

WRF 模式東亞地區土地利用資料庫之更新與個案研究

蔡佳伶¹ 洪景山¹ Michael Barlage² Fei Chen²

中央氣象局¹ National Center for Atmospheric Research²

摘要

地表過程是影響地表與大氣能量交換重要的環節之一，地表經由邊界層與自由大氣進行熱量、動量以及水氣的交換，進而影響天氣與氣候，除了合適的地表參數化，使用正確的土地利用分布資訊才能幫助模式正確地描述地表過程。本研究引進於今（2009）年 4 月 9 日隨著 WRF V3.1 一起被發表的 MODIS 土地利用資料庫，全面更新目前中央氣象局作業 WRF 模式所使用的 USGS 和 CTCI 東亞地區的土地利用資料，其中 USGS 是指美國地理測量土地利用系統所提供的全球地利用分布，該組資料為 1992-1993 年之 AVHRR 遙測資料推導而得，資料觀測距今已久，無法反應出土地利用的改變；而 CTCI 則是臺灣地區高解析度土地利用資料，乃由中鼎工程顧問公司將 2001 年內政部所出版的經建版之 1/25,000 基本地形圖數位化，再經處理而得，該資料並沒有區分出臺灣不同類別的林地，且僅侷限於臺灣地區，亞洲其他陸地區域的土地利用資料仍使用 USGS 資料。本研究同時選取 2008 年 SoWMEX 期間弱綜觀天氣現象個案，針對 USGS/CTCI 和 MODIS 兩組土地利用資料進行個案模擬，結果顯示更新之土地利用資料改善了模式對地面風場的預報，且在中小尺度解析度時有較顯著之修正，但在高解析度下對於地面溫度和溼度場卻有負面影響，推測可能是模式都市熱島效應被過度強化的關係。未來將進行更詳細的區域性分析，並保留臺灣本島非林地部分的 CTCI 土地利用資料，產生 MODIS/CTCI 土地利用資料，並進行敏感度測試。

一、前言

地表過程是影響地表與大氣能量交換重要的環節之一，地表經由邊界層與自由大氣進行熱量、動量以及水氣的交換，進而影響天氣與氣候。在數值模擬方面，當模式解析度持續增加時，測站網聯常無法解析到中小尺度的環流結構，但中小尺度環流系統往往是大氣經由地表過程之強迫作用而調適的結果，因此，除了合適的地表參數化，使用正確的土地利用分布資訊才能幫助模式正確地描述地表過程，增進模式對中小尺度環流系統之預報能力。

目前中央氣象局作業 WRF 模式所使用的土地利用資料源自於 USGS 和 CTCI，USGS 是指美國地理測量土地利用系統所提供的全球地利用分布，該組資料為 1992-1993 年之 AVHRR 遙測資料推導而得；而 CTCI 則是臺灣地區高解析度土地利用資料，乃由中鼎工程顧問公司將 2001 年內政部所出版的經建版之 1/25,000 基本地形圖數位化，再經（戴等 2008）處理後供中央氣象局作業 WRF 模式使用。其中，USGS

資料觀測距今已久，無法反應出土地利用的改變，而 CTCI 資料並沒有區分出臺灣不同類別的林地，且僅侷限於臺灣地區，在亞洲其他陸地區域的土地利用資料仍使用 USGS 資料。在本研究中，我們將全面更新東亞地區的土地利用資料，並進行數值模擬實驗，評估所更新之土地利用資料對模式預報的影響。

二、資料處理與比較

本研究引進於今（2009）年 4 月 9 日隨著 WRF V3.1 一起被發表的 MODIS Landuse Data，以改善東亞地區的土地利用類型資料庫。該組資料源自於 2001 年 MODIS/Terra Land Cover Type Yearly L3 Global 1km SIN Grid V004 (MOD12Q1)，該產品實際上含括 5 種審慎評估後的地表型態分類方式，但 WRF MODIS Landuse Data 僅使用其中的 IGBP scheme，在辨識 17 種地表型態，包含 11 種自然植被類別、3 種人為類別，和 3 種非植物類別之外，再加入木本凍原、混和凍原和裸土凍原 3 個類別，形成共 20 種類別的土地

