

台灣土地利用型態對於局部環流與降雨模擬之影響

許志禎 林沛練

國立中央大學 大氣物理研究所

摘要

地表過程不僅牽涉地表與大氣之間的交互作用，並且可以影響天氣與區域氣候的特性。在模式之中的地表過程要能發揮正確的作用，真實的土地利用型態分佈以及良好的參數化是決定性的因子。隨著台灣地區的經濟發展，MM5所使用的舊版土地利用型態已經過於老舊，無法正確反映出台灣真實的土地利用情形。MM5更新到3.5版之後，將其現有的土地利用型態資料進行更新，其中台灣全島的資料與舊版有相當的不同。此外，台灣中鼎公司(CTCI)利用內政部空照圖，將其數位化成台灣的高解析度土地利用資料。三種土地利用資料(USGS-OLD、USGS-NEW和CTCI)差異最大的地方為都市區的分佈範圍以及濕作物、旱作地、山區混合林的分佈範圍。

而不同的土地利用型態皆對應不同的土壤參數，例如：土壤濕度、反照率、粗糙長度等。本論文延續曹(2007)的研究結果，針對冬季的個案利用MM5模式進行模擬比較，討論不同土地利用型態對局部環流以及氣象場模擬的影響。

一、前言

近幾十年來，由於台灣地區工商業的蓬勃發展，交通運輸建設不但帶動經濟的起飛，也同時縮短城鄉的差距，進而促進台北、台中和高雄三大都會區的開發及周圍群落的成長。都會區發展不但會影響鄰近的大氣環流，甚至還有可能造成區域天氣型態的改變。除了都會地區之外，人類的活動以及人口的增加間接影響農田以及山坡地的開發，甚至是森林的面積。而這些轉變也直接造成台灣地區土地利用型態的變化，進而影響到台灣局部地區的溫度場、環流和降水等天氣因子的分佈。

模式中地表過程為主要影響模式結果的因素之一，其透過地表上大氣能量的交換影響模擬的結果。地表過程要能正確的發生作用，需要良好的參數化以及土地利用型態分佈範圍須正確地描述。海陸風、熱島效應等邊界層中的大氣現象能否正確的模擬出來，和模式是否可以正確處理近地層能量和水氣的分布與變化特性有相當的關係。不同季節土地利用型態設定之物理參數數值，乃是模式決定熱量以潛熱或是可感熱形式存在時的主要依據，並且對於模擬結果有非常大的影響。

過去許多的研究顯示：地表型態、土壤溫濕度的改變，對於地表與大氣之間的能量平衡與分配都會有直接的影響，並且進而影響區域的天氣狀態，如邊界層的發展高度、溫度甚至是颶風或強烈風暴的生成、加強和移動(Noiilhan and Planton 1989; Lanicci et al. 1987; Gero and Pitman, 2005; Tomohiko et al. 2007; Alapaty et al. 1997)。而區域的地表狀態因為人類農耕活動以及自然因素，如草原、山坡地或是森林開發為灌溉農地或者森林大火造成森林的消

失等改變，在進行氣候的模擬時，都會造成天氣狀態的改變或是降雨區域的轉移(Pielke et al, 1991, 2006)。

Ferreira et al.(2006)利用WRF(Weather Research and Forecasting)模式針對SALLJEX實驗(South America Low Level Jet Experiment)進行模擬以及敏感度測試，結果顯示增加土壤的乾燥度之後，阿根廷低壓有加強的現象，並且也增強其東方的向北氣流，進而造成降雨位置的改變。

國內研究方面，戴等人(2006)利用中尺度氣象模式WRF，討論更新過後的CTCI(China Technical Consultants Inc.)與原始USGS(U. S. Geological Survey)對於模式模擬結果的影響，發現土地利用型態的改變的確對於模式中的能量收支、近地面的溫度與風向等模擬結果有明顯的改變。曹(2007)利用CTCI資料進行模擬，發現確實能夠在調整都會區的土壤可用濕度以及地表粗糙長度參數之後，模擬出較為準確的氣象場以及局部環流的發展。

MM5模式在3.5版以前所使用的舊版土地利用型態資料為USGS所提供之24類(表1.1)全球土地利用分佈(以後簡稱為USGS-OLD)。此資料對於台灣地區來說，已經無法有效反映確切的地表狀態，進而導致模式無法模擬出台灣地區近地面層的大氣結構特色。而MM5在V3-5版之後，更新了之前所使用的USGS土地利用型態資料，(之後簡稱為USGS-NEW)，與舊版的土地利用型態比較之下，可以發現有明顯差異。

