

# 2016 年 1 月霸王級寒流事件大尺度氣候特徵分析

李思瑩 盧孟明

中央氣象局科技研究中心

## 摘要

2015/16 年冬季為歷史上強聖嬰年之一，聖嬰事件發生期間東亞冬季季風強度大多較氣候平均值弱、台灣有較高的機率出現暖冬，以冬季平均溫度來看，2015/16 年冬季的確是溫度偏高年。但在 2016 年 1 月 22-27 日期間，台灣各地出現極端低溫，並達到全島型寒潮（盧與李 2009）事件標準，600 公尺以上多處高山出現極罕見的雪景、平地多處下霰，其中，竹子湖、鞍部、彭佳嶼 3 個測站出現 1951 年冬季以來的歷史最低溫，在農漁牧業方面造成非常嚴重的損失。因此，2015/16 年冬季對於研究熱帶與中高緯度地區極端天氣與季內-季節尺度 (intraseasonal- and seasonal-scale) 氣候變異之間的關係是一個很好的例子，本文的分析結果對於未來的監測和預報作業可提供有效的資訊。

## 一、前言

台灣位處亞洲大陸與太平洋交界的陸地邊緣區域，冬季氣候主要受東亞冬季季風系統 (East Asian winter monsoon, EAWM) 控制。EAWM 的影響範圍包含台灣以及大陸、韓國、日本甚至馬來西亞、印尼和東南亞其他國家，範圍甚至跨越赤道達南半球低緯區域，是極為獨特的季風系統 (Li 1955; Tao 1957; Ding 1994; Wu et al. 2006; Wang et al. 2010)。

EAWM 主要的特徵 (圖 1) 在低層有西伯利亞-蒙古高壓 (Siberian-Mongolian High; SMH)、阿留申低壓 (Aleutian low; AL)，在高層有東亞主槽 (East Asian Trough; EAMT)、烏拉爾山高壓脊 (Ural Mountain Ridge; UR)、西太平洋噴流 (Western Pacific Jet; WPJ) (Chang and Lau 1982; Lau and Li 1984; Chan and Li 2004; Jhun and Lee 2004; Wang 2006; Lu and Chang 2009)。WPJ 在亞洲大陸上分為兩支，分別是位於約北緯 25 度的南支噴流 (South Asia Jet; SAJ) 與約北緯 40 度的北支噴流 (North Asia Jet; NAJ)，其中，SAJ 直接影響東南亞包含台灣的天氣變化。

EAWM 受不同因素影響有著多重尺度的變化。Ding (1990) 指出伴隨地面西伯利亞高壓移動發生的冷空氣爆發南下常有約 10-20 天週期的低頻變動，這

種次月尺度的變化往往與大西洋和太平洋上中高緯高層阻塞高壓活動有關 (Takaya and Nakamura 2005a,b, 2013; Lu and Chang 2009)。時間尺度較長的 EAWM 年際變化則是與聖嬰現象 (El Nino-Southern Oscillation; ENSO)、北極震盪 (Arctic Oscillation; AO) 等主要氣候變化的模態有關。Wang et al. (2006) 指出 ENSO 透過赤道東太平洋異常海溫激發的菲律賓海異常環流影響 EAWM，El Nino 年時菲律賓海為反氣旋距平且 EAWM 強度較弱，La Nina 年時菲律賓海為氣旋距平且 EAWM 強度較強 (Zhang et al. 1996; Tomita and Yasunari 1996; Ji et al. 1997; Wang et al. 2000)。Gong et al. (2001) 指出亞洲大陸東部的冬季溫度與代表歐亞大陸高緯度海平面氣壓變化的 AO 有關，當 AO 正相位時，極區為低壓、歐亞大陸上為高壓距平，因此氣溫偏低，AO 對東亞地面溫度的影響程度同時表現在 SMH 的強度。

當 SMH 向東南朝大陸沿岸與太平洋移動時，往往引發冷空氣南侵與強烈北風伴隨高壓南下，造成台灣附近地面氣壓劇升、北風增強、溫度驟降，這樣的天氣現象稱為寒潮 (cold surge)，南下的冷空氣有時可達熱帶甚至跨越赤道 (Chang et al. 1983)，在台灣因冷空氣南侵常帶來嚴重的低溫災害，造成社會經濟的損失。

