

應用 STPM 統計方法於台灣春雨季度預報

林昀靜¹ 李天明² 盧孟明¹

中央氣象局氣象科技研究中心¹ 夏威夷大學²

摘要

本研究利用 STPM (Spatial-Temporal Projection Model) 統計方法建立台灣地區 24 個測站 1-3 月的春季降雨與大尺度環境變數間的關係，並以此方法發展季度預報模式。從 1979-2009 年交叉驗證的結果發現在台灣東南部的測站其預報結果不大理想，包括恆春、大武、台東、成功及外島的蘭嶼站，預報結果較好的測站幾乎都落在北部及西半部地區，以及山區的日月潭、阿里山；外島的澎湖及彭佳嶼。以 2010 及 2011 年 1-3 月的春雨預報為例，本模式提供的台北測站預報結果非常值得參考。

一、前言

台灣地區春季雨量不足時往往容易形成乾旱，不僅影響一期稻作的耕作，有時連工業及民生用水都會受到限制。因此，春季的降雨對台灣地區來說是相當重要的，若能了解春雨的特性，增進春雨的預報技術，在農業灌溉及水資源管理方面都會有正面的影響。

本研究利用 STPM (Spatial-Temporal Projection Model) 統計方法建立台灣地區 24 個測站 1-3 月的平均春季降雨與大尺度環境變數間的關係，並以此方法發展季度預報模式。

二、資料

本研究採用的雨量觀測資料是全台灣 24 個氣象站，1979 到 2009 年 1 至 3 月份的月平均降雨量。24 個氣象站包括淡水、鞍部、台北、竹子湖、基隆、彭佳嶼、花蓮、宜蘭、東吉島、澎湖、台南、高雄、嘉義、台中、阿里山、大武、玉山、新竹、恆春、成功、蘭嶼、日月潭、台東及梧棲。

預報因子所使用的資料為下述 7 種，包括海平面溫度 (ERSST) 及大尺度環流 NCEP 再分析資料 (NCEP/NCAR R1) 之 925hPa 水汽場(q925)、925hPa 緯向風場(u925)、925hPa 經向風場(v925)、850hPa、

500hPa、200hPa 的高度場(h850、h500、h200)。海溫資料的網格點數為 180×89，解析度為 2°×2°，NCEP 再分析資料的網格點數為 144×73，解析度為 2.5°×2.5°。此外，採用 1979 年之後的資料是考慮到大尺度環流資料的穩定性，因為在 1976 與 1977 年為氣候上的變遷點，且大尺度環流場與台灣春季降雨的關係在 1950 至 1970 年間較弱。

三、方法

利用 7 個大尺度場與各測站的月平均降雨量 $Y(t)$ 建立 STPM，首先將 7 個大尺度場與月平均雨量資料標準化 ($X_o(i, j, n, t)$ 、 $Y_o(t)$)，大尺度場選擇的範圍緯度為南緯 30 度與北緯 90 度之間經度為全球，在此範圍間建立相關係數等值圖，並挑出超過 95% 統計顯著相關的區域當作預報因子 $X(i, j, n, t)$ ，再建立時間與空間之共變異型態 (Spatial-temporal coupled co-variance pattern)，如式(1)。

$$COV(i, j, n) = \sum_t (Y_o(t) - \bar{Y}_o) * (X_o(i, j, n, t) - \bar{X}_o(i, j, n)) \quad (1)$$

將 7 個預報因子投影至共變異型態並得到一組時間序列。

$$X_p(t) = \sum_{i, j, n} COV(i, j, n) * X_o(i, j, n, t) \quad (2)$$

再將此時間序列 $X_p(t)$ 與月平均降雨量 $Y(t)$ 進行線性回歸，建立一組線性回歸方程式後即可進行降雨預報。

$$Y_f(t) = \alpha X_p(t) + \beta \quad (3)$$

若要進行預報，則將一組新的預報因子 $X(i, j, n, t_p)$ 透過投影至共變異型態步驟（即式(2)）而得到一個新的投影量，將此投影量代入線性回歸方程式（即式(3)），即可得到新的降雨預報。詳細流程圖如圖(1)所示。

