

中央氣象局動力區域氣候預報系統 臺灣地區預報驗證技術之改進

蕭志惠¹ 陳世欽² 林原堂¹

¹中央氣象局氣象科技研究中心

²United States Department of Agriculture/Forest Service

摘 要

中央氣象局之動力區域氣候預測系統，係以美國國際氣候與社會研究院之全球大氣季節預報作為美國國家環境預報中心及中央氣象局的區域波譜模式之初始場及背景場，進行東亞地區 60 公里水平解析度動力降尺度之季節預報。同時也針對臺灣地區，進行 4 分區降水及二米溫度的三分類機率預報。

初步分析顯示，本局預測系統分區預報之技術得分略優於氣候預報。為了更提高 4 分區預報之分辨能力，本實驗以模式的陸點為基礎，重新定義各分區的模式網格點；測站方面則是選取臺灣本島除恆春、大武站外的 19 站，重新進行分區。分析 2011 年 1 月至 2014 年 12 月的預報結果，與目前預測系統相比，陸點分區可提高北、南及東區的降水機率預報正確率，尤其是東區之年平均命中率可提高 1.46%。以季節來看，12 月至 5 月之預報命中率均獲得改善，其中又以 2 月至 4 月的提高最為顯著，整體而言對於春雨的預報能力能有相當大的幫助。雖然陸點分區預報會略降低二米溫度的預報命中率，但二米溫度的總平均預報命中率仍可達 36.3%。

關鍵詞：動力降尺度、4 分區、季預報。

一、前言

近二十年來，全球各主要研究單位的氣候模式對既往三十年及現時的氣候都有相當的模擬成果，各模式的模擬也逐漸趨於一致(Reichler and Kim, 2008)。這個結

果顯示我們對於氣候動力機制的了解及氣候全球模式的建立都日漸成熟。自世紀末以降，世界各主要預報單位相繼成立各自的動力氣候預報系統，也都呈現了相當程度的預報能力(Mason et al., 1999;

Palmer et al., 2004; Saha et al., 2006)。但這些模式預報的技術都有地域性及季節性的差別，氣候群預報就成了一種藉由統計方法過濾雜音並保留各模式在特定地點及特定季節預報優勢的方法(Barnston et al., 2003; Goddard et al., 2003)。這些氣候預報目前正快速的應用在各不同領域上，比如野火防治(Chen et al. 2008; Roads et al. 2010)、疾病傳染防範(Thomson et al., 2006)、農業計畫(Meinke and Stone, 2005)，以及作為其他理性決策模型之一部分。

可是全球氣候預報在空間尺度上太過粗糙，無法顯示因複雜地形所造成的氣候特性。比如在臺灣，南北狹長且高聳的中央山脈配合季風的變化，產生在臺灣區域環流的多變複雜性(Lee et al., 2005)。針對此臺灣區域氣候的特性，Lee et al. (2005)使用二層嵌套的美國國家環境預報中心區域波譜模式(NCEP RSM)，以解析度T62L28的NCEP/NCAR重分析資料為背景場，進行水平解析度15公里臺灣地區1990至2000年的動力降尺度(Dynamical Downscaling)模擬。結果顯示模式對於東亞地區降水的模擬能得到與GPCP相似的分佈，雖有降水的偏差，但內層模式能模擬出較佳的臺灣本島降水的分佈，對6月及8月降水的年際變化也有不錯的掌握。該文也同時提出二個夏季氣候模擬所面臨到的困難：一是模擬的副熱帶高壓所造成的大尺度誤差包括盛行季風的走向及強度，二是對颱風事件的模擬能力。蕭等

(2005)同樣使用NCEP RSM，但區域氣候的背景場來自美國國際氣候預測研究院(IRI)所提供的全球模式(ECHAM4.5)在大氣模式比對計畫(Atmospheric Model Intercomparison Project, AMIP)下的30年長期(1971-2000年)積分資料，建立東亞地區RSM水平解析度60公里的動力降尺度區域氣候。與重分析資料比較可發現，模式在冬半年至夏季季風完全建立前的期間，在西北太平洋產生偏強的東風或東南風分量，因此地形的迎風面如華中華南沿海、臺灣東北側及菲律賓東側等地區的降水有被過度加強的情形。當夏季季風完全建立後，取而代之的是太平洋副高的模擬偏弱，熱帶洋面的降水明顯偏少。850hPa溫度的表現則是在夏半年較重分析場偏冷，在冬半年略偏暖。Shiao and Juang(2006)使用中央氣象局區域波譜模式(CWB RSM)，針對1998年東亞夏季季風發展過程(5月1日至8月31日)中的4個事件進行模擬測試，結果顯示模擬結果相當敏感於積分範圍的選取，其中積分範圍較小的實驗能得到較佳的海平面氣壓、850hPa風場及降水的位置與強度。相同積分範圍下改變水平解析度對大尺度環流的位置影響不大，主要的改變是降水的強度，其中20公里解析度對於梅雨期間臺灣中央山脈之降水模擬能得到與觀測相當高的一致性。

基於前述先期研究的鼓舞並為解決區域氣候預報在臺灣的需要，中央氣象局自2003年著手發展動力區域氣候預測系

統。主要的任務是以提高東亞地區預報模式的解析度來改進具有相當區域特性的臺灣月與季預報。這個預報系統係以IRI ECHAM4.5季節預報資料為初始場及背景場，進行NCEP RSM及CWB RSM東亞地區的動力降尺度預報。ECHAM 4.5的預報時間長度為7個月，動力降尺度預報的時間長度為5個月。林與蕭(2014)初步統計及分析了中央氣象局動力區域氣候4分區預測系統從2007至2013年之機率預報，結果顯示二米溫度的預報能力是優於降水，冬半年預報的可信度又優於夏半年。

但是現行中央氣象局動力區域氣候預測系統中模式之水平解析度為60公里，對於臺灣地勢高度有明顯的低估，本島的陸地涵蓋範圍也較實際偏小。基於臺灣本島各區有非常顯著的地域性，在現行模式粗糙的水平解析度下，要凸顯各區氣候的特性誠屬不容易。本報告在現行作業系統的架構下重新進行分區策略的檢討，並且提出一個以模式陸點為主的分區方案。接下來，在第二節中將簡短的介紹中央氣象局動力降尺度預報系統所使用的2個區域氣候模式，第三節將說明陸點分區的作法及與現行作業的差異。配合各分區區域範圍的改變，在第四節將重新定義各分區預報類別的判定閾值及分析預報實驗的結果。第五節中與觀測資料進行比較，進行預報命中率的分析。第六節為測站分區的再調整，及最後一節為結論。