2016 年冬季為歷史上強聖嬰年之一，聖嬰事件發

生期間東亞冬季季風強度大多較弱(Zhang et al. 1996; Zhang et al. 1997; Wang et al. 2000)，台灣有較高的機率出現暖冬，而以臺灣冬季平均溫度來看，2016年冬季的確是溫度偏高年。但在1月22-27日期間，台灣各地出現極端低溫，低溫程度達到全島型寒潮(盧與李 2009)事件標準，600公尺以上多處高山出現極罕見的雪景、平地多處下霰，其中，竹子湖、鞍部、彭佳嶼3個測站出現1951年冬季以來的歷史最低溫，在農漁牧業方面造成非常嚴重的損失。為何極端低溫事件會出現在溫度偏高的冬季？是本文嘗試回答的問題。在全球氣候明顯增暖的趨勢下，2016年冬季提供了一個絕佳機會以了解未來溫暖氣候的冬季極端低溫發生條件，思考熱帶與中高緯度地區極端天氣與季內-季節尺度(intraseasonal- and seasonal-scale)氣候變異之間的關係。

## 二、資料

本文所使用的資料，臺灣的溫度與降水資料是使用中央氣象局21個局屬測站(分別為淡水、台北、基隆、花蓮、宜蘭、台南、高雄、台中、大武、新竹、恆春、成功、台東、竹子湖、鞍部、日月潭、阿里山、玉山、彭佳嶼、澎湖、蘭嶼)逐日資料。大尺度環流變數使用的有NCEP/NCAR重分析之逐月、逐日資料，變數為海平面氣壓、925hPa以及500hPa風場、500hPa高度場、2米溫度，以及NOAA海表面溫度(Extended Reconstructed Sea Surface Temperature; ERSST)、NOAA/CPC的CMAP(CPC Merged Analysis of Precipitation)以及CMORPH(CPC MORPHing technique)降水場。重分析資料的變數空間解析度為144x73(2.5度)與192x94(經度為1.875、緯度為高斯分布)，海溫的空間解析度為180x89(2度)，兩組降水的解析度分別是CMAP 144x72(2.5度)與CMORPH 1440x480(1度)。季內震盪(Madden and Julian Oscillation; MJO)的資料是使用BOM(Bureau of Meteorology)的RMM指數(<http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>)。北極震盪的資料來源為NOAA/CPC([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/ao\\_index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao_index.html))。使用的資料時間為1951年至2016年，文中是以前一年12月至當年2月

為當年冬季，即2015年12月至2016年2月是代表2016年冬季。

## 三、結果分析

### 1. 2016年冬季

2016年冬季環流(圖2)相較於氣候平均值顯示的主要特徵在低層有較強的SMH以及向東北移動的AL，在中高層EAMT向西北偏移、UR偏強、WPJ向東北偏移以及NAJ偏弱與SAJ偏強。SLP距平顯示熱帶西太平洋有大範圍的正距平，西北太平洋高壓距平從中高緯度(160°E, 35°N)延伸到熱帶西太平洋與菲律賓海區域，熱帶高壓距平和Wang et al.(2000)指出的聖嬰年(El Nino)菲律賓海反氣旋相似，表示2016年冬季在東亞與西北太平洋環流變化與預期相符。

為了解全球2016年DJF的溫度及雨量的異常程度，先把每個網格點上1982-2016年期間35個冬季的地面溫度(海洋上為海溫，陸地上為2米溫度)以及降水依排序分為7個等級，將2016年DJF的級別繪製在圖3。溫度級別1代表最冷，7代表最暖；，雨量的級別1代表最乾，7代表最濕。圖3(a)顯示赤道以北的熱帶非洲、南亞、東亞以及東北亞都在最冷的級別，而赤道以南的非洲大陸、印度洋、南海、西北太平洋等區域都在最暖級別，海洋和陸地的強烈對比表示南亞冬季季風偏強。降水方面(圖3b)則顯示伴隨強聖嬰的影響在160°E以東的赤道太平洋雨量達最濕級別，南印度洋與南亞也偏濕，赤道太平洋濕區的東西兩側都偏乾。和2016年臺灣冬季關係最密切的是一條從東南亞經由台灣延伸到東海以及日本南側的濕帶(wet belt)，伴隨台灣極端冷事件而至的嚴重農損與此濕帶有關。

根據以上分析，可見臺灣2016年的冬季平均狀態為偏暖偏濕。

### 2. 台灣破紀錄的極端低溫事件

雖然台灣2016年冬季平均溫度高於氣候平均值，在1月下旬，卻有破紀錄的極端冷事件發生。依照盧與李(2009)的定義，台灣在1/22-1/27期間發生1次全島型的寒潮事件，並且有3個測站(鞍部、竹子湖、彭佳嶼)在此波全島型寒潮事件期間打破設站以

來的歷史紀錄。圖 4 為 21 個測站 1952-2016 年期間逐年的冬季最低溫度，2016 年的冬季最低溫在近幾年的暖化趨勢下顯得相當特別。最低溫的發生日期除了中部 2 個高山站(玉山與阿里山) 在 2 月 7、8 日以外其他測站都在 1 月 24、25 日，因此本文稱 1 月 24、25 日的冷事件 124 事件。

