運用遙測光譜資料估算大尺度下高空間解析度的地表溫度

Estimating land surface temperature in large scale and high spatial resolution from remote sensing

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中華民國 101 年 12 月

太魯閣國家公園遙測大尺度高解析度地表溫度方法評估

Estimating land surface temperature in large scale and high spatial resolution from remote sensing

研究生: 林嘉郁

指導老師: 袁孝維 教授

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中華民國 101 年 12 月

目次

表次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅱ
圖次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・III
摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・IV
第一章 緒論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
　第一節 研究緣起與背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
　第二節 文獻回顧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2
第二章 研究細節・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
　第一節 研究假說・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
　第二節 研究目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
　第三節 研究重要性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
　第四節 研究方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
第三章 研究結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
　第一節 研究結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
第四章 討論與結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
　第一節 討論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
　第二節 結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18
第五章 施政建議・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・20
參考書目・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21

表次

表 2-1 中橫沿線氣象測站・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10

表 3-1 衛星溫度資料與地面測站溫度資料迴歸資料表・・・・・・・・・・・15

表 3-2 樹冠溫度資料與底層溫度資料迴歸資料表・・・・・・・・・・・・・15

圖次

圖 1-1 近代時間尺度的全球平均溫度監測圖・・・・・・・・・・・・・・・・・・6

圖 2-1 中橫沿線溫度樣點圖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

圖 2-2 林地裸露地分層取樣圖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

圖 3-1 衛星溫度資料(日)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

圖 3-2 衛星溫度資料(8 日)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

圖 3-3 衛星溫度資料(月)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

圖 3-4 衛星遙測資料與地表溫度資料回歸圖・・・・・・・・・・・・・・・・13

圖 3-5 林冠林底層溫度回歸圖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14

圖 4-1 各海拔測站數圖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

圖 4-2 MODIS 衛星遙測地表 3D 溫度圖 (LST)為遙測地表溫度 (DEM) ArcGIS 海拔資料圖層・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

摘要

關鍵字:地表溫度、衛星遙測光譜、全球暖化

一、 研究背景與緣起

在 21 世紀裡,全球暖化(global warming)被認為是對生物多樣性的一個主要威脅，全球平均溫度正以 3.2℃／世紀速度快速暖化。不過，暖化的程度並不是全球一致，而是存在著區域的差異性。這樣的區域溫度差異性的資料必須在同一時間下獲得不同地點的溫度資料，因此，衛星(MODIS)遙測提供我們非常合適的溫度資料來源。當我們得到區域溫度差異性的資訊再結合生物的基礎研究和資料庫，了解生物的溫度生態棲位、分布範圍、緯度、海拔播遷能力，可以得到生物目前受到全球暖化威脅程度的資訊，進而找出全球暖化下緩衝效果最好，最可能成為溫度避難所的棲地。同時也可以找出面臨嚴重全球暖化威脅，最迫切需要保育的生物。有上述這樣空間和時間的依據，相信經營者更能掌握情況，制定最適時適地生物多樣性的保育策略

二、 研究方法

1. 利用美國太空總署地球觀測資料與資訊系統(Earth Observing System Data and Information System,EOSDIS)公開的衛星光譜影像資料(Modis Terra(MOD11) Aqua(MYD11))
2. 篩選未被雲層覆蓋的資料，並完成大氣校正
3. 取得地面氣象測站溫度資料
4. 在遙測資料中定位氣象站位置，並找出該位置的溫度資料
5. 以地面測站溫度資料作為遙測資料的校正點,建立遙測資料與地面測站溫度資料的模式，取得大空間尺度高空間解析度的溫度資料。

三、 研究結果

太魯閣國家公園區域內水氣十分充足，雲與物頻繁的覆蓋該地區，阻隔地表輻射能量，造成遙測無法收集到地表溫度。因此，遙測資料在一個月的

時間尺度之下較能獲得完整的溫度資料。遙測月均溫與地表測站月均溫之間具有高度的相關性，證實連結遙測資料與地面測站溫度資料的可行性。所以，可以透過本模式建立，可以獲得大尺度高解析度的溫度資料。此溫度資料還能結合 ArcGIS 資料更廣泛用於地表溫度與地表環境因子之間的研究。

Abstract

key word: Global warming、Remote sensing、Land surface temperature (LST)

Climate change is predicted to become a major threat to biodiversity in the 21st century. Mean temperature of Earth rise in high speed by 3.2(℃ per century). Because of difference environmental factors, Global warming does not has the same rate in kinds of habitats. We can build a model between remote sensing LST data and weather stations' LST data. Finally, we can get high spatial resolution LST data of whole Taroko National Park's area .Then, we can combine these LST data and Data bases of species that contains niche、distribution and ability of migration to know where is valuable habitats and how dangerous species face in global warming. According these information, manager will make more effective strategies of conservation.

First, I get remote sensing LST data from Earth Observing System Data and Information System,(EOSDIS). Then, I select available data that is out of cloud or fog covering. Second, I calibrate LST data by driving out effect of optical depth causing from Atmosphere particle. Finally, I build a model between remote sensing LST data and weather stations' LST data.Because of covering by cloud and fog, monthly LST data is more available to use.The result of modeling between LST from remote sensing and weather station has high correlation. Finally, we will get land surface temperature in large scale with high resolution. These LST Data can combine with ArcGIS Data of other environmental factors. Then, These LST Data can be used in many researches of relationship between environmental factors.

第一章 緒論

第一節 研究背景與緣起

自工業革命以來，內燃機以及石化原料的廣泛使用造成二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_3)等溫室氣體的排放量增加。再加上土地利用的型式改變，森林遭受砍乏，林地移作他用，大大減少全球植物碳吸存的速率。結果，溫室氣體累積就造成現今幅度大且非常快速的人為氣候變遷。

現今，全球氣候變遷是十分受關注的生態議題，不論是各個國際自然生態期刊(Nature、Science…)還是聯合國跨政府氣候變遷委員會(IPCC)都有相當多有關於氣候變遷的研究。這些研究除了指出全球平均溫度有逐漸上升的趨勢，並且上升的速度也越來越快速外。也指出在這樣快速的溫度變化下，雨量也會隨之改變， 造成區域降水的改變，出現異常的乾旱和洪災的發生。而當氣溫、雨量等環境因子發生變化時，生態系勢必也會面臨衝擊。

不過，全球氣候變遷在地球的歷史裡並不罕見。透過古化石紀錄，地球的歷史中，由於太陽直射的地區和距離的不同、板塊的飄移、火山活動都引發過多次的冰河時期。冰河時期同樣造成全球海域、陸域氣候快速且大幅的改變。而化石同樣也證明了氣候變遷會造成許多物種滅絕的威脅，像是更新世末的冰河期(1-11萬年前)，造成北半球有不少哺乳動物（如劍齒虎、猛獁象、乳齒象、雕齒獸等）滅絕。但是，卻也有像台灣國寶魚櫻花鉤吻鮭、台灣山椒魚等冰河子遺生物存留至今。因此，我們了解到當生物面臨氣候變遷的威脅時，可以選擇不同的策略來應對，度過氣候變遷。

因此，我想透過對太魯閣國家公園範圍內不同海拔、植物覆蓋度地區溫度的收集來了解究竟目前太魯閣國家公園內的棲地有沒有出現溫度上升的現象。如果有溫度上升現象出現，則在進一步研究其上升的速度如何，以作為太管處制定氣候變遷因應辦法時的有力依據；如果還未出現溫度上升的現象，則可以提供目前的溫度監測辦法，以方便太管處作未來溫度的監測。