二、區域波譜模式

本局動力區域氣候預報系統所使用的背景預報資料係來自IRI，每月1次，主要是由5組不同的大氣初始條件配合3組海溫預報所得的全球大氣模式(ECHAM 4.5)季節預報。ECHAM 4.5的解析度為T42L28 (~280公里網格距)。

所使用的區域氣候模式有NCEP RSM及CWB RSM。NCEP RSM(Juang 2000)為1997年的版本，但加入積雲參數化、大尺度降水的改進及平均誤差去除法。CWB RSM的主要架構與中央氣象局的全球天氣預報模式相同，但增加側邊界的緩和法及domain nesting等處理過程。詳細NCEP RSM與CWB RSM的說明，請參考蕭和莊(2005)及Juang et al.(2003)，在此不再贅敘。2組區域模式每個月共提供30個樣本的群預測。

三、陸點分區

圖1左圖為區域氣候模式在臺灣地區之海陸分布及陸地格點之地勢高度，每個小方塊代表一個模式網格點。現行預報作業版的分區(OP)是採取包括鄰近海域在內的大面積平均，且分區與分區之間有格點的重疊(圖1右)。因此現行作業版的分區所面臨到問題有：(1)各分區中之海點多於陸點，由於模式之網格點為陸地或是海洋會有很不同的地表特性，因此陸地特性會變得不顯著；(2)網格點的重覆使用，造成區域特性的混淆；(3)受到模式地勢高度的限制，地勢較高的測站如鞍部、竹子湖、阿里山及玉山，在模式中無法解析等問題。

針對現行作業系統分區的缺點，本報告提出新的預報分區方案，稱之為陸點分區(land grid; LG)，其特點是：(1)陸點分區只採用模式中定義為陸地的網格點，強調陸地的特性；(2)在陸點分區沒有區域重疊的格點，強調區域間的差異；(3)季風受模式山岳向背的影響也是決定分區的重要考量。圖 1 右 4 圖即為陸點分區及作業版分區之模式格點分配情形。

測站的分區，在陸點分區的實驗中只採用彭佳嶼、東吉島、澎湖及蘭嶼以外的本島測站，其中恆春與大武測站的位置偏南，對模式而言已是海點，因此也不列入

分區。阿里山及玉山測站位於南區與東區的交接處，在考量模式地形梯度分布及凸顯地域特性的因素之下，LG 實驗將阿里山及玉山測站編入東區。

表 1 中詳細列出 OP 及 LG 的測站配置，及各區模式之海點及陸點數。測站方面，作業分區的北、中、南、東區分別為 9、3、9、4 個測站，陸點分區(LG)分別為 8、3、3 及 5 個測站。在模式方面，北、中、南、東區分別由作業分區的 12、9、12、15 點減少為陸點分區的 3、2、2、3 點。

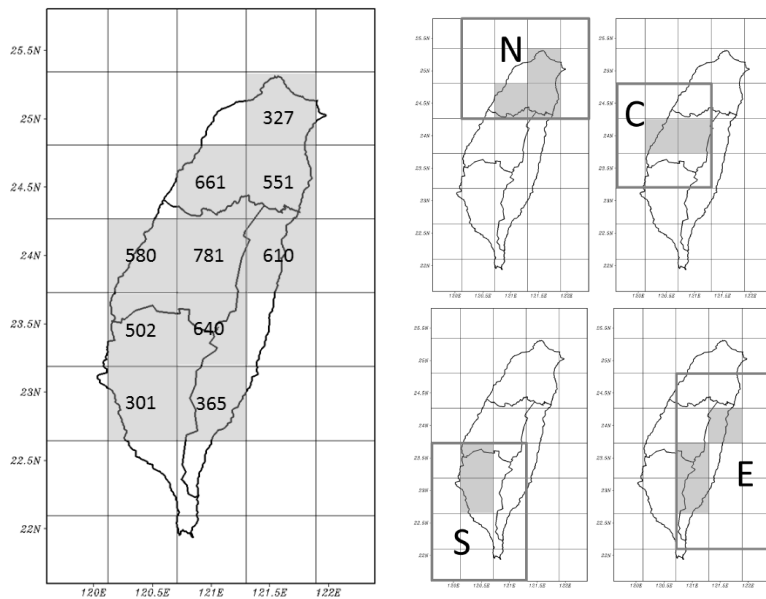


圖 1. 左圖為區域氣候模式在臺灣地區之模式網格點海陸分布，其中灰色格點為陸地格點，數值為陸點之地勢高度(單位：公尺)。右圖為作業版(矩形區)及陸點(陰影區)之分區，其中 N 為北區、C 為中區、S 為南區、E 為東區。

Fig. 1. Land-sea grid distribution of regional models over Taiwan area (left panel). Land grids are shaded in grey, and the values mark the heights of the model orography in meter. The land-grid scheme (shaded) and the current operational version (block) are shown in the right 4-panel. The four sub-regions are marked with N, C, S, and E.

表 1. 作業分區(OP)及陸點分區(LG、LG1)之預報實驗中，各區所對應之測站及模式格點數。

Table 1. Stations and model grids for the operational zoning scheme (OP) and land-grid zoning schemes (LG and LG1)

	作業版(OP) 降水及二米溫度				陸點分區(LG) 降水及二米溫度				陸點分區(LG1) 降水			
	北	中	南	東	北	中	南	東	北	中	南	東
測站	淡水	臺中	東吉島	花蓮	淡水	臺中	臺南	花蓮	淡水	臺中	臺南	花蓮
	鞍部	日月潭	澎湖	成功	鞍部	日月潭	高雄	成功	鞍部	日月潭	高雄	成功
	臺北	梧棲	臺南	蘭嶼	臺北	梧棲	嘉義	臺東	臺北	梧棲	嘉義	臺東
	竹子湖		高雄	臺東	竹子湖			阿里山	竹子湖		阿里山	阿里山
	基隆		嘉義		基隆			玉山	基隆		玉山	玉山
	彭佳嶼		恆春		蘇澳				蘇澳			
	蘇澳		阿里山		宜蘭				宜蘭			
	宜蘭		玉山		新竹				新竹			
	新竹		大武									
									陸點分區(LG1) 二米溫度			
									北	中	南	東
									淡水	臺中	臺南	花蓮
									臺北	日月潭	高雄	成功
									基隆	梧棲	嘉義	臺東
									蘇澳			
									宜蘭			
									新竹			
模式格點(陸)	3	5	4	6	3	2	2	3	3	2	2	3
模式格點(海)	9	4	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0