圖 5 為 21 個測站過去 65 個冬季所有寒潮事件的 (a)冷度以及(b)降水的盒鬚圖，冷度為盧與李(2009)中所定義的寒潮事件期間最低溫度，其中 124 事件以紅色標示，藍點代表滿足極端條件(低於最冷 10%的閾值)的冷事件，圖中可清楚看見各測站在 124 事件期間的表現多為偏冷與偏濕。

圖 6 為 124 事件期間的開始、最低溫、結束三個時間的之大尺度環流變化，(a)-(c)為低層海平面氣壓、925hPa 風場以及 2 米溫度，(d)-(f)為 500hPa 高度場、風場以及降水。從事件開始到結束可以清楚看見所伴隨的東亞冬季季風特徵的變化，西伯利亞高壓向南移動、亞洲大陸東南側地表溫度變冷以及高層波動的加深與路徑，即東亞主槽的移動以及加強的東亞噴流 (EAJ) 使得降水系統活躍。

### 3. 季內尺度變異

2016 年冬季在熱帶以及較高的緯度有明顯的季內尺度變化，圖 7 為 RMM 指標所畫的 MJO 相位圖，圖中顯示 DJF 期間熱帶地區出現兩波清楚且完整的 MJO，但在 124 事件期間，MJO 的訊號減弱(振幅小於 1)。圖 8 為 2016 年冬季中高緯度 AO 指數(黑框線)以及 UR 指數(白框線)的逐日變化，在此，UR 指數是以 65°E-75°E、60°N-80°N 區域的 500hPa 高度場平均來代表烏拉爾山高壓脊的強度。在冬季三個月期間 AO 出現兩次比較明顯的振盪，第一次振盪的波鋒出現在 12 月 21 日，波谷出現在 1 月 16 日，124 事件發生在 AO 從負相位轉為正相位的變換期間，而在 AO 為負相位時 UR 出現大幅振盪，123 事件與 UR 高壓脊開始消散的時間相差約 1 周。UR 振盪表現出準雙週(quasi-biweekly; QBW)週期的特性，第 1 個 QBW 發生在 1 月，有 3 個正相位的高點，分別是 1 月 3、16、25 日，第 2 個 QBW 發生在 2 月，有 2 個正相位的高點，分別是 13、22 日，強度較第 1 個 QBW 來的弱。124 事件發生在 AO 負相

位以及 UR 正相位的 7 天後，負的 AO 以及增強的 UR 提供了一個有利於東南亞地區寒潮發生的條件 (Lu and Chang 2009)。

## 四、結論

2016 年冬季為歷史上強聖嬰年之一，東亞冬季環流特徵為低層 SMH 強度較強、AL 向東北移動，中高層的 EAMT 向西北偏移、UR 偏強、WPJ 向東北偏移以及強度較弱的 NAJ 與較強的 SAJ，在菲律賓海上出現聖嬰年典型的海氣耦合反氣旋距平。與過去 34 個冬季相比，溫度以及降水有明顯的海陸對比分布。熱帶非洲、南亞、東亞以及東北亞都在最冷的等級，而南非大陸、印度洋、南海、西北太平洋海溫是在最暖的等級，這種強烈的海陸對比顯示季風區會有較強的冬季季風。降水等級則指出太平洋的濕區反應出強聖嬰的影響，乾區位在赤道太平洋濕區的東西兩側，台灣主要受到從東南亞經由台灣延伸到東海以及日本南側的濕帶影響。

台灣在強聖嬰以及季風環流的氣候背景下，冬季平均溫度高於氣候平均值，在 1 月下旬，卻有破紀錄的極端冷事件(全島型寒潮)發生，21 個測站中有 3 個測站的溫度在此波全島型寒潮事件期間打破過去 64 年的歷史紀錄，多數測站在此波寒潮期間皆為又冷又濕的狀態。伴隨聖嬰現象的菲律賓海與西太平洋高壓距平為滯留鋒面提供了有利的條件，導致冬季偏濕；而中高緯度的 AO 和 UR 在季內尺度的振盪現象提供了東南亞地區寒潮發生的有利條件。因此，2016 年的 124 霸王級寒流事件顯示在溫暖的冬季仍然有機會出現災害性的強烈寒流，若能掌握屬於季內尺度的兩周預報(subseasonal prediction)，將有助於減少災害損失。

## 五、參考文獻

- 盧孟明、李思瑩，2009：台灣寒潮定義—分析以台北測站為代表的適當性。大氣科學，**37**，1-10。
- Chan, J., and C. Li, 2004: The East Asia winter monsoon. *East Asian Monsoon*, C.-P. Chang, Ed., World Scientific, 54–106.
- Chang, C.-P., and K. M. Lau, 1982: Short-term planetary-scale interaction over the tropics and