由前人研究中可以得知，土地利用型態的改變對於模式模擬結果都會藉造成一定的影響。本篇研究主要延續曹(2007)的結果，討論三種不同的土地利用型態資料(USGS-OLD、USGS-NEW和CTCI)有關台灣土地利用型態上，分佈類型和大小差異。並討論三種

土地利用型態對模擬結果造成的影響。另外，本研究也會同時討論不同的土地利用型態資料對於降水模擬的影響。

二、資料來源

CTCI(中鼎公司) landuse, 是由中鼎公司利用內政部出版的 1/25000 航照圖(1999~2001), 將其數位化成台灣地區的土地利用型態資料, 該資料網格為世界橫麥卡脫投影座標系統(Universal Trans-Verse Mercator Projection Grid System)。在 CTCI 的分類中, 將台灣分成 16 種不同的地表型態(表一), 分類的方式是先將空照圖分成一公里見方的小方塊, 在判定在方塊中這 16 類地表形態各所占的比例。

本研究參考戴等人(2006)的方法, 將 CTCI 轉成 USGS 格式時, 首先將 CTCI 的 16 種分類分別歸類到 USGS 的 8 種類別(圖一), 再依照 USGS 網格點框出上下 15 秒距離範圍, 在計算這範圍內各類所占的比例大小, 以最大比例者為該點的分類類別。其中有一例外, 該點的第二大比例者為都市, 且比例超過 30%, 則該格點判定為都市型態。此外的 CTCI 的 16 種為「其他」類別, 這是空照圖上無法判定的部分, 占 37331 筆資料中的 1001 筆, 當中有 603 筆以第二大比例且比重超過 30%的類型取代, 剩下 398 筆則是按照原 USGS 所分類的類型而不另作取代的過程。

三、土地利用型態差異

圖二為 USGS-OLD、USGS-NEW 以及 CTCI 三種土地利用型態在全台灣地區的分佈情形。可以發現新版兩種資料(USGS-NEW & CTCI)對於都會區、山區森林地、旱濕農作地分布的位置以及涵蓋範圍上, 都有相當大的差異, 以下就將三種土地利用型態資料中, 有較明顯差異的幾種型態進行分析以及比較。

都會區的分布上(圖三), USGS-OLD 的都會區分布主要都是在台北、嘉南與高屏的零星區域, 而在 USGS-NEW 和 CTCI 土地利用資料中就有明顯的修正, 台北、台中和高雄三大主要都會區, 新版資料皆有將其中心以及周圍鄰近地區反應出來。其中 USGS-NEW 在都會區的分佈範圍為三種資料中最多, 在三大都會區以外另外包含了苗栗、嘉義和台南一帶。旱作地方面(圖四), USGS-OLD 主要分布在蘭陽平原南側、南投、西南部嘉南平原接近中央山脈山麓的地方; USGS-NEW 則是在西部沿海地帶和蘭陽平原原有較為密集的分佈; CTCI 則主要分布在花東縱谷與嘉南平原一帶。濕作地部分(圖五)則可發現 USGS-OLD 除了東部地區以外, 其餘地區幾乎為濕作地所覆蓋; CTCI 則是分布在桃園新竹一帶, 以及彰化以南的西部沿海、蘭陽平原和花東縱谷。新版 USGS 則是分布較其他兩種為少, 在全台灣都是零星散佈的情形。而灌木/草地混合型的土地利用上(圖六), USGS-OLD 屬於較為零星散佈在台灣北部東半部的情形; USGS-NEW 中, 則主要分布在嘉南平原旱作地的周圍和花東縱

谷; CTCI 中因為將原本為農場、果園一類的區域歸納為此種土地利用型態, 所以主要分布的區域在中部以及中南部地區的平地 and 山區相鄰的地方。最後森林部份因為 CTCI 資料中, 並沒有針對常綠闊葉林、常綠針葉林、落葉闊葉林以及落葉針葉林等分別仔細去區分, 因此將其一概統稱為混合林(圖七)。USGS-OLD 主要分布在苗栗、新竹、恆春半島、中央山脈的東側, 但是在阿里山、雪山和玉山山脈的地方卻是多為濕作物而不是森林的類型, 與實際的分布有相當大的差異。新版兩種資料森林區分布較廣, 大略佔了全台灣 2/3 的區域, 將台灣的五大山脈以及恆春半島都包含進去, 並且新版資料兩者之間在森林的分布範圍上相當相似。

