

WRF 模式中台灣地區土地利用型態之更新與個案研究

戴俐卉¹、洪景山¹、莊秉潔²、蔡徽霖²、倪佩貞³

¹中央氣象局

²國立中興大學 環境工程學系, ³中鼎工程公司

摘要

土地利用型態 (Land Use Type) 是數值預報模式中大氣和地表之間熱量、水氣和動量交換的一個重要參數。在 WRF 模式中, 不同的地表參數化過程均參照模式中不同的土地利用型態, 而決定土壤內部的能量傳送以及地表特性, 諸如植被、反照率、粗糙度、放射率等參數。因此正確地描述模式中的土地利用型態是正確模擬地表-大氣過程的重要環節。

本研究主要是使用台灣地區高解析度的土地利用型態資料取代 WRF 模式中原始的 USGS (The U.S. Geological Survey) 資料, 除了分析此二組資料的差異外, 我們也針對個案進行數值模擬實驗, 以探討不同土地利用型態對台灣地區局部天氣預報的影響。

關鍵詞: 土地利用型態 (Land Use Type)

一、前言

地表過程是短期天氣預報及區域氣候變遷的重要因素之一。它透過與地表上大氣之熱量、動量和水氣的交換而影響天氣 (Betts et. al, 1996)。在模式中地表過程要能正確的被作用, 取決於兩項重要的因子, 一為良好的參數化, 另一則為正確的土地利用型態 (Land Use Type) 分布的描述。目前有不少研究皆針對中尺度大氣模式中不同的土地利用型態之敏感度做探討, 一些研究指出都市型態之地表有能力藉由都市熱島效應 (Urban heat island) 改變自然的天氣型態, 造成空氣流的破裂以及對風暴的生成、加強及移動造成影響 (Hjelmfelt, 1982; Kalnay and Cai, 2003; Atkinson, 1971; Balling and Brazel, 1987; Juavegui and Romales, 1996; Gero and Pitman, 2005)。證實土地利用型態的不同, 對於地表過程確實有重要的影響。此外, 土地利用型態的分布也會改變, 像是都市化的發展或農作耕地的變更等等。Crossman-Clarke S. et.al. (2005) 研究指出, 利用都市化迅速的亞利桑那州鳳凰城地區之土地利用資料更新, 可以明顯的改善 MM5 模式對於該地白天的溫度預測。另外, Rabin et. al. (1990) 也提到在奧克拉荷馬洲冬季為期一星期的冬麥收割期間, 地表型態的變化能使白天溫度上升到 3K, 指出土地型態的分布及變化都會對天氣造成不容忽視的改變。這說明了正確的描述模式中的土地利用型態, 無論是在時間或是空間的分布上, 都是幫助模式能正確模擬地表-大氣過程的重要環節。

在本研究中, 我們使用了一組台灣地區的土地利用型態資料 (以下簡稱 CTCI) 取代 WRF 模式中原始的 USGS 24 類土地資料 (以下簡稱 USGS) 在台灣地區的分布。相對於原始資料而言, 新的資料不僅在空間上有較高的解析度, 時間上也比原始資料新。本文研究的重點, 除了分析此二組資料的差異外, 我們也針對個案進行 WRF 模式之數值模擬實驗, 以探討不同土地利用型態對於台灣地區局部天氣預報的

影響。

二、資料說明

WRF 模式使用的土地利用型態為美國地理測量 (U.S. Geological Survey) 土地利用系統 (land use/land cover system) 所提供之 24 類 (如表一) 全球土地利用分布。該資料主要是利用 1992 年至 1993 年之 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 觀測資料所推得之一公里解析度土地型態全球分布。全球資料被區分成每十度經緯度一區塊的檔案儲存, 網格解析度為 30 秒, 起點為西南方。也就是說在以經緯度為區塊的檔案上, 每一個格點數值代表的是約一公里見方土地上的土地利用型態。