四、預報實驗

臺灣本島的預報變數，主要是降水及二米溫度之三分類(低於正常、接近正常、高於正常)機率預報。預報及觀測類型的判定閾值，係以30年歷史積分及測站資料(1981-2010年)為基準來定義。

東亞區域的動力降尺度預報氣候場，係指 NCEP RSM 及 CWB RSM 以 IRI ECHAM4.5 之 1981-2010 年 AMIP 形式積分為背景場，所得之歷史積分的平均場。降水量及二米溫度預報的分類閾值，其計算方法如下：首先從歷史積分中將各區內模式格點的 6 小時預報計算區域平均及月平均，再逐區把每月平均值由低至高的

排序，依照平均三分法的原則，其中最低的 10 年為低於正常、中間的 10 年為接近正常、最高的 10 年為高於正常。也就是說，在各月歷史積分的排序中，第 10 個值及第 21 個值即定義為該月低於正常及高於正常的判別閾值。月平均降水或二米溫度小於或等於低於正常的閾值時，即判定屬於低於正常的類型；當月平均值大於或等於高於正常的閾值時，即判定屬於高於正常的類型；介於二者之間者為接近正常的類型。

在預報作業時，每月有 30 組動力降尺度的積分，分別屬於低於正常、接近正常、高於正常 3 種類型中的一種。各類型

的機率預報即是指各類別預報組數占全體(30 組)的比例。在本報告中選取 2011 年 1 月至 2014 年 12 月為預報實驗期間。由於每月的預報長度均為 5 個月，因此每個目標月份均有 5 個不同初始月份(lead)的機率預報值。為增加“月平均”類別發生率計算的樣本數，每月均選取 4 年(2011 至 2014 年)、3 個初始月份時間(lead2、lead3、lead4)及含當月前後 1 個月的平均，也就是說本文中的月平均類別發生率均為 36 個月預報樣本之平均結果。觀測之月平均類別發生率，則是取 2011 至 2014 年每個月及前後 1 個月的平均，即 12 個月觀測樣本的平均。

圖 2 與圖 3 為 2 個區域模式氣候積分

平均後，所得之降水(PCP)與二米溫度(T2M)分類閾值及季節變化，其中 OP 及 LG 分別為作業版分區及陸點分區。降水方面，除了東區外，LG 的閾值在各區均高於 OP，在高於正常的閾值尤其明顯，降水在沒有山岳舉升的海點比陸點偏少應該是主要的因素。除了北區外，7、8 月是模式主要的降水月份，此氣候特徵在 LG 中被明顯的強調出來。LG 的溫度閾值不論是低於正常或高於正常都比 OP 低，LG 與 OP 的差異在冬半年略大於夏半年。因海點的二米溫度受制於指定的海溫強迫，而陸點會隨模式物理機制來調節，由此可知，海點的氣候特性(較暖)與陸點(較冷)在模式中有明顯的差異。

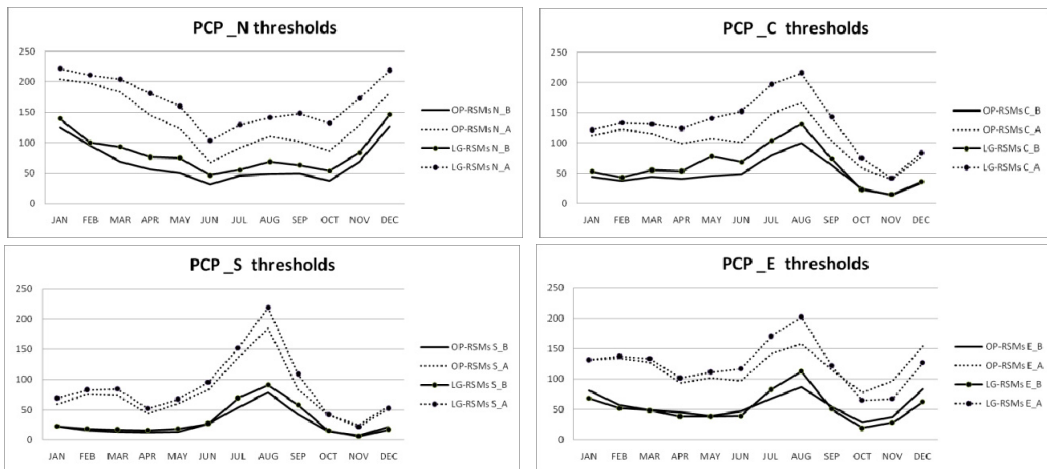


圖 2. OP 及 LG 分區模式降水(毫米 月⁻¹)之低於正常(_B)及高於正常(_A)分類閾值的季節變化。其中，實線為低於正常、虛線為高於正常，有●標記的為 LG。

Fig. 2. Modeled monthly variations of below_normal (_B) and above_normal (_A) precipitation thresholds in mm month⁻¹ for four regions. Solid lines are for below_normal and dashed lines are for above_normal. Thresholds for LG zoning scheme are marked with dotted lines.

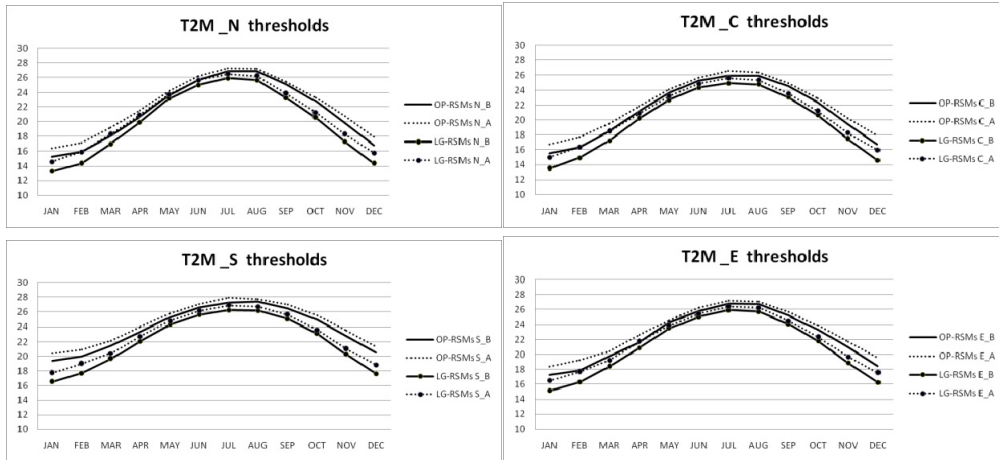


圖 3. 同圖 2 但為模式二米溫度。

Fig. 3. Same as Fig. 2, but for modeled 2-m temperature.