表 1：WRF 的土地利用分類表。
 左和右欄分別為 MODIS 之 20 類和 USGS 之 24 類土地利用分類表；
 中欄為 MODIS 轉換至 USGS 類別的對照表。

class	MODIS Land Use 20-Categories	Mapping	class	USGS Land Use 24-Categories
01	Evergreen Needle-leaf forest	01→14	01	Urban and Built-up Land
02	Evergreen Broad-leaf forest	02→13	02	Dryland Cropland and Pasture
03	Deciduous Needle-leaf forest	03→12	03	Irrigated Cropland and Pasture
04	Deciduous Broad-leaf forest	04→11	04	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture
05	Mixed forest	05→15	05	Cropland/Grassland Mosaic
06	Closed shrublands	06→08	06	Cropland/Woodland Mosaic
07	Open shrublands	07→09	07	Grassland
08	Woody savannas	08→08	08	Shrubland
09	Savannas	09→10	09	Mixed Shrubland/Grassland
10	Grasslands	10→07	10	Savanna
11	Permanent wetlands	11→17	11	Deciduous Broadleaf Forest
12	Croplands	12→02	12	Deciduous Needleleaf Forest
13	Urban and built-up	13→01	13	Evergreen Broadleaf
14	Cropland/Natural vegetation mosaic	14→05	14	Evergreen Needleleaf
15	Permanent snow and ice	15→24	15	Mixed Forest
16	Barren or sparsely vegetated	16→19	16	Water
17	Water	17→16	17	Herbaceous Wetland
18	Wooded Tundra	18→21	18	Wooden Wetland
19	Mixed Tundra	19→22	19	Barren or Sparsely Vegetated
20	Barren Tundra	20→23	20	Herbaceous Tundra
			21	Wooded Tundra
			22	Mixed Tundra
			23	Bare Ground Tundra
			24	Snow or Ice

利用分類表。此「MODIS 之 20 類土地利用類型資料庫」之解析度，和過去 WRF/Domain 3 所使用的「USGS 之 24 類土地利用類型資料庫」一樣，皆為 30 秒網格上的單一土地利用類型，二者土地利用分類表，同列於表 1。表中左欄為「MODIS 之 20 類土地利用分類表」，右欄為「USGS 之 24 類土地利用分類表」，中欄則為經過二者參數比較之後，MODIS 轉換至 USGS 類別的對照表。

由於中央氣象局作業二版之 WRF 模式（以下簡稱 CWB WRF OP2）是應用 WRF V3.0.1，但 WRF 自 V3.1 之後的版本，才可直接讀取 MODIS 土地利用類型資料庫，因此本研究以表 1 中欄對照表的方式，將「MODIS 之 20 類土地利用資料庫」對應到 USGS 之 24 類土地利用類別，產生了一組實際來源為 MODIS 的新 USGS 土地利用類型資料庫，供 CWB WRF OP2 使用並進行相關測試實驗。該類別對照表並非單純的字意對應，而是取決於表格參數的設定，從 WRF V3.1/LANDUSE.TBL 或 VEGPARAM.TBL 中，便可了

解到 MODIFILE_IGBP_MODIS_NOAH 的各類參數設定乃源自於 USGS。其中 MODIS 的 11 類 (Permanent wetlands) 參數實際上為 USGS 的 17 類 (Herbaceous Wetland) 和 18 類 (Wooden Wetland) 參數的平均值，此處僅將 MODIS 的 11 類對應至 USGS 的 17 類，此為唯一的特殊情況。換言之，只需將 CWB WRF OP2 /LANDUSE.TBL 和 VEGPARAM.TBL 中的 17 類參數更改為二類別的平均值，即可將「MODIS 之 20 類土地利用類型資料庫」完整應用於 CWB WRF OP2。