經過比較新舊三種不同的土地利用型態資料之後可以發現, USGS-OLD 的資料在都市、農作物以及森林等型態的分布上, 都和現在的台灣實際情況有所落差。而新版的兩種土地利用型態資料中, USGS-NEW 還是有都會區與旱作地分布較廣的現象。因此以將 USGS-OLD 的土地利用型態更新為 USGS-NEW 和 CTCI 的土地利用資料後, 是較為正確的選擇, 不過大致觀察的結果, CTCI 的土地利用型態資料應該會比 USGS-NEW 更為接近真實的地表特性。

四、模式設定與實驗設計

本研究使用的氣象模式為中尺度模式 MM5v3。積雲參數化使用 Grell 的積雲參數化法(Grell, 1994)。邊界層參數化是使用 MRF(Hong and Pan, 1996)。土壤參數化的部分是使用 Dudhia(1996)五層參數化法。輻射參數化是考慮有雲的狀況(Dudhia, 1993)。物理參數化則使用混合水相粒子(mix phase)(Reisner et al., 1998), 另外允許潛對流的發生。

為了比較三種土地利用型態資料模擬結果的差異, 本次研究中分別設計了 OLD、NEW 和 CTCI 三組實驗, 在這三種實驗設定之中, 物理參數化、地形、巢狀網格皆選用同樣的設定, 不同的部分只有土地利用型態資料的差異。而在地表參數的設定方面, 沿用曹(2007)的最佳設定—都會區的土壤可用濕度增加 30%; 都會區粗糙長度增加到 200cm, 混合林部份增加為 100cm。本篇研究則以此最佳參數設定進行模擬。另外為了更加突顯三種土地利用型態的差異, 在本篇研究中, 沒有使用四維資料同化(Four Dimensional Data Assimilations, FDDA)。

五、實驗結果

圖八為模擬 52 小時台灣地區兩公尺溫度分布圖, 可以發現東北季風盛行的天氣狀態之下, 三種土地利用型態對臺灣北部與中部地區氣象場的模擬結果差異並不明顯。更新過後的 USGS-NEW 以及 CTCI 兩種土地利用型態在南部地區的溫度與邊界層高度模擬結果較 USGS-OLD 高。由南部地區氣象因子隨剖面分布圖來看(圖九), USGS-NEW 溫度較高, 因此土

壤中有較多的水氣蒸散到近地層空氣中，近地表潛熱通量高並且加上上岸風的傳送，所以在垂直速度與相當位溫剖面圖(圖十)中，可以發現山區有較高的空氣塊相當位溫；CTCI的土地利用型態中，則是以灌木與濕作物的型態分布較多，土壤可用濕度低因此有較多的能量分配給可感熱通量，空氣塊加熱明顯而上升運動也就較為強烈。從單點風速隨時間變化圖中(圖十一)，也可以發現風速的模擬結果則與地表粗糙長度之設定關係密切，以濕作地為主要土地利用型態的USGS-OLD，粗糙長度設定較短，因此風速模擬較高，CTCI次之，USGS-NEW則因為其都會區分布較多較廣，所以粗糙長度設定較長，而風速模擬結果最低。

模擬結果與氣象局地方測站觀測資料進行比較。如表四所示，三種土地利用型態資料的模擬結果對於溫度的日夜變化趨勢都掌握的不錯，相關係數在0.8以上，均方根誤差的比較顯示更新過後的USGS-NEW和CTCI模擬結果相對於舊版USGS-OLD資料較為接近於實際觀測值，但是USGS-NEW與CTCI之間差異僅僅在小數點下兩位，並沒有明顯區別。造成模擬結果差異不明顯的主要原因為受限於觀測站位置固定，不一定在三種土地利用型態資料中觀測站皆位於不同之土地利用型態上，因此僅能確定更新土地利用型態的確能使模擬結果更接近於觀測資料。