實驗期間 LG 全島平均之降水預報機率，低於正常、接近正常及高於正常類型的之年平均預報機率分別為 38.23% 為 35.63% 及 26.14%，月平均的預報機率如圖 4 左所示：1 月至 4 月是降水低於正常類別預報機率最為顯著的期間，預報機率都高於 40%；6 月至 8 月是降水高於正常預報機率較大的季節，但都只有略高於 33.4% 的氣候機率；接近正常的預報機率最大的季節同樣是 1 月至 4 月。由於各區

的降水預報機率與全島平均差異都在 5% 之內，顯示區域間的差異並不大。與 OP 之降水機率預報比較可發現：LG 之低於正常類別的預報機率全島普遍都較 OP 減少，其中差異最明顯的是 3 至 5 月及 9 至 11 月。LG 降水接近正常類別的預報機率則是全年都是微幅的增加，其中以 9 至 12 月的北區及 1 至 5 月的東區較為明顯。至於高於正常的類別則是全島平均後與 OP 的差異很小。

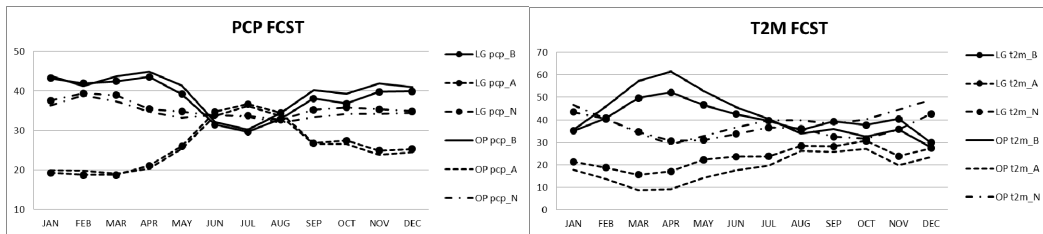


圖 4. 實驗期間 LG 與 OP 降水 (左圖) 及二米溫度 (右圖) 類別預報機率之全島平均，其中實線、虛線及點虛線分別為低於正常、高於正常及接近正常的類別，有●標記的為 LG，無標記的為 OP。

Fig. 4. Island averaged anomalous precipitation (left) and 2-m temperature (right) monthly forecasts frequencies during the validation period. Solid, dashed and dot-dashed lines are for below-normal (_B), above_normal (_A), and normal (_N), respectively. Lines marked with and without ● are either for LG or OP zoning scheme.

溫度的機率預報方面，LG 二米溫度低於正常、接近正常及高於正常的年平均預報機率分別為 40.79%、35.78% 及 23.43%。以全島之月平均來看(圖 4 右)，2 月至 6 月是溫度低於正常預報機率大於 40% 的季節，其中又以東區最為顯著。12 月至 2 月是溫度接近正常預報機率大於 40% 的季節，全島各區的預報機率都相當顯著。溫度高於正常的預報機率則無顯著的月份。與 OP 之二米溫度機率預報比較可發現：LG 之低於正常類別的預報機率，在 2 至 5 月有明顯的減少，9 至 11 月則是明顯的增加。高於正常的類別，則是除北區及中區的 8 至 10 月外，LG 的預報機率值都明顯大於 OP，尤其是 2 至 6 月。接近正常類別的預報機率則是除 2 月至 5 月外均低於 OP，尤其是 6 至 12 月。

基本上來說，預測結果顯示這 4 年 (2011-2014) 比起模式氣候值來說，全島大都是偏乾冷。

五、觀測與預報命中率之分析

觀測的分類閾值同樣是由測站之 1981 - 2010 年每月降水及溫度的觀測資料，進行分區平均及排序，定義出低於正常及高於正常的判別閾值。

圖 5 及圖 6 為 LG 與 OP 分區觀測之降

水與溫度閾值季節變化。在北區，LG 比 OP 少了彭佳嶼，於是降水之低於正常與高於正常的閾值在 8 月至 11 月期間均高於 OP，溫度的差異則是在 0.1 度之內。LG 與 OP 在中區完全相同。LG 的南區比 OP 少了東吉島、澎湖、恆春、阿里山、玉山及大武等站，降水之低於正常與高於正常的閾值在 3 至 5 月及 8 至 11 月均低於 OP；溫度閾值則是全年都有大幅的提高，在冬季提高幅度大約 2 度、夏季更達 4 度以上。在東區，LG 的分區增加了阿里山及玉山，降水及溫度的閾值及季節變化與 OP 有很大的不同。高於正常閾值的最大月份由 9 月提前至 8 月，低於正常閾值的最大月份由 9 月提前至 6 月，5 月至 8 月的降水低於正常與高於正常的閾值都大幅提高。溫度閾值平均約降低 6 度，7 至 9 月及 1 至 3 月是降低幅度較大的月份。由此可知，阿里山及玉山對 5 至 9 月的南區及東區的氣候特性有重要的影響，尤其是溫度。

整體看來，觀測和模式之氣候降水最大差別在於夏季和初秋。我們的推測是因為模式無法模擬颱風帶來的豐沛雨量(參考中央氣象局全球資訊網之颱風資料庫資料)。此差異在北區尤其明顯，雖然其他 3 區皆顯示模式最大降水季節在夏季，可是降水量還不到觀測的一半。