本研究接下來將利用交叉驗證法預報 24 個測站 1979-2009 年 1-3 月的春雨，再根據交叉驗證的結果評估模式的優劣。為了考慮到將來實際做預報時需有作業時間，需要將預報時間提前一個月，因此預報因子所採用的時間從前一年的 11 月開始，再依序往前增加月份為 10-11 月、9-11 月等，直到往前累計達 10 個月份。

本報告將以台北站為例說明預報程序，並討論 2010 及 2011 年 1-3 月的春雨預報結果。

四、應用與結果

1. 交叉驗證

以台北測站為例，根據交叉驗證的結果可以計算出預報量與實際觀測量間的相關係數，如圖(2a)所示，橫軸為預報因子所採用的月份，依序為前一年的 11 月、10-11 月、9-11 月等直到往前累計 10 個月的逐月資料，縱軸為交叉驗證後所計算的相關係數。圖(2b)所顯示的為最佳化系集平均(optimal ensemble)的結果，最佳化系集平均是從所有的預報因子及月份中挑出超過 98%、95%統計顯著檢定的預報及所有的預報進行系集平均的結果。

將全台灣 24 個測站的最佳化系集平均結果畫在一起比較，如圖(3)所示，橫軸的測站排序方式以序為從西部由北向南，再由東部的南向北，接著為山區及外島站。圖(3a)是將超過 98%統計顯著檢定的預報結果，放入系集平均，(3b)是將超過 95%的放入系集平均，(3c)則是將所有的預報都放入系集平均後的結果。結果可以看出在台灣東南部的測站其預報結果都不理想，包括恆春、大武、台東、成功及外島的蘭嶼

站，結果較好的測站幾乎都落在北部及西半部地區，以及山區的日月潭、阿里山；外島的澎湖及彭佳嶼。

2. 預報技術得分

本研究分成兩個部份來進行預報結果的校驗，第一個部份為定量降水預報的校驗，採用公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS)，第二部份為三分類的預報結果校驗，採用 Heidke skill score (HSS)。

公正預兆得分是在計算除了模式與觀測皆無降水且不是隨機猜中的情況下，模式能正確預測降水的機率，另外採用 Bias 來評估預報降水量是屬於低估或高估。

$$ETS = \frac{H - R}{F + O - H - R}$$

$$Bias = \frac{F}{O}$$

其中，F 為預測降雨達門檻值次數，O 為觀測降雨達門檻值次數，H 為預報及觀測降雨皆有達門檻值次數，R 為隨機預報次數 ($R=FO/N$ ，N 為全部的年份)。ETS 越接近 1 表示模式降雨預報越準確，接近 0 則表示此模式沒有預報技術。Bias 小於 1，表示預報模式為偏乾，反之大於 1 則偏濕。綜合 ETS 與 Bias 的得分結果可判斷降水預報的正確性。

在三分類預報得分計算採用的是常用的 Heidke skill score (HSS)，三分類的表格如下。

		觀測類別 (j)			
		1	2	3	全部
預報類別 (i)	1	$n(F_1, O_1)$	$n(F_1, O_2)$	$n(F_1, O_3)$	$N(F_1)$
	2	$n(F_2, O_1)$	$n(F_2, O_2)$	$n(F_2, O_3)$	$N(F_2)$
	3	$n(F_3, O_1)$	$n(F_3, O_2)$	$n(F_3, O_3)$	$N(F_3)$
		$N(O_1)$	$N(O_2)$	$N(O_3)$	N

$$HSS = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n(F_i, O_j) - \frac{1}{N^2} N(F_i)N(O_j)}{1 - \frac{1}{N^2} N(F_i)N(O_j)}$$