- midlatitudes during northern winter. Part I: Contrast between active and inactive periods. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 933–946.
- , J. E. Millard, and G. T. J. Chen, 1983: Gravitational character of cold surges during winter MONEX. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 293–307.
- Ding, Y., 1990: Bulidup, air-mass transformation and propagating of Siberian high and its relations to cold surge in East Asia. *Meteor. Atmos. Phys.*, **44**, 281–292.
- , 1994: *Monsoons over China*. Kluwer Academic, 419 pp.
- Gong, D. Y., S. W. Wang and J. H. Zhu, 2001 : East Asian winter monsoon and Arctic Oscillation, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 2073–2076.
- Jhun, J.G. and E. J Lee, 2004 : A new East Asian winter monsoon index and associated characteristics of the winter monsoon, *J. Climate*, **17**, 711–726.
- Ji, L. R., S. Shuqing, K. Arpe, and L. Bengtsson, 1997: Model study on the interannual variability of Asian winter monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, **14**, 1–22.
- Lau K-M, and M. T. Li, 1984: The monsoon of East Asia and its global association. *Bulletin of the American Meteorological Society* 65:114–125.
- Li, X. Z., 1955: A study of cold waves in East Asia. *Offprints of Scientific Works in Modern China—Meteorology (1919–1949)*, X. Z. Li, Ed., Science Press, 35–117.
- Lu, M.-M. and C.-P. Chang, 2009: Unusual late-season cold surges during the 2005 Asian winter monsoon: Roles of Atlantic blocking and the Central Asian anticyclone. *J. Climate*, **18**, 1411–1422.
- Takaya, K. and H. Nakamura, 2005a: Mechanisms of Intraseasonal Amplification of the Cold Siberian High. *J. Atmos. Sci.*, **62**, 4423–4440.
- Takaya, K. and H. Nakamura, 2005b: Geographical Dependence of Upper-Level Blocking Formation Associated with Intraseasonal Amplification of the Siberian High. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 4441–4449.
- Takaya, K. and H. Nakamura, 2013: Interannual variability of the East Asian winter monsoon and related modulations of the planetary waves. *J. Climate*, **26**, 9445–9461.
- Tao, S. Y., 1957: A study of activities of cold airts in East Asian winter. *Handbook of Short-Term Forecast*, China Meteorological Administration, Eds., Meteorology Press, 60–92.
- Tomita, T., and T. Yasunari, 1996: Role of the northeast winter monsoon on the biennial oscillation of the ENSO/monsoon system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 399–413.
- Wang, B., 2006 : *The Asian Monsoon*. Praxis Publishing .
- , R. Wu, and X. Fu, 2000: Pacific–East Asia teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, **13**, 1517–1536.
- , Z. Wu, C.-P. Chang, J. Liu, J. Li, and T. Zhou, 2010: Another look at interannual-to-interdecadal variations of the East Asian winter monsoon: The northern and southern temperature modes. *J. Climate*, **23**, 1495–1512.
- Wu, B-Y, R. Zhang, and R. D’Arrigo, 2006: Distinct modes of the East Asian winter monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, **134**, 2165–2179.
- Zhang, R., A. Sumi, and M. Kimoto, 1996: Impact of El Niño on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the ’86/87 and ’91/92 events. *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 49–62.
- Zhang, Y., K. Sperber, and J. Boyle, 1997: Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon: Results from the 1979–95 NCEP/NCAR reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 2605–2619.