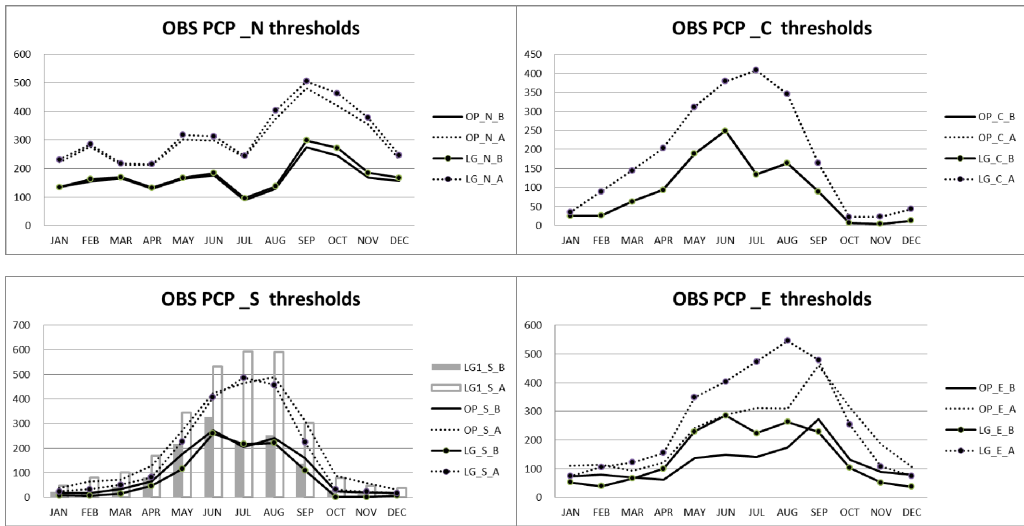


圖 5. OP、LG 及 LG1 分區觀測降水(毫米 月⁻¹)之低於正常(_B)及高於正常(_A)分類閾值的季節變化。其中，線條為 OP，有●標記的為 LG，直條圖為 LG1。

Fig. 5. Observed monthly variations of below_normal (_B) and above_normal (_A) precipitation thresholds in mm month⁻¹ for four regions. Thresholds for OP zoning scheme are presented with lines, LG zoning scheme are marked with ●, and thresholds for LG1 zoning scheme are drafted with bar graph.

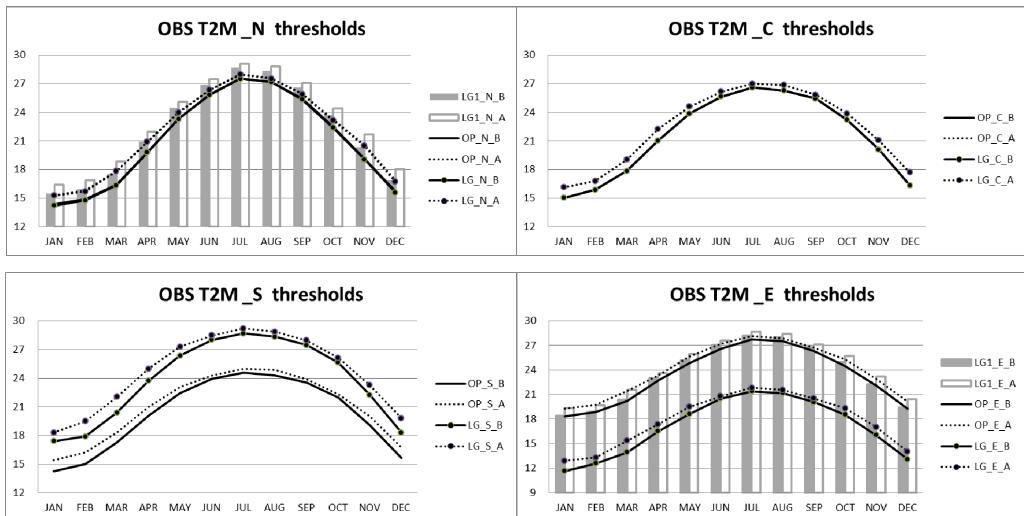


圖 6. 同圖 5 但為觀測之二米溫度。

Fig. 6. Same as Fig. 5, but for observed 2-m temperature.

實驗期間的降水觀測資料顯示，LG之降水低於正常、接近正常及高於正常類別的全島年平均發生機率分別為36.46%、28.65%及34.90%，基本上來說，這是個稍微偏乾的4年。LG的預測與觀測符合，但是些微的更偏乾。LG觀測降水的類別有相當明顯的季節變化(圖7左圖)：低於正常的觀測降水主要發生在2月至4月及9月至10月，接近正常的降水主要發生在6至8月，11至1月及4至6月則是降水高於正常發生機率較大的季節。全年平均而言，LG的觀測OP的主要不同是增加了南區及東區降水低於正常類別的發生率，減少了南區接近正常類別的發生率，也降低了南區及東區降水高於正常類別的發生率。其中改變最大的是東區，1至2月及7至8月降水高於正常的發生率明顯的較OP減少，2月、8月接近正常的發生率及5月低於正常的發生率則是有較明

顯的增加(未附圖)。LG之北區測站雖然與OP有不同，但對降水類別的影響並不大。

實驗期間 LG 的溫度觀測資料顯示，溫度低於正常、接近正常及高於正常類別的全島年平均發生機率分別為21.35%、46.35%及32.29%。以季節分布來看(圖7右圖)，除7、8月是溫度高於正常類別的發生率為較高外，基本上這4年是明顯的正常年，與LG預測結果顯示的偏冷年有所差異。LG的溫度觀測與OP差異最大的仍是東區，全年中每個月LG溫度低於正常類別的發生率都較OP減少，接近正常類別的發生率都較OP增加，其中以4月至6月最明顯。

整體來說，使用LG分區可使模式的分類閾值更趨近於觀測，但是實驗期間LG的預報類別仍顯得比觀測偏冷及偏乾。

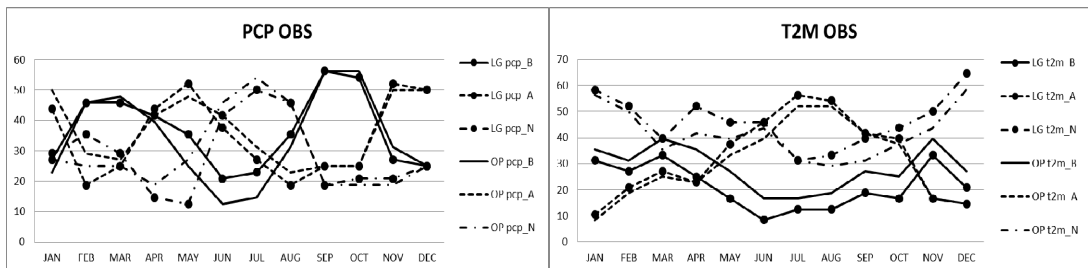


圖 7. 同圖 4 但為實驗期間之觀測。

Fig. 7. Same as Fig. 4, but for the observations during the same validation period.

