的觀察，歷經近 1 個月的時間，活動已進入尾聲，花海中之花卉大多皆已凋謝，可能因為上述原因導致較少遊客與車流前往參觀。

另一方面 2013 年 11 月 17 日之熱島強度明顯高於非花海季節 10 月 19 日，同上述推測，因為 2013 年活動日期為 11 月 9 日至 12 月 8 日，11 月 17 日適逢活動舉辦之第二週假日時段，花卉相較於 12 月盛開許多、花海活動開始舉辦之消息也經過媒體對外宣傳播報，較多遊客得知訊息後，於該日期前往新社區參觀花海，因此造成 2013 年 11 月 17 日的熱島強度明顯高於同為花海季節的 2014 年 12 月 6 日，亦高於非花海季節之 2014 年 10 月 19 日。



表 5 SW1 演算法反演成果熱島強度計算表

季節時間	日期	花海區平均溫度(°C)	新社區內最低溫度(°C)	熱島強度
非花海季節	2014/10/19	32.70	22.95	9.75
花海季節	2013/11/17	27.56	16.24	11.32
	2014/12/06	22.08	11.83	10.25

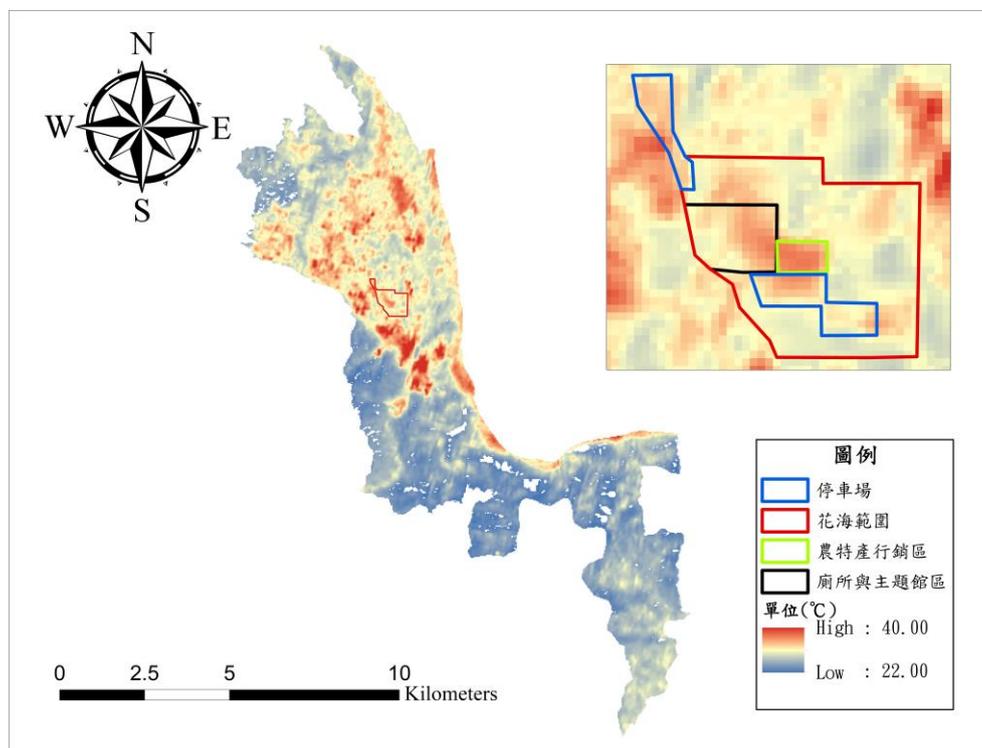


圖 25 非花海季節 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖

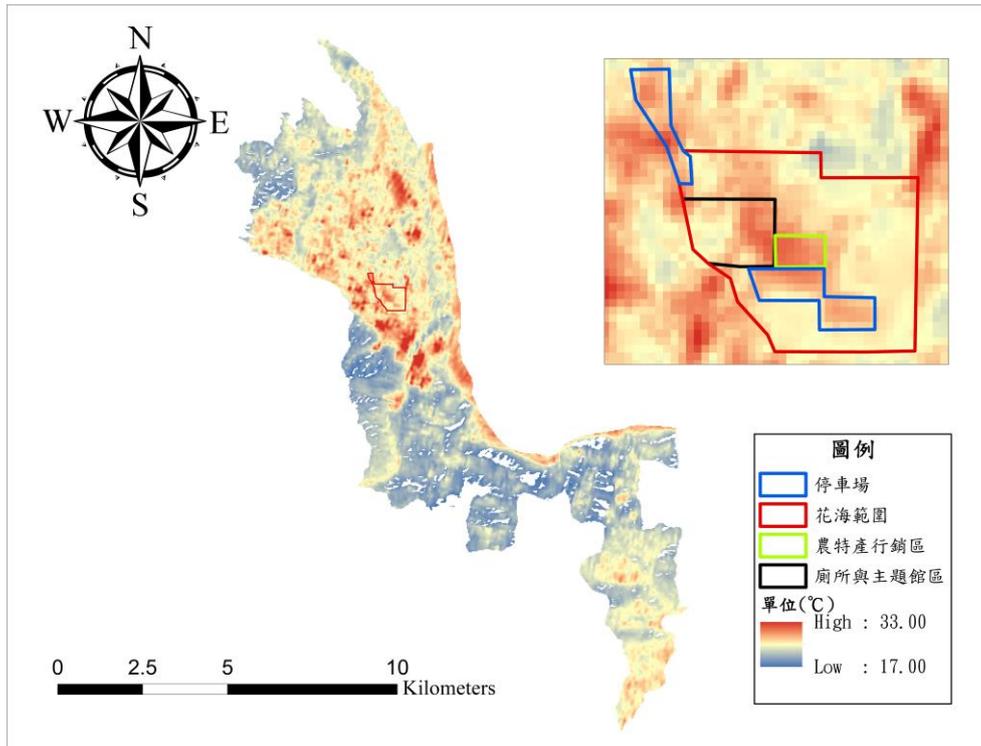


圖 26 花海季節 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖

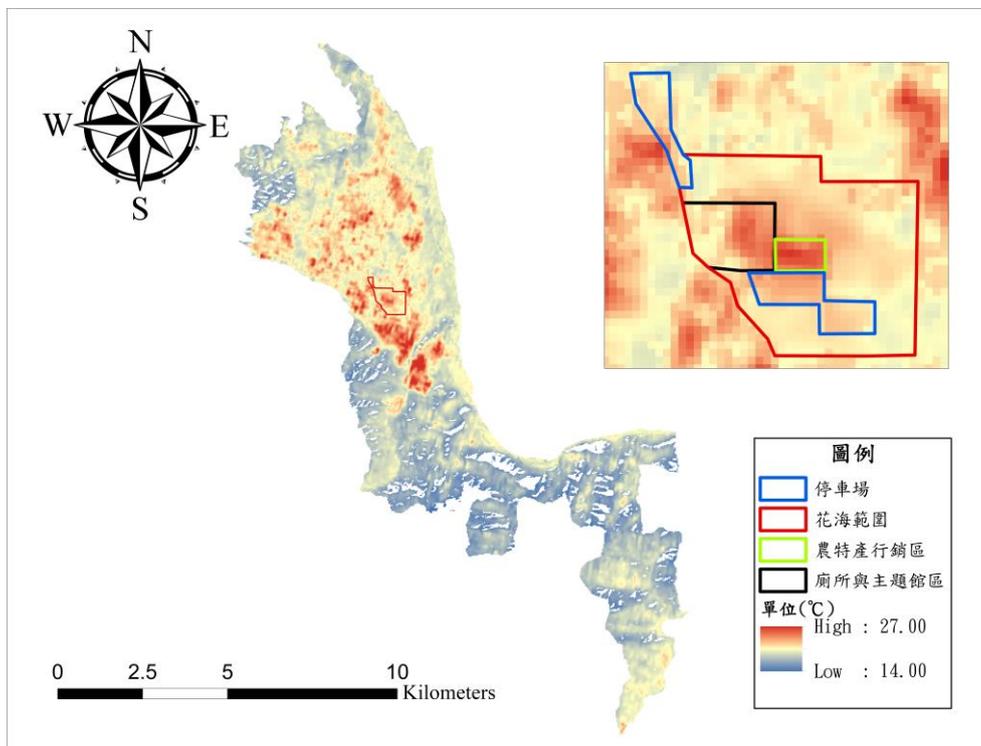


圖 27 花海季節 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法新社區地表溫度圖

表 6 SW2 演算法反演成果熱島強度計算表

季節時間	日期	花海區平均溫度(°C)	新社區內最低溫度(°C)	熱島強度
非花海季節	2014/10/19	34.22	24.05	10.17
花海季節	2013/11/17	29.00	17.29	11.71
	2014/12/06	23.37	12.95	10.42