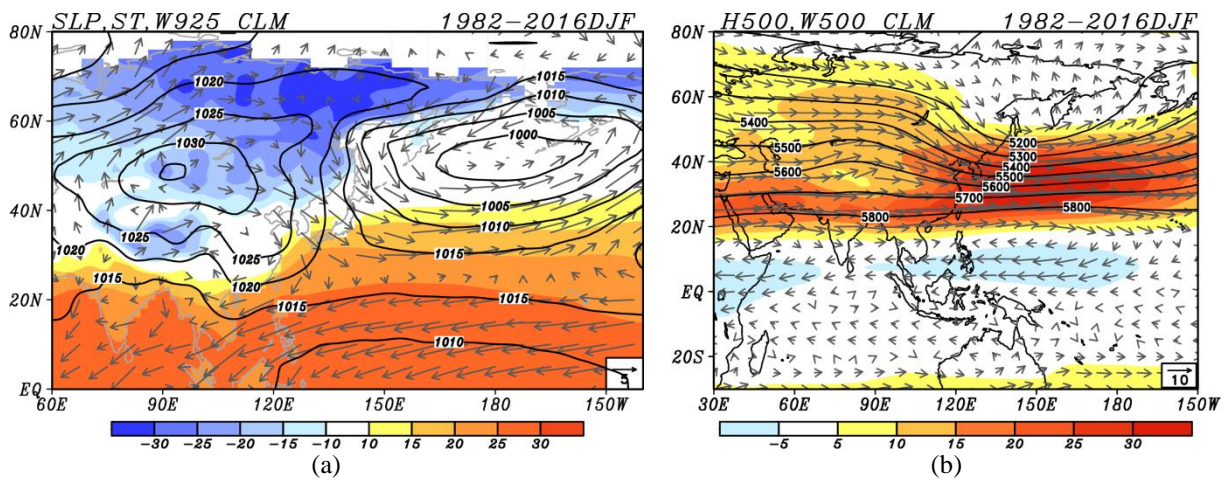
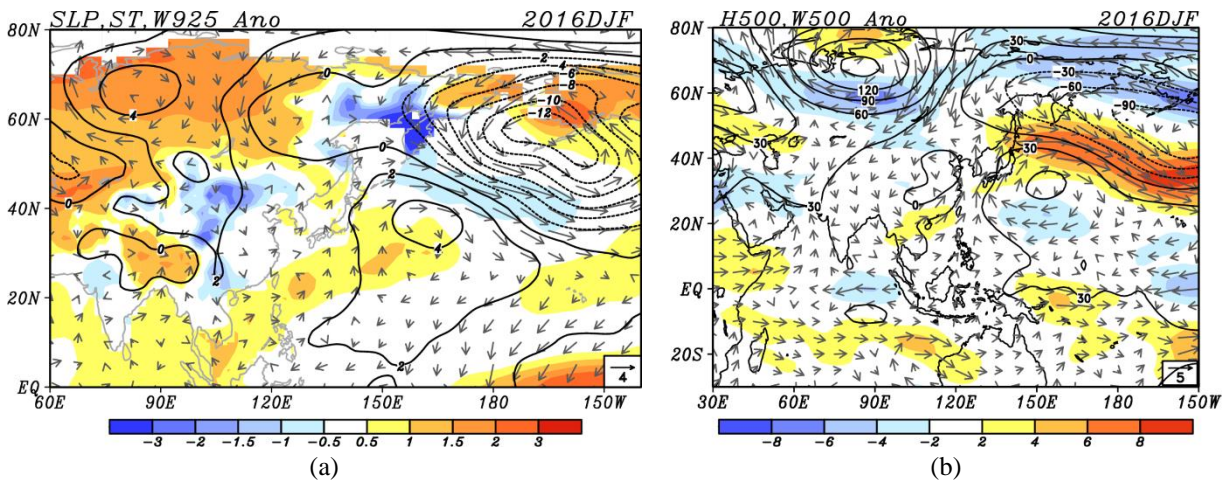


圖 1 1982-2016 年冬季(DJF)氣候平均值。(a)海平面氣壓、地表溫度(陸地為 2 米溫度、海面為海溫)、925hPa 風場(陰影為溫度、線條為海平面氣壓、風標為風場)，(b)500hPa 高度場、風場(陰影為緯向風速、線條為高度場、風標為風場)。