第二節 文獻回顧

壹、 全球暖化的事實

一、 溫度

全球氣候變遷造成全球平均溫度升高的現象。根據 CRUTEM3 (Hadley Centre gridded land-surface air temperature version 3)(Brohan *et al*, 2006)、NCDC(National Climate Data Center)(Smith et al, 2005)、Goddard Institute for Space Studies(GISS; Hansen et al., 2001)和所建立的地表溫度的迴歸式，再加上海水表面溫度(Rayner et al, 2006)和海洋表層空氣的溫度(Rayner et al, 2003)迴歸，所得到過去100年間全球溫度上升 0.74 ±0.18℃，並且呈現一線性上升的趨勢。而且，在後50年內氣溫的上升速度幾乎是100年的兩倍(0.13 ± 0.03℃ vs. 0.07 ± 0.02℃) (Brohan *et al*, 2006)。20世紀初的小幅度氣候變遷被認為是受到太陽輻射改變、火山活動等自然變異的影響造成(Solomon *et al*,2007)。而1940 – 1970年間，伴隨著二次大戰的末期和結束，工業快速的發展，造成北半球二氧化碳(CO_2)等溫室氣體快速的增加。1970年之後，溫室氣體的累積造成全球平均溫度快速的上升形成今日人為的氣候變遷(圖 1-1.) (Brohan *et al*, 2006)。

二、 暖化的區域差異性

全球暖化在大尺度的全球大氣環流模型(GCMs)的預測與過去的資料比對下全球幾乎都呈現上升趨勢。但是，不同地區實際上升的溫度梯度受到各種環境因子的影響而有不同的上升趨勢，跨政府氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change，IPC*C*)透過大氣環流模型，考量緯度、海拔、距海遠近等因子，得到的區域性暖化速度有大約1℃的差異(圖 1-1.) (Brohan *et al*, 2006) 。如果再把尺度縮小，加入地區性的距溪流遠近、植物覆蓋度（葉面積指數 LAI）、太陽輻射量、雲的覆蓋度和風速等因子，區域性溫度變化的差異性可以達到3℃(Shoo *et*

al, 2011) 。這樣的結果證明了全球暖化程度存在著區域的差異性，而這個由環境因子造成的緩衝效果，其影響程度甚至能夠抵銷IPCC預估全球暖化造成溫度上升3(℃ per century)溫度梯度(Meehl *et al*, 2007)。

貳、 全球暖化對生態系的影響

全球氣候變遷造成生物棲地的環境因子發生改變，當生物棲地的環境梯度超出該生物原本的生態棲位(niche)時，不同生物會因為生態棲位(niche)、遷徙能力的不同會有不同程度的威脅。因此，生物必須憑藉耐力(Toleration)、遷徙(Habitat shift & Migration)去應付棲地的改變(Permesan *et al*, 2006, Wilson *et al*, 2007, Lenoir *et al*, 2008)。如果，生物本身無法忍受環境的改變而遷徙又受到限制，生物就有可能面臨滅絕的威脅。

一、 耐力

每一種生物，都有各自的生態棲位(niche)(Hutchinson,1957)。當全球氣候變遷造成棲地微氣候改變以後，基礎生態棲位(fundamental niche)較大的生物對微氣候的改變有較大的忍受度，當然適存度(fitness)會比在真實存在生態棲位(realized niche)還要低，但是並不容易面臨滅絕的威脅。除了生態棲位外，基因的多樣性也會造成種內個體，對氣候變遷的忍受度有所不同。不過，即使不會面臨滅絕的威脅，生物族群在微氣候改變後的棲地，適存度和族群數量都會下降(Hutchinson, 1957)。

二、 遷徙

(1) 緯度上的遷徙

因為太陽直射與斜射的影響，緯度越高的地區年均溫越低。因此，往高緯度遷徙就能達到降溫的效果。例如在溫帶地區，往南北緯遷徙1000km溫度會下降 6.9℃。根據古生物化石記錄，在過去的氣候變遷中，植物曾有大規模緯度遷徙的記錄。全球植物動態模型DGVMs (Dynamic Global

Vegetation Models)預測現今的氣候變遷也會有相同的結果，甚至有些物種的遷移速率更超過 1 km $year^{-1}$(Loarie *et al*, 2009)。而且因為植物在生態系中扮演重要角色。更會造成整個生態系的重組。不過，緯度的遷徙，因為其遷徙距離較遠，容易受到物種本身播遷能力和地形上的限制(Bush, 2002, Bush *et a*l, 2005)。台灣南北所跨緯度梯度窄，緯度遷徙受限，較不常見。

(2) 海拔上的遷徙

高海拔地區因為離地表較遠，所接收到地表反射的太陽輻射也相對少，亦能達到降溫效果。在熱帶地區，因海拔所造成的溫度梯度非常大，海拔每上升 1000 m 溫度就會下降 5.2 到 6.5℃。溫度下降效果幾乎是緯度遷徙的1000倍。而且因為熱帶地區所跨南北緯度不大，緯度上的溫度梯度也狹窄，又可能受到地形限制，生物幾乎都採海拔的遷徙，來面對氣候的變遷(Bush, 2002,Bush *et a*l, 2005)。但是，海拔遷徙受到物種分佈海拔範圍所限制。中海拔地區物種受到分布範圍(range size)的限制最少，而在高海拔分布範圍則受到嚴重的限制。

此外，當氣候變遷所造成的遷徙距離大於海拔遷徙限制時，物種的分布範圍會因此縮小，甚至造成滅絕的威脅(mountaintop extinction)。遷徙間隔(Range - shift Gap)也是關鍵因子，當一物種分布範圍較遷徙距離窄時，就必需遷徙到該物種完全不曾存在過的地區，這對該物種遷徙和族群重建都是一項考驗。最後，當氣候變遷造成生物往高海拔遷徙時，理論上並沒有棲地海拔比低海拔的生，會遷徙進低海拔地區，造成低海拔地區生物豐富度(Richness)嚴重下降的現象 (Colwell et al, 2008)。

因此，氣候變遷對於棲地專一性高、高海拔和播遷能力弱的物種存在高度的威脅。所以對溫度的監測有其必要性。

太魯閣國家公園座面積達九萬二千公頃。海拔高度從60 公尺的閣口到3740 公尺的南湖大山。在複雜的地理氣候條件下，孕育出低中海拔闊葉林、

混生林、高海拔針葉林、高山草原及苔原，以及開墾過後的次生林等多樣的棲地類型。太魯閣國家公園內的哺乳類 12 種、鳥類 76 種、爬蟲類 16 種、兩棲類 10 種(林曜松 等 , 1995)。其中分佈在海拔 2500 公尺以上的物種(哺乳類 8 種、鳥類 23 科 50 種、兩棲類3 科4 種、爬蟲類4 科8 種)(吳海音, 1997, 楊懿如, 2006)容易受到海拔的限制和地理的隔離，受到氣候變遷的威脅較嚴重。而中低海拔的爬蟲類、兩棲類、昆蟲則是受到遷徙能力的限制，同樣受到較嚴重的氣候變遷威脅。

然則，研究氣候變遷對棲地溫度的改變，可以透過平均溫度、最高溫、最低溫以及溫度變化量的改變來作為氣候變遷的依據 (Susana et al,2011)。要獲取上述溫度的資料勢必要在時間尺度上延伸(日、月、年、世紀)，才能減少偏差值對整體資料的影響。短時間的溫度資料可以透過放置溫度寄來取得密集的溫度資料，長時間的資料可以透過氣象站的歷史資料來取得。但是，這些溫度的監測資料只代表周圍的溫度，是一個點的資料。並不能充分顯示出整個地區，而且太魯閣地區有高度的棲地多樣性，更大大減低氣象站資料的代表性。因此，必須透過遙測，利用光譜資料熱型式波段(thermal bands)與實地量測的溫度，我們可以建立光譜與地表溫度模式，最終可以獲得在空間上分布更為密集的溫度資料，以提高大空間尺度下溫度監測資料的準確性(Vidal, 1991)。