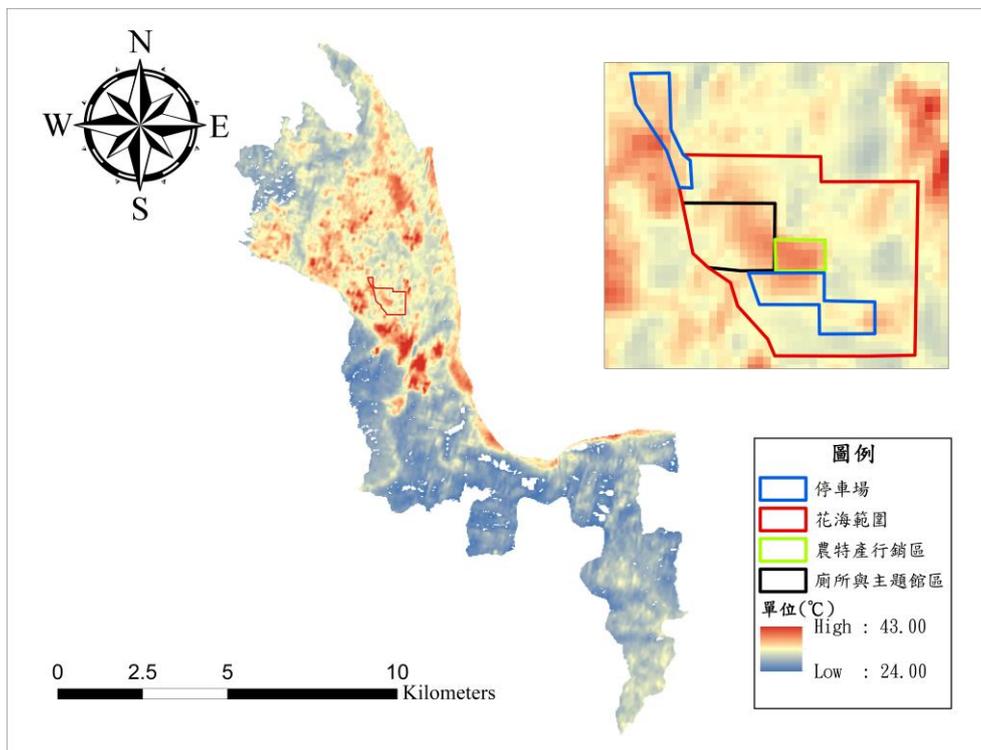


圖 28 非花海季節 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖

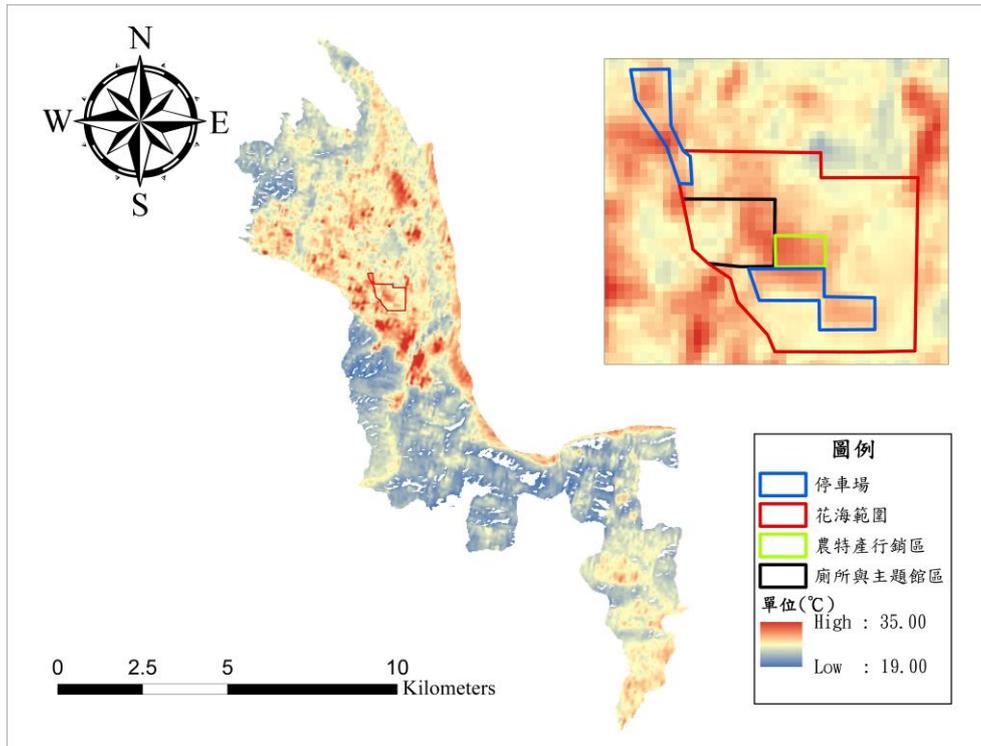


圖 29 花海季節 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖

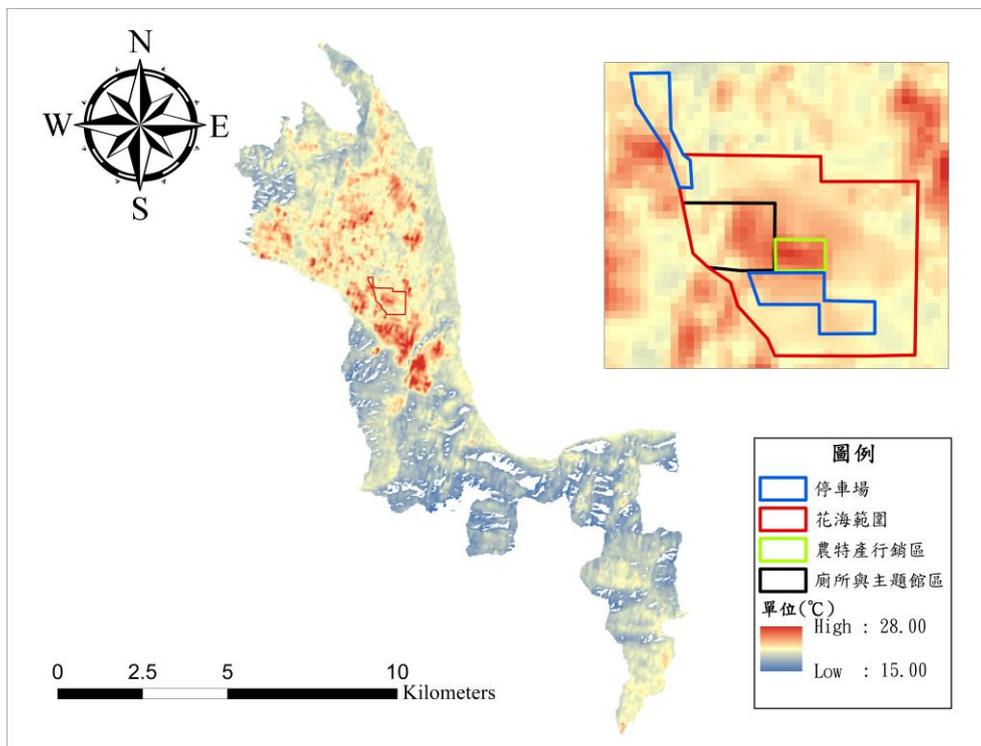


圖 30 花海季節 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法新社區地表溫度圖

第四節 高溫區分布探討

4.4.1 溫度分布

由圖 31 至圖 36 可以看出三個日期的臺中地區高溫地區分布情況大致相似(圖中白色區塊為雲覆處)，其中臺中市的都市區域之地表溫度明顯高於周圍山區，但也可以觀察到幾處溫度較低之區域散佈在都市中綠地較密集的地方，如臺中市區內的中山公園與國立自然科學博物館，與周遭高溫環境相較之下，形成都市中的冷島區域。

整個溫度反演成果圖中亦有三個研究日期溫度皆明顯高於周遭地區之區域，如太平區工廠密集區域連接周邊大里工業區一帶，與位於臺中市西邊梧棲區臨海的臺中火力發電廠，此成果與前人(何佳薇，2011)之研究呈現相同，臺中市的高溫呈多個核心分布，藉由比照衛星影像原圖與溫度反演成果圖可以看出地表溫度的呈現與土地利用明顯有關。

除此之外，三個日期的海水溫度皆為相近的攝氏 23 度至 24 度之間，其成因為水體的比熱較其他物質高，因此海水溫度變化不大，其中 12 月 6 日的海水溫度顏色呈現紅色，原因為三個日期的最高溫與最低溫不同，12 月 6 日的最高溫相較於其他兩日之最高溫較低，因此顏色呈現上才會不同。