同圖 1，但為 2016 年冬季距平值。

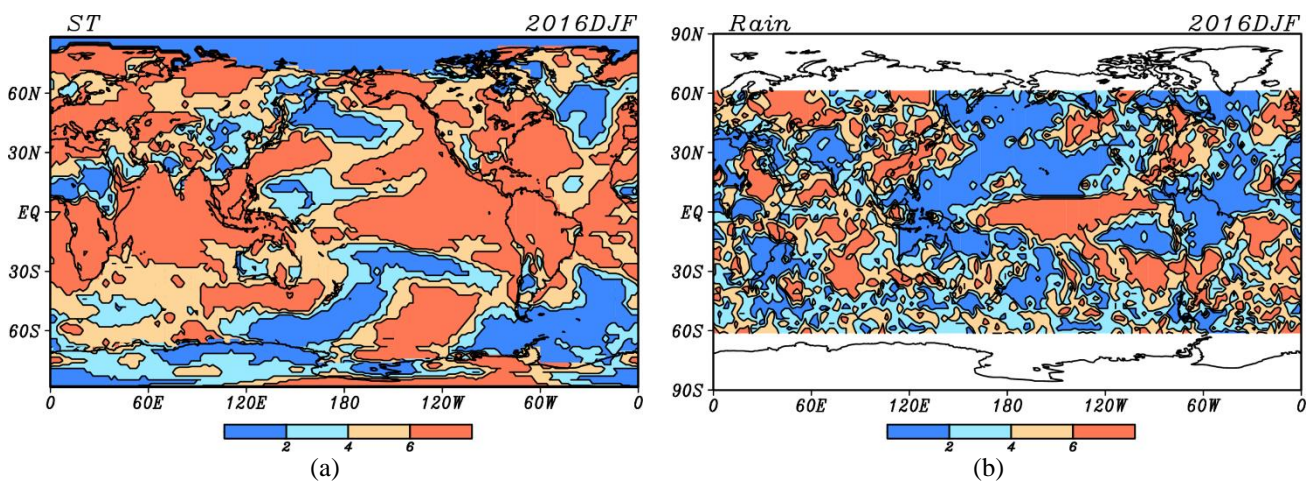


圖 3 2016 年冬季(a)地表溫度、(b)降水量 在 1982-2016 年期間 35 個冬季中的排序。

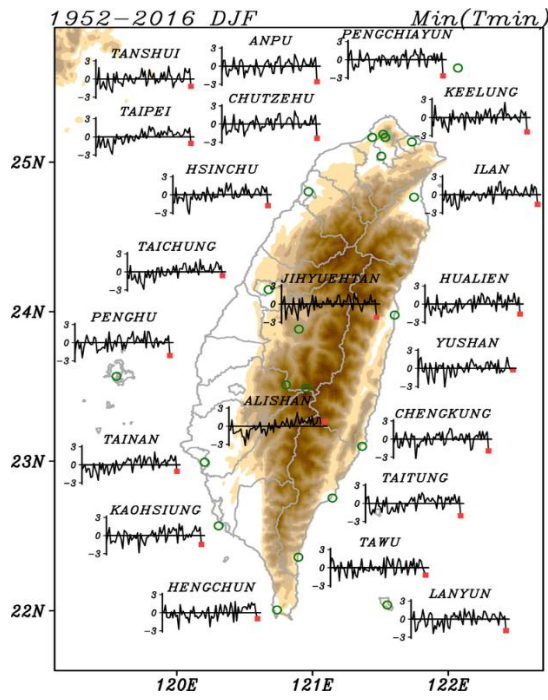


圖 4 21 個測站 1952-2016 年期間逐年的冬季最低溫度。(綠圈為 21 個測站的位置，紅點為 2016 年冬季最低溫度。)

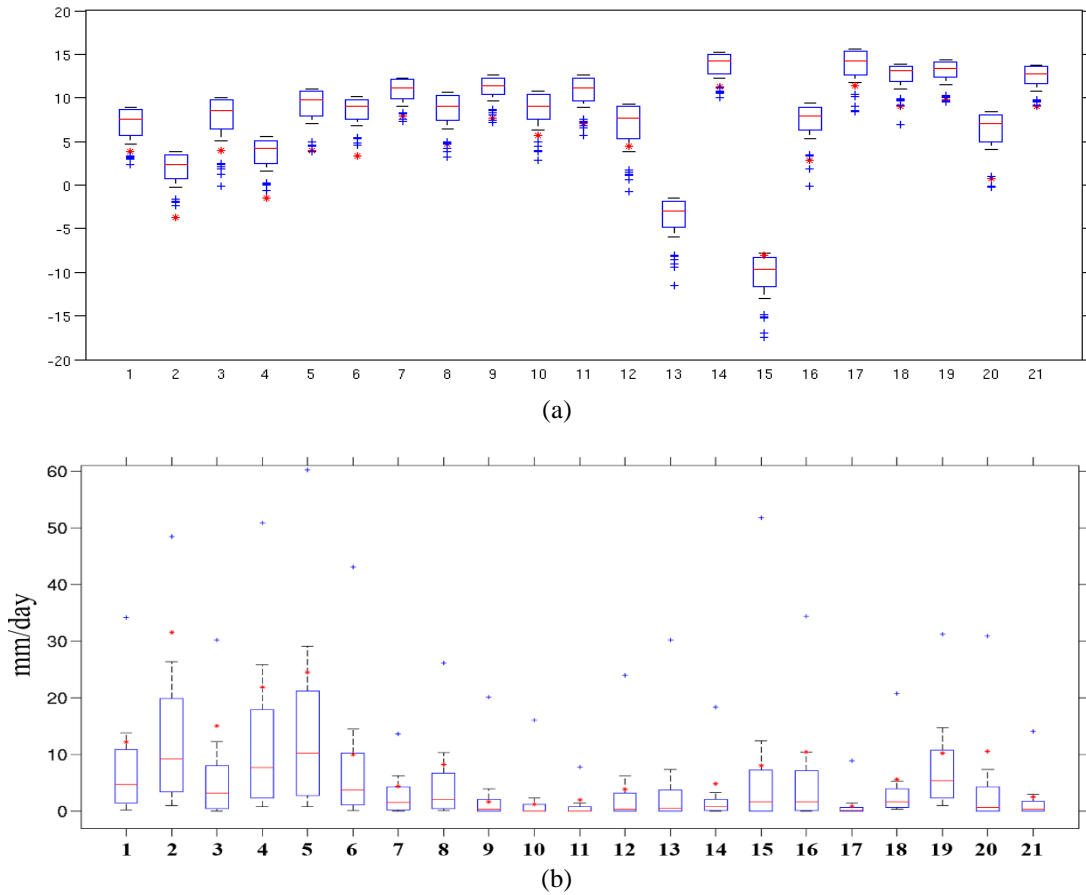
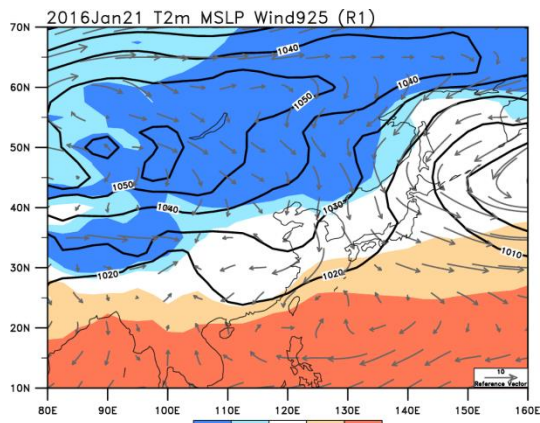
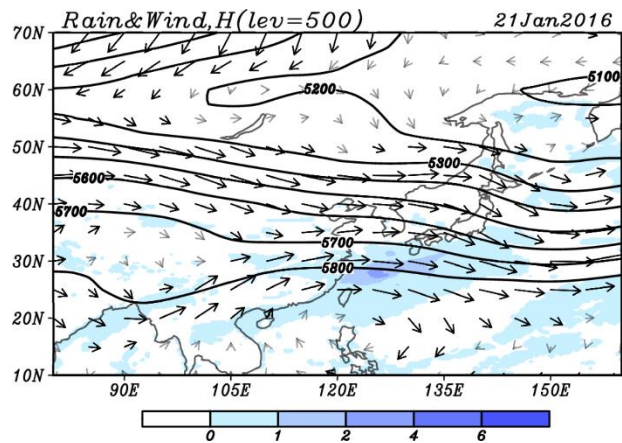


