

土地利用型態及地形輻射效應對於高解析度模擬的影響

許郁卿 林沛練 周明達 汪傳凱
國立中央大學 大氣物理研究所

摘 要

複雜的地形效應對於地表太陽輻射有十分顯著的影響，且不同的土地利用型態亦會影響地表和大氣間動量、熱量以及水氣的交換。因此，本研究使用高解析度WRF氣象模式搭配Goddard Radiation scheme探討在弱綜觀條件下台灣複雜地形對於模式氣象場的影響。以2007年05月07日的模擬進行分析，其結果顯示晴空地表淨輻射在日出和日落受到地形效應的影響最大，這是因為日出日落時太陽斜射角度大因此地形效應最為顯著，而正午受到地形效應的影響最小，另外正午是向陽面背陽面的轉換時間，加入地形效應的差異在上午和下午結果相反。溫度的模擬結果差異時序圖和晴空地表淨輻射的趨勢相似，可以看出地形效應在白天所造成的差別。而土地利用型態的不同會影響反照率，而模式中所設定都市的反照率和其他類別差異較大，所以晴空地表淨輻射使用不同的土地利用型態在都會區會有很大的差別。影響最大的時間點出現在輻射量最大的正午。NEW模擬出較高的溫度，三組模擬最大的溫度差異在都市區。使用USGS資料的風速模擬較大。NEW的都會區和森林分佈較多，粗糙長度設定較長，因此風速模擬較小。將模擬結果與觀測資料相比，三個模擬皆低估觀測溫度；三個模擬則高估觀測。整體來說，使用真實地表較為接近且考慮地形效應的NEW有較好的模擬結果。相信若使用和實際較為相似的地表輻射效應，能對弱綜觀天氣的模擬有正面的改善。

關鍵字：土地利用型態、地表輻射效應

一、前言

不同的土地利用型態會影響地表和大氣間動量、熱量以及水氣的交換，當土地利用型態為灌溉地時，地表蒸發散作用強，能量主要以潛熱通量呈現；當土地利用型態為都市時，地表吸收的能量主要以可感熱通量呈現，造成都市溫度較高。這些土地利用型態的轉變會造成能量收支的差異，進而影響台灣局部地區氣象場分布。Lai et al. (2010) 指出，複雜的地形效應對於地表太陽輻射有十分顯著的影響，且解析度越高地形效應的影響越顯著。因此本研究使用WRFV3.3.1氣象模式和兩組土地利用資料並搭配Goddard radiation scheme探討在弱綜觀條件下台灣複雜地形對於模式氣象場的影響。

二、研究方法

(一) 土地利用資料

本研究使用兩筆土地利用型態資料：(1) USGS 數據和 (2) NEW 數據。WRF模式中所使用的地表資料為USGS (U.S. Geological Survey) 土地利用型態，此資料是由西元1992年至1993年之間AVHRR遙測資料所得，近幾十年來台灣的都市發展快速，土地利用型態已經和20年前大不相同，因此USGS資料是否能反映出真實台灣土地利用情形是值得討論的議題，使用此資料可能會導致模式無法精準的反映出台灣近地層的大氣過程。第二種土地利用資料是由中大太遙中心使用2007年SPOT衛星資料將台灣的土地型態進

行分類所得，但此資料只有台灣部分，因模擬範圍包含整個東亞，非台灣地區則是使用2009年ENVISATMERIS的衛星資料，此綜合資料命名為NEW。

兩種土地利用型態有差異性很大(圖1)，就台灣地區而言，USGS對台灣地區的分類主要為灌溉地和混合林為主，灌溉地的範圍非常大，甚至包含山脈地區，約占台灣土地面積的62%；森林大多集中於台灣東半部地區，約占台灣土地面積的24.6%；都市類別分佈少，僅有零星在台北、高雄幾個地區，約占台灣土地面積的0.2%。NEW對台灣地區的分類主要以混合林、灌溉地和都市為主，森林主要分布在台灣東半部以及中央山脈區域，約占台灣面積的63.1%；西半部平原以灌溉地為主，約占台灣面積的13.9%；都市分類約占台灣面積的5.4%。三種土地利用型態當中，NEW的土地利用型態資料是兩種土地利用型態資料庫中較能反應出台灣地區都市、農作、山林的分佈現況。

(二) 地形輻射效應參數

地形會影響太陽輻射的直射以及散射這兩部份，根據Lai et al. (2010)的結果顯示複雜的地形效應對於地表太陽輻射有十分顯著的影響，同時顯示解析度越高地形效應的影響越顯著。而台灣地形相當複雜，為了讓模式中的太陽輻射過程能正確的模擬，在此使用修改後的Goddard Radiation scheme並使用高解析度的兩公里設定進行模擬，修改後的Goddard Radiation scheme包含了兩個地形輻射效應參數，分

