

中央氣象局動力區域氣候預報系統之預報能力分析

林原堂

蕭志惠

中央氣象局科技中心

摘要

根據中央氣象局動力區域氣候預測系統 2007 至 2013 年期間之機率預報結果，分析了臺灣 4 分區之預報命中率(Hit Rate)、可信賴度圖(Reliability Diagrams)、排列可能性技巧得分(Rank Probability Skill Score)及貝式技術得分(Brier Skill Score)。

結果顯示：二米溫度在 2、3、9 及 12 月的預報是具參考價值的，尤其是中、南及東區。10 月的降水預報亦是參考的，尤其是北、南及東區。整體而言，二米溫度的預報能力是優於降水，冬半年預報的可信度是優於夏半年，東區及南區的預報得分又要比北區及中區為高。

關鍵字：三分法機率預報、動力降尺度、HR、RD、RPSS、BSS。

1. 前言

中央氣象局動力區域氣候預報系統，係以美國國際氣候與社會研究院 (IRI) 提供之全球大氣與海洋動力預報 (IRI/ECHAM) 作為區域氣候模式，之初始場及背景場，進行動力降尺度季節預報。其中全球模式的預報場的解析度為 T42L18，每月一次的預報共有 15 個預報樣本，每個預報樣本的時間長度為 7 個月。

區域氣候模式，包含美國國家環境預報中心的區域波譜模式 (NCEP/RSM) 及本局的區域波譜模式 (CWB/RSM)，水平解析度均為 60 公里，積分範圍涵蓋大部份的東亞地區 (104-136°E、8-37°N)，水平方向有 55x54 個網格點，每次預報的時間長度為 5 個月。動力降尺度每月共計有 30 個預報樣本。預報產品包括動力降尺度預報的系集平均；以 30 年歷史積分資料為參考之東亞地區距平環流，包括 850hPa 風場距平、降水距平及二米溫度距平；以及臺灣本島北、中、南、東 4 分區之降水及二米溫度的三分法機率預報。

機率預報的分類採三均分法(2013, 林與蕭)，係以 30 年歷史積分資料，判定預報降水

及二米溫度所屬之類別。為符合世界氣象組織氣候平均值的定義，中央氣象局動力區域氣候預測系統之氣候場在 2012 年亦進行氣候平均值的更新。也就是說，本預報系統在 2007-2012 年期間的預報結果係以 1971-2000 年為參考氣候場，2013 年起的預報改以 1981-2010 年為參考氣候場。

本報告整理臺灣 4 分區 2007-2013 年的預報降水及二米溫度資料，進行技術指標包括命中率(Hit Rate)、可信賴度圖(Reliability Diagrams)，排列可能性技巧得分(Rank Probability Skill Score)及貝式得分(Brier Skill Score)等之統計分析。

2. 降水及二米溫度的觀測與預報

在 2007-2013 年期間，臺灣北、中、南、東分區各類別觀測次數之累計及預報最大機率發生類別的次數累計分析如下：

觀測資料顯示各降水類別的分布算是相當平均，但二米溫度全島低於正常的次數都明顯偏少。其中除了北區是接近正常的出現次數略多於高於正常外，其他區都是高於正常的次

數最多，尤其是南區。在預報結果方面：降水預報顯然偏向於低於正常，尤其是北區及中區，南區及東區則是各類別次數相差不大。溫度預報的結果則與觀測相當接近，除中區外其他分區偏暖的次數仍少於觀測外。整體而言，除了北區及中區的降水預報有明顯偏乾的誤差外，其他各區之降水類別及全島的溫度類別都有不錯的預報結果(圖 1)。

降水類別之觀測與預報次數之年際變化分析顯示：觀測資料顯示 2012 年的降水偏多是全島共同的現象，除此之外的其他年份就比較難看出各區降水的關聯性(圖 2)。模式預報降水類別次數累計的年際變化圖顯示：預報的降水類別在北區與中區、南區與東區有較高的相似分布，全島出現比較一致性的則是 2010 年的降水偏多及 2011 年的降水偏少(圖 3)。

