

台灣測站第三第四週極端低溫預報

陳昀靖¹ 張惠玲¹ 陳孟詩² 羅存文¹ 周栢均¹ 朱心宇³

科技中心¹ 第三組² 預報中心³

摘要

系集核密度模式輸出統計(Ensemble Kernel Density Model Output Statistics, EKDMOS)包含降尺度、誤差校正以及調整離散度等功能，因此可以提供品質良好的機率密度函數(Probability Distribution Function, PDF)預報。本研究使用National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Global Ensemble Forecast System version 12 (GEFSv12)預報日最低溫之歷史預報資料，透過EKDMOS得到台灣測站逐日日最低溫之PDF預報。為了保持EKDMOS調整過後的離散度，並保有模式本身具有物理意義之溫度變化趨勢。本研究將每日的預報PDF透過等百分位取樣得到新的統計成員，並將統計成員依照模式原始預報之溫度高低重新排序，即可得到各成員預報1至28天之日最低溫時間序列。

由於到了第三第四週，較難以準確預報極端冷事件發生的日期。在此使用時間寬限的概念，預報第三週以及第四週發生極端冷事件之天數，並不要求要預報到精確的日期，藉以挖掘出模式潛在的預報能力。其機率預報結果顯示，預報至第四週仍可提供還算可信的機率預報。

關鍵字：極端冷事件、EKDMOS、第三至四週預報

一、前言

近年各國氣象中心皆致力於發展無縫隙預報之技術發展與服務。其中時間尺度介於10-30天的S2S預報 (Sub-seasonal to Seasonal prediction)最具挑戰性因此各國氣象單位也投入許多資源用於提升S2S之預報技術。美國國家環境預報中心於2020年將最新發展之全球預報模式NCEP GEFSv12正式上線作業並將預報天數延長至35天藉以提升S2S之預報服務品質已達到無縫隙預報之精神。

氣象預報的應用服務中，寒害的預警也是相當重要的一環，尤其對於農業相關產業更是息息相關，若能提早發布預警，就能有更充足的時間進行相關的準備，避免不必要的損失。陳等(2018)證實，透過EKDMOS將全球模式資料降尺度至測站對於預報14天內之日最低溫有不錯的預報表現。本文使用NCEP GEFSv12之歷史預報資料(Guan,2019)透過EKDMOS發展第三第四週極端低溫指引並評估其預報表現。由於現今模式於二週後難以準確預測出極端冷事件發生之日期，因此本文將著重於評估第三第四週極

端冷事件發生之日數，而非逐日評估極端冷事件是否發生。

本文第二章節將說明使用資料以及統計降尺度方法，第三章節呈現預報評估結果，第四章為結論。

二、資料來源與研究方法

(一) 使用資料

本文使用NCEP GEFSv12歷史預報資料，使用的年份為2000-2019年，月份為12月至隔年2月，由於只有預報初始日期為星期三之預報資料有預報至35天，其餘皆只預報至16天，因此本文只使用星期三之歷史預報資料。其模式解析度為 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 度，成員數為10個成員加1個Control Run。

觀測資料為25個人工站對應預報目標日期之日最低溫觀測資料，其測站分布位置如圖(1)所示。

(二) 建模及校驗時段

由於模式預報於不同月份、不同預報天數以及不同地區有不同的預報特性，在此針對不同月份、預報天數以及不同測站都會建立各自的統計模型並採取逐月建模，並納入該月

前後15天之資料一起建模。以2月為例，納入01/17至03/15的所有資料建模，以減緩季節轉換期間不連續之問題。

校驗採取交叉驗證的方式，遮蔽1年用其餘19年建模，再將此模型用於該遮蔽年之預報。舉例來說，2000年預報所用之統計模型為2001-2019年之資料所建立。

(三) 極端冷事件定義方法

以台北測站為例，首先取出2000至2019年所有12月至隔年2月之日最低溫資料後由低溫至高溫重新排序。再分別取出第5、第10以及第15百分位所對應之溫度值當作極端事件之門檻，百分位數越低代表事件越級端。所有測站皆進行上述步驟即可得到各測站之不同極端程度之冷事件門檻。

(四) 系集核密度統計後處理(Ensemble Kernel Density Model Output Statistic, EKDMOS)