圖 1 為 CWB WRF OP2 不同 Domain 下的 USGS/CTCI 和 MODIS 土地利用分布情形。相較之後發現，二者在華南一帶有很大的不同之外，臺灣地區 MODIS 的林地部分 (11-15 類) 應較 CTCI 正確，因 CTCI 並無林地分類資料，故戴等人將臺灣林地統一設定為混和林 (15 類)；此外，MODIS 的都市 (1 類) 分布有顯著成長，特別是在臺灣地區，此轉變大部分由 CTCI 為旱田和水田 (2 和 3 類) 的格點而來，但若配合衛星空照圖來看，可以合理懷疑臺灣地區 MODIS 的都市分布較實際

來的多。目前本研究先全面以MODIS資料進行個案研究分析，未來考慮保留臺灣本島非林地部分的CTCI

土地利用類型資料再做進一步測試。

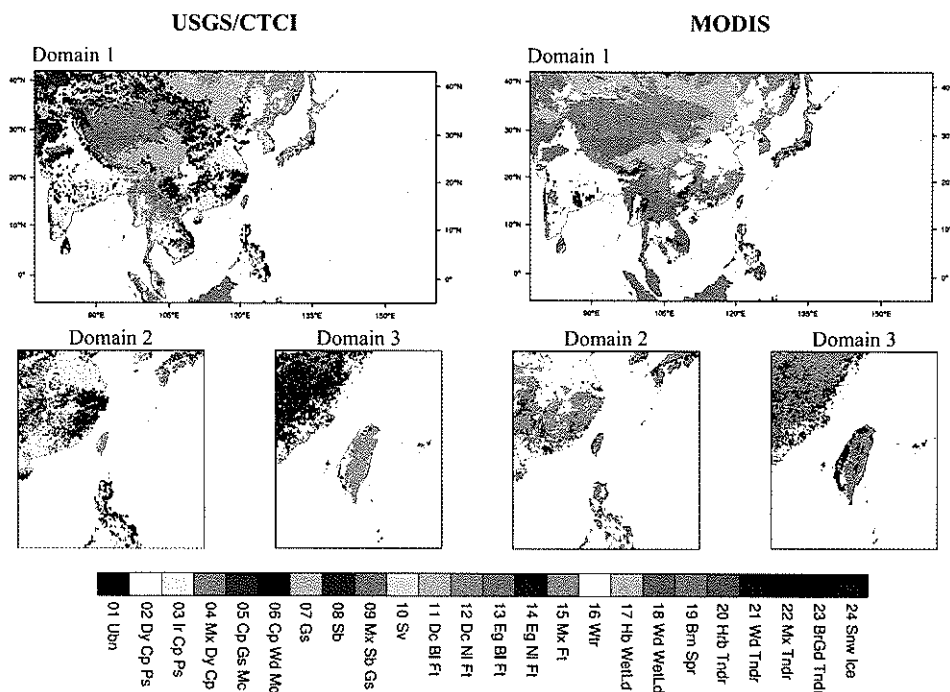


圖 1：不同 Domain 下的 USGS/CTCI (左) 和 MODIS (右) 土地利用分布情形。

三、數值實驗與結果

本研究使用 CWB WRF OP2，針對 USGS/CTCI (控制組) 和更新之 MODIS (實驗組) 二組土地利用資料，進行 2008 年 5 月 15-31 日 (SoWMEX 計畫期間) 為期半個月的敏感度測試，並評估更新之 MODIS 土地利用資料對模式預報的影響。在此測試期間內，臺灣地區天氣狀況大致分為三個時段，15-20 日為晴朗天氣，21-23 日發生無顯著綜觀強迫作用的午後對流，25-31 日前期有午後對流，後期有鋒面影響；而大陸華南一帶正處梅雨季，常有鋒面系統產生。

除了使用不同的土地利用資料庫之外，二組實驗的其他設定皆相同。於測試期間每日 00、06、12 和 18 UTC 進行預報實驗，其中 00 和 12 UTC 為 72 小時預報實驗，且每 2 小時輸出一次預報結果，方便日後進一步分析土壤參數或邊界層之日夜變化。模式邊界條件來自 NCEP，分析場使用 WRF 3DVAR 進行客觀