比較觀測與預報的降水類別年際變化可發現，2010 年的預報是全島都有對降水過度預報(預報偏濕)的誤差，2012 及 2013 年則是全島都有對降水低估的預報(預報偏乾濕)的誤差。

各分區二米溫度類別之觀測與預報次數的年際變化如圖 4 及圖 5 所示。觀測顯示，北區溫度高於正常的年份有 2007、2008、2010 及 2013 年，正常溫度的年份有 2009 及 2012 年。2011 年是唯一溫度低於正常次數較多整體看來臺灣全島的溫度都是以高於正常及正常溫度的類別為主，其中 2007 及 2010 年更是全島都呈現顯著的偏暖。預報結果顯示：北區的溫度類別在 2008、2009、2012 及 2013 年均以接近正常最為顯著，2007 及 2010 年為溫度偏暖，2011 年為偏冷。中區則有 2007、2008、2009、2010 及 2012 年為偏暖，2013 年為溫度正常，2011 年同樣為偏冷。南區的溫度則是 2007 及 2010 年偏暖，2009 年及 2013 年為溫度正常，2008 年為正常與偏暖次數相同，2011 年為正常與偏冷次數相同。東區則是 2009、2012 及 2013 年為溫度正常，2007 及 2010 年

偏暖，2008 及 2011 年為偏冷。整體而言，臺灣全島的溫度預報同樣是以高於正常及溫度正常的類別最為顯著。

2007 及 2010 年全島偏暖的現象，在預報中有非常好的表現，對於偏暖次數的預報誤差都在 2 次以下。2011 年是觀測資料中溫度偏低訊號提高的年份，預報對此現象有過度的預報，造成全島有溫度偏低的預報誤差。2013 年也預報誤差較顯著的一年。

3. 預報指標

3.1 機率預報之命中率

圖 6 之上圖為全島各分區 2007 至 2013 年降水及二米溫度預報命中率的總平均。其中北區及中區降水預報命中率都以低於正常的類別為最高，分別為 36% 及 39%；南區各類別之命中率都在 35% 左右；東區則是正常降水的命中率为 36%，略高於其他二類別。溫度部分，中區及南區預報命中率都以高於正常的類別為最高，分別為 39% 及 43%；北區及東區則是正常溫度的命中率为高，分別為 36% 及 39%。整體而言，正常降水的預報命中率、高於及正常二米溫度的預報命中率，在各分區都在 33% 以上，因此是具有預報技術的預報。

預報命中率的季節變化如圖 6 之下圖所示，在此為 4 分區平均後的結果。降水的月平均命中率顯示，4、6、7、8、9、10 及 12 月降水偏少類別預報命中率均大於 33%，其中 4、9 及 12 月甚至高於 40%。降水為正常類別的預報命中率在 3、4、6、8、11 及 12 月大於 33%，降水為高於正常類別的預報命中率在 1 及 7 月大於 33%，但以上二類別最大命中率均未超過 40%，三類別平均後的技術得分，以 2、3 及 11 月的得分較低。二米溫度的月平均命中率顯示，溫度偏低、溫度正常及溫度偏高類別預報命中率大於 33% 的月數分別有 2、9 及 7 個月。溫度偏低類別預報命中率較高的月份是 2 及 3 月，其中 3 月高達 50%。溫度正常類別預

報命中率較高的月份是1-4月、6-8月及11-12月，其中11及12月命中率超過40%。溫度偏高類別預報命中率較高的月份是1-3月、5月、9-10月及12月，其中命中率超過40%的有2及9月，三類別平均後的技術得分呈現4-8月得分較低。整體而言，溫度在冬春季有較高的預報命中率，降水的預報命中率則是沒有明顯的季節特徵。

圖7為預報命中率的區域變化。就降水的顯著預報命中率而言，降水偏少類別的發生月數及命中率是明顯高於其他二類別，三類別平均後的技術得分呈現北及中區命中率季節差異較小，中區命中率最低，東區季節差異較大。就二米溫度的顯著預報命中率而言，偏暖類別的發生月數及命中率是三類別中的最高，其次為溫度正常的類別，三類別平均後的技術得分呈現4-8月得分較低。