每個預報月份之降水及二米溫度類別機率預報中與觀測相同類別的預報機率值在此即定義為該預報月份的預報命中率。在此同樣以36個採樣計算每個月

之月平均預報命中率。在氣候資料中係以均等三分法來定義三類別的閾值，因此氣候預報的平均命中率為33.4%。使用統計單邊(one-tailed) Student-t test 的檢定，可

得圖 8 各區的月平均降水和二米溫度的預報命中率和其相對的 P 值分佈。當命中率大於 33.4% 且 P 值越小表示動力預報優於氣候預報的統計顯著性越高。換句話說就是統計檢定否定了動力預報等同氣候預報的虛無假定(null hypothesis)。以 95% 的統計顯著性來看，預報的命中率高

於 38.5% 時 就是動力預報優於氣候預報。圖 8 顯示，絕大部分的月份預報命中率都大於 33.4% 並具有相當的統計顯著性。大致上來說，二米溫度的預報優於降水，降水與二米溫度預報能力優於氣候預報(顯著性 90%)的比例，在 OP、LG 中分別為 31%、35% 與 52%、50%。

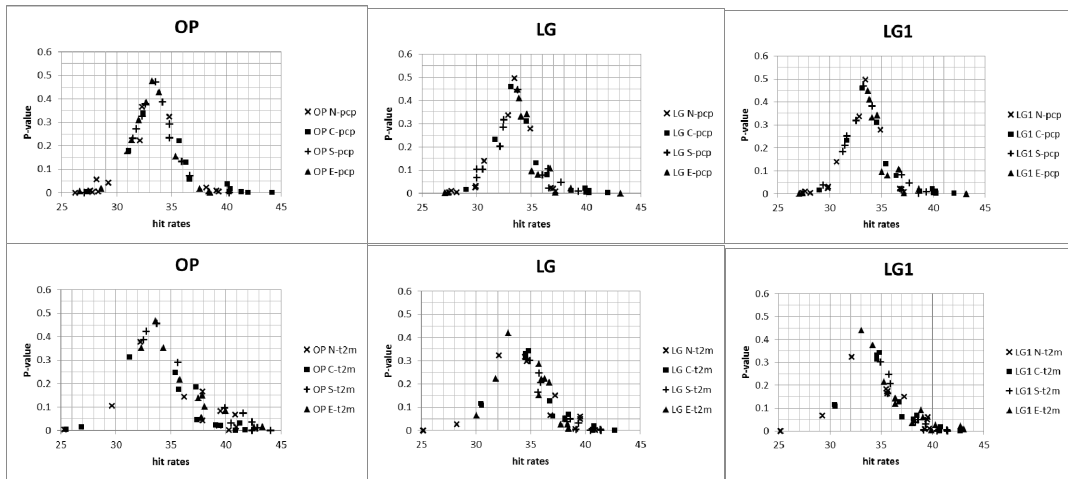


圖 8. 各區的月平均降水(上圖)和二米溫度(下圖)的預報命中率(水平軸)和其相對的 P 值(垂直軸)分佈。由左而右分別為 OP、LG 及 LG1。

Fig. 8. Monthly prediction hit rates (abscissas) and their corresponding P-values (axis of ordinates) for precipitation (top panels) and 2-m temperature (bottom panels). OP, LG and LG1 are arranged from left to right.

由月平均之降水預報命中率(圖 9 左圖)來看，LG 之全島平均預報命中率在 1 至 5 月及 12 月均高於 OP，其中以東區在 1 至 5 月較 OP 提高了 5% 至 9% 的預報命中率最為顯著。北區之 8 至 10 月、中區之 2 至 4 月及 6 至 10 月、南區之 2 至 4 月及 9 至 10 月、東區之 2 至 4 月及 7 至 9 月，LG 之預報命中率都在 35% 以上，符合 90% 的預報顯著性。以各區的年平

均預報命中率來看，除中區外，LG 之預報命中率均高於 OP；其中東區之 1 至 5 月及 10 至 11 月的命中率提升，都在 90% 信賴度之上。

由此可知，臺灣地區降水的預報命中率有極高的季節及地域性，其中，夏末秋初及晚冬初春的降雨，預報命中率明顯的較高；對於受大尺度西南氣流影響的夏季及受東北季風影響的冬季降水預報，預報

命中率意外的偏低。合理的推測是，這些季節命中率的偏低可能是緣自全球大氣模式預報能力的缺陷，區域模式無從修正全球模式偏差的大尺度的環流預測所致。不過 LG 的預報增加了對晚冬初春降雨的預報能力。至於夏末秋初的預報，則是在含有較多臺灣南部及東部沿海訊號的 OP 中有較佳的預報能力。

由月平均溫度預報命中率(圖 9 右圖)來看，LG 之預報命中率在 1 至 4 月及 12

月均高於 37%且符合 90%的預報顯著性，但是只有 7 月及 9 月的命中率是高於 OP 的。由各分區的年平均預報命中率來看，中區是唯一命中率高於 OP 的區域。但是，由於實驗期間只有 6 月的中區，9、10、12 月的南區及 12 月的東區，LG 與 OP 預報命中率的差異是符合 90%顯著性的，因此整體而言，LG 與 OP 的二米溫度預報命中率並沒有顯著的差異。

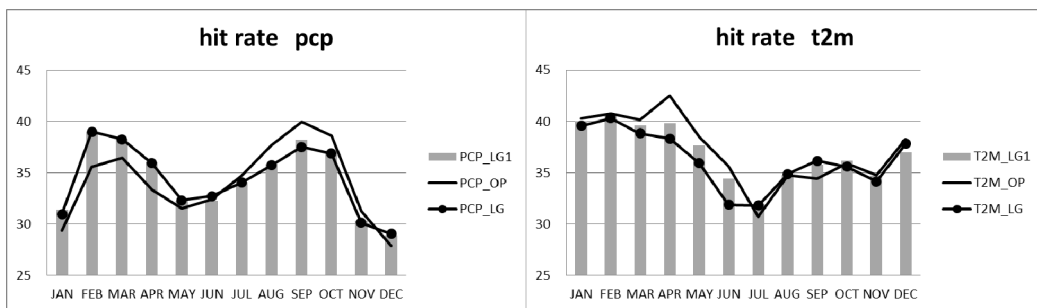


圖 9. 降水(左圖)及二米溫度(右圖)之月平均預報命中率。其中，實線為 OP，有●標記的為 LG，直條圖為 LG1。

Fig. 9. Monthly forecast hit rates for precipitation (left) and 2-m temperature (right) for four regions average. Hit rates using OP zoning scheme are plotted with solid lines, LG zoning scheme with ● lines, and LG1 zoning scheme with gray bars.