我們所取得的 CTCI 資料則為中鼎公司利用內政部所出版的 1/25,000 航照圖 (由 1999~2001 年陸續完成之全國共 261 張圖幅資料) 數位化成的台灣地區地類圖, 資料網格是採用世界橫麥卡脫投影 (Universal Trans-verse Mercator Projection Grid System, 簡稱 UTM) 座標系統。有別於 USGS 對土地利用的 24 項分類, CTCI 的分類共有十六項 (如表二), 在 1/25,000 的台灣地圖中, 一公里網格代表的是四公分大小的方格 (如圖一), 每一個方格都有此十六項分類佔該方格之面積 (如圖二), 換言之, 我們可以求得每一個 CTCI 格點上 16 種土地利用類型分別所佔的比例。我們資料處理的方式, 是嘗試將 CTCI 的資料轉成與 USGS 相同格式的資料, 用以取代台灣地區的 USGS 資料區塊。

三、資料處理與比較

(一)、資料處理

在處理 CTCI 資料前, 一項最關鍵的工作即是兩份資料在不同類型土地利用型態上之對照轉換。表二中 CTCI 分類項目後方括號內的數字即為根據經驗與建議所建立之 USGS 型態轉換對照 (請對照表一中

USGS 的分類數字),表中除”其他”這一項分類保有原來類型外,另外的十五項分類被對照到 USGS 中的八項類別。整個資料的處理步驟,可以列述如下: 1.參考表二,將 16 種 CTCI 之土地利用型態的比例轉換及合併成 8 種 USGS 的分類,得到在 CTCI 格點上 8 種 USGS 分類所佔的比例;2.將 CTCI 資料之 UTM 座標轉換成經緯網格座標;3.將 CTCI 網格系統轉換成 USGS 的網格系統,轉換的方法是以每一個 USGS 格點為中心,框出上下左右 15 秒距離的方塊,計算此方塊中 CTCI 格點之土地利用類型比例,如此可以得到 CTCI 資料在 USGS 網格系統上之各個土地利用類型資料的百分比。4.選取最大百分比的土地利用類型指定為 USGS 格點上之土地利用類型。但有一例外,即如果第二大百分比的土地類型為都市型態,且所佔比例超過 30%,則該點改以都市型態作為代表。5.最後是關於”其他”之分類處理,它是在航照地形圖中屬於空白無法判斷類別的部分。在全部共 37331 筆資料中,此類別佔了 1001 筆。這 1001 筆的各資料中,我們挑出佔有比例第二大的分類,若此分類比例大於 0.3 時,則同樣的,以此第二大類作為該點的土地利用類型代表,若否,則最後以原來 USGS 上之分類作為此點之分類代表。因此,在 1001 個點之中,有 603 個點採第二大比例之分類代表之,而有 398 個點則是用原始之 USGS 分類代表之。圖三即為原來的 USGS 之土地利用類型圖,而圖四則是處理完畢 CTCI 之土地利用類型圖。

(二)、差異比較

由圖三與圖四我們可以看出,早期 USGS 經由 AVHRR 所做出來的土地利用類型與 CTCI 由航照圖數位化所得到之土地利用類型的差異性很大。圖五為”都市(Urban and Build-up Land)”分類的比較圖,右圖為 USGS 的都市分布,圓圈的位置代表都市所在位置,由圖中可以看到台灣地區被標為都市的僅有台北、嘉義、台南、高雄及屏東等地零星的 72 個點。左圖則為新的 CTCI 土地分類之都市分布,圖中除了額外點出了桃園、新竹、台中、苗栗、雲林、嘉義等等台灣西半部地區較為稠密的都市分布外,東半部地區宜蘭花蓮附近也出現了零星的都市分布,都市分布共有 1814 個點。圖六為”旱田(Dryland Corpland and Pasture)”的分布比較。USGS(右)的旱田分布主要集中在宜蘭、南投、高雄及屏東北部,此外北部、西南部沿海及花東縱谷也有零星散布,CTCI(左)的旱田則主要分布在花東縱谷,西南部沿海也有較稠密的分布,而北部及中北部還有部分山區、南投地區則為零星散佈。”水田(Irrigated Corpland and Pasture)”的分布,CTCI 與 USGS 也大不相同(見圖七),USGS(右圖)的分類中水田占有將近三分之二的面積,近乎全省都為水田所覆蓋,而在 CTCI 的分類中,水田則較集中在台灣西半部沿海地區、恆春、宜蘭及花東一帶。注意在蘭陽平原一帶於 USGS 的劃分為旱田,而在 CTCI 的劃分則為水田,稍後在個案模擬中,我們會針對此區做一些氣象上的比對。”矮樹、灌木(Shrubland)”的分布