3.2 可信賴圖

圖8為預報降水的可信賴圖與各預報機率區間之次數累計圖，預報資料的總數為336次。由左圖的預報機率與次數可以看出大多數降水預報的機率值落於20%至50%之間，其中高於正常次數最多的(118次)機率在20-30%，接近正常次數最多的(176次)機率在30-40%之間，低於正常次數最多的(119次)機率也在30-40%之間。由降水的可信賴圖可以看出降水機率在30%以下的有低估的情形，在50%以上的則常有高估的狀況。

圖9為二米溫度的可信賴圖與各預報機率區間之次數累計圖。其中高於正常的預報次數最多的是機率為20-30%及30-40%，分別有74及72次；接近正常的最多預報次數為133次，機率在30-40%間；低於正常的最多次數為83次，在10-20%之間。可信賴圖顯示，二米溫度之高於正常類別的預報大部份是低估的狀況，低於正常類別的預報則有高估的情形。整體而言，接近正常及高於正常類別在預報機率值為20%-50%間有較高的可信度。

就各分區的可信賴圖來看，各分區之降水預報可信度都很相似，而二米溫度的預報則是東區及南區有較高的可信度。

3.3 RPSS

圖10為經氣候修正後的RPSS值。北、中、南及東區降水RPSS之全年平均分別為-0.2197、-0.1190、-0.1546及-0.1870。以各區RPSS的月變化來看：北區降水只有10月的RPSS大於0；中區只有1月的RPSS大於0；南區的RPSS指標在1、6及10月為正值；東區則是6-7月及9-10月正值，因此東區是較有預報能力的區域。除了中區外均為正值，因此10月是預報能力最好的月份。

二米溫度RPSS之全年平均分別為-0.2、-0.047、-0.061及-0.1323。各區的平均RPSS雖均小於0，但均大於降水。以各區RPSS的月變化來看：北區的RPSS有2及11月是大於0；中區有2、3、9及12月是大於0，9月的值最高；南區則是2-3、7、9-10及12月均為正值，同樣是9月最高；東區則是1-3及9-12月最高。其中南區及東區分別有6及7個月為正值，是預報能力最好的區域。就月份來看，2、3、9及12月二米溫度RPSS中、南及東區均為正值，是預報能力最好的月份。總和來看，二米溫度的預報能力是優於降水

3.4 BS及BSS

圖11為北、中、南及東區之BS月變化。降水部分較小的BS值(0.15以下)分別出現在，中區正常類別的5、8及9月，南區降水偏多類別的1月及降水偏少類別的7月，東區則是降水偏多類別的3、9月及降水偏少類別的7月。二米溫度的BS值顯示，在8月至1月的冬半年，各分區之偏冷類別均出現低於0.15的BS值，其中又以北區及南區最為明顯。

圖12為各分區平均的BSS值。降水的BSS值在各區均以4至9月的夏半年較常出現正值，但預報技術參考價值仍相當微弱。二米溫度的

BSS 值，在北、中及南區有比較明顯的正值，其中又以南區的偏冷類別的值最接近 1。

由 BS 及 BSS 值的整體表現來看，比較具有預報技術參考價值的，主要是冬半年、臺灣南部、偏冷類別的機率預報結果。

4. 結果與討論

研究分析了臺灣 4 分區之預報命中率、可信賴度圖、排列可能性技巧得分及貝式技術得分。其中當預報命中率大於 0.34，RPSS 大於 0 或 BSS 大於 0 代表的是具有預報技術參考價值。改變氣候場後對預報 skill 並沒明顯影響，影響預報 skill 的因素很多系統是否容易掌握是最重要的因素並不代表新的氣候場是不好的。

整體的結果，如表一所示，其中有預報技術參考價值的部份特別用紅色強調出來。結果顯示：10 月的降水預報是具參考價值的，尤其是北、南及東區。二米溫度在 2 至 3 月及 9、12 月的預報亦是值得參考的，尤其是中、南及東區。整體而言，二米溫度的預報能力是優於降水，冬半年預報的可信度是優於夏半年，東區及南區的預報得分又要比北區及中區為高。