別為直接輻射因子 $\text{Kappa} (\kappa)$ 和散射輻射因子 $\text{Chi} (\chi)$ 。 $\text{Chi} (\chi)$ 受到經緯度的影響；而 $\text{Kappa} (\kappa)$ 則受到經緯度、天頂角及方位角的影響，此數據來自於 Lai et al. (2010)。

(三) 個案選取

當太陽輻射加熱地表越強，局部環流會較明顯，因此本篇研究選取了夏季弱綜觀條件個案，討論土地利用型態對於局部氣象場的影響。選取的時間是2007年5月8日至5月11日，局部環流的特性較容易顯現。主要分析為5月9日。

(四) 模式設定

本研究使用中尺度模式 WRFV3.3.1 進行模擬，模擬時間是2007年5月8日00UTC至2007年5月11日00UTC，共四日。初始場和側邊界條件採用 NCEP FNL (NCEP Global Final Analyses) 全球分析場資料。共有三層槽狀網格，最小 DOMAIN 的範圍包含整個台灣，是主要的分析區域，水平解析度依序為 18、6、2 公里，垂直共為 35 層。模式中所使用的物理參數法設定方面，選用的雲微物理方法為 WSM 6-class graupel scheme，長波輻射參數法採用修改的 Goddard longwave scheme，短波輻射參數法採用修改的 Goddard shortwave scheme，邊界層參數法採用 YSU PBL scheme，地表層選項則採用 Monin - Obukhov scheme，地表土壤過程參數化則採用 Noah Land Surface Model。本研究使用了兩組土地利用型態資料，以及加入地形輻射效應進行討論，實驗設計如表 1。

三、 模擬結果分析

(一) 氣象模擬分布圖差異

由5月9日早上九點的向下地表晴空淨輻射量分布圖(圖三)可發現，REAL和ONE主要差異在山區，這是有無考慮地形效應所造成的輻射量差異，早上九點REAL和ONE山區的差異可達 200 w/m^2 左右。而土地利用型態的不同會影響反照率，而模式中所設定都市的反照率和其他類別差異較大，所以使用不同的土地利用型態在都會區會有很大的差別。

差異圖部份，首先分三組時間去探討地表晴空淨輻射量(圖4)，三組時間分別為日出(6:00)、中午(12:00)以及日落(18:00)，如圖1，三組時間的左圖皆為ONE減去REAL，可視為有無地形效應的影響，右圖都是NEW減掉REAL，可當作土地利用效應的影響。可發現晴空淨輻射在日出、日落時地形效應的影響較為顯著。日出時，ONE的輻射分布，台灣和海洋上的輻射量相似，而REAL則和海洋的輻射分佈有很大的差別，特別在向陽面和背陽面，有無地形效應的結果相比，兩者向陽面約高了 100 w/m^2 ，而背陽面低於 100 w/m^2 ，日落時，向陽面及背陽面也是有類似的結

果。正午時的輻射量是三組時間中最大的，但是因為太陽在正上方，受地形效應的影響小，因此有無地形效應的差異最小。

而兩公尺溫度差異圖(圖5)則是因為受到輻射差異的影響，地形輻射效應造成的差異在日出日落有顯著的向陽面背陽面差別，夜間雖然沒有輻射加熱，但可能因受到白天加熱差異殘留到夜晚，讓夜間溫度有些許的不同。由正中午和夜間兩公尺溫度模擬的差異，可見對地表溫度來說，使用不同的土地利用型態，受太陽加熱的影響很大，而溫度差異最大的地區在都市地區。

有無地形效應對於風速的模擬差異不顯著(圖6)，而使用NEW的土地利用資料風速略低於REAL的模擬結果，這是因為灌溉地設定的粗糙長度短，因此使用USGS 資料的風速模擬結果較強。NEW都會區和森林分佈較多，粗糙長度設定較長，風速模擬較小。

(二) 氣象場時序資料比較

根據前面的分析，可以知道受到地形效應的影響向陽面和背陽面有很大的不同，因此接著分析玉山和阿里山兩座高山附近兩側的時序圖，以及都市區進行分析，討論其日變化的差異。分別選擇東、西以及都市區各九點探討，圖7左圖為範圍選取圖，右圖為差異圖，藍色線為西區，紅色線為東區，都市區為綠線，實線為ONE減掉REAL可視為有無地形效應的影響，虛線NEW減去REAL可當作土地利用型態差別所造成的影響。而選取的時間為5月9日。