先找出距離測站最近之4個格點，透過雙線性內插將模式格點預報之日最低溫內插至測站點上做為預報因子。透過回歸方程式連結模式網格資料與測站觀測之間的關聯性，並移除模式之系統性誤差，此步驟即為MOS(Model Output Statistic)。

圖(2)為台北測站預報第13天MOS預報之誤差直方圖，由圖可看出預報最低溫經由MOS修正後，其誤差特性接近常態分佈。因此可透過計算誤差的標準差得到誤差之PDF(Probability density function)。最後將所有成員之預報原始資料套入回歸方程式可得到EMOS(Ensemble MOS)之所有成員，再將EMOS套入誤差PDF並等權重合成後，即可得EKDMOS之預報PDF如圖(3)所示。

圖(3)顯示出EMOS各成員之離散度明顯不足因此預報難以碰觸到極端事件，透過EKDMOS可明顯改善此情形，有助於極端冷事件之預報。

(五) 極端事件發生天數機率預報

為了保留EKDMOS調整過後的離散度，在此將預報第1至28天逐日預報之PDF轉換成累積機率，再透過等百分位取樣找出CDF中各個百分位所對應之溫度值作為統計成員，如圖(4)紅點所示。圖(5)為預報第1、8、15、22以及28天之統計成員、EMOS以及模式原始預報之RH圖。圖(6)顯示出RH不同圖形所代表的意義。由圖(5)的結果搭配圖(6)分析，可看出不論在哪個預報天數，模式原始預報有暖偏差且系集離散度不足之情形。而EMOS將系統性誤差移除，但仍有系集離散度不足的現象。而EKDMOS透過等百分位取樣取出統

計成員於各個預報時段都能提供良好的系集分布。然而不論依照各成員間溫度高低或者隨機給予統計成員編號，不同預報天數之相同編號的統計成員所組成的時間序列，其變化趨勢並無物理意義，為了解決此問題，在此根據模式原始預報成員的溫度排名對統計組員進行排序。舉例來說，若原始預報第一個成員於預報第一天時，其預報溫度為預報該日所有成員之中的第三高，就取預報第一天之所有統計組員中溫度第三高的成員作為成員一。原始預報第二天為所有成員中第五高的話，就取統計成員中第五高的成員作為成員一，依此類推。剩下10個成員也按照此方式重新排序，即可得到不同成員預報第1至28天之日最低溫時間序列。這樣可個成員於不同預報天數間就能保有模式原始預報具有物理意義之變化趨勢。在同一個預報天數內，不同成員也能保有EKDMOS調整過後之離散度。在此將整個統計後處理流程簡稱為SPP(statistical post-processing)。

圖(7)分別為淡水站一至四週前，SPP、EMOS以及RAW所有成員預報20160211至20160217之預報表現。由圖可看出，由於EMOS以及RAW的預報離散度不足，相較於SPP預報至10度以下的成員數以及天數較少。此外，不論哪個方法，當預報週數拉長，各成員之間的表现越不一致，且更難準確預測出冷事件發生日期，也因此於第三第四週極端冷事件預報著重於該週發生日數而非逐日預報。

最後，每個成員可以計算該週預報有幾天發生極端低溫事件，分別計算發生0到7天，分別有幾個成員，再除以總成員數，即可得到該週極端冷事件發生天數之預報PDF。

三、預報表現評估

1. 校驗方法

本文採用RPSS評估第三第四週極端低溫發生天數之預報PDF是否具有預報技術。另外針對第三第四週是否有任何一天發生極端冷事件之機率，透過Reliability Diagram來評估是否可以提供可信之機率預報。其中RPSS公式如下

$$RPSS = 1 - RPS_f / RPS_c \text{ ----- (1)}$$

式(1)中 RPS_f 代表預報之RPS， RPS_c 則代表氣候機率之RPS，RPS公式如下

$$RPS = \sum_{n=1}^k (Y_n - O_n)^2 \text{ ----- (2)}$$

式(2)中的k代表分類數，由於一週可能發生極端冷事件天數最少為0天，最多為7天，因此k等於8。 Y_n 為預報發生日

數為 n 天之累積機率， O_n 則為觀測之累積機率。若 RPSS 等於 1，代表完美預報，RPSS 大於 0 代表預報 PDF 相對於氣候 PDF 來說有預報技術，RPSS 小於 0 則代表沒有預報技術。