本報告節錄自『災害性天氣監測與預報作業建置計畫』103 年度氣候模式與應用作業委託辦理發展案期中報告。

參考文獻

林欣怡與蕭志惠，2013: 中央氣象局動力區域氣候預報系統之預報能力分析。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局。A3-19-24。

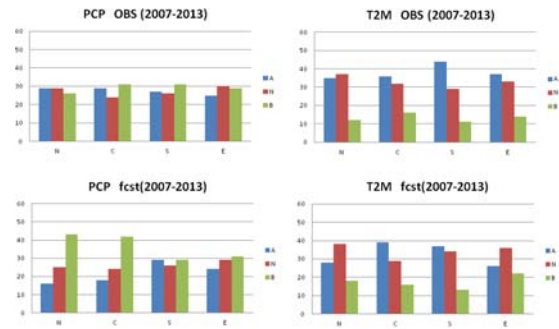


圖 1 分區觀測與預報的各類別次數，其中上圖為觀測、下圖為預報、左圖為降水、右圖為二米溫度。

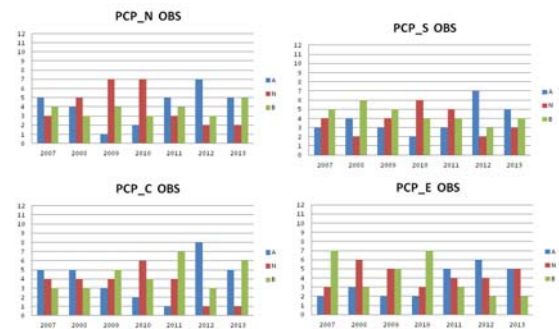


圖 2 分區降水類別之觀測次數年際變化。

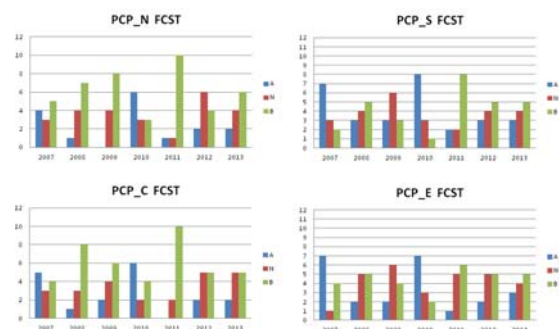


圖 3 同圖 2 但為預報結果。

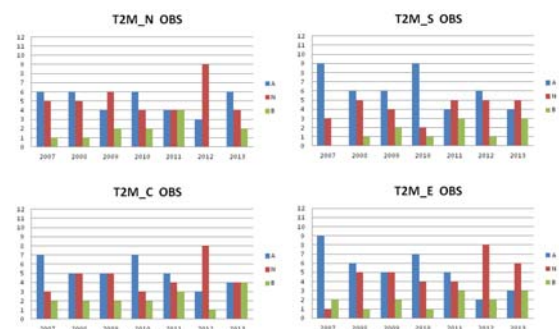


圖 4 分區二米溫度類別之觀測次數年際變化。

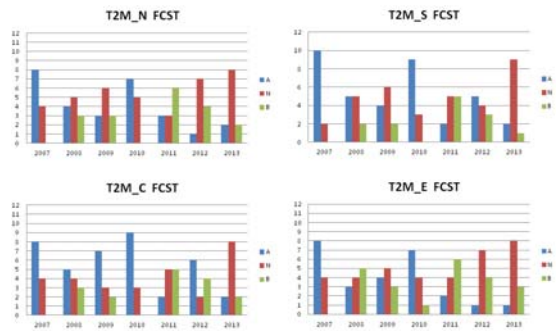


圖 5 同圖 4 但為預報結果。



圖 6 預報命中率。左圖為降水，右圖為二米溫度；上圖是各分區之 2007-2013 年平均，下圖是全島之月平均。

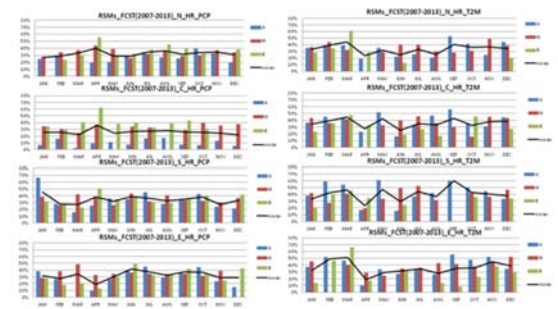


圖 7 分區預報命中率之月平均圖。左圖為降水，右圖為二米溫度；由上至下為北、中、南、東區。

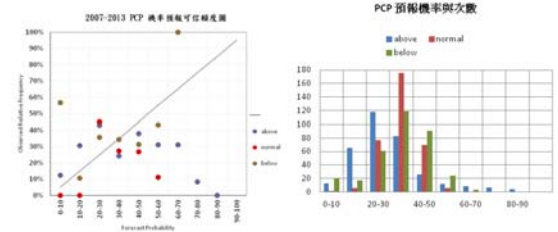


圖 8 全島降水之可信賴圖及各預報機率區間之次數累計。

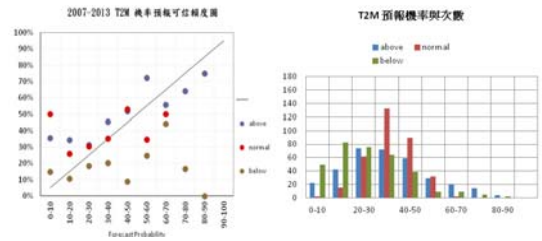


圖 9 同圖 8 但為二米溫度場。

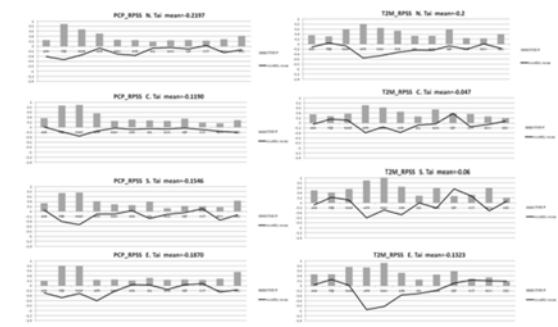


圖 10 分區 RPSS 指標（黑色實線）及其標準偏差值（直條圖）由上至下為北、中、南、東區。左為降水、右為二米溫度。

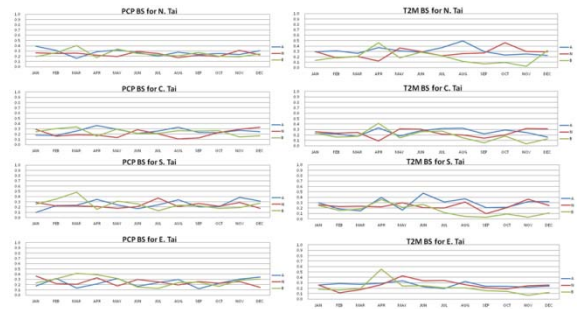


圖 11 同圖 10 但為 BS 指標。

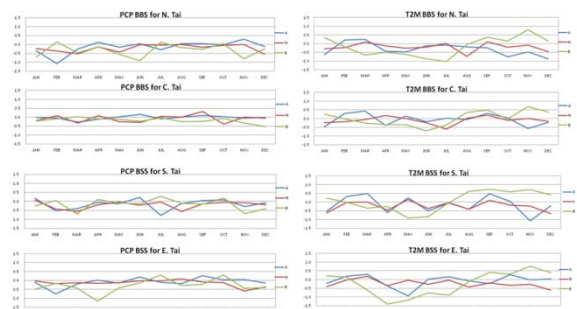


圖 12 同圖 11 但為 BSS 指標。

表 1 各預報指標綜合整理。

預報參考指標(2007-2013):HR(>0.34) · RPSS(>0.0) · BSS(>0.0)												
PCP-N	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.2286	0.2838	0.3067	0.3829	0.2648	0.2790	0.3457	0.3495	0.3276	0.3609	0.3181	0.2981