(圖未示)在 USGS 以及 CTCI 中面積都不大,但兩者分布區域也不同。圖八為 USGS(右)與 CTCI(左)混合林的分布,由於 CTCI 的分類並未針對常綠針葉林、常綠闊葉林、落葉針葉林與落葉闊葉林做更細的劃分,因此一概以針闊葉混和林來代表,圖中所示,USGS 的混合林大致分布在台灣東半部玉山山脈、海岸山脈、新竹苗栗及屏東南邊一帶,但雪山山脈、阿里山山脈及玉山山脈一帶於 USGS 的分類中大部分都是水田及旱田所組成,與實際不符。CTCI 的混合林分布,則佔了三分之二以上的面積,主要沿著台灣地區的山脈地形分布。相較起來,CTCI 的土地利用分布,在都市、農作與山林的分類都較為符合台灣地區的地形分布,應是較為正確的選擇。

四、個案模擬與分析

(一)、模式設定

本實驗中,我們以 WRF(Weather Research and Forecasting)model 作為測試模式,選取 2006 年 6 月 24 日 12Z 為模式的初始預報時間,該日期前後剛好都為綜觀天氣不明顯,但有強烈午後對流的天氣現象。我們使用的初始及側邊界場為 NCEP 的全球模式資料(AVN),選取的模擬範圍為 27/9/3/1 公里的四層巢狀網格(如圖九),垂直共有 46 層。數值模擬所選取的各項物理參數如表三所示。以此進行 USGS 與 CTCI 兩個不同的土地類型之 48 小時的模式預報。

(二)結果分析

兩個個案(CTCI vs. USGS)在綜觀天氣上有著相似的表現,模式的模擬結果也都不錯,對於實際發生於該時間的午後強烈對流都有相對精準的模擬,但差異確實會隨著預報時間的增加而逐漸表現出來。影響由下層往上層、由內巢網格往外擴大。圖十為兩個案模式預報 18 小時後之近地面兩公尺溫度、海平面氣壓以及風向分布的天氣圖,由圖中可以看出,在台灣地區下午兩點這一加熱旺盛的時間,兩圖的氣壓、溫度及風大致的分布都很類似但仍有些不同,以兩米溫度為例,右圖(USGS)蘭陽平原區所模擬出來的溫度高於 CTCI,這應是兩者所顯示的土地利用型態不同所影響,USGS 在該處的分類代表大部分為旱田而 CTCI 則為水田。另外,台灣西南部彰化平原與嘉南平原一帶 CTCI 的溫度相較與 USGS 普遍都比較高一些,推測是因為 CTCI 在該處有較多的都市分布,受到都市效應所影響。圖十一為 CTCI 與 USGS 兩公尺地表溫度差值圖,左圖代表白天(2006062506),右圖代表夜晚(2006062516),圖中可看出 CTCI 與 USGS 的差距在白天會比夜間明顯,且 CTCI 的溫度在白天高於 USGS 的區域較多,蘭陽平原附近則相反,CTCI 的地表溫度低於 USGS。夜間兩個個案的溫度差距較為和緩,且 CTCI 近地表溫度多低於 USGS,除少數區域像是北部地區、台中盆地與苗栗丘陵一帶以及嘉南平原等地,夜間仍有較高的溫度。縱貫台灣中部雪山山脈與玉山山脈及中央山脈區 CTCI 夜間的溫度分布較低而白天較高。檢視兩個個案的土地利用主要差異為 USGS 多為水田而 CTCI 則呈混合林。WRF 模式中對於不同的土地利用