Reliability 示意圖如圖(8)，若貼近中間斜直線代表預報機率與實際觀測發生頻率相近，也意味著機率預報相當可信。如圖(8)紅線，位於斜直線下方代表預報機率高於觀測實際發生頻率，意味著預報機率高估。反之圖(8)中的藍線為低估。

2. 預報極端冷事件發生天數PDF表現評估

圖(9)及圖(10)分別為第三週以及第四週之RPSS得分。圖中分別顯示出SPP、EMOS以及RAW分別對於第5、第10以及第15百分位極端冷事件之預報表現。圖中將25個測站之結果畫在一起，寬度越寬的地方，代表越多測站之RPSS落在該區間。由圖可以看出SPP於不同預報週數，以及不同極端程度之冷事件預報，其預報表現皆優於其他兩者。此外隨著預報事件越極端，所有方法的技術得分皆有下降的趨勢。但可以看到SPP於第三週不論何種百分位之極端冷事件，所以測站之RPSS皆大於零。SPP於第四週也僅有少數測站於最極端之冷事件RPSS小於零。顯示出經由SPP修正後，在預報四週之內，在大多數的情形下提供之冷事件發生天數預報PDF皆有預報技術。

3. 當週至少發生一天極端冷事件之機率預報評估

圖(11)以及圖(12)分別為預報第三週以及第四週任一天發生極端冷事件機率之Reliability Diagram。其結果顯示經由SPP修正後，不論第三週或第四週，在各個百分位之極端事件機率預報都比EMOS以及RAW更貼近斜直線。此外，預報至第四週SPP於各百分位之校驗結果也不會偏離斜直線太多，顯示出提供之機率預報還算可信。

四、結論

本文透過EKDMOS將NCEP GEFsv12預報日最低溫網格資料降尺度至測站點上，同時進行系統性偏差的校正以及離散度的調整。接著對EKDMOS所提供之預報PDF等百分位取樣出統計成員後再將模式具有物理意義之成員排序套入統計成員中，其結果顯示可以保留EKDMOS調整過後的離散度外，也

讓各個成員預報的時間序列保有數值模式本身的物理特性。

透過上述步驟得到個成員之預報1至28天日最低溫時間序列，並針對第三第四週極端冷事件發生日數之機率預報進行評估，其結果顯示到了第四週之所有不同極端程度之冷事件都能提供有預報技術且還算可信之機率預報。

五、參考文獻

陳昀靖,陳孟詩,張惠玲,羅存文, 2018：臺灣地區測站之第二週日最高/最低溫機率預報的發展與評估,107年天氣分析與預報研討會論文全文彙編,A4-17

H. Guan, Y. Zhu, E. Sinsky, B. Fu, X. Zhou, W. Li, X. Xue, D. Hou, B. Cui, J. Peng, 2020: The NCEP GEFs-v12 Reforecasts to Support Subseasonal and Hydrometeorological Applications. Climate Prediction S&T Digest, 44rd NOAA Climate Diagnostics and Prediction Workshop special issue, NOAA's National Weather Service