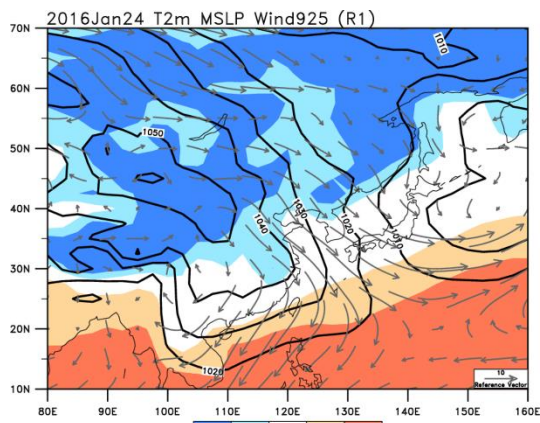
圖 5 21 個測站過去 65 個冬季的寒潮事件的(a)冷度以及(b)降雨量的盒鬚圖，其中 2016 年以紅色標示。



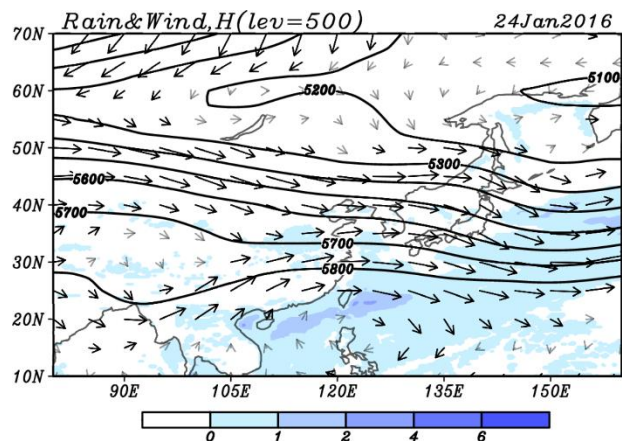
(a)



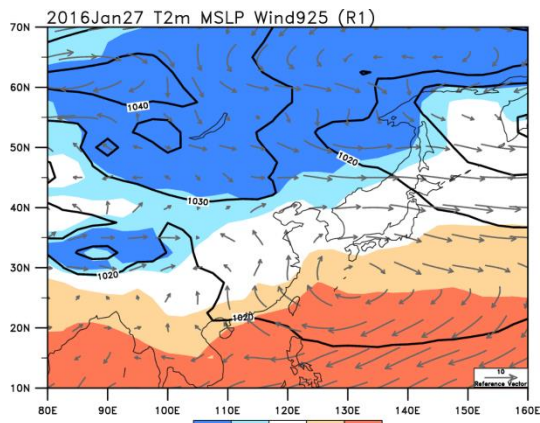
(d)