分析，所使用的觀測資料涵蓋所有 GTS (Global Telecommunications System) 上的觀測資料，並以上一個實驗的 6 小時預報場為初始猜測場，此將有助於在資料同化過程中累積土地利用類型資料差異所造成的影響。模式共有 3 層 Domain，解析度分別為 45、15 和 5 公里，垂直共 45 層。模式物理參數化分別採用 Grell 積雲參數法 (僅應用於 45 和 15 公里解析度，5 公里解析度不考慮積雲參數法)、Goddard 微物理參數法、NOAH 地表參數法和 YSU 界層參數法，以及 RRTM 長波與 Goddard 短波輻射參數法等。

針對 Domain 1 和 3，將模式預報的地面風場 (U 和 V)、溫度場 (T)、溼度場 (Q) 和氣壓場 (P) 與觀測資料相驗正，得到均方根誤差 (RMSE) 結果如圖 2。由圖可知，土地利用資料的更新確實改善了模式對地面風場的預報能力，且在中小尺度解析度的 Domain 3 更為顯著。而模式 Domain 1 的地面溫度、溼度和氣壓場並未如地面風場有明顯的修正，可能是

因為測試期間在華南一帶有鋒面系統產生並緩移，綜觀天氣現象（如降水）掩蓋了土壤影響近地層的效應；然而，該土地利用資料更新對於Domain 3 的地面溫

度和溼度場卻有負面影響，推測是臺灣地區太多的都市過度強化了模式都市熱島效應的緣故。

[2008 May 15 12Z - 31 12Z] 12 fct-hr Verification Surface RMSE

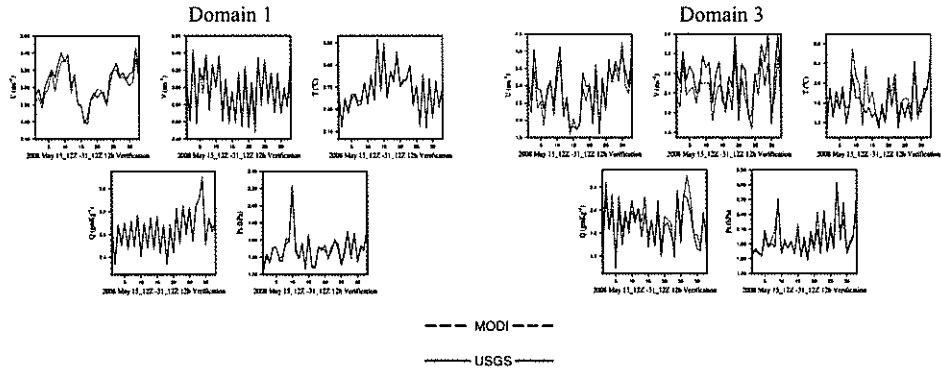


圖 2：應用東亞地區土地利用資料庫之更新於 CWB WRF OP2/Domain 1 和 3，針對地面風場（U 和 V）、溫度場（T）、溼度場（Q）和氣壓場（P）的 12 小時預報場，與觀測資料相驗正後的均方根誤差（RMSE）。

四、結論

本研究的重點，在於更新中央氣象局作業 WRF 模式的土地利用資料庫，該資料分布的變化，透過影響地表和大氣的能量交換過程，對中小尺度天氣系統的發展造成不容忽視的改變。本研究針對目前中央氣象局作業 WRF 模式所使用的 USGS/CTCI（控制組）和更新之 MODIS（實驗組 1）二組土地利用資料，進行半個月的敏感度測試後，發現此土地利用資料的更新明顯改善了模式地面風場，但在解析度較高的 Domain 3，模式地面溫度和溼度場則表現不佳，初步猜測是因為模式都市熱島效應被過度強化了。本研究將進行更詳細的區域性分析，並保留臺灣本島非林地部分的 CTCI 土地利用資料，產生 MODIS/CTCI 土地利用資料，進行實驗組 2 之敏感度測試。

研究”，大氣科學, 36, 43-62.

五、參考文獻

戴俐卉, 洪景山, 莊秉潔, 蔡徵霖和倪佩貞, 2008: “WRF 模式台灣地區土地利用類型之更新與個案