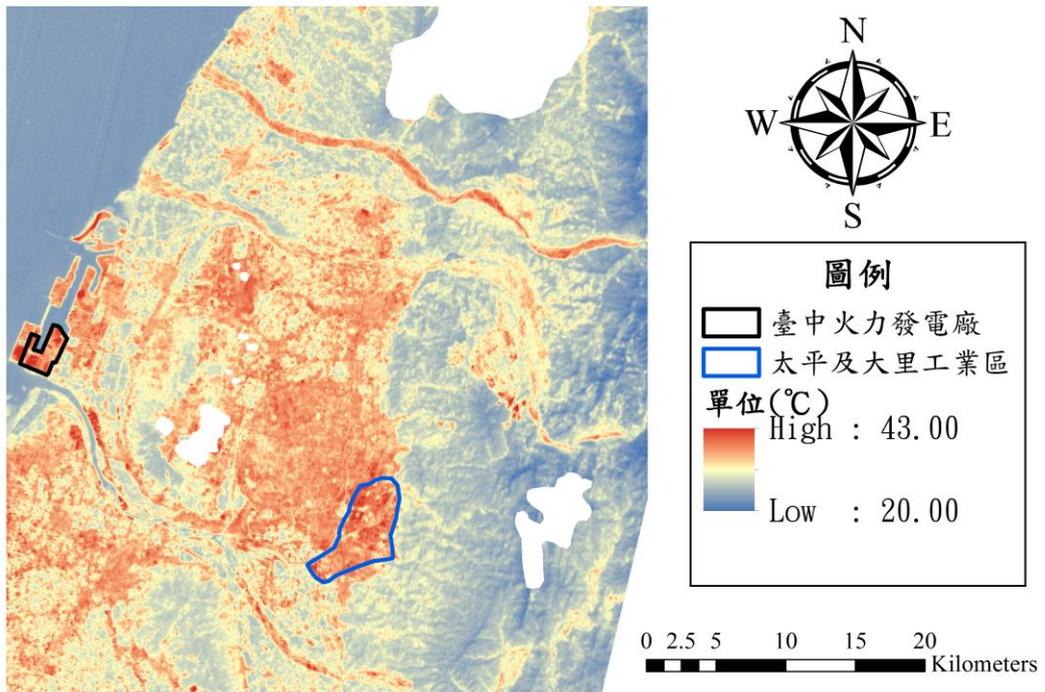


圖 31 2014 年 10 月 19 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖

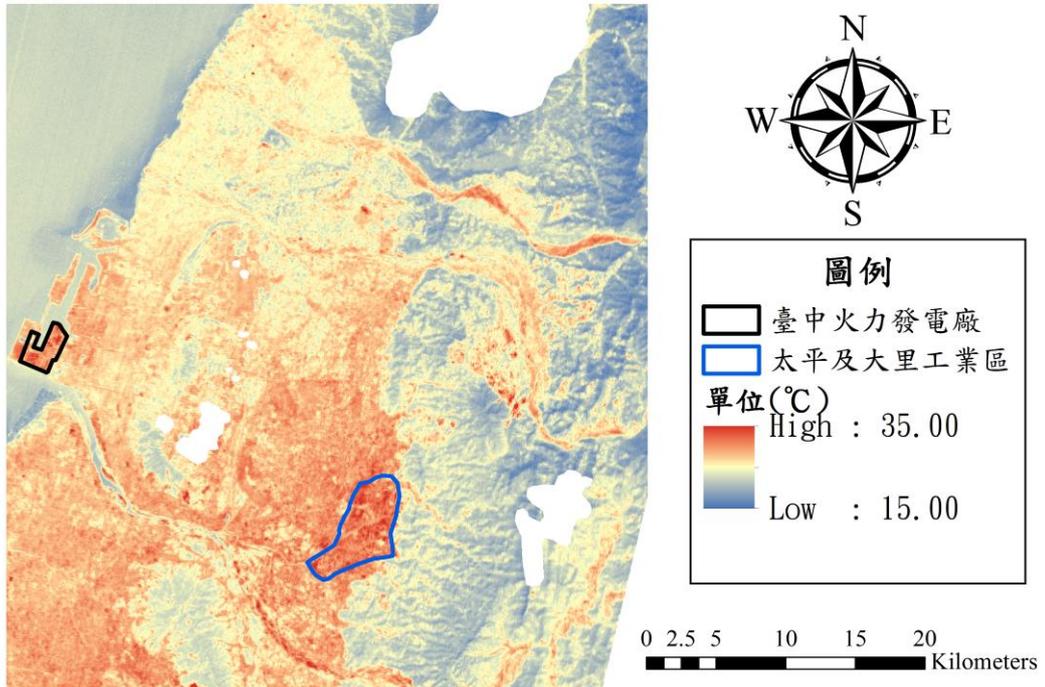


圖 32 2013 年 11 月 17 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖

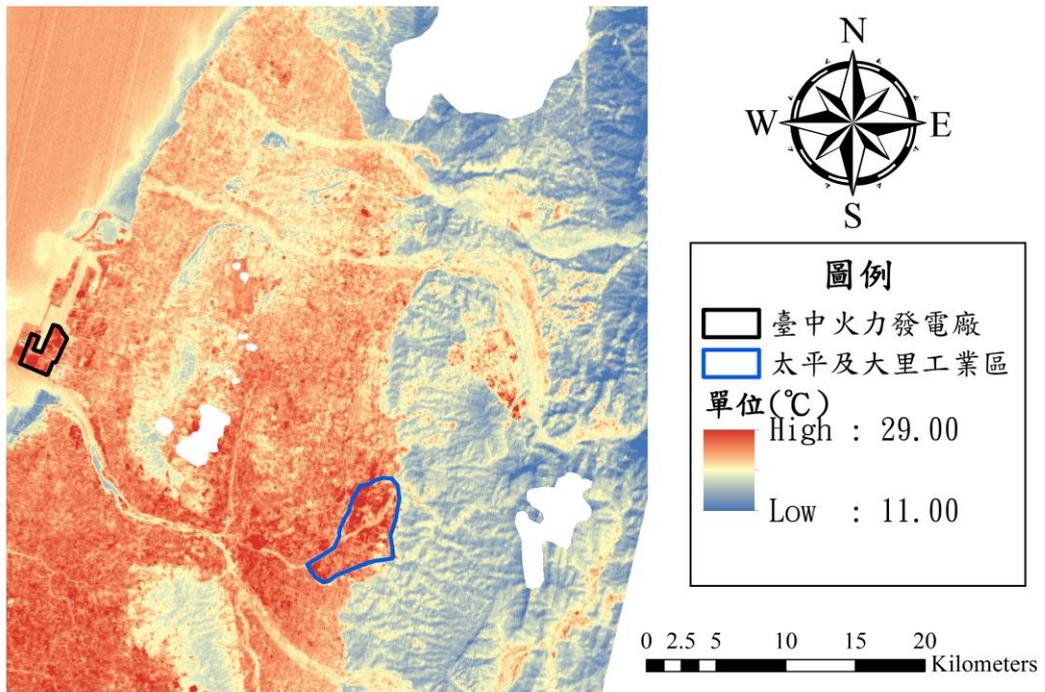


圖 33 2014 年 12 月 6 日 SW1 演算法全分類範圍溫度反演圖

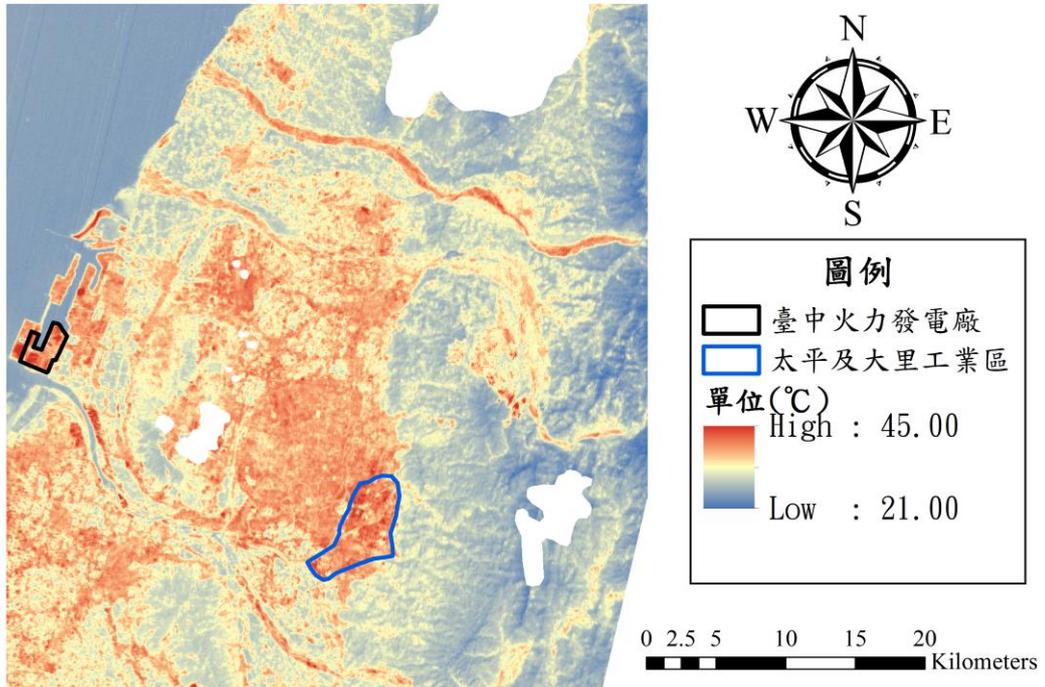


圖 34 2014 年 10 月 19 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖

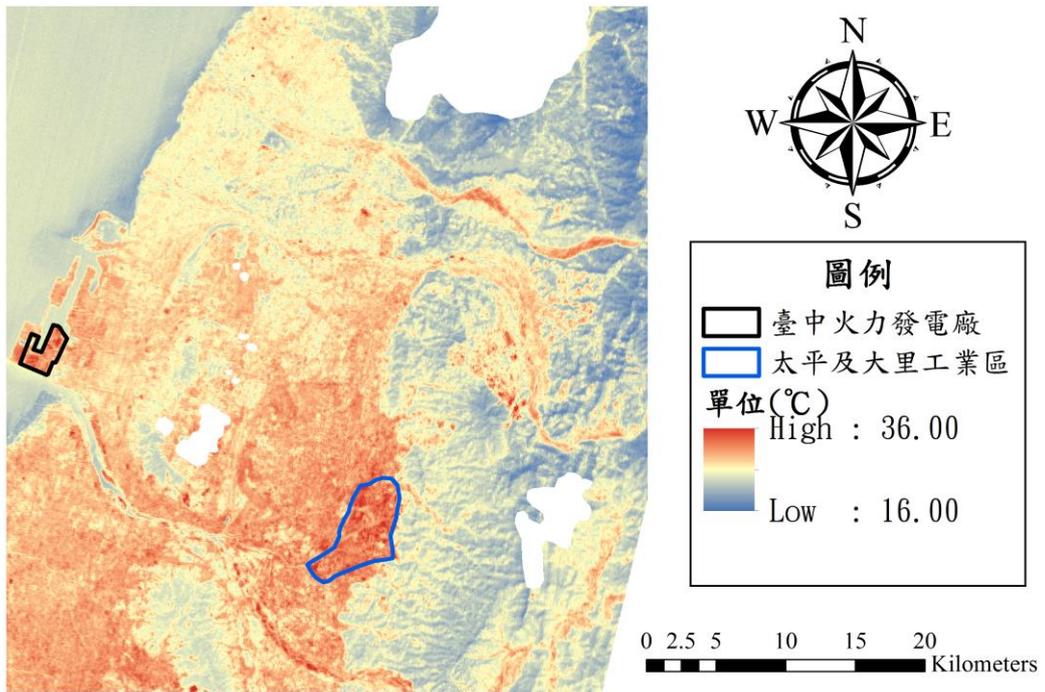


圖 35 2013 年 11 月 17 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖

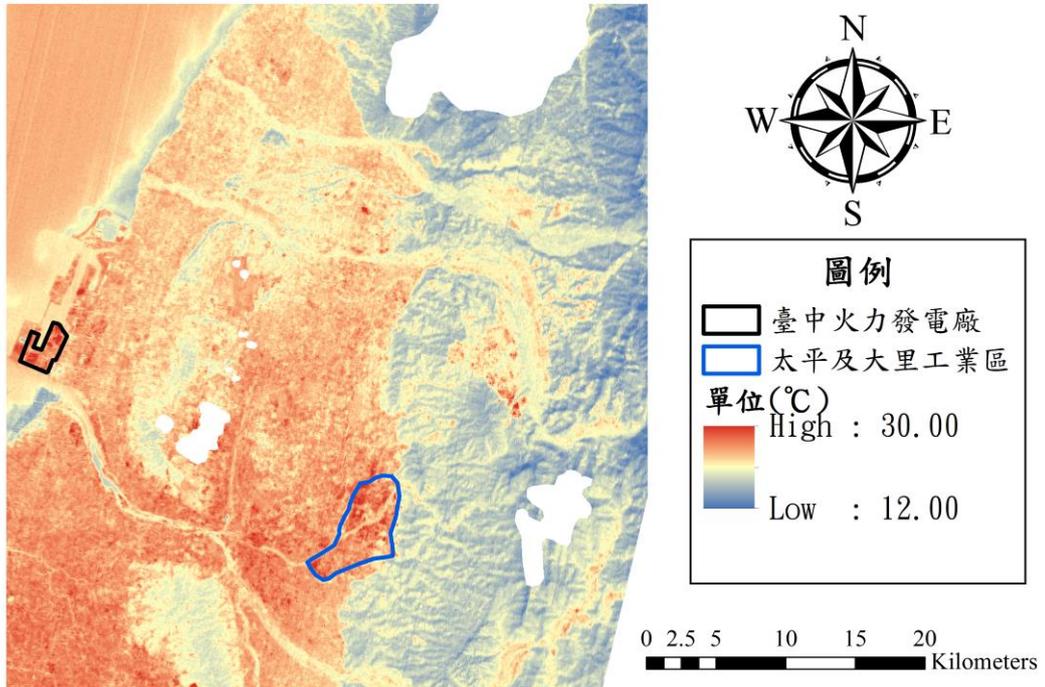


圖 36 2014 年 12 月 6 日 SW2 演算法全分類範圍溫度反演圖

4.4.2 新社區與其他高溫區比較