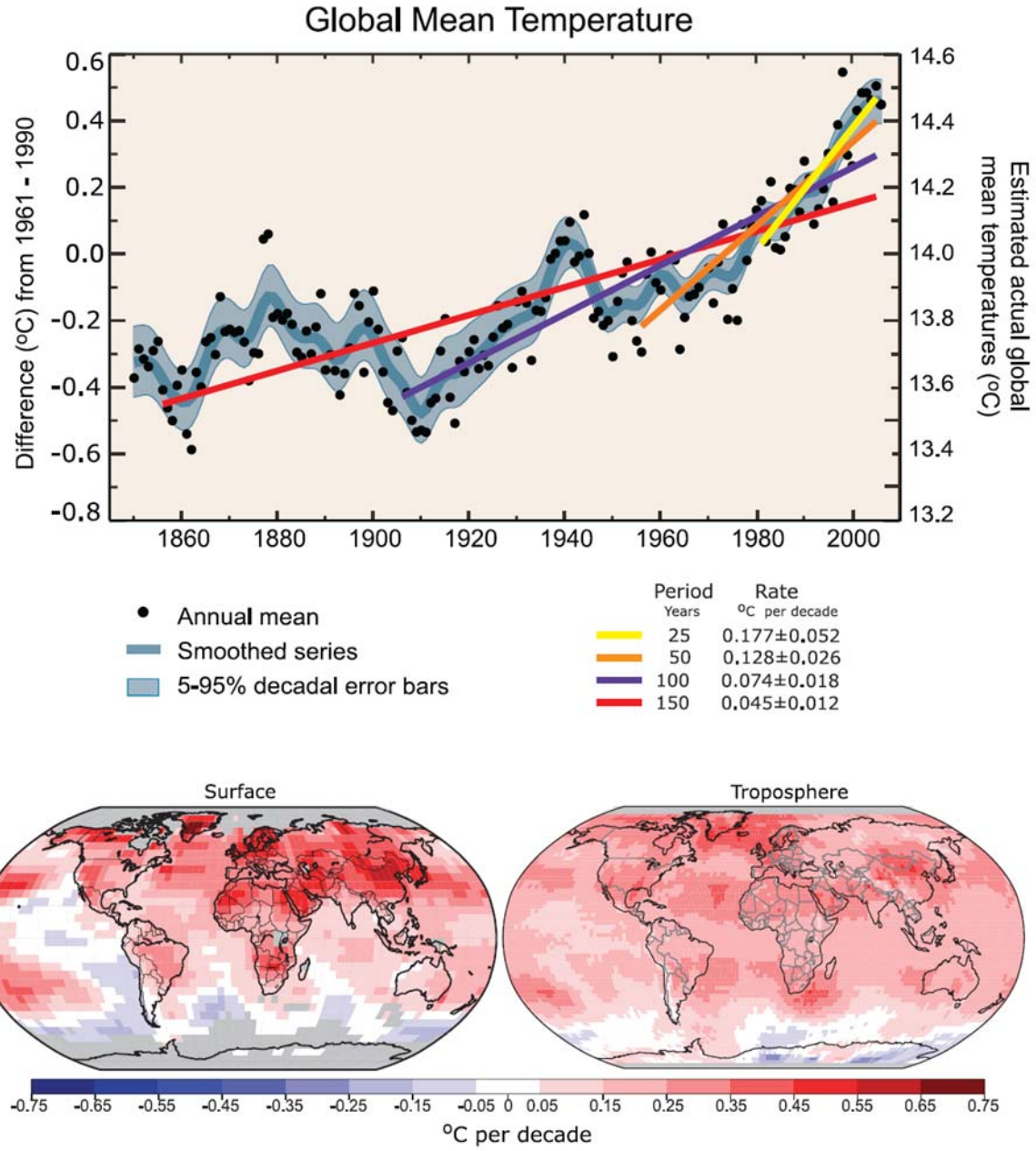


圖 1-1.近代時間尺度的全球平均溫度監測圖。左邊的縱軸表示該年跟1961~1990的平均溫度差，右邊的縱軸則表示全球平溫度估計值。圖中四條趨勢線分別代表25年(1981 - 2005)、50年(1956 - 2005)、100年(1906 - 2005)、150年(1856 – 2005)間溫度上升的趨勢線。下圖則是由衛星監測全球空間尺度的溫度監測圖（1979 – 2005）。左圖是地表溫度，右圖是平流層溫度(海拔10Km)。灰色得區域代表未知。(Brohan et al, 2006, Rayner et al, 2006)。

第二章 研究細節

第一節 研究假說

1. 遙測光譜資料能充分反映現地溫度資料
2. 遙測資料能反應大空間尺度下每個區域的溫度差異性

第二節 研究目的

本研究以遙測光譜資料與樣點量測的溫度資料做分析,找出兩者相關的模型。並用該模型建立大空間尺度的溫度圖。

第三節 研究重要性

全球氣候變遷造成溫度上升的現象,造成了棲地環境梯度改變,是生物面臨適存度下降的威脅。因此溫度的監測,提供生物多樣性保育重要的資訊。氣象站、通量塔等溫度監測設施只能提供周圍的溫度資訊,不足以代表整個區域。因此透過遙測光譜與地表溫度模型的建立,我們可以直接測量到整個區域的溫度和其中每個不同棲地類型的溫度差異。充分反映每個區域的真實溫度

第四節 研究方法

壹、 溫度資料取得

一、 遙測溫度資料

1. 利用美國太空總署地球觀測資料與資訊系統(Earth Observing System Data and Information System,EOSDIS)公開的衛星光譜影像資料(Modis Terra(MOD11) Aqua(MYD11)),資料包含:
   A. 8天 1Km (MOD11A2)的衛星遙測資料
   B. 1個月 0.05 Deg (MOD11C3) 的衛星遙測資料
2. 取得光譜資料後,進行篩選樣區光譜是否遭受雲層覆蓋,如果遭雲層覆蓋則該光譜則無法使用
3. 進行大氣校正,校正當天大氣光學厚度(optical depth)所造成地表能量傳

遞到太空衛星接收所造成的偏差。

4. 完成大氣校正後。根據劃分大氣模式split-window model(Prabhakara *et al*.1975)，使用熱波段（thermal band）來取得衛星接收到地表溫度的資料

二、 現地量測資料

1. 現有的 7 個氣象站溫度資料(表 2 - 1)

2. 中部橫貫公路沿線海拔上升每250公尺，則在該海拔梯度的林地、裸露地等兩種不同地表形式的地區放置溫度計收集溫度資料(Shoo *et al*, 2011, Meehl *et al*, 2007)。溫度計量測預計收取台灣最暖月(7 ~ 8)的溫度資料即止(圖 2 - 1)。每次溫度測量時間為期5日。

A. 林地 溫度分 林表、底層 兩層來做資料的收集(圖 2 - 2)

B. 裸露地 僅使用一個溫度計代表其裸露的地表

貳、 溫度資料整理

遙測資料有距離較遠，受大氣影響所造成的誤差較大和衛星資料在時間上不連續等不足；而現地量測資料則是有在空間取樣上同樣有不足。因此，衛星光譜資料和現地量測資料兩筆資料間模型的建立，將能推導出時間連續且大空間尺度高空間解析度的溫度資料（徐敏彰 等, 2007）。