其中 $n(F_i, O_j)$ 表示為預報落在 i 分類而觀測落在 j 分類的個數， $N(F_i)$ 表示預報落在 i 分類的個數， $N(O_j)$ 表示觀測落在 j 分類的個數， N 為所有的預報個數。當 HSS 值越接近 1 表示模式預報越準確，接近 0 則表示此模式沒有預報技術。

以 11 月的預報因子預報台北站 1-3 月平均降雨交叉驗證之後所計算的 ETS 及 Bias 的結果為例，如圖(4)所示，橫軸為各單位降雨門檻值，由圖中可看出本模式在預報台北測站 1-3 月份的降雨約在 70 到 200mm 左右有預報技術，在雨量門檻值大於 200mm 的降雨量各預報因子的 ETS 都幾乎為 0，顯示出本模式無法正確掌握到較大的雨量，從 Bias 為小於 1 的值也可以知道，在雨量大的時候會有低估的預報。其中，u925 與 h200 分別在雨量門檻值約為 90、150mm 時的預報技術得分 ETS 都接近 0.4，是在 7 個預報因子中最高的預報技術得分。

同樣的以台北站 1-3 月平均降雨的交叉驗證為例，圖(5)為計算三分類預報得分 HSS，預報因子月份是從前一年的 11 月開始直到往前累加 10 個月，橫軸為預報因子採用的月份，縱軸為技術得分。以預報因子 v925 的預報結果最好，在多個月份的技術得分都有達到 0.3。

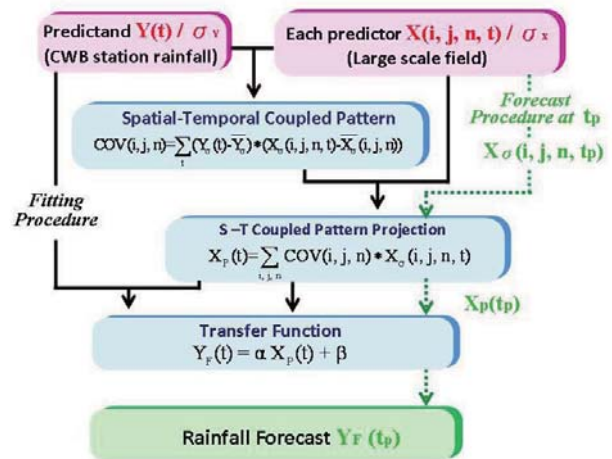
3. 2010 年及 2011 年的 1-3 月春雨預報

以台北站為例，利用 1979-2009 年的 7 種預報因子及不同月份的大尺度資料建立 STPM 模式，並預報 2010 年 1-3 月的平均雨量，相同的採用 1979-2010 年的資料建立 STPM 模式，並預報 2011 年 1-3 月的平均雨量。

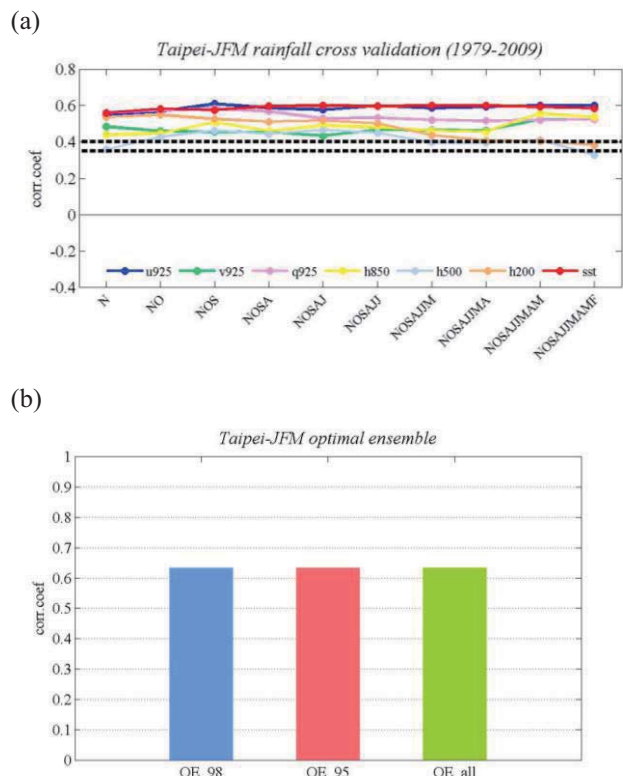
結果如圖(6)所示，其中黑線是每年 1-3 月的觀測月平均雨量，而其餘顏色則是不同預報因子及不同月份的預報結果，其中 1979-2009 年是交叉驗證的結果，而 2010 年與 2011 年是預報的結果。無論是從趨勢或是從雨量值來看，除了 1983 年有較大的降雨量，模式無法正確的預估到外，其餘大部份的年份都有不錯的預報結果，而且在 2010 及 2011 年本模式都可以提供不錯的預報結果。