六、LG1 測站分區的調整

事實上，使用測站觀測資料來驗證模式的結果是有潛在的困難。如圖 1 所示，北區鞍部(測站高度 827 公尺)及竹子湖(測站高度 607 公尺)測站所在位置的模式地勢高度只有 327 公尺，東區玉山(測站高度 3846 公尺)及阿里山(測站高度 2416 公尺)測站位置之模式地勢高度只有 640 公尺，測站高度與模式高度有相當大

的差距。由於模式地勢的偏低，無法掌握到部分山地測站的溫度，造成了模式預報的困難。降水方面則是因為季風風向的改變，南區及東區都有可能是玉山及阿里山的迎風區，該 2 測站的降水對南區及東區預報的影響同樣的重要。因此，模式預報命中率的評估方法依據模式的現況在此做了一些修正(稱之為 LG1)，與 LG 不同的是：在驗證降水之命中率時，南區及東區均考慮玉山及阿里山觀測資料；在驗證

溫度之命中率時，北區不計鞍部及竹子湖測站的觀測資料；南區及東區均不計玉山及阿里山的觀測資料。LG1 實驗之測站分配如表 1 中所示。

由於 LG1 對於測站分區的調整，部分分區的降水及溫度之觀測分類閾值也有所改變，如圖 5 及圖 6 中的直條圖所示，預報的閾值並不受影響。重新計算 LG1 的預報命中率可發現：由時間上來看，LG1 比 LG 略微提升了 1、4 及 7 至 11 月的降水預報命中率，年平均之預報命中率較 LG 提高了 0.07%，較 OP 提高了 0.39%。LG1 也較 LG 提高了 1 至 7 月及 10 至 11 月的溫度預報命中率，年平均之預報命中率較 LG 提高了 0.63%，但仍比 OP 少了 0.34%。

由區域平均來看，LG1 的南區降水預報命中率比 LG 在全年平均方面提高了 0.30%，除 2、3、5、6 及 12 月外，命中率均為增加，其中以 1 月及 9 月的 1.67% 及 2.59% 增加幅度最大。LG1 北區溫度的全年平均預報命中率較 LG 提高了 0.07%，9 至 11 月及 1 月的命中率都有微幅的提升；東區溫度較 LG 提高了 2.45%，1 至 7 月及 10 至 11 月都是增加，其中 4 至 6 月的提升幅度高達 5% 以上。

七、結論

本報告主要是配合臺灣地區 4 分區預報作業的需求，將模式預報的格點及測站依照陸地與海洋的分布重新進行分區。模式的分區方面，刪除了所有的海

點，只留下陸點；測站的部分，排除本島以外的 4 個測站外，位在模式海點的恆春及大武也不採用。另外對於阿里山及玉山站的分區歸屬，增加了一些特別的討論。

降水及二米溫度的機率預報，採用平均三分法來判定低於正常、接近正常及高於正常 3 種類別的發生機率，其中各類別的判定閾值，係由 1981 至 2010 年之模式氣候積分及觀測歷史資料中分別定義出。

2011 年 1 月至 2014 年 12 月是本報告的預報實驗期間。實驗期間 LG 的預報機率與觀測發生率顯示，降水及溫度在低於正常類別的預報機率都高於觀測；在高於正常類別的預報機率則是明顯的偏低於觀測。另言之，在這段預測實驗期間，模式的預測是乾冷年，觀測則是偏乾但溫度為正常。LG 對降水低於正常及高於正常類別的預報機率都比 OP 接近於觀測的發生率，但溫度則是相反。

預報命中率的分析結果顯示，LG 對降水的總平均預報命中率較 OP 提高。以區域來看，除中區外，LG 之年平均預報命中率均高於 OP；以季節來看，LG 在 12 至 6 月期間之預報命中率均高於 OP，其中又以東區在 1 至 5 月較 OP 提高了 5% 至 9% 的預報命中率最為顯著。LG 對溫度的總平均預報命中率則是較 OP 些微降低，其中只有 7 至 9 月是 LG 之預報命中率高於 OP。但整體來說，降水及溫度的 LG 預報命中率皆顯著的高於 33.4% 的氣候值預報。

考慮到模式 60 公里的水平解析度並

無法解析出鞍部、竹子湖、玉山及阿里山等山區測站的正確高度及其所在的複雜山岳分布，在 LG1 的預報實驗中重新調整了各分區的測站。在評估降水預報之命中率時，南區及東區均加入玉山及阿里山的降水觀測資料；在評估溫度預報之命中率時，北區排除鞍部及竹子湖測站的觀測資料，南區及東區均排除玉山及阿里山的溫度觀測資料。調整後，南區的降水預報命中率比 LG 再提高些許，北區及東區溫度的預報命中率較 LG 更有顯著的提高。以全島平均來看，LG1 的預報實驗與 OP 相比可明顯提升 12 月至 5 月的降水預報命中率；LG1 的預報實驗也改進了 7、9 及 10 月溫度的預報命中率，但年平均命中率仍比 OP 稍微偏低。以預報能力來看，LG1 的陸點分區明顯的提高了 LG 動力降水預報能力優於氣候預報的比例，但在二米溫度預報上改進似乎不顯著。

整體而言，陸點分區是較符合模式及測站特性的分區方案，對於提高臺灣地區晚冬至夏初期間的降水預報具有相當正面的幫助，最明顯的就是 LG1 的實驗可提高臺灣春雨約 10% 的預報能力。溫度預報方面，因為模式 60 公里的解析度對臺灣地勢而言仍太過粗略，無法正確掌握到各區內所有測站的正確高度及區域特性，因此溫度命中率在各實驗中的差異大都未超過 90% 的顯著性。但推測當模式水平解析度提高到 15 公里或更高時，鞍部、竹子湖、玉山及阿里山等測站的溫度