一、 利用遙測衛星所推算出的地表溫度資料與相同定位點上氣象測站資料相互做回歸

二、 利用回歸式校正大尺度衛星影響取得最終結果

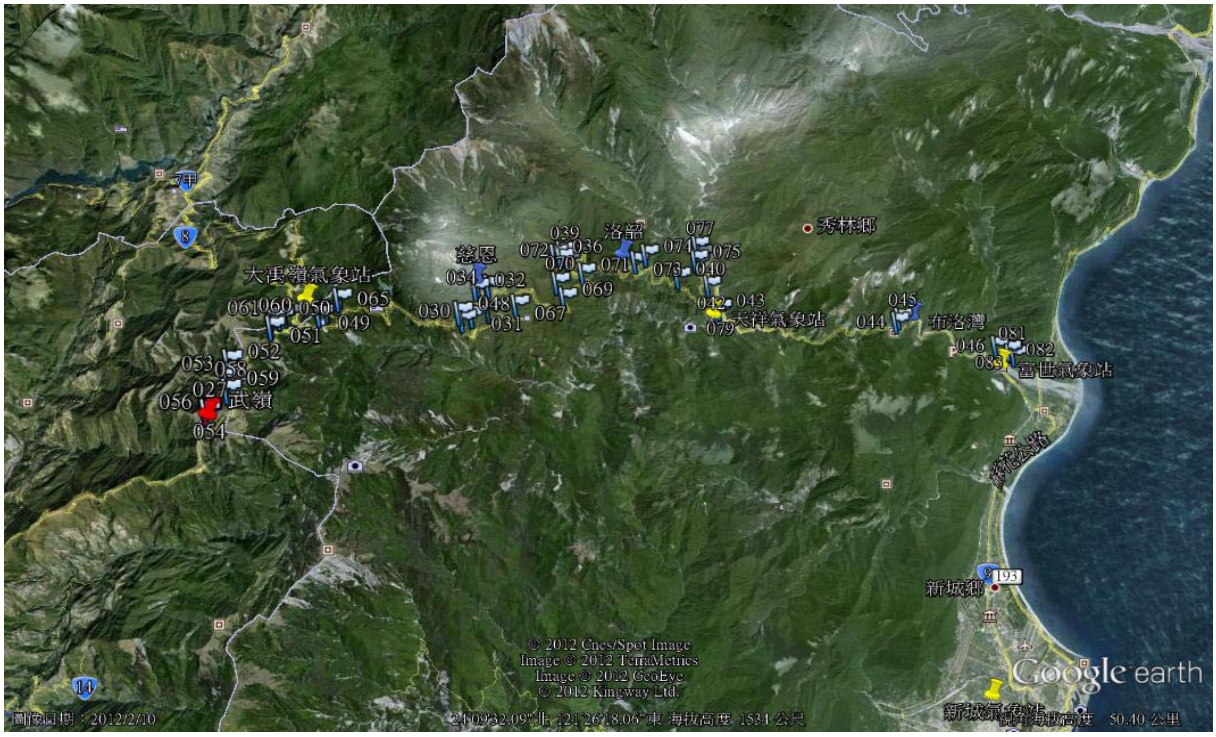


圖 2–1中橫沿線溫度樣點圖　旗子代表溫度取樣樣點(底圖來自Google Earth)

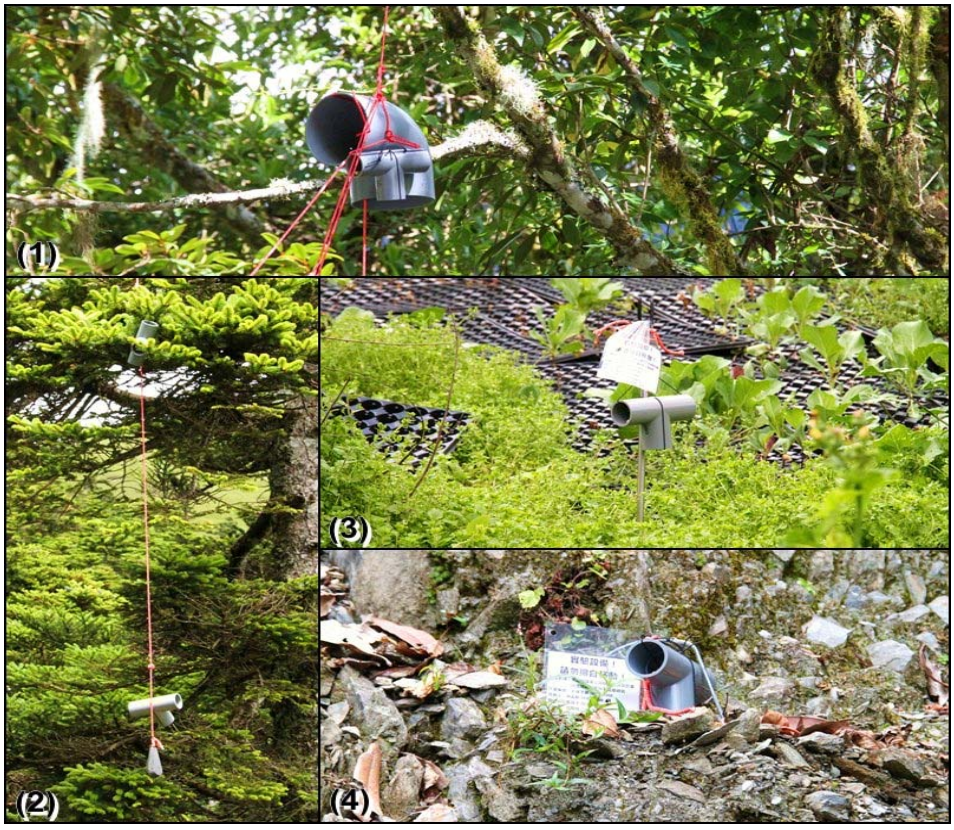


圖2-2 林地裸露地分層取樣圖(1)樹冠層溫度(2)森林底層溫度(3)次生地地表溫度(4)裸露地地表溫度

表 2-1 中橫沿線氣象測站

氣象站名	經度	緯度	海拔
新城 (C0T840)	E 121°35'51"	N 24°00'02"	32 m
富世 (C0T9C0)	E 121°37'19"	N 24°08'59"	109 m
布洛灣 (C1T830)	E 121°34'47"	N 24°10'25"	200 m
天祥 (C0T820)	E 121°29'15"	N 24°10'53"	550 m
洛韶 (C1T800)	E 121°26'45"	N 24°12'23"	1260 m
慈恩 (C1T810)	E 121°22'49"	N 24°11'38"	2049 m
大禹嶺 (C0T790)	E 121°18'29”	N 24°11'16"	2565 m

大氣研究資料庫(Data Bank for Atmospheric Research ,DBAR)資料

第三章 研究結果

第一節 研究結果

壹、 遙測資料處理結果

一、 太魯閣國家公園內山區時常有雲、霧等水氣覆蓋，阻隔地表發散之輻射熱，造成衛星感測器無法探測地表溫度(圖 3-1、圖 3-2)。因此，時間尺度要拉長到一個月,溫度資料會較為完整無缺值(圖 3-3)。衛星溫度資料以月均溫資料表示

二、 使用空間解析度為 1 Km 的衛星溫度資料來與地面測站進行校正

貳、 測站溫度資料

一、 在中橫東部沿線的測站中布洛灣、洛韶、慈恩三個測站，在大氣資料庫內（DBAR）無近年溫度資料，需要在該海拔增設溫度計樣點。

二、 以新城、富世、天祥、大禹嶺、合歡山等 5 個測站測站每小時所記錄的溫度資料計算出每個月份的月均溫

參、 衛星與地面測站溫度校正

一、 衛星溫度資料與地面測站校正資料共三年(2010~2012) 143 筆月均溫校正資料(圖 3-4)

二、 衛星溫度資料與地面測站資料回歸結果呈顯著高度相關($P < 0.001$)，以衛星遙測資料為自變數地面測站資料為依變數所做的線性回歸結果顯示衛星遙測資料能準確預測地表測站的溫度($R^2 = 0.895, P < 0.001$)(表 3-1)

肆、 現地量測森林分層資料分析

一、 利用現地量測林地樹冠層和森林底層的溫度資料先進行程對樣本 T 檢定,結果顯示樹冠和底層溫度有顯著差異($n=35$, $P < 0.001$)(圖 3 - 5)

二、　接者進行兩者之間的迴歸分析,結果現是樹冠溫度資料能準確預測森林底層溫度($R^2 = 0.895, P < 0.001$)(表 3 - 2)