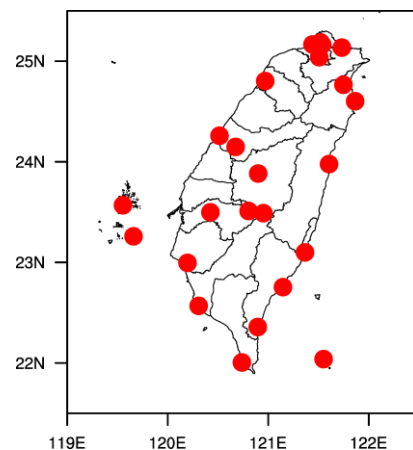


圖1. 使用測站分布

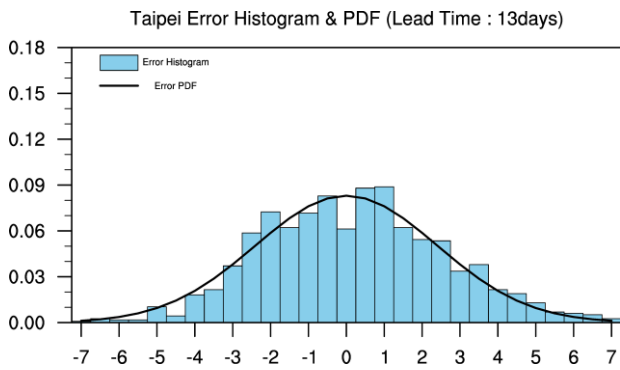


圖2. 藍色直方圖為MOS預報台北測站13天後之日最低溫之誤差分布。黑線為透過誤差分布找出的常態分布曲線。

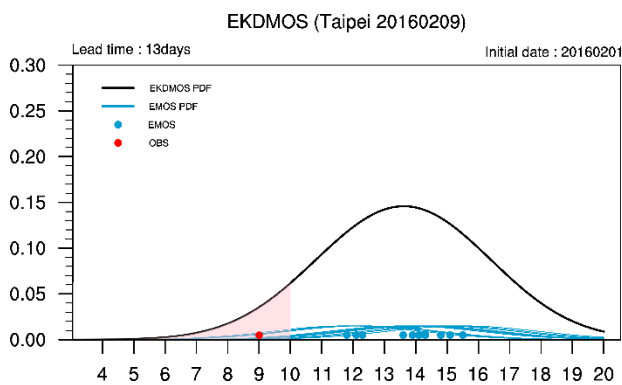


圖3. EKDMOS示意圖，紅點為觀測值，藍點為EMOS所有成員之預報值，將EMOS套入誤差常態分布PDF後即為藍線，並將所有藍線等權合成後即可得到EKDMOS之預報PDF，如黑線所示。

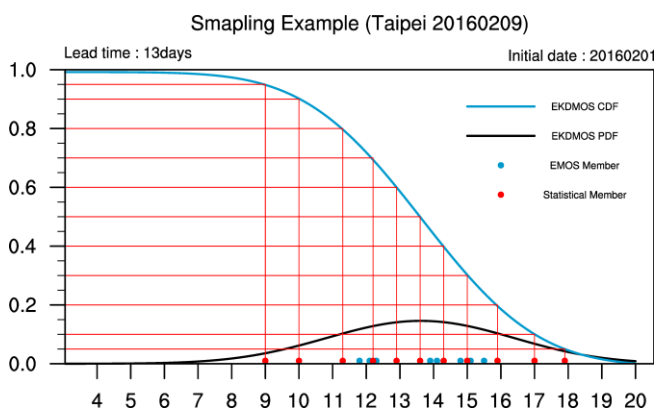


圖4. EKDMOS等百分位取樣示意圖。黑線為預報PDF，藍線為將PDF換算成預報CDF。紅線為取樣輔助線，CDF各個百分位對應之溫度值即為統計成員即為圖中紅點。藍點則為EMOS之成員。

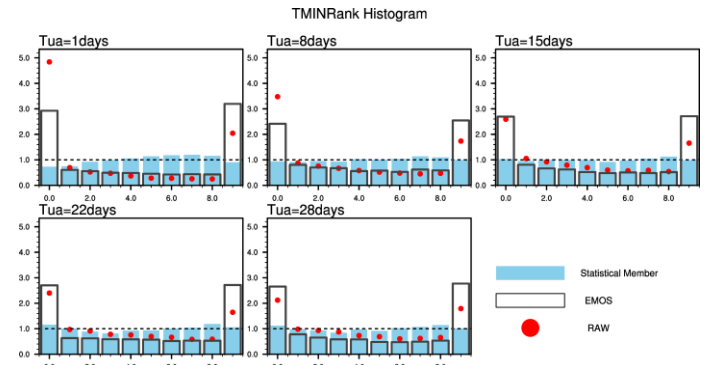


圖5. 不同預報方法於不同預報天數Rank Histogram之表現比較，藍色柱狀圖為EKDMOS經等百分位取樣後統計成員之結果，黑色框框為EMOS之結果，紅點為RAW之結果。