遊客為了前往會場賞花，大批人、車流相繼湧入新社區，新社花海活動所帶來的影響勢必不僅於花海周邊範圍，因此為了全面性的探討每年舉辦花海活動對於新社地區的影響，本研究使用臺中市其他高溫地區與新社地區的反演地表溫度做比較，高溫區域採用上一節所提及的兩個區域，分別為：太平區工廠密集之區域與周邊大里工業區一帶，以及臺中火力發電廠。臺中工業區雖然溫度也明顯高於其他地區，但因為 2014 年 10 月 19 日適逢雲及雲影所覆蓋，故不納入比較。

比較方式是將高溫區作為與新社區比較之基準，藉由取得新社地區之平均溫度與兩個高溫區之平均溫度進行比較，假設花海季節期間遊客與大量車流湧入新社地區，對新社區域造成地表溫度的升高，新社區之平均地表溫度將會較接近高溫區之平均溫度；反之，非季節時間由於沒有大量遊客與車流影響，新社地區的平均溫度會明顯低於臺中市其他高溫區，因此非花海季節溫度落差值就會大於花海季節期間之落差，意即藉由兩地區溫度的差異性，檢視新社區於花海活動舉辦期間是否有溫度之變化。新社區的土地覆蓋在三個日期的影像中可以看出並無太大變化，因此可以排除土地利用變化對地表溫度的影響，針對遊客與車流大量湧入對新社區地表溫度變化做探討。

下列表 7 至表 10 可以看出其計算結果與上述假設相同，非花海季節新社區與其他高溫區之平均溫度差明顯高於花海季節之落差，其兩者間溫度相減最大更達到 3 度，以上成果顯示新社區兩年花海季節之平均溫度，跟臺中市兩個高溫區的平均溫度相比，確實有明顯上升逼近高溫區之現象，因此可以合理的研判，花海期間大量的遊客與人潮湧入，確實對於新社區的地表溫度產生影響。