RPSS	-0.4074	-0.5359	-0.3471	-0.0752	-0.3061	-0.3678	-0.0753	-0.0541	-0.1021	0.0305	-0.2548	-0.1414
BSS	-0.4297	-0.4392	-0.4179	-0.0495	-0.3707	-0.2951	-0.0699	-0.0403	-0.1237	-0.0091	-0.1731	-0.3059
PCP-C	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.3048	0.3724	0.3333	0.3600	0.3295	0.3295	0.3514	0.3352	0.3829	0.3210	0.3324	0.3257
RPSS	0.0090	-0.1850	-0.3488	-0.1514	-0.0408	-0.0844	-0.0568	-0.0745	-0.0364	-0.0903	-0.1636	-0.2053
BSS	-0.1442	-0.0279	-0.1962	-0.0488	-0.1132	-0.1250	-0.0251	-0.0799	0.0597	-0.1444	-0.1257	-0.2007
PCP-S	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.3362	0.2810	0.2505	0.3429	0.3333	0.3829	0.3352	0.3038	0.3457	0.3886	0.2648	0.3210
RPSS	0.0574	-0.4024	-0.5272	-0.0949	-0.1052	0.0351	-0.2758	-0.1162	-0.0468	0.1093	-0.3533	-0.1357
BSS	-0.0073	-0.2992	-0.5561	-0.0460	-0.0893	-0.0406	-0.1772	-0.2600	-0.0769	0.0694	-0.3516	-0.2211
PCP-E	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.2762	0.2657	0.3371	0.2371	0.2905	0.3924	0.3867	0.3200	0.3790	0.3743	0.2743	0.3076
RPSS	-0.2851	-0.4735	-0.3102	-0.5955	-0.2174	0.0387	0.0357	-0.1496	0.0396	0.0864	-0.2488	-0.1646
BSS	-0.2103	-0.3687	-0.2459	-0.4412	-0.2255	0.0082	0.0473	-0.1243	-0.0160	0.0742	-0.3308	-0.3025
T2M-N	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.3200	0.3505	0.3914	0.2819	0.3419	0.3057	0.3638	0.2943	0.4352	0.3476	0.4762	0.3429