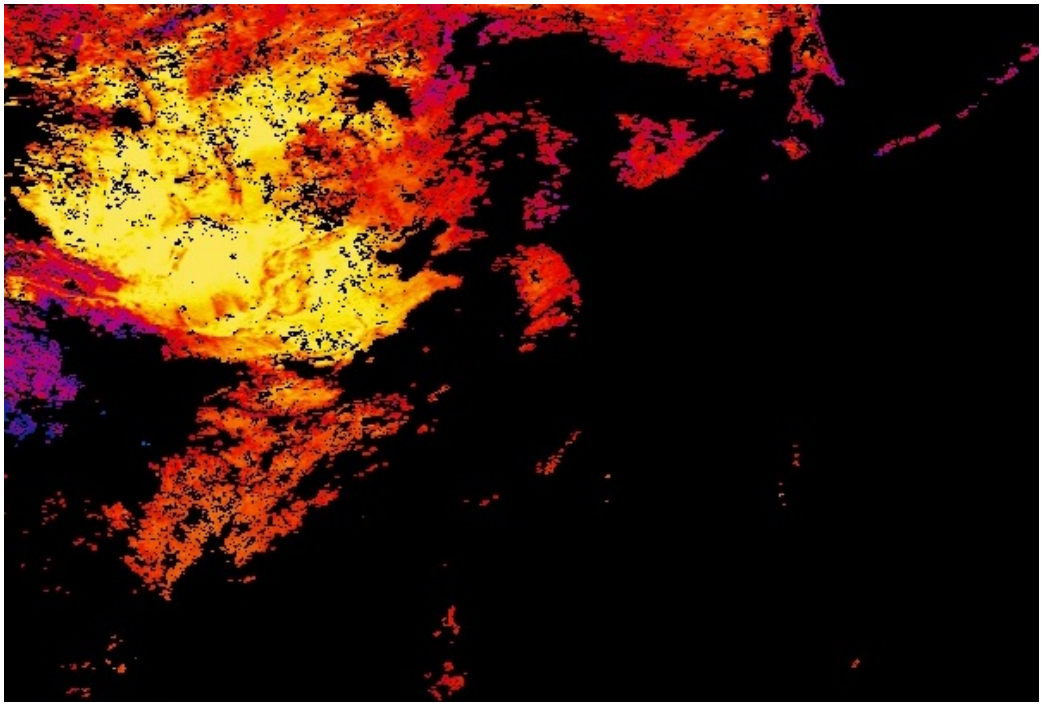


圖 3-1 衛星溫度資料(日)

美國太空總署地球觀測資料與資訊系統(Earth Observing System Data and Information System,EOSDIS)

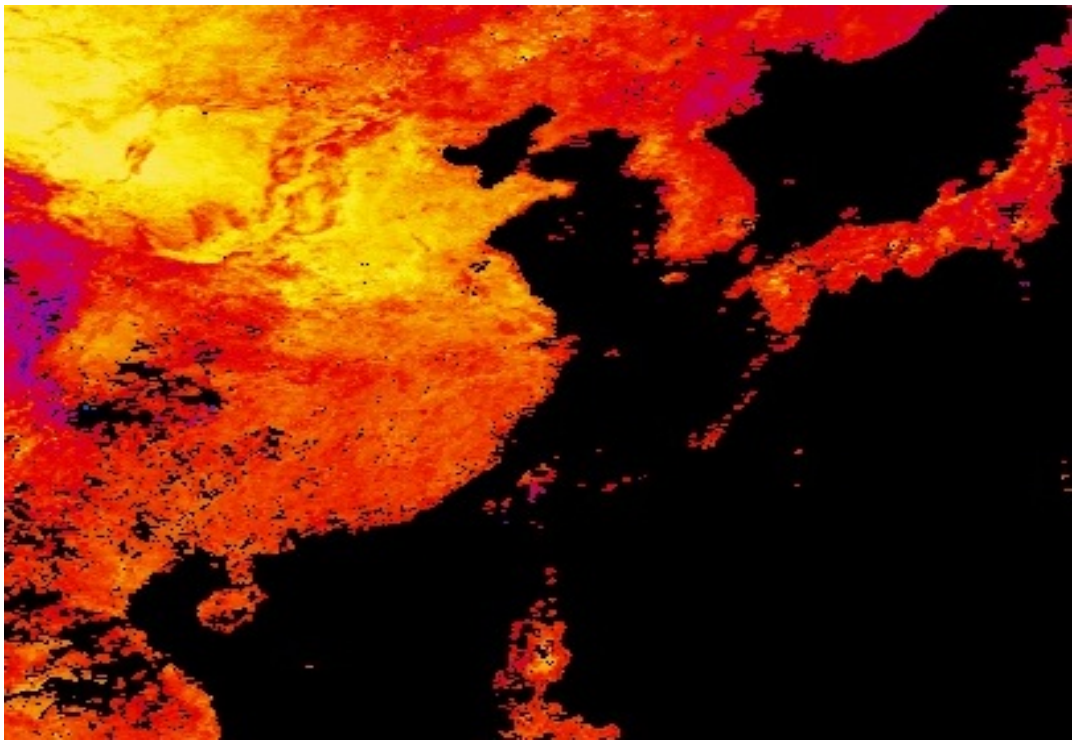


圖 3-2 衛星影像資料(8 日)

美國太空總署地球觀測資料與資訊系統(Earth Observing System Data and Information System,EOSDIS)

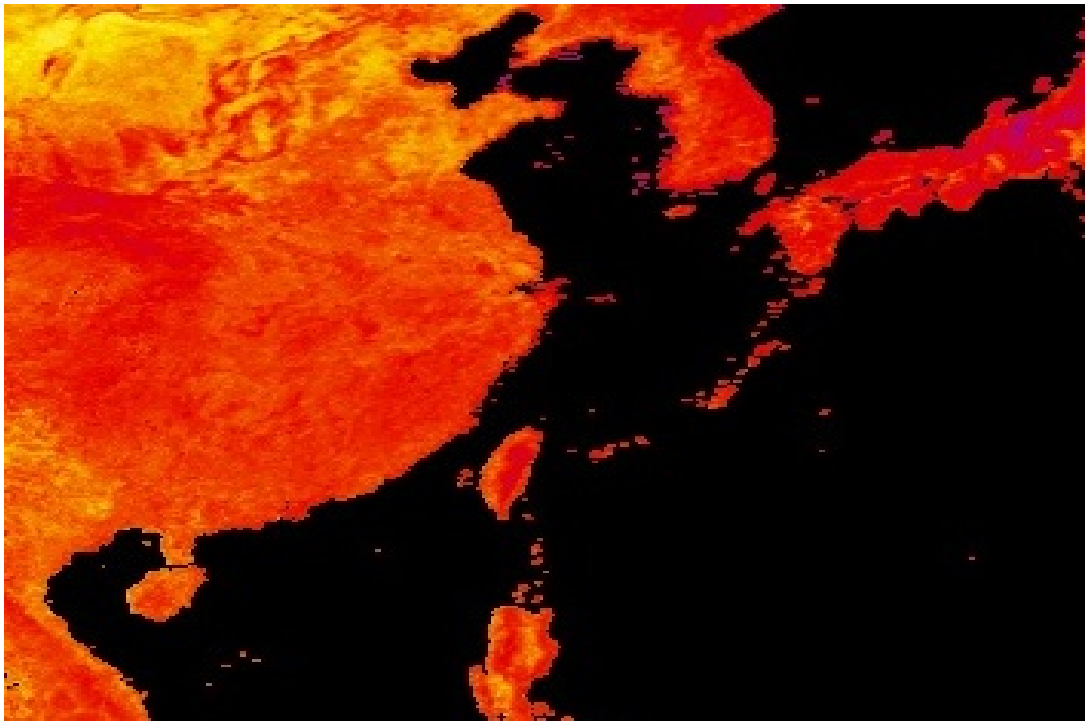


圖 3-3 衛星影像資料(月)

美國太空總署地球觀測資料與資訊系統(Earth Observing System Data and Information System,EOSDIS)