表 7 SW1 演算法新社區與太平大里高溫區比較

季節時間	日期	新社區平均溫度(°C)	太平大里平均溫度(°C)	溫差(°C)
非花海季節	2014/10/19	29.54	37.70	8.16
花海季節	2013/11/17	24.76	31.49	6.73
	2014/12/06	19.51	24.76	5.25

表 8 SW1 演算法新社區與臺中火力發電廠高溫區比較

季節時間	日期	新社區平均溫度(°C)	臺中火力發電廠平均溫度(°C)	溫差(°C)
非花海季節	2014/10/19	29.54	38.14	8.60
花海季節	2013/11/17	24.76	30.27	5.51
	2014/12/06	19.51	25.55	6.04

表 9 SW2 演算法新社區與太平大里高溫區比較

季節時間	日期	新社區平均溫度(°C)	太平大里平均溫度(°C)	溫差(°C)
非花海季節	2014/10/19	31.01	39.23	8.22
花海季節	2013/11/17	26.11	32.93	6.82
	2014/12/06	27.70	26.09	5.39

表 10 SW2 演算法新社區與臺中火力發電廠高溫區比較

季節時間	日期	新社區平均溫度(°C)	臺中火力發電廠平均溫度(°C)	溫差(°C)
非花海季節	2014/10/19	31.01	39.60	8.59
花海季節	2013/11/17	26.11	31.63	5.52
	2014/12/06	20.70	26.92	6.22