由地表晴空淨輻射量差異時序圖可以發現都市區主要的差異在於使用不同的土地利用型態，若使用NEW的土地利用資料有較大的地表淨輻射量，在白天最大的差異值可達 $30 \text{ w}^2/\text{m}$ 。然而東西兩側的差異主要來自於有無地形效應上，西側有無地形效應所造成的輻射差異值較大，最大值出現在日出後的兩個小時差異約 $140 \text{ w}^2/\text{m}$ ，上午西側因為是背陽面，無考慮地形效應的地表晴空淨輻射量值較大，下午則是相反；東側有無地形效應的差異較小，最大值出現的時間約在日出附近，值約為 $60 \text{ w}^2/\text{m}$ ，上午東側因為是向陽面，有考慮地形效應的地表晴空淨輻射量值較大，下午則是相反。

(三) 統計數據比對

選取中央氣象局的局屬測站和模擬結果進行比對(表2)，整體而言，三組模擬皆是溫度低估觀測值的情形。其中NEW低估最小，而ONE低估觀測值最多，REAL則是介於三者之間，這個結果是因為NEW的地表分類和實際地表最接近，且考慮了地形效應的影響，因此模擬出的溫度和觀測最接近，但是ONE的既無考慮地形效應其土地利用型態也和真實情況不同。

風速偏差方面(表2)，從數據可以看出三者模擬得風速都為高估，其中ONE和REAL高估最多，這是因為以灌溉地為主的USGS粗糙長度設定較短，因此

和觀測相比，USGS模擬出的風速高估很多；NEW以都市和常綠闊葉林為主，粗糙長度設定較長，模擬出的風速是三者最小，在三者都高估風速的情況下，NEW風速模擬結果跟觀測較接近。

接著比對模擬結果與觀測的方均根誤差(RMSE,表3)，RMSE的值越小表示模擬結果和觀測越接近。若比較三者和觀測的方均根誤差可以發現NEW不論是溫度或風速的RMSE值都是最小；ONE溫度和風速的RMSE值最大，可見ONE的模擬結果最差，和真實地表且有考慮地形效應的較為接近的NEW有較好的模擬結果。

四、 結果與討論

晴空地表淨輻射在日出和日落受到地形效應的影響最大，這是因為日出日落時太陽斜射角度大因此地形效應最為顯著，而正午受到地形效應的影響最小，另外正午是向陽面背陽面的轉換時間，是否加入地形效應的差異在上午和下午結果相反，特別在向陽面和背陽面，和沒有地形效應的結果相比，向陽面約高了100 w/m²，而背陽面低於100w/m²。而太陽的輻射量進而會影響到氣象場的模擬結果，兩米溫度受到輻射差異極大的影響，兩者分布十分相似，夜間雖然沒有輻射加熱，但因受到白天加熱差異殘留到夜晚，讓夜間溫度有些許的不同。而有無地形效應對於風速的模擬差異不顯著。

土地利用型態的不同會影響反照率，而模式中所設定都市的反照率和其他類別差異較大，所以晴空地表淨輻射使用不同的土地利用型態在都會區會有很大的差別。影響最大的時間點出現在輻射量最大的正午。NEW模擬出較高的溫度，三組模擬最大的溫度差異在都市區。使用USGS 資料的風速模擬結果較強。NEW都會區和森林分佈較多，粗糙長度設定較長，風速模擬較小。

與觀測資料相比，溫度方面，三者皆低估觀測溫度。風速方面，三種模擬皆為高估觀測的情形。比對使用三種土地利用型態資料模擬的RMSE值，可發現NEW在溫度上模擬較好，REAL次之，ONE低估最多。風速模擬上，也是一樣的情況。整體來說和真實地表較為接近且考慮地形效應的NEW有較好的模擬結果。