類型，是透過一對照表，依照冷季或暖季，對應到不同的反照率(albedo)、放射率(emission)、粗糙度(roughness length)、土壤熱容(soil heat capacity)、熱惰性(thermal inertia)、可用含水量(moisture availability)以及冰雪反照效應(snow albedo effect)，其中後面三項為使用熱擴散(thermal diffusion)之地表過程參數化時才會用到。在對照表中，混合林有較大的土壤熱容，溫度變化原來應該不大，但混合林的太陽反照率小於水田，因此吸收到較多的太陽能量，且水田相對於混合林有較高的可用含水量，在各項因子交互影響下造成代表混合林的 CTCI 在中央山脈地區會比代表水田的 USGS 資料有日間溫高而夜間溫低的情形呈現。為突顯土地利用之差異並簡化問題，我們進一步挑出蘭陽平原做單點分析，圖十二即為兩個案在蘭陽平原地區地表面溫度、近地溫度、可感熱與潛熱的時間序列圖。由圖中所示，白天太陽加熱期間屬於旱田的 USGS 有較高的可感熱通量與較低的潛熱通量，而屬於水田的 CTCI 則有較高的潛熱通量與較低的可感熱通量，對照 WRF 模式的土地利用表，旱田的放射率高於水田但可用含水量則比較低，此外，太陽反照率旱田也比較小，這合理解釋了 CTCI 為何在蘭陽平原區有較低的近地面溫度。為了了解我們更新後的土地利用類型對台灣地區整體的影響，我們將台灣地區做一平均的潛熱、可感熱以及邊界層厚度的時間續列圖，即圖十三。圖中可見新的土地利用類型(CTCI)對於地表能量的影響都較明顯的反應在白天，CTCI 有較大的可感熱通量與較小的潛熱，PBL Height 則略高於 USGS。

五、結論及未來工作

土地利用類型在 WRF 模式中是透過對照表得到對應之反照率、放射率、熱容、粗糙度等參數，依據所選用的土地地表過程參數化、邊界層參數化、輻射參數化等大氣-地表過程影響天氣，而天氣的變化如雲、降水等，也會反饋影響到地面含水與輻射收支，造成複雜難以定性推測的天氣過程。因此在討論土地利用類型差異的天氣影響時，需小心且謹慎。本文利用更新過的土地利用類型與原來 USGS 之土地利用類型針對 6 月 24 日 12Z 進行 48 小時的數值模擬，由模擬中可以發現更改土地利用類型確實會對於模式預報造成影響，有些大範圍一致性的差異(如蘭陽平原水旱田的差異、嘉南平原等地都市的增加以及中央山脈地區水田與混合林的差別)所帶來的能量收支、近地溫度風向的改變更是明顯。WRF 模式以往在台灣地區單點都市上的溫度預報，一向都有低於觀測的趨勢，相信在更新土地利用類型、正確的描述出代表台灣各地的土地利用類型後，應能為區域預報與單點預報帶來改進的空間。本文主要在描述 CTCI 的土地利用類型之資料處理過程與原來 USGS 的資料差異，並透過一個個案模擬探討其影響。對於土地利用的更新是否真能改進中小尺度台灣地區局部天氣的模擬仍有需更多且更嚴謹的測試模擬與資料比對。搭配何種物理參數化可以對台灣