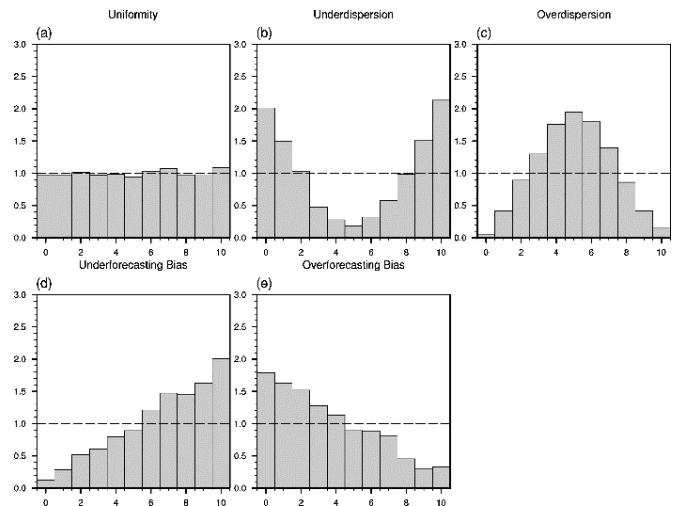


圖6. 不同型態之Rank Histogram示意圖。由a至e分別代表離散度適中、離散度不足、過度離散、暖偏差以及冷偏差。

46690 20160211 - 20160217

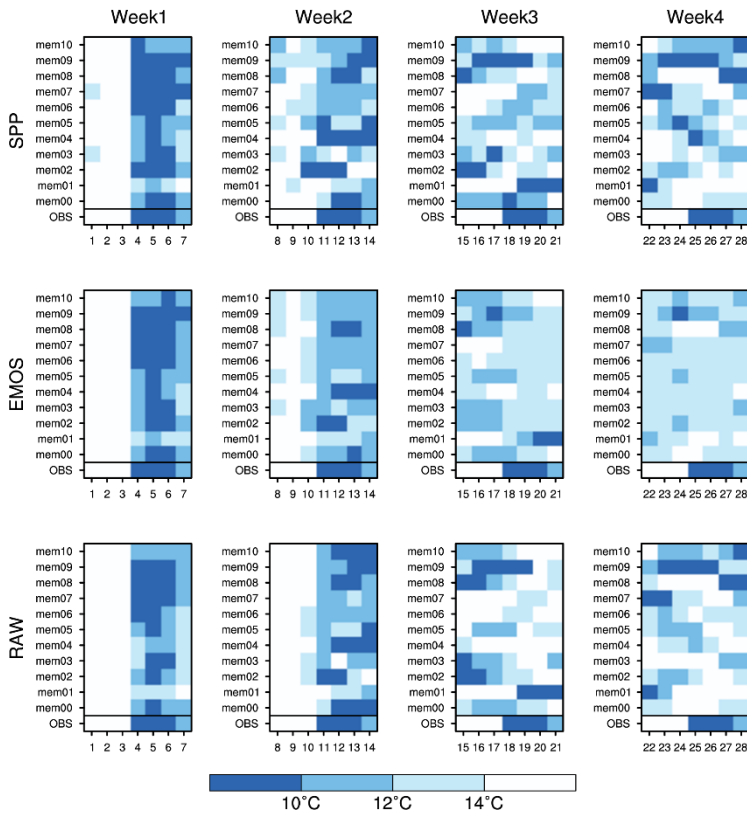


圖7. SPP、EMOS以及RAW於1至4週前預報淡水站 20160211至20160217之寒流個案。其中縱軸最下列為對應觀測，其餘為不同成員之預報結果，橫軸則為預報天數。