土地利用型態對於降雨模擬影響的結果顯示。圖十二為夏季午後對流降雨率圖，模擬結果顯示不同的土地利用型態資料對模擬的降雨位置與分布範圍造成影響。土地利用型態以都會區和旱作地的USGS-NEW資料，地表溫度較高，因此土壤中有較多水氣蒸散到近地層大氣之中，空氣較為潮濕，所模擬的降雨區域最大；而主要以灌木和濕作物為主的CTCI資料則是因為土壤較為乾燥，上升運動較明顯，所以較早開始形成對流降雨，但是因為整體水分較少因此降雨較早結束；而USGS-OLD資料在對流降水的模擬上，因為地表的加熱較不明顯，所以對流降雨的現象較晚開始，但是其土壤狀態較為潮濕，所以其降雨持續的時間較長。此外USGS-OLD以及CTCI的土地利用型態皆以地表粗糙長度較短的濕作地與灌木為主。如圖十三所示，位於高雄屏東一帶所模擬的風速較強，因此兩種土地利用型態資料所模擬的降雨位置略為偏北。

六、 參考文獻

- 戴俐卉，洪景山，莊秉潔，蔡徵霖，倪佩貞，2006：“WRF模式中台灣地區土地利用型態更新與個案研究”。95年天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，P.2-43。
- 曹嘉宏，2007：“台灣土地利用型態對MM5模擬局部環流之影響”。國立中央大學碩士論文，96頁。
- Alapaty K, J.E. Pleim, S. Raman, D.S. Niyogi and D.W. Byun, 1997: Simulation of atmospheric boundary layer processes using local- and

nonlocal-closure schemes. *J. Appl. Meteor.*, 36, 214 - 233.

- Ferreira Lorena Judith, Saulo Celeste, Juan Ruiz and Seluchi Marcelo, 2006: The impact of land use change over the low level circulation related to the Northwestern Argentinean low. *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006*, INPE, 1029-1035.
- Gero, A. F. and A. J. Pitman, 2005: The Impact of Land Cover Change on a Simulated Storm Event in the Sydney Basin. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 45(2), 283-300.
- Lam J.S.L., A.K.H. Lau and J.C.H. Fung, 2006: Application of refined land-use categories for high resolution mesoscale atmospheric modeling. *Boundary-Layer Meteorology*, 119, 263 - 288.
- Lanicci, J. M., T. N. Carlson, and T. T. Warner, 1987: Sensitivity of the Great Plains severe-storm environment to soil-moisture distribution. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2660 - 2673.
- Pielke, R. A., J. Adegoke., A. Beltran-Przekurat, C. A. Hiemstra, J. Lin, U. S. Nair, D. Niygoi, T. E. Nobis, 2006: An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall. *Tellus*, 59B, 587 - 601
- Tomohuko T, H Kusaka., Akiyoshi R, Imasatoy, 2007: Thermal and Geometric Controls on the Rate of Surface Air Temperature Changes in a Medium-Sized, Midlatitude City. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 46(2), 241.

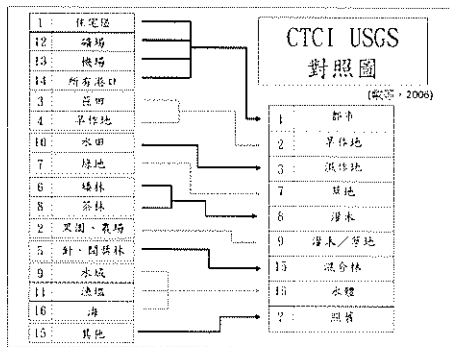
表一、CTCI 16種土地利用型態分類表

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

表二、溫度觀測值與模擬結果之RMSE和相關係數

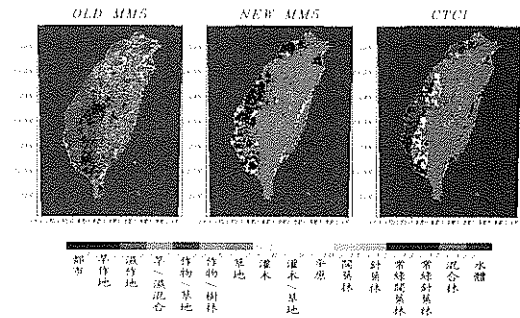
嘉義	RMSE	相關	永康	RMSE	相關
OLD	1.178	0.952	OLD	1.432	0.955
NEW	0.972	0.961	NEW	1.280	0.975
CTCI	0.906	0.964	CTCI	1.287	0.974

台南	RMSE	相關	高雄	RMSE	相關
OLD	1.822	0.928	OLD	2.372	0.844
NEW	1.759	0.929	NEW	2.313	0.892
CTCI	1.778	0.925	CTCI	2.667	0.833