地區有較適當的模擬以及模式根據土地類型所對應到各項參數是否適合、土地類型的季節變化是否影響明顯，需列入預報考慮…等等，都是未來仍需繼續努力研究的一大課題。

參考文獻

- Atkinson, B. W., 1971: The effect of an urban area on the precipitation from a moving thunderstorm. *J. Appl. Meteor.*, 10, 47-55.
- Balling, R. C., and S. W. Brazel, 1987: Recent changes in Phoenix, Arizona, summertime diurnal precipitation patterns. *Theor. Appl. Climatol.*, 38, 50-54.
- Betts, A. K., J. H. Ball, A. C. M. Beljaars, M. J. Miller and P. A. Vitebo, 1996: The land surface-atmosphere interaction: A review based on observational and global modeling perspectives. *J. Geophys. Res.*, 101, 7209-7225
- Chen, F., Y. Liu, H. Kusaka, M. Tawari, J. Bao, C. Lo and K. Lau, 2004: Recent Progress in Urban Landuse Modeling for the Community MM5 and WRF Models. *Mesoscale and CFD Modeling for Military Appli.*, May 25 - 26, 2004. Jackson, MS.
- Gero, A.F., A.J. Pitman, G. T. Narisma, C. Jacobson, and R. A. Pielke, 2006: The impact of land cover change on storms in the Sydney Basin. *Global Planet. Change*, in press.
- Grossman-Clarke, S., J.A. Zehnder, W.L. Stefanov, Y. Liu and M.A. Zoldak, 2005: Urban Modifications in a Mesoscale Meteorological Model and the Effects on Near Surface Variables in an Arid Metropolitan Region. *J. Appl. Meteor.*, Vol. 44, 1281-1297.
- Gero AF, Pitman AJ, 2006: The Impact of Land Cover Change on a Simulated Storm Event in the Sydney Basin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 45(2): 283.

表一. USGS 之 24 類土地利用分類

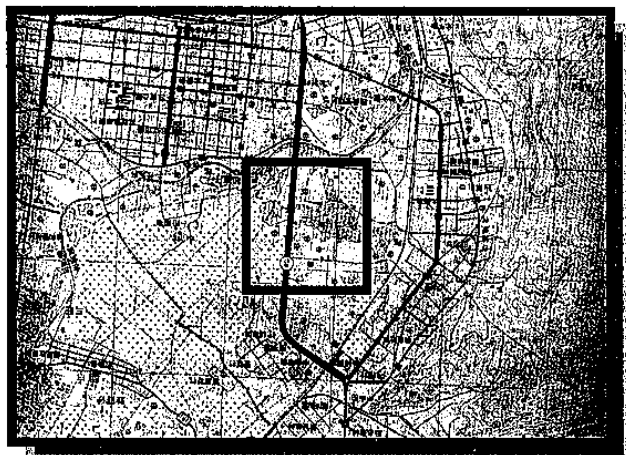
1. Urban and Built-Up Land	13. Evergreen Broadleaf Frst
2. Dryland Cropland and Pasture	14. Evergreen Needleleaf Frst
3. Irrigated Cropland and Pasture	15. Mixed Forest
4. Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture	16. Water Bodies
5. Cropland/Grassland Mosaic	17. Herbaceous Wetland
6. Cropland/Woodland Mosaic	18. Wooded Wetland
7. Grassland	19. Barren or Sparsely Vgtd.
8. Shrubland	20. Herbaceous Tundra
9. Mixed Shrubland/Grassland	21. Wooded Tundra
10. Savanna	22. Mixed Tundra
11. Deciduous Broadleaf Frst	23. Bare Ground Tundra
12. Deciduous Needleleaf Frst	24. Snow or Ice

表二：CTCI 之 16 類土地利用分類

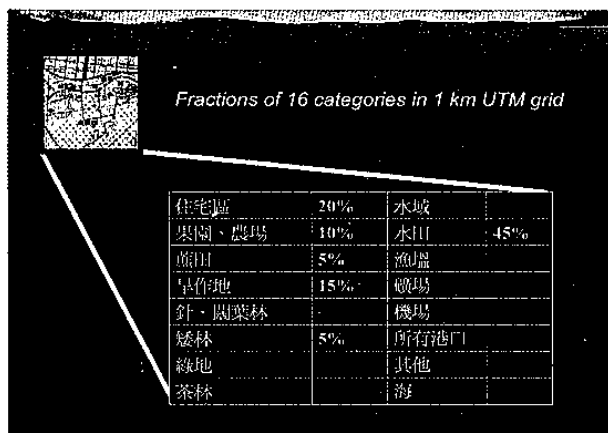
1.住宅區、建築區(1)	9.水域
2.果園、農場(9)	10.水田(3)
3.蔗田(2)	11.魚池、漁塬(16)
4.旱作地(2)	12.機場(1)
5.針、闊葉林(15)	13.礦場(1)
6.矮林(8)	14.港口(1)
7.綠地(7)	15.海(16)
8.茶林(8)	16.其他