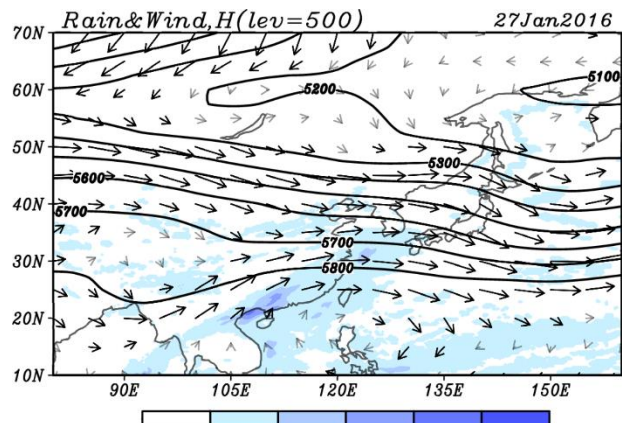
(b)



(e)



(c)



(f)

圖 6 124 事件期間的開始(1/21)、最低溫(1/24)、結束(1/27)三個時間的之大尺度環流變化，(a)-(c)為低層海平面氣壓、925hPa 風場以及 2 米溫度，(d)-(f)為 500hPa 高度場、風場以及降水。

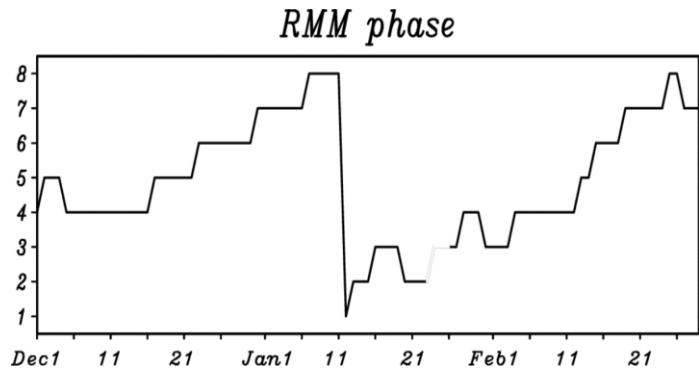
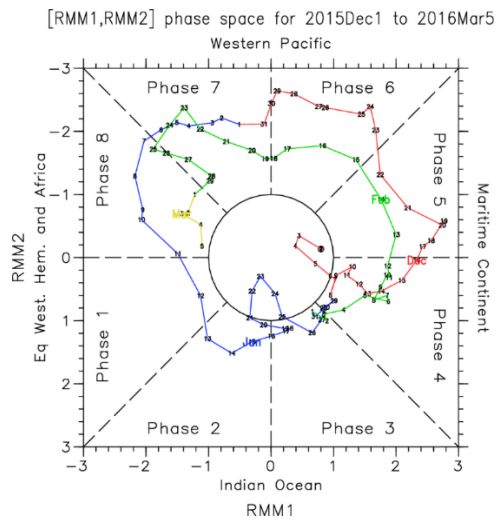


圖 7 2016 年冬季(2015/12/1~2016/3/5)期間 RMM 指標之逐日相位圖。

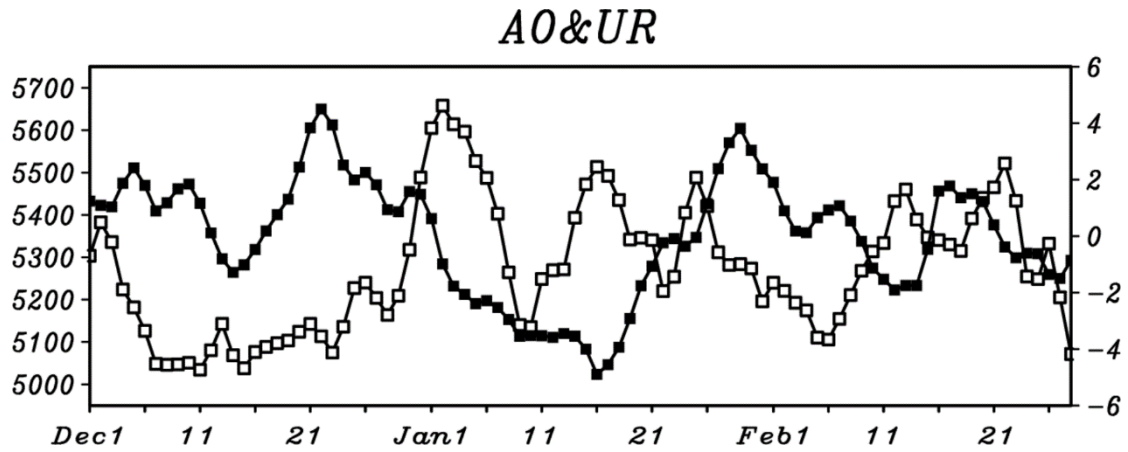


圖 8 2015/16 年 DJF 期間 AO 指數以及 UR 指數的逐日變化，UR 為 65°E-75°E、60°N-80°N 區域的 500hPa 高度場平均。左軸為 UR 的數值，以白框線表示，右軸為 AO 的數值，以黑框線表示。