觀測資料將會是評估模式預報能力的重要參考。

可是預報系統的誤差不能完全歸咎於區域模式解析度的不足甚至模式降尺度的偏差。當本動力氣候預報系統在大尺度環流變動顯著的月份中命中率偏低時，合理的推測，這誤差極可能來自全球氣候模式的偏差預報。在我們更進一步的增加區域模式的解析度之前，全球模式和區域模式的誤差源頭必需得清楚的分辨，如此未來才能針對預測系統的弱點逐一改進。

參考文獻

- 林原堂和蕭志惠，2014：中央氣象局動力區域氣候預報系統之預報能力分析。103 年天氣分析預報研討會論文摘要彙編，A3-21。9 月 16-18 日，臺北。
- 蕭志惠和莊漢明，2005：NCEP RSM 之 2001 年東亞地區短期氣候模擬研究與平均誤差去除法。大氣科學，33，235-254。
- 蕭志惠、莊漢明和莊穎叡，2005：NCEP RSM 之東亞地區動力降尺度氣候場的初步分析。氣象學報，46，1-12。
- Barnston, A.G., S.J. Mason, L. Goddard, D.G. Dewitt, and S.E. Zebiak, 2003: Multimodel Ensembling in Seasonal Climate Forecasting at IRI. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, 1783-1796.
- Chen, S. -C., H.K. Preisler, F. Fujioka, J.W. Benoit, and J.O. Roads, 2008:

- Seasonal Predictions for wildland fire severity. Third International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Common Problems and Approaches. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-227, Albany, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 13pp.
- Goddard, L., A.G. Barnston, and S.J. Mason, 2003: Evaluation of the IRI'S "Net Assessment" Seasonal Climate Forecasts: 1997–2001. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **84**, 1761–1781.
- Juang, H.-M., 2000: The NCEP Mesoscale spectral Model: A Revised Version of the Nonhydrostatic Regional Spectral Model. *Mon. Wea. Rev.* **128**: 2329-2362.
- Juang, H.-M., C.-H. Shiao and M.-D. Cheng, 2003: The Taiwan Central Weather Bureau Regional Spectral Model for Seasonal Prediction: Multi-Parallel Implementation, and Preliminary Result. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1832-1847. (SCI)
- Lee, C.-T., M.-C. Wu, and S.-C. Chen, 2005: Regional Spectral Model Simulations of the Summertime Regional Climate over Taiwan and Adjacent Areas. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **16**, 2, 487-511.
- Mason, S.J., L. Goddard, N.E. Graham, E. Yulaeva, L. Sun, and P.A. Arkin, 1999: The IRI Seasonal Climate Prediction System and the 1997/98 El Niño Event. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 1853–1873.
- Meinke, H., and R.C. Stone, 2005: Seasonal and Inter-annual Climate forecasting: The New Tool for Increasing Preparedness to Climate Variability and Change in Agricultural Planning and Operations. *Climate Change*, **70**, 221-253.
- Palmer, T., U. Andersen, P. Cantelaube, M. Davey, M. Deque, F.J. Doblas-Reyes, H. Feddersen, R. Graham, S. Gualdi, J.-F. Gueremy, R. Hagedorn, M. Hoshen, N. Keenlyside, M. Latif, A. Lazar, E. Maisonave, V. Marletto, A.P. Morse, B. Orfila, P. Rogel, J.-M. Terres, and M.C. Thomsen, 2004: Development of a european multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 853–872.
- Reichler, T., and J. Kim, 2008: How Well Do Coupled Models Simulate Today's Climate? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **89**, 303-311.
- Roads, J., P. Tripp, H. Juang, J. Wang, F. Fujioka, and S.-C. Chen, 2010:

NCEP/ECPC Monthly to Seasonal US Fire Danger Forecasts. *International Journal of Wildland Fire*, **19**, 399-414.

Saha, S., S. Nadiga, C. Thiaw, J. Wang, W. Wang, Q. Zhang, H. M. Van den Dool, H.-L. Pan, S. Moorthi, D. Behringer, D. Stokes, M. Peña, S. Lord, G. White, W. Ebisuzaki, P. Peng, and P. Xie, 2006: The NCEP Climate Forecast System. *J. Climate*, **19**, 3483–3517.

Shiao, C.-H. and H.-M. Juang, 2006: Sensitivity Study of the Climate Simulation over East Asia with the CWB Regional Spectral Model. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **17**, 593-612.

Thomson, M.C., F.J. Doblas-Reyes, S. J. Mason, R. Hagedorn, S. J. Connor, T. Phindela, A.P. Morse, and T.N. Palmer, 2006: Malaria Early Warnings Based on Seasonal Climate Forecasts From Multi-model Ensembles. *Nature* **439**, 576-579.

Improved Validation Zoning Scheme for the Dynamically Downscaled Regional Climate Forecast System of CWB

Chih-Hui Shiao¹ Shyh-Chin Chen² Yuan-Tang Lin¹

¹Research and Development Center, Central Weather Bureau

²United States Department of Agriculture/Forest Service

ABSTRACT

Using two Regional Spectral Models of the Central Weather Bureau (CWB) and the National Centers of Environmental Prediction, downscaled ECHAM global forecasts over East Asia were routinely casted for seasonal probability forecasts over Taiwan by CWB since 2003. Initial validations suggest that this dynamical downscaled forecast in precipitation and 2-m temperature is statistically superior to no-skill climatology forecasts. To further identify the forecast skill of the dynamically downscaled climate forecast system of CWB, we propose a new zoning scheme using only the model land grids (LG) to define 4 regions of Taiwan. The current operational zoning scheme (OP) not only shared a few land points among different regions, several ocean points were also included. For validation during a short period of January 2011 through December 2014, LG scheme significantly raised hit-rates of precipitation from using OP scheme for December to May over Taiwan's northern, southern, and, especially, eastern regions. Although the monthly 2-meter temperature LG hit-rates, in comparison to that of OP, were slightly reduced or maintained at the same level for most of the year, the averaged hit-rates still reached 36.3% or better.

Key words: dynamical downscaling, zoning, seasonal prediction