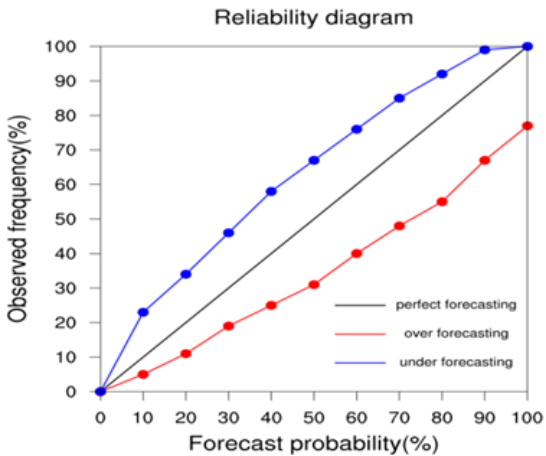


圖8. Reliability Diagram示意圖，黑色斜直線為完美預報，紅線為過度預報，藍線則為低估。

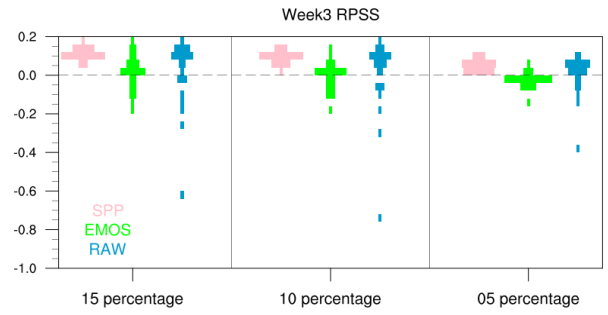


圖9. 預報第三週冷事件發生日數PDF之RPSS預報表現。縱軸為技術得分，由左至右分別為不同極端程度之冷事件之校驗結果，當百分位越低代表事件越極端。粉紅色為SPP之結果，綠色為EMOS之結果，藍色則為RAW之結果。此圖反映出25個測站之RPSS技術得分分布情形，圖形越寬則代表越多測站的RPSS技術得分位於該區間。