五、結論與建議

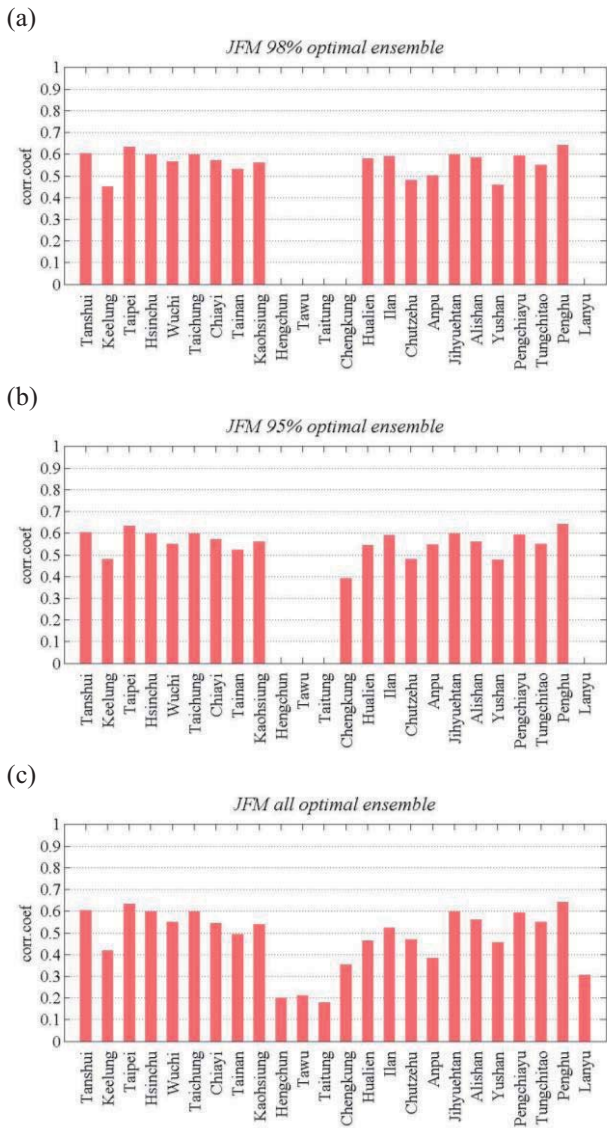
本研究採用 STPM 來預報各測站的春季降雨，發現利用此方法對各測站的降雨有不錯的推估結果。未來將利用氣象局兩步法動力預報模式的結果，針對台灣地區各測站建立一個合併動力與統計預報方法的動力統計春雨預報模式。