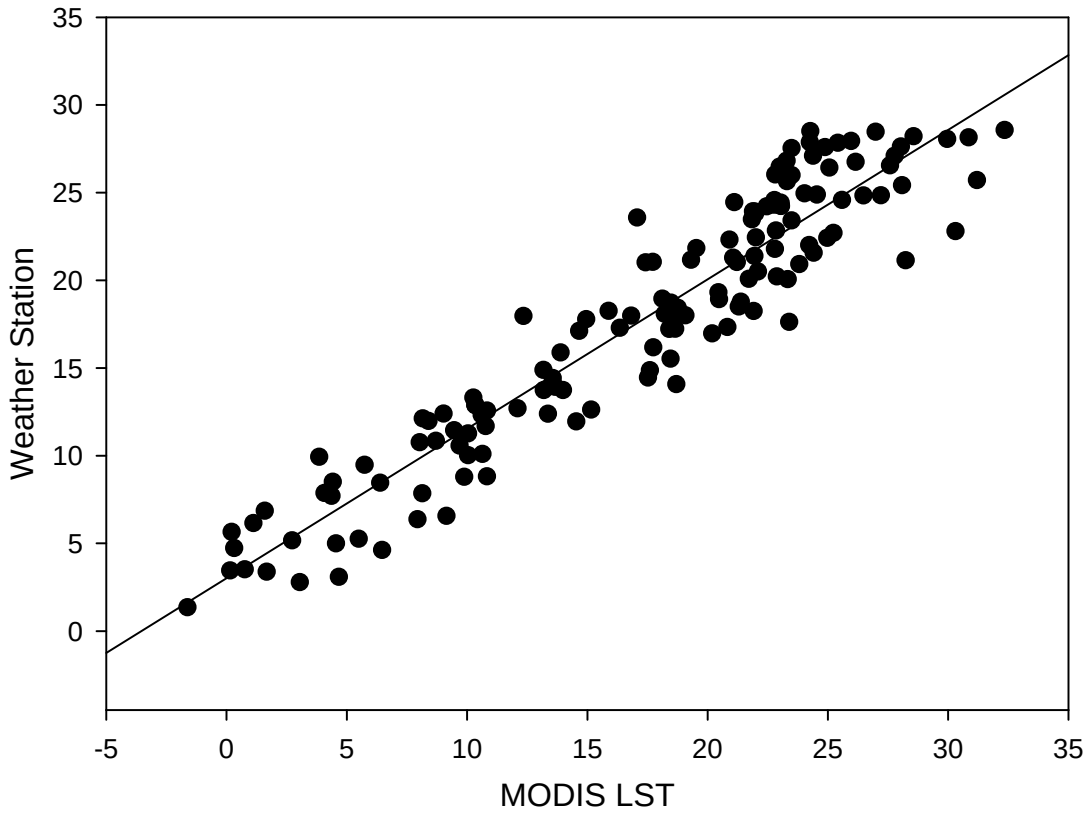
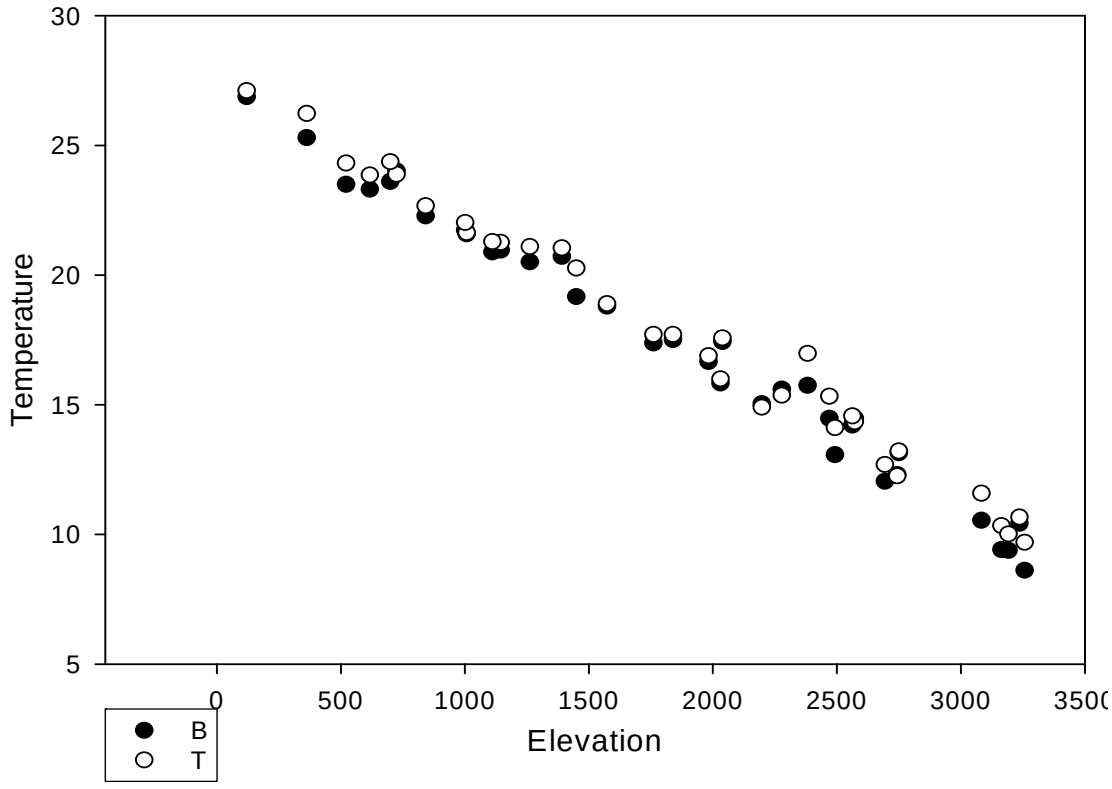


圖 3-4 衛星遙測資料與地表溫度資料回歸圖(n=143)(℃)



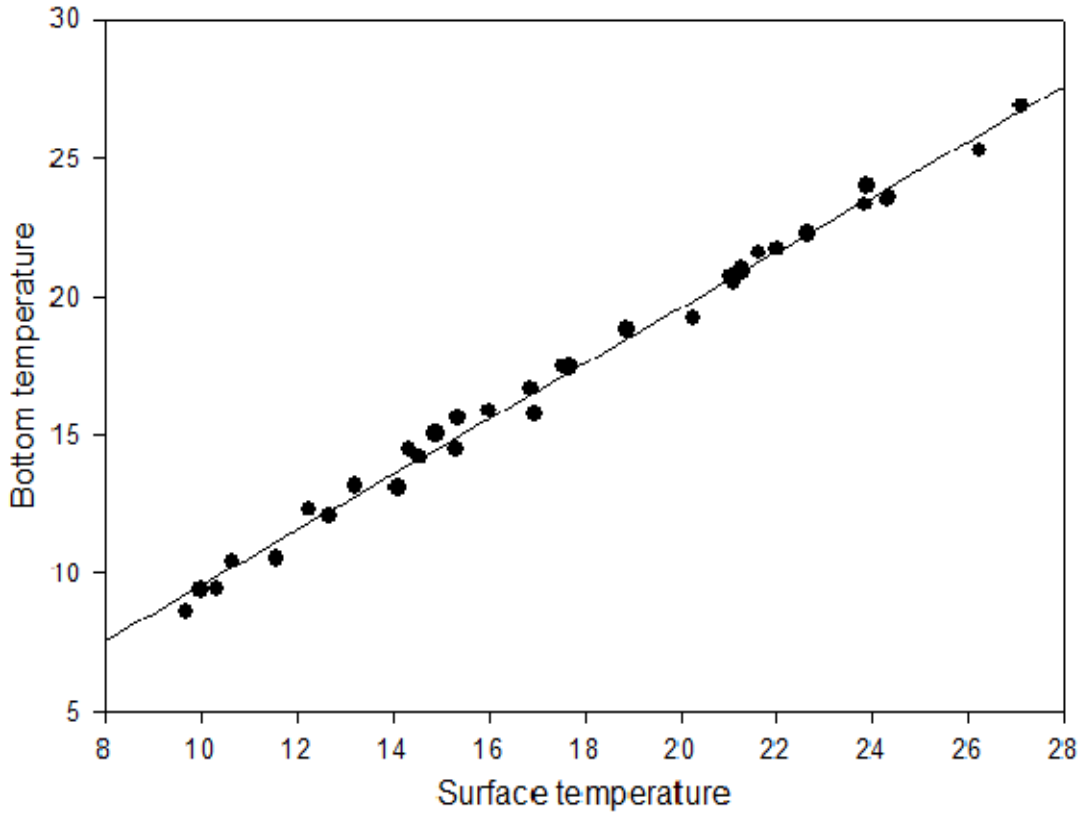


圖 3-5 上圖為林冠林底層海拔溫度圖 B 為森林底層溫度資料 T 為森林樹冠資料 (n=35) (℃)下圖為林冠林底溫度之迴歸圖(P<0.001)