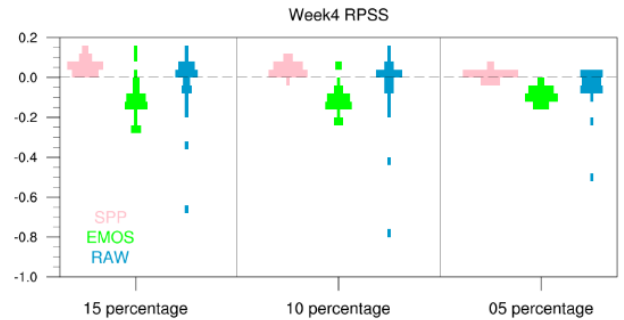


圖10. 同圖9，但為預報第四週之結果。

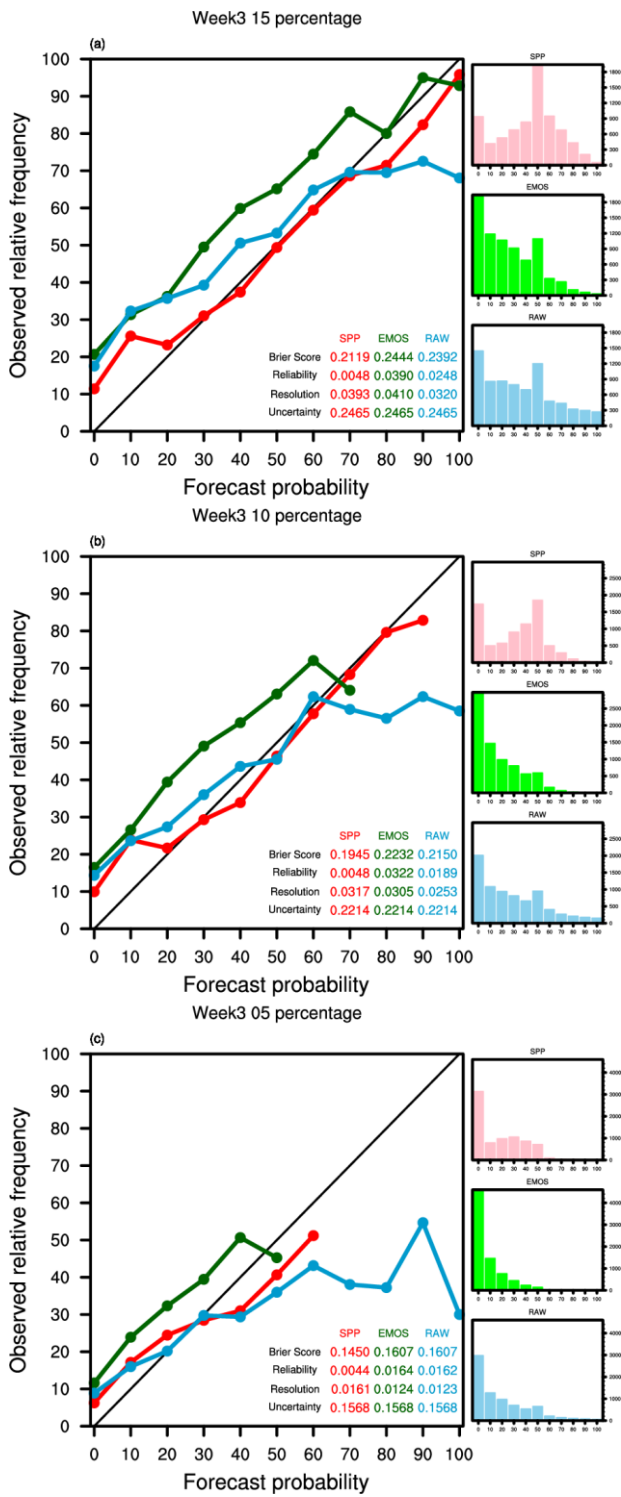


圖11. 第三週任一天發生極端冷事件機率預報之 Reliability Diagram。圖a至c分別為第15、第10以及第5百分位之預報表現。紅線為SPP之結果，綠線為EMOS之結果，藍線則為RAW之結果。

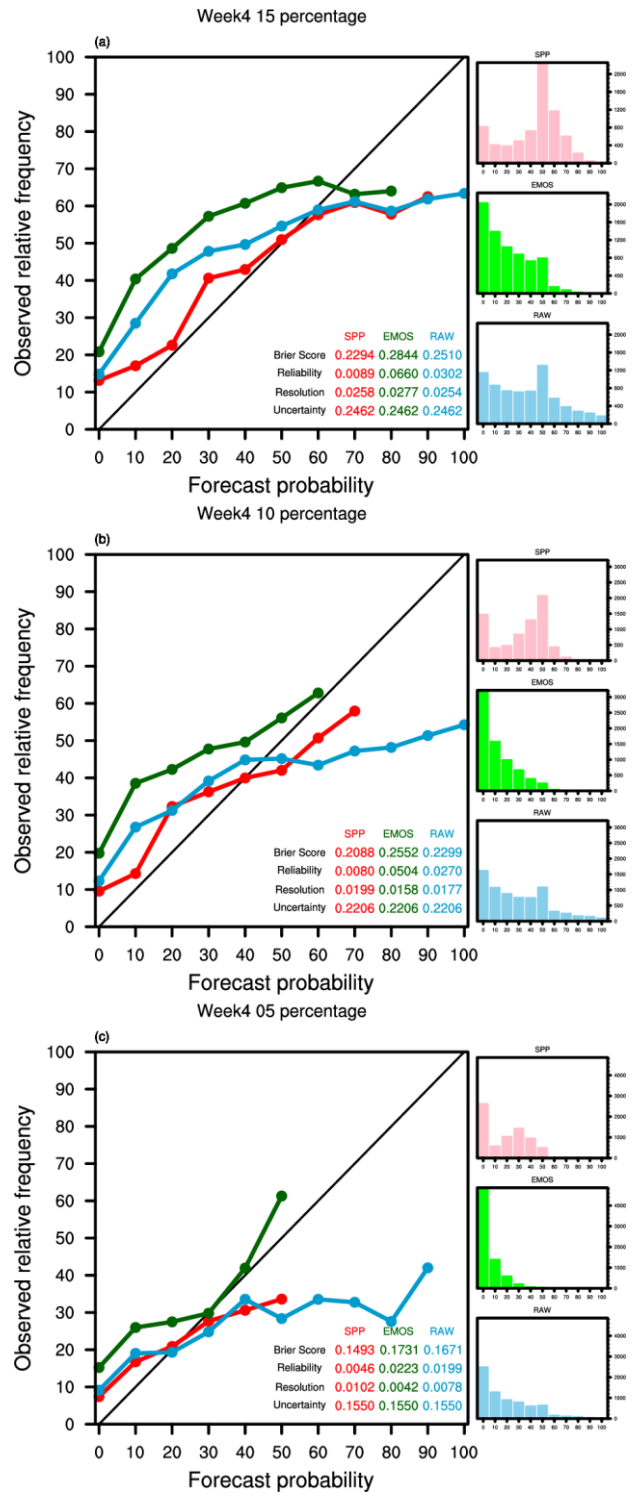


圖12. 同圖11，但為預報第四週之結果。