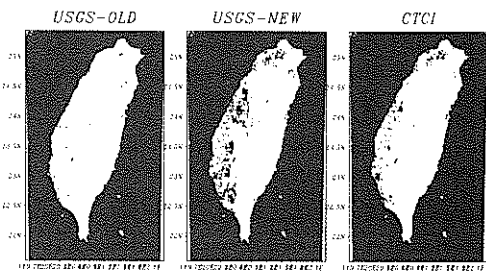


圖一、CTCI與USGS對照圖

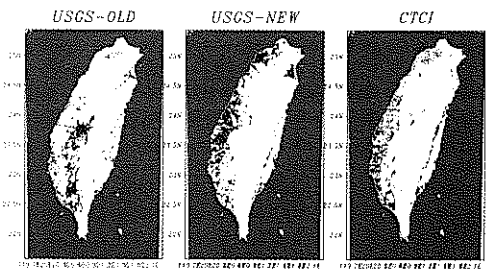
USGS-OLD USGS-NEW



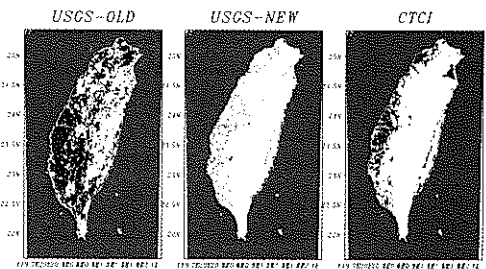
圖二、三種土地利用型態資料之分布圖



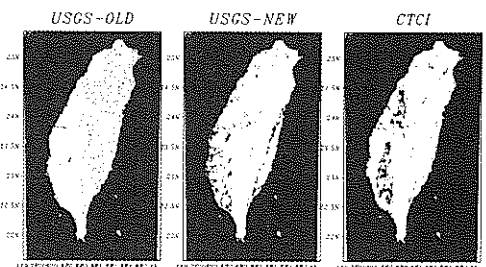
圖三、都市型態土地利用分布



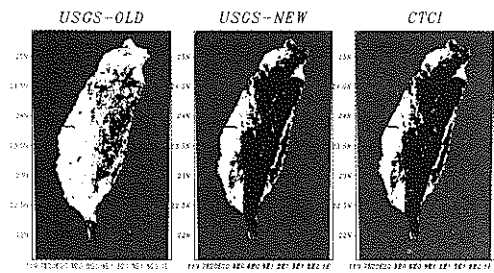
圖四、旱作地型態土地利用分布



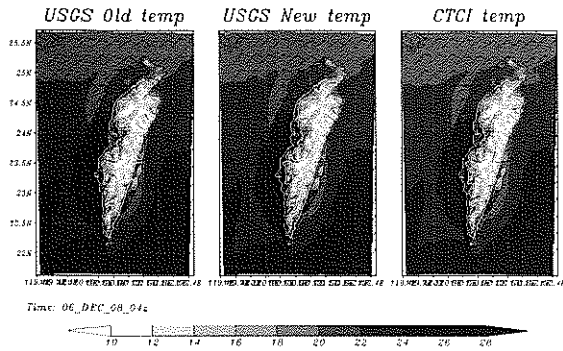
圖五、濕作地型態土地利用分布



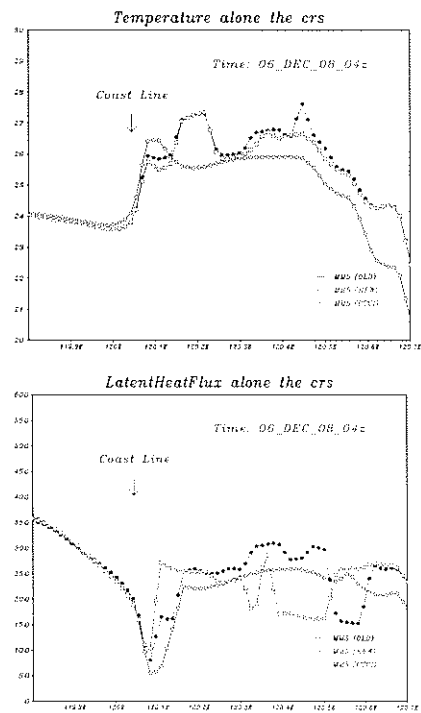
圖六、灌木/草地型態土地利用分布



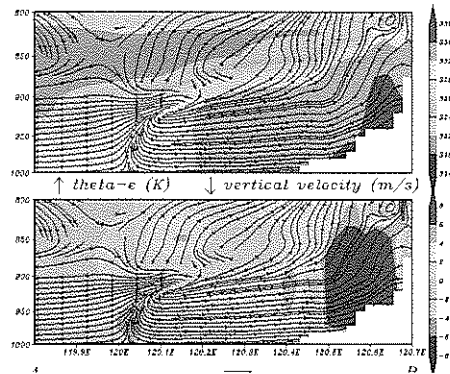
圖七、混合林型態土地利用分布