五、 圖表說明

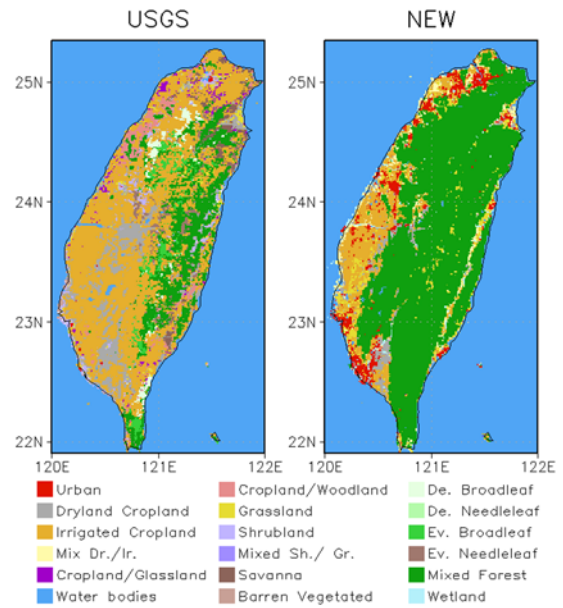


圖 1. 土地利用型態 (a) USGS、(b) NEW。都市(紅色)分布USGS過少，NEW和實際台灣主要都市分布較接近。

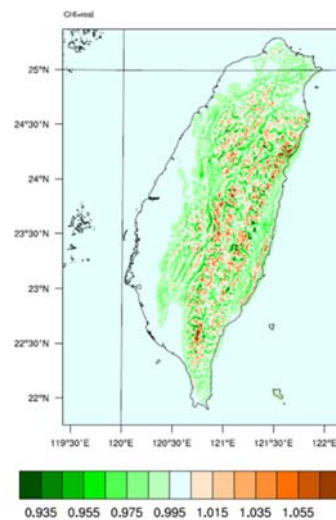


圖 2. 散射因子 Chi (χ)， χ 的分布和地形高度有很大的相關性。

表 1. 實驗設計

	topographic effect	land use data
REAL	with	USGS
ONE	without	USGS
NEW	with	NEW

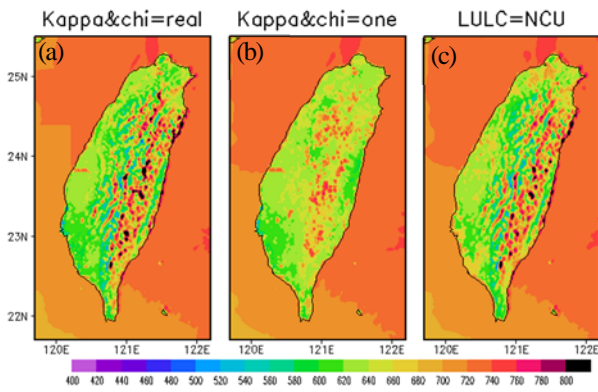


圖 3. 5月9日上午9點的地表晴空淨輻射量(w/m2) (a) REAL、(b)ONE、(c)NEW。

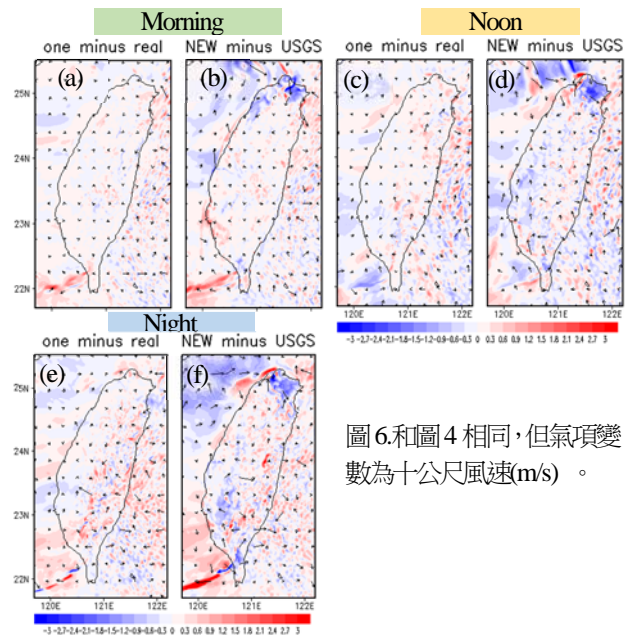


圖 6.和圖 4 相同，但氣項變數為十公尺風速(m/s)。

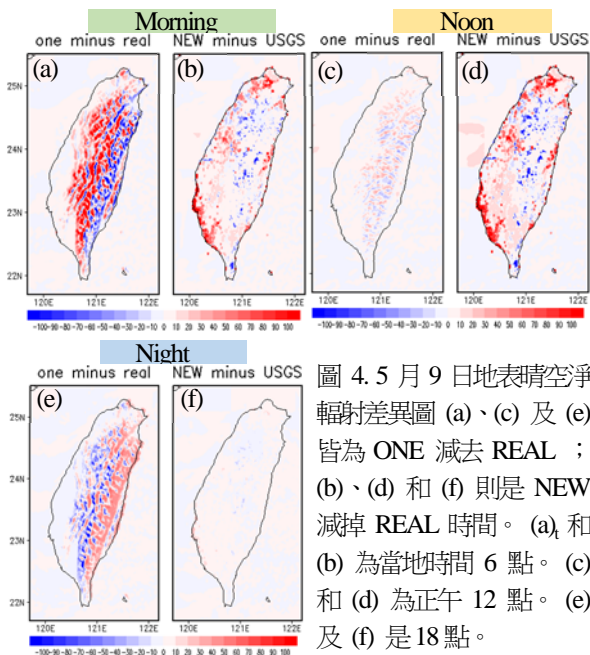


圖 4. 5 月 9 日地表晴空淨輻射差異圖 (a)、(c) 及 (e) 皆為 ONE 減去 REAL；(b)、(d) 和 (f) 則是 NEW 減掉 REAL 時間。(a)、(c) 和 (e) 為當地時間 6 點。(b) 和 (d) 為正午 12 點。(e) 及 (f) 是 18 點。

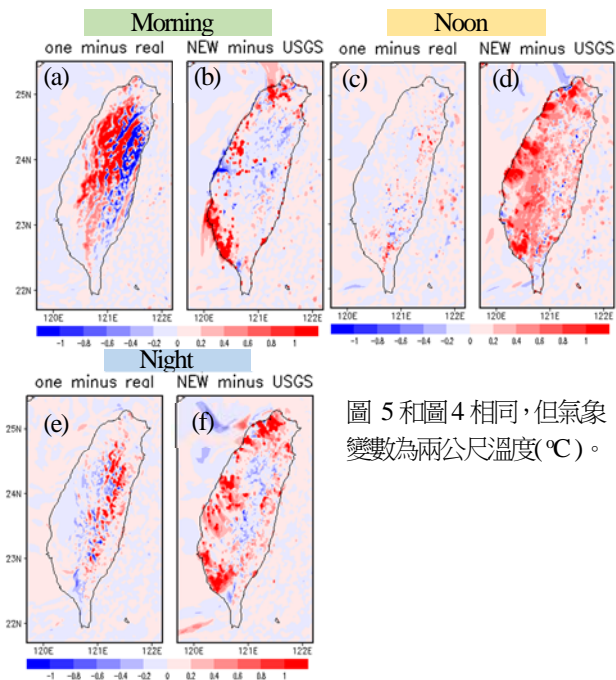


圖 5 和圖 4 相同，但氣象變數為兩公尺溫度(°C)。

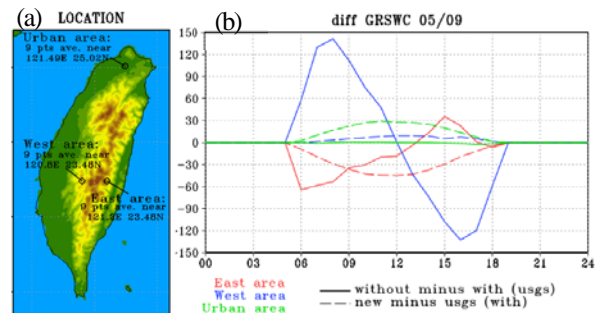