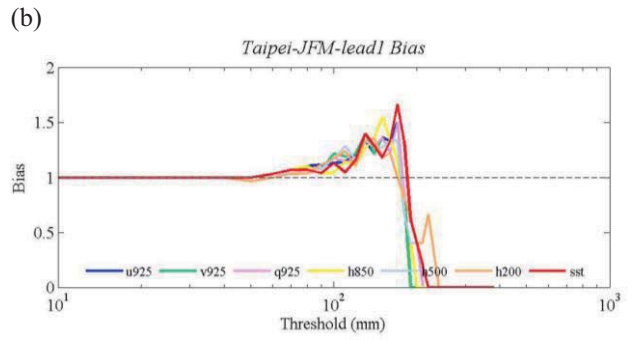
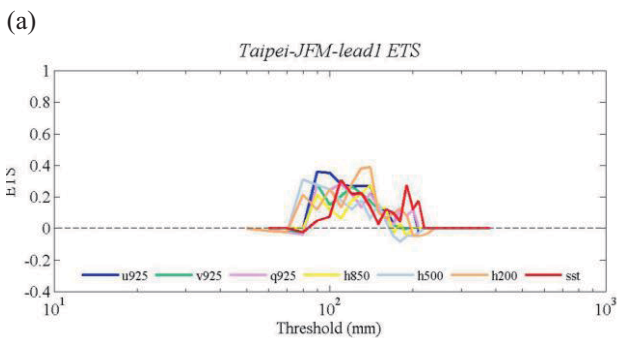
圖(1) Spatial-temporal projection model 流程圖



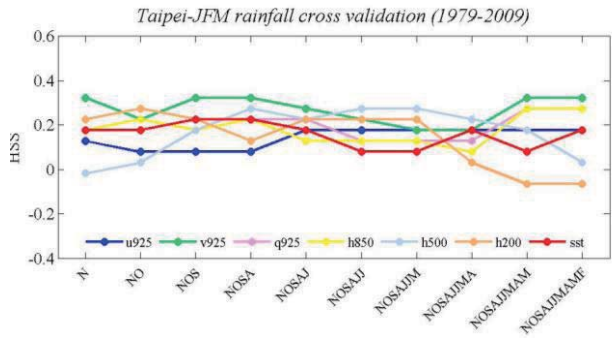
圖(2) (a)利用交叉驗證法預報台北測站 1-3 月的降雨量與實際觀測量間的相關係數，(b)從左到右依序為超過 98%、95%統計顯著檢定的預報及所有預報最佳化系集平均的結果。



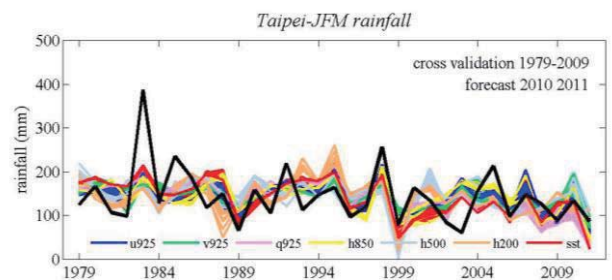
圖(3) 全台灣 24 個測站的最佳化系集平均結果，橫軸的測站排序方式以序為從西部由北向南，再由東部的南向北，接著為山區及外島站。(a)是將超過 98%統計顯著性檢定的預報結果，放入系集平均，(b)是將超過 95%的放入系集平均，(c)則是將所有的預報都放入系集平均後的結果。



圖(4) 利用 11 月份的預報因子預報台北站 1-3 月份平均降雨交叉驗證之後所計算的 ETS 及 Bias 結果。橫軸為各單位降雨門檻值，(a)縱軸為 ETS 技術得分；(b)縱軸為 Bias 值。



圖(5) 以交叉驗證法預報台北站 1-3 月份平均降雨的三分類預報得分，橫軸為預報因子所採用的月份，縱軸為 HSS 技術得分。



圖(6) 1979-2011 年 1-3 月的觀測月平均雨量（黑線）與不同預報因子及不同月份的預報結果（其餘顏色），其中 1979-2009 年是屬於交叉驗證的結果，而 2010 年與 2011 年則是預報的結果。