表 3-1 衛星溫度資料與地面測站溫度資料迴歸資料表

敘述統計

	平均數	標準差	個數
WeatherStation	17.6373	7.33937	143
MODIS	17.1598	8.14425	143

相關

		WeatherStation	MODIS
Pearson 相關	WeatherStation	1.000	.946
	MODIS	.946	1.000
顯著性 (單尾)	WeatherStation	.	.000
	MODIS	.000	.
個數	WeatherStation	143	143
	MODIS	143	143

模式摘要

模式	R	R 平方	調過後	估計的標	變更統計量

			的 R 平方	準誤	R 平方改變量	F 改變	分子自由度	分母自由度	顯著性 F 改變
1	.946(a)	.895	.894	2.38842	.895	1199.866	1	141	.000

a 預測變數：(常數), MODIS

b 依變數：WeatherStation

係數

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	3.009	.467		6.441	.000
	MODIS	.852	.025	.946	34.639	.000

a 依變數：WeatherStation

表 3-2 樹冠溫度資料與底層溫度資料迴歸資料表

模式摘要

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
1	.997(a)	.993	.993	.41409

a 預測變數：(常數), Surface

變異數分析

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	844.987	1	844.987	4927.939	.000(a)
	殘差	5.658	33	.171		
	總和	850.646	34			

a 預測變數：(常數), Surface

b 依變數：Bottom

係數

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	-.529	.264		-2.006	.053
	Surface	1.005	.014	.997	70.199	.000

a 依變數：Bottom

第四章 討論與結論

第一節 討論

透過本研究所建立出衛星遙測和現地量測溫度的模型，可以提供給太魯閣國家公園在因應未來氣候變遷(全球暖化)更趨完整的地區溫度資料。以利決策者能夠做出適時、適地、適當的經營管理策略

在空間上，本模式的建立能夠使衛星遙測大尺度並且在空間上延續的溫度資料得以使用，並把溫度資料從氣象測站的數個點的資料擴大成一個面的資料，如此一來，就能使一區域的溫度監測資料更為完整。同時，衛星遙測資料不受地形的限制，可以解決台灣地區溫度測站多集中於平地城市，高山地區缺乏所造成溫度資料取樣偏差的問題（圖 4－1）。此外，衛星遙測資料的空間解析度到達 1km × 1km (MOD11A2)，這樣的空間解析度能夠更細緻的顯示每個不同區域的溫度差異，如果再結合 ArcGIS 各種不同的地表分類圖層(地表類型、海拔、植群…等)資料（圖 4－2），使的本模式的建立，不僅能夠提供高空間解析度的溫度圖，而是能更進一步的找出各種地表因子與溫度之間相互關係。

衛星遙測資料如前文所述，受遙測技術本身限制，只能收取到地表的溫度資料(Landsurface)，如遇到林地的地表類型，只能反映出森林表層樹冠的溫度資料。而透過本研究所建立林冠和底層溫度的模式，就能由遙測資料所得的林冠溫度資料在轉換成森林底層溫度資料。如此一來，在研究森林底層的昆蟲、兩棲、爬蟲等生物的棲地環境的溫度時，就能提供給研究者更為可靠的溫度資料。

在時間尺度上，目前衛星遙測的溫度資料(MOD11A2)僅有從 2000 到目前為止的溫度資料，做為長時間尺度的溫度監測，資料較為不足，目前尚無法提出有關氣候變遷（全球暖化）的有力證據。另外，台灣屬於海島，水氣充足，雲霧的覆蓋也造成遙測溫度資料時間解析度以月為單位，所得資料較為

完整無缺值。

第二節 結論

經由本研究所收集之衛星遙測與地面測站溫度資料之間，在月均溫的時間尺度下，可以透過模式的建立來找出相互的關係，更能進一步由大空間尺度高空間解析度的遙測資料推估出太魯閣國家公園園區內(1km × 1km)的地表溫度溫度資料。另外，透過樹冠與森林底層溫度模式的建立，就可以打破受限衛星遙測技術限制,僅能收集到的樹冠（地表 Landsurface）溫度資料，向下延伸到森林底層，使整個大尺度高空間解析度的地表溫度資料更趨完善。除了空間尺度和解析度獲得提升外,時間尺度上也可以延伸至 2000 年。更能提供給太管處的經營管理者近年來因氣候變遷、全球暖化所帶來快速溫度變化趨勢的資訊，以利經營者能適時適地做出適當的政策及反應。