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究以臺中市新社花海節為研究對象，以 2013 年及 2014 年兩個年度共計三張 Landsat-8 影像進行地表溫度反演，結合兩種劈窗演算法，由圖 25 至圖 30 之成果顯示新社花海節所帶來的大量人、車流確實對新社區帶來地表溫度的上升，使花海範圍溫度與周遭郊區相比，呈現熱島現象。

花海活動範圍內溫度成果顯示不同地表覆蓋物確實對地表溫度有不同的影響，但在同為植物的地區裡，非花海季節的植物範圍於該日期的溫度範圍內呈現為較低溫的淺藍色，但是在花海季節中兩個日期的溫度範圍中皆為溫度偏高的淡紅色，並且藉由新社區平均溫度與臺中市高溫區之平均溫度相比顯示，在 2013 與 2014 年的花海節期間，大量人潮與車流湧入對新社區的地表溫度確實帶來顯著的影響，此兩年參觀人次總計達 526 萬，一共帶動周邊近 35 億之商機，由此可見新社花海節規模之盛大，也與本研究之成果相互呼應。

藉由比較氣象站實測溫度與溫度反演成果，可以看出土地覆蓋的不同對地表溫度有相當程度之影響，測站設置於不透水鋪面與裸露地之溫差，遠高於林地中的測站，因此可以確認人工不透水鋪面大量的吸熱，對於地表溫度之影響。比較新社區與臺中市其他高溫區之平均溫度差值，可以看出相較於 2014 年 10 月 19 日的非花海季節，花海舉辦日期的 2013 年 11 月 17 日與 2014 年 12 月 6 日的均溫皆明顯逼近高溫區，可以證實臺中市新社花海節之舉辦，確實會對新社區帶來溫度之變化。

針對上列敘述，本研究得到下列幾點結論：

- (1) 新社花海舉辦季節花海範圍整體溫度較高，且高溫分佈主要集中在若干區域，其高溫區域比對圖 3 可以得知為人工造景與不透水鋪面等，因此可以得證，土地覆蓋物的不同確實會影響地表溫度變化。
- (2) 地表溫度與空氣溫度間必然會因不同環境與其他因素的影響，存在相當程度之落差，因此以固定氣象站法所得到之溫度做檢驗，必然會有一定之誤差，影響因素包含設站點位與站點周遭之環境條件與土地覆蓋。
- (3) 花海範圍中，高溫地區多為裸露地使用，低溫地區則為植物覆蓋，顯示

綠化程度與溫度之相關性，研究成果與前人研究相符。

- (4) 相同停車場同為裸露地使用的地區，亦有高低溫分佈不同之特點，其高溫區域根據 Google 影像得知是車輛密集停放與進出之區域。
- (5) 花海活動短時間大規模的人潮與車流湧入，對新社區溫度變化有相當程度之影響。



第二節 建議

衛星影像與遙測技術的普及與發展，確實有效提高大尺度的監測，但衛星影像同時面臨天氣影響，必須確認影像是否受雲霧影響，因此研究上會有所限制，另外土地利用分類與地表溫度反演的過程易受薄雲霧干擾。氣象站分布亦不可能如研究需求，因此在進行研究與文獻回顧後，得到下列幾點建議：

- (1) 為了輔助衛星影像拍攝時間限制之特性，以及增加溫度檢驗資料，排除固定氣象站本身各項影響因素，後續研究若非探討過去時間，可以查詢影像拍攝日期結合移動觀測法實測空氣溫度，達到兩組驗證溫度資料。
- (2) 從許多先進的研究與本研究成果，得知植物密集覆蓋的區域確實能減緩地表溫度攀升，因此都市區域可以廣設綠地，確保都市舒適的人居環境，亦可有效減緩高密度發展區的微氣候變化。
- (3) 地表溫度與空氣溫度存在一定關係，但地表溫度仍不能取代空氣溫度詮釋熱島效應的能力，因此結合多種觀測法與多時序的衛星資料，取得多種資料，進而得到地表溫度與空氣溫度穩定的關係式，將使地表溫度更具詮釋熱島效應之能力。
- (4) 花海活動大量車流湧入確實對新社區帶來地區溫度的變化，增溫加快會使對流增強，可能導致更強烈降雨現象的產生，使該地區淹水機率提升。因此於往後活動舉辦前，可以廣設大眾運輸搭乘點位，鼓勵賞花民眾搭乘大眾運輸，藉此降低車輛湧入帶來的環境影響。
- (5) 後續研究可以增加活動項目，藉由比較不同性質的季節活動、並在活動期間取得實測溫度資料與人、車流資料，探討人流與車流對於地表溫度的影響程度大小。

此外，臺中市於 2018 年 11 月 3 日至 2019 年 4 月 24 日將舉辦臺中世界花卉博覽會，期間適逢元旦假期、春節連假與清明連假等，必定會吸引大量人潮與車流擁入后里區、外埔區與豐原區，建議相關單位進行下列幾點規劃：

- (1) 參考新社花海節舉辦情形，兵棋推演花卉博覽會可能面臨之問題。
- (2) 落實行車動線規劃與大眾運輸分配，假日與連假實行車輛高乘載管制並

加開大眾運輸班次。

- (3) 園區規劃建置以透水鋪面為首選，建物外觀採牆面綠化，善用植栽控制氣流，減少環境改變與微氣候變化。
- (4) 宣導民眾搭乘大眾運輸，可輔以園區消費優惠等誘因增加民眾搭乘意願。
- (5) 加強人員行前訓練，建立上層與基層良好的問題回報與改善溝通管道，於最短時間內解決突發狀況。