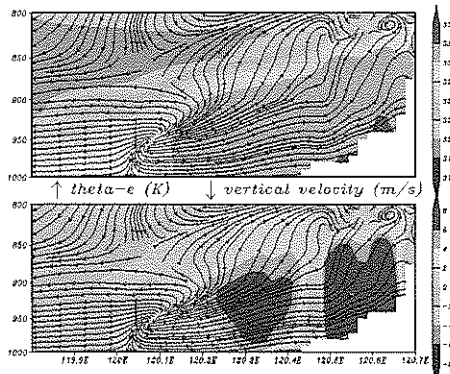
圖八、模擬52小時的台灣地區兩公尺溫度與風場分布圖，為當地時間12月8日中午12時



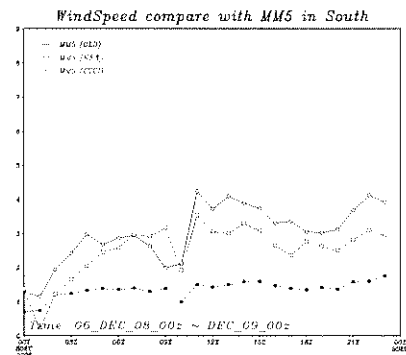
圖九、氣象因子隨剖面變化圖



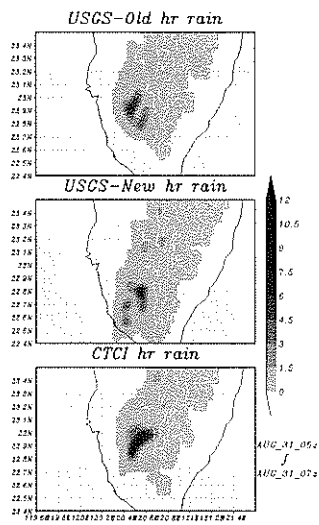
圖十、USGS-NEW相當位溫與垂直速度剖面圖



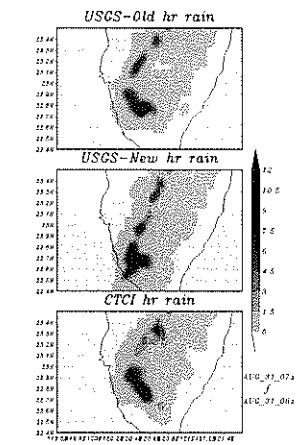
圖十、CTCI相當位溫與垂直速度剖面圖



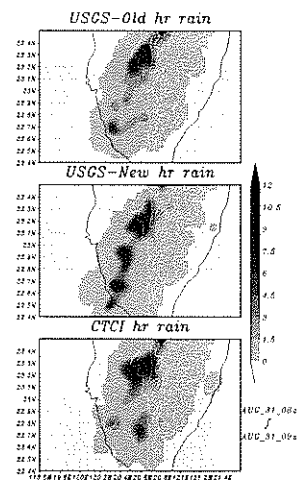
圖十一、單點風速隨時間變化圖



圖十二、2006年8月31日下午當地時間14時到15時累積
降水分布圖

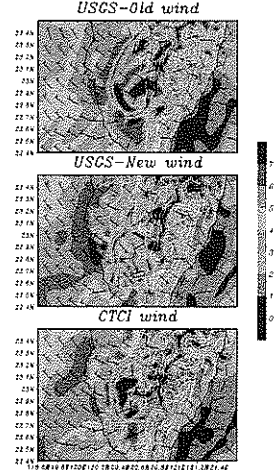


圖十二、2006年8月31日下午當地時間15時到16時累積
降水分布圖



圖十二、2006年8月31日下午當地時間16時到17時累積

降水分布圖



圖十三、南部地區下午15時之模擬風場分布圖。