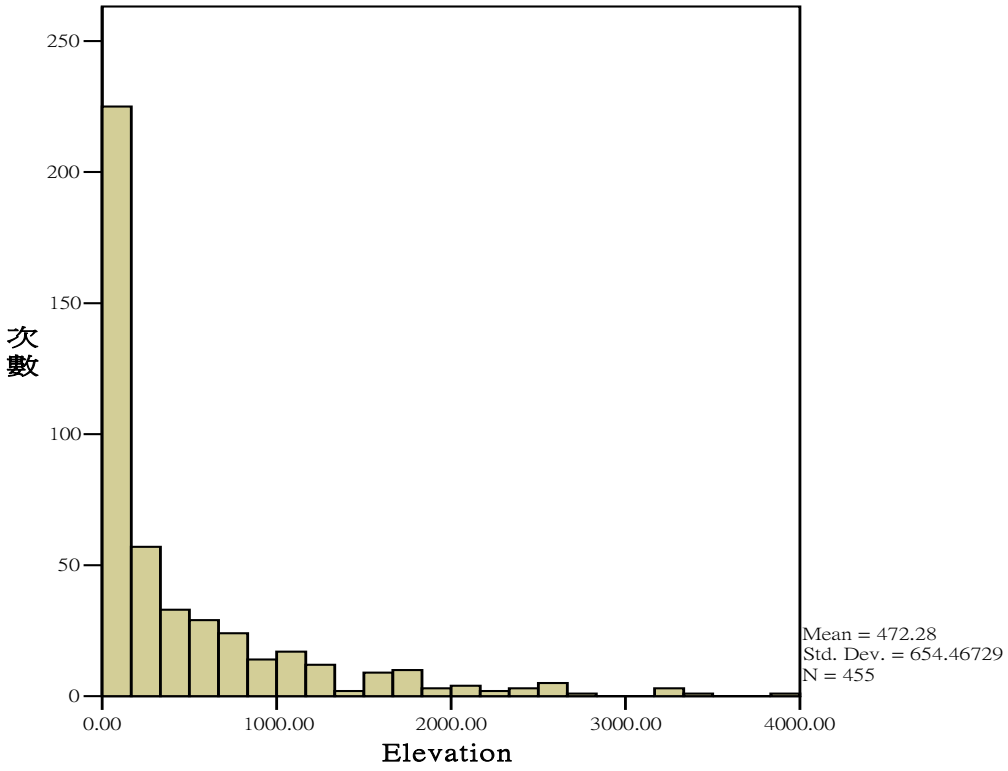


圖 4 – 1 各海拔測站數圖

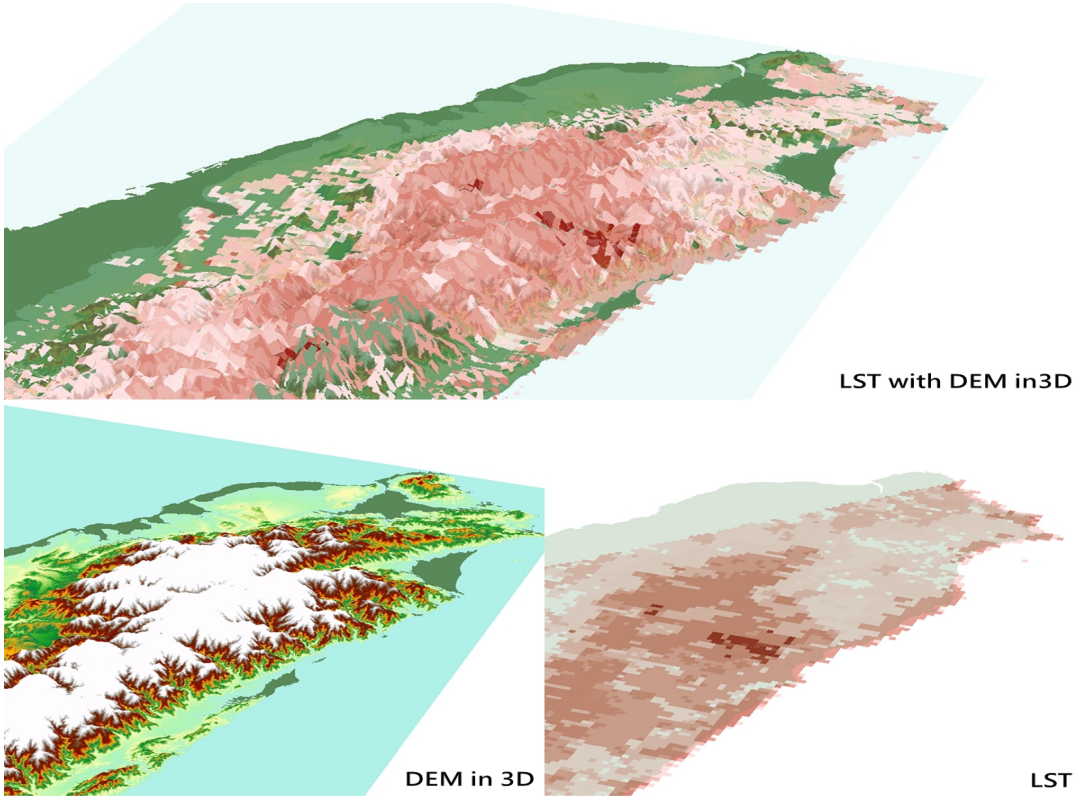


圖 4 – 2 MODIS 衛星遙測地表 3D 溫度圖 (LST)為遙測地表溫度 (DEM) ArcGIS 海拔資料圖層

第五章 施政建議

透過本研究所建立之遙測與地面測站溫度資料模式的建立，能夠藉由遙測擴大地面測站所測得的點資料成為面的資料。而遙測資料的高空間解析度能夠更緊密的結合 ArcGIS 各種不同的資料，擴大本遙測溫度資料的使用面相。使先前的研究更趨完善（夏禹九,2011）；也提供往後研究重要的資料依據。並且，隨著氣候變遷的速率加快，和遙測資料量的逐漸增加。相信在未來能夠使用本模式所建立的溫度資料，來重新規劃太魯閣國家公園的範圍是否需要北移，或者著重保育某些特定的棲地類型。

參考書目

夏禹九,2011, 太魯閣國家公園氣象觀測站維護及資料庫建置

林曜松, 2005, 太魯閣國家公園中低海拔地區動物資源動態調查研究及資料庫建立

吳海音, 1997, 太魯閣國家公園高山地區動物資源基礎調查

楊懿如, 2006, 太魯閣國家公園兩棲類調查及監測計畫報告

Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B., Jones, P.D., 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850. J Geophys Res-Atmos 111.

Bush, M.B., 2002. Distributional change and conservation on the Andean flank: a palaeoecological perspective. Global Ecol Biogeogr 11, 463-473.

Bush, M.B., Hansen, B.C.S., Rodbell, D.T., Seltzer, G.O., Young, K.R., Leon, B., Abbott, M.B., Silman, M.R., Gosling, W.D., 2005. A 17000-year history of Andean climate and vegetation change from Laguna de Chochos, Peru. J Quaternary Sci 20, 703-71

Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Pauly, D., 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. Fish Fish 10, 235-251.

Colwell, R.K., Brehm, G., Cardelus, C.L., Gilman, A.C., Longino, J.T., 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. Science 322, 258-261.

Dalen, L., Nystrom, V., Valdiosera, C., Germonpre, M., Sablin, M., Turner, E., Angerbjorn, A., Arsuaga, J.L., Gotherstrom, A., 2007. Ancient DNA reveals lack of postglacial habitat tracking in the arctic fox. P Natl Acad Sci USA 104, 6726-6729.

Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., Mace, G.M., 2011. Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. Science 332, 53-58.

Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Imhoff, M., Lawrence, W., Easterling, D., Peterson, T., Karl, T., 2001. A closer look at United States and global surface temperature change. J Geophys Res-Atmos 106, 23947-23963.

Harrison, S.P., Goni, M.F.S., 2010. Global patterns of vegetation response to millennial-scale variability and rapid climate change during the last glacial period. Quaternary Sci Rev 29, 2957-2980.

Hutchinson, G.E., 1957. Population Studies - Animal Ecology and Demography - Concluding Remarks. Cold Spring Harb Sym 22, 415-427.

Jackson, S.T., Overpeck, J.T., 2000. Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. Paleobiology 26, 194-220.

Lenoir, J., Gegout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P., Brisse, H., 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. Science 320, 1768-1771.

Loarie, S.R., Duffy, P.B., Hamilton, H., Asner, G.P., Field, C.B., Ackerly, D.D., 2009. The velocity of climate change. Nature 462, 1052-U1111.

MacDonald, G.M., Bennett, K.D., Jackson, S.T., Parducci, L., Smith, F.A., Smol, J.P., Willis, K.J., 2008. Impacts of climate change on species, populations and communities: palaeobiogeographical insights and frontiers. Prog Phys Geog 32, 139-172.

Mitchell, T.D., Jones, P.D., 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. Int J Climatol 25, 693-712.

Parmesan, C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annu Rev Ecol Evol S 37, 637-669.

Prabhakara, c., Dalu, G., and Kunde, V. G., 1975, Estimation of sea surface temperature from remote sensing in the II and 13*Jlm* window region. *Journal of Geophysical*
Research, 79, 5039-5044.

Rayner, N.A., Brohan, P., Parker, D.E., Folland, C.K., Kennedy, J.J., Vanicek, M., Ansell, T.J., Tett, S.F.B., 2006. Improved analyses of changes and uncertainties in sea surface temperature measured in situ sice the mid-nineteenth century: The HadSST2 dataset. J Climate 19, 446-469.

Rayner, N.A., Parker, D.E., Horton, E.B., Folland, C.K., Alexander, L.V., Rowell, D.P., Kent, E.C., Kaplan, A., 2003. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. J Geophys Res-Atmos 108.

Shapiro, B., Drummond, A.J., Rambaut, A., Wilson, M.C., Matheus, P.E., Sher, A.V., Pybus, O.G., Gilbert, M.T.P., Barnes, I., Binladen, J., Willerslev, E., Hansen, A.J., Baryshnikov, G.F., Burns, J.A., Davydov, S., Driver, J.C., Froese, D.G., Harington, C.R., Keddie, G., Kosintsev, P., Kunz, M.L., Martin, L.D., Stephenson, R.O., Storer, J., Tedford, R., Zimov, S., Cooper, A., 2004. Rise and fall of the Beringian steppe bison. Science 306, 1561-1565.

Smith, T.M., Peterson, T.C., Lawrimore, J.H., Reynolds, R.W., 2005. New surface temperature analyses for climate monitoring. Geophys Res Lett 32.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller,2007 . Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

Vidal A. VIDAL, A., 1991. Atmospheric and Emissivity Correction of Land Surface-Temperature Measured from Satellite Using Ground Measurements or Satellite Data. Int J Remote Sens 12, 2449-2460

Vose, R.S, 1992: *The Global Historical Climatology Network:Long-Term Monthly Temperature, Precipitation, Sea Level Pressure,and Station Pressure Data*. ORNL/CDIAC-53, NDP-041, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory,Oak Ridge, TN, 325 pp.

Willis, K.J., Bennett, K.D., Bhagwat, S.A., Birks, H.J.B., 2010. 4 degrees C and beyond: what did this mean for biodiversity in the past? Syst Biodivers 8, 3-9.

Wilson, R.J., Gutierrez, D., Gutierrez, J., Monserrat, V.J., 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. Global Change Biol 13, 1873-1887.