參考文獻

一、 中文部分

- 交通部中央氣象局(2009)。1897~2008 臺灣氣候變化統計報告。上網日期：2016 年 8 月 15 日，檢自 http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/clm/rep/2008_rep.pdf
- 李如仁、賁忠奇、李品、秦文清 (2016)。基於 Landsat-8 的煤火監測方法研究。《煤炭學報》，41(7)，1735-1740。
- 李明晃 (2004)。《都市公園與局地氣溫效應之關係研究》。中國文化大學景觀學研究所碩士論文，臺北市。
- 何佳薇 (2011)。《臺中地區土地利用變化於熱島效應之研究》。逢甲大學土地管理學系碩士班碩士論文，臺中市。
- 宋挺、段崢、劉軍志、嚴飛、盛世傑、黃君、吳蔚 (2014)。基於 Landsat-8 衛星遙感資料的地表溫度反演演算法對比研究。《環境監控與預警》，6(5)，1-14。
- 吳明浩 (2010)。基於 RS 的徐州市地表溫度與植被指數關係研究。《資源與環境科學》，23。
- 周天穎 (2010)。《臺中地區都市變遷與熱島效應之影響因子分析與模擬》。行政院國家科學委員會成果報告。
- 房書平 (2015)。《政策行銷策略之研究—以臺中市新社花海活動為例》。國立中興大學國家政策與公共事務研究所碩士論文，臺中市。
- 陳昭銘、汪鳳如 (2000)。台灣地區長期暖化現象與太平洋海溫變化之關係。《大氣科學》，28(3)，221-241。
- 陳慧敏 (2004)。《綠覆率與地表溫度關係之研究》。中華大學土木工程學系碩士論文，新竹市。
- 孫振義 (2008)。《運用遙測技術於都市熱島效應之研究》。國立成功大學建築研究所博士論文，台南市。
- 孫振義、林憲德 (2006)。台南地區都市熱島強度全年變動之研究。《都市與計劃》，33(1)，51-68。
- 徐森雄、唐琦、陳品如、黃雅琳 (2007)。臺中市之都市化對氣溫變化之影響。《作物、環境與生物資訊》，4(4)，307-313。
- 張子瑩、劉說安 (2005)。利用 Landsat 資訊反演大氣溫度以評估熱島效應之

- 強度。 *航測及遙測學刊*，10(4)，385-392。
- 張佳華、李欣、姚鳳梅、李先華 (2009)。基于熱紅外光譜和微波反演地表溫度的研究進展。 *光譜學與光譜分析*，29(8)，2103-2107。
- 張苑菱 (2009)。 *臺中市都市熱島效應與土地覆遞影響之研究*。逢甲大學土地管理學系碩士班碩士論文，臺中市。
- 張小偉、何月、蔡菊珍、李正泉 (2010)。基於 GIS 的浙江省土地利用/覆蓋與地表溫度的關係。 *中國農業氣象*，(31)2，295-299。
- 張詠婷、劉耀云、吳宜靜、趙芝良 (2014)。行動參與新「花」現—以 2013 新社花海系列活動為例。 *地理資訊系統季刊*，8(4)，24-28。
- 覃志豪, Minghua, Z., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001)。用陸地衛星 TM6 數據演算地表溫度的單窗算法。 *地理學報*，56(4)，456-466。
- 楊龍士、楊倍航、何佳薇、葉美伶、周天穎 (2016)。都市熱島效應於產業發展及其影響因子分析之研究。 *航測及遙測學刊*，20(1)，29-42。
- 趙英時 (2003)。 *遙測應用分析原理與方法*。北京：科學出版社。
- 廖峯淇 (2009)。 *土地利用型態組成與都市微氣候關係之實測研究-以臺中市為例*。逢甲大學建築系研究所碩士論文，臺中市。
- 鍾依萍、周明燕、蔡瑜卿 (2015)。種苗科技專訓，上網日期：2016 年 6 月 20 日，檢自 <http://www.tss.gov.tw/>。
- 簡子翔 (2013)。 *臺北都會區熱環境與熱島效應解析之研究*。國立政治大學地政學系研究所碩士論文，臺北市。
- 嚴綾 (2012)。 *應用衛星資料探討大台北地區都市熱島效應之時空分布*。國立中央大學太空科學研究所碩士論文，桃園市。
- 羅宏宇、周婷婷、陳文惠 (2010)。基於 ETM+ 影像的土地覆蓋類型與地表溫度相關性研究。 *亞熱帶資源與環境學報*，(5)2，75-80。
- 二、 英文部分

Anding, D., & Kauth, R. (1970). Estimation of sea surface temperature from space. *Remote Sensing of Environment*, 1(4), 217-220.

Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X., & Yin, Z. Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes, *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 133-146.

Department of the Interior U.S Geological Survey (2016). Landsat 8 (L8)

Data Users Handbook. Retrieved July 30, 2016, from <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>.

Xu, H. & Chen, B. (2004). Remote sensing of the urban heat island and its changes in Xiamen City of SE China. *Journal of Environmental Sciences*, 16(2), 276-281.

Jiménez-Muñoz, J. C., Cristóbal, J., Sobrino, J. A., Sòria, G., Ninyerola, M., & Pons, X. (2009). Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1), 339-349.

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(10), 1840-1843.

Jusuf, S. K., Wong, N. H., Hagen, E., Anggoro, R., & Hong, Y. (2007). The influence of land use on the urban heat island in Singapore. *Habitat International*, 31(2), 232-242.

Kjelgren, R., & Montague, T. (1998). Urban tree transpiration over turf and asphalt surfaces. *Atmospheric Environment*, 32(1), 35-41.

Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: a case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3249-3263.

Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.

Lo, C. P., & Quattrochi, D. A. (2003). Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69, 1053-1063.

Prabhakara, C., Dalu, G., & Kunde, V. G. (1974). Estimation of sea surface temperature from remote sensing in the 11-13 micron window region.

Qin, Z., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its

- application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-3746.
- Roerink, G. J., Su, Z., & Menenti, M. (2000). S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(2), 147-157.
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
- Song, Y. B. (2004). Influence of new town development on the urban heat island-the case of the Bundang area. *Journal of environmental sciences (China)*, 17(4), 641-645.
- Streutker, D. R. (2002). A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2595-2608.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Yuan, F., & Bauer, M. E. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 106(3), 375-386.