表三.本次 WRF 數值模擬中所選用之各項物理參數

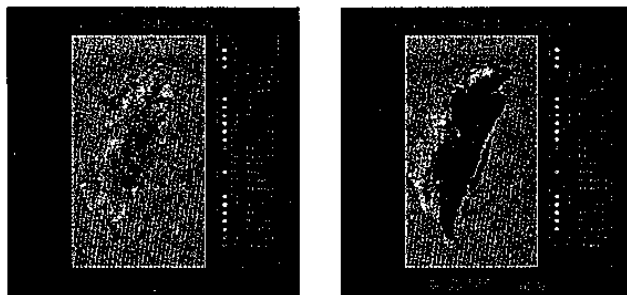
mp_physics	WSM 5-class
ra_lw_physics	rrtm scheme
ra_sw_physics	Dudhia scheme
sf_sfclay_physics	Monin-Obukhov scheme
sf_surface_physics	thermal diffusion scheme
bl_pbl_physics	YSU scheme
cu_physics	Betts-Miller-Janjic in two outer domains and none in the other two inner domains



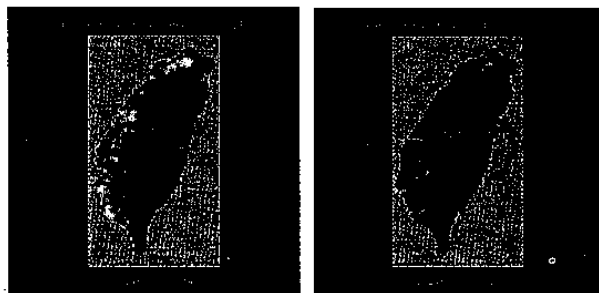
圖一.中鼎公司數位化資料後的台灣地區高解析度地形圖範例



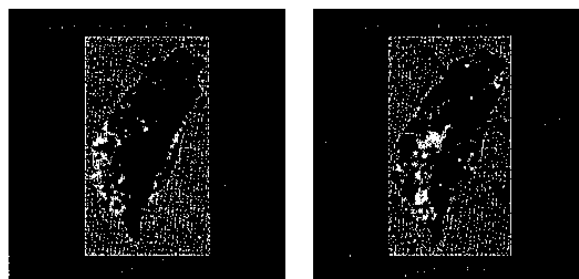
圖二. 範例圖示一公里網格所佔個分類的比例圖



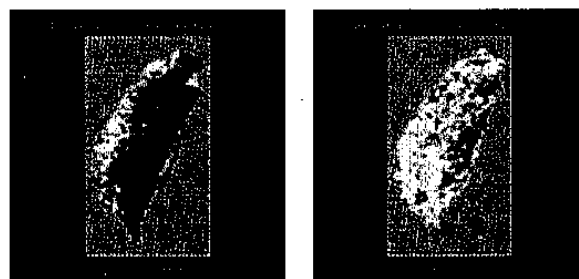
圖三. 台灣地區 USGS 之土地利用類型;圖四.CTCI



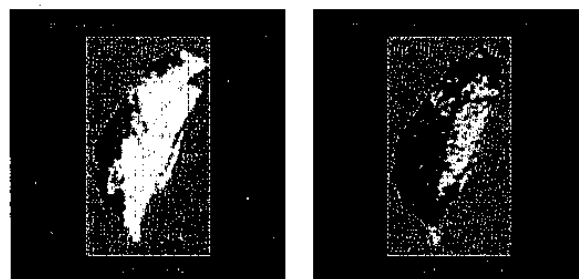