RPSS	-0.1166	0.0405	-0.0619	-0.5474	-0.4674	-0.3263	-0.2393	-0.2471	-0.0721	-0.1972	0.0108	-0.1744
BSS	-0.1903	-0.0613	-0.1030	-0.3515	-0.4467	-0.3948	-0.3621	-0.3155	0.0734	-0.2607	0.0835	-0.3865
T2M-C	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.3238	0.3752	0.4114	0.3257	0.4133	0.3248	0.3438	0.4000	0.5362	0.3733	0.4400	0.4305
RPSS	-0.0485	0.1574	0.1066	-0.3846	-0.1648	-0.3744	-0.0794	-0.0349	0.3838	-0.1510	-0.0574	0.0801
BSS	-0.1511	0.0333	0.0406	-0.1901	-0.0677	-0.3743	-0.3200	0.0982	0.3277	-0.0217	0.0363	-0.0041
T2M-S	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.2867	0.4048	0.4371	0.2743	0.4524	0.2657	0.4324	0.3752	0.6000	0.4600	0.3857	0.3733
RPSS	-0.0780	0.2233	0.1089	-0.6034	-0.2870	-0.4773	0.0036	-0.2029	0.5667	0.2725	-0.3182	0.0647
BSS	-0.3133	0.0941	0.0445	-0.4369	-0.1712	-0.5658	-0.0462	-0.0667	0.4346	0.1507	-0.1959	-0.1537
T2M-E	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
HR	0.3276	0.4038	0.4048	0.1943	0.2714	0.3238	0.3524	0.3171	0.4476	0.4257	0.4695	0.4143
RPSS	0.0465	0.2537	0.0146	-0.9494	-0.8272	-0.3637	-0.3058	-0.1883	0.1070	0.2384	0.1975	0.1891
BSS	-0.1360	0.1005	-0.0417	-0.7099	-0.7174	-0.3403	-0.2576	-0.2081	-0.0065	0.0815	0.1524	-0.0579