圖 7. (a)圖為範圍選取圖。(b)圖為差異圖，藍色線為西區，紅色線為東區，都市區為綠線，實線為ONE減掉REAL，虛線NEW減去REAL。

表 2. 模擬減觀測溫度與風速的偏差值，觀測值為氣象局局屬 28 個測站，時間為 2007/05/08 00:00 至 2007/05/11 00:00。

BIAS_2mTEMP (°C)			BIAS_10mWS (m/s)		
REAL	ONE	NEW	REAL	ONE	NEW
-0.9181	-0.9073	-0.4696	1.6728	1.6887	1.3494

表 3. 同表 2，但比較值為 RMSE。

RMSE_2mTEMP (°C)			RMSE_10mWS (m/s)		
REAL	ONE	NEW	REAL	ONE	NEW
1.9505	1.9638	1.8406	2.6574	2.6845	2.3017

六、參考文獻

Cheng, F.Y., Y.C. Hsu, P.L. Lin, and T.H. Lin, 2013: Investigation of the effects of different land use and land cover patterns on mesoscale meteorological simulations in the Taiwan area. *J. Appl. Meteor. Climat.*, 52, 570-587.

Lai, Y.J., M.D. Chou, and P.H. Lin, 2010: Parameterization of topographic effect on the surface solar radiation, *J. Geophys. Res.*, 115, D01104, doi:10.029/2009JD012305.