圖五.CTCI(左)與 USGS(右)之都市分布圖



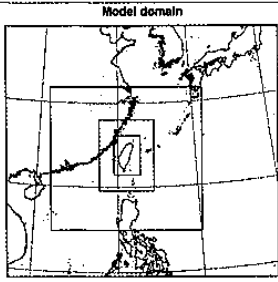
圖六.CTCI(左)與 USGS(右)之旱田分布圖



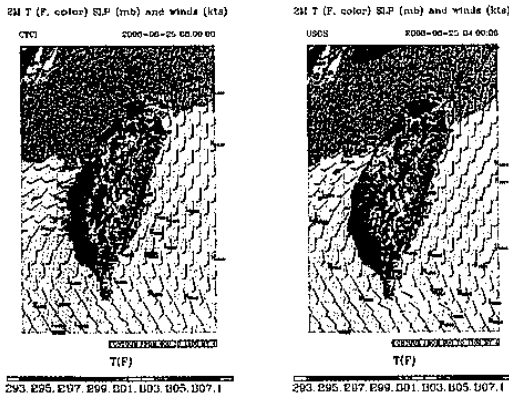
圖七.台灣地區 CTCI(左)與 USGS(右)之水田分布



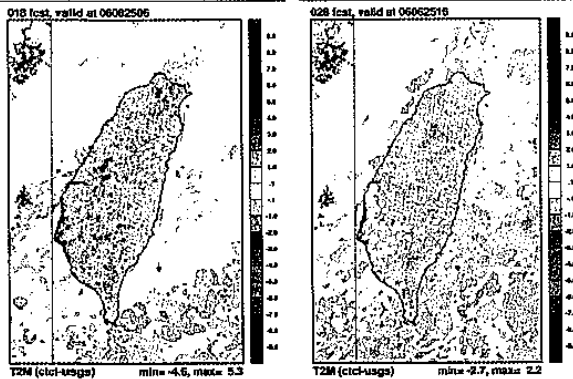
圖八. 台灣地區 CTCI(左)與 USGS(右)之混合林分布



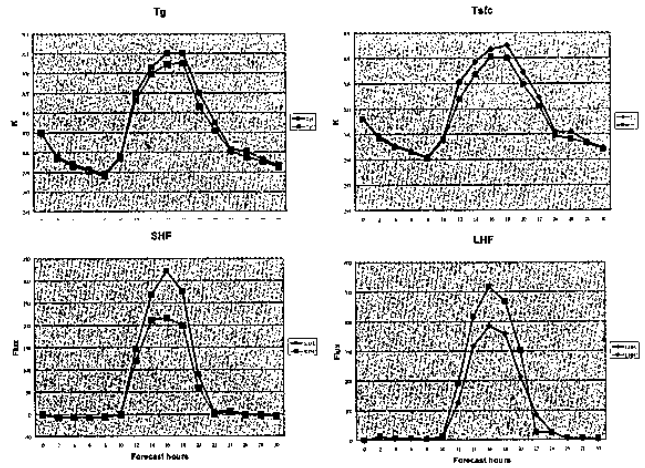
圖九. 模式範圍設定



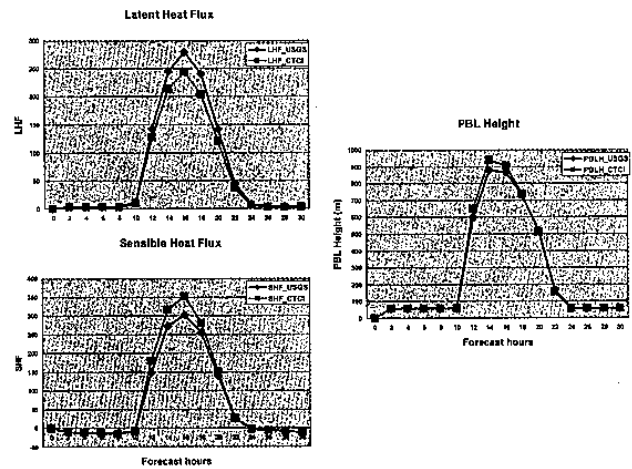
圖十. 模式預報 18 小時後之近地面兩公尺溫度、海平面氣壓以及風向分布的天氣圖



圖十一. 圖十一為 CTCI 與 USGS 兩公尺地表溫度差值圖(CTCI-USGS)，左圖代表白天(2006062506)，右圖代表夜晚(2006062516)



圖十二. 兩個案在蘭陽平原地區地表面溫度、近地溫度、可感熱與潛熱的時間序列圖(藍:USGS, 紅:CTCI)



圖十三. 台灣地區做一平均的潛熱、可感熱以及邊界層厚度的時間續列圖(藍:USGS, 紅:CTCI)

